

ŠTEVILČNA OZNAKA NAČRTA IN VRSTA NAČRTA

4/2 NAČRT ELEKTRO INSTALACIJ – KOROZIJSKA KATODNA ZAŠČITA
JEKLENIH STRUKTUR V MORJU ALI PRIOBALJU

INVESTITOR

UNIVERZA V LJUBLJANI, Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana

OBJEKT

CELOVITA UREDITEV UL FPP IN GEPŠ PIRAN V PORTOROŽU

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

PZI – projekt za izvedbo

ZA GRADNJO

nova gradnja in rekonstrukcija

PROJEKTANT

CPS d.o.o., Blatnica 12, 1236 Trzin
Vinko Erčulj, direktor
Trzin, marec 2018

ODGOVORNI PROJEKTANT

Tomaž Pevec, el.teh. (IZS E-9083)
Trzin, marec 2018

ŠTEVILKA NAČRTA, KRAJ IN DATUM IZDELAVE NAČRTA

načrt št. 1498/2018
projekt št. 789/2017
Trzin, marec 2018

ODGOVORNI VODJA PROJEKTA

Iztok Leben, univ. dipl. inž. Grad. (IZS G-0515)

4/2.2	KAZALO VSEBINE NAČRTA KATODNE ZAŠČITE
--------------	--

4/2.1	Naslovna stran
4/2.2	Kazalo vsebine načrta
4/2.3	Tehnično poročilo
4/2.4	Načrti

4/2.3	TEHNIČNO POROČILO
--------------	--------------------------

1.00	Predmet načrta
2.00	Referenčni dokumenti
3.00	Osnovni podatki ščitenega objekta
4.00	Predmeritve ter določitev sistema katodne zaščite
4.10	Predmeritve in podatki o mediju
4.20	Določitev sistema katodne zaščite
4.30	Konstruktivski ukrepi na objektu
4.31	Katodna mreža
4.32	Kabelska kanalizacija
5.00	Izračuni
5.10	Izračun zaščitnega toka
5.20	Izračun električne instalacije
5.40	Izračun anode za vsiljen tok
6.00	Elementi katodne zaščite
6.10	Naprava katodne zaščite US-300-MK
6.20	Priključno merilne omare
6.30	Anodni sistem
6.40	Katodni priključki
6.50	Kabelski razvod
6.60	Referenčne elektrode
6.70	Stalna merilna mesta
7.00	Nastanek plinov
8.00	Interferenca
9.00	Oznake
10.00	Varnostni ukrepi za zaščito z vsiljenim tokom
11.00	Preverjanje izvedbe
12.00	Izvršilna dokumentacija
13.00	Pregled in vključitev zaščitnega sistema
14.00	Kontrola
15.00	Popis opreme, materiala in del

1.00 PREDMET NAČRTA

Predmet tega načrta je sistem katodne zaščite vseh kovinskih pilotskih struktur podaljšanja GEPŠ PIRAN V PORTOROŽU. Pri določevanju tehnične rešitve zaščitnega sistema se poleg ostalih referenčnih dokumentov v prvi vrsti upoštevajo standardi SIST EN 12473:2014, SIST EN 13174:2003 in SIST EN 14505:2005. Ti standardi se nanašajo na kompleksne strukture, ki se nahajajo v morju ali priobalju.

Korozijsko ogrožene strukture priobalnih konstrukcij (pomola) bodo ščitene s katodno zaščito po principu vsiljenega toka. Tak sistem, z izjemo tam kjer to ni mogoče, je vpeljan na celotnem področju slovenske obale. V zaščitnem sistemu se bodo uporabile MMO Mix Metal Oksid inertne anode, modularne usmerniške naprave, stalne referenčne elektrode, kabelski razvod s proti kloridom in kloru odpornimi kabli.

2.00 REFERENČNI DOKUMENTI

Pri načrtovanju sistema korozijske katodne zaščite so upoštevani sledeči referenčni dokumenti:

SIST EN 12473:1999	General principles of cathodic protection in sea water
SIST EN 12474:1997	Cathodic protection for submarine pipelines
SIST EN 12473:2014	Katodna zaščita jeklenih konstrukcij, postavljenih v morju ali ob morju
SIST EN 12501-1:2003	Protikorozijska zaščita kovinskih materialov – Verjetnost nastanka korozije v zemlji – 1. del
SIST EN 12501-2:2003	Protikorozijska zaščita kovinskih materialov – Malolegirani in nelegirani železovi materiali
SIST EN 12954:2003	Katodna zaščita vkopanih ali potopljenih kovinskih konstrukcij – Splošno
SIST EN 13174:2003	Katodna zaščita za pristaniške napeljave
SIST EN 13509:2003	Merilne tehnike za katodno zaščito
SIST EN 13636:2004	Katodna zaščita vkopanih kovinskih rezervoarjev in pripadajočih cevovodov
SIST EN 15257:2007	Katodna zaščita-Stopnje usposobljenosti in certifikacija osebja za katodno zaščito
EN 14505:2002	Cathodic protection of complex structures
EN ISO 8044:1999	Corrosion of metals and alloys – basic terms and definitions
NS M-503	Cathodic protection
DNV-RP-F103	Cathodic protection of submarine pipelines by galvanic anodes
DNV-RP-F107	Risk assesstment of pipeline protection
DNV-RP-B101	Corrosion protection of floating production and storage units
DNV RP B401	Cathodic protection design
NR423 DTO R00	Corrosion protection of steel offshore units and instalations
BS 7361:1991	British standard , Cathodic protection, Part 1
NACE RP0572-2001	Design, Installation, Operation, and maintenance of Impressed Current Deep Groundbeds
AODC	Code of Practice for safe use of elektricity under water
ISO/TR 60479-1:1994	Effects of current on human beings akd livestock
ISO/TR 60479-2:1987	Effects of current passing through the human body
ISO/TR 60479-3:1998	Effects of current on human beings akd livestock
Handbook of CCP	Teorija in praksa katodne korozijske zaščite – W. von Baeckman, W. Schwenk, W. Prinz
DEEP ANODE SYSTEMS	Desig, Installationa and Operation – T.H.Lewis, Jr.
Handbook	Ocean and Underwater Engineering McGraw-Hill

3.00 OSNOVNI PODATKI ŠČITENEGA OBJEKTA

Novi del pomola bo temeljen na sistemu jeklenih zabitih vertikalnih cevni pilotov F508/8mm brez konice. Vsi piloti bodo izdelani iz materiala S355 J2. Piloti bodo sestavljeni iz več sekcij, katerih dolžina je odvisna od uporabljene tehnologije in zmogljivosti ter vrste mehanizacije izvajalca. Izdelavo montažnih zvarov je potrebno radiografsko pregledati. Kvaliteto montažnih zvarov je potrebno dokazati z atesti, ki jih izda za to pooblaščen organizacija. Piloti bodo v zgornjem odseku pod spodnjim robom konstrukcije zapolnjeni z armiranim betonom C35/45. Beton za čepe mora imeti dodan dodatek za nabrekanje.

