

KORRÓZIÓVÉDELMI MÉRÉSEK, KORRÓZIÓVÉDELEM LÉTESÍTÉSE, MŰSZAKI KÖVETELMÉNYEK

1. AZ AKTÍV KORRÓZIÓ VÉDELEM LÉTESÍTÉSÉNEK FELTÉTELEI

1.1. Általános követelmények, fogalom meghatározások

1.1.1. Passzív korrózióvédelem általános követelményei

1.1.2. Az aktív korrózióvédelem általános követelményei

1.1.3. Fogalom meghatározások

1.2. Az aktív korrózióvédelem kialakítása

1.2.1. Nyomvonalai katódos korrózióvédelem

1.2.2. Műtárgy keresztezések

1.2.3. Vízfolyás keresztezések

1.2.4. Állomási katódos korrózióvédelem

2. VILLAMOS MENNYISÉGEK MÉRÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

2.1. Általános feltételek

2.2. Az aktív védelem kritériumai

2.2.1. Nyomvonalai létesítmények

2.2.2. Védőáram igény

2.3. Kikapcsolt katódvédelem melletti kritériumok

2.4. Nem kikapcsolt aktív védelem melletti kritériumok

2.4.1. Kóboráram veszélyeztetés

2.4.2. Mérés vizsgálat

3. BERENDEZÉSEK, ESZKÖZÖK ÉS MÉRÉSI TECHNOLÓGIÁK MŰSZAKI KÖVETELMÉNYEI

3.1. A berendezések alapkövetelményei

3.2. Berendezések és eszközök általános előírásai

3.2.1. Katódállomások

3.2.2. Mérőhelyek

3.2.3. Anódok

3.2.4. Galvánanódok

3.2.5. Mérőelektródok

3.2.6. Csatlakozások

3.2.7. Védőcsövek

3.2.8. Mérőberendezések

1. AZ AKTÍV KORRÓZIÓ VÉDELEM LÉTESÍTÉSÉNEK FELTÉTELEI

1.1. Általános követelmények, fogalom meghatározások

A fémből készült gázelosztó vezetékét és a polietiléncsőből épített gázelosztó vezeték korrózióinak nem ellenálló fémből készült részeit el kell látni korrózió elleni védelemmel.

A csővezeték korrózió elleni védelme az alábbi lehet:

- passzív védelem (szigetelés),
- a passzív védelemmel egyidejűleg alkalmazott falvastagság növelés (korróziós ráhagyás)
- a csővezeték passzív és aktív egyidejű védelme.

1.1.1. Passzív korrózióvédelem általános követelményei

Az acélcső szigetelőanyagok (passzív szigetelő bevonatrendszer) elégítse ki a következő feltételeket:

- a szerkezet átlagos felületi fajlagos ellenállása ne legyen kisebb 100 kOhm/m² értéknél,
- a szigetelt szerkezeteken ne forduljon elő szigetelési hibahely, szigetelési hiány.
A különböző szerkezetek és berendezések keresztezései és megközelítései az egyéb erre vonatkozó előírásokon túlmenően elégítsék ki a következőket:
- Fém védőcső, ne legyen fémes kapcsolatban a védett szerkezettel, a védőcső és a szerkezet közé ne kerülhessen elektrolit.
- Az 1000 V-nál nagyobb, közvetlenül földelt üzemi feszültségű kábel és szabadvezeték rendszerek földelői, talajjal érintkező fém tartószerkezetei csak egyedi érintésvédelmi számítás alapján közelíthetők meg 50 méternél kisebb távolságra és nem szabad ezen szerkezeteket a védett szerkezetekkel közvetlen galvanikus kapcsolatba hozni.

Acélcsövek, gyári előszigetelt acélcsövek, acél anyagú csővezeték passzív korrózióvédelmi bevonatának követelményeit a **3211_01_U_G M-02** tartalmazza.

1.1.2. Az aktív korrózióvédelem általános követelményei

Az új építésű, passzív szigeteléssel ellátott fém csővezetékek és szerkezetek esetében a passzív szigetelésen túlmenően aktív védelmet is kell alkalmazni.

A katódos védelem kialakításánál figyelembe kell venni a talaj tulajdonságait (vezetőképességét, agresszivitását stb.), kóboráram terhelését, potenciál eloszlását és a 100 m-nél közelebb levő más a talajba ágyazódó fémtárgyat, a szigetelés tulajdonságait.

A védendő felületnek és a védelemhez tartozó anódnak kiterjedt elektrolittal kell érintkeznie.

Azon helyeken, felületrészekben, ahol környezeti, alak és geometriai okok miatt nem hozható létre az elektrolitban megfelelő villamos térerő, az elektrokémiai védelem védőhatása nem alakulhat ki. Ezért tartózkodni kell bármilyen anyagú védőcső alkalmazásától!

