ISLAMIC REPUBLIC OF IRAN
MINISTRY OF PETROLEUM

جمهوری اسلامی ایران
وزارت نفت

IRANIAN PETROLEUM STANDARDS

استانداردهای نفت ایران

IPS

IPS-E-TP-820 (1)

ENGINEERING STANDARD FOR CATHODIC PROTECTION

FIRST REVISION
MAY 2010

استاندارد مهندسی برای حفاظت کاتدی

ویرایش اوّل
اردیبهشت ۱۳۸۹

DEPUTY MINISTER
OF
ENGINEERING & LOCAL MANUFACTURING
RESEARCH & STANDARDS

معاونت مهندسی و ساخت داخل

تحقیقات و استانداردها

FOREWORD

The Iranian Petroleum Standards (IPS) reflect the views of the Iranian Ministry of Petroleum and are intended for use in the oil and gas production facilities, oil refineries, chemical and petrochemical plants, gas handling and processing installations and other such facilities.

IPS is based on internationally acceptable standards and includes selections from the items stipulated in the referenced standards. They are also supplemented by additional requirements and/or modifications based on the experience acquired by the Iranian Petroleum Industry and the local market availability. The options which are not specified in the text of the standards are itemized in data sheet/s, so that, the user can select his appropriate preferences therein.

The IPS standards are therefore expected to be sufficiently flexible so that the users can adapt these standards to their requirements. However, they may not cover every requirement of each project. For such cases, an addendum to IPS Standard shall be prepared by the user which elaborates the particular requirements of the user. This addendum together with the relevant IPS shall form the job specification for the specific project or work.

The IPS is reviewed and up-dated approximately every five years. Each standards are subject to amendment or withdrawal, if required, thus the latest edition of IPS shall be applicable

The users of IPS are therefore requested to send their views and comments, including any addendum prepared for particular cases to the following address. These comments and recommendations will be reviewed by the relevant technical committee and in case of approval will be incorporated in the next revision of the standard.

Standards and Research department
No.19, Street14, North kheradmand
Karimkhan Avenue, Tehran, Iran .
Postal Code- 1585886851
Tel: 88810459-60 & 66153055
Fax: 88810462
Email: Standards@nioc.org

پیش گفتار

استانداردهای نفت ایران (**IPS**) منعکس کننده دیدگاههای وزارت نفت ایران است و برای استفاده در تأسیسات تولید نفت و گاز، پالایشگاههای نفت، واحدهای شیمیایی و پتروشیمی، تأسیسات انتقال و فراورش گاز و سایر تأسیسات مشابه تهیه شده است.

استانداردهای نفت، براساس استانداردهای قابل قبول بین‌المللی تهیه شده و شامل گزیده‌هایی از استانداردهای مرجع در هر مورد می‌باشد. همچنین براساس تجربیات صنعت نفت کشور و قابلیت تأمین کالا از بازار داخلی و نیز برحسب نیاز، مواردی بطور تکمیلی و یا اصلاحی در این استاندارد لحاظ شده است. مواردی از گزینه‌های فنی که در متن استانداردها آورده نشده است در داده برگ‌ها بصورت شماره گذاری شده برای استفاده مناسب کاربران آورده شده است.

استانداردهای نفت، بشکلی کاملاً انعطاف پذیر تدوین شده است تا کاربران بتوانند نیازهای خود را با آنها منطبق نمایند. با این حال ممکن است تمام نیازمندی‌های پروژه ها را پوشش ندهند. در این گونه موارد باید الحاقیه‌ای که نیازهای خاص آنها را تأمین می‌نماید تهیه و پیوست نمایند. این الحاقیه همراه با استاندارد مربوطه، مشخصات فنی آن پروژه و یا کار خاص را تشکیل خواهند داد.

استانداردهای نفت تقریباً هر پنج سال یکبار مورد بررسی قرار گرفته و روزآمد می‌گردند. در این بررسی‌ها ممکن است استانداردی حذف و یا الحاقیه‌ای به آن اضافه شود و بنابراین همواره آخرین ویرایش آنها ملاک عمل می باشد.

از کاربران استاندارد، درخواست می‌شود نقطه نظرها و پیشنهادات اصلاحی و یا هرگونه الحاقیه‌ای که برای موارد خاص تهیه نموده‌اند، به نشانی زیر ارسال نمایند. نظرات و پیشنهادات دریافتی در کمیته‌های فنی مربوطه بررسی و در صورت تصویب در تجدید نظرهای بعدی استاندارد منعکس خواهد شد.

ایران، تهران، خیابان کریمخان زند، خردمند شمالی، کوچه چهاردهم، شماره ۱۹
اداره تحقیقات و استانداردها
کدپستی : ۱۵۸۵۸۸۶۸۵۱
تلفن : ۶۰ - ۸۸۸۱۰۴۵۹ و ۶۶۱۵۳۰۵۵
دور نگار : ۰۲۱-۸۸۸۱۰۴۶۲
پست الکترونیکی: Standards@nioc.org

General Definitions:

Throughout this Standard the following definitions shall apply.

Company :

Refers to one of the related and/or affiliated companies of the Iranian Ministry of Petroleum such as National Iranian Oil Company, National Iranian Gas Company, and National Petrochemical Company etc.

Purchaser :

Means the "Company" Where this standard is part of direct purchaser order by the "Company", and the "Contractor" where this Standard is a part of contract documens.

Vendor And Supplier:

Refers to firm or person who will supply and/or fabricate the equipment or material.

Contractor:

Refers to the persons, firm or company whose tender has been accepted by the company,

Executor :

Executor is the party which carries out all or part of construction and/or commissioning for the project.

Inspector :

The Inspector referred to in this Standard is a person/persons or a body appointed in writing by the company for the inspection of fabrication and installation work

Shall:

Is used where a provision is mandatory.

Should

Is used where a provision is advisory only.

Will:

Is normally used in connection with the action by the "Company" rather than by a contractor, supplier or vendor.

May:

Is used where a provision is completely discretionary.

تعاریف عمومی :

در این استاندارد تعاریف زیر به کار می رود.

شرکت :

به شرکت های اصلی و وابسته وزارت نفت مثل شرکت ملی نفت ایران ، شرکت ملی گاز ایران، شرکت ملی صنایع پتروشیمی و غیره اطلاق میشود.

خریدار:

یعنی "شرکتی" که این استاندارد بخشی از مدارک سفارش خرید مستقیم آن "شرکت" میباشد و یا "پیمانکاری" که این استاندارد بخشی از مدارک قرارداد آن است .

فروشنده و تامین کننده:

به موسسه و یا شخصی گفته میشود که تجهیزات و کالاهای مورد لزوم صنعت را تامین مینماید .

پیمانکار:

به شخص ، موسسه ویا شرکتی گفته میشود که پیشنهادش برای مناقصه ویا مزایده پذیرفته شده است.

مجری :

مجری به گروهی اتلاق می شود که تمام یا قسمتی از کارهای اجرایی و یا راه اندازی پروژه را انجام دهد.

بازرس:

در این استاندارد بازرس به فرد یا گروهی اتلاق می شود که کتباً توسط کارفرما برای بازرسی ساخت و نصب تجهیزات معرفی شده باشد.

باید:

برای کاری که انجام آن اجباری است استفاده میشود.

توصیه:

برای کاری که ضرورت انجام آن توصیه میشود.

ترجیح:

معمولاً در جایی استفاده می‌شود که انجام آن کار براساس نظارت شرکت باشد.

ممکن است :

برای کاری که انجام آن اختیاری میباشد .

ENGINEERING STANDARD

FOR

CATHODIC PROTECTION

FIRST REVISION
MAY 2010

استاندارد مهندسی

برای

حفاظت کاتدی

ویرایش اول
اردیبهشت ۱۳۸۹

This Standard is the property of Iranian Ministry of Petroleum. All rights are reserved to the owner. Neither whole nor any part of this document may be disclosed to any third party, reproduced, stored in any retrieval system or transmitted in any form or by any means without the prior written consent of the Iranian Ministry of Petroleum.

این استاندارد متعلق به وزارت نفت ایران است. تمام حقوق آن متعلق به مالک آن بوده و نباید بدون رضایت کتبی وزارت نفت ایران، تمام یا بخشی از این استاندارد ، به هر شکل یا وسیله ازجمله تکثیر، ذخیره سازی، انتقال، یا روش دیگری در اختیار افراد ثالث قرار گیرد.

CONTENTS: Page No.

1. SCOPE 6

2. REFERENCES 6

3. DEFINITIONS AND TERMINOLOGY 9

4. UNITS 20

5. PURPOSE OF CATHODIC PROTECTION ..20

6. GENERAL APPLICATION OF CATHODIC PROTECTION 20

7. CRITERIA FOR CATHODIC PROTECTION.....22

7.1 General.....22

7.2 Buried Pipes 22

7.3 Tanks Exteriors.....24

7.4 Submerged Pipelines 24

7.5 Offshore Structures and Ship Hulls 24

7.6 Tank, Pipe and Water Box Interiors.....24

7.7 Well Casings.....24

8. TYPES OF CATHODIC PROTECTION SYSTEMS.....29

8.1 Impressed Current Systems 29

8.2 Galvanic Anode Systems 29

8.3 Galvanic versus Impressed Current System 30

فهرست مطالب:

۱- دامنه کاربرد ۶

۲- مراجع ۶

۳- تعاریف و واژگان..... ۹

۴- واحدها..... ۲۰

۵- هدف از حفاظت کاتدی..... ۲۰

۶- کاربری عمومی حفاظت کاتدی..... ۲۰

۷- معیارهای حفاظت کاتدی ۲۲

۷-۱ عمومی ۲۲

۷-۲ لوله های مدفون..... ۲۲

۷-۳ بخش های خارجی مخازن..... ۲۴

۷-۴ خطوط لوله غوطه ور شده ۲۴

۷-۵ سازه های واقع در دریا و بدنه کشتی ها ۲۴

۷-۶ مخزن، لوله و بخشهای داخلی محفظه آب ۲۴

۷-۷ لوله جداره چاه..... ۲۴

۸- انواع سامانه های حفاظت کاتدی ۲۹

۸-۱ سامانه های جریان اعمالی ۲۹

۸-۲ سامانه های آند فدا شونده ۲۹

۸-۳ سامانه جریان اعمالی در برابر گالوانیکی ۳۰

9. EQUIPMENT AND FACILITIES FOR IMPRESSED CURRENT SYSTEMS 30

9.1 Cathodic Protection Transformer-Rectifiers.....30

9.2 Alternative Cathodic Protection Power Sources 31

9.3 Impressed Current Anodes 31

9.4 Cables 35

9.5 Insulating Devices.....35

9.6 Anode Beds 37

9.7 Electrical Bonding Station.....38

9.8 Test Stations 38

9.9 Connections 38

9.10 Electrical Continuity 38

9.11 Protective Coatings.....38

9.12 Insulation 38

9.13 Safety.....38

9.14 Site Survey.....38

9.15 Provision for Testing.....38

10. CATHODIC PROTECTION OF BURIED STEEL PIPES 40

10.1 Application 40

10.2 General 40

10.3 Types of Cathodic Protection Systems 43

۹- تأسیسات و تجهیزات برای سامانه هـای جریان اعمالی ۳۰

۹-۱ مبدل / یکسوکننده های حفاظت کاتدی ۳۰

۹-۲ گزینه منابع تغذیه حفاظت کاتدی ۳۱

۹-۳ آندهای جریان اعمالی ۳۱

۹-۴ کابل ها..... ۳۵

۹-۵ قطعه عایقی ۳۵

۹-۶ بسترهای آندی..... ۳۷

۹-۷ ایستگاه اتصال الکتریکی ۳۸

۹-۸ ایستگاههای آزمون پتانسیل ۳۸

۹-۹ اتصالات ۳۸

۹-۱۰ پیوستگی الکتریکی..... ۳۸

۹-۱۱ پوشش های حفاظتی ۳۸

۹-۱۲ عایق..... ۳۸

۹-۱۳ ایمنی ۳۸

۹-۱۴ بررسی محل..... ۳۸

۹-۱۵ آماده سازی برای انجام آزمایش..... ۴۰

۱۰- حفاظت کاتدی لوله های فولادی مدفون شده..... ۴۰

۱۰-۱ کاربری..... ۴۰

۱۰-۲ عمومی..... ۴۰

۱۰-۳ نمونه سامانه های حفاظت کاتدی ۴۳

10.4 Galvanic Anode Systems 45

10.6 Test and Bonding Stations 51

10.7 Cased Crossing Test Station 52

10.8 Line Crossing Test Station 53

10.9 Insulated Fitting Test Station 53

10.10 System Design 54

10.11 Measurement and Tests 54

10.12 Particular Considerations 54

11. CATHODIC PROTECTION IN PLANT FACILITIES 56

11.1 Application 56

11.2 General 57

11.3 Types of Cathodic Protection Systems 58

11.4 Impressed Current System Details 60

11.5 Galvanic Anode System Details 61

11.6 Test and Bonding Stations 61

11.7 Hazardous Locations 62

11.8 Oil Storage Tank Bottoms 62

12. CATHODIC PROTECTION OF VESSELS AND TANK INTERNALS 65

12.1 Application 65

12.2 General 65

12.3 Types of Cathodic Protection Systems 66

۱۰-۴ سامانه های آند گالوانیکی ۴۵

۱۰-۶ ایستگاههای آزمون و اتصال ۵۱

۱۰-۷ ایستگاه آزمون لوله روکش تقاطع ۵۲

۱۰-۸ ایستگاه آزمون برای محل تقاطع خط ۵۳

۱۰-۹ ایستگاه آزمون اتصال عایق شده ۵۳

۱۰-۱۰ طراحی سامانه ۵۴

۱۰-۱۱ اندازه گیری و آزمونها ۵۴

۱۰-۱۲ ملاحظات خاص ۵۴

۱۱- حفاظت کاتدی در تأسیسات واحد ۵۶

۱۱-۱ اعمال ۵۶

۱۱-۲ عمومی ۵۷

۱۱-۳ انواع سامانه های حفاظت کاتدی ۵۸

۱۱-۴ جزییات سامانه جریان اعمالی ۶۰

۱۱-۵ شرح جزییات سامانه آند گالوانیکی ۶۱

۱۱-۶ ایستگاههای آزمون و اتصال ۶۱

۱۱-۷ مکان های خطرناک ۶۲

۱۱-۸ کف مخازن ذخیره نفت ۶۲

۱۲- حفاظت کاتدی بخشهای داخلی ظروف و مخازن ۶۵

۱۲-۱ اعمال ۶۵

۱۲-۲ عمومی ۶۵

۱۲-۳ انواع سامانه های حفاظت کاتدی ۶۶

12.4 Current Density 69

۱۲-۴ دانسیته جریان..... ۶۹

12.5 Anode Distribution 70

۱۲-۵ توزیع آند..... ۷۰

12.6 Reference Electrode Position.....70

۱۲-۶ محل الکترود مرجع..... ۷۰

12.7 Protection of Specific Installations.....71

۱۲-۷ حفاظت از تجهیزات ویژه..... ۷۱

13. CATHODIC PROTECTION OF MARINE STRUCTURES 78

۱۳- حفاظت کاتدی سازه های دریایی ۷۸

13.1 Application 78

۱۳-۱ اعمال..... ۷۸

13.2 General 78

۱۳-۲ عمومی..... ۷۸

13.3 Marine Structural Zones 82

۱۳-۳ نواحی سازه های دریایی ۸۲

13.4 Zone Protection.....83

۱۳-۴ حفاظت ناحیه..... ۸۳

13.5 Protection of Specific Installations Including Vessels 86

۱۳-۵ حفاظت از تأسیسات ویژه بانضمام کشتی‌ها ۸۶

13.7 Anodes for Galvanic Anode Systems 95

۱۳-۷ آندهای مورد استفاده در سامانه های آند گالوانیکی..... ۹۵

13.8 Boosted Polarization 97

۱۳-۸ پلاریزاسیون تقویت شده..... ۹۷

13.9 Cathodic Protection Design for Marine Structures.....97

۱۳-۹ طراحی حفاظت کاتدی برای سازه های دریایی. ۹۷

13.10 Fixed Potential Monitoring Systems.....99

۱۳-۱۰ سامانه های ثابت پایش پتانسیل..... ۹۹

13.11 Potential Survey 100

۱۳-۱۱ بررسی ولتاژ ۱۰۰

13.12 Retrofits 100

۱۳-۱۲ اصلاحات..... ۱۰۰

14. ANODIC PROTECTION 100

۱۴- حفاظت آندی..... ۱۰۰

14.1 General 100

۱۴-۱ عمومی..... ۱۰۰

14.2 Principles of Anodic Protection.....101

۱۴-۲ اصول حفاظت آندی ۱۰۱

14.3 Contrast with Cathodic Protection 104

۱۴-۳ مقایسه با حفاظت کاتدی ۱۰۴

14.4 Effects of Variable Factors on Anodic Protection 105

۱۴-۴ اثرات عوامل متغیر روی حفاظت آندی ۱۰۵

14.5 Applications to Process Plants 108

۱۴-۵ کاربردهایی برای واحدهای فرآیندی ۱۰۸

APPENDICES :

پیوست ها:

APPENDIX A CONSIDERATIONS ON CATHODIC PROTECTION DESIGN.....110

پیوست الف ملاحظات در طراحی حفاظت کاتدی ۱۱۰

APPENDIX B DESIGN PRINCIPLES OF CATHODIC PROTECTION FOR BURIED PIPELINES 161

پیوست ب مبانی طراحی حفاظت کاتدی برای خطوط لوله مدفون ۱۶۱

APPENDIX C DESIGN PRINCIPLE OF CATHODIC PROTECTION FOR MARINE STRUCTURES .183

پیوست ج اصول طراحی حفاظت کاتدی سازه های دریایی ۱۸۳

APPENDIX D ANODIC PROTECTION 203

پیوست د حفاظت آندی..... ۲۰۳

1. SCOPE

This Engineering Standard provides the design requirements for electrochemical protection of metals against corrosion. The electrochemical methods of preventing corrosion consist of cathodic and anodic protection. Anodic protection at this stage of development is applicable to limited combinations of metal and corrosive environment so there has been found little applications for it in industries so far. Economics and difficulty in application has also limited its application to metal structures. For this reason the standard has emphasized on cathodic protection which had been used widely and effectively in different industries as well as in oil, gas and petrochemical industries.

Design requirements for cathodic protection systems (impressed current and galvanic) for buried and immersed metal structures such as buried pipelines, distribution pipelines, in plant facilities, vessels and tanks and marine structures, are described in this engineering standard.

The standard also provides general guidelines for applying cathodic and anodic protection to metal structures.

Note 1:

This standard specification is reviewed and updated by the relevant technical committee on Jan 2005, as amendment No. 1 by circular No. 254.

Note 2:

This bilingual standard is a revised version of the standard specification by the relevant technical committee on MAY 2010 which is issued as revision (1). Revision (0) of the said standard specification is withdrawn.

Note 3:

In case of conflict between Farsi and English languages, English language shall govern.

2. REFERENCES

Throughout this Standard the following standards and codes are referred to. The editions of these standards and codes that are in effect at the time of publication of this

۱- دامنه کاربرد

این استاندارد مهندسی الزامات طراحی برای حفاظت الکترو شیمیایی فلزات در برابر خوردگی را فراهم میکند. روشهای الکترو شیمیایی جلوگیری از خوردگی شامل حفاظت کاتدی و آندی میگردد. حفاظت آندی در این مرحله از توسعه برای ترکیب‌های محدودی از فلز و محیط خوردنده قابل اعمال است، بنابراین تاکنون برای آن در صنایع کاربردهای کمی مشخص شده است. مسایل اقتصادی و سختی در اعمال، کاربرد آن را همچنین برای سازه‌های فلزی محدود کرده است. به همین دلیل استاندارد بر حفاظت کاتدی که به طور گسترده و موثر در صنایع مختلف از جمله صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به کار رفته، تأکید دارد.

الزامات طراحی سامانه‌های حفاظت کاتدی (جریان اعمالی و گالوانیکی) برای سازه‌های فلزی مدفون و غوطه ور مانند خطوط لوله مدفون، خطوط لوله پخش، تأسیسات در واحد، ظروف و مخازن و سازه‌های دریایی در این استاندارد مهندسی تشریح گردیده‌اند.

همچنین استاندارد رهنمودهای عمومی برای اعمال حفاظت کاتدی و آندی سازه‌های فلزی در نظر گرفته است.

یادآوری ۱:

این استاندارد در بهمن ماه سال ۱۳۸۴ توسط کمیته فنی مربوطه بررسی و موارد تأیید شده به عنوان اصلاحیه شماره ۱ طی بخشنامه شماره ۲۵۴ ابلاغ گردید.

یادآوری ۲:

این استاندارد دو زبانه نسخه بازنگری شده استاندارد می‌باشد که در اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۹ توسط کمیته فنی مربوطه انجام و به عنوان ویرایش (۱) ارایه می‌گردد. از این پس ویرایش (۰) این استاندارد منسوخ می‌باشد.

یادآوری ۳:

در صورت اختلاف بین متن فارسی و انگلیسی، متن انگلیسی ملاک می‌باشد.

۲- مراجع

در این استاندارد به آیین نامه‌ها و استانداردهای تاریخ دار و بدون تاریخ زیر اشاره شده است. این مراجع، تا حدی که در این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بخشی

Standard shall, to the extent specified herein, form a part of this Standard. The applicability of changes in standards and codes that occur after the date of this Standard shall be mutually agreed upon by the Company and the Vendor/Consultant/Contractor.

از این استاندارد محسوب می‌شوند. در مراجع تاریخ دار، ویرایش گفته شده ملاک بوده و تغییراتی که بعد از تاریخ ویرایش در آنها داده شده است، پس از توافق بین کارفرما و فروشنده قابل اجرا می‌باشد. در مراجع بدون تاریخ، آخرین ویرایش آنها به انضمام کلیه اصلاحات و پیوست‌های آن ملاک عمل می‌باشند.

BSI (BRITISH STANDARDS INSTITUTE)

BS EN 12474	"Cathodic Protection of Submarine Pipelines"
BS EN 60079-1	"Explosive Atmospheres-Part 1: Equipment Protection by Flameproof Enclosures "D"
BS EN 62305-1	"Protection Against Lightning-Part 1: General Principles"
BS 7361 (1991)	"Cathodic Protection"
Part 1-	"Code of Practice for Land and Marine Applications"
BS 7430 (1998)	"Code of Practice for Earthing"
BS CP1003-Part 2	"Specification for Electrical Apparatus for Explosive Atmospheres"

BSI (موسسه استانداردهای بریتانیا)

BS EN 12474	"حفاظت کاتدی خطوط لوله زیر دریایی"
BS EN 60079-1	"محیط‌های قابل انفجار – بخش ۱: حفاظت تجهیزات توسط ضمائم مقاوم در برابر شعله «د»"
BS EN 62305-1	"حفاظت در برابر صاعقه – بخش ۱: اصول عمومی"
BS 7361 (1991)	"حفاظت کاتدی"
بخش ۱:	"آیین نامه کاربردی برای اعمال در خشکی و دریا"
BS 7430 (1998)	"آیین‌نامه کاربردی برای اتصال زمین"
BS CP1003-Part 2	"بخش ۲- مشخصات برای لوازم الکتریکی برای محیط-های قابل انفجار"

DIN (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG)

DIN 30676 (1985)	"Design and Application of Cathodic Protection of External Surfaces"

DIN (موسسه استاندارد آلمان)

DIN 30676 (1985)	"طراحی و اعمال حفاظت کاتدی سطوح بیرونی"

IP (INSTITUTE OF PETROLEUM)

Model Code of Safe Practice in Petroleum Industry.

IP (موسسه نفت)

"آیین‌نامه الگوی کاربردی ایمن در صنایع نفت"

IPS (IRANIAN PETROLEUM STANDARDS)

IPS-C-TP-274	"Construction Standard for Protective Coatings"
IPS-C-TP-820	"Construction Standard for Cathodic Protection"
IPS-C-TP-352	"Construction Standard for Lining"
IPS-D-TP-718	"Cathodic Protection System Fencing & Foundation Details for c.p. Station Located at City Limits"
IPS-E-GN-100	"Engineering Standard for Units"
IPS-E-TP-100	"Engineering Standard for Paints"
IPS-E-TP-270	"Engineering Standard for Protective Coatings for Buried and Submerged Steel Structures"
IPS-E-TP-350	"Engineering Standard for Linings"
IPS-E-EL-100	"Engineering and Equipment Standard for Electrical System Design (Industrial and Non – Industrial)"
IPS-E-EL-110	"Engineering Standard for Hazardous Area"
IPS-M-EL-155	"Material and Equipment Standard for Transformer-Rectifier for Cathodic Protection"
IPS-M-TP-750	"Material and Equipment Standard for Cathodic Protection"
IPS-I-EL-215	"Procedure for Initial and Periodical Inspection in Potentially Explosive Atmospheres (Hazardous Area)"

IPS (استاندارد های نفت ایران)

IPS-C-TP-274	"استاندارد ساخت برای پوشش-های محافظ"
IPS-C-TP-820	"استاندارد ساخت برای حفاظت کاتدی"
IPS-C-TP-352	"استاندارد ساخت برای پوشش داخلی"
IPS-D-TP-718	"سامانه حفاظت کاتدی حصارکشی و شرح جزییات پی-ریزی برای ایستگاه حفاظت کاتدی‌مستقر در حدود شهری"
IPS-E-GN-100	"استاندارد مهندسی برای واحدها"
IPS-E-TP-100	"استاندارد مهندسی برای رنگها"
IPS-E-TP-270	"استاندارد مهندسی برای پوششهای محافظ برای سازه‌های فولادی مدفون و غوطه‌ور شده"
IPS-E-TP-350	"استاندارد مهندسی برای پوششهای داخلی"
IPS-E-EL-100	"استاندارد مهندسی و تجهیزات برای طراحی سامانه الکتریکی (صنعتی و غیر صنعتی)"
IPS-E-EL-110	"استاندارد مهندسی برای ناحیه خطرناک"
IPS-M-EL-155	"استاندارد مواد و تجهیزات برای مبدل/ یکسو کننده برای حفاظت کاتدی"
IPS-M-TP-750	"استاندارد مواد و تجهیزات برای حفاظت کاتدی"
IPS-I-EL-215	"دستورالعمل بازرسی اولیه و دوره‌ای در محیط‌های قابل انفجار بالقوه"

IPS-I-TP-820	"Inspection Standard for Monitoring Cathodic Protection Systems"	IPS-I-TP-820	"استاندارد بازرسی برای پایش سامانه‌های حفاظت کاتدی"

NACE (NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS)

NACE (انجمن ملی مهندسی خوردگی)

RP 0169 (83)	"Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems"	RP 0169 (83)	"کنترل خوردگی بیرونی روی سامانه های لوله کشی فلزی غوطه‌ور یا زیرزمینی"
Manual-Volume II	"Fundamentals, Section 410, Cathodic Protection, Corrosion Prevention"	Manual-Volume II	"قسمت ۴۱۰، بنیادهای، جلوگیری از خوردگی، حفاظت کاتدی"
SP 0176 (2007)	"Standard Practice Corrosion Control of Submerged area of permanently installied Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production"	SP 0176 (2007)	"استاندارد کاربردی پیشنهاد شده کنترل خوردگی سازه-های فراساحل ثابت فولادی وابسته به بهره‌برداری نفت"
RP 0196	"Recommended Practice Galvanic Anode Cathodic Protection of Internal Submerged Surfaces of Steel Water Storage Tanks"	RP 0196	"کاربردی پیشنهاد شده حفاظت کاتدی آند گالوانیک از سطوح غوطه‌ور شده داخلی مخازن ذخیره آب فولادی"
RP 0388 (2001)	"Recommended Practice-Impressed Current Cathodic Protection of Internal Submerged Surfaces of Carbon Steel Water Storage Tanks"	RP 0388 (2001)	"کاربردی پیشنهاد شده حریان اعمالی حفاظت کاتدی جریان سطوح غوطه‌ور شده داخلی مخازن ذخیره آب فولاد کربنی"
RP 0288 (1994)	"Standard Recommended Practice Inspection of Linings on Steel and Concrete"	RP 0288 (1994)	"استاندارد کاربردی پیشنهاد شده بازرسی از پوشش‌های داخلی روی فولاد و بتن"

3. DEFINITIONS AND TERMINOLOGY

Acidity

The presence of an excess of hydrogen ions (H+) over hydroxyl ions.

۳- تعاریف و واژگان

قدرت اسیدی

حضور یون‌های هیدروژن اضافی (H+) بیش از یون‌های هیدرواکسیل.

Aerobic

Presence of oxygen, in this Engineering Standard, this refers to the state of electrolyte adjacent to the metal structure, for instance sea bottom mud.

هوازی

حضور اکسیژن، در این استاندارد مهندسی، اشاره به حالت الکترولیت در همجواری با سازه فلزی، برای مثال گِل کف دریا دارد،

Alkalinity

The presence of an excess of hydroxyl ions (OH^-) over hydrogen ions.

قدرت قلیایی

حضور یون‌های هیدرواکسیل اضافی (OH^-) بیش از یون‌های هیدروژن.

Anaerobic

Lack of oxygen in the electrolyte adjacent to metallic structure. For instance normal sea water.

بی هوازی

کمبود اکسیژن در الکترولیت همجوار با سازه فلزی برای مثال آب معمولی دریا.

Anode

The electrode of an electrolyte cell at where oxidation occurs. Common anode reactions are:

آند

الکترودی از یک پیل الکترولیت که در آن اکسایش بوجود می‌آید. واکنش‌های عادی قطب مثبت عبارتند از:

$$Mg \rightarrow Mg^{++} + 2\,e^- \text{ and } Fe \rightarrow Fe^{++} + 2\,e^-$$

Anode Cap

An electrical insulating system placed over the lead wire connection of an anode preferably consisting of an epoxy resin encapsulation surrounded by a heat-shrinkable outer covering.

سرپوش آند

یک سامانه عایق کاری الکتریکی ترجیحاً شامل یک حفاظ رزین اپوکسی که به وسیله یک روکش بیرونی قابل انقباض - گرمایی محصور شده که بر روی اتصال سیم هادی یک آند قرار گرفته است .

Anode Depolarization

Removal of protective layers and complexing ions resulting in increased corrosion current and corrosion rate. Contrary to cathode depolarization, the increased corrosion is accompanied by a negative (-) shift in anode-to-electrolyte potential.

دی پلاریزاسیون آند

حذف لایه‌های محافظ و یون‌های تجمع یافته که باعث افزایش جریان خوردگی و نرخ خوردگی میگردد. برخلاف دی پلاریزاسیون کاتد، خوردگی افزوده شده با تغییر منفی (-) در پتانسیل آند به الکترولیت همراهی میشود.

Anode Polarization

Build-up of protective layers and complexing ions on anodic electrode. Polarization of the anode results in decreased corrosion and positive (+) shift in anode-to-electrolyte potential.

پلاریزاسیون آند

تشکیل لایه های محافظ و تجمع یون ها بر روی الکترود آند. پلاریزاسیون آند باعث کاهش خوردگی و تغییر مثبت (+) در پتانسیل آند به الکترولیت می شود.

Anodic Area

That part of metal surface which acts as anode.

فضای آندی

آن بخش از سطح فلز که به عنوان آند فعال است.

Anodic Protection

Anodic protection is the use of an impressed current to induce passivity on the surface of the metal by making the metal an anode. The potential of the anode must be controlled

حفاظت آندی

حفاظت آندی عبارت از بکارگیری جریان اعمالی جهت غیر فعال کردن القائی سطح فلز و قرار دادن فلز به عنوان آند می باشد. پتانسیل آند باید در حدود یک دامنه خیلی

within a very narrow range to retain the passive surface condition, anodic protection is applicable to only limited combinations of metal and corrosive environment.

باریک برای حفظ وضعیت سطح انفعالی کنترل شود، حفاظت آندی تنها در مورد ترکیب‌های محدودی از فلز و محیط خورنده قابل اعمال است.

Attenuation

The decrease in a potential and current density along buried or immersed pipeline from the drainage point.

تضعیف

کاهش پتانسیل و دانسیته جریان در امتداد خط لوله مدفون یا غوطه‌ور از نقطه تخلیه.

Attenuation Constant "a"

The magnitude of the attenuation constant is directly affected by the longitudinal resistance of the pipe and inversely affected by the resistance across the coating. The attenuation constant describes how much the potential change or current flow decreases with increasing distance from the drain point.

"a" ثابت تضعیف

بزرگی ثابت تضعیف به طور مستقیم تحت تأثیر مقاومت طولی لوله و به طور معکوس تحت تأثیر مقاومت در عرض پوشش می‌باشد. ثابت تضعیف چگونگی مقدار تغییر پتانسیل یا کاهش جریان عبوری با افزایش فاصله از نقطه تخلیه را بیان می نماید.

Backfill

A low resistance moisture holding material immediately surrounding buried anode for the purpose of increasing the effective area of contact with soil. In impressed current anode bed this refers to coke breeze.

پشت بند

یک ماده نگهدارنده رطوبت و با مقاومت کم که در مجاورت آند مدفون شده به منظور افزایش سطح موثر تماس با خاک قرار داده می‌شود. در بستر آندی جریان اعمالی این مورد اشاره به ذغال کُک دارد.

Blistering

The formation of swellings on the surface of an unbroken paint film by moisture, gases or the development of corrosion products between the metal and the paint film.

تاول زدن

ایجاد تورم‌ها بر روی سطح لایه رنگ شکسته نشده توسط رطوبت، گازها یا محصولات خوردگی بین فلز و لایه رنگ.

Bond Resistance

The ohmic resistance of a bond including the contact resistance at the points of attachment of its extremities.

مقاومت پیوند

مقاومت اهمی یک پیوند شامل مقاومت تماس در نقاط پیوستگی در منتها الیه آنها است.

Cathode (opposite of anode)

The electrode where reduction occurs. A typical cathodic reaction.

کاتد (در مقابل آند)

الکترود جایی که کاهش ایجاد میشود. یک نمونه واکنش کاتدی.

$$4e^- + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4OH^-$$

Cathode Depolarization

Removal of protective layers and complexing ions, often caused by high acidity, high oxygen content, accidental shorts to other structures, results is increased corrosion current and corrosion rate. Cathode depolarization is indicated by a positive (+) shift in cathode-to-electrolyte potential.

دی پلاریزاسیون کاتدی

حذف لایه‌های محافظ و یون‌های تجمع یافته، که غالباً توسط قدرت اسیدی زیاد، اکسیژن زیاد همراه، اتصال کوتاه اتفاقی با سازه‌های دیگر، باعث افزایش جریان خوردگی و نرخ خوردگی میگردد. دی پلاریزاسیون کاتدی تغییر مثبت (+) در پتانسیل کاتد به الکترولیت را نشان می‌دهد.

Cathode Polarization

Build up of protective layers and complexing ions on the cathode electrode. Polarization of the cathode results in decreased corrosion and negative (-) shift in cathode-to-electrolyte potential.

پلاریزاسیون کاتدی

لایه‌های محافظ و مجموعه‌هائیکه روی الکترود کاتدی ایجاد می‌شود. پلاریزاسیون کاتدی منجر به کاهش خوردگی و تغییر در بار منفی در کاتد به پتانسیل الکترولیت می‌شود.

Cathodic Area

That part of the metal surface which acts as a cathode.

سطح کاتدی

آن بخش از سطح فلز که به عنوان یک کاتد عمل می‌نماید.

Cathodic Protection (CP)

A technique to reduce the corrosion of a metal surface by making that surface the cathode of an electrochemical cell.

حفاظت کاتدی (CP)

روش فنی کاهش خوردگی سطح فلز با قرار دادن آن سطح به عنوان کاتد یک پیل الکترو شیمیایی.

Characteristic Resistance

The characteristic resistance of the pipe is the electrical resistance between the pipe and remote earth in one direction only from the drain point in ohms.

مقاومت ویژه

مقاومت ویژه لوله، مقاومت الکتریکی بین لوله و زمین دوردست در یک جهت فقط از نقطه تخلیه برحسب اهم است.

Concentration Cell

A cell involving an electrolyte and two identical electrodes, with potential resulting from differences in the chemistry of the environments adjacent to the two electrodes.

پیل غلظتی

پیل تشکیل شده است از یک الکترولیت و دو الکترود یکسان، با پتانسیل حاصل از اختلاف شیمی محیط های همجوار با دو الکترود.

Continuity Bond

A metallic connection that provides electrical continuity. Mechanical fasteners are not reliable continuity bonds. Exothermal weld process or brazing is required.

پیوند پیوستگی

یک اتصال فلزی که پیوستگی الکتریکی را تأمین میکند. پیوندهای پیوستگی چفت و بست های مکانیکی قابل اطمینان نیستند. فرآیند جوش گرمازا یا زرد جوش لازم است.

Copper/Copper Sulfate Reference Electrode

A referenceelectrode consisting of copper in a saturated copper sulfate solution.

الکترود مرجع مس/سولفات مس

یک الکترود مرجع شامل مس در یک محلول اشباع شده سولفات مس می‌باشد.

Corrosion

The deterionration of a metal that results from a reaction with its environments.

خوردگی

تخریب یک فلز در اثر واکنش با محیط های خود.

Corrosion Product

The chemical compound or compounds produced by the reaction of a corroding metal with its environment.

محصول خوردگی

ترکیب یا ترکیبات شیمیایی تولید شده توسط واکنش یک فلز خورده شونده با محیط خودش.

Current Density

The direct current per unit area, generally expressed as milli amp. Per sq.m. Current density required to achieve cathodic protection varies depending on environment and metal being protected.

دانسیته جریان

جریان مستقیم بر واحد سطح، عموماً بر حسب میلی آمپر بر مترمربع بیان میشود. دانسیته جریان لازم برای حفاظت کاتدی بسته به محیط و فلز تحت حفاظت متغیر است.

Deep Anode Bed

Type of ground bed using a drilled vertical hole to contain impressed current anodes. Construction techniques vary widely but objectives are low ground bed resistance, uniform current distribution, less interference and permanent moisture.

Typical depth range from 40-150 meters to reach moist low resistivity strata.

بستر آندی عمقی

نوعی بستر زمینی که یک چاه عمیق جهت نگهداری آندهای جریان اعمالی بکار می‌رود. تکنیک های ساخت به طور گسترده تغییر میکنند، اما اهداف شامل مقاومت کم بستر زمین، توزیع یکنواخت جریان، تداخل کمتر و رطوبت دائمی هستند.

دامنه عمق نمونه از ۴۰ تا ۱۵۰ متر تا رسیدن به لایه‌های مرطوب با مقاومت مخصوص کم.

Dielectric Union

Similar to insulated flange but typically threaded to pipe and used on pipe diameters 2-inch.

مهره ماسوره دی الکتریک

مشابه فلنج عایق شده است اما معمولاً به لوله پیچ میشود و روی لوله با قطرهای ۲ اینچ بکار میرود.

Drainage (Current Requirement) Tests

Tests with current applied for a short period, usually with temporary anodes and power sources in order to determine the current needed to achieve cathodic protection.

آزمون‌های (جریان مورد نیاز) تخلیه

آزمون‌هایی که بوسیله اعمال جریان برای مدت کوتاه ، معمولاً با آندها و منابع نیرو موقت به منظور تعیین جریان لازم جهت حفاظت کاتدی انجام میگردد.

Driving E.M.F. (Galvanic Anode System)

The difference between the structure / electrolyte potential and the anode \ electrolyte potential.

نیروی محرکه الکتریکی موثر (سامانه آند گالوانیکی)

اختلاف بین پتاسیل سازه به الکترولیت و پتانسیل آند به الکترولیت.

Electrical Grounding

Provides a low resistance path to ground for fault currents in electrical equipment and distribution networks. Since bare copper is commonly used, current requirement calculations must include the copper as a substantial link for cathodic protection current to adequately size for cathodic protection system.

اتصال زمینی الکتریکی

مسیری با مقاومت کم به زمین برای جریانهای اشتباه در شبکه‌های توزیع و تجهیزات الکتریکی را فراهم می‌نماید. از آنجائیکه که مس به طور معمول بدون روکش استفاده میشود، محاسبات جریان مورد نیاز باید شامل مس به عنوان ارتباط اساسی جریان حفاظت کاتدی به اندازه مناسب برای سامانه حفاظت کاتدی باشد.

Electrical Isolation

The condition of being electrically separated from other metallic structures or the environment.

جداسازی الکتریکی

وضعیت جدا شدن الکتریکی از دیگر سازه های فلزی یا محیط.

Electrochemical Cell

A system consisting of an anode and a cathode

پیل الکتروشیمیایی

سامانه ای مرکب از یک آند و یک کاتد غوطه ور در یک

immersed in an electrolyte so as to create an electrical circuit. The anode and cathode may be different metals or dissimilar areas on the same metal surface.

الکترولیت به طوری که یک مدار الکتریکی را به وجود آورد. آند و کاتد ممکن است از فلزات مختلف، یا مساحت‌های مختلف روی سطح فلز مشابه باشند.

Electrolyte

The term "electrolyte" refers to the soil or liquid adjacent to and in contact with a buried or submerged metallic structure, including moisture, salts and other chemicals contained there in.

الکترولیت

واژه "الکترولیت" اشاره به خاک یا مایع همجوار و در تماس با یک سازه فلزی غوطه ور یا مدفون بانضمام رطوبت، نمکها و دیگر مواد شیمیایی در آن دارد.

Electronegative

A qualification applied to a metallic electrode to indicate that its potential is negative with respect to another metallic electrode in the system.

الکترونگاتیو

کیفیتی که به یک الکترود فلزی داده شده تا در رابطه با الکترود فلزی دیگری در سامانه نشان دهد که دارای پتانسیل منفی است.

Electropositive

A qualification applied to a metallic electrode to indicate that its potential is positive with respect to another metallic electrode in the system.

الکتروپوزیتیو

کیفیتی که به یک الکترود فلزی داده شده تا در رابطه با الکترود فلزی دیگری در سامانه نشان دهد که دارای پتانسیل مثبت است.

Electroosmosis

The passage of a liquid through a porous medium under the influence of a potential difference.

بارالکترونی تراوشی

محل عبور مایع از میان یک محیط متخلخل تحت تأثیر اختلاف پتانسیل.

Environment

The surroundings or conditions (physical, chemical , mechanical) in which a material exists.

محیط

محیطها یا شرایط (فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی) که ماده در آن وجود دارد.

Exothermal (Cadweld/Thermit) Weld

Process of insuring electrical connection of cable to piping or steel structures incendiary mixture of fine aluminum powder with a metallic oxide of iron or chromium which when ignited yields an intense heat.

جوش (کد ولد/ترمیت) گرمازا

فرآیندی که اتصال الکتریکی کابل را به لوله کشی یا سازه‌های فولادی ضمانت می‌کند، مخلوطی از پودر آلومینیوم ریز با اکسید آهن یا کرم می‌باشد که وقتی محترق شود حاصل آن گرمای شدید است.

Finite Line

If the line terminates in an insulated flange or dead ends, it is called a finite line.

خط محدود

اگر خطی به یک فلنج عایق شده یا سر سیم کور ختم شود، خط محدود نامیده میشود.

Flow Line

Pipeline carrying product from wellhead to Gas- Oil- Separator-Plant (GOSP), typically 100-250 DN, coated or uncoated usually above ground on pipe supports with periodic road crossings.

خط جریان

خط لوله حامل فرآورده از سر چاه تا واحد جدا کننده نفت و گاز (واحد جداسازی نفت و گاز)، معمولاً با قطر اسمی ۱۰۰ تا ۲۵۰، پوشش دار یا بدون پوشش، معمولاً بالای زمین روی تکیه گاههای لوله با عبور از عرض‌های جاده به طور تناوبی.

Foreign Structure

A buried or immersed electrically isolated structure that may be subjected to corrosion interference arising from the cathodic protection of another structure.

سازه خارجی

سازه جداشده الکتریکی مدفون یا غوطه ور که ممکن است در معرض تداخل خوردگی حاصل از حفاظت کاتدی سازه دیگری باشد.

Galvanic Anode or Sacrificial

A metal which because of its relative position in the electromotive force (e.m.f) series, provides sacrificial protection to metals that are less negative (lower) in the series, when the two are electrically coupled in an electrolyte. The voltage difference between the anode and the structure causes a current flow in the structure that opposes the corrosion current. The common types of galvanic anodes are rod, bracelet and ribbon.

آند گالوانیکی یا فداشونده

فلزی که به علت وضعیت نسبی آن در سری های نیروی محرکه الکتریکی (e.m.f)، نسبت به فلزاتی که در سری‌های کمتر منفی (پایین‌تر) قرار دارند ، زمانی که هر دو در یک الکترولیت پیوند الکتریکی یافتند نقش محافظ فدا شونده را دارند. اختلاف ولتاژ بین آند و سازه، باعث جاری شدن جریان در سازه بر خلاف جهت جریان خوردگی میگردد. انواع معمولی آندهای گالوانیکی، میله‌ای، دست‌بندی و نواری هستند.

Galvanic Corrosion

Accelerated corrosion of a metal because of an electrical contact with a more noble metal or nonmetallic couductor in a corrosive electrolyte.

خوردگی گالوانیکی

تشدید خوردگی یک فلز به دلیل تماس الکتریکی با یک فلز نجیب تر یا رسانای غیرفلزی در یک الکترولیت خورنده.

GOSP

Acronym for GAS-OIL-SEPARATOR-PLANT. Usually located geographically central to a group of oil wells and fed by flowline from each wellhead, typically incoming and outgoing pipelines electrically isolated from in-plant (on-plant) facilities at the GOSP perimeter.

On-plant cathodic protection is separately installed and operated from off-plant cathodic protection.

واحد جدا کننده نفت و گاز

GOSP نام اختصاری برای واحد جدا کننده نفت و گاز است. معمولاً از نظر جغرافیایی در مرکز یک گروه از چاهها قرار دارد و از طریق هر چاه توسط خط جریان تغذیه میشود، بطور نمونه خطوط لوله ورودی و خروجی از نظر الکتریکی از تأسیسات داخل واحد (در راستای واحد) در محیط GOSP جدا شده است.

حفاظت کاتدی در داخل و خارج واحد به صورت جداگانه نصب و بهره برداری می‌شود.

Ground (Anode) Bed

Commonly a group of manufactured electrodes or scrap steel which serves as the anode for the cathodic protection of pipelines, tanks or other buried metallic structures. Types of ground beds are surface and deep anode configurations.

بستر آندی

معمولاً یک گروه از الکترودهای ساخته شده یا فولاد قراضه که برای حفاظت کاتدی خطوط لوله، مخازن یا سازه‌های فلزی مدفون به عنوان آند کاربری دارند. نمونه بسترهای آندی شکل های سطحی و آند عمقی هستند.

Holiday

A discontinuity (pinhole or flaw) in a coated surface that exposes the metal substrate to the environment.

هالیدی

عدم پیوستگی (سوراخ سوزنی، ترک) در یک سطح پوشش شده که سطح زیرکار فلزی را در معرض محیط قرار میدهد.

Impressed Current

An electric current supplied by a device employing a power source that is external to the electrode system. (an example is direct current for cathodic protection.)

جریان اعمالی

جریان الکتریکی با بکارگیری یک منبع برق که در بیرون سامانه الکترود قرار دارد تامین می شود. (به عنوان مثال، جریان مستقیم حفاظت کاتدی)

Infinite Line

It is relatively long finite line or a line directly connected to a structure of quite different electrical characteristics such as bare line or a tank farm.

خط نامحدود

خطی است نسبتاً طولانی و محدود یا خطی که مستقیماً به سازه‌ای با ویژگیهای الکتریکی کاملاً متفاوت مانند خط بدون پوشش یا محوطه مخازن متصل شده است.

Insulated Flange

A flanged joint in which flange faces and securing bolts are electrically insulated from each other by insulating sleeves, washers and gaskets. Pipe size and pressure rating must be specified. Insulated flanges are used to electrically isolate pipelines and systems.

فلنج عایق شده

یک اتصال فلنجی که سطوح فلنج و پیچ‌های محکم کننده از یکدیگر توسط عایق کاری غلافی، واشرها و لائی‌ها عایق الکتریکی گردیده است. اندازه لوله و میزان فشار باید مشخص شود. فلنج های عایق شده به منظور جداسازی الکتریکی خطوط لوله و سامانه ها بکار برده میشوند.

Insulated Joint

Performs similar function to an insulating but does not incorporate flange gaskets or bolts. Provides electrical isolation via epoxy sealed gap in a section of pipe.

اتصال عایق شده

عملکردی مشابه اجرای عایق کاری داشته اما با لایی‌های فلنج یا پیچ‌ها یکپارچه نیست. جداسازی الکتریکی از طریق شکاف آبندی شده اپوکسی در یک قسمت از لوله فراهم می شود.

Insulated Spool

It is similar to insulated joint but incorporates internal non-conductive lining where electrically conductive pipeline products are involved.

اسپول عایق شده

مشابه اتصال عایق شده است اما پوشش غیر رسانای داخلی را جایی که در تماس با فرآورده‌های خط لوله که از نظر الکتریکی رسانا می باشد را یکپارچه می نماید.

Interference Bond

A welded metallic connection between two sections of a structure or two or more different structures to carry electrical current. Often used to by pass current.

In known locations to avoid corrosive current discharge (interference) in unknown or, undesirable locations. Then resistance bonds are used, the resistance value must be less than the parallel structure -to- structure soil resistance.

اتصال تداخلی

یک اتصال فلزی جوشکاری شده بین دو قسمت از یک سازه یا دو یا چند سازه مختلف برای حمل جریان الکتریکی. غالباً برای جریان کنارگذر استفاده میشود.

در مکانهای مشخص از تخلیه جریان خورنده (تداخل) در مکانهای ناشناخته، یا مکانهای نامناسب جلوگیری می‌کند. بنابراین اتصالهای مقاومتی بکار گرفته میشود، به طوری که مقدار مقاومت باید کمتر از مقاومت خاک بین دو سازه موازی باشد.

Interference Test

A structure-to-electrolyte test to determine the existence of corrosion interaction between two buried or immersed structures where one or both are cathodically protected.

آزمون تداخل

آزمون سازه به الکترولیت برای تعیین وجود فعل و انفعال تاثیر متقابل خوردگی بین دو سازه مدفون یا غوطه ور جایی که یک یا هر دو دارای حفاظت کاتدی اند.

Ion

Ion of an atom, or group of atoms, carrying a charge of positive or negative electricity.

یون

یون یک اتم، یا گروه اتمها، حامل بار مثبت یا منفی الکتریکی هستند.

IR Drop (or Voltage Drop)

The voltage across a resistance on accordance with ohm's law, e.g. soil resistivity and contact resistance, large cathodic protection current levels, proximity to structure and coating and wire resistance. Often the IR drop component is negligible but must always be considered for each environment.

افت IR (یا افت ولتاژ)

مطابق با قانون اهم، ولتاژ سرتاسر یک مقاومت برای مثال. مقاومت خاک و مقاومت مخصوص تماس، ترازهای جریان حفاظت کاتدی بزرگ، همجواری به سازه و پوشش و مقاومت سیم هستند. غالباً مولفه افت IR ناچیز است اما باید همیشه برای هر محیط در نظر گرفته شود.

Leakage or Coating Resistance

Leakage resistance of pipe or resistance of pipe radially to remote earth. This resistance includes the resistance of the coating (if any) and is affected by the resistivity of the environment. Unit is Ohm-Kilometer.

نشت یا مقاومت پوشش

مقاومت نشت لوله یا مقاومت شعاعی لوله به زمین اطراف. این مقاومت شامل مقاومت پوشش (در صورت بودن) شده و متأثر از مقاومت مخصوص محیط است. واحد آن اهم-کیلومتر می باشد.

Linear Pipe Resistance

The longitudinal pipe resistance of the pipe is the pipe resistance in Ohms per unit length, which can be calculated from the specific resistivity of steel or iron and by regarding the pipeline as an annular cylinder.

The specific resistivity of steel pipe will normally vary from 15 to 23 micro-ohm-cm depending on its chemistry. In absence of specific test results it is normal to use a value of 18 micro- ohm-cm.

مقاومت خطی لوله

مقاومت طولی لوله برابر با مقاومت لوله برحسب اهم بر واحد طول است، که میتواند از مقاومت مخصوص ویژه فولاد یا آهن و با توجه به خط لوله به عنوان یک استوانه حلقوی محاسبه شود.

مقاومت مخصوص ویژه لوله فولادی به طور معمولی از ۱۵ تا ۲۳ میکرو – اهم – سانتیمتر بسته به ترکیب شیمیایی آن تغییر میکند. در غیاب نتایج آزمون ویژه به طور معمول از مقدار ۱۸ میکرو – اهم – سانتیمتر استفاده میشود.

Open-circuit (off) Potential

The difference in voltage between a structure and a reference electrode under a condition of no current flow to the structure.

پتانسیل مدار باز (خاموش)

اختلاف ولتاژ بین یک سازه و یک الکترود مرجع تحت شرایطی که هیچ جریانی به طرف سازه جاری نیست.

Note:

Interference current flow may exist and is often detected by open circuit potential measurement.

یادآوری:

ممکن است عبور جریان تداخلی وجود داشته و غالباً از طریق اندازه گیری پتانسیل مدار بازشناسایی می شود.

Oxygen Concentration Cell

An electrochemical cell, the electromotive force of which is due to a difference in air (oxygen) concentration at one electrode as compared with that at another electrode of the same material .

پیل اشباع از اکسیژن

یک پیل الکتروشیمیایی، که نیروی محرکه آن در اثر اختلاف غلظت هوا (اکسیژن) در یک الکترود در مقایسه با الکترود دیگر از ماده مشابه است.

Passive

The state of metal when its behavior is more noble (resist corrosion) than its position in the "EMF" series would predict. This is a surface phenomena .

غیر فعال

وضعیت فلز وقتی که رفتارش نسبت به جایگاه خود در سری-های نیروی محرکه الکتریکی نجیب تر پیش بینی (مقاوم در برابر خوردگی) میشود. این یک پدیده سطحی است.

Protection Current

The current made to flow into a metallic structure from its electrolytic environment in order to affect cathodic protection of the structure.

جریان حفاظتی

جریانی که از محیط الکترولیتی خود به منظور تأثیرگذاری بر حفاظت کاتدی سازه به سازه فلزی جاری میشود.

Protection Potential

A term used in cathodic protection to define the minimum potential required to suppress corrosion. Protective potential depends on the structure metal and the environment.

پتانسیل حفاظتی

واژه ای است که جهت تعیین حداقل پتانسیل مورد نیاز حفاظت کاتدی برای توقف خوردگی بکار می رود. پتانسیل حفاظتی بسته به سازه فلزی و محیط دارد.

Reference Electrode

An electrode used for measuring the potentials of other electrodes. Examples of commonly used and installed reference electrodes are copper-copper sulfate ($Cu/CuSo_4$),silver-silver chloride (Ag/AgCl) and zinc (Zn). Permanent reference electrodes are often required at inaccessible locations such as long road crossing and under large diameter tank bottoms.

الکترود مرجع

الکترودی است که برای اندازه گیری پتانسیل الکترودهای دیگر استفاده میشود. مثال‌های الکترودهای مرجع که به طور عادی نصب و بکار رفته‌اند، مس – سولفات مس ($Cu/CuSo_4$)، نقره–کلرید نقره (Ag/AgCl) و روی (Zn) هستند. الکترودهای مرجع دائمی، معمولاً در محلهای غیرقابل دسترس مانند تقاطع جاده های طویل و کف مخازن با قطر زیاد مورد نیاز هستند.

Remote Earth

The areas in which the structure-to-electrolyte potential change is negligible with change in reference electrode position away from the structure.

زمین اطراف

مناطقی که تغییر پتانسیل سازه به الکترولیت با تغییر در جایگاه الکترود مرجع دور از سازه ناچیز است.

Reverse Current Switch

The reverse current switch is installed in series with interference bonds where stray current is known to reverse direction. Prevents serious corrosion, where reversed current can discharge to the electrolyte, by interrupting the reversed current. A failed switch becomes an open circuit or a solid bond.

کلید جریان معکوس

کلید جریان معکوس در جایی که دانسته شود جریان سرگردان جهت را عوض می نماید به طور سری با اتصالهای تداخلی نصب می شود. در مواردی که جریان معکوس می شود میتواند به الکترولیت تخلیه شود، که با قطع جریان معکوس از خوردگی شدید جلوگیری میشود. یک کلید خراب شده تبدیل به یک مدار باز یا یک اتصال یکپارچه میگردد.

Silver/Silver Chloride Electrode (Ag/AgCl)

A reference electrode consisting of silver, coated with silver chloride in an electrolyte containing chloride ions.

الکترود نقره/کلرید نقره (Ag/AgCl)

یک الکترود مرجع شامل نقره، با کلرید نقره در یک الکترولیت دارای یون‌های کلرید پوشش شده است.

Stray Current Corrosion

Corrosion resulting from current through paths other than the intended circuit, e.g. , by any extraneous current in the earth .

Splash Zone

That part of external structure between a level 2 meters above Mean High Water Springs (M.H.W.S) and a level 3 meters below the Lowest Astronomical Tide (L.A.T).

Structure-to-Electrolyte Potential

The potential difference between a metallic structure and the electrolyte surrounding it, measured with a reference electrolyte. Typical examples are pipe-to-seawater potentials.

Sulfate Reducing Bacteria (S.R.B.)

A group of bacteria found in most soils and natural waters, but active only in anaerobic conditions of near neutral pH. They reduce sulfates in their environment, with the production of sulfides. SRB increase cathodic protection current requirements as a result of cathodic depolarization by sulfides.

Submerged Zone

That part of external structure below the splash zone.

Surface Anode Bed

Type of ground bed using impressed current or galvanic anodes. This type of ground bed is used in relatively low resistivity soils like marl (low resistivity limestone and clay) with water retaining capability.

Test Access Hole

Provides a means of contacting soil through concrete or asphalt for measuring structure-to-soil potentials. Contains no wires and is usually capped but easily accessible.

Test Station

Permanent wires attached to the structure and led to a convenient location for electrical measurements. Used at points where the structure or soil is otherwise inaccessible for electrical testing (underground or underwater).

خوردگی جریان سرگردان

خوردگی حاصل از جریان در مسیرهای غیر از مدار مورد نظر، برای مثال توسط هر جریان زاید در خاک.

ناحیه پاشش

بخش خارجی سازه بین ارتفاع ۲ متر بالای معدل ارتفاع پرشهای آب و یک ارتفاع ۳ متر زیر کمترین جزر و مد نجومی.

پتانسیل سازه به الکترولیت

اختلاف پتانسیل بین سازه فلزی و الکترولیت اطراف آن، که با الکترولیت مرجع اندازه گیری شده است. نمونه مثال‌های آن پتانسیل‌های لوله به آب دریا هستند.

باکتری های احیاء کننده سولفات

یک گروه از باکتریها که در بیشتر خاکها و آبهای طبیعی پیدا میشوند، اما فقط در شرایط غیر هوازی و نزدیک pH خنثی فعال هستند. آنها با تولید سولفیدها، باعث احیاء سولفات در محیط خود میشوند. باکتری های احیاء کننده سولفات نیازهای جریان حفاظت کاتدی را در اثر غیر قطبی شدن کاتدی به وسیله سولفیدها افزایش میدهند.

ناحیه غوطه ور شده

آن بخش از سازه خارجی زیر ناحیه پاشش.

بستر آندی سطحی

نوعی بستر زمینی که از آندهای جریان اعمالی یا فدا شونده استفاده می‌شود. این نوع بستر زمینی در خاکهای با قابلیت مقاومت مخصوص نسبتاً کم و توانمندی حفظ آب مانند مارل (سنگ آهک با قابلیت مقاومت مخصوص کم و خاک رس) بکار برده میشود.

حفره دسترسی آزمون

وسیله تماس خاک از طریق بتن یا آسفالت برای اندازه‌گیری پتانسیل‌های سازه به خاک را فراهم میکند. سیمی ندارد و معمولاً دارای سرپوش بوده اما به راحتی قابل دسترس است.

ایستگاه آزمون

سیم های دائمی به سازه وصل شده و به مکان مناسبی برای اندازه گیریهای الکتریکی هدایت میشود. در نقاطی که غیر از این به سازه یا خاک برای آزمایش الکتریکی دسترسی نیست (زیرزمین یا زیرآب) استفاده میشود.

Weight-Coat

Steel-Mesh reinforced concrete layer applied over a primary coating system. Provides negative buoyancy for submarine pipelines.

Zinc Reference Electrode

A 99.9% metallic zinc rod, with an iron content not exceeding 0.0014%, which contact directly with the electrolyte around the structure for potential measurement purposes. Some of the zinc alloys used for galvanic anodes are also suitable. The metallic electrode can be made in any convenient form.

4. UNITS

This Standard is based on International System of Units (SI), as per IPS-E-GN-100, except where otherwise specified.

5. PURPOSE OF CATHODIC PROTECTION

Cathodic protection provides an effective method of mitigating the corrosion damage to metal surfaces exposed to a conducting (corrosive) electrolyte (see Appendix A).

6. GENERAL APPLICATION OF CATHODIC PROTECTION

6.1 Cathodic protection shall be applied to metal structures where they are in contact with corrosive soils or water, whenever economically justified (see also clause A.2.1). Materials other than steel or iron shall be considered as separate cases. The metal structures shall be coated whenever practical for maximum cathodic protection efficiency.

6.2 Impressed current cathodic protection shall be applicable to but not necessarily limited to:

a) Buried land pipes.

b) Submarine pipelines within the area of influence of shore or offshore platforms where ac power is available.

پوشش وزنی

لایه بتن تقویت شده شبکه فولادی روی سامانه پوشش اولیه اعمال میگردد. نیروی شناوری منفی را برای خطوط لوله زیردریایی تأمین میکند.

الکترود مرجع روی

یک میله از فلز روی ۹۹/۹ درصد، با مقدار حداکثر آهن ۰/۰۰۱۴ درصد، در تماس مستقیم با الکترولیت اطراف سازه برای مقاصد اندازه‌گیری پتانسیل می‌باشد. بعضی از آلیاژهای روی بکار رفته نیز برای آندهای گالوانیکی مناسب هستند. الکترود فلزی میتواند به هر شکل مناسبی ساخته شود.

۴- واحدها

این استاندارد بر مبنای نظام بین‌المللی واحدها **(SI)**، منطبق با استاندارد IPS-E-GN-100 می‌باشد، مگر آن که در متن استاندارد به واحد دیگری اشاره شده باشد.

۵- هدف از حفاظت کاتدی

حفاظت کاتدی روشی موثر در کاهش خسارت خوردگی به سطوح فلز در معرض یک الکترولیت رسانا (خورنده) را فراهم میکند (به پیوست الف مراجعه شود).

۶- کاربری عمومی حفاظت کاتدی

۶-۱ حفاظت کاتدی باید در سازه های فلزی جایی که در تماس با خاک یا آب خورنده هستند، هر زمان که توجیه اقتصادی داشت، اعمال گردد (به بند الف-۲-۱ مراجعه شود). مواد دیگری غیر از فولاد یا آهن باید به عنوان موارد جداگانه در نظر گرفته شوند. سازه های فلزی هر زمان که برای حداکثر راندمان حفاظت کاتدی کاربردی باشند، باید پوشش شوند.

۶-۲ حفاظت کاتدی جریان اعمالی باید قابل کاربری در موارد زیر باشد، اما ضرورتاً به اینها محدود نمیشود:

الف) لوله های مدفون در زمین.

ب) خطوط لوله زیردریایی در ناحیه تحت نفوذ سکوهای ساحلی یا واقع در دریا جایی که نیروی برق جریان متناوب (ac) وجود دارد.

c) Offshore structures (where power is available).

ج) سازه های واقع در دریا (جایی که جریان الکتریکی در دسترس باشد.)

d) Piers.

د) اسکله ها.

e) Storage tank bottoms (where exposed to soil).

ه) کف مخازن ذخیره (جایی که در معرض خاک باشد).

f) Water tank interiors.

و) بخش‌های داخلی مخزن آب.

g) Ship hulls (unless galvanic protection is used, (see 6.3).

ز) بدنه کشتی ها (مگر این که حفاظت گالوانیکی بکار رفته باشد)، (به ۶-۳ مراجعه شود).

h) Well casings.

ح) پوشش های جدار چاه.

i) Buried plant piping.

ط) لوله کشی مدفون شده در واحد.

j) Seawater intake systems.

ی) سامانه های ورودی آب دریا.

k) Desalination plants.

ک) واحدهای نمک زدایی.

6.3 Galvanic cathodic protection shall be applied to but not necessarily limited to:

۶-۳ حفاظت کاتدی گالوانیکی باید در موارد زیر به کار رود ، اما ضرورتاً به اینها محدود نمیشود:

a) Submarine pipelines (beyond the influence of impressed current schemes).

الف) خطوط لوله زیر دریایی (خارج از نفوذ طرح های جریان اعمالی)

b) Short sections of buried land pipes in areas where soil resistivities are less than 5000 ohms-cms and ac power is not available or in special cases such as road crossings.

ب) قسمتهای کوتاه لوله‌های مدفون در زمین در محوطه‌هایی که مقاومت خاک کمتر از ۵۰۰۰ اهم – سانتیمتر باشد و برق متناوب وجود ندارد یا در موارد خاص مانند تقاطع با جاده.

c) Offshore structures and piers where power sources are not available also for all offshore structures for temporary protection during construction and for achieving rapid polarization and maintaining protection in conjunction with impressed current systems.

ج) سازه ها و اسکله های واقع در دریا جایی که منابع تغذیه موجود نیست همچنین برای تمام سازه های فرا ساحل برای حفاظت موقت در حین ساخت و برای انجام قطبی شدگی سریع و تداوم حفاظت در ارتباط با سامانه های جریان اعمالی .

d) Special electrical grounding facilities on land pipelines.

د) تأسیسات خاص الکتریکی متصل به زمین روی خطوط لوله زمینی.

e) Heat exchanger water boxes.

ه) محفظه‌های آب مبدل حرارتی.

f) Water tank interiors.

و) بخش‌های داخلی مخزن آب.

g) Ship hulls.

ز) بدنه کشتی ها.

h) Small boat piers where impressed current systems are not economical.

ح) اسکله های قایق کوچک جایی که سامانه های جریان اعمالی اقتصادی نیستند.

i) Process vessel interiors.

6.4 All buried land pipes and sea pipelines shall be provided with an anticorrosive, dielectric coating in accordance with IPS-E-TP-270 and IPS-C-TP-274.

6.5 Cathodic protection systems shall be so located to prevent the possibility of disturbance or damage to other structures.

7. CRITERIA FOR CATHODIC PROTECTION

7.1 General

Criteria for cathodic protection is in general agreement with the current revision of NACE RP-01-69-83 and in specific agreement with paragraphs 6.2.2 and 6.2.1 which state that "the selection of a particular criterion for achieving the objective of using cathodic protection is to control the corrosion of metallic surfaces in contact with electrolytes, depends, in part, upon past experience with similar structures and environments where in the criterion has been used successfully".

Because the conditions and environments make it impractical to comply with Paragraph 6.2.4 of NACE RP-01-69 which states that "the voltage measurements on all buried structures are to be made with reference electrode positioned as close as feasible to the structure surface being investigated" and "the corrosion engineer shall consider voltage (IR) drops other than those across the structure-electrolyte boundary, (IR) drops the presence of dissimilar metals, and the influence of other structures for valid interpretation of his voltage measurements ", specific standard criterion incorporates allowances for the intrinsic inaccuracies of structure-to-electrolyte potential measurements, the standard criterion for steel structures in different environments is stated in the following paragraphs (see also Clause 3.2 of DIN 30676, 1985).

7.2 Buried Pipes

The criterion most widely used on buried pipes is based on the measurement of potential differences between the pipe and its environment.

ط) بخش‌های داخلی ظروف فرآیند.

۶-۴ برای کلیه لوله‌های زمینی مدفون شده و خطوط لوله دریایی باید مطابق با استانداردهای IPS-E-TP-270 و IPS-C-TP-274 ضد خورنده، و پوشش عایق الکتریکی پیش بینی شود.

۶-۵ سامانه‌های حفاظت کاتدی باید به گونه ای قرار داده شوند تا از احتمال اختلال یا خسارت به دیگر سازه ها جلوگیری شود.

۷- معیارهای حفاظت کاتدی

۷-۱ عمومی

بطور کلی معیارهای حفاظت کاتدی در توافق با نسخه بازبینی شده جاری استاندارد NACE RP-01-69-83 بوده و در توافق ویژه با پاراگراف های ۶-۲-۱ و ۶-۲-۲ اینگونه اظهار میشود "انتخاب معیارهای خاص برای رسیدن به این واقعیت است که بکارگیری حفاظت کاتدی کنترل خوردگی سطوح فلزی در تماس با الکترولیت‌ها تا اندازه‌ای، بستگی به تجربه گذشته با محیط ها و سازه های مشابه هر کجا در معیارها به طور موفقیت آمیزی بکار رفته اند" دارد.

به دلیل شرایط و محیط‌ها، پیروی از نسخه بازبینی شده پاراگراف ۶-۲-۴ این استاندارد NACE RP-01-69 غیر عملی ساخته است اینگونه بیان می کند که "اندازه گیری ولتاژ بر روی تمام سازه های مدفون باید با الکترود مرجع حتی الامکان مستقر نزدیک سطح سازه در حال بررسی انجام شود" و "مهندس خوردگی باید به افت های ولتاژ(IR) به غیر از آنهایی که در سرتاسر مرز سازه به الکترولیت، افت های ولتاژ (IR) مربوط به حضور فلزات ناهمسان، و تأثیر سازه‌های دیگر بر تفسیر مجاز اندازه‌گیری پتانسیل خودش توجه داشته باشد." میزان مجاز معیار استاندارد خاص برای اشتباهات طبیعی مربوط به اندازه‌گیری پتانسیل سازه به الکترولیت، معیار استاندارد برای سازه های فولادی در محیط‌های مختلف در پاراگراف‌های زیر بیان شده است (به بند ۳-۲ استاندارد DIN 30676, 1985 مراجعه شود.

۷-۲ لوله های مدفون

معیاری که به طور بسیار گسترده بر روی لوله های مدفون بکار رفته و بر پایه اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین لوله و محیط آن است.

Coated buried pipelines shall have a minimum pipe-to-soil polarized potential of -1.0 (off) Volts (see Clause 3.2 of DIN 30676, 1985) with reference to copper/copper sulfate half cell. The potential shall be measured immediately after interrupting all the cathodic protection systems influencing the pipeline structure, where it is not practical to measure the interrupted or polarized potential on a pipe, the general guideline for the protection criteria shall be as follows:

خطوط لوله پوشش شده مدفون باید دارای حداقل پتانسیل پلاریته شده لوله نسبت به خاک ۱/۰- ولت (برای حالت خاموش) (به بند ۳-۲ استاندارد DIN 30676.1985 مراجعه شود). با نیم پیل مرجع مس / سولفات مس باشد. بعد از قطع تمام سامانه‌های حفاظت کاتدی تأثیرگذار بر سازه خط لوله، باید بلافاصله پتانسیل اندازه‌گیری شود، چنانچه اندازه‌گیری پتانسیل پلاریته شده یا قطع شدن بر روی لوله عملی نباشد، رهنمود عمومی برای معیارهای حفاظت باید مطابق زیر باشد:

7.2.1 For buried pipelines in low resistivity soils (less than 2000 ohm-cm), the protection criteria shall be -1.3 (on) volts measured at the 1 km test stations or -1.1 (on) volts measured at close interval spacing (15 meters or less) with the cathodic protection currents applied.

۷-۲-۱ برای خطوط لوله مدفون در خاک های با مقاومت مخصوص کم (کمتر از ۲۰۰۰ اهم – سانتیمتر)، معیارهای حفاظت باید ۱/۳- ولت در حالت (روشن) در ایستگاههای آزمون در یک کیلومتری اندازه گیری شده یا ۱/۱- ولت در حالت (روشن) در فواصل کوتاه (۱۵ متر یا کمتر) با جریانهای اعمال شده حفاظت کاتدی اندازه گیری شود.

7.2.2 For buried pipelines on high resistivity soils, (greater than 2000 ohm-cm), the protection criteria shall be -1.5 (on) volts measured at the 1 km test stations or -1.2 (on) volts measured at close interval spacing (15 meters or less) with the cathodic protection currents applied.

۷-۲-۲ برای خطوط لوله مدفون در خاکهای با مقاومت مخصوص بالا (زیادتر از ۲۰۰۰ اهم – سانتیمتر)، معیارهای حفاظت باید ۱/۵- ولت در حالت (روشن) در ایستگاههای آزمون در یک کیلومتری اندازه گیری شود یا ۱/۲- ولت در حالت (روشن) در فواصل کوتاه (۱۵ متر یا کمتر) با جریانهای اعمال شده حفاظت کاتدی اندازه گیری شود.

7.2.3 Buried facilities in plant areas shall be considered protected at a minimum of -0.85 (on) volt, measured at test holes over the metallic structure with the current flowing.

۷-۲-۳ تأسیسات مدفون در محوطه‌های واحد باید با در نظر داشتن حفاظت در حداقل ۰/۸۵- ولت در حالت (روشن) در حفره های آزمون روی سازه فلزی با عبور جریان اندازه‌گیری شوند.

Another criterion in use is potential change from natural value to the value obtained after application of cathodic protection. In this method potential change is used as criterion rather than an absolute value (say - 0.85 volts to copper/copper sulfate electrode). In this system, the intent is to change the pipe potential by 0.25 or 0.3 volt in the negative direction when the chatodic protection is applied.

کاربرد دیگر معیار تغییر پتانسیل از مقدار طبیعی به مقدار به دست آمده بعد از اعمال حفاظت کاتدی است. در این روش تغییر پتانسیل به عنوان معیار بجای مقدار مطلق (مثلاً ۰/۸۵- ولت نسبت به الکترود مس سولفات مس) بکار رفته است. در این سامانه، قصد تغییر پتانسیل لوله به مقدار ۰/۲۵ یا ۰/۳ ولت در جهت منفی در موقع اعمال حفاظت کاتدی می باشد.

Note:

Special conditions (e.g. backfill, pipe coating characteristics or other parameters) may require further interpretation of voltage readings), (see NACE RP 01-69-83 Paragraph 6.5).

یادآوری:

شرایط مخصوص (برای مثال، خاکریزی، ویژگیهای پوشش لوله یا پارامترهای دیگر) ممکن است به تفسیر بیشتر قرائت‌های پتانسیل نیاز باشد، (به استاندارد NACE RP-01-69-83 پاراگراف ۶-۵ مراجعه شود).

7.3 Tanks Exteriors

Tank undersides may be considered partially coated due to contact with sand asphalt padding. However, contact with the soil will vary with flexing of the base. The potential recorded at the periphery of the underside shall be -1.10 -1.20 (on), volt with reference to a copper/copper sulfate half cell; where permanent reference electrodes have been installed under the tank bottom, a minimum potential of +0.25 (on) volt zinc to steel indicates adequate protection.

۷-۳ بخش های خارجی مخازن

سطوح زیرین مخازن ممکن است به دلیل تماس با پرکننده های ماسه آغشته به آسفالت تا اندازه‌ای پوشش شده در نظر گرفته شوند. بهرحال، تماس با خاک همراه با خم شدن پایه تغییر خواهد کرد. پتانسیل ثبت شده در پیرامون سطح زیرین با نیم پیل مرجع مس / سولفات مس باید ۱/۱-، ۱/۲- ولت در حالت (روشن) باشد، جایی که الکترودهای مرجع دائمی در زیر کف مخزن نصب شده‌اند، حداقل پتانسیل ۰/۲۵+ ولت در حالت (روشن) روی نسبت به فولاد حفاظت مناسبی را نشان میدهد.

7.4 Submerged Pipelines

Offshore submerged pipelines shall have a minimum Pipe-to-water potential of -0.90 (on) volt with reference to a silver/ silver chloride half cell.

۷-۴ خطوط لوله غوطه‌ور شده

خطوط لوله غوطه‌ور شده واقع در دریا باید دارای حداقل پتانسیل لوله به آب شامل ۰/۹- ولت در حالت (روشن) با مرجع نیم پیل نقره کلرید نقره باشد.

7.5 Offshore Structures and Ship Hulls

Steel structures, other than pipelines, shall have a minimum structure -to-water potential of -0.90 (on) volt with reference to a silver/silver chloride half cell.

۷-۵ سازه های واقع در دریا و بدنه کشتی ها

سازه‌های فولادی، به غیر از خطوط لوله، باید دارای حداقل پتانسیل سازه نسبت به آب ۰/۹- ولت در حالت (روشن) با مرجع قرار دادن نیم پیل نقره کلرید نقره باشند.

7.6 Tank, Pipe and Water Box Interiors

Structures storing or transporting conductive waters or other conductive liquids shall have a minimum electrolyte to internal surface potential of -0.90 (on) volt with reference to silver / silver chloride reference cell or +0.15 (on) volt with reference to an internal zinc reference electrode.

۷-۶ مخزن، لوله و بخش‌های داخلی محفظه آب

سازه‌هایی که آبهای رسانا یا دیگر مایعات رسانا را ذخیره یا حمل و نقل میکنند باید حداقل پتانسیل الکترولیت نسبت به سطح داخلی ۰/۹- ولت در حالت (روشن) با مرجع قرار دادن پیل مرجع نقره کلرید نقره یا ۰/۱۵+ ولت در حالت (روشن) با مرجع قرار دادن نسبت به یک الکترود مرجع روی داخلی باشد.

7.7 Well Casings

In general, onshore well casings shall be considered adequately protected when a polarized casing -to- soil potential of -1.0 (off) volt to a copper/copper sulfate reference cell is measured with the cell located close to the casing and the cathodic current momentarily interrupted.

Alternatively, the potential measured with the cathodic current shall be -1.2 (on) volts to the copper/copper sulfate reference cell with the cell located remotely a minimum of 75 meters from the well and preferably 180 away from the anode bed. Where it is impractical to obtain valid casing-

۷-۷ لوله جداره چاه

بطور کلی، لوله های جداره چاه در خشکی را زمانی می توان به طور مناسب حفاظت شده در نظر گرفت که پتانسیل لوله جداره پلاریزه نسبت به خاک با استفاده از پیل مرجع مس / سولفات مس ۱/۰- ولت در حالت (خاموش) باشد. که این ولتاژ با استفاده از پیل مستقر در کنار لوله جداره و قطع لحظه‌ای جریان کاتدی اندازه‌گیری می شود.

متناوباً، پتانسیل اندازه‌گیری شده با جریان کاتدی باید ۱/۲- ولت در حالت (روشن) نسبت به پیل مرجع مس / سولفات مس با استقرار پیل در فاصله دور حداقل ۷۵ متر از چاه و ترجیحاً ۱۸۰ متر دور از بستر آندی باشد. در جائیکه حصول اندازه‌گیریهای پتانسیل قابل قبول لوله جداره نسبت به خاک

to-soil potential measurements, current requirement and polarization test data may be used in interpreting the protected status of well casings. Offshore well casings shall be considered protected when the casing-to-water potential is -0.90 (on) volt to a silver chloride reference half cell placed close to the casing.

Table 1 lists the observed protection potentials i.e. potential without allowances for (IR) drop error for full protection of various metals, measured against difference standard electrodes.

عملی نباشد، ممکن است از جریان مورد نیاز و داده‌های آزمون پلاریزاسیون در تفسیر وضع حفاظت شده لوله های جداره چاه استفاده شود. لوله‌های جداره چاه واقع در دریا باید با در نظر داشتن حفاظت زمانی که پتانسیل لوله جداره نسبت به آب ۰/۹- ولت در حالت (روشن) توسط نیم پیل مرجع کلرید نقره بوده و نیم پیل در کنار لوله جداره قرار داده شود.

جدول ۱ پتانسیل‌های حفاظتی مشاهده شده، یعنی پتانسیل بدون حد مجازهای خطای افت ولتاژ (IR) برای حفاظت کامل از فلزات مختلف، اندازه گیری شده در مقابل الکترودهای استاندارد متفاوت را فهرست می نماید.

TABLE 1 - MINIMUM AND MAXIMUM POTENTIALS FOR CATHODIC PROTECTION OF BARE METALS (VOLTS, WITHOUT IR DROP)

جدول ۱- پتانسیل های حداقل و حداکثر برای حفاظت کاتدی فلزات بدون روکش (ولتاژها ، بدون افت IR)

Metal or Alloy فلز یا آلیاژ	CONDITION شرایط	REFERENCE ELECTRODE الکترود مرجع							
		Copper/copper sulfate مس/سولفات مس		Silver/silver chloride sea-water** نقره/کلرید نقره آب دریا**		Silver/silver chloride saturated KCl نقره/کلرید نقره KCl اشباع شده		Zinc/(clean) sea-water روی/ آب دریا(تمیز)	
		Min. حداقل	Max. حداکثر	Min. حداقل	Max. حداکثر	Min. حداقل	Max. حداکثر	Min. حداقل	Max. حداکثر
Unalloyed and low alloy ferrous materials مواد آهنی آلیاژ نشده و کم آلیاژ	At temp. below 40°C در دمای زیر ۴۰ درجه سانتیگراد	- 0.85	N.A*	- 0.80	N.A	- 0.75	N.A	+ 0.25	N.A
	At temp. higher than 60°C در دمای بالاتر از ۶۰ درجه سانتیگراد	- 0.95	N.A	- 0.90	N.A	- 0.85	N.A	+ 0.15	N.A
	In anaerobic media with high activity of sulfate reducing bacteria and Sulfate در محیطهای غیرهوازی با فعالیت بالای باکترهای احیاء کننده سولفات و سولفات	- 0.95	N.A	- 0.90	N.A	- 0.85	N.A	+ 0.15	N.A
	In aerobic and in anaerobic media with low activity of sulfate reducing bacteria and sulfates درمحیطهای غیرهوازی و هوازی با فعالیت پایین باکترهای احیاء کننده سولفات و سولفاتها	- 0.85	N.A	- 0.80	N.A	- 0.75	N.A	+ 0.25	N.A
	In sandy soils with resistivities greater than 50000 ohm.cm درخاک های شنی با قابلیت مقاومت بیشتر از ۵۰۰۰۰ اهم – سانتیمتر	- 0.75	N.A	- 0.70	N.A	- 0.65	N.A	+ 0.35	N.A
Stainless steels with a chromium of at least 16% by weight, for use in soil and fresh water فولادهای زنگ نزن با کرم حداقل ۱۶ درصد وزنی، برای استفاده در آب تازه و خاک	At temp. below 40°C در دمای زیر ۴۰ درجه سانتیگراد	- 0.10	N.A	- 0.50	N.A	- 0.00	N.A	+ 1.00	N.A
	At temp. higher than 60°C در دمای بالاتر از ۶۰ درجه سانتیگراد	- 0.30	N.A	- 0.25	N.A	- 0.20	N.A	+ 0.80	N.A

TABLE 1 (continued)
جدول ۱- (ادامه)

Metal or Alloy فلز یا آلیاژ	CONDITION شرایط	REFERENCE ELECTRODE الکترود مرجع							
		Copper/copper sulfate مس/سولفات مس		Silver/silver chloride sea-water** نقره/کلرید نقره آب دریا**		Silver/silver chloride saturated KCl نقره/کلرید نقره KCl اشباع شده		Zinc/(clean) sea-water روی/ آب دریا(تمیز)	
		Min. حداقل	Max. حداکثر	Min. حداقل	Max. حداکثر	Min. حداقل	Max. حداکثر	Min. حداقل	Max. حداکثر
Stainless steels with a chromium content of at least 16% by weight, for use in salt water فولادهای زنگ نزن با کرم حداقل ۱۶ دصد وزنی برای استفاده در آب نمک	---	- 0.30	N.A	- 0.25	N.A	- 0.20	N.A	+ 0.80	N.A
Copper; copper/nickel alloys مس، آلیاژهای نیکل مس	---	- 0.50	-0.65	- 0.45	- 0.55	- 0.45	0.56	+ 0.6	+0.45
Lead سرب	---	-0.60	- NA	- 0.55	- NA	- 0.50	- NA	+ 0.5	- N.A
Aluminum آلومینیوم	In fresh water در آب تازه	- 0.95	- 1.30	-0.9	- 1.15	- 0.85	- 1.10	+ 0.15	- 0.10
Aluminum آلومینیوم	In salt water در آب نمک	- 0.90	- 1.10	- 0.85	- 1.05	- 0.80	- 1.00	+ 0.20	- 0.00
Aluminum آلومینیوم	In soil در خاک	- 0.95	- 1.20	- 0.90	- 1.15	- 0.85	- 1.10	+ 0.15	- 0.10
Steel in contact with Concrete فولاد در تماس با بتن	---	- 0.75	- 1.30	- 0.70	- 1.25	- 0.65	- 1.20	+ 0.35	- 0.20
Galvanized steel فولاد گالوانیزه شده	---	- 1.20	N.A	- 1.15	N.A	- 1.1	N.A	+ 0.10	N.A

* Not applicable

** Silver/silver chloride/sea water (salinity 32-38%) in brackish water (salinity < 32%), the potential reading from an open electrolyte reference electrode must be corrected for the lower chloride concentration. For measurements in such water a closed electrolyte reference electrode is advantageous.

Notes:

1) All potentials have been rounded to the nearest multiple of 0.05 V. The figures for electrodes in which sea-water is the electrolyte are valid only if the sea-water is clean,

* قابل اعمال نیست.

** نقره/ کلرید نقره/ آب دریا (شوری ۳۲- ۳۸ درصد) در آب شور مزه (شوری کمتر از ۳۲ درصد)، قرائت پتانسیل از یک الکترود مرجع الکترولیت باز باید برای غلظت کلرید پایین‌تر تصحیح گردد. برای اندازه‌گیریها در چنین آبی یک الکترود مرجع الکترولیت بسته مزیت دارد.

یادآوری‌ها:

۱) تمام پتانسیل‌ها به نزدیک‌ترین ضریب ۰/۰۵ ولت گِرد شده‌اند. اعداد برای الکترودهایی که آب دریا الکترولیت است فقط اگر آب دریا تمیز، رقیق نشده و هوا دهی شده

undiluted and aerated.

باشد قابل قبول هستند.

2) Aluminum. It is not at present possible to make firm recommendations for the protection of aluminum since this metal may corrode if made too strongly negative. There are indications that corrosion can be prevented if the potential is maintained between the limits shown in the Table. Alternatively, it has been recommended in the case of pipelines to make the metal electrolyte potential more negative than its original value by 0.15 V.

۲) آلومینیوم. در حال حاضر امکان ارائه پیشنهادات محکمی برای حفاظت آلومینیوم نیست، چون ممکن است این فلز در صورت به شدت منفی شدن خورده شود. در اینجا نشانه‌هایی وجود دارند چنانچه پتانسیل بین محدوده های نشان داده شده در جدول حفظ گردد میتواند از خوردگی جلوگیری شود. متناوباً در مورد خطوط لوله پیشنهاد شده است که پتانسیل الکترولیت فلز نسبت به مقدار اصلی خودش به اندازه ۰/۱۵ ولت منفی‌تر شود.

3) Lead. In alkaline environments lead may occasionally be corroded at strongly negative potentials.

۳) سرب. در محیط های قلیایی سرب ممکن است بعضی اوقات در پتانسیل های به شدت منفی خورده شود.

4) Stainless steels. In many environments, stainless steels will not require any form of protection. In some cases anodic protection is used.

۴) فولادهای زنگ نزن. در بیشتر محیط ها، فولادهای زنگ نزن به هیچ نوع حفاظت نیاز نخواهند داشت. در بعضی موارد حفاظت آندی بکار میرود.

Stainless steels are however, often susceptible to crevice corrosion. A crevice may be encountered between two metals, e.g. at a riveted or bolted seam, or between a metal and non-metal or at a gasketed joint. Crevice attack is a particular from of a differential aeration corrosion and is most often encountered in a marine environment. It has been found that cathodic protection will significantly reduce the incidence and severity of this form of corrosion; polarization to potentials given in Table 1 is necessary.

