

## 6. VILLAMOS BERENDEZÉS SZERELÉS

### 6.1 Szekrények és dobozok

#### 6.1.1 *Fogyasztásmérő és csatlakozó főelosztó szekrények*

A fogyasztásmérő szekrény csak a területileg illetékes áramszolgáltató (hálózati engedélyes) által kiadott rendszerengedéllyel rendelkező típus lehet. Gyártótól függetlenül ezek közös jellemzője a mind a függőleges, mind pedig a vízszintes összeépíthetőséget biztosító *moduláris kialakítás*, illetve a mérőállás leolvashatóságát is lehetővé tevő *polikarbonát előlap* és természetesen a *zárópecsételhetőség* több helyen történő biztosítása.

Az ilyen szekrények abszolút *időjárásálló* kivitelben készülnek, tehát nem csak az IP-besorolásuk, hanem anyaguk és tömítéseik is *UV-állóak* – az oldalsó és felső kábelbeállítás mindenestre ezeknél a típusoknál is kerülendő, hacsak a doboz tető alá helyezése nem biztosítható. A műanyagok halogénmentes, és önkioltó anyagból készülnek, üvegszálas megerősítés esetén pedig még nagyobb mechanikai védelmet nyújtanak a tokozaton belüli eszközök számára.

A dobozon belüli moduláris eszközöknek mélységben kiemelt kalapsín, a kábelbeállításokhoz pedig kábelfogadó tartozék elemeket kínálnak a gyártók. A sorkapcsos bekötésekhez és a nem moduláris elosztódobozba tervezett vezérlőeszközök számára a hátsó síkra szerelt szerelőlap, és vele együtt nem kiemelt kalapsín alkalmazása szükséges (ajánlott kalapsín: TS 32x7.5 mm).

A tipizált szekrények méreteikben olyan kialakításúak, hogy optimális elhelyezést tudnak biztosítani a szolgáltató által rendszeresített *fogyasztásmérő berendezések* mindegyikének a *kiegészítő készülékekkel* együtt.

Az MSZ 447:2019 szerint: „TN-rendszer esetén a szükséges PE-N szétválasztás a csatlakozó főelosztóban lévő csatlakozási pontnál, vagy – ha ez műszakilag nem lehetséges – a csatlakozási pont utáni valamely elosztó villamos kötéspontjánál (pl. a méretlen főelosztóban, a betápláló fővezeték végpontjánál) legyen.” a **csatlakozó főelosztóban**, vagy **méretlen főelosztóban** az üzemi PEN-védővezető potenciálját önállóan számottevő földeléshez kell rögzíteni. A földelést úgy kell kialakítani, hogy annak méréssel végzett ellenőrzését az elosztói zárópecsét bontása nélkül lehessen elvégezni.

#### 6.1.2 *Lakáselosztók, felhasználói főelosztók*

Falon kívüli vagy süllyesztett kivitelű műanyag szekrények, melyek egy vagy több sorban kialakított kalapsínnel fogadják a beépülő kismegszakítókat, áram-védőkapcsolókat és egyéb moduláris kivitelű eszközöket. A lakáselosztó dobozokban helyet kap egy-egy kiszerezhető N-és PE-elosztósín, ami alapesetben 1.5-16.0 mm<sup>2</sup> közötti keresztmetszetű vezetőket tud fogadni.

Az elosztókon belül célhuzalozással vagy terített huzalozással alakítják ki a bekötéseket, kötegelést csak a szükséges rendezettség kialakítása és a zárlati áram elektrodinamikai hatásainak csillapítása érdekében alkalmazunk. A méretét tekintve úgy érdemes megválasztani, hogy minimum 10%, de legalább 1 db kismegszakító (a legtöbbet használt típusból) kerüljön beépítésre későbbi áramkörök

kialakítására (illetve megszakító hiba esetén gyors hibaelhárításra), továbbá a teljes beépíthető modulszélesség 10-30%-a álljon rendelkezésre tartalék hely formájában a kalapsínen további eszközök beépítésének biztosítására.

A kalapsínre szerelt eszközök vízszintes szabvány 2modulszélessége:  $1''M'' = 17.5\text{mm}$ , ami praktikusán egy egypólusú kismegszakító szélessége.

### 6.1.3 **Energiaelosztó szekrények**

Kevés kivételtől eltekintve lemezszekrények és a hegesztett vázú szekrények fali, illetve szabadon álló kivitelben, frontoldali ajtós eléréssel készülnek. Feladatuk egy berendezés vagy berendezéscsoport, illetve épület-épületcsoport nagyáramú (125A-6300A) energiaelosztásának megvalósítása.

Az ilyen szekrénycsaládok mindegyikénél a 3-vagy 4-vezetékes sínrendszer gyári tartozéknak számít, melybe tartozékként a kábelcsatlakozók és elosztó kapcsok éppúgy beletartoznak, mint az előregyártott leágazások, melyekhez akár a saját gyártmányú megszakító vagy szakaszoló kapcsoló is mérethelyesen rászerezhető, időt és vezetékszerelést takarítva meg ezzel.

A magasabb kategóriájú modelleknél arra törekednek, hogy a legtöbb gyártó védelmi készüléke a termékükbe beépíthető legyen. Ehhez mérten a sínrendszer horizontális és vertikális kialakításban is lehetővé teszi a felcsatlakozást, leágazást. Lehetnek *közvetlen hátsó síncsatlakozásúak* alsó kábel kicsatlakozással, vagy *panel-szerelt* kivitelűek alsó-felső vezeték-kiállással.

Ezek hiányában a szekrényhez a különböző leágazásokat és az azokhoz tartozó védelmeket biztosító eszközöket kalapsínekre is szerelhetjük, melyből ajánlott a TS 35x15 mm-es, magasított típus alkalmazása. A kisebb méretű ( $16\text{ mm}^2$  keresztmetszetig) hajlékony vezetékek számára fésűs vezetékszatornák használhatóak ügyelve arra, hogy a táplálás céljára alkalmazott vezetékek ne legyenek összekötegetve. A nagy zárlati áramok okozta *elektrodinamikus hatásokra* felkészülve azonban biztosítani kell a vezetők mechanikai rögzítését, különös tekintettel a kábelbe-és kiállások sorozat és bekötő kapcsainál, ami a védővezetőre is vonatkozik !

Az energiaelosztási célra alkalmazott tokozatoknak már nem csak a benne elhelyezett eszközök környezeti (IP) és mechanikai (IK) védelmét kell megoldani, hanem megfelelő védelmet kell biztosítaniuk a külvilág számára egy *súlyos üzemzavar*, pl. extrém mértékű rövidzárlati áram vagy villámcsapás okozta kábelberobbanás esetén is. A szekrény belsejében a robbanással felszabaduló *rövidzárlati energia* rövid időn belül olyan mértékű és intenzitású nyomásemelkedést eredményez, ami a tokozati lemeztagokra, elsősorban az ajtóra fejt ki destruktív erőket. Ezért különösen fontos, hogy a gyártó milyen védelmi mechanizmusokat (megerősített ajtórögzítő szerkezet, lefúvó rések) épít be a termékébe, hiszen egy ilyen esemény során az ajtó vagy a kábelbevezető tetőlemez könnyedén kirobbanhat a helyéről, ami a környéken tartózkodókra nézve akár életveszélyes lehet!



6.1 ábra *Energiaelosztó szekrény moduláris felépítéssel és sínrendszerrel (Rittal VX25)*

A tokozaton belül futó sínek összekombinálhatóak lehetnek ugyanazon gyártó egy-egy *tokozott áramsínes rendszerével* (ld. 5.3.8 fejezet), mellyel így valóban a betáplálástól a fogyasztóig ugyanazon szereléstechológiával, ráadásul hatékonyan és jó minőségben alakítható ki a hálózat.

Az energiaelosztó szekrények egy speciális fajtái az ún. *motorvezérlő központok* (MCC), melyeket „fiókos szekrényeknek” is neveznek. A becenevet a tokozat alaplapos keretszerkezetébe csúsztatható és onnan – akár üzem közben is (*hot-swapping*) – eltávolítható fiókszerű modulokról kapta. A fogadó oldal ipari csatlakozó-foglalatait a szekrény hátsó részén kábelezik össze, ami így a kábeleket előlről láthatatlanná teszi. Nagy előnye, hogy az egyes teljesítményelektronikai, védelmi, motormeghajtási...stb. fiókokat egységessé téve a terepi javítási tevékenység *vezetékezési munkát nem igénylő* részegység-cserékre egyszerűsödik le.

