

VILLANYSZERELŐ
MESTERVIZSGÁRA FELKÉSZÍTŐ
OKTATÁSI JEGYZET

BUDAPEST, 2021

SZERZŐ
SUMICZ ÁRPÁD

LEKTORÁLTA
VIRÁG ISTVÁN

Kiadja:

Magyar Kereskedelmi és Iparkamara

A jegyzet az Innovációs és Technológiai Minisztérium, illetve a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Hivatal támogatásával a Nemzeti Foglalkoztatási Alap képzési alaprésze terhére nyújtott forrás felhasználásával jött létre.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	8
1. A VILLANYSZERELÉSI MUNKA ELŐKÉSZÍTÉSE, ELLENŐRZÉSE ÉS DOKUMENTÁLÁSA.....	10
1.1 Villamos kapcsolási rajzok típusai.....	10
1.1.1 Többvonalas ábrázolási módok.....	10
1.1.2 Egyvonalas kapcsolási rajzok.....	12
1.1.3 Bekötési (huzalozási) ábrák.....	13
1.1.4 Épületek villamos installációs terve.....	14
1.2 Költségvetés készítése.....	15
1.2.1 Definíciók.....	15
1.2.2 A költségvetés felépítése és a munka közvetlen költségei.....	15
1.2.3 A munkához tartozó közvetett költségek.....	17
1.3 A kivitelezés lépései.....	18
1.3.1 A munka felmérése helyszín alapján - terv alapján.....	18
1.4 Műszaki átadás.....	19
1.4.1 Beüzemelés.....	19
1.4.2 Üzemi próba, igazoló mérések	20
1.4.3 Műszaki átadás-átvétel folyamata.....	21
1.4.4 Próbaüzem.....	21
2. VILLAMOSIPARI SZÁMÍTÁSOK.....	22
2.1 Kisfeszültségű vezetékek méretezése	22
2.1.1 Méretezés feszültségesésre.....	24
2.1.2 Méretezés melegedésre.....	26
2.1.3 Zárlati áram.....	29
2.2 Lakóépületek hálózatának méretezése.....	32
2.2.1 Vezérelt fogyasztók eredő méretezési teljesítménye	32
2.2.2 Többalakásos fogyasztók eredő méretezési teljesítménye.....	32
2.3 Világítástechnika.....	33
2.3.1 Világítástechnikai mértékegységek értelmezése.....	33
2.3.2 Megvilágítással szemben támasztott követelmények.....	34
2.3.3 Villamos fényforrások.....	35
3. VILLAMOS VÉDELMEK.....	38
3.1 Áramütés elleni védelem.....	38
3.1.1 Érintésvédelmi osztályok.....	38
3.1.2 Táplálás önműködő lekapcsolása.....	39
3.1.3 Kettős vagy megerősített szigetelés.....	43
3.1.4 Védelem villamos elválasztással.....	44

3.1.5	Érintésvédelmi törpefeszültségek	45
3.1.6	További alapvédelmek.....	46
3.2	Túláramvédelem.....	47
3.2.1	Túlterhelésvédelmi (zárlatvédelmet nem biztosító) eszközök .	47
3.2.2	Zárlatvédelmi (túlterhelésvédelmet nem biztosító) eszközök....	49
3.2.3	Kombinált, túlterhelésvédelmi és zárlatvédelmi eszközök.	49
3.2.4	A túláramvédelem koordinálása, szelektivitása	49
3.3	Egyéb hibavédelmek.....	50
3.3.1	Áram-különbözeti védelmek.....	50
3.3.2	Szigetelés-szint érzékelő készülék	51
3.3.3	Ívhiba érzékelők és megszakítók.....	51
3.4.	Villámvédelem.....	52
3.4.1	Norma szerinti villámvédelmi tervek.....	52
3.4.2	A villámvédelmi rendszer főbb elemei, fogalmai.....	53
3.4.3	A villámvédelmi zónakonceptió.....	53
3.5	Túlfeszültség védelem.....	54
3.5.1	Belső eredetű átmeneti túlfeszültségek	55
3.5.2	Belső eredetű tartós túlfeszültségek.....	56
3.5.3	Külső, légköri eredetű túlfeszültségek	56
3.5.4	Elektrosztatikus feltöltődésből eredő túlfeszültségek	57
3.5.5	Túlfeszültség-védelmi készülékek és eszközök.....	57
3.5.6	Túlfeszültség-levezető eszközök fokozatai	59
3.5.7	A túlfeszültség-védelmi készülék beépítésének szabályai	59
4.	VILLAMOS ENERGETIKA.....	62
4.1	Hálózati rendszerek.....	63
4.1.1	A villamos hálózati rendszerek működése.....	63
4.1.2	Hálózati topológiák.....	64
4.1.3	Nagyfeszültségű energiaátvitel egyenáramon	69
4.2	Energiatermelés-és tárolás	69
4.2.1	A villamosenergia-rendszerek irányításának felépítése	70
4.2.2	Villamos állomások.....	70
4.3	Közcélú hálózatra csatlakozás	72
4.3.1	A hálózatra csatlakozás fogalmai.....	72
4.3.2	Csatlakozás szabadvezetékkel	75
4.3.3	Csatlakozás kábellel	76
4.3.4	Méretlen fogyasztói vezetékhalózat kialakítása.....	77
4.3.5	Csatlakozó főelosztó kialakítása.....	77
4.3.6	Fogyasztási mérőhely kialakítása.....	79
4.3.7	A fogyasztói főelosztótábla	81
4.4	Meddőteljesítmény kompenzáció.....	82
4.4.1	A teljesítménytényező-javítás elve és jelentősége.....	82