بهرحال فولادهای زنگ نزن غالباً نسبت به خوردگی شکافی حساس هستند. ممکن است یک شکاف بین دو فلز بوجود آید، برای مثال، در یک میخ پرچ یا درز پیچ شده، یا بین یک فلز و غیر فلز یا در اتصال لایی گذاری شده. حمله شکافی شکل خاصی از یک خوردگی تفاضلی در مجاورت هوا قرار گرفتن است و بیشتر اوقات در محیط دریایی بوجود می‌آید . مشخص شده است که حفاظت کاتدی به طور قابل ملاحظه‌ای وقوع و شدت این نوع از خوردگی را کاهش میدهد، پلاریزاسیون به پتانسیل های داده شده در جدول ۱ ضروری است.

Difficulty can, however, arise if the crevice can seal itself off from the environment; the protective current cannot flow to the seat of the attack which may proceed unabated.

به هرحال اگر شکاف بتواند خود را دور از محیط آب بندی کند می تواند باعث ایجاد مشکل شود، جریان محافظ نمی‌تواند به محل خوردگی که ممکن است با تمام توان پیش رفت نماید، جاری شود.

Polarization of stainless steels to excessively negative potentials may result in hydrogen evolution which can cause blistering and loss of mechanical strength.

پلاریزاسیون فولادهای زنگ نزن به پتانسیل های بی نهایت منفی ممکن است باعث بوجود آمدن گاز هیدروژن شده که میتواند باعث تاول زدن و کاهش استحکام مکانیکی شود.

Experience has shown that random pitting of stainless steel may not be influenced by cathodic protection, despite the evidence from certain laboratory studies.

تجربه نشان میدهد که خوردگی حفره ای ایجاد شده به صورت تصادفی در فولاد زنگ نزن ممکن است برخلاف گواهی مطالعات آزمایشگاهی خاصی تحت تأثیر حفاظت کاتدی، نباشد.

5) Steel in concrete. If steel, whether buried or

۵) فولاد در بتن. هر گاه فولاد، چه مدفون یا غوطه‌ور،

immersed, is only partially enclosed in concrete, the protection potential is determined by the exposed metal and is as indicated in Table 1. Iron or steel fully enclosed in sound concrete free from chlorides would not normally require cathodic protection because of the alkaline environment. For circumstances where cathodic protection needs to be applied, for example because there is doubt as to adequacy of the concrete cover or to provide very high reliability, it has been suggested that potentials less negative than are normally required for the protection of steel may be suitable.

فقط تا اندازه ای در بتن محصور باشد، پتانسیل حفاظت از طریق فلز در معرض و همانطور که در جدول ۱ اشاره شده تعیین شود. فولاد یا آهنی که به طور کامل در بتن سالم عاری از کلریدها محصور است، به دلیل محیط قلیایی به طور نرمال نیاز به حفاظت کاتدی ندارد. برای شرایطی که اعمال حفاظت کاتدی نیاز است، برای مثال، به دلیل شک داشتن به کفایت روکش بتن یا تأمین اعتبار خیلی بالا، برای پتانسیل‌های کمتر منفی نسبت به شرایط عادی که ممکن است حفاظت از فولاد مناسب باشد پیشنهاد گردیده است.

8. TYPES OF CATHODIC PROTECTION SYSTEMS

۸- انواع سامانه‌های حفاظت کاتدی

8.1 Impressed Current Systems

In this type of system, an external source of dc power, usually an ac/dc transformer-rectifier, is used to provide the driving voltage between the anode and the structure to be protected. The negative terminal of the dc source is connected to the structure by a suitable cable and the positive terminal similarly connected to the anode. The dc power source shall be adjustable so that variations in cathodic protection current and voltage are available.

Rectifiers are especially applicable where electric power is available and current requirements are large or soil resistivity is too high for sacrificial anodes. They are very flexible source since practically any combination of current and voltage ratings is available and the voltage of a rectifier is normally adjustable over a wide range.

۸-۱ سامانه های جریان اعمالی

در این نوع سامانه یک منبع بیرونی از نیروی dc، معمولاً یک مبدل/ یکسوکننده ac/dc به منظور ولتاژ محرکه بین آند و سازه‌ای که باید حفاظت شود بکار میرود. ترمینال منفی منبع dc توسط کابل مناسب به سازه وصل شده و ترمینال مثبت به همان شکل به آند وصل میشود. منبع نیروی dc باید قابل تنظیم باشد، به طوری که تغییرات در ولتاژ و جریان حفاظت کاتدی مقدور باشد.

یکسوکننده‌ها به طور خاص در جایی به کار می روند که نیروی الکتریکی در دسترس است و به جریانهای زیاد نیاز است یا مقاومت مخصوص خاک برای آندهای فدا شونده بسیار بالا است، یکسوکننده‌ها منابع بسیار انعطاف پذیر هستند زیرا هر ترکیبی از ولتاژ و جریان مقدور بوده و معمولاً ولتاژ ترانس یکسوکننده در یک دامنه وسیع قابل تنظیم است.

8.2 Galvanic Anode Systems

In a galvanic anode system, the driving voltage between the structure to be protected and the anodes is provided directly by the potential difference between the materials involved, If the galvanic anode is subject to possible wetting by oil, Aluminum alloy or magnesium anodes shall be used.

Galvanic anodes, either singly or in groups or ribbon, are connected directly to the structure to be protected and are consumed at a rate proportional to the current output. Because of the limited driving voltage their use is generally in soil or water conditions of

۸-۲ سامانه های آند فدا شونده

در یک سامانه آند گالوانیکی ولتاژ محرکه بین سازه‌ای که باید حفاظت شود و آندها به طور مستقیم توسط اختلاف پتانسیل بین مواد درگیر در نظر گرفته میشود، هرگاه تر شدن آند گالوانیکی به وسیله نفت امکان داشته باشد باید از آندهای آلیاژ آلومینیوم یا منیزیم استفاده شود.

آندهای گالوانیک، چه به شکل تکی یا گروهی یا نواری به طور مستقیم به سازه‌ای که باید حفاظت شود متصل شده و در یک میزان متناسب با جریان خروجی مصرف میشوند. به دلیل ولتاژ محرکه محدود استفاده از آنها معمولاً در شرایط خاک یا آب با مقاومت مخصوص الکتریکی کمتر از

electrical resistivity less than 5000 ohm-cm.

۵۰۰۰ اهم – سانتیمتر می باشد.

This system is applicable where the soil resistivity and current requirements are low and also where a power supply does not exist or can be provided only at uneconomical costs.

این سامانه در جایی که مقاومت مخصوص خاک و جریان مورد نیاز کم است و همچنین جایی که منبع تأمین نیروی برق وجود ندارد یا فقط میتوان با هزینه های غیر اقتصادی تهیه نمود، قابل اجرا است.

The use of magnesium anodes is usually not feasible where the soil resistivity is above 5000 ohm-cm (although magnesium ribbon may be used in soils of higher resistivity). A general rule-of-thumb suggests that zinc anodes are better used in the lower soil resistivities (below 1500 ohm-cm).

معمولاً استفاده از آندهای منیزیم در جایی که مقاومت مخصوص خاک بالای ۵۰۰۰ اهم – سانتیمتر باشد توجیه پذیر نیست (گرچه ممکن است از نوار منیزیم در خاکهای با مقاومت مخصوص بالاتر استفاده شود). بطور کلی با یک حساب سرانگشتی پیشنهاد می‌شود بهتر است آندهای روی در خاک با مقاومت‌های پایین‌تر استفاده شوند. (زیر ۱۵۰۰ اهم – سانتیمتر).

The construction of galvanic anode systems shall be according to IPS-C-TP-820.

ساختن سامانه های آند گالوانیکی باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

8.3 Galvanic Versus Impressed Current System

۸-۳ سامانه جریان اعمالی در برابر گالوانیکی

In cases where either galvanic anode or Impressed Current System can be used successfully, the choice is dictated by economics. A cost study is required to determine which type of system is more economical. (See also A.2.4).

در مواردی که یکی از دوتا سامانه آند گالوانیکی یا جریان اعمالی را بتوان موفقیت آمیز بکار برد، گزینش توسط اقتصاد دیکته میشود. مطالعه هزینه برای تعیین اقتصادی-تر بودن کدام نوع سامانه لازم است (به الف-۲-۴ مراجعه شود).

9. EQUIPMENT AND FACILITIES FOR IMPRESSED CURRENT SYSTEMS

۹- تأسیسات و تجهیزات برای سامانه های جریان اعمالی

9.1 Cathodic Protection Transformer-Rectifiers

۹-۱ مبدل / یکسوکننده های حفاظت کاتدی

A transformer-rectifier in conjunction with an anode system offers the most reliable and effective means for supplying cathodic protection when an ac power supply is available. Transformer-rectifiers for cathodic protection use are generally rated in the range of 10 to 400 amperes and from 10 to 100 volts.

یک مبدل / یکسوکننده همراه با یک سامانه آندی مطمئن ترین و موثرترین وسیله جهت فراهم کردن حفاظت کاتدی زمانی که تامین قدرت ac وجود دارد، را ارائه می نماید. مبدل /یکسوکننده بکار رفته برای حفاظت کاتدی معمولاً در دامنه ۱۰ تا ۴۰۰ آمپر و ۱۰ تا ۱۰۰ ولت رتبه بندی شده اند.

Transformer rectifier construction may use either air cooling or oil immersion. In the latter, all current carrying circuits are immersed in oil filled tanks. Oil immersed units are preferred for installation in severe corrosive environments (see IPS-E-TP-100 for definition). However, air cooled units may be acceptable in less corrosive atmosphere or non

در ساخت مبدل/ یکسوکننده ممکن است سامانه هوا خنک یا غوطه‌ور در روغن استفاده شود. مورد آخری، تمام مدارهای حامل جریان در مخازن پرشده از روغن غوطه‌ور هستند. دستگاههای غوطه‌ور شده در روغن برای نصب در محیطهای خورنده شدید ترجیح دارند. (برای توضیح بیشتر به استاندارد IPS-E-TP-100 مراجعه شود). بهرحال دستگاههای هوا خنک ممکن است در فضای

classified areas (see IPS-M-EL-155). The air cooled units are used in ambient temperature below 40°C.

کمتر خورنده یا نواحی طبقه بندی نشده قابل قبول باشند (بـــه استاندارد IPS-M-EL-155 مراجعه شود). واحدهای هوا خنک در دمای محیط زیر ۴۰ درجه سانتیگراد بکار برده میشوند.

9.2 Alternative Cathodic Protection Power Sources

Where there is no access to ac supplies, any of other sources of power, as listed below which technically and economically is justified may be considered:

a) Diesel-alternator-rectifier set.

b) Gas engine-alternator-rectifier set.

c) Thermo-electric generator (gas operated).

d) Closed circuit vapor turbine (gas or kerosene operated).

e) Solar powered generator with battery storage.

f) Wind generators with battery storage.

g) Alternating current turbine operating from by pass pipeline flow.

h) Fuel cells consisting of two conducting plates and electrolyte.

i) Petrol engine-alternator.

In case of Gas trunkline, gas from the pipeline is used to power the gas engine. If the trunkline carries a petroleum product which is suitable for engine fuel, it may be taken directly from the line as well. Otherwise, fuel like gas, oil or petrol, depending on type of engine selected, must be brought to the generator station periodically to fill fuel storage tank at site.

۹-۲ گزینه منابع تغذیه حفاظت کاتدی

در جایی که دستیابی به ملزومات ac وجود ندارد سایر منابع قدرت که از نظر فنی و اقتصادی توجیه پذیر باشند، طبق فهرست زیر ممکن است در نظر گرفته شوند:

الف) دستگاه دیزل مولد جریان متناوب یکسوکننده.

ب) دستگاه موتور گازی مولد جریان متناوب یکسو کننده.

ج) مولد الکتریک گرما (کار با گاز).

د) توربین بخار مدار بسته (کار با گاز یا نفت).

ه) مولد انرژی خورشیدی با ذخیره باطری.

و) مولدهای بادی با ذخیره باطری.

ز) توربین جریان متناوب که از طریق جریان خطوط لوله کنار گذر عمل میکند.

ح) پیل های سوختی شامل دو تیغه رسانا و الکترولیت.

ط) موتور بنزینی جریان متناوب

در مورد خط اصلی گاز، گاز از طریق خط لوله برای تأمین نیروی موتور گازی استفاده میشود. چنانچه خط اصلی یک فرآورده نفتی را حمل میکند که مناسب سوخت موتور است، ممکن است مستقیماً به همان اندازه از خط گرفته شود. در غیر این صورت، گاز مانند سوخت، نفت یا بنزین، بسته به نوع موتور انتخاب شده، باید در فواصل معین برای پرکردن مخزن ذخیره در محل به ایستگاه مولد آورده شود.

9.3 Impressed Current Anodes

9.3.1 Ferro Silicon (an iron alloy with a silicon content of approximately about 14 W% and a carbon content of approximately 1 W%), graphite, scrap iron and magnetite (Fe_3O_4 plus

۹-۳ آندهای جریان اعمالی

۹-۳-۱ فروسیلیکون (یک آلیاژ آهن دارای تقریباً حدود ۱۴ درصد وزنی سیلیسیم و تقریباً ۱ درصد وزنی کربن)، گرافیت، آهن قراضه و مغناطیسی (Fe_3O_4) به اضافه مواد

additives) is to be considered a suitable material for anodes in contact with soil.

افزودنی) ماده مناسبی برای آندهای در تماس با خاک در نظر گرفته می شوند.

9.3.2 Ferro silicon anode with 4W% chromium is recommended for use in soils containing chloride ions. For anodes in contact with salt water, inert anodes of platinized titanium, tantalum or niobium or lead/silver anodes are commonly used.

۹-۳-۲ آند فروسیلیکون با ۴ درصد وزنی کروم برای استفاده در خاکهای دارای یونهای کلرید پیشنهاد میشود. برای آندهای در تماس با آب نمک دار، آندهای بی اثر از تیتانیم روکش شده با طلای سفید، تنتالیوم یا نیوبیوم یا آندهای سرب/نقره به طور معمول استفاده میشوند.

9.3.3 Polymeric anodes are used for cathodic protection of reinforcing steel in salt contaminated concrete and can also be used for cathodic protection of inplant facilities. The system consists of a mesh of wirelike anodes, which are made of a conductive polymer electrode material coated onto copper conductors. The conductive polymer not only serves as an active anode material but also shields the conductors from chemical attack. These mesh anodes are designed and optimally spaced to provide long term uniform protection at low current densities. In case of protecting steel in concrete, the anode mesh is placed on the surface of a reinforced concrete structure, covered with an overlay of portland cement or polymer modified concrete and then connected to a low voltage dc power source.

۹-۳-۳ از آندهای پلیمری برای حفاظت کاتدی فولاد تقویت شده در بتن آلوده به نمک استفاده شده و نیز میتوان برای حفاظت کاتدی در تأسیسات کارخانه استفاده شوند. سامانه مرکب از آندهای مشبک شبه سیم، از یک ماده الکترود پلیمر رسانا پوشش شده روی مس رسانا ساخته شده است. پلیمر رسانا نه تنها به عنوان یک ماده آند فعال عمل مینماید، بلکه رساناها را از حمله شیمیایی حفظ میکند. این آندهای مشبک به گونه‌ای طراحی و فاصله گذاری بهینه شده‌اند تا در دراز مدت با دانسیته جریان کم به طور یکنواخت حفاظت را تأمین نمایند. در مورد حفاظت فولاد در بتن، آند مشبک را روی سطح سازه بتن تقویت شده قرار داده، با سیمان پرتلند یا با بتن اصلاح شده پلیمری آنرا اندود کرده و سپس به منبع تغذیه dc با ولتاژ کم وصل میشود.

9.3.4 Ceramic anodes are the newest materials available for cathodic protection anodes. These anodes are supplied either as oxide coatings on transition metal substrates or as bulk ceramics. Their use as cathodic protection anodes for protecting reinforcing steel in concrete is new but the oxide coated transition metal anodes have been used since the late 1960 in the chlor-alkali industry as anodes for chlorine production and seawater electrolysis, and cathodic protection of water tanks and bund steel structures, among other industrial processes. These anodes are produced in sheet, mesh and wire form.

۹-۳-۴ آندهای سرامیک جدیدترین مواد موجود برای آندهای حفاظت کاتدی هستند. این آندها یا در نتیجه پوشش های اکسیدی روی زیرآیندهای فلزی انتقال یا در نتیجه سرامیک های پر حجم تهیه میشوند. استفاده از آنها به عنوان آندهای حفاظت کاتدی برای حفاظت از فولاد تقویت شده در بتن جدید است، اما از آندهای پوشش شده اکسید فلز انتقالی از اواخر سال ۱۹۶۰ در صنعت کلر-آلکالی به عنوان آندهای فرآورش کلر و تجزیه الکتریکی آب دریا، و حفاظت کاتدی از مخازن آب و خاکریز سازه-های فولادی، در بین دیگر فرآیندهای صنعتی استفاده - شده است. این آندها به صورت ورق، مشبک و به شکل سیمی تولید میشوند.

9.3.5 Following considerations shall be considered when selecting the anode for an impressed current system:

۹-۳-۵ زمان انتخاب آند برای سامانه جریان اعمالی باید ملاحظات زیر در نظر گرفته شوند:

- The relative importance of cost and consumption rate varies according to

- اهمیت رابطه هزینه و میزان مصرف مطابق شرایط تغییر میکند. بدین معنی که، اگر مقاومت

conditions. Thus, if the electrolyte resistivity is high, an extensive anode installation will be needed. Cheap material is therefore normally chosen and it will not be excessively costly to provide an additional amount to allow for its higher consumption. For anodes in a low resistivity environment, such as sea-water, a large mass of material is not generally required so that a compact anode of material capable of working at high current density may be more economical. Compactness may often be essential, for example to minimize interference with water flow. In such applications, the mechanical properties of the material and ability to withstand abrasion by suspended matter may also be important.

مخصوص الکترولیت بالا باشد، نصب آند زیادی لازم خواهد بود. بنابراین، معمولاً مواد ارزان انتخاب میشود که برای تهیه مقدار اضافی و مجاز برای مصرف بالای مجاز هزینه بسیار زیادی نخواهد داشت. برای آندهای در محیط با مقاومت مخصوص کم، مانند آب دریا، معمولاً نیاز به توده بزرگی از ماده نیست، به طوری که یک آند متراکم از ماده شایسته برای کارکردن در دانسیته جریان بالا ممکن است بیشتر اقتصادی باشد. غالباً فشردگی ممکن است لازم باشد، برای مثال، به حداقل رساندن تداخل با جریان آب. در چنین کاربریهایی خواص مکانیکی ماده و توانایی مقابله با سایش توسط ذرات معلق نیز ممکن است با اهمیت باشد.

- Graphite used as an anode material can be operated at a current density of 2.5 A m² to 10 A m². It is normally impregnated with wax or a synthetic resin to fill the pores and the consumption rate can then be appreciably lower than that of iron and steel. Chlorine which can be generated electrolytically in saline waters is particularly aggressive towards graphite anodes.

- گرافیت بکار رفته به عنوان ماده آند میتواند در دانسیته جریان ۲/۵ آمپرمتر مربع تا ۱۰ آمپر مترمربع عمل نماید. به طور معمول آنرا با موم یا رزین مصنوعی آغشته کرده تا حفره‌ها را پر کرده و پس از آن میزان مصرف میتواند به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از آهن و فولاد باشد. کلری که از طریق الکترولیتی در آبهای شور تولید میشود به طور خاص نسبت به آندهای گرافیتی مهاجم است.

- High silicon cast iron will operate at current densities in the range 5 A/m² to 50 A/m² with consumption rates in the range 0.2 kg/A year to 1 kg/A year, according to anode shape and conditions. It is suitable for buried or immersed conditions.

- چدن پر سیلیس در دانسیته جریان‌های با دامنه ۵ آمپر/مترمربع تا ۵۰ آمپر/مترمربع با میزان‌های مصرف با دامنه ۰/۲ کیلوگرم / آمپرسال تا ۱ کیلوگرم / آمپرسال، طبق شکل و شرایط آند عمل خواهند کرد. آن برای شرایط مدفون یا غوطه ور مناسب می باشد.

- Magnetite (Fe_3O_4) is a natural mineral which can be made into a cathodic protection anode by proprietary methods. Such anodes are available in the form of cast hollow cylinders with an internal metallic lining to which a cable is connected and sealed. Magnetite has a low consumption rate of less than 5 g/A year and may be used in soils, fresh-water and sea-water. This material is brittle and requires careful handling.

- آهن مغناطیسی (Fe_3O_4) یک ماده معدنی طبیعی است که با روشهای اختصاصی میتواند تبدیل به یک آند حفاظت کاتدی شود. این نوع آندها به شکل سیلندرهای توخالی ریخته‌گری با پوشش داخلی فلزی که به یک کابل متصل و آب‌بندی شده در دسترس هستند. آهن مغناطیسی میزان مصرف پایین کمتر از ۵ گرم/آمپرسال دارد و ممکن است در خاکها، آب تازه و آب دریا استفاده شوند. این ماده شکننده بوده و در جابجایی نیاز به دقت دارد.

- Lead alloys of various compositions are used in sea-water applications but are unsuitable for installations where deposits may form. These anodes rely on the formation of a lead dioxide (PbO_2) surface

- ترکیبات مختلف آلیاژهای سرب در کاربریهای آب دریا استفاده میشوند، اما برای تأسیسات جایی که رسوبات ممکن است تشکیل شود مناسب نیستند. این

film which constitutes a conducting medium that does not deteriorate rapidly and is self repairing. For example, lead alloyed with antimony and silver can operate at current densities up to 300 A/m². In another type, the lead is alloyed with silver and tellurium. The performance may be affected adversely in deep water or waters of low oxygen content.

آندها بر شکل گیری یک لایه سطحی دی اکسید سرب (PbO_2) که تشکیل یک محیط رسانا را می‌دهد تکیه دارد که به سرعت تخریب نمیشود و خود ترمیم است. برای مثال، سرب آلیاژ شده با آنتیموان و نقره میتواند در دانسیته جریانهای تا ۳۰۰ آمپر/مترمربع عمل نماید. در نوع دیگر، سرب با نقره و تلوریم آلیاژ میشود. ممکن است کارآیی آن در آب عمیق یا آبهای با اکسیژن کم تأثیر عکس داشته باشد.

Thin platinum wire may be inserted into the lead alloy surface to form a bi-electrode which can be beneficial in the initial formation of a film of lead dioxide. This mechanism operates at a current density greater than 250 A/m². Such anodes can be operated at current densities up to 2000 A/m². Other lead alloys are available and the operating conditions may be affected by the type of alloy.

ممکن است سیم نازک پلاتینی در سطح آلیاژ سرب افزوده شود تا به شکل یک الکترود دوگانه بتواند در تشکیل اولیه لایه دی اکسید سرب مفید باشد. این سازوکار در دانسیته جریان بیشتر از ۲۵۰ آمپر / مترمربع عمل میکند. یک چنین آندهایی میتوانند در دانسیته جریان‌های تا ۲۰۰۰ آمپر/مترمربع عمل نمایند. آلیاژهای دیگر سرب هم وجود دارند و ممکن است شرایط عملیاتی تحت تأثیر نوع آلیاژ قرار گیرد.

- Platinum and platinum alloys e.g. platinum/iridium are too expensive for use as anodes except in special applications. They are, however, frequently used in the form of a thin layer of platinum or platinum alloy about 0.0025 mm thick on a titanium, niobium or tantalum substrate.

- پلاتین و آلیاژهای پلاتینی برای مثال، پلاتین / ایریدیم برای استفاده به عنوان آندهای خیلی گران هستند، به جز در کاربریهای خاص. آنها بهرحال، اغلب به شکل لایه نازک پلاتینی یا آلیاژ پلاتینی حدود ۰/۰۰۲۵ میلیمتر ضخامت بر روی زیرآیند فلز تیتانیوم، نیوبیوم یا تانتالیوم استفاده میشوند.

These metals are used as the substrate because they are protected under anodic conditions by an adherent, inert, non-conducting surface oxide film, and therefore resist corrosion at any gap in the platinum. The application of platinum or platinum alloy (Platinizing) can be confined to those areas where current transfer is required.

این فلزات به عنوان سطح زیرکار فلز استفاده میشوند به این دلیل که آنها تحت شرایط آندی توسط یک لایه اکسید سطح نگهدارنده، بی اثر، غیر رسانا، و در نهایت مقاوم در برابر خوردگی در هر شکاف در پلاتین حفاظت میشوند. کاربری پلاتین یا آلیاژ پلاتین (روکش پلاتینی) میتواند به مناطقی که انتقال جریان لازم است محدود شود.

Anodes using these materials can operate satisfactorily at current densities up to 1000 A/m² of Platonized surface but operating voltages dictate that a lower figure is used as a basis for design. In electrolytes containing chlorides, the oxide film on titanium may break down if the voltage exceeds 8V; with niobium and tantalum 40 V is permissible. Higher voltages may be permissible with fully Platinized anodes or in non-saline environments. The life of the

آندهایی که این مواد را بکار میبرند میتوانند به طور رضایت بخشی در دانسیته جریانهای تا ۱۰۰۰ آمپر / مترمربع بر روی سطح روکش پلاتینی عمل کرده، اما ولتاژهای عملیاتی اعداد پایین تری که به عنوان پایه طراحی بکار رفته است را تحمیل میکنند. در الکترولیت هایی که دارای کلریدها هستند، لایه اکسید روی تیتانیوم اگر ولتاژ بیش از ۸ ولت باشد، ممکن است شکسته شود؛ با نیوبیوم و تانتالیوم ۴۰ ولت مجاز است. ممکن است ولتاژهای بالاتر برای آندهای روکش پلاتینی شده کامل

platinum film may be affected by the magnitude and frequency of the ripple present in the dc supply. Ripple frequencies less than 100 Hz should be avoided. Therefore, anode/electrolyte potential needs to be suitably limited and full-wave, rather than half - wave, rectification is preferable. The life of the platinum film may also be affected by the electrolyte resistivity, the consumption rate increasing with resistivity.

یا محیط های غیر شور مجاز باشد. عمر لایه پلاتین ممکن است تحت تأثیر بزرگی و نوسان موجود در برق dc قرار گیرد. توصیه میشود از نوسانات موجی کمتر از ۱۰۰ هرتز پرهیز شود. بنابراین لازم است پتانسیل آند/ الکترولیت به طور مناسبی محدود شده و یکسو سازی موج کامل، نسبت به نیم موج، ارجحیت دارد. عمر لایه پلاتین ممکن است تحت تأثیر مقاومت مخصوص الکترولیت قرار گیرد، میزان مصرف با مقاومت مخصوص افزایش مییابد.

Recent developments have included the use of oxides of precious metals (e.g. ruthenium and iridium), mixed with other oxides, on a titanium substrate. These have operating conditions similar to the Platonized anodes described above and are said to withstand current reversal (see Peabody's control of pipeline corrosion second Edition 2001- page 168). Another material available is a conducting polymer extruded onto a copper conductor.

در پیشرفت‌های اخیر شامل استفاده از اکسیدهای فلزات گرانبها میشود (برای مثال، روتنیوم و ایریدیم)، که با دیگر اکسیدها روی زیرآیند فلز تیتانیوم مخلوط میشود. اینها دارای شرایط عملیاتی مشابه آندهای روکش پلاتینی که در بالا تشریح شده و گفته میشود که جریان عکس را هم تحمل میکنند. (به کتاب کنترل خوردگی خط لوله Peabody چاپ دوم ۲۰۰۱ صفحه ۱۶۸ مراجعه شود). دیگر ماده موجود یک پلیمر رسانا است که روی مس رسانا فشرده شده است.

Characteristics of the principal anode materials are summarized in Table 2. These are arranged in order of cost consumption rate and are given only as examples. For standard specification see IPS-M-TP-750 Part 5.

ویژگی‌های مواد آند اصلی در جدول ۲ خلاصه شده‌اند. اینها بر مبنای هزینه میزان مصرف تنظیم شده و تنها به عنوان نمونه ارائه شده‌اند. برای مشخصات فنی به استاندارد IPS-M-TP-750 بخش ۵ مراجعه شود.

9.4 Cables

Cable conductors shall be sized such that the conductor be capable of carrying maximum designed current for the circuit without excessive voltage drops except that bonding cables shall be 16 mm² minimum. The cables shall meet the requirements of IPS-M-TP-750 Part 7.

۹-۴ کابل ها

کابلهای حفاظت کاتدیک باید به گونه‌ای برآورد شوند که هادی قادر به حمل حداکثر جریان طراحی برای مدار بدون افت ولتاژ اضافی باشد باستثناء کابلهای اتصال که باید حداقل ۱۶ میلیمتر مربع باشند. کابلها باید با الزامات استاندارد IPS-M-TP-750 بخش ۷ همخوانی داشته باشند.

Anode cable insulation shall be compatible with the anode environment which will include generated chlorine gas. (See IPS-M-TP-750 Part 7 for Chlorine resistant cable).

عایق کابل آند باید با محیط آند سازگار بوده که شامل گاز کلر تولید شده در آن محیط می‌باشد. (برای کابل مقاوم در برابر کلر به استاندارد IPS-M-TP-750 بخش ۷ مراجعه شود.

9.5 Insulating Devices

The structure to be protected shall be isolated from other structures or facilities by means of applicable insulating devices such as insulating flanges, insulating joints and insulating spools.

۹-۵ قطعه عایقی

سازه‌ای که قرار است حفاظت شود باید از دیگر سازه‌ها یا تأسیسات توسط قطعه عایقی قابل اعمال مانند فلنج های عایق، اتصالات عایق و اسپولهای عایق جدا شود.

In the case of pipelines, these include, for example, pressure raising or reducing systems, transfer systems and domestic service installations.

در مورد خطوط لوله، اینها برای مثال، شامل سامانه‌های بالابرنده یا کاهش دهنده فشار، سامانه‌های انتقال و تأسیسات کاربری خانگی میشود.

In areas where there is a risk of explosion, insulating devices shall be fitted with explosion-proof spark gaps and shall be equipped to prevent sparking such as may occur by bridging caused, for example, by contact with tools.

در نواحی که خطر انفجار وجود دارد، باید قطعه عایقی شامل پلاتین مولد در برابر انفجار نصب شود و بطوریکه از جرقه جلوگیری نموده مانند ایجاد پل برای مثال تماس با ابزار.

Insulating flange sets shall not be buried. Insulating joints and spools may be installed below grade and buried, provided they have a suitable bond station. They shall be properly identified by marker posts.

سری فلنج‌های عایقی نباید مدفون شوند. اتصالات و اسپولهای عایق ممکن است پایین سطح زمین و مدفون نصب شوند، به شرطی که دارای محل اتصال مناسبی باشند. آنها باید به طور صحیح با میله های نشانگر مشخص شوند.

TABLE 2 - CHARACTERISTICS OF PRINCIPAL ANODE MATERIALS

جدول ۲- ویژگیهای مواد آند اصلی

MATERIAL ماده	DENSITY چگالی g/cm³	MAXIMUM OPERATING CURRENT DENSITY حداکثر دانسیته جریات عملیاتی A/m² آمپر/مترمربع	CONSUMPTION RATE میزان مصرف Mass/A year جرم/آمپر سال	MAXIMUM OPERATING VOLTAGE حداکثر ولتاژ عملیاتی V ولت	PROBABLE UTILIZATION FACTOR عامل بهره وری احتمالی % درصد	REMARKS ملاحظات
Steel فولاد	7.85	5	9 kg	50	30 to 50	Used with carbonaceous backfill پشت بند کربنی استفاده میشود
Impregnated graphite گرافیت باردارشده	1.1	10	0.5 kg	50	50	
High-silicon iron چدن پر سیلیس	7.0	50	0.2 to 1.0 kg	50	50 to 90	Higher consumption occurs in chloride containing environment unless chromium or molybdenum is added. مصرف بالاتر در محیط دارای کلرید به وجود می‌آید مگر کروم یا مولیبدن اضافه شود.
Carbonaceous Backfill پشت بند کربنی	0.7 to 1.1	5	1 to 2 kg	50	50	Only used in conjunction with other anode materials فقط در مجاورت با مواد دیگر آندی استفاده میشود.
Magnetite آهن مغناطیسی	5.8	100	< 5 g	50	60	
Lead alloys آلیاژهای سرب	11.3	300	25 g	25	80	
Platinum on titanium, niobium or tantalum پلاتین روی تیتانیوم، نیوبیو یا تانتالوم	21.5	1000	10 mg[1)]	8[1)] 40[2)]	90	Cannot withstand current reversal. Operating current density under oxygen evolution conditions should not exceed 200 A/m². Wear rates of platinized (and platinum/iridium) anodes increase with decreasing chloride levels قادر به مقابله با جریان معکوس نیست. دانسیته جریان عملیات تحت شرایط ایجاد گاز اکسیژن توصیه میشود بیش از ۲۰۰ آمپر/مترمربع نباشد. میزان سایش آندهای روکش پلاتینی (و پلاتین/ایریدیم) با کاهش مقادیر کلرید افزایش می‌یابد.

[1)] Platinum on titanium.

[2)] Platinum on niobium and platinum on tantalum.

[۱] تیتانیوم روکش پلاتینی

[۲] نیوبیوم روکش پلاتینی و تانتالوم روکش پلاتینی

9.6 Anode Beds

In order to minimize the anode to earth resistance, anode beds shall be constructed with a number of anodes connected in parallel to a common positive dc source.

۹-۶ بسترهای آندی

به منظور به حداقل رساندن مقاومت آند نسبت به زمین ، بسترهای آندی باید با تعدادی از آندهای وصل شده به شکل موازی به یک منبع dc مثبت معمولی ساخته شوند.

The construction of anode beds shall be of the following forms:

a) Horizontal trench, with carbonaceous backfill and multiple inert anodes laid horizontally in the center of the backfill.

b) Vertical augered or excavated holes each with a single anode surrounded with carbonaceous backfill.

c) Deep anode beds, constructed vertically to depths which may approach 150 meters. These beds may or may not contain carbonaceous backfill and casing along with the selected anode material as specified in IPS-M-TP-750 Part 5.

The anode beds shall be constructed according to IPS-C-TP-820.

ساختن بسترهای آندی باید به شکلهای زیر باشند:

الف) ترانشه افقی، با پشت بند کربنی و آندهای بی اثر چند تایی که به طور افقی در مرکز پشت بند قرار میگیرند.

ب) ایجاد حفره عمود یا کندن سوراخ هایی هر کدام با یک آند تکی که با پشت بند کربنی محصور میشود.

ج) بسترهای عمیق آندی، ساخته شده با عمق عمودی که ممکن است به ۱۵۰ متر برسد. این بسترها ممکن است با پشت بند یا بدون پشت بند کربنی باشند و جداره در امتداد آند انتخاب شده است همانطور که در استاندارد IPS-M-TP-750 بخش ۵ مشخص گردیده است.

بسترهای آندی باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 ساخته شود.

9.7 Electrical Bonding Station

Where one system may affect another, the structures involved shall be bonded together. Minimum 16 mm² size cable shall be used. Resistors if required shall be of the fixed (soldered) tap type or Nickel-chrome wire.

Bonding stations shall also be installed across each insulating device in easily accessible locations as required to mitigate interference. Bonding wires from both sides of an insulating device shall be terminated in common bond box. Installation shall be in accordance with IPS-C-TP-820.

۹-۷ ایستگاه اتصال الکتریکی

در جایی که ممکن است یک سامانه به دیگری اثر بگذارد، سازه‌های درگیر باید به یکدیگر متصل شوند. حداقل اندازه کابل مصرفی باید ۱۶ میلیمتر مربع باشد. اگر به رئوستا نیاز بود باید از نوع پیچدار ثابت (لحیم شده) یا سیم کرم – نیکل باشد.

ایستگاههای اتصال نیز باید در سراسر قطعه عایقی در محلهای قابل دسترسی راحت در صورت نیاز جهت کاهش مزاحمت نصب شوند. سیمهای اتصال از دو طرف قطعه عایق باید به باند باکس معمولی خاتمه یابد. نصب باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

9.8 Test Stations

Stations providing facilities for cathodic protection measurements shall be installed. Bonding stations which include bond current regulating resistors and ammeter shunts shall be connected between main and secondary cathodically protected structures so that the currents may be regulated and measured. Installation shall be in accordance with IPS-C-TP-820.

۹-۸ ایستگاههای آزمون پتانسیل

ایستگاههایی برای اندازه گیری حفاظت کاتدی باید نصب گردند. ایستگاههای اتصال که شامل رئوستاهای تنظیم کننده جریان اتصال و آمپرسنج موازی انشعابی باید بین سازه های حفاظت شده کاتدی اصلی و ثانویه وصل شوند به طوری که جریانها را بتوان تنظیم و اندازه گیری نمود. نصب باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

9.9 Connections

All negative drain or bonding cable connections to steel shall be thermit welded, or

۹-۹ اتصالات

کلیه محلهای آزمایش یا اتصالات کابل متصل شده به فولاد باید جوشکاری ترمیت، یا زرد جوش شوند. (بـه

brazed (see IPS-C-TP-820).

9.10 Electrical Continuity

It may be necessary to install continuity bonds between different sections of the structure or plant before cathodic protection is applied (see A.2.3.1).

9.11 Protective Coatings

The function of a coating is to reduce the area of metal exposed to the electrolyte (see A.2.3.2).

9.12 Insulation

It often happens that a well-coated structure, to which cathodic protection could be applied economically, is connected to an extensive and poorly coated metallic structure the protection of which is not required or would be uneconomical (see also A.2.3.3). In such a case the well coated structure shall be isolated before applying cathodic protection to it.

9.13 Safety

Sparking hazards may occur when opening or connecting in-service cathodically protected pipelines.

9.14 Site Survey

A corrosion survey of the location of the proposed facility to be cathodically protected shall be made. Information gathered shall include ac power sources, electrolyte resistivities, possible anode bed and rectifier locations and lay out of existing facilities which may be interfered with by the new installation.

9.15 Provision for Testing

A cathodic protection installation is unlikely to remain effective unless it is adequately maintained. Details of tests that are necessary are given in IPS-C-TP-820 and IPS-I-TP-820. It is important that the necessary facilities be considered at the design stage so that testing can be carried out conveniently from the time of commissioning the installation. Recommendations relating to the provision of

استاندارد IPS-C-TP-820 مراجعه شود).

۹-۱۰ پیوستگی الکتریکی

ممکن است برای ایجاد پیوستگی بین قسمت های مختلف سازه قبل از اعمال حفاظت کاتدی نصب اتصالهایی بین آنها ضروری باشد (به الف-۲-۳-۱ مراجعه شود).

۹-۱۱ پوشش های حفاظتی

کار پوشش عبارت است از کاهش سطح فلز در معرض الکترولیت (به الف-۲-۳-۲ مراجعه شود).

۹-۱۲ عایق

غالباً پیش می‌آید که یک سازه خوب پوشش شده ، که حفاظت کاتدی در مورد آن بطور اقتصادی میتوانست اعمال شود، به یک سازه فلزی ضعیف پوشش شده و گسترده وصل شده است که نیاز به حفاظت نداشته یا غیر اقتصادی بوده است (به الف-۲-۳-۳ مراجعه شود). در چنین حالتی سازه پوشش شده خوب باید قبل از اعمال حفاظت کاتدی از آن جدا شود.

۹-۱۳ ایمنی

ممکن است خطرات جرقه زدن در زمان آزاد یا متصل کردن خطوط لوله حفاظت شده کاتدی در کاربری بوجود آید.

۹-۱۴ بررسی محل

بررسی خوردگی از مکان وسیله مورد نظر که قرار است حفاظت کاتدی شود باید انجام گردد. اطلاعات جمع‌آوری شده باید شامل منابع نیرو ac، قابلیت مقاومت الکترولیت، امکان بستر آندی و مکانهای یکسو کننده و چیدمان تأسیسات موجود که ممکن است با نصب جدید تداخل داشته باشد.

۹-۱۵ آماده سازی برای انجام آزمایش

نصب یک حفاظت کاتدی به نظر نمیرسد که موثر باقی بماند مگر این که به طور مناسبی نگهداری شود. جزییات آزمون‌ها که ضروری هستند در استانداردهای IPS-C-TP-820 و IPS-I-TP-820 ارائه گردیده‌اند. مهم است که تأسیسات ضروری در مرحله طراحی مورد توجه بوده به طوری که آزمایش را از زمان شروع نصب بتوان به راحتی انجام داد. پیشنهادات مربوط به آماده سازی تسهیلات آزمایش برای انواع مختلف سازه یا واحد

testing facilities for different types of structure or plant are given in each section.

در هر قسمت ارائه گردیده‌اند.

10. CATHODIC PROTECTION OF BURIED STEEL PIPES

Buried steel pipes are defined as cross country pipelines and distribution net works, for design calculation of pipeline see Appendix B.

۱۰- حفاظت کاتدی لوله های فولادی مدفون شده

لوله های فولادی مدفون شده به عنوان خطوط لوله که از دشت و صحرا عبور کرده و شبکه‌های توزیع تعریف شده-اند، برای محاسبه طراحی خط لوله به پیوست ب مراجعه شود.

10.1 Application

This Section defines the design requirements for Cathodic Protection (CP) of buried steel pipes such as gas or water pipelines and distribution lines.

۱۰-۱ کاربری

این قسمت الزامات طراحی برای حفاظت کاتدی (CP) لوله های فولادی مدفون شده مانند گاز یا خطوط لوله آب و خطوط توزیع را تعریف میکند.

10.2 General

۱۰-۲ عمومی

10.2.1 Buried steel pipes shall be cathodically protected with impressed current systems except as noted in Par. 6.3.b.

۱۰-۲-۱ لوله های فولادی مدفون باید همراه با سامانه‌های جریان اعمالی حفاظت کاتدی شوند، به جز آنچه در پاراگراف ۶-۳-ب یادآوری شده است.

10.2.2 All buried steel pipes shall be coated prior to installation (see IPS-E-TP-270 and IPS-C-TP-274).

۱۰-۲-۲ کلیه لوله های فولادی مدفون شده باید همزمان با نصب پوشش شوند (بـــه استانداردهـــای IPS-E-TP-270 و IPS-C-TP-274 مراجعه شود).

10.2.3 Short buried lengths of above-ground pipelines such as road crossings shall be coated and insulated from the rest of pipeline and protected by galvanic anodes, if such crossings are not an integral part of an impressed current system. An exclusive galvanic anode system is deemed necessary for road crossings only when the soil resistivities are less than 5000 ohm-cm and the pipelines do not have impressed current system. In cases where the road crossings are located in soil resistivities of 5000 ohm-cm or higher and the impressed current system is not economical, galvanic anodes shall be used as an insurance against corrosion.

۱۰-۲-۳ طولهای کوتاه مدفون شده از خطوط لوله روی زمین مانند عبور از عرض‌های جاده باید جدا از بقیه خط لوله پوشش و عایق و توسط آندهای گالوانیک حفاظت شوند، اگر چنین تقاطع‌های عرضی بخش یکپارچه از یک سامانه جریان اعمالی نباشند. فقط زمانی که قابلیت مقاومت خاک کمتر از ۵۰۰۰ اهم – سانتیمتر و خطوط لوله دارای سامانه جریان اعمالی نیست برای تقاطع‌های عرضی جاده یک سامانه منحصر آند فدا شونده لازم است. در مواردی که تقاطع‌های عرضی جاده در خاک با قابلیت مقاومت ۵۰۰۰ اهم – سانتیمتر یا بیشتر قرار دارند و سامانه جریان اعمالی هم اقتصادی نیست باید از آندهای فدا شونده به عنوان بیمه در برابر خوردگی استفاده شود.

10.2.4 As far as possible, the design shall utilize existing equipment and available power.

۱۰-۲-۴ تا جایی که امکان دارد، در طراحی باید از تجهیزات و منبع نیرو در دسترس موجود استفاده شود.

10.2.5 A site survey shall be made to determine soil resistivities and suitable locations for anode beds unless the information

۱۰-۲-۵ بررسی محل باید برای تعیین قابلیت مقاومت خاک و مکانهای مناسب برای بسترهای آندی انجام شود،

is available from existing systems or previous surveys made by the owner corrosion Control Department.

مگر اطلاعات در دسترس از سامانه های حاضر یا بررسی-های قبلی توسط اداره کنترل خوردگی کارفرما انجام شده است.

10.2.6 The level of protection for buried pipes shall be in accordance with Section 6. In general, the pipe-to-soil potential shall be limited to values specified in Table 2 , without the cathodic protection current flowing (off) (see clause 3.2 of DIN 30676, 1985).

۱۰-۲-۶ سطح حفاظت برای لوله های مدفون باید مطابق قسمت ۶ باشد. به طور کلی، پتانسیل لوله به خاک بدون جریان جاری حفاظت کاتدی (خاموش) باید محدود به مقادیر تعیین شده در جدول ۲ باشد (بـــه بند ۳-۲ استانـــدارد DIN 30676, 1985 مراجعه شود).

10.2.7 The minimum design current density of the cathodic protection system for coated buried pipes shall be in accordance with Table 1 of IPS-E-TP-270.

۱۰-۲-۷ حداقل دانسیته جریان طراحی سامانه حفاظت کاتدی برای لوله‌های پوشش دار مدفون شده باید مطابق با جدول ۱ از استاندارد IPS-E-TP-270 باشد.

In cases where coated buried pipes with high quality coatings such as epoxy are electrically continuous with buried pipes with lower quality coating such as plastic tape the cathodic protection design current capacity for the worst case shall be used.

در مواردی که لوله‌های مدفون شده با پوشش‌های کیفیت بالا مانند اپوکسی و لوله‌های مدفون شده با پوشش کیفیت پایین مانند نوار پلاستیکی پیوستگی الکتریکی دارند، ظرفیت جریان طراحی حفاظت کاتدی برای بدترین حالت باید استفاده شود.

The real amount of current required to attain protection is determined by the current requirement test (see IPS-C-TP-820). Results of a soil resistivity test (see IPS-C-TP-820) and a current requirement test will provide the information necessary to design a ground bed. Soil resistivity tests are also necessary to locate the ground bed in an area of low soil resistivity and also to determine the type of anode bed.

مقدار واقعی جریان مورد نیاز برای رسیدن به حفاظت از طریق آزمون جریان لازم تعیین میشود (بـــه استاندارد IPS-C-TP-820 مراجعه شود). نتایج آزمون مقاومت مخصوص خاک (به استاندارد IPS-C-TP-820 مراجعه شود) و آزمون جریان لازم اطلاعات ضروری برای طراحی بستر آندی را فراهم خواهد کرد. آزمونهای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک برای استقرار بستر آندی در یک محوطه با مقاومت مخصوص پایین خاک و همچنین تعیین نوع بستر آندی ضروری هستند.

10.2.8 Cathodically protected pipes shall be electrically continuous. They shall be insulated from other buried metallic structures, except where stray current interference bonds are required.

۱۰-۲-۸ لوله‌های حفاظت شده کاتدی باید پیوستگی الکتریکی داشته باشند. آنها باید از دیگر سازه های فلزی مدفون شده جدا بوده، به جز جایی که اتصالات تداخل جریان سرگردان لازم هستند.

10.2.9 Facilities for pipe-to-soil potential measurements shall be installed at intervals not more than 1 km markers for pipelines and at 250 to 300 meters for distribution lines according to IPS-C-TP-820.

۱۰-۲-۹ وسایل اندازه گیری پتانسیل لوله به خاک باید در فاصله های کمتر از علائم یک کیلومتر برای خطوط لوله و ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر برای خطوط توزیع مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 نصب گردد.

10.2.10 On Pipelines longer than 19 Km, in-line current measurement facilities shall be available at intervals of not more than 10 km. In addition, these facilities shall be installed at all branches or intersections with other

۱۰-۲-۱۰ روی خطوط لوله طولانی‌تر از ۱۹ کیلومتر، وسایل اندازه‌گیری جریان در خط باید در فواصل کمتر از ۱۰ کیلومتر در دسترس باشد. بعلاوه، این وسایل باید در تمام شاخه‌ها یا تقاطع‌ها با دیگر لوله‌کشی نصب گردد.

pipework. The current measurement facilities shall consist of two pairs of cables, each pair connected to the pipeline 60 meters apart.

وسایل اندازه‌گیری جریان باید دارای دو جفت کابل باشند، که هر جفت با فاصله ۶۰ متر از یکدیگر به خط لوله وصل میگردد.

10.2.11 All equipment, including the anodes and power source, shall be designed for the life of the pipeline, or 25 years whichever is lesser.

۱۰-۲-۱۱ تمام تجهیزات، شامل منبع تغذیه و آندها باید برای عمر خط لوله یا ۲۵ سال هر کدام که کمتر است طراحی شود.

10.2.12 There shall be direct access to rectifiers from the GOSP or plant areas. If located within an electrical substation, the rectifier shall be separately fenced, with a separate entry from the plant area or a separate gate if in a remote area.

۱۰-۲-۱۲ در اینجا باید دسترسی مستقیم از طرف واحد جداکننده نفت و گاز یا محوطه‌های واحد به یکسو کننده-ها فراهم شود. چنانچه در یک ایستگاه فرعی برق قرار داشت، یکسو کننده باید با یک در ورودی مستقل از محوطه واحد به طور جداگانه یا یک دروازه جدا اگر در محوطه دورافتاده باشد محصور شود.

10.2.13 All pipeline anchors and all pipeline supports except above grade concrete pads shall be electrically (metallically) separated from the pipeline.

۱۰-۲-۱۳ تمام مهاربندهای خط لوله و تمام تکیه گاههای خط لوله به جز ضربه‌گیرهای سیمانی بالای زمین باید از نظر الکتریکی (از نظر فلزی) از خط لوله جدا باشند.

10.2.14 At a plant or GOSP the rectifier negative connection shall be made to the pipeline side of the insulating device. The insulating device shall be installed immediately after the pipe becomes exposed.

۱۰-۲-۱۴ در یک واحد یا واحد جداکننده نفت و گاز اتصال منفی یکسوکننده باید به خط لوله در سمتی که قطعه عایقی می‌باشد انجام گردد. قطعه عایقی باید بلافاصله بعد از در معرض قرار گرفتن لوله نصب شود.

10.2.15 All buried pipes in a corridor will have an integrated cathodic protection system irrespective of the type of coating on the new and existing pipes.

۱۰-۲-۱۵ تمام لوله های مدفون شده در یک راهرو دارای سامانه حفاظت کاتدی یکپارچه قطع نظر نوع پوشش روی لوله های موجود و جدید خواهند بود.

10.2.16 The pipe should, whenever possible, be surrounded with a backfill that is free from stones and carbonaceous material such as coke. If this is impracticable, an additional wrapping of heavy bituminized felt or other suitable material such as rock shield shall be provided. Where pipes cross streams or rivers, additional protection, in the form of concrete encasement over the pipe coating, may be required.

۱۰-۲-۱۶ توصیه میشود هر زمان که امکان داشت لوله با پشت بند عاری از سنگها و مواد ذغالی مانند کُک محصور شود. چنانچه عملی نبود، یک پوشش نواری اضافی از نمد آغشته به قیر سنگین یا ماده مناسب دیگر مانند حفاظ سنگی باید تهیه گردد. در جایی که لوله از رودخانه ها یا نهرها میگذرند، پوشش اضافی به صورت پوشاندن با بتن بر روی پوشش لوله ممکن است لازم باشد.

As the coating deteriorates, an appreciably higher current density is likely to be required to maintain protection and this shall be allowed for in the design of the cathodic protection system. Factors contributing to coating deterioration include soil bacteria, soil stress, pipe movement, effects of pipeline product temperature, water absorption, etc.

با تخریب پوشش، به نظر میرسد که دانسیته جریان بیشتری برای نگهداری حفاظت نیاز باشد و این مقدار باید در طراحی سامانه حفاظت کاتدی مجاز باشد. عواملی که در تخریب پوشش نقش دارند عبارتند از باکتریهای خاک، تنش خاک، حرکت لوله، تأثیر دمای فرآورده لوله، جذب آب، غیره.

آب، غیره.

TABLE 3 - POTENTIAL LIMITS FOR CATHODIC PROTECTION OF COATED BURIED PIPES

جدول ۳- محدوده‌های پتانسیل برای حفاظت کاتدی لوله های پوشش شده مدفون

COATING SYSTEM سامانه پوشش	OFF POTENTIALS, VOLT (Ref. $Cu/CuSo_4$) پتانسیل ها در حالت خاموش، ولت (مرجع مس/سولفات مس)
Epoxy powder fusion-bonded پیوند همجوشی پودر اپوکسی	- 1. 1
Asphalt and coal tar enamel لعاب کولتار و آسفالت نفتی	- 2.0
Tape wrap (laminated tape system) نوار پیچشی (سامانه نوار لایه لایه)	- 1.1
Epoxy coal tar کولتار اپوکسی	- 1.5
Polyethylene (2 layers) پلی اتیلن (دولایه)	- 1.0
Polyethylene (3 layers) پلی اتیلن (سه لایه)	- 1.1
Polyurethane pu (PU)پلی اورتان	- 1.1
Cold applied petrolatum and petroleum wax tape نوار موم نفتی و ژله نفتی سرد اجرا	- 1.1
3 ply cold applied plastic tape نوار پلاستیکی سرد اجرای سه لایه	- 1.1

10.3 Types of Cathodic Protection Systems

۱۰-۳ نمونه سامانه های حفاظت کاتدی

10.3.1 Impressed current system

۱۰-۳-۱ سامانه جریان اعمالی

An impressed current system shall consist of one or more stations comprising a dc power source, anode bed, and connecting cables. The location of these stations for pipeline will be influenced by the availability of ac power and the attenuation of potential. The attenuation of protection along a pipeline from a single cathodic protection installation will depend on both the linear resistance of the pipeline and the coating conductance. It may be calculated using the formulas given in Appendix B. The attenuation formulas are not applicable to distribution lines, the current requirements and availability of land for station will influence on location of the station in this case.

یک سامانه جریان اعمالی باید شامل یک یا چند ایستگاه متشکل از منبع تغذیه dc، بستر آندی و کابلهای اتصال باشد. مکان این ایستگاهها برای خط لوله با قابلیت دسترسی به نیروی برق ac و تضعیف پتانسیل تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. تضعیف حفاظت در امتداد خط لوله از یک ایستگاه حفاظت کاتدی منفرد، به مقاومت خطی خط لوله و رسانایی الکتریکی پوشش وابسته است. این مورد ممکن است با استفاده از فرمولهای ارائه شده در پیوست (ب) محاسبه شود. فرمولهای تضعیف در مورد خطوط توزیع قابل اجرا نیست، در این حالت، جریان مورد نیاز و در دسترس بودن زمین بر روی محل ایستگاه آن تأثیر خواهد گذاشت.

10.3.1.1 Surface anode beds

۱۰-۳-۱-۱ بسترهای آندی سطحی

Horizontal or vertical anode beds shall be constructed in accordance with IPS-C-TP-820. The choice between horizontal or vertical anode beds shall be made after field survey results. Anode beds shall be rated for the maximum output of the power source. The

بسترهای آندی افقی یا عمودی باید مطابق با IPS-C-TP-820 ساخته شوند. گزینش بین بسترهای آندی افقی یا عمودی باید بعد از نتایج بررسی میدانی انجام شود. بسترهای آندی باید بر مبنای حداکثر خروجی

minimum anode bed distance from the buried pipe or adjacent structure shall be 100 m, unless field data show interference is not a problem. Preferred criteria for this minimum distance is 50 meters for 30 amperes rated output, 100 meters for 50 amperes output and 200 meters for 100 amperes output and 300 meters for 150 amperes output. Multiple rectifier anode bed installations in the same general area shall have anode beds separated by a minimum distance of 300 m.

از منبع برق درجه بندی شوند. حداقل فاصله بستر آندی از لوله مدفون یا سازه مجاور باید ۱۰۰ متر باشد، مگر این که داده‌های میدانی نشان دهند که مشکل تداخل بوجود نخواهد آمد. معیارهای ترجیحی برای این حداقل فاصله ۵۰ متر برای ۳۰ آمپر خروجی مجاز، ۱۰۰ متر برای ۵۰ آمپر خروجی و ۲۰۰ متر برای ۱۰۰ آمپر خروجی و ۳۰۰ متر برای ۱۵۰ آمپر خروجی است. چند یکسو کننده با بسترهای آندی مربوط به هر کدام در محوطه عمومی مشابه باید دارای بسترهای آندی جداگانه با یک حداقل فاصله ۳۰۰ متر باشد.

Multiple anode beds to be separated by a minimum distance of 100 meters. The anode bed (ground bed) shall be installed at right angles or parallel to pipeline.

چند بستر آندی مربوط به یک یکسوکننده باید حداقل یک فاصله ۱۰۰ متری از یکدیگر جدا باشند. بستر آندی (بستر زمینی) باید به صورت عمودی یا موازی با خط لوله نصب شوند.

To achieve the desired objective, careful considerations shall be given to selection of installation site for anode bed. The most important considerations are determination of effective soil resistivity which is prerequisite for the site selection, the considerations must also be taken into account when selecting a site for anode bed. One point to be considered in this respect is to ensure that no other underground metallic structure exists within the area of influence surrounding the anode bed, since such metallic structure will pick up current from the anode bed and create a stray current interference problem that will require corrective measures. It is essential that interaction effects be taken fully into account and suitable precautions adopted (see A.3.3).

برای دست یافتن به هدف مورد نظر، باید ملاحظات دقیقی در انتخاب محل نصب برای بستر آندی ارائه شود. تعیین مقاومت مخصوص خاک مهمترین عامل به عنوان پیش نیازی برای انتخاب محل است، همچنین زمانی که محلی برای بستر آندی انتخاب میشود این ملاحظات باید در محاسبه دیده شود. نکته‌ای که باید در این مورد به آن توجه شود اطمینان از نبود دیگر سازه فلزی زیرزمینی موجود در محوطه تأثیرگذار اطراف بستر آندی است، چون چنین سازه فلزی جریان را از بستر آندی دریافت کرده و مشکل ناشی از تداخل جریـان سرگردان را به وجود می-آورد که نیاز به اقدام اصلاحی خواهد داشت. لذا ضروری است که تاثیر متقابل به طور کامل مد نظر بوده و اقدامات احتیاطی لازم بکار گرفته شوند (به الف-۳-۳ مراجعه شود).

In planning impressed current system consideration shall also be given to availability of power before final decision is made on selection of site for anode bed.

همچنین در طرح ریزی سامانه جریان اعمالی قبل از تصمیم نهایی در انتخاب محل برای بستر آندی باید به در دسترس بودن نیروی برق توجه شود.

Coverage of each bed and optimum spacing between the beds are other points of consideration in selecting site for anode bed.

منطقه تحت پوشش هر بستر و فاصله بهینه بین بسترها از دیگر نکات مورد توجه در انتخاب محل برای بستر آندی هستند.

10.3.1.2 Deep anode beds

۱۰-۳-۱-۲ بسترهای آندی عمیق

Deep anode beds are generally employed where top soil strata have a high resistivity and/or where the horizontal or vertical anode bed is impractical like in gas distribution

معمولاً بسترهای آندی عمیق در جایی که لایه‌های فوقانی خاک دارای مقاومت مخصوص زیادی است و/یا در جایی

systems. Resistivity generally decreases considerably with depth, especially into the water table. Such anode beds shall be constructed in accordance with IPS-C-TP-820. If more than one deep anode is to be connected to a single rectifier they shall be spaced at a minimum distance of 30 m from each other unless closer distances are justified. Deep anode beds installation shall be in accordance with standard drawings IPS-D-TP-707 and IPS-D-TP-713.

مانند سامانه های توزیع گاز که بستر آندی عمودی یا افقی عملی نباشد، بکار گرفته میشوند. معمولاً مقاومت مخصوص بطور قابل ملاحظه ای در رابطه با عمق، خصوصاً در سفره آب کاهش می‌یابد. چنین بسترهای آندی باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 ساخته شوند. اگر بیش از یک بستر آندی عمیق به یکسوکننده تکی متصل شود، باید حداقل ۳۰ متر از یکدیگر فاصله داشته مگر این که فاصله‌های کمتر دارای توجیه باشند. نصب بسترهای آندی باید مطابق با نقشه‌های استانداردهای IPS-D-TP-707 و IPS-D-TP-713 باشند.

10.3.1.3 Cables

Conductor sizes shall be sufficient to carry the maximum designed current load of the circuit without excessive (5%) voltage drop (see also 9.4). All cables and wires shall be in accordance with IPS-M-TP-750 Part 7.

۱۰-۳-۱-۳ کابل ها

اندازه‌های کابل حفاظت کاتدی باید برای انتقال حداکثر بار جریان طراحی شده مدار، بدون افت ولتاژ بیش از ۵ درصد مناسب باشد (به ۹-۴ مراجعه شود). تمام کابل ها و سیم ها باید مطابق با بخش ۷ استاندارد IPS-M-TP-750 باشند.

10.3.1.4 Connections

All positive anode cables from rectifiers to anode beds shall be run in continuous lengths to a maximum length of 150 m. An above grade test box (bond box) shall be used for every 150 m cable run exceeding this length. Only in exceptional cases buried splices shall be used in epoxy filled splice case. Generally, buried splices shall be restricted to header to anode cable connection(s) and negative cable splices.

Negative drain or bonding cable connections to steel shall be termite welded or brazed.

۱۰-۳-۱-۴ اتصالات

کلیه کابل‌های آندی مثبت از یکسوکننده‌ها به بسترهای آندی باید تا حداکثر طول ۱۵۰ متر به طور پیوسته امتداد یابند. یک جعبه آزمون بالای سطح زمین (جعبه اتصال) باید برای امتداد بیش از هر ۱۵۰ متر کابل بکار رود. فقط در موارد استثنایی باید از اتصالات دو سر سیم مدفون در یک جعبه اتصال پرشده از اپوکسی استفاده شود. به طور کلی اتصالات دو سر سیم مدفون باید به کابل ارتباطی بین آندها و اتصالات دو سر سیم کابل منفی محدود شود.

اتصالات کابل منفی یا کابل اتصالی به فولاد باید جوش ترمیتی یا زرد جوش شوند.

10.3.1.5 Anode materials

The type of anode materials which may be considered for use in impressed current ground beds shall be in accordance with IPS-M-TP-750 Part 1.

۱۰-۳-۱-۵ مواد آند

نوع مواد آندی که ممکن است برای استفاده در بسترهای زمینی جریان اعمالی در نظر گرفته شود باید مطابق با بخش ۱ استاندارد IPS-M-TP-750 باشد.

10.4 Galvanic Anode Systems

In cases where galvanic cathodic protection is required ,i.e. where relatively small increments of current are required in area with low soil resistivity (listed below) it shall consist of block or prepackaged anodes installed along the buried pipe, or ribbon anode installed in the same trench along the pipeline according to

۱۰-۴ سامانه های آند گالوانیکی

در مواردی که حفاظت کاتدی گالوانیکی لازم است، یعنی جایی که مقادیر نسبتاً کمی از جریان در ناحیه‌ای با مقاومت مخصوص کم خاک (طبق فهرست زیر) لازم باشد، باید شامل آندهای قالبی یا از پیش بسته‌بندی شده بوده که در امتداد لوله مدفون نصب شوند، یا آند نواری نصب

installation of anodes shall be in accordance to IPS-C-TP-820 with standard drawings IPS-D-TP-711 and 714.

a) On bare or very poorly coated systems where complete cathodic protection may not be feasible from a cost standpoint.

b) On well coated pipes having overall impressed current cathodic protection systems, where additional small amounts of current are needed.

c) To correct stray current interference.

d) On short increments of well coated pipe such as distribution and service lines.

The weight of the anodes required and the current output can be calculated using formulas given in Appendix B.

e) Galvanic anodes are also placed at specific points on a pipeline (often termed "hot spots") and may be expected to protect only a few feet of pipe.

f) Galvanic anodes may be used to provide temporary protection of sections of buried pipes where particularly corrosive condition exist, e.g. at river estuary crossings, pending commissioning of an overall impressed current system.

10.4.1 Magnesium

High potential magnesium 1.70 V ($Cu/CuSo_4$) will be used as galvanic anode material as per material specification (see IPS-M-TP-750 Part 3). Magnesium anode may be used in soil resistivities less than 5000 ohm-cm. For soil resistivities less than 700 ohm-cm zinc anodes can be used.

10.5 Isolation of Buried Pipes

(see also NACE Standard RP 0288-1994 item No. 53060)

In design of ground bed for gas or oil transmission pipeline it is a common practice

شده در همان ترانشه در امتداد خط لوله مطابق با نصب آندها، باید طبق استاندارد IPS-C-TP-820 با نقشه‌های استاندارد 714 و IPS-D-TP-711 باشد.

الف) روی سامانه‌های بدون پوشش یا با پوشش ضعیف جایی که حفاظت کاتدی کامل از نقطه نظر هزینه ممکن است توجیه پذیر نباشد.

ب) روی لوله هـای با پوشش خوب، دارای سامانه های حفاظت کاتدی جریان اعمالی سرتاسری، که مقادیر کم جریان اضافی مورد نیاز است.

ج) اصلاح تداخل ناشی از جریان سرگردان.

د) برای طولهای کوتاه افزوده شده به لوله خوب پوشش شده مانند لوله های توزیع و خدماتی.

وزن مورد نیاز آند و جریان خروجی را میتوان با استفاده از فرمول‌های ارائه شده در پیوست ب محاسبه نمود.

ه) آندهای گالوانیک را همچنین در نقاط خاصی روی خط لوله ("غالباً با نام نقاط داغ") قرار داده و می توان انتظار داشت که تنها چند فوت از لوله را حفاظت نماید.

و) آندهای گالوانیک را می‌توان برای تأمین حفاظت موقتی قسمت هایی از لوله های مدفون، که در آنجا موقعیت خورنـدگی خاصی وجود دارد،استفاده کرد برای مثال، تقاطع‌هـای مصب رودخانه، بـه تعویق افتادن راه‌اندازی یک سامانه جریان اعمالی.

۱۰-۴-۱ منیزیم

منیزیم با پتانسیل بالا ۱/۷ ولت (مس/سولفات مس) به عنوان ماده آند گالوانیکی طبق مشخصات فنی مواد بکار خواهد رفت (به بخش ۳ استاندارد IPS-M-TP-750 مراجعه شود). آند منیزیم ممکن است در خاک با مقاومت مخصوص کمتر از ۵۰۰۰ اهم – سانتیمتر استفاده شود. برای خاک با مقاومت مخصوص کمتر از ۷۰۰ اهم – سانتیمتر میتوان از آندهای روی استفاده کرد.

۱۰-۵ جداسازی لوله های مدفون

(همچنین به استاندارد NACE STD RP 0288-1994 مطلب شماره 53060 مراجعه شود).

در طراحی بستر آندی برای خطوط لوله انتقال گاز یا نفت،

to locate ground beds at compressor or pumping stations, where power source is available. This is a sound practice from technical and economical standpoint provided that following consequence are taken into consideration and the relevant remedial actions are implemented:

قرار دادن بسترهای آندی در ایستگاههای تلمبه یا کمپرسور در صورتیکه که منبع تغذیه در دسترس باشد، یک روش متداول است. این روش از نقطه نظر فنی و اقتصادی صحیح بوده به شرطی که پیامدهای زیر مورد توجه و عملکردهای اصلاحی مربوطه به اجرا درآیند:

- If station pipings, equipment and machineries are not insulated from mainline, most of the protective current for mainline will be drained from poorly coated buried pipes and valves. This would inevitably reduce the protection span of mainline.

- اگر لوله کشی‌ها، تجهیزات و ماشین آلات ایستگاه از خط اصلی عایق نشده باشند، بیشترین جریان محافظ خط اصلی از لوله ها و شیرهای مدفون با پوشش ناکافی تخلیه خواهد شد. این مورد به ناچار محدوده حفاظت خط اصلی را کاهش خواهد داد.

- Lack of isolation of mainline from station piping and facilities would cause protective current to flow preferentially through low resistance copper grounding of the station; the apparent result is reduction in length of the mainline being protected

- عدم جداسازی خط اصلی از تأسیسات و لوله کشی ایستگاه، باعث میشود تا جریان حفاظتی ترجیحاً از طریق اتصال زمین مسی با مقاومت پایین در ایستگاه، عبور نماید؛ و پیامد آشکار آن کاهش طول خط اصلی است که می‌بایست حفاظت شود.

- To obviate the above-mentioned undesirable consequences, it is essential to isolate station facilities and piping from mainline using insulating joints or flanges. This isolation could in turn create stray current problem on station buried piping and accelerate corrosion. Resistor bonding and test for stray current interference shall be made to ensure that effect of stray current is reduced to the acceptable limit before separate cathodic protection system is installed for station piping.

- برای رفع پیامدهای ناخواسته اشاره شده در بالا، ضروری است که تأسیسات و لوله کشی ایستگاه از خط اصلی با استفاده از اتصالات یا فلنج های عایقی جدا شود. این جداسازی به نوبه خود میتواند در لوله-های مدفون ایستگاه مشکل جریان سرگردان را بوجود آورده وخوردگی را تسریع نماید. آزمون و قرار دادن مقاومت برای تداخل ناشی از جریان سرگردان باید انجام شود تا مطمئن شد که تأثیر جریان سرگردان قبل از نصب سامانه حفاظت کاتدی جداگانه برای لوله کشی ایستگاه، تا حد قابل قبولی کاهش یافته است.

This risk of corrosion acceleration can be reduced by paying special attention to the coating of the pipeline near such equipment and by locating the grounded as distant as possible from such equipment. It is essential that the decision is based on an assessment of the relative costs of providing complete or partial protection and an assessment of the likelihood and consequences of corrosion of the various parts of the isolated equipment.

خطر تشدید خوردگی را میتوان با توجه خاص به پوشش خط لوله نزدیک چنین تجهیزاتی و با قرار دادن اتصال زمینی تا حد امکان دور از چنین تجهیزاتی کاهش داد. ضروری است که تصمیم بر مبنای ارزیابی هزینه‌های مربوط به فراهم کردن حفاظت کامل یا جزیی و ارزیابی احتمال و پیامدهای خوردگی قطعات گوناگون تجهیزات مجزا باشد.

Once the cathodic protection is commissioned, procedures described in Section A.3 enable any effects of interaction to be assessed and overcome.

بعد از راه اندازی حفاظت کاتدی، دستورالعمل های تشریح شده در قسمت الف-۳ قادر است هر نوع تاثیر متقابل را ارزیابی نموده و رفع نماید.

If the pipe contains an electrolyte, there is danger of corrosion being stimulated at the inner surface of the pipe. With weak electrolytes, for example potable waters, it may suffice to coat the pipe internally for at least two diameters either side of the isolating joint. Replacement of a length of pipe by a length of nonmetallic piping, if practicable, may be a more economical method.

اگر لوله حاوی الکترولیت است، خطر وقوع خوردگی در سطح داخلی لوله وجود دارد. با الکترولیت‌های ضعیف، برای مثال آبهای شرب، ممکن است پوشش داخلی لوله به اندازه حداقل دو قطر از هر طرف اتصال جداسازی کفایت کند. جایگزین کردن طولی از لوله با لوله غیرفلزی در صورت عملی بودن، ممکن است اقتصادی تر باشد.

In the case of highly conducting electrolytes such as sea water, or brine, it will probably not be feasible to coat or replace a sufficient length of pipe to eliminate the danger of corrosion occurring internally near the flange. The tests to determine the length of pipe that shall be treated would be complicated (see A.3.6). Where the provision of an isolating joint is considered to be essential and conditions allow, it may be considered best to install extra heavy walled pipe on either side of the joint and to accept the need for periodic inspection and replacement.

در حالتی که رسانایی الکترولیت ها بسیار بالا باشد مانند آب دریا، یا آب شور، احتمالاً پوشش دهی یا جایگزینی یک طول مناسب از لوله برای حذف خطر به وجود آمدن خوردگی داخلی نزدیک فلنج توجیه پذیر نخواهد بود. آزمون‌هایی که باید برای تعیین طول لوله انجام شود پیچیده خواهد بود (به الف-۳-۶ مراجعه شود). در جایی که تهیه یک اتصال جداسازی ضرورت دارد و شرایط هم اجازه میدهد، ممکن است نصب لوله با دیوار ضخیم در هر طرف اتصال و قبول کردن نیاز به بازرسی دوره‌ای و جایگزینی آن بهترین راه باشد.

10.5.1 Insulating devices

۱۰-۵-۱ قطعه عایقی

10.5.1.1 Cathodically protected pipelines shall be electrically isolated from plant piping, wellheads, etc., by the installation of insulating devices. Insulating devices shall also be installed at transitions between cathodically protected buried pipes and noncathodically protected aboveground pipes, where economically justified, and also between submarine pipelines and land pipelines where current control and distribution justify their use. Pipes of different metals shall be insulated from each other. Insulating devices shall conform to IPS-M-TP-750 Part 8 or 9 as required as appropriate.

۱۰-۵-۱-۱ خطوط لوله دارای حفاظت کاتدی باید به طور الکتریکی از لوله‌کشی واحد، سر چاهها و غیره، توسط نصب وسایل عایقی جدا شوند. قطعات عایقی باید همچنین بین لوله‌های مدفون دارای حفاظت کاتدی و لوله‌های روزمینی حفاظت شده به روش غیر کاتدی، جایی که از نظر اقتصادی توجیه پذیر است، و همچنین بین خطوط لوله زیر دریایی و خطوط لوله خشکی جایی که کنترل و توزیع جریان استفاده از آنها را توجیه نماید، نصب شوند. لوله‌های فلزی با جنس مختلف باید از یکدیگر عایق شوند. وسایل عایقی بایـد از بخش ۸ یا ۹ استاندارد IPS-M-TP-750 و تا حدی که مناسب و مورد نیاز باشد پیروی نماید.

10.5.1.2 Insulating flange sets shall not be installed in buried portions of pipes. Insulating joints may be installed below grade and buried. Insulating joints that are buried shall be provided with a protective coating equal to or better than that applied to the pipeline.

۱۰-۵-۱-۲ مجموعه فلنج های عایق نباید در بخشهای مدفون شده لوله ها نصب گردند. اتصالات عایقی ممکن است زیر سطح زمین و مدفون شده نصب گردند. اتصالات عایقی که مدفون شده اند باید پوشش محافظی برابر یا بهتر از نوعی که روی خط لوله اعمال شده داشته باشند.

10.5.1.3 Insulating devices shall not be used to electrically isolate gas operated valves and new and existing pipelines installed in a pipeline corridor.

۱۰-۵-۱-۳ قطعه عایقی را نباید برای جداسازی الکتریکی شیرهای گازی و خطوط لوله موجود و جدید نصب شده در یک کریدور خط لوله استفاده کرد.

10.5.1.4 Bonding stations shall be installed across each insulating device in easily accessible locations as required to mitigate interference.

۱۰-۵-۱-۴ برای کاهش تداخل باید در طرفین هر قطعه عایقی و در محلهای سهل الوصول بر حسب نیاز ایستگاه-های اتصال نصب گردد.

10.5.1.5 Bond wires from both sides of insulating device shall be terminated in a common bond box in the way to allow the electric continuity of the pipelines to be opened when necessary.

۱۰-۵-۱-۵ سیم های اتصال از دو طرف قطعه عایقی باید در یک جعبه اتصال مشترک به گونه ای به هم وصل شوند که در صورت لزوم اجازه باز نمودن پیوستگی الکتریکی خطوط لوله را بدهد.

10.5.1.6 Distribution networks require insulating devices to be fitted to all domestic service pipes and sometimes also to individual sections since it may be convenient to subdivide the area to be protected into smaller zones.

۱۰-۵-۱-۶ در شبکه های توزیع لازم است قطعه عایقی به کلیه لوله های کاربران خانگی و در بعضی مواقع به بخشهای منفرد شبکه وصل شوند زیرا ممکن است تقسیم ناحیه مورد حفاظت به بخشهای کوچکتر کار را آسان نماید.

10.5.1.7 Distribution networks also require insulating devices to limit the zone of influence of the impressed current stations. They shall also be installed at pipeline nodes so as to prevent signals emitted anywhere on the network from returning to their send out point.

۱۰-۵-۱-۷ در شبکه های توزیع نیاز به قطعه عایقی جهت محدود کردن دامنه نفوذ ایستگاههای جریان اعمالی می باشد. آنها همچنین باید در نقطه های انشعاب خط لوله نصب شوند تا از بازگشت سیگنالهای منتشر شده در همه جای شبکه به محل ارسالشان ممانعت شود.

10.5.1.8 Isolating joints for pipelines need to be adequate for the maximum pressure and temperature conditions encountered on the particular installation. The usual method of insulating flanged joints is to employ insulating sleeves on the studs or bolts and insulating washers under the nuts and/or the heads of the bolts, bright mild steel washers being provided to prevent damage to the insulating washers when being tightened. The insulating sleeves and washers are usually of synthetic resin bonded fabric; the insulating gaskets may be of compressed nongraphited asbestos or other suitable materials. Wire reinforced gaskets or electrically conducting gaskets are unsuitable. The insulating gasket shall comply with IPS-M-TP-750 Part 9.

۱۰-۵-۱-۸ لازم است اتصالات جداسازی خطوط لوله مناسب با شرایط دما و فشار حداکثر منظور شده روی تأسیسات خاص باشند. روش معمول اتصالات فلنج عایقی، بکارگیری غلاف‌های عایقی روی میله دوسرپیچ یا پیچ ها و واشرهای عایقی در زیر مهره‌ها و/یا سرپیچ‌ها می‌باشد. واشرهای فولاد کربنی نورد شده برای جلوگیری از صدمه دیدن واشرهای عایقی در زمان محکم شدن تهیه میشوند. غلاف و واشرها های عایقی معمولاً ساختار پیوندی رزین مصنوعی دارند، غلاف‌های عایقی ممکن است از پنبه نسوز غیرگرافیتی فشرده یا مواد مناسب دیگر باشند. لایی های تقویت شده سیمی یا لایی‌های رسانای الکتریکی مناسب نیستند. لایی عایقی باید مطابق با بخش ۹ استاندارد IPS-M-TP-750 باشد.

10.5.1.9 The internal bore and centralizing of the insulating gasket shall ensure that no recess is formed internally, between flanges,

۱۰-۵-۱-۹ باید از سوراخ داخلی و متمرکز بودن لایی عایقی مطمئن شد که بین فلنج ها و ماده اتصال شکاف

in which material that would bridge the insulating gap might accumulate.

10.5.1.10 Under dry conditions and before connection to other structures on either side, an electrical resistance greater than 1 MΩ shall be attainable for pipes of 500 mm diameter or less. Care shall be taken to ensure that the testing voltage is appropriate to the intended service conditions. The gap between the flanges shall be filled with compound and the outer faces of the flange taped to minimize the possibility of accidental short circuit. Exposed isolating devices shall be painted a distinctive color for identification.

10.5.1.11 It is preferable to assemble isolating joints and test them both hydrostatically and electrically before they are installed in the pipeline, the isolating joint being supplied with short lengths of pipe so that the joint can be welded into the pipeline without being dismantled. If insulation is being introduced at a pair of flanges already provided in the pipeline, care shall be taken to ensure that it is not damaged. In either case, final testing of the isolating device after assembly will be required. This can usually most conveniently be carried out on commissioning the cathodic protection system by measuring the change of potential across the flange.

10.5.2 Pipe supports

Cathodically protected pipelines installed above ground and supported, with steel supports, shall be insulated from the supports by means of a minimum 3 mm thickness of insulating material (not wood) placed between the cradle and the pipe. Insulating material shall extend at least 25 mm beyond all support edges. Buried pipe supports have diminished the effectiveness of cathodic protection systems and have caused pipeline leaks. Pipe supports shall not be buried at the support pipeline interface.

Insulating devices shall be considered at the termination points of above grade piping run when electrical insulation of large quantities of pipeline supports becomes economically impractical. The buried sections of pipe shall then be appropriately bonded together if necessary to maintain continuity within the

عایق کاری که ممکن است روی هم جمع شود هیچگونه تورفتگی داخلی شکل نگرفته است.

۱۰-۵-۱-۱۰ برای لوله های با قطر ۵۰۰ میلیمتر یا کمتر، تحت شرایط خشک و قبل از اتصال هر طرف به دیگر سازه ها، باید یک مقاومت الکتریکی بیشتر از ۱ مگا اهم قابل حصول باشد. باید با دقت مطمئن شد که ولتاژ آزمایش برای شرایط کاربری مورد نظر مناسب است. شکاف بین فلنج ها باید با ماده ترکیبی پرشده و سطوح فلنج برای به حداقل رساندن امکان اتصال کوتاه ناگهانی، نوارپیچی شوند. قطعه جداسازی در معرض باید با یک فام مشخصی برای شناسایی رنگ شوند.

۱۰-۵-۱-۱۱ بهتر است اتصالات جداسازی قبل از نصب روی خط لوله، سر هم بسته شده و آزمون هیدرواستاتیکی و الکتریکی آنها انجام شود، اتصالات جداسازی به همراه تکه های کوتاه لوله تهیه می شوند به طوری که بتوان آن را بدون از هم باز کردن به خط لوله جوش داد. روی خط لوله بدون پیاده کردن جوشکاری کرد. اگر روی یک جفت از فلنج‌هایی که از قبل در خط لوله بوده‌اند عایقکاری انجام گردد، باید با دقت مطمئن شد که صدمه ندیده اند. در هر حالت، آزمایش نهایی قطعه جداسازی بعد از نصب ضرورت دارد. معمولاً این مورد را میتوان در زمان راه اندازی سامانه حفاظت کاتدی با اندازه گیری تغییرات پتانسیل در سرتاسر فلنج بسیار راحت انجام داد.

۱۰-۵-۲ تکیه گاه‌های لوله

خطوط لوله حفاظت شده با تکیه گاههای فولادی و تکیه گاههای نصب شده بالای زمین باید با قرار دادن ماده عایقی بین لوله و تکیه گاه (غیر از چوب) با حداقل ضخامت ۳ میلیمتر از تکیه گاهها عایق شوند. ماده عایق کاری باید حداقل تا ۲۵ میلیمتر دورتر از تمام لبه‌های تکیه‌گاه تداوم یابد. تکیه گاه‌های لوله مدفون تأثیر سامانه های حفاظت کاتدی را کاهش داده و باعث نشتی خط لوله میشوند. تکیه‌گاههای لوله نباید در سطح تماس تکیه-گاه خط لوله مدفون شوند.

قطعه عایقی در نقاط پایانی اجرای لوله‌کشی روزمینی زمانی که عایق کاری الکتریکی مقادیر وسیعی از تکیه-گاههای خط لوله از نظر اقتصادی عملی نمیباشد باید مورد توجه قرار گیرند. اگر لازم باشد که پیوستگی الکتریکی سامانه حفاظت کاتدی حفظ شود، سپس باید قسمتهای

cathodic protection system.

10.5.3 Electrical ground isolation

For maximum effective electrical isolation, insulating flange kits, spools, or joints shall be located on the pipeline side of motor operated valves, instrumentation (electrical or pneumatic), and corrosion monitoring devices. Grounding cables, electrical neutrals, feed back lines etc., act as low resistance shunt paths, thereby "shorting" the insulating flange kits and joints. Where isolation is not practicable, the equipment shall be electrically isolated from the pipeline or alternatively separate grounding for the equipment shall be installed and isolated from the general grounding system for the power supply. Polarization cells can also be used to isolate pipelines from grounding systems. Cathodic protection junction boxes and conduit runs shall have a separate ground rod and not be tied into the general grounding system of a plant.

10.6 Test and Bonding Stations

10.6.1 Potential measurement

Test stations for potential measurement shall be installed at intervals not more than 1 Km markers for pipelines and at 300-500 meters of distribution lines and when required at valve boxes, bonding stations, road crossings and other appropriate locations dictated by operational needs. The cable conductor size shall be 16 mm² for pipelines and 10 mm² for distribution lines. Test stations shall be installed in accordance with IPS-C-TP-820.

10.6.2 Bonding stations

Bonding stations shall be in accordance with IPS-C-TP-820. Minimum 16 mm² cables shall be connected to the structures and brought into the bonding stations. Bonding and test stations may be combined where feasible.

Fixed tap resistances or nichrome wire are

مدفون لوله به طور مناسبی به یکدیگر وصل شوند.

۱۰-۵-۳ جداسازی اتصال الکتریکی زمین

برای حداکثر جداسازی الکتریکی موثر، کیتهای فلنج عایقی ، اسپولها، یـا اتصالات باید در سمتی از خط لوله واقع شوند که شیرهای موتوری، ابزاردقیق (الکتریکی یا بادی) و قطعات پایش خوردگی قرار دارند. کابلهای زمینی، نول‌ها، خطوط بازخور و غیره، به عنوان مسیرهای مهار با مقاومت کم عمل می کنند و لذا باعث "اتصال کوتاه" کیتهای فلنج عایقی و اتصالات می شوند. در جایی که جداسازی قابل اجرا نیست، تجهیزات باید به طور الکتریکی از خط لوله جدا شده یا باید اتصال زمین جداگانه ای برای تجهیزات نصب و از بقیه سامانه عمومی اتصال زمین مربوط به تولید برق جدا شوند. همچنین میتوان پیلهای پلاریزاسیون را برای جداسازی خطوط لوله از سامانه های اتصال زمین بکار برد. جعبه های تقسیم و مسیر اجرای حفاظت کاتدی باید به طور جداگانه دارای میله اتصال زمینی بوده و به سامانه عمومی اتصال زمین وصل نشوند.

۱۰-۶ ایستگاههای آزمون و اتصال

۱۰-۶-۱ اندازه گیری پتانسیل

ایستگاههای آزمون برای اندازه گیری پتانسیل و علائم نشانگر خطوط لوله باید در فواصل حداکثر ۱ کیلومتری و در فاصله ۳۰۰ تا ۵۰۰ متری از خطوط توزیع و زمانی که لازم باشد در کنار چاله شیرها، ایستگاههای اتصال، تقاطع‌های جاده و دیگر مکانها که توسط نیازهای عملیاتی دیکته می‌شود، نصب گردد. اندازه کابل حفاظت کاتدی باید دارای سطح مقطع ۱۶ میلیمتر مربع برای خطوط لوله و ۱۰ میلیمتر مربع برای خطوط توزیع باشد. ایستگاههای آزمون باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 نصب شوند.

۱۰-۶-۲ ایستگاههای اتصال

ایستگاه‌های اتصال باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 باشند. کابلهای با حداقل سطح مقطع ۱۶ میلیمتر مربع باید به سازه ها وصل شده و به ایستگاههای اتصال آورده شوند. ایستگاههای اتصال و آزمون در جایی که توجیه پذیر باشد ممکن است باهم ترکیب شوند.

مقاومت‌های تثبیت شده به وسیله قلاویز یا سیم نیکرم و

required and a shunt included to enable current measurements. Construction shall be carried out in accordance with IPS-C-TP-820.

بانضمام یک اتصال موازی مورد نیاز است تا اندازه گیریهای جریان را میسر سازند. ساخت باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 انجام شود.

10.6.3 Line current measurement

Two test leads separated by a fixed distance (usually 30 to 60 meters) are required for measurement of current flow in the line. The current flow is calculated from the voltage drop measured in the span of pipe between the two test leads. In impressed current system, as a minimum, facilities for measurement of current flow shall be installed in both direction of each drain point and the midpoints between drain points. Installation shall be in accordance with IPS-C-TP-820.

۱۰-۶-۳ اندازه گیری جریان خط

دوسر سیمهای آزمون با فاصله ثابت جدا از هم (معمولاً ۳۰ تا ۶۰ متر) ، برای اندازه‌گیری جریان عبوری در خط مورد نیاز هستند. جریان عبوری از طریق اندازه گیری افت ولتاژ در قطعه ای از لوله بین دوسر سیمهای آزمون محاسبه میشود. در سامانه جریان اعمالی، به عنوان حداقل، تأسیسات اندازه گیری جریان عبوری باید در دو جهت هر نقطه تخلیه و نقاط میانی بین نقاط تخلیه نصب شوند. نصب باید مطابق استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

10.7 Cased Crossing Test Station

Casing pipe used at road and railroad crossings must have test stations installed to allow a periodic check for shorts between the carrier pipe and the casing or the vent pipe (see Fig. 1). Installation shall be in accordance with IPS-C-TP-820.