#### 6.1.4 **Általános célú kapcsoló-és vezérlőszekrények**

Általában szerelőlappal, esetleg szerelősínekkel beépített lemezszekrény, mely a beépítés sűrűségétől függően készülhet *csak első, vagy első-hátsó nyithatóságú* kivitelben. Ez utóbbi esetben mind a két oldalról egy-egy szerelőlap kerül a szekrénybe. Különlegesebb esetekben oldalsó szerelőlapok is beépítésre kerülnek, melyek kis impedanciás földelő sodronyok és EMC tömítések segítségével képesek egy külön *Faraday-kalitkát*, vagyis a külső lemez-tokozattól is független *elektromágneses leárnyékolást* biztosítani a beépített rendszerek védelme, illetőleg a kisugárzott zavarok megakadályozása érdekében.

A szerelőlapok mindegyikére itt Európában legtöbbször a TS 35x7.5 méretű kalapsínt (amit az eredeti szabvány után „DIN-sínek” neveznek), de szerelhetőségi és eszköz-specifikus esetekben kapcsolószekrényeknél előfordul a magasabb és vastkosabb kivitelű TS 35x15 mm-es kalapsín is.

A vezérlő-, kapcsolófunkcióktól, illetve attól függően, hogy a szekrénynek kell-e külső

kábelbeállításokhoz kifejtő sorkapcsokat biztosítani a kalapsínek vízszintesen és függőlegesen egyaránt felszerelhetőek, velük párhuzamosan futnak a fésűs kialakítású kábelcsatornák. A fésűk közti réseken keresztül az vezetékek és kábelerek kivezetése egyszerű, s mivel a fésűk kitörhetőek, vastagabb köpenyű kábelek kivezetése is lehetséges. Vezérlőszekrényekben már többféle kábelcsatorna kialakítására is szükség lehet a különböző feszültség-szintek (kisfeszültség, törpefeszültség, analóg jelek), vagy az áramköri leválasztás miatt (funkció-védett, gyújtószikramentes, túlfeszültség-védett oldalak). A funkció-védelem lehet egy különleges biztonsági, esetleg tűzvédelmi okokból leválasztott áramköri rész, ahol gyártói vagy vevői előírások miatt a kábeleknek dedikált csatornában kell haladniuk, hogy más részegységek jeleivel nem keveredjenek. A gyújtószikramentes (rövidítve: GYM, vagy angolul *I.S. = Intrinsically Safe*) jeleket rendszerint kék kábelcsatornában vezetik, vagy ha nem, akkor azok dedikált csatornáit „Ex i” felirattal jelölni szükséges.

Bizonyos leválasztó eszközök (túlfeszültség-levezetők, gyújtószikramentes szikragátak) rendszerint a kalapsín felől kapják meg a föld fele történő levezetéshez a potenciálrögzítést a saját, gyárilag kialakított fém szorító-földelő kengyelükön keresztül (olykor külön csavar is szolgál a földeléshez, ilyenkor annak bekötését is előírhatja a leválasztó eszköz gyártója). Amennyiben a leválasztó eszköz a szerelőlap potenciáljától eltérő földelési rendszert követel meg (pl. védőföldelés helyett a műszerföldet), akkor a kalapsínt támszigetelő bakokra, vagy a gyárilag TS-sínekhez e célra kialakított szigetelőbakokra kell felcsavarozni, majd külön intézkedni a földelővezető kalapsínre kötéséről: e célra a földelő-sorkapocs vagy csavaros bekötés kontakt-alátéteken keresztül megfelelő.

Az irányítástechnikai rendszer központi egységei (PLC, DCS) is itt kapnak helyet, melyek kalapsínes rögzítés mellett gyakran csak szerelőlapra csavarozhatóak, kisebb irányítástechnikai rendszereknél azok tápegységeivel és kommunikációs eszközeivel együtt. Amennyiben a PLC központi és I/O-része fizikailag elkülönül, akkor az ún. *remote I/O* rész a fogadó-kifejtő sorkapcsok mellé, míg a központi egység legtöbbször a kommunikációs egységek közelében kapnak helyet.

### **6.1.5 Kifejtő-és rendezőszekrények (marshalling)**

Nagy I/O-számú vezérlőszekrényekben nem csak a terepi kábelek fogadására fenntartott kábelcsatornák, kábelmegfogók, rendszerkábel kifejtőmodulok (D-SUB, ELCO) és sorkapocs-sávok foglalhatnak el jelentős teret, de a jelek átalakítására, konverziójára vagy leválasztására beépített közbenső eszközök (összefoglalóan: *leválasztók*) is, úgymint például a 4-20 mA-es átalakítók, túlfeszültség-levezetők, szikraközök vagy galvanikus leválasztók. Egy bizonyos I/O szám felett már megfontolandó, hogy ezeket a fogadó és kifejtő elemeket ne az irányítástechnikai rendszerrel egy térbe, hanem egy külön szekrény(tér)be, vagy szekrényrészbe (pl. egy szabadon álló szekrény hátsó szerelőpaneljén) legyenek kialakítva. Ez több lehetőséget ad az egyes leválasztók típus vagy funkció szerinti elkülönítésére, a különböző típusú és feszültség-szintű jel-és tápkábelek elkülönítésére, rendezett kialakítására. Az ilyen szekrényeket *rendező*, vagy *marshalling panelként* említi a szakirodalom.

A fent említett előnyökön kívül a funkciójuk, hogy nem csak fogadják a terepi kábelek végpontjait, de rendező feladatot is ellátnak: a marshalling oldalon ugyanis egy-egy sorkapocs-tömb mindig olyan kiosztással és annyi kötési ponttal rendelkezik, mint az adott kábel, amelynek a fogadására tervezték. Többberű (multicore) vezérlőkábelek számozott belső erei mindig a megfelelő sorszámú

sorkapcsón kap helyet, ami jelentősen leegyszerűsíti a helyszíni telepítés munkáit, később pedig a hibakeresést, hiszen a marshalling sorkapocsa másik oldalán a jelkábel – a terepi oldalon kijelölt pozíciójától függetlenül – mindig a megfelelő PLC I/O-ra kerül majd bekötése, de azzal a helyszíni szereléskor így már nem kell foglalkozni. Ezek a körültekintő tervezéssel elérhető előnyök, melyek indokoltá teszik a rendezősávok, vagy külön rendező szekrények kialakítását.

Előfordul, főként előregyártott berendezéseknél a helyszíni elektromos szerelési munkák további egyszerűsítésére, hogy a terepi kábelek is már előregyártott csatlakozóvégekbe („stekkerbe”) kifejtett *rendszerkábelek* lesznek. Ilyen kábelek fogadása a marshalling panelen belül *kifejtő modulokon* (más néven *alaplapokon*) történik, ami tartalmaz egy – a fogadott kábel nemével ellentétes, de ugyanazon típusú – aljzatot, elmenő oldalán pedig egy-vagy többemeletes kialakítású sorkapocsmezőt, ami az adott csatlakozó sorszámozásának megfelelő számozással rendelkezik. Helytakarékosági okokból előfordul, hogy ezek az alaplapok már valamilyen leválasztó eszközt is tartalmaznak; ilyenkor az alaplapon már nincs külön elmenő sorkapocssáv, hanem közvetlenül a rá ültetett eszközök kimenetére/ bemenetére (az I/O irányától függően) kell a PLC oldali jelvezeték bekötni.

A rendezőszekrények tervezésekor is tudni kell előre, hogy alsó-vagy felső kábelbevezetéssel van dolgunk, alsó beállásnál a megfogószerkezetnek tehermentesíteni kell a kötések, felsőnél pedig ügyelni kell, hogy a tetőáttörés utólagos tömítése a tokozat IP besorolásának megfelelően történjen.

A kábelbevezető nyílások pozíciójának meghatározásánál vegyük figyelembe a terepi kábelnek a minimális hajítási sugara mellett a *hajlíthatóságát* is. Ha vastag erű és/vagy köpenyű kábelek lépnek be, vagy külső árnyékolás, páncélozás miatt a kábel merev („spröd”), akkor műanyag kábelcsatorna helyett inkább kábelletrát, vagy rendezőgyűrűket alkalmazzunk a terepi oldalon!

### 6.1.6 „Rack”-rendszerű szekrények

A zsargonban „rackszekrényként” említett felépítményeknél az EIA-310-D szabvány\* (Electronic Industries Alliance) 19”-os (482.6 mm) rackszélességű vázszerkezetek szerelésteknológiájára gondolunk (egyébként léteznek ettől eltérő collméretű szabványos beépítőkeretek is). A *beépítési magasságot* „U”-ban („Unit”-okban) számoljuk, ami 1.75” (44.45 mm)-t jelent; ez egy 2000 mm magas szekrény esetében maximum 42U magasságot ad ki.