Predvidena globina zabijanja pilotov je –14m do –27m in je prilagojena konfiguraciji mejnice nosilnih tal, razvidni iz geotehničnega poročila. Končna globina zabijanja bo določena s posedki pri zabijanju.

4.00 PREDMERITVE IN DOLOČITEV SISTEMA KATODNE ZAŠČITE

4.10 PREDMERITVE IN PODATKI O MEDIJU

Predhodno so se izvedle vse meritve potrebne za določitev ter dimenzioniranje sistema katodne zaščite. Upoštevali so se tudi vsi podatki sistemov zaščit na področju GEPŠ Piran v Portorožu. Merilni rezultati so uporabljeni pri izračunih in niso ločeno prikazani v načrtu. Iz spodnjih preglednic so razvidne nekatere karakteristike okolja v katerem se objekt nahaja in so bistvene za izračun zaščite.

ZEMLJIŠČE

Veličina	Vrednost
Specifična upornost na globini 3m	5,27 Ω m
Specifična upornost na globini 6m	2,64 Ω m

MORJE

Veličina	Vrednost
Temperatura	7 – 27°C
Slanost	na površini 29,5 – 38 psu na dnu 36 – 38 psu
Prevodnost	39,24 – 49,61 Sm

4.20 DOLOČITEV SISTEMA KATODNE ZAŠČITE

Pomol je objekt, ki se istočasno smatra kot kompleksna struktura postavljena v morju oziroma v priobalju. Pri določevanju tehnične rešitve se poleg ostalih referenčnih dokumentov v prvi vrsti upošteva standard SIST EN 12473:2014 in SIST EN 14505:2005.

Zaradi kompleksnosti objekta in fazne gradnje je temu primeren tudi koncept zaščitnega sistema. V nadaljevanju podajamo opis tehnične rešitve katodne zaščite.

Po izračunu v poglavju 5.10 znaša potreben zaščitni tok 9,32 A.

Z upoštevanjem razpoložljivega prostora, tokovne oddaje, življenjske dobe, interference ter specifične upornosti okolja je izbrana MMO anoda, sestavljena iz dveh elementov MT 3,2/120. Za zaščito obravnavane strukture so predvidena tri (3) vertikalna anodna ležišča, tako da znaša predvidena maksimalna oddaja toka posameznega anodnega sistema 6 A. Anode se navezujejo direktno v priključno merilnem mestu usmerniške naprave, ki se nahaja neposredno ob elektro omari RV. V omarici je predvidena meritev, prevezava in regulacija anodnega tokokroga.

Katodna mreža pilotskega temelja je povezana katodnim vodnikom, ki se prav tako direktno navezujejo in zaključijo v usmerniški omarici, kjer je možna prevezava, regulacija ter merjenje. Katodni priključki so predvideni po situacijskem načrtu katodne zaščite. Stalna merilna mesta se izvede po situacijskem načrtu z obežanjem referenčne elektrode. Merilni kabli so speljani do polja katodne zaščite in se navezujejo v PMO, kjer je možna kontrola učinkovitosti zaščitnega sistema.

Za objekt zaščite je predvidena ena (1) usmerniška naprava US-100 MK, ki je locirana v polju katodne zaščite elektro omare PMO. Z izračuni v nadaljevanju je potrjena pravilna izbira anodnega sistema, kablov ter ostale opreme.

Za izvedbo kabelskih povezav elementov katodne zaščite je predvidena izvedba kabelskih povezav pod priobalno konstrukcijo z inox 316L pritrdilnim materialom. Koristijo se tudi cevna elektro kanalizacija.

ZAŠČITNI KRITERIJI

Zaščitni kriterij za kompleksne objekte definiran v EN 12954 se uporabi povsod tam kjer je to mogoče. Karakteristike kompleksne strukture so običajno takšne, da ni vedno možno na vseh mestih izvesti preverjanje doseženega potenciala. Zaradi tega je potrebno uporabiti alternativne metode preverjanj. Izbira kriterija je odvisna od strukture in karakteristik zemljišča.

Spodnje tri alternativne metode se lahko uporabi kot zaščitni kriterij. Določene so na praktičnih izkušnjah in so v široki uporabi. Vse meritve potenciala se izvajajo s CU-CUSO₄ referenčno elektrodo.

a) Meritev potenciala

On potencial E_{on} v vrednosti -1,2 V ali negativnejši, v kolikor je mesto meritve izven območja vpliva večje katode, kot na primer železobetonski temelj, ali bakreni ozemljitveni sistem v zemljišču s specifično upornostjo nižjo od 100 Ω m. Kot izjema je sprejemljiva E_{on} v vrednost 0,8 V ali negativnejša, v kolikor se meritev opravlja v notranjosti velikih katod ali v njihovi bližini do 0,5m.

b) Meritev toka

Namen teh meritev je pokazati, da tok prav tako lahko vstopa v strukturo na kritičnih mestih.

1) direktno (pri vključenem zaščitnem tokokrogu pomik potenciala E_n v negativno smer za najmanj 0,3 V pokaže verjetno zadostno vstopanje toka v strukturo) ali

2) z sredstvi za merjenje tokovne gostote ali pomika potenciala na testnih kuponih

Kritična mesta so mesta, kjer je zaščita proti verjetnosti izstopa anodnega toka iz strukture visoka (bližina tujih katod v galvanski povezavi, heterogenost zemljišča ali efekt zasloni)

c) Meritev depolarizacije

Pozitivni pomik potenciala (depolarizacija) na testnih sondah ali kuponih za najmanj 0,1 V, takoj po izključitvi zaščite E_{off} ene ure, pomeni, da je struktura polarizirana. Preskusne sonde / kuponi se odključijo le za namen meritev.

Zaščitni kriterij za morske objekte je detaljno definiran v EN 12473:1999.

V spodnji preglednici so navedeni zaščitni potenciali, ki zagotavljajo ustrezen nivo katodne zaščite.

Material	Minimalni negativni potencial (V)	Maksimalni negativni potencial (V)
Nizko legirana ogljikova jekla		
Aerobično okolje	-0,80	-1,10
Anaerobično okolje	-0,90	-1,10
Nerjaveče jeklo		
Austentic steel		
- (PREN ≥ 40)	-0,30	neomejeno
- (PREN < 40)	-0,60 (glej opombo 1)	neomejeno
- Duplex	-0,60 (glej opombo 1)	(glej opombo 2)
Opomba 1 – Za širšo uporabo so ti potenciali ustrezni za katodno zaščito, čeprav so višji potenciali vprašljivi.		
Opomba 2 – Odvisno od metalurške strukture so te litine lahko občutljive na pokanje in se jih je potrebno izogibati.		