۱۰-۷ ایستگاه آزمون لوله روکش تقاطع

لوله محافظ بکار رفته در تقاطع های عرضی جاده و راه آهن باید دارای ایستگاههای آزمون نصب شده جهت کنترل دوره‌ای اتصال کوتاه بین لوله و لوله محافظ یا لوله تخلیه باشد (به شکل ۱ مراجعه شود). نصب باید مطابق استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

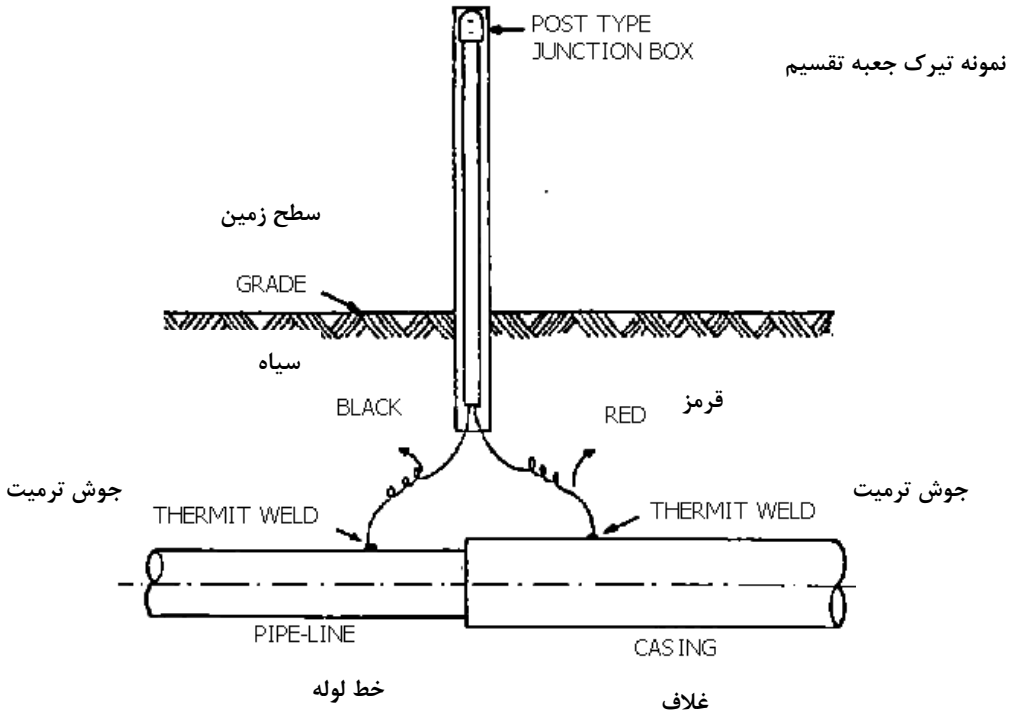


Fig. 1-TYPICAL CASED CROSSING STATION

شکل ۱- نمونه محل تقاطع غلاف دار

10.8 Line Crossing Test Station

The pipeline crossing test station shall be installed at locations where the possibility of interference problems may exist (see Fig. 2). If stray current is found, a resistance bond wire can be installed. Installation shall be in accordance with IPS-C-TP-820.

۱۰-۸ ایستگاه آزمون برای محل تقاطع خط

ایستگاه آزمون تقاطع خط لوله باید در مکانهایی که ممکن است مشکلات تداخل وجود داشته باشد، نصب شود (به شکل ۲ مراجعه شود). در صورت وجود جریان سرگردان، مقاومت متغیّر میتواند نصب شود. نصب باید مطابق استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

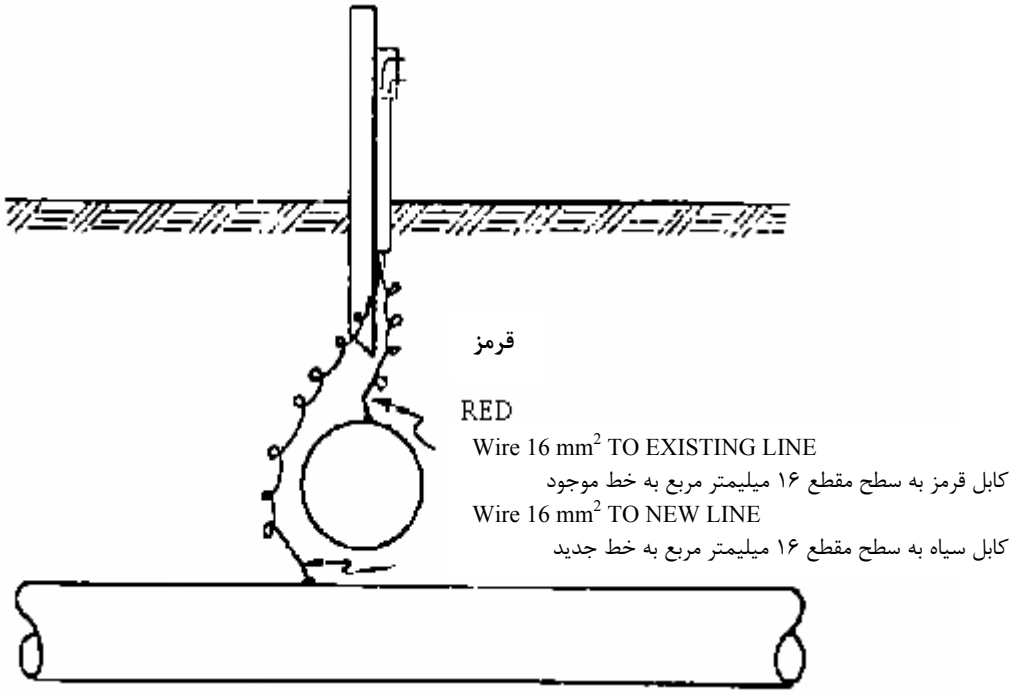


Fig. 2-TYPICAL LINE CROSSING TEST STATION
شکل ۲- نمونه ایستگاه آزمون محل تقاطع خط

10.9 Insulated Fitting Test Station

All underground insulated joints must have test stations installed to allow a periodic check of the effectiveness of the insulator (see Fig. 3). Installation shall be in accordance with IPS-C-TP-820.

۱۰-۹ ایستگاه آزمون اتصال عایق شده

تمام اتصالات عایق زیرزمینی باید دارای ایستگاههای آزمون بوده تا امکان بازرسی دوره‌ای از کارایی عایق فراهم شود (به شکل ۳ مراجعه شود). نصب باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

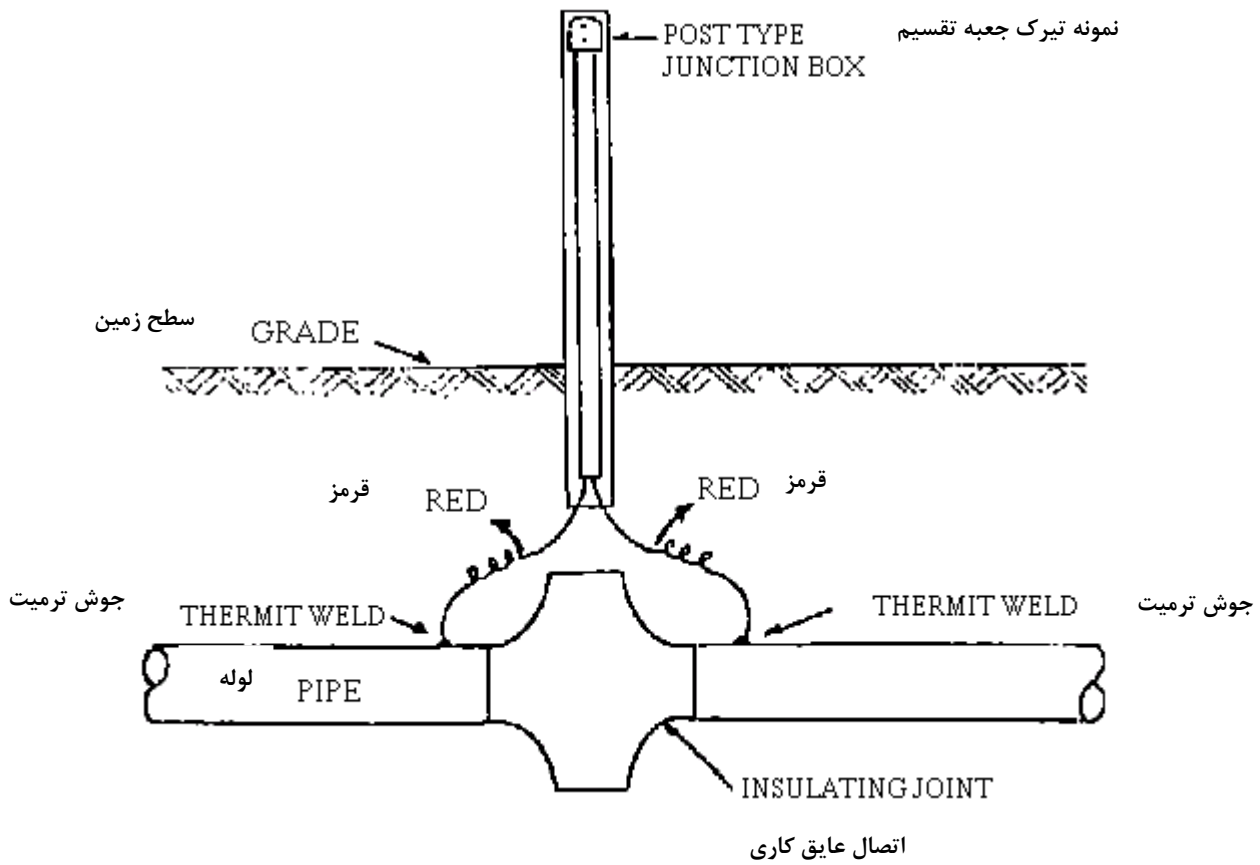


Fig. 3-TYPICAL INSULATING JOINT TEST STATION

شکل ۳- نمونه ایستگاه آزمون اتصال عایق کاری

10.10 System Design

Design principles of cathodic protection for buried pipelines are given in Appendix B.

۱۰-۱۰ طراحی سامانه

اصول طراحی حفاظت کاتدی برای خطوط لوله مدفون در پیوست ب ارائه شده‌اند.

10.11 Measurement and Tests

All necessary measurements and tests shall be fully in accordance with IPS-C-TP-820 and IPS-I-TP-820.

۱۰-۱۱ اندازه گیری و آزمون‌ها

کلیه اندازه گیری های ضروری و آزمون‌ها باید به طور کامل مطابق با استانداردهای IPS-C-TP-820 و IPS-I-TP-820 باشند.

10.12 Particular Considerations

۱۰-۱۲ ملاحظات خاص

10.12.1 Casings

Pipe sleeves (casings) may act as a shield preventing the flow of cathodic protection current to the carrier pipes inside them; their use shall therefore, be avoided where possible. If, however, their use is mandatory, measures as indicated below shall be taken:

۱۰-۱۲-۱ غلاف‌ها

غلاف‌های لوله ممکن است به عنوان یک سپر جلوگیری کننده از عبور جریان حفاظت کاتدی لوله‌های حامل عمل نماید؛ بنابراین باید از بکارگیری آنها تا جایی که امکان دارد پرهیز شود. اگر بهرحال استفاده از آنها اجباری باشد، اندازه گیری هایی که در زیر اشاره شده باید انجام شود:

a) Protection of carrier pipe

Any section of pipe installed inside concrete or steel pipe sleeves shall be coated to at least the same standard as the remainder of the pipeline. If it is feasible to keep the pipe inside the sleeve dry by means of suitable end seals, this will ensure freedom from corrosion. If, however, it is impossible to exclude water, considerations may be given to installing galvanic anodes in the form of magnesium or zinc strip attached to the carrier pipe. The carrier pipe shall be supported by insulating centralizers in order to prevent coating damage during installation and, where steel sleeves are used, to prevent electrical contact between pipe and sleeve. Such contact is to be avoided since, unless protection has been provided by galvanic anodes inside the sleeve, the carrier pipe will be left without protection because of the shielding effect of the sleeve. If the sleeve is poorly coated it will also cause a marked increase in the current required for cathodic protection. If insulation is provided, it shall be checked before backfilling.

b) Protection of sleeve casing

If a steel sleeve is used and is insulated from the carrier pipe, corrosion will be accelerated, particularly at the inner surface if moisture has not been excluded from the space between the sleeve and the pipe. If the sleeve is to be cathodically protected, it shall, be coated to the same standard as the pipeline. The sleeve can be cathodically protected by connecting it to the pipeline through a surface connection box or by means of galvanic anodes. If the sleeve is cathodically protected, it is particularly desirable to safeguard the carrier pipe inside the sleeve either by complete exclusion of moisture or by use of galvanic anodes.

It may be possible to seal the pipe sleeve to the pipe by welding at each end and to fill the annular space with an inert gas, e.g. Nitrogen. The sleeve shall then be coated externally to reduce the cathodic protection

الف) حفاظت از لوله حامل

هر قسمت از لوله نصب شده در داخل غلاف بتنی یا فولادی باید حداقل با استاندارد مشابه بقیه خط لوله پوشش شود. اگر خشک نگهداشتن لوله در داخل غلاف توسط آب بندهای مناسب انتهایی توجیه پذیر باشد، عدم وقوع خوردگی را مطمئن میسازد. بهرحال اگر جلوگیری از نفوذ آب امکان پذیر نباشد، ممکن است نصب آندهای گالوانیکی به شکل منیزیم یا نوار روی وصل شده به لوله حامل مد نظر قرار گیرد. به منظور جلوگیری از صدمه دیدن پوشش در حین نصب و جهت جلوگیری از تماس الکتریکی بین لوله و غلاف جایی که از غلاف‌های فولادی استفاده شده، می بایست لوله حامل بوسیله متمرکزکننده‌های عایقی نگهداری شود. باید از چنین تماسی پرهیز شود زیرا بغیر از حالتی که حفاظت توسط آندهای گالوانیک داخل غلاف تأمین شده باشد، به دلیل اثر حفاظتی غلاف، لوله حامل بدون پوشش خواهد ماند. اگر غلاف بطور ناکافی پوشش شده باشد باعث خواهد شد که جریان لازم برای حفاظت کاتدی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. اگر عایق کاری انجام شده باشد می بایست، قبل از خاک ریزی بازرسی گردد.

ب) حفاظت از روکش غلافی

اگر یک غلاف فولادی بکار رفته است و از لوله حامل عایق شده است، خوردگی خصوصاً در سطح داخلی بین فضای غلاف و لوله اگر رطوبت حذف نشده باشد تشدید خواهد شد. اگر قرار است که غلاف حفاظت کاتدی شود، باید مطابق با همان استاندارد خط لوله پوشش گردد. غلاف میتواند با اتصال به خط لوله از طریق جعبه اتصال سطح یا توسط آندهای گالوانیکی حفاظت کاتدی شود. اگر غلاف دارای حفاظت کاتدی باشد، خصوصاً مطلوبست لوله حامل را در داخل غلاف با حذف کامل رطوبت یا با استفاده از آندهای گالوانیکی ایمن نگهداری نمود.

ممکن است امکان آب بندی کردن غلاف لوله با لوله از طریق جوشکاری در هر انتها و پرکردن فضای محصور بین دو استوانه با یک گاز خنثی مانند نیتروژن وجود داشته باشد. سپس قسمت بیرونی

current demand but it would be unnecessary to coat the pipe inside the sleeve.

غلاف را باید پوشش کرد تا نیاز به جریان برق برای حفاظت کاتدی کاهش یابد، اما پوشش دهی لوله داخل غلاف لازم نیست.

Note:

The installation of pipe sleeves (casings) shall be in accordance with IPS-C-TP-820.

یادآوری:

نصب غلاف‌های لوله باید مطابق با استاندارد IPS-C-TP-820 باشد.

10.12.2 Concrete encased pipe

Pipe to be encased in concrete, as at river crossing, valve boxes, etc. shall first be coated to the same standard as the rest of the pipeline.

۱۰-۱۲-۲ لوله روکش شده با بتن

لوله‌ای که به وسیله بتن روکش میشود، در تقاطع رودخانه، چاله‌های شیر و غیره. در درجه اول باید با استاندارد مشابه مانند بقیه خط لوله پوشش شود.

10.12.3 Protecting existing pipelines

Cathodic protection, usually by impressed current, may often be applied to old pipelines, even though they are bare or have badly deteriorated coatings, in order to prolong their life. It is rarely economical to lift and recoat such pipelines except possibly at selected points where interaction may be expected (see A.3). High current densities will therefore be necessary. The current initially required can be determined by means of a drainage test carried out after isolating the pipeline as far as possible from other structures in contact with the soil. The final current requirement will usually be much less due to long term polarization effects.

۱۰-۱۲-۳ حفاظت از خطوط لوله موجود

معمولاً حفاظت کاتدی توسط جریان اعمالی ممکن است اغلب به منظور طولانی کردن عمر خطوط لوله قدیمی حتی اگر لخت یا پوشش ها به طور بدی تخریب شده باشند اعمال شود. کندن و پوشش کردن مجدد چنین خطوط لوله‌ای به ندرت اقتصادی است مگر در نقاط انتخاب شده‌ای بتوان تاثیر متقابل خوردگی را انتظار داشت (به الف-۳ مراجعه شود). بهرحال دانسیته جریان-های بالا ضروری خواهند بود. در ابتدا میتوان جریان اولیه مورد نیاز را به وسیله انجام آزمون تخلیه بعد از جداسازی خط لوله از دیگر سازه‌های در تماس با خاک تا آنجایی که امکان دارد تعیین نمود. جریان نهایی مورد نیاز معمولاً به دلیل اثرات دراز مدت پلاریزاسیون خیلی کمتر خواهد بود.

10.12.4 Scale detachment

After a cathodic protection system has been put into operation it may be found that there is a temporary increase in the number of leaks due to scale detachment at heavily corroded areas where the pipe wall has been seriously weakened or perforated. The majority of such leaks become manifest in the first one or two years operation of the cathodic protection system (see also h of A.2.5.1).

۱۰-۱۲-۴ جدایش رسوب

بعد از بهره برداری از سامانه حفاظت کاتدی، ممکن است افزایش موقت در تعداد نشتی‌ها در اثر جدایش رسوب در نواحی به دانسیته خورده شده پیدا شود، جایی که دیواره لوله به طور جدی ضعیف یا سوراخ شده باشد. اکثر چنین نشتی‌هایی در سالهای اول یا دوم بهره‌برداری سامانه حفاظت کاتدی معلوم میشود (به زیر بند ح از الف-۲-۵-۱ مراجعه شود).

11. CATHODIC PROTECTION IN PLANT FACILITIES

۱۱- حفاظت کاتدی در تأسیسات واحد

11.1 Application

11.1.1 This Section of engineering standard applies to in-plant facilities such as: tank bottoms, metallic pipelines and other metal

۱۱-۱ اعمال

۱۱-۱-۱ این قسمت از استاندارد مهندسی در تأسیسات واحد، نظیر کف مخازن، خطوط لوله فلزی و دیگر

structures buried or in contact with soil or water.

سازه های فلزی مدفون یا در تماس با خاک یا آب اعمال می شود.

11.1.2 The design of new plants shall provide an integrated cathodic protection system for all buried metallic pipelines and where required for electrical grounding grids if they are electrically connected to the buried metallic pipelines or other protected facilities.

۱۱-۱-۲ در طراحی واحدهای جدید برای کلیه خطوط لوله فلزی مدفون در خاک و جاهایی که نیاز به شبکه های اتصال زمینی است، چنانچه به صورت الکتریکی به خطوط لوله مدفون یا دیگر تأسیسات حفاظت شده متصل هستند، سامانه حفاظت کاتدی یکپارچه ای باید تهیه شود.

11.1.3 The design of additional facilities in existing plants shall provide an integrated cathodic protection system. If economically justified, the new cathodic protection system shall incorporate protection for the existing plant buried facilities as specified in Paragraph 11.1.2 where required to minimize interference or ensure operation of the system.

۱۱-۱-۳ در طراحی تأسیسات اضافی در واحدهای موجود، یک سامانه حفاظت کاتدی یکپارچه باید تهیه شود. اگر از نظر اقتصادی دارای توجیه است، سامانه جدید حفاظت کاتدی باید از تأسیسات مدفون واحد موجود همانطور که در پاراگراف ۱۱-۱-۲ مشخص شده جایی که به حداقل رساندن تداخل امواج یا اطمینان از بهره‌برداری سامانه نیاز باشد به طور مشترک حفاظت نماید.

11.1.4 If steel Groundbed is selected for temporary protection, the consumption of steel at design output rate shall be taken into consideration. One ampere of direct current discharging into the usual soil can remove approximately 9 kg (20 pounds) of steel in one year.

۱۱-۱-۴ اگر بستر آندی فولادی برای حفاظت موقتی انتخاب شده است، مصرف فولاد در حالتی که میزان جریان خروجی مطابق طراحی است باید مد نظر باشد. تخلیه الکتریکی جریان مستقیم یک آمپر در خاک معمولی تقریباً میتواند ۹ کیلوگرم (۲۰ پاوند) از فولاد را در یک سال مصرف نماید.

11.2 General

۱۱-۲ عمومی

11.2.1 Cathodic protection of the in-plant facilities may be provided by impressed current or galvanic systems or a combination of both.

۱۱-۲-۱ حفاظت کاتدی تأسیسات واحد می‌تواند از طریق جریان اعمالی یا سامانه های گالوانیکی یا ترکیبی از هر دو تامین گردد.

11.2.2 The choice between impressed current or galvanic systems shall be based on economic analysis the availability of electric power and the effectiveness of either system.

۱۱-۲-۲ گزینش بین جریان اعمالی یا سامانه های گالوانیکی باید بر مبنای تحلیل اقتصادی، در دسترس بودن نیروی برق و موثر بودن هر یک از دو سامانه باشد.

11.2.3 As far as possible, the design shall utilize existing equipment and power available.

۱۱-۲-۳ در طراحی تا جایی که امکان دارد، باید از تجهیزات موجود و نیروی برق در دسترس استفاده کرد.

11.2.4 A site survey shall be made to determine soil resistivities and suitable locations for anodes unless the right information is available from existing systems or previous surveys made by company corrosion control department or other departments.

۱۱-۲-۴ می بایست یک بررسی میدانی، برای تعیین مقاومت خاک و محل مناسب برای آندها انجام شود، مگر آنکه اطلاعات صحیحی از سامانه های موجود یا بررسی-های قبلی انجام شده توسط اداره کنترل خوردگی کارفرما یا دیگر ادارات در دسترس باشد.

11.2.5 The level of protection shall be in accordance with Section 7 of this Standard.

۱۱-۲-۵ سطح حفاظت باید مطابق با قسمت ۷ این استاندارد باشد.

11.2.6 The design current density for plant cathodic protection system shall be determined by current requirement test (see IPS-C-TP-820).

۱۱-۲-۶ دانسیته جریان طراحی سامانه حفاظت کاتدی واحد باید توسط آزمون جریان مورد نیاز تعیین شود (به استاندارد IPS-C-TP-820 مراجعه شود).

11.2.7 The cathodic protected facilities shall be electrically continuous.

۱۱-۲-۷ تأسیسات دارای حفاظت کاتدی باید از نظر الکتریکی پیوسته باشند.

11.2.8 All equipment, including the anodes and power source(s) shall be designed for the life of the in-plant facilities or 25 years whichever is lesser.

۱۱-۲-۸ کلیه تجهیزات شامل، منبع(های) تغذیه و آندها باید برای طول عمر تأسیسات واحد یا ۲۵ سال هر کدام که کمتر است طراحی شوند.

11.2.9 There shall be direct access across to the transformer/rectifier(s) from the plant areas. If located within an electrical substation, the transformer/rectifier shall be separately fenced, with separate entry from the plant area or a separate gate if in a remote area.

۱۱-۲-۹ باید از نواحی واحد به مبدل/ یکسوکننده‌ها دسترسی مستقیم سرتاسری وجود داشته باشد. اگر مبدل / یکسوکننده در یک ایستگاه فرعی برق قرار دارند، باید بطور جداگانه حصارکشی شوند و ورودی جدا از ناحیه واحد داشته باشند و یا اگر در یک ناحیه دور دست واقع شده اند باید دروازه جداگانه داشته باشند.

11.2.10 All above grade facilities such as transformer/rectifier(s), junction boxes, ac step down transformers, etc. should be located in the lowest electrically classified area (see IPS-E-EL-110 for classified area).

۱۱-۲-۱۰ کلیه تأسیسات بالای سطح زمین مانند مبدل / یکسوکننده (ها)، جعبه‌های اتصالات، مبدلهای کاهنده ac و غیره. توصیه میشود در پایین ترین ناحیه طبقه بندی شده الکتریکی قرار گیرند (به استاندارد IPS-E-EL-110 برای ناحیه طبقه بندی شده مراجعه شود).

11.3 Types of Cathodic Protection Systems

۱۱-۳ انواع سامانه های حفاظت کاتدی

11.3.1 Integral impressed current systems

۱۱-۳-۱ سامانه های جریان اعمالی یکپارچه

The following design guidelines determine the outline and definition of integral impressed current system:

رهنمودهای طراحی زیر، محدوده و چارچوب سامانه جریان اعمالی یکپارچه را تعیین میکند.

11.3.1.1 All metallic buried sections within the plot limits shall be electrically bonded together by means of accessible cables. The cable connections shall be made by means of over ground test boxes. No significant section shall be left out to minimize the rise of interference. The primary reason for bonding is electrical safety during ground fault conditions.

۱۱-۳-۱-۱ کلیه قسمت های فلزی مدفون در محدوده نقشه باید توسط کابلهای قابل دسترس از نظر الکتریکی به یکدیگر متصل شوند. اتصالات کابل ها باید توسط جعبه های آزمون روی زمین انجام شوند. هیچ قسمت خاصی نباید بیرون بماند تا افزایش تداخل به حداقل برسد. دلیل اولیه برای اتصال، ایمنی الکتریکی در شرایط خطای اتصال زمین است.

11.3.1.2 Distributed anode configurations and/or polymeric anodes are preferred for new construction sites and where demolition of concrete and asphalt is minimal. Deep well anode designs may be used where justified by

۱۱-۳-۱-۲ پیکربندیهای آند توزیع شده و/یا آندهای پلیمری برای محل های جدید ساخت و جایی که تخریب بتن و آسفالت حداقل است ترجیح داده میشوند. طراحی های چاه عمیق آندی جایی که با پیچیدگی سازه و

structure complexity and installation economics.

11.3.1.3 Insulating flanges, joints or spools shall be specified only where needed to limit protective current flow between the on-plot and off-plot pipeline sections.

11.3.1.4 Bonding stations shall be provided across insulating flanges, joints and spools.

11.3.1.5 All installations which have limited accessibility for accurate potential readings, such as tank bottoms, shall be provided with permanent packaged reference electrodes.

11.3.1.6 Current density to be applied shall be selected from the results of cathodic protection tests.

11.3.1.7 Tank undersides may be considered partially coated due to contact with sand asphalt padding. However, contact with soil will vary with flexing of the base. The potential recorded at the periphery of the underside shall be -1.10 volt minimum with reference to a copper/copper sulfate half cell. Where permanent reference electrodes have been installed under the tank bottom, a potential of -0.85 volts verses to copper/copper sulfate half cell indicates adequate protection. (see also 11.8)

11.3.2 Galvanic anode system

11.3.2.1 Galvanic anode systems may be used in conjunction with segregated impressed current systems to protect small buried metal structures such as road crossings. Where conditions indicate cathodic protection can not be fully achieved with packaged magnesium anodes, a helically wrapped magnesium ribbon and plastic envelope system shall be used at road crossings.

11.3.2.2 When ac power for permanent impressed current will be delayed after plant construction, temporary galvanic anodes shall be installed in soil less than 5000 ohm-cm.

اقتصادهای قابل توجیه باشند ممکن است استفاده شود.

۱۱-۳-۱-۳ عایق کاری فلنج های عایقی، اتصالات یا اسپولها فقط جایی که محدود کردن عبور جریان حفاظتی بین قسمت های خط لوله روی نقشه یا خارج از نقشه نیاز باشد باید مشخص شوند.

۱۱-۳-۱-۴ ایستگاههای اتصال باید در سرتاسر فلنج های عایقی، اتصالات و اسپولها در نظر گرفته شوند.

۱۱-۳-۱-۵ در کلیه تأسیساتی مانند کف مخازن که در آنها دسترسی برای قرائت‌های صحیح پتانسیل محدود است باید به الکترودهای مرجع دائمی مجهز شوند.

۱۱-۳-۱-۶ دانسیته جریانی که اعمال میشود باید از نتایج آزمون‌های حفاظت کاتدی انتخاب شود.

۱۱-۳-۱-۷ برای سطح زیرین مخزن بعلت تماس با لایه پرکننده ماسه آغشته به آسفالت ممکن است پوشش جزئی در نظر گرفته شود. بهرحال، با خم شدن کف مخزن تماس با خاک تغییر خواهد کرد. پتانسیل ثبت شده در محیط سطح زیرین باید حداقل ۱/۱- ولت نسبت به نیم پیل مس/ سولفات مس باشد. در جایی که الکترودهای مرجع دائمی در زیر کف مخزن نصب شده‌اند، پتانسیل ۰/۸۵- ولت در برابر نیم پیل مس/ سولفات مس حفاظت مناسبی را نشان میدهد (به بند ۱۱-۸ مراجعه شود).

۱۱-۳-۲ سامانه آند گالوانیک

۱۱-۳-۲-۱ سامانه‌های آند گالوانیک ممکن است به همراه سامانه هـــای جریان اعمالی مجزا برای حفاظت از ســـازه های فلزی کوچک مانند تقاطع جاده ها بکار برده شوند. جایی که شرایط به گونه ای است که حفاظت کاتدی نمیتواند بطور کامل با آندهای منیزیم بسته بندی شده انجام شود، باید در تقاطع جاده ها از نوار منیزیم لفاف مارپیچی و سامانه پوشش پلاستیکی استفاده شود.

۱۱-۳-۲-۲ زمانی که بعد از ساخت واحد، تأمین برق ac برای جریان اعمالی دائمی به تأخیر افتاده باشد، باید آندهای گالوانیکی موقت در خاکی با مقاومت مخصوص کمتر از ۵۰۰۰ اهم- سانتیمتر نصب شوند.

11.4 Impressed Current System Details

An impressed current system shall consist of one or more stations comprising ac power source, anodes, connecting cables and necessary test facilities. The location of the transformer/rectifier(s) will be influenced by the availability of ac power and the anode locations.

۱۱-۴ جزییات سامانه جریان اعمالی

یک سامانه جریان اعمالی باید دارای یک یا چندین ایستگاه، متشکل از منبع تغذیه ac، آندها، کابلهای اتصال و تأسیسات لازم آزمون باشد. مکان مبدل/ یکسوکننده تحت تأثیر دسترسی به برق ac و مکانهای آندی خواهند بود.

11.4.1 Anode beds

Horizontal or vertical anode beds shall be installed in accordance with details specified in IPS-C-TP-820.

The choice between horizontal or vertical anode beds shall be made after field survey results and evaluation of local conditions. Anode beds shall be rated for the maximum output of the power source.

Design of ground bed is based mainly on the following points:

- Current requirement for section of pipeline to be protected by the particular ground bed .
- Soil resistivity of site selected for ground bed.
- Type of anode material and its dimensions.
- Type of anode installation (vertical, horizontal, spacings between anodes, backfill material surrounding anodes).
- Life expectancy of ground bed, based on the consumption of anode and backfill resulting from current discharge.
- Cables used in cathodic protection circuit (material and size).

۱۱-۴-۱ بسترهای آندی

بسترهای آندی عمودی یا افقی باید مطابق با شرح جزییات مشخص شده در استاندارد IPS-C-TP-820 نصب شوند.

گزینش بین بسترهای آندی عمودی یا افقی باید بعد از نتایج بررسی میدانی و ارزیابی شرایط محلی انجام شود. بسترهای آندی باید برای حداکثر خروجی منبع تغذیه یکسوکننده طراحی شوند.

طراحی بستر آندی بیشتر روی نکات زیر پایه گذاری شده است:

- جریان مورد نیاز قسمت خط لوله‌ای که باید توسط بستر آندی خاص حفاظت شود.
- مقاومت مخصوص خاک محل انتخاب شده برای بستر آندی .
- نوع ماده آندی و ابعاد آن.
- نوع نصب آند (عمودی، افقی، فواصل بین آندها، ماده پشت بند اطراف آندها).
- عمر قابل انتظار بستر آندی، براساس مصرف آند و پشت بند ناشی از تخلیه جریان.
- کابلهای بکار رفته در مدار حفاظت کاتدی (ماده و اندازه).

11.4.2 Cables

Conductor sizes shall be sufficient to carry the maximum designed current rate of the circuit. Power loss in cables should not exceed 8% of total dc power. All cables and wires shall be in accordance with (IPS-M-TP-750 Part 7). Cable run design shall use loops or multiple returns to

۱۱-۴-۲ کابل ها

اندازه کابلهای حفاظت کاتدی برای انتقال حداکثر میزان جریان طراحی شده از مدار باید کافی باشند. مقدار قدرت هدر رفته در کابل هـا نباید بیش از ۸ درصد کل قدرت dc باشد. کلیه سیم ها و کابل ها باید مطابق با بخش ۷ استاندارد (IPS-M-TP-750) باشند. در اجرای طراحی

minimize (IR) drop and increase security of the anode system.

کابل باید از لوپها یا برگشتی‌های چندگانه برای به حداقل رساندن افت (IR) و افزایش ایمنی سامانه استفاده شود.

11.4.3 Connections

Splices shall be made in above-ground boxes except for splices of the header cable to anode cable connections. Underground splices shall be made with split bolt connectors (line taps). All underground splices shall be waterproof type and insulated with epoxy kits and standard rubber tape or vinyl tape according to IPS-M-TP-750 Parts 11, 12 and 13.

۱۱-۴-۳ اتصالات

به جز اتصال کابل اصلی به کابل ارتباطی آندها، بهم وصل کردن سیم‌ها باید در جعبه‌های بالای زمین انجام شوند، متصل کردن سیم‌ها در زیر زمین باید با بست های پیچ چاک دار انجام شود (پیچ شده به خط). کلیه اتصالات زیرزمین باید از نوع ضد آب و با کیت‌های اپوکسی و نوار لاستیکی استاندارد یا نوار وینیل مطابق با بخش‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳استاندارد IPS-M-TP-750 عایقکاری شوند.

11.4.4 Anode materials

For the various types of standard anodes which may be considered for use in impressed current groundbeds see IPS-M-TP-750 Part 1.

۱۱-۴-۴ مواد آندی

برای انواع گوناگون آندهای استاندارد که ممکن است در بسترهای زمینی جریان اعمالی برای استفاده مورد توجه باشند به بخش ۱ استاندارد IPS-M-TP-750 مراجعه شود.

11.5 Galvanic Anode System Details

11.5.1 In special cases where sacrificial anode protection is required, it shall consist of anodes distributed around in plant facilities.

11.5.2 The weight of the anodes required and the current output can be calculated, using formulas given in Appendix B.

11.5.3 Magnesium may be used as sacrificial anode material in soil resistivities less than 5000 ohm-cm.

11.5.4 Zinc anodes may be used in soil resistivity less than 700 ohm-cm.

۱۱-۵ شرح جزییات سامانه آند گالوانیکی

۱۱-۵-۱ در موارد خاص که به حفاظت آند فداشونده نیاز است، باید شامل آندهای توزیع شده در اطراف تأسیسات واحد باشد.

۱۱-۵-۲ وزن آندهای مورد نیاز و خروجی جریان را میتوان با استفاده از فرمول های ارائه شده در پیوست ب محاسبه نمود.

۱۱-۵-۳ ممکن است از منیزیم به عنوان آند فداشونده در خاک با مقاومت کمتر از ۵۰۰۰ اهم-سانتیمتر نیز استفاده شود.

۱۱-۵-۴ ممکن است از آندهای روی در خاک با مقاومت مخصوص کمتر از ۷۰۰ اهم – سانتیمتر نیز استفاده شود.

11.6 Test and Bonding Stations

11.6.1 Potential test stations

To allow for a systematic inspection scheme a number of test points with marker plates shall be installed at predetermined locations. The marker plate shall identify the protected buried structure and include the CP test station number.

The cable from this station shall be connected to the buried structure. In cemented and

۱۱-۶ ایستگاههای آزمون و اتصال

۱۱-۶-۱ ایستگاههای آزمون پتانسیل

برای اجرائی شدن یک برنامه بازرسی منظم، تعدادی از نقاط آزمون با صفحات نشانگر باید در مکانهای از قبل تعیین شده نصب شوند. صفحه نشانگر باید سازه مدفون حفاظت شده و بانضمام تعداد ایستگاه آزمون CP را مشخص نماید.

کابل از این ایستگاه باید به سازه مدفون شده وصل شود.

asphalted areas, test stations shall be installed in accordance with IPS-D-TP-718.

در نواحی آسفالته و سیمان شده، ایستگاههای آزمون باید مطابق با استاندارد IPS-D-TP-718 نصب شوند.

11.6.2 Reference electrodes

Where testing with a portable test electrode is inaccurate i.e. under tank bottoms and foundations, permanent reference electrodes shall be used. These electrodes shall be installed prior to the construction of the protected structure. Reference electrodes used for this purpose are the prepackaged high purity zinc electrodes or permanent $Cu/CuSo_4$ electrodes.

۱۱-۶-۲ الکترودهای مرجع

جایی که آزمایش پتانسیل با الکترود مرجع قابل حمل، دقیق نیست، یعنی زیر کف مخازن و فونداسیون ها، باید از الکترودهای مرجع دائمی استفاده شود. این الکترودهای مرجع باید قبل از ساخت سازه حفاظت شده نصب شوند. الکترودهای مرجع که برای این هدف استفاده میشوند، الکترودهای روی با خلوص بالا از پیش بسته بندی شده یا الکترودهای مس/سولفات مس دایمی هستند.

11.6.3 Current monitoring stations

Four point test stations may be required in the case that the designer can foresee that a high electrical current may occur in one of the multiple legs of the system.

۱۱-۶-۳ ایستگاههای پایش جریان

در حالتی که طراح پیش بینی کند که در یک سامانه با چندین انشعاب امکان بالارفتن جریان الکتریکی وجود دارد، ممکن است به ایستگاههای آزمون چهار نقطه ای نیاز باشد.

11.6.4 Bonding stations

All bonding stations shall provide for measuring the current by means of a shunt and space to install a resistor if required.

۱۱-۶-۴ ایستگاههای اتصال

در کلیه ایستگاههای اتصال اندازه گیری جریان به وسیله یک مدار موازی و در صورت نیاز فضا جهت یک مقاومت متغیر لحاظ گردد.

11.7 Hazardous Locations

Transformer rectifier specifications must follow the rules and regulations concerning area classification for electrical equipment, (see IPS-E-EL-110). Other electrical equipment such as above-ground splice boxes, bond boxes or test stations are generally non-explosion proof and require a hot work permit for opening and test work.

۱۱-۷ مکان های خطرناک

مشخصات فنی مبدل/ یکسوکننده باید از قواعد و مقررات مربوط به طبقه‌بندی ناحیه برای تجهیزات الکتریکی پیروی نماید (به استاندارد IPS-E-EL-110 مراجعه شود). تجهیزات الکتریکی دیگر مانند جعبه‌های اتصال بالای زمین، جعبه های اتصال یا ایستگاههای آزمون که معمولاً ضد انفجار نیستند و برای بازکردن و کار آزمون نیاز به مجوز کار گرم دارند.

11.8 Oil Storage Tank Bottoms

Large oil storage tanks are often erected on earth foundation mounds. The top of the foundation mound may be provided with a bit-sand carpet or some form of coating may be applied to the underside of the tank bottom. During operation, the bottom of the tank is subject to flexure and settlement. The bit-sand carpet is therefore liable to be damaged, thus

۱۱-۸ کف مخازن ذخیره نفت

مخازن بزرگ ذخیره نفت غالباً روی فونداسیون برآمده زمینی نصب میشوند. نصب فونداسیون ممکن است با فرشی از ذرات ماسه در نظر گرفته شود یا ممکن است تقریباً پوششی در سطح زیرین کف مخزن اعمال شود. در حین بهره برداری، کف مخزن در معرض خمش و نشست است. بهرحال احتمالاً فرش ذرات ماسه‌ای صدمه دیده، لذا بخشهای کف مخزن فرصت یافته تا با خاک، نصب

allowing parts of the tank bottom to come into contact with the soil of the foundation mound. Any coating applied to the tank bottom plates is also likely to be partially destroyed by the heat of welding of the lap joints, with the same result.

فونداسیون در تماس قرار گیرند. هر پوشش اعمال شده روی ورق های کف مخزن احتمالاً بطور نسبی توسط حرارت جوشکاری اتصالات رویهم با پیامد یکسان تخریب میشوند.

Hence if the environment is corrosive, cathodic protection may be applied to supplement the protection provided by carpeting or tank bottom coating.

از این رو اگر محیط خورنده باشد، برای تکمیل حفاظتی که توسط فرش کردن یا پوشش دادن کف مخزن تامین می شود می توان حفاظت کاتدی را اعمال نمود.

The above general considerations also apply to similarly constructed tankage for use with liquids other than petroleum or its products.

ملاحظات کلی فوق برای مخازن ساخته شده مشابه با کاربری‌های متفاوت از قبیل مایعاتی غیر از مواد نفتی یا فرآورده‌های آن نیز اعمال میگردد.

11.8.1 Structure preparation

۱۱-۸-۱ آماده سازی سازه

The tank foundation mound should as far as possible be constructed so that it will distribute protection current uniformly to the whole of the underside of the tank. This means that the use of rubble, rock fill etc., should be avoided and the mound should consist of fine-grained and well compacted material.

توصیه میشود تا جایی که امکان دارد فونداسیون خاکی مخزن بگونه‌ای ساخته شود تا جریان حفاظتی به کل سطح زیرین مخزن بطور یکنواخت توزیع شود. منظور این است که باید از قلوه سنگ، پر کردن با صخره و غیره پرهیز شود و پشته باید دارای مواد ریزدانه بوده و خوب متراکم شده باشد.

Oil storage tank bottoms are constructed by lap welding individual plates and are therefore electrically continuous. Where groups of tanks are to be cathodically protected, provision will need to be made for bounding between individual tanks.

کف مخازن ذخیره نفت از طریق جوشکاری رویهم ورق-های جداگانه ساخته شده‌اند و بهرحال پیوستگی الکتریکی دارند. در صورتی که قرار است مجموعه‌ای از مخازن حفاظت کاتدی شوند، لازم است تمهیداتی برای اتصال بین مخازن مجزا فراهم شود.

If it is desired to confine the protection current to the tanks, isolating joints will be required in all pipelines connected to the tanks.

اگر هدف، محدود کردن جریان حفاظت به مخازن مورد نظر است اتصالات جداسازی در تمام خطوط لوله متصل شده به مخازن لازم خواهد بود.

If flammable liquids are being stored, such joints should be located outside the tank bund (see 11.6.2).

اگر مایعات قابل اشتعال ذخیره شده اند، توصیه میشود چنین اتصالاتی خارج از خاکریز مخزن قرار گیرند (به بند ۱۱-۶-۲ مراجعه شود).

11.8.2 Application to oil storage tank bottom

۱۱-۸-۲ اعمال به کف مخزن ذخیره نفت

Current density figures of the order of 10 mA/m² are normally required for uncoated tank bottoms resting on bit-sand carpets and, owing to the large areas involved, impressed current is usually preferred. Galvanic anodes may, however, be worth consideration for small

به طور معمول اعداد دانسیته جریان تا حد ۱۰ میلی آمپر/مترمربع برای کف مخازن بدون پوشش روی فرشهای ذرات ماسه لازم است، و به دلیل درگیر بودن با سطوح بزرگ، معمولاً روش جریان اعمالی ترجیح داده میشود. با این حال ممکن است آندهای گالوانیکی برای مخازن کوچک مجزا بر روی خاک با مقاومت مخصوص

isolated tanks on soil with low resistivity.

Groundbeds should as far as possible, be symmetrically arranged around the tank or group of tanks and a distance of not less than one tank diameter from the tank periphery is desirable. Ground beds should not be located inside tank bunds if flammable liquids are being stored. Where space is restricted, consideration may be given to installing anodes at considerable depths.

11.8.3 Particular considerations

Structure/soil potentials vary across the underside of a cathodically protected tank bottom and rim potentials usually need to be more negative than -0.85V in order to ensure protection at the center. The main factors concerned are the insulation provided by the tank bottom coating in relation to soil resistivity, and variations in soil resistivity with depth at the tank site.

On new constructions it may be possible to install two or three permanent reference electrodes in the foundation mound prior to tank erection so that the least negative rim potential necessary to secure full protection of the tank bottom can be assessed suitable mechanical protection will be required.

Where measurement is impracticable, an arbitrary value of rim potential has to be adopted. Potentials in the range of -1.10V to -1.20V (copper/copper sulfate) reference electrode have been found to be satisfactory.

Tanks which remain empty for prolonged periods are therefore, unlikely to receive complete protection because upward flexure of the tank bottom when the tank is emptied leads to loss of contact with the foundation.

Cases may arise where an old tank on a granular bed, e.g. granite chips, is lifted for rebottoming and the subsequent application of cathodic protection. Under these circumstances, the spaces between the granite chippings should be filled with suitable fine grained material to enable protection current to

کم، نیز ارزش استفاده را داشته باشد.

توصیه میشود تا جایی که امکان دارد بستری های آندی اطراف مخزن یا گروه مخازن به طور قرینه چیدمان شده و فاصله مطلوب از محیط مخزن از قطر مخزن کمتر نباشد. بسترهای آندی نباید در داخل خاکریزهای مخزنی که مایعات قابل اشتعال در آن ذخیره شده است قرار گیرند. در جایی که محدودیت فضا وجود دارد، ممکن است ملاحظاتی برای نصب آندها در عمق های قابل توجه انجام گیرد.

۱۱-۸-۳ ملاحظات خاص

پتانسیل‌های سازه/ خاک در سرتاسر سطح زیرین کف مخزن دارای حفاظت کاتدی تغییر میکند و به منظور اطمینان از وجود حفاظت در مرکز معمولاً به پتانسیل های منفی تر از ۰/۸۵- ولت در حاشیه نیاز است. عوامل اصلی مرتبط عبارتند از عایق فراهم شده برای پوشش کف مخزن با توجه به مقاومت مخصوص خاک، و تغییرات مقاومت مخصوص خاک با عمق در محل مخزن.

نصب دو یا سه الکترود مرجع دائمی در ساخت فونداسیون جدید قبل از برپا کردن مخزن امکان پذیر است، به طوری که کمترین پتانسیل منفی لازم را در حاشیه برای اطمینان از حفاظت کامل کف مخزن بتوان ارزیابی کرد، ضمناً به حفاظت مکانیکی مناسبی نیاز خواهد بود.

در جایی که اندازه‌گیری عملی نیست، یک مقدار اختیاری از پتانسیل حاشیه باید انتخاب شود. بنظر می آید پتانسیل هایی با دامنه ۱/۱۰- ولت تا ۱/۲۰- ولت نسبت به الکترود مرجع (مس/سولفات مس) رضایت بخش باشند.

مخازنی که برای مدت طولانی خالی هستند، بعید است که به طور کامل حفاظت شوند، به این دلیل که خمش به طرف بالای کف مخزن در زمان خالی بودن مخزن باعث از دست دادن تماس با فونداسیون میشود.

حالتهایی ممکن است پیش آید که یک مخزن قدیمی بر روی بستر دانه‌ای برای مثال خرده سنگ های گرانیت برای تعویض کف و به دنبال آن اعمال حفاظت کاتدی از محل بلند شود. تحت چنین شرایطی، فضاهای بین خرده سنگهای گرانیت باید با مواد دانه ریز مناسب که قادر به

flow to the whole of the underside surface of the new bottom.

For more details refer to cathodic protection of aboveground storage tanks , API standard RP 651 and NACE standard RP 0193.

12. CATHODIC PROTECTION OF VESSELS AND TANK INTERNALS

(See also NACE Standard RP 0388-88, Item No. 53069).

12.1 Application

12.1.1 This Section of standard applies to all types of water storage tanks, consider water boxes, salt water strainers, produced oil field brine handling and treating vessels and other vessels in which water may be in contact with the interior surfaces.

12.1.2 Due to the varied nature of vessel and tank design, this Standard contains specific designs for only the most common types and is intended to be a general guide for all vessel and tank design used.

12.1.3 The need for providing cathodic protection to tanks containing high resistivity (low dissolved solid content) waters shall be dependent on the severity of existing or anticipated corrosion and also the end use of the water itself.

12.2 General

12.2.1 Internal cathodic protection may be provided by galvanic or impressed current systems.

12.2.2 Internal coatings shall be used in conjunction with cathodic protection to protect internals of vessels containing moderately corrosive waters e.g. aquifer or process raw water (see IPS-E-TP-100 and IPS-E-TP-350).

12.2.3 For vessels containing severely corrosive waters such as produced oil field brines, all corrosion control methods should be

عبور جریان حفاظتی به تمام سطح زیرین کف جدید باشد پر شوند.

برای جزییات بیشتر بـــه حفاظت کاتـــدی مخازن ذخیره روی زمین API Standard RP 651 و NACE Standard RP 0193 مراجعه شود.

۱۲- حفاظت کاتدی بخش‌های داخلی ظروف و مخازن

(به NACE Standard RP 0388-88 مطلب شماره ۵۳۰۶۹ مراجعه شود.

۱۲-۱ اعمال

۱۲-۱-۱ این قسمت از استاندارد به تمام انواع مخازن ذخیره آب، توجه به محفظه‌های آب، صافی های آب نمک، جابجایی آب نمک حاصل از مناطق نفتخیز و ظروف تصفیه و دیگر ظروفی که ممکن است سطوح داخلی در تماس با آب باشد اختصاص دارد.

۱۲-۱-۲ در اثر متغیر بودن ماهیت طراحی ظروف و مخزن، این استاندارد دارای طراحی های خاصی بوده که فقط برای معمولی ترین انواع و با هدف راهنمایی کلی برای طراحی کلیه ظروف و مخازن می باشد.

۱۲-۱-۳ نیاز به تأمین حفاظت کاتدی مخازنی که دارای آبهایی با مقاومت مخصوص بالا هستند (مقدار کم ماده جامد حل شده)، باید به دانسیته خوردگی موجود یا قابل انتظار و همچنین مصرف نهایی خود آب وابسته باشد.

۱۲-۲ عمومی

۱۲-۲-۱ حفـــاظت کاتـدی داخلی ممکن است توسط سامانه های جریان اعمالی یا گالوانیکی در نظر گرفته شود.

۱۲-۲-۲ پوشش های داخلی همراه با حفاظت کاتدی باید استفاده شود تا بخشهای داخلی ظروفی که دارای آبهای با خورندگی ملایم برای مثال، آب همراه با نفت یا آب خام فرآیندی هستند، محافظت شوند (به استانداردهای IPS-E-TP-100 و IPS-E-TP-350 مراجعه شود).

۱۲-۲-۳ برای ظروفی که دارای آبهای شدیداً خورنده‌ای مانند آب نمکهای تولیدی میادین نفتی هستند، کلیه

روشهای کنترل خوردگی شامل بازدارندگی مواد شیمیایی، پوشش‌های داخلی و حفاظت کاتدی باید در نظر گرفته شوند.

considered including chemical inhibition, internal coatings and cathodic protection.

۱۲-۲-۴ برای جلوگیری از آلوده شدن احتمالی آبهای مصرفی در اثر آند حفاظت کاتدی، مانند آب بدون املاح یا آب تغذیه تصفیه شده دیگ بخار، اگر نیاز به حفاظت کاتدی است باید از آندهای خنثی با روکش پلاتین استفاده شود.

12.2.4 For waters whose end use precludes the possibility of contamination due to cathodic protection anode material, such as demineralized or treated boiler feed water, inert platinized anodes shall be used, if cathodic protection is required.

۱۲-۲-۵ سطح حفاظت باید مطابق با قسمت ۷ این استاندارد باشد. پتانسیل‌های ظروف پوشش شده حتی الامکان باید نزدیک به حداقل پتانسیل حفاظتی نگه داشته شود تا از جدایش پوشش و تشکیل رسوب زیاد جلوگیری گردد.

12.2.5 The level of protection shall be in accordance with Section 7 of this Standard. Potentials of coated vessels should be maintained as near the minimum protective potential as possible to prevent coating disbondment and excessive scale build-up.

۱۲-۲-۶ حداقل دانسیته جریان مورد نیاز طراحی به مقدار اکسیژن، دما، مقاومت مخصوص و سرعت الکترولیت بستگی دارد. به طور کلی، یک معیار حداقل ۱۰۰ میلی آمپر/مترمربع از سطح فولاد برهنه باید برای آب شور نسبتاً تمیز یا آبهای خام استفاده شود. ظروفی که حامل آب حاوی دی پلاریزه کننده‌ها مانند سولفید هیدروژن و اکسیژن هستند یا در سرعت بالای سیال بهره برداری می شوند، معمولاً برای حفظ پتانسیل های حفاظتی نیاز به دانسیته‌های جریان بالاتری دارند.

12.2.6 The minimum design current density requirement is dependent on the oxygen content, temperature, resistivity and velocity of electrolyte. In general, a minimum criteria of 100 mA/m² of bare steel surface shall be used for relatively clean saline or raw waters. Vessels handling water containing depolarizers such as hydrogen sulfide and oxygen or operating at high flow rate usually require higher current densities to maintain protective potentials.

پوشش های داخلی، سطح فولاد برهنه در تماس با آب را کاهش داده و بنابراین جریان لازم برای حفاظت را کاهش میدهند.

Internal coatings decrease the area of bare steel in contact with water and thus reduce the current required for protection.

۱۲-۲-۷ عمر طراحی یک سامانه آندگالوانیکی باید همراه با آزمایش و بازرسی دوره‌ای باشد. سامانه های جریان اعمالی باید برای طول عمر ظرف یا ۲۵ سال طراحی شوند.

12.2.7 The design life of a galvanic anode system shall be for the testing and inspection period. Impressed current systems shall be designed for the life of the vessel or 25 years.

۱۲-۳ انواع سامانه های حفاظت کاتدی

12.3 Types of Cathodic Protection Systems

۱۲-۳-۱ سامانه های جریان اعمالی

12.3.1 Impressed current systems

۱۲-۳-۱-۱ سامانه‌های جریان اعمالی معمولا در کاربری‌های با تقاضای نیروی زیاد برق، مانند مخازن بزرگ ذخیره آب یا جایی که جریان مورد نیاز ممکن است تغییر کند، استفاده میشوند.

12.3.1.1 Impressed current systems are generally used in applications with high power demands, such as for large water storage tanks or where current requirements may change.

۱۲-۳-۱-۲ یکسوکننده های کنترل خودکار پتانسیل

12.3.1.2 Automatic potential control rectifiers can be considered for use in applications where

varying conditions, as mentioned in 11.2.6, to create a changing current density requirement to maintain protective potentials. These decrease the likelihood of under protection or coating disbondment due to overprotection.

میتوانند در کاربردهایی با شرایط متغیر در نظر گرفته شوند، همانطور که در بند ۱۱-۲-۶ اشاره شده تا با ایجاد تغییر در دانسیته جریان مورد نیاز پتانسیل‌های حفاظتی تأمین شوند. این موضوع سبب احتمال حفاظت ناکافی یا جدایش پوشش ناشی از حفاظت بیش از حد می‌شود.

12.3.1.3 High silicon-cast iron or platinized titanium anodes are the most common types of impressed current anodes used. Specifications for these anodes are detailed in IPS-M-TP-750 Part 1.

۱۲-۳-۱-۳ آندهای چدنی با سیلیکون بالا یا تیتانیومی با روکش پلاتینی معمولی ترین انواع آندهای مصرفی جریان اعمالی هستند. مشخصات این آندها در بخش اول استاندارد IPS-M-TP-750 به تفصیل آمده است.

12.3.1.4 Installation details for impressed current systems for water storage tank internals shall be in accordance with applicable Iranian Petroleum Standard Drawings.

۱۲-۳-۱-۴ جزییات نصب سامانه‌های جریان اعمالی برای بخشهای داخلی مخزن ذخیره آب باید مطابق با نقشه‌های استاندارد قابل اجرای صنعت نفت ایران باشد.

12.3.1.5 Separate transformer rectifier for impressed current systems should be installed for each tank or vessel to be protected.

۱۲-۳-۱-۵ برای سامانه های جریان اعمالی هر مخزن یا ظرفی که قرار است حفاظت شود باید مبدل/یکسو کننده جداگانه ای نصب گردد.

12.3.1.6 If the conditions are reasonably stable , as is normally the case with buried structures , it is sufficient to provide adjustment of the rectifier output with , possibly , variable resistor in individual anode circuits , or alternatively , in the cathode leads if several are supplied from the same rectifier.

۱۲-۳-۱-۶ اگر شرایط بطور معقول پایدار باشد، همانطور که در مورد سازه های مدفون معمول است، کافی است در حد امکان خروجی یکسوکننده، با مقاومت متغیر در مدارهای آندی مجزا، یا به طور گزینه‌ای در سرسیمهای کاتدی اگر از همان یکسوکننده چندین مورد تغذیه می‌شوند تنظیم در نظر گرفته شود.

12.3.1.7 Where cathodic protection is applied internally to plant, corrosion interaction affecting neighboring structures is unlikely appreciable current flows only through and inside the protection plant.

۱۲-۳-۱-۷ جایی که حفاظت کاتدی به داخل واحد اعمال شده است، تاثیر متقابل خوردگی موثر بر سازه های مجاور احتمالاً عبور جریان محسوسی فقط از میان و در داخل واحد حفاظت شده می باشد.

12.3.2 Galvanic anode systems

۱۲-۳-۲ سامانه های آند گالوانیکی

12.3.2.1 Galvanic anodes are considered for use in applications where water resistivity and current requirements are low, or electrical power is not available or if their use is economically feasible, or in cases where sufficient impressed current anodes cannot be provided or placed for proper current distribution, as would be in the case of a compartmented vessel.

۱۲-۳-۲-۱ کاربری آندهای گالوانیکی برای استفاده در جاهایی که مقاومت مخصوص آب، پایین و جریان مورد نیاز کمی لازم است، یا در دسترس نبودن نیروی برق و یا اگر استفاده‌ی آنها از نظر اقتصادی توجیه پذیر است، یا در مواردی که آندهای جریان اعمالی کافی نمیتوان تهیه نمود یا برای توزیع صحیح جریان قرار داد، نظیر محفظه قسمت شده مورد توجه هستند.

12.3.2.2 Zinc, magnesium and aluminum alloys are the common galvanic anode materials used. Their properties and specifications are given in IPS-M-TP-750 Part 3. Design calculations are

۱۲-۳-۲-۲ روی، منیزیم و آلیاژهای آلومینیوم مواد معمولی مورد استفاده در آند گالوانیکی هستند. خواص و مشخصات آنها در بخش ۳ استاندارد IPS-M-TP-750

given in Appendix B.

ارائه شده است. محاسبات طراحی در پیوست ب آمده است.

12.3.2.3 Zinc anodes are commonly used in low resistivity brines due to their longer life. Zinc may show decrease in driving potential and possible polarity reversal above 65°C and passivation in the presence of phosphates, chromates and sulfides. The use of zinc anodes shall not be specified for electrolytes in which these conditions may exist.

۱۲-۳-۲-۳ معمولاً آندهای روی به دلیل عمر طولانی تر آنها، در آب نمک های با مقاومت مخصوص پایین استفاده میشوند. امکان کاهش پتانسیل محرکه آند روی و پلاریته معکوس در بالای ۶۵ درجه سانتیگراد و غیرفعال شدن در حضور فسفاتها، کرومات ها و سولفیدها وجود دارد. لذا استفاده از آندهای روی برای الکترولیتهائی که ممکن است این چنین شرایطی را داشته باشند، توصیه نمی‌شود.

12.3.2.4 Magnesium anodes are generally specified for high resistivity waters. In low resistivity brines, current output shall be controlled by resistors in the external circuits or by partially coating anodes to control exposure of active metal.

۱۲-۳-۲-۴ بطور کلی آندهای منیزیم را برای آبهایی با مقاومت مخصوص بالا تعیین نموده اند. در آب نمک های با مقاومت مخصوص پایین، جریان خروجی باید توسط مقاومت متغیر مدارهای خارجی یا برای فلز فعال در معرض، توسط آندهایی که پوشش جزئی دارند کنترل شود.

12.3.2.5 Aluminum alloy anodes have a lower driving potential compared with magnesium, providing a longer life in low resistivity electrolyte. Like zinc, they are self regulating and do not need resistors for external current control.

۱۲-۳-۲-۵ آندهای آلیاژ آلومینیوم در مقایسه با منیزیم دارای پتانسیل محرکه پایین‌تر، یک عمر طولانی تری را در الکترولیت با مقاومت مخصوص پایین تامین می‌کند. آنها مانند روی، خود تنظیم بوده و برای کنترل جریان خارجی نیاز به مقاومت متغیّر ندارند.

12.3.2.6 Installation details for galvanic anodes in water tanks and also for other types of vessels or tanks, anodes may be internally supported or mounted horizontally through the vessel sides. Care shall be taken in anode placement design to ensure proper current distribution to all internal surfaces in contact with the electrolyte. Vessel redesign or internal modification should be considered, if necessary, for providing effective cathodic protection throughout.

۱۲-۳-۲-۶ جزییات نصب آندهای گالوانیکی در مخازن آب و همچنین برای دیگر انواع ظروف یا مخازن، ممکن است آندها از داخل تکیه گاه یا به صورت افقی به طرفین مخزن نصب شده‌اند. قرار دادن آند طبق طراحی برای اطمینان از توزیع صحیح جریان در کلیه سطوح داخلی در تماس با الکترولیت باید با دقت انجام شود. در صورت لزوم طراحی مجدد ظرف یا اصلاح داخلی، برای تأمین حفاظت کاتدی مؤثر باید در نظر گرفته شود.

12.3.2.7 Where large stand of anodes are used for the protection of tanks then the resistance should be determined using the formula:

۱۲-۳-۲-۷ در جایی که برای حفاظت مخازن از تکیه گاه بزرگ آندها استفاده میشود، باید مقاومت با استفاده از فرمول زیر تعیین شود:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left(\ln\frac{8L}{D} - 1\right)$$

Where:

R = anode-to-electrolyte resistance of single vertical anode to remote reference (ohms).

ρ = electrolyte resistivity in (ohm-cm).

L = length of anode in cm (including backfill, if used).

D = diameter of anode in cm (including backfill, if used).

12.3.2.8 Where flat plate anodes are used their resistance is to be determined from the following formula:

$$R = \frac{\rho}{2S}$$

However if the flat plate anodes are close to the structure or painted on the lower face then the resistance is to be determined using:

$$R = \frac{\rho}{4S}$$

Where:

R = anode-to-electrolyte resistance of a single flat plate anode-ohm.

ρ = the resistivity of electrolyte in ohm-cm.

S = mean length of anode sides, in cm.

12.4 Current Density

12.4.1 Uncoated tanks used as permanent water ballast are to have a minimum current density of 110 mA/m² but this may have to be increased to at least 130 mA/m² if hot oil is stored on the opposite side of the bulkhead.

12.4.2 Uncoated tanks used for the storage of crude oil at ambient temperature alternating with water ballast are to have a minimum

جایی که:

R= مقاومت آند به الکترولیت برای آند عمودی تکی نسبت به فاصله دور (اهم) .

ρ = مقاومت مخصوص الکترولیت برحسب (اهم – سانتیمتر).

L= طول آند برحسب سانتیمتر (شامل پشت بند درصورت استفاده).

D= قطر آند برحسب سانتیمتر (شامل پشت بند درصورت استفاده).

۱۲-۳-۲-۸ در صورت استفاده از آندهای به شکل ورق تخت مقاومت آنها از فرمول زیر تعیین میشود:

بهرحال، اگر آندهای به شکل ورق تخت نزدیک سازه باشند یا سطح پایین‌تر رنگ شده باشد، سپس مقاومت با استفاده از فرمول زیر تعیین می شود:

جایی که:

R= مقاومت آند به الکترولیت مربوط به یک آند به شکل ورق تخت- اهم.

ρ = مقاومت مخصوص الکترولیت برحسب اهم – سانتیمتر.

S= میانگین فاصله آندهای مجاور هم به سانتیمتر می باشد.

۱۲-۴ دانسیته جریان

۱۲-۴-۱ مخازن بدون پوشش که به طور دائم برای آب توازن استفاده میشوند دارای حداقل دانسیته جریان ۱۱۰ میلی آمپر بر متر مربع هستند، اما اگر در طرف مقابل کشتی نفتکش نفت داغ انبار شده باشد، ممکن است اجباراً دست کم تا ۱۳۰ میلی آمپر بر مترمربع اضافه شود.

۱۲-۴-۲ مخازن بدون پوشش که برای ذخیره نفت خام در دمای محیط استفاده میشوند، متناوباً با آب تعادل

current density of 90 mA/m² however this should be increased for higher temperatures.

جایگزین میشوند، دارای حداقل دانسیته جریان ۹۰ میلی آمپر بر متر مربع هستند، که بهرحال در دماهای بالاتر باید افزایش یابد.

12.4.3 Unless shown otherwise the resistivity of the water should be assumed to be 25 ohm-cm.

۱۲-۴-۳ مقاومت مخصوص آب باید ۲۵ اهم – سانتیمتر فرض شده باشد، مگر به نحو دیگر نشان داده شود.

12.5 Anode Distribution

۱۲-۵ توزیع آند

12.5.1 Having determined the number and size of anodes, they are to be distributed as follows:

۱۲-۵-۱ بلافاصله بعد از تعیین تعداد و اندازه آندها، آنها به شکل زیر توزیع میشوند:

a) Ballast only tanks; evenly over all the uncoated steel work.

الف) فقط مخازن تعادل؛ بطور مساوی روی سطوح سازه‌های فولادی پوشش نشده.

b) Crude oil/ballast tanks; evenly but with some emphasis on horizontal surfaces in proportion of the area of these surfaces.

ب) نفت خام/مخازن تعادل؛ بطور مساوی اما با قدری تأکید روی سطوح افقی به نسبت مساحت این سطوح.

12.5.2 Anodes shall be arranged in the tank so that protection can be provided to all surfaces without exceeding potentials (in the vicinity of the anodes) that will be detrimental to coating.

۱۲-۵-۲ چیدمان آندها در مخزن باید بگونه ای باشد که بتوانند حفاظت کلیه سطوح را بدون پتانسیل های بیش از حد (در مجاورت آندها) که باعث تخریب پوشش خواهد شد فراهم نماید.

12.5.3 Where freezing occurs, provisions should be made for periodic replacement or for an anode installation unaffected by either freezing or falling ice. Alternatively the tank may be operated so that ice accumulation anodes does not occur on the anodes or in a solid mass across the tank which could damage the anodes when collapsing.

۱۲-۵-۳ در جایی که یخ زدگی اتفاق می‌افتد باید تمهیداتی برای جابجایی دوره‌ای یا نصب آندی که تحت تأثیر یخ زدن یا ریزش یخ نباشد بعمل آید. ممکن است بهره برداری از مخزن بطور متناوب انجام شود به طوری که انباشت یخ روی آندها پیش نیاید یا بصورت یک توده جامد در عرض مخزن میتواند در زمان ریزش به آندها خسارت وارد نماید.

12.6 Reference Electrode Position

۱۲-۶ محل الکترود مرجع

12.6.1 In vertical cylindrical vessels equipped with roof hatches, electrodes may be inserted through these hatches. If this is anticipated, the anodes shall be at the maximum distance from these hatches.

۱۲-۶-۱ در ظروف استوانه ای عمودی مجهز به دریچه های سقف، ممکن است الکترودها از این دریچه ها وارد شوند. اگر این مورد پیش بینی شده باشد، آندها باید در حداکثر فاصله از این دریچه ها قرار گیرند.

12.6.2 In compartmented vessels, reference electrodes shall be installed as far as possible from the anodes in order to obtain potential representative of the steel surface.

۱۲-۶-۲ الکترودهای مرجع در ظروف محفظه‌دار باید تا جایی که امکان دارد به منظور به دست آوردن پتانسیل سطح فولاد دور از آندها نصب شوند.

12.6.3 Zinc reference electrode shall not be installed in tanks containing high temperature brine (65°C and above).

۱۲-۶-۳ الکترود مرجع روی نباید در مخازنی که دارای آب شور با دمای بالا (۶۵ درجه سانتیگراد و بالاتر) هستند نصب شوند.

12.7 Protection of Specific Installations

12.7.1 Storage tanks

12.7.1.1 Impressed current cathodic protection is the method normally used for large tanks such as overhead water towers, oil refinery sea water storage tanks, boiler feed water tanks and river water tanks in power stations. In the case of open topped tanks, anodes of silicon iron or Platinized titanium, or lead anodes, if possible toxicity is not a consideration, may be suspended from adequate supports.

Alternatively, it may be preferable to drill the tank and insert anodes and reference electrodes through the wall. Anodes shall be so distributed that they are in the best position to ensure even current distribution, i.e. at points roughly equidistant from the bottom and the sides, and so placed as to ensure adequate penetration of current into the corners (See API RP 651).

When the water resistivity is exceptionally high, as for example in boiler feed-water tanks, copper-cored Platinized titanium continuous anodes may be used; the high resistivity of the water necessitates considerable anode lengths being used to achieve adequate current distribution.

12.7.1.2 Where galvanic anodes are used, they are normally attached directly to the metal surface to be protected.

Corrosion is most probable near the waterline where differential aeration effects are greatest; anodes will normally need to be distributed up to about 600 mm below the minimum water level.

For domestic water tanks, sufficient current may be obtained from a single magnesium anode.

12.7.1.3 Tanks for storage of chemicals

Among the types of plant that have been protected are brine storage tanks, acid storage

۱۲-۷ حفاظت از تجهیزات ویژه

۱۲-۷-۱ مخازن ذخیره

۱۲-۷-۱-۱ حفاظت کاتدی جریان اعمالی روشی است که معمولاً برای مخازن بزرگ مانند برج‌های آب بالاسری، مخازن ذخیره آب دریای پالایشگاه نفت، مخازن آب تغذیه دیگ بخار و مخازن آب رودخانه در نیروگاههای برق استفاده میشوند. در مخازن سرباز ممکن است، آندهای چدن سیلیکونی یا تیتانیومی روکش شده پلاتین یا آندهای سربی، اگر سمی بودن اشکالی نداشته باشد، با تکیه گاههای مناسب آویزان شوند.

به روشی دیگر، ممکن است سوراخ کردن مخزن و فرستادن الکترودهای مرجع و آندها از وسط دیوار ارجح باشد. آندها باید به گونه ای توزیع شوند تا در بهترین موقعیت بوده و به طور مساوی و مطمئن جریان را توزیع نمایند، یعنی در نقاطی تقریباً هم فاصله از کف و اطراف و به شکلی قرار گیرند که جریان بطور مطمئن و کافی به گوشه ها نفوذ داشته باشد (به استاندارد API RP 651 مراجعه شود).

زمانی که بطور استثنایی مقاومت مخصوص آب بالا باشد، برای مثال در مخازن آب تغذیه دیگ بخار، ممکن است از آندهای پیوسته تیتانیومی با روکش پلاتینی که مغزی از جنس مس دارند استفاده شود؛ مقاومت مخصوص بالای آب ایجاب میکند که از آند با طولهای قابل ملاحظه برای دستیابی به توزیع صحیح جریان استفاده شود.

۱۲-۷-۱-۲ جایی که آندهای گالوانیکی استفاده میشوند، معمولاً آنها را مستقیماً به سطح فلزی که باید حفاظت شود متصل می کند.

نزدیک به سطح آب جایی که بیشترین اختلاف اثرات هوا دهی است، احتمال بیشترین خوردگی وجود دارد؛ معمولاً لازم است توزیع آندها تا حدود ۶۰۰ میلیمتر زیر حداقل سطح آب صورت گیرد.

برای مخازن آب خانگی، جریان کافی ممکن است از یک آند منیزیم به دست آید.

۱۲-۷-۱-۳ مخازن ذخیره مواد شیمیایی

در میان انواع واحد که حفاظت شده اند، مخازن ذخیره

facilities, and electrolytic resistance tanks. The methods of applying cathodic protection to tanks containing chemicals are similar to those for water storage tanks. Care needs to be taken in selecting anode material to ensure that it does not react with the chemicals involved. Galvanic anodes are seldom suitable and it is normal to use impressed current with platinized titanium anodes.

An alternative system, used to protect certain types of chemical plant, is that of anodic protection (see 14).

12.7.2 Water circulating systems

Circulating water systems are often constructed from cast-iron* or mild steel, and where the metal is not subject to onerous conditions such as mechanical erosion, high temperature or chemically aggressive coolants, a moderate increase of thickness will generally ensure a reasonable life. With cast iron, mechanical considerations in casting and handing often result in an adequate wall thickness. There is, therefore, generally little economic incentive to protect, for example, runs of iron or steel pipe work particularly as this requires anodes to be mounted about every four pipe diameters along the length of the run and there has been insufficient experience of such applications for detailed guidance to be given.

The corrosion rate may be locally high due to galvanic action between the various combinations of metal and alloys in the system. Generally, the ferrous component acts as an anode and so corrodes. This process is more important if the oxygen content of the water and the water velocity are high, In such circumstances, the protection of large heat exchangers or coolers becomes economical and details are given in 12.7.2.1 and 12.7.3. Difficulties of application have prevented the benefits of cathodic protection going extended to the inside of other items of plant, even where the combination of materials can give rise to corrosion at appreciable rates. The basic principles of sound design practice have not, therefore, emerged. Thus, in the case of pumps, even with the impressed current system, it is difficult to position sufficient anode material to provide the relatively large protection current

آب نمک، تأسیسات ذخیره اسید و مخازن مقاوم به الکترولیت هستند. روشهای اعمال حفاظت کاتدی مخازن حاوی مواد شیمیایی مشابه با آنهایی است که برای مخازن ذخیره آب اعمال میشوند. در انتخاب مواد آند لازم است دقت شود تا از نداشتن واکنش با مواد شیمیایی مطمئن شد. آندهای گالوانیکی به ندرت مناسب هستند و استفاده از جریان اعمالی با آندهای تیتانیمی با روکش پلاتینی عادی است.

سامانه دیگری، که برای حفاظت انواع خاصی از واحدهای شیمیایی استفاده میشود، حفاظت آندی است (به ۱۴ مراجعه شود).

۱۲-۷-۲ سامانه‌های آب گردشی

سامانه های آب گردشی که غالباً از چدن یا فولاد کم کربن ساخته میشوند، و جایی که فلز در معرض شرایط حادی مانند سایش مکانیکی، دمای بالا یا مبردهای مهاجم شیمیایی نیست، با افزایش تدریجی ضخامت عموماً عمر نسبتاً مطمئنی را خواهند داشت. ملاحظات مکانیکی در ریخته گری و جابجایی غالباً ضخامت دیواره مناسبی در چدن را نتیجه می‌دهد. بهرحال معمولاً انگیزه اقتصادی کمی برای حفاظت وجود دارد ، برای مثال مسیرهای لوله کشی فولادی یا آهنی خصوصاً نیاز به نصب آندهایی در فاصله‌ای معادل چهار برابر قطر لوله در امتداد طول لوله دارد. در اینجا تجربه کافی برای ارائه رهنمودهای مفصل برای چنین کاربردهایی ، وجود ندارد.

نرخ خوردگی بطور موضعی ممکن است بعلت تأثیر گالوانیکی بین ترکیبات مختلف فلز و آلیاژها در سامانه بالا باشد. عموماً، قطعه آهنی به عنوان یک آند عمل نموده و خورده میشود. اگر مقدار اکسیژن آب و سرعت آب زیاد باشند، این فرآیند اهمیت بیشتری دارد. تحت چنین شرایطی، حفاظت از مبدلهای حرارتی بزرگ یا خنک‌کننده‌ها اقتصادی‌تر میشوند که شرح جزییات آنها در بندهای ۱۲-۷-۲-۱ و ۱۲-۷-۳ آمده است. مشکلات اعمال از توسعه فواید حفاظت کاتدی به داخل دیگر اجزای واحد حتی هنگامی که ترکیب مواد میتواند باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در نرخ خوردگی شود جلوگیری مینماید. بنابراین اصول پایه طراحی صحیح، درست نمایان نشده است. لذا در مورد تلمبه ها، حتی با سامانه جریان اعمالی قراردادن آند کافی برای فراهم آوردن چگالی‌های جریان حفاظتی نسبتاً بزرگ که خصوصاً در

densities that are needed, particularly at points where galvanic action may occur, without interfering with water flow.

* With cast iron, graphitic corrosion occurs in which metal is removed, leaving the graphite. This does not materially alter the application of cathodic protection except that, the graphite being electropositive, the current density required may be increased.

Similarly with valves, care must be taken to position the anodes, according to the proportions of the service life during which the valve will be in the open and closed positions, in such a way as to ensure that the current reaches those parts of the exposed surface which are subject to severe corrosion. If the water is stagnant for long periods it may be necessary to take measures to prevent the accumulation at parts of the system of chlorine developed at the anodes.

12.7.2.1 Heat exchangers (tube and shell)

Typical plant has cast iron water boxes with tube plate and tubes of copper-based alloys. Where this is the case, the cast iron corrodes, the effect falling off with increasing distance from the components in copper-based alloy. Severe local attack with deep penetration may thus occur on cast iron adjacent to tube plates.

Non-ferrous tube plates and tube ends may also be attacked, principally due to water turbulence and impingement, and cathodic protection may help to reduce the rate of attack. It has been observed that the coating of a ferrous water box or its replacement by a non-metallic type has been accompanied by accelerated tube ends attack due to the removal of the cathodic protection previously afforded by the corroding water box.

In such a case, provision should be made for alternative means of protecting the tube plate and tube ends, for example, by installing galvanic anodes (see 12.7.1.1.2).

In circulating water systems, the flow velocity is usually much higher than is encountered with immersed structures and this, together with the presence of metals that are more electropositive

نقاطی که بدون دخالت جریان آب تأثیر گالوانیک ممکن است پیش آید ، مشکل است.

* در مورد چدن، خوردگی گرافیتی اتفاق می‌افتد که باعث خوردن فلز و باقی ماندن گرافیت می‌شود. این حالت اساساً تغییری در اعمال حفاظت کاتدی نداشته به جز آن که گرافیت الکتروپوزیتو می‌شود، ممکن است دانسیته جریان مورد نیاز افزایش یابد.

همین طور با شیرها، قرار دادن آندها باید با دقت انجام گرفته، مطابق با نسبت عمر کاربری در زمان باز و بسته بودن موقعیت‌های شیر باشد، به طوری که مطمئن شویم به آن بخشهایی از سطح در معرض، که تحت خوردگی شدید هستند جریان میرسد. چنانچه برای مدت طولانی آب راکد بود، ممکن است لازم باشد جهت جلوگیری از تجمع کلر ایجاد شده در آندها در بخشهایی از سامانه اقداماتی انجام شود.

۱۲-۷-۲-۱ مبدلهای حرارتی (تیوب و پوسته)

یک نمونه مبدل حرارتی دارای محفظه‌های آب چدنی با ورق تیوب و تیوب هایی از آلیاژهای با پایه مس است. در این حالت، چدن خورده می شود، این امر با افزایش فاصله از اجزایی که از جنس آلیاژ پایه مسی هستند کاهش می-یابد. حمله موضعی شدید همراه بـا نفوذ عمیق بر روی چدن مجاور بـــا ورق های تیوب به وجود آید.

ورق‌های تیوب غیرآهنی و دوسر تیوب نیز ممکن است مورد حمله قرار گیرند، که اساساً در اثر تلاطم جریان و برخورد آب بوده و حفاظت کاتدی میزان حمله را کاهش دهد. ملاحظه شده است که پوشش یک محفظه آب آهنی آب یا جایگزینی آن با یک نوع غیرفلزی همراه با حمله شتاب‌دار به دو سر لوله‌ای است که در اثر قطع حفاظت کاتدی محفظه آب در حال خورده شدن که قبلاً تحت حفاظت بوده است، ناشی می شود.

در چنین حالتی، باید تمهیداتی جهت استفاده از وسایل محافظ دیگری برای حفاظت از ورق و دوسر تیوب برای مثال، با نصب آندهای گالوانیکی (به ۱۲-۷-۱-۱-۲ مراجعه شود) فراهم شود.

در سامانه های آب گردشی معمولاً سرعت جریان نسبت به سازه های غوطه‌ور خیلی بیشتر است و این موضوع، همراه با حضور فلزاتی که الکتروپوزیتیوتر از آهن هستند،

than iron, increases the current density required for protection. A rough guide to the amount of current required for cathodic protection of condensers and coolers has been found by experience to be 2.5 A/M², estimated on the area of the tube plate without deducting the cross sections of the tubes. The figure relates to power station condensers using sea-water as coolant and without internal coating of water box or tube sheet. The protective current may be provided by either galvanic anodes or impressed current, the factors determining the methods to be used being largely those outlined in A.2.4 including current requirements, power availability, possible hazards and the accessibility of the components for maintenance. Impressed current has advantages in that the current may be manually or automatically varied to maintain full protection at all times irrespective of changes of flow rate or composition of the cooling water.

Galvanic anodes cannot normally be so adjusted and also require comparatively frequent renewal. On large power station condensers, galvanic anode renewals may not only be costly but also involve considerable effort. Galvanic anodes are generally more suitable for smaller units, Particularly if periodic shut-downs provide regular opportunities for inspection and anode renewal. They may also be of advantage in plant where hazardous atmospheres exist since the use of flameproof electrical equipment, which would be necessary with an impressed current system, can be avoided.

Cathodic protection is not usually applied to condensers or coolers below about 500 mm diameter.

12.7.2.1.1 Water box coatings

The use of coatings in conjunction with cathodic protection does not generally lead to economy because, even with a well-coated box, the current that will flow to the heat exchanger surface, which cannot be coated, will still be

جریان مورد نیاز حفاظت را افزایش میدهد. یک راهنمای تقریبی برای دانسیته جریـان مورد نیاز برای حفاظت کاتدی کندانسورها و خنک کننده‌ها از طریق تجربه بر اساس مساحت ورق تیوب بدون کاستن سطوح مقطع تیوب‌ها بدست آمده است برابر با ۲/۵ آمپر بر مترمربع می‌باشد. این عدد مربوط به کندانسورهای نیروگاه برق که از آب دریا به عنوان ماده خنک‌کننده استفاده می‌کنند و بدون پوشش داخلی محفظه آب یا ورق تیوب هستند، می‌باشد. جریان حفاظتی ممکن است از طریق آندهای گالوانیکی یا جریان اعمالی فراهم شوند، و عوامل تعیین کننده روشهایی که باید به کار روند تا در حد زیادی در بند الف-۲-۴ خلاصه شده‌اند، که شامل جریان‌های مورد نیاز، دسترسی به نیروی برق، خطرات احتمالی و دسترسی به اجزاء برای تعمیرات و نگهداری می‌باشند. جریان اعمالی دارای مزایایی است که می‌توان جریان را به صورت دستی یا خودکار برای نگهداری حفاظت کامل در تمام اوقات صرفنظر از تغییرات سرعت جریان یا ترکیب آب خنک‌کن تغییر داد.

معمولاً آندهای گالوانیکی نمیتوانند به این نحو تنظیم شوند و نیز در مقایسه نیازمند تعویض مکرر هستند. تعویض آند گالوانیکی در کندانسورهای نیروگاه بزرگ برق، نه تنها ممکن است هزینه بر باشد بلکه همچنین دربرگیرنده تلاش قابل ملاحظه‌ای است. عموماً آندهای گالوانیکی برای واحدهای کوچک‌تر مناسب‌تر هستند، خصوصاً اگر توقف‌هـای دوره‌ای فرصت‌های منظمی را برای بازرسی و تعویض آند فراهم سازد. کاربرد این آندها در واحدهایی که دارای محیط‌هایی خطرناک هستند نیز می تواند یک مزیت باشد زیرا می‌توان از کاربری تجهیزات الکتریکی ضد آتش، که با سامانه جریان اعمالی ضروری خواهد بود، اجتناب کرد.

معمولاً حفاظت کاتدی جهت کندانسورها یا خنک‌کننده-های با قطری کمتر از حدود ۵۰۰ میلی متر اعمال نمی-شود.

۱۲-۷-۲-۱-۱ پوشش های محفظه آب

استفاده از پوشش‌ها همراه با حفاظت کاتدی معمولاً منتهی به صرفه جویی نمی‌شود، زیرا حتی با یک محفظه که خیلی خوب پوشش شده، جریان جاری شده به سطحی از مبدل حرارتی، که نمی‌تواند پوشش شود،

هنوز هم قابل ملاحظه است. پوشش‌های مناسب شامل یک یا چند لایه رنگ رزین اپوکسی (حااقل ضخامت ۰/۲۵ میلیمتر) یا ملات رزین اپوکسی می‌باشند، که بعد از سایش با شن بروش بلاست با استاندارد بالا اعمال میشوند. از پوشش هایی که تحت تأثیر معکوس محیط قلیایی تولید شده در نزدیک آندها قرار گیرند نباید استفاده شود؛ از پوشش هایی که ممکن است به صورت ورقه‌های کَنده شده باعث گرفتگی لوله شوند باید پرهیز گردد.

considerable. Suitable coatings include one or more coats of epoxy resin paint (minimum thickness 0.25 mm) or of epoxy resin mastic, applied after abrasive grit blasting to a high standard. Coatings should not be used that are adversely affected by the alkaline environment produced near anodes; coatings which may come off as sheets, causing tube blockage, should be avoided.

۱۲-۷-۲-۱-۲ سامانه های آند گالوانیک

معمولاً آندها آلیاژ روی یا منیزیم هستند. آندهای روی بطور کلی برای آب خنک‌کن هستند، اما آندهای منیزیم معمولاً به دلیل پتانسیل محرکه بالاترشان آنها را قادر می‌سازد تا خروجی جریان بزرگتری نسبت به مورد آندهای روی فراهم نموده و بیشتر مناسب هستند. در حالت های خاص، برای مثال، جایی که محفظه آب خیلی خوب پوشش شده یا از جنس ماده غیرآهنی است، آندهای آهن نرم ممکن است برای تامین حفاظت کاتدی ورق تیوب و دوسر تیوب مناسب باشند.

12.7.2.1.2 Galvanic anode systems

The anodes are usually of either zinc alloy or magnesium, Zinc anodes are generally used for the cooling water, but magnesium anodes are generally more suitable because their higher driving potential enables them to provide a greater current output than would be the case with zinc anodes. In certain cases, e.g. where the water box is very well coated or of non-ferrous material, soft iron anodes may be fitted to provide cathodic protection of the tube plate and tube ends.*

* محصولات خوردگی آهن در کمک به تشکیل لایه بر روی فلزات غیرآهنی سودمند هستند؛ بعضی اوقات سولفات آهن برای ایجاد لایه های بازدارنده تزریق می‌شود.

* Iron corrosion products are beneficial in assisting film formation on non-ferrous metals; ferrous sulfate is sometimes injected to produce inhibiting films.

در هر نصب مخصوص، میزان اتلاف آند اساساً توسط سرعت جریان سیال و مقاومت مخصوص آب خنک‌کن تعیین خواهد شد. نظر به متنوع بودن این عوامل معمولاً تعیین میزان اتلاف آند از طریق آزمایش پیشنهاد می شود. اگر به یک طراحی موجود محفظه آب حفاظت کاتدی اعمال شود، حداکثر مقدار ماده آندی که میتواند نصب شود توسط ابعاد فیزیکی محفظه آب محدود خواهد شد؛ توصیه میشود آندها نباید باعث افزایش سرعت یا تلاطم زیادتر آب شوند.

In any particular installation, anode wastage rates will be mainly determined by the mean temperature, flow velocity and resistivity of the cooling water. In view of these variable factors, it is often advisable to determine anode wastage rates by trial. If cathodic protection is being applied to an existing design of water box, the maximum amount of anode material which can be installed will be limited by the physical dimensions of the water box; anodes should not cause excessive water velocity or turbulence.

فرصتهای منظم برای بازکردن کندانسورها برای بازرسی و بازسازی در بیشتر واحدهای صنعتی، در زمان توقف واحد به وجود می‌آید. در مورد پالایشگاه نفت، این توقف می تواند هر ۲ تا ۳ سال باشد به طوری که امکان نصب آند کافی برای حفاظت پیوسته در این فاصله را فراهم نماید. در بعضی حالتها، محفظه آب مستلزم اصلاح خواهد

In many industrial plants, regular opportunities for opening-up condensers for anode inspection and renewal occur during plant shutdowns. In the case of oil refinery units, this may be every 2 to 3 years and it may be possible to install sufficient anode material to provide continuous protection over this interval. In some cases, this will entail modification to the water box, for

example, dished floating head covers can be made deeper to allow space for the anodes and to maintain sufficient crossover area to avoid undue turbulence.