A védelem kialakítása során gondoskodni kell a védelem hatékonyságának és a környezetre való hatásának üzemi ellenőrzési lehetőségéről.

A védelmi rendszer rendelkezzen olyan jellemzőkkel, hogy a környezeti, technológiai változások, beavatkozások esetén is a szükséges védelmi hatást kifejtse.

A csővezeték, kábelhálózatok és földalatti tartályok védelmére olyan egyenáramú áramforrás használható, amely képes szükséges mértékű védőáramot folyamatosan biztosítani.

A 20 A feletti berendezések alkalmazását kerülni kell, de egyedi esetben engedélyezhető.

Az aktív védelem csak meghatározott, mérésekkel ellenőrizhető paraméterekkel létesíthető.

A védelmi rendszer határolását, leválasztását szigetelő közdarabokkal adott védelmi térben csak abban az esetben szabad megvalósítani, ha:

- biztosított, hogy a szigetelő, elválasztó szerelvényeknek megfelelő a kialakításuk és beépítésük esetén megoldják a villamos leválasztást,
- valamennyi leválasztó szerelvény helye azonosítható és üzem közben szigetelő, leválasztó képessége szabványos mérésekkel ellenőrizhető,
- a villamos leválasztások nem hibásodhatnak meg olyan villamos hatásoktól, amelyek a környezeti villamos rendszer üzemzavarából, nem közvetlen villámcsapásból származnak,
- villamos leválasztásnak olyan kialakításúnak kell lennie, hogy a berendezés rendeltetésszerű használata, kezelése és karbantartása során sem tartósan, sem ideiglenesen fémes áthidalást ne lehessen létrehozni.

1.1.3. Fogalom meghatározások

IR mentes potenciál (korróziós potenciál): A védőáram vagy bármilyen más áram hatására kialakuló IR esés okozta feszültséghiba nélkül, a szerkezet és az elektrolit között mért potenciál.

IR esés: Az elektrolitban, mint például a talajban, Ohm törvénye ($U = I \times R$) szerint a referencia elektród és a szerkezet fémes része között, bármilyen elektromos áram hatására létrejövő feszültség.

Korróziós potenciál (IR mentes potenciál): A védőáram vagy bármilyen más áram hatására kialakuló IR esés okozta feszültséghiba nélkül, a szerkezet és az elektrolit között mért potenciál.

Elektródpotenciál (Kikapcsolási potenciál E_{off}): A szerkezet és az elektrolit közötti potenciálnak közvetlenül az alkalmazott katódos védelmi áram összes forrásának egyidejű megszakítása után mért értéke.

Szerkezetpotenciál (Bekapcsolási potenciál E_{on}): A szerkezet és az elektrolit közötti potenciálnak a katódos védelmi áram fenntartása mellett mért értéke.

Szabad korróziós potenciál: Az az IR mentes potenciál, amely a szerkezet külső áram befolyásolástól tartósan mentes (depolarizált) állapotában mérhető.

Referencia potenciál: Az a potenciál érték, amelyet pontosan ismert külső- és védelmi áram működése mellett mérnek meg annak érdekében, hogy valamilyen védelmi vagy befolyásolási hatás mértéke meghatározható legyen.

IR esés: Az elektrolitban mint például a talajban Ohm törvénye ($U = I \times R$) szerint a referencia elektród és a szerkezet fémes része között, bármilyen elektromos áram hatására létrejövő feszültség.

1.2. Az aktív korrózióvédelem kialakítása

1.2.1. Nyomvonalai katódos korrózióvédelem

A katódállomásokat objektumokon, kerítésen belül kell telepíteni. Ha a vezeték védelme így nem biztosítható, akkor nyomvonalra is telepíthető a katódállomás.

A nyomásszabályzó állomások földalatti szakaszain a nyomvonalai korrózióvédelemmel azonos értékű védelmet kell kialakítani. Ha ennek megvalósítása nem gazdaságos, akkor az üzemeltető engedélyével az állomási földalatti vezetékszakaszok részleges védelmét kell biztosítani.

A nyomásszabályzó állomások föld feletti szerkezetein passzív korrózióvédelmet kell alkalmazni.

A különböző tulajdonban lévő szállítórendszerek katódvédelmi szétválasztására szigetelő közdarabot kell betervezni.

A meglévő rendszer rekonstrukciója esetén is az előzőekben leírtak szerint kell eljárni.

1.2.2. Műtárgy keresztezések

A műtárgy keresztezésekben a védőcsövek alkalmazását kerülni kell. Amennyiben a keresztező szállító vezeték mechanikai védelméről is kell gondoskodni, úgy az olyan megoldásokat kell előnyben részesíteni, amelyek a gázvezeték rendszer aktív védelmének hatásosságát nem gyengítik.