Potrebno je opozoriti, da omenjeni standardi opredeljujejo katodno zaščito kovinskih konstrukcij katerih sila prožnosti ne presega 500 N/mm².

Prav tako je potrebno upoštevati učinke prepolarizacije.

Povečanje potenciala od določene vrednosti v negativno smer imenujemo prepolarizacijo. V tem primeru pride do penetracije vodika v jekleno strukturo in posledično do škodljivih vplivov, kot je lahko propadanje in pokanje. Z višanjem negativnega potenciala se večja tudi verjetnost poškodb. Pri tem je potrebno upoštevati tudi trdoto in mikrostrukturo materiala.

Do tega pojava lahko pride na jeklenih strukturah, ki se uporabljajo za obalne in priobalne objekte. Mejni negativni potencial znaša $-1,10$ V merjeno z Ag/AgCl referenčno elektrodo.

4.30 KONSTRUKCIJSKI UKREPI NA OBJEKTU

Pri projektiranju je potrebno upoštevati zahteve, ki morajo biti izpolnjene, da bo sistem katodne zaščite učinkovit in seveda izvedljiv:

- Izvedba galvanske povezave vseh pilotov z varjeno katodno mrežo armaturnega železa
- Izvedba galvanske povezave posameznih faz (pomola, platforme)
- Izvedba izvodov za katodne priključke
- Izvedba ustrezne kabelske kanalizacije za razvod kablov KZ
- Izvedba kabelskih jaškov kabelskega razvoda
- Prostor za namestitve usmernikov

4.31 KATODNA MREŽA

Katodna mreža je predvidena v armaturnih načrtih gradbenega dela projekta. Shematski prikaz je razviden iz gradbenega načrta. Katodni priključki so razvidi iz načrta L-3.

4.32 KABELSKA KANALIZACIJA

Potek kablov katodne zaščite je predviden pod priobalno konstrukcijo kjer se izvede pritrdjevanje vodnikov na INOX barvane nosilce. Preko prehoda v jašek se kabelska kanalizacija navezuje do PMO omare. Shematski prikaz predvidenih tras je razviden iz situacijskih načrtov.

5.00 IZRAČUNI

5.10 IZRAČUN ZAŠČITNEGA TOKA

V primeru, ko za obravnavano področje ni na voljo ustreznih izkušenj se upošteva sledeče:

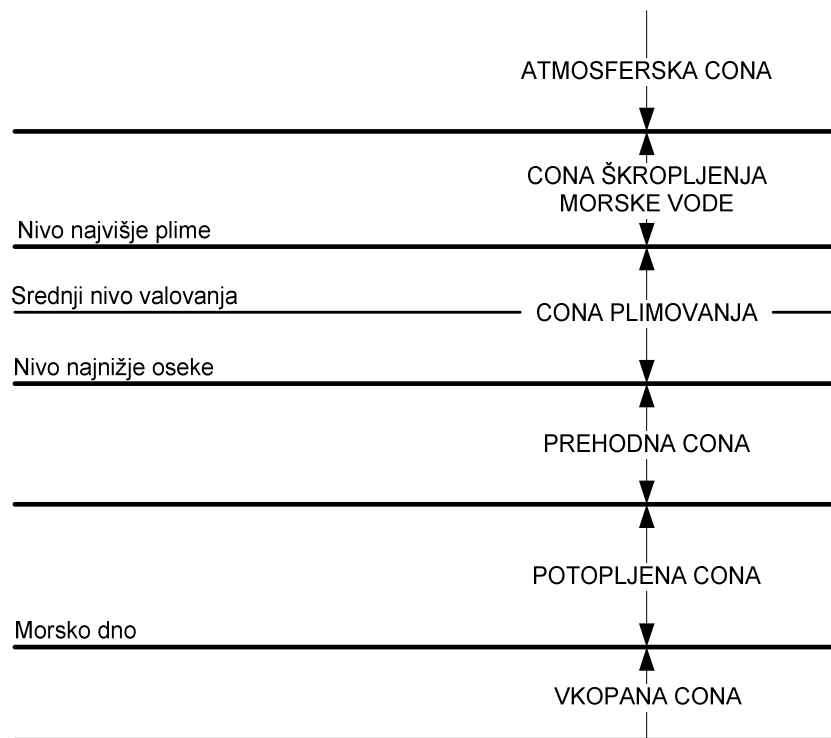
TOKOVNA GOSTOTA ZA MORSKO PODROČJE

Tokovna gostota (mA/m ²)			
Geografsko področje	Začetna vrednost	Obratovalna vrednost	Repolarizacijska vrednost
Severno morje Nad 62° N	220	100	130
Severno morje 55° N – 62° N	180	90	120
Severno morje ob 55° N	150	90	100
Arabski zaliv, Avstralija	130	70	90
Mediteransko morje, Jadran	110	60	80

TOKOVNA GOSTOTA ZA OBMORSKE USEDLINE

Tokovna gostota (mA/m ²)		
Začetna vrednost	Obratovalna vrednost	Repolarizacijska vrednost
25	20	20

OBMOČJA RAZLIČNE TOKOVNE GOSTOTE



Slika: Shema nivojev ter con v morskem okolju

Izračun potrebnega zaščitnega toka se izračuna po sledeči formuli:

POMOL

I_{tc}	zaščitni tok (A)
S	Ščitena površina (466 m ²)
d	gostota zaščitnega toka v zemlji (20 mA/m ²)

$$I_{tc} = S \times d$$

$$I_{tc} = 466 \times 0,020$$

$$I_{tc} = 9,32 \text{ A}$$

5.20 IZRAČUN ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Za izračun presekov električnih vodnikov so upoštevane dolžne in tokovne obremenitve posamične veje anodnih in katodnih tokokrogov.