Ezzel a szekrénytípussal az infokommunikációs szektorban találkozhatunk gyakrabban, de mérésadatgyűjtésben, tápelosztásban és elvétele még a vezérlésteknikában is előfordulhat. Nagy előnye más konstrukciókkal ellentétben, hogy amennyiben a beépített eszközök elektromos hozzávezetései szigetelt csatlakozókkal történik, akkor a „rackes” eszköz cseréjét akár *villamos képzettség nélkül* is, egyetlen csavarhúzóval szinte bárki (kioktatott személy) elvégezheti. Talán emiatt terjedhetett el ez a beépítési mód a *koncert-és stúdiótechnikában* is, ahol vertikális kialakításban elő-és végerősítők, gitárerősítők ugyanúgy megtalálhatók 19”-os dobozokban, mint keverők és fénytechnikai eszközök, többnyire kerekkel szerelt, gördíthető szekrényekben.

A szervizszemélyzet munkáját tovább egyszerűsítendő alkalmaznak a mai napig hasított fejű rögzítő csavarokat a rackek rögzítésre, hiszen így ugyanaz a szerszám használható a csavarok bontására, mint az eszköz kimozgatására és a csatlakozók kipattintására is. Az M6-os méretű rögzítőcsavarokat

\* Európában az IEC 60297 szabványsorozat (Magyarországon MSZ EN 60297) foglalkozik e területtel

műanyag alátéttel kell szerelni, míg a szabvány *EIA-sín* túloldalán kosáranya (fészkes anya) pattintható a négyzet alakú perforációkba ellendarabként.

Kívülről bontható, érzékeny elektronikai eszközök (pl. rackfiókba szerelt kihúzható vezérlőkártyák) cseréjéhez biztosítani kell az *elektrosztatikus feltöltődés kisüléséből*, ún. ESD-ből (Electrostatic Discharge) fakadó félvezető-károsodások megakadályozását. Ennek része lehet a szekrény előlapján kialakított földelőpatent is, ahova a szabványos ESD-csuklópántot csatlakoztatni kell. A földelőpatentet – hacsak a létesítményben erre külön földelőrendszert nem alakítottak ki – a védőösszekötő-hálózatba (korábban EPH) kell bekötni.

Bizonyos hálózati eszközök esetén a gyártók EPH bekötési – vagy kiegészítő földelési – pontokat alakítanak ki rackes készülékük hátoldalán csavaros, vagy csúszósarus csatlakozással. Ezek alkalmazása különösen az *elektromágneses interferencia* (EMI) és az *elektromágneses kisugárzás*, összefoglaló néven az EMC (ld. később) megfontolásai miatt érdemes egy helyileg kialakított PE-potenciálra rögzített földelősínen keresztül leföldelni, hogy a készülék háza egy alacsony impedanciás földeléssel is rendelkezzen – egyébként csak a tápkábelben lévő vékony védővezető rögzítené a potenciálját, a szekrényváz és készülékház felületkezelése ugyanis legtöbbször nem vezetőképes.

A mechanikai stabilitás kialakításánál fontos, hogy vegyük figyelembe a **beépített eszköz mélységét** és tömegét is, mely bizonyos mértéken túl az előlapra és rögzítőcsavarjaira kritikus nyomatókot gyakorolhatna, és ez könnyen vezethet sérüléshez, leszakadáshoz, különösen a szállításkor. Ennek elkerülésére egy bizonyos eszközmélység és tömeg felett szükséges a hátsó alátámasztás kialakítása; erre külön határérték nincs, ökölszabályként a **250 mm**-nél mélyebb, illetve **5 kg**-nál nehezebb racknél ajánlott ezt a *tehermentesítést* elvégezni. Ezt viszonylag egyszerűbb kivitelezni, ha a rackszekrény hátsó síkját is ellátták EIA-sínekkel, ha nem, akkor a szekrény beépítése előtt keresztartókat vagy egy teljes tartókeretet kell építeni a hátsó szerelési síkon az alátámasztások biztosítására.

Ezek a tartószerkezetek hasznosak lehetnek a hátsó részen kialakítandó kábelezés esztétikus megvalósítására is, hiszen a szabvány szerelősínekre a kábelcsatornák önmetsző csavarokkal egyszerűen felrögzíthetők.

Különös figyelmet igényel a kábelezés mozgatható eszközöknél, mint pl. a *kihúzható fiókok*, vagy *kikocsizható eszközök* (pl. rackes PC házak). A kábel útját előre meg kell terveznünk, majd a kábelezést követően csak többszöri mozgatási próbákat követően rögzítsük azt, miután megbizonyosodtunk róla, hogy a mozgó elemek egyikébe sem akadhat föl, vagy csípődhet be a megformázott kábel(köteg). Mozgó egységekhez csak nagy flexibilitású kábelek használhatóak, a fémrészekre történő felrögzítés előtt pedig fektessük azt védőcsőbe vagy védőspirálba. Valamivel egyszerűbb a helyzet, amikor a kihúzható fiókot vagy billentyűtartót több csuklópontos kábelkarral látják el, viszont itt is figyelembe kell venni a gyártó előírását a kábel felrögzítési módjára vonatkozólag. A mozgatási próbák során győződjünk meg arról, hogy a kábel a csuklópontoknál nem törik, és a *minimális hajlítási sugár* alá még összezárt állapotban sem kerül!

### 6.1.7 Kültéri tokozatok és szerelésük

A szempontok egy része a fogyasztásmérő szekrényeknél ismertetésre került. Sokan abba a hibába esnek, hogy csupán az IP besorolás alapján ítélik meg egy-egy szekrény, doboz alkalmasságát a kültéri szerelésre, de kizárólag az alapján hibás következtetésekre juthatunk. Kültéri tokozatként UV-álló műanyagok, vagy lemezszekrény esetében UV-álló tömítés szükséges. Ökölszabályként elmondható, hogy **IP55 alatt** besorolt gyártmányt **csak védőtetővel** és **csapóeső elleni védelemmel** telepítsünk kültérre (az ez alatti besorolással rendelkező dobozok ritkán UV-állóak).

Az *alkalmazási hőmérsékleti* tartományon belül is fontos megvizsgálni, hogy a tokozat ki lesz-e téve a közvetlen napsugárzás hatásának. Amennyiben *jelentős hődisszipációval* üzemelő eszközök épülnek a szekrénybe (tápegység, inverter, adatfeldolgozó egységek), mely hőnek egy részét az oldalfalakon keresztül – a napsütés okozta hőközlés miatt – nem tudja leadni, sőt, azon keresztül még több hő jut a szekrénybe, úgy kiegészítő hűtésről kell gondoskodni (hőtechnikáról ld. a 6.2.3 fejezetet).

Érdemes előzetesen tanulmányozni a tokozat adatlapját, hogy a burkolatának melyik lokációjában ajánlja – engedélyezi – a fúrást az egység IP besorolásának sérülése nélkül; s itt nem számít az, hogy a kábelbevezető egyébként „mit tud IP-ben”! Alapesetben mindig az alsó kábelbevezetés ajánlott, vízszintesen érkező kábelek esetén pedig a cseppelvezetés érdekében *vízszák kialakítása* szükséges még az alsó kábelbeállítás előtt is. A kábelbevezető tömítőszelencék méretét a kábelek külső köpenyátmérőjéhez kell igazítani, páncélos kábelek esetén pedig a páncél és a külső sodrat fogadására és megfelelő földelésére alkalmas, többtagú fém kábelbevezető javasolt.

Jelentős szerepet töltenek be a *rozsdamentes acélszekrények* a kültéri alkalmazásokban a környezetállóság, illetve az antisztatikus felületük miatt, ami elengedhetetlen például robbanásveszélyes környezetben. Magas gyártmányvédeltségi szint esetén is ajánlott lehet a tetőszerkezet alá történő telepítésük.

Festett kivitelben kültéri alkalmazásokra az ún. *monoblokk szekrények* terjedtek el, ami kevés külső alkatrészből épül fel, csökkentve ezzel a tömítendő rések arányát. Szellőzős lábazattal is rendelhetőek, ami a tetőlemez helyére beépíthető klíma-vagy ventilátor egységgel szinte bármilyen időjárási körülmények között képes a tokozaton belül normál klimatikus viszonyokat teremteni. Festett monoblokk szekrényeket láthatunk pl. kültéri elosztószekrényként, szünetmentes tápellátó rendszerek vezérléseként, vagy szennyvízátemelő szivattyúk inverter szekrényeként.