Ha a védőcső alkalmazása hatósági előírás vagy egyéb ok miatt elkerülhetetlen, akkor a védő- és szállítócsövet egymástól el kell szigetelni.

Zárt beton alagútban belső galvánanódos védelem kialakításával kell biztosítani a szállítócső védelmét.

Talaj felé nyitott betonvédő alkalmazása esetén a katódos védelem biztosítható.

1.2.3. Vízfolyás keresztezések

A vízfolyásokat az acél gázvezeték keresztezheti:

- a./ a mederfenék alatti talajban fektetve, vagy fúrva
- b./ a mederfenék alatt védőcsőbe húzva
- c./ a mederfenék alatt behúzó lemezen elhelyezve

Az a./ esetben a katódos védelem megoldásai megegyeznek a Nyomvonalai katódos korrózióvédelem című pontban leírtakkal.

A b./ esetben a Műtárgy keresztezések című pontban leírtakat igen szigorúan be kell a kivitelezővel tartani.

A c./ esetben a szállítócső és a behúzó lemez között nem lehet fémes zárlat.

Valamennyi vízfolyás keresztezésben a katódos védelem mérésének lehetőségét telepített potenciálmérőhellyel biztosítani kell.

Védőcsöveken belül a gázvezetékek galvánanódos védelmét biztosítani kell. Régi vezeték esetén, ha megoldható, új vezetéknél minden esetben.

1.2.4. Állomási katódos korrózióvédelem

A nyomásszabályzó állomások földalatti szakaszain a nyomvonalai korrózióvédelemmel azonos értékű védelmet kell kialakítani. Ha ennek megvalósítása nem gazdaságos, akkor az üzemeltető engedélyével az állomási földalatti vezetékszakaszok részleges védelmét kell biztosítani.

A technológiai állomások föld feletti szerkezetein passzív korrózióvédelmet kell alkalmazni.

A különböző tulajdonban lévő szállítórendszerek katódvédelmi szétválasztására szigetelő közdarabot kell betervezni.

2. VILLAMOS MENNYISÉGEK MÉRÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

2.1. Általános feltételek

Az aktív korrózióvédelemmel, a fémek korróziójával, fogalom-meghatározásokkal kapcsolatos fontosabb szabványok az alábbiak:

MSZ EN ISO 8044:2020 *Fémek és ötvözetek korróziója. Szakszótár*

MSZ EN 13509:2003 *A katódos védelem mérési módszerei. Ez a szabvány jelenleg angolul található meg, magyar nyelvű kiadásáig az MSZ 18096 szabványsorozat követelményei, és hivatkozásai szerepelnek ebben az anyagban.*

A védelem és veszélyeztetés jellemző potenciál értékeinek vizsgálata, meghatározása mérésekkel az alábbi szabványok figyelembe vételével történik:

MSZ 18096-1:1978 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. A szerkezetpotenciál mérése*

MSZ 18096-2:1978 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. Elektródpotenciál mérése, a korróziós túlfeszültség meghatározása*

MSZ 18096-3:1978 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. Áramerősség mérése talajba fektetett fémszerkezetek villamos összekötő vezetékében*

MSZ 18096-4:1978 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. Csővezetékben folyó áram erősségének mérése*

MSZ 18096-5:1979 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. Beépített szigetelő közdarab hatásosságának vizsgálata*

MSZ 18096-6:1979 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. Csővezeték és védőcső villamos elválasztásának mérése egyenárammal*

MSZ 18096-7:1980 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. Csővezeték és behúzó szerkezet villamos elválasztásának mérése*

MSZ 18096-8:1982 *Földalatti fémbereendezések elektrokémiai korrózióvédelme. Kóboráram-korróziós veszély kimutatása szerkezetpotenciál-méréssel.*

Megjegyzés: Amennyiben jelen műszaki dokumentum a szabványokban előírtaktól eltérő értéket határoz meg, akkor ezen melléklet értékeit kell alkalmazni.

Ha a korróziós, korrózióvédelmi állapot jellemzésére nem a polarizációs potenciált, vagy a polarizációt használják, akkor azon helyeken, ahol a kóboráram hatására a szerkezetpotenciál 100 mV-nál nagyobb értékkel változik a szabványos mérés idején, abban az esetben az **MSZ 18096-8:1982.** 5.1 és 5.2 szakaszai szerinti kiegészítésekkel kell végezni a méréseket.

- A védelem jellemző értékeinek mérésére bármilyen - a mérés körülményeinek megfelelő - nem polarizálódó elektród használható, de a mérési eredményeket talajban elhelyezkedő fémszerkezet esetén rézszulfát elektródra vonatkoztatva kell megadni.
- Ha a fémmel érintkező közeg elektrolit, vagy sótartalmú oldat, illetve a fémet beton veszi körül, úgy a védelmi és veszélyeztetési feltételeket egyidejűleg kell meghatározni és alkalmazni.