Material	Cu (bakreni vodniki)
Napetost	12V DC (istosmerna napetost)
Končna Napetost	6-8V DC

POMOL

Katodni vodniki PMO1

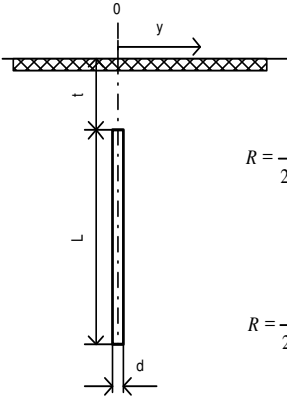
Vodnik	Dolžina (m)	Presek (mm ²)	Obremenitev (A)	Padec napetosti (V)
K1	62	35	20	1,256

Anodni vodniki PMO1

Vodnik	Dolžina (m)	Presek (mm ²)	Obremenitev (A)	Padec napetosti (V)
A1-3	86	25	8	0,975

5.40 IZRAČUN ANODE ZA VSILJEN TOK

Prehodna upornost posamezne anode:



$$R = \frac{\rho}{2 \pi L} \ln \left[\frac{2 L}{d} \sqrt{\frac{4t + 3L}{4t + L}} \right] \quad t \gg d \quad d \ll L \quad (4)$$

$$U_y = \frac{\rho I}{2 \pi L} \ln \left[\frac{t + L + \sqrt{y^2 + (t+L)^2}}{t + \sqrt{y^2 + t^2}} \right]$$

$$U_A = \frac{\rho I}{2 \pi L} \ln \left[\frac{2 L}{d} \sqrt{\frac{4t + 3L}{4t + L}} \right] \quad (5)$$

$$R = \frac{\rho}{2 \pi L} \ln \left[\frac{2 L}{d} \right] \quad t \gg l \quad (6)$$

$$U_A = \frac{\rho I}{4 \pi L} \left[\ln \left[\frac{L + \sqrt{\frac{2}{d+L} \frac{2}{d+L}}}{-L + \sqrt{\frac{2}{d+L} \frac{2}{d+L}}} \right] + \ln \left[\frac{4t + 3L + \sqrt{\frac{2}{d+L} \frac{2}{d+L}}}{4t + L + \sqrt{\frac{2}{d+L} \frac{2}{d+L}}} \right] \right]$$

t	Globina potopitve					3	m
L	Dolžina anode					2	m
d	Premer anode					0,02	m
ρ	Specifična upornost elektrolita					3	Ω m
I	Anodni tok					6	A
y	horizontalna oddaljenost od osi anode					3	m
R	Ponikalna upornost anode					1,3	Ω
Ua	Anodna napetost na cevi merjena proti oddaljeni zemlji					7,78	V
Uy	Napetost na površini v točki y					0,58	V

Specifična upornost elektrolita omogoča maksimalno oddajo toka anode. Segmenti anode se izberejo na podlagi tokovne potrebe posameznega dela priobalne konstrukcije po tabeli iz načrta L-6.

6.00 ELEMENTI KATODNE ZAŠČITE

6.10 NAPRAVA KATODNE ZAŠČITE

MODULARNI USMERNIK KATODNE ZAŠČITE US 100 MK

Namen in uporaba

Naprava katodne zaščite US 100 MK je namenjena za zaščito kompleksnih struktur z zaščitnimi tokovi do 100 A. Uporablja se v korozijsko katodno zaščitnih sistemih obsežnih golih kovinskih površin, kot so temeljni kovinski piloti pomolov, mostov, kontejnerskih obal, priveznih ploščadi, nadzemnih rezervoarjev in podobnih objektov, ki se nahajajo v korozijsko agresivnem mediju. Usmerniška naprava je izdelana za notranjo, kakor tudi zunanjo montažo. Vgradi se v prostostoječo kovinsko omaro ustreznih dimenzij z izmenjevalcem temperature kateri zagotavlja hlajenje v zračnem tokokrogu z IP54 zaščito. Usmerniška naprava ima enofazno napajanje ter pulzno širinsko preklopno usmerjanje z zvezno napetostno regulacijo. Regulacija je možna na grafičnem vmesniku krmilnika, kjer so prikazane tudi izhodne električne veličine. Zaščita je izvedena z aktivno digitalno tokovno, napetostno in temperaturno zaščito samega usmerniškega bloka. Hlajenje naprave je izvedeno z filtri in ventilatorji na boku omare ter posamezno ventilacijo usmerniških modulov. Vgradnja mora upoštevati zahteve prezračevanja.

IZVEDBA

Mehanska zasnova

US 100 MK je samostojna usmerniška enota – modul, vgrajena v kovinsko omarico. Kot sestavni del se šteje tudi vhodno izhodna zaščitna enota – priključno zaščitni modul, ki je lahko nameščena prosto pod usmerniško napravo ali vgrajena v kovinsko omarico. V njej je priključno polje s prenapetostno in pretokovno zaščito. Zaščitna omarica, kakor tudi ustrezna oprema, se dobavlja po naročilu. Usmernik je možno vgraditi v prostostoječo omaro za zunanjo montažo ali na steno v prostoru objekta.

Električna zasnova

Stikalni usmernik z modularno močnostno tehniko 1500W – 4500W, CE certifikat, izkoristek min. 86,5%, univerzalno napajanje in maksimalno valovitostjo 150 mVp-p. Prikazovalnik parametrov U, I, E_{on}, E_{off}, T ; galvansko ločeni vhodi in izhodi z priklopi za telemetrijo in krmiljenje hlajenja. Krmiljenje z omejitvijo toka, napetosti in regulacijo izhodne moči glede na polariziran potencial (optimizirana energetska poraba). Naprava mora biti izdelana za zagotovitev delovanja po SIST EN12473:2000, 13174:2003

Vzdrževanje

Naprava ne zahteva posebnega preventivnega vzdrževanja. Za povečanje varnosti delovanja je priporočeno upoštevanje naslednjih ukrepov:

Splošna kontrola

- Mesečni vizualni rutinski pregled vseh elementov katodne zaščite:
- Pregled instalacije
- Pregled pravilnega položaja varovalk (vkjučeno/1)
- Pregled funkcionalnosti prenapetostne zaščite (rdeč čep zunaj-nefunkcionalna zaščita, potrebna zamenjava modula)
- Pregled usmerniške naprave z vpisom vrednosti U_{izh}, I_p, E_r
- Pregled merilnih mest
- Odstranitev nečistoče z elementov naprave

V primeru večjih odstopanj od predhodnih podatkov je potrebno nepravilnost odstraniti, v kolikor pa to ni mogoče poklicati pooblaščenega vzdrževalca ali izvajalca zaščitnega sistema.

Dodatne informacije

Dokumentacija v enem izvodu je priložena napravi.

