Veszprémi László

Digitálisan aláírta: Veszprémi László
Dátum: 2026.09.02 08:13:36 +02'00'

METRÓ, MILLFAV VONALAK VILLAMOSENERGIA ELLÁTÁSA

Metró Nemzeti Előírás

5. SZÁMÚ MELLÉKLETE

Dokumentum száma: VME-70-01-NE-2026/1-v.1.0

Készítette a VMB VEM (Városi-, Elővárosi és Multiszegmensű Vasúti) Albizottság Metró Szakbizottsága

1119 Budapest Than Károly u. 3-5.
1518 Budapest, Pf.:107
vmb@kti.hu
+36 1 371 5873

Tartalomjegyzék

5. Metró, Millfav vonalak villamosenergia-ellátása 5
5.1 Bevezető 5
Metró vonalak 5
5.2 Metró vonalak villamosenergia-ellátása 5
5.2.1 Áramellátó berendezések feladatai a metró területén 5
5.2.2 Áramellátó berendezések méretezésének alapelvei 6
5.2.3 Áramátalakító kapcsolóterek kialakításának általános követelményei 6
5.2.4 Áramátalakító berendezések telepítésének általános követelményei 7
5.3 Középfeszültségű energiaellátás berendezéseivel szemben elvárt követelmények 8
5.3.1 Középfeszültségű fogadó berendezések 8
5.3.2 Középfeszültségű táphálózat kialakítása 9
5.3.3 Középfeszültségű elosztó berendezések 9
5.3.4 Középfeszültségű kapcsoló berendezések 10
5.3.5 Középfeszültségű vezérlés berendezései 10
5.3.6 Középfeszültségű védelmek és védelmi rendszerek 11
5.3.7 Transzformátorok 11
5.3.8 Egyenirányítók 12
5.4 Vontatási energiaellátás berendezéseivel szemben elvárt követelmények 12
5.4.1 Vontatási táphálózat kialakítása 13
5.4.2 Vontatási egyenáramú elosztó berendezések 14
5.4.3 Vontatási egyenáramú kapcsoló berendezések 15
5.4.4 Vontatási vezérlés berendezései 16
5.4.5 Vontatási védelmek és védelmi rendszerek 17
5.5 Kisfeszültségű segédüzemi energiaellátás berendezéseivel szemben elvárt követelmények 18
5.5.1 Kisfeszültségű segédüzemi táphálózat kialakítása 18
5.5.2 Kisfeszültségű segédüzemi elosztó berendezések 18
5.5.3 Kisfeszültségű segédüzemi kapcsoló berendezések 19
5.5.4 Kisfeszültségű segédüzemi vezérlés berendezése 19
5.5.5 Kisfeszültségű segédüzemi védelmek és védelmi rendszerek 20
5.5.6 Szünetmentes energiaellátás 20
5.6 Energiavezérlés berendezéseivel szemben elvárt követelmények 21
5.6.1 Áramellátás központi felügyeleti rendszer 21

5.6.2 Állomási távvezérlő berendezések 22
5.6.3 Védelmes munkahely kialakítása 23
5.6.4 Vészleállító rendszerek 23
5.7 Kábelhálózat 26
5.7.1 Kábelhálózat kialakítása, követelmény rendszer 26
5.7.2 Védő-összekötő hálózat (EPH) kialakítása, követelmények 27
5.8 Üzemeltetés követelményei 28
5.8.1 Szükséges eszközök és tartozék berendezések 28
5.8.2 Karbantartás követelményei 28
5.8.3 Tűzeseti többfokozatú lekapcsolás 28
5.9 Kisfeszültségű segédüzemi fogyasztók energiaellátási rendszere 28
5.9.1 Tápláló kábelhálózatok 29
5.9.2 Elosztószekrények 30
5.9.3 Fogyasztói kábelhálózatok 32
5.10 Vezérlések, szabályozások, jelzések 34
5.11 Mesterséges világítás 35
5.11.1 Utasterek világítása 36
5.11.2 Alagútvilágítás 37
5.11.3 Üzemi terek világítása 38
5.11.4 Felszíni pálya világítása 39
5.12 Váltófűtés 39
5.12.1 A kezeléssel és a távfelügyelettel kapcsolatos általános követelmények 39
5.12.2 A villamos váltófűtő berendezések kialakításának követelményei 40
5.12.3 Vezérlési követelmények 41
5.12.4 A képernyős munkahely számítógépes felületén megjelenítendő információk 42
5.12.5 A villamos váltófűtő berendezés rendszerelemei és a velük szemben támasztott követelmények 43
5.13 Villámvédelem 44
Millfav vonal 45
5.14 Millfav vonal villamosenergia-ellátása 45
5.14.1 Vontatási energiaellátás 45
5.14.2 Kisfeszültségű segédüzemi energiaellátás rendszere 47
5.14.3 Váltófűtés 48
5.14.3.1 A kezeléssel és a távfelügyelettel kapcsolatos általános követelmények 49
5.14.3.2 A villamos váltófűtő berendezések kialakításának követelményei 49

5.14.3.3 Vezérlési követelmények 50
5.14.3.4 A képernyős munkahely számítógépes felületén megjelenítendő információk 51
5.14.3.5 A villamos váltófűtő berendezés rendszerelemei és a velük szemben támasztott követelmények 52
5.14.4 Szünetmentes energiaellátás 53
5.14.5 Villámvédelem 53
5.15 Fogalommagyarázat 55
5.16 Alkalmazandó szabványok 57
5.16.1 Általánosan alkalmazott legfontosabb jogszabályok 57
5.16.2 Az alkalmazott legfontosabb erősáramú szabványok 58
5.16.3 Az alkalmazott legfontosabb speciális vontatási szabványok 59

Metró, Millfav vonalak villamosenergia-ellátása

5.1 Bevezető

Jelen fejezet a metró, Millfav vonalak villamosenergia-ellátásának erősáramú átalakító-, elosztó-, kapcsoló- és fogyasztó berendezéseivel, továbbá ezek vezérlésével, védelmeivel és védelmi rendszereivel kapcsolatos előírásokat tartalmazza.
Az egyes új, konkrét létesítésekre vonatkozó feltételrendszert a jelen VME alapján kell specifikálni és engedélyeztetni.

Metró vonalak

5.2 Metró vonalak villamosenergia-ellátása

A metró vonalak közlekedésüzemi és ipari területein a szükséges villamosenergia-ellátást az áramszolgáltató alállomásairól beszerzett energia, megkövetelt paraméterek szerinti átalakításával, biztonságosan, az áramellátás telepített berendezéseivel önállóan kell ellátni.

5.2.1 Áramellátó berendezések feladatai a metró területén

A metró állomások és járműtelepi létesítmények a metró üzemei, műhelyei, raktárai és egyéb épületei működtetése érdekében vontatási- és segédüzemi villamosenergia előállítás szükséges. A közlekedésüzemi energiaellátás részét képező áramellátási berendezések (átalakító-, elosztó- és kapcsoló berendezések) biztosítják az utas- és vonatforgalom lebonyolításával közvetlenül és közvetve kapcsolatban álló fogyasztóberendezések energiaellátását.

A villamosenergia-ellátást biztosító berendezések telepítése érdekében jól elkülöníthetően áramátalakító berendezések üzemeltetésére alkalmas tereket kell kialakítani. Az áramátalakítók lehetnek egyesített vontatási és segédüzemi kialakításúak, egymással szoros egységet képező elrendezéssel, vagy csak segédüzemi kialakításúak.

A metró energiaellátási rendszerében jelenleg alkalmazandó áramnemek és feszültségértékek:

- áramszolgáltatótól beszerzett villamos-energia feszültsége: 11 kV, 3 fázis, 50 Hz,
- vontatási egyenáramú névleges feszültség gyűjtősínen: 750 V DC, +20%, -30% intervallumon belül,
- erőátviteli és világítási fogyasztók névleges feszültsége: 3x400/231 V AC, 50 Hz földelt csillagpontú,
- egyenáramú világítási hálózat, továbbá a kapcsoló és egyéb berendezések működtető feszültsége: 220 V DC,
- vezérlőberendezések jelzéseinek, reteszeléseinek működtető feszültsége: 48 V DC, 24 V DC.

Szabványi előírások változása esetén, a fenti értékek megváltozhatnak.

5.2.2 Áramellátó berendezések méretezésének alapelvei

- A metró áramátalakítóinak tápellátását több, szekunder oldalon egymástól független áramszolgáltatói alállomásról kell megoldani annak érdekében, hogy egy alállomáson keletkezett üzemzavar a metróközlekedést a legkisebb mértékben se befolyásolja.

- A vontatási energiaellátás berendezéseit a vonal tervezett (a bővítést is figyelembe vevő) legnagyobb szállítókapacitásának nagybiztonságú kielégítésére, illetve a biztosító berendezés által megengedett legsűrűbb vonatkövetés kiszolgálására kell méretezni.

- A segédüzemi villamosenergia ellátás rendszerét redundáns módon kell kialakítani úgy, hogy a párhuzamosan működő aktív elemek bármelyikének meghibásodása esetén a tápellátási feladatot 100%-os – beépített – teljesítmény vonatkozásában, egy üzemképes rendszer is hibamentesen el tudja látni.

- Egyesített áramátalakítót kell létesíteni mindazon helyeken, ahol a vontatási és segédüzemi energia igény együttesen jelentkezik. Segédüzemi energiát minden állomáson biztosítani kell.

- Az egyesített áramátalakítók számát úgy kell meghatározni, hogy egy ilyen típusú áramátalakító vontatási hálózatának teljes kiesésekor a vonal tervezett menetrendszerű vonatforgalma fenn-tartható legyen.

- A vég- és fordítóállomásokon, a járműtelepi vágányhálózatot és a próbapályát is vontatási energiával megtápláló áramátalakítókat úgy kell méretezni, hogy a csúcsidejű forgalom mellett a tolatási és egyéb üzemszerű vonatmozgás miatt fellépő terheléseket zavartalanul kiszolgálják..

5.2.3 Áramátalakító kapcsolóterek kialakításának általános követelményei

Az áramátalakítók kialakítása során erősáramú kapcsolótereket, transzformátor tereket, akkumulátor tereket, kábeltereket, helyi kezelőket, az áramszolgáltatói betáplálással rendelkező állomásokon fogadó tereket kell biztosítani. Végállomásokon esetleges vonalhosszabbítás esetére biztosítani kell a meghosszabbított vonalszakasz energiaellátásához szükséges villamos berendezések elhelyezését.

Az erősáramú kapcsolóterekben az egyes feszültségszintek elosztó berendezései és a vezérlés berendezései lehetnek egy légtérben, vagy különálló terekben, de ez esetben a közvetlen átjárhatóságot biztosítani kell. Az erősáramú kapcsolóterek kialakítását úgy kell megoldani, hogy a berendezések méretének és tömegének megfelelő beszállítási útvonal biztosított legyen.

A helyiségekben a folyamatos üzemviteli tevékenységhez, és a beépített technológiához megfelelő hőmérséklet biztosítása szükséges (klimatizálás).

A kapcsolóterek, kábelcsatornák teljeskörű védelmének kialakításához tűzjelző berendezés kialakítása szükséges a vonatkozó előírások betartásával

Az erősáramú kapcsolóterek álpadlózatát úgy kell kiépíteni, hogy a padló alatt vezetett kábelek elhelyezése (elrendezése) a vonatkozó szabványoknak meg tudjon felelni. Az álpadló beállítása olyan legyen, hogy a telepített berendezések kocsizható elemei (pl. megszakítók) akadálytalanul működtethetők legyenek.

A kapcsolóterek ajtajainak méretét úgy kell megválasztani, hogy a telepített berendezések és azok részegységei akadálytalanul mozgathatók legyenek és pormentes lezárást biztosítsanak. Az ajtók belül kilinccsel, kívül fixen rögzített gombbal legyenek szerelve. Az ajtókat speciális (vonalszinten alkalmazható) egységzárral kell ellátni.

Az elektromos terekben a karbantartáshoz szükséges segédeszközök (kezelő rudak, feszültség kémlelők, földelő kötelek stb.) részére kerüljenek tárolóhelyek kialakításra.
A kapcsolóterek világítási kapcsolóit úgy kell elhelyezni, hogy az ajtó nyíló oldalánál közvetlenül elérhetők legyenek.
A kezelőterekben, a villamos laboratóriumnak minősülő helyiségekben, valamint a kapcsoló-berendezések helyiségében, annak falaiban, vagy padlózatában, mennyezetében nem villamos vezetékek (víz-, olaj-, csatorna-, gõz- és gázcsövek) vagy egyéb, az energiaellátás biztosításában részt nem vevő berendezések (pl.: szennyvíz tartály) nem helyezhetők el. Ha ez gazdaságosan nem oldható meg, akkor azokat úgy kell elhelyezni, megépíteni, hogy – meghibásodásuk az ott telepített villamos-berendezéseket ne veszélyeztessék (pl.: külön védőcsőben vezetett vízcső, melynek kifolyási lehetősége a kezelőtéren kívül kell legyen).

A világítási lámpatestek elhelyezését úgy kell meghatározni, hogy a telepített berendezések karbantartásához, javításához szükséges megvilágítás biztosított legyen. A helyiségekben több energiavételezési pontot kell telepíteni úgy, hogy egy 10 m-es hosszabbító segítségével a helyiség minden része elérhető legyen.

A kapcsolóterekben biztosítani kell a szükséges vezetékes és vezeték nélküli kommunikációs lehetőségeket (telefon) és az ahhoz szükséges infrastrukturális feltételeket (pl. hálózati végpontok).
A helyi kezelőben ki kell alakítani az üzemviteli szolgálat munkavégzéséhez szükséges feltételeket. Az alapvető tisztálkodási lehetőség (mosdó) biztosított legyen.

5.2.4 Áramátalakító berendezések telepítésének általános követelményei

Az erősáramú elosztó berendezések és a vezérlést szolgáló berendezések telepítésénél be kell tartani a vonatkozó villamosipari és munkavédelmi előírásokat. Elhelyezésüket úgy kell tervezni és kivitelezni, hogy az állomás teljes kiépítése után is biztosítva legyen valamennyi berendezés kezelhetősége, karbantarthatósága, javíthatósága, szükség szerint cseréje. Ezeknek a berendezéseknek légszigetelésű, beltéri, zárt, fémtokozott, típusengedélyezett kialakításúnak kell lenniük. Az áramátalakítókban telepített lemeztokozott elosztó és kapcsolóberendezéseknek rendelkezni kell dedikált földelési ponttal, melyek a cellasorok homlokoldalán – szabványos „földelés” jelzéssel ellátva – jól hozzáférhető módon legyenek elhelyezve.
A cellasorok funkcióját a tokozottak felső síkjára elhelyezett, valamint a berendezések azonosítására alkalmas jól látható, időtálló táblával, feliratokkal jelölni kell.

Valamennyi telepített berendezésnek (kivétel egyenirányítók, transzformátorok) alsó kábelcsatlakozásúaknak kell lenniük.

Olyan középfeszültségű, vontatási és kisfeszültségű kapcsolóberendezéseket kell beépíteni, amelyek karbantartási igénye minimális és legalább 30 év élettartammal rendelkezzenek.

A beépítésre kerülő berendezések feleljenek meg a vonatkozó jogszabályi, szabványi előírásoknak, valamint rendelkezzenek CE minősítéssel, vagy azzal egyenértékű megfelelőségi tanúsítással.

Az erősáramú- és vezérlő berendezésekbe csak olyan informatikai részegységeket, készülékeket lehet beépíteni, amelyek megfelelnek a kibervédelemre vonatkozó általános előírásoknak. Vonal hosszabbítás esetén a beépítésre kerülő berendezések kommunikáció és vezérlés tekintetében a meglévőkkel legyenek kompatibilisek.

5.3 Középfeszültségű energiaellátás berendezéseivel szemben elvárt követelmények

A metró teljes területén szükséges vontatási- és segédüzemienergia előállítását a középfeszültségű energia fogadására, elosztására és átalakítására szolgáló, a mindenkori érvényben lévő jogszabályi előírásoknak, szabványoknak megfelelő, a kor műszaki színvonalát tükröző, legkorszerűbb berendezésekkel kell megvalósítani.

5.3.1 Középfeszültségű fogadó berendezések

A metró vonal teljes energiaellátásának topológiáját úgy kell kialakítani, hogy a vonalon létesített egyesített vontatási és segédüzemi rendszerű állomások rendelkezzenek egy üzemi középfeszültségű fogadó berendezéssel.

Az egyes állomások üzemi és tartalék betáplálásait az áramszolgáltató különböző alállomásairól kell biztosítani olyan módon, hogy egy alállomáson bekövetkező üzemzavar a metróközlekedést a legkisebb mértékben se befolyásolja. A fogadó berendezéseket, továbbá a középfeszültségű energiaellátás valamennyi elemét a csatlakozási ponton jelentkező lehetséges legnagyobb teljesítményre kell méretezni.

A tartalék áramszolgáltatói betáplálással is rendelkező állomásokon két különálló, - egymással össze nem kapcsolható - fogadó berendezés telepítése szükséges. Ezeket a berendezéseket az áramátalakítótól elkülönített módon elhelyezve, utcaszinten lévő, vagy közvetlenül utcaszint alatti, zárt helyiségbe kell telepíteni. A helyiség kialakításánál törekedni kell arra, hogy a telepítésre kerülő berendezések felett vizes gépészeti csővezetékek, nyomás, vagy nem nyomás alatt álló berendezések ne kerüljenek elhelyezésre. Gondoskodni kell a helyiségben megfelelő kommunikációs eszköz (telefon) kiépítéséről. A helyiség ajtaja kifelé nyíljon, az ajtóra belül kilincs, kívül gomb legyen szerelve.

A fogadó berendezéseknek csupán csavarkötés bontásával hozzáférhető, beltéri, zárt, légszigetelt, fémtokozott, alsó kábelcsatlakozású, típusengedélyezett kialakításúnak kell lenni. A celláknak tartalmaznia kell leválasztó szakaszolókat az áramszolgáltató és a metró középfeszültségű elosztó berendezései felé, mindkét oldalon földelőszakaszolókkal és az elszámolási fogyasztásméréshez megfelelő pontossági osztályú mérőváltokkal. A kábelfejeket kapacitív feszültségfigyelő rendszerrel kell ellátni. A szakaszolók kézi működtetésűek legyenek, amelyet mindkét oldalon a kábelfej feszültség nélküli állapotához kell villamosan reteszelni, a kábelfej földelő szakaszolók működtetését mechanikusan kell kialakítani. Meg kell jeleníteni a reteszeléseket, feszültségállapot és az állás jelzéseket a cellák előlapján, ez utóbbit rá kell szervezni a távvezérlőre is. A fogadó cellák jelzéseinek kábeles kapcsolattal meg kell jelenni a középfeszültségű berendezés betápláló mezővezérlőjében.

A fogadó berendezések esetében az áramszolgáltató előírásait is alkalmazni kell.

5.3.2 Középfeszültségű táphálózat kialakítása

A metró vonalon, vagy vonalszakaszon az üzemi betáplálással rendelkező egyesített vontatási és segédüzemi rendszerű állomásokat energetikai számítások alapján kell létesíteni, és figyelemmel kell lenni arra is, hogy egy ilyen rendszerű állomás kiesésekor a vonatforgalom fenntartható legyen. A végállomásokon és járműtelepeken csak egyesített vontatási és segédüzemi rendszerű állomásokat lehet létesíteni.

Az üzemi betáplálással rendelkező állomások számára tartalék középfeszültségű energiaellátást kell biztosítani. Ennek érdekében a vonal teljes hosszúságában két lánckábelt kell lefektetni, amelyeket be kell vezetni az üzemi betáplálással rendelkező állomásokra. A betápláló és lánckábelek keresztmetszetének azonosnak kell lenni. A lánckábeleket szakaszoló funkcióval rendelkező kapcsolóelemekkel állomásonként leválaszthatóvá kell tenni. A lánckábeleket a tartalék áramszolgáltatói betáplálásokról kell ellátni energiával. A tartalék betáplálással is rendelkező állomásokat az energetikai viszonyoknak és az energiaellátás folyamatosságának figyelembevételével kell létesíteni.

A középfeszültségű energia megtáplálások fogadását, illetve elosztását egy gyűjtősínnel kell megvalósítani. Az üzemi betáplálással rendelkező állomsokon a gyűjtősínt egy szakaszoló funkcióval rendelkező kapcsolóelemmel két gyűjtősín félre kell osztani, melynek egyik oldalát megszakítón keresztül az üzemi betáplálással, a mások oldalát megszakítókon keresztül a lánckábel betáplálásokkal kell összekapcsolni. A tartalék betáplálással is rendelkező állomásokon a gyűjtősínt három szakaszra kell osztani. A tartalék betáplálást megszakítóval kell összekapcsolni a gyűjtősín nem üzemi betáplálású oldalával, ahonnan a lánckábelek megtáplálását kell biztosítani megszakítókon keresztül, ezeken az állomásokon a gyűjtősín középső szakaszát megszakítóval kell összekötni a tartalék megtáplálás oldala felől.

A gyűjtősín vontatási, illetve segédüzemi leágazásait a redundancia szempontjai szerint kell kialakítani a gyűjtősín összekötő szakaszoló két oldalán elhelyezve. A gyűjtősínt és a vontatási, illetve segédüzemi transzformátorokat megszakítókkal kell összekötni.

Önálló betáplálással nem rendelkező, delegált kábeleken keresztül megtáplált állomásokat két üzemi betáplálással rendelkező állomás közé elhelyezve lehet létesíteni. Az energia delegálást biztosító kábelek leválaszthatóságát a delegáló állomáson megszakítókkal, a delegált állomáson szakaszoló funkciót ellátó kapcsolóelemekkel kell megvalósítani, amelyekkel az összekapcsolás is megoldható a segédüzemi transzformátorokkal.

5.3.3 Középfeszültségű elosztó berendezések

A középfeszültségű elosztó berendezést és annak valamennyi elemét úgy kell méretezni, hogy a lekapcsolási teljesítménye illeszkedjen a táphálózat zárlati teljesítményéhez, és ezt a nagyságrendet többször is sérülésmentesen elviselje.

A középfeszültségű elosztó berendezésnek külön gyűjtősín-, megszakító- és kábelfej rekeszekből kell állni. A betápláló kábelek földeléséhez szakaszolókat kell beépíteni, működési reteszelésüket villamosan kell megvalósítani.

A betápláló megszakítókat, a lánckábel szakaszolókat és megszakítókat, a leágazás megszakítókat magukba foglaló cellák középfeszültségű tereibe áramváltókat kell beépíteni, a betápláló cellákban külön a fogyasztásmérés és a védelmek számára. Ezen kívül a betápláló cellákba, a delegált segédüzemi

leágazás cellákba, az összekötő szakaszoló mindkét oldalára feszültségváltót kell telepíteni, a lánckábel fejeket kapacitív feszültségfigyelő rendszerrel kell ellátni.

A cellák műszerfülkéit úgy kell kialakítani, hogy az biztonságosan elválasztott legyen a középfeszültségű tértől. A cellák műszerfülkéiben kell elhelyezni a mezővezérlő berendezést, a kommunikáció, a tápellátás eszközeit és a körvezeték sorkapcsokat, a mérő és nyomatás céljából kialakított áram- és feszültségváltó szekunder kivezetések sorkapcsait, a kábelkapcsolatok kötő sorkapcsait. A betápláló cellákba ellenőrző fogyasztásmérésre alkalmas eszközöket kell beépíteni.

A cellák előlapját úgy kell kialakítani, hogy a felületére szerelt nyomógombok, reteszgombok, állás-feszültség- és reteszjelzések, választókapcsolók, kapcsolási sémarajzok, felirati táblák és a kijelzők minden körülmények között egyértelműen és pontosan leolvashatók legyenek.

5.3.4 Középfeszültségű kapcsoló berendezések

A leágazás megszakítók zárlati szilárdságának illeszkednie kell az alkalmazott transzformátorhoz.

Az elosztó berendezés megszakítóinak és szakaszolóinak a gyűjtősínt és a kábelfejeket kell összekötni megfelelő csatlakozások kialakításával. A megszakítóknak és a szakaszolóknak kocsira szerelt, kiszakaszolható és kikocsizható, ellenérintkezős kialakításúaknak kell lenni. Kapcsolásuk mechanikusan és elektromosan egyaránt lehetséges legyen és rendelkezzenek kapcsolás számlálóval. A kábelfejek földelésére szolgáló szakaszolóknak mechanikus működtetésűeknek kell lenniük.

A megszakítók villamos ívoltása vákuum térben történjen. Valamennyi megszakítónak rugóerő tárolási rendszerűnek kell lenni, a betápláló és segédüzemi leágazásokban olyan megszakítókat kell beépíteni, amelyek munkaáramú be- és kitekerccsel rendelkeznek. A vontatási leágazásokba olyan megszakítókat kell beépíteni, amelyek nyugalmi áramú kitekerccsel rendelkeznek. Az azonos funkcióval rendelkező megszakítók, illetve szakaszolók csereszabatosságát biztosítani kell.