2.2. Az aktív védelem kritériumai

2.2.1. Nyomvonalai létesítmények

A szigetelési hibahely nélküli, vékony külső szigetelésekre, amelyek átlagos szigetelés ellenállása kisebb mint $10^8 \Omega\text{m}^2$ a nagy negatív potenciálok káros hatással lehetnek (például hólyagosodás). A káros hatás minimálisra csökkentése érdekében a Cu/Cu SO₄ referencia elektróddal mért IR mentes potenciál ne legyen negatívabb mint -1100mV kritikus potenciál határértéknél, kivéve ha a szigetelés gyártója erre vonatkozóan más dokumentált értéket ad meg.

Katódosan védettnek tekinthető az a fémszerkezet, amelyek elektródpotenciálja legalább 150 mV-al negatívabb, mint a mérésekkel meghatározott szabad korróziós potenciál vagy a referencia potenciál.

Katódosan védettnek tekinthető az a fémszerkezet, amelynek nagysűrűségű méréssel meghatározott bekapcsolási potenciálja (szerkezetpotenciálja) legalább 300 mV-tal negatívabb mint a mérésekkel meghatározott szabad korróziós potenciál.

Nem tekintjük a környezetet átlagosnak az alábbi feltételek esetén:

- A szulfát lebontó baktériumok jelenléte. Ez megköveteli, hogy a védelmi érték legalább -950 mV legyen.
- Az üzemelő csővezetékek hőmérséklete a 60° C-ot meghaladja. Ebben az esetben 100 mV-tal negatívabb potenciált igényel a normális talajhőmérsékletéhez tartozó potenciálnál.
- A talaj pH értéke 7-nél kisebb (átlagos a 7-9 közötti pH érték).
- Nedvesség, oxigén vagy só (sók) jelenléte nagyobb negativitású potenciált igényel, mint -850 mV.

Amennyiben a szigetelésen (Hungikor, FUCHS stb) nincs, vagy elhanyagolható számú hibahely van, (galváncellák nem tudnak kialakulni) az elektródpotenciál pozitívabb lehet, mint -850 mV

A gázvezetékrendszer azon szakaszait, amelyek pillanatnyi elektródpotenciálja pozitívabb, mint -850 mV, nem tekintjük védettnek.

A -850 mV-nál pozitívabb (kisebb negativitású) elektródpotenciállal rendelkező területek (felületek) passzív szigetelési hibának vélhetőek, de a gyakorlatban ezeket a kóboráram hatása és a talaj minőségváltozása is eredményezheti.

Az acél gázvezetékrendszer objektumainak leválasztott oldalának védelme:

- Meglévő, üzemelő objektumok:
Ahol műszaki és gazdasági lehetőség van, a technológiai területeken alkalmazni kell az aktív védelmet.
Részleges védelem esetén legalább -100 mV polarizációt kell elérni a rendszeren, az objektum minden pontján.
- Új vagy felújításra kerülő objektumok:
Csak azzal a feltétellel létesíthetők, ha ezen melléklet 2.2 pontjában részletezett kritériumok érvényesülnek.

Tapasztalati átlagos védőáram igények, védelmi kritériumok:

2.2.2. Védőáram igény:

Csupasz acélcső:	20 mA/m ²
Rossz szigetelésű acélcső:	2 mA/m ²
Jó szigetelésű acélcső:	0.2 mA/m ²
Kiváló szigetelésű acélcső:	0.05 mA/m ²
Fúziós kötésű epoxigyanta szig.acélcső:	0.01mA/m ²

2.3. Kikapcsolt katódvédelem melletti kritériumok

A talajban vagy vízben lévő fém korróziós sebessége az anyagnak az őt körülvevő közegben mért potenciáljának (E) a függvénye

A fém és az elektrolit közötti potenciálkülönbséget, amelynél a korróziós sebesség kisebb, mint 0,1 mm/év, védőpotenciálnak (E_p) nevezzük.

A katódos védelem feltétele: $E \leq E_p$

Némely fém nagy negatív potenciálon korróziós károsodásnak lehet kitéve. Ezért ezeknek a fémeknek a potenciálja nem lehet negatívabb, mint a kritikus potenciál határérték (E_L). Ilyen esetben a katódos védelem feltétele: $E_L \leq E \leq E_p$

A leggyakoribb fémek védőpotenciál értékeit az alábbi 1. sz. táblázat tartalmazza:

1. sz. táblázat

Szabad korróziós potenciálok, védőpotenciálok és a talajban, édesvízben lévő néhány közönséges fém kritikus potenciál határértékei					
Fém vagy fémötvözet	Közeg		Szabad korróziós potenciál (V)	Védő potenciál - E_p (V)	Kritikus potenciál határérték - E_L (V)
800Nmm ² vagy alacsonyabb folyáshatárú ötvözetlen és gyengén ötvözött vasfémek	Víz és talaj aerob (oxigén van jelen) állapotok	Normál állapot $T < 40^\circ$	-0,65 – -0,40	-0,85 ¹	-
		$T > 60^\circ$	-0,80 – -0,50	-0,95 ¹	²
		Levegős homokos talaj $100 < \rho < 1000 \Omega \cdot m$	-0,50 – -0,30	-0,75	-
		Levegős homokos talaj $\rho > 1000 \Omega \cdot m$	-0,40 – -0,20	-0,65	-
	Víz és talaj aerob (oxigén van jelen) állapotok	-	-0,80 – -0,65	-0,95	-
Ólom	Víz és talaj		-0,50 – -0,40	-0,65	-0,95
Alumínium ötvözetek ³	Édesvíz		-0,70 – -0,50	-0,80	-1,15 ⁴
Acél betonban	Víz és talaj		-0,60 – -0,10	-0,75	⁵
<p>Megjegyzések:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minden potenciál IR mentes, és réz/telített réz-szulfát referencia elektródra vonatkozik. - A szerkezet élettartama során figyelembe kell venni a szerkezetet körülvevő közeg fajlagos ellenállásának bármilyen lehetséges változásait. Nagyszilárdságú acélok esetében fennáll a hidrogén okozta elridedés kockázata, amikor a potenciál értéke negatívabb mint a hidrogénleválás kezdete. 					
<p>¹ $40^\circ \leq T \leq 60^\circ$ hőmérséklet tartományban a védőpotenciál interpolálható (eljárás, amely során adott értékeket koordináta rendszerben ábrázolva egy vonallal összekötünk, így egy görbét kapunk.)</p> <p>² Az NaOH által előidézett feszültségkorróziós repedés kockázata a hőmérséklet növekedésével nő.</p> <p>³ Ezek az értékek csak a Zn és Cu nélküli alumínium ötvözetekre érvényes. Minden más alumínium ötvözet esetében a védőpotenciál eltérő lehet.</p> <p>⁴ A katódos védelem okozta, a passzív réteget feloldó lúgosság miatti korróziós kockázat állandósult állapotban.</p> <p>⁵ A 700 Nmm²-nél nagyobb folyáshatárú előfeszített és utófeszített acélok esetében a kritikus potenciál határértékét minden egyes esetben vizsgálattal kell meghatározni. Bármely esetben a -1,1 V-nál alacsonyabb potenciálértékeket veszélyesnek kell tekinteni.</p>					

Amennyiben az előzőekben rögzített kritériumok nem alkalmazhatók, műszaki és gazdasági mérlegelés alapján a következő kritériumok alkalmazhatók:

- Katódosan védettnek tekinthető az a fémszerkezet, amelynek kikapcsolási potenciálja (E_{off}) legalább 150 mV-tal negatívabb, mint a mérésekkel meghatározott szabad korróziós potenciál (E_n) vagy a referencia potenciál (E_{ref}).
- Katódosan védettnek tekinthető az a fémszerkezet, amelynek nagysűrűségű méréssel meghatározott bekapcsolási (E_{on}) potenciálja (szerkezetpotenciálja) legalább 300 mV-tal negatívabb mint a mérésekkel meghatározott szabad korróziós potenciál (E_n)

2.4. Nem kikapcsolt aktív védelem melletti kritériumok

A leggyakoribb fémek védőpotenciál értékeit a 2.3. pontban található 1. sz. táblázat tartalmazza.

Olyan esetekben, amelyeknél a fenti védettségi feltételek mérése és meghatározása a szerkezet geometriája, a mérőelektrod elhelyezhetősége, vagy kóboráramos hatás miatt nem lehetséges, a következő feltételek alkalmazhatók:

Aktívan védett az a vas, acél vagy ólom anyagú fémszerkezet, amelynek korróziós potenciálja 200 mV-nál, vagy szerkezet potenciálja 300 mV-nál nagyobb értékkel változik negatív irányban a szabad korróziós potenciálhoz, kóboráramos esetben az **MSZ 18096-8:1982** 4.2 szerinti szerkezet potenciál referencia szinthez képest.

2.4.1. Kóboráram veszélyeztetés

Kóboráramos hatás miatt korróziósan veszélyeztetett az a fémszerkezet, amelynél:

- a kóboráramos hatás 50 mV-nál nagyobb pozitív polarizációt hoz létre kikapcsolt állapotban
- a korróziós potenciál vagy/és a szabad korróziós potenciál nem mérhető, úgy a szerkezetpotenciál 100 mV-tal pozitívabb értékű lesz.

2.4.2. Mérés, vizsgálat

A méréseket, vizsgálatokat minden esetben meg kell tervezni annak figyelembe vételével, hogy milyen célt szolgál a vizsgálat.