4.4.2	Váltakozóáramú teljesítmények és a fázisszög kapcsolata.....	83
4.4.3	A fázisjavítás módszerei.....	86
4.4.4	Fázisjavító egységek beépítési helye.....	87
4.5	Tartalék energiaellátás.....	88
4.5.1	Statikus DC szünetmentes tápegységek.....	89
4.5.2	Statikus AC szünetmentes tápegységek.....	90
4.5.3	Dinamikus UPS-ek.....	92
4.5.4	Aggregátorok.....	93
4.5.5	Alternatív energiaforrások.....	94
5.	ÉPÜLETINSTALLÁCIÓS HÁLÓZATOK SZERELÉSE.....	95
5.1	Belső áramkörök kialakítása.....	95
5.1.1	Lakás áramkörök felosztása és méretezése.....	95
5.1.2	Lakó-és kommunális épületek szerelvényezése	96
5.1.3	Helyhez kötött berendezés telepítése.....	96
5.1.4	Fürdők, zuhanyzók szerelése.....	96
5.2	Szerelési anyagok és technológiák.....	98
5.2.1	Kábelezés és anyagai.....	98
5.2.2	Harmonizált vezeték-és kábeljelölés.....	98
5.2.3	Épületvillamossági szerelések kötéstechológiája.....	101
5.2.4	Különböző jellegű áramköri rendszerek kábelezése.....	102
5.3	Épületvillamossági hálózatok kialakítása.....	103
5.3.1	Szerelés vékonyfalú védőcsővel	103
5.3.2	Szerelés vastag falú védőcsővel	104
5.3.3	Műanyag vezetékcsatorna	105
5.3.4	Műanyag köpenyes vezetékkel történő szerelés falra, tartóra .	105
5.3.5	Szerelés létrára, kábeltálcára	106
5.3.6	Szerelvényezhető kábelcsatornák.....	106
5.3.7	Padlócsatornák.....	107
5.3.8	Tokozott áramsínes szerelés	108
5.4	Villamos töltőállomások létesítése.....	109
5.4.1	Villamos járművek töltési módjai.....	109
5.4.2	A villamos töltőállomások létesítésére vonatkozó fogalmak....	111
5.4.3	A villamos töltőállomások védelmének kialakítása.....	112
6.	VILLAMOS BERENDEZÉS SZERELÉS.....	114
6.1	Szekrények és dobozok.....	114
6.1.1	Fogyasztásmérő és csatlakozó főelosztó szekrények.....	114
6.1.2	Lakáselosztók, felhasználói főelosztók.....	114
6.1.3	Energiaelosztó szekrények.....	115
6.1.4	Általános célú kapcsoló-és vezérlőszekrények.....	116
6.1.5	Kifejtő-és rendezőszekrények (marshalling).....	117
6.1.6	„Rack”-rendszerű szekrények.....	118