Az önálló betáplálással nem rendelkező, delegált állomásokon telepített szakaszolóknak rögzített kialakításúaknak kell lenni. Ezeknek rendelkezni kell kábelfej földelésére alkalmas szakaszolókkal is, működési reteszelésüket mechanikusan kell megvalósítani.

5.3.5 Középfeszültségű vezérlés berendezései

A betápláló és leágazás cellákba olyan mezővezérlő berendezéseket kell telepíteni, amelyek egy egységből állnak, paraméterezhetők, és komplex módon képesek ellátni a hozzájuk tartozó cella vagy cellák felügyeletét, annak minden elemével együtt. A mezővezérlő berendezésnek kell generálni a hozzá tartozó megszakító, vagy szakaszoló bekapcsoló, illetve kioldó, valamint védelmi kioldó parancsait, fogadni a működtetés parancsait, fogadni és továbbítani az állásjelzéseket, mérési értékeket. Tartalmaznia kell a védelmi eszközöket és rá lehessen szervezni a kapcsolások végrehajtásának reteszfeltételeit. A mezővezérlő berendezésnek önmagában, vagy kiegészítő eszközökkel biztosítani kell a kommunikációt a távfelügyeleti rendszerrel. A mezővezérlőknek rendelkezni kell kijelzővel, valamint a védelmi működéseket mutató egyéb kijelzőkkel, továbbá rendelkezni kell zavaríró és eseménylistázó funkcióval.

A megszakító és szakaszolók távvezérelhetőségét biztosítani kell, emellett szelektív módon, az egyes kapcsolóelemek celláról történő működtetését is meg kell valósítani.

A kábelfej földelésére szolgáló szakaszolókat csak akkor lehessen működtetni, ha a hozzájuk tartozó betápláló megszakítók kikapcsolt és kiszakaszolt állásban vannak, továbbá a kábelfej feszültség nélküli állapota fennáll. A betápláló megszakítók csak akkor legyenek működtethetők, ha a hozzájuk tartozó kábelfej földelő szakaszolók „kint" állásban vannak. Az egyes áramszolgáltatói alállomásokról érkező energia meg nem engedett összekapcsolásának lehetőségét a reteszfeltételek kialakításával kell elérni.

A gyűjtősín szétválasztására szolgáló szakaszoló működtethetőségét a gyűjtősín feszültség nélküli állapotához kell reteszelni. Az egyes segédüzemi leágazások esetében ki kell alakítani a hozzájuk tartozó 0,4 kV-os főelosztó-gyűjtősín megszakító bekapcsolási sorrendjét biztosító reteszfeltételt. A reteszfeltételeket a mezővezérlő megfelelő paraméterezésén kívül, huzalozottan kell kiépíteni a mezővezérlők között.

Az üzemi, valamint tartalék betáplálások közötti áttérés lehetőségét automatikusan kell megvalósítani. Ez az automatikus kapcsolás csak meghatározott irányban történhet meg. Az átkapcsoló automatika logikai kialakítását külön mezővezérlő berendezésben kell kialakítani, és ki kell építeni az átkapcsoló automatika élesítésének és bénításának lehetőségét a távfelügyeleti rendszeren keresztül is.

5.3.6 Középfeszültségű védelmek és védelmi rendszerek

A betápláló és leágazás megszakítókat felügyelő mezővezérlőknek tartalmaznia kell a túláram-idővédelmi, a túlterhelésvédelmi, zárlatvédelmi, földzárlatvédelmi elemeket. A védelmeket úgy kell beállítani, hogy azok szelektíven működjenek és megvédjék a megszakítókat a zárlati teljesítményű lekapcsolásoktól, de az 5.3.7. és 5.3.8. pontokban megjelölt túlterhelést megengedjék. Az üzemi és tartalék betáplálás megszakítók esetében beragadásvédelmi elemet kell kiépíteni, amely a leágazás megszakítók védelmi kikapcsolásának késedelme következtében lép működésbe, továbbá logikai gyűjtősín védelmet kell kialakítani.

A vontatási és segédüzemi leágazások mezővezérlő berendezésének fogadni kell a hozzájuk tartozó transzformátorok tekercs hőfok elő- és kioldás jelzését, a vasmag hőfok kioldás jelzését, a kioldás jelzéseknek kiparancsot kell generálni a megszakítóra.

A vontatási leágazások mezővezérlő berendezéseinek fogadni kell a hozzájuk tartozó egyenirányító diódahiba elő- és kioldás, dióda hőfok elő- és kioldás jelzéseket, a kioldás jelzéseknek kiparancsot kell generálni a megszakítóra.

A segédüzemi leágazások mezővezérlő berendezéseinek el kell látni a hozzájuk tartozó 0,4 kV-os főelosztó-gyűjtősín megszakító fedővédelmét.

Bármely vontatási leágazás túláram-idővédelem fokozatának működése esetén kioldó parancsot kell indítani az állomás középfeszültségű vontatási leágazás megszakítói számára, és valamennyi vontatási kitápláló megszakítója, valamint a szomszéd vontatási energiát előállító állomás azonos tápkörzetre tápláló megszakítói számára. A vontatási rendszer megfelelő védelmeinek működése esetén kioldó parancsot kell végrehajtani valamennyi középfeszültségű vontatási leágazás megszakítójára.

5.3.7 Transzformátorok

A vontatási és a segédüzemi transzformátorokat különálló, zárt helységekbe kell telepíteni, amelyek bejárata nem nyílhat az állomás kapcsolóteréből. Ha a transzformátorokat közös helyiségben telepítik, akkor közöttük biztonságos mechanikus elkülönítést kell kiépíteni. A transzformátorok legyenek körbejárhatók, adattáblájuk a bejárati ajtó felé nézzen. A transzformátor kamrákban gondoskodni kell

a védő-összekötő vezető hálózat kiépítéséről, a szükséges földelési pontok kialakításáról és a rezgéscsillapításról. A helyiségekben legyen kiépítve a transzformátorok be- és kiszállításához szükséges falba rögzített vonószem. A transzformátor szállítási útvonalát építészetileg megerősített módon kell kialakítani. A helyiség világítására szolgáló lámpatestek ne a transzformátor felett, hanem a kamra oldalsó falaira (vagy térelhatárolóra) legyenek telepítve. A világítás kapcsolója vagy a transzformátor kamrán kívül, vagy belül a transzformátor kamra nyíló ajtajánál a falra kerüljön felszerelésre. A bejárati ajtónál biztosítani kell a megfelelő munkavédelmi lehatárolást.

A transzformátoroknak műgyanta szigeteléssel kell rendelkezni, és biztosítani kell a megfelelő hűtésüket lehetőleg természetes módon. A transzformátorok vasmagjához, illetve a tekercselésébe el kell helyezni a túlmelegedést érzékelő szondákat, amelyek csatlakozásait ki kell vezetni. A vontatási transzformátoroknak a szekunder oldalon fázisonként dupla tekercseléssel kell rendelkezniük. A tekercselést csapolásokkal kell kialakítani olyan módon, hogy azok megfelelő összekötésével változtatni lehessen felfelé és lefelé is 2,5%-os lépésekben a szekunder feszültség nagyságán.

A vontatási transzformátorok egységteljesítményét rekuperációs üzemmód figyelembevételével úgy kell méretezni, hogy akár egy egység képes legyen az áramátalakítóhoz tartozó tápkörzetekben a csúcsidőben előforduló legsűrűbb menetrend szerinti vonatforgalom energia igényét folyamatosan és meghibásodás nélkül biztosítani.

A segédüzemi transzformátorok egységteljesítményét úgy kell méretezni, hogy akár egy egység képes legyen az állomáshoz és ellátási körzetéhez tartozó valamennyi segédüzemi fogyasztó egyidőben történő, továbbá a tervezett leágazás bővítéseket is figyelembe vevő energia igényét folyamatosan és meghibásodás nélkül biztosítani. A transzformátorok szekunder feszültségének nagyságát változtatni lehessen felfelé és lefelé is 2,5%-os lépésekben.

5.3.8 Egyenirányítók

A szükséges vontatási energia előállítása érdekében típusengedélyezett, háromfázisú félvezető diódás hídágakból kialakított, kétutas, tizenkétütemű egyenirányítókat kell telepíteni, amelyek hűtése természetes módon valósuljon meg. Az egyenirányítóknak a transzformátorok tervezett névleges áramának 150%-át két órán át, 200%-át egy percig károsodás nélkül el kell viselni. Az egyenirányítók kábeleinek bekötését (váltakozó feszültségű és egyenfeszültségű oldal) külön kell választani. Váltakozó feszültségű kábelek hozzávezetése felül, az egyenáramú kábelek elvezetése alul történjen.

Az egyenirányítók belső zárlata elleni védelmét a beépített biztosítóknak kell ellátni, a diódák hőfokvédelmét elektronikus eszközökkel kell biztosítani. Az egyenirányítók rendelkezzen belső és külső túlfeszültség védelemmel.

5.4 Vontatási energiaellátás berendezéseivel szemben elvárt követelmények

A vonatforgalom számára szükséges energia előállítását és elosztását a mindenkori érvényben lévő jogszabályoknak, szabványoknak megfelelő, a kor műszaki színvonalát tükröző, legkorszerűbb berendezésekkel kell megvalósítani. A már meglévő vonalak bővítése esetén a jelen előírások alapján, de az egységes rendszer megtartására irányuló elvek szerint kell eljárni.

A vontatási hálózatnak alkalmasnak kell lenni a járművek által visszatáplált (kifutási és fékezési) villamos energia fogadására, figyelemmel a szabványok által meghatározott feszültség határokra. A

visszatáplálás során gondoskodni kell az áramszedő sín járulékos szigeteléséről (állomási áramszedő sín függőleges elszigetelése áramütési kockázatok elkerülésére) az áramütések valószínűségének a csökkentésére, valamint a hálózati veszteségek mérséklése érdekében az áramköri hurokellenállások redukálásáról.

5.4.1 Vontatási táphálózat kialakítása

A vontatási energiaellátásnak földtől független rendszerűnek kell lennie, a harmadik sín pozitív, az áram visszavezetésében résztvevő futósín negatív polaritású legyen.

A vontatási hálózatot úgy kell kialakítani, hogy az illeszkedjen a jármű igényeihez, redundáns legyen, többféle hálózati képet lehessen kialakítani, szükség esetén szelektív lekapcsolásra legyen lehetőség.

A vontatási hálózatot úgy kell méretezni, hogy egy vontatási energiát előállító állomás kiesése esetén kialakuló energetikai viszonyok mellett is biztosítható legyen a menetrendszerű vonatforgalom. A vég- és fordító állomásokat, a járműtelepi vágányhálózatot és a próbavágányt is tápláló vontatási áramátalakítókat úgy kell méretezni, hogy a csúcsidei forgalom mellett a tolatási és egyéb üzemszerű vonatmozgás miatt fellépő terheléseket zavartalanul elviseljék.

A harmadik sín hálózatát tápkörzetekre kell osztani. Forgalmi vágányok esetében bal és jobb oldalanként külön-külön, a tápkörzeteket úgy kell kialakítani, hogy azok az állomás bejáratánál kezdődjenek és a menetirány szerinti megelőző állomás bejáratáig tartsanak. A forgalmi vágányok esetében a tápkörzetek között akkora légszakaszt kell kialakítani, amelyet a jármű szerelvény egy kocsijának áramszedői össze tudnak fogni. A forgalmi és üzemi vágányok között akkora légszakaszt kell kialakítani, amelyet ezekkel az áramszedőkkel nem lehet összefogni (összhangban az alkalmazott vasútbiztosító berendezéssel). A harmadik sín kiosztás külön tervezést igényel.

A forgalmi vágányok tápszakaszait jellemzően két oldalról kell megtáplálni, két különböző állomáson előállított vontatási energiával. A végállomás forgalmi vágányai, az üzemi (fordító-, összekötő-, próbapálya, lyra) vágányok megtáplálása egyoldalról, sugarasan is kialakítható.

A transzformátorokkal és egyenirányítókkal előállított vontatási energia fogadására és elosztására egy pozitív és egy negatív gyűjtősínt kell kiépíteni. Az egyenirányítók pozitív pólusait szakaszoló elemekkel kell összekötni a pozitív gyűjtősínnel, a negatív pólusait szakaszoló elemekkel kell összekötni a negatív gyűjtősínnel.

Az állomáshoz tartozó egyes tápszakaszokat a pozitív gyűjtősínhez kapcsolódó megszakítókon keresztül kell megtáplálni. A kitáplálásnak olyan pozitív leválasztó szakaszolókon keresztül kell megtörténni, amellyel a kitápláló megszakító és a tápszakasz egymástól elkülöníthető. A tápszakaszokat a rátáplálási pontoknál összeköthetővé kell tenni hosszanti szakaszolókkal. A tápkörzetek és a futósín földelésének lehetőségét biztosítani kell erre a célra telepített kapcsolóelemekkel.

A vontatási energiát elő nem állító állomásokon csak hosszanti szakaszolókat kell telepíteni a tápszakaszok összekötése érdekében, továbbá a peron alatti bal és jobb tápszakasz összefogására alkalmas összekötő megszakítókat kell telepíteni a rekuperáció energiahatékonyságának növelése céljából.

A futósín kialakításának elektromos szempontból folyamatosnak kell lenni. Az állomásokon a negatív gyűjtősínt kábelekkel kell összekötni a futósínnel, bal és jobb oldalanként, az állomások közelében,

illetve az állomások közötti szakaszokon. A kábeleket és kötőelemeket úgy kell méretezni és megválasztani, hogy a vontatási áram elektrolitikus korróziót vagy a futósín és a föld között meg nem engedett feszültségemelkedést ne hozzon létre. Járműtelepeken a negatív gyűjtősínt negatív leválasztó szakaszolókon keresztül, kábelekkel kell összekötni a futósínnel.

A negatív visszavezető hálózat kialakítását, - így a villamos veszteségek és a kóboráramok csökkentését is- a futósínnel párhuzamos nyomvonalon vezetett negatív ún. szívókábelről több ponton a vágányra csatlakozó kábelekkel kell biztosítani. A negatív áramvisszavezetés módját, a konkrét vezeték keresztmetszeteket és csatlakozási pontokat, a tervezés során számításokkal kell igazolni. Vágányfojtó transzformátorok alkalmazása esetén a biztosítóberendezés igényeinek megfelelően kell a negatív kábelkötéseket kialakítani.

A járműtelep üzemi vágányait áthidalhatatlan légszakasszal kell elválasztani a forgalmi vágányoktól, és a futósín áthidalhatatlan szétválasztását is biztosítani kell. A jármű fenntartásra szolgáló létesítmények vágányait egyoldalasan kell megtáplálni, a vágányokhoz tartozó futósínek áthidalhatatlan szétválasztását biztosítani kell. A vágányonként kialakított tápkörzetek szelektív lekapcsolhatóságot teljesítménykapcsolókkal kell kialakítani. A vágányonként kialakított tápkörzetek és a futósín szelektív földelését kell megoldani.

5.4.2 Vontatási egyenáramú elosztó berendezések

A vontatási egyenáramú elosztó berendezéseket és azok valamennyi elemét úgy kell méretezni, hogy a lekapcsolási teljesítménye illeszkedjen a táphálózat zárlati teljesítményéhez, és ezt a nagyságrendet többször is sérülésmentesen elviselje.

Valamennyi egyenáramú elosztó berendezést egy kapcsolótérben kell telepíteni. A kitápláló és összekötő megszakítókat befogadó celláknak külön gyűjtősín, megszakító-, kábelfej-, tesztáramkör rekeszekből kell állni. A két szomszédos tápkörzethez tartozó pozitív leválasztó szakaszolók és a hozzájuk tartozó összekötő szakaszolót közös cellában kell elhelyezni. Valamennyi egyenáramú elosztó berendezést, valamint az egyenirányítók fém szerkezetét villamosan el kell szigetelni a földpotenciáltól.

A kitápláló és összekötő megszakítókat befogadó cellák erősáramú tereiben árammérő söntöket, a feszültségosztó és jelátalakító modulokat, a tesztáramkör elemeit kell elhelyezni.

A pozitív betápláló szakaszolókat, illetve a rövidrezáró-földelő kapcsolóelemeket befogadó cellák erősáramú tereiben a feszültségosztó és jelátalakító modulokat kell elhelyezni. A pozitív betápláló szakaszoló cellában kell kialakítani a gyűjtősín feszültségfigyelést.

A pozitív leválasztó szakaszolókat és hosszanti szakaszolókat befogadó cellák erősáramú tereiben a feszültségosztó és jelátalakító, valamint kábelzárlat figyelő modulokat kell elhelyezni.

A negatív gyűjtősín cellában negatív betápláló szakaszolókat, továbbá a betáplálások és a gyűjtősín árammérő söntjeit, a szekrényvédelem söntjét és a lineáris leválasztó erősítőt kell elhelyezni.

A felszínen lévő tápkörzetet megtápláló berendezések esetében túlfeszültség levezetőt is be kell építeni. Járműtelepeken a negatív gyűjtősín cellában negatív leválasztó szakaszolókat is be kell építeni.

A pozitív és negatív betápláló szakaszolókhoz és a pozitív leválasztó szakaszolókhoz működést reteszelő eszközt kell beépíteni, a járműtelepeken a negatív leválasztó szakaszolókhoz is.

A cellák műszerfülkéit úgy kell kialakítani, hogy az biztonságosan elválasztott legyen az erősáramú tértől. A cellák műszerfülkéiben kell elhelyezni a mezővezérlő berendezést, a kommunikáció, a tápellátás eszközeit és a körvezeték sorkapcsokat, a mérő és nyomatás céljából kialakított jelátalakító kivezetések sorkapcsait, a kábelkapcsolatok kötő sorkapcsait, a vezérlés jelfogóit és egyéb elemeit.

A cellaajtókon jól látható módon kell kialakítani a táblaműszereket, kijelzőket és hibajelzőket, a választókapcsolókat, reteszgombokat, valamint a kapcsolási sémarajzokat és felirati táblákat.

5.4.3 Vontatási egyenáramú kapcsoló berendezések

A pozitív és negatív betápláló szakaszolókat kézi működtetésűen kell kialakítani, a kapcsolási reteszelést villamosan kell megoldani.

A kitápláló megszakítók zárlati szilárdságának a vontatási hálózat zárlati áramához kell illeszkedni. A kitápláló megszakítóknak a gyűjtősínt és a kábelfejeket kell összekötni megfelelő csatlakozások kialakításával. A megszakítóknak kocsira szerelt, kiszakaszolható és kikocsizható, ellenérintkezős kialakításúaknak kell lenniük. Kapcsolásuk csak elektromos kialakítású lehet és kapcsolás számlálóval kell ellátni azokat. A kitápláló megszakítók főérintkezői káros túlmelegedés nélkül viseljék el a legnagyobb üzemi áramokat és ezek ismételt kapcsolása se követelje meg a főérintkezők gyakori cseréjét, ezen kívül rendelkezniük kell segédenergiát nem igénylő, primer védelemmel. Ívoltása olyan hatékony legyen, hogy a villamos ív kialakulását a lehető legkisebb mértékűre korlátozza, kizárja az ív átlépését a feszültség alatt nem álló részekre. A kitápláló megszakítók kioldó mechanizmusát úgy kell kialakítani, hogy a behúzás gerjesztés megszűnésekor a kikapcsolás minden feltétel nélkül, biztonságosan és gyorsan megtörténjen. A kitápláló megszakítóknak csereszabatosnak kell lenni, reteszelésüket a vezérlés részeként kell megoldani.

A hosszanti szakaszolóknak képesnek kell lenniük teljesítmény kapcsolására, a keletkező villamos ív biztonságos megszakítására. A pozitív leválasztó szakaszolók, illetve a járműtelepeken a negatív leválasztó szakaszolók kézi, a hosszanti szakaszolók kézi és elektromos működtetésűek legyenek. A pozitív leválasztó szakaszolók, illetve a járműtelepeken a negatív leválasztó szakaszolók reteszelését villamosan kell kialakítani. A hosszanti szakszolók reteszelését a vezérlés részeként kell megoldani. A vontatási energiát elő nem állító állomásokon csak a hosszanti szakaszolót kell beépíteni, az előző feltételek szerint. Ezeken az állomásokon telepített összekötő megszakítónak a kitápláló megszakítókkal azonos kialakításúaknak kell lenni.

A rövidrezáró-földelő kapcsolóelemeknek képesnek kell lenniük a kitápláló megszakítóhoz tartozó pozitív tápkörzet és negatív futósín összefogására és a földelő hálózattal való együttes összekötésére. A rövidrezáró-földelő kapcsolóelemeknek kézi és elektromos működtetésűeknek kell lenniük, a működési reteszelését a vezérlés részeként kell megvalósítani.

A jármű fenntartásra szolgáló létesítmények vágányainak megtáplálását teljesítmény kapcsolókkal kell kialakítani, ezen kívül minden más kritériumnak meg kell egyezni a kitápláló megszakítókra vonatkozó feltételekkel. A jármű fenntartásra szolgáló létesítmény vágányok tápkörzeteinek, valamint a hozzájuk tartozó futósínek szelektív módon történő földelése érdekében földelő szakaszolókat kell telepíteni, amelyek reteszelését villamosan kell kialakítani.

5.4.4 Vontatási vezérlés berendezései

A kitápláló megszakítókat befogadó cellákba olyan mezővezérlő berendezéseket kell telepíteni, amelyek egy egységet képeznek, paraméterezhetők, és komplex módon képesek ellátni a hozzájuk tartozó megszakító és cella felügyeletét, annak minden elemével együtt. A mezővezérlő berendezésnek kell generálni a hozzá tartozó megszakító bekapcsoló és kioldó, valamint védelmi kioldó parancsait, fogadni a működtetés parancsait, fogadni és továbbítani az állásjelzéseket, mérési értékeket, tartalmaznia kell a védelmi eszközöket, a leágazás fogyasztásának mérését, a szükséges kapcsolási feltételek kialakítását. A mezővezérlő berendezésnek önmagában, vagy kiegészítő eszközökkel biztosítani kell a kommunikációt a távfelügyeleti rendszerrel. A mezővezérlőknek rendelkezni kell kijelzővel, valamint a védelmi működéseket mutató egyéb kijelzőkkel, továbbá rendelkezni kell zavaríró és eseménylistázó funkcióval.

A kitápláló megszakítók parancs működését úgy kell megvalósítani, hogy a beparancs működése előtt felépüljön a kiparancs feltétele, amely feltétel megszűnik kiparancs esetén. A kitápláló megszakítók működését úgy kell kialakítani, hogy lehetőség legyen a megszakítóhoz tartozó tápkörzetre vonatkozó zárlatvizsgálatra, valamint olyan visszakapcsoló automatikát kell megvalósítani, amely védelmi működés esetén, zárlatvizsgálatot követően, biztosítja a kitápláló megszakító külön parancs nélküli visszakapcsolását.

Az egyenáramú vontatási rendszer fogyasztásmérését a vontatási energiát előállító állomásokon meg kell valósítani.

A hosszanti szakaszolók vezérlése, feszültség-, kábelvédelmi- és állásjelzéseinek fogadására, továbbá a pozitív és negatív betápláló szakaszolók, a pozitív leválasztó szakaszolók, járműtelepeken a negatív leválasztó szakaszolók, rövidrezáró-földelő kapcsolóelemek állásjelzéseinek fogadására jelgyűjtő berendezést kell telepíteni, amelynek kommunikációs kapcsolatban kell lenni a távfelügyeleti rendszerrel. A jármű fenntartásra szolgáló létesítmények vágányait megtápláló teljesítmény kapcsolók vezérlését, az állásjelzések fogadását szintén jelgyűjtő berendezéssel kell megvalósítani.

A vontatási energiát elő nem állító állomásokon telepített összekötő megszakítóknak a kitápláló megszakítókra vonatkozó előírásoknak kell megfelelni, de sem zárlatvizsgáló, sem visszakapcsoló automatika funkciót nem kell kialakítani.

A kitápláló megszakítók, valamint a hosszanti szakaszolók távvezérelhetőségét biztosítani kell, emellett szelektív módon, az egyes kapcsolóelemek celláról történő működtetését is meg kell valósítani. A kitápláló megszakítók esetében zárlatvizsgálóval végrehajtott, és zárlatvizsgáló nélküli parancsadás lehetőségét is ki kell alakítani. A rövidrezáró-földelő kapcsolóelemek távvezérlése nem megengedett, a vezérlést a peronvész áramkörnek kell biztosítani, de a celláról történő működtetés lehetőségét ki kell építeni.

Kábeles kapcsolatok kialakításával kell megvalósítani, hogy a középfeszültségű vontatási leágazások megszakítói, továbbá a pozitív és negatív betápláló szakaszolók működtetése csak megfelelő sorrendben legyen lehetséges. A pozitív leválasztó szakaszolók működtetését a hozzájuk tartozó kitápláló megszakító kint állásához kell reteszelni, a járműtelepeken a negatív leválasztó szakaszolók esetében a pozitív gyűjtősín feszültség nélküli állapotához kell reteszelni. Vontatási energiát előállító állomásokon a hosszanti szakaszolók működtetésének reteszfeltételét a hozzájuk tartozó két tápkörzet feszültség nélküli állapotához kell kialakítani.