A méréseknél figyelembe kell venni a vizsgálat eseti és helyi körülményeit.

Védettségi állapotot minősítő mérést csak üzemállapotban, azaz üzemelő villamos kapcsolatok fenntartásával és a katódállomások üzemelő állapotában kell végezni.

3. BERENDEZÉSEK, ESZKÖZÖK ÉS MÉRÉSI TECHNOLÓGIÁK MŰSZAKI KÖVETELMÉNYEI

3.1. A berendezések alapkövetelményei

A katódos védelemben alkalmazott berendezések, szerelvények elégítsék ki a vonatkozó országos műszaki szabványok, biztonságtechnikai és munkavédelmi rendeletek villamos berendezésekre vonatkozó előírásait. Ezek teljesülését az illetékes vizsgáló, minősítő intézménnyel vizsgáltatni és minősíttetni kell.

A szabadtéri elhelyezésű berendezések, szerelvények alkalmasak legyenek mesterséges hűtést biztosító kiegészítő tartozék nélkül -25 °C és +45 °C tartós környezeti hőmérséklet mellett üzemelni.

A berendezések, szerelvények gépkönyvvel és bizonylattal kell rendelkezzenek.

A fentiek hiányában külön, az üzemeltetésre vonatkozó technológiai leírás szükséges.

3.2. Berendezések és eszközök

3.2.1. Katódállomások

- A katódos védelmet biztosító egyenáramforrások, áramátalakítók elégték ki az alábbi szabványok előírásait:
 - a./ az érintésvédelmi vonatkozó szabvány (**MSZ HD 60364**)
 - b./ a villámvédelmi szabvány
 - MSZ EN 62305-1: 2011** Villámvédelem. 1. rész: Általános alapelvek
 - MSZ EN 62305-2: 2012** Villámvédelem. 2. rész: Kockázatelemzés
 - MSZ EN 62305-3: 2011** Villámvédelem. 3. rész: Építmények fizikai károsodása és életveszély (**MSZ 274** helyett)

Az áramforrások nem villamos kezelőhelyiségben történő elhelyezése esetén különleges számmal és/vagy zárral nyitható legalább IP 43 védetségű szekrényben, tokozásban legyenek telepítve.

- Az áramforrás kimenő egyenfeszültsége elégték ki az **MSZ HD 60364** *Épületek villamos berendezéseinek létesítése c. szabvány* szerint meghatározott törpesheszültség érintésvédelmi mód követelményeit.
- Automatikus szabályozás esetén is szükséges biztosítani a kézi szabályozás lehetőségét.
- Automatikus szabályozású berendezéseknél biztosítani kell, hogy a vezérlőjel megszűnése, a vezérlőkör szakadása esetén a készülék kikapcsoljon, vagy előre beállított üzemállapotba lépjen át.
- A katódállomás rendelkezzen a kimenő áram, kimenő feszültség, a szabályozott potenciál értékének mérésére szolgáló, külső műszer csatlakozását biztosító szabványos műszercsatlakozókkal.
- A katódállomáson, látható helyen, a tulajdonos azonosítására szolgáló táblát kell elhelyezni.

A külső áramforrású rendszerek telepítési helyét a következő szempontok figyelembe vételével kell kiválasztani:

- kisheszültségű áramforrás rendelkezésre állása,
- az anódágyak környezetében előforduló lehetséges legalacsonyabb talajellenállás,
- harmadik fél érdekeinek a lehető legcsekélyebb megsértése,
- jó hozzáférés a létesítményhez,
- elegendő távolság az anódágyak és az idegen létesítmények között a lehető legkisebb interferencia okozása érdekében,
- elegendő távolság az anódágyak és a védendő szerkezet között.

A külső áramforrású létesítmények lehetőleg mindig robbanásveszélyes térségen kívül helyezkedjenek el. Ha kivételes esetekben ez nem lehetséges, akkor ezek a létesítmények feleljenek meg a **MSZ EN 60079-14:2014** szabványnak.

3.2.2. Mérőhelyek

- A potenciálmérőhely a beépített szerelvények számára legalább IP 54 védetséget biztosítson.
- A szerkezetek és berendezések kábeleinek csatlakoztatására bontható villamos kötések kell alkalmazni.

- A mérőhelyek legyenek alkalmasak a vezeték és kábelkötések utólagos bevezetésére és csatlakoztatására, valamint rendelkezzen külső és belső azonosító jelzésekkel, bekötési vázlattal.