A *közterületre épülő dobozok* esetén, ha a szerelési magasság nem teszi lehetővé, hogy az az elérhető magasságon kívül essen, úgy a tokozat megóvása és a rongálásból fakadó károk és veszélyhelyzetek megelőzése érdekében biztosítani kell a saját mechanikai, vagy a külső kiegészítő burkolati védelmet. A tokozatok mechanikai védelméről az *IK szám* ad támpontot, ami Joule-ban megadott határértékkel adja meg azt a behatási energiát, melynek az adott gyártmány még ellenáll (ld. MSZ EN 62262), **közterületen ez minimum IK08** legyen.



6.2 ábra „E VIS” festett lemezszekrény kültéri alkalmazásokhoz (ETA Enclosure)

### 6.1.8 Túlnyomásos szekrények

Robbanásveszélyes terekben alkalmazott „Ex p” jelű, úgynevezett *túlnyomásos védelmi mód* központi eleme maga a tokozat, illetve a rászertelt *öblítő-és nyomásfokozó egység* (purge unit). A tokozaton belül mindig pozitív előjelű túlnyomás van, melynek hatására a robbanóképes gáz, gőz vagy poranyag nem tud a védett térbe, a szekrénybe annak résein keresztül bejutni. Ezzel megoldható, hogy – védelmi módtól függően – a szekrényen belül ne kelljen RB-minősítésű (ld. 10.4 fejezet) eszközöket használni, vagy ha igen, akkor csak a legenyhébb fokozatú 3. kategóriájú kritériumokat kielégítve.

A túlnyomást az égést nem tápláló *inertgázzal* biztosítják, pl. nitrogénnel, de nagy számban előfordul, hogy a létesítmény sűrítettlevegő hálózatáról táplálják meg az öblítőrendszert; a védelmet ez is tökéletesen biztosítani képes, hiszen robbanóképes elegy a tokozat belsejébe nem tud bejutni, amíg a túlnyomás fennáll, s amíg a szekrényt nem bontják meg vagy az ajtaját nem nyitják ki. A belső túlnyomás megszűnésével a beépített eszközök tápellátását automatikusan le kell kapcsolni!

Öblítő-és  
nyomásfokozó  
egység



6.3 ábra Kültéri túlnyomásos szekrény (Thorne & Derrick)

## 6.2 Szekrények kialakításának szempontjai

### 6.2.1 A beltéri letelepítés helyi sajátosságai

Hasonlóan más villamos gyártmányokhoz, a tokozatok esetében is az IP-besorolás (kategóriákat ld.: MSZ EN 60529) az elsődleges támpont a telepítés helyén fennálló igénybevételekkel szembeni ellenállóságra.

Új telepítésű egységek – vagy meglévő rendszerek mellé felállított új egység - esetén tájékozódniunk kell a helyszínen kialakítandó, illetőleg fennálló viszonyokról, amit a *kapcsoló-vagy vezérlőterem alaprajzi*, esetleg *helyszíni* tanulmányozásával tehetünk meg. Ennek érdekében **gyűjtsünk információt...**

- az új és az azzal szomszédos szekrények letelepítési pozíciójáról és a kijelölt hely méreteiről, a helyszíni szereléshez rendelkezésre álló helyről – vagy ami abból munkaterületként átadásra kerülhet;
- a helyiség, illetve oda telepített szekrények *ajtóinak nyitási irányáról, szögéről* – különös tekintettel a helyiségben kijelölt *menekülési és közlekedési útvonalak* ismeretének figyelembevételével;
- az alsó/felső kábelbevezetéshez a tálcák méreteiről, telítettségéről, a kábelmegfogás szintjétől mért távolságokról, a bejövő kábelek érkezési irányáról;
- egyedülként letelepített szekrény esetén a helyszíni (iparági) ajánlásokról: folyékony anyagokkal, vegyszerekkel dolgozó üzemegységekben az alsó kábelbeállítás és szellőztetés nem javasolt, viszont a szekrény felett kialakított csőkötések esetén felülről a víztömör kábelbevezetést is biztosítani szükséges!
- a szekrény bemozgatására/beemelésére kijelölt útvonalról/lehetőségekről;
- a helyszínen kialakított földelőrendszerekről (PE, FE, ISE, EPH), csatlakozási pontjaik távolságáról;
- a szekrény *termikus stabilitását* biztosító gravitációs vagy ventilátoros hűtését gátló tényezők azonosításával: *beszívási vagy kifúvási* pont közelében azonosított *akadályok, hőforrások*, vagy *légáramlatok* (pl. szomszédos szekrények külső hőcserélői vagy ventilátorai);
- a szekrény *külső burkolatát* érő egyéb hőmérsékleti behatásokról, pl.: közvetlen napsugárzás, közeli klímaegység vagy hőventilátor, szomszédos szekrényekkel közös oldalfal/hátfal;
- a helyiségben üzemelő *tűzjelző rendszer érzékelőiről* és a *beépített automata oltórendszer* szórófejeinek elhelyezkedéséről – azok megközelíthetőségére kiírt korlátozásokról (elsősorban felső kábelbeállítás esetén);
- a meg táplálást vagy jelösszeköttetést biztosító *ellenoldali egységek* távolságáról.

## 6.2.2 A belső elrendezés szempontjai

A beépült részegységeknek elrendezésükben is tükrözniük kell a többi résztől való *funkcionális elkülönülést* – bármilyen típusú berendezésről is legyen szó fontos, hogy látható módon (dokumentáció nélkül) is *meg lehessen különböztetni* a tápellátás, az irányítástechnikai egység, a külső kábelfogadás-kifejtés, a jelátalakítás és az egyes kijelző-és kezelőegységek főbb elemeit. Ez túl azon, hogy magával vonja majd a különböző áramköri egységek elektromosan kompatibilis szegregációját, *átláthatóságot* biztosít a beüzemelő, kezelő és karbantartó személyzet számára is, függetlenül attól, hogy milyen mélységében ismerték meg az adott részegység dokumentációját, ami egy üzemzavar okán szükségessé vált *hibakeresés során kritikus tényező* tud lenni!

Vezérlőszekrények esetén az *elektromos szegregáció* legfőbb módszere a különböző típusú vezetők azonosítása és elkülönítése, melyet *dedikált nyomvonalak és kábelcsatornák* kijelölésével érhetünk el. A leggyakrabban **kábelcsatorna szinten elkülönülő** kábelek és vezetékek a következők:

- Kisfeszültségű és nagyáramú kábelek; hajtástechnikai kábelek;
- Vezérléstechnikai célokra alkalmazott kisfeszültségű kábelek;
- Törpefeszültségű tápkábelek;
- Relékontaktusok vezetékei;
- Analóg jelek kábelelei;
- Termoelemek (kompenált) kábelelei;
- Gyújtószikramentesen leválasztott jelek;
- Infokommunikációs kábelek (soros, Ethernet);
- Rádiófrekvenciás és antennakábelek.

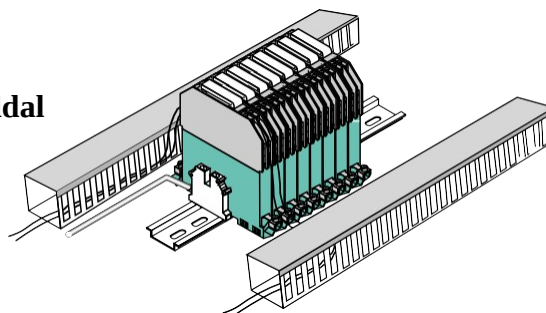
A különböző típusú elektromos rendszerek kábelezésének elkülönítésével azok áramköri egységei fizikailag is szétagolódnak, így nem csak a nemkívánt *induktív és kapacitív átcsatolás* hatásait csökkenthetjük, de már az elrendezés kialakításakor biztosításra kerülnek az előírt *légközök és kúszóáramutak*, ami járulékosan a berendezésünk biztonsági szintjét is emeli.

A gyújtószikramentes és nem gyújtószikramentes jelek bekötési kapcsai közt **minimum 50 mm-es** távolságot kell elhagyni, illetve biztosítani kell, hogy egymás áramköreibe a kikötött ereket ne lehessen bekötni! A kábelcsatorna és a leválasztott jelek kábeleinek köpenye kék színezést, vagy „Ex i” feliratozást kell, hogy kapjon!

A tűzjelző rendszerek kábeleit piros köpenyben kell vezetni a szekrényen belül is!

A gyújtószikramentes leválasztás mellett a túlfeszültség-védelmi eszközök (SPD – Surge Protection Device) bemeneti-és kimeneti (nem védett/védett oldalait) is el kell különítenünk egymástól, hogy a védett oldalra a bemeneti jelkábelben terjedő nagyenergiájú és széles frekvenciaspektrumú „tüskék” ne tudjanak átcsatolódni.