A vontatási energiát elő nem állító állomásokon a reteszfeltételt a két érintett tápkörzet azonos potenciáljához kell kialakítani. A hosszanti szakaszolók automatikus kikapcsolásának lehetőségét ki kell alakítani, amelyet a peronvész rendszer indíthat el. A rövidrezáró-földelő kapcsolóelem bekapcsolását a hozzá tartozó kitápláló megszakító kint állásához, valamint a hozzátartozó tápkörzet feszültség nélküli állapotához kell reteszelni. A kitápláló megszakító bekapcsolását a hozzá tartozó rövidrezáró-földelő kapcsoló elem kint állásához kell reteszelni. A vontatási energiát elő nem állító állomásokon telepített összekötő megszakítók reteszfeltételét úgy kell kialakítani, hogy a bekapcsolás csak abban az esetben legyen lehetséges, ha a megszakító mindkét oldalán feszültség van. A jármű fenntartásra szolgáló létesítmények vágányait megtápláló teljesítmény kapcsolók és a hozzájuk tartozó földelő szakaszolók bekapcsolását az egymáshoz tartozó kapcsoló elemek kint állásához – egymáshoz és kölcsönösen - kell reteszelni.

5.4.5 Vontatási védelmek és védelmi rendszerek

A kitápláló megszakítókat felügyelő mezővezérlőknek tartalmaznia kell olyan védelmet, amely a beállított maximális áram esetén lép működésbe, továbbá olyan védelmeket, amely távoli nagy felfutási meredekségű áramok esetén, illetve nagy üzemi áramlökések esetén lépnek működésbe. A védelmi beállításokat hurokellenállás mérések, számítások alapján kell kialakítani és a beállított értékeknek biztosítani kell, hogy az állandósult zárlati áramértéket megelőzően történjen meg a kitápláló megszakító védelmi kikapcsolása. A mezővezérlőnek bármely védelmi működés esetén kioldó parancsot kell indítani a tápkörzetet megtápláló, szomszéd vontatási energiát előállító állomáson lévő kitápláló megszakító számára, illetve az onnan érkező védelmi kiparancs esetén biztosítania kell a védelmi kikapcsolást.

Peronvész működés és zárlati megelőző automatika működés esetén a mezővezérlőnek biztosítani kell a hozzá tartozó kitápláló megszakító kikapcsolását, peronvész működés esetén a bekapcsolás megakadályozását is. A tápkörzet zárlatvizsgálata érdekében a mezővezérlőnek kell a tesztáramkört működésbe hozni, és a gyűjtősínről a tápkörzetre, teszt ellenálláson keresztül juttatott feszültség viszonyait figyelni. Amennyiben a mezővezérlő zárlatra utaló feszültségesést érzékel, úgy több megismételt vizsgálatot követően, a bekapcsolást lehetőségét le kell tiltania, amelyet kiparanccsal kell feloldani.

A vontatási berendezések szekrényvédelmét úgy kell kialakítani, hogy amennyiben a negatív gyűjtősín cellában telepített sönt által megtáplált lineáris leválasztó erősítő jele eléri a beállított értéket, akkor védelmi készülék védelmi kioldást adjon az állomás valamennyi kitápláló megszakítója számára, valamint a szomszéd vontatási energiát előállító állomás azonos tápkörzetre tápláló megszakítóira.

A kitápláló kábelek épségét kábelzárlat-figyelő berendezéssel kell folyamatosan vizsgálni. A szigetelés romlása esetén a berendezésnek előjelzést, további romlás esetén kioldást kell adni a védelmi készüléken keresztül szelektíven az érintett kitáplálási oldal valamennyi kitápláló megszakítójára, valamint a szomszéd vontatási energiát előállító állomás azonos tápkörzetre tápláló megszakítóira.

A vontatási berendezések szekrényvédelmi működése, valamint kábelzárlat védelem működése esetén kioldó parancsot kell indítani az állomás középfeszültségű vontatási leágazás megszakítói számára. A középfeszültségű vontatási leágazások megfelelő védelmének működése esetén kioldó parancsot kell végrehajtani az állomás valamennyi kitápláló megszakítóira, valamint a szomszéd vontatási energiát előállító állomás azonos tápkörzetre tápláló megszakítói számára.

A felszínen lévő tápkörzeteket vontatási energiával ellátó állomások esetében olyan túlfeszültség levezető eszközt kell beépíteni, amely megfelel a villámvédelem követelményeinek.

Valamennyi állomáson telepíteni kell olyan berendezést, amely az állomáson a negatív potenciál és a földelő hálózat közötti feszültség viszonyait vizsgálja. Amennyiben a két pont közötti feszültség eléri az érintésvédelmi értéket, akkor a berendezésnek biztosítani kell a két pont összezárását, előbb többször rövid ideig, majd az erre a célra telepített kontaktorral tartósan. Az érintésvédelmi berendezésnek jelgyűjtőn keresztül kapcsolatban kell lenni a távfelügyeleti rendszerrel a védelmi működés jelzése érdekében. Az érintésvédelmi berendezésnek képesnek kell lenni a kóboráramok figyelésére, valamint a potenciál különbség értékek továbbítására is. Amennyiben a két állomás közötti távolság nagysága indokolja, úgy köztes elhelyezéssel külön kóboráramfigyelő berendezést kell telepíteni.

5.5 Kisfeszültségű segédüzemi energiaellátás berendezéseivel szemben elvárt követelmények

Az utasforgalmi állomásokon, járműtelepeken és a hozzá tartozó vonalszakaszokon telepített fogyasztók energiaellátását, vezérlő és működtető feszültségének előállítását a mindenkori érvényben lévő jogszabályi előírásoknak, szabványoknak megfelelő, a kor műszaki színvonalát tükröző, legkorszerűbb berendezésekkel kell megvalósítani.

5.5.1 Kisfeszültségű segédüzemi táphálózat kialakítása

A kisfeszültségű segédüzemi táphálózatot redundánsan kell kialakítani úgy, hogy két különállóan telepített, főelosztó-gyűjtősínből álljon, amelyek méretezését az 5.3.7 pontban leírt elvek alapján kell megvalósítani.

Az egyes főelosztó-gyűjtősíneket és a hozzá tartozó transzformátort külön főmegszakítóval kell összekötni. A két főelosztó-gyűjtősín összekötésének lehetőségét biztosítani kell egy megszakító és egy szakaszoló funkcióval rendelkező kapcsolóelemmel.

A főelosztó-gyűjtősín betáplálási pontokon, valamint minden világítási és energiafelügyeleti rendszer fogyasztói leágazásoknál külön fogyasztásmérőt kell kialakítani.

A főelosztó-gyűjtősínről megtáplált segédüzemi berendezések leválasztása és védelme céljából megfelelően méretezett kapcsolóberendezéseket kell telepíteni úgy, hogy a későbbi bővítés lehetőségét is figyelembe kell venni.

Az áramátalakító kiemelten fontos berendezéseihez szükséges energiaellátás biztosítására külön közös gyűjtősínt kell kialakítani. A közös gyűjtősín kialakításával az átkapcsolásokból adódó feszültség kimaradás hatását minimalizálni kell.

A különböző fogyasztók hálózatot terhelő meddő komponenseinek kompenzálására olyan berendezést kell telepíteni, amely a felharmonikus komponenseket is minimalizálja (aktív felharmonikus szűrés).

5.5.2 Kisfeszültségű segédüzemi elosztó berendezések

A főelosztó-gyűjtősíneket felül kell vezetni, a szekrényajtók mögött védőlemezes kialakítást nem szabad alkalmazni. A főelosztó-gyűjtősín betáplálási pontjainál a gyűjtősín földelésére alkalmas eszközt kell kiépíteni.

A későbbi bővítésekre tekintettel, az állomáson az aktív fogyasztási leágazások számának legalább 20%-át kitevő mértékben tartalék fogyasztói leágazást kell kiépíteni.

A főelosztóból elmenő kábelek csatlakozását úgy kell kialakítani, hogy a kábelek üzem alatt, szükségszerűen végzendő be- és kikötése ne igényelje a gyűjtősín feszültségmentesítését. Ennek érdekében a leágazás celláknak külön kábeltér kialakításúaknak kell lenni, és a kábel kötések nem lehetnek a leágazás megszakítók alsó oldalán.

Minden főgyűjtősín leágazás áramát mérni kell a középső fázisba épített áramváltó segítségével, a világítási és energiafelügyeleti rendszer fogyasztói esetében mindhárom fázisban telepített áramváltó segítségével.

A védelmi beállítások ellenőrzésére alkalmas mérési pontokat kell kialakítani a főelosztó- és fogyasztói leágazási cellákban. A főgyűjtősín betápláló megszakítók mindkét oldalán feszültségfigyelést kell kiépíteni.

A cellaajtókon a megszakítók vezérlésére alkalmas nyomógombokat, állásjelzés visszajelzéseket, valamint árammérő műszereket kell elhelyezni. Az ajtókon felirati táblákat kell elhelyezni a leágazások sorszámának és a megtáplált leágazások-, valamint a kezelő szervek funkcióinak megjelölésével.

A szünetmentes 220V DC egyenfeszültségű energiaellátást igénylő berendezések számára külön elosztót kell telepíteni. Ezek tápellátását az akkumulátor töltőberendezéseknek kell biztosítani. Szünetmentes egyenfeszültséget igénylő leágazások védelmét kismegszakítókkal, leválasztását az ajtóra szerelt és felirati táblákkal ellátott kézi működtetésű kapcsolókkal kell kialakítani.

Mindazon fogyasztók számára, melyek egyen- és váltakozó feszültségről is üzemeltethetők, külön elosztót kell telepíteni. Ennek tápellátását mindkét főelosztóból és az egyenelosztóból is el kell látni. A fogyasztók energiaellátását elsődlegesen a főelosztókból, annak hiányában az egyenelosztóból kell biztosítani. A leágazások védelmét kismegszakítókkal, leválasztását az ajtóra szerelt és felirati táblákkal ellátott kézi működtetésű kapcsolókkal kell kialakítani.

A biztonsági világítás fogyasztói számára inverter beépítésének lehetőségét fenn kell tartani.

5.5.3 Kisfeszültségű segédüzemi kapcsoló berendezések

A segédüzemi főelosztó-gyűjtősíneket betápláló és a gyűjtősín-összekötő kapcsolóelemeknek kikocsizható, ellenérintkezős kivitelűnek, mechanikusan és elektromosan működtethetőnek kell lenni.
A megszakítók zárlati szilárdságának illeszkednie kell az alkalmazott transzformátorhoz.
A leágazási megszakítókat mechanikusan és elektromosan működtethető módon kell kialakítani.

5.5.4 Kisfeszültségű segédüzemi vezérlés berendezése

A kisfeszültségű rendszer távvezérelhetősége érdekében külön vezérlőszekrényt kell telepíteni. A rendszernek képesnek kell lennie a segédüzemi kapcsolóberendezések távoli vezérlésére és felügyeletére, valamint helyi üzemmódot is ki kell alakítani a kezelendő berendezés előlapjáról. A rendszernek könnyen bővíthetőnek és karbantarthatónak kell lennie. Az összekötő szakaszoló kivételével, valamennyi főgyűjtősín megszakítót és leágazás megszakítót távvezérelhetővé kell tenni.
A rendszernek tartalmaznia kell megfelelő reteszeléseket, hogy megakadályozza a főelosztó-gyűjtősínek nem kívánt vagy veszélyes összekapcsolását.

A vezérlési rendszernek rendelkeznie kell átkapcsoló automatikával, amelynek össze kell fognia a két segédüzemi gyűjtősínt, ha az egyik gyűjtősín feszültsége a beállított érték alá csökken. Az átkapcsolásnak késleltetéssel kell megtörténnie a feszültségcsökkenés után. Ha a feszültség az időzítésen belül visszaáll a megfelelő értékre, az átkapcsolást meg kell szakítani. Ki kell építeni visszakapcsoló automatikát is.

Minden kapcsolóelemről állásjelzést kell kiépíteni a távvezérlő felhasználói felületen és a berendezések előlapján. A távvezérlő felhasználói felületen az átkapcsoló automatika élesítése és bénításának kapcsolása, valamint állapotának visszajelzése szükséges. Ezen felül a vezérlőszekrény ajtaján is láthatónak kell lennie, ha helyi üzemmódban van a vezérlés és az átkapcsolóautomatika kapcsolását is el lehessen végezni innen.

5.5.5 Kisfeszültségű segédüzemi védelmek és védelmi rendszerek

A főelosztó-gyűjtősínek betápláló megszakítóit túláram-idővédelemmel kell ellátni. A karakterisztikáját úgy kell méretezni, hogy mindkét főelosztó-gyűjtősín egyidejűsége esetén is megfelelő legyen. A rendszernek rögzítenie kell az eseményeket. Amennyiben védelmi kioldás történt, a hozzá tartozó középfeszültségű kapcsolóberendezésnek is ki kell kapcsolnia, valamint az átkapcsoló automatikának bénulni kell.

A főelosztó-gyűjtősín betáplálásokba és fogyasztó leágazásokba beépített védelmeket lépcsőzetesen kell kialakítani. Az egyes védelmi működésnek csak az érintett főelosztó-gyűjtősínre, illetve fogyasztói leágazásra kell hatással lenni. A leágazások védelmének az általa megtáplált alelosztó védelmével szelektíven kell működnie.

5.5.6 Szünetmentes energiaellátás

Mindazon berendezések számára, amelyek működtetését 220 V DC névleges feszültségre terveznek, az energiát szünetmentesen kell kialakítani. Ennek érdekében akkumulátor telepeket kell létesíteni, amelyek megfelelő állapotáról töltő- és egyéb szükséges berendezésekkel kell gondoskodni.

Az akkumulátor telepeknek a szünetmentes energiaellátást legalább egy kilencven perc áthidalással kell biztosítani.

Az akkumulátor telepeket és töltő berendezéseket úgy kell méretezni, hogy azok külön-külön, önállóan is biztosítani tudják az állomás energia igényét. A redundáns energiaellátás érdekében minden áramátalakítóban két akkumulátor telepet, valamint két töltő berendezést kell létesíteni, amelyek nem azonos segédüzemi gyűjtősínről kapnak megtáplálást. Alapüzemben minden töltőnek csak a hozzá tartozó akkumulátor telepet kell tölteni, de megfelelő kialakítással biztosítani szükséges a két akkumulátor telep összekapcsolhatóságát és egy töltővel történő üzemeltetés lehetőségét.

A telepített akkumulátoroknak hosszú élettartamú, zárt rendszerű, szelep-vezérelt ólom-sav, felitatott üvegszálas (VRLA, AGM) rendszerűeknek kell lenni, melyeknek teljes élettartama alatt szükségtelen a víz utántöltése, továbbá az egyirányú biztonsági szelepnek a rendellenes működés esetén ki kell engedni az akkumulátorban esetleg képződő túlnyomásos gázokat.

Az akkumulátorokat az áramátalakítók egy elkülönített helyiségében kell elhelyezni, amelyek számára a gyártómű által előírt klimatikus viszonyokat kell megvalósítani. A szellőző (klíma) berendezés meghibásodása esetén riasztás történjen az állomási SCADA rendszer irányába. Az akkumulátor helyiséget antisztatikus padlóval kell ellátni, amelyet a védő-összekötő rendszerbe kell bekötni. Az

akkumulátorokat jól megközelíthetően, lépcsős állványon kell telepíteni, a telepcsoportok és a blokkok feliratozása feltétlenül szükséges.

Az akkumulátor biztosítókat az akkumulátor helyiségen kívül, de az áramátalakítóhoz tartozó helyiségben kell elhelyezni.

Mindazon berendezések számára, amelyek 231 V névleges váltakozó feszültségű üzemre terveznek és szünetmentes energiaellátást igényelnek, olyan berendezéseket kell telepíteni, amelyek többszörös belső feszültségű átalakítóból állnak és a közbenső körben akkumulátort is tartalmaznak (UPS). A beépített akkumulátort úgy kell méretezni, hogy a rákapcsolt fogyasztók számára legalább egy óra áthidalást biztosítsanak.

A központi és állomási energiavezérlő berendezések tápellátását úgy kell megvalósítani, hogy azok átkapcsolási idő nélkül képesek legyenek átállni az AC, DC rendszerek, illetve az UPS által biztosított energiaforrásra.

5.6 Energiavezérlés berendezéseivel szemben elvárt követelmények

A metró energiaellátó berendezéseinek vezérlésére szolgáló rendszereket a mindenkor érvényben lévő jogszabályi előírásoknak, szabványoknak megfelelő, a kor műszaki színvonalát tükröző, legkorszerűbb berendezésekkel kell megvalósítani.

Az áramellátás felügyeleti rendszerét egységes eszközökkel kell megvalósítani. A meglévő vonalak bővítése, illetve új vonalak létesítése esetén a jelenleg működő technológiai rendszerhez kompatibilis eszközöket, vagy az új technológiát kell alkalmazni a jelenlegi rendszer helyett.

5.6.1 Áramellátás központi felügyeleti rendszer

A metró energiadiszpécser felügyeleti rendszernek kell biztosítani az áramátalakítókban telepített villamos berendezések távfelügyeletét. Az áramátalakító állomásokban lévő technológiai eszközök jelzéseit és mérési értékeit valós időben kell mutatnia. A távvezérelhető berendezések esetében a parancsadás lehetőségét biztosítani kell.
Az áramellátás központi felügyeleti rendszerének felújítása, vagy új rendszer telepítése esetén biztosítani kell a rendkívüli események utólagos vizsgálatához szükséges adatok rögzítésének lehetőségét az alábbi szempontok figyelembevételével:

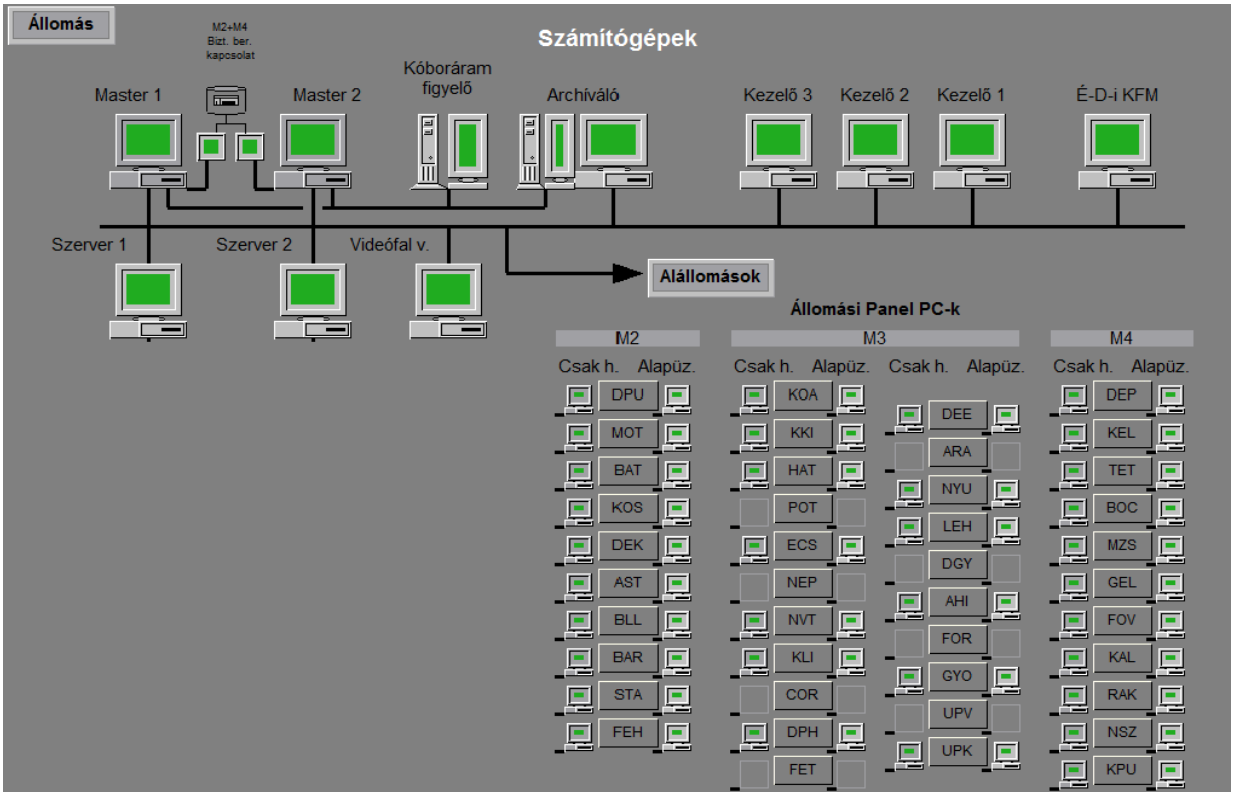
- peronvészkapcsoló működtetés,
- alagúti kioldó működtetés,
- feszültségmentes állapot adatai,
- reteszfeloldó működtetés,
- a feszültség alá helyezés parancs kiadásának naplóadatai,
- feszültség alatti állapot jelzési adatai.

A technológiai rendszer strukturális felépítése:

- a Master 1 és Master 2 számítógépnek kell biztosítani a rendszer futását, redundáns üzemben bármelyik számítógép kiesése esetén a másiknak teljes funkcióban kell ellátnia az üzemet,
- a kezelő számítógépnek a felügyeletet és a kezelés lehetőségét kell biztosítani,
- videófal vezérlő számítógépnek kell ellátni a panoráma monitorok képeinek megjelenítését,

- három egyenértékű kezelőhelynek kell biztosítani az energiadiszpécser számára a távfelügyeleti feladatainak ellátását, a felügyeleti rendszer a monitorokon megjelenített aktív képeken kezelhető billentyűzet és egér segítségével,
- az archiváló számítógépnek az eseménynapló tárolását kell végezni, valamint rendszer-adminisztrátori feladatokat kell ellátni,
- a kóboráram kezelőhely számítógép az érintésvédelmi, vagy kiegészítő kóboráramfigyelő berendezések mérései alapján a földfüggetlen hálózat földpotenciállal való záródásának feltételezhető helyét kell megbecsülni,
- az állomási távvezérlők Ethernet kialakítási kapcsolatát a Szerver 1, Szerver 2 számítógépek biztosítják,
- kizárólag tájékoztató jelleggel, a felügyeleti rendszer információit közvetlenül, vagy a biztosítóberendezés szerverein keresztül el kell juttatni a menetirányító számára,
- a központi felügyeleti rendszer elemei számára egységes, központi időkiszolgálót kell biztosítani, ami azonos időt mutat más alrendszerekkel.
-

A technológiai rendszer elemeinek kapcsolódása az alábbi összefüggési ábrán követhető végig.



5.6.2 *Állomási távvezérlő berendezések*

Az állomási távvezérlő berendezéseknek kell elvégezni az adott áramátalakító berendezéseinek állapotát megjelenítő információk összegyűjtését, a vezérlő parancsok továbbítását a távvezérelhető berendezések felé, és a biztosítania kell az adatkapcsolatot a központi felügyeleti rendszerrel. Az állomási távvezérlőknek Profibus rendszerű kapcsolatban kell kommunikálni a mezővezérlő, illetve jelgyűjtő berendezésekkel. Az állomási távvezérlők Ethernet kapcsolattal kell kommunikálni a központi felügyeleti rendszerrel. A felügyeleti rendszer központi kommunikációjának függetlennek kell lenni minden más Ethernet hálózattól. Amennyiben az adatátvitel egy vonalszintű, integrált speciális

adatátviteli hálózaton történik, akkor az energiavezérlő rendszer részére egy dedikált – kizárólag az energiatávvezérlő rendszer számára elkülönített – sávszélességet kell biztosítani.

Az állomások áramátalakító berendezéseinek alapvetően távvezérelt üzemben kell működni, ilyen esetben csak az energiadiszpécser központból lehessen parancsokat kezdeményezni, a jelzéseknek és a mérési értékeknek valós időben kell megjeleníteni a központi felügyeleti rendszerben.

A távvezérlőket úgy kell kialakítani, hogy lehetőség legyen helyi vezérlésre, ilyenkor csak a távvezérlő panel PC-ről lehessen parancsokat kezdeményezni, a jelzések és a mérési értékek valós időben jelenjenek meg a központi felügyeleti rendszerben.

A központi kapcsolat megszakadása esetén „helyi mester” üzemmódot is ki lehessen alakítani, ilyenkor csak a távvezérlő panel PC-ről lehessen parancsokat kezdeményezni. Csak a központi kommunikáció helyreállítása után lehessen a jelzéseket és a megtörtént eseményeket a központi felügyeleti rendszerben megjeleníteni.

5.6.3 Védelmes munkahely kialakítása

Az egyes megszakítókat befogadó cellákba telepített mezővezérlő berendezések védelmi funkcióit úgy kell kialakítani, hogy lehetőség legyen védelmi beállítások távolról történő ellenőrzésére és módosítására. Ennek érdekében a távvezérlő távfelügyeleti rendszerétől független hálózatot kell kialakítani az érintett mezővezérlő berendezések között, illetve az állomási távvezérlő és a központi felügyeleti rendszer között. A védelmi munkahely funkciókat a távfelügyeleti rendszertől különálló számítógépen, az energiadiszpécser központban telepített kezelő felületeken kell megjeleníteni és kezelni.