Garancija je skladno s tržnimi predpisi

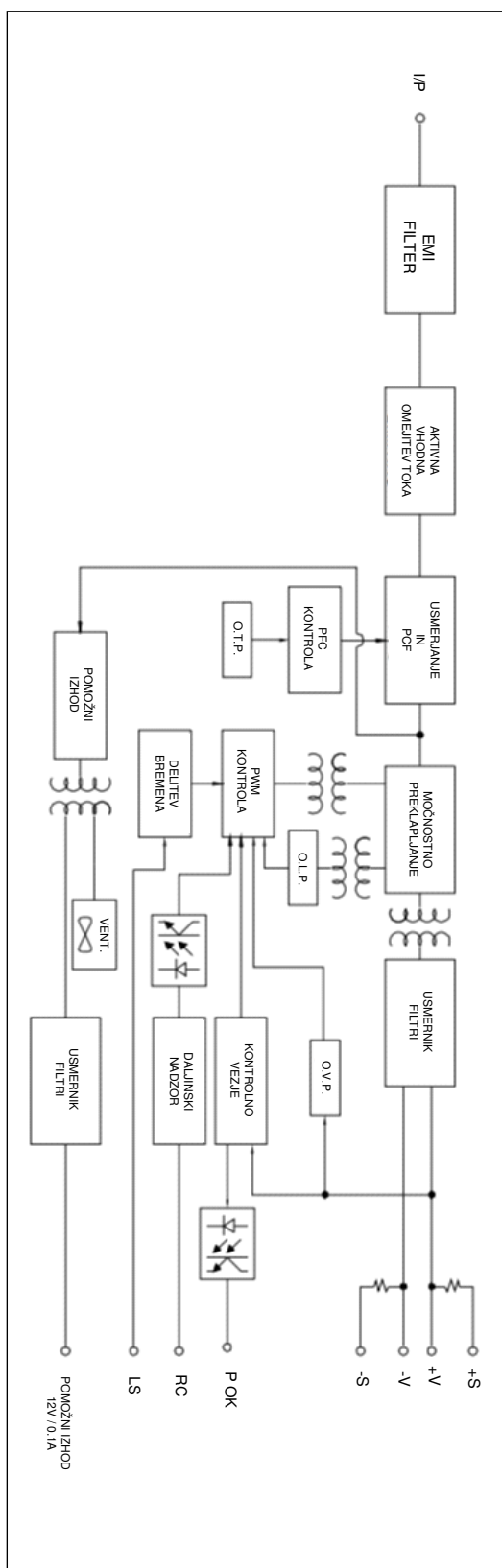
Garancija preneha v kolikor naročnik izvede na napravi spremembe ali popravila brez posveta s proizvajalcem.

Prav tako garancija preneha v primeru poškodb, ki so posledica neustrezne montaže ali vzdrževanja.

Proizvajalec si pridružuje pravice za tehnične spremembe naprave

Naprava mora biti vgrajena skladno z mednarodnimi in nacionalnimi predpisi

BLOK SHEMA USMERNIŠKEGA MODULA



TEHNIČNI PODATKI

Dimenzije	560 x 450 x 220mm
Masa	10 kg
Montaža	vgradnja v prostostoječo omaro
Omarica	Kovinska omarica dim 600 x 1000 x 300 mm
Primarna napetost	230 V, $\pm 10\%$, 50Hz
Izhodna moč	1,5 kW do 4,5 kW
Izhodna enosmerna napetost	2,5 - 13.2 V
Izhodni enosmerni tok	Do 300 A
Stabilnost	$\pm 1\%$
Regulacija naprave	Napetostna
Indikacija izh. parametrov	Digitalna
Izolacijska upornost izhodnega modula	I/P-OP, I/P-FG, O/P-FG: 100M Ω / 500VDC / 25°C / 70 RH
Napetostna odpornost izhodnega modula	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0,5KVAC
Sistem električne instalacije	TN-S
Maksimalna del. Temperatura	$\leq 70^\circ \text{C}$
Hlajenje	Ventilator z filtrom IP54; 170m ³ /h
Varovanje na strani mreže	Taljiva varovalka - izklopni čas $\leq 0,1\text{s}$
Varovanje izhoda- preobremenitev	Konstantna omejitev toka (samodejno okrevanje ¹)
Varovanje izhoda- napetost	Samodejni izklop (ponovni vklop za okrevanje)
Varovanje izhoda- temperatura	Samodejni izklop (samodejno okrevanje ¹)
Zaščita	IP 54
Vklop	Ročni
Varnostni standard izhodnih modulov	UL60950-1, TUV EN60950-1
EMC onesnaževanje	EN55022 (CISPR22), EN61000-3-2,-3
EMC imuniteta usmerniškega modula	EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, EN55024, lahki industrijski, kriterij A

Usmerniška naprava je vgrajena v polje katodne zaščite v elektro omari SSKT. Električno napajanje usmerniške naprave se izvede iz stikalnega bloka stolpa SSKT.

6.20 PRIKLJUČNO MERILNE OMARE

Omara PMO 01 služi za zaključitev anodnih, katodnih in merilnih kablov ter montažo regulacijskih uporov. Oprema je vgrajena v INOX omaro na betonskem podstavku. Locirana je poleg usmerniške naprave, tako da je možna najkrajša katodna in anodna povezava. Shematski prikaz omare je razviden iz načrta L-4.

6.30 ANODNI SISTEM

SPLOŠNO

V uporabi so različni tipi anod kar je prikazano na spodnji preglednici.

ELEKTROKEMIČNE KARAKTERISTIKE ANOD

Vrsta anode	Stopnja porabe (g/Aleto)	Maksimalna tokovna gostota (A/m ²)	Maksimalna napetost (V)
Pt Ti	0,004 - 0,0012 ^{a)}	500 - 3000	8 ^{b)}
Pt Nb	0,004 - 0,0012 ^{a)}	500 - 3000	50
PtTa	0,004 - 0,0012 ^{a)}	500 - 3000	100
Mixed Metal Oxid	0,0006 – 0,006	400 - 1000	8 ^{b)}
Pb Ag ^{c)}	25 - 100	250 - 300	24
Cr Si Fe	250 - 500	10 - 30	50

a) na življensko dobo plasti Pt vpliva specifična upornost elektrolita. Z nižanjem upornosti narašča tok anode. Prav tako so anode občutljive na frekvenco in valovitost DC usmernika. Valovanje frekvence pod 100 Hz se je potrebno izogibati.

b) Plast Ti se poškoduje v kolikor napetost na anodi prekorači 8 V, merjeno proti Ag/AgCl. Višje napetosti se lahko uporabi pri polno platiniziranih anodah ali v manj slanih okoljih.

c) PbO₂ plast se lahko ojača z dodatki Pt

V našem primeru se uporabijo Mix Metal Oxid anoda namenjene za vgradnjo v morje ali zemljišče kontaminirano s kloridi. Osnova za izbiro je dolga življenjska doba, enostavno vgrajevanje in visoka tokovna obremenitev. Anodo je možno izvesti z več enojnimi sestavnimi elementi, glede na tokovne zahteve. Poleg tega je potrebno pri določevanju tipa upoštevati tudi vrsto okolja v katerega se anodo vgrajuje.

Niz cevni dimenzionalno stabilni anod MMO se prilagodi na dolžini kabla PVDF/HMWPE 25 mm² z dvojnimi priključkom. Dolžine so razdeljene na vstopni priključek, medsebojna razdalja anod in povratnem priključku. Tokovna kapaciteta je definirana s tokovno zahtevo objekta in se prilagodi na dimenzijo anode v morski vodi, življenska doba 20 let s certifikatom proizvajalca. vključno s predvleko in zaščito za montažo

6.40 KATODNI PRIKLJUČKI

Katodni priključek se izvede na izvod armaturnega železa minimalnega premera Φ 20 mm. Armaturna palica se očisti do korozijske nepoškodovanosti v dolžini 50 cm. Priključek napajalnega se izvede s Cadweld varjenjem tipa RRA531V na dveh mestih, medtem, ko se merilni kabel stalnega merilnega mesta privari po istem postopku le enkrat. Spoj se zaščiti s spojko z zalivno dvokomponentno maso odporno na kloride.