3.2.3. Anódok

- Élettartamra és feszültségesésre méretezni kell. Minimális élettartam 10 év legyen. A tervezési maximális (elemenkénti) áramterhelhetőséget dokumentálni kell a kivitelezési (szerelési) és az engedélyezési tervben.
- Csak műbizonylattal rendelkező anódot szabad telepíteni. A műbizonylat tartalmazza:
 - a./ az elemek geometriai méreteit
 - b./ tömegét
 - c./ anyagának megnevezését, annak specifikációját
 - d./ a legnagyobb fajlagos fogyasztás értékét (kg/A/év)
 - e./ a legnagyobb felületi határáram értékét (A/m²)

A kábel és az anódfej közötti villamos kapcsolatot úgy kell leszigetelni, hogy a nedvesség bejutását és ezáltal a korróziós károsodását megakadályozza.

Az anódok számára a talajban megfelelő ágyazást kell biztosítani, azaz az anódelemek vezetőképes anyagból (kokszipor, grafitörlemény tartalmú keverék) készült ágyazatban kell elhelyezni.

Az anódok és az ágyazás feloldódása formájában jelentkező környezeti hatást figyelembe kell venni az anódok és az ágyazás anyagainak kiválasztásakor.

3.2.4. Galvánanódok

- Galvánanód alkalmazási feltétele:

A védelemmel ellátott fémszerkezetet a galvánanódok a szabad korróziós potenciáltól legalább 300mV-al katódosan polarizálják.
- A galvánanód élettartamát legalább 10 év időtartamra kell méretezni.
- A galvánanódot telepíteni csak bizonylatának birtokában szabad, amely tartalmazza:
 - a./ az öntvény összetételét
 - b./ az anód tömegét
 - c./ az alkalmazáshoz szükséges ágyazóanyag összetételét, mennyiségét
- Galvánanódot telepíteni csak potenciálmérőhelyben történő kötéssel szabad. Galvánanódot csak kis védőáram igényű szerkezeteknél és kis talajellenállások esetén lehet gazdaságosan használni. A galvánanódok felhasználása akkor is lehetséges, ha áramforrás nem áll rendelkezésre vagy azt csak gazdaságtalanul lehet kiépíteni.

Az áramleadás lehető legegyszerűsebb szinten tartása, valamint kis talajellenállás elérése érdekében a galvánanódokat egy megfelelő kis ellenállású szennet nem tartalmazó ágyba kell telepíteni.

A kikapcsolt potenciálok és az anódáram mérésének lehetővé tétele érdekében a galvánanódot a tervezés során meghatározott gyakorisággal mérőhelyen keresztül kell bekötni.

Az anódok és az ágyazás elektrolitikus oldódása formájában jelentkező környezeti hatást figyelembe kell venni az anódok és az ágyazás anyagainak kiválasztásakor. A galvánanódos védelem létesítésekor a következő fő szempontokat kell figyelembe venni, illetve betartani:

- az elektrolit tulajdonságai és fajlagos ellenállása az anódok telepítési helyén,
- ne legyen szigetelő árnyékolás az anód és a védendő szerkezet között,
- ha fennáll az interferencia veszélye, az erre irányuló óvintézkedések megtétele,

- a környezeti feltételeknek és védőáram igényeknek megfelelő anód anyag és tömeg,
- a földalatti anódok esetén az anódágy anyaga feleljen meg az anód típusának és a homogén szerkezetű anódágy keverék egyenletesen vegye körül az anódot legalább 50mm-es rétegben.

3.2.5. Mérőelektródok

- Referens mérőelektród a védelemre jellemző értékek, szerkezet és elektródpotenciál mérésénél referenciaként szolgál a védelem hatásosságának mérésénél.
A rendszer védelmét minősítő potenciál értéket Cu/CuSO₄ mérőelektródhoz kell viszonyítani.
- A mérőelektród bizonylatán fel kell tüntetni:
 - a./ a normál hidrogénelektrodra vonatkoztatott potenciált
 - b./ az elektród hőfoktényezőjét
 - c./ áram terhelhetőségét, mérés, vezérlés esetén
 - d./ az alkalmazás hőmérsékleti határait
 - e./ az elhelyezés speciális feltételeit
- A mérési helyeknél használt mobil mérőelektród céljára alkalmazott mérőelektródhoz csatolni kell az elhelyezés módjára vonatkozó utasítást, az adott elhelyezéshez tartozó polarizációs időt, azaz az elhelyezéstől a mérés megkezdhetőségéig szükséges időt. Mobil mérőelektródot az első használatbavételkor és azt követően legalább 6 hónaponként laboratóriumi méréssel ellenőrizni kell. A mobil mérőelektródot a mérendő fémszerkezet fölött, a talajba süllyesztett 6-10 cm-es mélyedésben kell elhelyezni úgy, hogy a diafragma és a talaj között az elektrolitikus kapcsolat biztosított legyen.
- A talajban állandó elhelyezésre kerülő mérőelektródot úgy kell elhelyezni, hogy legalább 0,7 m földtakarás fedje és a fémszerkezettől 30-50mm távolságra legyen úgy hogy a mérő felülete vízszintes legyen.
Az állandó elhelyezésű mérőelektródot legalább 2 évente ellenőrizni kell az **MSZ 18096-1:1978 szabvány 3. pontja** szerint.