5.6.4 Vészleállító rendszerek

A vontatási energia hálózat szelektív lekapcsolása, továbbá földelése és visszakapcsolás elleni reteszelése érdekében, biztosítani szükséges az áramellátás vezérlő rendszerén kívül történő beavatkozás mindenkori lehetőségét.

A metró utasforgalmat lebonyolító állomásain az élet- és vagyonvédelem érdekében kockázatelemzés eredményétől függően peronvész kioldó rendszert kell kiépíteni. A peronvész kioldást úgy kell kialakítani, hogy a peronvész működtetés egyidejűleg hatással legyen az áramellátás és a biztosítóberendezés rendszerére.
A peronvész kioldás indítása céljából minden utasforgalmi állomáson perononként legalább 3-3, az állomások forgalmi ügyeletein, továbbá a menetirányítónál legalább 1-1 peronvész kioldó kezelési felületet kell kialakítani olyan módon, hogy a vétlen kezelés lehetősége minimális legyen.

A peronokon kialakított kezelési lehetőségeket ki lehet váltani automatikus indítású, más rendszerrel.

Peronvész kioldás esetén az adott utasforgalmi állomás peron melletti harmadik sínes tápszakaszának, valamint a menetirány szerinti megelőző tápszakaszának feszültségmentesítését kell biztosítani. Az állomás utasforgalmi jellegétől függően, szükség lehet ennél több tápszakasz feszültségmentesítésére.
A feszültségmentesítést kizárólagos sorrend szerint kell kialakítani

1. peronvész kioldás indítása,
2. valamennyi érintett egyenáramú kitápláló megszakító kikapcsolása,
3. a kitápláló megszakítókhoz tartozó rövidrezáró-földelő kapcsolóelemek bekapcsolása,

4. a pálya folyamatos feszültségmentességét biztosító visszakapcsolás elleni villamos reteszelés.

A visszakapcsolás csak a menetirányító hozzájárulásával, a reteszelés feloldása után történhet meg.

A peronvész kioldással egyidejűleg biztosítani kell, hogy az áthidalható harmadik sín szakaszra történő vonat ráfutás ne eredményezzen zárlatot a feszültség alatti és feszültségmentes tápszakaszok összezárásával.

Peronvész kioldás működése esetén olyan zárlati megelőző automatikának kell működni, amely minden feszültségmentes tápszakasz menetirány szerint megelőző és előtte lévő egy-egy tápszakasz valamennyi érintett egyenáramú kitápláló megszakítóját kikapcsolja, de az ezekhez tartozó rövidrezáró-földelő kapcsolóelemeket nem kapcsolja be.
A zárlati megelőző automatika által kikapcsolt tápszakaszokon reteszelésnek nem szabad megvalósulni. Az egyenáramú kitápláló megszakítók bekapcsolásának lehetőségét biztosítani kell.

A metró utasforgalmat lebonyolító állomásain a tápszakaszok üzemszüneti állapotban és üzemzavar esetén szükséges feszültségmentesítése érdekében alagútkioldó rendszert kell kiépíteni. Az alagútkioldást úgy kell kialakítani, hogy csak az áramellátás rendszerére legyen hatással, a biztosítóberendezés rendszerét ne befolyásolja.

A peronok végén, illetve mindazon helyeken, ahol a pályára történő belépés engedélyezett, alagútkioldó nyomógombokat kell telepíteni, amelyeket zárható dobozba kell szerelni.
Az alagútkioldás működtetése esetén a peronvész rendszernél leírt erősáramú hatásoknak a leírt kizárólagos sorrendben kell megtörténni.
A visszakapcsolás csak a menetirányító hozzájárulásával, a reteszelés feloldása után történhet meg.

A peronvész kioldás, az alagútkioldás következtében létrejött reteszelt állapot megszüntetését úgy kell kialakítani, hogy az csak a menetirányító hozzájárulásával történhessen meg. Az áramellátási rendszer feloldását az állomási forgalmi ügyeletes szolgálata számára kell lehetővé tenni.
A reteszelt áramellátási rendszer feloldása érdekében kezelő felületet kell kialakítani az állomási indítófülkében. Amennyiben a hírközlési feltételek alapján a feloldás lehetősége biztonságosan megállapítható, a kezelő felületet a forgalmi ügyeleten is lehet telepíteni. A kezelő felületet úgy kell kialakítani, hogy legyen jelzés az érintett tápszakaszok peronvész állapotáról, továbbá szelektív feloldás legyen elvégezhető.
Az áramellátási feloldását kizárólagos sorrend szerint kell kialakítani:

1. az áramellátás feloldása csak a menetirányító által végrehajtott feloldás után legyen lehetséges,
2. csak azon az állomáson legyen szükséges a reteszelés feloldása, ahol a peronvész-, vagy alagútkioldás történt,
3. az állomás bal- és jobb oldala külön, kihúzó esetén az is külön feloldható legyen.

Visszakapcsolás kizárólagos sorrendjét az alábbiak szerint kell kialakítani:

1. reteszoldó gombok megnyomásával a vészkioldó áramkörök feloldása,
2. a rövidrezáró-földelő kapcsolóelemek kikapcsolása,
3. az egyenáramú kitápláló megszakítók reteszelésének megszűnése,
4. a kitápláló megszakítók bekapcsolás lehetőségének biztosítása.

A metró járműtelepeken lévő tápszakaszok, valamint a jármű fenntartásra szolgáló létesítmény vágányainak szükség szerinti rendkívüli feszültségmentesítése érdekében vészkioldó rendszert kell kiépíteni. A járműtelep vészkioldó rendszernek a biztosítóberendezés rendszerére is hatással kell lenni.

A járműtelepi vészkioldás indítása céljából a járműtelepi forgalmi szolgálattevő helyen olyan kezelő felületeket kell kialakítani, amellyel a járműtelepen lévő tápszakaszokat, valamint a jármű fenntartásra szolgáló létesítmény vágányait feszültségmentesíteni lehet.

A jármű fenntartásra szolgáló létesítmény vágányai mellett, a vonatok mindkét oldalán, egymástól legfeljebb 40 méter távolságra vészgombokat kell telepíteni, amellyel a vágányokat lehet feszültség mentesíteni.

Járműtelepi vészkioldás esetén annak a tápszakasznak, illetve jármű fenntartásra szolgáló létesítmény vágányoknak a feszültségmentesítését kell biztosítani, amelyre a vészkioldás kezdeményezése történt.

A felső áramvezető sínes vágányok és futósínek feszültségmentesítését is meg kell valósítani rövidre záró-földelő kapcsolóelemek alkalmazásával.

A feszültségmentesítést kizárólagos sorrend szerint kell kialakítani:

1. vészkioldás indítása,
2. valamennyi érintett egyenáramú kitápláló megszakító kikapcsolása, illetve a jármű fenntartásra szolgáló létesítmény vágányok vontatási energiáját biztosító kapcsolóelemek kikapcsolása,
3. a kitápláló megszakítókhoz tartozó rövidrezáró-földelő kapcsolóelemek bekapcsolása, illetve jármű csarnok vágányok esetén a földelő szakaszolók bekapcsolása,
4. a pálya folyamatos feszültségmentességét biztosító visszakapcsolás elleni reteszelés megvalósulása, amely lehet villamos és/vagy mechanikus, ha azonban a reteszelés kialakítása mechanikus módon történt, akkor visszajelzést is ki kell építeni.

A visszakapcsolás csak a járműtelepi forgalmi szolgálattevő hozzájárulásával, a reteszelés feloldása után történhet meg. A visszakapcsolás kizárólagos sorrendjét a reteszfeloldásoknál leírtak szerint kell kialakítani.

A metróvonal valamennyi utasforgalmi állomásán és a járműtelepén telepíteni kell olyan berendezést, amely alkalmas a szükséges vészleállító rendszer áramköri megvalósítására.
A vészleállító rendszerek áramköri kialakítását az állomások, illetve járműtelep sajátosságai szerint külön-külön, egyedileg kell megtervezni, a forgalomirányítás igényei és az előírások figyelembevételével. A peronvész kioldás és az alagútkioldás megvalósítása egyazon áramköri kialakítással történjen meg.

A vészleállító rendszerek áramköri kialakítását az állomás egyéb vezérlését biztosító berendezéseitől fizikailag elkülönítetten kell megvalósítani, önálló kapcsolószekrényben kell megépíteni, amelynek magába kell foglalni minden szükséges aktív és passzív elemet, valamint a kábeles kapcsolatokat fogadó sorkapcsokat.

A vészleállító rendszerek áramköreit 48 V DC feszültségszintre kell megtervezni, a cellák vezérlését és jelzéseit 24 V DC feszültségszinttel kell megvalósítani. A vészleállító rendszer áramköreit magába foglaló kapcsolószekrényt az állomási energiavezérlő szünetmentes tápellátásáról, 48 V DC és 24 V DC feszültségekkel kell ellátni.

A vészleállító rendszerek áramköreit jelfogókkal kell megvalósítani olyan módon, hogy a vészkioldás kezdeményezése esetén a szükséges jelfogók gerjesztésének megszűnése eredményezze a megfelelő működést. Az áramkörök logikai kialakítását huzalozottan kell megvalósítani. A cella kapcsolatokat jelző-vezérlő kábelekkel kell kialakítani. Az adatkommunikációs kapcsolatot igénylő megoldásokat nem lehet alkalmazni.

Az egyes állomások vészleállító rendszereit magába foglaló kapcsolószekrények közötti kapcsolatokat kábelesen kell megvalósítani a vészkioldás és a zárlati megelőző automatika tekintetében egyaránt, a kábel erek anyaga csak réz lehet, és nem lehetnek kisebbek 4 mm^2 keresztmetszetnél.
Amennyiben a megvalósításra kerülő vészleállító rendszer áramkörének már működő vészleállító rendszer áramköréhez kell csatlakozni, akkor a már megvalósult berendezés paramétereivel kompatibilis megoldást kell megvalósítani a tervezés során.

Az egyenáramú megszakítók védelmi működése, valamint az állomás más védelmeinek működése miatt történű szumma kioldás esetén védelmi együttműködés (transzfer kioldás) funkciót kell kialakítani. A védelmek működése esetén az azonos tápszakasz egyenáramú megszakítóira kioldó parancsot kell generálni.
A tápszakaszok feszültségállapot jelzéseinek és a hosszanti szakaszolók állásjelzéseinek fogadását, az egyenáramú kitápláló megszakítók vezérlését és peronvész reteszelését, a rövidrezáró-földelő kapcsolóelemek vezérlését, reteszelését, továbbá állásjelzéseinek fogadását meg kell valósítani.

Az utasforgalmi állomások peron feszültségállapot jelzőinek, valamint az alagútvilágítás vezérlése érdekében minden tápszakasz vonatkozásában három feszültség állapot információt kell biztosítani a megfelelő világítási elosztóhoz:

- az adott tápszakasz feszültség alatti állapotban van,
- az adott tápszakaszon nincs feszültség és nincs földelt állapotban,
- az adott tápszakasz feszültségmentes (földelt és reteszelt) állapotban van.

A vontatási energiát elő nem állító állomások esetében biztosítani kell az információt a szomszéd vontatási energiát előállító állomások megfelelő rövidre záró-földelő kapcsolóelemeinek állásáról.

5.7 Kábelhálózat

A metró területén telepített különböző feszültségszintű berendezések erősáramú összekötését és a vezérlő berendezések összekapcsolását, a mindenkori érvényben lévő jogszabályoknak, szabványoknak megfelelő, a rendelkezésre álló legkorszerűbb kábelekkel szükséges megvalósítani. A metró utasterekben, üzemi terekben és alagutakban csak halogénmentes műanyag szigetelésű kábelek építhetők be.

5.7.1 Kábelhálózat kialakítása, követelmény rendszer

Az állomások kapcsolótereiben az erősáramú kábeleket az álpadló alatti térben, vagy kábelalagútban, alaktartó kábeltálcán rendezetten kell vezetni. Figyelemmel kell lenni a kábelek szükség szerinti cseréjére, illetve új kábelek befektetésének lehetőségére is. A vezérlő- és adatátviteli kábeleket ugyanígy, de az erősáramú kábelektől a lehető legnagyobb mértékben elválasztottan kell vezetni.

Az alagút oldalfalára kábeltartó szerkezetet kell telepíteni. Az alagúti kábeleket ennek megfelelően az oldalfalra szerelt kábelfogason, kábeltálcán, vagy funkciómegtartó kábeltálcán kell vezetni. Az áramellátási célokat szolgáló kábelek kábeltálcáját más szakterületek nem használhatják, az erősáramú és vezérlő kábeleket külön tálcára kell fektetni. A kábelek függőleges vezetése esetén rögzítő bilincseket kell alkalmazni. Valamennyi kábelt tartós kábeljelölővel kell ellátni a vonatkozó szabvány előírásainak betartásával. A lefektetett erősáramú, vezérlő és adatátviteli kábelekről pontos

kimutatást kell készíteni, amelyen fel kell tűntetni a kábelkötések szelvényszám szerinti pontos helyét is.

A tápforrás és a tűzeseti, valamint egyéb indokolt fogyasztók közötti kábelrendszer tűzhatás elleni védelméről gondoskodni kell. Erre olyan tűzálló kábelrendszert kell alkalmazni, amelynek működőképesség-megtartását vizsgálattal igazolták, és ezt Tűzvédelmi Megfelelőségi Tanúsítvány tartalmazza. Az alkalmazandó tűzálló kábelek tűzállósági osztályba sorolását a mindenkori előírásoknak megfelelően a tervezőnek kell meghatároznia.

A tűzszakasz határoknál, az egymással szomszédos helyiségeknél a kábeláttöréseket a tűz terjedését gátló, a hatályos tűzvédelmi előírásoknak eleget tevő anyaggal (eszközzel) kell lezárni. Ahol szükséges, ott a fal- és födém áttöréseknél légtömör szerelést kell alkalmazni.

5.7.1.1 Erősáramú kábelek

Az erősáramú kábelerek keresztmetszetének méretezését, illetve az erek anyagát a kábelhosszúság okozta feszültségesésre, valamint a megtáplált hálózat tervezett maximális áramfelvételére tekintettel kell kialakítani, de a kábeleknek el kell viselni a zárlati áram rövid idejű kialakulását is.

A kábelek szigetelésének anyagát az érvényben lévő jogszabályok, szabványok, hatósági előírások alapján kell megválasztani. A kábelereket préselt sarukkal kell ellátni és csavaros kötéssel kell csatlakoztatni a berendezésekhez. A kábelek szükség szerinti toldását alkalmazott technológiában előírtak szerint, toldó hüvelyekkel kell elvégezni.

5.7.1.2 Vezérlő és adatátviteli kábelek

A vezérlő kábel erek keresztmetszetét a kábel hosszúság okozta feszültségesés és a tervezett áramértek figyelembevételével kell méretezni. A vezérlő kábelek szigetelésének anyagát az érvényben lévő jogszabályok, szabványok, hatósági előírások alapján kell megválasztani.

A vezérlő kábel erek kötését sorkapocsban kell kialakítani. A kábelek szükség szerinti toldását kötődobozban kell elvégezni, a doboz felületén fel kell tüntetni a toldott kábelek jelét.
Az adatátviteli kábeleknek az alkalmazott technolóiával kompatibilisnek kell lenni, vezetését védőcsőben kell megoldani.

5.7.2 Védő-összekötő hálózat (EPH) kialakítása, követelmények

A metró állomásokon és járműtelepeken földelő kutakat kell kialakítani, amelyben földelő szondát kell elhelyezni, amelyet össze kell kötni a földelő hálózattal. Az metró állomások és járműtelepek földelő hálózatát a földelő szondákhoz rögzített, az alagutakban vezetett, megfelelő keresztmetszetű és felületkezelt acél sínnel kell összekötni. Az egyes sín darabokat hevederes kötéssel kell egymáshoz csatolni, a sínek csavaros kötése nem megengedett.

Az állomások üzemi tereinek falán folyamatosan földelő sínt kell vezetni, és védő-összekötő csomópontot kell kialakítani. A földelő sín méretezését az érvényes szabványok szerint kell meghatározni.

A segédüzemi transzformátorok csillagpontjait össze kell kötni a földelő hálózattal. Az állomásokon, járműtelepeken, valamint az alagútban lévő minden nagy kiterjedésű fém tárgyat csatlakoztatni kell a

földelő csomópontra, vagy hálózatra. A csatlakoztatást szorító kötésekkel kell megoldani, a csavaros kötés nem megengedett.

5.8 Üzemeltetés követelményei

5.8.1 Szükséges eszközök és tartozék berendezések

A villamosenergia-ellátásban dolgozók biztonságos munkavégzéséhez és az üzemvitelhez szükséges tartozék eszközöket a beruházás részeként kell biztosítani. A szükséges tartozék eszközök listáját az egyes új, konkrét létesítésekre vonatkozó feltételrendszerben kell rögzíteni.

Az áramátalakítókban telepített valamennyi erősáramú-, vezérlő- és védelmi berendezés meghibásodásának elhárítása érdekében, a beruházás részeként tartalék alkatrészeket- és berendezéseket kell biztosítani, melyeknek a beüzemeléstől számított 10 éven keresztül, a beépítettel megegyezőnek kell lenniük. A tartalék alkatrészek- és berendezések listáját az egyes új, konkrét létesítésekre vonatkozó feltételrendszerben kell rögzíteni.

5.8.2 Karbantartás követelményei

Az áramátalakítókban telepített erősáramú- vezérlő- és védelmi berendezések üzemeltetéséhez szükséges műszaki leírásokat, illetve oktatásra és karbantartáshoz szükséges technológiai utasításokat a beruházás részeként biztosítani kell.
A metró területén telepített összes terepi fogyasztó berendezés üzemeltetéséhez, fenntartásához szükséges akadálytalan hozzáférést (gyalogosan és járművel való megközelítést) biztosítani kell.

5.8.3 Tűzeseti többfokozatú lekapcsolás

A metró vonalakon és állomásokon keletkező tűz esetén, a villamosenergia-ellátás lekapcsolásának módját és menetét a beruházás részeként meg kell határozni, a tűzvédelmi hatósággal egyeztetni szükséges és ezt be kell jelenteni az illetékes katasztrófavédelmi hatóság számára.

A villamosenergiaellátás lekapcsolhatóságát négy fokozatban kell kialakítani az alábbi sorrendben:

1. vontatási energiaellátás lekapcsolása,
2. nem fontos segédüzemi fogyasztók lekapcsolása,
3. teljes 10 kV-os hálózat lekapcsolása,
4. teljes leválasztás az akkumulátor biztosítók kiszakaszolásával.

5.9 Kisfeszültségű segédüzemi fogyasztók energiaellátási rendszere

A kisfeszültségű segédüzemi energiaellátási rendszernek biztosítani kell azoknak a fogyasztóknak a megtáplálását, amelyek közvetlenül a vasúti vontatási energiaellátásban nem vesznek részt. A segédüzemi berendezések lehetnek erőátviteli és világítási berendezések.

A segédüzemi villamosenergia-elosztó hálózatnak sugaras kialakításúnak kell lenni, amely egy állomáskörzet területét látja el energiával. Egy állomáskörzet kisfeszültségű energiaellátását kizárólag egy áramátalakító táplálja. Az állomáskörzetek hálózatai önálló ellátási területként kell, hogy működjenek egymással nem kapcsolhatók össze.

Egy állomáskörzetnek magában kell foglalnia a metróállomás teljes területét és a metróvonal állomásai közötti műtárgyak területeit. Az egy áramátalakítóból táplált ellátási terület az állomás és az állomás előtti és utáni alagútszakaszok felezőpontjáig terjed. A körzethatárokat a vonali műtárgyak elhelyezkedése és a fogyasztói teljesítmények kell, hogy meghatározzák. A hálózatok közötti ellátási körzethatárok végpontjainak távolsága nem haladhatja meg az 50 métert.

A segédüzemi berendezések energiatáplálása a metró saját üzemeltetésű áramátalakítóinak kisfeszültségű, két gyűjtősínes kapcsolóberendezéséről kell, hogy történjen. A fogyasztókat tápláló elosztószekrények közvetlen tápláló kábelekkel csatlakozzanak a gyűjtősínes kapcsolóberendezésekre.

Az elosztószekrényeknek közvetlenül kell táplálniuk a fogyasztókat vagy a fogyasztók vezérlő-működtető szekrényeit. Az elosztószekrényeknek az energiaelosztás mellett a segédüzemi berendezések vezérlését, szabályozását és távfelügyeletét is el kell látniuk. A segédüzemi berendezések vezérlésének, szabályozásának és felügyeletének a táplált fogyasztó igényei szerint kell működniük.
Az elosztószekrények tápellátási körzetében az elosztószekrényekről leágaztatott alelosztói körzetek a területek ellátási igényeihez illeszkedve kerüljenek kialakításra.

Az állomásközi energiavételezési pontok megtáplálására egyik végén táplált törzskábelek telepítése szükséges. A törzskábelek nyomvonala a metróállomás áramátalakítóiból a vonali körzethatárig tartson. A törzskábelek két alagutas vonal esetén mindkét alagútban, keretalagút esetén az alagút két oldalán fussanak. Elágazó vagy összekötő alagutak berendezéseinek energiaellátását külön tápkábelekkel kell megoldani, törzskábelről szárnykábelezés nem alakítható ki.
A törzskábelek minden leágazása tokozott szekrényes kivitelű legyen, amelyeken a törzskábelek felfűzve, keresztmetszet váltás nélkül haladjanak tovább. A leágazó szekrények leágazásaiba védelmi készülékeket kell telepíteni.

Az erőátviteli elosztószekrények kettős, független kisfeszültségű megtáplálással kell, hogy rendelkezzenek, amelyek a két gyűjtősínes kapcsolóberendezésekre külön csatlakoznak. Az állomásközi vonali elosztószekrényeket közvetlenül az állomási áramátalakítókból kell megtáplálni.
Az elosztószekrényekben a két megtáplálást egy-egy megszakítónak kell fogadnia. A megszakítók után legyen kialakítva az automatikus átkapcsolóberendezés, amely az elosztó közös sínjére tudja kapcsolni valamelyik megtáplálást. Az átkapcsoló automatika villamos és mechanikus reteszeléssel is legyen ellátva. A fogyasztók megtáplálásai és az alelosztók a közös sínről védelmi készülékekkel kell, hogy leágazzanak.
Alap-üzemállapotban mindkét megtáplálás aktív. A betáplálások automatikus átkapcsolásának működési elve a következő legyen:

- A két betáplálás feszültségének egyidejű visszatérésekor az átkapcsolás mindig a kijelölt betáplálásra kapcsoljon.
- Valamelyik betáplálás kiesése esetén a másik betáplálásra automatikusan kapcsoljon.
- A kiesett betáplálás visszatérése esetén kapcsolás ne történjen, az eredeti betáplálás maradjon aktív.
- A betáplálások az elosztószekrények kezelőszerveiről és távkezeléssel is átkapcsolhatók legyenek.

5.9.1 Tápláló kábelhálózatok

A metró utasterekben, üzemi terekben és alagutakban csak halogénmentes műanyag szigetelésű kábelek építhetők be. A tápforrás és a tűzeseti, valamint egyéb indokolt fogyasztók közötti kábelrendszer tűzhatás elleni védelméről gondoskodni kell. Erre olyan tűzálló kábelrendszert kell alkalmazni, amelynek működőképesség-megtartását vizsgálattal igazolták, és ezt Tűzvédelmi

Megfelelőségi Tanúsítvány tartalmazza. Az alkalmazandó tűzálló kábelek tűzállósági osztályba sorolását a mindenkori előírásoknak megfelelően a tervezőnek kell meghatároznia.
A tápláló kábelek méretezésénél a feszültségesésen vagy teljesítmény veszteségen felül legalább 20% tartalék keresztmetszettel kell számolni.
A tápláló kábelek méretezésénél különös tekintettel kell lenni a fogyasztók által keltett felharmonikus áramokra.

5.9.2 Elosztószekrények

A metró üzemi területein csak tipizált elosztószekrények létesíthetők. Az elosztószekrények kivitelének meg kell felelnie a metró területén előforduló környezeti hatásoknak.
A metró területén előforduló környezeti hatások: szabadtéri környezet, magas portartalmú levegő, agresszív csurgalékvizek, nyomott vízsugár (alagút és kábelalagút mosás), gépolaj és egyéb kenőanyagok, rezgések, mechanikai hatások.

Az elosztószekrények ellenálló képessége legalább feleljen meg az IK08 mechanikai védelmi fokozatnak és az IP54 behatolás elleni védelmi fokozatnak. A különböző üzemi területeken egyedi mérlegelés alapján nagyobb védelmi fokozatokat kell alkalmazni.
A metró erőátviteli és világítási szekrényeinek jelöléseit a kialakult rendszer szerint kell alkalmazni. A jelölések első száma az állomás száma, amit az elosztó szerepe szerinti betűjel és az elhelyezés szerinti szám követ.