6.50 KABELSKI RAZVOD

Vsi elementi katodne zaščite so povezani s kablji tip HMWPE, različnega preseka odvisno od obremenitve in dolžine. Položeni so v jarek, zaščiteni s peskom ter opozorilnim trakom ali uvlečeni v cevi ali položeni po kabelskih policah. Kabelske obese za kabelske trase pod priobalno konstrukcijo so INOX 316L, barvane epoksi cink. Vsi kablji morajo imeti ustrezne ateste ter električno preizkušeni pred in po montaži.

Vsi elementi katodne zaščite so povezani s kablji tip HMWPE le anodni tokokrog je zaradi kemijskih procesov izveden s kablom PVDF/HMWPE. Kablji so različnega preseka odvisno od obremenitve in dolžine. Pri polaganju je posebno potrebno paziti, da ne pride do poškodb izolacije. Položeni morajo biti v neprevodne cevi in vkopani na globino 0,8 m ter označeni z opozorilnim trakom in PVC ščitnikom. V kolikor so kabelske cevi položene v nevarnih področjih morajo biti na obeh koncih zatesnjene zaradi vstopa nevarnih tekočin ali plinov.

Kabelskih priključkov v zemlji se je potrebno izogibat.

Kablji morajo biti dovolj dolgi da je možna manipulacija z njimi.

Vsi kabli morajo zaključiti v nadzemnih priključnih omaricah, ki so izven ogroženega področja. V kolikor to ni mogoče morajo ustrezati predpisom in morajo biti narejene iz negorljivega materiala.

Vsi zaključki kablov na priključnih sponkah so označeni, da je omogočena lažja priključitev naprav ter izvajanje meritev. Kabelske povezave in oznake so razvidne iz shematskih načrtov.

6.60 REFERENČNE ELEKTRODE

Sistem korozijske katodne zaščite se kontrolira z ugotavljanjem električnega potenciala na merilnih mestih oz. merilnih točkah. Za precizno merjenje oz. indikacijo potenciala so predvidene Ag-AgCl ali Zn-ZnSO₄ stacionarne referenčne elektrode proizvajalca BORIN oznake "STELTH 2. Elektroda se vgradi v isti material v katerem se nahaja ščiteni objekt (pilot). Priključni kabli so uvedeni v usmerniško omarico, kjer je omogočena meritev in priključitev na krmilno enoto. Referenčne elektrode so definirane v EN 12473:1999

Referenčne elektrode je potrebno kalibrirati, direktno ali posredno skladno z predpisanimi intervali. Kalibriranje se izvede proti nasičeni Kalomelni referenčni elektrodi.

Za stalne elektrode, ki jih ni moč odinstalirati se kalibracija izvede s prenosno elektrodo, ki se jo postavi v neposredno bližino elektrode, ki se jo kalibrira.

6.70 STALNA MERILNA MESTA

Sistem korozijske katodne zaščite se kontrolira z ugotavljanjem električnega potenciala na merilnih mestih oz. merilnih točkah. V ta namen se vgradijo na kontrolnih točkah Ag-AgCl stacionarne referenčne elektrode oznake "STELTH 2 in ZnZnSO₄ stacionarne referenčne elektrode oznake "STELTH 2. Dimenzije in karakteristike elektrode so razvidne iz podatkovnega lista L - 7. Merilni kabli so vpeljani v najbližjo merilno omaro, kjer je možno ugotavljati učinkovitost zaščitnega sistema.

Referenčne elektrode so definirane v EN 12473:1999

Referenčne elektrode je potrebno kalibrirati, direktno ali posredno skladno z predpisanimi intervali. Kalibriranje se izvede proti nasičeni Kalomelni referenčni elektrodi.

Za stalne elektrode, ki jih ni moč odinstalirati se kalibracija izvede s prenosno elektrodo, ki se jo postavi v neposredno bližino elektrode, ki se jo kalibrira.

7.00 NASTANEK PLINOV

Vodik (H)

Na površini ščitene strukture se pri potencialu negativnejšem od -0,8 V merjeno proti Ag/AgCl v morski vodi sprošča vodik. Če se ta zadržuje v neprezračenih prostorih lahko pride do eksplozije.

Za preprečitev možnosti eksplozije naj se upošteva sledeče:

- sistem naj se načrtuje tako da je omogočeno prezračevanje
- potencial naj bo v mejah, ki ne povzročajo prevelike količine vodika
- magnezijeve anode se ne smejo vgrajevati tam kjer je možnost zadrževanja vodika

Klor (Cl)

V morski vodi anodna reakcija povzroča nastanek klora. Plin je zelo strupen in agresiven. Izvedba mora upoštevati vse rešitve, da se plin ne kopiči in zadržuje na objektu.

Odpri globinski anodni sistem mora biti izveden tako, da je omogočen odvod plinov. V ta namen so pokrovi jaškov izvedeni kot rešetke.

8.00 INTERFERENCA

Sistem korozijske katodne zaščite ne sme vplivati na druge naprave.

Možne motnje na ščitenu objektu so odvisne od obsega strukture, možnih tokovnih izvorov ali bližnjih drugih katodno zaščitnih sistemov. Škodljivi vplivi in motnje enosmernih sistemov so obrazložene v EN 50162

Jakost motnje na tuje strukture, zaradi katodno ščitene sistemov je v glavnem odvisna od velikosti zaščitnega toka in razdalje med anodo in tujo instalacijo.

Za zmanjšanje tveganja motnje na tujo instalacijo naj se upošteva naslednje:

- a) izhodna napetost usmernika in anodni tok naj bo čim manjši
- b) razdalja med anodo in ščitnim objektom naj bo čim večja

Navedeni ukrepi obravnavajo le anodni del zaščitnega sistema. Prav tako lahko pride do škodljivega vpliva na tujo instalacijo v kolikor se ta nahaja blizu področij gole ščitene površine (poškodbe izolacije), kjer se lahko pojavi škodljiva napetost.

Za preprečitev nastanka škodljivega vpliva na tuje instalacije v bližine gole katodno ščitene površine se uporabi ukrepe po EN 50162

Za preprečitev škodljivega vpliva je potrebno vse tuje vkopane kovinske instalacije odmakniti od vplivnega področja anod. Posebna pozornost je potrebna pri izvedbi ozemljitvenega sistema.

9.00 OZNAKE

Za potrebe evidence ter varnostnih vzrokov je potrebno ustrezne elemente katodne zaščite označiti.