Nem védett oldal



Védett oldal

6.4.ábra Túlvezeték-vezetőkhöz vezetett kábelek elkülönítése (Pepperl+Fuchs)

### 6.2.3 Környezeti viszonyok, hőtechnikai szempontok

Habár az IP-besorolás az egyik legfontosabb szempont a környezeti ellenállóság viszonyrendszerében, látni fogjuk, hogy egy tokozat víz és por elleni tömítettsége korántsem az egyetlen, amit a szerkezet konstrukciójánál figyelembe kell vennünk, sőt, a „túltömítettség” olykor még hátrányos is lehet.

A kültéren elhelyezett tokozatok tetővel, féltetővel vagy csak ereszszegező lemezzel való lefedése nagyban csökkenti a víz behatolásának esélyét, illetőleg ezen ellenállóság tartósságát, hiszen nincs közvetlen kitettség a csapóesővel és a napsugárzással szemben, ez utóbbi pedig megkíméli a doboz műanyagait a *közvetlen UV-sugárzás* hatásától, továbbá megelőzi a belső térben lévő eszközök *túlhevülését* is. Téli időszakban ugyanez a védőfedés biztosít oltalmat az olvadó hó vagy ónos eső újrafagyásának veszélyeitől, ami az egyébként jó fedést biztosító illesztések hézagjaiba bejutva okozhatnak idő előtt jelentkező tömítetlenségi problémákat.

Fontos tudnivaló, hogy az IP után álló két szám egy laboratóriumi körülmények között lefolytatott mérés eredménye; nem utal arra, hogy ezt megelőzően a tokozatunk tartósan mennyi UV-sugárzást, meleget, hideget és port kapott, kvázi a tömítettségét milyen tényezők befolyásolták az első kiadós gyári zápor bekövetkezéséig, amikor elváránk, hogy az IP56 mindentől megvédje a beépített eszközöket. Ha elkerülhetetlen a kiegészítő védelem nélküli kültéri letelepítés, akkor figyelmesen olvassuk el a gyári adatlapot, hiszen még neves gyártóknál is található olyan IP66-os szekrény, amelynél a *kültéri telepítés* – a fent vázolt időjárásállósági okokból kifolyólag – *nem javasolt!*

A tokozatba épült eszközeink működési hőmérsékleti tartományon belül tartása érdekében szükséges lehet a (főként csak lemez)szekrényen belüli hűtés és/vagy fűtés biztosítása. A szekrények fűtésére hűtőbordás fűtőpanelek állnak rendelkezésre, melyeket 500W felett legtöbbször már ventilátorral egybeépítve gyártanak, megakadályozva ezzel a káros helyi túlhevülést, a szakirodalomban csak „*hot spot*”-ként azonosított lokációkat. A villamos berendezésgyártók gyakran alkalmaznak hőkamerát az ilyen „forró pontok” azonosítására, ami lehet a *konstrukciós vizsgálat* része (ld. MSZ EN 61439), de akár egy ismeretlen túlhevülés hibakeresési módszere is.

*Hőtechnikai* megfontolásból tartsuk be azt az általános szabályt, hogy lehetőleg a legnagyobb „hőtermelők” (tápegységek, inverterek, kerüljenek *a szekrény felső terébe*, hogy feleslegesen ne melegítsenek más, egyébként átlagos hőveszteséggel üzemelő egységeket. Ha ez bármilyen okból nem megvalósítható, akkor ügyeljünk arra, hogy ezek az eszközök a gyári ajánlás szerinti függőleges vagy vízszintes orientációban kerüljenek felszerelésre, s fölöttük legalább 10-15 cm-es akadálymentes tér álljon rendelkezésre a szabad levegőáramlás biztosítása érdekében.

Amennyiben a szekrényen belül *ventillátoros hőelvezetéssel* és eszköz áthelyezéssel sem sikerül egy helyi vagy szekréynyszintű túlmelegedés kezelése, úgy elkerülhetetlen a szekrényhűtő klíma alkalmazása. Ezek lehetnek *monoblokk* kivitelű hőszivattyús *klímák*, *levegő-víz hőcserélős* vagy *Peltier-elemes hűtőmodulok*, melyeket általában a szekrény tetejére vagy oldalára szerelnek, ritkábban az ajtólapra. A szekrényklíma kiválasztásánál a megfelelő beltéri vagy kültéri kivitt rendeljük meg. A hűtőteltjesítmény kiválasztásánál azt a hőteltjesítményt kell alapul vennünk, ami a szekrényen belül üzemelő egységek veszteségi teljesítményéből fakad, de minimum olyan mértékűt, amivel a *hőegyensúly* – a várható külső hőmérséklet teljes tartományában – biztonsággal fenntartható.

A klimatikus viszonyok másik fontos kísérőjelensége a *páralecsapódás*, vagy más néven *kondenzáció*, ami alacsony belső hődisszipációval rendelkező vagy időszakosan működő szekrényekben okozhat nem csak korróziós problémákat, de funkcionális és a villamos érintkezéssel összefüggő károkat is. Az *anti-kondenzáció* legegyszerűbb módja egy levegő páramentesítő klímaegység lenne, viszont ilyen nem lehet mindenhol felszerelni gazdasági, illetve műszaki okokból kifolyólag sem.

A páralecsapódást a szekrény anti-kondenzációs jellegű fűtésével is megakadályozhatjuk. Ennek elve az, hogy a levegő hőmérsékletének emelésével annak *telítési határértékét* is megemeljük, így a páratartalom még benn tud maradni a levegőben.

Amennyiben a környezeti viszonyok alapján a levegő páratartalma közel állandónak tekinthető (pl. épületen belül), akkor az antikondenzációs fűtőpanel(ek)e)t elegendő egy termosztátról vezérelni. Általános esetben azonban a termosztát működését kondicionálni kell a páratartalommal is, ezért sorba kell vele kötni egy *higroszátot* is, ami csak a beállított páratartalom felett kapcsolja be a fűtéseket, melynek eredményeképpen még a páralecsapódás létrejötte előtt fel tudják a levegőt melegíteni.

A műanyag dobozokban fellépő kondenzációra a belső szekrényfűtés csak korlátozott mértékben alkalmazható, viszont használhatunk e célra beépített *kondenzvíz-mentesítő szelepet*, amit az alsó kábelbevezetők mellé kell beépíteni, értelemszerűen a tokozat legalsó pontjába. Az ott összegyűlt kondenzvizet a szelep kívülre vezeti, viszont kívülről a dobozba nedvesség nem juthat be. Érdekes ellentmondás a gyakorlatban az a jelenség, amikor az alacsonyabb tömítettségű (IP-besorolású) dobozokból a kondenzvíz egyszerűen csak kifolyik, jobban szellőzik, könnyebben hűl vissza, miközben a jó tömítés belülről sem enged ki semmit; ennek ellenére hazardírozás helyett továbbra is a rendeltetési helynek megfelelő védettségű eszközök alkalmazása ajánlott.



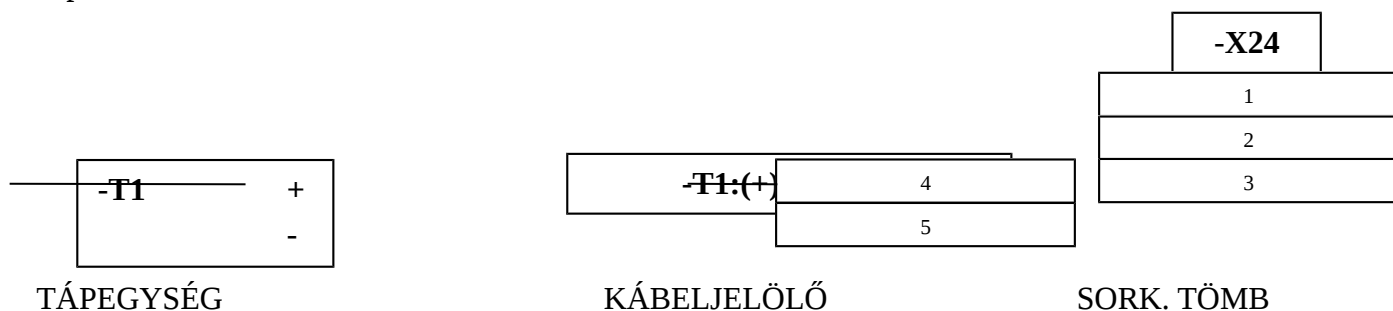
6.5 ábra Anti-kondenzációs szellőzőszelep (Schneider Electric)

#### 6.2.4 Szerelhetőség, javíthatóság, hibakeresés

A szekrényen belül kialakított rendezett, átlátható elrendezés előnyeit a hibakeresés és karbantarthatóság érdekében korábban már kifejtettük. Egy szekrény tervezése kapcsán viszont arra is fel kell készülni, hogy a műhelyben történő előszerelést egy *helyszíni végszerelés* valószínűleg, illetve egy *beüzemelés követő utószerelés* viszont szinte biztosan követi majd. Ennek érdekében a szekrénybe épített elektronikai eszközöknek más részegységek megbontása – vagy minimális átrendezése – nélkül egyedileg is kisserelhetőnek kell lenniük. A (ki)szerelhetőség feltételeihez tartozik még a *szerszámokkal való hozzáférés* biztosítása: a rögzítőelemek és bekötési pontok normál méretű és kialakítású szerszámokkal hozzáférhető legyen; ha valamilyen konstrukciós okokból kifolyólag ez nem biztosítható, akkor *tartozékként* a berendezéshez a megfelelő szerszámot vagy segédeszközt *készletezni kell!*

Az egyes kábelcsatornákból a kábel kilépési és a bekötés pontja között minimálisan 50 mm-t kell hagyni a kábeljelölő felirat és a szerelési munkák elvégzése céljából. A kábeleket és vezetékeket úgy szabjuk le, hogy azt követően még legalább 3 kötés elvégezhető legyen rajta – beleértve a felirat cseréjéből fakadó átcsatlakoztatást és az újra érvéghüvelyezést/saruzást is.