Elosztószekrények szerepe szerinti betűjelölések	
FCRD	Fan Coil vezérlő
E	Erőátviteli
H	Hírközlési
K	Elzárókapu
L	Felvonó (Lift) és ferdelift
M	Mozgólépcső
MÜVA	Műszaki ügyeletes vezérlőasztal
SK	Sorkapocs szekrény
SPLRD	Split légkondicionáló
TTV	Tűztabló vezérlő
V	Világítás
EÜ	Üzlet/Bérlemény erőátviteli

Erőátviteli elosztószekrények elhelyezésére utaló számok	
1	Felszíni kapcsolat
2	Feszítőkamra
3	Szociális blokk
4	Elektromos terek
5	Keresztalagút

6	Állomási főszellőző
7	Diesel tér
8	Felszíni kapcsolat II.
9	Feszítőkamra, pajzskamra
20	Összekötőcső állomás előtt
21	Összekötőcső állomás előtt
22	Összekötőcső állomás után
23	Összekötőcső állomás után
24	Vonali főszellőző összekötőcső állomás előtt
25	Vonali főszellőző állomás előtt
26	Vonali összekötőcső állomás után
27	Vonali főszellőző állomás után
28	Vonali raktár állomás előtt
29	Vonali raktár állomás előtt
30	Vonali raktár állomás után
31	Vonali raktár állomás után
32	Vonali fővízátemelő
33	Vonali fővízátemelő
34	Vonali fővízátemelő
41	Állomási JET ventilátor
42	Állomási JET ventilátor
43	Vonali JET ventilátor állomás előtt
44	Vonali JET ventilátor állomás után
51	Idegen fogyasztók I.
52	Idegen fogyasztók II.
61	Állomási segédüzemi szellőzés
81	Hűtőgépház
71	Vízköddel oltó (szelepvezérlő és nagynyomású szivattyúvezérlő elosztó)
82	Hűtőgépház

Világítási elosztószekrények elhelyezésére utaló számok	
1	Felszíni kapcsolat
2	Alagút világítás állomás előtt
3	Alagút világítás állomás után
4	Állomási világítás
5	Elektromos és üzemi terek

6	Állomási főszellőző
7	Diesel tér
8	Felszíni kapcsolat

5.9.3 Fogyasztói kábelhálózatok

A fogyasztókat és alelosztókat tápláló kábelekről kábeljegyzéket és nyomvonal tervet kell készíteni és naprakészen vezetni. A fogyasztók jelző-, működtető és mérőkábelei feszültségüktől függetlenül az erősáramú berendezések részét képezik, amelyekről külön kábeljegyzéket kell készíteni.
A minden kábelt a kábeljegyzék szerinti időtálló jelöléssel kell ellátni. A kábeleket fel kell jelölni az elosztószekrényeknél, a falátvezetések mindkét oldalán, a hosszabb szakaszokon legalább 50 méterenként és a célberendezésnél.

A kábeljelöléseknek utalniuk kell kábel feszültségszintjére.

Kábeljel kezdete	Feszültség és funkció
W04	400 V váltakozó áramú (energiaátvitel nincs jelölve)
W02	230 V váltakozó áramú 220 V egyáramú (energiaátvitel nincs jelölve)
WJ24	24 V jelzőkábel
WJ48	48 V jelzőkábel

A tápláló kábelek jelölésének tartalmaznia kell a forrás és a cél berendezés jelét is.

A fogyasztókat tápláló kábelek kizárólag a TN-S rendszernek megfelelő ötvezetős kábelek lehetnek. Négyvezetős kábelek új kivitelezés vagy átalakítások alkalmával nem telepíthetők.
A háromfázisú villamos energiaellátó hálózatokban követelmény a fázisok sorrendjének, valamint a nullavezetők és a védővezetők egyértelmű megkülönböztetése. A fázisazonosítást szükség szerint az áramátalakító kitáplálási pontjától indulva kell meghatározni és következetesen végig vezetni.

A fázisazonosításhoz a metrónál hagyományosan alkalmazott és a nemzetközi szabványoknak megfelelő vezetékszigetelések színeit kell alkalmazni.

Egy fázis esetén a vezetékszigetelések színe:

Vezető jele	Szín
L	Fekete vagy Barna
N	Világoskék
PE	Zöld/Sárga

Három fázis esetén a vezetékszigetelések színe:

Vezető jele	Szín
L1	Fekete
L2	Barna vagy Fekete
L3	Szürke vagy Fekete
N	Világoskék
PE	Zöld/Sárga vagy szigeteletlen
PEN	Zöld/Sárga szigetelésen Kék zsugorcső jelölés legalább kétszer*
* A vezeték mindkét végén	

5.9.3.1 Gépek és berendezések csatlakozásai

A helyhez kötött fogyasztók kábeleit csatlakozódobozokba kell érkeztetni. A csatlakozó dobozokból a berendezés csatlakozásának megfelelő hajlékony bekötőkábelt kell alkalmazni. A tervjellel ellátott csatlakozó dobozokban jelöléssel ellátott bontható kötéseket kell kialakítani.
A metró területein a villamosenergia-ellátó erősáramú (erőátviteli) kábelek és vezetékek keresztmetszete nem lehet kisebb mint 2,5 mm² CU, még akkor sem, ha a fogyasztó teljesítménye nem indokolja.

A világítások áramköreit csatlakozódobozokba kell kötni és a lámpákat hajlékony vezetékkel bekötni. Nem alkalmazható a lámpatesteken belül sorolt kötések kialakítása. A lámpatestek megtáplálását lámpatestenként kell egy kötődobozból megoldani.
A metró területein a világítási áramköri kábelek és vezetékek keresztmetszete nem lehet kisebb mint 1,5 mm² CU, még akkor sem, ha a világítási fogyasztó teljesítménye nem indokolja.

A kötődobozokon szintén alkalmazni kell a terveken feltűntetett jelöléseket. A feliratokra vonatkozó minőségi követelmény megegyezik kábeleken alkalmazottakkal.

5.9.3.2 Időszakos energiavételezések csatlakozásai

A hordozható berendezések villamosenergia ellátására dugaszolható csatlakozókat kell létesíteni a forgalmi vasúti pálya mentén, az alagutakban és alagúti műtárgyakban, az utasterekben és minden üzemi helyiségben.

A szolgálati helyeken, tartózkodókban és a szociális helyiségekben 2P+PE F típusú épületvillamossági dugaszolóaljzatokat kell telepíteni.

A műhelyekben és üzemi területeken egyfázisú és háromfázisú ipari csatlakozókkal szerelt dugaszolóaljzat táblákat kell létesíteni, amelyeket a csatlakozók névleges áramával egyező értékű kismegszakítókkal és áram-védőkapcsolókkal kell felszerelni. Egy dugaszolóaljzat tábla legalább 3×32 amper egyidejű áramigény kiszolgálására legyen alkalmas. A dugaszolóaljzat táblák hálózata felfűzött rendszerű, amely egyidejűleg legalább egy tábla teljes csatlakozási teljesítményét kiszolgálja. A tápponti védelem szelektivitását úgy kell megválasztani, hogy a rövid idejű nagyobb terheléseket elviselje. Egy felfűzött hálózatra maximum 5 dugaszolóaljzat tábla köthető.

A dugaszolóaljzat táblákat úgy kell elhelyezni a helyiségekben, hogy a közlekedési útvonalakat figyelembe véve, közöttük a legnagyobb távolság nem haladhatja meg az 50 métert.

A forgalmi pálya mentén vonali dugaszolóaljazatos csatlakozószekrényeket kell létesíteni. A szelvényezéshez igazodva, 100 méterenként kell telepíteni a vonali csatlakozó szekrényeket. A csatlakozó szekrények táplálása felfűzött törzskábeles hálózat. A csatlakozószekrényeknek alumínium tokozott vagy azzal egyenértékű szekrénynek kell lenniük. Egy csatlakozószekrény egyidejű 3×100 A leágazásán 1 db 3×63 A, 1 db 3×32 A, 1 db 3×16 A és 2 db 1×16 A ipari dugaszolóaljzatnak kell lennie.

5.10 Vezérlések, szabályozások, jelzések

Az üzemi folyamatokhoz az elosztószekrényekben vagy a fogyasztók vezérlőszekrényeiben kell kialakítani a fogyasztók automatikus működéséhez szükséges vezérléseket és szabályozásokat.
Az elosztószekrényekben és vezérlőszekrényekben a metrónál rendszeresített vezetékszigetelések színeit kell alkalmazni.

Szín	Feszültség [V]	Áramnem	Funkció és potenciál
Fekete	400/230	váltakozó	főáramköri fázisvezető (L1, L2, L3)
Világoskék	400/230	váltakozó	főáramköri nullavezető (N)
Kék-Zöld/Sárga	400/230	váltakozó	üzemi áramot vezető védővezető (PEN)
Zöld/Sárga	-	-	védővezető (PE és védőösszekötő)
Piros	230	váltakozó	működtető áramköri fázisvezető
Sötétkék	230	váltakozó	működtető áramköri fázisvezető
Szürke	220	egyen	fő- és működtető ák. táp pozitív vezető
Fehér	220	egyen	fő- és működtető ák. táp negatív vezető
Barna	24	egyen	működtető áramköri pozitív vezető
Citromsárga	24	egyen	működtető áramköri negatív vezető
Lila	48	egyen	működtető áramköri pozitív vezető
Zöld	48	egyen	működtető áramköri negatív vezető
Narancs	-	-	idegen törpefeszültség vagy mérőköri huzalozás

Az elosztószekrényeken kell elhelyezni a beavatkozó- és kezelőszerveket. A kezelőszervek lehetnek elektromechanikus készülékek vagy digitális operátorpanelek (HMI), illetőleg ezek együttesen.

Az irányítástechnikai funkcióval rendelkező elosztókon digitális operátorpanelek kialakítása szükséges, amelyek legalább 6-7’-os kialakításúak. Az elosztók felügyeletét (naplózás és trendek nélkül) meg kell valósítani ezen HMI paneleken, hogy a szigetüzemi kezelés megvalósulhasson. A megjelenítésnek és kezelésnek a kijelző panelek erőforrásainak és lehetőségeinek megfelelően kell részletesnek lennie. Az elektromechanikus kezelőszervekkel azonos funkciójú beavatkozásokat az egyértelmű kezelések érdekében az operátorpaneleken nem kell megvalósítani. Az elosztószekrények lámpás jelzéseihez kapcsolható áramkört kell kialakítani az energiatakarékosság érdekében. A jelzőlámpák működőképességének ellenőrzéshez nyomógombos lámpapróba áramkört kell kialakítani.
A budapesti metrónál a segédüzemi állapotjelzések színei egyediek, amihez alkalmazkodni kell.

Berendezésállapot	Jelzés színe
3. sín feszültség van	Sötét kék
3. sín feszültség nincs	Fehér
Elosztó tápfeszültség rendben	Fehér
Világítási kör kikapcsolva	Sötét zöld
Világítási kör bekapcsolva	Sötét piros
Gép áll (üzemképes)	Sötét zöld
Gép üzemel	Sötét piros
Zsalu, szelep, kapu nyitva	Sötét zöld
Zsalu, szelep, kapu zárva	Sötét piros
Hiba, jelzés zavar	Sötét sárga

A metró segédüzemi folyamatainak felügyeltére minden állomáson ki kell építeni egy műszaki felügyeleti munkahelyet. A műszaki felügyelet rendszere rendelkezzen a teljes metróvonal minden állomási és vonali segédüzemi berendezéséhez több munkahelyes központi felügyelettel. Az automatikus működtetéseket úgy kell létesíteni, hogy a felügyeleti rendszerektől függetlenül biztosítva legyen a működésük.

Az automatikus működtetéseket és a távfelügyeleti rendszerhez illesztést programozható logikai vezérlőkkel kell megvalósítani. A programozható logikai vezérlők azonos típusok és ki- bemeneteik egységesen 24 V egyenfeszültségűek legyenek. A programozható logikai vezérlők és az elosztó- és vezérlőszekrények operátorpaneljei közötti kapcsolatot úgy kell kialakítani, hogy a távfelügyeleti rendszer kommunikációs hálózatának fizikai leválasztása esetén is működőképes legyen.

Az elosztó- és vezérlőszekrények helyi kezeléséhez helyi szervizkapcsolót kell beépíteni, amely a távfelügyeleti parancsok fogadását biztonságosan tiltja, de az automatikus működtetésekre nincs hatással. A szervizkapcsoló állapotát a távfelügyeleti rendszerben meg kell jeleníteni.

A segédüzemi felügyeleti rendszer adatátviteli hálózata független, fizikailag zárt rendszereben üzemeljen. Biztonsági megfontolások miatt sem közcélú, sem nyilvános, sem pedig más vállalati hálózatokhoz nem csatlakozhat.

5.11 Mesterséges világítás

A metró területein az épített terek természetes fény hiánya, illetve az éjszakai munkavégzések megvilágítási szükségessége alapján kell, hogy meghatározásra kerüljön a világítási berendezések műszaki kiépítettsége, működése és azok fénytani jellemzői.

A világítási szempontból három fő területre vonatkozóan kell gondoskodni a megfelelő megvilágítási szint biztosításáról: szabadtéri, felszíni építmények és a felszín alatti építmények. A felszíni építmények belső világításának és felszíni térvilágításnak a természetes fényviszonyokhoz kell alkalmazkodnia.

A felszínalatti világítások alapelve, hogy az utasterek és üzemi terek még rendkívüli helyzetben sem maradhatnak világítás nélkül. A felszín alatti világítás kialakítását három fő területen kell megoldani: utasterekben, üzemi terekben, és az alagútban.

A felszínalatti és felszíni területek általános és biztonsági világításának teljesítenie kell a létesítéskor érvényes vonatkozó szabványok és a hatályos jogszabályok előírásait.

Minden mesterségesen világított területet üzemi és biztonsági világítással kell ellátni. Alapüzemben az üzemi és biztonsági világítások együtt biztosítják a teljes világítást. A biztonsági világításoknak együttesen kell biztosítaniuk a menekülési utak megvilágítását és a pánik elleni világítást.

A felszínalatti és a természetes fénnyel nem rendelkező területeken belülről megvilágított menekülési útirányjelző biztonsági jeleket kell létesíteni és üzemeltetni a vonatkozó szabványok és jogszabályok műszaki előírásai szerinti kivitelezéssel.

A felszín alatti utasterekben a menekülési útirányjelző biztonsági jelek mellett a járófelületbe süllyesztett belső világítású útirányjelzőket kell telepíteni. A süllyesztett útirányjelzőket a vészhelyzeti kiürítési tervek szerinti formában és módon kell kiépíteni.

Egy világítási területen belül az üzemi és biztonsági világítási áramkörök közös kapcsolóáramkörrel legyenek kialakítva és a közlekedési útvonalaknak megfelelően, szükség szerint több helyről, helyben is kapcsolhatók legyenek. A nagy területek, mint az utasterek vagy az alagutak világítása központi kapcsolhatósággal kerüljön kialakításra.

Az üzemi világítások számára egyfázisú váltakozó feszültségű lámpák telepítése szükséges. A biztonsági világítás céljára felszerelésre kerülő lámpatesteknek egyfázisú váltakozó feszültségű és egyenfeszültségű megtáplálásra is alkalmasnak kell lenniük.
Az üzemi világítás részére az egyfázisú lámpákat a háromfázisú váltakozó feszültségű hálózatra szimmetrikusan kell csatlakoztatni. Az üzemi világítások lámpáit a területi adottságok alapján több sorban vagy fénypont hálózatban úgy kell elhelyezni, hogy egy vagy több fázis kiesése esetén a csökkent megvilágítás területi eloszlása egyenletes legyen.

A biztonsági világítások lámpáit a fénypont hálózatban úgy kell elhelyezni, hogy a menekülési utak, a kijáratok területei és a pánik elleni világítási értékek megfeleljenek a vonatkozó szabványok és jogszabályok műszaki előírásainak.

A szünetmentes áramellátást a 220 V névleges feszültségű egyenáramú állomási, kettős akkumulátortelepnek kell szolgáltatnia egy állomáskörzeten belül. A világítási elosztószekrények folyamatos 220 V-os egyenfeszültségű táplálással kell, hogy rendelkezzenek az áramátalakító egyen elosztón keresztül. A világítási elosztók több egyen áramkörre elosztva kell, hogy táplálják a belülről megvilágított menekülési útirányjelző lámpákat.

A világítási elosztók biztonsági világítási áramkörei az áramátalakító egyen-váltó elosztóról kerüljön megtáplálásra. Alap üzemben az egyen-váltó elosztó háromfázisú váltakozó feszültségű üzemi táplálást kell, hogy biztosítson a rákötött fogyasztók számára. Üzemzavar esetén a háromfázisú leágazások, mindhárom fázison egyenáramú táplálást kell, hogy kapcsoljanak. A világítási elosztók biztonsági világítási áramkörei az egyen-váltó elosztó által szolgáltatott feszültségnem szerinti táplálást kell, hogy kapják, amelyek fogadására alkalmasnak kell lenniük.

5.11.1 Utasterek világítása

Az utasterek világítását az építészeti megoldásokkal összhangban úgy kell kialakítani, hogy azok biztosítani tudják a biztonságos közlekedéshez (utasforgalom) és a tájékozódáshoz szükséges egyenletes megvilágítást. Az utasterek világításának kialakításánál törekedni kell arra, hogy az

alkalmazott belsőépítészeti megoldások ne nehezítsék, illetve ne akadályozzák a későbbi világítás karbantartási, javítási munkák elvégzését.

A betervezésre kerülő lámpatestek lehetőleg tipizáltak legyenek, kerülni kell az egyedi megoldásokat. Az alkalmazott utastéri világítótestek kialakításának biztosítaniuk kell az egyszerű külső és belső tisztíthatóságot, a karbantarthatóságot, a javítást és az egyszerű cserélhetőséget.

Tilos a vizuális ingerkeltő fényerő vagy szín változtató díszítővilágítások tervezése és létesítése. Tilos olyan világítások tervezése és létesítése, amelyek torzítják a belső terek helyes érzékelését. Kerülni kell a felületeket súroló fényhatásokat, amelyek kiemelik a felületi egyenetlenségeket és a felületek koszolódását.

5.11.2 Alagútvilágítás

A kialakításra kerülő alagút világításnak az alábbi területek megvilágítását kell biztosítania:

- alagút,
- közvetlen állomás bejárat előtti és utáni szakaszok (adaptációs világítás),
- váltókörzetek,
- kihúzó és fordító vágányok és egyéb üzemi járdák,
- vonali műtárgyak.

Az alagútvilágítások áramkörei az állomási körzethatáron belül kell, hogy táplálják a világítási területeket.
Az alagútvilágításnak biztosítania kell a biztonsági világítás, a kiegészítő világítás, az üzemi világítás funkcióit is. Az alagút világítási lámpatesteket az alagút falára 10 méterenként kell telepíteni úgy, hogy az alagút két oldalára szerelt lámpatestek 5 méteres eltolással helyezkedjenek el. Az alagúti világítás összes lámpatest számának 1/3-a képezze az alapvilágítást, a kiegészítő világítást a 2/3-a, ami azt jelenti, hogy két kiegészítő világítási lámpát egy alapvilágítási lámpának kell követni.
Az alagutak két oldalán a lámpákat úgy kell elhelyezni, hogy az alap és a kiegészítő világítások együttes megvilágítási egyenletesége 1:5 aránynál eltérőbb ne legyen.
Az alagutak közepes megvilágítási értéke a sínkorona szinten nem lehet kisebb, mint 25 lux.
A pálya forgalom és feszültség alatti időszakában az alap- és kiegészítő világítás nincs bekapcsolva. A pálya feszültségmentes földelt üzemállapotában az alap- és kiegészítővilágítás automatikusan fel kell, hogy kapcsolódjon. Az alapvilágításnak olyan kialakításúnak kell lennie, hogy az a pálya forgalom és feszültség alatti üzemétől függetlenül távkapcsolással mindig felkapcsolható legyen.

Az alagút világítás részét képezik a menekülőjárdák világításai. A menekülőjárdák járófelületén legalább 50 lux közepes megvilágítási értéket kell biztosítani.

A vonali műtárgyak világítása az alap- és kiegészítő világítási áramkörökre kapcsolószekrénnyel csatlakozzanak. A kapcsolószekrényeknek a műtárgyak üzemi világítását a kiegészítő világításról kell, hogy megtáplálják. Ha a kiegészítővilágítás nem üzemel, akkor a műtárgyak világítását az alapvilágítási hálózatról kell biztosítani. A vonali műtárgyak teljes világítása minden bejáratnál kapcsolható legyen. A vonali műtárgyak átlagos megvilágítási értéke 100 lux-nál kevesebb nem lehet, amelyet ki kell egészíteni a gépekre és munkaeszközökre vonatkozó megvilágítási előírásokkal.

A váltókörzet világítások az alagút világítástól független, külön áramkörökről kerüljenek megtáplálásra. A váltókörzet világításokat távkapcsolással lehessen működtetni és közepes megvilágítási értékük a sínkorona szinten nem lehet kisebb, mint 120 lux.

A kihúzó és fordító vágányok üzemi járdák világítása helyben, a bejárási útvonal szerint több helyről kapcsolható módon legyen kialakítva. A járdák közepes megvilágítási értéke a járófelület szintjén nem lehet kisebb, mint 50 lux.

A felszín alatti állomások előtt és után adaptációs világítást kell kiépíteni az alagútban. Az állomási adaptációs világításokat legalább 50 méter hosszon úgy kell kiépíteni, hogy a fehér, illetőleg a fekete vakságot kiküszöböljék a járművezetők számára. Az adaptációs megvilágítási értéke nem lehet nagyobb, mint az állomások megvilágítása és úgy kell biztosítania a folyamatos fénysűrűség változást, hogy a pályaszakaszra előírt sebesség függvényében villogás mentes legyen.
A forgalmi alagutak felszíni be- és kijáratánál az adaptációs világítások fénysűrűségét és hosszát a természetes fényviszonyokhoz kell méretezni.

A pályamenti világításoknál figyelembe kell venni, a forgalmi, a vasútbiztosító és a vontatási energiaellátással kapcsolatos üzemi többletigényeket is.

Az üzemkezdet előjelzés céljából olyan jelzőkürtöket kell felszerelni, amelyek 100 decibel hangerőt képesek kiadni. A jelzőkürtöket a bal és jobb alagutak bejáratánál, az állomás mindkét végén el kell helyezni, keretalagutak esetében csak egy jelzőkürtöt kell felszerelni. A jelzőkürtök vezérlést úgy kell kialakítani, hogy azok csak feszültségmentes pálya esetén tudjanak működni, és a hangjelzési ütemek alatt az alagutakban az alapvilágítás lámpatestei villogóan adjanak fényt. A hangjelzés ütemét a mindenkor érvényes F2 Forgalmi Utasításban leírtak szerint kell kialakítani.

Az áramszedő sínek (3. sín) tápkörzeteinek feszültségállapotait jelző lámpákat kell elhelyezni az alagúti lejáratoknál. Nem kell feszültségállapot jelző lámpát telepíteni azokhoz a pályára vagy alagútra nyíló szállítási ajtókhoz, amelyek kizárólag üzemszünetben, a szállítás idejére nyithatók ki.

A metró 3. sín feszültségállapot jelzői három állapotot jelenítsenek meg, az alábbi jelentéstartalommal:

kék lámpa	fehér lámpa	Jelentés	Értelmezés
nem világít	világít	földelt feszültségmentes állapot	a pályára lépés az F2. forgalmi utasítás szerint lehetséges
nem világít	villog	földeletlen kikapcsolt állapot	a pályát feszültségalattinak kell tekinteni
világít	nem világít	feszültség alatti állapot	a pályát feszültségalattinak kell tekinteni

Minden peron végén, azaz a menetirány szerinti bejáratnál két feszültségállapot jelzőt kell felszerelni és üzemeltetni. A feszültségállapot jelzőket a belső építészeti tárgyba úgy kell beépíteni, hogy azok kiszereléssel is javíthatók legyenek. A peronvégi feszültségállapot jelzők a peronoldalhoz tartozó 3. sín tápszakaszok alagúti és peron szakaszinak feszültségállapotát jelezzék. A feszültségállapot jelzőket a PERON és ALAGÚT azonosító feliratokkal kell ellátni.
A feszültségállapot jelzők 250 mm × 200 mm méretű nyitható fémdobozok, amelyek ajtajába felül kék, alul fehér színű, 95 mm × 40 mm méretű üveglapok legyenek szerelve.

5.11.3 Üzemi terek világítása

Az üzemi területeken a technológiai folyamatokhoz szükséges megvilágítást kell biztosítani, különös tekintettel a munkát végzők biztonságára. Az üzemi területek és szolgálati helyek áramköreit

helyiségenként, az üzemcsarnok jellegű építményekben munkaterületenkénti kapcsolhatósággal kell működtetni.

5.11.4 Felszíni pálya világítása

A felszíni pálya világítás feladata olyan látási feltételek biztosítása, amely az éjszakai üzemszüneti időszakban lehetővé teszi a vágánytérben és környezetében a biztonságos gyalogos közlekedést. Vasúti forgalmi szempontból az alakfelismerés és a térbeli látás biztosítása a mérvadó. A pályavilágításnak nem feladata a színvisszaadás és észlelés biztosítása.

A horizontális pályavilágítást a pálya mellett felállított egy vagy több karos oszlopokra szerelt megfelelő fényeloszlású lámpatestekkel kell biztosítani.