For zinc alloy anodes in sea-water-cooled condensers, the minimum anode weight to be installed on the cover of a coated water box for a five-year life in a temperate region can be estimated from the formula:

$$W = 80D^2$$

Where:

W = Weight of zinc anodes in kilograms.

D = Nominal diameter of the wetted part of the tube plate in meters.

In tropical regions the anode life will be about half that stated above.

12.7.2.1.3 Impressed current

High quality coatings are not normally used in conjunction with impressed current. Cantilever or continuous Platonized titanium anodes are generally installed. In the latter case, the anode should be located approximately one third of the depth of the water box from the tube plate up to a maximum separation of 300 mm. Where water boxes have depths appreciably greater than 1 m, additional anodes may be needed to protect remote parts of the water box.

Where long lengths of continuous anode, it may be preferable to use copper-cored Platonized titanium to reduce voltage drop along the length of the anode. The electrical input to the anode can be at any technically suitable and convenient point along it, or it can be fed from two points to reduce voltage drop.

If cantilever anodes are used, they need to be distributed about the water box to ensure adequate distribution of current. Reference electrodes will be required so that the effectiveness of the cathodic protection can be measured and these should be mounted near the point of maximum galvanic influence and remote from anodes. If adequate levels of

بود، برای مثال، درپوشهای کلگی شناور مقعر را میتوان عمیق تر ساخت تا فضای لازم برای آندها و حفظ سطح معتبر کافی برای پرهیز از تلاطم زیادی فراهم شود.

برای آندهای آلیاژ روی در کندانسورهایی که با آب دریا خنک میشوند، حداقل وزن آند برای نصب بر روی درپوش محفظه آب پوشش شده برای طول عمر ۵ سال در ناحیه دمایی می‌تواند از فرمول زیر برآورد شود.

که در آن:

W = وزن آندهای روی برحسب کیلوگرم.

D = قطر اسمی بخش تر شده ورق تیوب برحسب متر.

در نواحی گرمسیری عمر آند حدود نصف آنچه که در بالا بیان شده است خواهد بود.

۱۲-۷-۲-۱-۳ جریان اعمالی

معمولاً پوشش‌های با کیفیت بالا همراه با جریان اعمالی بکار برده نمی‌شوند. معمولاً آندهای پایه‌دار یا آندهای پیوسته تیتانیم با روکش پلاتین نصب می‌شوند. توصیه میشود، در حالت اخیر آند تقریباً در یک سوم عمق محفظه آب از ورق تیوب و تا حداکثر فاصله ۳۰۰ میلیمتر قرار داده شود. در جایی که محفظه‌های آب دارای عمق های قابل ملاحظه بزرگتر از یک متر هستند، ممکن است آندهای اضافی برای حفاظت بخش های دوردست محفظه آب لازم باشد.

در جایی که طول آند پیوسته، دراز است، ترجیحاً ممکن است از تیتانیم با روکش پلاتین با مغزی مسی برای کاهش افت ولتاژ در امتداد طول آند استفاده شود. ورودی برق به آند می تواند در هر نقطه مناسب و راحت از لحاظ فنی در امتداد آن باشد یا برای کاهش افت ولتاژ می تواند از دو نقطه تزریق شود.

اگر از آندهای پایه‌دار استفاده شود، جهت اطمینان از توزیع مناسب جریان، مستلزم پخش نمودن آنها در محدوده محفظه آب می‌باشد. برای این که بتوان تأثیر حفاظت کاتدی را اندازه گرفت به الکترودهای مرجع نیاز خواهد بود، و باید در نزدیکی نقطه‌ای که حداکثر نفوذ گالوانیکی را دارد و در فاصله‌ای دور از آندها نصب شوند.

protection are reached at such points, it can be assumed that all parts of the box are adequately protected.

اگر سطح حفاظتی در چنین نقاطی رضایت بخش باشد، میتوان فرض کرد که کلیه بخش‌های جعبه به طور رضایت بخشی حفاظت شده اند.

It is not general practice to protect coolers of less than 500 mm diameter. If, however, this needs to be done for special reasons, the factors relating to large condensers also apply, except for the location of anodes, which can be of the cantilever type mounted centrally in the end covers.

حفاظت از خنک‌کننده‌های با قطر کمتر از ۵۰۰ میلیمتر عموماً کاربردی نیست. بهرحال، اگر به دلایل خاصی نیاز است که انجام شود، عوامل مرتبط به کندانسورهای بزرگ نیز قابل اجرا است، به جز برای مکان آندهای نوع بازودار که میتواند در درپوش‌های انتهایی به طور مرکزی نصب شوند.

12.7.2.2 Box coolers

۱۲-۷-۲-۲ خنک‌کننده‌های سرپوشیده

"Coil in box" coolers comprise a series of pipe coils, of from 75 mm to 150 mm diameter in a steel box through which a flow of cooling water is maintained. The coils, which usually carry hot oil, are generally arranged in vertical banks and the necessary anodes can be installed only in the restricted space between these banks of tubes.

سردکننده‌های "کویل در جعبه" متشکل از یک سری از کویلهای لوله، با قطر ۷۵ تا ۱۵۰ میلیمتر در یک جعبه فولادی هستند که از طریق آن یک جریان آب خنک‌کن برقرار میشود. کویل ها که معمولاً نفت داغ را حمل میکنند، عموماً به صورت دسته‌های عمودی آرایش یافته و آندهای ضروری فقط در فضای محدود بین این دسته از لوله‌ها می‌توانند نصب شوند.

In order to obtain an adequate spread of protection current both along the tubes and also vertically down the bank of tubes, either a series of vertical or horizontal anodes are required, or a combination of both.

به منظور دستیابی به پخش کافی جریان حفاظتی هم در امتداد تیوب ها و هم به طور عمودی به سوی پایین دسته تیوب ها، مجموعه‌ای از آندهای عمودی یا افقی، یا ترکیبی از هر دو مورد نیاز است.

Depending on conditions, impressed current with either lead alloy or platinized titanium anodes can be used. It is usually impossible to accommodate sufficient galvanic anode material to maintain protection over a useful life.

جریان اعمالی، با آندهای آلیاژ سرب یا تیتانیم روکش پلاتینی بسته به شرایط میتواند استفاده شود. معمولاً جا دادن آند گالوانیکی کافی جهت نگهداری حفاظت برای یک طول عمر مفید غیرممکن است.

It should be noted that a significant temperature gradient may exist from top to bottom of the box that will cause an appreciably higher output current density from anodes located near the water surface. Under certain circumstances, this can lead to overprotection near the water surface at the expense of under protection in the bottom corners of the box. This tendency should be taken into account in determining the configuration of the anode system.

باید توجه داشت که ممکن است یک گرادیان دمایی مهم از بالا تا پایین جعبه وجود داشته باشد که باعث دانسیته جریان خروجی بالاتر قابل ملاحظه‌ای از آندهای مستقر در نزدیک سطح آب خواهد شد. تحت شرایط خاصی، این عمل منجر به حفاظت اضافی نزدیک سطح آب به قیمت حفاظت کمتر در گوشه های کف جعبه میشود. این تمایل باید در تعیین محاسبه وضعیت سامانه آندی منظور شود.

Because of the higher output of anodes near the water surface, vertical anodes that are suspended from above the water level are subject to wastage in the form of necking. This problem may be overcome by a suitable anode

به دلیل خروجی بالاتر آندها در نزدیک سطح آب، آندهای عمودی که از بالای سطح آب آویزان بوده در معرض اتلاف به صورت لاغر شدن هستند. این مشکل را می‌توان با توسط شکل مناسب آند، برای مثال، آند مخروطی یا

shape, e.g. a tapered anode, or by sleeving the anode at the water line.

غلاف کردن آند در خط آب برطرف کرد.

13. CATHODIC PROTECTION OF MARINE STRUCTURES

۱۳- حفاظت کاتدی سازه های دریایی

13.1 Application

۱۳-۱ اعمال

13.1.1 This Section of standard specifies the general design requirements for cathodic protection of the submerged zones of marine structures and the buried parts of integral onshore/offshore structures (see also Appendix C).

۱۳-۱-۱ این قسمت از استاندارد الزامات طراحی عمومی برای حفاظت کاتدی در نواحی غوطه‌ور سازه‌های دریایی و بخش‌های مدفون سازه‌های خشکی/دریایی را مشخص میکند (به پیوست ج مراجعه شود).

13.1.2 The specifications are applicable to all types of marine structures and pipelines. Although detailed requirements are given only for the most common types of structures, the system elements are basic to the protection of all types of structures.

۱۳-۱-۲ این مشخصات برای تمام انواع سازه‌ها و خطوط لوله دریایی قابل اعمال هستند. گرچه الزامات تفصیلی فقط برای عمومی‌ترین انواع سازه ها ارائه شده است، اما اجزای سامانه به عنوان پایه‌ای برای حفاظت از کلیه انواع سازه‌ها هستند.

13.2 General

۱۳-۲ عمومی

13.2.1 Sea water is an excellent medium for the application of cathodic protection. Because of its homogeneity and uniform low electrical resistivity, an even current distribution over the protected surface of the structure is readily obtained. Bare steel in sea water is polarized without difficulty if an adequate current density is maintained.

۱۳-۲-۱ آب دریا یک محیط عالی برای اعمال حفاظت کاتدی است. به دلیل همگنی و مقاومت مخصوص الکتریکی پایین و یکنواخت آب دریا، توزیع جریان یکنواختی بر روی سطح حفاظت شده سازه به راحتی به دست می‌آید. اگر دانسیته جریان مناسب برقرار باشد، فولاد بدون پوشش در آب دریا بدون مشکل پلاریزه می‌شود.

13.2.2 Galvanic anode may be placed very close to, or in contact with the structure to be protected. Impressed current anodes, however, must be well insulated from the protected structure if they are mounted on it.

۱۳-۲-۲ آندهای گالوانیکی ممکن است بسیار نزدیک، یا در تماس با سازه‌ای که باید حفاظت شود قرار گیرند. بهرحال، اگر آندهای جریان اعمالی روی سازه‌ای که قرار است حفاظت شود نصب شده باشند باید به خوبی از سطح سازه عایق گردند.

13.2.3 Where it is necessary to place impressed current anodes very close to the structure, dielectric shielding between the anode and the structure shall also be provided.

۱۳-۲-۳ در جایی که لازم است آندهای جریان اعمالی بسیار نزدیک به سازه قرار گیرند، سپر عایقی بین آند و سازه نیز باید در نظر گرفته شود.

13.2.4 Impressed current cathodic protection is preferred for all installations where power is available. Silicon cast iron, lead alloy and graphite anodes may be used for the buried sections of integral onshore/offshore structures. Lead-silver alloy anodes and platinized titanium anodes may be used for the submerged zones of marine structures and the buried parts of the integral offshore structure.

۱۳-۲-۴ در جایی که نیروی برق در دسترس است، حفاظت کاتدی جریان اعمالی برای کلیه تأسیسات ترجیح داده می‌شود. آندهای چدن سیلیکونی، آلیاژ سرب و گرافیت ممکن است برای قسمتهای مدفون سازه‌های خشکی/دریایی بکار روند. آندهای آلیاژ نقره-سرب و آندهای تیتانیوم با روکش پلاتین ممکن است برای نواحی غوطه‌ور سازه‌های دریایی و بخشهای مدفون سازه واقع در دریا استفاده شوند.

13.2.5 Provisions shall be made for readily accessible dc measurements using shunts or clamp-on ammeters.

۱۳-۲-۵ تمهیداتی باید برای دسترسی راحت اندازه گیری dc با استفاده از شنت و آمپرمترهای گیره‌ای بعمل اید.

13.2.6 Galvanic anode systems shall be designed for the life of the facilities .

۱۳-۲-۶ سامانه‌های آند گالوانیکی باید برای طول عمر تاسیسات طراحی شوند.

Impressed current anode systems shall be designed for 10 years life on offshore structures.

سامانه‌های جریان اعمالی برای سازه‌های واقع در دریا باید برای عمر ۱۰ سال طراحی شوند.

13.2.7 The level of protection shall be as specified in Section 6 Paragraphs 7.4 and 7.5, which indicate the minimum potential required.

۱۳-۲-۷ سطح حفاظتی باید همانطور که در پاراگراف-های ۷-۴ و ۷-۵ قسمت ۶ که حداقل پتانسیل مورد نیاز را نشان میدهد، مشخص شود.

13.2.8 The size and design of the cathodic protection scheme is based on the current density necessary to bring the structure up to level of protection required, sea water velocity and oxygen content affect the current density requirements and shall be considered in the design.

۱۳-۲-۸ اندازه و برنامه طراحی حفاظت کاتدی بر پایه دانسیته جریان لازم برای رسیدن به سطح حفاظت مورد نیاز سازه است، سرعت آب دریا، و مقدار اکسیژن بر دانسیته جریان مورد نیاز اثر میگذارند و باید در طراحی مورد توجه قرار گیرند.

13.2.9 For remote offshore bare steel structures an initial 216 milliamperes per square meter current density seems to be sufficient to achieve rapid polarization. In order to maintain the required cathodic protections level, 54 to 86 milliamperes per square meter is usually sufficient.

۱۳-۲-۹ برای سازه های فولادی بدون پوشش دوردست واقع در دریا به نظر میرسد دانسیته جریان اولیه ۲۱۶ میلی آمپر بر مترمربع برای دستیابی به پلاریزاسیون سریع کافی باشد. به منظور حفظ سطح حفاظت های کاتدی مورد نیاز، معمولاً ۵۴ تا ۸۶ میلی آمپر بر متر مربع کافی است.

13.2.10 Current density

۱۳-۲-۱۰ دانسیته جریان

Current densities to be used for bare and coated steel work (buried or in sea water) with galvanic or impressed current systems are given in Tables 3 and 4.

دانسیته جریان‌هایی که برای سازه‌های بدون پوشش و فولادی پوشش شده (مدفون یا در آب دریا) به روش سامانه‌های گالوانیکی یا جریان اعمالی بکار میروند در جداول ۳ و ۴ ارائه شده اند.

13.2.10.1 Current densities for offshore structures:

۱۳-۲-۱۰-۱ دانسیته‌های جریان سازه های واقع در دریا:

TABLE 4 - CURRENT DENSITIES IN MILLIAMPERES PER SQ. METER FOR OFFSHORE (PLATFORMS, GOSPS, ETC.) AND PIERS

جدول ۴- دانسیته‌های جریان برای محیط های دریایی (سکوها، واحدهای جداساز نفت و گاز و غیره) و اسکله ها برحسب میلی آمپر برمتر مربع

*C.P. SYSTEM سامانه حفاظت کاتدی *	REQUIRED CURRENT (mA/m^2) جریان مورد نیاز (میلی آمپر/مترمربع)
Steel environment **محیط اطراف فولاد**	**Coated** **پوشش شده**
Below mud line (see Fig. 4) زیر خط گِل (به شکل ۴ مراجعه شود)	22
In water velocity up to 0.60 meter per second در آب تا سرعت ۰/۶ متر بر ثانیه	110
In water velocity over 0.60 meter per second در آب با سرعت بیش از ۰/۶ متر بر ثانیه	220

*** C.P. = cathodic protection**

*** C.P. = حفاظت کاتدی**

13.2.10.2 Current densities for shore-side structures:

۱۳-۲-۱۰-۲ دانسیته های جریان سازه های کنار ساحل:

TABLE 5 - CURRENT DENSITIES IN MILLIAMPERES PER SQ. METER FOR SHORE-SIDE STRUCTURES (WHARVES, SHEET PILING)

جدول ۵- دانسیته های جریان برای سازه‌های کنار ساحل (باراندازها، صفحه ستون) برحسب میلی آمپر بر متر مربع

*C.P. SYSTEM سامانه حفاظت کاتدی *	REQUIRED CURRENT (mA/m^2) دانسیته های جریان مورد نیاز (میلی آمپر/مترمربع)	
Steel environment **محیط اطراف فولاد**	**Bare** **بدون پوشش**	**Coated** **پوشش شده**
Back-filled or below mud line (see Fig. 4) خاکریزی شده یا زیر خط گِل (به شکل ۴ مراجعه شود)	22	11
In water در آب	54	27

Note:

For more details of current density refer to NACE standard SP -0176 (2007 revision) corrosion control of steel fixed offshore platforms associated with petroleum production.

یادآوری:

برای شرح جزییات بیشتر در مورد دانسیته جریان به استاندارد NACE standard SP-0176(2007 revision) کنترل خوردگی سکوهای ثابت فولادی واقع در دریا وابسته به فرآورده های نفتی مراجعه شود.

13.2.10.3 For all coated pipelines, current density shall be 2.5 milliamperes per square meter submerged surface.

۱۳-۲-۱۰-۳ دانسیته جریان کلیه خطوط لوله پوشش شده باید ۲/۵ میلی آمپر برمتر مربع سطح غوطه ور شده باشد.

13.2.11 Each rectifier and/or generator shall be provided with its own anode system.

۱۳-۲-۱۱ هر یکسوکننده و/یا مولد برق باید همراه با سامانه آندی خودش تهیه شود.

13.2.12 Negative drain or bonding cable connections to steel shall be thermite welded or brazed.

۱۳-۲-۱۲ کابل منفی یا اتصالات کابل به فولاد باید جوش ترمیت یا زردجوش باشد.

13.2.13 Drain or bonding cable connections shall be made outside classified areas wherever possible, see IPS-E-EL-110 for classified areas. Where cable-to-steel connections must be made in classified areas, two parallel cables shall be installed with separate connections to the steel. All equipment, including connection boxes, rectifiers, test points, etc. shall be suitable for the area classification.

۱۳-۲-۱۳ کابل منفی یا اتصالات کابل باید خارج از نواحی طبقه‌بندی شده هر جایی که امکان دارد انجام شود، برای نواحی طبقه‌بندی شده به استاندارد IPS-E-EL-110 مراجعه شود. در جایی که اتصالات کابل - به - فولاد باید در نواحی طبقه بندی شده انجام شود، دو کابل موازی با اتصالات جداگانه بـه فولاد باید نصب شوند. کلیه تجهیزات، شامل جعبه‌های اتصال، یکسوکننده‌ها، نقاط آزمون و غیره باید برای طبقه بندی ناحیه مناسب باشند.

13.2.14 The minimum size of bonding cables shall be 16 mm² copper. Permanent test lead connections shall be insulated copper conductor, minimum size 10 mm² and colored coded as needed.

۱۳-۲-۱۴ حداقل اندازه کابلهای اتصال باید مس با سطح مقطع ۱۶ میلی مترمربع باشد. اتصالات دائمی سیم اندازه-گیری پتانسیل باید مس رسانای عایق شده با، حداقل اندازه سطح مقطع ۱۰ میلی مترمربع و در صورت نیاز کد رنگی داشته باشد.

13.2.15 Resistor bonding station shall be installed outside classified areas wherever possible (see IPS-E-EL-110 classified area).

۱۳-۲-۱۵ ایستگاه اتصال مقاومتی باید تا جایی که امکان دارد خارج از نواحی طبقه‌بندی شده نصب شود (برای ناحیه طبقه‌بندی شده (به استاندارد IPS-E-EL-110 مراجعه شود).

13.2.16 Electrical components such as anodes, drain cables, anode cables, exothermal weld connections, etc. for impressed current circuits shall be rated for the maximum loading possible on each component of the circuit.

۱۳-۲-۱۶ اجزاء الکتریکی نظیر آندها، کابلهای منفی، کابلهای آند، اتصالات جوش گرمازا، غیره. برای مدارهای جریان اعمالی برای حداکثر بار ممکن روی هر جزء مدار باید درجه بندی شوند.

13.2.17 Conductors shall be selected and sized so that voltage drop does not exceed 5%.

۱۳-۲-۱۷ کابلهای حفاظت کاتدی باید به گونه‌ای انتخاب و اندازه‌بندی شوند به طوری که افت ولتاژ بیش از ۵ درصد نباشد.

13.2.18 All bonding stations, test cable terminations, etc. shall be clearly identified.

۱۳-۲-۱۸ کلیه ایستگاههای اتصال، پایانه های کابل آزمون و غیره، باید به وضوح شناسایی شوند.

13.2.19 In certain cases, it may be advantageous to provide a flexible bond connection to vessel which lie alongside a cathodically protected structure for long period in order to protect their hulls and to prevent interaction effects (see A.3.7). Account should be taken of the additional current required when designing the cathodic

۱۳-۲-۱۹ در حالتهای خاص، فراهم کردن یک اتصال انعطاف پذیر به کشتی که برای درازمدت در کنار سازه حفاظت کاتدی شده‌ای قرار دارد به منظور حفاظت از بدنه-شان و جلوگیری از تاثیرات متقابل ممکن است یک مزیت باشد (بـه الف-۳-۷ مراجعه شود). توصیه میشود جریان اضافی مورد نیاز در زمان طراحی نصب حفاظت کاتدی به

protection installation. It should be borne in mind that alterations in berthing will affect the current requirement and care should be taken that removal of a vessel does not lead to overprotection and consequent damage to paint protection of the piling (see a of A.2.5.1).

حساب آورده شود. توصیه میشود به خاطر داشته باشیم که تغییرات در محل پهلو گرفتن بر روی جریان مورد نیاز اثر خواهد کرد و باید دقت شود که دور کردن یک کشتی نباید باعث حفاظت اضافی و در نتیجه خسارت به حفاظت رنگ ستون گردد (به الف از بند الف-۲-۵-۱ مراجعه شود).

13.3 Marine Structural Zones

Corrosion on offshore structures may be divided into four zones of attack. These zones, which are shown in the generalized diagram of Fig. 4 overlap somewhat, and some differences in the corrosion rate may be expected within the same zone. The four zones are as follows:

a) The atmospheric (spray zone) where the metal appears to be dry most of the time.

b) The splash zone, above the water line, where the wave action usually keeps the metal wet (sometimes subject to scour from water).

c) Tidal zone, the portion of the structure between mean high tide and mean low tide; it is alternately immersed in sea water and exposed to a marine atmosphere.

d) The submerged or underwater zone, where the metal is always covered by water (low oxygen below 8 m, high oxygen above 8 m).

e) The mud zone, or subsoil zone, the portion of the structure laying below the sea bed (below the mud line), where the structure has been driven into the ocean bottom.

۱۳-۳ نواحی سازه‌های دریایی

خوردگی بر روی سازه‌های واقع در دریا ممکن است به چهار ناحیه حمله تقسیم شوند. این نواحی که در نمودار کلیات از شکل ۴ نشان داده شده به شکلی همپوشانی میکند، و بعضی از اختلافات در میزان خوردگی ممکن است در همان ناحیه قابل انتظار باشد.چهار ناحیه مطابق زیر عبارتند:

الف) در جّو (ناحیه پاشش) جایی که بیشتر اوقات فلز خشک به نظر میرسد.

ب) ناحیه پاشش، بالای خط آب، جایی که معمولاً عمل موج باعث تر شدن فلز می‌شود (بعضی وقتها در معرض تکاپوی آب قرار می‌گیرد).

ج) ناحیه جزر و مد، بخشی از سازه بین میانگین مد بالا و میانگین جذر پایین؛ به طور متناوب در آب دریا غوطه‌ور و در معرض جّو دریا قرار دارد.

د) ناحیه غوطه‌ور یا زیر آب، جایی که همیشه فلز پوشیده از آب است (زیر ۸ متر اکسیژن کم و بالای ۸ متر اکسیژن زیاد است).

ه) ناحیه گِل یا ناحیه زیر گِل، بخشی از سازه زیر بستر دریا قرار دارد (زیر خط گِل)، جایی که سازه به کف اقیانوس رانده شده است.

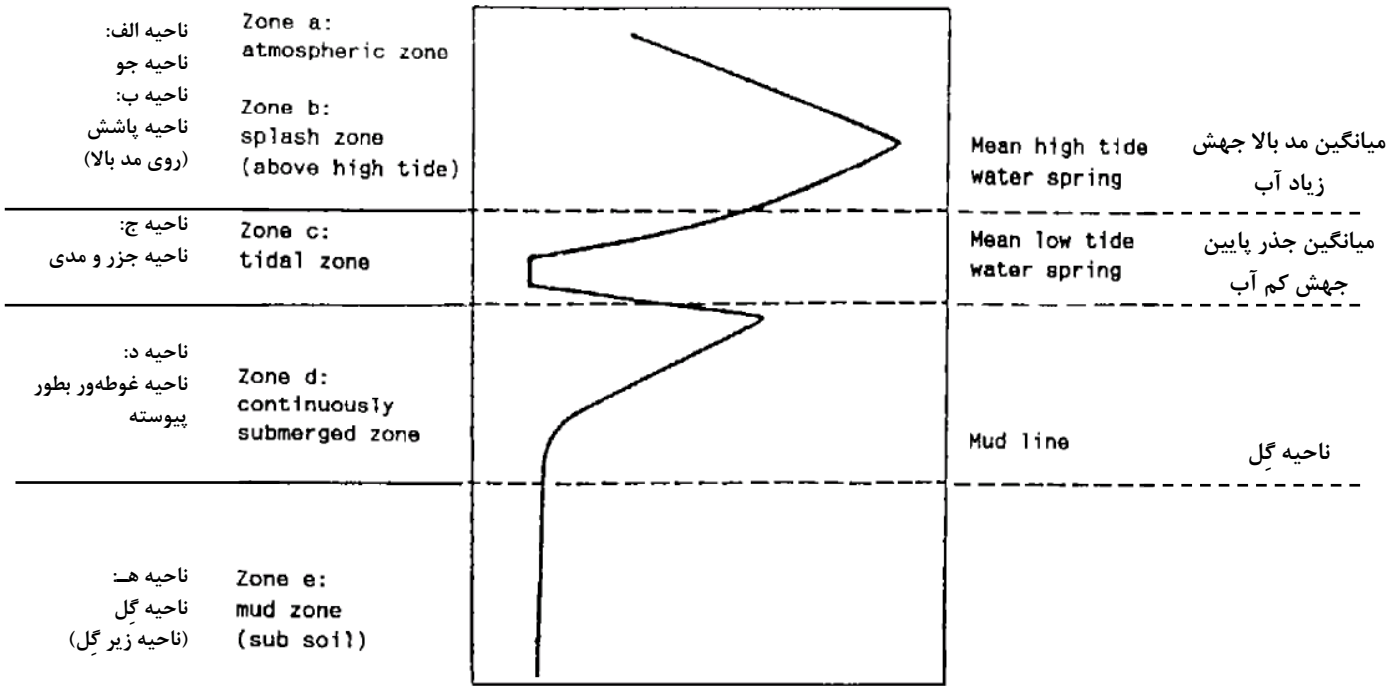


Fig. 4-ZONE OF CORROSION FOR STEEL PILING IN SEA WATER AND RELATIVE LOSS OF METAL THICKNESS IN EACH ZONE

شکل ۴- ناحیه خوردگی برای شمع‌کوبی فولادی در آب دریا و ضخامت نسبی فلز از دست رفته در هر ناحیه

13.4 Zone Protection

All structural steel work, is to be suitably protected against loss of integrity due to the effects of corrosion. Suitable protective systems may include coatings, metallic claddings, cathodic protection, corrosion allowances or other approved methods.

Combination of methods may be used. Consideration should be paid to the design life and maintainability of the surfaces in the design of the protective systems. Special consideration will be given to the corrosion protection of floating fixed installations.

13.4.1 Atmospheric zone

Steelwork in atmospheric zone is to be protected by suitable coatings. (see IPS-E-TP-100).

۱۳-۴ حفاظت ناحیه

کلیه فولادهای ساختمانی، به دلیل اثرات خوردگی باید در برابر تخریب به خوبی حفاظت شوند. سامانه‌های محافظ متناسب ممکن است شامل پوشش‌ها، روکش‌های فلزی، حفاظت کاتدی، حدود مجاز جبران خوردگی یا دیگر روشهای تأیید شده باشد.

ترکیبی از روشها ممکن است بکار رود. پرداختن به عمر طراحی و قابلیت حفظ سطوح در طراحی سامانه های محافظ باید مورد توجه باشد. به حفاظت از خوردگی تأسیسات ثابت شناور توجه خاص شود.

۱۳-۴-۱ ناحیه جّو

سازه فولادی در ناحیه جّو باید توسط پوشش های مناسب حفظ شود (به استاندارد IPS-E-TP-100 مراجعه شود).

13.4.2 Splash zone

Steelwork in the splash zone is to be protected by one or more of the following:

13.4.2.1 Wear plates

a) Wear plates should compensate for the anticipated corrosion and wear during the life of the platform. Wear plates are usually 13 to 19 mm thick.

b) Wear plates are needed because damage can occur to coatings or sheathings used in the splash zone. Repair of coatings of or near the water line is extremely difficult and costly.

c) In addition to providing a corrosion allowance, wear plates add stiffness and strength, thereby providing greater impact resistance.

d) Wear plates are usually coated or sheathed for additional corrosion protection.

13.4.2.2 Alternative corrosion control Measures for steel in the splash zone are as follows:

13.4.2.2.1 70/30 nickel-copper alloy (UNS NO4400*) or 90/10 copper-nickel alloy (UNS C70600) sheathing.

a) This sheeting {UNS N04400, typically 1 to 5 mm (18 to 4 AWG gage) thick, UNS C70600, typically 4 to 5 mm thick} is attached to tubular members in the splash zone either by banding or welding. Welding is preferred because the annulus between the steel member and the sheathing is sealed.

b) The metal sheathing should be protected from impact damage. Alloy clad steel plate may aid in preventing damage.

* Unified Numbering System (UNS) for Metals and Alloy, Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Drive,

۱۳-۴-۲ ناحیه پاشش

قطعه کار فولادی در ناحیه پاشش باید با یکی از روشهای زیر محافظت شود:

۱۳-۴-۲-۱ ورق های سایشی

الف) ورقهای سایشی باید خوردگی و سایش پیش بینی شده در زمان عمر سکو را جبران کند. معمولاً ضخامت ورقهای سایشی ۱۳ تا ۱۹ میلیمتر هستند.

ب) برای اینکه در ناحیه پاشش می‌تواند به پوشش ها یا روکش‌های بکار برده شده خسارت وارد آید، ورقهای سایشی لازم هستند. تعمیر پوشش ها در یا نزدیک خط آب فوق العاده مشکل و هزینه بر است.

ج) علاوه بر فراهم کردن حد مجاز جبران خوردگی، ورقهای سایشی سختی و استحکام را افزایش داده لذا مقاومت بیشتر در برابر ضربه را فراهم میسازد.

د) معمولاً ورقهای سایشی را برای افزایش محافظت در برابر خوردگی، پوشش یا روکش می‌کنند.

۱۳-۴-۲-۲ اندازه گیریهای دوره ای کنترل خوردگی برای فولاد در ناحیه پاشش عبارتند از:

۱۳-۴-۲-۲-۱ روکش آلیاژ نیکل - مس ۷۰/۳۰ (UNS NO4400*) یا روکش آلیاژ مس - نیکل ۹۰/۱۰ (UNS C70600).

الف) ورق { از نوع UNS N04400 معمولاً با ضخامت ۱ تـــا ۵ میلی متر (۴ تا ۱۸ معیار AWG) نوع، UNS C70600، معمولاً با ضخامت ۴ تا ۵ میلی متر } در ناحیه پاشش به اجزاء لوله‌ای شکل به صورت چسباندن یا جوشکاری متصل می شود. به دلیل آب بندی فضای حلقوی بین اجزاء فولادی و روکش، جوشکاری ترجیح داده می‌شود.

ب) روکش فلزی باید از خسارت ناشی از ضربه حفاظت شود. ورق فولادی با روکش آلیاژی ممکن است در جلوگیری از خسارت کمک کند.

* سامانه شماره گذاری یکسان (UNS) برای فلزات و آلیاژ، انجمن مهندسان اتومبیل

Warrendale, PA15096.

400Commonwealth Drive, Warrendale, PA15096.

13.4.2.2.2 Vulcanized chloroprene

(See IPS-E-TP-350 and IPS-C-TP-352).

a) Vulcanized chloroprene is typically applied in thickness of 6 to 13 mm.

b) Since this coating cannot be applied in the fabrication yard, it is normally restricted to straight runs of tubular members.

c) A minimum of 51 mm should be left uncoated at each end of a tubular member to prevent damage to the chloroprene during the welding operations.

۱۳-۴-۲-۲-۲ کلروپرین ولکانیزه

(به استانداردهای IPS-E-TP-350 و IPS-C-TP-352 مراجعه شود).

الف) کلروپرین ولکانیزه معمولاً در ضخامت ۶ تا ۱۳ میلیمتر اعمال میشود.

ب) چون این پوشش را نمیتوان در کارگاه ساخت اعمال نمود، معمولاً بـــه اجرای مستقیم روی قطعـات استوانه ای محدود می شوند.

ج) حداقل ۵۱ میلیمتر از هر انتهای قطعه استوانه ای جهت جلوگیری از خسارت به پوشش کلروپرین در حین عملیات جوشکاری باید بدون پوشش باقی بماند.

13.4.2.2.3 High-build organic coatings

(See IPS-E-TP-350 and IPS-C-TP-352).

a) These coatings are usually filled with Silica glass-flake, or fiberglass.

b) These coatings are typically applied to thickness of 1 to 5 mm over an abrasive blast cleaned surface.

c) Since these coatings may be applied in the fabrication yard after assembly, joints may be protected as well as straight tubular runs.

۱۳-۴-۲-۲-۳ پوشش های آلی با ضخامت زیاد

(به استانداردهای IPS-E-TP-350 و IPS-C-TP-352 مراجعه شود).

الف) معمولاً این پوشش ها با پولک شیشه ای سیلیس یا الیاف شیشه پر میشوند.

ب) معمولاً این پوشش‌ها با ضخامت ۱ تا ۵ میلیمتر روی سطح تمیز شده با مواد ساینده اعمال میشوند.

ج) چون این پوششها ممکن است بعد از نصب در منطقه ساخت اعمال شوند، اتصالات هم ممکن است مانند اجرای مستقیم روی قطعات استوانه ای محافظت شوند.

13.4.3 Submerged zone

13.4.3.1 The submerged zone shall be considered as extending from the base of the structure, including all steel below the mud line, up to and including tidal zone, hereafter (see Fig. 4).

13.4.3.2 Steel in the submerged zone is to be protected by an approved means of cathodic protection,using sacrificial anodes with or without an impressed current system. High duty coatings may be used in conjunction with cathodic protection system. For design

۱۳-۴-۳ ناحیه غوطه‌ور شده

۱۳-۴-۳-۱ ناحیه غوطه‌ور شده باید از امتداد پایه سازه شامل تمام قسمتهای فولادی زیر خط گِل، تا بالا و ناحیه جزر و مد، در نظر گرفته شود، از این به بعد (به شکل ۴ مراجعه شود).

۱۳-۴-۳-۲ فولاد در ناحیه غوطه‌ور شده باید توسط یکی از روشهای تأیید شده حفاظت کاتدی، با استفاده از آندهای فدا شونده با یا بدون سامانه جریان اعمالی محافظت شود. پوشش های با کارآیی بالا ممکن است

purposes, the upper limit of the submerged zones shall be Mean High Tide Water Spring (M.H.W.S) Level.

همراه با سامانه حفاظت کاتدی استفاده شوند. برای مقاصد طراحی، حد بالایی مد نواحی غوطه‌ور شده باید متوسط بالایی سطح موج آب باشد (M.H.W.S).

13.4.3.3 Calcareous coating

۱۳-۴-۳-۳ پوشش آهکی

In the case of cathodic protection of steel in sea water, the creation of alkaline environment adjacent to steel structure (cathode) has an especially beneficial effect. When the pH of an electrolyte such as sea water containing calcium and magnesium salts is increased, there will be a gradual precipitation of these salts.

در مورد حفاظت کاتدی فولاد در آب دریا، به وجود آمدن محیط قلیایی در مجاورت سازه فولادی (کاتد) دارای اثر سودمند بخصوصی است. زمانی یک الکترولیت مانند آب دریا دارای نمکهای کلسیم و منیزیم باشد، pH آن افزایش مییابد، در نتیجه این نمکها به تدریج رسوب خواهند کرد.

Therefore, when the pH of sea water adjacent to a metal surface increases as a result of applying cathodic protection, there will be precipitations on the surface of the metal, the precipitations are calcareous coatings which consist of calcium and magnesium hydroxides and carbonates. The composition of these coatings will depend on the composition of the sea water, the temperature of the water and the current density on the surface of the metal. The more dense coatings are formed initially at relatively high current densities.

بنابراین، زمانی که pH آب دریا در مجاور سطح فلزی در نتیجه اعمال حفاظت کاتدی افزایش می‌یابد، رسوباتی روی سطح فلز تشکیل خواهد شد، رسوبات از پوشش‌های آهکی بوده که شامل هیدروکسیدهای کلسیم و منیزیم و کربناتها هستند. ترکیب این پوششها بستگی به ترکیب آب دریا، دمای آب و دانسیته جریان روی سطح فلز خواهد داشت. در ابتدا پوشش‌های متراکم تر در دانسیته جریانهای نسبتاً بالا تشکیل میشوند.

When such coatings have been formed, the current requirements to maintain adequate cathodic protection on the surface of the bare metal will be drastically decreased. In the light of this, after formation of calcareous film it is quite possible to cut down the number of rectifiers in operation.

زمانی که چنین پوشش‌هایی تشکیل گردیدند، جریان مورد نیاز برای ایجاد حفاظت کاتدی مناسب روی سطح فلز برهنه بـــه طور خیلی شدیدی کاهش خواهد یافت. از این نظر، بعد از تشکیل لایه آهکی امکان دارد تعداد یکسوکننده ها در بهره‌برداری کاهش یابد.

13.5 Protection of Specific Installations Including Vessels

۱۳-۵ حفاظت از تأسیسات ویژه بانضمام کشتی‌ها

13.5.1 Marine sheet piling and wharves

۱۳-۵-۱ سپرکوبی دریایی و بار اندازها

13.5.1.1 Marine sheet steel piling and wharves shall be cathodically protected on both sides, including all anchor piles, anchor ties, bracing, etc. the joints between anchor piles, anchor ties and the walking beam, shall be bonded to ensure good electrical continuity. Bonds shall be insulated copper conductors not less than 35 mm² and shall be brazed or termite welded to the steel.

۱۳-۵-۱-۱ سپرکوبی ورقه فولادی دریایی و باراندازها بانضمام کلیه پایه‌های لنگر، مهاربند، خرپا و غیره، از هر دو سطح باید حفاظت کاتدی شوند. اتصالات بین پایه‌های لنگر، مهاربند لنگر و تکیه گاه اهرم، باید برای اطمینان از پیوستگی الکتریکی خوب بهم متصل شوند. پیوندها باید با هادیهای مسی با سطح مقطع حداقل ۳۵ میلیمتر مربع عایق شده و باید با ترمیت یا زردجوش به فولاد جوشکاری شوند.

13.5.1.2 The overall electrical continuity of sheet piling must be insured by a continuous walking beam or some other means, sized to pass the maximum cathodic protection current

۱۳-۵-۱-۲ پیوستگی الکتریکی سرتاسری سپرکوبی باید توسط یک تکیه گاه اهرمی یا بعضی از وسایل دیگر پشتیبانی شود، همچنین حداکثر جریان خروجی سامانه

output of the system without excessive voltage drop.

حفاظت کاتدی بدون افت ولتاژ اضافی فراهم شود.

13.5.1.3 In general, two separate anode systems, one offshore and one onshore, shall be installed to deal with the land side and water side faces (where only one transformer-rectifier is utilized, adjustments to the current distribution will be accomplished by installing variable resistors in the anode circuits).

۱۳-۵-۱-۳ به طور کلی، دو سامانه آندی جداگانه، یکی خشکی و یکی دریا باید برای حفاظت سطوح طرف خشکی و طرف واقع در دریا نصب شوند (جایی که فقط یک مبدل/ یکسوکننده مورد استفاده است، تنظیم توزیع جریان از طریق نصب مقاومت متغیر در مدارهای آندی انجام میشود).

The ideal anode location is remote and behind the wharf structure with the cable routes above high water mark on the shore. Where this is not practicable, a remote sea bed installation may be used for the water side face of the wharf.

مکان ایده آل آند در فاصله دور و پشت سازه بار انداز و نیز با مسیرهای کابل بالاتر از سطح اثر امواج روی سازه در ساحل است. جایی که این مورد عملی نباشد، ممکن است از یک سیم کشی بستر دریا در فاصله دور برای سطح سمت آب بار انداز استفاده شود.

The lateral spread of current along the wharf from distributed anodes, will be improved by increasing the distance between wharf and anodes. Provisions shall be made for boosting polarization on the water side face (see 13.8).

گسترش موضعی جریان در امتداد بارانداز از آندهای توزیع شده، با افزایش فاصله بین بارانداز و آندها اصلاح خواهد شد. تمهیداتی باید برای تقویت پلاریزاسیون سطح سمت آب بعمل آید (به ۱۳-۸ مراجعه شود).

13.5.2 Piers

۱۳-۵-۲ اسکله ها

13.5.2.1 Small piers and jetties may require separate offshore and onshore anode systems. The selection of a remote distributed anode systems or remote sea bed installation depends upon the shape and continuity of the structure, the number and type of anodes required and the availability of a location for remote anode systems, safe from mechanical damage. More uniform current spread will be obtained from anodes located approximately 30 meters from the structure.

۱۳-۵-۲-۱ اسکله های کوچک و موج شکنها ممکن است نیاز به جداسازی سامانه های آندی واقع در دریا و خشکی داشته باشند. انتخاب سامانه های آندی توزیع شده در فاصله دور یا سیم کشی بستر دریا در فاصله دور بستگی به شکل و پیوستگی سازه، تعداد و نوع آندهای مورد نیاز و در دسترس بودن محلی برای سامانه های آندی دور دست، همچنین ایمن بودن از خسارت مکانیکی، دارد. گسترش جریان یکنواخت‌تر با آندهای قرار گرفته در فاصله تقریبی۳۰ متر از سازه به دست خواهد آمد.

13.5.2.2 Large piers shall in general be protected by multiple rectifier impressed current systems. Each rectifier shall have a separate negative connection to the structure and a separate anode system so that each anode system is energized by only one rectifier. Cathodic connections shall thus be distributed over the structure. Platonized titanium or other inert anode located and mounted in such a way as to be free from the risk of mechanical or wave damage are preferred. Systems which are either distributed and rigidly fixed below low water level or a see bed installation remote from the

۱۳-۵-۲-۲ بطور کلی اسکله هـــای بزرگ باید توسط چندین سامانه جریان اعمالی با یکسوکننده محافظت شوند. هر یکسوکننده باید دارای یک اتصال منفی جداگانه به سازه و یک سامانه آندی جداگانه بوده به طوری که هر سامانه آندی فقط توسط یک یکسوکننده انرژی دریافت کند. بنابراین اتصالات کاتدی باید روی سازه توزیع شوند. تیتانیوم با روکش پلاتین یا دیگر آند های خنثی بطریقی مستقر و نصب شوند که از خطر وقوع خسارت مکانیکی یا امواج عاری باشند. همچنین سامانه-هایی که در زیر سطح آب با عمق کم، توزیع و بطور

structure are also preferred. Electrical continuity between separate structural parts of large piers and between individual piles shall be provided by means of bonding cables (see 13.2.14).

محکم ثابت شده‌اند یا سیم کشی بستر دریا با فاصله دور از سازه، ترجیح دارند. پیوستگی الکتریکی بین بخشهای مجزای سازه از موج شکن‌های بزرگ و بین پایه کوبی‌های جداگانه باید توسط کابلهای اتصال فراهم شوند (به ۱۳-۲-۱۴ مراجعه شود).

13.5.3 Offshore wellhead and tie-in platforms

۱۳-۵-۳ سکوهای ارتباطی و تجهیزات سرچاهی دریایی

13.5.3.1 Each platform shall be considered as a separate unit for cathodic protection. All pipeline risers shall be provided with insulation flanges at platform elevation. Test stations shall be installed on all insulating flanges in a position accessible for inspection and testing.

۱۳-۵-۳-۱ هر سکو به عنوان یک واحد جداگانه برای حفاظت کاتدی باید مورد توجه قرار گیرد. کلیه خطوط لوله رایزرها (بالارونده) باید با فلنج های عایق شده به قسمتهای مرتفع سکو متصل گردد. ایستگاههای آزمون باید روی کلیه فلنج های عایق در وضعیت قابل دسترس برای بازرسی و آزمایش نصب شوند.

13.5.3.2 Where power is available, impressed current cathodic protection shall be applied generally as for piers (see 13.5.2). In all other cases, platform structures shall be protected by means of galvanic anodes mounted in positions where they will not be subject to damage by platform operation procedures.

۱۳-۵-۳-۲ جایی که نیروی برق وجود دارد حفاظت کاتدی به روش جریان اعمالی باید به طور عمومی برای موج شکن ها اعمال شود (به ۱۳-۵-۲ مراجعه شود). در کلیه حالات دیگر، براساس دستورالعملهای بهره برداری سکو، سازه‌های سکو باید توسط آندهای گالوانیکی نصب شده در موقعیتهایی که در معرض آسیب قرار نگیرند، حفاظت شوند.

13.5.3.3 Pipe supports on the seaward side of all insulating flanges shall be electrically insulated from the pipe.

۱۳-۵-۳-۳ تکیه گاههای لوله مربوط به کلیه فلنج های عایق در سمت دریا باید به طور الکتریکی از لوله مجزا شوند.

13.5.3.4 In the case of wellhead platforms, for design purposes, an allowance of 20 amperes per well casing shall be added when calculating current requirements of platform structure.

۱۳-۵-۳-۴ برای اهداف طراحی در زمان محاسبه نیازهای جریان سازه سکو در مورد سکوهای سرچاهی، یک میزان مجازی از ۲۰ آمپر برای هر جداره چاه باید افزوده شود.

13.5.4 Offshore gasps and sea islands

۱۳-۵-۴ جداسازهای نفت و گاز فراساحل و جزایر دریا

13.5.4.1 Multiple interconnected structures, such as offshore gasps or sea islands shall in general be protected by multiple rectifier impressed current systems. Each rectifier shall have a separate anode system and separate negative connections distributed over the structures. Platonized titanium or lead silver alloy anodes are preferred. They should be rigidly mounted below water level and distributed on the structures where they are not likely to be subjected to mechanical damage. Alternatively, one or, more separate

۱۳-۵-۴-۱ سازه‌های بهم وصل شده چندتایی، مانند جداسازهای نفت و گاز واقع در دریا و جزایر دریایی باید به طور کلی توسط سامانه‌های جریان اعمالی یکسوکننده چندتایی حفاظت شوند. هر یکسوکننده باید دارای یک سامانه آند جداگانه و اتصالات منفی جداگانه توزیع شده روی سازه‌ها باشد. آندهای تیتانیوم روکش پلاتینی یا آلیاژ نقره سرب ترجیح داده میشوند. توصیه میشود که در زیر سطح آب و روی سازه‌ها جایی که احتمالاً در معرض

remote anode systems could be constructed and connected to the rectifier by means of submarine cables.

خسارت مکانیکی نیستند با ثبات نصب و توزیع شوند. به طورگزینه ای، یک یا چند سامانه های آند فاصله دور جداگانه میتواند ساخته شود و توسط کابلهای زیر دریایی به یکسوکننده وصل شوند.

13.5.4.2 Where structures are interconnected by walkways, bridges or other steel structures, these shall not be used to provide continuity of the whole structure. Bonds shall be provided at all junctions between these adjacent structures, bridges or walkaways to avoid any possible sparking hazard. These bonds shall be sufficiently flexible to allow relative movement between the sections and must be sized to the maximum output of the cathodic protection system.

۱۳-۵-۴-۲ جایی که سازه ها توسط راه روها، پلها یا دیگر سازه های فولادی بهم وصل شده‌اند، اینها نباید برای تأمین پیوستگی تمام سازه استفاده شوند. برای جلوگیری از امکان هرگونه خطر جرقه در کلیه اتصالات بین این سازه های مجاور، پلها یا راه روها ، اتصال ها باید فراهم شود. این اتصالات باید به قدر کافی انعطاف پذیر بوده تا فرصت جابجایی نسبی بین قسمتها فراهم سازد و باید تا حداکثر خروجی سامانه حفاظت کاتدی تنظیم شود.

13.5.4.3 Insulating flanges shall be provided at deck level for all pipe risers. Bonding stations shall be provided on all insulating flanges. Pipe supports shall also be electrically insulated from the pipe.

۱۳-۵-۴-۳ فلنج های عایق بایـد برای کلیه رایزرها تا سطح عرشه فراهم شوند. ایستگاه‌های اتصال باید روی کلیه فلنج های عایق فراهم شوند. تکیه گاههای لوله همچنین باید بطور الکتریکی از لوله مجزا شوند.

13.5.5 Submarine pipelines

۱۳-۵-۵ خطوط لوله زیردریایی

13.5.5.1 Submarine pipelines shall include all lines installed on the sea bed. This includes lines laid from land to land and offshore structure to land and offshore structure to offshore structure.

۱۳-۵-۵-۱ خطوط لوله زیر دریایی، باید شامل کلیه خطوط نصب شده روی بستر دریا باشد. این موضوع شامل لوله گذاری از خشکی به خشکی و سازه دریایی به خشکی و سازه دریایی به سازه دریایی میباشد.

These pipelines will generally be coated with a dielectric coating and concrete weighted. For design purposes, conductance of the coating shall be 5300 micromhos per square meter (500 micromhos / ft²).

این خطوط لوله به طور کلی با پوشش عایق الکتریکی و بتون سنگین شده پوشش خواهند شد. برای مقاصد طراحی، رسانایی پوشش باید ۵۳۰۰ میکرواهم بر مترمربع (۵۰۰ میکرواهم بر فوت مربع) باشد.

Many of the considerations outlined in Section 10 are applicable to submarine pipelines.

بیشتر ملاحظات خلاصه شده در قسمت ۱۰ برای خطوط لوله زیردریایی قابل اعمال هستند.

13.5.5.2 All submarine pipelines shall be cathodically protected. Where power is available, coated submarine pipelines shall be protected by impressed current systems up to point where attenuation reduces the potential to unacceptable level, (see 7.4). Where power is unavailable or beyond the point where the potential is unacceptable, a galvanic anode system shall be installed.

۱۳-۵-۵-۲ کلیه خطوط لوله زیردریایی باید حفاظت کاتدی شوند. جایی که نیروی الکتریکی وجود دارد، خطوط لوله زیردریایی پوشش شده باید توسط سامانه های جریان اعمالی تا محلی که کاهش پتانسیل تا سطح غیرقابل قبول برسد، حفاظت شوند (به ۷-۴ مراجعه شود). جایی که نیروی الکتریکی وجود ندارد، یا محلی دورتر که پتانسیل غیرقابل قبول است، باید یک سامانه آند گالوانیکی نصب شود.

13.5.5.3 Submarine pipelines shall be isolated at their extremities by means of insulating flanges with bonding stations.

۱۳-۵-۵-۳ خطوط لوله زیردریایی باید از ایستگاههای اتصال در پایانه هایشان توسط فلنج های عایق مجزا گردند.

13.5.5.4 Submarine trunklines and tielines shall be isolated at the shore end by means of insulating devices.

۱۳-۵-۵-۴ خطوط اصلی و خطوط مهار زیردریایی باید در انتهای ساحل توسط قطعه عایقی از هم مجزا گردند.

13.5.5.5 The galvanic anode system to be used will be aluminum alloy bracelet anode system or zinc bracelet anode system (see Fig. 5). Specifications of which are given in IPS-M-TP-750 Part 5.

۱۳-۵-۵-۵ سامانه آند گالوانیکی مورد استفاده از نوع سامانه محیطی آلیاژ آلومینیوم یا سامانه آند حلقوی روی خواهد بود (به شکل ۵ مراجعه شود). مشخصات فنی در استاندارد IPS-M-TP-750 بخش ۵ ارائه شده است.

13.5.6 Vessels

۱۳-۵-۶ کشتی ها

13.5.6.1 Steel hulls of tankers, barges, launches and other vessels can be protected from external corrosion by means of cathodic protection. Both impressed current and galvanic anode systems have been successfully employed. Graphite or high-silicon cast iron anodes are usually used for impressed-current systems, although platinum anodes have been used. Magnesium is normally used for galvanic anode systems. Special anodes of the various materials are available for ship bottom protection, and special anode mounting methods are required for either type of system. With either type of system, the anodes must be distributed over the bottom to provide relatively uniform current distribution on the submerged portion of the hull.

۱۳-۵-۶-۱ بدنه فولادی کشتی های نفت کش، قایقهای ته پهن، قایقهای موتوری و دیگر کشتی ها را میتوان توسط حفاظت کاتدی از خوردگی بیرونی حفاظت کرد. سامانه های جریان اعمالی و آند گالوانیکی هر دو به طور موفقیت آمیزی بکار برده شده‌اند. آندهای گرافیتی یا چدنی با سیلیسیم بالا معمولاً برای سامانه های جریان اعمالی بکار میروند، گرچه آندهای پلاتین هم به کار برده شده‌اند. معمولاً از منیزیم برای سامانه‌های آند گالوانیکی استفاده میشود. آندهای مخصوصی از مواد گوناگون برای حفاظت از کف کشتی وجود دارند، و روشهای نصب آند مخصوص برای هر نوع از سامانه مورد نیاز هستند. با هر نوع سامانه، باید آندها روی کف توزیع شود تا جریان نسبتاً یکنواختی روی بخش غوطه ور شده از بدنه کشتی فراهم شود.

13.5.6.2 For the design of a ship-bottom cathodic protection system the following factors shall be taken into account:

۱۳-۵-۶-۲ برای طراحی سامانه حفاظت کاتدی کف کشتی عوامل زیر باید در محاسبه منظور شود:

a) Variation of current requirement with speed of ship.

الف) تغییر جریان حفاظتی مورد نیاز با سرعت کشتی.

b) Variation of circuit resistance if the vessel moves from sea water to brackish or fresh water.

ب) تغییر مقاومت مدار در صورت حرکت کشتی از آب دریا به آب شور یا آب تازه.

c) Susceptibility of some paint coatings to damage by cathodic protection.

ج) آسیب پذیری بعضی از پوششهای رنگ در اثر حفاظت کاتدی.

d) Possibility of damage to and removal of the anodes by striking objects in the water.

د) امکان آسیب دیدن و حذف آندها در اثر برخورد با اجسام در آب.

e) Possibility of losing protection by electrical connection of a protected

ه) امکان از دست دادن حفاظت در اثر اتصال الکتریکی

vessel to an unprotected vessel or pier.

یک کشتی حفاظت شده با یک کشتی حفاظت نشده یا اسکله.

More information regarding cathodic protection of ships internal and external are given in Appendix C.

اطلاعات بیشتر با توجه به حفاظت کاتدی بخشهای داخلی و خارجی کشتیها در پیوست ج ارائه گردیده است.

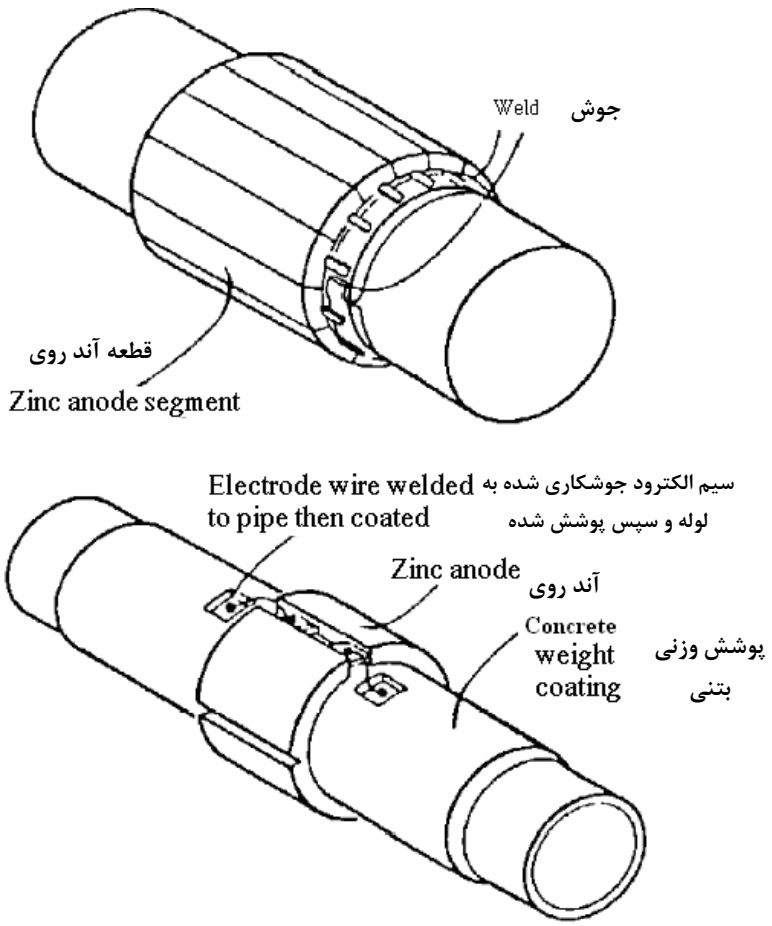


Fig. 5-TYPICAL PIPELINE BRACELET ANODES
شکل ۵- نمونه آندهای حلقوی خطوط لوله

13.6 Anodes for Impressed Current Systems (See IPS-M-TP-750 Part 1 for Specification)

۱۳-۶ آندهای سامانه های جریان اعمالی (برای مشخصات فنی به بخش ۱ استاندارد IPS-M-TP-750 مراجعه شود).

13.6.1 High silicon iron

۱۳-۶-۱ چدن با سیلیسیم بالا

13.6.1.1 High silicon cast iron is a material which corrodes relatively slowly. In sea water, where chlorine is produced at anode surface, the addition of chromium to the iron improves the performance.

۱۳-۶-۱-۱ چدن با سیلیسیم بالا ماده‌ای است که نسبتاً به آهستگی خورده میشود. در آب دریا، که در سطح آند کلر تولید میشود، افزایش کرم به آهن عملکرد آنرا بهبود می بخشد.

13.6.1.2 The resistance of a single anode in free flowing sea water, is less than the anode in silt, mud or soil. It is common to install groups of anodes, sometimes mounted on wood or concrete frame work to reduce silting or covering.

۱۳-۶-۱-۲ مقاومت آند تکی در جریان آزاد آب دریا، کمتر از آند در لجن، گِل یا خاک است. نصب آندهای گروهی معمول است، بعضی اوقات به منظور کاهش لجن و گِل و لای یا روکش کردن، روی چوب یا چهار چوب بتنی نصب میشوند.

13.6.1.3 The effect of anything rubbing or scraping the active anode surface is to accelerate dissolution at that position. Suspension or stabilizing cables, therefore, must not be attached around the active anode surface. Suspension by the anode cable is prohibited.

۱۳-۶-۱-۳ اثر هر چیزی که سبب سایش و خراش سطح آند فعال شود به معنی تشدید انحلال در آن وضعیت است. کابلهای آویزان یا ثابت، به هر حال، نباید به اطراف سطح آند فعال متصل شوند. آویزان کردن توسط کابل آند ممنوع است.

13.6.1.4 The number of anodes is determined by the allowable current density (see 13.6.1.6), the life, and the circuit resistance of the system. Design life shall be 10 years.

۱۳-۶-۱-۴ تعداد آندها از طریق دانسیته جریان مجاز (به ۱۳-۶-۱-۶ مراجعه شود). عمر، و مقاومت مدار سامانه تعیین میشوند. عمر طراحی باید ۱۰ سال باشد.

13.6.1.5 For onshore installations, where the anode is placed directly in ground not permanently salt water saturated, the anode surface actually in contact with the soil is inevitably something less than the whole area. Furthermore, as the anodic reaction proceeds, the oxygen or chlorine gas evolved must be able to escape, otherwise these two factors reduce the active anode area so that the recommended operating current density is exceeded and rapid but localized dissolution occurs. For this reason, it is usual to install a low resistance carbonaceous (coke) backfill around the anodes in accordance with applicable Iranian Petroleum Standard Drawing.

۱۳-۶-۱-۵ برای تأسیسات خشکی، که آند به طور مستقیم در زمینی قرار داده میشود که به طور دائم از آب نمک اشباع شده نیست ، در حقیقت سطح آند در تماس با خاک بعضی اوقات اجباراً کمتر از سطح کل است. بعلاوه، در حالی که واکنش آندی ادامه دارد، گاز اکسیژن یا کلر متصاعد شده باید قادر به خارج شدن باشند، در غیر این صورت این دو عامل باعث کاهش سطح آند فعال شده به طوری که دانسیته جریان عملیاتی پیشنهاد شده افزایش یافته و انحلال موضعی به سرعت بوجود می‌آید. به این دلیل، معمول بر این است که طبق نقشه استاندارد صنعت نفت ایران در اطراف آندها، پشت بند کربنی (کُک) با مقاومت کم اعمال شود.

13.6.1.6 Anode life is influenced by the current density of operation and the total current emitted. In free flowing sea water, a maximum output of 10 A/m² is allowed and the total anode weight requirement shall be based on a consumption rate of 0.4 kg per ampere per year. This rate reduces to 0.2 kg per ampere per year when the anode is placed in coke backfill. For anodes buried directly in the soil or which become silted over on the sea bed the applicable figures are 10 A/m² maximum output and 0.8 kg per ampere per year.

۱۳-۶-۱-۶ عمر آند تحت تأثیر دانسیته جریان عملیاتی و کل جریان منتشر شده است. در جریان آزاد آب دریا، حداکثر خروجی مجاز ۱۰ آمپر بر متر مربع است و وزن کل آند مورد نیاز باید بر پایه نرخ مصرف ۰/۴ کیلوگرم بر آمپر در سال باشد. وقتی که آند در پشت بند کُک قرار گیرد نرخ مصرف تا ۰/۲ کیلوگرم بر آمپر در سال کاهش می یابد. برای آندهایی که مستقیماً در خاک مدفون شده یا با لجن و گِل و لای در بستر دریا پوشیده میشوند، اعداد قابل اعمال ۱۰ آمپر بر متر مربع حداکثر خروجی و ۰/۸ کیلوگرم بر آمپر در سال می‌باشند.

13.6.2 Platinized anodes

13.6.2.1 Platinized anodes are generally constructed from solid or copper cored or titanium cored rod approximately 12 mm diameter and approximately 1500 mm long onto which is deposited, a layer of platinum 0.005 mm thick. Other shapes and configurations are also available. Platinized anodes are limited in use to free flowing sea water in marine designs.

13.6.2.2 The anodes may be mounted on supports cantilevered off the structures but electrically insulated from them. Alternatively, they may be mounted remote from the structure or supported on immersed non-metallic frames raised over the sea bed above the level of silt deposition.

13.6.2.3 Anode to cable connections may be made to one or to both ends of anode rod. The connection must be completely encapsulated in a suitably sealed plastic assembly filled with epoxy resin. When securing the anode to its mounting, contact with the Platinized section of anode rod should be avoided and nothing should touch or rub the Platinized active surface.

Platinized titanium anodes should not be used under the following conditions:

a) Where solids such as silt may accumulate on the anode rod.

b) Where electrolyte resistivities, or the dc power source voltage is of such a value that the voltage between anode and electrolyte exceeds 7 Volts exclusive of anode and cathode reaction voltages. (The design should thus ensure a terminal voltage not exceeding 7 Volts).

c) Where the frequency of the ac ripple content of the dc power source currents is below 100 Hz (three phase rectification must therefore be used).

d) Where the dc power source is intermittent and does not provide a constant anodic reaction at the anode. (Inert anodes installed in an electrolyte, particularly prior

۱۳-۶-۲ آندها با روکش پلاتین

۱۳-۶-۲-۱ معمولاً آندها با روکش پلاتین از مواد صلب یا با مغزی مسی یا میله مغزی تیتانیوم با قطر تقریبی ۱۲ میلیمتر و طول تقریبی ۱۵۰۰ میلیمتر ساخته شده‌اند که روی آن یک لایه پلاتین با ضخامت ۰/۰۰۵ میلیمتر رسوب داده شده است. شکلها و پیکربندی های دیگر هم وجود دارند. در طراحی های دریایی استفاده از آندها با روکش پلاتین در جریان آزاد آب دریا محدود می شود.

۱۳-۶-۲-۲ آندها ممکن است روی پایه های تکیه گاههای خارج از سازه ها نصب شوند، اما از نظر الکتریکی از آنها جدا می باشند. به طور متناوب، ممکن است آنها را دور از سازه نصب کرده یا روی قابهای غیرفلزی غوطه‌ور برآمده روی بستر دریا در بالای سطح رسوب لجن و گِل و لای نگهداری کرد.

۱۳-۶-۲-۳ اتصالات آند به کابل ممکن است به یک یا هردو انتهای میله آند انجام شود. اتصال باید در یک محفظه پلاستیکی آب بندی شده مناسب به طور کامل، پر شده با رزین اپوکسی قرار گیرد. وقتی آند در محل نصب خود محکم می‌شود، از تماس با قسمت روکش پلاتینی میله آند باید پرهیز شود و هیچگونه تماس یا سایش روی سطح فعال روکش پلاتینی نباید انجام شود.

آندهای تیتانیوم با روکش پلاتین نباید تحت شرایط زیر استفاده شوند:

الف) جایی که ممکن است جامدات مانند لجن و گِل و لای روی میله آند جمع شوند.

ب) جایی که مقاومت‌های الکترولیت، یا ولتاژ منبع جریان dc از لحاظ مقدار به گونه ای است که ولتاژ بین آند و الکترولیت بیش از ۷ ولت بدون در نظر گرفتن ولتاژهای واکنش آند و کاتد باشد. (بنابراین در طراحی باید مطمئن شد که ولتاژ نهایی از ۷ ولت بیشتر نشود).

ج) جایی که فرکانس امواج جریان ac ورودی به منبع تغذیه dc زیر ۱۰۰ هرتز است (بنابراین بایستی از یکسو سازی سه فاز استفاده شود).

د) جایی که منبع جریان dc غیر دائم (نوبتی) است و در آند واکنش آندی ثابت ایجاد نمیکند (آندهای خنثی نصب شده در یک الکترولیت، خصوصاً قبل از راه

to commissioning, are possibly subject to loss of anode material and to deposit by marine growths which could detach the platinum).

اندازی، ممکن است در معرض اتلاف مواد آند قرار گیرند و با رسوب جلبک و خزه های دریایی روی آند، سبب جدایش روکش پلاتینی شود).

e) Where the anode is not totally immersed at all states of the tide.

ه) جایی که آند به طور کامل در تمام حالات جزر و مد غوطه ور نشود.

f) Where the electrolyte is stagnant and does not allow diffusion of anode-produced chlorine gas away from anode assembly.

و) جایی که الکترولیت راکد بوده و اجازه پخش گاز کلر تولید شده در آند را به خارج از مجموعه آند نمیدهد.

13.6.2.4 Location of anodes on structures

Multiple anode assemblies should be mounted on the structure under cathodic protection. It will be necessary to distribute the anodes over the members of complex structures such as piers to provide cathodic protection to all the immersed structural members.

۱۳-۶-۲-۴ محل آندها روی سازه ها

مجموعه آند چند تایی باید روی سازه تحت حفاظت کاتدی نصب شود. ضروری است که آندها را بر روی اجزای سازه‌های مجتمع مانند موج شکن‌ها پخش کرده تا حفاظت کاتدی تمام اجزای سازه غوطه ور فراهم شود.

13.6.2.5 Platonized titanium anodes shall be designed for operational current densities not exceeding 700 A/m² of Platonized area. The 0.005 mm thick Platonizing dissolves at the rate of about 10 milligrams per ampere year. Although abrasion by suspended solids reduces platinum life, a 0.005 mm Platonized surface may be regarded as providing a permanent inert anode with a life in the order of 15 years.

۱۳-۶-۲-۵ آندهای تیتانیوم با روکش پلاتین نباید برای دانسیته جریانهای عملیاتی بیشتر از ۷۰۰ آمپر بر مترمربع از سطح روکش پلاتینی طراحی شود. روکش پلاتینی با ضخامت ۰/۰۰۵ میلیمتر با نرخ حدود ۱۰ میلی گرم بر آمپر سال حل میشود. گرچه سایش توسط جامدات معلق باعث کاهش عمر پلاتین میشود، یک سطح روکش پلاتینی با ضخامت ۰/۰۰۵ میلیمتر ممکن است به عنوان یک آند خنثی دائمی با عمری حدود ۱۵ سال مورد توجه قرار گیرد.

13.6.2.6 In determining the length of anode rod to be installed, consideration must be given to the effect of linear voltage drop resulting in non-linear current dissipation over longer anode lengths. Copper-cored anodes may be used to overcome this problem. The physical flexing of long rods in flowing sea water may result in fatigue fractures so that a larger section is to be preferred if anode movement is likely.

۱۳-۶-۲-۶ در تعیین طول میله آند که باید نصب شود، اثر اُفت ولتاژ خطی حاصل از اتلاف جریان غیرخطی بر روی طولهای آند بیشتر باید در نظر گرفته شود. استفاده از آندهای با مغزی مسی ممکن است این مشکل را برطرف نمایند. خمش فیزیکی میله های بلند در اثر جریان آب دریا ممکن است منتج به شکست های خستگی شود، به طوری که اگر احتمال جابجایی آند وجود دارد، آند با سطح مقطع بزرگتر ترجیح داده میشود.

13.6.2.7 Platinized niobium anodes are also available in various shapes and configurations. One type of these anodes is available under the trade name "Morganode". These anodes may be used in higher or low resistivity waters and driven at up to 100 Volts dc.

۱۳-۶-۲-۷ آندهای با روکش نیوبیوم پلاتین نیز به شکلها و پیکربندی های گوناگون وجود دارند. یک نوع از این آندها تحت نام تجاری "مورگانود" وجود دارد. این آندها ممکن است در آبها با مقاومت مخصوص پایین یا بالاتر و تا ۱۰۰ ولت dc نیروی محرکه، استفاده شوند.

13.6.3 Lead silver alloy

Lead will normally dissolve under anodic polarization. It becomes a stable anode material only when used in conditions where the anodic

۱۳-۶-۳ آلیاژ نقره سرب

معمولاً سرب تحت پلاریزاسیون آندی حل خواهد شد. این آند فقط زمانی پایدار میشود که در شرایط واکنش آندی

reaction produces a lead peroxide film over the anode surface. The alloying of lead with 2% silver is conductive to the production and retention of the desired lead peroxide film. Lead-silver anodes are suitable for use in sea water. They should be operated at about 215 A/m² (20A/FT²). If operated at this current output they are regarded as permanent inert anodes also with a life in the order of 20 years. These anodes are the pile mounting type and are the least expensive of the precious metal anodes. They may be used in a skid mounted configuration on the sea floor. This anode is available under the trade name "Morganode".

که تولید لایه پراکسید سرب روی سطح آند میکند، استفاده شود. آلیاژ سرب با ۲ درصد نقره حتی با تولید لایه پراکسید سرب محافظ، رسانا است. آندهای نقره – سرب برای استفاده در دریا مناسب هستند. توصیه میشود آنها در حدود ۲۱۵ آمپر/مترمربع (۲۰ آمپر/فوت مربع) بهره برداری شوند. اگر در چنین جریان خروجی بهره برداری شوند ، به عنوان آندهای خنثی دائمی با عمری به ترتیب ۲۰ سال در نظر گرفته می شوند. این آندها از نوع نصب شده بر روی پایه هستند و دارای کمترین هزینه نسبت به آندهای فلزی گرانبها می باشند. آنها ممکن است به صورت نصب شده با امکان جابجایی از پهلو، روی کف دریا بکار روند. این آند تحت نام تجاری "مورگانود" وجود دارد.

13.6.4 Graphite

13.6.4.1 Graphite is a material which corrodes relatively slowly. Graphite anodes are not suitable for freely suspended installation. They may be installed onshore, preferably in carbonaceous backfill (coke). The general consideration of Paragraph 13.6.1 shall apply.

13.6.4.2 Graphite anodes buried in carbonaceous (coke) backfill or directly in salt water saturated low resistivity soils, may be operated at a current density of 4 amps per square meter. The consumption rate of anode material is 0.135 kg per ampere year at this current density. See IPS-M-TP-750 Part 1 for Specification.

۱۳-۶-۴ گرافیت

۱۳-۶-۴-۱ گرافیت ماده ای است که نسبتاً به آرامی خورده میشود. آندهای گرافیتی برای نصب آویزان به طور آزاد مناسب نیستند. ممکن است آنها در خشکی، ترجیحاً در پشت بند کربنی (کُک) نصب شوند. ملاحظات عمومی پاراگراف ۱۳-۶-۱ باید اعمال شود.

۱۳-۶-۴-۲ آندهای گرافیتی مدفون در پشت بند کربنی (کُک) یا مستقیماً در خاکهای با مقاومت مخصوص کم اشباع شده از آب نمک، ممکن است در دانسیته جریان ۴ آمپر بر مترمربع بهره برداری شوند. میزان مصرف آند در این دانسیته جریان ۰/۱۳۵ کیلوگرم بر آمپرسال است. برای مشخصات فنی به استاندارد IPS-M-TP-750 بخش ۱ مراجعه شود.

13.7 Anodes for Galvanic Anode Systems

13.7.1 Galvanic anodes may be alloys of such active metals as magnesium, zinc or aluminum. These alloys can be obtained in a variety of shapes and sizes to deliver protective current to a specific offshore platform with optimum current distribution. The method used to attach the anodes to the platform will be governed by their type and application, but low resistance electrical contact must be maintained throughout operating life of the anodes.

13.7.2 The performance of galvanic anodes in sea water depends critically on the composition of the alloy, particularly in the cases of zinc and aluminum (see Appendix B of NACE

۱۳-۷ آندهای مورد استفاده در سامانه‌های آند گالوانیکی

۱۳-۷-۱ آندهای گالوانیکی ممکن است از آلیاژهایی فلزات فعال مانند منیزیم، روی یا آلومینیوم باشند. این آلیاژها را میتوان به شکلها و اندازه های متنوع برای ارائه جریان محافظ به سکوی خاص دریایی با توزیع جریان بهینه تهیه نمود. روش مورد استفاده برای نصب آندها به سکو توسط نوع و کاربرد آنها تعیین خواهد شد، اما اتصال الکتریکی با مقاومت کم باید در سرتاسر عمر بهره برداری آندها حفظ شود.

۱۳-۷-۲ عملکرد آندهای گالوانیکی در آب دریا به طور مهمی بستگی به ترکیب آلیاژ دارد، خصوصاً در مورد روی و

Standard, SP 0176 2007 Revision).

آلومینیوم. (به پیوست ب استاندارد NACE SP 0176 2007 مراجعه شود).

13.7.3 Magnesium anode

Magnesium anodes are very active and furnish high current outputs. For this reason, they can provide cathodic protection with a minimum number of anodes. Because of their properties they usually are not used for long life designs.

For marine structures, the use of magnesium is confined to providing boosted polarization current (see 13.8). For offshore structures, the design life of this material is three months.

For the protection of small structures or short buried pipeline sections onshore, magnesium anodes are buried in the soil adjacent to the structure and directly connected. These anodes require moist soils with resistivities less than 5000 ohm-centimeters for satisfactory operation. In cases where the soil is occasionally dry, moisture can be retained around the anode by providing a chemical backfill. Pre-packaged anodes are installed in a cotton bag surrounded with gypsumbentonite-sodium sulfate backfill. This anode is suitable for land installation.

Standard bare magnesium anodes may be used for immersed, silted, or onshore burial installations. Magnesium is available in a variety of purities with different performances. Efficiency is 50% for all grades and capacity is 1230 ampere hours per kg. The design potential is normally -1.70 Volts referred to Ag/AgCl. See IPS-M-TP-750 Part 4 for Specification.

۱۳-۷-۳ آند منیزیم

آندهای منیزیم بسیار فعال بوده و جریانهای خروجی بالایی را فراهم می‌کنند. به این دلیل، آنها میتوانند با حداقل تعداد آندها حفاظت کاتدی را تأمین نمایند. به دلیل خواصشان معمولاً برای طراحی های با عمر طولانی استفاده نمیشوند.

برای سازه های دریایی، استفاده از منیزیم جهت تأمین جریان پلاریزاسیون تقویت شده محدود میشود (به ۱۳-۸ مراجعه شود). برای سازه های واقع در دریا، عمر طراحی این ماده سه ماه است.

برای حفاظت از سازه های کوچک یا مقاطع کوتاه خط لوله مدفون واقع در خشکی، آندهای منیزیم در خاک مجاور به سازه مدفون شده و مستقیماً به لوله وصل میشوند. این آندها نیاز به خاکهای مرطوب با مقاومتهای مخصوص کمتر از ۵۰۰۰ اهم – سانتیمتر برای عملکرد رضایت بخش دارند. در مواردی که خاک گاهی اوقات خشک است، رطوبت را میتوان با تهیه پشت بند شیمیایی در اطراف آند حفظ کرد. آندهای از قبل بسته بندی شده، در یک کیسه پنبه ای با پشت بند سولفات سدیم – گچ بنتونیت قرار داده می شوند. این آند برای نصب در خشکی مناسب است.

آندهای منیزیم بدون پشت بند استاندارد ممکن است برای غوطه ور شدن، در لجن و گِل و لای، یا تأسیسات مدفون خشکی استفاده شوند. منیزیم با خلوص متنوع و با عملکردهای متفاوت موجود است. برای تمام رده ها و میزان مصرف ۱۲۳۰ آمپر ساعت بر کیلوگرم، راندمان ۵۰ درصد است. پتانسیل طراحی معمولاً ۱/۷۰- ولت نسبت به نیم پیل نقره/کلرید نقره است. برای ملاحظه مشخصات به بخش ۴ استاندارد IPS-M-TP-750 مراجعه شود.

13.7.4 Zinc anode

Zinc anodes are mainly used in sea water for protection of marine craft. Due to their lower current capacity and higher cost, zinc anodes are not normally recommended for submarine pipeline or offshore structures.

۱۳-۷-۴ آند روی

عمدتاً آندهای روی در آب دریا برای حفاظت از شناور دریایی استفاده میشوند. به دلیل ظرفیت پایین‌تر جریان و هزینه بالاتر، آندهای روی معمولاً برای خط لوله زیردریایی یا سازه های دریایی پیشنهاد نمیشوند.

13.7.5 Aluminum alloy anodes

This type of anodes are generally suitable for use on submarine pipelines as well as offshore structures and continues to give satisfactory

۱۳-۷-۵ آندهای آلیاژ آلومینیوم

این نوع آندها معمولاً برای خطوط لوله زیردریایی، بعلاوه سازه‌های دریایی مناسب هستند و عملکرد رضایت بخش

performance in sea bottom environments.

آنهادر محیط‌های کف دریا باعث تداوم استفاده از آنها می شود.

Its chief use will be as bracelet anodes on submarine pipelines, where its use represents an initial cost saving of up to 60% over zinc bracelet anodes due to its higher current capacity. (See IPS-M-TP-750 Part 5 and Part 6).

استفاده اصلی آندهای محیطی آلومینیم در خطوط لوله زیردریایی خواهد بود، بطوری که استفاده از آن به علت ظرفیت جریان بالاتر تا ۶۰ درصد صرفه‌جویی در هزینه اولیه نسبت به آندهای محیطی روی نشان میدهد. (به استاندارد بخش‌های ۵ و ۶ IPS-M-TP-750 مراجعه شود).

13.8 Boosted Polarization

13.8.1 As cathodic protection commences to operate, a layer of alkaline material is produced on the protected surface by the cathodic electrode reaction. This material persists unless removed by unusual physical conditions and its presence reduces the amount of current necessary to maintain the cathodic protection.

۱۳-۸ پلاریزاسیون تقویت شده

۱۳-۸-۱ هنگامی که حفاظت کاتدی شروع به کار می کند، توسط واکنش الکترود کاتدی یک لایه از ماده قلیایی روی سطح حفاظت شده تولید میشود. این ماده باقی میماند مگر توسط شرایط غیرمعمول فیزیکی حذف شود و حضور این ماده مقدار جریان لازم برای تداوم حفاظت کاتدی را کاهش میدهد.

13.8.2 For on shore based installations, the difference in cost between providing permanent capacity to polarize rapidly and capacity to maintain the cathodic protection may be significant. This is particularly so in the case of large surface area structures such as sheet piled walls, etc., and in these cases, temporary current sources are provided for the initial polarization. This boosted polarization may be provided by using welding generators connected with the negative output to the structure and the positive output to temporary anode systems.

۱۳-۸-۲ برای تأسیسات پایه گذاری شده در خشکی، اختلاف هزینه بین تأمین ظرفیت دائم برای به سرعت پلاریزه شدن و ظرفیت نگهداری حفاظت کاتدی ممکن است قابل ملاحظه باشد. خصوصاً در مورد سازه هایی با مساحت سطح بزرگ صدق میکند، مانند دیوارهای صفحه ستون شده و غیره، و در این موارد، منابع جریان موقت برای پلاریزاسیون اولیه فراهم میشوند. تقویت پلاریزاسیون ممکن است با استفاده از اتصال خروجی منفی مولدهای جوشکاری به سازه و خروجی مثبت به سامانه‌های آند موقت تأمین شود.

13.8.3 For offshore structures provided with galvanic anode systems, boosted polarization shall be by 9 mm × 18 mm (3/8 inch × 3/4 inch) magnesium ribbon connected to the structure in addition to the designed cathodic protection.

۱۳-۸-۳ برای سازه‌های دریایی که سامانه های آند گالوانیک تدارک شده، تقویت پلاریزاسیون باید توسط نوار منیزیم ۹ میلیمتر × ۱۸ میلیمتر ($\frac{۳}{۸}$ اینچ × $\frac{۳}{۴}$اینچ) متصل شده به سازه علاوه بر حفاظت کاتدی طراحی شده، انجام شود.

13.9 Cathodic Protection Design for Marine Structures

(for Design Calculation see Appendix C)

۱۳-۹ طراحی حفاظت کاتدی برای سازه‌های دریایی

(برای محاسبات طراحی به پیوست ج مراجعه شود)

13.9.1 Plans and information

The following plans and information are to be submitted:

۱۳-۹-۱ طرح‌ها و اطلاعات

طرح ها و اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

a) A surface area breakdown for all areas to be protected (seawater immersed and buried) including secondary steelwork and details of temporary appurtenances.

الف) جزئیات تفکیکی مساحت برای کلیه نواحی که قرار است حفاظت شوند (غوطه‌ور در آب دریا و مدفون) بانضمام قطعات فولادی ثانویه و جزییات متعلقات موقت.

b) The resistivity of the seawater.

ب) مقاومت مخصوص آب دریا.

c) All Current densities used for design purposes.

ج) کلیه دانسیته های جریان استفاده شده برای اهداف طراحی.

d) The type and location of any reference electrodes, their methods of attachment and the method for transmitting the potential data.

د) نوع و مکان هر الکترود مرجع، روشهای اتصال آنها و روش انتقال داده های پتانسیل.

e) Full details of any coatings used and the areas to which they are to be applied.

ه) جزییات کامل پوششهایی که استفاده شده و نواحی که قرار است آنها اعمال شوند.

f) Details of any electrical bonding. Piles to piles sleeve jacket legs, or insulation.

و) جزییات هر اتصال الکتریکی. پایه ها به قسمتهای پوشش غلافی پایه‌ها، یا عایق.

13.9.2 Galvanic anode systems

۱۳-۹-۲ سامانه های آند گالوانیکی

In addition to the information given by Paragraph 13.9.1, the following plans and information are to be submitted:

علاوه بر اطلاعات داده شده در پاراگراف ۱۳-۹-۱، طرح ها و اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

a) The design life of the system, in years,

الف) طراحی عمر سامانه، بر حسب سال ،

b) Anode material and minimum design capacity of anode material in Ampere hour/kg,

ب) جنس آند و حداقل ظرفیت طراحی جنس آند برحسب آمپر ساعت/کیلوگرم،

c) The dimensions of anodes, including details of the insert and its location,

ج) ابعاد آندها، بانضمام جزییات نصب و مکان آن،

d) The net and gross weight of the anodes in kg,

د) وزن خالص و ناخالص آندها برحسب کیلوگرم،

e) The means of attachment,

ه) وسایل اتصال،

f) Location plans of the anodes,

و) نقشه های محل آندها،

g) Calculation of anodic resistance, as installed and when consumed to their design utilization factor, in ohms,

ز) محاسبه مقاومت آندی، به صورت نصب شده و زمانی که طبق عامل بهره برداری طراحی‌شان، مصرف میشوند برحسب اهم،

h) Closed circuit potential of the anode materials, in Volts,

ح) پتانسیل مدار بسته مواد آندی برحسب ولت،

i) Details of any computer modeling,

ط) جزییات هر مدل سازی رایانه‌ای،

j) The anode design utilization factor.

ی) ضریب کارآیی طراحی آند.

13.9.3 Impressed current systems

In addition to the information required in Paragraph 13.9.1, the following plans and information are to be submitted:

a) The anode composition and where applicable, the thickness of the plated surface, consumption and life data,

b) Anode resistance, limiting potential and current output,

c) Details of construction and attachment of anodes and reference electrodes,

d) Size, shape and composition of any dielectric shields,

e) Diagram of the wiring system used for impressed current and monitoring systems, including details of cable sizes, underwater joints, type of insulation and normal working current in the circuits, the capacity, type and make of protective devices,

f) Details of glands and size of steel conduits,

g) Plans showing the location of anodes and reference electrodes,

h) If the system is to be used in association with coating system then a statement is to be supplied by the coating manufacturer that the coating is compatible with the impressed current cathodic protection system.

۱۳-۹-۳ سامانه های جریان اعمالی

علاوه بر اطلاعات مورد نیاز در پاراگراف ۱۳-۹-۱، طرحها و اطلاعات زیر باید ارائه شوند:

الف) ترکیب آند و جایی که قابل اعمال است، ضخامت سطح روکش شده، داده های مصرف و عمر،

ب) مقاومت آند، محدوده پتانسیل و جریان خروجی،

ج) جزییات ساخت و نصب آندها و الکترودهای مرجع،

د) اندازه، شکل و ترکیب هر نوع سپر عایقی،

ه) نمودار سامانه سیم‌کشی بکار رفته برای جریان اعمالی و سامانه‌های پایش شامل جزییات اندازه‌های کابل، اتصالات زیر آب، نوع عایق و جریان معمولی هنگام کار در مدارها، ظرفیت، نوع و ساخت قطعه محافظ،

و) جزییات آب بندها و اندازه معبرهای فولادی سیم،

ز) نقشه های نشان دهنده مکان آندها و الکترودهای مرجع،

ح) اگر قرار است که سامانه به طور مشترک با سامانه پوششی استفاده شود، بنابراین باید صورت جلسه‌ای توسط سازنده پوشش درباره سازگار بودن با سامانه حفاظت کاتدی جریان اعمالی تهیه شود.

13.10 Fixed Potential Monitoring Systems

Cathodic protection systems should be monitored. For a permanent monitoring fixed electrodes are to be utilized to measure steel/sea water potential and possibly anode current output and/or cathode current density.

These reference electrodes, may be high purity zinc or zinc alloy and silver/silver chloride electrode.

The signals from these fixed reference points should be transmitted to the surface indicator, and preferably recorder by either hard wire or an acoustic link.

۱۳-۱۰ سامانه های ثابت پایش پتانسیل

سامانه‌های حفاظت کاتدی باید پایش شوند. برای پایش دائمی از الکترودهای ثابت جهت اندازه‌گیری پتانسیل فولاد نسبت به پتانسیل آب دریا و گاهی جریان خروجی آند و یا چگالی دانسیته جریان کاتدی استفاده میشود.

این الکترودهای مرجع ممکن است روی خالص یا آلیاژ روی، و نقره/کلرید نقره باشد.

علائم (سیگنالها) از نقاط مرجع ثابت شده به نشاندهنده سطحی منتقل شده و ترجیحاً یا با کابل مفتولی یا ارتباط با امواج صوتی ثبت میشود.

The intervals between measurements should accommodate all conditions of weather, tide and operating conditions and should indicate trends in the cathodic protection performance.