A bekötött kábelek jelölése többféleképpen történhet. Ha a Megrendelő/Végfelhasználó saját belső előírásai ezt nem rögzítik külön, akkor a „HONNAN/HOVA” (from/to) szintaxissal kell megjelölni a kábel mindkét végét, ebből a „HOVA” essen a bekötési szabad érvég oldalára; köztük pedig perjel (/) legyen. Példánkban a T1 tápegység pozitív kapcsáról kötünk a 24. számú sorkapocstömb 3. kapcsára:



(A beépített eszközök előtti kötőjel a szabványos IEC szerinti jelöléstechnika, ami az Irányítástechnika fejezetben bővebben kifejtésre kerül.) Természetesen a bekötési ponton alkalmazott azonosítónak szerepelnie kell az adott eszközön is; ennek jelentősége sorkapocs tömböknél hangsúlyozandó, ahol mind a tömböt (-X24), mind pedig az adott sorozatkapcsot (3) el kell látni a kapcsolási rajzon előírt azonosítókkal, ami plusz erőfeszítés, illetve beruházás is lehet (az adott sorkapocs-jelölőhöz és címkéhez megfelelő nyomtatóapparátus szükséges).

Ennél sokkal összetettebb jelölési módot (pl. az adott kapcsolási rajz oldalszámát meghivatkozó számozást) önként alkalmazni csak akkor javasolt, ha azt a tervdokumentáció külön megtámogatni képes, hiszen az a helyszíni beazonosítást a továbbiakban nem segíti.

A harmonizált szabványok előírásai alapján egy vezeték azonosítása történhet a *köpenyszín* és az *alfanumerikus felirat* alapján is, így a tápvezetékek fenntartott köpenyszíneit (világoskék=nullavezető; zöld/sárga = védővezető) vagy vevői előírásokat alkalmazva (zöld = műszerföld, fekete = DC negatív) az alfanumerikus jelölésrendszer is egyszerűsíthető. Mindenesetre zárt fedelű kábelcsatornás nyomvonalvezetés esetén, ahol a honnan-hova bekötés szemmel, vagy egyszerű kifejtés után nem követhető végig, ott a kábel-vagy érjelölés megléte (a kábel mind a két oldalán) egy minimális elvárás.

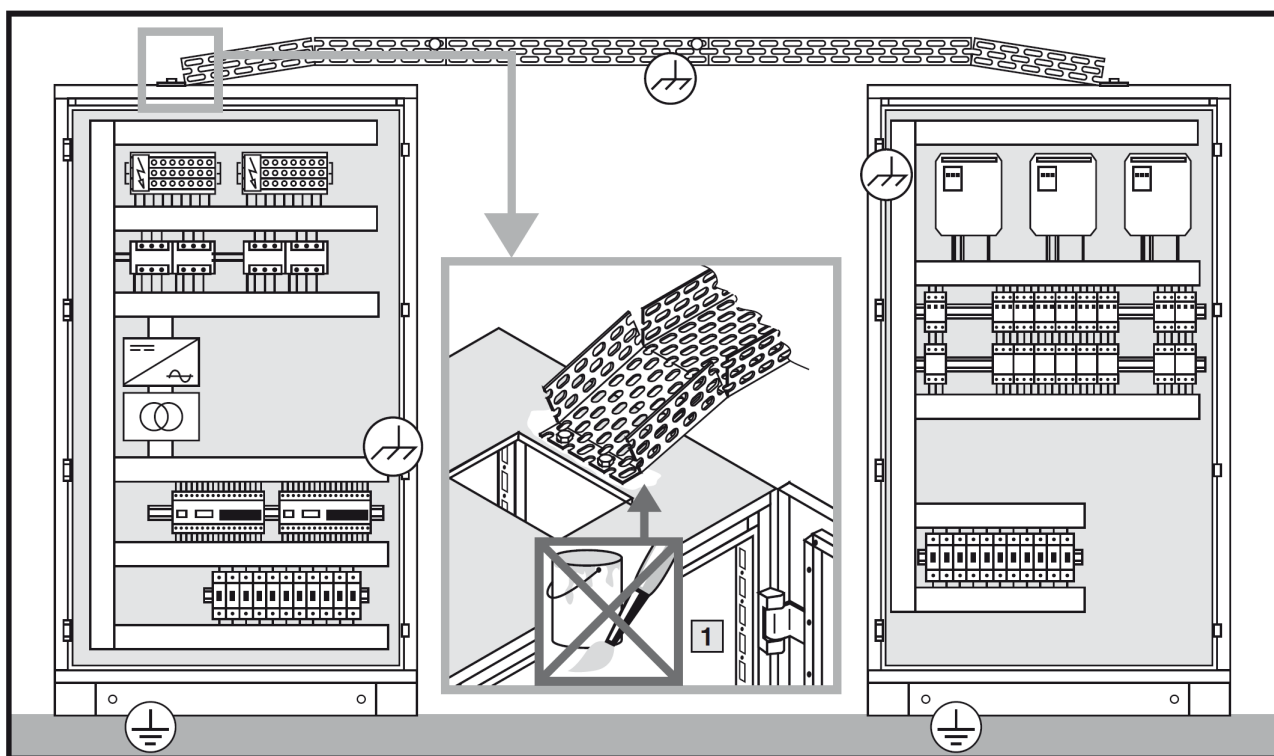
## 6.2.5 Zavarvédelem és földelés

Zavarvédelem szempontjából a (centralizált kialakítású) villamos elosztó-és vezérlőszekrények mind a tanúsítás, mind pedig hibakeresés során a figyelem központjába kerülhetnek. A különböző feszültség-és jelszintű áramkörök elkülönítésének jelentőségéről a korábbi fejezetekben már esett szó. Nyilvánvaló, hogy a különböző jelszintű kábelek közti átcsatolás nem csak a berendezésen belül, hanem a kábeltálcák mentén és a terepi kötődobozoknál is lehetséges. A fizikai elkülönítés csak egy, de nem az egyetlen eszköze a zavarvédelemnek, kivitelezési szempontból mégis a szakmai minimumnak tekinthető. A zavarok elleni védekezés másik kiemelt jelentőségű eszköze és záloga a *kis impedanciás (műszer)földelés* biztosítása.

Bonyolultabb mérés-és vezérléstechnikai rendszert tartalmazó szekrényekben ugyanis, már nem csak a PE védővezető, az egyetlen földpotenciál, ami rendelkezésünkre áll (és ez a szekrény érintésvédelmi osztályától teljesen független megállapítás). Ezen kívül a külön vezetett **műszerföld** (rajzokon: IE = Instrument Earth, FE = Functional Earth) használatos a jelkábelek árnyékolásának leföldelésére, illetőleg bizonyos mérések esetén a *negatív tápoldal* potenciáljának rögzítésére. Hasonló funkciók biztosítására használatos a **gyújtószikramentes jelföld** (GYM földelés, ISE = Intrinsically Safe Earth), melyet kizárólag *Zener-szikragátakkal* leválasztott gyújtószikramentes jelek földelésére használhatunk. Fontos tudnivaló, hogy a Zener-gátak nem végeznek galvanikus leválasztást, ezért a gyújtószikramentes műszerföldet *ne vigyük be a PLC kapcsaira!* Ha ez mérés technikailag elkerülhetetlen lenne, inkább válasszunk gyújtószikramentes *galvanikus leválasztót* a Zener-gát kiváltására – ehhez tervezői közreműködés szükséges. A földelési rendszerek egyébként a létesítmény *fő földelőkapcsának* potenciáljára fog kerülni, de eközben több

földelőszonda rögzítheti a potenciáljukat. Az összes földelési rendszer közül egyébként a GYM földelésre vonatkoznak a legszigorúbb követelmények a *levezetési ellenállás* és keresztmetszet tekintetében is.