Odvisno od vrste strukture in mesta instalacije morajo oznake:

- a) vsebovati opozorilne simbole (nevarnost napetost)
- b) vsebovati oznake ogroženega področja
- c) opis ukrepov v primeru napake
- d) ime lastnika instalacije
- e) opozorilo o nepretrganem delovanju, razen kadar gre za popravila ali vzdrževalna dela
- f) električne sheme

Vsi kabli v merilnih mestih morajo biti jasno razpoznavni.

10.00 VARNOSTNI UKREPI ZA SISTEME Z VSILJENIM TOKOM

V zvezi s tem je potrebno upoštevati vse predpise, ki regulirajo varnost ljudi in naprav.

Poleg tega je potrebno biti seznanjen tudi s sledečimi splošnimi informacijami:

- Kljub temu, da se uporabi stopenjski transformator z dvojno izolacijo mora biti naprava opremljena z zaščitnimi elementi za primer napake na AC ali DC izhodu
- Upoštevana mora ustrezna maksimalna napetost in maksimalna tokovna gostota
- Na osnovi maksimalnega toka med anodo in strukturo je možno izračunati stopnjo nevarnosti za potapljače
- IEC/TR2 60479-1, IEC/TR2 60479-2, IEC/TR2 60479-3 obravnavajo dovoljene tokove skozi telo
- Z upoštevanjem najvišjega dovoljenega toka skozi telo 40 mA, je maksimalna varna DC napetost 30V.
- Te vrednosti so sprejemljive za potapljače, ki se približajo anodam za vsiljeni tok in so oblečeni v neoprenska oblačila.
- Varnostna razdalje med potapljačem in anodo pri padcu napetosti 30 V je odvisna od razmerja med anodnim tokom in dovoljenem telesnem toku.
- Sistem katodne zaščite naj se izključi v kolikor dela opravljajo potapljači, ki niso izkušeni in seznanjeni s tehniko zaščite.
- Potapljači, ki izvajajo pregled katodne zaščite naj vzdržujejo varno razdaljo od anod za vsiljeni tok.
- Detajlni pregled anod naj se izvaja pri izključeni katodni tzaščiti.

11.00 PREVERJANJE IZVEDBE

Vse vkopane dele vključno s priključki je potrebno pred zasipavanjem preveriti.

Vsa odstopanja v izvedbi je potrebno opravičiti in odobriti ter jih kasneje vnesti v izvedbeno dokumentacijo.

Kontrola naj obsega:

- a) instalacija usmerniške naprave
- b) instalacija anodnega ležišča
- c) polaganje kablov, kabelski priključki, kabelske oznake, kabelska kanalizacija
- d) instalacija stalnih merilnih mest

12.00 IZVRŠILNA DOKUMENTACIJA

Potrebno je narediti električno shemo na kateri je razviden sistem katodne zaščite, ščitena struktura z vsemi glavnimi deli, lokacijo in tip anodnih ležišč, napajalne naprave, kontrolne postaje in izolirni bloki, vključno z bližnjimi tujimi instalacijami.

13.00 PREGLED IN VKLJUČITEV ZAŠČITNEGA SISTEMA

Predhodna kontrola

Preden se zaščitni sistem vključi v obratovanje je potrebno preveriti, če je izvedba skladna z načrtom.

Posebno pozornost je potrebno posvetiti kabelskim priključkom, varnostnim meritvam (zaščita proti dotiku, strelovodna zaščita, eksplozijska varnost).

Preveriti je potrebno DC priključke usmerniške naprave, če imajo pravilno polariteto.

Izvesti se morajo naslednje meritve in zapiske primerjati z zahtevam načrta.

- a) Meritev upornosti
 - ponikalno upornost anodnega ležišča
 - upornost med ščiteno strukturo in anodnim ležiščem
 - upornost med ščitenim objektom in tujimi strukturami
- b) Meritev potenciala
 - Prosti potencial E_n strukture na vseh merilnih točkah
 - Interferenca možnih stresanih tokov
 - Tuje bližnje strukture
 - Potencialna razlika med ščitenim objektom in tujo strukturo

Vključitev v obratovanje

Zaščitni sistem se vključi, nastavi izračunani zaščitni tok in preveri pravilnost delovanja. Po polarizacijski dobi 14 dni se izvedejo ustrezne meritve.

Upošteva se naslednji vrstni red postopkov:

- a) Vklopi se usmerniška naprava in preveri funkcijsko delovanje
- b) Izvede se nastavitev toka, kot je predvideno. V kolikor so odstopanja večja jih je potrebno raziskati in napake odpraviti.
- c) Nato se izvedejo naslednje meritve:
 - Izhodna napetost
 - Zaščitni tok
 - E_{on} na katodnem priključku
 - E_{on} na kritičnih lokacijah
 - Meritev potenciala na tujih strukturah
- d) Preveri se vpliv stresanih tokov na ščiteni objekt ter na tuje strukture
- e) Ugotovi se stopnjo interference na tuje strukture ob vključenih zaščiti

Potrditev učinkovitosti katodne zaščite

Po ustreznem času se izvede učinkovitost zaščitnega sistema.

Določitev merilnih točk

Na koncu pregleda se določi tudi ustrezne merilne točke za bodoče meritve.

Dokumenti pregledov

Po uspešnem pregledu sistema katodne zaščite se pripravi:

- a) izvedbeni načrti instalacije, geografski posnetek vključno s tujimi strukturami na katere sistem vpliva
- b) načrti sistema, izvedbeni načrti, z vsemi detajli
- c) rezultate testov interference na bližnjih strukturah
- d) detajle delovanja naprav, nastavitve in rezultati merenj pred in po pregledu
- e) skupek vseh dokumentov o opremi in materialih

Končni podatki so osnova za sistem, za kasnejšo kontrolo in morajo biti shranjeni na objektu oz. pri lastniku.

14.00 KONTROLA

Kontrola in vzdrževanje sistema katodne zaščite zagotavlja objektu dolgo življenjsko dobo. V ta namen je potrebno izvajati meritve potenciala ščitene strukture v skladu z navodili za vzdrževanje.

Pregled sistema se vrši skladno z navodili, ki jih potrdi lastnik objekta.

Postopek mora temeljiti na izkušnjah in novih tehnologijah.

Instrumenti morajo biti brezhibni, redno justirati in kontrolirati.

Nadzor delovanja

Nadzor delovanja zaščitnega sistema se običajno deli na dva področja, funkcijska kontrola naprav ter meritve na objektu.

Meritve in vse ostale ugotovitve morajo biti zabeležene in arhivirane.

Pridobljene rezultate je potrebno analizirati s strokovnjaki za katodno zaščito, ki imajo ustrezno teoretično strokovno znanje.

V kolikor se pojavijo nepravilnosti jih je potrebno raziskati najti vzroke ter odpraviti.