فواصل زمانی بین اندازه گیریها تمام شرایط هواشناسی، جزر و مد و شرایط عملیاتی را جمع‌آوری کرده و باید روند اجرای سامانه حفاظت کاتدی را نشان می‌دهد.

13.11 Potential Survey

13.11.1 Potential surveys are to be carried out at agreed intervals.

13.11.2 Should the results of any potential survey measured with respect to a silver/silver chloride reference electrode indicate values more positive than minus 0.8 volts for aerobic conditions or minus 0.9 volt for anaerobic conditions, then remedial action is to be carried out at the earliest opportunity.

۱۳-۱۱ بررسی ولتاژ

۱۳-۱۱-۱ بررسیهای ولتاژ در فواصل زمانی موافقت شده انجام میشود.

۱۳-۱۱-۲ توصیه میشود اگر نتایج هر بازرسی پتانسیل نسبت به الکترود مرجع نیم پیل نقره/کلرید نقره، مقادیر مثبت تر از ۰/۸- ولت برای شرایط هوازی یا ۰/۹- ولت برای شرایط بی هوازی را نشان دهد، در اولین فرصت عملیات اصلاحی باید انجام شود.

13.12 Retrofits

13.12.1 Where bracelet anodes are proposed for retrofits then the tightens of the units are not to rely on the anode material being indirect contact with the platform bracing or pipework. Due to the possible effects of hydrogen, high tensile steel belting materials should be avoided and the hardness for all such bolting materials should be limited to a maximum Vickers Diamond Pyramid Number of 300.

13.12.2 Where it is necessary to weld anodes to the structure then only approved welding procedures are to be used.

13.12.3 The welding procedure is to be qualified under fully representative conditions.

۱۳-۱۲ اصلاحات

۱۳-۱۲-۱ جایی که آندهای حلقوی برای اصلاحات پیشنهاد شده است محکم کردن واحدها ارتباطی به ماده آند ندارد که به طور غیر مستقیم با مهاربند سکو یا لوله-کشی در تماس میباشد. به علت امکان اثرات هیدروژن، استفاده از تسمه های فولادی با سختی بالا توصیه نمیشود و سختی این تسمه ها باید با استفاده از هرم الماسی ویکرز حداکثر تا ۳۰۰ واحد محدود شود.

۱۳-۱۲-۲ جایی که جوشکاری آندها به سازه لازم باشد در آن موقع فقط دستورالعملهای تأیید شده جوشکاری باید بکار رود.

۱۳-۱۲-۳ دستورالعمل جوشکاری باید تحت کلیه شرایط واقعی مورد تأیید قرار بگیرد.

14. ANODIC PROTECTION

14.1 General

This Section is included in this electrochemical protection standard to provide background on the principles of anodic protection and to suggest possible applications that should be considered for this method of corrosion control. It is hoped that the information provided in this Section will assist the users in evaluating the current literature on the subject and in recognizing possible applications of anodic protection.

۱۴- حفاظت آندی

۱۴-۱ عمومی

این قسمت از استاندارد، حفاظت الکتروشیمیایی شامل زمینه تئوری اصول حفاظت آندی و پیشنهاد برنامه های کاربردی ممکن برای این روش کنترل خوردگی میباشد که باید مورد توجه قرار گیرد. امید است که اطلاعات تهیه شده در این قسمت به استفاده کنندگان در ارزیابی ادبیات متداول این موضوع و شناخت برنامه‌های کاربردی ممکن حفاظت آندی کمک نماید.

14.2 Principles of Anodic Protection

14.2.1 The phenomenon of anodic passivity can be illustrated by the simplified experiment shown in Figure 6. The equipment consists of an electrolyte in which are immersed the metal sample to be protected (the anode), the inert cathode, and the reference electrode. The anode, cathode, and reference electrode are connected to a potential controller ("potentiostat") which is capable of providing a wide range of current while holding the potential of the anode within very narrow limits.

۱۴-۲ اصول حفاظت آندی

۱۴-۲-۱ پدیده غیر فعال شدن آندی را میتوان توسط آزمایش ساده‌ای که در شکل ۶ نشان داده شده است بیان نمود. تجهیزات شامل یک الکترولیت است که در آن نمونه فلزی که قرار است حفاظت شود (آند)، کاتد خنثی، و الکترود مرجع، غوطه ور میباشد. آند، کاتد و الکترود مرجع به یک عامل کنترل کننده پتانسیل (ابزار الکترونیکی پتانسیه ایستات) متصل میباشند که قادر است دامنه وسیعی از جریان را مادامی که پتانسیل آند در محدوده‌های بسیار کوچک میباشد نگهدارد.

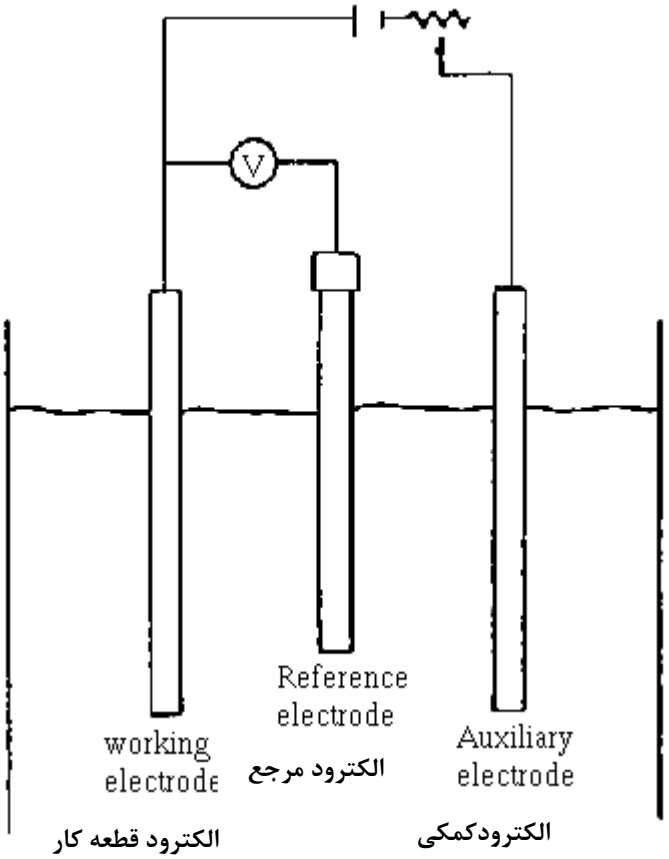


Fig. 6

شکل ۶

Schematic of experimental apparatus used for anodic polarization studies. Current flow between the working electrode and the auxiliary electrode forces a shift in potential between the working electrode and the

طرح کلی دستگاه آزمایشگاهی که برای مطالعات پلاریزاسیون آندی به کار می‌رود. جریان بین الکترود قطعه کار و الکترود کمکی تغییر جهتی در پتانسیل بین الکترود قطعه کار و الکترود مرجع ایجاد می‌کند که با ولت متر

reference electrode. V, voltmeter.

In this example, the anode to be protected is assumed to be iron. The inert cathode is usually platinum and the reference electrode is a calomel half cell. The potential of the anode with respect to the reference electrode is first measured to ensure that the metal surface is in the active condition and that no films or corrosive products that might inhibit the passivation reaction are present. Current is then applied to the anode. Polarization curves are obtained by plotting the potential between the anode and the reference electrode corresponding to each value of the applied current.

A typical polarization curve obtained in this manner is shown in Fig. 7. Point "E_{corr}", obtained before current is applied, represents the initial condition of the system typified by the reaction of the corroding anode:

$$Fe^{++} + 2e^{-} \rightarrow Fe$$

اندازه‌گیری می شود.

در این مثال، فرض شده آندی که قرار است حفاظت شود آهن باشد. آنـد بی اثر معمولاً پلاتین و الکترود مرجع نیم پیل کالومل میباشد. در ابتدا به منظور اطمینان از این که سطح فلز در شرایط فعال قرار داشته و هیچ لایه یا محصولات خوردگی که ممکن است مانع واکنش غیر فعال سازی شود وجود دارد پتانسیل آند نسبت به الکترود مرجع اندازه گیری میشود. سپس جریان به آند اعمال میگردد. منحنی های پلاریزاسیون با رسم منحنی پتانسیل بین آند و الکترود مرجع متناسب با مقدار جریان اعمال شده به دست می‌آید.

یک نمونه منحنی پلاریزاسیون که در این حالت به دست آمده در شکل ۷ نشان داده شده است. نقطه "E_{corr}" که قبل از اعمال جریان به دست آمده بیانگر شرایط اولیه سامانه با واکنش خوردگی آند $Fe^{++} + 2e^{-} \rightarrow Fe$ مشخص شده است.

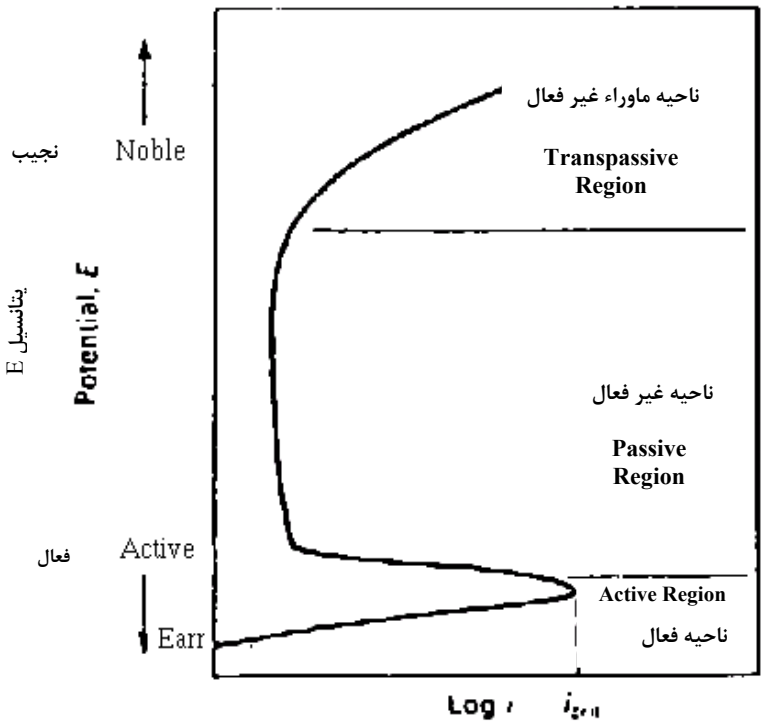


Fig. 7 Schematic anodic polarization curve

شکل ۷-طرح کلی منحنی پلاریزاسیون آندی

Metal\ environment systems that have this type of anodic polarization behavior are termed active passive and can be anodically protected.

سامانه های محیط/ فلز که این نوع پلاریزاسیون آندی دارند به فعال- غیرفعال نامیده شده و میتواند به طور آندی محافظت شوند.

As current is applied to the anode (and returned to the external circuit through the cathode), the potential shifts in the direction of greater passivity. However, loss of metal at the anode also increases as a result of the greater current discharged by the anode to the solution. The current is further increased until there is an abrupt change in the plotted potential-current relationship. This point, designated as "E_c", is shown as the Flade potential. Further increase in the potential applied by the controller results in a decrease in current flow.

هنگامی که جریان به آند اعمال میشود (و از طریق کاتد به مدار خارجی برمیگردد)، تغییرات پتانسیل در جهت غیرفعال شدن بیشتر تغییر میکند. به هرحال از دست دادن فلز در آند با افزایش جریان خروجی از آند به محلول افزایش می یابد. افزایش جریان ادامه خواهد داشت تا اینکه یک تغییر ناگهانی در نمودار پتانسیل - جریان بوجود آید. این نقطه به عنوان "E_c" شناخته شده و به صورت پتانسیل فلید نشان داده شده است. افزایش بیشتر اعمال پتانسیل به وسیله کنترل کننده موجب کاهش جریان میشود.

As the potential and current approach point "E_p", the system is in the passive state. The anode reaction has become:

هنگامی که پتانسیل و جریان به نقطه "E_p" رسیدند، سامانه در حالت غیرفعال میباشد. واکنش آندی به صورت زیر خواهد بود:

$$Fe \rightarrow Fe^{+++} + 3e-$$

In order to retain the system in the passive state, the potential of the anode with respect to the reference electrode must be controlled closely within the narrow region shown by the nearly vertical portion of the curve near point "E_p". If the potential is allowed to increase beyond point "E_A", the current will again increase and will indicate a corresponding increase in the rate of corrosion. The section of the curve beyond point "E_A" is known as the transpassive region.

به منظور باقی ماندن در حالت غیرفعال ، پتانسیل آند نسبت به الکترود مرجع باید در حدود منطقه ای که در مجاورت نزدیک بخش قائم منحنی نزدیک منطقه "E_p" به دقت کنترل شود. اگر پتانسیل فراتر از منطقه نقطه "E_A" افزایش یابد، جریان دوباره افزایش یافته و نرخ خوردگی متناسب با آن افزایش خواهد یافت. قسمتی از منحنی فراتر از نقطه "E_A" به منطقه ماورای غیرفعال سازی (فعال شدن دوباره) معروف میباشد.

It is generally agreed that the following conditions must be true for anodic passivity of iron and sulfuric acid to occur:

به طور کلی موافقت شده که باید شرایط زیر برای غیرفعال شدن آهن و اسید سولفوریک اتفاق افتد:

a) A protective film must be at least 100A (Angstrom) thick.

الف) یک لایه محافظ باید دست کم به ضخامت ۱۰۰A (انگستروم) به وجود آید.

b) No more than 10^{-2} coulombs/cm^2 must be required for the film to form.

ب) برای تشکیل لایه محافظ نباید بیش از $۱۰^{-۲}$ کلومب/سانتیمتر مربع مورد نیاز باشد.

c) The film must be an electronic conductor.

ج) لایه باید یک هادی الکتریکی باشد.

d) The E-VS-I characteristics defined by Fig. 7 must be satisfied.

د) ویژگیهای E-VS-I که به وسیله شکل ۷ معین شده باید رضایت بخش باشد

e) The film must be formed very rapidly.

f) The passivated metal must be oxidized.

g) The film must be hydrophobic.

h) The passive film must be relatively acid-insoluble.

14.2.2 The exact nature of the passive film is not completely understood. Three possible theories have been suggested:

14.2.2.1 Oxide film theory: The iron dissolves in the electrolyte and reacts with oxygen to form protective precipitates of iron oxide. These precipitates form a film which presents a chemical and physical barrier to the corrosive medium.

14.2.2.2 Absorption theory: Oxygen is absorbed on the surface to form a barrier layer.

14.2.2.3 Sequence model theory: Oxygen is initially absorbed on the surface and is followed by a slow formation of an amorphous iron-oxygen structure. This occurs by the diffusion of iron from the base metal into the absorbed oxygen film.

The sequence Model theory has received considerable support in recent papers.

14.3 Contrast with Cathodic Protection

It is important to distinguish clearly between the phenomenon on anodic protection described in this Section and the well established practice of cathodic protection described previously in this Standard.

In cathodic protection, the metal to be protected against corrosion is made the "cathode" of an electrolytic cell. This condition is achieved by impressing current into the cell by means of an anode. Cathodic protection is much simpler to achieve and is less subject to operating difficulties because the potential control is less critical. However, in contrast to anodic protection, cathodic protection is not effective in strong acid solutions.

هـ) لایه باید خیلی سریع تشکیل شود.

و) فلز غیرفعال شده باید اکسیده شود.

ز) لایه باید آبگریز باشد.

ح) لایه غیرفعال میبایست در اسید نسبتا غیر محلول باشد.

۱۴-۲-۲ طبیعت واقعی لایه غیرفعال به طور کامل شناخته شده نیست. در این راستا سه تئوری ارائه شده است:

۱۴-۲-۲-۱ تئوری لایه اکسیدی: آهن در الکترولیت حل شده و با اکسیژن واکنش نموده، رسوب محافظ اکسید آهن را تشکیل میدهد. این رسوب به شکل یک لایه محافظ شیمیایی و فیزیکی در برابر محیط خورنده ظاهر میشود.

۱۴-۲-۲-۲ تئوری جذب: اکسیژن جذب شده روی سطح تشکیل یک لایه محافظ را میدهد.

۱۴-۲-۲-۳ تئوری مدل مرحله‌ای: در ابتدا اکسیژن روی سطح جذب شده و به دنبال آن ساختار غیربلوری اکسیژن–آهن به آرامی شکل می‌گیرد. این حالت در اثر نفوذ آهن از فلز اصلی به لایه اکسیژن جذب شده اتفاق می‌افتد.

تئوری مدل مرحله‌ای در مقاله های اخیر از تکیه گاه قابل توجهی برخوردار بوده است.

۱۴-۳ مقایسه با حفاظت کاتدی

بسیار مهم است که تفاوت بین پدیده حفاظت آندی تشریح شده در این قسمت و کاربرد خوب حفاظت کاتدی که قبلاً در این استاندارد تشریح شده است به وضوح مشخص گردد.

در حفاظت کاتدی، فلزی که باید در برابر خوردگی محافظت شود در پیل الکتروشیمیایی "کاتد" را تشکیل میدهد. این شرایط با اعمال جریان تزریقی به پیل به وسیله یک آند انجام میشود. حفاظت کاتدی خیلی ساده تر انجام میشود و کمتر با مشکلات مواجه میباشد زیرا محدودیت کنترل پتانسیل آن کمتر میباشد. به هرحال، در مقایسه با حفاظت آندی، حفاظت کاتدی در محلول اسیدهای قوی موثر نیست.

14.4 Effects of Variable Factors on Anodic Protection

Variable factors affecting the tendency of a system to become passive by the application of anodic protection are as follows:

14.4.1 Solution concentration

Electrolyte concentration affects the current density required to establish passivity in a given metal-electrolyte system. In a case of iron and sulfuric acid, the current density required for passivity decreases as the concentration of sulfuric acid increases. This is in contrast to corrosivity of sulfuric acid, which is at its maximum at 55% concentration and decreases towards zero at 0% and 100% acid concentrations.

14.4.2 Surface area of the anode

The current density required to establish passivation is constant for any given combination of metal and electrolyte under a given set of conditions; this value is usually determined by laboratory experiment. Therefore, as the surface area increases, the total current required will increase but the voltage requirement will remain the same. Hence, the experimental results for the current requirements can be extrapolated to cover process situations under similar conditions.

14.4.3 Different metals

Passivation studies* have been made on a number of materials in 67 weight percent sulfuric acid. Those materials which were successfully passivated are shown below, with the current densities required to maintain passivity and with some examples of the very much higher currents required to establish passivity:

۱۴-۴ اثرات عوامل متغیر روی حفاظت آندی

عوامل متغیر تأثیرگذار روی یک سامانه برای غیرفعال شدن آن بوسیله اعمال حفاظت آندی به قرار زیر میباشند:

۱۴-۴-۱ غلظت محلول

غلظت الکترولیت روی دانسیته جریان مورد نیاز برای غیرفعال شدن در یک سامانه فلز – الکترولیت اثر دارد. در حالتی که آهن و اسید سولفوریک داشته باشیم، با افزایش غلظت اسید سولفوریک، دانسیته جریان مورد نیاز برای غیرفعال شدن کاهش میابد، این در مقایسه با خورندگی اسید سولفوریک در غلظت ۵۵ درصد حداکثر بوده و در غلظت‌های اسید صفر درصد و صد در صد به سمت صفر کاهش میابد.

۱۴-۴-۲ مساحت آند

دانسیته جریان مورد نیاز برای غیرفعال شدن در هر ترکیب فلز و الکترولیت تحت یک دسته شرایط معین ثابت میباشد، معمولاً این مقدار به وسیله تجربه آزمایشگاهی تعیین میشود. بنابراین وقتی که مساحت سطح افزایش می‌یابد، کل جریان مورد نیاز افزایش خواهد یافت اما ولتاژ لازم ثابت میماند. از این رو نتایج تجربی را برای نیازهای جریان میتوان برای وضعیت های فرآیندی تحت شرایط مشابه برون یابی کرد.

۱۴-۴-۳ فلزات مختلف

مطالعات غیرفعال سازی روی تعدادی از فلزات در ۶۷ درصد وزنی اسید سولفوریک انجام گرفته است. آن فلزاتی که غیرفعال سازی موفق داشته اند، با دانسیته های جریان مورد نیاز برای حفظ غیرفعال سازی و با برخی مثالهایی که جریانهای خیلی زیادتر برای برقراری غیرفعال سازی نیاز داشته اند در جدول زیر آمده است:

TABLE 6 - CURRENT DENSITY REQUIRED FOR ANODIC PROTECTION OF VARIOUS METALS

جدول ۶- دانسیته جریان مورد نیاز برای حفاظت آندی فلزات مختلف

METAL فلز		ESTABLISH PASSIVITY برقراری غیرفعال سازی		MAINTAIN PASSIVITY حفظ غیرفعال سازی	
		amp/cm² آمپر/سانتیمتر مربع	amp/ft² آمپر/فوت مربع	amp/cm² آمپر/سانتیمتر مربع	amp/ft² آمپر/فوت مربع
Type 302	نوع ۳۰۲			2.2×10^{-6}	2.04×10^{-3}
Type 304	نوع ۳۰۴	512×10^{-6}	0.475	3.8×10^{-6}	3.53×10^{-3}
Type 310	نوع ۳۱۰			0.5×10^{-6}	4.7×10^{-3}
Type 316	نوع ۳۱۶	580×10^{-6}	0.539	0.1×10^{-6}	0.093×10^{-3}
Type 405	نوع ۴۰۵			2.7×10^{-6}	2.51×10^{-3}
Type 410	نوع ۴۱۰			10.9×10^{-6}	10.2×10^{-3}
Type 446	نوع ۴۴۶			0.7×10^{-6}	0.65×10^{-3}
Mild Steel (SAE1020)	فولادنرم (اس آ ای ۱۰۲۰			15.0×10^{-6}	13.9×10^{-3}
Titanium	تیتانیوم			0.08×10^{-6}	0.075×10^{-3}
Hastelloy	هستآلوی			0.5×10^{-6}	0.47×10^{-3}
Carpenter 20	کارپنتر۲۰			0.03×10^{-6}	0.027×10^{-3}

These variations in current density requirements should be noted. Carpenter 20 has the lowest current density rating and, therefore, requires only a small current density to retain passivity under these conditions. Variations in solution pH, temperature, concentration or other physical test conditions will cause a shift in the values given above.

For this reason it is important to conduct careful laboratory analyses under the precise conditions to be encountered by the metal on process plants to determine the current density required both to initially obtain passivity and to hold the system in the passive state.

From the studies which have been made, it appears that any ferrous metal can be passivated successfully, although the current density requirements to retain passivity will vary depending on the metal and the electrolyte. Experimental studies have shown that it is not possible to passivate the copper-based alloys such as brasses and bronzes, some of the rare metals such as titanium, hafnium, zirconium, and niobium, which are used to promote corrosion resistance in

این اختلافات در دانسیته جریانهای مورد نیاز باید یادداشت شود. "کارپنتر ۲۰" کمترین میزان دانسیته جریان و بنابراین فقط به یک دانسیته جریان کوچک برای ابقاء غیرفعال سازی تحت این شرایط نیاز میباشد. اختلافات در محلول pH ، دما، غلظت یا دیگر شرایط آزمون فیزیکی باعث خواهد شد تا یک جابجایی در مقادیر داده شده در فوق ایجاد شود.

به همین دلیل مطالعه دقیق آزمایشگاهی تحت شرایط دقیق برای مواجه شدن با فلز در فرآیند واحدها جهت تعیین دانسیته جریان مورد نیاز هم برای دستیابی به غیرفعال سازی ابتدایی و هم حفظ سامانه در حالت غیرفعال با اهمیت میباشد.

از تحقیقات انجام شده معلوم گردید که هر فلزی میتواند غیرفعال گردد، همچنین میزان دانسیته جریان غیرفعال سازی به فلز و الکترولیت بستگی دارد هر فلز آهن دار میتواند با موفقیت غیرفعال شود. مطالعات تجربی نشان میدهد که غیرفعال سازی آلیاژهای با پایه مس نظیر برنجها و برنزها ممکن نیست، برخی از فلزات کمیاب نظیر تیتانیوم، هافنیم، زیرکونیوم و نیوبیم که برای ارتقاء مقاومت خوردگی

special alloy systems can be successfully passivated.

در سامانه های آلیاژی خاص بکار میروند میتوانند با موفقیت غیرفعال شوند.

14.4.4 Temperature effect

As the temperature of the solution is increased, the current density required to maintain passivity increases. For example, the current density required to maintain the passivity on 304 SS and 67 weight percent sulfuric acid is more than three times as great at 85°C as at 52°C. The cause of this radical increase is probably related to the increased solubility of the passive layer at an elevated temperature.

۱۴-۴-۴ اثر دما

هنگامی که دمای محلول افزایش می یابد، دانسیته جریان مورد نیاز برای حفظ غیرفعال سازی افزایش می یابد. برای مثال دانسیته جریان مورد نیاز برای حفظ غیرفعال سازی فولاد زنگ نزن ۳۰۴ و اسید سولفوریک با ۶۷ درصد وزنی در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد سه برابر بیشتر از دمای ۵۲ درجه سانتیگراد میباشد. علت این افزایش بنیانی احتمالاً مرتبط با افزایش حلالیت لایه غیرفعال شده در دمای بالا است.

14.4.5 Chemical environment

On the basis of developmental work which has been conducted**, it appears that passivity can be established in a broad range of oxidizing chemical environments including sulfuric acid, phosphoric acid, nitric acid, sodium hydroxide, lithium hydroxide, ammonium nitrate, and aluminum sulfate. It is not possible to attain passivity in reducing systems such as hydrocholoric acid, ferrous chloride, stannous chloride, hydroiodic acid and sodium chloride. Although these reducing systems cannot be passivated, it is possible to passivate oxidizing systems which contain small amounts of these reducing agents. However, the addition of these agents will increase the current density required to attain passivity and will also increase the current density required to maintain the system in the passive state.

۱۴-۴-۵ محیط شیمیایی

براساس کار تکوینی که اجرا گردیده است ** معلوم شده که غیرفعال سازی در یک دامنه پهناور از محیط های شیمیایی اکسید کننده شامل اسید سولفوریک، اسید فسفریک، اسید نیتریک، هیدروکسید سدیم، هیدروکسید لیتیم، نیترات آلومینیوم و سولفات آلومینیم میتواند ایجاد شود. غیرفعال سازی در سامانه‌های احیاکننده نظیر اسیدکلریدریک، کلرید فرو، کلرید قلع، هیدرویودیک اسید و کلرید سدیم غیر فعال سازی امکان پذیر نیست. گرچه این سامانه‌های احیاکننده نمیتوانند غیرفعال شوند، امکان غیرفعال شدن سامانه های اکسید کننده که حاوی مقادیر کوچکی از این عوامل احیاکننده میباشند وجود دارد. به هرحال با اضافه شدن این عوامل دانسیته جریان مورد نیاز برای غیرفعال سازی افزایش یافته و همچنین افزایش دانسیته جریان برای حفظ سامانه در حالت غیرفعال لازم میباشد.

Agitation of the electrolyte does not adversely affect the ability to passivate the system. In some systems that have been tested, agitation has increased the rate at which the passive state was formed as well as decreased the current density required for passivity.

تلاطم الکترولیت تأثیری در کاهش توان غیرفعال سازی سامانه ندارد. در برخی سامانه ها که آزمون شده اند، تلاطم، میزانی که در آن حالت غیرفعال شکل گرفته است را افزایش داده، همچنین دانسیته جریان مورد نیاز غیرفعال سازی را کاهش داده است.

* Fundamentals, Section 410, Cathodic Protection, Corrosion Prevention Manual-volume II NACE.

** Sudbury, J.D., rigs, O.L., shock, D.A., "Anodic Passivation Studies", Corrosion, 16,47t (1960) Feb. NACE.

14.5 Applications to Process Plants

Any proposed application of anodic protection should be evaluated by users' experienced technical personnel. Following are some of the factors that should be considered in determining whether anodic protection may have promise for a specific application:

14.5.1 Services

Services that have been investigated to determine their suitability for anodic protection include:

14.5.1.1 Sulfuric acid: The use of stainless steel in the storage of sulfuric acid up to concentrations of 85% is practical when anodic protection is applied. For concentrations higher than 85% sulfuric acid, it is probably more economical to use mild steel. The storage of 100% sulfuric acid (oleum) in carbon steel tanks under anodic protection will give complete protection with no contamination of the oleum through reaction with the iron.

14.5.1.2 Phosphoric acid: Stainless steel is attacked by phosphoric acid over a side range of concentrations. The anodic protection is feasible for pure phosphoric acid. The current density requirements for initiation and maintenance are comparatively low, so that the current required to passivate an average process vessel will not be unduly large.

14.5.1.3 Alkalis: Passivation in alkaline solutions results in the formation of a film which is different from that associated with oxidation systems. the notable features of the passivation of alkaline solutions are the length of time necessary for passivation to occur and the higher current densities required. The maximum pH limit for passivity of 304 stainless steel in lithium hydroxide is about 9.5.

14.5.1.4 Salt system: There would be little difficulty in applying anodic protection to systems containing 304 stainless steel in solutions of aluminum sulfate and of ammonium nitrate.

۱۴-۵ کاربردهایی برای واحدهای فرآیندی

حفاظت آندی به هر منظوری که صورت گیرد باید توسط کارکنان فنی مجرب بکار رود و ارزیابی شود. برخی عوامل توصیه شده است در تعیین حفاظت آندی برای عملیات خاص در نظر گرفته شوند عبارتند از :

۱۴-۵-۱ کاربری ها

کاربری ها که برای تعیین مناسب بودن آنها برای حفاظت آندی بررسی شده اند شامل میباشند از:

۱۴-۵-۱-۱ اسید سولفوریک: استفاده از فولاد زنگ نزن در انباشت اسید سولفوریک تا غلظت ۸۵ درصد وقتی که حفاظت آندی اعمال شود عملی است. برای غلظت های بالاتر از ۸۵ درصد اسید سولفوریک، استفاده از فولاد کم کربن بیشتر مقرون به صرفه است. انباشت اسید سولفوریک صد در صد (اولئوم) در مخازن فولاد کربنی تحت حفاظت آندی بدون آلودگی اولئوم از طریق واکنش با آهن حفاظت کاملی خواهد داشت.

۱۴-۵-۱-۲ اسید فسفریک: فولاد زنگ نزن توسط اسیدفسفریک با غلظت بیش از یک مقدار، مورد حمله قرار می‌گیرد. اعمال حفاظت آندی برای اسید فسفریک خالص امکان پذیر میباشد. دانسیته جریان مورد نیاز برای شروع کار و نگهداری در مقایسه کم میباشد، به طوری که جریانی که برای غیرفعال سازی یک ظرف فرآیندی متوسط لازم میباشد خیلی زیاد نخواهد بود.

۱۴-۵-۱-۳ قلیاها: از غیرفعال سازی در محلولهای قلیایی یک لایه تشکیل میشودکه با سامانه‌های اکسایش متفاوت است. خصیصه های برجسته غیرفعال سازی محلولهای قلیایی، طول زمان لازم برای وقوع غیرفعال سازی و دانسیته های جریان بالاتر میباشد. حداکثر حدود pH برای غیرفعال سازی فولاد زنگ نزن ۳۰۴ در هیدروکسید لیتیم حدود ۹/۵ میباشد.

۱۴-۵-۱-۴ سامانه نمک: اعمال حفاظت آندی در سامانه-های شامل فولاد زنگ نزن ۳۰۴ در محلولهای سولفات آلومینیوم و نیترات آمونیم مشکلات کمی خواهد داشت.

14.5.1.5 Nitric acid: The systems containing nitric acid are easily passivated. For a combination of halogen acid and nitric acid the maximum allowable halogen content is about three percent HC1, with 304 stainless steel. This halogen acid-nitric acid system does not seem to be feasible for anodic protection.

Fig. 8 shows a schematic of an anodic protection system for a storage vessel.

۱۴-۵-۱-۵ اسید نیتریک: سامانه های حاوی اسید نیتریک به سهولت غیرفعال میشوند. برای مخلوط یک اسید هالوژنه و اسید نیتریک حداکثر هالوژن مجاز حدود سه درصد اسید کلریدریک، با فولاد زنگ نزن ۳۰۴ میباشد. به نظر نمیرسد این سامانه اسیدی هالوژنه در مقابل اسیدنیتریک برای حفاظت آندی قابل حصول باشد.

شکل ۸ نمودار سامانه حفاظت آندی برای ظرف انباشت را نشان میدهد.

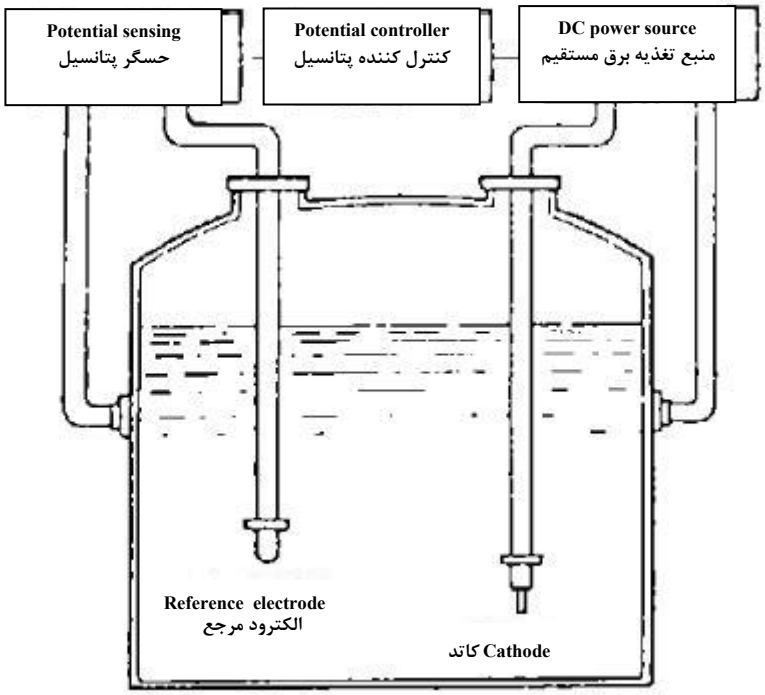


Fig. 8-SCHEMATIC OF AN ANODIC PROTECTION SYSTEM FOR A STORAGE VESSEL

شکل ۸- شمایی از یک سامانه حفاظت آندی برای یک ظرف انباشت

One or more cathodes, a reference electrode, a potential sensing and controlling circuit , and a d.c. power supply are required for each anodic protection system. The vessel wall is made the anode of the circuit by current forced between the cathode and the tank wall. The currents are controlled so that the potential of the wall with respect to the reference electrode is shifted and maintained in the passive region (see Fig. 7).

یک یا چند کاتد، یک الکترود مرجع، یک حسگر پتانسیل و یک مدار کنترل کننده، و یک تأمین کننده برق dc برای هر سامانه حفاظت آندی مورد نیاز میباشند. دیوار ظرف آند مدار را تشکیل میدهد و نیروی جریان بین کاتد و دیوار مخزن را میسازد. جریانها به گونه ای کنترل میشوند که پتانسیل دیوار با توجه به الکترود مرجع جابجا شده و در ناحیه غیرفعال نگهداری میشود (به شکل ۷ مراجعه شود)

APPENDICES

APPENDIX A

CONSIDERATIONS ON CATHODIC PROTECTION DESIGN

A.1 General Principle of Electrochemical Corrosion and Cathodic Protection

A.1.1 Behavior of buried or immersed metals in the absence of cathodic protection

A.1.1.1 The nature of metallic corrosion

When a metal corrodes in contact with an electrolyte, natural atoms pass into solution by forming positively charged ions. Excess negative electrons are left behind. For example, in the case of iron:

$$Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e^{-} \qquad \textbf{(Eq. 1.A)}$$

Thus corrosion is accompanied by the flow of an electric current from metal to electrolyte due to the movement of positive ions into the electrolyte and of negatively charged electrons into the metal. Any area at which current flows in this direction is referred to as an anodic area. The metallic ions may react with negative ions in the solution to give insoluble corrosion products (e.g. rust in the case of steel). Such reactions do not materially affect the argument which follows except in cases when the corrosion product is such as to stifle further attack. The electric circuit is completed by the passage of current from solution to metal at other areas known as cathodes. Various reactions occur at cathodes; these do not, in general, cause corrosion (see A.1.1.5).

Because the same number of electrons are related for each atom of the metal going into solution, the current is proportional to the corrosion rate. For example, in the case of iron or steel, two electrons flow for each atom going into solution, as shown in Equation 1.A, and a corrosion current of one ampere corresponds to loss of about 9 kg per year.

پیوست ها

پیوست الف

ملاحظات در طراحی حفاظت کاتدی

الف-۱ مبانی عمومی خوردگی الکترو شیمیایی و حفاظت کاتدی

الف-۱-۱ رفتار فلزات مدفون یا غوطه ور در نبود حفاظت کاتدی.

الف-۱-۱-۱ طبیعت خوردگی فلزی

وقتی که یک فلز در تماس با یک الکترولیت خورده میشود، اتمهای طبیعی به شکل یونهای باردار مثبت به داخل محلول انتقال می یابند. الکترونهای منفی اضافی باقی می-مانند. برای مثال، در حالت آهن

$$Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e^{-} \qquad \textbf{(رابطه الف-۱)}$$

بنابراین خوردگی به وسیله یک جریان الکتریکی از فلز به الکترولیت به علت جابجایی یونهای مثبت در الکترولیت و الکترونها با بار منفی در فلز انجام میشود. هر منطقه‌ای که جریان در آن جهت برقرار باشد منطقه آندی نامیده میشود. یونهای فلزی ممکن است با یونهای منفی داخل محوطه واکنش نموده محصولات خوردگی غیرمحلول (مثل زنگ در حالت فولاد) ارائه نمایند. چنین واکنش‌هایی اساساً روی متغیر مستقل که پیروی میکند اثر ندارد مگر حالت‌هایی که محصول خوردگی از پیشرفت خوردگی ممانعت کند موثر خواهند بود. مدار الکتریکی با عبور جریان از محلول به فلز در مناطق دیگری که به عنوان کاتدها شناخته شده است کامل میشود. واکنش های مختلف در کاتدها اتفاق می افتد؛ به طور کلی اینها باعث خوردگی نمیشوند (به الف-۱-۱-۵ مراجعه شود).

به دلیل آنکه تعداد یکسانی از الکترونها وابسته به هر اتم فلز به محلول وارد میشود، جریان متناسب با نرخ خوردگی است. برای مثال در حالت آهن یا فولاد همانگونه که در رابطه الف-۱ نشان داده شده دو الکترون برای هر اتم به داخل محلول وارد میشود و جریان خوردگی یک آمپر مطابق با ۹ کیلوگرم اتلاف در سال میباشد.

A.1.1.2 Polarization

The potential difference between any metal and the surrounding electrolyte varies with the density and direction of any current crossing the interface. This variation is referred to as polarization. The relationship between potential and current may be determined by an arrangement as shown in Fig. 9a.

It is not necessarily linear (see Fig. 9b). The section Z-A of the curve corresponds to corrosion and the more positive the potential the greater the corrosion rate. In practice it is difficult to draw firm conclusions as to the corrosion rate from measurement of the potential difference between metal and solution or soil because the shape of the curve and the potential corresponding to zero current flow both vary according to the properties of the surrounding electrolyte. However, it will be seen that any current flow which makes the potential more positive, normally increases the probability that corrosion will occur. Conversely, changing the potential in the negative direction reduces the corrosion rate and may prevent corrosion entirely.

The way in which the potential difference between a metal and the surrounding electrolyte is measured should be specified. If a metal electrode in direct contact with the electrolyte is used, the result will depend, to some extent , on the effect of the electrolyte on the particular metal chosen. For this reason a reference electrode, e.g. one of several types described in section 3 (definitions), should be used and the type of reference electrode should be stated when any results are quoted.

A.1.1.3 Formation of cells

Suppose that potentials of two different metals with respect to a solution are measured with the arrangement shown in Fig. 2, the switch S being open, and the metal marked A found to be more negative,. When the switch is closed, current will flow in the direction shown by the arrows. Metal A will therefore be the anode, and will be corroded, while C acts as cathode. Metals and conducting materials commonly used are listed below in such order that each normally

الف-۱-۱-۲ پلاریزاسیون

اختلاف پتانسیل بین هر فلز و الکترولیت مجاور با دانسیته و جهت هر جریان عبوری از سطح مشترک تغییر میکند. این تغییرات اشاره به پلاریزاسیون دارد. ارتباط بین پتانسیل و جریان ممکن است یا چیدمان نشان داده شده در شکل ۹ -الف تعیین شود.

لزومی ندارد که خطی باشد (به شکل ۹-ب مراجعه شود). مقطع Z-A منحنی با خوردگی مطابقت دارد و با مثبت بودن بیشتر پتانسیل، شدت خوردگی بیشتر میباشد. در عمل رویارویی با نتایج ثابت به عنوان نرخ خوردگی از اندازه گیری اختلاف پتانسیل بین فلز و محلول یا خاک مشکل است زیرا شکل منحنی و پتانسیل مطابق با جریان عبوری صفر، هر دو مطابق با خواص الکترولیت مجاور تغییر میکند. به هرحال دیده می‌شود که هر عبور جریانی که پتانسیل مثبت تری میسازد، به طور عادی احتمال وقوع خوردگی را افزایش میدهد. برعکس، تغییر پتانسیل در جهت منفی، نرخ خوردگی را کاهش میدهد و ممکن است کاملاً از خوردگی جلوگیری نماید.

روشی که در آن اختلاف پتانسیل بین یک فلز و الکترولیت مجاور اندازه گیری شده است باید مشخص شود. اگر الکترود فلزی در جهت تماس با الکترولیت بکار رود نتیجه تا اندازه-ای بستگی به اثر الکترولیت روی انتخاب فلز ویژه دارد. به همین دلیل یک الکترود مرجع یعنی یکی از انواع متعدد تشریح شده در قسمت ۳ (تعاریف) باید بکار رود، توصیه می‌شود نوع الکترود مرجع در زمان بیان هر نتایجی تعیین گردد.

الف-۱-۱-۳ تشکیل پیل ها

فرض کنید پتانسیل های دو فلز مختلف نسبت به یک محلول با ترتیب نشان داده شده در شکل ۲ اندازه گیری شود، زمانی که کلید S باز است، دیده میشود که فلزی که با A علامت گذاری شده منفی‌تر است. وقتی کلید بسته شود، عبور جریان در جهت نشان داده شده به وسیله پیکان ها خواهد بود. بنابراین فلز A آند خواهد بود و مادامی که C به عنوان کاتد عمل نماید خورده خواهد شد. فلزات و مواد

acts as anode with respect to all the materials which follow it:

- Magnesium (most electronegative of the materials listed), Zinc,
- Aluminum (certain aluminum alloys may be more electronegative),
- Iron and Steel,
- Lead,
- Brass,
- Copper,
- Graphite, Coke, etc. (most electropositive of the materials listed).

Thus the connection of magnesium to iron results in a cell in which the magnesium acts as anode and the iron as cathode.

Cells may also arise due to differing properties of the electrolyte in contact with different parts of the same metal surface. Thus, increased concentration of oxygen tends to make the potential of a metal more positive so that variation of soil density and porosity is a common cause of corrosion cells.

Arrangements giving rise to such cells are shown in Fig. 11. The size of the cells may vary greatly. In Fig. 11c, for example, the anodic area may be small, the resultant pitting can, however, lead to rapid penetration.

For simplicity let anodic and cathodic areas be shown separately as in Fig. 10. It will be recalled that the anode was the electrode which, with the switch open, had the more negative potential with respect to the solution. If there is resistance in circuit this will still be true, even with the switch closed although the difference in potential will be smaller. This will also be true in cases such as in Fig. 11a in which anode and cathode are parts of the same metal surface in contact with different environments. If the total

رسانایی که به طور عادی بکار میروند در زیر به گونه‌ای فهرست شده‌اند که هرکدام از موادی که پایین تر قرار دارند به عنوان آند عمل می‌نمایند.

- منیزیم (از همه مواد فهرست شده الکترونگاتیوتر میباشد)، روی
- آلومینیوم (آلیاژهای خاصی از آلومینیوم ممکن است الکترونگاتیوتر باشند)،
- آهن و فولاد،
- سرب،
- برنج،
- مس،
- گرافیت، کُک و غیره (از همه مواد فهرست شده الکتروپوزیتوتر میباشند).

بنابراین نتیجه ارتباط منیزیم با آهن در یک پیل این است که منیزیم به عنوان آند و آهن به عنوان کاتد عمل نماید.

پیل‌ها ممکن است همچنین به علت خواص مختلف الکترولیت در تماس با بخش های مختلف سطح فلز مشابه به وجود آیند. بنابراین غلظت افزایش یافته اکسیژن تمایل دارد پتانسیل یک فلز را مثبت‌تر نماید به طوری که تغییر در چگالی و خلل و فرج خاک یک عامل رایج پیل‌های خوردگی است.

روش هایی که چنین پیل هایی را ایجاد مینمایند در شکل ۱۱ نشان داده شده است. اندازه پیل ها ممکن است در شکل ۱۱-ج تغییر زیادی داشته باشد، برای مثال منطقه آندی ممکن است کوچک بوده و در نتیجه خوردگی حفره‌ای میتواند به هرحال سریع نفوذ نماید.

برای سادگی، مناطق آندی و کاتدی به طور مجزا در شکل ۱۰ نشان داده شده است به یاد آورید که آند الکترودی بود که با کلید باز پتانسیل منفی تر نسبت به محلول داشت. اگر در مدار یک مقاومت باشد این حقیقت هنوز وجود خواهد داشت که حتی با کلید بسته اختلاف پتانسیل کوچکتری وجود خواهد بود. این حقیقت همچنین در حالتهایی نظیر شکل ۱۱- الف که در آن آند و کاتد در بخشهایی از سطح

resistance in the circuit is low there will be little difference in the metal/electrolyte potential at the anodic and cathodic areas but corrosion will occur at the former, the potential at the anodic area being more positive than it otherwise would be due to the current flowing in the cell. This illustration has been included to emphasize the difficulty of determining whether corrosion is occurring by measuring the metal/soil potential without having other information.

فلز یکسان که در تماس با محیط‌های مختلف هستند وجود خواهد داشت. اگر مقاومت کلی در مدار پایین باشد اختلاف کوچکی در پتانسیل فلز/الکترولیت در مناطق آندی و کاتدی وجود خواهد داشت اما خوردگی در حالت قبلی که پتانسیل در منطقه آندی از جریان ناشی از پیل مثبت تری است رخ خواهد داد. این بیان تأکید بر این دارد که تعیین وقوع خوردگی توسط اندازه گیری پتانسل فلز/خاک بدون داشتن اطلاعات قبلی مشکل میباشد.

A.1.1.4 Passivity

If the corrosion product forms an adherent film on the surface of the metal, further attack may be prevented. The corrosion resistance of stainless steel, for example, is due to protection by films. The metals titanium and tantalum form highly resistant and adherent films and can therefore withstand strongly positive potentials without corroding.

الف-۱-۱-۴ غیرفعال شدن

اگر محصول خوردگی یک لایه چسبنده روی سطح فلز تشکیل دهد، از حمله مجدد جلوگیری میشود. برای مثال مقاومت در برابر خوردگی فولاد زنگ نزن، به علت لایه‌های محافظ میباشد. فلزات تیتانیم و تانتالم لایه‌های خیلی مقاوم و چسبنده‌ای را ایجاد می‌کنند و بنابراین میتوانند بدون خوردگی در برابر پتانسیل های مثبت قوی ایستادگی نمایند.

A.1.1.5 Reactions at cathodic areas

The following are among the most common reactions that occur at cathodes:

الف-۱-۱-۵ واکنش ها در مناطق کاتدی

از جمله بیشترین واکنش‌هایی که در کاتدها اتفاق می افتد در زیر آمده است:

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

(Eq. 2.A) **Hydrogen ions + Electrons → Hydrogen gas** **(معادله ۲-الف)**

یونهای هیدروژن + الکترونها → گاز هیدروژن

$$\tfrac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$$

(Eq. 3.A) **Oxygen + Water + Electrons → Hydroxyl ions** **(معادله ۳-الف)**

اکسیژن + آب + الکترونها → یونهای هیدروکسیل

The first of these reactions is favored by acidity (excess of hydrogen ions) while the second is favored by presence of dissolved oxygen. Both tend to make the solution near the cathode alkaline (excess of hydroxyl ions over hydrogen ions): In contrast to the anodic reaction (e.g. Equation 1.A), cathodic reactions do not involve the passage of metal into solution; hence in general, corrosion does not occur at cathodic areas.

اولین واکنش ناشی از اسیدی بودن (یونهای هیدروژن اضافی) بوده در حالی که دومین عامل به علت حضور اکسیژن حل شده میباشد. هر دو تمایل دارند که محلول را تا حدودی قلیایی کاتدی بسازند (یونهای هیدروکسیل اضافی بیش از یونهای اکسیژن): در مقایسه با واکنش آندی (یعنی رابطه ۱-الف) واکنش‌های کاتدی مستلزم ورود فلز به محلول نمی‌شوند، بنابراین بـــه طور کلی خوردگی در مناطق کاتدی اتفاق نمی افتد.

In practice the rate of corrosion is often determined by the rate at which the cathodic reaction can be maintained. For example, if the relevant reaction is that given by Equation 3.A, replenishment of oxygen may

در عمل نرخ خوردگی اغلب با مقدار واکنش کاتدی که انجام می شود، تعیین می‌گردد. برای مثال، اگر واکنش مرتبط با معادله ۳-الف ارائه شود، ممکن است تامین مجدد اکسیژن

be the controlling factor.

In near-neutral anaerobic soils, sulphate-reducing bacteria give rise to a further type of cathodic reaction and soils of this kind are often particularly aggressive to iron and steel. It is possible, by determining pH and redox potential, to assess whether conditions are such that sulphate-reducing bacteria are likely to be active.

Although, as previously indicated, the reactions occurring at cathodes do not directly result in corrosion, it should be noted that the environment of the metal is altered, for example it becomes more alkaline. In the case of aluminum and, occasionally, lead, corrosion may result. Alkalinity may also cause deterioration of paints and other coatings. Effects of the cathodic reactions that arise when cathodic protection is applied are listed in A.2.5.1.

A.1.2 Cathodic protection

A.1.2.1 Basis of cathodic protection

Corrosion implies the existence of anodic and cathodic areas (see Fig. 12a). In applying cathodic protection, a current (I in Fig. 12b) is superimposed in such a direction that the structure to be protected acts as a cathode. If the current is sufficient, no part of the structure acts as anode. This entails the use of an auxiliary anode. If this anode is of a material such as magnesium, the protection current will flow due to the e.m.f.* arising from the cell formed (Galvanic anode system). Alternatively, the e.m.f.* may be derived from a separate direct-current source, giving a wide choice of materials for the auxiliary anode including some which are not consumed (Impressed current system).

In Fig. 12b, the anodic area (A) has been shown separated from the cathodic area (C) in order that the currents to the two areas can be seen. The criterion for cathodic protection is that the current flowing in the anode circuit is reduced to zero or reversed. However, anodes and cathodes are often parts of the same metallic surface (as shown in Fig. 11) and the individual anodic areas may be small. It is thus impossible, in most cases, to

یک عامل کنترل باشد.

در خاکهای فاقد هوای نزدیک به خنثی، باکتریهای احیاکننده سولفات موجب نوعی واکنش کاتدی میشوند و این نوع خاکها به ویژه برای آهن و فولاد خورنده هستند. امکان دارد، با تعیین pH و پتانسیل اکسایش شرایط فعال شدن احتمالی باکتریهای احیاکننده سولفات را ارزیابی نمود.

با اینکه قبلاً اشاره گردید واکنش هائی که در کاتدها رخ میدهند بطور مستقیم در خوردگی اثر ندارند، باید توجه داشت که محیط اطراف فلز تغییر می‌کند، برای مثال خیلی قلیایی میشود. در مورد آلومینیم و بعضی اوقات، سرب، ممکن است خوردگی ایجاد شود. خصلت قلیایی ممکن است همچنین باعث تخریب رنگ ها و دیگر پوششها شود. اثرات واکنش های کاتدی وقتی به وجود می‌آید که حفاظت کاتدی فهرست شده در الف-۲-۵-۱ اعمال شود.

الف-۱-۲ حفاظت کاتدی

الف-۱-۲-۱ مبانی حفاظت کاتدی

خوردگی ایجاب می‌کند که مناطق آندی و کاتدی وجود داشته باشد (به شکل ۱۲-الف مراجعه شود). در حفاظت کاتدی، یک جریان (I در شکل ۱۲- ب) مازاد به سازه‌ای که قرار است حفاظت شود اعمال می‌گردد تا سازه به عنوان یک کاتد عمل نماید. اگر جریان کافی باشد، هیچ بخشی از سازه به عنوان آند عمل نمی‌نماید. این مستلزم بکار بردن یک آند کمکی میباشد. اگر این آند از یک فلز نظیر منیزیم باشد، جریان حفاظتی به علت e.m.f.* از پیل تشکیل شده (سامانه آند گالوانیکی) به وجود می‌آید. به روش دیگر، ممکن است e.m.f.* از یک منبع جریان مستقیم مجزا گرفته شود، در این حالت انتخاب گسترده ای از مواد برای آند کمکی شامل برخی از موادی که مصرف نمی‌شود (سامانه جریان اعمالی) وجود دارد.

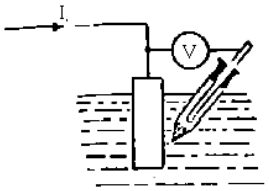
در شکل۱۲-ب جدا بودن منطقه آندی (A) از منطقه کاتدی (C) نشان داده شده است تا این که بتوان جریانهای دو منطقه را مشاهده نمود. ملاک حفاظت کاتدی این است که جریان در مدار آندی تا صفر کاهش داده شده یا معکوس گردد. به هرحال، آندها و کاتدها غالب اوقات قسمت هایی از یک سطح فلزی بوده (همانگونه که در شکل ۱۱ نشان داده شده است) و مناطق آندی مجزا ممکن است کوچک باشند.

confirm that cathodic protection has been achieved by measuring the relevant current. For most of the metals commonly encountered, however, it is possible to state values of metal/electrolyte potential at which corrosion does not occur in environments such as soil or natural waters.

* Electromotive force.

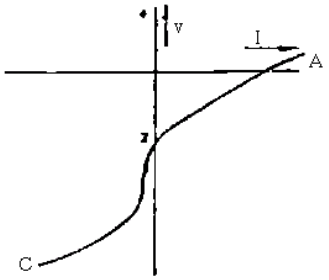
بنابراین در بیشتر موارد تأیید انجام حفاظت کاتدی با اندازه گیری جریان غیرممکن است. اگر چه بطور عادی برای بیشتر فلزات امکان دارد گفته شود مقادیری از پتانسیل: فلز/الکترولیت در محیطهای نظیر خاک یا آب طبیعی وجود دارد که خوردگی رخ نمیدهد.

* نیروی محرکه الکتریکی



a) Circuit

الف) مدار



b) Polarization curve

ب) منحنی پلاریزاسیون

Fig. 9-MEASUREMENT OF POLARIZATION

شکل ۹- اندازه گیری پلاریزاسیون

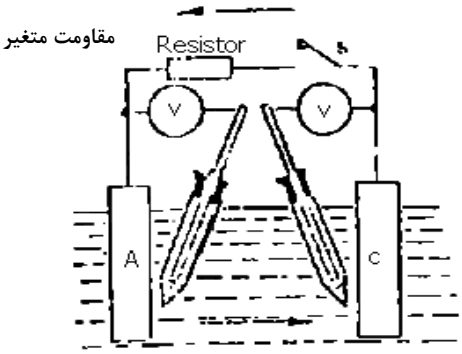
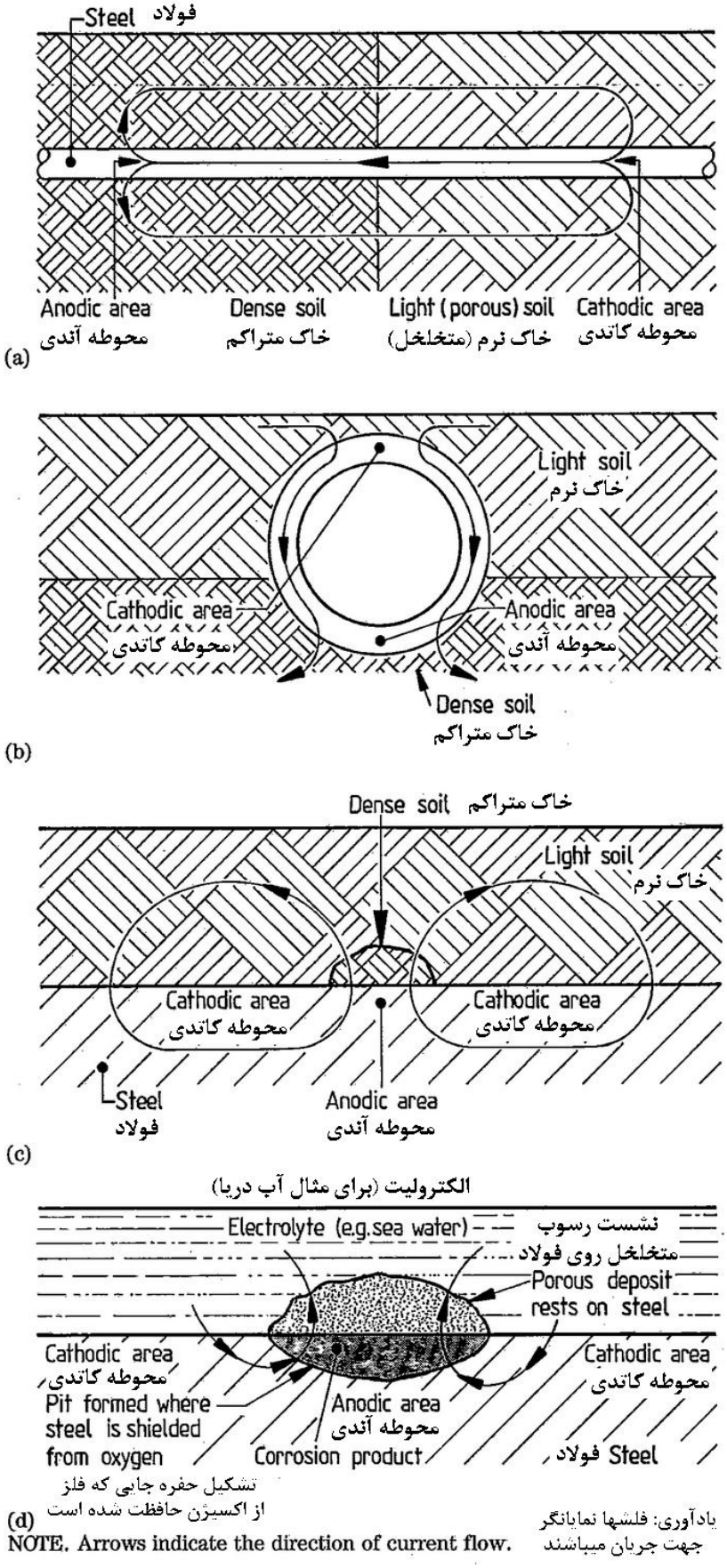


Fig. 10- CELL

شکل ۱۰- پیل



NOTE. Arrows indicate the direction of current flow.

Fig. 11-CELLS DUE TO THE DIFFERENTIAL AERATION

شکل ۱۱- پیل هایی که به علت مجاورت با هوای مختلف تشکیل میشود

a) Corrosion cell
A. Anode
C. Cathode
I. Current

b) Cathodic Protection
AA. Auxiliary Anode
I'. Protection Current

a) پیل خوردگی
A) آند
C) کاتد
I) جریان

b) حفاظت کاتدی
AA) آند کمکی
I) جریان حفاظتی

Fig. 12-THE BASIS OF CATHODIC PROTECTION

شکل ۱۲- مبانی حفاظت کاتدی

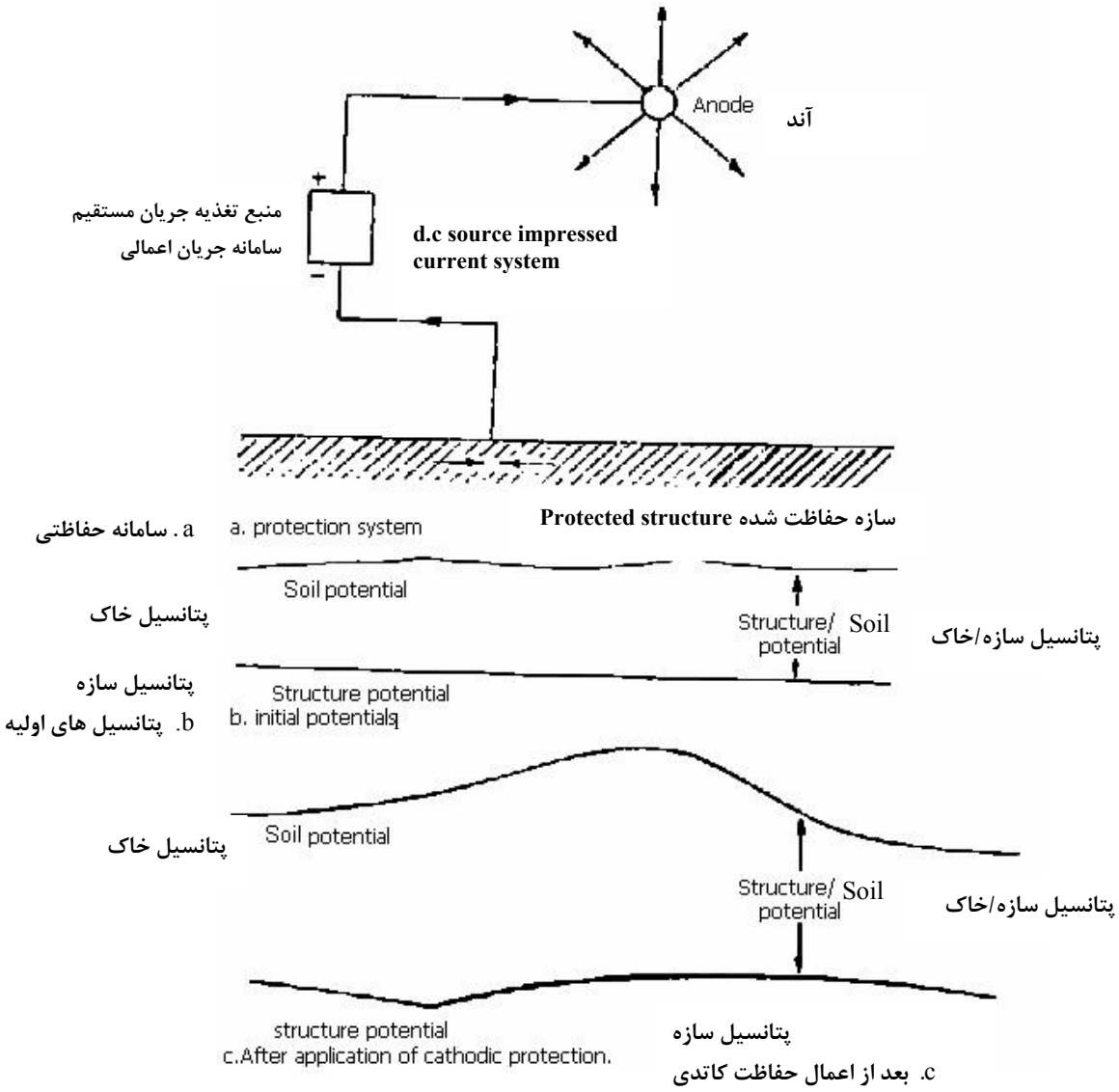


Fig. 13- CATHODIC PROTECTION SYSTEM AND DISTRIBUTION OF STRUCTURAL/ELECTROLYTE POTENTIAL

شکل ۱۳- سامانه حفاظت کاتدی و توزیع پتانسیل سازه/الکترولیت

A.2 Considerations Applicable to Most Types of Structures

A.2.1 Range of application

Cathodic protection can, in principle, be applied to any metallic structure or plant that is in contact with mass of soil or water. The application of cathodic protection to metal surfaces that are intermittently immersed for example due to the action of tides, may also be beneficial.

However, economic considerations sometimes restrict the range of application. It may, for example, be uneconomical to protect certain types of existing structure because the cost of making them suitable for cathodic protection is excessive.

The function of the structure or plant under consideration will determine the benefit to be expected by suppressing corrosion. Thus, a certain amount of attack in the form of pitting may be tolerable on some structural members while the same severity of attack would cause failure of a pipe. If the consequences of penetration by corrosion are important, for example hazards due to leakage of a flammable gas or liquid, or interruption of the operation of a large plant or the failure of a ship's plate, the need to ensure complete reliability will become overriding and cathodic protection would be regarded as economical even under otherwise unfavorable circumstances.

A.2.2 Basis of design

It has been shown in section 1 of this Appendix that cathodic protection is achieved by causing current to flow from the surrounding electrolyte into the structure at all points, the criterion being that the structure/electrolyte potential is, at all positions, more negative than the appropriate protective potential given in Section 7 of this Standard. Fig. 13 represents, in outline, the system required, which consists of a buried or immersed anode, a connection to the structure to be protected and (in the case of impressed current systems only) a source of e.m.f.

الف-۲ ملاحظات کاربردی در بیشتر انواع سازه ها

الف-۲-۱ دامنه اجرا

اصولاً حفاظت کاتدی میتواند به هر سازه فلزی یا واحدی که در تماس با توده ای از خاک یا آب باشد اعمال شود. همچنین اجرای حفاظت کاتدی به سطوح فلزی که به نوبت غوطه ور میشوند برای مثال به علت جزر و مد، ممکن است مفید باشد.

بهرحال، بعضی اوقات ملاحظات اقتصادی دامنه اجرا را محدود میسازد. ممکن است برای مثال حفاظت واقعی انواع سازه موجود غیراقتصادی باشد زیرا هزینه ساخت آنها برای حفاظت کاتدی مناسب بیش از حد میشود.

عملکرد سازه یا واحد تحت ملاحظات کاربردی، سودمندی مورد انتظار بوسیله جلوگیری از خوردگی را تعیین خواهد کرد. بدین ترتیب مقدار معینی از حمله به شکل حفره ای ممکن است در برخی از اجزاء سازه قابل قبول باشد در عین حال حمله شدید مشابه باعث خرابی یک لوله میشود. اگر اثرات نفوذ توسط خوردگی مهم هستند، برای مثال خطرات ناشی از نشت یک گاز یا مایع قابل اشتعال، یا قطع عملیات یک واحد بزرگ یا خرابی یک ورقه کشتی، مستلزم این است که اطمینان کامل حاصل شود که حفاظت کاتدی حتی در شرایط نامساعد اقتصادی در نظر گرفته شود.

الف-۲-۲ مبانی طراحی

در قسمت ۱ این پیوست نشان داده شده است که حفاظت کاتدی به علت عبور جریان در تمام نقاط از الکترولیت اطراف به طرف سازه انجام میشود. ملاک این است که پتانسیل سازه به الکترولیت در تمام رده‌ها، منفی‌تر نسبت به پتانسیل حفاظتی مناسب داده شده در قسمت ۷ این استاندارد باشد. شکل ۱۳ به طور خلاصه سامانه مورد نیاز شامل یک آند مدفون یا غوطه‌ور، یک اتصال به سازه‌ای که قرار است حفاظت شود و (فقط در حالت سامانه‌های جریان اعمالی) یک منبع e.m.f را معرفی مینماید.

Current flows in the metallic parts of the circuit in the directions indicated by the arrows and returns through the electrolyte (soil or water) to the protected structure. When the potential drop through the electrolyte and/or the structure is appreciable, the potential change due to the cathodic protection is non-uniform as shown in the lower parts of the Figure 13. The following factors tend to increase the non-uniformity of the cathodic protection:

a) Small separation between the anode and the structure (particularly if the electrolyte resistivity is high).

b) High resistivity of soil or water (particularly if anodes are close to the structure).

c) High current density required to protect the structure .The current density will be governed by the quality of the coating,if any, and the availability of oxygen at the surface of the metal or the activity of anaerobic bacteria (see A.1.1.5).

d) High electrical resistance between different parts of the structure.

The tendency for the current density to be highest at points nearest the anode may occasionally be an advantage since it is possible to concentrate the effect at a point where it is most needed. For example, when corrosion of iron or steel occurs due to proximity of a more electropositive metal, the attack is often local; only a small proportion of the surface may require protection.

Normally, however, the whole of the metal surface is to be protected and non-uniformity, as shown in Fig. 13, is uneconomical because some parts of the surface receive more current than is required to attain the protection potential. Moreover, since the potential should, generally, not be made too strongly negative for the reasons given in A.2.5.1 it may be impossible to compensate for poor initial design by increasing the current and thereby making the potential more negative. Additional anodes will therefore be needed and, in the case of

جریان در بخشهای فلزی مدار در جهات نشان داده شده توسط پیکان عبور مینماید و از طریق الکترولیت (خاک یا آب) به سازه که قرار است حفاظت شود برمیگردد. وقتی که افت پتانسیل از طریق الکترولیت و یا سازه قابل توجه باشد؛ تغییر پتانسیل به علت حفاظت کاتدی همانگونه که در بخش های ضعیف‌تر شکل ۱۳ نشان داده میشود یکنواخت نمیباشد. عوامل زیر تمایل به غیریکنواختی حفاظت کاتدی را افزایش میدهد:

الف) فاصله کم بین آند و سازه (به ویژه اگر مقاومت مخصوص الکترولیت زیاد باشد).

ب) مقاومت مخصوص زیاد خاک یا آب (به ویژه اگر آندها به سازه نزدیک باشند).

ج) دانسیته بالای جریان برای حفاظت سازه لازم است. در صورت وجود پوشش، دانسیته جریان تابعی از کیفیت پوشش و حضور اکسیژن در سطح فلز یا فعالیت باکتریهای بی‌هوازی خواهد بود (به بند الف-۱-۱-۵ مراجعه شود).

د) مقاومت الکتریکی زیاد بین بخشهای مختلف سازه.

تمایل به داشتن بالاترین دانسیته جریان در نزدیکترین نقاط به آند ممکن است گاهی سودمند باشد زیـرا امکان دارد در یک نقطه ای که بیشترین نیاز وجود دارد به طور متمرکز اثر داشته باشد. برای مثال وقتی که خوردگی آهن یا فولاد به علت مجاورت با یک فلز الکتروپوزیتیو رخ میدهد، غالب اوقات حمله موضعی میباشد، تنها یک نسبت کوچکی از سطح ممکن است نیاز به حفاظت داشته باشد.

به طور عادی، بهرحال، تمام سطح فلز که قرار است حفاظت شود، و غیر یکنواختی بهمان اندازه که در شکل ۱۳ نشان داده شده غیراقتصادی است زیرا پاره‌ای از بخشهای سطح جریانی بیش از نیاز برای حفاظت کاتدی را دریافت مینمایند. علاوه بر این چون عموماً پتانسیل منفی بسیار قوی به دلایل ارائه شده در بند الف-۲-۵-۱ نمیسازد ممکن است جبران طراحی ضعیف اولیه با افزایش جریان و بدان وسیله ایجاد پتانسیل منفی بیشتر امکان نداشته باشد.

protection by impressed current on extensive structures, this will also entail the provision of additional sources of e.m.f. Thus, if the use of cathodic protection is envisaged, a first step is to consider whether the structure or plant can be designed, or modified if it already exists, in such a way as to make the installation of cathodic protection more economical. These aspects are discussed further in A.2.3. Consideration should also be given to the correct placing of anodes both as regards separation from the structure and their distribution over the surface. When structures such as pipelines are being protected with impressed current, considerations such as the availability of power supplies may, however, have an important bearing on the design.

بنابراین آندهای اضافی لازم بوده و، در این حالت حفاظت با جریان اعمالی روی سازه‌های وسیع، همچنین متضمن تدارک e.m.f اضافی میباشد. بنابراین اگر استفاده از حفاظت کاتدی در نظر باشد، اولین گام این است که توجه شود سازه یا واحدی که قبلاً وجود داشته را میتوان طراحی یا اصلاح نمود، بدین طریق برقراری حفاظت کاتدی اقتصادی‌تر است. این موارد در بند الف-۲-۳ بیشتر مطرح شده است. همچنین باید به قرار گرفتن آندها هم از نظر جدا بودن از سازه و توزیع روی سطح توجه داشت. وقتی سازه‌هایی نظیر خط لوله با جریان اعمالی حفاظت میشوند، ملاحظاتی نظیر دسترسی به منابع تأمین برق ممکن است از مهمترین جهت گیری در طراحی باشد.

The characteristic of two systems, i.e. galvanic anodes and impressed current, are compared in A.2.4.

ویژگی دو سامانه یعنی آندهای گالوانیکی و جریان اعمالی در بند الف-۲-۴ مقایسه شده است.

Economical design of structure or plant and its associated cathodic protection system entails striking the best possible balance between factors which affect the initial cost (effectiveness of structure coating, electrical conductance between sections of the structure or plant, extent and position of the anode system, number of separate units, etc.) and factors which affect the running cost, notably the power required and frequency of replacement of anodes. There are, in addition, certain considerations which relate only to particular types of structure. For example, in the cathodic protection of ships' hulls or of pumps, consideration should be given to the hydraulic drag arising from the installation of the anodes. In the case of buried structures, possible effects of the direct current flowing in the soil on other structures in the vicinity may also have an important effect on the economics of the scheme (see A.3). There are also some secondary effects of cathodic protection (see A.2.5.1) which need to be taken into account.

طراحی اقتصادی یک سازه یا واحد و سامانه حفاظت کاتدی مربوط به آن مستلزم ایجاد تعادل بین عوامل اثرگذار روی هزینه اولیه (اثر پوشش، هدایت الکتریکی بین قسمت های سازه یا واحد، توسعه و استقرار سامانه آندی، تعداد واحدهای مجزا از یکدیگر و غیره) و عواملی که به طور برجسته روی هزینه جاری برق مورد نیاز و دوره زمانی جایگزینی آندها اثر دارند، می‌باشد. ملاحظات واقعی دیگری که فقط به انواع خاص سازه بستگی دارد وجود دارد. برای مثال، در حفاظت کاتدی بدنه کشتی یا تلمبه‌ها به تاثیر هیدرولیکی ناشی از نصب آندها باید توجه شود. در حالتی که سازه ها مدفون هستند، اثرات احتمالی عبور جریان مستقیم در خاک به سایر سازه های مجاور اثر مهمی روی اقتصادی بودن طراحی داشته باشد (به بند الف-۳ مراجعه شود). همچنین پاره‌ای اثرات ثانوی حفاظت کاتدی وجود دارد که باید در نظر گرفته شوند (به بند الف-۲-۵-۱ مراجعه شود).

A.2.3 Design or modification of structures to be protected

A.2.3.1 Electrical continuity

It may be necessary to install continuity bonds between different sections of the structure or plant before cathodic protection is applied. The resistance of these bonds should be sufficiently low to ensure that the potential drop due to the passage of the protective current through the structure is small (see A.2.2). In the case of impressed current installations, it may be economical to improve connections between different parts of the structure, even though metallic connections already exist, in order to reduce the total resistance.

It should be noted that if the structure is not metallically continuous, part of the protection current flowing in the electrolyte towards a protected section may pass through isolated sections of the structure. Corrosion may be accelerated where such currents are discharged from the structure and return to the electrolyte (see A.3). This accelerated corrosion could be internal where conducting fluids are being conveyed in pipelines.

A.2.3.2 Protective coating (see IPS-E-TP-270)

The function of a coating is to reduce the area of metal exposed to the electrolyte (soil or water). By this means it is possible to reduce greatly the current density required for cathodic protection. As indicated in A.2.2., the fact that the current is spread more uniformly may reduce the number of points at which cathodic protection need to be applied.

A coating should, ideally, have a high electrical resistance and be continuous, i.e., there should be few holidays. It should be resistant to any chemical or bacterial action to which it might be exposed, and should withstand all temperature variations to which it may be subjected; no blisters should exist and the coating should adhere strongly to the surface to be protected; it should have satisfactory aging characteristics and adequate mechanical strength. Ability to resist abrasion may be

الف-۲-۳ طراحی یا اصلاح سازه هایی که قرار است حفاظت شوند

الف-۲-۳-۱ پیوستگی الکتریکی

ممکن است لازم باشد اتصالات دایمی بین قسمت‌های مختلف سازه یا واحد قبل از اعمال حفاظت کاتدی برقرار شود. مقاومت این اتصالات باید به اندازه کافی کم بوده و اطمینان حاصل شود که افت ولتاژ ناشی از عبور جریان حفاظتی از طریق سازه جزیی باشد (به بند الف-۲-۲ مراجعه شود). در مورد تاسیسات جریان اعمالی به منظور کاهش مقاومت کل، اصلاح اتصالات بین بخش‌های مختلف سازه و حتی اتصالات فلزی موجود قبلی ممکن است اقتصادی باشد.

باید یادآور شد که اگر سازه پیوستگی فلزی ندارد، بخشی از جریان عبوری حفاظتی در الکترولیت به طرف قسمت حفاظت شده ممکن است از قسمتهای مجزا شده سازه عبور نماید. خوردگی ممکن است در جایی که چنین جریانهایی از سازه تخلیه شده و به الکترولیت برمیگردد (به بند الف-۳ مراجعه شود) تشدید شود. این خوردگی تشدید شده میتواند هر کجا که سیال‌های هادی در خطوط لوله انتقال دارند داخلی باشد.

الف-۲-۳-۲ پوشش محافظ (به استاندارد IPS-E-TP-270 مراجعه شود)

وظیفه یک پوشش، کاهش سطح فلز در تماس با الکترولیت (خاک یا آب) میباشد. با این روشها امکان دارد دانسیته جریان مورد نیاز برای حفاظت کاتدی را به مقدار زیادی کاهش داد. همانگونه که در بند الف-۲-۲ نشان داده شده است در واقع جریانی که به طور خیلی یکنواخت توزیع می‌شود، می‌تواند تعداد نقاطی که نیازمند حفاظت کاتدی هستند را کاهش دهد.

یک پوشش ایده‌آل باید مقاومت الکتریکی بالا و پیوستگی داشته باشد. یعنی باید تعداد کمی هالیدی وجود داشته باشد. پوشش باید به هرگونه مواد شیمیایی یا فعالیت باکتریهایی که ممکن در تماس با آن قرار گیرد مقاوم بوده، و در مقابل کلیه تغییرات دمایی ایستادگی نماید؛ بدون تاول و به طور محکم به سطحی که باید حفاظت شود، چسبندگی داشته باشد. پوشش باید خواص مقاومت در برابر پیر شدن رضایت بخش و استحکام مکانیکی کافی

important in some applications.

داشته باشد. توانایی مقاومت در برابر سایش در برخی کاربردها ممکن است مهم باشد.

Coatings may take the form of paints, or materials such as bitumen and coal tar which are often reinforced with glass fiber or other fibrous material. Plastics sheet or tapes may also be used for certain structures. The most suitable form of coating depends on the type of structure and its environment; more particular information is given in IPS-E-TP-100 and IPS-E-TP-270. In deciding upon the type of coating to be used, the aim should be to achieve overall economy in the combined cost of the protected structure and of the initial and running costs of the protection schemes. Due regard should be paid to the life expected of the structure and to the economics of preparing the coating should this become necessary.

پوشش ها ممکن است به شکل رنگ ها یا موادی نظیر قیر نفتی و کولتار باشند که غالب اوقات بـا الیاف شیشه، یا دیگر ماده الیافی تقویت می‌شوند. ورق پلاستیکی یا نوارها ممکن است همچنین برای برخی سازه ها بکار روند. مناسبت ترین شکل پوشش بستگی بـه نوع سازه و محیط آن دارد. اطلاعـات ویژه بیشتـر در IPS-E-TP-100 و IPS-E-TP-270 ارائه گردیده است. تصمیم برای بکارگیری نوع پوشش، باید با هدف اقتصاد کل مرکب از هزینه اولیه سازه حفاظت شده و هزینه جاری طرحهای حفاظتی باشد. بهمین علت باید به عمر سازه و اقتصادیات تهیه پوشش لازم، توجه داشت.

In the case of buried structures, a secondary but important function of the coating is to reduce the potential gradients in the surrounding soil thereby decreasing interaction with neighboring buried structures (see A.3).

در مورد سازه‌های مدفون، یک عملکرد ثانوی اما مهم پوشش، کاهش گرادیان های ولتاژ خاک در اطراف آن و در نتیجه کاهش اثرات متقابل با سازه های مدفون همسایه است (به بند الف-۳ مراجعه شود).

The protection current, particularly if strongly negative potentials are used, may produce sufficient alkali (see A.1.1.5) to affect the coating adversely. The extent to which coatings are alkali resistant is therefore important in some applications. This is further discussed in A.2.5.1. It is, however, possible to give only general information in respect of coatings. If, in a particular case, the coating performance was critical, it would be desirable to determine the properties by test beforehand.

جریان حفاظتی، به خصوص اگر پتانسیل های منفی قوی بکار رود، ممکن است قلیای کافی تولید (به بند الف-۱-۱-۵) نماید که بر پوشش اثر نامطلوب گذارد. بنابراین اندازه مقاومت قلیایی پوشش‌ها در پاره‌ای کاربردها مهم میباشد. تشریح بیشتر در بند الف-۲-۵-۱ آمده است. بهرحال امکان دارد به طور کلی فقط اطلاعاتی در ارتباط با پوشش ها ارائه گردد. اگر در حالت ویژه، عملکرد پوشش بحرانی باشد مطلوب است که خواص آن قبلاً توسط آزمون تعیین شود.

Concrete cannot be considered to be a substitute for an insulating coating and such a coating should be provided in addition wherever possible.

بتن را نمیتوان به عنوان یک جایگزین برای یک پوشش عایقی در نظر گرفت و علاوه بر آن یک چنین پوششی باید هر جائیکه امکان دارد فراهم شود.

Metal spraying is not treated as a coating for the purposes of this Standard; its use in conjunction with cathodic protection is unlikely.

پاشش فلزی به عنوان یک پوشش از اهداف این استاندارد تلقی نمیشود، استفاده از آن همراه با حفاظت کاتدی بعید به نظر میرسد.

The adverse effect of a non-adherent coating shall not be oversimplified.

اثر نامطلوب یک پوشش غیرچسبنده را نباید نادیده گرفت.

A non-adherent coating is a barrier that will prevent from a pipeline, the flow of cathodic

یک پوشش غیرچسبنده سدی است که از عبور جریان

protection current from soil. In other words cathodic protection current could not flow to the pipe metal through the soil or water between the nonadherent coating and pipe metal.

حفاظت کاتدی از خاک به خط لوله جلوگیری مینماید. به عبارت دیگر جریان حفاظت کاتدی نمیتواند از طریق خاک یا آب بین پوشش غیرچسبنده و لوله فلزی عبور نماید.

However, if the disbonded or non-adherent coating (which acts as a cathodic shield) is sufficiently porous to absorb enough soil moisture to become conductive, the moisture may pass enough current to protect the pipe metal (which is in contact with soil or water) under the non-adherent or disbonded coating. Such a disbonded coating would not then act as a complete shield or barrier. This phenomenon has been proved beyond doubt on a number of gas transmission pipeline running through marshy land or terrain with low water levels.

به هرحال، اگر پوشش جداشده یا غیرچسبنده (که به عنوان یک سپر حفاظتی عمل مینماید) به اندازه کافی متخلخل باشد رطوبت خاک را به اندازه کافی جذب نموده و هادی میشود، رطوبت ممکن است جریان کافی جهت حفاظت لوله (که در تماس با خاک یا آب میباشد) زیر پوشش غیرچسبنده یا جدا شده منتقل نماید. پوشش های جدا شده از این دست دیگر به عنوان یک غلاف یا مانع کامل عمل نمی نماید. بی شک این پدیده برای تعداد زیادی از خطوط لوله انتقال گاز که از اراضی با تلاقی یا زمین با سطح آب کم عبور مینمایند ثابت شده است.

A.2.3.3 Isolation

It often happens that a well-coated structure, to which cathodic protection could be applied economically, is connected to an extensive and poorly coated metallic structure the protection of which is not required or would be uneconomical. In such a case, the well-coated structure shall be isolated before applying cathodic protection to it. In the case of coated pipelines for example, the inclusion of isolating joints and terminal installations is normally considered to be essential.

الف-۲-۳-۳ جداسازی الکتریکی

اغلب اتفاق می‌افتد که یک سازه پوشش شده خوب که حفاظت کاتدی می‌تواند به صورت اقتصادی در آن اعمال گردد، به یک سازه فلزی بزرگ با پوشش ضعیف که حفاظت لازم ندارد یا غیراقتصادی است متصل می‌شود. در یک چنین حالتی سازه ای که خوب حفاظت میشود باید قبل از اعمال حفاظت کاتدی جداسازی الکتریکی شود. برای مثال، در نظر گرفتن اتصالات جداسازی برای تاسیسات پایانه‌ای عموماً ضروری به نظر می رسد.

A further application is the isolation of a section of a structure to prevent or reduce excessive effects on neighboring structures due to interaction (see A.3). If the isolated section is so placed that the required continuity of the structure is interrupted, this should be restored using insulated cable. It may, on occasion, be desirable to shunt an isolating device by means of a resistor. For example by choosing an appropriate value for the resistor, it might be possible to adjust the current so that it is sufficient to protect the relevant section of the structure but is insufficient to cause unacceptable interaction on nearby structures.

کاربرد دیگر، جداسازی الکتریکی قسمتی از یک سازه برای جلوگیری یا کاهش اثرات زیاد بر سازه‌های همسایه، ناشی از تاثیر متقابل الکتریکی (به بند الف-۳ مراجعه شود) میباشد. اگر قسمت جدا شده به گونه‌ای قرار گرفته که پیوستگی مورد نیاز سازه برآورده نشده است، باید با بکارگیری کابل روکش دار برطرف شود. در صورت لزوم ممکن است بطور مطلوب قطعه جداسازی الکتریکی را توسط یک شنت (مقاومت) شود. برای مثال با انتخاب نمودن مقدار مناسب مقاومت، تنظیم جریان باید به گونه‌ای باشد که برای حفاظت قسمت مربوطه سازه کافی باشد، اما سبب تداخل غیرقابل قبول روی سازه های مجاور نشود.

Isolating joints are sometimes required part of the safety precautions at oil terminal jetties (see A.4.4.2 (e)). They should not be installed in above-ground situations where concentrations of flammable gas or vapor

اتصالات جداسازی گاهی بخش لازمی از اقدامات ایمنی در اسکله‌های پایانه‌ای را تشکیل میدهند (به بند الف-۴-۴-۲ "هـ" مراجعه شود). آنها را نباید روی زمین در محلی که غلظت های گاز قابل اشتعال یا بخار وجود دارد نصب نمود

occur (see A.4.4.2 (d)).

The protection of only part of a structure may accelerate the corrosion of nearby isolated sections of the structure as explained in A.2.1 and A.3. For this reason it may be advisable to apply a coating with a particularly high insulation resistance to the protected section of the structure where it is near unprotected equipment or to take the other measures described in A.3.2.2 to prevent possible damage.

With equipment containing electrolytes, corrosion could similarly occur on the inner surface of the unprotected section. With highly conducting fluids, for example brine, such corrosion could well be rapid. For this reason the inclusion of isolating devices, for example, pipelines containing seawater or strong brine is inadvisable (see also A.3.6).

A.2.4 Comparison of the various systems

The advantages and disadvantages of the galvanic anode and impressed current methods are set out in Table 1.A. A further method known as electric drainage which is applicable only to structures affected by stray currents flowing in the soil, and may have advantages in suitable cases.

(به قسمت "ب" بند الف-۴-۴-۲ مراجعه شود) نصب نمود.

حفاظت کردن فقط بخشی از یک سازه ممکن است خوردگی قسمتهای عایق شده مجاور سازه را همانگونه که در بند الف-۲-۱ و الف-۳ تشریح گردید تشدید نماید. به همین دلیل ممکن است اعمال یک پوشش، مخصوصاً با مقاومت عایقی بالا، روی قسمت حفاظت شده از سازه که در نزدیکی تجهیزات بدون حفاظت میباشد یا اقدامات دیگری که در الف-۳-۲-۲ جهت جلوگیری از خسارت احتمالی تشریح گردیده است انجام گیرد.