A **földhurok** egyetlen jelvezeték vagy árnyékolás több, fizikailag egymástól távol eső helyeken történő leföldelésekor jöhet létre, ami egy *egymenetes transzformátorként* működve a közelében vele *induktív csatolásban* lévő bármilyen egy-vagy többmenetes áramjárta vezetőt, valamint induktív jellegű fogyasztót *potenciális zajforrássá* tehet. Az egyik legtipikusabb ilyen hiba az aszinkronmotorok közelében duplán leföldelt jelkábelek esete, amikor az árnyékolást mind a PLC-, mind pedig a terepi-oldalon leföldeljük. Ez alacsony jelszintű méréseknél, mint amilyen például a hőmérsékletmérés, már olyan szintű zajforrás lehet, amely a mért értéket az elfogadható pontosságon kívülre szoríthatja. Egyezményesen **a jelkábelek árnyékolását** mindig csakis a PLC-, vagyis a **mérőberendezéshez közeli oldalon** valósítjuk meg, továbbá az egyes földsínekről mindig csak *csillagpontos topológiában* ágazunk le.



7.... ábra      Szekrények közötti potenciálkiegyenlítés kábeltálcával (RITTAL GmbH & Co. KG)

A túlfeszültség-levezetők földelését a legtöbb esetben a PE-védővezetőn keresztül rögzítik, de ez az analóg csatornák védelme esetén a műszerfölddel való direkt összeköttetést jelenthetné, illetve egyes kapcsolásokban óriási kiterjedésű földhurokot hozna létre a rendszerben. Ezt elkerülendő a műszerföldről csillagpontosan leágazva alakítható ki egy helyi földelősin a túlfeszültség-levezetők számára, ezzel egyidőben biztosítani kell, hogy a műszerföld hurokimpedanciája és levezetési ellenállása *legalább a PE-által biztosított szintet érje el!* A túlfeszültség-védelem a funkciómegtartás szintjén egy zavarvédelmi kérdéskör, ezért annak koordinált megvalósításán belül a *biztonsági jelszint-korlátozás* (ld. 3. fejezet) a berendezéseink hibamentes működését is

biztosítják.

### 6.2.6 Biztonsági előírások

Érintésvédelmi osztályok tekintetében a lemezszekrényekkel megvalósított berendezések szinte mindig az *1. érintésvédelmi osztályba* kerülnek, a műanyag tokozatokat gyakrabban alkalmazzuk *2. érintésvédelmi osztályban*.

A lemezszekrényeknél alapvető elvárás, hogy minden fém részegységet (szekrénykeret, szerelőlap, ajtó, kábelbevezető lemezek,...) be kell vonni a szekrény *védőösszekötő-hálózatába*. Egy fém tokozaton belül a védőösszekötő-hálózat gerincvezetőjének általában (egyezményesen) a szekrény *hegesztett fémkerete* tekinthető, arról valamennyi védőösszekötő bekötés szabványosan megvalósítható – e célra (mechanikai védelem nélkül) minimum 4.0 mm<sup>2</sup>-es zöld-sárga vezetékkel kell alkalmazni. Amennyiben külső EPH-csomópont is kialakításra kerül, úgy a létesítmény védőösszekötő-gerincvezetékéről oda kell leágazni, egyéb esetben a PE-kapocsról kötünk az említett fémkeretre. A szekrény fő földelő (PE) sínjére kerül a bejövő védővezető, ahonnan a készülékek védőföldelése és a helyi védőösszekötő hálózat is *csillagpontosan ágazik le*.

A szekrény GYM-földelésének (ISE) a szekrény többi földelőrendszerétől való elkülönítésére a GYM-körökre vonatkozó szegregálási előírások vonatkoznak, tehát két bekötés közötti távolság minimum 50 mm legyen – ez a gyakorlatban inkább 100 mm, annak érdekében, hogy a kikötött erek *egymás rendszerére még véletlenül se csatlakozhassanak*, ami szintén előírás !

A szekrény főkapcsolójával elvégzett feszültségmentesítés ellenére az állandó feszültség alatt álló kábeleket **narancsszínű köpenyszínezéssel** kell ellátni (kivéve a betápláló kapcsok, melyek külön figyelmeztető jelöléssel hivatkoznak az állandóan jelenlévő külső feszültségre), amely utal az **idegenfeszültség jelenlétére**; ezek lehetnek biztonsági világítások betáplálásai, vagy relékimenetek áramköreihez érkező külső *lekérdező-feszültségek*.

A betápláló kábel, vagy több betáplálás esetén a kábelek nyomvonala az első túláramvédelmi eszközig dedikált útvonalon haladjon, melynek mentén legyen lehetőség a kábel(ek) megfelelő rögzítésére a nagy zárlati áramok okozta – kábeltestre és kötési pontokra gyakorolt – elektrodinamikus hatások csökkentésére. Szintén a betáplálás kötési pontjainak tehermentesítése miatt kerüljön a szekrény alsó részébe (vagy lábazati szintjére) egy *kábelmegfogásra alkalmas sín*, vagy *kábelbevezető lemez*, melyben kisebb kábelek esetén tömszelencékkel is történhet a kábelmegfogás (nagyobb kábelekhez csak koncentrikus feszültségmentesítéssel rendelkező kábelbevezetőket használjuk), a megfelelő kialakítású fém tömszelencék pedig képesek a kábelárnyékolás vagy páncélzat potenciáljának rögzítésére is. Ennek hiányában javasolt egy helyi PE földelőszín felszerelése a kábelek megfogási/bevezetési szintén.

A betáplálás nyomvonalában csak nem éghető kábel-megvezetés legyen, tehát vagy fém kábeltálca, fém kábelletra, vagy műanyag lángálló vagy égéskésleltetett csatorna.

### 6.2.7 Szekrények szállítása és letelepítése

A kézi erővel nem mozgatható (értsd: két ember által át nem fogható és/vagy tömege miatt az egy személyre jutó terhelés ergonómiaiilag nem ajánlott) szekrényeken emelési pontokat kell kijelölni. Ezek lehetnek a tokozat gyártója által biztosított emelőszemek, vagy targonca villazsebek, mely pontokat a tervdokumentációban is meg kell jeleníteni – az emelés biztonságát növelő súlypont számított koordinátaival együtt, ha erre megrendelői igény mutatkozik. A gépi emelést igénylő tokozatokat mindig csavarozzuk le egy megfelelő méretű raklapra, ami állószekrény esetén azt jelenti, hogy biztosítsa a talajon a stabil, borulásmentes rögzítést is.

A tokozat csomagolását a megrendelői előírásokon túlmenően a szállítás módja és várható időtartama is meghatározhatja. A *tengeri szállítmányként* feladott berendezéseknél előírás lehet a szekrénytest belsejébe fixen rögzítendő páramentesítő gél, a vízmentesen lehegesztett, vákuumos védőfólia ugyanúgy, mint a teljes rovar-és féregmentesítő kezelésen átesett, impregnált faanyagból összeállított szállítóláda, melyet egyben a raklaphoz is rögzíteni kell. Általános esetben – rövidebb utakra és egyedileg biztosított fuvarban – elegendő lehet a zsugor-és buborékfóliás lefedés, a szállítmányt részben vagy egészben lefedő többrétegű kartonlemezekkel vagy dobozzal. A spaniferes átkötések kapjanak kiegészítő élvédelmet, a szekrény felületén túlnyúló kijelző-és kezelőelemek pedig alakra vágott polisztirollapos, vagy habfóliás védelmet is.

Az előírt szállítási pozíció jelenjen meg a szállítmány csomagolásán. A fali szekrényeken kívül nem jellemző, hogy a szekrények a *telepítési pozíciótól eltérő orientációban* is szállíthatóak legyenek. A csomagolás előtt távolítsuk el a szekrényekből a nem rögzíthető mozgó egységeket (pl. egér, billentyűzet), és minden olyan nagyobb tömegű eszközt, amely a szállítás során várható ~1g plusz dinamikus terhelés hatására a rögzítéséből kimozdulna, s aztán további belső károkat okozna, mint pl. a kihúzható szerver és tápegységfiókok, UPS-ek akkutelepei.