Nadzor delovanja vključuje:

- stalno vgrajene referenčne elektrode.
Referenčne elektrode morajo biti vgrajene na vseh globinah vkopa strukture tako, da so zavarovane in v bližini merjene strukture. Referenčne elektrode morajo biti električno izolirane od strukture in priključene na sistem prenosa podatkov.
- Kabelska kanalizacija in kabli
Vsa priključna oprema mora biti izvedena nad morsko gladino. Vodi za kable morajo biti dimenzionirani ustrezno, dovoljno število in dimenzije. Pritrjevanje kablov mora biti izvedeno z nerjavečih pritrdilnih elementov ter ustrezati obremenitvi.
- Priključne omarice
Število omaric mora biti ustrezno. Pritrditev ter uvod kablov mora ustrezati okolju v katerem se nahajajo. Izvedena mora biti kabelska povezava med nadzorovanimi anodami, referenčnimi elektrodami in sistemom za prenos podatkov.
- Daljinski nadzorni sistem omogoča prenos podatkov brez kabelske povezave. Izbira števila in vrste podatkov, ki se bodo prenašali je odvisno od velikosti objekta ter od vrste nadzornega sistema

Funkcijska kontrola naprav

Redna kontrola obsega vizualni pregled usmerniške naprave, odčitavanje indikatorjev, dostopnost merilnih mest, priključkov.

Strukturne meritve

Učinkovitost katodne zaščite se doseže z primerjavo merilnih rezultatov z referenčnimi.

Potrebne so sledeče meritve:

- a) izhodna napetost na usmerniški napravi
- b) izhodni zaščitni tok
- c) on potencial na merilnih mestih
- d) on potencial in pretok toka od ali na tujo instalacijo
- e) možne AC ali DC interference

Pogostost pregledov

Naprava	Pogostost in oblika pregleda
Naprava zaščite za vsiljen tok	Vsak mesec
Priključki na tuje strukture	Letno
Zaščitne in varnostne naprave	Letno
Stalna merilna mesta	Letno

V kolikor pogoji delovanja zahtevajo večjo pozornost (področje nevarnosti, možnost prenapetosti, stresani tokovi) se lahko pogostost pregleda poveča.

V kolikor je zaščitni sistem kontroliran z daljinskim nadzorom, ki omogoča spremljanje spremembe zaščitnega toka ali napak na napravah zgornja tabela ni umestna.

Pogostost strukturnih meritev

Učinkovitost katodne zaščite se mora preverjati v primeru sprememb na ščiteni strukturi ali okolju v katerem se nahaja.

Čas med dvema ugotavljanjem učinkovitosti zaščite je eno leto, vendar se lahko skrajša ali podaljša, odvisno od tipa, lokacije in posledic izlitja.

Za določitev pogostosti se uporabi tabele vendar čas med kontrolo ne sme prekoračiti 3 leta.

Interval kontrole se lahko zmanjša, če tako narekujejo nacionalni predpisi

Izbira faktorjev pomembnosti

Pogoji	Stopnja pomembnosti		
	nizka	srednja	visoka
Kompleksnost katodne zaščite	0	3	6
Nepopolnost izolacije	0	2	4
Vpliv okolja - interferenca	0	2	4
Možnost poškodb strele ali mehanske vplivov	0	1	2
Tveganja za osebe, onesnaževanje okolja, uničevanje zaradi izlitja	0	3	6

Skupna stopnja	Pogostost pregleda
9 - 22	1 leto
5 - 8	2 leti
0 - 4	3 leta

Poročilo o pregledu

Rezultate pregleda je potrebno zabeležiti in oceniti. Poročila je potrebno hraniti in služijo za primerjalne analize pri reševanju neskladij z normalnim delovanjem zaščite.

Vsi ti dokumenti se morajo hraniti toliko časa kot je življenjska doba ščitenega objekta.

15.00 POPIS DEL IN OPREME

Z.št	Opis postavk	EM	količ
1.	Dobava in montaža naprave za katodno zaščito, priključitev, nastavitve naprave in umerjanje. Parametri naprave: Stikalni usmernik z modularno močnostno tehniko 1500W – 4500W, CE certifikat, izkoristek min. 86,5%, univerzalno napajanje in maksimalno valovitostjo 150mVp-p. Prikazovalnik parametrov U,I,Eon,Eoff ,T; galvansko ločeni vhodi in izhodi z priklopi za telemetrijo in krmiljenje hlajenja. Krmiljenje z omejitvijo toka, napetosti in regulacijo izhodne moči glede na polariziran potencial.(optimizirana energetska poraba). Naprava mora biti izdelana za zagotovitev delovanja po SIST EN12473:2000, 13174:2003	kos	1
2.	Dobava in montaža prostostoječe omare INOX barvano RAL 7035 dimenzije (ŠxVxG) 600x1000x250 vključno s priključno merilnim mestom z zbiralkami anodnih in katodnih tokokrogov, predvidenim prostorom za montažo telemetrije in opremo za priključitev aktivnih in pasivnih merilnih zank. Vključno z opremo za prikllop NN napajanja. Z betonskim temeljem.	kos	1
3.	Prikllop elektro napajanja za napravo katodne zaščite v stikalni blok	kpl	1
4.	Vodnik HMWPE 1x35mm ²	m	62
5.	Vodnik HMWPE 1x25mm ²	m	259
6.	Vodnik HMWPE 1x4mm ²	m	62
7.	Vodnik RHH # 14 AWG	m	85
8.	Montaža vodnikov pod pomolom z INOX pritrdilnim materialom	m	42
9.	Dobava in vgradnja ref. elektrode AgAgCl vključno s montažnim priborom in priključitev elektrode na merilni kabel z izdelavo kableske spojke.	kpl	1
10.	Anoda LIDA MMO Tubular Anoda M.T 2,5/100 String 2x anode MMO na dolžini kabla PVDF/HMWPE #7, razdalja med anodam 0,5 m, montažni material in anodni priključek	kpl	3
11.	Prikllop katodne mreže na posameznem katodnem priključku , vključno z meritvami in izvedbo katodnega priključka v PMO	kos	2
12.	Dobava, montaža DNKZ periferne enote za daljinski nadzor delovanja naprav katodne zaščite, komplet (periferna enota, baterija, DCF antena) z napajalnikom; vgrajeno v omari PMO	kpl	1
13.	Meritve, funkcijski preizkus in merilno poročilo	kpl	1

4/2.4	RISBE
--------------	--------------

Situacijski načrt elementov katodne zaščite	L – 1
Shematski načrt zaščitnega sistema	L – 2
Katodni priključek	L – 3
Priključna merilna omara	L – 4
Naprava katodne zaščite	L – 5
Mix Metal Oxid anoda	L – 6
Referenčna elektroda	L – 7