در تجهیزاتی که حاوی الکترولیت ها هستند، خوردگی به طور مشابه روی سطح داخلی قسمت حفاظت نشده اتفاق می‌افتد. در سیالات با رسانایی بسیار بالا، برای مثال آب نمک، چنین خوردگی میتواند سریع باشد. به همین دلیل در نظر گرفتن قطعه های عایقی، برای مثال خطوط لوله حاوی آب دریا یا آب نمک قوی دور از مصلحت میباشد (به بند الف-۳-۶ مراجعه شود).

الف-۲-۴ مقایسه سامانه های مختلف

مزایا و معایب روشهای آند گالوانیک و جریان اعمالی در جدول ۱-الف نشان داده شده است. روش دیگری به عنوان تخلیه الکتریکی شناخته شده است که فقط قابل اعمال بر روی سازه‌هایی است که توسط جریان های سرگردان در خاک تحت تأثیر قرار دارند، و ممکن است در حالتهای مناسب مزایایی داشته باشد.

TABLE A.1 - A COMPARISON OF GALVANIC ANODE AND IMPRESSED CURRENT SYSTEMS

جدول الف-۱ مقایسه سامانه های آند گالوانیکی و جریان اعمالی

GALVANIC ANODES آندهای گالوانیکی	IMPRESSED CURRENT جریان اعمالی
1- They are independent of any source of electrical power. ۱- آنها مستقل از هر منبع تغذیه الکتریکی هستند.	1- Requires a mains supply or other source of electric power. ۱- به یک تأمین کننده اصلی یا منبع تغذیه الکتریکی نیاز دارد.
2- Their usefulness is generally restricted to the protection of well-coated structures or the provision of local protection, because of the limited current that is economically available. ۲- کاربری آنها عموماً بـه حفاظت سازه هایی که به خوبی پوشش شده اند یا حفاظت موضعی دارند محدود شده، به واسطه این که جریان محدودشده‌ای از نظر اقتصادی در دسترس میباشد.	2- Can be applied to a wide range of structures including, if necessary, large, uncoated structures. ۲- در صورت ضرورت میتوان بـه دامنه وسیعی از سازه ها شامل، سازه‌های بزرگ، فاقد پوشش اعمال نمود.
3- Their use may be impracticable except with soils or waters with low resistivity. ۳- استفاده از آنها به استثنای خاکها یا آبهای با مقاومت مخصوص کم ممکن است غیرعملی باشد.	3- Use is less restricted by the resistivity of the soil or water. ۳- کاربرد آن نسبت به تغییرات مقاومت مخصوص خاک یا آب محدودیت کمتری دارد.
4- They are relatively simple to install; additions may be made until the desired effect is obtained. ۴- نصب آنها نسبتاً ساده میباشد، علاوه بر این که ممکن است تا به دست آمدن اثر مطلوب ساخته شود.	4- Needs careful design although the ease with which output may be adjusted allows unforeseen changing conditions to be catered for. ۴- احتیاج به طراحی دقیق دارد گرچه به سادگی ممکن است خروجی را با تغییرات شرایط پیش بینی نشده تنظیم و مطابق سلیقه درآورد.
5- Inspection involves testing, with portable instruments, at each anode or between adjacent pairs of anodes. ۵- بازرسی شامل آزمایش با دستگاههای قابل انتقال در هر آند یا بین یک جفت آند مجاور هم می شود.	5- Needs inspection at relatively few positions; instrumentation at points of supply can generally be placed where it is easily reached. ۵- در مواضع کمی نیاز به بازرسی دارد، به طور کلی دستگاه را میتوان در نقاط تهیه در جایی مستقر کرد که دسترسی به آن ساده میباشد.
6- They may be required at a large number of positions. Their life varies with conditions so that replacements may be required at different intervals of time at different parts of a system. ۶- ممکن است مواضع متعدد زیادی برای آنها لازم باشد. عمر آنها با شرایط تغییر کرده به طوری که جایگزینی در فواصل مختلف زمانی در بخشهای مختلف یک سامانه نیاز میباشد.	6- Requires generally a small total number of anodes. ۶- به طور کلی به تعداد کمی از کل آندها نیاز دارد.
7- They are less likely to affect any nearby neighboring structures because the output at any one point is low. ۷- برای این که خروجی در هر نقطه کم است، آنها اثر احتمالی کمی بر سازه های همسایه نزدیک دارند.	7- Requires the effects on other structures that are near the groundbed of protected structures to be assessed but interaction is often easily corrected, if necessary. ۷- نیاز است اثرات روی سایر سازه ها که در نزدیکی بستر آندی سازه های حفاظت شده قرار دارند ارزیابی شود اما تداخلی کراراً اگر لازم باشد به آسانی اصلاح میشود.

TABLE A.1 (continued)
جدول الف-۱ (ادامه)

GALVANIC ANODES آندهای گالوانیکی	IMPRESSED CURRENT جریان اعمالی
8- Their output cannot be controlled but there is a tendency for their current to be self-adjusting because if conditions change such that the metal to be protected becomes less negative, driving e.m.f., and hence current, increases. It is possible, by selection of material, to ensure that the metal cannot reach a potential that is sufficiently negative to damage paint.	8-Requires relatively simple controls and can be made automatic to maintain potentials within close limits despite wide variations of conditions. Since the e.m.f. used is generally higher than with galvanic anodes the possible effects of ineffective control or incorrect adjustment, for example damage to paintwork or coatings, are greater.
۸- خروجی آنها را نمیتوان کنترل کرد اما تمایلی وجود دارد که جریانشان به صورت خودکار تنظیم شود زیرا اگر شرایط به نحوی عوض شود که فلزی که باید حفاظت شود منفی تر شود، نیروی محرکه e.m.f. و بنابراین جریان، افزایش می یابد. امکان دارد با انتخاب ماده مطمئن شد که فلز نمیتواند به ولتاژی به اندازه کافی منفی برسد که به رنگ آسیب برساند.	۸- به کنترلهای نسبتاً ساده نیاز داشته و میتوان پتانسیل ها را، با اینکه تغییرات شرایط وسیع میباشد، در محدوده‌های نزدیک بهم نگهداشت. چون نیروی محرکه الکتریکی مصرف شده بطور کلی بیشتر از آندهای گالوانیکی میباشد امکان اثرات کنترل غیرموثر یا تنظیم غلط برای مثال آسیب به کار رنگ یا پوششها بیشتر است.
9- Their bulkiness may restrict flow and/or cause turbulence and restrict access in circulating water systems. They introduce drag in the case of ships' hulls.	9- Allows of more compact anodes by the use of suitable materials; drag is negligible.
۹- وجود آنها ممکن است جریان را محدود سازد و یا باعث تلاطم و محدودیت دسترسی به سامانه های آب گردشی شود. در مقاومت بدنه کشتی مطـــرح می باشند.	۹- می‌توانیم از بسترهای متراکم آندی و مواد مناسب استفاده کنیم، مقاومت آنها قابل چشم پوشی است.
10-They may be bolted or welded directly to the surface to be protected thus avoiding the need to perforate the metal of ships' hulls, plant to be protected internally, etc.	10- Requires perforation in all cases on ships' hulls, plant to enable an insulated connection to be provided.
۱۰- آنها را ممکن است مستقیماً به سطحی که قرار است حفاظت شود پیچ کرده یا جوشکاری نمود، اما از سوراخ کردن بدنه کشتی اجتناب شود. دستگاه از داخل حفاظت میشود، غیره.	۱۰- در تمام حالات نیاز به سوراخ نمودن بدنه کشتی داشته برای دستگاه میتوان یک اتصال عایق شده فراهم نمود.
11- Their connections are protected cathodically.	11- Requires high integrity of insulation on connection to the positive side of the rectifier which are in contact with soil or water: otherwise they will be severely corroded.
۱۱- اتصالاتشان دارای حفاظت کاتدی است.	۱۱- در اتصالات به سمت مثبت یکسوکننده که در تماس با خاک یا آب میباشد به یکپارچگی بسیار زیاد عایق نیاز است. در غیر این صورت به شدت خورده میشود.
12- They cannot be misconnected so that polarity is reversed.	12- Requires the polarity to be checked during commissioning because misconnection, so that polarity is reversed, can accelerate corrosion.
۱۲- آنها را نمیتوان جدا نمود برای این که قطبیت معکوس میشود.	۱۲- نیاز است در حین راه اندازی قطبیت آزمایش شود زیرا با اتصال اشتباه قطبیت عوض شده و میتواند خوردگی را تشدید نماید.

A.2.5 Special considerations

A.2.5.1 Secondary effects of cathodic protection

It will have been noted from A.1.1.5 that the application of cathodic protection may give rise to secondary effects such as the development of alkalinity or the evolution of hydrogen at the protected surface. The effects that may occur are described in the following paragraphs.

الف-۲-۵ ملاحظات خاص

الف-۲-۵-۱ اثرات ثانوی حفاظت کاتدی

در بند الف-۱-۱-۵ ملاحظه شد که کاربرد حفاظت کاتدی ممکن است موجب اثرات ثانویه نظیر گسترش حالت قلیایی یا آزاد شدن هیدروژن در سطح حفاظت شده، می‌گردد. اثراتی که ممکن است به وجود آید در پاراگراف های زیر تشریح شده است:

a) Alkalinity may cause the deterioration of paints. The effect can be minimized by avoiding the use of very negative potentials and by using paints that are less susceptible to such damage.

الف) حالت قلیایی ممکن است سبب فساد رنگها شود. این اثر را میتوان با اجتناب از بکارگیری پتانسیل های خیلی منفی و با استفاده از رنگهایی که کمتر به چنین خسارتهایی حساس باشند به حداقل رساند.

b) Alkalinity causes, in the case of seawater or similar solutions, a white calcareous deposit (chalking). This is beneficial since the current density needed to maintain cathodic protection is reduced. If, however, formation of the deposit is excessive, water passages may be obstructed or moving parts impeded.

ب) حالت قلیایی سبب ته نشست آهکی سفید (chalking)، در مورد آب دریا یا حلالهای مشابه، می‌شود. این سودمند است چون دانسیته جریان مورد نیاز حفاظت کاتدی را کاهش میدهد. به هرحال، اگر تشکیل رسوب افزایش یابد، مسیر آب عبوری ممکن است مسدود شده یا مانع جابجایی اجزا شود.

c) Aluminum is corroded in alkaline environments and can therefore be cathodically protected only if the potential is maintained within certain limits (see Table 1 Note 2).

ج) آلومینیوم در محیط های قلیایی خورده میشود بنابراین فقط اگر پتانسیل در محدوده‌ای معین نگهداری شود میتواند حفاظت کاتدی شود (به جدول ۱ یادآوری ۲ مراجعه شود).

Since Aluminum is an amphoteric metal and sensitive to Alkali, cathodic protection of aluminum pipe is a special problem. The reaction in a cathodic protection circuit generates alkali at the cathodic surface. If too much cathodic protection is applied, the alkalinity at the surface of an aluminum pipe may become strongly enough to consume the aluminum chemically. The danger is that a buried aluminum pipeline under strong cathodic protection actually may corrode faster than it would if not cathodically protected at all.

چون آلومینیوم یک فلز دو خصلتی و حساس به مواد قلیایی است، حفاظت کاتدی لوله آلومینیومی یک مشکل خاص میباشد. واکنش در یک مدار حفاظت کاتدی در سطح کاتدی تولید قلیا میکند. اگر حفاظت کاتدی بیش از حد اعمال شود، میزان قلیائیت در سطح یک لوله آلومینیوم ممکن است به اندازه کافی زیاد شود تا آلومینیوم را به طور شیمیایی مصرف کند. خطر این است که خط لوله آلومینیومی مدفون تحت حفاظت کاتدی بیش از حد، عملاً سریعتر از این که ابداً حفاظت کاتدی نداشته باشد، خورده شود.

d) exceptionally, lead can be corroded when protected cathodically in an alkaline environment (e.g. cables installed in asbestos-cement pipes).

د) به طور استثنایی، سرب وقتی در یک محیط قلیایی حفاظت کاتدی شود (برای مثال سیمهایی که در لوله های سیمانی پنبه نسوز نصب میشوند) میتواند خورده شود.

e) Hydrogen evolved at strongly negative potentials may create an explosion hazard in enclosed spaces (see A.4.3 and A.4.4).

ه) هیدروژن آزاد شده در پتانسیل‌های منفی تر ممکن است در فضاهای سربسته خطر انفجار ایجاد نماید. (به بند الف-۴-۳ و الف-۴-۴ مراجعه شود).

f) Hydrogen embitterment of high tensile steel is a possible danger.

و) تردی هیدروژنی برای فولاد با استحکام کششی بالا یک خطر محتمل است.

g) Hydrogen produced at flaws in a coating may progressively detach the coating from the surface of the metal.

ز) نفوذ هیدروژن تولید شده در عیوب یک پوشش ممکن است به تدریج پوشش را از سطح فلز جدا نماید.

h) Rust and scale is sometimes detached from a surface during the initial period of

ح) زنگ و رسوب برخی مواقع در زمان اولیه اعمال

operation of cathodic protection and may block water passages or cause other difficulties during a short period. If iron or steel has been seriously corroded, removal of rust that is plugging holes may cause a number of leaks to become apparent during this period.

i) Chlorine may be evolved at the anodes of an impressed current cathodic protection installation if the electrolyte contains chloride. This may cause nuisance or create a hazard (see A.4.4.3)

A.2.5.2 Effects of stray currents from protection installations

Where a protected structure, or the anode(s) or ground-bed(s), lies near to other buried or immersed metallic structures that are not fully insulated from earth, the latter (secondary) structures may, at certain points, pick up a proportion of the protective current due to potential gradients in the soil or water and return it to earth at others. The secondary structures may corrode at these latter points (see A.3).

A.2.5.3 The avoidance of damage or hazard due to overvoltages (see also IPS-I-EL-215)

Over voltages due to faults on power equipment or to lightning may cause serious damage to equipment installed to provide cathodic protection. If isolating joints have been inserted in a protected structure, there is risk of flashover and explosion if the structure contains low flash-point material. The following recommendations shall be read in conjunction with any other relevant standards or Regulations.

A.2.5.3.1 Damage to cathodic protection equipment by overvoltages

The groundbed of a cathodic protection system will often be the best available connection to earth in a particular locality and this may result in the associated equipment being subjected to over voltages or excessive current that originate either from faults on power equipment or lightning as follows:

حفاظت کاتدی از سطح جدا شده و ممکن است مانع عبور آب یا باعث مشکلات دیگر در یک دوره کوتاه شود. اگر آهن یا فولاد به شدت خورده شوند، زدودن زنگی که سوراخها را بسته است، می‌تواند موجب ظاهر شدن تعدادی نشتی در این مدت شود.

ط) اگر الکترولیت دارای یون کلر باشد، گاز کلر در آندهای یک تأسیسات حفاظت کاتدی جریان اعمالی به وجود می‌آید. این امر ممکن است مزاحم یا خطرآفرین باشد (به بند الف-۴-۴-۳ مراجعه شود)

الف-۲-۵-۲ اثرات جریانهای سرگردان تأسیسات حفاظتی

جایی که یک سازه حفاظت شده، یا آند(ها) یا بستر(های) آندی در نزدیکی سازه های فلزی مدفون یا غوطه ور قرار داشته باشند که کاملاً از زمین عایق نشده اند، سازه های بعدی (ثانوی) ممکن است ، در نقاط معینی مقداری از جریان حفاظتی ناشی از گرادیانهای پتانسیل در خاک یا آب را گرفته و در سایر نقاط آن را به زمین برگرداند. این سازه های ثانوی ممکن است در این نقاط اخیر خورده شوند (به بند الف-۳ مراجعه شود).

الف-۲-۵-۳ اجتناب از خسارت یا خطر ناشی از ولتاژهای اضافی (به استاندارد IPS-I-EL-215 مراجعه شود).

ولتاژهای اضافی به علت عیوب دستگاه برقی یا صاعقه ممکن است باعث خسارت جدی به تأسیسات نصب شده جهت تأمین حفاظت کاتدی شود. اگر اتصالات جدا سازی در یک سازه حفاظت شده نصب شده باشد، خطر تخلیه الکتریکی غیرعادی و انفجار اگر سازه حاوی مواد با نقطه اشتعال پایین باشد وجود دارد، پیشنهادات زیر باید در ارتباط با سایر استانداردهای مرتبط یا مقررات قرائت شود.

الف-۲-۵-۳-۱ خسارت به تجهیزات حفاظت کاتدی به وسیله ولتاژهای اضافی

بستر آندی یک سامانه حفاظت کاتدی غالب اوقات بهترین ارتباط قابل دسترس به زمین در یک محل خاص میباشد و در نتیجه آن ممکن است تجهیزات وابسته در معرض ولتاژها یا جریان اضافی یا از خرابیهای تجهیزات برقی یا صاعقه تولید میشود مطابق زیر قرار گیرد:

a) Faults on power equipment via the protective earthing of equipment

In high resistance areas, where it is difficult to obtain a good connection to earth, a system of protective earthing is often employed. This involves the bonding together of all the earth and/or neutral terminals of plant and equipment so that they are at the same potential, although this potential may be appreciably higher than true earth potential.

b) Lightning

Any currents due to strikes to the protected or associated structures are liable to flow to earth via the groundbed. This could damage the meters of the transformer/rectifier equipment and may also damage the rectifier stack. In either case overvoltages can arise across the terminals of the equipment, and a suitable surge diverter or protective "spark gap" should be installed across the output terminals of all transformer/rectifier equipment. Further advice on lightning considerations is given in BS 6651 (1985) (see also IPS-I-EL-215).

A.2.5.3.2 Isolation of buried structures that are associated with a lightning protection system

Care is needed if isolating joints are to be installed in buried structures where lightning protection has been installed in accordance with BS 6651 (1985). That standard requires, that metal cable sheaths, metal pipes and the like entering a building or similar installation should be bonded as directly as possible to the earth termination of the lightning protection system, at the point of entry to the building. This bonding is necessary in order to avoid break down through the soil as a result of a lightning discharge with consequent risk of damage to the pipes, cables, etc.

The installation of isolating joints for cathodic protection purposes where buried structures approach terminal or other installations clearly runs counter to these

الف) خرابیهای تجهیزات برقی از طریق اتصال زمین حفاظتی تجهیزات

در مناطقی با مقاومت بالا، جایی که دستیابی به یک اتصال زمین خوب سخت میباشد، یک سامانه اتصال زمین حفاظتی اغلب به کار میبرند. این مستلزم به هم پیوستن تمام اتصالات به زمین و/یا ترمینالهای خنثی واحد و تجهیزات است به طوری که در یک پتانسیل یکسان قرار دارند، هرچند که این پتانسیل ممکن است از پتانسیل زمین واقعی به طور محسوسی بیشتر باشد.

ب) صاعقه

برخورد هر جریانی به سازه های حفاظت شده یا وابسته به طور قابل اطمینانی از طریق بستر آندی به زمین وارد میشود. این میتواند به وسایل اندازه گیر تجهیزات مبدل/یکسوکننده آسیب زده و همچنین ممکن است به برقگیر یکسوکننده آسیب وارد نماید. در هر دو حالت ولتاژهای اضافی میتواند. در سرتاسر پایانه های تجهیزات به وجود آید، و یک هدایت‌کننده "سرج" افزایش ناگهانی ولتاژ مناسب یا محافظ "اسپارک‌گپ" باید در خروجی ترمینالهای تمام دستگاههای مبدل/ یکسوکننده نصب شود. نصایح اضافی در باره ملاحظات صاعقه در BS 6651 سال ۱۹۸۵ آمده است (همچنین به IPS-I-EL-215 مراجعه شود).

الف-۲-۵-۳-۲ عایق کردن سازه های مدفون شده همراه با یک سامانه حفاظت از صاعقه

اگر اتصالات جداسازی در سازه های مدفون نصب شده‌اند لازم است در جایی کـه حفاظت از صـاعقـه مطابق نیازهای BS 6651 سال (۱۹۸۵) نصب شده است دقت به عمل آید. آن استاندارد ملزم میسازد که پوششهای کابل فلزی، لوله‌های فلزی و مثلاً ورودی یک ساختمان یا تأسیسات مشابه در صورت امکان به طور مستقیم به انتهای اتصال زمین سامانه محافظ صاعقه پیوند شوند. این اتصال به منظور جلوگیری از خراب شدن آن از طریق خاک به علت تخلیه صاعقه و احتمال خطر آسیب وارده به لوله ها، کابلها و غیره ضروری میباشد.

نصب اتصالات جداسازی برای مقاصد حفاظت کاتدی در جایی کـه سازه‌های مدفون نزدیک پایانه یا دیگر تأسیسات میباشد آشکارا با این الزامات تقابل دارد، زیرا جداسازی

requirements since the deliberate electrical separation of the metallic services from other earthed components, including the earth termination of the lighting protection system, could, in the event of a lightning storm, result in a breakdown through the soil or flashover of the isolating joint, with consequent risk of damage or explosion.

عمدی برق سرویسهای فلزی از اتصال زمین دیگر اجزاء ساختمانی، به انضمام اتصال زمینی انتهای سامانه حفاظت از صاعقه، در صورت رعد و برق میتواند باعث خراب شدن آن از طریق خاک یا تخلیه الکتریکی اتصال جدا سازی، با پی آیند خطر تخریب یا انفجار باشد.

To satisfy the opposing requirements, the isolating joints should be bridged by discharge gaps to effect adequate connection between the two earthed systems during the discharge of lighting current. The impulse breakdown voltage of these gaps should lie below that of the isolating joints. The gaps should be capable of discharging lightning currents without sustaining damage and should be encapsulated to provide complete protection from moisture.

به منظور فراهم آوردن الزامات متقابل، اتصالات جداسازی بایستی توسط دهانه‌های تخلیه الکتریکی که ارتباط کافی موثر بین دو سامانه اتصال زمین در حین تخلیه جریان الکتریکی صاعقه را دارند ایجاد شود. قطع نیروی محرکه این دهانها باید زیر اتصالات جداسازی قرار گیرد. این دهانه ها باید توانایی تخلیه جریانهای صاعقه را بدون صدمه دیدن داشته و باید برای حفاظت کامل از رطوبت در محفظه ای قرار گیرند.

A.2.5.3.3 Buried structures in the vicinity of a lightning protection system

الف-۲-۵-۳-۳ سازه های مدفون در مجاورت یک سامانه حفاظت از صاعقه

Where the structures to be cathodically protected pass close to, but are not already incorporated in, a lightning protection system installed to protect some other structure or installation, the question may arise as to the minimum distance between a lighting protection earth and other buried metalwork, for example the groundbed of a cathodic protection system, beyond which the need for bonding as mentioned in A.2.5.3.2 can be discounted.

در جایی که سازه های دارای حفاظت کاتدی از نزدیک هم عبور نمایند، اما قبلاً به سیستم حفاظت از صاعقه که سازه یا تأسیسات دیگر را حفاظت میکنند متصل نشده باشند، ممکن است در رابطه با حداقل فاصله بین اتصال زمین حفاظت از صاعقه و دیگر شبکه فلزی مدفون سوالی مطرح شود، برای مثال بستر آندی یک سامانه حفاظت کاتدی، فراتر از آنچه که برای اتصال اشاره شده در بند الف-۲-۵-۳-۲ گفته شد، می تواند در نظر گرفته نشود.

This distance, S, can be estimated from the relationship S = IR/E where I is the crest value of the lightning current discharged through an earth termination of resistance, R, and E is the impulse break down strength of the soil.

فاصله S، را میتوان از رابطه S = IR/E تخمین زد. که در آن I حداکثر جریان تخلیه صاعقه از طریق مقاومت اتصال زمین R، و E قطع توان لحظه‌ای الکتریکی برای خاک می باشد.

Although no systematic tests have been carried out, tests on a variety of soil specimens have indicated values of E to be from 0.2 kV/mm to 0.5 kV/mm. Assuming the lower of these, together with a current of 200 kA (an exceptionally severe lightning current), separation, S, (in meters) is given by S=R where R is the resistance of the earth electrodes before any bonding to other structures has been carried out. BS 6651 (1985) requires that the resistance to earth of

با وجود این که آزمونهای منظمی انجام نشده است، آزمونهای نمونه‌های مختلف خاک، مقادیر E را از ۰/۲ تا ۰/۵ کیلوولت بر میلیمتر نشان میدهند. با فرض حد پایین با یک جریان ۲۰۰ کیلوآمپر (یک جریان صاعقه شدید) جدایش S، (برحسب متر) S=R میشود، که در آن R مقاومت الکترودهای اتصال زمین قبل از انجام هر پیوندی به دیگر سازه‌ها میباشد. مطابق الزامات BS 6651 سال (۱۹۸۵) مقاومت به زمین تمام سامانه حفاظت از صاعقه

the whole lightning protection system should be not more than 10 ohms (see also IPS-I-EL-215).

نباید بیش از ۱۰ اهم باشد (همچنین به IPS-I-EL-215 مراجعه شود)

A.2.6 Factors affecting design

الف-۲-۶ عواملی که روی طراحی موثرند

The following factors affect the application of the principles outlined previously in this Section.

عواملی که بر اعمال اصول خلاصه شده قبلی در این قسمت اثر دارند به قرار زیر میباشند:

A.2.6.1 Variations of conditions affecting the cathodic protection of buried structures are generally slow. Manually adjusted control equipment is therefore usually sufficient. Automatic control may, however, be required if the structure to be protected is affected by stray currents from electric traction systems; the control system has to be quick acting. Suitable equipment is available. The position of the sensing electrode should be carefully chosen.

الف-۲-۶-۱ شرایط مختلف موثر بر حفاظت کاتـدی سازه-های مدفون عموماً تدریجی میباشند. بنابراین معمولاً تنظیم دستی کنترل تجهیزات کفایت میکند. به هرحال ممکن است کنترل خودکار اگر سازه حفاظت شده تحت تأثیر جریانهای سرگردان سامانه‌های کشش برقی قرار داشته باشد نیاز باشد، سامانه کنترل باید به سرعت عمل نماید. تجهیزات مناسبی در دسترس میباشد. محل الکترود دریافت باید به طور دقیق انتخاب شود.

A.2.6.2 The nature of the coating and the method of application will determine the most negative potential that can be applied without likelihood of coating damage. Conventional limits of structure/soil potential for coal tar and asphaltic pipeline enamels are -2.0 V (off) with an absolute minimum of -2.5 V (off) (copper/copper sulfate reference electrode). Other coatings may be more susceptible to overprotection and the structure/soil potential may need to be limited to less negative values (see A.2.5.1).

الف-۲-۶-۲ طبیعت پوشش و روش اعمال آن پتانسیل منفی بیشتر را تعیین خواهد کرد که میتواند بدون احتمال خسارت به پوشش اعمال گردد. محدوده های متداول پتانسیل سازه به خاک برای خطوط لوله با پوشش های کولتار ذغال سنگ و قیر نفتی ۲- ولت (در حالت خاموش) با حداقل مطلق ۲/۵- (در حالت خاموش) (نسبت به الکترود مرجع مس/سولفات مس) میباشد. سایر پوشش ها ممکن است حساسیت بیشتری به اضافه ولتاژ داشته باشند و ممکن است احتیاج باشد که پتانسیل سازه به خاک به مقادیر منفی کمتری محدود شود.

A.2.6.3 For steel structures, the usual criterion of protection is -0.85 V (without allowance for IR drop error) relative to a copper/copper sulfate reference electrode. Where anaerobic conditions occur and sulfate-reducing bacteria may be present, a more negative value of -0.95 V (without allowance for IR drop error) should be adopted.

الف-۲-۶-۳ برای بیشتر سازه های فولادی، ملاک حفاظتی ۰/۸۵- ولت (بدون در نظر گرفتن خطای اُفت ولتاژ IR) نسبت به الکترود مرجع مس/سولفات مس میباشد. جایی که شرایط بی‌هوازی رخ دهد و باکتری کاهش دهنده سولفات ممکن است حضور داشته باشد، مقدار منفی بیشتر از ۰/۹۵- ولت (بدون مقدار جبرانی برای خطای افت IR) باید اختیار شود.

A.2.6.4 Special backfills can be used to assist in obtaining a low resistance between anodes and the soil.

الف-۲-۶-۴ پشت‌بندهای خاص را میتوان جهت کمک به دستیابی مقاومت کم بین آندها و خاک بکار برد.

A.2.6.5 Special care is needed to avoid accelerating the corrosion of other buried structures by interaction (see A.3).

الف-۲-۶-۵ جهت اجتناب از تشدید خوردگی سایر سازه‌های مدفون توسط تاثیر متقابل (به الف-۳ مراجعه شود) مراقبت خاص لازم است.

A.2.6.6 For buried structures near electric

الف-۲-۶-۶ برای سازه های مدفون نزدیک به سامانه‌های

traction systems, electric drainage can be used (see A.2.6.7).

The application of cathodic protection to a buried or immersed structure (referred to as the primary structure) causes direct current to flow in the earth or water in its vicinity. Part of the protection current traverses nearby buried or immersed pipes, or cables, jetties or similar structures, or ships alongside (termed secondary structures), which may be unprotected and the corrosion rate on these structures may, therefore, increase at points where the current leaves them to return to the primary structure. This effect is described as "corrosion interaction".

A.2.6.7 Electric drainage

In dc traction systems, the negative of the d.c. supply is usually connected to the running rails which are in electrical contact with the soil. Thus the soil will provide an additional path, in parallel with the track, for current flowing from the traction unit towards the point of supply particularly in the case of extensive structures such as pipelines or cables, part of the current flowing in the soil may be picked up in one area and discharged in another, leading to accelerated corrosion.

This can be prevented by bonding the pipeline by cable sheath and armoring to a return rail at the most negative portions of the track, i.e. near sub-stations or where negative feeders are connected to the rails. The bonding cable will then carry most of the return traction current back to the point of supply thus ensuring that the structure receives partial, or sometimes complete cathodic protection. This form of cathodic protection is known as 'electric draining' or 'drainage'.

Under no circumstances should any connection or bonding be made to railway running rails or structures without consultation with, and subsequent written permission from, the railway authorities.

The electric drainage method can be applied in all circumstances because of the likelihood of current reversals in the drainage bond; a rectifier (or other unidirectional device) is

دارای مدار برقی، میتوان تخلیه الکتریکی را بکار برد (به الف-۲-۶-۷ مراجعه شود).

اعمال حفاظت کاتدی به یک سازه مدفون یا غوطه ور (به عنوان مثال سازه اولیه) باعث میشود جریان مستقیم در زمین یا آب مجاور آن جاری شود. بخشی از جریان حفاظتی به سمت لوله های مدفون یا غوطه‌ور نزدیک، یا کابلها، اسکله‌ها یا سازه های مشابه، یا کشتی‌های پهلوی اسکله (به اصطلاح سازه های ثانوی) که ممکن است برود و نرخ خوردگی این سازه ها ممکن است در نقاطی که جریان از آنها به طرف سازه اولیه برگشت مینماید افزایش یابد. این اثر را "تاثیر متقابل خوردگی" می‌نامند.

الف-۲-۶-۷ تخلیه الکتریکی

در سامانه‌هایی با مدار برقی dc معمولاً قطب منفی منبع برق مستقیم به ریلها که در تماس الکتریکی با زمین میباشند وصل میشود. بنابراین خاک یک راه اضافی ایجاد خواهد نمود، به موازات با خط، برای ارسال جریان از واحد برق رسانی به طرف نقطه تغذیه به خصوص در حالتی که سازه های وسیع نظیر خطوط لوله یا کابلها، بخشی از جریان در حال عبور در خاک را ممکن است از یک منطقه گرفته و در جای دیگر تخلیه نماید که منجر به خوردگی شتابدار میشود.

این را میتوان با وصل نمودن خط لوله با کابل پوشش‌دار به ریل برگشت در منفی‌ترین بخش خط یعنی نزدیک به ایستگاههای فرعی یا جایی که تغذیه کننده منفی به ریلها وصل شده‌اند جلوگیری نمود. سپس کابل اتصال بیشتر جریان برق رسانی را به نقطه تأمین کننده برگشت داده و اطمینان حاصل میشود که سازه بخشی، یا گاهی تمام حفاظت کاتدی را دریافت میکند. این نوع حفاظت کاتدی بعنوان "تخلیه الکتریکی " یا "تخلیه شدن" شناخته می شود.

تحت هیچ شرایطی نباید هر اتصال یا پیوندی را به ریلها یا سازه ها بدون مشورت با و اجازه کتبی از اولیای امور خط آهن انجام داد

شیوه تخلیه الکتریکی را میتوان در تمام حالات بواسطه احتمال برگشت جریان در اتصال تخلیه اعمال کرد؛ بنابراین معمولاً یک یکسوکننده (یا سایر قطعات یکسوکننده) مطابق

therefore usually provided as illustrated in Fig. 14a. This is referred to as "polarized electric drainage".

آنچه که در شکل ۱۴-الف تشریح شده است تهیه میشود. این اشاره به "تخلیه الکتریکی پلاریزه شده" دارد.

The track voltage may attain relatively high values and it may be necessary to protect the rectifier and bond against excessive currents by means of suitable series resistors and/or inductors and overload circuit breakers or fuses and by providing more than one drainage connection (see Fig. 14b).

مقدار ولتاژ ممکن است نسبتاً زیاد بوده و ممکن است با استفاده از مقاومت سری یا القاکننده ها و یا فیوزها و حذف کننده های ولتاژ بالا به وسیله استفاده از چند اتصال تخلیه، نیاز به حفاظت یکسوکننده و باند اتصال باشد (به شکل ۱۴-ب توجه شود).

For railway signaling purposes, a relay and power supply are usually connected between the two rails of a railway track so as to provide remote indication that a train is in the section. This arrangement is known as a track circuit and there are "single rail" track circuits and 'double rail' track circuits. In the first type there are insulated joints in one rail at each end of each signaling section and the traction return current is confined to the other rail. In the second type there is an impedance bond at each end of each track circuit and the traction return current flows in both rails as it does also when there are no track circuits.

برای اهداف سیگنالی در خطوط راه آهن، معمولاً یک ایستگاه تقویت کننده مخابراتی و منبع تغذیه بین دو خط مسیر راه آهن برای نشانگرهای راه دور که قطار در کدام قسمت است قرار میدهند. این آرایش به عنوان مدار خط شناخته شده و به صورت مدار خط (Track cir.) تک ریلی و دو ریلی وجود دارد. در نوع اول اتصالات عایق شده در یک ریل در انتهای هر قسمت علامت دهی وجود دارد و مسیر جریان برگشتی نسبت به ریل دیگر محدود شده است. در نوع دوم، یک پیوند مقاومت جریان متناوب امپدانسی متصل به مدار خط و عبورهای جریان مدار برگشتی در دو ریل به همان اندازه وجود دارد و نیز وقتی هیچگونه مدار خطوط وجود ندارد عمل مینماید.

Irrespective of the type of drainage system used, the connection to the rail is made to both rails where there are no track circuits, to the traction return rail only where there are single rail track circuits, and to the mid-point of an impedance bond where there are double-rail track circuits.

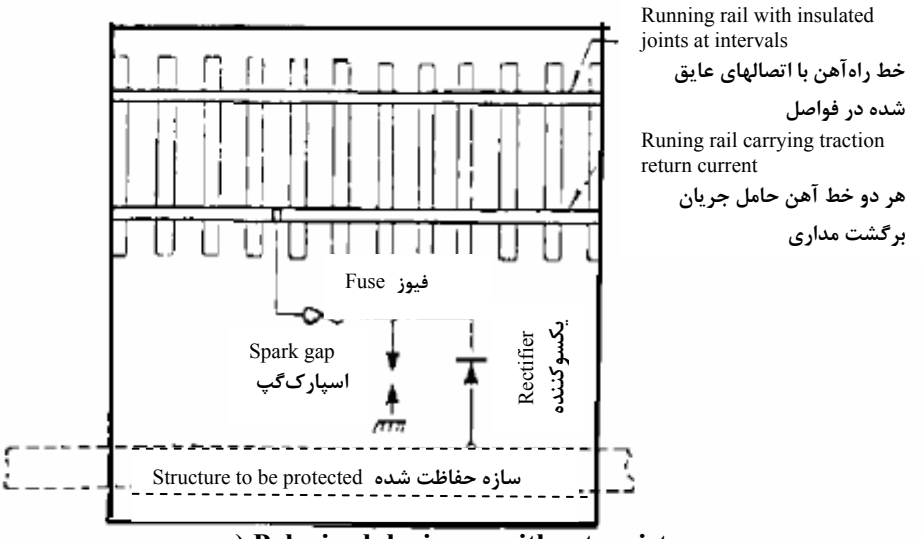
صرفنظر از نوع سامانه تخلیه بکار رفته، در جایی که مدار خط وجود ندارد اتصال به دو ریل انجام میشود، در جایی که مدار خط وجود دارد اتصال به خط ریل برگشت انجام می‌شود. در جایی که مدار دوریلی وجود دارد یک اتصال مقاومتی باید در بین راه نصب گردد.

Fig. 14a shows the case with single-rail track circuits, Fig. 14b the case with double-rail track circuits and Fig. 14.c the case with no track circuits.

شکل ۱۴ الف حالتی با مدارهای خط تک ریلی، شکل ۱۴-ب حالتی با مدارهای خط دو ریلی و شکل ۱۴-ج، حالتی بدون مدارهای خط را نشان میدهند.

The amount of cathodic protection applied to nearby buried structures by means of drainage bonds may be increased by the use of 'forced electric drainage' which entails the insertion in the drainage connection of an independent mainsoperated cathodic protection rectifier as shown in Fig. 14.c. It may be necessary to limit the output from the rectifier by means of saturable reactors or transformers or similar devices.

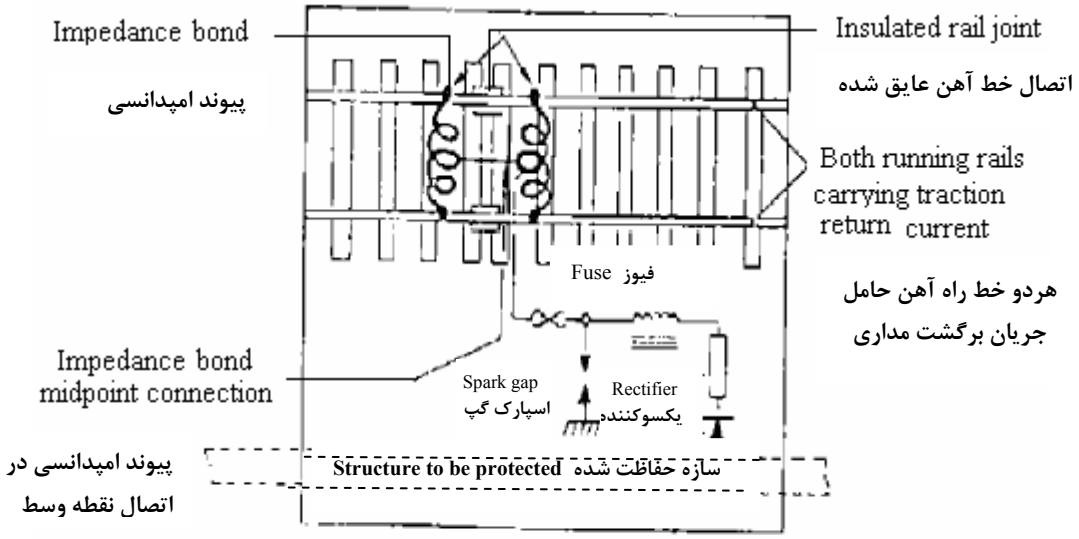
مقدار حفاظت کاتدی اعمال شده به سازه های مدفون مجاور، به وسیله پیوندهای تخلیه ممکن است با بکارگیری 'تخلیه الکتریکی اجباری، که مستلزم قرار گرفتن در اتصال تخلیه از یک یکسوکننده حفاظت کاتدی عمل کننده اصلی مستقل همان گونه که در شکل ۱۴-ج نشان داده شده افزایش یابد. ممکن است لازم باشد خروجی یکسوکننده به وسیله رآکتورهای اشباع شدنی یا مبدلها یا قطعه‌های مشابه محدود شود.



a) Polarized drainage without resistor
(on an electrified line with single-rail track circuits)

الف) تخلیه پلاریزه شده بدون مقاومت

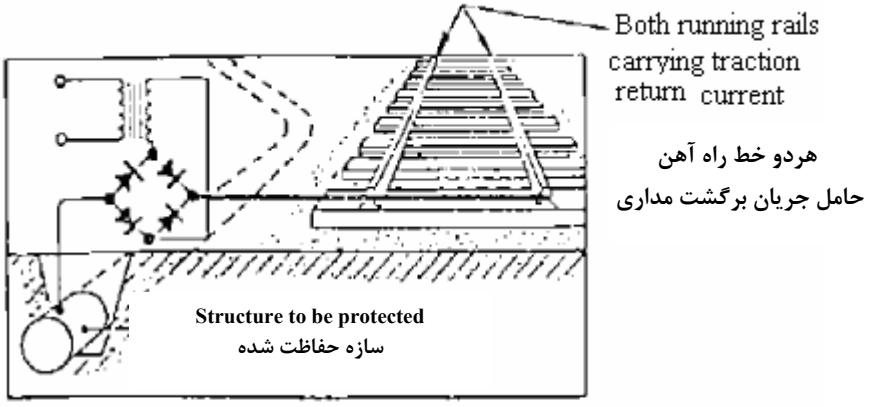
(روی یک خط شارژ شده با جریانهای مداری خط راه آهن تکی)



b) Polarized drainage with resistor and rectifier
(on an electrified line with double-rail track circuits)

ب) تخلیه پلاریزه شده با مقاومت الکتریکی و یکسوکننده

(روی یک خط شارژ شده با جریانهای مداری خط دوتایی)



c) Forced drainage on an electrified line without track circuits (drainage supplemented by rectified ac)

ج) تخلیه اجباری روی یک خط شارژ شده بدون جریانهای مداری

(تخلیه به وسیله جریان ac یکسو شده است)

Fig. 14-TYPICAL ELECTRIC DRAINAGE SYSTEMS

شکل ۱۴- نمونه سامانه های تخلیه الکتریکی

A.3 Measures to Safeguard Neighboring Structures

The applicable of cathodic protection to a buried or immersed structure (referred to as the primary structure) causes direct current to flow in the earth or water in its vicinity . Part of the protection current traverses nearby buried or immersed pipes, or cables, jetties or similar structures, or ships alongside (termed secondary structures), which may be unprotected and the corrosion rate on these structures may, therefore, increase at points where the current leaves them to return to the primary structure. This effect is described as 'corrosion interaction'.

Corrosion interaction can be minimized by care during the design stage, as discussed in A.3.2 can be assessed by interaction testing (see IPS-C-TP-820) tests and criteria for corrosion interaction (see A.3.1) and can be corrected, if necessary, by measures described in A.3.2. One method is to bond the secondary structure to the primary structure so that the former is also cathodically protected. When this method is proposed, consideration should be given to safety aspects discussed in A.4.2.

الف-۳ اقدامات جهت حفظ سازه های همسایه

حفاظت کاتدی قابل اجرا در سازه مدفون یا غوطه‌ور (به سازه اولیه اشاره دارد) باعث میشود که جریان مستقیم به زمین یا آب مجاور آن جاری شود. بخشی از جریان حفاظتی از نزدیکی لوله های مدفون یا غوطه‌ور، یا کابلها، اسکله‌ها یا سازه های مشابه، یا کشتیهای پهلوگرفته (سازه های ثانوی نامیده میشوند) عبور نموده که ممکن است حفاظت نشده، و نرخ خوردگی این سازه ها ممکن است بدلیل آن در نقاطی که جریان از آنها به طرف سازه اولیه برمیگردد افزایش یابد. این اثر را "تاثیر متقابل خوردگی" توصیف کرده اند.

تاثیر متقابل خوردگی را میتوان با دقت در مرحله طراحی به حداقل رساند، همانگونه که در بند الف-۳-۲ بیان گردید میتوان آن را با آزمایش تاثیر متقابل (به استاندارد IPS-C-TP-820 مراجعه شود) و معیار تاثیر متقابل خوردگی (به بند الف-۳-۱ مراجعه شود) ارزیابی کرد و اگر لازم باشد میتوان آن را با اندازه گیری که در بند الف-۳-۲ بیان گردید اصلاح نمود. یک شیوه پیوند سازه ثانوی به سازه اولیه میباشد به طوری که قبلی نیز دارای حفاظت کاتدی باشد. وقتی که این روش پیشنهاد شود به موارد ایمنی مطرح شده در بند الف-۴-۲ باید توجه کرد.

Corrosion interaction affecting neighboring structures is unlikely to occur as a result of applying cathodic protection to plant internally because appreciable currents flow only through and inside the protected plant.

A.3.1 Criteria for corrosion interaction

Any current flow that makes the potential of a metal surface with respect of its surroundings more positive is liable to accelerate corrosion. The structure/electrolyte potential is therefore used as the basis of assessment. Positive structure/ electrolyte potential changes are the more important. Steel surrounded by concrete needs special consideration for reasons explained in A.3.1.2. Occasionally, negative changes have to be limited (see A.3.1.3).

A.3.1.1 Limit of positive structure/electrolyte potential changes

All structures except steel in concrete. The maximum positive potential change at any part of a secondary structure, resulting from interaction, should not exceed 20 mV. The adoption of a single criterion for all types of structure, irrespective of the value of the structure/electrolyte potential, is over-simplification. It is, however, believed to be reasonable on the basis of evidence at present available. Where, however, there is definite reason to suppose that the secondary structure is already corroding at an appreciable rate, even a small potential change will reduce the life of the structure and no change of the structure/electrolyte potential should be permitted.

A.3.1.2 Positive structure/electrolyte potential changes steel in concrete

The foregoing criterion is inapplicable to steel that is completely covered by concrete. Under such conditions, steel becomes passive so that corrosion is prevented. The governing consideration may, therefore, be the disruptive effect of the evolution of oxygen which occurs when the steel is more positive than about +0.5V (copper/copper sulfate reference electrode). However, the behavior of the steel may be affected by the presence of chlorides (whether introduced initially or due to a saline environment) which may prevent passivation, so that it is impossible to

تاثیر متقابل خوردگی روی سازه های مجاور احتمالاً در نتیجه اعمال حفاظت کاتدی تأسیسات داخلی و به علت عبور جریان قابل ملاحظه فقط از طریق و در داخل واحد حفاظت شده رخ میدهد.

الف-۳-۱ معیار تاثیر متقابل خوردگی

عبور هر جریانی که پتانسیل یک سطح فلزی نسبت به اطرافش را مثبت تر سازد عامل تشدید خوردگی می شود. بنابراین پتانسیل سازه به الکترولیت به عنوان مبنای ارزیابی بکار می‌رود. تغییرات پتانسیل مثبت سازه به الکترولیت خیلی مهم میباشند. فولاد احاطه شده به وسیله بتن به دلایل تشریح شده در الف-۳-۱-۲ توجه خاص نیاز دارد بعضی از اوقات تغییرات منفی باید محدود شود (به الف-۳-۱-۳ مراجعه شود).

الف-۳-۱-۱ محدود کردن تغییرات مثبت پتانسیل سازه به الکترولیت

تمام سازه ها به استثناء فولاد در بتن حداکثر تغییر مثبت پتانسیل در هر بخش از سازه ثانوی، تاثیر متقابل، نباید از ۲۰ میلی ولت بیشتر باشد. پذیرش یک ملاک برای تمام انواع سازه‌ها، قطع نظر از مقدار پتانسیل سازه به الکترولیت، ساده سازی بیش از اندازه است. به هرحال دلیل باور منطقی باید براساس مدرک در دسترس موجود باشد. جایی که به هرحال دلیل معینی وجود دارد که فرض شود سازه ثانویه قبلاً به میزان قابل ملاحظه خورده شده است، حتی یک تغییر کوچک در پتانسیل عمر سازه را کاهش خواهد داد و هیچگونه تغییر پتانسیل سازه به الکترولیت مجاز نمیباشد.

الف-۳-۱-۲ تغییرات مثبت پتانسیل سازه به الکترولیت فولاد در بتن

ملاک قبلی برای فولادی که به طور کامل با بتن پوشیده شده نامناسب است. تحت چنین شرایطی فولاد غیرفعال شده به طوری که از خوردگی جلوگیری میشود. بر اساس قوانین حاکم ممکن است در هم گسیختگی ناشی از آزاد شدن اکسیژن هنگام مثبت تر شدن فولاد از ۰/۵+ ولت (نسبت به الکترود مرجع مس/سولفات مس) باشد. از این رو رفتار فولاد ممکن است با حضور کلرید (خواه در ابتدا مطرح بوده یا به علت یک محیط نمک دار باشد) تحت تأثیر واقع شده که ممکن است از غیرفعال سازی جلوگیری شود، به

make firm recommendations. Another complication is that it is not a simple matter to evaluate the structure/electrolyte potential or to measure changes in it across the steel/concrete interface. Changes in the steel/soil potential measured simply by placing the reference electrode in the soil close to the concrete (as distinct from close to the steel) may need to be referred to a criterion other than the 20 mV given in A.3.1.1. However, until another criterion more appropriate to these circumstances is approved, it may be convenient to use the 20 mV criterion as a basis for decision as to whether or not corrective measures should be undertaken.

These considerations apply only to steel fully enclosed in sound concrete. If the steel is only partially encased, the provisions of A.3.1.1 apply to any area of the surface in direct contact with the soil. It may be noted that in these conditions a cell may be formed in which the steel in contact with soil acts as an anode. The structure/soil potential is likely, therefore, to be more positive at positions near the concrete and there may be corrosion quite apart from any effect of interaction.

A.3.1.3 Negative changes of structure/electrolyte potential

If the recommendations made in A.3.2 are followed, excessive negative changes of structure/electrolyte potential on the secondary structure will normally be avoided. Large negative changes may, however, occur if the groundbed of an impressed current cathodic protection scheme is unduly close to a secondary structure. Except in the case of aluminum (and, exceptionally, lead in alkaline environment), corrosion is unlikely to result from making the structure/electrolyte potential more negative. The considerations are, therefore, the secondary effects described in A.2.5.1 particularly the disruption of coatings. In the absence of any special considerations, structure/electrolyte potentials more negative than -2.5 V (copper/copper sulfate reference electrode) should be avoided on buried structures. In the case of immersed structures, in areas with potentials more negative than -0.9V (silver/

طوری که ارائه پیشنهادات ثابت را غیرممکن میسازد. مشکل دیگر این است که ارزیابی پتانسیل سازه نسبت به الکترولیت یا اندازه‌گیری تغییرات در آن در فصل مشترک فولاد / بتن امر ساده‌ای نیست. تغییرات در پتانسیل فولاد به خاک با قرار دادن الکترود مرجع در خاک نزدیک به بتن (به طوری که از نزدیک بودن به فولاد مجزا باشد) به سادگی اندازه گیری شده ممکن است به یک مقیاس غیر از ۲۰ میلی ولت نیاز باشد به بند الف-۳-۱-۱ مراجعه شود. بهرحال تا وقتی که ملاک مناسب دیگری بیشتر از این شرایط تأیید شود ممکن است راحت باشد که ملاک ۲۰ میلی ولت به عنوان یک پایه برای تصمیم گیری بکار رود.

این ملاحظات فقط برای فولاد که کاملاً در بتن سالم قرار گرفته است اعمال میشود. اگر فقط بخشی از فولاد روکش شود، مقررات بند الف-۳-۱-۱ به هر منطقه از سطح در تماس مستقیم با خاک اعمال میشود. ممکن است یادآوری شود که در این شرایط یک پیل ممکن است تشکیل شود که فولاد در تماس با خاک به عنوان یک آند عمل نماید. پتانسیل سازه نسبت به خاک احتمالاً به دلیل آن در محلهای نزدیک بتن مثبت تر می‌باشد و صرفنظر از هر گونه ممکن است تاثیر متقابل خوردگی در آنجا وجود داشته باشد.

الف-۳-۱-۳ تغییرات منفی پتانسیل سازه نسبت به الکترولیت

اگر پیشنهادات ارائه شده در الف-۳-۲ پیگیری شود، از تغییرات منفی اضافی پتانسیل سازه نسبت به الکترولیت روی سازه های ثانوی به طور عادی اجتناب خواهد شد. تغییرات منفی بزرگ بهرحال ممکن است روی دهد، اگر بستر آندی یک طرح حفاظت کاتدی جریان اعمالی بی جهت به یک سازه ثانوی نزدیک باشد. به استثناء آلومینیوم (و استثنائاً روی در محیط قلیایی). بعید به نظر میرسد که خوردگی در نتیجه منفی تر شدن پتانسیل سازه به الکترولیت ایجاد شود. از اینرو به اثرات ثانویه تشریح شده در الف-۲-۵-۱ به ویژه شکستن پوششها ملاحظاتی صورت میگیرد. بدون توجه به این مقررات، از پتانسیل‌های سازه به الکترولیت منفی تر از ۲/۵- (نسبت به الکترود مرجع مس/سولفات مس) روی سازه‌های مدفون باید خودداری شود. در حالتی که سازه ها غوطه ور باشند، در مناطقی با پتانسیل منفی تر از ۰/۹- ولت (الکترود نقره/کلرورنقره/آب

silver chloride/ seawater electrode) high duty coatings must be used. These are based on epoxy resin, chlorinated rubber, vinyl or other alkali resistant materials (see IPS-E-TP- 100). Economic considerations will determine whether these should be applied overall or only to area near anodes. Some paints e.g. coal-tar epoxy, can withstand potentials more negative than -1.1V (silver/silver chloride/seawater electrode).

دریا) از پوشش‌های مقاوم باید استفاده شود. این پوشش ها بر پایه رزین اپوکسی، لاستیک کلرینه شده، وینیل یا مواد قلیایی مقاوم هستند (بهIPS-E-TP-100 مراجعه شود). ملاحظات اقتصادی تعیین خواهد کرد که آیا اینها باید برای تمام یا فقط منطقه نزدیک آندها اعمال شوند. بعضی از رنگها مثل کولتار اپوکسی، در مقابل پتانسیل‌های منفی تر از ۱/۱- ولت (نسبت به الکترودنقره/کلریدنقره/آب دریا) ایستادگی مینمایند.

Success depends on an adequately prepared surface which ideally should be freshly blast cleaned and free from weathered or unsuitable shop primer.

این ایستادگی، به آماده‌سازی سطحی که بطور کافی و ایده آل به روش بلاست تمیز شده و عاری از هوازدگی یا آستری نامناسب کارگاهی است، بستگی دارد.

Where the potentials foreseen are more negative than can be withstood by a paint coating. An insulating shield as described in A.3.1.4 must be applied near the anode. The boot-top area should be coated with a high duty coating such as chlorinated rubber or epoxy paint in preference to oleo resinous types.

جایی که پتانسیل های پیش بینی شده منفی‌تر از آن باشند که بتوانند توسط یک پوشش رنگ مقاومت شوند. باید از یک سپر عایقی تشریح شده در بند الف-۳-۱-۴ در مجاورت آند استفاده شود، منطقه رنگ‌آمیزی خط آبخور باید با یک پوشش مقاوم نظیر لاستیک کلرینه شده یا رنگ اپوکسی ترجیحاً انواع رزین های اولئو پوشش شود.

A.3.1.4 Insulating shields for impressed current systems

الف-۳-۱-۴ سپرهای عایقی برای سامانه های جریان اعمالی

The high current densities at which impressed current anodes may be required to operate result in very negative potentials immediately adjacent to the anodes. As most hull paints are unable to withstand these potentials, it is important that the surface around each anode be covered by a robust protective shield, extending well beyond the anode mount itself.

در جایی که دانسیته های زیاد جریان مورد نیاز است از آندهای جریان اعمالی استفاده می شود که منتج به منفی‌تر شدن پتانسیل در مجاورت آندها میشود. در این حالت بیشتر رنگهای بدنه قادر به ایستادگی در مقابل این پتانسیل بالا نخواهند بود، لذا مهم است که سطح اطراف هر آند را به وسیله یک سپر قوی به خوبی پوشانده و تا طرف آند امتداد داد.

The shape and size of the anode shields will be determined by the shape of, and maximum current anticipated from, the anodes. A disk shaped anode, for example, will require a circular shield, whereas a long strip anode will require a rectangular shield of smaller width but greater total area. The dimensions of a shield should be large enough to ensure that the structure/electrolyte potential around its edge is unlikely to cause breakdown of the adjacent hull paint.

شکل و اندازه سپرهای آند با شکل و حداکثر جریان پیش بینی شده از آندها تعیین خواهد شد. یک آند صفحه‌ای برای مثال نیاز به سپر دایره‌ای شکل با در نظر گرفتن این که آند باریک و بلند نیاز به سپر مستطیلی با عرض کم اما مساحت کل بزرگتر دارد. ابعاد یک سپر باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا اطمینان حاصل شود که پتانسیل سازه نسبت به الکترولیت در محل لبه های آن باعث خرابی رنگ بدنه مجاور نشود.

The potential, E, at a distance, r, (in meters) from the center of a disk-shaped anode may be calculated approximately from the formula:

پتانسیل E در فاصله r، (به متر) از مرکز آند صفحه‌ای شکل ممکن است به طور تقریب از این فرمول محاسبه شود:

$$E = E_o - \frac{\rho I}{2\pi r}$$

Where:

Eo is the general hull potential when protected (V)

P is the water resistivity (Ω m)

I is the current (A)

که در آن:

Eo پتانسیل عمومی بدنه وقتی حفاظت شده است به (ولت)

P مقاومت مخصوص آب است به (اهم متر)

I جریان است به (آمپر)

The value of Eo is normally about -0.80 V (silver/silver chloride/seawater reference electrode).

به طور عادی مقدار Eo حدود ۰/۸۰- ولت میباشد (در مقایسه با الکترود مرجع نقره/کلریدنقره).

In the case of a linear anode, the most negative potential occurs on either side of the center of the anode and the corresponding approximate formula for this potential, at distance d from an anode of length L (meters), is:

در حالت آند خطی بیشترین پتانسیل منفی روی هریک از دو طرف مرکز آند قرار خواهد گرفت و فرمول تقریبی مشابه برای این پتانسیل، در فاصله d هر آند به طول L (متر) است:

$$E = Eo - \frac{\rho I}{\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} - 1\right)$$

Where:

Eo, ρ and L are as above and ln is the natural logarithm.

که در آن:

Eo، ρ و L مانند فوق و ln لگاریتم طبیعی هستند.

The size of the shield should be such that the potential E at its edge is not more negative that can be withstood by the paint that will be applied to the surrounding area of the hull.

اندازه سپر باید به گونه‌ای باشد که پتانسیل E در هر لبه آن زیاد منفی نباشد که بتواند توسط رنگی که به مناطق اطراف بدنه اعمال خواهد شد، ایستادگی نماید.

The shield may consist of either a high duty coating, e.g. epoxy or glass-reinforced polyester resin of about 1.0 mm thickness built up on the hull steel, or a prefabricated shield usually made as an integral part of the anode mount. The latter form is more durable and resistant to mechanical damage but its size may be limited by difficulties of mounting and cost of fabrication. Where necessary, therefore, this type should be supplemented by an appropriately sized surround of a suitable high duty coating.

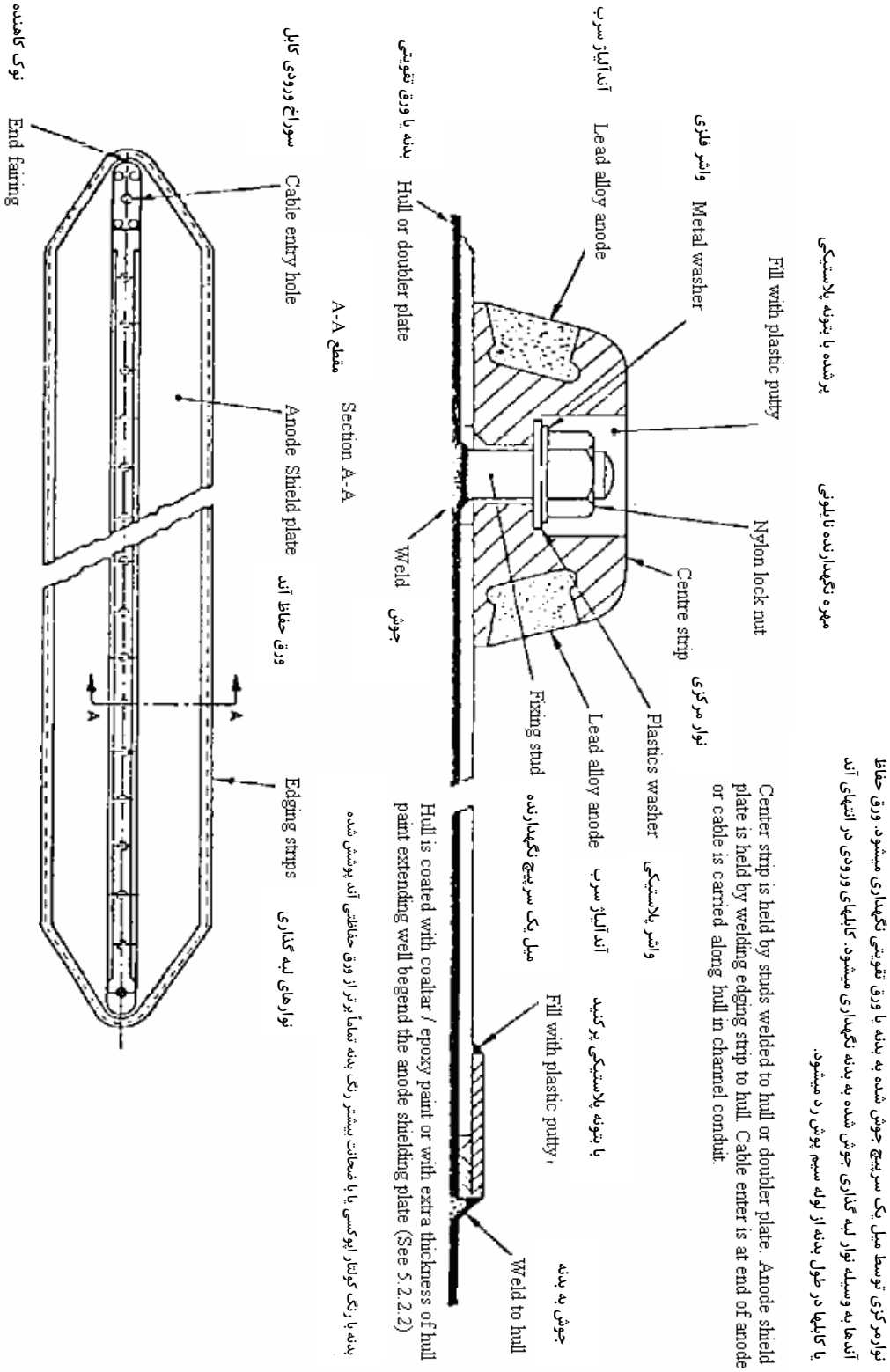
سپر ممکن است شامل پوششی با کارآیی بالا برای مثال اپوکسی یا رزین پلی استرتقویت شده با شیشه ساخته شده روی بدنه فولادی به ضخامت حدود یک میلیمتر، یا یک سپر پیش ساخته معمولاً به همان اندازه اجزاء مکمل یک آند ساخته شود. مورد اخیر دارای پایداری و مقاومت بیشتری نسبت به صدمه مکانیکی دارد اما اندازه آن ممکن است با مشکلات نصب و هزینه ساخت محدود شود. از این رو جایی که لازم است، این نوع باید توسط اندازه مناسب اطراف یک پوششی با کارآیی بالا را احاطه و تکمیل نماید.

Care should be taken to see that the hull plating beneath performed shields is adequately protected and, in those cases where it is applicable, the shields are firmly bonded to the plating. It is also recommended that such shields be secured at their outer edges by welded steel fillets or other suitable means to prevent lifting or striping. Examples of typical anodes and shields are shown in Fig. 15.

باید دقت به عمل آید ورق بدنه زیر حفاظ های اجرا شده به اندازه کافی حفاظت شده و در این موارد تا جایی که عملی باشد سپرها به طور محکم به روکش چسبیده باشند. همچنین پیشنهاد شده است که چنین سپرهایی در لبه های خارجی با مغزی‌های فولادی جوش شده یا دیگر ابزارهای مناسب جهت جلوگیری از بلند شدن یا بدون پوشش شدن محکم شوند. مثالهای آندهـای نمونه و سپرها در شکل ۱۵ نشان داده شده اند.

As a rule, anti-fouling paint will be applied to the anode shield but it is imperative that no paint be applied to the working surface of the anode.

به عنوان یک قاعده رنگ ضدخزه روی حفاظ آندی اعمال میشود اما لازم‌الاجرا میباشد که هیچگونه رنگی روی سطح کارکننده آند اعمال نشود.

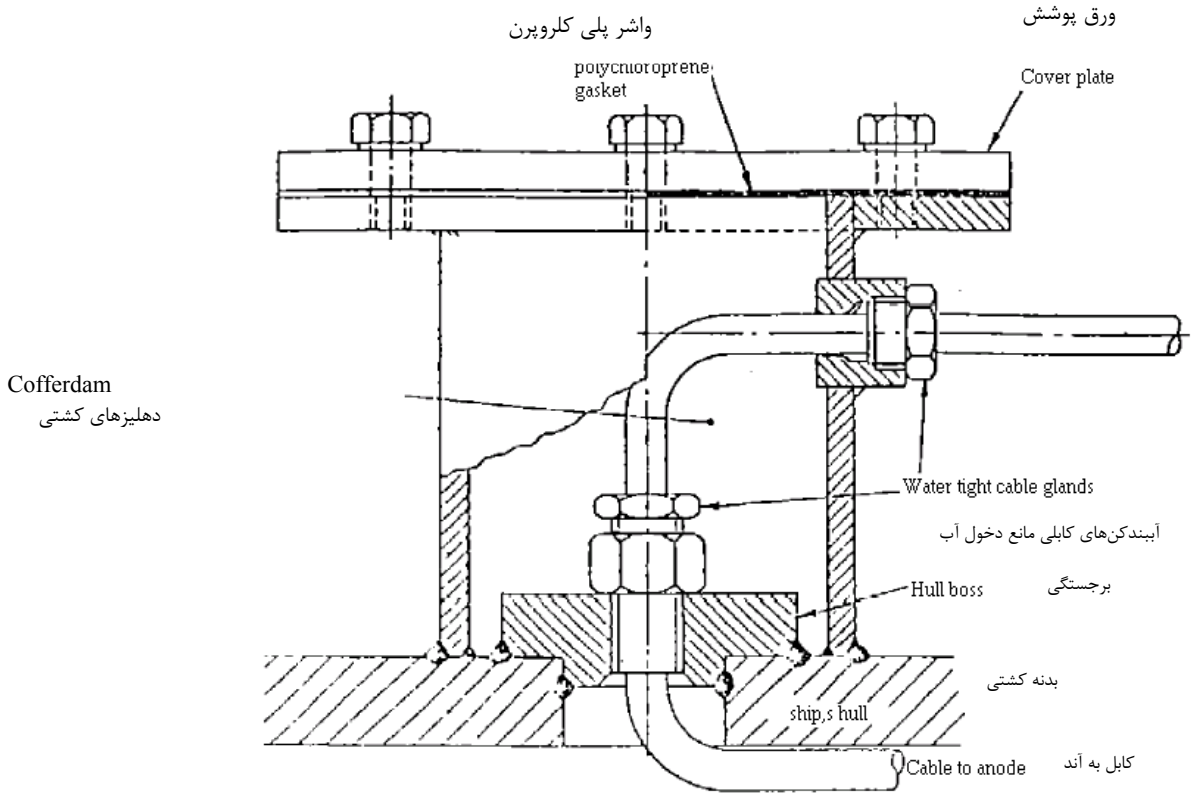


a) Lead alloy hull anode with prefabricated shield

الف) آند بدنه آلیاژ سربی با سپر پیش ساخته

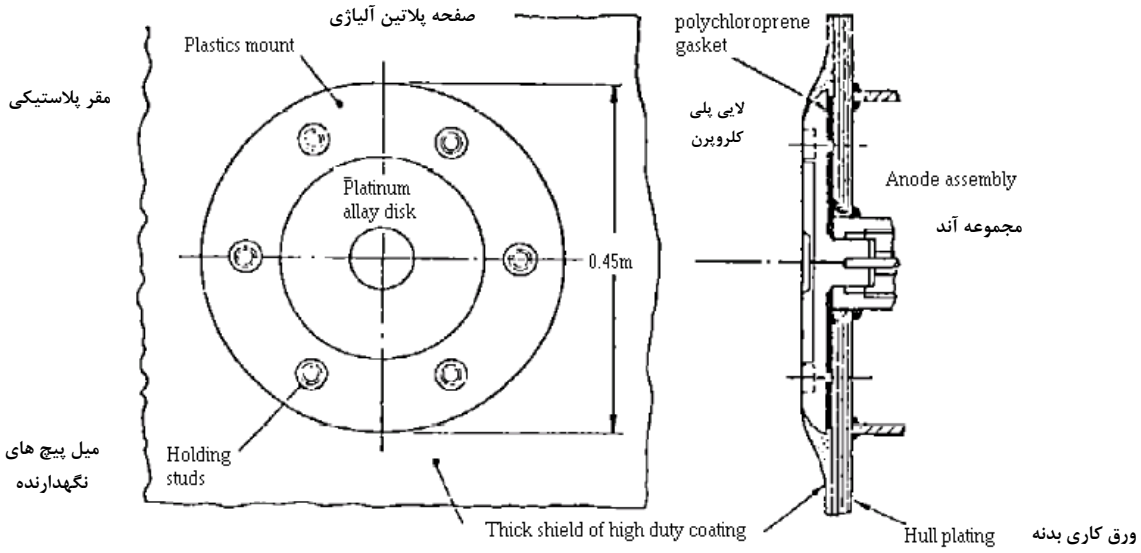
Fig. 15-HULL ANODES FOR IMPRESSED CURRENT

شکل ۱۵- آندهای بدنه برای جریان اعمالی



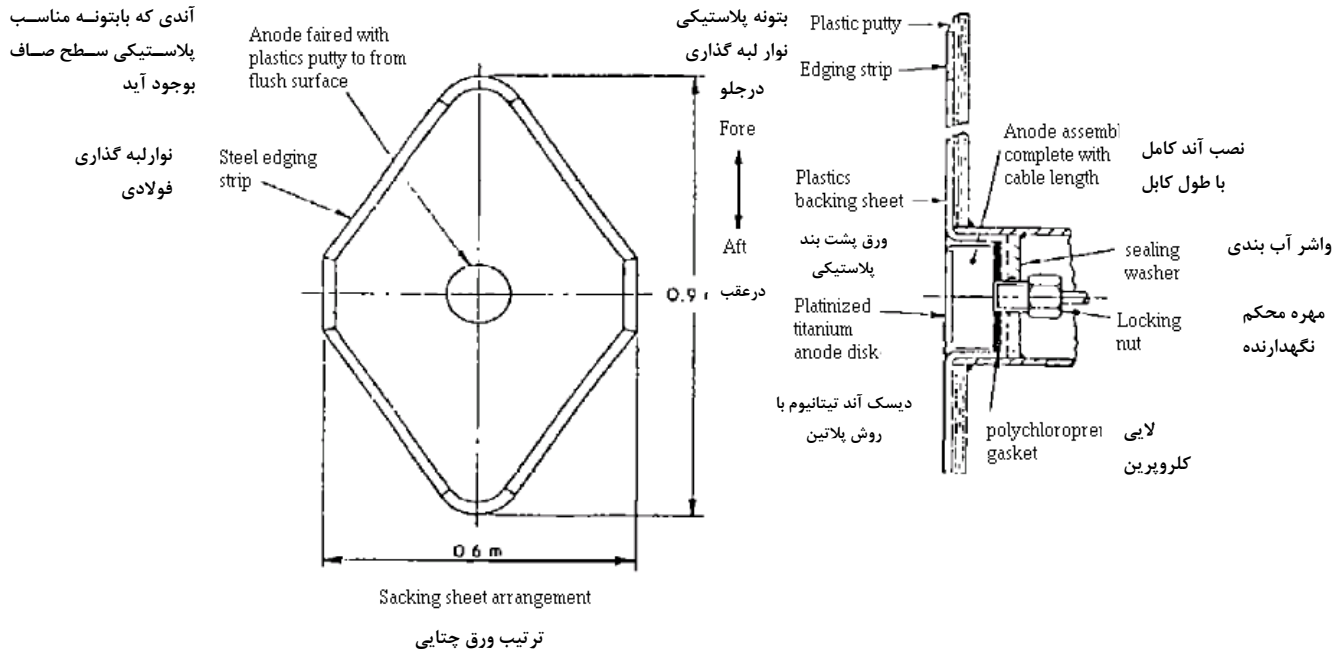
b) Example of hull penetration gland

ب) مثال آب بندکن نفوذ بدنه کشتی



c) Platinum alloy disk anode mounted on ship's hull

ج) آند صفحه ای آلیاژی پلاتینیوم نصب شده روی بدنه کشتی



d) Platinized titanium disk anode recessed into ship's hull

د) آند صفحه‌ای تیتانیوم پلاتینه شده قرار گرفته در گودی بدنه کشتی

Fig. 15

شکل ۱۵

A.3.2 Design of cathodic protection installations to minimize corrosion interaction.

It is impossible to estimate precisely the amount of corrosion interaction likely to be caused by a cathodic protection scheme. The magnitude of any positive changes of structure/electrolyte potential on neighboring secondary structures will depend mainly on the following:

a) The quality of the coating on the primary structure

The better the coating the smaller will be the current required for protection and the interaction effects will be reduced accordingly.

b) The quality of the coating on the secondary structure

A coating on the secondary structure tends to increase the measured positive changes of structure/electrolyte potential. The greater part of the increased change of potential difference occurs across the

الف-۳-۲ طراحی تأسیسات حفاظت کاتدی جهت به حداقل رساندن تاثیر متقابل خوردگی.

برآورد دقیق میزان تاثیر متقابل احتمالی خوردگی ناشی از حفاظت کاتدی غیرممکن میباشد. دامنه هر تغییر مثبت پتانسیل سازه/ الکترولیت بر سازه‌های همجوار اساساً به موارد زیر بستگی دارد:

الف) کیفیت پوشش بر سازه اولیه

پوشش بهتر، جریان کمتری برای حفاظت نیاز داشته و در نتیجه اثرات تاثیر متقابل کاهش خواهد یافت.

ب) کیفیت پوشش بر سازه ثانویه

پوشش سازه ثانویه تمایل دارد تغییرات مثبت اندازه-گیری شده پتانسیل سازه را افزایش دهد. بخش اعظم افزایش اختلاف پتانسیل در سراسر پوشش به وجود

coating and may be regarded as a measurement error that arises because it is impracticable to place the measuring electrode sufficiently close to the surface of the metal. However, high positive changes of structure/soil potential across a resistive coating indicate a possibility of enhanced corrosion should local coating defects exist or develop later.

آمده و ممکن است مربوط به خطای اندازه‌گیری باشد قرار دادن الکترود اندازه‌گیری به اندازه کافی نزدیک به سطح فلز غیرعملی است. بهرحال تغییرات مثبت زیاد پتانسیل سازه به خاک در سراسر یک پوشش مقاوم، نشان دهنده عیوب موضعی موجود در پوشش یا توسعه بعدی آن و امکان بالا رفتن، خوردگی میباشد.

c) The magnitude of the structure/electrolyte potential change on the primary structure in the vicinity of the secondary structure

ج) دامنه تغییر پتانسیل سازه/ الکترولیت روی سازه اولیه در مجاورت سازه ثانویه.

Because interaction effects are roughly proportional to this structure/electrolyte potential change, it should be kept to the minimum required to provide protection at positions remote from the point of application. A larger structure / electrolyte potential change is necessary at the points of application if the length of structure protected from any one point is increased. Thus, interaction can be reduced by applying the protection at a larger number of points so that the structure/electrolyte potential change on the primary structure is more uniform and by ensuring, as far as other considerations allow, that the points of application and associated larger structure/electrolyte potential changes are remote from other structures.

چون تاثیر متقابل تقریباً متناسب با تغییر پتانسیل سازه میباشد باید جهت حفاظت نقاط دور، حداقل فاصله لازم از نقطه تزریق در نظر گرفته شود، تغییر بیشتر پتانسیل سازه در نقاطی از سازه تحت حفاظت که فاصله آن از نقطه تزریق بیشتر است، بدیهی می-باشد. بنابراین، تاثیر متقابل میتواند با اعمال جریان حفاظتی از تعداد بیشتری از نقاط کاهش یابد به طوری که تغییر پتانسیل سازه/ الکترولیت روی سازه اولیه با یکنواختی بیشتر و قابل اطمینان‌تر باشد و تا آنجا که سایر ملاحظات اجازه دهد نقاط اعمال در نتیجه بیشتر تغییرات پتانسیل سازه/ الکترولیت دور از سایر سازه ها باشند.

d) The spacing between the primary and secondary structures

د) فاصله بین سازه های اولیه و ثانویه

Interaction will be greatest at a crossing point or other proximity. The greater the separation of the structures, the less the effect will be.

تاثیر متقابل در نقطه تلاقی یا مجاورت سازه‌ها بزرگتر خواهد بود. فاصله بیشتر سازه‌ها، این اثر را کمتر خواهد کرد.

e) The distance between the groundbeds or anodes and the secondary structure

هـ) فاصله بین بسترهای آندی یا آندها و سازه ثانوی

Structures close to the anode system may be affected by the potential gradient around the anode.

سازه‌های نزدیک با بستر آندی ممکن است توسط گرادیان پتانسیل پیرامون آند تحت تأثیر واقع شوند.

Anodes or groundbeds should not, therefore, be placed close to other structures.

بنابراین، آندها یا بسترهای آندی نباید نزدیک به دیگر سازه ها قرار گیرند.

f) Soil or water resistivity

The potential gradient at any point in the soil is the product of current density and resistivity. Thus, in general, interaction is minimized by sitting groundbeds in low resistivity areas.

و) مقاومت مخصوص خاک یا آب

گرادیان پتانسیل از هر نقطه در خاک حاصل دانسیته جریان و مقاومت مخصوص می‌باشد. بنابراین، بطور معمول تاثیر متقابل با قرار دادن بسترهای آندی در مناطقی که مقاومت مخصوص کم دارند به حداقل میرسد.

A.3.2.1 Galvanic anodes

The current available from a single galvanic anode of typical size in most soils is generally of the order of tens of milliampers compared with impressed current installation where tens of amperes may be produced. If the total current is less than 100 mA, interaction testing may be omitted. Even if the current exceeds 100 mA, corrosion interaction is unlikely, particularly if anodes are placed at least 2 m away from any secondary buried structure and so that the secondary structure does not lie between anode and primary structure.

If anode outputs in excess of 100 mA are used, or groups of anodes installed together are used, or if anodes are sited so that another underground metallic structure lies between the anode and the primary structure, interaction testing may be required.

It may be important to reach agreement at an early stage as to whether testing is necessary for a particular anode system, as connecting links to facilitate disconnection for testing purposes may be necessary. Links may, of course, be required for testing the output of anodes, whether interaction testing is considered necessary or not.

الف-۳-۲-۱ آندهای گالوانیکی

جریان خروجی از یک آند گالوانیکی منفرد با اندازه معمولی در بیشتر خاکها، عموماً از نظر مرتبه ۱۰ میلی آمپر بوده در حالی که در مقایسه بستر جریان اعمالی می-تواند ده‌ها آمپر تولید کند. اگر جریان کل کمتر از ۱۰۰ میلی آمپر باشد، آزمایش تاثیر متقابل ممکن است حذف شود. حتی اگر جریان از ۱۰۰ میلی آمپر بیشتر شود تاثیر متقابل خوردگی غیر محتمل میباشد، به خصوص اگر آند دست کم ۲ متر دورتر از سازه مدفون شده ثانوی باشند و سازه ثانوی بین آند و سازه اولیه قرار نگرفته باشد.

اگر خروجی آند بیش از ۱۰۰ میلی آمپر مورد استفاده قرار گیرد، یا آندها بصورت گروهی نصب و مورد استفاده باشند. یا اگر آندها به گونه‌ای قرار گرفته باشند که دیگر سازه فلزی زیرزمینی بین آند و سازه اولیه قرار گرفته باشد، ممکن است لازم شود آزمایش تاثیر متقابل صورت گیرد.

ممکن است رسیدن به توافق در هر مرحله درباره این که آیا آزمایش برای یک سامانه آندی خاص لازم است اهمیت داشته باشد، چون قطع رابطه های اتصال دهنده جهت اهداف آزمایش ممکن است لازم باشد. البته چه لزوم آزمایش تاثیر متقابل مطرح باشد یا خیر، ممکن است برای آزمایش خروجی آندها، رابط ها نیاز نباشد.

A.3.2.2 Impressed current-installations

The following precautions should be taken:

a) Structure/electrolyte potentials on the primary structure kept to the minimum consistent with the required level of protection being obtained.

b) High quality coatings provided to minimize protection current on a new buried or immersed structure that is to be protected cathodically.

الف-۳-۲-۲ تأسیسات جریان اعمالی

احتیاطات زیر باید انجام شود:

الف) پتانسیل های سازه اولیه در حداقل سطح حفاظتی مورد نیاز تأمین شود.

ب) پوشش های با کیفیت بالا برای به حداقل رسیدن جریان روی یک سازه تازه مدفون یا غوطه ور شده که به روش کاتدی حفاظت میشود تهیه گردد.

c) The new structure sited as far from neighboring structures as is practicable and the spacing at all crossing points ascertained as being the maximum which conditions permit.

ج) سازه جدید حتی الامکان دور از سازه های همجوار قرار گیرد و فاصله گذاری در تمام نقاط تلاقی حداکثر فاصله مجاز باشد.

d) The longitudinal resistance of the structure to be cathodically protected made as low as is practicable by means of continuity bonds, welded joints, or other means.

د) مقاومت طولی سازه‌ای که قرار است حفاظت کاتدی شود با اتصالات پیوسته یا اتصالات جوشی، یا دیگر روشها به حداقل مقدار ممکن برسد.

e) The groundbed sited as far from neighboring structures as practicable.

هـ) بستر آندی تا جایی که ممکن است در فاصله دور نسبت به سازه های مجاور قرار گیرد.

f) Consideration given to installing anodes at a considerable depth, e.g. 15 m to 30 m.

و) دقت شود که آندها در عمق قابل ملاحظه ای مثلاً ۱۵ متر تا ۳۰ متر نصب شوند.

g) The total current to be applied and distributed from a sufficient number of units to ensure a reasonably uniform distribution of structure/electrolyte potential on the primary structure.

ز) کل جریان اعمالی از تعداد کافی بستر آندی توزیع شود تا اطمینان حاصل گردد که توزیع یکنواختی از پتانسیل سازه/ الکترولیت روی سازه اولیه وجود دارد.

A.3.3 Measures to reduce corrosion interaction

الف-۳-۳ اقدامات لازم جهت کاهش تاثیر متقابل خوردگی

A.3.3.1 Choice of method

الف-۳-۳-۱ انتخاب روش

In addition to reconsidering the precautions taken during the installation of the cathodic protection scheme, and to ensuring that the current is the minimum necessary to provide an acceptable level of protection, one or more of the following methods should be considered by the parties concerned as a means of reducing corrosion interaction at the points on the secondary structure where positive changes in excess of the recommended maximum have been measured.

علاوه بر تجدید نظر کردن در احتیاطات انجام شده در حین اجرای پروژه حفاظت کاتدی، جهت اطمینان یافتن از این که جریان در حداقل مقدار لازم برای تأمین یک سطح قابل قبول حفاظتی میباشد، باید یک یا چند روش زیر توسط طرفین مرتبط با استفاده از ابزارهای کاهش دهنده تاثیر متقابل خوردگی در نقاطی روی سازه ثانوی جایی که تغییرات مثبت بیش از حداکثر مقدار توصیه شده، اندازه گیری شده است، مد نظر قرار گیرد.

The method adopted should aim at restoring the structure/soil potential of the secondary structure to the original value, or preferably making it more negative than the original value. Bonding between structures may be precluded by safety considerations referred to in A.4.2. For example, the bonding together of electric transmission towers and pipelines containing flammable liquids or gases is generally to be avoided. In such cases the other measures for eliminating the effects of interaction, suggested in A.3.2.2 and below in items c to e, are to be preferred.

در این روش هدف باید بازگرداندن پتانسیل سازه ثانویه و یا ترجیحاً منفی تر کردن آن از مقدار آن باشد. اتصال بین سازه‌ها ممکن است با ملاحظات ایمنی ارجاع داده شده در بند الف-۴-۲ جلوگیری شده باشد. برای مثال از اتصال به یکدیگر پایه های انتقال برق و خطوط لوله حاوی مایعات قابل اشتعال یا گازها معمولاً جلوگیری میشود. در چنین حالتهایی پیش بینی‌های دیگری برای حذف کردن تاثیر متقابل، پیشنهاد شده در بند الف-۳-۲-۲ و آیتم های ج تا هـ ترجیح دارند.

The following techniques are available:

a) A joint cathodic protection scheme so that full protection is given to both structures.

b) Connection together of the two structures by means of one or more remedial bonds, which may include suitable resistors to limit the current to the minimum necessary to correct the interaction. This is one of the most effective methods of reducing possible corrosion interaction. The remedial bond should preferably be connected to the secondary structure at or near the point where the maximum positive structure/electrolyte potential change was measured, but if the structures are some distance apart at this point, and it is more convenient, the installation of a remedial bond at a point not too far distant, where the structures are closer together, may be satisfactory. For reasons referred to in A.2.3.1, it is essential that any structure to be so bonded be electrically continuous. If it is suspected that the secondary structure may be discontinuous, joints should be tested (see IPS-I-TP-820) and continuity bonds installed as necessary. The bond, the connections to the two structures, and any resistors, should be constructed to specifications satisfactory to both parties. The bond should be an insulated copper conductor and of adequate size to carry any fault current that may flow (see A.4.2) but should be not less than 16 mm² cross-sectional area. The bond should be installed inside a suitable housing or building where it can be regularly inspected. When a buried bond is required, mechanical protection against digging operations may be necessary; it is desirable that suitable identification markings be provided. In circumstances where it is clear that corrosion interaction will occur, much testing time will be saved if bonds are installed at suitable positions before interaction tests are made. It is always necessary to measure the current flowing in the bond, but if a regular check of the current is required, for example, where resistance bonds have been provided to control the current, a suitable enclosure and a removable link or other bolted connection may be installed

روشهای فنی زیر قابل استفاده هستند:

الف) حفاظت کاتدی مشترک به طوری که حفاظت کامل هر دو سازه تأمین شود.

ب) ارتباط دادن دو سازه توسط یک یا چند اتصال موثر، که ممکن است شامل نصب یک مقاومت مناسب جهت کاهش جریان به حداقل مورد نیاز برای اصلاح تاثیر متقابل باشد. این یکی از موثرترین روشهای ممکن برای کاهش تاثیر متقابل خوردگی میباشد. اتصال موثر به سازه ثانویه و یا نزدیک به نقطه‌ای که حداکثر تغییر مثبت پتانسیل سازه اندازه‌گیری شده صورت میگیرد. اما اگر سازه‌ها در این نقطه فاصله کمی از هم داشته باشند، اتصال آنها راحت تر خواهد بود، نصب موثر نه چندان دور، جایی که سازه به یکدیگر نزدیک تر هستند ممکن است رضایت بخش باشد. بنا به دلایل اشاره شده در بند الف-۲-۳-۱ ضرورت دارد که هرسازه به گونه‌ای متصل شود که یکپارچگی الکتریکی رعایت شود. اگر گمان رود که سازه ثانویه ممکن است ناپیوسته باشد، اتصالات باید مورد آزمون قرار گیرد (به IPS-I-TP-820 مراجعه شود) و اگر لازم باشد اتصالات دائمی نصب شود. ارتباطات یک اتصال به دو سازه با هر مقاومت، باید منطبق بر مشخصات فنی قابل قبول سازه طرفین ساخته شود. اتصال باید یک هادی مسی عایق شده باشد و اندازه کافی جهت حمل جریان خطا که ممکن است عبور کند را (به الف-۴-۲ مراجعه شود) داشته باشد اما سطح مقطع آن نباید از ۱۶ میلیمتر مربع کمتر باشد. اتصال باید در داخل یک محفظه مناسب و یا جایی که بتوان آن را به طور مرتب بازدید نمود نصب شود. هنگامی که یک اتصال مدفون لازم است، حفاظت مکانیکی در برابر عملیات حفاری ممکن است لازم باشد. مطلوب است که علائم شناسایی مناسب تهیه شود. در شرایطی که وقوع تاثیر متقابل خوردگی وجود دارد بدیهی است اگر اتصالات در وضعیت های مناسب قبل از آزمونهای تاثیر متقابل خوردگی نصب شوند خیلی از زمان آزمایش صرفه‌جویی خواهد شد. همچنین لازم است مقدار جریان در اتصال اندازه گیری شود، اما اگر اندازه گیری منظم جریان مورد نیاز باشد، برای مثال جایی که اتصال مقاومتی برای کنترل

at a point accessible to both parties.