A helyszínre telepítés előtt tervezzük meg pontosan, hogy miként kerül a szállítójárműről a végleges felállítás helyére a berendezésünk – ezzel időt és károkat takaríthatunk meg. Győződjünk meg róla, hogy a mozgatáshoz szükséges emelőgépek rendelkezésre állnak-e a helyszínen, a szekrények szintre szállítására telepített –, de egyébként az év fennmaradó részében használaton kívül álló – daru papírijai szerint is üzemkész állapotban van-e. Mindezek ellenére az állószekrények végleges helyükre állítása az esetek 90%-ban kézi erővel történik, megfontolandó tehát a helyiségben a csúsztatás feltételeit megteremteni: a lábazatot csúszást segítő ragasztószalaggal ellátni, vagy a szekrényt már eleve csúsztatható lábazatra építeni.

A szekrény végleges helyére való pozicionálása előtt alakítsuk ki a lábazat, faliszekrény esetén a fali rögzítőkeret vagy horgok furatait, mivel nagyon ritka az olyan kialakítású lábazat, amit a végleges felállítási pozíciójában utólag, pl. kívülről is lehetséges lefűzni és beütődübelrel rögzíteni.

## 6.3 Megfelelőségi vizsgálat

A villamos elosztó-és vezérlődobozok minősítésére elsősorban az **MSZ EN 61439**-es szabványrendszer használandó. Az egyes megfelelőségi pontok tekintetében dönthetünk arról, hogy gyártmányunkat *egyedi darabvizsgálattal*, vagy – sorozatgyártás esetén – egy *konstrukciós vizsgálattal* minősítjük a megfelelő szabvány szerint.

*„A darabvizsgálat az anyaghibák és gyártási hibák felderítésére, valamint a legyártott berendezés megfelelő funkcionális működésének bizonyítására való. Ezt minden egyes berendezésen el kell végezni. A berendezésgyártónak kell meghatároznia, hogy a darabvizsgálatot a gyártás közben és/vagy a gyártás után kell elvégezni. Ahol szükséges, a darabvizsgálatnak meg kell erősítenie azt, hogy a konstrukció igazoló ellenőrzése rendelkezésre áll.” (MSZ EN 61439-1:2012).*

### 6.3.1 Végszerelési bevizsgálás

Elkészült gyártmányunkon első körben szemrevételes vizsgálatot tartunk. Ellenőrizzük a huzalozások minőségét: a megfelelő érvéghüvely használatát, blankolási hosszakat, szűrőpróbaszerűen a szigetelések állapotát, és a kötések rögzítését (húzópróbával) is megvizsgáljuk. A kapcsolási rajz szerint végigkövetjük a betáplálástól az első védelmi eszköz vagy tápegység kapcsáig az energiaellátást, ellenőrizzük a védővezetők bekötését mindenhol. Leellenőrizzük a beépített védelmi és biztonsági eszközök típusát és beállított értékeit.

Ezt követően folytatjuk a kapcsolási rajz szerinti műszeres ellenőrzést, ami – a rendszer bonyolultságától vagy az előírt minőségtervtől függően – akár 100%-os *pont-pont vizsgálat* is lehet. Ebből kötelezően vizsgálandó részek: védővezető-folytonosság, kisfeszültségű tápellátás bekötéseinek helyessége az egész rendszeren belül. A vezetékek folytonossága és helyes bekötésének ellenőrzését követően léphetünk tovább a szigetelésvizsgálatra. El kell végezni a darabvizsgálat konstrukciós vizsgálatait (az MSZ EN 61439-1:2012 szabvány szerint a 11.2–11.8. szakaszok alapján):

- 1) a burkolatok védettségi fokozata;
- 2) légközők és kúszóáramutak;
- 3) áramütés elleni védelem és a védőáramkörök épsége;
- 4) a beépített alkatemek beszereltsége;
- 5) belső villamos áramkörök és összekötések;
- 6) külső vezetőkhez való csatlakozókapcsok;
- 7) mechanikai működés.

### 6.3.2 Érintésvédelmi mérések

A szigetelésvizsgálatot a beépített vezetékezés szigetelésének ellenőrzésére alkalmazzuk, s nem a beépített eszközökre, így azokat – a vizsgálat idejére – át-és kikötéssel védjük meg a káros feszültségimpulzusoktól. A vizsgálófeszültség törpefeszültség esetén 250Vdc, míg kisfeszültségnél 500 Vdc. Amennyiben előírás szerint *Megger-tesztet* kell végrehajtanunk, a fenti előkészületeket szintén el kell végezni. A dielektromos tulajdonságok vizsgálatát a szabvány 11.9 pontja alapján, míg a vezetékezés, üzemi működést és funkcióellenőrzés a 11.10 pont alapján kell vizsgálni.

A földelőrendszer impedanciájának méréséhez vissza kell kötni minden eszközt. A vizsgálóáram minimum 10A legyen, a mért értéknek 100mΩ alatt kell lennie bármely földelési pont és a bemeneti fő földelő kapocs között.

*Kettős vagy megerősített szigetelésű* eszközök szigetelésvizsgálatához a fázis-és nullavezetők összekötésével mérünk az üzemi vezetők és a készülékház, vagy szigetelt burkolat esetén fémfóliával kialakított „elektróda” között.

A mérési eredményeinket a berendezéshez rendszeresített minőségi dokumentációba vagy minősítési jegyzőkönyvbe vezessük fel!

### **6.3.3      *Próbaüzem, tesztmérések, átadás-átvételi tesztek***

A MEGFELELT minősítésű érintésvédelmi vizsgálatot követően kezdődhet meg a berendezés feszültség alá helyezése. A szekrény betáplálását követően egyenként kapcsoljuk fel az egyes áramköröket. Ha több betáplálás van, akkor azokat is külön-külön egymás után adjuk rá a rendszerre. Az első bekapcsolás során mindig éberrel figyeljük a rendszer működését és reakcióját egy-egy felkapcsolás után. Bármilyen rendellenesség (füst, erős hang- vagy fényjelenség) esetén a rendszert azonnal áramtalanítani kell, és feszültségmentes állapotban kell a hibakeresést lefolytatni.

A láthatóan jól működő berendezés esetén lehet csak lefolytatni az előírt ellenőrző méréseket: ellenőrizni a rendszerfeszültségeket, a be-kimeneti áram-feszültségértékeket, stb...

A méréseket – a megbízástól függően – vevői jelenlét mellett is meg kell ismételni, ami lehet egy gyári átvételi teszt, de adott esetben a telephelyi beüzemelés átadás-átvételi tesztje is. Itt a vizsgálatoknál már leginkább a vevőt érintő és érdeklő mérési pontokra szorítkozunk, a korábban elvégzett mérések teljesítését pedig jegyzőkönyvekkel igazoljuk, illetve hivatkozunk meg.

### **6.3.4      *Megfelelőségi bizonylatok kiállítása***

Egy gyártmány megfelelőségének igazolása alapvetően a tervezői dokumentációból eredeztethető. A műszaki leírásból lesz később az a *Megfelelőségi értékelés* (Technical File), amely a rendszer ellenőrző tesztjeit – legyen az konstrukciós vagy darabvizsgálat – és azok kimeneti követelményeit előírja. Ez az értékelés lehet később a CE jelölés használatára feljogosító *Megfelelőségi nyilatkozat* (DoC – Declaration Of Conformity) legfőbb referenciája.

A konstrukciós értékelést követő második legfontosabb összetevő a *beépített anyagok*

*megfelelősége.* Ehhez olyan anyaglista szükséges, ami meghivatkozza az alkalmazott anyagok releváns megfelelőségeit, úgymint: RoHS, WEEE, EMC, LVD vagy halogénmentesség, stb... Példaként vizsgáljuk meg a korábban többször említett IP-besorolás kérdését, ami a tokozat kiválasztásának egyik központi eleme:

Normál beltéri alkalmazás esetén kijelenthető az, hogy megfelelően kiválasztott tokozatban a beépített eszköz bármilyen védettséggel bírhat, a tokozat IP besorolása lesz a végső produktum, a gyártmány számára az irányadó. Ha egy vezérlő elektronikát *nyitott nyomtatott áramköri lappal* és IP20-as besorolású sorozatkapcsokkal egy IP54-es dobozba építünk IP56-os kábelbevezető tömítő szelencékkel, akkor – megfelelő szereléstechika mellett – a beépült eszközök kialakításától függetlenül az egész gyártmányra az IP54 lesz bizonylatolható.

A gyártmányunkra a Megfelelőségi nyilatkozat a *mérési és vizsgálati jegyzőkönyvek*, a *tanúsításokat* meghivatkozó anyaglista, a *műszaki leírás*, valamint a *karbantartási és használati utasítás* meglétét követően állítható ki.

*Részlet a Magyar Kereskedelmi és Iparkamara gondozásában kidolgozott **Villanyszerelő mesterképzésre felkészítő jegyzetből**. Szerző: Sumicz Árpád*