3.2.6. Csatlakozások

- Az elektrokémiai korrózióvédelem védőáram vezetésére és mérési célra létesülő villamos csatlakozásokat úgy kell kialakítani, hogy a csatlakozás fém anyaga és a csatlakozó vezeték vezetője az üzemidő alatt ne érintkezzen a védelmi tér elektrolitjával.

A mérőcsatlakozást úgy kell kialakítani és elemeit megválasztani, hogy a mért szerkezet fémanyaga és a mérő berendezésen lévő kapocs között a mérőáram ne hozzon létre 5mV-nál nagyobb feszültségesést.
Az állandó kialakítású csatlakozásokat bonthatatlan vagy azzá alakított kötéssel és/vagy szigetelő anyaggal kell készíteni.
- Ahol a csatlakozás robbanásveszélyes helyen létesül, ott az **MSZ EN 60079-10-1:2016 Robbanóképes közegek. 10-1: rész: Téréségbesorolás. Robbanóképes gázközegek szabvány** szerint kell kialakítani.

A szabályozó ellenállásokat úgy kell kialakítani és elhelyezni, hogy a környezetre gyújtásveszélyt ne jelentsenek.

3.2.7. Védőcsövek

A védőcsövek káros hatással lehetnek a szállítócsövek katódos védelmére. Ezért a védőcsövek alkalmazását ahol lehetséges kerülni kell.

Minden olyan esetben amikor a szállítócső védőcsőben halad, a szállítócsövet kiváló minőségű bevonattal kell védeni a korrózió ellen.

Ha védőcsövek alkalmazása nem kerülhető el, távtartó gyűrűket kell alkalmazni, valamint a védőcső közötti gyűrűs teret a védőcső végeinél légmentesen le kell zárni.

A katódos védelmi védőáramot leárnyékoló védőcsövek:

- A katódos védelmi védőáramot leárnyékoló védőcsövek lehetnek műanyag, bevonatos beton és bevonatos acél védőcsövek.
- A védőcső belsejében lévő szállítócső külső korrózióvédelmét galvánanódok alkalmazásával kell megoldani vagy a gyűrűstér megfelelő, hosszú időn keresztül elégséges korrózióvédelmi tulajdonságokkal rendelkező anyaggal történő feltöltésével.

A katódos védelmi védőáramot átengedő, a talaj felé nyitott (nyílt) védőcsövek:

- A katódos védelmi védőáramot átengedő védőcsövek lehetnek bevonat nélküli vagy gyengén bevonatolt acélcsövek és megfelelő vezetőképességű bevonat nélküli betoncsövek.
- Ezekben az esetekben a szállítócső külső katódos védelme megfelelő védelmet nyújthat a védőcsőben lévő szállítócső számára abban az esetben, ha nincs kapcsolat a szállítócső és a védőcső között, valamint a gyűrűstérben elektrolit van.

3.2.8. Mérőberendezések

3.2.8.1. Általános követelmények

- A katódos védelem mérőberendezései elégséges ki a vonatkozó országos műszaki szabványok, biztonságtechnikai és munkavédelmi rendeletek villamos berendezésekre vonatkozó előírásait.
- A mérő és vizsgáló berendezéseknek kell rendelkezniük bizonylattal és használati leírással, amelyek tartalmazzák az elhelyezési, működési feltételeket, a szükséges karbantartás, kalibrálás ciklus idejét és módját.

A mérés során alkalmazott mérőberendezések hitelesítéséről a mérési feladattal megbízott köteles gondoskodni, illetve azt bizonylatolni.

3.2.8.2. Feszültségmérő berendezések

- A berendezés bemenő ellenállása bármely mérési tartományban ne legyen kisebb 10 MOhm-nál.
- Többcsatornás berendezés bemenetei galvanikusan legyenek függetlenek egymástól.

3.2.8.3. Árammérő berendezések

- A katódos védelem egyenáramú áramköreiben folyó áram mérésére csak olyan mérőberendezést szabad használni, amely a körben nem hoz létre 60 mV-nál nagyobb feszültségesést.

3.2.8.4. Adatrögzítő, regisztráló berendezések

- A többcsatornás adatrögzítő, regisztráló berendezések biztosítsák az egyidejű adatok egymáshoz rendelését.
- A feldolgozó és értékelő egységgel rendelkező berendezés a mért adatokat a feldolgozás, értékelés után is tárolja, szükség esetén jelenítse meg.
- Az adatrögzítő berendezés az adatokat közvetlenül, vagy kiegészítő berendezés igénybevételeivel nyomtatással is jelenítse meg.