A pályavilágítást három fázison szimmetrikusan kell elosztani, hálózata felfűzött rendszerű földkábeles hálózat. A világítási oszlopokban kell elhelyezni a kábelfogadó kapcsokat, a túláram-védelmi készüléket, az áram-védőkapcsolót és túlfeszültség levezetőt.

A lámpaoszlopokat villámvédelmi, illetőleg egyéb villamos szempontok szerinti egyedi védőföldeléssel kell ellátni.

A pályavilágítás rendelkezzen a táppontban alkonykapcsoló berendezéssel, szerviz üzem kapcsolóval. A térvilágítás működéséről jelzést, valamint az alkonykapcsoló meghibásodásának esetére egy kézi bekapcsolás lehetőségét szükséges biztosítani a térfelvigyázó, vagy KFM helyiségben.

5.12 Váltófűtés

A villamos váltófűtés létesítésének célja, hogy téli időjárási körülmények között megakadályozza a váltó mozgó részein a biztonságos működést gátló hó- és jégbevonat képződését, valamint a fémfelületek összetapadását a hideg hatására, ezzel biztosítsa a vonatforgalom biztonságos lebonyolítását.

A váltófűtő berendezés olyan kialakítású legyen, hogy a fűtést mindaddig lehetővé tegye, amíg a betápláló energia rendelkezésre áll.
Elvárás, hogy: távfelügyeleti adatkapcsolat, a kezelő- visszajelentő egység, a helyi adatkommunikáció, a csapadék- és hőmérséklet-érzékelők, valamint a szabályzóegység meghibásodása esetén a berendezésnek továbbra is fűtenie kell, tehát szükséges egy kézi üzemállapot létrehozása, amely minden vezérlést felülbírál. A kapcsolás lehetőségét biztosítani kell huzalozott kialakítással a KFM, a térfelvigyázó és a váltófűtés betáplálását biztosító elosztónál. Az elosztóban biztosítani szükséges egy priorizált helyi üzem előállítását, amely a távoli kezelés minden formáját kizárja.

A metró felszíni vezetésű részein, ahol a szerelvények fékezési szakaszaiban felmerülhet kritikus megcsúszás veszélye, ott meg kell vizsgálni egyedi sínfűtés telepítésének a szükségességét. A sínfűtés megvalósítására, műszaki paramétereinek a meghatározására, csak a tervező által elvégzett kockázatelemzés eredményétől függően indokolt esetben kerülhet sor.

5.12.1 A kezeléssel és a távfelügyelettel kapcsolatos általános követelmények

A váltófűtés üzemmód szerint rendelkezzen kikapcsolt, automata, folyamatos és szerviz üzemmel.

A fűtött kitérők képernyős munkahelyen történő megjelenítése szükséges. Az egyes fűtési csoportok kialakítása a forgalmi és műszaki szempontok alapján kerüljön megtervezésre.

A váltófűtési rendszernek önállóan kell működni egy központi helyen elhelyezett szabályozóegységről. A működésről a bekapcsolás után küldjön egy állapot jelzést a távfelügyeleti helyre és ezt a jelzés folyamatosan biztosítsa.
A váltófűtő rendszernek önállóan kell tudni megvalósítani az összes szabályzási paraméter érzékelését, valamint az üzemeléshez, szabályzáshoz szükséges funkciót, továbbá a helyi adatkommunikáció- és a lekérdezés lehetőségét.

A villamos váltófűtő berendezés helyi kezelés nélküli autonóm üzemre legyen képes a távfelügyeleti rendszerhez kapcsolódva. A távfelügyelet kiesése (adatátviteli út hibája, vagy a központi képernyős munkahely hibája) nem okozhat a váltók fűtésében fennakadást.

A villamos váltófűtő berendezések üzembiztonsági alapelve: a villamos váltófűtési vezérlő – amennyiben betáplálásán a villamosenergia rendelkezésre áll, és az energia-elosztó kábel hálózat sértetlen – mindig tegye lehetővé a váltók fűtését. Ezért a szabályozó rendszer hibája esetén a berendezésnek automatikusan a „Folyamatos” üzemmódba kell kerülni, amelyben a fűtés folyamatosan működik.

5.12.2 A villamos váltófűtő berendezések kialakításának követelményei

A berendezés feszültség alá helyezése vagy a feszültség visszatérése után automatikusan kapcsoljon be az előre beállított bekapcsolási feltételek fennállása és az üzemmód választó „Automatikus” állása esetén, és meghatározott értékek között történő szabályozással biztosítsa a kitérő működőképességét.
A váltófűtő berendezés szabályozó rendszere minél kevesebb elemből álljon. A villamos váltófűtő berendezés üzemszerű kezelést ne igényeljen.

A villamos váltófűtő berendezés meghibásodása nem okozhatja a biztosítóberendezés zavarát.

A szabadtéren elhelyezett szekrények legalább IP 65 védettségűek, időjárásnak ellenállóak, nem korrodálódó anyagúak, és vandálbiztosak legyenek.

A fűtendő hossz a kitérő rendszerének megfelelő legyen. A fűtendő hosszat úgy kell meghatározni, hogy a csúcssín előtti aljköztől (de, legalább a csúcssín előtt 10-30 cm-től) kiindulva kell a fűtőtesteket felszerelni.
A fűtőtestet és – ha van – a fűtőtest csatlakozó dobozt, valamint a hozzácsatlakozó kábeleket gépi szabályozás esetén könnyen le, és fel lehessen szerelni.

Vályúaljas váltók létesítésekor – amennyiben az szükséges – a vályúalj(ak) fűtését is meg kell valósítani.

Valamennyi villamos berendezés, tokozott stb. rendelkezzen minőségi bizonyítvánnyal, vagy ezzel egyenértékű, a gyártó és/vagy forgalmazó által kiállított megfelelőségi nyilatkozattal.

A tervezett berendezés érintésvédelme feleljen meg a vonatkozó szabványoknak.

A fűtés működőképességének ellenőrzése a fűtőtestek üzemi áramának ellenőrzésével történjen, nem megengedett a képzett jelzések alkalmazása.

A váltófűtő berendezés váltófűtési körzetenként legyen ki-bekapcsolható.
A tervezett berendezés túláram-védelme feleljen meg a vonatkozó szabványoknak, előírásoknak.
A váltófűtés vezérlő szekrénytől elmenő kábelek zárlatvédelmére alkalmazott kismegszakítókkal a leválaszthatóságot is meg kell oldani.

5.12.3 Vezérlési követelmények

A villamos váltófűtő berendezés képernyős munkahelyen telepített vezérlő- és kommunikációs központi egysége, a teljes rendszer működésére jellemző adatokat (működéseket, az azt kiváltó paramétereket, az üzemállapotban történt változást) képes legyen naplózni és legalább 1,5 évig ezen adatokat tárolni (a memória bővíthető legyen).

A váltófűtési berendezésnek három – „Ki”, „Folyamatos”, „Automatikus” – üzemmódja és egy úgynevezett. „Szerviz” állapota legyen. Az üzemmód választó kapcsolóval egyrészt a váltófűtési vezérlő szekrényben, vagy a betáplálási elosztóban, másrészt a központi képernyős munkahelyen nem szoftveres megoldással meg kell teremteni az üzemmód választás lehetőségét. Hierarchia szempontjából mindig a felsorolás sorrendje szerint a kitérőkhöz közelebbi helyen levő kapcsoló állása legyen a meghatározó.

A villamos váltófűtő berendezés működőképességének ellenőrzése céljából a váltófűtési vezérlő szekrényben a rendszert úgynevezett „Szerviz” állapotba lehessen állítani, ezt a kapcsolót semmilyen távvezérlő, vagy fizikai távkapcsoló nem bírálhatja felül. Ennek során megvalósul a váltófűtési vezérlő szekrényben az a helyzet, melyben a szabályozó egység szándékolt megkerülésével az összes fűtőtestnek fűtenie kell. (Ebben az esetben a „Folyamatos üzemállapot” -ban előírt független felső hőmérséklet-korlátozás is ki kell iktatni.)

Az „Automatikus” üzemmódban a sínhőmérséklet érzékelők és a környezeti érzékelők jeleit a kiértékelő elektronikának kell kiértékelni és a kezelőszemélyzet beavatkozása nélkül kell tudni a fűtést szabályozni.

A szabályozás alapelve, hogy lehűlés esetén +3°C fűtetlen sínhőmérséklet értéknél engedélyezze a szabályzó működését. A környezeti hőmérséklet emelkedése esetén - amennyiben a fűtetlen sínhőmérséklet eléri a +10°C–ot - a szabályozás működési feltételét szüntesse meg.
A fűtött sínhőmérséklet szabályozási tartománya +3°C bekapcsolási hőmérséklet és +8°C kikapcsolási sínhőmérséklet legyen. A csapadék-érzékelő a szabályozást úgy változtassa meg, hogy a kikapcsolási sínhőmérséklet +15°C legyen.

A szabályozás alapjául szolgáló paraméterek:
Fűtött sín hőmérséklet
Nem fűtött sín hőmérséklet
Környezeti hőmérséklet (a szabályzótól független +10°C fokos felső határolás funkció megvalósításához, ugyanis +10 C fokos levegő hőmérséklet esetén a berendezésnek semmilyen körülmények között sem szabad fűtenie.).

Az automatikus szabályzó rendszer zavara esetén a „Folyamatos” üzemállapotot emberi beavatkozás nélkül is fel kell vegye a rendszer, azonban erről a távfelügyelet irányába küldjön jelzést. Amennyiben ez mégsem következne be, akkor a képernyős felügyeleti munkahelyről is legyen lehetőség „Folyamatos üzem” -be történő átállításra. A „Folyamatos” üzemmódban szabályozás nélkül minden váltófűtőtestnek folyamatosan fűtenie kell. A „Folyamatos” üzemmódban a szükségtelen tartós bekapcsolás elleni védelmet úgy kell megvalósítani, hogy a váltófűtési körzetvezérlő kapcsoljon ki

+10°C környezeti hőmérséklet esetén egy a szabályzó rendszertől független felső korlátozás megvalósításával.

A képernyős munkahely kezelőfelülete számítógépes megjelenítésű legyen.
A képernyős munkahelyen a beállított értékek és az aktuális állapot lekérdezésére, valamint a „Folyamatos" üzemmód felvételére szóló parancs kiadására legyen lehetőség. A szabályozási paramétereket a helyszínen lehessen hordozható számítógép segítségével beprogramozni. Az üzembiztos működés érdekében a felhasználók ne tudjanak szabályzási értékeket átállítani.

A villamos vontatásnál fellépő üzemi és zárlati áramok zavaró hatása ne befolyásolja a rendszer üzembiztos működését.

A berendezés állapot- és zavarjeleinek távoli helyről történő lekérdezéséhez a vezérlő- és kommunikációs egység legyen alkalmas a távfelügyeleti- és diagnosztikai rendszerhez való szabványos egységes protokoll szerinti illesztésre.

A vezérlés feszültségszintje egységesen és mindenhol 24 V DC földfüggetlen legyen.
A vezetékes jelátviteli vonalat is túlfeszültség-védelemmel kell ellátni.

5.12.4 A képernyős munkahely számítógépes felületén megjelenítendő információk

A fűtött váltókörzetek torzított helyszínrajzán (esetleg görgethetően, de mindenképpen lapozhatóan) legyen megjelenítve az egyes kitérők fűtésének üzemállapotát érzékeltető színezett szimbólum.
Hiba esetén az aktuális váltókörzet jelenjen meg automatikusan a képernyőn.
A betáplálási elosztó és/vagy a váltókörzet vezérlő szimbólumára kattintva legyenek leolvasható fűtött sínhőmérséklete, fűtetlen sín hőmérséklete és a környezeti hőmérséklet.
Az alábbi információk is kerüljenek megjelenítésre:

- A csapadék-érzékelő állapot jelzése,
- A szabályzási algoritmus alapján a fűtés engedélyezett,
- A váltókörzetek üzemmódja (Ki – Folyamatos – Automatikus-Elosztó szerviz üzemben).

A váltó szimbólum színezésével kell jelezni a váltó fűtésének pillanatnyi állapotát, amikor a színek jelentése a következő legyen:

- villogó vörös: még nem nyugtázott hiba,
- vörös: nyugtázott hiba,
- zöld: a szabályozás a fűtést bekapcsolta
- a váltó fűtése kezelő által kikapcsolva háttér színtől függően fehér, vagy fekete.
- nem fűtött (fűtéssel nem szerelt) kitérő: kitöltés nélküli kitérő szimbólum legyen.

A váltófűtő rendszer hibajelzés esetén a kitérő szimbólumra kattintva az áramfelvétel alapján jelenítse meg, hogy az adott oldalon egy, kettő, vagy több fűtőtest esett ki. Ha van, akkor a vályúalj fűtést hasonlóan kell megjeleníteni
A betáplálási elosztó szimbólumra kattintva kérdezze le és jelenítse meg a feszültség meglétét zöld, kimaradását vörös jelzéssel.

A rendszer adatátviteli csatornája zavartűrő megoldással kerüljön megvalósításra. A tervezéskor figyelembe kell venni a villamos vontatásnál fellépő erősáramú zavartatást a vonatkozó szabványokat.

5.12.5 A villamos váltófűtő berendezés rendszerelemei és a velük szemben támasztott követelmények

A váltófűtési vezérlő szekrénynek biztosítani kell a váltó- és a vályúalj-fűtésének működtetését, hogy a váltók biztonságosan üzemeltethetők legyenek. Álljon kapcsolatban a központi vezérlő- és kommunikációs rendszerrel és biztosítsa a beérkező kábelek túlfeszültségvédelmét és a meghibásodott váltófűtő csoportok szelektív leválasztását, annak jelzését. Szerviz állapotában tegye lehetővé a fűtőtestek bekapcsolással történő ellenőrzését. A szekrény rendelkezzen üzemmód-kapcsolóval, amelynek állásai a következők legyenek:

- 1. állása „Folyamatos”,
- 0. állása „Kikapcsolva”,
- 2. állása „Automatikus üzem”.
-

A sínhőmérséklet érzékelők, vagy a meteorológiai paraméterek érzékelői áramköreiben bekövetkező hiba (zárlat, szakadás) esetén, a berendezés adjon zavarjelzést és a hiba elhárításáig kerüljön „Folyamatos” üzemmódba tehát szabályozás nélkül folyamatosan fűtsön a berendezés. Csak a szabályzótól független +10°C fokos környezeti hőmérséklet esetén kell beavatkozó korlátozásnak működnie.
A szekrény rendelkezzen karbantartó segédfeszültség és belső világítással, valamint belső fűtéssel, amelyet a szekrényben elhelyezett termosztát vezérel. Ennek állapotáról és a szekrény hőmérsékletéről legyen naplózott információ és képernyős megjelenítés. A védettsége legalább IP 65-ös, anyaga pedig nem korrodálódó legyen. Saját tartószerkezetén legyen rögzítve a kitérőcsoport terhelési súlypontjában. A szekrény alsó sávjában elhelyezett sorozatkapcsokra csatlakozzanak közvetlenül a be- és kimenő kábelek. Rendelkezzen saját belső hőmérsékletszabályozós fűtéssel. Telepítéskor úgy kell elhelyezni ne legyen űrszelvényben és a szerelőtér ajtaja a vágánnyal ellentétes oldal felé nyíljon.

A váltócsatlakozó dobozoknak kell fogadniuk a váltófűtési vezérlő szekrényből érkező kábel(eke)t és a sorozatkapcsairól a fűtőtest csatlakozó dobozhoz menő kábeleket. Elhelyezése úgy történjen, hogy a dobozok alsó síkja a sínkorona felső síkjával legyen egy vonalban. Védettsége legalább IP 65 legyen és saját tartószerkezetén lehessen rögzíteni a kitérő mellett. A váltócsatlakozó doboz felülről legyen nyitható és kezelhető.

A csatlakozó doboz belsejében elhelyezett sorozatkapcsokra közvetlenül csatlakozzanak a váltófűtőtestek. A csatlakozó doboz védettsége legalább IP 65 legyen és korrózionak ellent kell állnia. Kialakításának, elhelyezésének olyannak kell lenni, hogy gépi kitérő szabályozásnál könnyen lehessen le- és felszerelni. A fűtőtest csatlakozó doboz felülről legyen nyitható és a hozzá csatlakozó vezetékek védőcsövei nem okozhatnak botlás-veszélyt, azokat kötegelni kell.

A fűtőtestek (váltófűtő betét) teljesítményét méretezni kell a fűtendő felületnek megfelelően. Fűtőtestet közvetlen fémes kapcsolattal kell rögzíteni a fűtendő sínszakaszhoz. A fűtőtestek a melegedés és hűlés során hosszirányban elmozdulnak. Felerősítő elemeiknek ezt a dilatációs mozgást akadálytalanul lehetővé kell tenni.
Annak érdekében, hogy a fűtőtest mozgása szabályozott legyen, a betáplálás felöli pontját rögzíteni kell - erre a célra megfelelő felerősítő elemet kell alkalmazni - és meg kell valósítani a fűtőtest fémköpenye és a sín között a fémes kapcsolatot. A felerősítő elemet csak segédeszközzel lehessen megbontani, hogy biztosítsa a fűtőtest kiszerelés elleni védelmét.

A váltófűtő berendezéseknél használt védőcsövek lépésállóak legyenek, legalább 1,5 mm falvastagsággal kell, hogy rendelkezzenek és az UV sugárzásnak ellen kell állniuk.

5.13 Villámvédelem

A tárgyi közlekedési eszközök infrastruktúráját a keletkező káros hatású túlfeszültségek elleni védelemmel kell ellátni.
A túlfeszültségek eredete tekintetében kétféle ok említhető:

- légköri eredetű túlfeszültségek, illetve
- villamos berendezések, eszközök, járművek stb. rendeltetésszerű (pl.: kapcsolási túlfeszültség) és meghibásodás következtében előálló túlfeszültségek (pl.: zárlat).

A villámáram rendkívül kis időtartamú (0,2 sec.) és igen nagy energiájú (gigawatt), fizikai hatásai ellen a károkozás elkerülése érdekében védekezni kell.

A villámcsapás jellemző káros hatásai: hőhatás, élettani hatás, hanghatás, fényhatás, ezért a tárgyi vasúti infrastruktúra létesítményeit – különösen a hő- és élettani hatások vonatkozásában – villámvédelmi berendezés(ek)kel kell ellátni.

A villámvédelmi berendezések kialakítása tekintetében a jelenleg érvényben lévő előírások, törvények, műszaki irányelvek, szabályzatok stb. kifejezetten a mélyvezetésű közlekedési rendszerekre nem tartalmaznak speciális előírásokat.
Az általános villámvédelmi előírásokat a szóban forgó vasúti létesítményeknél is alkalmazni szükséges.

A működési eredetű túlfeszültségek káros hatásai ellen az alábbi műszaki megoldásokat kell alkalmazni:

- mind az alagúti, mind az állomási és járműtelepi infrastruktúrát el kell látni integrált földelési rendszerrel, mely biztosítja a rendszerek egyenpotenciálra hozását, illetve a különféle rendeltetésű és feszültségszintű, illetve áramnemű villamos berendezések számára szükséges földelő hálózatot. Az integrált földelési rendszer kialakításáról, tanulmánytervet és kiviteli tervet kell készíteni.
- az elektromos hálózatokon fellépő működési túlfeszültségek ellen, a hálózati elemeket (kábelek, elosztók, gyengeáramú rendszerek, adatátviteli vonalak, digitális eszközök, stb.) megfelelő védelemmel kell ellátni.
- a 3x400/231V 50Hz-es hálózatok belső villám és túlfeszültségvédelmét többlépcsős, koordinált feszültségvédelemmel kell kialakítani. (B, C és D osztályú védelmek).
- a túlfeszültségek okozta károk megelőzése, csökkentése érdekében csak megfelelő EMC minősítésű berendezéseket lehet alkalmazni.
- az utasok védelmére a vontatási áram keltette feszültségesések korlátozására a futósínek és a peronszegély, illetve az ahhoz közeli fémszerkezetek potenciálvezérlésére érintésvédelmi berendezést kell telepíteni.
- az antisztatikus feltöltődések okozta túlfeszültségek ellen antisztatikus padlóburkolatok és antisztatikus szerszámok alkalmazásával és a személyi állomány megfelelő földelőeszközzel való ellátásával kell védekezni.

Millfav vonal

5.14 Millfav vonal villamosenergia-ellátása

A Millfav vonal korszerűsítése és további szakaszokkal történő bővítése esetén az áramellátási berendezéseket üzemeltető szervezetek áramellátásra vonatkozó VME előírásait kell alkalmazni.

5.14.1 Vontatási energiaellátás

5.14.1.1 Áramátalakítók

Az M1 (Millfav) metróvonal vontatási felsővezeték hálózat 600 V DC feszültségszintű, és az áramellátását - a feladatot jelenleg is ellátó - három áramátalakítóval szükséges biztosítani:

- Kertész áramátalakító
- Damjanich áramátalakító
- Millfav áramátalakító az M1 Járműtelepen

Az áramátalakítók tekintetében a tervezés során figyelembe kell venni a vonalhosszabbítással járó fogyasztás növekedést, ennek megfelelően új áramátalakítók telepítését kell elvégezni.

A beépített áramellátási berendezések képesek legyenek a rekuperálásból adódó hálózati viszonyok kezelésére.

A vonal meglévő szakaszán a kábelkeresztmetszetek bővítését el kell végezni, valamint a sugaras helyett párhuzamos táplálás megvalósítása szükséges.

A létesítés során a megfelelő földelés, védő-összekötő hálózat, érintésvédelem, IP védelem, villámvédelem kiépítése is szükséges az érvényes szabályok, szabványok és előírások szerint.

5.14.1.2 Felsővezeték

A Millfav vonal alagúti szakaszán speciális kialakítású felsővezeték használatára van szükség. Alapvető követelmény a felsővezetékkel szemben az alagúti műtárgy kis belmagassága miatt a kis szerkezeti magasság. A szabványos 100 mm²-es Cu munkavezeték, két egymással szembefordított U-acél sín közé befogatva, csapos szigetelő segítségével az alagúti födémszerkezethez erősített kereszttartókhoz rögzítendő. Így az alábbi magasságok érhetők el a sínkorona felett:

- átlagos magasság: 2840 mm
- maximális (Mexikói út járműtelep): 3200 mm
- minimális (Oktogon, Mexikói felé): 2640 mm
-

A merev szerkezeti kialakításnak kellő rugalmasságot kell biztosítania az áramszedő számára az alkalmazott sebességtartományban, és akadályozza meg a vezetéknek az alagúti födémszerkezet felé történő függőleges irányú elmozdulását, illetve kellőképpen ellenálló legyen az áramszedő törés okozta sérülésekkel szemben is.

Az alagútban a táplálási szakaszok elválasztását légszakaszokkal szükséges kialakítani.

200 méterenként a dilatáció biztosítása érdekében az acél vezetősínt meg kell szakítani, az állomások közelében, és ezeken a helyeken közvetlenül szükséges megtáplálni a munkavezetéket. A dilatáció vezető sineit 50 mm²-es réz kábellel kell összekötni.

A felsővezeték vízszintes irányú változó vonalvezetését ún. "kígyózását", a tervekben előírtak szerint kell megvalósítani, és az attól való megengedett eltérés mértékét a felsővezeték minőségi osztályozása határozza meg. Íves pályaszakaszokon figyelembe kell venni az ívsugárnak megfelelő sokszögvonalat, valamint a pálya túlemeléséből adódó áramszedő eltolódást is.
A felsővezetéki tartószerkezeteket úgy kell felszerelni, hogy azok, illetve segéd tartókarjaik a felsővezeték kihorgonyzási, illetve után feszítési állapotától és a vezeték hőmérsékletétől függően minden állapotban biztosítsák az áramszedő akadálymentes, zavartalan áthaladását.

Az állomásokon távvezérelhető kapcsoló berendezéssel ellátott földelő cellákkal kell a feszültség mentesítést biztosítani.

A vágánykapcsolatos állomásokon szakaszolási lehetőségeket kell kialakítani távvezérelhető kapcsoló berendezésekkel (A1-A2, végállomási podesztek)
Távvezérelhető kapcsoló berendezéssel kell gondoskodni a vonali és járműtelepi vontatási energiaellátás szétválaszthatóságáról.
Szintén távvezérelhető kapcsoló berendezés beépítésével kell megoldani a tároló, vizsgáló vágányok és a mosó vágány épületen belüli szakaszolhatóságát és feszültség mentesítését.

A vonal állomásain perononként, a járműtelep felsővezetékkel ellátott csarnokaiban vágányonként valós feszültség állapotjelzéseket kell kialakítani. A feszültség állapotjelző jelzése a vonalon fehér és kék színű, a járműtelepen pedig fehér és piros színű legyen. A fehér szín a feszültségmentes állapotot, a piros ill. kék szín a feszültség alatti állapotot kell, hogy jelezze. A jelzéseket a KFM kezelő felületén is meg kell jeleníteni és továbbítani kell azokat a telepített biztosítóberendezés részére is.