جریان می باشد، یک محفظه مناسب، و یک اتصال قابل حذف یا دیگر اتصالات پیچ شده ممکن است در یک نقطه جهت در دسترس بودن طرفین نصب شود.

c) A galvanic anode connected to the secondary structure if the positive changes are small and localized, e.g. a meter or so each side of a point where two structures are close to each other.

ج) اگر تغییرات مثبت کوچک و موضعی باشند به عنوان مثال در فاصله یک متری یا حالتی که طرفین دوسازه به یکدیگر خیلی نزدیک هستند، یک آند گالوانیکی به سازه ثانویه متصل میشود.

d) Increasing resistance between the two structure, at a point where a positive change is measured, by applying locally an additional good quality coating or warping to the primary and/or secondary structure. If the secondary structure is coated, it is essential that it be free from holidays.

د) در نقطه‌ای که یک تغییر مثبت پیش بینی میشود، با اعمال موضعی پوششی با کیفیت بالا یا نوارپیچی سازه اولیه و/یا ثانویه مقاومت بین دو سازه افزایش می‌یابد. اگر سازه ثانویه پوشش شده باشد، ضرورت دارد که پوشش عاری از هر گونه هالیدی باشد.

e) Isolation, in the case of a pipeline, of a section of pipe adjacent to secondary structures by means of isolating joints. The isolated section can then be bridged by means of an insulated cable of appropriate size to maintain continuity along the main section of the pipeline. The isolated section can be generally protected by means of galvanic anodes. Alternatively, one of the isolating joints can be shunted by a resistor of such value that the pipe between the isolating joints is protected without causing excessive interaction. This method is particularly applicable at parts of the route near groundbeds where the primary structure/electrolyte potentials are strongly negative, creating possible severe interaction on secondary structures. The method can be applied at road crossings where there may be a number of secondary structures, or at railway crossing, to limit interaction with signaling and other equipment. A section of pipe can also be isolated at crossings with electrified railways to reduce the effects of stray traction of pipeline.

ه) جداسازی، در مورد خط لوله، قسمتی از خط که در مجاورت سازه‌های ثانویه قرار دارد باید با اتصالات جداسازی ، جدا گردند. برای حفظ پیوستگی قسمت جدا شده را با اندازه مناسب دور زد و به قسمت اصلی خط لوله اتصال داد را میتوان با ارتباط الکتریکی به وسیله یک کابل عایق شده با اندازه مناسب جهت حفظ پیوستگی با قسمت اصلی طولی خط لوله اتصال داد. به طور کلی قسمت جدا شده را میتوان به وسیله آندهای گالوانیکی حفاظت نمود. متناوباً یکی از اتصالات جدا سازی را میتوان مقاومت گذاری مناسب عدد به طوریکه لوله بین اتصالات جدا سازی بدون ایجاد تاثیر متقابل اضافی حفاظت شود. این روش بخصوص در بخشهایی از مسیر نزدیک بسترهای آند جایی که پتانسیل های اولیه سازه به شدت منفی میباشد و امکان ایجاد تاثیر متقابل شدید روی سازه ثانوی وجود دارد قابل انجام میباشد. این روش را میتوان در تقاطع جاده، جایی که ممکن است تعداد سازه‌های ثانویه، یا تقاطع راه آهن، جهت محدود نمودن تاثیر متقابل پالسی و سایر تجهیزات اعمال نمود. همچنین می‌توان یک قسمت از لوله را که در تقاطع با راه آهن برق دار است جهت کاهش تاثیر جریان سرگردان عایق نمود.

It is very important to ensure that methods that entail extending the cathodic protection to further structures are not used in such a way that consequent

این موضوع خیلی اهمیت دارد که مطمئن شویم روشهایی که توسعه حفاظت کاتدی را برای سازه های بعدی فراهم مینمایند در جهتی نباشد که نتیجه آن تغییرات منفی روی چنین سازه ها داشته و این در

negative changes on such structures, in turn, cause corrosion interaction on a third structure.

برگشت باعث تاثیر متقابل خوردگی روی یک سازه سومی شود.

A.3.3.2 Temporary operation of an installation

If it is urgently required to operate a cathodic protection installation which is completed except for arrangements necessary to reduce structure/electrolyte potential changes on neighboring plant, it is recommended that, wherever it seems unlikely that material damage will be caused to the secondary structure, the parties concerned should agree to a limited period of operation without remedial measures, this is to enable the protection to be maintained while the necessary additional work, which should be put in hand as soon as possible, is carried out.

The period during which such temporary operation may be permitted depends on the amount by which the measured structure/electrolyte potential changes exceed the agreed limit, and on any available evidence as to the existing state of the two structures, and on the period, if any, during which the protection has already been operated prior to testing. If there is no history of corrosion on the secondary structure it is suggested that, where it is expected that the remedial measures will eventually eliminate the adverse changes entirely, temporary operation may be permitted for periods of not exceeding three months with structure/electrolyte potential changes of up to +50 mV.

الف-۳-۳-۲ نصب و بهره برداری از یک سامانه موقت

اگر لازم باشد تأسیسات حفاظت کاتدی تکمیل شده به استثنای طرح کاهش تغییرات پتانسیل سازه به الکترولیت روی واحد همجوار به فوریت راه اندازی شود پیشنهاد میگردد هر کجا که به نظر می‌رسد صدمات سازه ثانویه غیرمحتمل باشد باید طرفین ذیربط با محدود کردن مدت زمان عملیات بدون اقدامات پیش گیرانه موافقت نمایند، این عمل باعث می‌شود که کار اضافی لازم هرچه سریعتر برای برقراری حفاظت انجام شود.

مدت زمانی که عملیات موقتی ممکن است مجاز باشد بستگی به این دارد که تغییرات پتانسیل سازه چقدر بیشتر از محدوده توافق شده باشد و براساس هر مدرک موجود که دلالت کند که بر وضعیت کنونی دوسازه و یا در آن دوره زمانی و اگر موجود باشد در طی زمان قبل از آزمایش، زمانی که عملیات حفاظتی همچنان برقرار بوده است. اگر هیچگونه سوابقی از خوردگی روی سازه ثانویه مشاهده نشود گمان می‌رود، حذف تغییرات مضر، با اقدامات پیش‌گیرانه قابل انتظار است. ممکن است عملیات موقتی برای زمانهای کمتر از سه ماه با تغییرات پتانسیل سازه تا ۵۰+ میلی ولت مجاز باشد.

A.3.4 Cathodic protection systems installed adjacent to telecommunication services

Electrical interference. If a telecommunication cable is boned to, or is close to, a cathodic protection system energized from a source of alternating current through rectifiers, or if the groundbed of the cathodic protection system is sited close to the earth electrodes of a telecommunication system, there may be interference to telecommunication circuits.

This is due to harmonic currents of the

الف-۳-۴ سامانه حفاظت کاتدی نصب شده در مجاورت خدمات ارتباط راه دور

تداخل الکتریکی، اگر کابل ارتباطات راه دور متصل و یا نزدیک به یک سامانه حفاظت کاتدی باشد که از یک منبع جریان متناوب و از طریق یکسوکننده‌ها انرژی دریافت مینماید، یا اگر بستر آندی سامانه حفاظت کاتدی نزدیک به الکترودهای اتصال زمین سامانه ارتباطی قرار گرفته است ممکن آنجا تداخل با مدارات ارتباطات راه دور به وجود آید.

این به علت جریانهای موزون بسامد اصلی جریان متناوب

fundamental frequency of the alternating current supply feeding the rectifier unit inducing unwanted noise voltages into the telecommunication circuits. With rectifier output currents of the order of 5 A or less, interference is unlikely. With greater currents, or if interference occurs, consideration should be given to the provision of smoothing for the rectifier.

منبع جریان میباشد که یکسوکننده را تغذیه کرده و ولتاژهای پارازیتی ناخواسته به داخل مدار ارتباطات القاء مینماید. با جریانهای خروجی یکسوکننده ۵ آمپری یا کمتر، تداخل غیرمحتمل میباشد. با جریانهای بزرگتر یا اگر تداخل به وجود آید ملاحظاتی باید جهت فیلتر کردن جریان یکسوکننده به عمل آید.

A.3.5 Cathodic protection systems adjacent to railway signal and protection circuits

الف-۳-۵ سامانه ها حفاظت کاتدی در مجاورت با سیگنالهای خط آهن و مدارهای حفاظتی

It is imperative that the use of cathodic protection on, or adjacent to, railway property be so planned and operated as to ensure that it cannot cause false operation of railway signaling plant.

الزامی است اطمینان حاصل شود بکارگیری حفاظت کاتدی روی و یا در مجاورت خط آهن به گونه‌ای طراحی و بهره‌برداری شود که نتواند باعث خرابی عملیات واحد علامت دهی خط راه آهن شود.

Railway authorities should be advised of any preliminary planning tests proposed to be carried out in the vicinity of railway running lines. Possible causes of such false operation include the following:

مسئولین راه آهن را باید از هر برنامه آزمون‌های مقدماتی پیشنهاد شده لوله های فعال مجاور خط آهن مطلع ساخت. علل چنین خرابی عملیاتی ممکن است شامل موارد زیر باشد:

a) Current from the cathodic protection system interfering with the operation of the track relays of railway track circuits of the direct current type.

الف) جریان ناشی از سامانه حفاظت کاتدی با عملیات رله، در مسیر مدارهای جریان مستقیم راه آهن تداخل داشته باشد.

b) Alternating current components in the rectified current of the cathodic protection system interfering with the operation of the track relays of railway track circuits of the alternating current type.

ب) مولفه‌های جریان متناوب در جریان یکسو کننده سامانه حفاظت کاتدی مزاحم عملیات رله های خط آهن، در مسیر مدارهای جریان متناوب میشود.

c) Induction in cable or line wires from the harmonics in the rectified current of the cathodic protection system interfering with remote control transmission associated with signaling installations.

ج) القاء در کابل یا سیمهای خط از همسازها در جریان یکسو کننده سامانه حفاظت کاتدی با فرستنده راه دور مرتبط با سیستم علامت دهی تداخل داشته باشد.

If the railway authorities agree to the bonding of the protected structure to the running rails, or to structures which are themselves connected to the running rails, special precautions may be required to safeguard the railway signaling equipment (see also A.2.6.7).

اگر مسئولین خط آهن با اتصال سازه حفاظت شده به خطوط مسیر، یا به سازه هایی که خودشان به خطوط مسیر وصل شده اند، موافقت نمایند احتیاط‌های خاص ممکن است جهت حفاظت تجهیزات علامت دهی راه آهن نیاز باشد. (همچنین به الف-۲-۶-۷ مراجعه شود).

A.3.6 Interaction at discontinuities in cathodically protected structures

الف-۳-۶ تاثیر متقابل در ناپیوستگی‌های سازه‌های حفاظت کاتدی شده

As already indicated in A.2.3.1 and A.2.3.2, if cathodic protection is applied to a pipeline

همانطور که قبلاً در الف-۲-۳-۱ و الف-۲-۳-۲ نشان داده

containing a conducting electrolyte, interaction across any discontinuities can cause corrosion of the internal surfaces. Testing to ensure that the pipeline is electrically continuous (see IPS-I-TP-820), and bonding between sections; if necessary, is, therefore, particularly important. Similarly, if isolating joints are inserted in pipes containing weak electrolytes, remedial measures should be taken (see 10.5).

شد، اگر حفاظت کاتدی به یک خط لوله حاوی الکترولیت هادی اعمال شود، تاثیر متقابل عبوری ناشی از هر ناپیوستگی میتواند باعث خوردگی سطوح داخلی شود. آزمایش جهت اطمینان از پیوستگی الکتریکی خط لوله (به IPS-I-TP-820 مراجعه شود) و اتصال بین قسمتها، اگر لازم است، اهمیت ویژه ای دارد. اگر اتصالات جداسازی در لوله هایی که حاوی الکترولیت های ضعیف هستند نصب شوند، پیش بینی های مفید باید اتخاذ گردد (به ۱۰-۵ مراجعه شود).

Insertion of isolating joints in pipes containing highly conducting electrolytes is inadvisable.

نصب اتصالات جداسازی در لوله های حاوی الکترولیت-هایی با هدایت الکتریکی بالا دور از مصلحت است.

A.3.7 Jetties and ships: corrosion interaction at sea and river terminals

الف-۳-۷ اسکله ها و کشتی ها: تاثیر متقابل خوردگی در پایانه‌های دریایی و رودخانه‌ای

Corrosion interaction may arise due to cathodic protection of a ship if it is moored alongside an unprotected vessel or jetty, or due to cathodic protection on jetties which may cause interaction while unprotected ships are alongside.

تاثیر متقابل خوردگی ممکن است به علت حفاظت کاتدی یک کشتی اگر در مجاور شناور یا اسکله بدون حفاظت مهار شده باشد بـه وجود آید، و یا ممکن است به سبب حفاظت کاتدی اسکله، تاثیر متقابل خوردگی بر کشتی‌های بدون حفاظت که پهلو گرفته اند بوجود آید.

In either case, the interaction may be reduced by bonding the unprotected ship to the protected ship or jetty. This will be effective only if the resistance of the bond is low compared with that of the current path through the water. Bonding is sometimes dispensed with in the case of small vessels, notably tugs, that are alongside a protected jetty for short periods. Fortuitous contact may provide some alleviation.

در هر حالت تاثیر متقابل ممکن است با اتصال کشتی حفاظت نشده به کشتی حفاظت شده یا اسکله کاهش یابد. این فقط اگر مقاومت اتصال در مقایسه با مسیر عبور جریان در آب کمتر باشد موثر خواهد بود. بعضی مواقع اتصال دادن کشتی‌های کوچک، یدک‌کشهای خاص برای مدت کوتاهی در کنار اسکله حفاظت شده قرار دارند قابل صرفنظر است، گاهی ممکن است تماس اتفاقی مفید باشد.

Bonding is sometimes required for other purposes (see A.4.4).

بعضی مواقع اتصال دادن برای سایر مقاصد نیاز میباشد (به الف-۴-۴ مراجعه شود).

Interaction can be minimized in designing cathodic protection for jetties, by locating anodes on the landward side or within the peripheral boundary of the outer piling. The bonding of ships moored alongside a cathodically-protected jetty will increase the current required for protection and the installation should be designed accordingly.

تاثیر متقابل را میتوان در طراحی حفاظت کاتدی اسکله‌ها با قرار دادن آندها در سمت زمین یا در داخل مرز جانبی پایه‌های بیرونی به حداقل رساند. اتصال دادن کشتی‌های مهار شده پهلوی یک اسکله تحت حفاظت کاتدی، جریان مورد نیاز برای حفاظت را افزایش داده و تأسیسات باید مطابق آن طراحی شوند.

A.4 Safety Aspects

A.4.1 Danger of electric shock

A.4.1.1 The current normally used for impressed current cathodic protection is rectified ac, taken from a step-down transformer and a rectifier.

The transformer should comply with the requirements of IPS-M-EL-155. The core of the transformer, unless doubleinsulated, and all the exposed metalwork should be effectively earthed (see also A.2.5.3).

It is not generally practicable to earth the output circuit of the equipment other than by means of the combined effect of the groundbed or immersed anode and the natural earthing of the structure to be protected. Therefore, unless the transformer is a double-insulated isolating type or is a type having an earthed metallic screen between the windings, or windings on separate limbs of the core, then steps should be taken to ensure that the combined resistance to earth of the groundbed and the protected structures is low enough to permit operation of the protective fuses or switchgear in the event of a fault between the input or high voltage windings of the transformer (i.e. mains voltage) and the dc output of the associated rectifier.

A.4.1.2 Installations on buried structures

In the case of buried groundbeds, attention should be paid to the danger of possible harm to persons and cattle due to the voltage gradient at the surface of the soil. This will depend on the depth and geometry of the groundbed, the soil resistivity and the current flowing into the soil, and should at no point be such that the voltage occurring between the feet of persons or animals having access to the site could be dangerous.

The voltage gradient on the surface of the soil will not, however, be dangerous to persons and animals if,

a) The dc, output voltage of the cathodic protection rectifier does not exceed 50 V dc.

b) The anodes and the upper surface of the backfill surrounding the anodes are

الف-۴ موارد ایمنی

الف-۴-۱ خطر شوک الکتریکی

الف-۴-۱-۱ معمولاً جریان مصرفی برای حفاظت کاتدی به روش جریان اعمالی با یکسو کردن برق متناوب از خروجی مبدل کاهنده و یک یکسوکننده گرفته میشود.

مبدل باید با الزامات IPS-M-EL-155 مطابقت داشته باشد. جز این که هسته مرکزی مبدل عایق مضاعف شده و تمام کار فلزی در معرض باید به طور موثر اتصال زمین گردد (همچنین به الف-۲-۵-۳ مراجعه شود).

به طور کلی اتصال زمین نمودن مدار خروجی دستگاه به غیر از حفاظت همزمان بستر آندی یا آند غوطه ور شده و اتصال زمین برای سازه‌ای که حفاظت شده قابل اجرا نمیباشد. بنابراین جز در مواردی مبدل از نوع جداسازی مضاعف جدا شده یا دارای اتصال زمین از نوع فلزی مشبک بین سیم پیچ ها داشته، یا سیم پیچهای جدا از هسته مرکزی باشد قدمهای بعدی که باید برداشته شود این است که اطمینان حاصل شود که مجموع مقاومت ها نسبت به زمین برای بستر آندی و سازه های حفاظت شده به قدر کافی کم باشد تا اجازه دهد فیوزهای حفاظت کننده یا جعبه سویچ ها در هنگام وقوع خرابی بین سیم پیچهای یا ولتاژ زیاد ورودی مبدل (یعنی ولتاژ اصلی) و جریان مستقیم خروجی وابسته به یکسوکننده عمل نماید

الف-۴-۱-۲ تأسیسات روی سازه های مدفون شده

در حالتی که بسترهای آندی مدفون باشند، باید به خطر آسیب وارده به اشخاص و احشام به علت گرادیان ولتاژ در سطح خاک توجه داشت. این به عمق و هندسه بستر آندی، مقاومت مخصوص خاک جریان عبوری به داخل خاک بستگی دارد و باید در هر نقطه به گونه ای نباشد که ولتاژ بین قدمهای اشخاص یا حیوانات که دسترسی به محل کار دارند پرخطر باشد.

به هرحال گرادیان ولتاژ روی سطح خاک نباید برای اشخاص و حیوانات پرخطر باشد اگر،

الف) ولتاژ dc، خروجی یکسوکننده حفاظت کاتدی نباید بیش از ۵۰ ولت برق dc باشد.

ب) آندها و سطح بالای پشت بند که اطراف آندها را

buried at least 300 mm below ground level, thus ensuring that only proportion of the output voltage appears across the surface of the earth, and,

احاطه کرده دستکم ۳۰۰ میلیمتری زیر سطح زمین مدفون شده اند، بنابراین اطمینان حاصل شود که فقط بخشی از ولتاژ خروجی در اطراف سطح زمین ظاهر میشود و،

c) The leads are fully insulated and protected against mechanical damage between the anode connections and a point well above the surface of the ground.

ج) سیم‌های اتصال کاملاً عایق شده و در برابر صدمات مکانیکی بین اتصال های آند و یک نقطه چاه بالای سطح زمین حفاظت شده‌اند.

The danger might be enhanced if, for example, a wire fence on wooden supports passed close to the groundbed. If the wire were earthed at some distance from the groundbed, the voltage between the wire and the soil near the groundbed would be a substantial proportion of the total voltage drop through the soil. These matters should be considered at the design stage, any necessary confirmatory tests being carried out during commissioning.

خطر ممکن است زیاد شود اگر، برای مثال، یک حصار سیمی روی تکیه گاههای چوبی از نزدیک بستر آندی عبور کند. اگر سیم در فاصله ای از بستر آندی اتصال زمین شده باشد، ولتاژ بین سیم و خاک نزدیک بستر آندی میتواند یک مقداری از اُفت ولتاژ محل عبوری از طریق خاک را داشته باشد. به این موضوع باید در مرحله طراحی توجه داشت، لازم است آزمون‌های تأییدی در حین راه اندازی انجام شود.

A similar danger would occur if a wire fence on wooden supports were altered in order to install a groundbed, and a wooden support replaced by a metal support buried close to the groundbed.

اگر یک حصار سیمی روی تکیه گاههای چوبی به منظور نصب یک بستری تغییر داده شود و تکیه گاه فلزی مدفون در نزدیکی بستر آندی جایگزین تکیه گاه چوبی شود، خطر مشابهی اتفاق می‌افتد.

A.4.1.3 Installations on immersed structures

الف-۴-۱-۳ تأسیسات روی سازه های غوطه‌ور

When groundbeds are placed in open water, possible dangers to bathers or fish should be considered. The risk is greater in fresh water than in seawater.

وقتی که بسترهای آندی در آب آزاد قرار داشته باشند، احتمال خطرات برای شناگران یا آبزیان را باید مورد توجه قرار داد. خطر در آب تازه بیشتر از آب دریا میباشد.

There is a possibility of danger from electric shock to divers if they approach to within one to two meters of impressed current anodes which are in operation: this is particularly important when the underwater scrubbing of a ship's hull is in operation. Ships' impressed current systems should be switched off before divers commence submerged work of any kind.

احتمال خطر شوک الکتریکی برای غواصان اگر آنها به حدود یک یا دومتری آندهای جریان اعمالی که در عملیات هستند نزدیک شوند وجود دارد. این به ویژه وقتی در زیر آب تمیزکاری بدنه کشتی در دست انجام باشد با اهمیت خواهد بود. سامانه های جریان اعمالی کشتی ها باید قبل از شروع کار زیر آبی غواصان از هر نوع که باشد قطع شود.

A.4.1.4 Installations for the internal protection of plant

الف-۴-۱-۴ تأسیسات برای حفاظت داخلی واحد

Voltages in excess of 50 V dc. are never used for cathodic protection, thus the danger of electric shock would appear to be small, but safety procedures should be adopted that make it impossible for personnel to enter

ولتاژهای بیش از ۵۰ ولت برق مستقیم برای حفاظت کاتدی هرگز مورد استفاده قرار نگیرد. بنابراین خطر شوک الکتریکی کم خواهد بود. لذا دستورالعملهای ایمنی باید منظور شود تا از ورود کارکنان به مخازن یا لوله ها که به طور عادی حاوی

tanks or pipes that normally contain water, whilst the supply to the anodes is switched on.

آب میباشند، مادامی که مدار آندها متصل است، جلوگیری شود.

A.4.2 Fault conditions in electricity power systems in relation to remedial and/or unintentional bonds

الف-۴-۲ شرایط خرابی در سامانه های برقی در ارتباط با اتصالات ترمیمی و /یا غیر عمدی

There is a possible risk in bonding a cathodic protection system to any metalwork associated with the earthing system of an electricity supply network, whether by intention or not. This is particularly important in the vicinity of high-voltage sub-stations.

امکان خطر در اتصال دادن یک سامانه حفاظت کاتدی به سازه فلزی متصل به سامانه اتصال زمین شبکه تأمین برق، خواه عمدی یا غیر آن ممکن است وجود داشته باشد. بخصوص این موضوع در مجاورت ایستگاههای فرعی ولتاژ بالا مهم است.

Bonds between metalwork associated with an electricity power system (e.g. cable sheaths) and cathodically protected structures, can contribute an element of danger when abnormal conditions occur on the power network. The principal danger arises from the possibility of current flow, through the bonds, to the protected structure, due to either earth-fault conditions or out-of-balance load currents from the system neutral (see also A.3.3.1).

اتصالات بین سازه فلزی وابسته به سامانه برقی (یعنی، پوشش های کابل) و سازه های دارای حفاظت کاتدی ، در موقع وقوع شرایط غیرعادی در شبکه برق میتواند به عامل خطر کمک نماید. خطر اصلی ناشی از امکان عبور جریان از طریق اتصالات به سازه حفاظت شده، به علت شرایط خرابی اتصال زمین یا خارج بودن از تعادل در بار جریانهای سامانه از حالت خنثـــی (همچنین به الف-۳-۳-۱ مراجعه شود) می باشد.

The current, together with the associated voltage rise, may result in electric shock, explosion, fire or overheating and also risk of electrical breakdown of coatings on buried structures. Such hazards should be recognized by the parties installing the bond and any necessary precautions taken to minimize the possible consequences. The rise in temperature of conductors is proportional to i^2t, where i is the fault current and t its duration. Conductors, joints and terminations should be sufficiently robust, and of such construction, as to withstand, without deterioration, the highest value of i^2t expected under fault conditions. For extreme conditions, duplicate bonding is recommended. Precautions should also be taken against danger arising from the high electro-mechanical forces which may accompany short-circuit currents (see A.2.5.3 and also BS 6651 last edition).

جریان، همراه با بالارفتن ولتاژ وابسته، ممکن است باعث شوک الکتریکی، انفجار، آتش سوزی یا گرم شدن اضافی و همچنین خطر خرابی پوشش‌های روی سازه‌های مدفون شده. چنین مخاطراتی باید توسط گروه‌های نصب کننده اتصال شناسایی شده و جهت به حداقل رساندن نتایج آن هرگونه پیش بینی های لازم به عمل آید. افزایش دما در رساناهای برقی متناسب با i^2t بوده که i جریان ناخواسته و t مدت زمان آن میباشد. رساناها، اتصالات و ترمینالها باید به حد کافی مقاوم باشد و با چنین ساختاری انتظار میرود با بیشترین مقدار i^2t تحت شرایط خرابی بدون زوال ایستادگی نمایند. برای شرایط فوق العاده، دو برابر کردن اتصال پیشنهاد میشود. همچنین پیش بینی ها باید در مقابل ایجاد خطر نیروهای مکانیکی برقی زیاد که به همراه جریانهای مداری کوتاه به وجود می‌آید به عمل آید (به الف-۲-۵-۳ و همچنین به آخرین چاپ BS 5561 مراجعه شود).

It is difficult to ensure that current-limiting resistances comply with the foregoing requirements; their insertion in bonds through which heavy fault current might flow should therefore be avoided as far as possible. If they are used, it is essential that they be carefully designed for the expected

مشکل است اطمینان حاصل شود که مقاومت های محدود کننده جریان با نیازهای قبلی سازگاری داشته باشد. بنابراین با تعبیه آنها در اتصالات از توانایی عبور جریان ناخواسته شدید از طریق آنها تا حد امکان جلوگیری میشود. اگر آنها به کار روند ضرورت دارد که برای شرایط پیش بینی شده به

conditions.

Bonds and any associated connections should be adequately protected from damage or deterioration.

A.4.3 Hydrogen evolution

A.4.3.1 In impressed current systems, and sometimes with magnesium anodes, excessive polarization can cause evolution of hydrogen on the protected structure. Thus, in situations such as closed tanks where hydrogen can collect, an explosion hazard can arise.

Where hydrogen evolution could produce an explosion hazard, the structure/electrolyte potential should be carefully monitored: hydrogen evolution is not significant at structure/electrolyte potentials less negative than -1.0V with reference to silver/silver chloride for steel in seawater.

A.4.3.2 Special precautions for ships

Hydrogen gas forms an explosive mixture with air and for this reason all protected tanks that contain ballast water or have just been deballasted cannot be regarded as gas-free spaces until tested and found safe. It should be borne in mind that the highest concentrations of hydrogen in a tank will be in the upper part of the tank, i.e. immediately below the deck head or within the hatch coating. It is essential, therefore, that an escape route to the atmosphere for this gas be ensured at all times.

No dangerous accumulation of gas is likely if the tank hatch lids are in the raised position but if, for any reason, they have to be lowered and fastened, it is essential that the gas be able to find its way through suitable venting pipe. In the event of such a pipe being fitted with a pressure/vacuum valve, this should be set in the 'open' position, giving completely free access to the atmosphere.

During dry-docking it may be necessary, for trim or other reasons, to ballast or partly ballast one or more tanks that are cathodically protected by magnesium. To ensure that hydrogen gas is readily dispersed, the tank lids should be secured in the open

دقت طراحی شوند.

اتصالات و ارتباطات وابسته باید به اندازه کافی از صدمات یا تباهی حفاظت شوند.

الف-۴-۳ متصاعد شدن هیدروژن

الف-۴-۳-۱ در سامانه های جریان اعمالی و گاهی با آندهای منیزیم، پلاریزاسیون اضافی میتواند باعث متصاعد شدن هیدروژن روی سازه حفاظت شده گردد. بنابراین در وضعیت‌هایی همچون مخازن بسته جایی که هیدروژن میتواند جمع شود، خطر انفجار میتواند رخ دهد.

جایی که متصاعد شدن هیدروژن میتواند یک خطر انفجار ایجاد کند، پتانسیل سازه به الکترولیت باید به دقت کنترل شود. متصاعد شدن هیدروژن در پتانسیل‌های سازه به الکترولیت بیشتر (مثبت تر) از ۱- ولت نسبت به الکترود مرجع نقره /کلرید نقره برای فولاد در آب دریا قابل توجه نمی‌باشد.

الف-۴-۳-۲ احتیاط‌های خاص برای کشتی ها

گاز هیدروژن تشکیل یک مخلوط قابل انفجار با هوا میدهد و به همین دلیل تمام مخازن حفاظت شده که حاوی آب تعادل یا به تازگی از آب تعادل تخلیه شده اند نمیتوانند به عنوان فضاهای عاری از گاز دیده شوند تا وقتی که آزمون شده و ایمن تشخیص داده شوند. باید به خاطر داشت که بالاترین غلظت های هیدروژن در مخزن در بخش بالای مخزن خواهد بود، یعنی بلافاصله زیر سر عرشه یا در میان پوشش دریچه عرشه. بنابراین حیاتی است در تمام اوقات یک مسیر برای فرار این گاز به آتمسفر تأمین گردد.

اگر کلاهک های دریچه در وضعیت باز باشند تجمع احتمالی گاز خطرناک وجود ندارد، اما اگر بهر دلیلی پایین آورده و یا بسته شوند، حیاتی است که گاز قادر باشد راهش را از طریق لوله تخلیه مناسب پیدا کند. در چنین وضعیتی یک لوله مجهز به یک شیر خلاء/فشار باید در حالت باز تنظیم شود تا دسترسی آزاد به آتمسفر داشته باشد.

هنگام قرار داشتن روی عرشه تعمیراتی ممکن است لازم باشد، برای تمیز کردن یا دلایل دیگر یک یا چند مخزن که با آند منیزیم حفاظت کاتدی شده‌اند را تا اندازه‌ای پر شوند، تا اطمینان حاصل شود که گاز هیدروژن به سهولت تخلیه

position throughout the period the vessel is in dry-dock.

شود، کلاهک های مخزن باید در تمام مدتی که کشتی روی عرشه تعمیراتی قرار دارد در وضعیت باز محکم شوند.

A.4.4 Installation in hazardous atmospheres

الف-۴-۴ تأسیسات در محیط های خطرناک

A.4.4.1 Explosion hazards (see IPS-E-EL-110)

الف-۴-۴-۱ خطرات انفجار (به IPS-E-EL-110 مراجعه شود).

Cathodic protection can introduce danger in areas in which a flammable mixture of gas, vapor* or dust (i.e. a hazardous atmosphere) may be present which could be ignited by an electric arc or spark.

حفاظت کاتدی در مناطقی که ممکن است یک مخلوط گاز یا بخار یا ذره (مثل یک آتمسفر خطرناک) قابل اشتعال وجود داشته باشند میتواند با یک قوس الکتریکی یا جرقه تولید خطر نماید.

Typical examples of such installations are tanks, pipelines**, manifolds, jetty piles, floating craft, etc. Incentive sparking might arise, due to cathodic protection, from:

نمونه مثالهای چنین تأسیساتی، مخازن، خطوط لوله، چند راهه، پایه های اسکله، کشتی های کوچک غوطه ور و غیره هستند. جرقه زدن ممکن است رخ دهد، به علت حفاظت کاتدی از:

a) Intentional or unintentional disconnection of bonds across pipeline joints or any other associated equipment under protection or fortuitously bonded to protected equipment.

الف) قطع عمدی یا غیر عمدی اتصالات خط لوله یا دیگر تجهیزات همراه تحت حفاظت یا متصل شدن اتفاقی به تجهیزات حفاظت شده.

b) Intentional or unintentional short-circuit of isolating devices e.g. by tools or break down due to voltage surges on the pipeline induced by lightning or electrical power faults.

ب) اتصال کوتاه عمدی یا غیر عمدی وسایل جدا سازی یعنی توسط قطعه‌ها یا قطع به علت افزایش ناگهانی ولتاژ القاء شده روی خط لوله توسط صاعقه یا جریان برق ناخواسته.

c) Unintentional short-circuits by fortuitous bridging of points of different potential, e.g. by metal scraps, odd lengths of wire, mobile plant.

ج) اتصالات کوتاه غیر عمدی اتفاقی توسط ارتباط الکتریکی نقاطی با پتانسیل‌های مختلف مثل قراضه های فلزی، طول غیر عادی سیم، تجهیزات متحرک.

d) Connection or disconnection of loading lines to tankers, barges, and rail car gantry structures and associated pipelines.

د) ارتباط یا قطع ارتباط خطوط بارگیری به نفت کشها، لنج ها، سازه های جرثقیل دروازه ای واگن خط آهن و خطوط لوله وابسته.

e) Disconnection or breakage of cables carrying cathodic protection current.

ه) قطع یا شکستن کابلهای حامل جریان حفاظت کاتدی.

f) Unintentional short-circuiting of impressed current anodes when the liquid level is lowered in plant under internal cathodic protection.

و) اتصال کوتاه غیر عمدی آندهای جریان اعمالی وقتی که سطح مایع در دستگاه تحت حفاظت کاتدی داخلی پائین می‌آید.

g) Connection or disconnection of instruments employed for measuring and testing of cathodic protection systems.

ز) اتصال یا قطع اتصال تجهیزات ابزار دقیق که برای اندازه گیری و آزمایش سامانه های حفاظت کاتدی بکار گرفته میشوند.

In locations where any of the above hazards may arise, operating personnel should be suitably instructed and durable warning notices should be authoritatively displayed as appropriate.

در مکان‌هایی که هریک از خطرات فوق ممکن است رخ دهد، کارکنان عملیات بایستی به طور مناسب راهنمایی شوند و باید اخطارهای کتبی پایدار مقتدرانه مقتضی ارائه گردد.

It should be noted that the likelihood of incentive sparking may be greater in the case of impressed current systems than with systems using galvanic anodes. However, there is danger if a suspended or supported galvanic anode, or portion of an anode, becomes detached and falls on to a steel member beneath; the risk, however, is not present with zinc anodes.

باید توجه داشت که احتمال بروز جرقه در سامانه های جریان اعمالی ممکن است بزرگتر از سامانه هایی که آندهای گالوانیکی دارند، باشد. بهرحال این خطر وجود دارد اگر یک آند گالوانیکی معلق باشد یا تکیه گاه داشته و یا بخشی از آند جدا شده و روی تکیه گاه پایین تر افتاده باشد، اما احتمال خطر با آندهای روی وجود ندارد.

* See also CP 1003 –part 2 and the Institute of Petroleum Model Code of safe Practice in the Petroleum Industry.

* به بخش دوم CP 1003 و نمونه آیین نامه اجرایی ایمنی موسسه نفت در صنعت نفت مراجعه شود.

** See Part VI of the Institute of Petroleum Model Code of safe Practice in the Petroleum Industry. (With special reference to 8.5.5).

** به بخش ششم نمونه آیین نامه اجرایی ایمنی موسسه نفت در صنایع نفت (با اشاره خاص به بند ۸-۵-۵) مراجعه شود.

A.4.4.2 Measures to avoid the explosion hazard

الف-۴-۴-۲ اقدامات لازم جهت اجتناب از خطر انفجار

Cathodic protection systems that are to operate where flammable concentrations of gas or vapor occur should conform to the statutory and other safety regulations applicable to the particular installation and industry concerned, e.g. the Ship Classification Societies have laid down requirements governing the use and inspection of anodes within the tanks of ships classified by them (see Appendix C paragraph C.2.1.2.1), and approval should be obtained in each individual case as appropriate.

بکارانداختن سامانه‌های حفاظت کاتدی هرکجا که غلظت-های گاز یا بخار قابل اشتعال وجود دارد باید مطابق با قانون مدون و سایر قوانین ایمنی قابل اجرا در تأسیسات ویژه و صنایع وابسته باشد. برای مثال انجمن‌های طبقه بندی شده کشتی‌رانی، الزاماتی قانونی جهت بکارگیری و بازرسی از آندها در داخل مخازن کشتی‌های طبقه‌بندی شده توسط آنها مطرح شده است (به ضمیمه ج پاراگراف ج-۲-۱-۲-۱ مراجعه شود) و تاییدیه در هر حالت که مقتضی باشد باید برای هر یک اخذ گردد.

The following safety measures should be adopted where applicable:

پیش بینی های ایمنی زیر هر کجا پذیرفته شده قابل اجرا است:

a) Flameproof enclosure (see BS 4683: part 2 and CP 1003 –part 2) of transformer/rectifiers or other apparatus when it is impossible to site it outside the area of risk.

الف) محفظه ضد آتش (به BS 4683 بخش ۲ و CP 1003 بخش ۲ مراجعه شود) مبدل / یکسوکننده یا سایر دستگاهها وقتی که قرار دادن آن خارج از منطقه خطر غیرممکن باشد.

b) Flameproof enclosure (see BS 4683:part 2 and CP 1003) –part 2 of resistive bonds.

ب) محفظه ضد آتش (به BS 4683 بخش ۲ و CP 1003 مراجعه شود) اتصالات مقاوم.

c) The provision of a temporary continuity bond across any intended break, before any break is made in protected pipelines or other structures or equipment included in the cathodic protection scheme.

Note:

It is essential that these bonds be securely clamped to each side of the intended break and remain connected until the work is completed and normal continuity restored.

d) Sitting outside the area of risk any isolating devices in above-ground pipelines.

Note:

Where this is not practicable, measures to avoid arcing or sparking, due to the reasons given in A.4.4.1(b) should be adopted. These would include the use of resistive bonds or zinc earth electrodes connected to each side of the insulating device.

e) Insertion of an isolating device and, if necessary, an encapsulated spark gap (see A.2.5.3.2), in each of the loading lines, at oil terminal jetties, as referred to in A.4.4.1(d).

Note:

This is to ensure that the line is electrically discontinuous as a precaution against the dangers associated with incentive sparking. An independent ship/shore bonding cable does not eliminate the hazard. It is essential that any other cable brought on board is connected and disconnected outside the area of risk, or equivalent measures are taken to avoid incentive sparking upon connection and disconnection, e.g. by the use of appropriate flameproof techniques (see BS 4683: part 2 and CP 1003 –part 2).

Where the loading line is wholly flexible, the isolating device (flange) should be fitted to the jetty manifold.

Where the line is partly flexible and partly a metal loading boom, the insulating device should be inserted between the

ج) فراهم کردن یک اتصال موقتی از میان هر مقطع انتخابی قبل از ایجاد قطعی در خطوط لوله حفاظت شده یا سایر سازه ها یا تجهیزاتی که در برنامه حفاظت کاتدی هستند.

یادآوری:

ضروری است این اتصالات بطور محکم به هر طرف مقطع انتخابی محکم شود و ارتباط آن تا خاتمه انجام کار و ادامه عادی تعمیر باقی بماند.

د) قرار دادن هر نوع قطعه جدا سازی در خطوط لوله روی زمین خارج از منطقه خطر.

یادآوری:

جایی که قابل اجرا نیست، اقداماتی جهت جلوگیری از قوس الکتریک یا جرقه زدن، به علت دلایل ارائه شده در الف-۴-۴-۱(ب) باید به عمل آید که شامل استفاده از اتصالات مقاومتی یا متصل کردن اتصال زمین از جنس روی به هر طرف قطعه عایق کننده میباشند.

ه) نصب قطعه جداسازی و اگر لازم باشد اسپارک گپ (به الف-۲-۵-۳-۲ مراجعه شود) در هر طرف خطوط بارگیری، در اسکله‌های پایانه نفتی، مطابق بند الف-۴-۴ -۱(د) عملی گردد.

یادآوری:

جهت اطمینان به عنوان یک پیشگیری در مقابل خطرات همراه با بروز جرقه، برق خط قطع میشود. یک کابل مستقل اتصال دهنده کشتی/اسکله نمیتواند خطرات را برطرف نماید. ضرورت دارد هر کابل دیگری که به روی کشتی آورده می‌شود از خارج وصل یا قطع شود، یا پیش بینی‌های معادل جهت اجتناب از بروز جرقه به مجرد وصل شدن یا قطع شدن به عمل آید، برای مثال استفاده از روشهای فنی ضد آتش مناسب (به BS 4683 بخش ۲ و CP1003 بخش ۲ مراجعه شود)

جایی که لوله بارگیری تماماً انعطاف پذیر است، باید منیفولد اسکله مجهز به قطعه جدا سازی (فلنج) شود.

جایی که بخشی از خط، قابل انعطاف و بخشی یک بازوی متحرک بارگیری فلزی باشد، قطعه عایق کننده

flexible hose and the loading boom.

باید بین شلنگ انعطاف پذیر و بازوی متحرک بارگیری قرار گیرد.

An isolating device should be incorporated in an all-metal flow boom, care always being taken to ensure that the flow booms are not fortuitously earthed to the ship by tools or loads suspended from the ship's gear.

یک قطعه جداسازی باید در تمام بازوهای متحرک فلزی بارگیری پیوستگی داشته باشد، همیشه دقت به عمل آید و اطمینان حاصل شود که بازوهای متحرک فلزی بارگیری به طور اتفاقی توسط ابزارها یا بارهای معلق از چرخ دنده کشتی به کشتی اتصال زمین نشده باشد.

Similar considerations apply to ship-to-ship transfers if either or both vessels are cathodically protected and certain low flashpoint cargoes are being handled. An isolating device should be fitted at the manifold of one vessel and the line securely earthed to the manifold of the other vessel. Alternatively, electrically discontinuous hoses may be used i.e. hoses specially made with the bonding wire omitted. For tankers at submarine line berths, at least two hoses that are electrically discontinuous should be inserted into the string of flexible hoses, at the end of the rigid line.

ملاحظات مشابه در انتقال کشتی به کشتی اعمال میشود هرگاه یک یا هر دو کشتی دارای حفاظت کاتدی و محموله‌ای با نقطه اشتعال پایین حمل مینمایند. یک قطعه جداسازی باید در منیفولد کشتی قرار داده و خط به طور مطمئن به منیفولد کشتی دیگر اتصال زمین شده متصل شود. به نوبت، ممکن است از شلنگ‌هایی که پیوستگی برقی ندارند به خصوص آن دسته که بدون سیم اتصال ساخته شده‌اند استفاده شوند. برای نفتکشها در لنگرگاههای خط زیر دریایی دست کم دو شلنگ که بدون پیوستگی برقی باشند باید در داخل رشته شلنگهای انعطاف پذیر در انتهای خط سخت، جاسازی شود.

These should preferably be the second and third hoses from the tanker manifold. These precautions are not normally considered necessary in the case of single-buoy moorings.

اینها ترجیحاً دومین و سومین شلنگ از منیفولد نفتکش میباشند در نظر گرفتن این احتیاطات به طور عادی در حالت مهارهای بویه تکی لازم نیست.

f) If the circumstances envisaged in A.4.4.1(f) could arise, arrangements should be made to ensure that the circuit is automatically or manually isolated when the anodes are not submerged.

و) هرگاه شرایط (قسمت و) بند الف-۴-۴-۱ ایجاد شود ترتیباتی باید اتخاذ گردد تا مطمئن شویم هنگامی که آندها غوطه ور نیستند مدار به طور خودکار یا دستی مجزا شده است.

g) Protection devices (surge diverters) should be installed to safeguard the rectifier and associated equipment, e.g. instruments, against over-voltages due to lightning or to other external cause (see A.2.5.3, also BS 6651 and BS 7430).

ز) قطعه‌های حفاظتی (هدایت کننده سرج) باید جهت حفاظت نمودن یکسوکننده و تجهیزات وابسته نظیر تجهیزات ابزار دقیق، در مقابل ولتاژهای اضافی ناشی از صاعقه یا سایر علل خارجی (به بند الف-۲-۵-۳ همچنین BS 6651 و BS 7430 مراجعه شود) نصب شوند.

Note:

This applies particularly to rectifiers that are supplied from overhead lines.

یادآوری:

این دستگاه به خصوص برای یکسو کننده‌هایی که از خطوط هوایی تغذیه میشود اجرا میگردد.

h) Double-pole switches should be provided in each dc circuit entering an area in which flammable concentrations of

ح) در هر مدار جریان مستقیم ورودی به منطقه ای که در آن امکان غلظت‌های گاز یا بخار قابل اشتعال به وجود

gas or vapor might occur, to ensure that both poles are isolated during maintenance, etc.

می‌آید کلید دوپل باید تعبیه گردد، تا اطمینان حاصل شود که هر دو پل در حین تعمیرات و غیره مجزا شده اند.

A.4.4.3 Chlorine evolution

For an impressed current cathodic protection installation in a marine environment, the anode reactions result in the electrolytic formation of chlorine. Seawater is normally slightly alkaline and the chlorine will form sodium hypochlorite; other side reactions, such as the oxidation of hypochlorite to chlorate and the formation of bromine from bromides are possible. Under stagnant conditions, the chlorine will be evolved as a gas and will presents hazard to inspection and maintenance personnel.

It is sometimes impossible with internal protection of enclosed vessels or plant to drain completely a vessel before entering for maintenance. If it happens that anodes remain energized and immersed, the chlorine level in the remaining water will increase. Disturbing the water, e.g. by walking through it, will release enough chlorine in the restricted air space to cause acute discomfort; the cathodic protection should, therefore, always be switched off before a vessel is entered.

The formation of hypochlorite and gaseous chlorine will be minimized by the incorporation of a system of two level or automatic control into the cathodic protection installation.

الف-۴-۴-۳ متصاعد شدن گاز کلر

برای تأسیسات حفاظت کاتدی جریان اعمالی در یک محیط دریایی واکنش های آندی در الکترولیت تشکیل کلر میدهد. آب دریا به طور عادی اندکی قلیایی است و کلر تشکیل هیپوکلریت سدیم خواهد داد، از طرف دیگر امکان واکنش‌هایی نظیر اکسیداسیون هیپوکلریت به کلرات و تشکیل برم از برومیدها وجود دارد. تحت شرایط ساکن کلر به صورت گاز خواهد بود و برای کارکنان بازرسی و تعمیرات ایجاد خطر خواهد نمود.

بعضی اوقات با حفاظت داخلی ظروف یا واحد بسته، تخلیه کامل یک ظرف قبل از ورود برای تعمیرات غیرممکن است. چنانچه اتفاق افتد که آندهای باقیمانده جریان دار و غوطه ور شوند، سطح کلر در آب باقیمانده افزایش خواهد یافت. پخش آب برای مثال توسط راه رفتن در آن در فضای هوایی محصور شده به اندازه کافی کلر آزاد نموده و باعث ناراحتی حاد میشود، بنابراین همیشه باید حفاظت کاتدی قبل از ورود به یک ظرف خاموش باشد.

تشکیل هیپوکلریت و کلر گازی با مشارکت یک سامانه از دو تراز یا کنترل خودکار نسبت به تأسیسات حفاظت کاتدی کاهش خواهد یافت.

APPENDIX B

DESIGN PRINCIPLES OF CATHODIC PROTECTION FOR BURIED PIPELINES

B.1 Impressed Current System

B.1.1 Current-voltage relationships

B.1.1.1 Attenuation

When current is drained from a buried pipeline, the potential of the line to its surroundings is changed and current is picked up from the soil and flows in the pipe toward the drain point. The current flow in the line and the potential change are maximum at the drain point. At any point other than the drain point, the current flow in the pipe is less because of the current picked up between that point and the drain point is less. Likewise, the voltage change is less because of the voltage drop caused by the flow of current in the pipe between that point and the drain point is less. This decrease of voltage and current flow with distance from the drain point is called attenuation. The rate, of attenuation is influenced by pipe resistance, coating conductivity, polarization, length of line, and method of termination (insulating device or metallic connection to other facilities). In the case of bare or poorly coated lines soil resistivity also has a large effect.

B.1.1.2 Attenuation formulas

Formulas have been derived to express the relationship between current and potential along a uniform pipeline when current is drained from a single point. The most commonly used forms of these attenuation formulas are given bellow. These formulas apply specifically to coated lines; they are based on the assumption that the pipe is of uniform section and resistivity, and that coating conductivity is uniform. The effect of soil resistivity and polarization are neglected. The voltage as used in the attenuation formulas for coated lines is the voltage change across the coated line, this is the voltage change between the pipe and adjacent soil and is the significant voltage change in cathodic protection.

پیوست ب

مبانی طراحی حفاظت کاتدی برای خطوط لوله مدفون

ب-۱ سامانه جریان اعمالی

ب-۱-۱ روابط جریان – ولتاژ

ب-۱-۱-۱ تضعیف

وقتی جریان از یک خط لوله مدفون تخلیه میشود، ولتاژ خط نسبت به اطراف تغییر کرده و جریان از خاک برداشته شده و به طرف نقطه تخلیه جاری می‌شود. عبور جریان در لوله و تغییر پتانسیل در نقطه تخلیه حداکثر میباشد. در هر نقطه به غیر از نقطه تخلیه، عبور جریان در لوله کمتر است زیرا جریان به دست آمده بین آن نقطه و نقطه تخلیه کمتر است. بعلاوه تغییر ولتاژ کمتر است زیرا افت ولتاژ به علت عبور جریان در لوله بین آن نقطه و نقطه تخلیه کمتراست. این کاهش ولتاژ و عبور جریان با افزایش فاصله از نقطه تخلیه را تضعیف می نامند. این مقدار تضعیف تحت نفوذ مقاومت لوله، رسانایی پوشش، پلاریزاسیون، طول لوله، و روش پایان دهی (قطعه عایق کننده یا اتصال فلزی به دیگر تأسیسات) میباشد. در حالتی که لوله ها بدون پوشش یا پوشش ضعیفی دارند مقاومت مخصوص خاک همچنین یک اثر بزرگ دارد.

ب-۱-۱-۲ فرمولهای تضعیف

فرمولهای تضعیف از بیان ارتباط بین جریان و پتانسیل در طول یک خط لوله یکنواخت هنگامی که جریان از یک نقطه تخلیه شود به دست می‌آید. معمولی ترین کاربرد اشکال این فرمولهای تضعیف در زیر آمده است. این فرمولها خصوصاً برای خطوط پوشش شده بکار میروند و بر اساس این فرض لوله از نظر مقطع مقاومت مخصوص یکنواخت بوده و بنابراین رسانایی پوشش یکنواخت است. از اثرات مقاومت مخصوص خاک و پلاریزاسیون صرف نظر شده است. ولتاژ مورد استفاده در فرمول تضعیف برای خطوط پوشش شده تغییر ولتاژ در سراسر خط پوشش شده است، این تغییر ولتاژ بین لوله و خاک مجاور میباشد و تغییر ولتاژ عمده در حفاظت کاتدی میباشد.

The attenuation formulas are sometimes applied to bare lines. In this case soil resistivity is assumed to be uniform and the resistance per unit length of the line to remote earth is usually substituted for the coating resistance. The voltage in the formulas then becomes the voltage change with respect to remote earth. This voltage does not necessarily indicate the adequacy of cathodic protection. In addition, polarization has a profound effect on attenuation in the case of bare lines, and wide variations in soil resistivity further tend to invalidate calculated results. For these reasons, extreme caution should be used in applying the attenuation formulas to bare lines.

برخی مواقع فرمولهای تضعیف را برای لوله های بدون پوشش بکار میبرند. در این حالت فرض میشود که مقاومت مخصوص خاک یکنواخت بوده و مقاومت بر واحد طول خط نسبت به زمین دور معمولاً جایگزین مقاومت پوششی می-شود. بنابراین ولتاژ در این فرمول ها تغییرات پتانسیل نسبت به زمین دور می‌باشد. این ولتاژ لزوماً کارایی حفاظت کاتدی را نشان نمیدهد. علاوه بر این پلاریزاسیون در حالتی که خطوط بدون پوشش هستند یک اثر عمیق روی تضعیف دارد، و تغییرات وسیع در مقاومت مخصوص خاک بیش از بیش نتایج محاسبه شده را بی اعتبار میسازد. به همین دلایل باید دقت فوق العـــاده‌ای باید در اعمال فرمول‌هـــا برای لوله های بدون پوشش به عمل آید.

B.1.1.3 Calculations

The calculations in this Section are intended to be a guide only. They should not be considered as absolute or the only method of calculation. Cathodic protection design procedures are empirical at best or based on empirically modified theory.

ب-۱-۱-۳ محاسبات

محاسبات در این قسمت فقط به منظور راهنمایی میباشند. آنها را نباید به عنوان مطلق یا فقط یک روش محاسباتی مدنظر قرار داد. بهترین دستورالعملهای طراحی حفاظت کاتدی تجربی هستند یا براساس تئوری اصلاح شده و از روی تجربه میباشند.

The attenuation formulas are sometimes applied to bare lines. In this case soil resistivity is assumed to be uniform and the resistance per unit length of the line to remote earth is usually substituted for the coating resistance. The voltage in the formulas then becomes the voltage change with respect to remote earth. This voltage does not necessarily indicate the adequacy of cathodic protection. In addition, polarization has a profound effect on attenuation in the case of bare lines, and wide variations in soil resistivity further tend to invalidate calculated results. For these reasons, extreme caution should be used in applying the attenuation formulas to bare lines.

برخی مواقع فرمولهای تضعیف را برای لوله های بدون پوشش بکار میبرند. در این حالت فرض میشود که مقاومت مخصوص خاک یکنواخت بوده و مقاومت به ازای واحد طول خط نسبت به زمین دور معمولاً جایگزین مقاومت پوشش می شود. بنابراین ولتاژ در این فرمول ها تغییرات پتانسیل نسبت به زمین دور می باشد. این ولتاژ لزوماً کارایی حفاظت کاتدی را نشان نمیدهد. علاوه بر این پلاریزاسیون در حالتی که خطوط بدون پوشش هستند اثر قابل توجه روی تضعیف دارد، و تغییرات وسیعی در مقاومت مخصوص خاک بیش از اندازه نتایج محاسبه شده را بی اعتبار میسازد. به همین دلایل باید دقت فوق العـــاده‌ای در اعمال فرمول‌هـــا برای لوله های بدون پوشش به عمل آید.

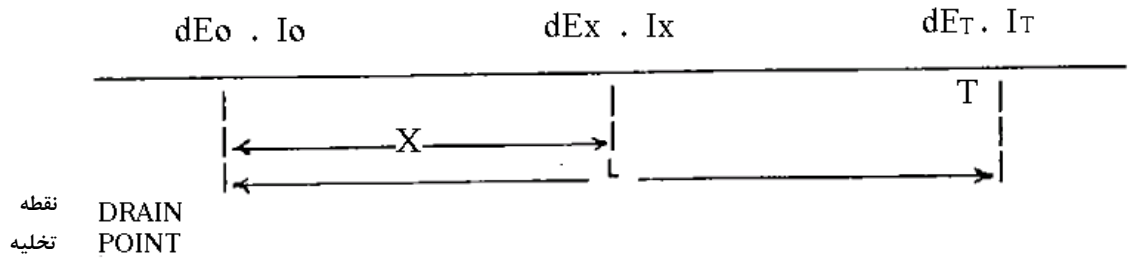
B.1.1.3.1 Symbols

ب-۱-۱-۳-۱ علائم

SYMBOL علامت	QUANTITY مقدار		UNITS واحد	
R_s	Linear pipe resistance	مقاومت خطی لوله	Ohms-m	اهم متر
R_L	Leakage (coating resistance)	نشتی (مقاومت پوشش)	ohms per m	اهم بر متر
a	Attenuation constant	ثابت تضعیف	per kilometer	بر کیلومتر
R_O	Characteristic resistance	مقاومت مشخصه	Ohms	اهم
ρ	Soil resistivity	مقاومت مخصوص خاک	micro-ohm cm	میکرواهم سانتیمتر
ρ'	Steel resistivity	مقاومت مخصوص فولاد	micro-ohm cm	میکرواهم سانتیمتر
g	Coating conductivity	رسانایی پوشش	micro mhos per m²	میکروموز بر مترمربع
D	Pipe diameter	قطر لوله	Mm	میلیمتر
L	Pipe length	طول لوله	Kilometer	کیلومتر
T	Pipe wall thickness	ضخامت جداره لوله	Mm	میلیمتر
a	Pipe cross sectional area	سطح مقطع لوله	square cm	سانتیمتر مربع
A	Surface area of pipe	مساحت سطح لوله	m² per m	مترمربع بر متر
W	Weight of pipe	وزن لوله	kg per m	کیلوگرم بر متر
dE_O	Change in potential at drain point	تغییر در پتانسیل در نقطه تخلیه	Volts	ولت
dE_X	Change in potential at point X	تغییر پتانسیل در نقطهX	Volts	ولت
dE_T	Change in potential at end of line	تغییر پتانسیل در انتهای لوله	Volts	ولت
I_O	Current at drain point	جریان در نقطه تخلیه	Amps	آمپر
I_X	Current at point X on line	جریان در نقطه روی لولهX	Amps	آمپر
I_T	Current at end of line	جریان در انتهای خط	Amps	آمپر

B.1.1.3.2 Formulas

ب-۱-۱-۳-۲ فرمولها



a) General case — **الف)** حالت عمومی

$dE_X = dE_O \cdot \cosh \alpha X - I_A \cdot R_O \cdot \sinh \alpha X$ Volts ولت

$I_X = I_O \cdot \cosh \alpha X - \frac{dE_O}{R_O} \cdot \sinh \alpha X$ Amps. آمپر

Or: یا

$dE_O = dE_X \cdot \cosh \alpha X + R_O \cdot I_X \cdot \sinh \alpha X$ Volts ولت

$I_A = I_X \cdot \cosh \alpha X - \frac{dE_X}{R_O} \cdot \sinh \alpha X$ Amps. آمپر

b) Finite lines — **ب)** خطوط محدود

$dE_O = dE_T \cosh \alpha L$ Volts ولت

$I_O = \frac{dE_T}{R_O} \cdot \sinh \alpha L$ Amps. آمپر

$dE_X = dE_T \cosh \alpha (L - X)$ Volts ولت

$I_X = I_O \frac{\sinh \alpha (L - X)}{\sinh \alpha L}$. Amps. آمپر

c) Infinite lines* — **ج)** خطوط نامحدود

$dE_X = dE_O e^{-aX}$ Volts ولت

$I_X = I_O e^{-aX}$ Amps. آمپر

$I_O = \frac{dE_O}{\alpha R_L} = \frac{dE_O}{R_O}$ Amps. آمپر

$\text{Ln } dE_O = \text{Ln } dE_X + \alpha x$

$\text{Ln } I_O = \text{Ln } I_X + \alpha x$

d) Linear pipe resistance — **د)** مقاومت خطی لوله

$$R_s = \frac{\rho' L}{a}$$

Note:

Steel resistivity varies from 16 to 23 micro -ohm cm.

یادآوری

مقاومت مخصوص فولاد از ۱۶ تا ۲۳ میکرو – اهم سانتیمتر تغییر میکند.

An average value is 18 micro-ohm cm.

میزان متوسط ۱۸ میکرو – اهم سانتیمتر میباشد.

e) Leakage (coating resistance)

هـ) نشتی (مقاومت پوشش)

$$R_L = \frac{1}{gAL} \text{ (ohms per km)*}$$ *(اهم بر کیلومتر)

f) Characteristic resistance

و) مقاومت مشخصه

$$Ro = \sqrt{R_S . R_L} \text{ ohms}$$ (اهم)

g) Attenuation constant

ز) ضریب تضعیف

$$a = \frac{R_S}{R_L} \text{ per km}$$ بر کیلومتر

$$\alpha = \frac{R_O}{R_L}$$

$$\alpha = \frac{R_S}{R_O} = \frac{R_S I}{2E_A I}$$

* In almost all cathodic protection systems, there are no infinite lines.

* تقریباً در تمام سامانه های حفاظت کاتدی خطوط نامحدود وجود ندارد.

** For design purposes, the coating conductivity of buried, non-fusion bonded epoxy coated landlines may be taken as 2000 micromhos per m². Fusion bonded epoxy coated lines shall be considered to have a coating conductivity of 400 micromhos per m².

** برای مقاصد طراحی رسانایی پوششی خطوط مدفون دارای پوشش اپوکسی با پیوند غیرذوبی ممکن است ۲۰۰۰ میکروموز بر مترمربع در نظر گرفته شود. خطوط دارای پوشش اپوکسی با پیوند ذوبی باید رسانایی پوششی ۴۰۰ میکروموز بر مترمربع داشته باشد.

B.1.1.4 Single drain point

Fig. 16 shows a schematic layout of a pipeline with current drained at a single point at one end, together with typical attenuation curves. If the line is infinitely long, the current flow and voltage change vary exponentially with distance along the line as shown by the curve labeled, "E and I - Infinite Line". If the line terminates in an insulated flange or dead ends, it is called a finite line. Attenuation curves for finite lines of three different lengths, with the voltage at the drain point the same as in the case of the infinite line are also shown in Fig. 16. The current flowing at the far end of a finite line is, of course, zero, and the potential is substantially higher than the potential at the same distance on an infinite line. Length L1 corresponds to a short finite line; in this case, the current drained is substantially less than that for the infinite line. Length L3 corresponds to a moderately long finite line;

ب-۱-۱-۴ نقطه تخلیه منفرد

شکل ۱۶ نمودار طرح اولیه یک خط لوله با تخلیه جریان در نقطه انتهای آن، بهمراه نمونه منحنی های تضعیف را نشان میدهد. اگر خط به طور نامحدود طولانی باشد، عبور جریان و تغییر ولتاژ با فاصله در طول خط همانگونه که توسط منحنی‌های برچسب دار E و I خط نامحدود نشان داده شده به طور نمایی تغییر خواهند کرد. هرگاه خط با یک فلنج عایق یا انتهای مسدود شده ، به آن خط محدود گویند. منحنی های تضعیف برای سه خط محدود با طول های مختلف و ولتاژ در نقطه تخلیه مشابه خط نامحدود در شکل ۱۶ نشان داده شده است. البته عبور جریان در انتهای دور خط محدود صفر بوده، و پتانسیل آن در فاصله یکسان در واقع بالاتر از پتانسیل یک خط نامحدود است. طول L1 مطابق با خط محدود کوتاه میباشد، در واقع در این حالت جریان تخلیه شده کمتر از خط نامحدود میباشد. طول L3 مطابق با یک خط محدود به طول متوسط میباشد، در این

in this case the current drained is nearly as great as the current drained from the infinite line, but the potential at the far end is nearly twice as great as the potential at the corresponding distance on the infinite line.

In the above examples, the current drained at the drain point is equal to the current flowing in the line at the drain point because current flows to the drain point from one direction only. In the usual case, the line extends in both directions from the drain point and current flow to the drain point from both sides. Under these conditions, assuming a symmetrical, uniform system, the total current drained is twice the current flowing in the line at the drain point from either direction.

حالت جریان تخلیه شده تقریباً به بزرگی جریان تخلیه شده ازخط نامحدود میباشد، اما پتانسیل در انتهای دور تقریباً دوبرابر بزرگتر از پتانسیل در فاصله مشابه روی خط نامحدود است.

در مثالهای فوق، جریان تخلیه شده در نقطه تخلیه معادل عبور جریان خط در نقطه تخلیه میباشد زیرا عبور جریان به نقطه تخلیه فقط از یک جهت میباشد. در حالت معمول خط در دو جهت از نقطه تخلیه امتداد یافته و جریان از دو طرف به نقطه تخلیه عبور می‌کند. تحت این شرایط یک سامانه متقارن، یکنواخت را فرض کنید، کل جریان تخلیه شده دو برابر جریان عبوری از خط در نقطه تخلیه از هر سمت میباشد.

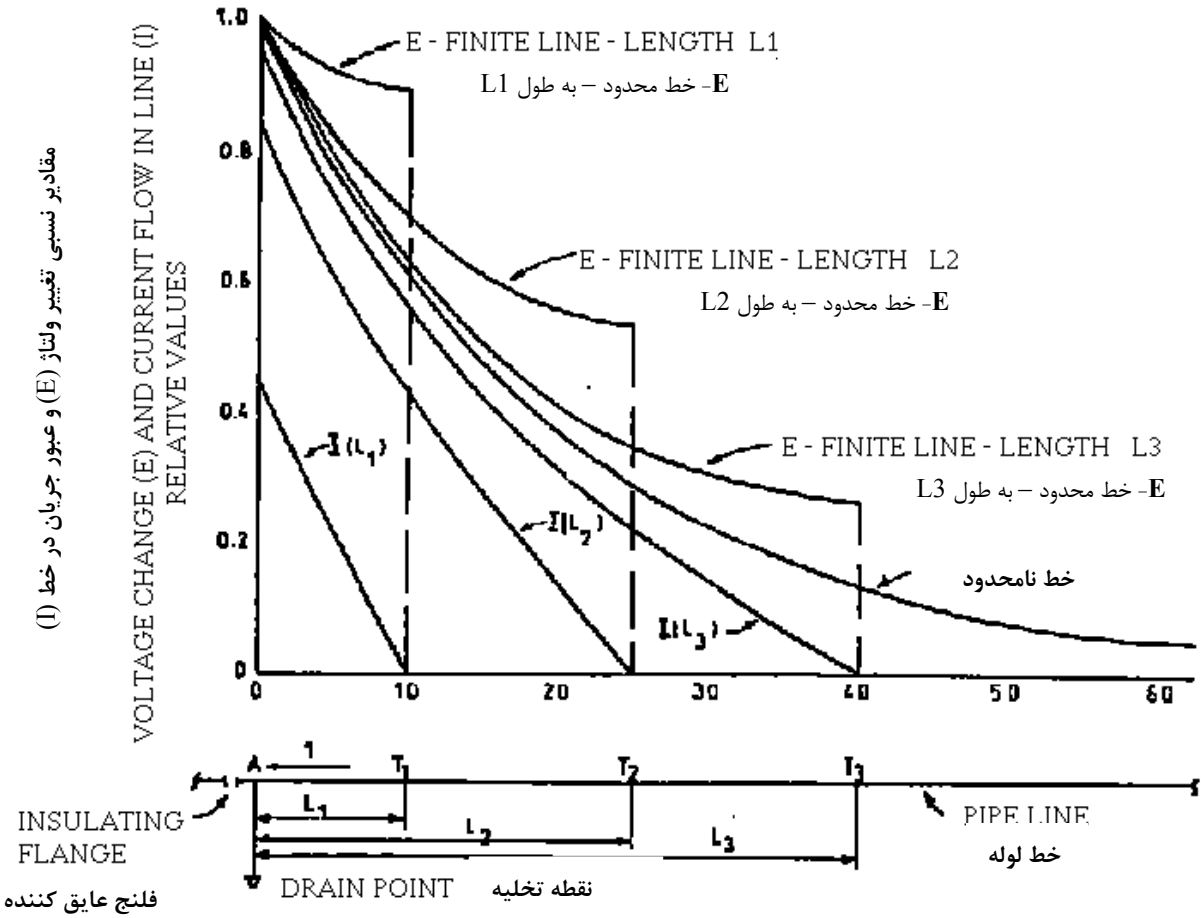


Fig. 16-TYPICAL ATTENUATION CURVES-SINGLE DRAIN POINT

شکل ۱۶- نمونه منحنی های تضعیف – نقطه تخلیه منفرد

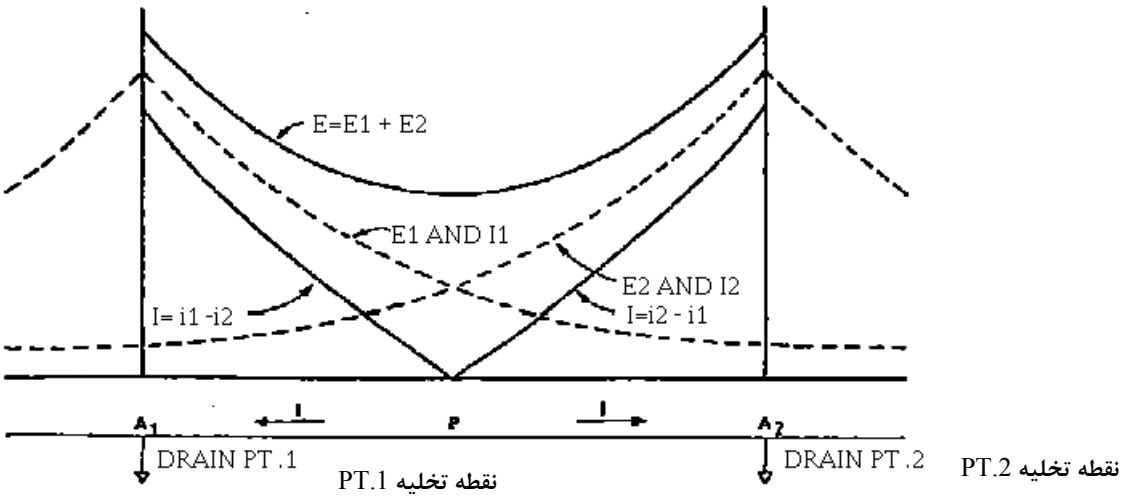


Fig. 17- TYPICAL ATTENUATION CURVES-MULTIPLE DRAIN POINTS

شکل ۱۷- نمونه منحنی های تضعیف – نقاط تخلیه متعدد

B.1.1.5 Multiple drain points

When a long pipeline is placed under cathodic protection, it is usually necessary to drain current at numerous points. A portion of a long uniform pipeline with current drained at two points is illustrated in Fig. 17. The attenuation curves for drain points 1 and 2, considering each drain point independently, are shown as dashed curves. These correspond to the infinite line curve of Fig. 16. The potential change at any point between the two drain points, with current drained at both drain points, can be obtained by adding the potential changes produced by the individual current drains; this is shown as the upper solid curve in Fig. 17. Since the currents induced by the two current drains flow in opposite directions between the two drain points, the resultant current flowing in the line at any point between the two drain points is equal to the difference in the currents resulting from the two current drains. At the midpoint P, the two currents are equal and opposite and the resultant current is zero. Since there is no resultant current flow in the line at this point, the current and potential distribution will not be disturbed if the line is cut at this point and an insulating flange is inserted. From this it follows that the resultant current and voltage distribution between a drain point and the electrical midpoint between two drain points is the same as for a finite line of the same length. This can be seen by comparing the curves in Fig. 17 with those in Fig. 16.

ب-۱-۱-۵ نقاط تخلیه متعدد

وقتی یک خط لوله طولانی تحت حفاظت کاتدی قرار گیرد، معمولاً لازم است در نقاط متعددی جریان تخلیه شود. بخشی از خط لوله یکنواخت طولانی با جریان تخلیه شده در دو نقطه در شکل ۱۷ تشریح شده است. منحنی های تضعیف برای نقاط ۱ و ۲ هر نقطه تخلیه مستقل بوده و به صورت خط ویژه نشان داده شده اند. و مطابق با منحنی خط لوله نامحدود شکل ۱۶ میباشند. تغییر پتانسیل در هر نقطه‌ای بین دو نقطه تخلیه، با جریان تخلیه شده در هر دو نقطه تخلیه را میتوان با اضافه نمودن تغییرات پتانسیل ایجاد شده توسط نقاط تخلیه جریان منفرد بدست آورد که به صورت منحنی توپر فوقانی در شکل ۱۷ نشان داده شده است. نظر به اینکه جریانهای القا شده توسط دو جریان تخلیه در خلاف جهت بین دو نقطه تخلیه عبور مینمایند، برآیند جریان عبوری در هر نقطه از خط بین دو نقطه تخلیه برابر با اختلاف جریانها ناشی از تخلیه دو جریان میباشد. در نقطه میانی P دو جریان مساوی و مخالف بوده و نتیجه جریان صفر است. نظر به این که نتیجه جریان عبوری در این نقطه از خط وجود ندارد، اگر خط در این نقطه قطع و فلنج عایق تعبیه گردد توزیع جریان و پتانسیل انجام نخواهد شد. از این موضوع چنین استنباط می‌شود که برآیند توزیع جریان و پتانسیل بین یک نقطه تخلیه و نقطه میانی الکتریکی بین دو نقطه تخلیه همانند خط محدود با طول یکسان میباشد. با مقایسه منحنی های اشکال ۱۷ و ۱۶ این را میتوان دید.

B.1.1.6 Effect of coating

The coating on the pipe line has a great effect on the current required to protect the line and the rate of attenuation of current and voltage along the line. With well coated lines, the current requirements are modest and attenuation is slight, and drain points may be spaced at wide intervals. With bare or poorly coated lines, current requirements are large, attenuation is rapid, and drain points must be spaced at close intervals.

ب-۱-۱-۶ تاثیر پوشش

پوشش خط لوله تاثیر زیادی روی جریان مورد نیاز برای حفاظت خط و میزان تضعیف جریان و ولتاژ در طول خط دارد. جریان مورد نیاز برای خطوطی که خوب پوشش شده اند نسبتاً کم، تضعیف جریان ناچیز و نقاط تخلیه ممکن است در فواصل بیشتری قرار گیرند. با خطوط پوشش شده ضعیف یا بدون پوشش جریانهای مورد نیاز زیاد، تضعیف سریع و نقاط تخلیه باید در فواصل نزدیک باشند.

B.1.1.7 Point of minimum protection

Since voltage varies with distance along a pipeline due to attenuation, the point of minimum protection (least negative potential)

ب-۱-۱-۷ نقطه با حداقل حفاظت

نظر به اینکه ولتاژ با افزایش فاصله در طول یک خط لوله به علت تضعیف تغییر مینماید، نقطه با حداقل حفاظت

must be adequately protected to assure complete protection of a pipe line. With a uniformly coated line protected from a single drain point, the point of minimum protection will be the end most remote from the drain point. With a multiple-drain-point system, points of minimum protection will exist between drain points. One of the main problems encountered in field teets on pipe lines is to determine the locations of these points of minimum protection. Once these points have been located, it is normally a relatively simple matter to adjust the system (assuming it is adequately designed) to achieve adequate protection at these points and thus complete protection of the line.

(کمترین پتانسیل منفی) بایستی به اندازه کافی حفاظت شده باشد تا از حفاظت کامل خط لوله اطمینان حاصل شود. برای یک خط پوشش شده یکنواخت دارای یک نقطه تخلیه منفرد، نقطه با حفاظت حداقل دورترین فاصله از نقطه تخلیه خواهد بود. با یک سامانه با نقاط تخلیه متعدد، حفاظت حداقل بین نقاط تخلیه خواهد بود. یکی از مشکلات اصلی در منطقه تعیین نقاط با حداقل حفاظت بر روی خطوط می باشد، وقتی که این نقاط تعیین شدند، تنظیم سامانه برای (فرض کنید به اندازه کافی طراحی شده است) دستیابی حفاظت کافی در این نقاط امری نسبتاً ساده بوده و بنابراین حفاظت کامل خط حاصل می گردد.

B.1.1.8 Bare and poorly coated lines

ب-۱-۱-۸ خطوط بدون پوشش و خطوط با پوشش ضعیف

The above discussion is strictly applicable only to uniformly coated pipelines. This is not always the case in practice; bare lines, lines partly wrapped and partly bare, or coated lines with the quality of the coating varying widely from point to point are frequently encountered. In the case of a coated line with variable coating quality, the line will pick up relatively more current from the soil in the areas of poor coating. This will result in larger potential drops in the soil adjacent to the poorly coated sections, and the pipe-to-soil potentials in these areas will be lower (the line will be less negative with respect to adjacent soil) than in nearby areas of good coating. Where lines are partly coated and partly bare, this effect is even more pronounced; the pipe-to-soil potential at a bare area will normally be much lower than that at an adjacent coated area, even though the coated area may be more remote from the drain point.

بحث فوق منحصراً برای خطوط لوله با پوشش یکنواخت قابل اجرا میباشد. در عمل همیشه این حالت نیست، با خطوط بدون پوشش، خطوطی که بخشی پوشش شده و بخشی بدون پوشش میباشند، یا با خطوط پوشش شده‌ای که کیفیت پوشش به طور وسیعی نقطه به نقطه متغیر میباشد مواجه هستیم. درمورد خط پوشش شده با کیفیت پوشش متغیر، جریان نسبتاً بیشتری در مناطقی که پوشش ضعیف است از خاک دریافت خواهد نمود. این امر باعث افت ولتاژ در خاک مجاور قسمتهای با پوشش ضعیف خواهد شد و پتانسیل های لوله به خاک در این مناطق (خط در مقایسه با خاک مجاور منفی تر خواهد بود) کمتر از مناطق با پوشش خوب خواهد بود. هرکجا بخشی از خطوط پوشش شده و بخشی بدون پوشش است، این اثر حتی بیشتر مشخص میباشد، پتانسیل لوله به خاک در منطقه بدون پوشش لوله به طور عادی خیلی کمتر از منطقه پوشش شده مجاور خواهد بود، ولو این که فاصله منطقه پوشش شده از نقطه تخلیه خیلی دور باشد.

Where a bare pipeline is buried in soil of uniform resistivity, the potential along the line will vary in the same manner as for a uniformly coated line. However, if a bare line passes through soil where the resistivity varies widely from point to point, current pick-up will be largely concentrated in the areas of low soil resistivity with resulting large potential drops in the soil and low pipe-to-soil potentials in these areas.

جایی که خط لوله بدون پوشش در خاک با مقاومت مخصوص یکنواخت مدفون شده است، پتانسیل در طول خط همانند خط با پوشش یکنواخت در حالت یکسان تغییر خواهد کرد. بهرحال، هرگاه خط از خاکی عبور کند که نقطه به نقطه تغییرات مقاومت مخصوص وسیعی داشته باشد، جریان در مناطقی که مقاومت مخصوص خاک کم است بیشتر متمرکز شده و در نتیجه افت پتانسیل در خاک بیشتر و پتانسیل های لوله به خاک در این مناطق کم خواهد بود.

B.1.1.9 Voltage limitations

B.1.1.9.1 Coating deterioration

An excessive potential applied to a coated line has a detrimental effect on the coating; the bond between the coating and the pipe may be destroyed and the coating conductance will increase many times. The rate of coating deterioration increases rapidly as the potential is increased. For this reason, the maximum potential applied to a coated pipeline should not exceed the level necessary to produce an instantaneous-off potentinal more negative than -1.1V(See BS 7361-part 1.Section 4.2.1 and table 3). The lower values should be observed whenever possible. The minimum potential change should be 0.3 volt with respect to initial potential.

B.1.1.9.2 Maximum rectifier spacing

The potential and current at the drain point required to protect a finite line (or the section between minimum points in the case of a multiple-drain-point system) increase rapidly as the length is increased. Since the potential change at the drain point should not exceed approximately 1.0 to 1.5 volts, this limits the length of coated line that can be protected from a single drain point and thus determines the maximum spacing between units in a multiple-drain-point system (see B.1.1.3.2 Formulas).

Spacings between drain points (or rectifiers) depend on pipeline coating and diameter of pipeline as well as soil resistivities of the terrain.

It is possible to protect 75 kilometer of well coated large diameter cross country pipeline from one station; whereas it is not practical to protect such distance of small diameter pipe from a single station.

B.1.1.9.3 Depolarization effect

Any depolarizing parameter will result in increasing current requirement for cathodic protection. The most effective mechanism for depolarization and removal of hydrogen polarization film is sulfate reducing bacteria. The bacteria is active when conditions are anaerobic. Under this

ب-۱-۱-۹ محدودیت های ولتاژ

ب-۱-۱-۹-۱ تخریب پوشش

اعمال یک پتانسیل اضافی به خط پوشش شده اثر زیان آوری روی پوشش دارد، چسبندگی بین پوشش و لوله ممکن است از بین رفته و میزان رسانایی پوشش چندین مرتبه افزایش یابد. هنگامی که پتانسیل افزایش یافت، میزان تخریب پوشش به سرعت بالا می‌رود. به همین دلیل حداکثر پتانسیل اعمالی به خط لوله پوشش شده (در حالت قطع ناگهانی) نباید ولتاژی منفی تر از ۱/۱- (به بند ۴-۲-۱ بخش اول استاندارد BS 7361 و جدول ۳ مراجعه شود) ایجاد نماید. کمترین مقادیر ممکن در هر زمان باید مشاهده شود. حداقل تغییر پتانسیل باید ۰/۳ ولت در مقایسه با پتانسیل اولیه باشد.

ب-۱-۱-۹-۲ حداکثر فاصله گذاری یکسوکننده

پتانسیل و جریان مورد نیاز در هر نقطه تخلیه جریان جهت حفاظت از یک خط محدود (یا بخش با حداقل حفاظت در مورد سامانه با نقاط تخلیه متعدد) با افزایش طول به سرعت افزایش مییابد. نظر به این که تغییر پتانسیل در نقطه تخلیه نباید به طور تقریب بیش از ۱ تا ۱/۵ ولت باشد، این، طول خط پوشش شده را که میتواند از یک نقطه تخلیه حفاظت شود محدود میسازد و بنابراین حداکثر فاصله گذاری بین دستگاهها در یک سامانه نقطه تخلیه متعدد را مشخص میسازد (به فرمول ب-۱-۱-۳-۲ مراجعه شود).

فاصله گذاری بین نقاط تخلیه (یا یکسوکننده ها) به پوشش خط لوله و قطر خط لوله و همینطور مقاومت های خاک بستگی دارد.

امکان حفاظت ۷۵ کیلومتر خط لوله پوشش شده خوب با قطر بزرگ خارج از جاده ای از یک ایستگاه وجود دارد، در حالی که حفاظت لوله با قطر کوچک در چنین فاصله از ایستگاه تکی عملی نمیباشد.

ب-۱-۱-۹-۳ اثر دی پلاریزاسیون

هر پارامتر دی پلاریزه منتج به افزایش جریان مورد نیاز برای حفاظت کاتدی خواهد شد. موثرترین مکانیسم برای دی پلاریزاسیون و حذف لایه پلاریزه هیدروژن، باکتریهای احیا کننده سولفات میباشد. وقتی شرایط بی هوازی وجود دارد باکتریها فعال هستند. تحت این شرایط باکتریهای فعال احیا

condition, the active sulfate reducing bacteria reduces sulfates to sulfide and removes hydrogen polarization film by oxidation and forming water.

کننده سولفات، سولفات ها را به سولفید احیا کرده و لایه پلاریزاسیون هیدروژنی توسط اکسایش و تشکیل آب از بین می‌رود.

By maintaining the minimum potential value at -0.95 (with reference to copper/copper sulfate electrode), soil pH will be kept around 9 and sulfate reducing bacteria would be rendered inactive. Therefore minimum potential value of -0.95 is essential to eliminate depolarizing effect of sulfate reducing bacteria in soils where this bacteria is present.

با حفظ حداقل پتانسیل به مقدار ۰/۹۵- (نسبت به الکترود مرجع مس/سولفات مس) pH خاک را حدود ۹ نگهداشته و باکتریهای احیا کننده سولفات غیرفعال خواهند شد. بنابراین حداقل پتانسیل به مقدار ۰/۹۵- برای حذف اثر دی پلاریزاسیون باکتریهای احیا کننده سولفات در خاکهایی که این باکتریها حضور دارند بسیار لازم است.

B.1.1.9.4 Bare lines

The maximum voltage that can be applied to a bare line is limited only by economics. An excessive potential will not damage bare steel pipe, but it will result in an excessive current pick-up and inefficient utilization of the applied power.

ب-۱-۱-۹-۴ خطوط بدون پوشش

حداکثر ولتاژی را که میتوان به یک لوله بدون پوشش اعمال نمود فقط به جنبه‌های اقتصادی محدود شده است. یک پتانسیل اضافی به لوله فولادی بدون پوشش آسیبی نمی‌رساند، اما منتج به بالا رفتن یک جریان اضافی و بی اثر شدن کاربرد برق مصرفی خواهد شد.

B.1.2 Current requirements

For pipeline design requirements shall be based on the following minimum current density value for total coated and uncoated pipeline surface:

ب-۱-۲ جریان مورد نیاز

الزامات طراحی خط لوله باید براساس حداقل مقدار دانسیته جریان برای کل سطح پوشش شده و بدون پوشش به خط لوله به قرار زیر باشد:

PIPELINE SURFACE سطح خط لوله	CURRENT DENSITY (ma/sq.m) دانسیته جریان (میلی آمپر/مترمربع)
1. Uncoated بدون پوشش	20.0
2. Tape or coal tar/bitumen_Fusion bonded epoxy نوار یا قطران ذغال سنگ/قیر نفتی- اپوکسی پیوند همجوشی	1.25
3. layer polyethylene پلی اتیلن سه لایه	0.25

B.1.2.2 Two 32 pound magnesium anodes shall be installed on all buried valves, on the pipeline at gas reservoir and pipeline anchor locations.

ب-۱-۲-۲ دو آند ۳۲ پوندی منیزیم باید روی تمام شیرهای مدفون، روی خط لوله در مکان‌های ذخیره گاز و مهار خط لوله نصب شود.

B.1.2.3 An additional current capacity of 50 amperes shall be provided at plant terminations where insulating devices are bonded to control interference.

ب-۱-۲-۳ یک ظرفیت جریان اضافی ۵۰ آمپری در منتهی الیه واحد جایی که قطعه عایق‌کننده جهت کنترل تداخل وصل شده‌اند باید تأمین گردد.

B.1.2.4 Measurements (see IPS-C-TP-820)

B.1.2.4.1 Coated lines

On existing pipelines, it is desirable to make field tests to determine the current required for cathodic protection. For coated pipelines, the usual procedure is to conduct preliminary tests to determine the coating conductivity of representative sections of the line. From these tests, it is possible to calculate or to determine from the charts the approximate current required for protection, as discussed in the sub-section on calculations (see B.1.4). After this preliminary determination of current requirements is made, the type of system to be installed impressed current or galvanic anode can be selected. If a galvanic anode system is to be installed, no further tests are required until installation of the anodes is commenced.

If an impressed current system is to be installed, the maximum distance between drain points (limited by voltage across the coating) can be determined once the coating conductivity is known. This is also covered in the sub-section on calculations (B.1.4). The actual drain point spacing will be influenced by several other factors; it will normally be considerably less than the theoretical maximum spacing.

B.1.2.4.2 Bare lines

In the case of bare lines, the initial drain tests will normally consist of determining by direct field measurement the distance that can be protected with a given current drain. In these tests, it should be remembered that, assuming uniform conditions along the pipeline, the potential change at the mid-point between two rectifiers draining equal currents will be twice the voltage change produced by one rectifier alone. Consequently, if tests are conducted using a single drain point, the distance each rectifier can protect if multiple units are installed will be the distance at which one-half the desired

ب-۱-۲-۴ اندازه‌گیری‌ها (به IPS-C-TP-820 مراجعه شود)

ب-۱-۲-۴-۱ خطوط پوشش شده

مطلوب است برای اندازه گیری جریان مورد نیاز حفاظت کاتدی روی خط لوله موجود آزمون های میدانی انجام شود. برای خطوط لوله پوشش شده دستورالعمل همیشگی انجام آزمونهای مقدماتی جهت تعیین رسانایی پوششی قسمتهایی از خط به عنوان نمونه میباشد. از این آزمونها برای محاسبه می‌توان استفاده نمود، یا از دیاگرامها جریان تقریبی مورد نیاز برای حفاظت، همچنانکه در زیر قسمت محاسبات (به ب-۱-۴ مراجعه شود) بیان گردید تعیین شود. بعد از این که تعیین مقدماتی نیازهای جریان انجام شد، نوع سامانه جریان اعمالی یا آند گالوانیکی که باید نصب شود را میتوان انتخاب نمود. اگر یک سامانه آند گالوانیکی نصب شود، تا زمانی که نصب آندها شروع نشده آزمونهای اضافی مورد نیاز نمی باشد.