5.14.1.3 Kábel hálózat és tartóelemek

A Millfav utasterekben, üzemi terekben és alagutakban csak halogénmentes műanyag szigetelésű kábelek építhetők be. A tápforrás és a tűzeseti, valamint egyéb indokolt fogyasztók közötti kábelrendszer tűzhatás elleni védelméről gondoskodni kell. Erre olyan tűzálló kábelrendszert kell alkalmazni, amelynek működőképesség-megtartását vizsgálattal igazolták és ezt Tűzvédelmi Megfelelőségi Tanúsítvány tartalmazza. Az alkalmazandó tűzálló kábelek tűzállósági osztályba sorolását a mindenkori előírásoknak megfelelően a tervezőnek kell meghatároznia.

5.14.1.3.1 Vontatási pozitív tápkábel

Az áramátalakítókból történő betáplálási pontok szakaszolóiról, 3 db 240 mm² réz kábellel kell csatlakozni az oldalfalon kialakított nyomvonalon vezetett, vágányonként 2 db 240 mm²-es rézsodrony pozitív légtápkábelhez. A légtápkábelekről a jobb- és balvágány munkavezetékét 95 mm² réz kábellel több ponton szükséges megtáplálni.

5.14.1.3.2 Vontatási negatív visszavezető kábel

A betáplálási pontokon csatlakoztatva, vágányonként 1 db 1000 mm² alumínium kábellel kell biztosítani a negatív visszavezetést a betápláló szakaszolókra.

A negatív visszavezető hálózat kialakításakor a villamos veszteségek, valamint a közműhálózatok berendezéseit és az alagúti építmény vasbeton szerkezetét közvetetten károsító kóboráramok csökkentését, a futósínnel párhuzamos nyomvonalon vezetett szívókábelről több ponton a vágányra csatlakozó 1 db 240 mm^2 kábellel kell biztosítani. A konkrét vezeték keresztmetszeteket és csatlakozási pontokat a tervezés során kell meghatározni és számításokkal igazolni.

5.14.2 Kisfeszültségű segédüzemi energiaellátás rendszere

A Millfav állomáskörzetek segédüzemi energiaellátását a városi elosztói hálózatról az Áramszolgáltató háromfázisú kisfeszültségű hálózatáról kell biztosítani. Az áramszolgáltató TN-C rendszerű hálózatához, az állomáskörzetek villamos berendezéseinek csatlakoztatását TN-S rendszerben kell kialakítani. Minden állomáson önálló földelést kell létesíteni és fenntartani, a TN-S rendszer potenciáljának rögzítéséhez.

A végállomás és a járműtelep megtáplálását a villamos üzem áramátalakítójából két 0,4 kV-os betáplálással és átkapcsoló automatikával ellátott főelosztó létesítésével kell kialakítani.

Az állomásokon 4 mezőre osztott elosztószekrényeket kell telepíteni. Az elosztók A-mezőit az áramszolgáltató betáplálásának fogadására és az erőátviteli leágazások ellátására, a B-mezőket a világítási áramkörök, a C-mezőket a biztonsági világítások és a gyengeáramú berendezések csatlakoztatására, a D-mezőket pedig, a tartalék lánckábel betáplálás fogadására kell kialakítani.

A tartalék táplálást szünetmentes tápegységekkel kell biztosítani a vonalon és az állomások elosztóira lánckábelen - felfűzött módon - csatlakoztatni. A Mexikói út állomáson szünetmentes tápegységet kell telepíteni, amivel a Vörösmarty utca állomáskörzet állomási elosztók D-mezőinek táplálását kell elvégezni. A Vörösmarty téren is szünetmentes tápegység telepítését kell elvégezni az Oktogon állomáskörzet állomási elosztók D-mezőinek a táplálására.
Az áramszolgáltatói táplálások kiesése esetén, az állomási elosztókban a C-mező automatikus átkapcsolását el kell végezni a D-mező – lánckábelen biztosított - szünetmentes betáplálásra.
A biztosítóberendezési központok megtáplálását átkapcsoló automatikával rendelkező három, egymástól független 0,4 kV-os betáplálással kell biztosítani.

Vonalhosszabbítás esetén az új állomásokon is a fenti elvek, ill. vonatkozó aktuális szabványok figyelmbevételével kell a segédüzemi energiaellátást megtervezni.

5.14.2.1 Mesterséges világítás

A Millfav vonal háromfázisú üzemi és biztonsági világítását az áramszolgáltató állomási betáplálásáról kell biztosítani. Biztonsági világítások áramköreinek mindenkori megtáplálását az áramszolgáltatói betáplálások kiesése esetén, az állomási elosztó D-mezőre történő kapcsolásával kell biztosítani.
A Millfav utasterek világítását a metró utastér világításokra érvényes előírások szerint kell kiépíteni és üzemeltetni és az állomási elosztó C-mezőjéből kell megtáplálni.
A Millfav alagút világítását metró alagút világítási rendszere szerint kell kiépíteni. Biztosítani kell a világítások távfelügyeleti rendszerből történő kapcsolhatóságát.

A műemlékvédelem alá tartozó Millfav utasterek világításához kizárólag a műemlékvédelemért felelős hatóság által engedélyezett lámpatest formák építhetők be.

5.14.2.2 Felszíni pálya világítása

A felszíni és járműtelepi pálya világítás feladata olyan látási feltételek biztosítása, amely az éjszakai üzemszüneti időszakban lehetővé teszi a vágánytérben és környezetében a biztonságos gyalogos közlekedést. Vasúti forgalmi szempontból az alakfelismerés és a térbeli látás biztosítása a mérvadó. A pályavilágításnak nem feladata a színvisszaadás és észlelés biztosítása.

A horizontális pályavilágítást a pálya mellett felállított egy vagy több karos oszlopokra szerelt megfelelő fényeloszlású lámpatestekkel kell biztosítani.

A pályavilágítást három fázison szimmetrikusan kell elosztani, hálózata felfűzött rendszerű légvezetékes, vagy földkábeles hálózat. A világítási berendezést tartó oszlopokban kell elhelyezni a kábelfogadó kapcsokat, a túláram-védelmi készüléket, az áram-védőkapcsolót és túlfeszültség levezetőt.

A lámpaoszlopokat, vagy felsővezeték tartó oszlopokat villámvédelmi, illetőleg egyéb villamos szempontok szerinti egyedi védőföldeléssel kell ellátni.

A pályavilágítás rendelkezzen a táppontban alkonykapcsoló berendezéssel, szerviz üzem kapcsolóval. A térvilágítás működéséről jelzést, valamint az alkonykapcsoló meghibásodásának esetére egy kézi bekapcsolás lehetőségét szükséges biztosítani a térfelvigyázó, vagy KFM helyiségben.

5.14.2.3 Erőátvitel

A Millfav állomáskörzetek erőátviteli energiaellátását az állomási elosztó A-mezőjéből kell biztosítani. Villamos energiával és távfelügyelettel kell ellátni az automatikus vezérléssel működő állomási és a vonali szivattyútelepeket a Mexikói út, Széchenyi fürdő és a Hősök tere állomáskörzetekben. Az állomásokon és vonalon kiépítésre kerülő erőtáviteli energiaellátási rendszer méretezése során, figyelembe kell venni a vonal meghosszabbítással járó fogyasztás növekedést. Az elektromos rendszer legyen alkalmas a beépítésre kerülő új gépészeti berendezések (lift, szellőzők, új szivattyútelepek, tűzvédelmi berendezések) energia igényének a biztosítására is.

A műhelyekben, az állomási peronokon és az üzemi területeken egyfázisú és háromfázisú ipari csatlakozókkal szerelt dugaszolóaljzat táblákat kell létesíteni, amelyeket a csatlakozók névleges áramával egyező értékű kismegszakítókkal és áram-védőkapcsolókkal kell felszerelni. Egy dugaszolóaljzat tábla legalább 3×32 amper egyidejű áramigény kiszolgálására legyen alkalmas. A dugaszolóaljzat táblák hálózata felfűzött rendszerű, amely egyidejűleg legalább egy tábla teljes csatlakozási teljesítményét kiszolgálja. A tápponti védelem szelektivitását úgy kell megválasztani, hogy a rövid idejű nagyobb terheléseket elviselje. Egy felfűzött hálózatra maximum 5 dugaszolóaljzat tábla köthető.
A dugaszolóaljzat táblákat kell elhelyezni az alagutakban, közöttük a legnagyobb távolság nem haladhatja meg az 50 métert.

5.14.3 Váltófűtés

A villamos váltófűtés létesítésének célja, hogy téli időjárási körülmények között megakadályozza a váltó mozgó részein a biztonságos működést gátló hó- és jégbevonat képződését, valamint a fém felületek összetapadását a hideg hatására és ezzel biztosítsa a vonatforgalom biztonságos lebonyolítását.

A váltófűtő berendezés olyan kialakítású legyen, hogy a fűtést mindaddig lehetővé tegye, amíg a betápláló energia rendelkezésre áll.
Elvárás, hogy: távfelügyeleti adatkapcsolat, a kezelő- visszajelentő egység, a helyi adatkommunikáció, a csapadék- és hőmérséklet-érzékelők, valamint a szabályzóegység meghibásodása esetén a berendezésnek továbbra is fűtenie kell, tehát szükséges egy kézi üzemállapot létrehozása, amely minden vezérlést felülbírál. A kapcsolás lehetőségét biztosítani kell huzalozott kialakítással a KFM, a térfelvigyázó és a váltófűtés betáplálását biztosító elosztónál. Az elosztóban biztosítani szükséges egy priorizált helyi üzem előállítását, amely a távoli kezelés minden formáját kizárja.

A metró felszíni vezetésű részein, ahol a szerelvények fékezési szakaszaiban felmerülhet kritikus megcsúszás veszélye, ott meg kell vizsgálni egyedi sínfűtés telepítésének a szükségességét. A sínfűtés megvalósítására, műszaki paramétereinek a meghatározására, csak a tervező által elvégzett kockázatelemzés eredményétől függően indokolt esetben kerülhet sor.

5.14.3.1 A kezeléssel és a távfelügyelettel kapcsolatos általános követelmények

A váltófűtés üzemmód szerint rendelkezzen kikapcsolt, automata, folyamatos és szerviz üzemmel.

A fűtött kitérők képernyős munkahelyen történő megjelenítése szükséges. Az egyes fűtési csoportok kialakítása a forgalmi és műszaki szempontok alapján kerüljön megtervezésre.

A váltófűtési rendszernek önállóan kell működni egy központi helyen elhelyezett szabályozóegységről. A működésről a bekapcsolás után küldjön egy állapot jelzést a távfelügyeleti helyre és ezt a jelzés folyamatosan biztosítsa.
A váltófűtő rendszernek önállóan kell tudni megvalósítani az összes szabályzási paraméter érzékelését, valamint az üzemeléshez, szabályzáshoz szükséges funkciót, továbbá a helyi adatkommunikáció- és a lekérdezés lehetőségét.

A villamos váltófűtő berendezés helyi kezelés nélküli autonóm üzemre legyen képes a távfelügyeleti rendszerhez kapcsolódva. A távfelügyelet kiesése (adatátviteli út hibája, vagy a központi képernyős munkahely hibája) nem okozhat a váltók fűtésében fennakadást.

A villamos váltófűtő berendezések üzembiztonsági alapelve: a villamos váltófűtési vezérlő – amennyiben betáplálásán a villamosenergia rendelkezésre áll, és az energia-elosztó kábel hálózat sértetlen – mindig tegye lehetővé a váltók fűtését. Ezért a szabályozó rendszer hibája esetén a berendezésnek automatikusan a „Folyamatos” üzemmódba kell kerülni, amelyben a fűtés folyamatosan működik.

5.14.3.2 A villamos váltófűtő berendezések kialakításának követelményei

A berendezés feszültség alá helyezése vagy a feszültség visszatérése után automatikusan kapcsoljon be az előre beállított bekapcsolási feltételek fennállása és az üzemmód választó „Automatikus” állása esetén, és meghatározott értékek között történő szabályozással biztosítsa a kitérő működőképességét.
A váltófűtő berendezés szabályozó rendszere minél kevesebb elemből álljon. A villamos váltófűtő berendezés üzemszerű kezelést ne igényeljen.

A villamos váltófűtő berendezés meghibásodása nem okozhatja a biztosítóberendezés zavarát.

A szabadtéren elhelyezett szekrények legalább IP 65 védettségűek, időjárásnak ellenállóak, nem korrodálódó anyagúak, és vandálbiztosak legyenek.

A fűtendő hossz a kitérő rendszerének megfelelő legyen. A fűtendő hosszat úgy kell meghatározni, hogy a csúcssín előtti aljköztől (de, legalább a csúcssín előtt 10-30 cm-től) kiindulva kell a fűtőtesteket felszerelni.
A fűtőtestet és – ha van – a fűtőtest csatlakozó dobozt, valamint a hozzácsatlakozó kábeleket gépi szabályozás esetén könnyen le, és fel lehessen szerelni.

Vályúaljas váltók létesítésekor – amennyiben az szükséges – a vályúalj(ak) fűtését is meg kell valósítani.

Valamennyi villamos berendezés, tokozott stb. rendelkezzen minőségi bizonyítvánnyal, vagy ezzel egyenértékű, a gyártó és/vagy forgalmazó által kiállított megfelelőségi nyilatkozattal.

A tervezett berendezés érintésvédelme feleljen meg a vonatkozó szabványoknak.

A fűtés működőképességének ellenőrzése a fűtőtestek üzemi áramának ellenőrzésével történjen, nem megengedett a képzett jelzések alkalmazása

A váltófűtő berendezés váltófűtési körzetenként legyen ki-bekapcsolható.
A tervezett berendezés túláram-védelme feleljen meg a vonatkozó szabványoknak, előírásoknak.
A váltófűtés vezérlő szekrénytől elmenő kábelek zárlatvédelmére alkalmazott kismegszakítókkal a leválaszthatóságot is meg kell oldani.

5.14.3.3 Vezérlési követelmények

A villamos váltófűtő berendezés képernyős munkahelyen telepített vezérlő- és kommunikációs központi egysége, a teljes rendszer működésére jellemző adatokat (működéseket, az azt kiváltó paramétereket, az üzemállapotban történt változást) képes legyen naplózni és legalább 1,5 évig ezen adatokat tárolni (a memória bővíthető legyen).

A váltófűtési berendezésnek három – „Ki”, „Folyamatos”, „Automatikus” – üzemmódja és egy úgynevezett. „Szerviz” állapota legyen. Az üzemmód választó kapcsolóval egyrészt a váltófűtési vezérlő szekrényben, vagy a betáplálási elosztóban, másrészt a központi képernyős munkahelyen nem szoftveres megoldással meg kell teremteni az üzemmód választás lehetőségét. Hierarchia szempontjából mindig a felsorolás sorrendje szerint a kitérőkhöz közelebbi helyen levő kapcsoló állása legyen a meghatározó.

A villamos váltófűtő berendezés működőképességének ellenőrzése céljából a váltófűtési vezérlő szekrényben a rendszert úgynevezett „Szerviz” állapotba lehessen állítani, ezt a kapcsolót semmilyen távvezérlő, vagy fizikai távkapcsoló nem bírálhatja felül. Ennek során megvalósul a váltófűtési vezérlő szekrényben az a helyzet, melyben a szabályozó egység szándékolt megkerülésével az összes fűtőtestnek fűtenie kell. (Ebben az esetben a „Folyamatos üzemállapot” -ban előírt független felső hőmérséklet-korlátozás is ki kell iktatni.)

Az „Automatikus” üzemmódban a sínhőmérséklet érzékelők és a környezeti érzékelők jeleit a kiértékelő elektronikának kell kiértékelni és a kezelőszemélyzet beavatkozása nélkül kell tudni a fűtést szabályozni.

A szabályozás alapelve, hogy lehűlés esetén +3°C fűtetlen sínhőmérséklet értéknél engedélyezze a szabályzó működését. A környezeti hőmérséklet emelkedése esetén - amennyiben a fűtetlen sínhőmérséklet eléri a +10°C–ot - a szabályozás működési feltételét szüntesse meg.
A fűtött sínhőmérséklet szabályozási tartománya +3°C bekapcsolási hőmérséklet és +8°C kikapcsolási sínhőmérséklet legyen. A csapadék-érzékelő a szabályozást úgy változtassa meg, hogy a kikapcsolási sínhőmérséklet +15°C legyen.

A szabályozás alapjául szolgáló paraméterek:
Fűtött sín hőmérséklet
Nem fűtött sín hőmérséklet
Környezeti hőmérséklet (a szabályzótól független +10°C fokos felső határolás funkció megvalósításához, ugyanis +10 C fokos levegő hőmérséklet esetén a berendezésnek semmilyen körülmények között sem szabad fűtenie.).

Az automatikus szabályzó rendszer zavara esetén a „Folyamatos" üzemállapotot emberi beavatkozás nélkül is fel kell vegye a rendszer, azonban erről a távfelügyelet irányába küldjön jelzést. Amennyiben ez mégsem következne be, akkor a képernyős felügyeleti munkahelyről is legyen lehetőség „Folyamatos üzem" -be történő átállításra. A „Folyamatos" üzemmódban szabályozás nélkül minden váltófűtőtestnek folyamatosan fűtenie kell. A „Folyamatos" üzemmódban a szükségtelen tartós bekapcsolás elleni védelmet úgy kell megvalósítani, hogy a váltófűtési körzetvezérlő kapcsoljon ki +10°C környezeti hőmérséklet esetén egy a szabályzó rendszertől független felső korlátozás megvalósításával.

A képernyős munkahely kezelőfelülete számítógépes megjelenítésű legyen.
A képernyős munkahelyen a beállított értékek és az aktuális állapot lekérdezésére, valamint a „Folyamatos" üzemmód felvételére szóló parancs kiadására legyen lehetőség. A szabályozási paramétereket a helyszínen lehessen hordozható számítógép segítségével beprogramozni. Az üzembiztos működés érdekében a felhasználók ne tudjanak szabályzási értékeket átállítani.

A villamos vontatásnál fellépő üzemi és zárlati áramok zavaró hatása ne befolyásolja a rendszer üzembiztos működését.

A berendezés állapot- és zavarjeleinek távoli helyről történő lekérdezéséhez a vezérlő- és kommunikációs egység legyen alkalmas a távfelügyeleti- és diagnosztikai rendszerhez való szabványos egységes protokoll szerinti illesztésre.

A vezérlés feszültségszintje egységesen és mindenhol 24 V DC földfüggetlen legyen.
A vezetékes jelátviteli vonalat is túlfeszültség-védelemmel kell ellátni.

5.14.3.4 A képernyős munkahely számítógépes felületén megjelenítendő információk

A fűtött váltókörzetek torzított helyszínrajzán (esetleg görgethetően, de mindenképpen lapozhatóan) legyen megjelenítve az egyes kitérők fűtésének üzemállapotát érzékeltető színezett szimbólum.
Hiba esetén az aktuális váltókörzet jelenjen meg automatikusan a képernyőn.
A betáplálási elosztó és/vagy a váltókörzet vezérlő szimbólumára kattintva legyenek leolvasható fűtött sínhőmérséklete, fűtetlen sín hőmérséklete és a környezeti hőmérséklet.
Az alábbi információk is kerüljenek megjelenítésre:

- A csapadék-érzékelő állapot jelzése,

- A szabályzási algoritmus alapján a fűtés engedélyezett,
- A váltókörzetek üzemmódja (Ki – Folyamatos – Automatikus - Elosztó szerviz üzemben),

A váltó szimbólum színezésével kell jelezni a váltó fűtésének pillanatnyi állapotát, amikor a színek jelentése a következő legyen:

- villogó vörös: még nem nyugtázott hiba,
- vörös: nyugtázott hiba,
- zöld: a szabályozás a fűtést bekapcsolta
- a váltó fűtése kezelő által kikapcsolva háttér színtől függően fehér, vagy fekete.
- nem fűtött (fűtéssel nem szerelt) kitérő: kitöltés nélküli kitérő szimbólum legyen.

A váltófűtő rendszer hibajelzés esetén a kitérő szimbólumra kattintva az áramfelvétel alapján jelenítse meg, hogy az adott oldalon egy, kettő, vagy több fűtőtest esett ki. Ha van, akkor a vályúalj fűtést hasonlóan kell megjeleníteni
A betáplálási elosztó szimbólumra kattintva kérdezze le és jelenítse meg a feszültség meglétét zöld, kimaradását vörös jelzéssel.

A rendszer adatátviteli csatornája zavartűrő megoldással kerüljön megvalósításra. A tervezéskor figyelembe kell venni a villamos vontatásnál fellépő erősáramú zavartatást a vonatkozó szabványokat.

5.14.3.5 A villamos váltófűtő berendezés rendszerelemei és a velük szemben támasztott követelmények

A váltófűtési vezérlő szekrénynek biztosítani kell a váltó- és a vályúalj-fűtésének működtetését, hogy a váltók biztonságosan üzemeltethetők legyenek. Álljon kapcsolatban a központi vezérlő- és kommunikációs rendszerrel és biztosítsa a beérkező kábelek túlfeszültségvédelmét és a meghibásodott váltófűtő csoportok szelektív leválasztását, annak jelzését. Szerviz állapotában tegye lehetővé a fűtőtestek bekapcsolással történő ellenőrzését. A szekrény rendelkezzen üzemmód-kapcsolóval, amelynek állásai a következők legyenek:

- 1. állása „Folyamatos”,
- 0. állása „Kikapcsolva”,
- 2. állása „Automatikus üzem”.
-

A sínhőmérséklet érzékelők, vagy a meteorológiai paraméterek érzékelői áramköreiben bekövetkező hiba (zárlat, szakadás) esetén, a berendezés adjon zavarjelzést és a hiba elhárításáig kerüljön „Folyamatos” üzemmódba tehát szabályozás nélkül folyamatosan fűtsön a berendezés. Csak a szabályzótól független +10°C fokos környezeti hőmérséklet esetén kell beavatkozó korlátozásnak működnie.
A szekrény rendelkezzen karbantartó segédfeszültség és belső világítással, valamint belső fűtéssel, amelyet a szekrényben elhelyezett termosztát vezérel. Ennek állapotáról és a szekrény hőmérsékletéről legyen naplózott információ és képernyős megjelenítés. A védettsége legalább IP65-es, anyaga pedig nem korrodálódó legyen. Saját tartószerkezetén legyen rögzítve a kitérőcsoport terhelési súlypontjában. A szekrény alsó sávjában elhelyezett sorozatkapcsokra csatlakozzanak közvetlenül a be- és kimenő kábelek. Rendelkezzen saját belső hőmérsékletszabályozós fűtéssel. Telepítéskor úgy kell elhelyezni ne legyen űrszelvényben és a szerelőtér ajtaja a vágánnyal ellentétes oldal felé nyíljon.

A váltócsatlakozó dobozoknak kell fogadniuk a váltófűtési vezérlő szekrényből érkező kábel(eke)t és a sorozatkapcsairól a fűtőtest csatlakozó dobozhoz menő kábeleket. Elhelyezése úgy történjen, hogy a

dobozok alsó síkja a sínkorona felső síkjával legyen egy vonalban. Védettsége legalább IP 65 legyen és saját tartószerkezetén lehessen rögzíteni a kitérő mellett. A váltócsatlakozó doboz felülről legyen nyitható és kezelhető.

A csatlakozó doboz belsejében elhelyezett sorozatkapcsokra közvetlenül csatlakozzanak a váltófűtőtestek. A csatlakozó doboz védettsége legalább IP 65 legyen és korrózióknak ellent kell állnia. Kialakításának, elhelyezésének olyannak kell lenni, hogy gépi kitérő szabályozásnál könnyen lehessen le- és felszerelni. A fűtőtest csatlakozó doboz felülről legyen nyitható és a hozzá csatlakozó vezetékek védőcsövei nem okozhatnak botlás-veszélyt, azokat kötegelni kell.
A fűtőtestek (váltófűtő betét) teljesítményét méretezni kell a fűtendő felületnek megfelelően. Fűtőtestet közvetlen fémes kapcsolattal kell rögzíteni a fűtendő sínszakaszhoz. A fűtőtestek a melegedés és hűlés során hosszirányban elmozdulnak. Felerősítő elemeiknek ezt a dilatációs mozgást akadálytalanul lehetővé kell tenni.
Annak érdekében, hogy a fűtőtest mozgása szabályozott legyen, a betáplálás felöli pontját rögzíteni kell - erre a célra megfelelő felerősítő elemet kell alkalmazni - és meg kell valósítani a fűtőtest fémköpenye és a sín között a fémes kapcsolatot. A felerősítő elemet csak segédeszközzel lehessen megbontani, hogy biztosítsa a fűtőtest kiszerelés elleni védelmét.

A váltófűtő berendezéseknél használt védőcsövek lépésállóak legyenek, legalább 1,5 mm falvastagsággal kell, hogy rendelkezzenek és az UV sugárzásnak ellen kell állniuk.

5.14.4 Szünetmentes energiaellátás

A két szünetmentes tápegység energiaellátását ki kell bővíteni azokon az állomásokon, ahol az üzemi terekben akkumulátorok elhelyezésére van lehetőség. A szünetmentes áramellátás bővítéshez olyan tápegységeket kell választani, amelyek a kimeneteiket képesek szinkronizálni egymással és az üzemi hálózattal.

A szünetmentes tápegységek teljesítményét háromórás áthidalási idővel kell méretezni, úgy, hogy az állomások teljes világításának energiaellátását biztosítsa.
Az állomási segédüzemi táplálásokat úgy kell méretezni és kialakítani, hogy egy állomási megtáplálás két szomszédos állomás közül egyik vagy a másik állomás teljes segédüzemi energiaigényét képes legyen ellátni.

5.14.5 Villámvédelem

A tárgyi közlekedési eszközök infrastruktúráját a keletkező káros hatású túlfeszültségek elleni védelemmel kell ellátni.
A túlfeszültségek eredete tekintetében kétféle ok említhető:

- légköri eredetű túlfeszültségek, illetve
- villamos berendezések, eszközök, járművek stb. rendeltetésszerű (pl.: kapcsolási túlfeszültség) és meghibásodás következtében előálló túlfeszültségek (pl.: zárlat).

A villámáram rendkívül kis időtartamú (0,2 sec.) és igen nagy energiájú (gigawatt), fizikai hatásai ellen a károkozás elkerülése érdekében védekezni kell.

A villámcsapás jellemző káros hatásai: hőhatás, élettani hatás, hanghatás, fényhatás, ezért a tárgyi vasúti infrastruktúra létesítményeit – különösen a hő- és élettani hatások vonatkozásában – villámvédelmi berendezés(ek)kel kell ellátni.

A villámvédelmi berendezések kialakítása tekintetében a jelenleg érvényben lévő előírások, törvények, műszaki irányelvek, szabályzatok stb. kifejezetten a mélyvezetésű közlekedési rendszerekre nem tartalmaznak speciális előírásokat.
Az általános villámvédelmi előírásokat a szóban forgó vasúti létesítményeknél is alkalmazni szükséges.

A működési eredetű túlfeszültségek káros hatásai ellen az alábbi műszaki megoldásokat kell alkalmazni:

- mind az alagúti, mind az állomási és járműműtelepi infrastruktúrát el kell látni integrált földelési rendszerrel, mely biztosítja a rendszerek egyenpotenciálra hozását, illetve a különféle rendeltetésű és feszültségszintű, illetve áramnemű villamos berendezések számára szükséges földelő hálózatot. Az integrált földelési rendszer kialakításáról, tanulmánytervet és kiviteli tervet kell készíteni.
- az elektromos hálózatokon fellépő működési túlfeszültségek ellen, a hálózati elemeket (kábelek, elosztók, gyengeáramú rendszerek, adatátviteli vonalak, digitális eszközök, stb.) megfelelő védelemmel kell ellátni.
- a 3x400/231V 50Hz-es hálózatok belső villám és túlfeszültségvédelmét többlépcsős, koordinált feszültségvédelemmel kell kialakítani. (B, C és D osztályú védelmek).
- a túlfeszültségek okozta károk megelőzése, csökkentése érdekében csak megfelelő EMC minősítésű berendezéseket lehet alkalmazni.
- az utasok védelmére a vontatási áram keltette feszültségesések korlátozására a futósínek és a peronszegély, illetve az ahhoz közeli fémszerkezetek potenciálvezérlésére érintésvédelmi berendezést kell telepíteni.
- az antisztatikus feltöltődések okozta túlfeszültségek ellen antisztatikus padlóburkolatok és antisztatikus szerszámok alkalmazásával és a személyi állomány megfelelő földelőeszközzel való ellátásával kell védekezni.

5.15 Fogalommagyarázat

A fogalmak csak a Metró, Millfav vonalak villamos energiaellátása vonatkozásában értelmezhetők

AC (Alternating Current) – Váltakozó áram, melynek iránya és nagysága időben periodikusan változik.
Alállomás – Az áramszolgáltató elektromos energia átalakítására és elosztására szolgáló létesítmény.
Antisztatikus padló – Olyan padlóburkolat, amely csökkenti az elektrosztatikus feltöltődést.
Áramátalakító – Azok a helyiségek, ahol a villamos energia elosztása, átalakítása és az ehhez tartozó berendezések, védelmek találhatóak.
Áramszolgáltató – Villamossági nagyvállalat, amely a villamos energiaellátást biztosítja. Feladata az energia folyamatos termelése, átalakítása és elosztása a fogyasztók felé.
Áramszolgáltatói fogadó helyiség – Az energia szolgáltató által biztosított energia fogadására kialakított cellasor, melyben az elszámolási fogyasztásmérés is történik.
Áramváltó – Olyan transzformátor elven működő készülék, amely egy áramkör áramát adott pontossággal alakítja át az előbbitől elszigetelt másik áramkör számára.
Áthidalhatatlan légszakasz – A harmadik sín folytonosságának olyan mértékű megszakítása, amelyet a közlekedő járművek áramszedői nem tudnak összekapcsolni.
Cella – Olyan fém szekrény, amelybe az erősáramú berendezéseket beépítették és az azokkal szerves egységet képző működtető, vezérlő berendezéseket is komplex módon tartalmazzák.
DC (Direct Current) – Az egyenáram vagy egyenfeszültség olyan elektromos áram, amelyben a töltéshordozók időben állandó vagy változó mennyiségben, de egyazon irányban haladnak.
Delegált állomás – Közvetlen áramszolgáltatói betáplálással nem rendelkező, a két szomszédos egyesített vontatási áramátalakítóból középfeszültségről táplált áramátalakító.
Erősáramú fogyasztó berendezések – azok a villamos berendezések, melyek a villamos energia munkavégző képességét egyéb célokra felhasználandó energiává alakítják.
Feszültségosztó – Olyan áramköri elem, amely egy áramkör feszültségét adott pontossággal alakítja át.
Feszültségváltó – Olyan transzformátor elven működő készülék, amely egy áramkör feszültségét adott pontossággal alakítja át egy az előbbitől elszigetelt, más áramkör számára.
Fordítóállomás – Olyan vágánykapcsolattal rendelkező vasúti létesítmény, amely a vasúti járművek menetirányváltását is lehetővé teszi.
Forgalmi vágány – Az utasforgalom lebonyolítására szolgáló bal és jobb vágány.
Földelt csillagpontú hálózat – minden olyan hálózat, amelynek legalább egy csillagpontja a földdel közvetlenül vagy közvetve össze van kötve.
Földfüggetlen hálózat – minden olyan hálózat, amelynek egyetlen pontja sincs a földdel üzemszerűen (szándékosan) összekötve.
Futósín – A vasúti járművek hordozására, vezetésére, és minél kisebb gördülési ellenállás mellett a terhelés átvitelére szolgáló, rugalmasan alátámasztott tartó. Elektromos vezető a metró vonalakon elektromos vezetőként játszik szerepet, és biztosító berendezések jeltovábbító közegeként is szolgál.
Harmadik sín – A harmadik sín a hagyományos két sínszál mellett egy harmadik sínszál, amely a vonalon közlekedő vonatok vontatási energiaellátását teszi lehetővé.
Hurokellenállás – A vontatási hálózat védelmi beállításaihoz szükséges paraméter, amely a tápszakaszba beépített berendezések (kábelek, sinezés stb.) eredő ellenállását tartalmazza.
Inverter – Az inverter egy olyan elektromos eszköz, amely az egyenáramot (DC) váltakozó árammá (AC) alakítja.
Járműtelep – A vasúti járművek zavartalan üzemeltetéséhez (javítás, tárolás, karbantartás) szükséges üzemállapot megteremtésére kialakított létesítmény.
Kábelfej – A kábelek csatlakoztatására szolgáló megfelelően kiképzett kábel végződés.
Kontaktor – Gyakori működésre tervezett egyenáramú készülék, nagy áramú áramkörök kapcsolására.

Légszakasz – Az áramellátási tápszakasz-határ céljára készített megszakítás. Rendeltetése az, hogy két villamosan egymástól függetleníteni kívánt tápszakaszt biztonságosan elválasszon (elszigeteljen) egymástól.
Lyra – Járműtelepi vágányhálózat, amelyen a telepi járműmozgások lebonyolításra kerülnek.
Mechanikus retesz – Olyan biztonsági megoldás, amely mechanikusan (pl. bowden segítségével) megakadályozza a nem kívánt működtetéseket, vagy téves kezeléseket.
Megszakító – Olyan védelemmel rendelkező berendezés vagy készülék, amely mind az üzemi, mind a zárlati áramokat minden nemű károsodás nélkül képes megszakítani.
Mezőgép/mezővezérlő – Olyan ipari eszköz, amely villamos berendezések irányítására, védelmére és felügyeletére szolgál.
Műszerfülke – A villamos berendezés azon elkülönített része, amely a műszerek és egyéb vezérlőeszközök elhelyezésére szolgál.
Peron – Fel- és leszállásra való kiépített szakasz vasúti vágányok mellett.
Redundancia – A redundancia az elektromos rendszer kritikus elemeinek többszörös biztosítása, annak érdekében, ha valamelyik komponens meghibásodik, a rendszer továbbra is képes legyen az üzemszerű működésre, mert a pótrészek vagy -rendszerek átveszik a meghibásodott elemek feladatait.
Rekuperációs üzemmód – A mozgásban lévő jármű mozgási energiájának – generátoros üzemmódban működő villamos hajtómotor által – a táphálózatba történő visszatáplálása.
Reteszgomb – Olyan nyomógomb, amely a mechanikai vagy elektromos reteszelést feloldja.
Segédüzemi energia – Az a villamos energia, mely a vasúti infrastruktúra nem közvetlenül vontatási célokat szolgáló energiaellátását biztosítja (pl: világítás)
Sönt – Mérőellenállás, amelynek pontos értékével a zárt áramkörben folyó áram mérhető.
Szakaszoló – Az energia útjának kijelölésére szolgáló olyan berendezés, készülék, amely sem üzemi-, sem zárlati áramot nem képes károsodás nélkül megszakítani.
Szekrényvédelem – Villamos berendezések földtől elszigetelt fém burkolata és a föld között, meghibásodás esetén folyó földzárlati áram érzékelésére és megszűntetésére szolgáló védelem.
Terhelés szakaszoló – Az energia útjának kijelölésére szolgáló olyan berendezés, készülék, amely az üzemi áramot igen, de zárlati áramot nem képes károsodás nélkül megszakítani.
Tokozott berendezés – Olyan villamos berendezés, amely a külső behatások (véletlen érintés, por és pára) ellen megfelelő szilárdságú fém vagy műanyag burkolattal van ellátva.
Védő-összekötő hálózat (EPH) – A villamos berendezések és a környezetükben lévő fémszerkezetek potenciáljának kiegyenlítésére szolgáló hálózat.
Villamos retesz – Olyan biztonsági áramkör vagy rendszer, amely megakadályozza a nem kívánt működtetéseket, vagy téves kezeléseket.
Zavaríró – A védelmi készülékbe épített olyan szoftver komponens, amely képes a védelmi működések alatti villamos paramétereket rögzíteni.

5.16 Alkalmazandó szabványok

A lista az irányadó jogszabályokat és szabványokat tartalmazza, ezek visszavonása esetén az érvényben lévő megfelelőjét kell irányadónak tekinteni.

5.16.1 Általánosan alkalmazott legfontosabb jogszabályok

1991. évi XLV. törvény a mérésügyről
1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről
1995. évi LIII. törvény a környezetvédelem általános szabályairól
1996. évi LIII. törvény a természet védeleméről
1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védeleméről
2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról
2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról
2013. évi V. törvény a Polgári törvénykönyvről LXXII. fejezet a termékfelelősségről
219/2004. (VII. 21.) Kormányrendelet a felszín alatti vizek védelméről
220/2004 (VII. 21.) Kormányrendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól
273/2007. (X. 19.) Kormányrendelet a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról
382/2007. (XII. 23.) Kormányrendelet a villamosenergia-ipari építésügyi hatósági engedélyezési eljárásról
306/2010 (XII. 23.) Kormányrendelet a levegő védelméről
312/2012. (XI. 8.) Kormányrendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
197/2014. (VIII. 1.) Kormányrendelet az elektromos és elektronikus berendezésekkel kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységekről
225/2015 (VIII. 7.) Kormányrendelet a veszélyes hulladékokkal kapcsolatos egyes tevékenységek részletes szabályairól
8/2001. (III. 30.) GM rendelet a Villamosmű Műszaki- Biztonsági Követelményei Szabályzat hatálybalépéséről
27/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a felszín alatti víz állapota szempontjából érzékeny területeken lévő települések besorolásáról
28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól
45/2004. (VII. 26.) BM-KvVM együttes rendelet az építési és bontási hulladékok kezelésének részletes szabályairól
63/2004. (VII. 26.) ESZCSM rendelet a 0-300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről
27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról
30/2008. (XII. 31.) KvVM rendelet a vizek hasznosítását, védelmét és kártételeinek elhárítását szolgáló tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó műszaki szabályokról
2/2013. (I.22.) NGM rendelet a villamos művek, valamint a termelői, magán- és közvetlen vezetékek biztonsági övezetéről
54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
23/2016. (VII. 7.) NGM rendelet a meghatározott feszültségtartományon belüli használatra tervezett villamossági termékek forgalmazásáról, biztonsági követelményeiről és az azoknak való megfelelőség értékeléséről

33/2016. (XI. 29.) EMMI rendelet a fizikai tényezők (elektromágneses terek) hatásának kitett munkavállalókra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről
3/2002. (II. 8.) SZCSM–EüM együttes rendelet a munkahelyek munkavédelmi követelményeinek minimális szintjéről
4/2002. (II. 20.) SzCsM-EüM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről

5.16.2 Az alkalmazott legfontosabb erősáramú szabványok

MSZ 146 szabványsorozat 6, 7, 10, sz. lapok: Kábelekkel kapcsolatos követelmények
MSZ 1585:2016 Erősáramú üzemi szabályzat
MSZ 1600 szabványsorozat 11, 14, 16. sz. lapok: Létesítési biztonsági szabályzat 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára
MSZ 2364 szabványsorozat Épületek villamos berendezéseinek létesítésére vonatkozó 442, 460, 523, 537 sz lapjai, valamint a Legfeljebb 1000 V névleges feszültségű erősáramú villamos berendezések létesítésére vonatkozó 450, 473 sz. lapok
MSZ EN 12464-1:2012 Fény és világítás. Munkahelyi világítás. 1. rész: Belsőtéri munkahelyek
MSZ 13207:2000 0,6/1 kV-tól 20,8/36 kV-ig terjedő névleges feszültségű erősáramú kábelek és jelzőkábelek kiválasztása, fektetése és terhelhetősége
MSZ 15688:2009 A villamosenergia-fejlesztő-, átalakító- és elosztó berendezések tűzvédelme
MSZ-09-00-0287:1986 3-400 kV-os berendezések túlfeszültségvédelme
MSZ EN 1838:2014 Alkalmazott világítástechnika. Tartalékvilágítás
MSZ EN 50110-1:2013 Villamos berendezések üzemeltetése 1.rész általános követelmények
MSZ EN 50172: 2005 Biztonsági világítási rendszerek
MSZ EN 50272-1: 2011 Akkumulátorok és akkumulátortelepek biztonsági előírásai. 1. rész: Általános biztonsági tájékoztatás
MSZ EN 50272-2: 2001 Akkumulátorok és akkumulátortelepek biztonsági előírásai. 2. rész: Helyhez kötött akkumulátorok
MSZ EN 50274: 2002 Kisfeszültségű kapcsoló- és vezérlőberendezések. Áramütés elleni védelem. Védettség veszélyes aktív részek véletlen, közvetlen érintése ellen
MSZ EN 50334: 2001 Villamos kábelek és vezetékek ereinek azonosító jelölése felirattal
MSZ EN 50522:2011 1 kV-nál nagyobb váltakozó feszültségű erősáramú berendezések földelése
MSZ EN 60076 szabványsorozat a Teljesítménytranszformátorokról 1 – 5 és 10 – 11 sz. lapjai.
MSZ EN 60099-4:2015 Túlfeszültség-levezetők 4. rész: Szikraköz nélküli fémoxid túlfeszültség-levezetők váltakozó áramú rendszerekhez
MSZ EN 60146-1-1: 2010 Félvezetős átalakítók. Általános alapkövetelmények és hálózatvezérelt áramátalakítók. 1-1. rész: Alapkövetelmények előírásai
MSZ EN 60898-1+A11 +A12 +A13: 2004 2006 2009, 2013 Villamos szerelési anyagok. Túláramvédelmi megszakítók háztartási és hasonló berendezések számára 1. rész: Megszakítók váltakozó áramú működésre
MSZ EN 60898-2: 2007 Villamos szerelési anyagok. Túláramvédelmi megszakítók háztartási és hasonló berendezésekhez 2.rész: Megszakítók váltakozó áramú és egyenáramú működésre
MSZ EN 60529: 2001 Villamos gyártmányok burkolatai által nyújtott védettségi fokozatok (IP-kód)
MSZ EN 60947-1+A1: 2008+2011 Kisfeszültségű kapcsoló- és vezérlőkészülékek 1. rész: Általános előírások
MSZ EN 60947-2+A1+A2: 2007 2010 2014 Kisfeszültségű kapcsoló- és vezérlőkészülékek Megszakítók
MSZ EN 60947-3+A1: 2010+2013 Kisfeszültségű kapcsoló- és vezérlőkészülékek Kapcsolók, szakaszolók, szakaszolókapcsolók és biztosító – kapcsolókészülék kombinációk
MSZ EN 61140+A1: 2003+2007 Áramütés elleni védelem A villamos berendezésre és a villamos szerkezetre vonatkozó közös szempontok

MSZ EN 61439-1: 2012Kisfeszültségű kapcsoló- és vezérlőberendezések. 1. rész: Általános szabályok
MSZ EN 61439-2: 2012 Kisfeszültségű kapcsoló- és vezérlőberendezések. 2. rész: Teljesítménykapcsoló és teljesítményvezérlő berendezések
MSZ EN 61869 szabványsorozat Mérőtranszformátorok 1-3 sz. lapok
MSZ EN 61936-1:2016 Az 1 kV-nál nagyobb feszültségű energetikai berendezések létesítése
MSZ EN 62271 szabványsorozat Nagyfeszültségű kapcsolókészülékek és vezérlő berendezések 1, 100, 102, 200 sz. lapjai
MSZ EN 62305 szabványsorozat a villámvédelemről
MSZ HD 60364 Kisfeszültségű villamos berendezések létesítése szabványsorozat 1, 4-41, 4-42, 4-43, 4-443, 4-444 sz. lapjai
MSZ 15988:2000 1-35 kV feszültségű vezetékek és gyűjtősínek relévédelmi és automatika rendszere
MSZ 15989:2000 1-35 kV feszültségű hálózatok transzformátorainak és csillagponti berendezéseinek relévédelmi és automatika rendszere
MSZ 09-00.0238:1979 Erőművek, transzformátor- és kapcsolóállomások villamos berendezéseinek színnel való jelölése és vezetékeinek sorrendje
MSZ 09-00.0280: 1989 Erőművi, transzformátor- és kapcsolóállomási új villamos berendezések minőségi vizsgálatainak és üzembe helyezésének műszaki követelményei
MSZ EN 60255 Szabvány-sorozat Erősáramú relék szabványsorozat
MSZ EN 60073: 2003 Az ember-gép kapcsolat, a megjelölés és az azonosítás alapvető és biztonsági elvei. Jelzőkészülékek és működtetőelemek kódolási elvei
MSZ EN 60445:2000 Villamos gyártmánykapcsok és az adott rendeltetésű vezetékvégek azonosítása
MSZ EN 60446:2003 Az ember-gép kapcsolat, a megjelölés és az azonosítás alapvető és biztonsági elvei. Vezetők azonosítása színnel, vagy számmal
MSZ EN 60447:2004 Az ember-gép kapcsolat alapvető és biztonsági elvei, megjelölés és azonosítás. Működési elvek
MSZ EN 60834-1:2001 Energiaellátási rendszerek távirányítású védelmi berendezései Működési vizsgálat 1. rész: Parancsrendszerek
MSZ IEC/TR 61000 Szabvány-sorozat Elektromágneses összeférhetőség (EMC)
MSZ EN 62382:2007 Villamos műszerezési és szabályozási/vezérlési körök ellenőrzése
MSZ IEC 909: 1997 Zárlati áramok számítása háromfázisú váltakozó áramú rendszerekben
MSZ HD 60634 szabványsorozat a kisfeszültségű villamos berendezésekről

5.16.3 Az alkalmazott legfontosabb speciális vontatási szabványok

MSZ EN 50121-5: 2006 Vasúti alkalmazások. Elektromágneses összeférhetőség 5. rész: Telepített energiaellátó berendezések és készülékek zavarkibocsátása és zavartűrése
MSZ EN 50122-1+A: 2011+2011 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Villamos biztonság, földelés és védőösszekötés (visszavezető áramkör). 1 rész: Áramütés elleni védőintézkedések
MSZ EN 50122-2: 2011 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Villamos biztonság, földelés és visszavezető áramkör. 2 rész: Az egyenáramú vontatási rendszerek okozta kóboráramok hatása elleni védelmi intézkedések
MSZ EN 50123-1:2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú kapcsolókészülékek. 1. rész: Általános előírások
MSZ EN 50123-2:2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú kapcsolókészülékek. 2. rész: Egyenáramú megszakítók
MSZ EN 50123-3+A1: 2003+2014 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú kapcsolókészülékek. 3. rész: Belső téri egyenáramú szakaszolók, szakaszolókapcsolók és földelőkapcsolók
MSZ EN 50123-6+A1: 2003+2015 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú kapcsolókészülékek. 6. rész: Egyenáramú kapcsolóberendezések

MSZ EN 50123-7-1: 2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú kapcsolókészülékek. 7-1. rész: Mérő-, vezérlő-, és védelmi berendezések sajátos használatra egyenáramú vontatási rendszerekben. Alkalmazási irányelvek
MSZ EN 50123-7-2: 2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú kapcsolókészülékek. 7. rész: Mérő-, vezérlő-, és védelmi berendezések sajátos használatra egyenáramú vontatási rendszerekben. Leválasztó áramátalakító és más árammérő eszközök
MSZ EN 50123-7-3:2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú kapcsolókészülékek. 7-2. rész: Mérő-, vezérlő-, és védelmi berendezések sajátos használatra egyenáramú vontatási rendszerekben. 3. főfejezet: Szigetelő feszültségátalakítók és más feszültségmérő eszközök
MSZ EN 50124-1+A1 +A2: 2001+2004+2005 Vasúti alkalmazások. Szigeteléskoordináció. 1. rész: Alapkövetelmények. Légközök és kúszóáramutak az összes villamos és elektronikus berendezéshez
MSZ EN 50124-2: 2001 Vasúti alkalmazások. Szigeteléskoordináció. 2. rész: Túlfeszültségek és vonatkozó védelem
MSZ EN 50125-2: 2002 Vasúti alkalmazások. A berendezések környezeti feltételei. 2. rész: Jelző és távközlő berendezések
MSZ EN 50125-3: 2003 Vasúti alkalmazások. A berendezések környezeti feltételei. 2. rész: Telepített villamos létesítmények
MSZ EN 50126-1: 2001 Vasúti alkalmazások. A megbízhatóság, az üzemkészség, a karbantarthatóság és a biztonság (RAMS) előírásai és bizonyítása. 1. rész: Alapvető követelmények és általános folyamat
MSZ EN 50327+A1:2003+2005 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Áramátalakító csoportok névleges értékeinek és vizsgálatainak összehangolása
MSZ EN 50328:2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Alállomások teljesítményelektronikai áramátalakítói
MSZ EN 50152-3-1: 2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Váltakozó áramú kapcsolóberendezések egyedi követelményei 3-1. rész: Váltakozó áramú vontatási rendszerekben egyedi célokra használt mérő-, vezérlő- és védőkészülékek. Alkalmazási irányelvek
MSZ EN 50152-3-2: 2001 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Váltakozó áramú kapcsolóberendezések egyedi követelményei 3-1. rész: Váltakozó áramú vontatási rendszerekben egyedi célokra használt mérő-, vezérlő- és védőkészülékek. Egyfázisú áramváltók
MSZ EN 50152-3-3: 2001 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Váltakozó áramú kapcsolóberendezések egyedi követelményei 3-1. rész: Váltakozó áramú vontatási rendszerekben egyedi célokra használt mérő-, vezérlő- és védőkészülékek. Egyfázisú induktív feszültségváltók
MSZ EN 50163: 2013 Vasúti alkalmazások. Vontatási rendszerek tápfeszültségei
MSZ EN 50327+A1: 2003+2005 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Áramátalakító csoportok névleges értékeinek és vizsgálatainak összehangolása
MSZ EN 50328: 2003 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Alállomások teljesítményelektronikai áramátalakítói
MSZ EN 50329+A1: 2003+2010 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Vontatási transzformátorok
MSZ EN 50526-1: 2012 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú túlfeszültséglevezetők és feszültséghatárolók 1. rész: Túlfeszültség-levezetők
MSZ EN 50526-2: 2014 Vasúti alkalmazások. Telepített berendezések. Egyenáramú túlfeszültséglevezetők és feszültséghatárolók 2. rész: Feszültséghatároló eszközök