اگر یک سامانه جریان اعمالی نصب شود، حداکثر فاصله بین نقاط تخلیه (به ولتاژ عبوری پوشش محدود شده است) را میتوان زمانی که رسانایی پوشش معلوم گردیده تعیین نمود. این همچنین در قسمت محاسبات (ب-۱-۴) پوشش داده می‌شود. فاصله گذاری واقعی نقطه تخلیه تحت نفوذ عوامل متعدد دیگری است که معمولاً به طور قابل ملاحظه ای کمتر از حداکثر فاصله گذاری تئوری خواهد بود.

ب-۱-۲-۴-۲ خط لوله بدون پوشش

در حالتی که خطوط بدون پوشش باشند، آزمونهای تخلیه اولیه بطور عادی شامل تعیین فاصله با اندازه گیری میدانی مستقیم است که بتواند با جریان تخلیه داده شده حفاظت شود. در این آزمونها باید به خاطر داشت که فرض بر این است که شرایط در طول خط لوله یکنواخت بوده، تغییر پتانسیل در نقطه وسط بین دو یکسوکننده که جریانهای مساوی تخلیه میکنند دوبرابر تغییر ولتاژ تولید شده توسط یک یکسوکننده به تنهایی باشد. در نهایت اگر آزمونها با استفاده از یک نقطه تخلیه انجام شود، فاصله ای که هر یکسوکننده در صورت نصب چندین واحد می‌تواند حفاظت نماید برابر با فاصله ای خواهد بود که در آن نصف ولتاژ نهایی مطلوب در حین

final voltage can be obtained during drain tests with a single drain point.

آزمونهای تخلیه با نقطه تخلیه منفرد به دست آید.

B.1.3 Sizing of rectifiers

After rectifier sites have been selected and the anodes and test leads have been installed, it is usually desirable to conduct drain tests to determine by direct measurement the current and voltage required at each drain point. These data determine the output rating of the rectifier at each location. The tests are made with batteries or welding generators as sources of direct current, utilizing the permanent anodes and permanent test leads.

ب-۱-۳ ظرفیت یکسوکننده

بعد از این کـه مکانهای یکسوکننده انتخاب شد و آندها و کابلهای آزمون نصب شدند، معمولاً مطلوب است آزمونهای تخلیه با اندازه‌گیری مستقیم جریان و ولتاژ مورد نیاز در هر نقطه تخلیه انجام شود. این داده‌ها میزان خروجی یکسوکننده در هر محل را مشخص میسازد. آزمونها با باطریها یا ژنراتورهای جوشکاری به عنوان منابع جریان مستقیم انجام میشود، از آندهای دائمی و کابلهای آزمون استفاده میشود.

B.1.4 Calculations

B.1.4.1 If the approximate coatings conductivity is known, the current required to protect a coated line and the maximum distance between drain points may be estimated using the "Attenuation" formulas (B.1.1.3.2).

ب-۱-۴ محاسبات

ب-۱-۴-۱ اگر رسانایی تقریبی پوششها مشخص باشد، جریان مورد نیاز برای حفاظت یک خط لوله پوشش شده و حداکثر فاصله بین نقاط تخلیه ممکن است با بکارگیری فرمولهای تضعیف (بند ب-۱-۱-۳-۲) برآورد شود.

B.1.4.2 Circuit resistance

The total resistance in the cathodic protection circuit is as follows:

ب-۱-۴-۲ مقاومت مدار

مقاومت کل مدار حفاظت کاتدی مطابق زیر میباشد:

$$R_T = R_C + R_G + R_L + R_S$$

Where:

R_T Is total circuit resistance at rectifier terminal.

R_C Is cable resistance, both positive and negative cables.

R_G Is resistance of anode bed to earth.

R_L Is resistance of coating (see e of B.1.1.3.2).

R_S Is resistance of structure to be protected (may be ignored).

که در آن:

R_T مقاومت کل مدار در پایانه یکسوکننده میباشد.

R_C مقاومت کابل، کابل‌های مثبت و منفی هر دو میباشد.

R_G مقاومت بستر آندی به زمین میباشد.

R_L مقاومت پوشش میباشد (به آیتم هـ از بند ۱-۱-۳-۲ مراجعه شود).

R_S مقاومت سازه‌ای که باید حفاظت شود (ممکـن است صرفنظر شود).

B.1.4.2.1 Cable resistance

Cable resistance is that from the pipeline via the power source to the first anode of the impressed, plus effective resistance of the header cable along the line of anodes.

ب-۱-۴-۲-۱ مقاومت کابل

مقاومت کابل از خط لوله از طریق منبع تغذیه به اولین آند اعمالی، به اضافه مقاومت موثر کابل مشترک در طول مسیر آندها میباشد.

It is practical to use the resistance of one half of the ground bed header cable as the effective header cable resistance.

استفاده از مقاومت نیمی از کابل مشترک بستر آندی به همان اندازه مقاومت کابل مشترک موثر عملی میباشد.

Table B.1: Includes data on resistance of copper conductors in the sizes commonly used in pipeline corrosion engineering work.

جدول ب-۱: شامل داده‌هایی براساس مقاومت رساناهای مسی در ابعاد معمولی میباشدکه در کار مهندسی خوردگی خط لوله بکار میرود.

Table B.2: Gives the correction factors for conductor resistance at temperatures other than 25°C.

جدول ب-۲: ضرایب اصلاح برای مقاومت رسانا را در دماهایی به غیر از ۲۵ درجه سانتیگراد ارائه مینماید.

Table B.3: Provides some design data on cables.

جدول ب-۳: برخی داده‌های طراحی برای کابلها را فراهم مینماید.

TABLE B.1- RESISTANCE OF COPPER CONDUCTORS

جدول ب ۱- مقاومت سیمهای مسی

GENERAL USE استفاده عمومی	Conductor size اندازه مقطع کابل		RESISTANCE OF STRANDED COPPER CONDUCTORS IN OHMS PER METER TIMES 10^{-3} AT 25°C مقاومت کابلهای رشته ای مسی حفاظت کاتدی برحسب اهم بر متر ضربدر $۱۰^{-۳}$ در ۲۵ درجه سانتیگراد
	mm² میلی متر مربع	(AWG)	
Impressed	107.20 mm²	(4.0)	0.16695
	85.03 mm²	(3.0)	0.21058
Current	67.43 mm²	(2.0)	0.26601
	53.48 mm²	(1.0)	0.33456
Ground-bed بستر آندی جریان اعمالی	42.41 mm²	(1)	0.42312
	33.63 mm²	(2)	0.53136
	21.15 mm²	(4)	0.84952
	13.30 mm²	(6)	1.35136
Galvanic anode نصب آند گالوانیکی	21.15 mm²	(4)	0.84952
Installations	16.77 mm²	(5)	1.07140
Pipeline test نقاط آزمون خط لوله	16.77 mm²	(5)	1.07140
Points	10.55 mm²	(7)	1.70361
Instrument سیم‌های آزمون ابزار دقیق	1.31 mm²	(16)	13.71
Test Leads	0.823 mm²	(18)	21.84
		(20)	34.77
		(22)	55.76

TABLE B.2- CORRECTION FACTORS FOR OTHER TEMPERATURES

جدول ب-۲ ضرایب تصحیح برای سایر دماها

TEMPERATURE دما C = F		MULTIPLY RESISTANCE AT 25°C BY: ضربدر مقاومت در ۲۵ درجه سانتیگراد در:
-10	14	0.862
- 5	23	0.882
0	32	0.901
5	41	0.921
10	50	0.941
15	59	0.961
20	68	0.980
30	86	1.020
35	95	1.040
40	104	1.059

B.1.4.2.2 Anode to electrolyte resistance calculations

ب-۱-۴-۲-۲ محاسبات مقاومت آند نسبت به الکترولیت

B.1.4.2.2.1 Single cylindrical anode (H.B. Dwight)

ب-۱-۴-۲-۲-۱ آند استوانه‌ای تکی(H.B. Dwight)

The following formulas give the anode to earth resistance of a single cylindrical anode:

فرمولهای زیر مقاومت آند نسبت به زمین یک آند استوانه‌ای تکی را ارائه مینماید.

$$R=\frac{\rho}{2\pi L}(1n\frac{8L}{d}-1)$$

B.1.4.2.2.2 Multiple horizontal anodes

ب-۱-۴-۲-۲-۲ آندهای افقی متعدد

$$R_h=(\frac{0.00521\rho}{NL})\left[1n(\frac{4L^2+4L\sqrt{S^2+L^2}}{ds})+\frac{S}{L}-\frac{\sqrt{S^2+L^2}}{L}-1\right]$$

R_h =Resistance to earth of a single horizontal anode (ohms)

R_h =مقاومت به زمین آند افقی منفرد (اهم)

L =Length of anode including backfill (cm)

L =طول آند شامل پشت بند (سانتیمتر)

d =Diameter of anode including backfill (cm)

d =قطر آند شامل پشت بند (سانتیمتر)

ρ =Electrolyte resistivity (ohm-cm)

ρ =مقاومت مخصوص الکترولیت (اهم سانتیمتر)

S =Twice the depth of anode (cm)

S =دو برابر عمق آند (سانتیمتر)

N =Number of anodes.

N =تعداد آندها.

For a single vertical anode, the following simplified expression can be used:

برای یک آند عمودی تکی، عبارت ساده شده زیر را میتوان استفاده نمود:

$$R_V=\frac{\rho K}{L/d}$$

Where:

R_V = Resistance to earth of a single vertical anode (ohms).

ρ = Effective soil resistivity (ohm-cm).

L = Length of anode (cm).

K = Shape function, representing ratio of anode Length/Anode diameter (from Table B.4).

L/d = Ratio of length to diameter of anode.

که در آن:

R_V = مقاومت یک آند عمودی منفرد نسبت به زمین (اهم).

ρ = مقاومت مخصوص موثر خاک (اهم – سانتیمتر).

L = طول آند (سانتیمتر).

K = تابع شکلی، بیان کننده نسبت طول آند/قطر آند (از جدول ب-۴).

L/d = نسبت طول به قطر آند.

TABLE B.3 - CABLE DESIGN DATA
جدول ب-۳ داده های طراحی کابل

Nominal Cross-Section(mm²) Copper Conductor رسانای مسی سطح مقطع اسمی(میلیمتر مربع)	Number of Strands تعداد رشته‌ها	Diameter of Strands(mm) قطر رشته ها (میلیمتر)		Actual Cross-Section (mm²) سطح مقطع حقیقی (میلیمتر مربع)		Signal conduction (Kg/km) رسانای علائم کیلوگرم بر کیلومتر Kg/km	Allowable Current(A) جریان مجاز (آمپر)
2.5	1		1.78		2.49	22.2	18
	1	0.0808		0.00513	3.31		20
4.0	7		0.85		3.972	36.1	24
	1	0.1019		0.00816	5.26		30
6.0	7		1.04		5.95	54.0	31
	1	0.1285		0.013	8.37		40
10	7		1.35		10.02	90.8	42
	7	0.0612		0.0206	13.3		55
16	7		1.70		15.89	145	56
	7	0.0772		0.033	21.14		70
25	7		2.14		25.18	229	73
	7	0.0867		0.041	26.66		80
	7	0.0974		0.052	33.66		95
35	19		1.53		34.93	317	90
	19	0.0664		0.066	42.45		110
50	19		1.78		47.28	429	145
	19	0.0745		0.083	53.43		125
	19	0.0837		0.1045	67.45		145
70	19		2.14		68.34	620	185
	19	0.0040		0.132	85.07		165
95	19		2.52		94.75	860	230
	19	0.0055		0.166	107.76		195
120	37		2.03		119.75	1086	260
	37	0.0822		0.196	126.58		270
150	37		2.25		147.11	1334	355
	37	0.0900		0.235	151.86		300
	37	0.0973		0.275	177.50		325
185	37		2.52		184.54	1673	405
	37	0.1040		0.314	202.78		360
240	61		2.25		242.54	2199	480
	37	0.1162		0.392	253.15		405
300	61		2.52		304.2	2759	560
	61	0.0992		0.471	304.2		455
	61	0.1071		0.550	354.5		490
	61	0.1109		0.589	380.1		500
400	61		2.85		389.1	3528	680
	61	0.1145		0.628	405.2		515
	61	0.1215		0.709	456.3		555
500	61		3.20		490.6	4448	600
	61	0.1280		0.785	506.4		585
630	127		2.52		633.4	5744	910

Note:

Typical current ratings are given as a guide only-always check manufacturer's rating for the particular site operating conditions, including all relevant derating factors.

یادآوری:

نمونه مقادیر جریان ارائه شده به عنوان راهنما، همیشه فقط برای شرایط عملیاتی در محل خاص، به انضمام فاکتورهای فاقد مقادیر مربوطه را با مقادیر سازنده کنترل کنید.

TABLE B.4 - THE SHAPE FUNCTION

جدول ب-۴ تابع شکلی

L/D	K
5	0.0140
6	0.0150
7	0.0158
8	0.0165
9	0.0171
10	0.0177
12	0.0186
14	0.0194
16	0.0201
18	0.0207
20	0.0213
25	0.0224
30	0.0234
35	0.0242
40	0.0249
45	0.0255
50	0.0261
55	0.0266
60	0.0270

B.1.4.2.2.3 Single row vertical anodes group

The total anode to earth resistance of a group of vertical anodes in parallel and equally spaced in one row is given by:

ب-۱-۴-۲-۲-۳ گروه آندهای عمودی یک ردیفه

مقاومت کل آند به خاک یک دسته از آندهای عمودی موازی و با فواصل مساوی در یک ردیف از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\mathbf{R_n} = \frac{1}{n} R_V + \frac{\rho}{S} \rho'$$

Where:

$\mathbf{R_n}$ = Total anode to earth resistance of vertical anodes in parallel (ohms).

$\mathbf{R_V}$ = Anode to earth resistance of a single vertical anode, from B.1.4.2.2.1 (ohms).

n = Number of vertical anodes in parallel.

ρ = Soil resistivity, measured with pin spacing equal to S. (ohm-cm).

ρ' = Paralleling factor, from Table 5.B.

S = Spacing between adjacent anodes (cm).

که در آن:

$\mathbf{R_n}$ = مقاومت کل آند به خاک آندهای عمودی به صورت موازی (اهم).

$\mathbf{R_V}$ = مقاومت آند به خاک آند عمودی تکی، از رابطه ب-۱-۴-۲-۲-۱ (اهم).

N = تعداد آندهای عمودی به صورت موازی.

ρ = مقاومت مخصوص خاک که اندازه گیری شده به روش فاصله گذاری میله‌ای مساوی با S (اهم – سانتیمتر).

ρ' = ضریب موازی بودن از جدول ب-۵.

S = فاصله بین آندهای مجاور (سانتیمتر).

TABLE B.5 -PARALLELING FACTOR

جدول ب-۵ ضریب موازی بودن

n	ρ'
2	0.00261
3	0.00289
4	0.00283
5	0.00268
6	0.00252
7	0.00237
8	0.00224
9	0.00212
10	0.00201
12	0.00182
14	0.00168
16	0.00155
18	0.00145
20	0.00135
22	0.00128
24	0.00121
26	0.00114
28	0.00109
30	0.00104

B.1.4.2.2.4 More than one row vertical anode group

An anode group composed of two or more rows of vertical anodes, separated by a distance substantially larger than that between the anodes within a single row, has a total resistance approximately equal to the total parallel resistance of all the rows. The usual formula for paralleling resistance is used.

ب-۱-۴-۲-۲-۴ گروه آندهای عمودی بیش از یک ردیف

یک گروه آند ترکیب شده است از دو یا چند ردیف آندهای عمودی، که با فاصله ای در واقع بزرگتر از فاصله بین آندها در یک ردیف از هم جداشده اند، به طور تقریبی مقاومت کل آن معادل با جمع مقاومت موازی تمام ردیفها است. فرمول متداول بکار رفته برای مقاومت موازی.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + ...$$

B.1.4.2.2.5 Vertical and horizontal anodes group-simplified formulas

If anodes are assumed to be installed vertically (3 to 5 cm diameter and 3 m long) or horizontally (0.1m², 3m long and 1.8m deep) the following two simplified formulas may be used:

$$\mathbf{R_v} = \frac{\rho F}{537}$$

$\mathbf{R_V}$ = Anode to earth resistance any number of vertical anodes (ohms).

ب-۱-۴-۲-۲-۵ فرمولهای ساده شده گروه آندهای عمودی و افقی

اگر فرض شود که آندها بطور عمودی (۳ تا ۵ سانتیمتر قطر و ۳ متر طول) یا بطور افقی (۰/۱ مترمربع، سه متر طول و ۱/۸ متر عمق) نصب شده باشند فرمولهای ساده شده زیر می‌توانند استفاده شوند:

$$\mathbf{R_h} = \frac{\rho F}{483}$$

$\mathbf{R_V}$ = مقاومت هر تعداد آندهای عمودی به خاک (اهم).

R_h = Anode to earth resistance, any number of horizontal anodes (ohms).

ρ = Effective soil resistivity (ohm-cm).

F = Adjusting Factor for group of anodes, from Table B.6.

R_h = مقاومت آند به خاک هر تعداد آندهای افقی (اهم).

ρ = مقاومت مخصوص موثر خاک (اهم – سانتیمتر).

F = ضریب تنظیم برای گروه آندها از جدول ب-۶

Note:

For n = 1, F = 1.0.

یادآوری:

برای n=1، F = ۱/۰ میباشد.

TABLE B.6 - ADJUSTING FACTORS FOR PARALLEL ANODES

جدول ب-۶ ضرایب تنظیم برای آندهای موازی

No. OF ANODES IN PARALLEL تعداد آندهای موازی	ADJUSTING FACTORS ضرایب تنظیم		ANODE SPACING IN METERS (FEET) فاصله آندها برحسب متر (فوت)		
n	1.5 m (5')	**3 m (10')**	**4.5 m (15')**	**6 m (20')**	**7.5 m (25')**
2	0.652	0.576	0.551	0.538	0.530
3	0.586	0.460	0.418	0.397	0.384
4	0.520	0.385	0.340	0.318	0.304
5	0.466	0.333	0.289	0.267	0.253
6	0.423	0.295	0.252	0.231	0.218
7	0.387	0.265	0.224	0.204	0.192
8	0.361	0.243	0.204	0.184	0.172
9	0.332	0.222	0.185	0.166	0.155
10	0.311	0.205	0.170	0.153	0.142
11	0.292	0.192	0.158	0.141	0.131
12	0.276	0.180	0.143	0.132	0.122
13	0.262	0.169	0.139	0.123	0.114
14	0.249	0.160	0.131	0.116	0.107
15	0.238	0.152	0.124	0.109	0.101
16	0.226	0.144	0.117	0.103	0.095
17	0.218	0.138	0.112	0.099	0.091
18	0.209	0.132	0.107	0.094	0.086
19	0.202	0.127	0.102	0.090	0.082
20	0.194	0.122	0.098	0.086	0.079
22	0.182	0.114	0.091	0.079	0.073
24	0.171	0.106	0.085	0.074	0.067
26	0.161	0.100	0.079	0.069	0.063
28	0.152	0.094	0.075	0.065	0.059
30	0.145	0.089	0.070	0.061	0.056

B.1.4.3 Transformer rectifier choice

Having determined the current requirement and circuit resistance (B.1.4.2), the necessary driving voltage can be calculated using the ohm's law, then the proper rectifier size will be chosen.

ب-۱-۴-۳ انتخاب مبدل یکسوکننده

با تعیین جریان مورد نیاز و مقاومت مدار (ب-۱-۴-۲) ولتاژ محرکه لازم را با بکارگیری قانون اهم میتوان محاسبه نمود، سپس ظرفیت مناسب یکسوکننده انتخاب خواهد شد.

B.2 Galvanic Anodes System

ب-۲ سامانه آندهای گالوانیکی

B.2.1 Symbols

ب-۲-۱ علائم

SYMBOLS علائم	QUANTITY مقدار	UNIT واحد
I_a	Anode Current Output جریان خروجی آند	milliamperes میلی آمپر
R_a	Anode Resistance to Earth مقاومت آند به زمین	ohms اهم
R_c	Cathode resistance to Earth مقاومت کاتد به زمین	ohms اهم
E_a	Open-Circuit Potential between Anode and Reference Electrode پتانسیل مدار باز بین آند و الکترود مرجع	Volts ولت
E_c	Open-Circuit Potential between Cathode and Reference Electrode پتانسیل مدار باز بین کاتد و الکترود مرجع	Volts ولت
E_o	Open-circuit Potential between Anode and Cathode = E_a-E_c پتانسیل مدار باز بین آند و کاتد	Volts ولت
E_{cu}	Closed Circuit Potential between Cathode and Reference Electrode پتانسیل مدار باز بین کاتد و الکترود مرجع	Volts ولت
E_d	Driving voltage between Anode and Cathode for Protected System=E_a-E_{cu} پتانسیل محرکه بین آند و کاتد برای سامانه حفاظت شده	Volts ولت
W	Weight per Anode وزن هر آند	Kg کیلوگرم
n	Number of anodes تعداد آندها	No. عدد
Q	Weight of anode Material consumed per unit Current وزن مقدار آند مصرف شده بر واحد جریان	Kg/amp. year کیلوگرم بر آمپر، سال
$I_{c.d}$	Design current density for protection دانسیته جریان طراحی برای حفاظت	mA. per m² میلی آمپر برمترمربع
Y	Design life of system عمر طراحی سامانه	years سال
L	Length of Anode طول آند	cm سانتیمتر
D	Diameter of anode قطر آند	cm سانتیمتر
W_m	Weight of anode Material required وزن مقدار آند مورد نیاز	Kg کیلوگرم
A	Surface area of structure to be Protected مساحت سطحی از سازه که قرار است حفاظت شود	m² مترمربع
R	Soil resistivity مقاومت مخصوص خاک	ohm-cm اهم - سانتیمتر

B.2.2 Current output **ب-۲-۲ جریان خروجی**

$$I_a = \frac{E_O}{R_a + R_C} = \frac{E_a - E_C}{R_a + R_c} \text{ milliamps}$$ میلی آمپر

For Negligible Cathode resistance: برای مقاومت کاتد ناچیز.

$$I_a = \frac{E_d}{R_a} = \frac{E_a - E_{Cu}}{R_a} \text{ milliamps}$$

Where: **که در آن:**

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L}(\ln\frac{8L}{d} - 1)$$

B.2.3 Anode life* **ب-۲-۳** عمر آند*

For zinc anodes: برای آندهای روی:

$$\text{Life} = \frac{71.4\ W_m}{I_a} \text{ years}$$ عمر سال

* Assumes anode will be replaced when it is 85% dissolved.

* فرض کنید زمانی که ۸۵٪ آند مصرف شده است، جایگزین گردد.

For magnesium anodes برای آند های منیزیم

$$\text{Life} = \frac{108.7\ W_m}{I_a} \text{ years}$$ عمر سال

B.2.4 Weight of anode material required **ب-۲-۴** وزن مقدار آند مورد نیاز

$$W_m = \frac{A.I_{cd}}{1000}.Q.Y, \text{ kg}$$

Where: **که در آن:**

I_{cd} = Required current density (mA/m²). **I_{cd}** = دانسیته جریان مورد نیاز (میلی آمپر بر متر مربع)

Y = Design life in years. **Y** = عمر طراحی بر حسب سال.

B.2.5 Number of anode requires **ب-۲-۵** تعداد آند مورد نیاز

$$n = \frac{W_m}{\text{Weight of individual anode}}$$

وزن هر آند

APPENDIX C

DESIGN PRINCIPLE OF CATHODIC PROTECTION FOR MARINE STRUCTURES

C.1 Design Calculations

The calculations in this Appendix are intended to be guide to the design engineer. They should not be considered as absolute or the only method of calculation. Cathodic Protection design procedures are empirical, or at best, based upon empirically modified theory.

C.1.1 Impressed current systems

C.1.1.1 Impressed current cathodic protection circuits may be represented by the following simplified equivalent circuit:

پیوست ج

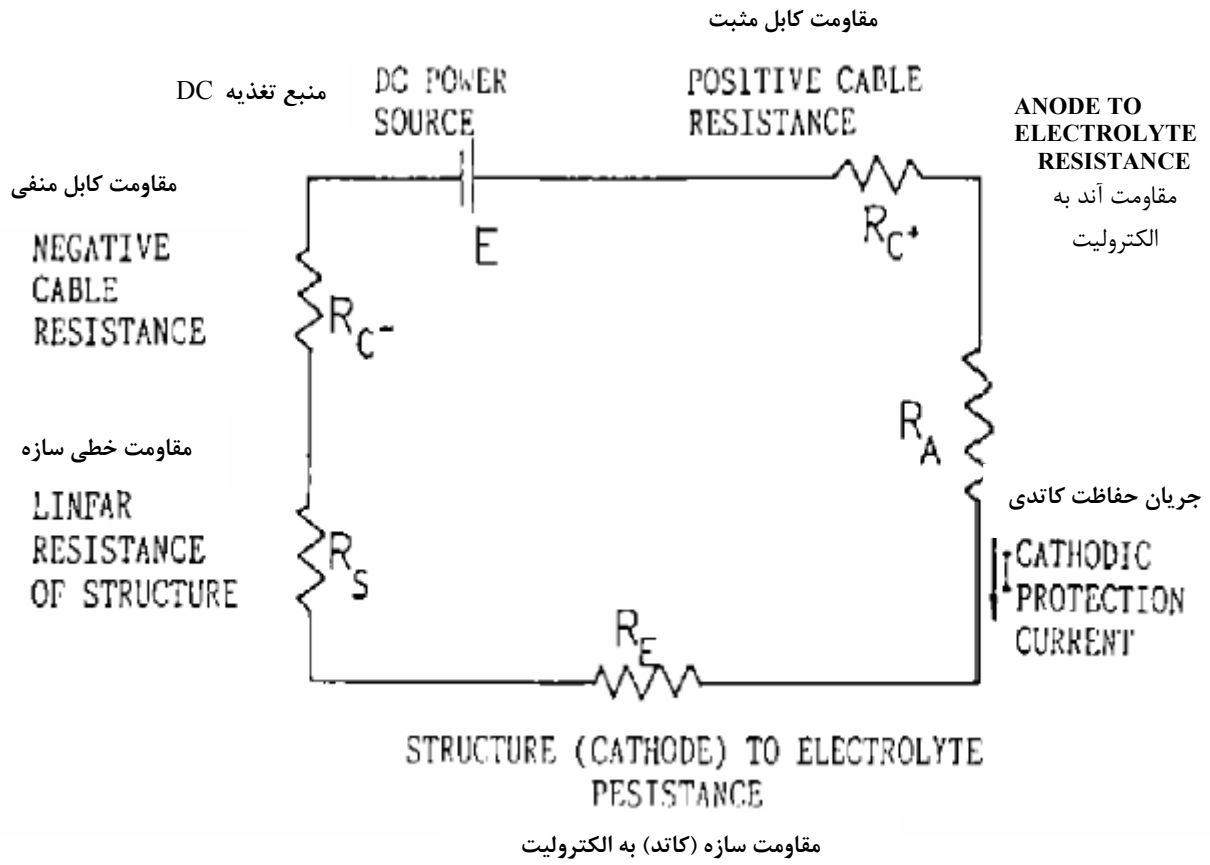
اصول طراحی حفاظت کاتدی سازه های دریایی

ج-۱ محاسبات طراحی

محاسبات در این پیوست به قصد راهنمایی برای مهندس طراح می‌باشد. آنها را نباید کامل یا تنها روش محاسبه در نظر گرفت. دستورالعملهای طراحی حفاظت کاتدی تجربی بوده، یا در بهترین حالت، براساس نظریه اصلاح شده از روی مشاهده و تجربه میباشند.

ج-۱-۱ سامانه های جریان اعمالی

ج-۱-۱-۱ مدارهای حفاظت کاتدی جریان اعمالی را میتوان توسط مدار معادل ساده شده زیر نمایش داد:



In order to size the system, it is first necessary to know the current to be impressed on the structure to achive cathodic protection. The requirements are detailed in paragraph 13.2.10 for different environments. In determining the total current required, all metal surfaces submerged in the electrolyte at mean high water shall be included in the calculation:

به منظور برآورد ظرفیت سامانه، جریان اعمالی لازم برای تامین حفاظت کاتدی سازه باید مشخص شود. این الزامات در بند ۱۳-۲-۱۰ برای محیط‌های مختلف تشریح شده است. در تعیین جریان کل مورد نیاز، تمام سطوح فلزی غوطه‌ور شده در الکترولیت در مد میانگین باید در محاسبه آورده شود.

$$\text{Total current (Amps)} = \frac{\text{Surface area (m}^2\text{)} \times \text{milli amperes per square meter}}{1000}$$

$$\text{کل جریان (آمپر)} = \frac{\text{میلی آمپر بر متر مربع} \times \text{مساحت سازه (متر مربع)}}{۱۰۰۰}$$

Having determined the total current requirement, the individual elements in the total load resistance are then adjusted to match the total dc output of the available power source.

با تعیین کل جریان مورد نیاز، آنگاه هر یک از اجزای تشکیل دهنده مقاومت کل آنها جهت تطبیق دادن با خروجی برق مستقیم منبع تغذیه موجود تنظیم میگردد.

From the above diagram, it will be seen that to establish the total circuit resistance, 5 resistances in series have to be considered as follows:

از نمودار فوق خواهیم دید که مقاومت کل مدار از ۵ مقاومت به صورت سری ساخته شده است که باید مطابق زیر مورد توجه قرار گیرد:

R_{c+} + R_{c-} : The resistance of the positive and negative cables will be dependent on the length and cross sectional area of the conductor.

R_{c+} + R_{c-}: مقاومت کابلهای مثبت و منفی که بستگی به طول و سطح مقطع رسانا دارد.

R_E : The cathode to electrolyte resistance may be calculated using ohms law:

R_E: مقاومت کاتد به الکترولیت ممکن است با استفاده از قانون اهم محاسبه شود:

$$R_E = \frac{E}{I}$$

Where:

E is the change of the structure-to-electrolyte potential to achieve cathodic protection (usually $\frac{1}{3}$ to 1 Volt) and I is the total current requirement in amperes.

که در آن:

E تغییر پتانسیل سازه به الکترولیت جهت دستیابی به حفاظت کاتدی (معمولاً $\frac{1}{3}$ تا ۱ ولت) و I جریان کل مورد نیاز بر حسب آمپر میباشد.

R_A : The anode-to-electrolyte resistance will be dependent on the shape, number, and spacing of the anodes used, and the electrolyte resistivity. Design calculations are given below.

R_A: مقاومت آند به الکترولیت که بستگی به شکل، تعداد و فاصله گذاری آندهای مورد استفاده و مقاومت مخصوص الکترولیت دارد. محاسبات طراحی در زیر آمده است.

R_S : The resistance of structures such as platforms may be ignored. In the case of pipelines and piers, where length is extensive in comparison to cross-section or where

R_S: مقاومت سازه‌ها نظیر سکوها که ممکن است صرفنظر شود. در مواردی که طول خطوط لوله و یا اسکله‌ها در مقایسه با سطح مقطع زیاد است یا در جایی که اتصالات

continuity bonds are installed, this factor should be evaluated.

دائم نصب شده است، این ضریب باید ارزیابی شود.

Where a structure such as sheet piling or pier-approach piling has been made electrically continuous by special bonding, the resistance of these bonds must be included in the resistance of the structure.

هرکجا سازه نظیر شمع‌های صفحه‌ای یا پایه های اسکله توسط اتصال خاص به طور برقی بهم متصل شده است، مقاومت اتصالات بایستی در مقاومت سازه لحاظ گردد.

The following formulas are offered to assist in estimating the anode-to-electrolyte resistance:

فرمولهای زیر جهت کمک در ارزیابی مقاومت آند به الکترولیت پیشنهاد شده اند:

C.1.1.2 Single cylindrical vertical anode (H.B.DWIGHT)

ج-۱-۱-۲ آند عمودی استوانه‌ای تکی (H.B. DWIGHT)

The anode-to-electrolyte resistance, R_A, of a single vertical anode, mounted at the surface, is given by:

مقاومت آند به الکترولیت، R_A آند عمودی تکی، نصب شده در سطح، از رابطه زیر تعیین میشود.

$$R_a = \left(\frac{0.00521\rho}{L}\right)\left[Ln\left(\frac{8L}{D}\right) - 1\right]$$

Where:

که در آن:

R_a = Anode-to-electrolyte resistance of a single vertical anode to remote reference (ohms).

R_a = مقاومت آند به الکترولیت برای آند عمودی استوانه‌ای نسبت به مرجع دور (اهم)

ρ = Electrolyte resistivity in (ohm-cm).

ρ = مقاومت مخصوص الکترولیت به (اهم – سانتیمتر).

L = Length of anode in cm. (including backfill, if used).

L = طول آند به سانتیمتر (بانضمام پشت بند، اگر استفاده شود).

D = Diameter of anode in cm. (including backfill, if used).

D = قطر آند به سانتیمتر. (به انضمام پشت بند ، اگر استفاده شود).

C.1.1.3 Group of vertical anodes equally spaced in straight line

ج-۱-۱-۳ گروه آندهای عمودی با فاصله مساوی در خط مستقیم

For a multiple anode system where N anodes are spaced at S cm and connected in parallel, the total resistance to electrolyte of the array, R_N, is given by:

برای یک سامانه با آندهای متعدد جایی که N آند در S سانتیمتر فاصله گذاری شده و به طور موازی متصل شده اند، مقاومت کل ردیف آندها نسبت به الکترولیت، R_N ، از طریق زیر به دست می‌آید:

$$R_N = \left(\frac{0.00521\rho}{NL}\right)\left[Ln\left(\frac{8L}{D}\right) - 1 + \left(\frac{2L}{S}\right)Ln\ (0.656N)\right]$$

Where:

R_n =Total resistance in ohm.

N = Number of anodes in parallel.

ρ = Electrolyte resistivity in ohm-cm.

S = Spacing between anodes in cm.

The above calculations are applicable generally for anodes in sea water or soil. For square sectional, anodes use equivalent diameter.

C.1.1.4 Vertical anodes surrounded in (coke) carbonaceous backfill

For design purposes, the diameter and length of the column of backfill, instead of the anode dimensions, apply to the calculations in C.1.1.2 and C.1.1.3.

C.1.1.5 Anodes laid horizontally in free flowing sea water

The calculations in C.1.1.2 and C.1.1.3 apply, provided the depth of immersion is greater than one anode length. All other cases of horizontally laid anodes are dealt with in this Engineering Standard for cathodic protection of land systems.

C.1.2 Galvanic anode systems

C.1.2.1 Equivalent circuit

A galvanic cathodic protection circuit may be represented by the following simplified diagram:

که در آن:

R_n = مقاومت کل به اهم.

N = تعداد آندهای موازی.

ρ = مقاومت مخصوص الکترولیت به اهم – سانتیمتر.

S = فاصله بین آندها به سانتیمتر.

محاسبات بالا معمولاً برای آندهایی که در آب دریا یا خاک می‌باشند، قابل استفاده است. برای آندهای با سطح مقطع چهار گوش، قطر معادل بکار میرود.

ج-۱-۱-۴ آندهای عمودی که در پشت بند کربنی (ذغال کُک) احاطه شده اند

برای مقاصد طراحی، قطر و طول ستون پشت بند، به جای ابعاد آند در محاسبات ج-۱-۱-۲ و ج-۱-۱-۳ به کار میروند.

ج-۱-۱-۵ آندهایی که به طور افقی در جریان آزاد آب دریا قرار میگیرند

در بکار بستن محاسبات ج-۱-۱-۲ و ج-۱-۱-۳ عمق غوطه‌وری بزرگتر از طول یک آند در نظر گرفته میشود. کلیـه حالت‌های دیگر قرار گرفتن آندهای افقی در این استاندارد مهندسی برای حفاظت کاتدی سامانه‌های زمینی میباشد.

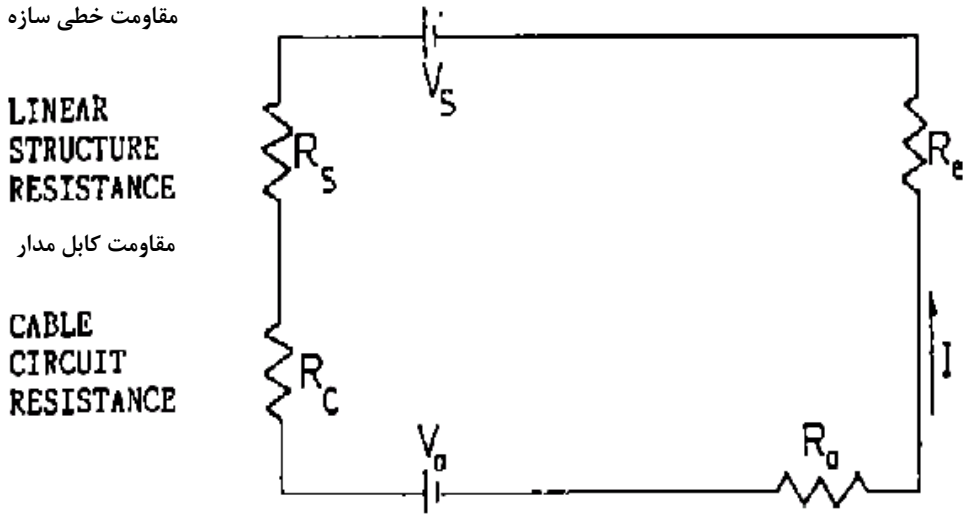
ج-۱-۲ سامانه های آند گالوانیکی

ج-۱-۲-۱ مدار معادل

یک مدار حفاظت کاتدی گالوانیکی را می‌توان به وسیله نمودار ساده شده زیر نشان داد:

پتانسیل سازه به الکترولیت

STRUCTURE TO ELECTROLYTE POTENTIAL



Although the diagram shows two voltage cells, one at the anode interface and one at the cathode interface, each are in fact half cells.

The same resistance elements will exist as for the impressed current system; however, galvanic anodes are usually attached close to the cathode with consequent low resistance connections so that both structure and cable circuit resistance can usually be ignored. Anode-to-electrolyte resistance is usually large in comparison to structure-to-electrolyte resistance and becomes the governing factor in galvanic anode design.

The anode-to-electrolyte resistance will be dependent on electrolyte resistivity and anode size and shape. The cathode to electrolyte resistance, however, will increase as the cathodic reaction proceeds, and its potential will tend to approach that of the anode. With this increase in circuit resistance and reduction in potential difference between the cathode and anode, the current output from the anode will decrease, and subject to its efficiency, its life will be extended. This explains why the number of galvanic anodes can be increased without resulting in overprotection.

اگرچه این نمودار دو پیل الکتریکی را یکی در فصل مشترک آند و یکی در فصل مشترک کاتد نشان میدهد اما در حقیقت هر کدام یک نیم پیل هستند.

اجزای مقاومتی یکسان همانند سامانه جریان اعمالی نیز در اینجا وجود خواهد داشت. بهرحال آندهای گالوانیکی معمولاً با اتصالات دارای مقاومت کم در نزدیکی کاتد وصل می‌شوند به طوری که معمولاً از هر دو مقاومت سازه و کابل مدار میتوان صرفنظر نمود. معمولاً مقاومت آند به الکترولیت در مقایسه با مقاومت سازه به الکترولیت زیاد است و عامل حاکم در طراحی آند گالوانیکی میباشد.

مقاومت آند به الکترولیت بستگی به مقاومت مخصوص الکترولیت و اندازه و شکل آند خواهد داشت. مقاومت کاتد به الکترولیت، همراه با ادامه واکنش کاتدی افزایش خواهد یافت و پتانسیل آن تمایل دارد که به پتانسیل آند برسد. با این افزایش مقاومت مدار و کاهش اختلاف پتانسیل بین کاتد و آند، جریان خروجی از آند کاهش خواهد یافت و با توجه به کارائی آن، عمرش افزایش می یابد. این موضوع بیان کننده آن است که تعداد آندهای گالوانیکی را میتوان بدون ایجاد اثر حفاظت بیش از حد افزایش داد.

The outputs of galvanic anodes shall be calculated on a basis that when protected, the structure-to-electrolyte potential is not less than -0.8 Volts, approaching -0.9 Volts referred to Ag/AgCl.

خروجی آندهای گالوانیکی باید بر این مبنا محاسبه شود که حین حفاظت، پتانسیل سازه به الکترولیت نسبت به الکترود مرجع نقره/کلرید نقره کمتر از ۰/۸- ولت نبوده و مطلوب آن ۰/۹- ولت می‌باشد.

C.1.2.2 Anode output formula

When the steel is polarized to protective level, Ia is given by:

ج-۱-۲-۲ فرمول خروجی آند

وقتی که فولاد تا سطح محافظ پلاریزه میشود، Ia معین میشود با:

$$\mathbf{I_a} = \frac{E_d}{R_a} = \frac{E_a - E_{cu}}{R_a} \quad \textbf{amperes} \quad \textbf{آمپر}$$

In these formulas, the symbols shown are as follows:

- $\mathbf{I_a}$: Anode Current Output (amps).
- $\mathbf{R_a}$: Anode Resistance to Electrolyte (ohms).
- $\mathbf{E_a}$: Open-circuit potential, Anode to Electrolyte (Reference Electrode) (Volts).
- $\mathbf{E_p}$: Structure-to-Electrolyte potential when fully protected (Volts)
- $\mathbf{E_d}$: Driving voltage between Anode and protected Structure

  (volts) = $E_a - E_p = V_S + V_A$

  (from Diagram)

در این فرمولها، شاخص های نشان داده شده به قرار زیرند:

- $\mathbf{I_a}$: جریان خروجی آند (آمپر).
- $\mathbf{R_a}$: مقاومت آند نسبت به الکترولیت (اهم).
- $\mathbf{E_a}$: پتانسیل مدار باز، آند نسبت به الکترولیت (الکترود مرجع) (ولت).
- $\mathbf{E_p}$: پتانسیل سازه نسبت به الکترولیت وقتی که کاملاً حفاظت شده است (ولت)
- $\mathbf{E_d}$: ولتاژ محرک بین آند و سازه حفاظت شده.

  (ولت) = $E_a - E_p = V_S + V_A$

  (از دیاگرام)

Note:

That Ea, open circuit potential between different types of anodes and electrolyte (Cu-$CuSo_4$ reference electrode) is nominally as the following (See BS 7361-1):

یادآوری:

Ea پتانسیل مدار باز بین انواع مختلف آندها و الکترولیت (الکترود مرجع مس/سولفات مس) معمولاً به قرار زیر میباشد:

Alloy آلیاژ	Common environment محیط معمولی	Open-circuit potential (for reference electrode stated) (V) پتانسیل مدار باز (الکترود مرجع مشخص شده است) (ولت)	Capacity (A h/kg) ظرفیت (آمپر ساعت/ کیلوگرم)	Consumption rate (Kg/A year) نرخ مصرف (کیلو گرم/آمپر در سال)
Magnesium منیزیم				
1.5 % Mn	Soil/fresh water خاک/ آب تازه	-1.7 ($Cu/CuSO_4$)	1200	7.5
6% Al, 3% Zn	Soil/fresh water خاک/ آب تازه	-1.5 ($Cu/CuSO_4$)	1200	7.5
Zinc روی				
0.5% Al, 0.1% Cd	Sea-water آب دریا	-1.05 (Ag/AgCl/sea-water)	780	11.25
Aluminium آلومینیوم				
0.4% Zn, 0.04% Hg	Sea-water آب دریا	-1.05 (Ag/AgCl/sea-water)	>2800	3.15
5% Zn, 0.04% Hg	Sea-bed mud بستر گل دریا	-1.05 (Ag/AgCl/sea-water)	1800 to 2000	4.38 to 4.86
3% to 5% Zn	Sea-water آب دریا	-1.1	1800 to 2000	4.38 to 4.86
0.01% to 0.03% In	Sea-bed mud بستر گل دریا	(Ag/AgCl/sea-water)		

C.1.2.2.1 Determination of R_a (anode resistance to electrolyte)

For a single anode freely suspended in sea water remote from the cathode, the formula applies (see C.1.1.2).

ج-۱-۲-۲-۱ تعیین R_a (مقاومت آند به الکترولیت)

برای آند تکی که به طور آزاد در آب دریا دور از کاتد معلق شده فرمول زیر بکار میرود (به ج-۱-۱-۲ مراجعه شود).

$$R_a = \rho \frac{K}{L}\left[Ln(\frac{4L}{r}) - 1 \right]$$

In the case of an anode fastened directly to the structure in sea water:

در حالتی که آند مستقیماً به سازه در آب دریا بسته شده باشد.

$$\mathbf{R_a} = \frac{1.1}{L + 0.8W + 0.8D}$$

Where:

K= 0.500/η or 0.15q if L,W and D are in Cm

L,W and D are the length, width and depth of the anode in cm.

For bracelet anodes, the anode resistance R_a can be calculated from the following formula:**

که در آن:

K= 0.500/η یا 0.15q هرگاه L، W و D به سانتیمتر باشند.

L، W و D طول، عرض و عمق آند به سانتیمتر میباشند.

برای طبقه بندی آندها، مقاومت R_a را میتوان از فرمول زیر محاسبه نمود**.

$$R_a = \frac{0.315\rho}{\sqrt{A}} \text{ ohms}$$

Where:

ρ = Resistivity of Sea water in ohm-cm.

A = The exposed surface area of the anode in cm².

R_a = The anode resistance in ohm.

** Mc, coy,s formula, from corrosion and protection of offshore steel structures. Final report NTNF-Project B0930.5116 Norges Teknisk Naturrviten Skapelige Forskningsrad, Os10.

In brakish water the resistivity of the water can increase to several 1000 ohm-cm (compared with open seawater resistivities of 15-35 ohm-cm).

Anode current outputs in brakish water will therefore be reduced considerably.

For plate anodes (Flush mounted Hull or Bracelet anodes)

که در آن:

ρ = مقاومت مخصوص آب دریا به اهم – سانتیمتر.

A = سطح آند در تماس با الکترولیت بر حسب سانتمیتر مربع.

R_a = مقاومت آند به اهم.

** فرمول Mc, coy,s از خوردگی و حفاظت سازه های فولادی واقع در دریا، گزارش نهایی NTNF-Project B0930.5116 Norges Teknisk Naturrviten Skapelige Forskningsrad, Os10.

در آب شور مقاومت آب میتواند تا چندین ۱۰۰۰ اهم – سانتیمتر افزایش یابد (در مقایسه با آب دریای آزاد مقاومت ۱۵-۳۵ اهم – سانتیمتر) است.

بنابراین خروجی های جریان آند در آب شور به طور قابل توجهی کاهش خواهد داشت.

برای آندهای صفحه ای (نصب شده همتراز بدنه کشتی یا آندهای دست بندی)

$$R_a = \frac{\rho}{2S} \text{ ohm *}$$ *اهم

$$S = \frac{a+b}{2} \text{ i.e. the mean of the anode sides and } b < 2a$$

یعنی متوسط اضلاع آند و b < 2a

Where:

a = length of anode in cm.

b = width of anode in cm.

alternatively:

$$R_a = \frac{\rho}{0.58A^{0.727}} \text{ ohm}$$ **اهم**

Modified peterson formula:

که در آن:

a = طول آند به سانتیمتر.

b = عرض آند به سانتیمتر.

به نوبت:

فرمول اصلاح شده پترسون:

A = Exposed surface area of anode (cm²)

A = سطح آند در تماس با الکترولیت (سانتیمتر مربع).

C.1.2.2.2 The number of anodes N, required should satisfy both of the following:

ج-۱-۲-۲-۲ N تعداد آندهای مورد نیاز، از دو رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{a)}\ N=\frac{I_r}{I_a}$$

$$\text{b)}\ N=\frac{W_r}{W_a}$$

Where:

که در آن:

I_r = Total current, required in amps.

I_r = جریان کل مورد نیاز به آمپر.

I_a = Current output of anode, in amps.

I_a = جریان خروجی آند به آمپر.

W_r = Net weight of anodes material, in kg.

W_r = وزن خالص آندها به کیلوگرم.

W_a = Net weight of individual anode, in kg.

W_a = وزن خالص هر آند به کیلوگرم.

$$W_r = \frac{I_r\ Y\ 8760}{CU}$$

Y = Life of structure, in years.

Y = عمر سازه، به سال.

C = Practical electrochemical capacity of the alloy Ampere.hour/kg.

C = ظرفیت الکتروشیمیایی کاربردی آلیاژ ها بر حسب آمپر ساعت بر کیلوگرم.

U = Utilization factor, i.e. proportion of net weight consumed at end of anode life. For fully supported tubular inserts U = 0.9.

U = ضریب بهره‌وری یعنی نسبت وزن خالص مصرف شده در پایان عمر آند. برای مغزی سرتاسری لوله‌ای شکل، U = ۰/۹ را قرار دهید.

In order to optimize the performance and efficiency of the anodes the values for (a) and (b) should be similar.

به منظور بهینه کردن عملکرد و راندمان آندها مقادیر (a) و (b) باید مشابه باشند.

C.1.2.2.3 It is to be shown by appropriate calculations that the system is capable of polarizing the structure initially and also when the anodes are consumed to their design utilization factor.

ج-۱-۲-۲-۳ با محاسبات مناسب نشان داده شده است که سامانه قادر به پلایزه کردن سازه اولیه و نیز وقتی که آندها تا ضریب بهره‌وری طراحی شان مصرف شده اند، میباشد.

C.1.2.2.4 It should be assumed that at the end of its life, the anode length has been reduced by 10 percent and that the remaining material

ج-۱-۲-۲-۴ فرض شده است که در انتهای عمر آن، طول آند تا ده درصد کاهش یافته و توزیع مواد باقیمانده به

is evenly distributed over the steel insert.

C.1.2.2.5 Pipelines and attenuation of potential

Calculations to determine the current demand and maximum pipe length protectable from a single impressed current cathodic protection station for long pipeline are dealt with in Appendix B.

C.2 Cathodic Protection of Ships (see also Section 6 of BS 7361, Part 1)

C.2.1 Galvanic anode system (See NACE RP 0196)

C.2.1.1 Sacrificial anode materials

There are three materials currently used for the sacrificial cathodic protection of ships internal and external surfaces. These are zinc, aluminum and magnesium alloyed with small percentages of other elements to ensure adequate performance. Zinc and aluminum alloy materials are used for protection in sea water and the magnesium is used in-fresh water condition, for fresh water tanks and other specialized purposes. When design CP system, the procedure in NACE RP 0196 shall be considered by corrosion engineer.

C.2.1.2 The use of sacrificial anodes for internal cathodic protection

In 1962, after fairly extensive trials, the Classification Societies amended their rules to permit up to ten percent reduction in scantlings, of bulkhead plating, stiffeners and certain internal girders and webs, provided an approved system of corrosion control was fitted. A further amendment to the rules in 1964 allowed a five percent reduction in the thickness of the main longitudinal strength members.

An approved system of corrosion control can be the use of coatings, anodes or a combination of both. Listed below are the most widely used systems:

In cargo, cargo/ballast and ballast only tanks all surfaces are to be coated with an approved corrosion control coating.

طور یکنواخت روی فولاد قرار میگیرد.

ج-۱-۲-۲-۵ خطوط لوله و تضعیف پتانسیل

محاسبات جریان مورد نیاز و حداکثر طول لوله قابل حفاظت از یک ایستگاه حفاظت کاتدی جریان اعمالی برای خط لوله طولانی را که با پیوست (ب) سر و کار دارد مشخص میکنند.

ج-۲ حفاظت کاتدی کشتیها (همچنین قسمت ۶ از BS7361 بخش ۱ مراجعه شود).

ج-۲-۱ سامانه آند گالوانیکی (به NACE RP 0196 مراجعه شود.

ج-۲-۱-۱ مواد آند فدا شونده

در حال حاضر سه ماده برای حفاظت کاتدی فدا شونده سطوح داخلی و خارجی کشتی ها به کار میرود که عبارتند از آلیاژهای روی، آلومینیوم و منیزیم با درصدهای کمی عناصر دیگر جهت اطمینان از عملکرد موثر آنها، مواد آلیاژی روی و آلومینیوم برای حفاظت در شرایط آب دریا و منیزیم در آب تازه، برای مخازن آب تازه و دیگر مقاصد خاص به کار میروند. هنگام طراحی سامانه حفاظت کاتدی، دستورالعمل NACE RP 0196 توسط مهندس خوردگی باید در نظر گرفته شود.

ج-۲-۱-۲ استفاده از آندهای فداشونده برای حفاظت کاتدی داخلی

در سال ۱۹۶۲، بعد از آزمایشات نسبتاً گسترده، انجمن های طبقه بندی، قوانین خود را اصلاح کردند و مجوز کاهش تا بالای۱۰ درصد در باقیمانده ورقهای داخلی، پشت بندها و برخی تیرهای افقی و قائم را صادر نمودند. یک سامانه تأیید شده کنترل خوردگی تهیه گردید. یک اصلاح مجدد قوانین در سال ۱۹۶۴ اجازه داد ۵ درصد در ضخامت طولی قطعات مستحکم اصلی کاهش داده شود.

یک سامانه تأیید شده کنترل خوردگی میتواند از پوشش‌ها، آندها یا ترکیبی از هر دو استفاده نماید. فهرست زیر سامانه-هایی هستند که به طور وسیع به کار میروند.

در مخازن نفتکش یا آب تعادل یا تنها آب تعادل، تمام سطوح که قرار است پوشش شوند یک پوشش کنترل خوردگی تأیید شده دارند.

In cargo/ballast and ballast only tanks the steelwork in the ullage space, with a minimum of the top 1.5 meters, is to be protected with an approved coating (see IPS-E-TP-100) and the remainder of the tank by anodes, either zinc, aluminum or magnesium, the latter two being subject to the restrictions marked* below under summary of Classification Society Rules. (See C.2.1.2.1)

در مخازن فولادی نفتکش یا آب تعادل یا تنها آب تعادل ، حجم بالای سطح مایع داخل مخزن حداقل ۱/۵ متر از سقف، با یک پوشش تاییده شده (به IPS-E-TP-100 مراجعه شود) و بقیه مخزن توسط آندهای روی، آلومینیوم یا منیزیم، دوتای آخر با محدودیتهای علامتدار * ، تحت قوانین خلاصه شده انجمن طبقه بندی حفاظت می‌شوند (به بند ج-۲-۱-۲-۱ مراجعه شود).

A selective system using defined ballasting conditions applies only to ships intended for the transport of crude oil, using a defined ballasting condition, and is as shown in the following Table:

یک سامانه انتخابی شرایط تعادل مشخصی را بکار میبرد که تنها برای کشتی‌هایی است که نفت خام حمل مینمایند. بکارگیری شرایط تعادل معین شده در جدول زیر نشان داده شده است:

TANK مخزن	COATING پوشش	CATHODIC PROTECTION حفاظت کاتدی
Ballast only Tanks فقط مخازن تعادل	All surfaces تمام سطوح	Anodes below normal ballast level plus coating of all surfaces above ballast level (see Note) آندها زیر سطح معمول تعادل به اضافه پوشش تمام سطوح بالای سطح تعادل (به یادآوری توجه شود)
Cargo oil/ballast Tanks محموله نفتی/مخازن تعادل	All surfaces above normal ballast or cargo level (see Note) and the upper surfaces of all horizontal members in the remainder of the tank. Also the tank bottom, longitudinals frames and girders up to a level of the top of the longitudinals تمام سطوح بالای سطح معمول تعادل یا محموله (به یادآوری توجه شود) و سطوح بالایی تمام قطعات افقی در باقیمانده مخزن. همچنین کف مخزن، اسکلت ها و شاه تیرها تا یک سطح بالای طولی.	Anodes below normal ballast or cargo level plus coating of all surfaces above non ballast level (see Note) آندهای زیر سطح معمول تعادل یا محموله به اضافه پوشش تمام سطوح بالایی که سطح تعادل ندارند (به یادآوری مراجعه شود)
Cargo oil only فقط محموله نفتی	All surfaces above the normal liquid level (see Note) تمام سطوح بالای سطح معمول مایع (به یادآوری مراجعه شود.)	

Note:

The minimum coating is to be all the surfaces in the top 1.5 meter of the tank.

یادآوری:

حداقل ۱/۵ متر تمام سطوح بالای مخزن باید پوشش شود.

C.2.1.2.1 Summary of classification society rules concerning the use of anodes for internal cathodic protection:

ج-۲-۱-۲-۱ خلاصه قوانین جامع دسته‌بندی در ارتباط با کاربرد آندها برای حفاظت کاتدی داخلی میباشند.

In 1971 an IACS working party on tanker safety agreed certain unified interpretations relating to cathodic protection as follows:

در سال ۱۹۷۱یک گروه کاری IACS درباره ایمنی نفکتش به یک توافق یکپارچه قطعی درباره حفاظت کاتدی رسید که به شرح زیر میباشد:

* Impressed current systems are not permitted in oil cargo tanks.

* Magnesium or magnesium alloy anodes are not permitted in oil cargo tanks or tanks adjacent to oil cargo tanks.

* Aluminum anodes are only permitted in cargo tanks of tankers where the potential energy does not exceed 28 kg m (200 ft lb). The height of the anode is to be measured from the bottom of the tank to the center of the anode and its weight is to be taken as the weight of the anode as fitted (including the fitting devices). However, where aluminum anodes are located on horizontal surfaces such as bulkhead girders and stringers not less than one meter wide and fitted with an upstanding flange or face flat projecting not less than 75 mm above the horizontal surface, the height of the anode may be measured from this surface. Aluminum anodes are not to be located under tank hatches or Butterworth openings in order to avoid any metal parts falling on the fitted anodes. Aluminum anodes containing magnesium shall not be used in cargo tanks.

There is no restriction on the positioning of zinc anodes but it is recommended practice to ensure the potential energy does not exceed 540 Kg m.

The anodes should have steel cores and these should sufficiently rigid to avoid resonance in the anode support and be designed so that they retain the anode even when it is wasted.

The steel inserts are to be attached to the structure by means of a continuous weld of adequate section. Alternatively they may be attached to separate supports by bolting, provided a minimum of two bolts with lock nuts are used. However, approved mechanical means of clamping will be accepted.

The supports at each end of an anode should not be attached to separate items which are likely to move independently.

When anode inserts or supports are welded to the structure, they should be arranged so that

* سامانه های جریان اعمالی در مخازن محموله نفتی مجاز نمی‌باشند.

* آندهای منیزیم یا آلیاژ منیزیم در مخازن محموله نفتی یا مخازن مجاور مخازن محموله نفتی مجاز نمی‌باشند.

* آندهای آلومینیوم فقط در مخازن محموله نفتکش‌ها جایی که انرژی پتانسیل از ۲۸ کیلوگرم متر (۲۰۰ فوت پوند) بیشتر نباشد مجاز است. ارتفاع آند از کف مخزن تا مرکز آند باید اندازه گیری شده و وزن آن به عنوان وزن آند نصب شده به مخزن (به انضمام قطعه نصب) باید در نظر گرفته شود. بهرحال، در جایی که آندهای آلومینیوم روی سطوح افقی نظیر تیغه تیرآهنها و تراورس های عمودی با عرض بیش از یک متر و با فلنج عمودی یا سطح صاف پیش آمده بیش از ۷۵ میلیمتر بالای سطح افقی قرار میگیرند، ارتفاع آند را میتوان از این سطح اندازه‌گیری نمود. آندهای آلومینیوم را نباید زیر دریچه‌های مخزن یا دهانه دریچه بمنظور جلوگیری از افتادن قطعات فلزی روی آندها نصب شده قرار داد. آندهای آلومینیوم حاوی منیزیم را نباید در مخازن محموله بکار برد.

هیچگونه محدودیتی درباره وضعیت آندهای روی وجود ندارد، اما عملاً توصیه شده است مراقبت صورت گیرد که انرژی پتانسیل از ۵۴۰ کیلو گرم متر تجاوز ننماید.

آندها باید هسته‌های فولادی داشته و جهت جلوگیری از نوسان در تکیه گاه آند، به اندازه کافی سخت باشند و به گونه ای طراحی شوند که آنها آند را حتی تا زمان از بین رفتن حفظ نمایند.

مغزی‌های فولادی به وسیله یک جوش ممتد با مقطع کافی به سازه متصل میشود. در روش جایگزین ممکن است آنها را به مغزی فولادی جداگانه با پیچ کردن وصل کنند، مشروط بر این که حداقل دو پیچ با مهره های قفل شونده بکار رود. بهرحال، ابزارهای مکانیکی تأیید شده جهت بستن قابل قبول خواهد بود.

تکیه گاه ها در هر سر آند نباید به اقلام جداگانه احتمالی که به طور مستقل جابجا میشوند الصاق شوند.

وقتی مغزی‌ها یا تکیه گاه های آند به سازه جوش میشوند، آنها را باید به ترتیبی مرتب نمود که جوشها عاری از نواحی

the welds are clear of high stress areas.

پر تنش باشند.

C.2.1.2.2 The application of sacrificial anodes for internal cathodic protection where reduced scantlings are applied

ج-۲-۱-۲-۲ کاربرد آندهای فداشونده برای حفاظت کاتدی داخلی در جایی است که جزء کمی بکار رفته است.

Although the procedure below should be followed in the design of any anode system, the effectiveness of such a system both in terms of anode life and corrosion control, can only be ensured by regular inspection.

گرچه دستورالعمل زیر باید در طراحی هر سامانه آندی دنبال شود ، اثر یک چنین سامانه‌ای را هم میتوان برحسب عمر آند و کنترل خوردگی تنها با بازرسی منظم ، تضمین نمود.

System life should be for not less than four years using an estimated ballast factor. Provision should be made for additional anode consumption if it is expected that residual ballast water will be left in the bottom of the tank if ballast voyages are expected to be for less than five days, the recommended current densities should be increased by twenty percent.

با کاربرد یک ضریب بالاست برآورد شده عمر سامانه باید برای بیش از چهار سال باشد. اگر انتظار می‌رود که آب تعادل باقیمانده در کف مخزن باقی بماند، باید پیش بینی وسایل لازم برای مصرف آند اضافی صورت گیرد و اگر انتظار می‌رود که در سفر دریایی آب تعادل برای کمتر از ۵ روز باشد، باید دانسیته های جریان توصیه شده تا ۲۰ درصد افزایش یابد.

The resistivity of the ballast water is assumed to be 25 ohms cm. If brackish water of higher resistivity is expected to be used, the system should be designed accordingly.

فرض شده که مقاومت مخصوص آب تعادل ۲۵ اهم سانتیمتر است. اگر پیش بینی شود که آب شور با مقاومت بالاتر استفاده گردد، سامانه باید مطابق آن طراحی شود.

The top 1.5 meters of the tank must be coated in order to give optimum protection. In peak and double bottom tanks where tanks can be pressed up, coatings are not required.

به منظور تامین حفاظت مطلوب، باید ۱/۵ متر بالای مخزن پوشش شود. در راس و کف دو لایه مخازن با در جایی که مخازن میتواند تحت فشار باشند پوشش نیاز ندارند.

CURRENT DENSITIES دانسیته های جریان	
Cargo/clean ballast tanks مخازن محموله دریایی / مخازن بالاست تمیز	86 mA/m² ۸۶ میلی آمپربرمترمربع
Ballast only and ballast white oil cargo tanks تنها مخازن بالاست و مخازن بالاست محموله نفت سفید	108 mA/m² ۱۰۸ میلی آمپر برمترمربع
Upper wing tanks مخازن سوخت بال بالایی	120 mA/m² ۱۲۰ میلی آمپر برمترمربع
Forward and after peak tanks مخازن جلویی و راس عقب	108 mA/m² ۱۰۸ میلی آمپر برمترمربع
Coated surfaces سطوح پوشش شده	5 mA/m² ۵ میلی آمپر برمترمربع
Lower wing tanks مخازن سوخت بال پایینی	86 mA/m² ۸۶ میلی آمپر برمترمربع
Double bottom tanks, ballast only مخازن با کف دو لایه ، فقط بالاست	86 mA/m² ۸۶ میلی آمپر برمترمربع
Cargo/dirty ballast tanks مخازن محموله دریایی / مخازن بالاست کثیف	Depend on trade بستگی به تجارت دارد

In large VLCC'S with permanent tank washing machines, the degree of protection given by the residual oil film is virtually non-existent and an increase in the current density to 120 mA/m² in cargo/clean ballast tanks is recommended.

For the long term protection of coated surfaces, adequate allowances must be made for coating breakdown. The above minimum recommended figure of 5mA/m² should be increased in proportion to the anticipated coating breakdown.

در VLCC'S بزرگ با ماشین های شستشوی دایمی، میزان حفاظت توسط لایه ته مانده نفت واقعاً ناچیز بوده و یک افزایش در دانسیته جریان تا ۱۲۰ میلی آمپر برمتر مربع در مخازن محموله دریایی/ مخازن بالاست تمیز توصیه میشود.

برای حفاظت طولانی سطوح پوشش شده سهمیه مجاز به طور کافی باید برای خرابی پوشش در نظر گرفته شود. حداقل عدد پیشنهادی ۵ میلی آمپر/مترمربع بوده که باید به نسبت خرابی پوشش پیش بینی شده افزایش داده شود.

C.2.1.2.3 The type and number of anodes required

ج-۲-۱-۲-۳ نوع و تعداد آندهای مورد نیاز

The total current required is:

جریان کل مورد نیاز عبارتست از:

$$\textbf{Current (amperes)} = \frac{\text{Protected area (m}^2\text{)} \times \text{current density (mA/m}^2\text{)}}{1000}$$

$$\text{جریان (آمپر)} = \frac{\text{سطح حفاظت شده(مترمربع)} \times \text{دانسیته جریان (میلی آمپر/مترمربع)}}{۱۰۰۰}$$

The total weight of anode material required is:

وزن کل آند مورد نیاز عبارتست از:

$$\textbf{Weight (Kg)} = \frac{\text{Current (amps)} \times \text{design life (years)} \times 8760}{\text{Capacity of material (amp hrs/kg)}}$$

$$\text{وزن (کیلوگرم)} = \frac{\text{جریان (آمپر)} \times \text{عمر طراحی (سال)} \times ۸۷۶۰}{\text{ظرفیت آند (آمپر ساعت بر کیلوگرم)}}$$

(8760 = number of hours in one year)

(۸۷۶۰ = تعداد ساعات در یک سال)

The number and type of anodes selected must at least satisfy both the total current and total weight requirements as follows:

تعداد و نوع آندهای انتخاب شده باید حداقل جریان کل و وزن کل مورد نیاز را مطابق زیر جبران نماید:

$$\textbf{Number of anodes} = \frac{\text{current required}}{\text{individual current output}}$$

$$\text{تعداد آندها} = \frac{\text{جریان مورد نیاز}}{\text{جریان خروجی یک آند}}$$

$$\textbf{Number of anodes} = \frac{\text{weight required}}{\text{individual net weight}}$$

$$\text{تعداد آندها} = \frac{\text{وزن مورد نیاز}}{\text{وزن خالص یک آند}}$$

C.2.1.2.4 Anode location

In ballast only or cargo ballast tanks of clean oil tankers, anodes should be distributed evenly overall the uncoated structure but with some emphasis on horizontal surfaces. In cargo ballast tanks of crude carriers those anodes on horizontal surfaces should be distributed in proportion to the areas of these surfaces, that is on bottom longitudinals, horizontal bulkhead girders, face flats on bottom structural members and on horizontal stiffeners. The majority of anodes will therefore be located on the bottom structure.

In cases where residual ballast water is expected to be left in the bottom of the tank, a low location of the bottom anodes should be provided for example on the webs of bottom longitudinals, and provision should be made for the more continuous anode consumption that this will initial.

The pipelines used in the larger ships have given rise to significant corrosion problems. The control of external corrosion on pipelines can be achieved by bonding the pipelines and fitting pipeline anode bracelets.

C.2.1.3 The use of sacrificial anodes for external cathodic protection

Zinc and aluminum anodes are used for this purpose in sea water. Both zinc and aluminum anodes have a normal design life of one, two, three or four years to suit the owners' requirements.

Hull anodes are usually welded direct to the ship structures, but can be bolted if required.

The applied current density usually varies from 10 mA/m² to 20 mA/m² dependent on the paint system used. In certain instances this can be increased to 40 mA/m² to meet arduous operating conditions.

C.2.1.3.1 The type and number of anodes required (full hull protection)

To obtain the approximate wetted hull area the formula below may be used.

ج-۲-۱-۲-۴ محل آند

تنها در مخازن بالاست یا مخازن بالاست محموله نفتکشهای بدون نفت آندها باید به طور یکسان در سراسر سازه بدون پوشش موکدا روی سطوح افقی توزیع شوند. در مخازن بالاست محموله کشتیهای نفت خام آندهای سطوح افقی باید به نسبت مساحت این سطوح، به طور طولی در کف، شاه‌تیرهای دیوارهای افقی کشتی، سطوح صاف روی قطعات سازه کف و روی لایی‌های افقی ، توزیع شوند. بنابراین اکثریت آندها روی سازه کف قرار خواهند گرفت.

در حالتی که انتظار میرود باقیمانده آب تعادل در کف مخزن باقی بماند آندها باید در پایین‌ترین محل قرار گیرند. برای مثال روی شبکه تیرهای طولی کف و به صورتی تدارک شوند که با مصرف بیشتر آند به طور مستمر ، همچنان در وضعیت اولیه باشد.

خطوط لوله بکار رفته در کشتی‌های بزرگتر مشکلات خوردگی قابل توجهی را فراهم میسازند. کنترل خوردگی خارجی خطوط لوله را میتوان با اتصال خطوط لوله و آندهای دست‌بندی خط لوله انجام داد.

ج-۲-۱-۳ استفاده از آندهای فداشونده برای حفاظت کاتدی خارجی

در آب دریا آندهای روی و آلومینیوم برای این هدف به کار میروند. آندهای روی و آلومینیوم به طور معمول برحسب نیاز مالک عمر طراحی یک، دو، سه یا چهارسال را دارند.

معمولاً آندهای بدنه کشتی مستقیماً به سازه‌های کشتی جوش میشوند، اما اگر لازم باشد میتوانند پیچ شوند.

معمولاً دانسیته جریان اعمال شده از ۱۰ میلی آمپر بر مترمربع تا ۲۰ میلی آمپر بر مترمربع با توجه به سامانه رنگ بکاررفته، تغییر مینماید. در برخی موارد ، جهت تطابق با شرایط عملیاتی دشوار این دانسیته جریان تا ۴۰ میلی آمپر بر مترمربع نیز میتواند افزایش یابد.

ج-۲-۱-۳-۱ نوع و تعداد آندهای مورد نیاز (حفاظت بدنه کشتی به طور کامل)

برای تعیین تقریبی سطح بدنه مرطوب فرمول زیر را می‌توان به کار برد.

Where:

LBP = length between perpendiculars; D = draft; BC = block coefficient ; B = breadth: (1.8xLBPxD) + (BCxLBPxB)

که در آن:

LBP = طول بین ستونها، D عمق در زیر آب، BC ضریب گنجایش ناو، B پهنا: (BC×LBP×B) + (۱/۸ ×LBP×D)

Typical block coefficients for various vessels are:

نمونه ضرایب گنجایش ناو برای کشتی ها عبارتند از:

Passenger vessels **0.6** **کشتی های مسافربری** **۰/۶**	**Naval vessels** **0.55** **کشتی های وابسته به نیروی دریایی** **۰/۵۵**
Cargo vessels **0.75** **کشتی های باربری** **۰/۷۵**	**Coasters** **0.75** **کشتی ویژه خط ساحلی** **۰/۷۵**
Tankers **0.8 to 0.9** **نفتکش ها** **۰/۸تا۰/۹**	**Dredgers** **0.8** **کشتی لایروبی** **۰/۸**
Tugs **0.6** **یدک کش ها.....۰/۶**	**Yachts** **0.4 to 0.5** **کرجی بادی یا بخاری مخصوص تفرج ۰/۴تا۰/۵**
Trawlers **0.55** **کرجی ماهیگیری** **.....۰/۵۵**	**Launches** **0.4** **قایق ورزشی و صیادی** **.....۰/۴**

The total current required is:

جریان کل مورد نیاز است:

$$\text{Current (amperes)} = \frac{\text{area (m}^2) \times \text{current density (mA/m}^2)}{1000}$$

$$\text{جریان (آمپر)} = \frac{\text{سطح (مترمربع)} \times \text{دانسیته جریان (میلی آمپر برمتر مربع)}}{۱۰۰۰}$$

The total weight of anode material required is:

وزن کل آند مورد نیاز است:

$$\text{Weight (Kg)} = \frac{\text{current (amps)} \times \text{design life (years)} \times 8760}{\text{Capacity of material (amp hrs/kg)}}$$

$$\text{وزن (کیلوگرم)} = \frac{\text{جریان (آمپر)} \times \text{عمر طراحی (سال)} \times ۸۷۶۰}{\text{کیلوگرم} \times \text{آمپر ساعت (ظرفیت آند)}}$$

The number of anodes must fulfill both current and weight requirements as for internal protection.

تعداد آندها باید جریان و وزن مورد نیاز حفاظت داخلی را تأمین نماید.

C.2.1.3.2 Anode location

a) Full hull protection

Anodes should be located equidistantly around the hull about six meters apart. Fifteen percent of the anodes should be located around the stern in a similar manner to the stern only protection described below. Anodes situated in the forward part of the vessel should be located to prevent damage or removal by anchor chains. If necessary, anodes can be fitted with cable guards.

b) Stern only protection

Anodes should be positioned on the stern area and rudder adjacent to the propeller, care being taken to minimize disturbance of the water flow to the propeller. Anodes should not be fitted within 300 mm of the line of the propeller tips and should be parallel to the flow lines of the hull. Twenty percent of the anodes required for full hull protection are required for stern only protection.

Magnesium anodes are used externally for vessels operating in fresh water.

C.2.1.4 Fitting out protection

Magnesium anodes are used to provide protection during fitting out, particularly in estuarine or polluted waters.

C.2.1.5 Tank descaling

The high cost of decaling cargo tanks by mechanical methods can be avoided by using magnesium ribbon, which gives an equally clean surface by an electrolytic process and enables decaling to be done during the ballast voyage without taking crew from normal work. In addition, noise, dust and attack on the metal is avoided.

Extruded flexible magnesium ribbon anode is usually produced as rectangular section or ribbed and has a continuous steel core. Its particular advantages are that the current output is three to seven times greater than cast anodes of the same weight. The current is also evenly distributed along the structure.

ج-۲-۱-۳-۲ محل آند

الف) حفاظت بدنه کشتی به طور کامل

آندها باید به طور هم فاصله اطراف بدنه کشتی در حدود شش متری از یکدیگر قرار گیرند. ۱۵ درصد آندها باید اطراف پاشنه کشتی در یک حالت مشابه با پاشنه فقط با حفاظت تشریح شده در زیر، قرار گیرند. آندها در بخش جلو کشتی باید به گونه‌ای قرار گیرند که از صدمه دیدن یا جداکردن توسط زنجیرهای مهار جلوگیری شوند. اگر لازم باشد، آندها را میتوان به حفاظ های سیمی مجهز نمود.

ب) حفاظت پاشنه به تنهایی

آندها باید در منطقه پاشنه و سکان مجاور به پروانه کشتی مستقر شوند، دقت به عمل آید مزاحمت جریان آب به پروانه به حداقل برسد. آندها نباید حدود ۳۰۰ میلیمتری خط پروانه کشتی باشند و باید موازی با خطوط جریان دیواره کشتی باشند. فقط ۲۰ درصد آندهای مورد نیاز برای حفاظت کامل بدنه کشتی، برای حفاظت پاشنه کشتی لازم میباشد.

آندهای منیزیم برای خارج کشتی‌های عملیاتی در آب شیرین به کار میروند.

ج-۲-۱-۴ حفاظت در زمان آماده کردن ناو

آندهای منیزیم برای تأمین حفاظت در مدت آماده کردن ناو به ویژه در آبهای ساحلی یا آلوده، بکار میروند.

ج-۲-۱-۵ رسوب زدایی مخزن

از هزینه‌های زیاد رسوب زدایی مخازن محموله به روشهای مکانیکی میتوان با بکارگیری نوار منیزیم که یک سطح همگن تمیز حاصل از یک فرآیند الکترولیتی میباشد و رسوب زدایی در حین سفر تعادل بدون برداشتن خدمه از کار عادی را امکانپذیر می‌سازد، جلوگیری نمود. علاوه بر این، سروصدا، گرد و خاک و حمله به فلز اجتناب میشود.

معمولاً آند نواری منیزیم انعطاف پذیر روزن رانی شده به صورت مقطع مستطیلی یا نواری که هسته فولادی پیوسته دارد تولید میشود. نتایج ویژه آن خروجی جریان سه تا هفت برابر بیشتر از آندهای ریخته شده با وزن مشابه میباشند. همچنین جریان به طور یکنواخت در طول سازه توزیع میشود.

The method of use is as follows:

روش استفاده به قرار زیر میباشد:

A current density of 1000 mA/m² is normally used in sea water. This is achieved by using one meter of ribbon for every three square meters of steel area.

معمولاً دانسیته جریان ۱۰۰۰ میلی آمپر بر مترمربع در آب دریا بکار میرود. این امر با استفاده از یک متر نوار برای هر سه مترمربع از سطح فولاد عملی میباشد.

The ribbon is usually supplied in coils of 150 or 300 meters. This should be cut into lengths of about 30 meters.

نوار معمولاً به صورت کلاف‌های ۱۵۰ یا ۳۰۰ متری تهیه میشوند که باید به طولهای ۳۰ متری بریده شوند.

The wire should be bared for about 10 cm at each end of every length by hacksaw and cold chisel or torch.

سیم باید حدود ۱۰ سانتیمتر در انتهای هر طول توسط اره آهن و قلم یا مشعل، لخت شود.

The ribbon is spread around the bulkheads, attached at top and bottom so that it stands one to two meters away from the steel surface. An even spread of ribbon should be used to "cover" all areas of the tank. The tank is filled with clean sea water and left for four to six days.

نوار را اطراف تیغه پهن کرده، در بالا و کف به گونه ای متصل میشود که یک تا دو متری سطح فولاد باشد. هموار کردن نوار تا پوشش تمام مناطق مخزن باید انجام شود. مخزن را با آب دریای تمیز پر کرده و برای چهار تا شش روز نگه می‌دارند.

Black oil tanks should be pressure washed before descaling. All tanks should be pressure washed after descaling to remove any loose pieces of scale. The white chalk deposit which appears is harmless to food cargoes and should be brushed off before painting.

مخازن نفت سیاه باید قبل از رسوب زدایی با فشار شسته شود. تمام مخازن باید بعد از رسوب زدایی جهت حذف ذرات سست رسوب با فشار شسته شوند. رسوب گچی سفید رنگ ایجاد شده برای محموله های غذایی بی ضرر میباشد و باید قبل از رنگ آمیزی برداشته شود.

This process releases some hydrogen gas and appropriate precautions should be taken.

این فرآیند مقداری گاز هیدروژن آزاد مینماید که باید احتیاطات مناسب به عمل آید.

C.2.1.6 Individual anode output determination and calculation (sacrificial anodes)

ج-۲-۱-۶ تعیین و محاسبه خروجی هر آند به تنهایی (آندهای فداشونده)

Anode output (amperes) is the difference in potential (volts) between anode material and steel polarized to protection divided by the resistance (ohms) of the anodes in the electrolyte. This is expressed as:

خروجی آند (برحسب آمپر) اختلاف پتانسیل (برحسب ولت) بین جنس آند و فولاد پلاریزه شده جهت حفاظت ، تقسیم بر مقاومت آندها در الکترولیت (برحسب اهم) میباشد که به طریق زیر بیان میشود:

$$I = \frac{E}{R}$$

I: amperes E: volts R: ohms

I : برحسب آمپر E: برحسب ولت R: برحسب اهم

In order to obtain high output, the anodes should have a small cross section in relation to their length.

به منظور دستیابی به خروجی زیاد، آندها باید یک سطح مقطع کوچک نسبت به طولشان داشته باشند.

The resistance of slender rod anodes (Tank Anodes) in an electrolyte can be obtained from the following formulae:

مقاومت آندهای میله‌ای باریک (آندهای مخزن) در یک الکترولیت را میتوان از فرمول زیر به دست آورد:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[Ln(\frac{4L}{r}) - 1\right]$$

Where:

R = The resistance of the anode in ohms.

r = The mean effective radius of the anode in cm.

Where:

$$r = \frac{\text{cross section area}}{\pi} \times \frac{60*}{100}$$

$$r = \frac{\text{سطح مقطع}}{\pi} \times \frac{*۶۰}{۱۰۰}$$

ρ = The resistivity of water in ohm-cm.

L = The length of the anode in cm.

This procedure is traditionally used in calculating anode requirements in the marine industry as being indicative of anode output during its life.

For flat plate anodes (Hull Anodes) the following formula can be used:

$$R = \frac{\rho}{a + b}$$

Where:

a = length in cm

b = width in cm

C.2.2 Impressed current

C.2.2.1 It is usual to design on the basis of 35 mA/m² although this may be varied to suit.

a) Coating condition e.g. epoxy or other paint systems.

b) Operating conditions e.g. high speed operation, low temperature conditions.

C.2.2.2 Anodes are usually produced in two types:

که در آن:

R = مقاومت آند به اهم.

r = متوسط شعاع موثر آند به سانتیمتر.

که در آن:

ρ = مقاومت مخصوص آب به اهم - سانتیمتر.

L = طول آند به سانتیمتر.

این دستورالعمل از دیر باز در محاسبه آند مورد نیاز در صنعت دریایی به عنوان شاخص خروجی آند در طول عمر آن بکار میرود.

برای آندهای ورقی تخت (آندهای بدنه کشتی) فرمول زیر را میتوان بکار برد:

که در آن:

a = طول به سانتیمتر

b = عرض به سانتیمتر

ج-۲-۲ جریان اعمالی

ج-۲-۲-۱ معمول بر این است که براساس ۳۵ میلی آمپر بر متر مربع طراحی شود اگرچه ممکن است بسته به شرایط تغییر نماید.

الف) شرایط پوشش برای مثال اپوکسی یا دیگر سامانه-های رنگ.

ب) شرایط عملیاتی برای مثال عملیات سریع السیر، شرایط دمای پایین.

ج-۲-۲-۲ معمولاً دو نوع آند تولید میشوند:

a) External type with current output 75 and 100 amperes. These are also supplied in pairs to give 150 and 200 amp output.

b) Recessed type, of a circular design, for use in forward installation where mechanical damage from cables is likely to occur. The recessed anode may be produced in one size only with a maximum current output of 50 amperes.

C.2.2.3 Anodes are usually located external to the engine room or suitable void spaces to simplify hull penetrations and cable routes.

C.2.2.4 For vessels up to 150000 dwt, it has been found that satisfactory current distribution can be achieved with all anodes sited adjacent to the engine room. Larger vessels normally require additional anodes, of the recessed type, to be mounted forward.

C.2.2.5 System control and monitoring is by a minimum of two reference electrodes sited forward and after and mounted at least 3 meters from the nearest anode.

C.2.2.6 For design calculation (see C.1.1).

* The cross sectional area of the anode to be used in determining the mean effective radius is that corresponding to the anodes consumed by forty percent.

الف)نوع بیرونی با خروجی جریان ۷۵ و ۱۰۰ آمپر. این آندها همچنین بصورت جفت با خروجی ۱۵۰ و ۲۰۰ آمپر فراهم می شوند.

ب) نوع پله‌ای، از یک طراحی مدور، برای استفاده در نصب در قسمت جلو جایی که احتمال وقوع خسارت مکانیکی کابلها وجود دارد. آند پله‌ای ممکن است در یک اندازه فقط با یک خروجی حداکثر ۵۰ آمپر تولید شود.

ج-۲-۲-۳ آندها را معمولاً در خارج موتورخانه کشتی یا فضاهای خالی جهت سهولت نفوذ به بدنه و مسیرهای کابل قرار میدهند.

ج-۲-۲-۴ برای کشتی های تا ۱۵۰۰۰۰ dwt تشخیص داده شده است که توزیع رضایت بخش جریان را میتوان با تمام آندها که در مجاورت اتاق موتور قرار گیرند به دست آورد. کشتی های بزرگتر به طور عادی آندهای اضافی نوع پله‌ای جهت نصب در قسمت جلو احتیاج دارند.

ج-۲-۲-۵ سامانه کنترل کننده و بازبینی با حداقل دو الکترود مرجع واقع در جلو و پشت قرار گرفته که حداقل ۳ متری نزدیکترین آند نصب میشوند.

ج-۲-۲-۶ برای محاسبه طراحی (به بند ج-۱-۱ مراجعه شود).

* سطح مقطع عرضی آند در تعیین متوسط شعاع موثر بکار میرود که مطابق با ۴۰ درصد مصرف آندها میباشد.

APPENDIX D

ANODIC PROTECTION

Introduction to Anodic Protection

In contrast to cathodic protection, anodic protection is relatively new. Edeleanu first demonstrated the feasibility of anodic protection in 1954 and tested it on small-scale stainless steel boilers used for sulfuric acid solutions. This was probably the first industrial application, although other experimental work had been carried out elsewhere.

Anodic protection possesses unique advantages. For example, the applied current is usually equal to the corrosion rate to the protection system. Thus, anodic protection not only protects but also offers a direct means for monitoring the corrosion rate of a system.

Anodic protection can decrease corrosion rate substantially . The primary advantage of anodic protection are its applicability in extremely corrosive environment and its low current requirement. Anodic protection has been most extensively applied to protect equipment used to store and handle sulfuric acid. Anodically protected heat exchangers used to cool sulfuric acid manufacturing plants have represented one of the more successful ventures for this technology. These heat exchangers are sold complete with the anodic protection systems installed and have a commercial advantage in that less costly materials can be used.

This is mainly because of the limitations on metal chemical systems for which anodic protection will reduce corrosion. In addition , it is possible to accelerate corrosion of the equipment if proper controls are not implemented. However, anodic protection has its place in the corrosion control area, provided some important basics are respected.

پیوست د

حفاظت آندی

مقدمه ای بر حفاظت آندی

حفاظت آندی در مقایسه با حفاظت کاتدی نسبتاً جدید میباشد. اولین بار ادلینو امکانپذیری حفاظت آندی را در سال ۱۹۵۴ تشریح نمود و آن را در مقیاس کوچک بر روی دیگ بخار فولاد زنگ نزن محلولهای اسید سولفوریک آزمون کرد. اگرچه سایر کارهای آزمایشگاهی در جای دیگر انجام گرفته بود، احتمالا این اولین کاربرد صنعتی بوده است.

حفاظت آندی مزایای منحصر به فرد دارد. برای مثال معمولاً جریان اعمالی برابر با نرخ خوردگی نسبت به سامانه حفاظتی میباشد. بنابراین، حفاظت آندی نه تنها حفاظت میکند بلکه همچنین وسیله مستقیمی برای نشان دادن نرخ خوردگی یک سامانه میباشد.

در واقع حفاظت آندی میتواند نرخ خوردگی را کاهش دهد. نخستین مزیت حفاظت آندی کاربرد در محیط فوق العاده خورنده و نیاز به جریان کم میباشد. حفاظت آندی به طور خیلی وسیعی جهت حفاظت تجهیزاتی که برای انباشت و جابجایی اسیدسولفوریک بکار میروند اعمال میشود. مبدلهای حرارتی که به روش آندی حفاظت میشوند جهت سرد نمودن واحدهای تولید کننده اسیدسولفوریک بکار میرود و یکی از ابتکارات بسیار موفق این فن آوری بوده است. این مبدلهای حرارتی با سامانه های نصب شده حفاظت آندی به طور کامل فروخته میشوند و یک مزیت تجاری آن اینست که می توان مواد کم هزینه مصرف نمود.

اساساً این امر به علت محدودیت‌های سامانه‌های مواد شیمیایی فلزی است که در آن حفاظت آندی، خوردگی را کاهش خواهد داد. علاوه بر آن، امکان دارد خوردگی تجهیزات چنانچه به طور صحیح کنترل نشود، شتاب گیرد. هر چند حفاظت آندی در کنترل سطح خوردگی جای خودش را دارد، برخی اصول مهم را فراهم ساخته که قابل توجه می‌باشد.