6.1.7 Kültéri tokozatok és szerelésük.....	120
6.1.8 Túlnyomásos szekrények.....	121
6.2 Szekrények kialakításának szempontjai.....	123
6.2.1 A beltéri letelepítés helyi sajátosságai.....	123
6.2.2 A belső elrendezés szempontjai.....	124
6.2.3 Környezeti viszonyok, hőtechnikai szempontok.....	125
6.2.4 Szerelhetőség, javíthatóság, hibakeresés.....	127
6.2.5 Zavarvédelem és földelés.....	128
6.2.6 Biztonsági előírások.....	129
6.2.7 Szekrények szállítása és letelepítése.....	130
6.3 Megfelelőségi vizsgálat.....	132
6.3.1 Végszerelési bevizsgálás.....	132
6.3.2 Érintésvédelmi mérések.....	132
6.3.3 Próbaüzem, tesztmérések, átadás-átvételi tesztek.....	133
6.3.4 Megfelelőségi bizonylatok kiállítása.....	133
7. VEZÉRLÉS-ÉS SZABÁLYOZÁSTECHNIKA.....	135
7.1 Irányítástechnikai alapfogalmak.....	135
7.1.1 Vezérlés.....	135
7.1.2 Szabályozás.....	136
7.1.3 PID szabályozók alkalmazása.....	138
7.1.4 Logikai kapuk és alapfüggvények.....	141
7.2 Programozható logikai vezérlők alkalmazása.....	144
7.2.1 A PLC-k általános felépítése.....	144
7.2.2 A logikai leírásmód és a PLC programozás nyelvei.....	145
7.2.3 I/O-portok típusai és szabványosított jelszintjei.....	146
7.2.4 Felettes irányítástechnikai rendszerek.....	148
7.3 Irányítástechnikai rendszerek kiviteli dokumentumai.....	150
7.3.1 Alaprajzok, beépítési terek és funkcionális azonosítók	150
7.3.2 A folyamatszabályozások technológiai leírása.....	151
7.3.3 KKS kód: az erűművi kódolási rendszer.....	152
7.4 Hajtástechnika.....	157
7.4.1 Aszinkron motorok frekvenciaváltós hajtása.....	157
7.4.2 Egyenáramú motorok.....	158
7.4.3 Szervomotorok hajtástechnikája.....	158
7.4.4 Léptetőmotorok vezérlése.....	159
7.4.5 Kefe nélküli (brushless) motorok meghajtása.....	159
8. ÉPÜLETAUTOMATIZÁLÁS.....	160
8.1 Épületfelügyeleti rendszerek.....	160
8.1.1 Beépített tűzjelző berendezések.....	160
8.1.2 Vagyonvédelmi rendszerek.....	162
8.1.3 Beléptető rendszerek.....	162

8.1.4 Zárt láncú kamerás megfigyelő rendszerek.....	163
8.2 Épületgépészeti rendszerek irányítástechnikája.....	163
8.2.1 Hőtechnikai eszközök telepítése.....	163
8.2.2 Épületgépészeti tervek irányítástechnikai értelmezése.....	164
8.3 Intelligens lakóépületek általános rendszerlemei.....	168
8.3.1 Mérőeszközök.....	168
8.3.2 Érzékelők.....	169
8.3.3 Kezelő-kijelző egységek.....	170
8.3.4 Központi egységek és vezérlőmodulok.....	170
8.3.5 Hálózati szervezők és átjárók.....	170
8.3.6 Smart Home alkalmazások, és eszközök.....	171
9 MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK SZERELÉSE.....	172
9.1 Fotovoltaikus áramtermelés (HMKE, KE).....	172
9.1.1 A fotovoltaikus effektus.....	172
9.1.2 Napelemes rendszerek általános felépítése.....	173
9.1.3 Naperóművek szigetüzeme.....	175
9.1.4 Kiseróművek hálózati üzeme.....	176
9.1.5 Vegyes üzemű rendszerek.....	177
9.1.6 A napelem modulok katalógus adatai.....	178
9.2 Napelem modulok típusai.....	179
9.2.1 Monokristályos napelem.....	179
9.2.2 Polikristályos napelem.....	179
9.2.3 Vékonyréteg napelemek.....	180
9.2.4 Amorf napelemek.....	180
9.3 Napelemes rendszerek kivitelezése.....	181
9.3.1 PV rendszer villamos berendezéseinek kialakítása.....	181
9.3.2 Napelem modulok szerelése.....	182
9.3.3 A PV rendszer védelmi eszközei.....	183
9.3.4 A naperómű segédüzeme.....	185
9.4 Naperóművek műszaki átadása.....	185
9.4.1 A HMKE csatlakozási dokumentációja.....	186
9.4.2 A hálózatra csatlakozás követelményei.....	186
9.4.3 AC oldali ellenőrzések.....	186
9.4.4 Ellenőrző mérések DC oldalon.....	187
10. MUNKAVÉDELEM ÉS MUNKABIZTONSÁG.....	188
10.1 A villamos munkavégzés szabályai.....	188
10.1.1 A villamos áram hatása az emberi szervezetre.....	188
10.1.2 Védekezés az áramütés ellen.....	189
10.1.3 Érintésvédelmi megoldások.....	189
10.2 A villamos balesetek és megelőzésük.....	190

10.2.1 Az Erősáramú üzemi szabályzat (MSZ 1585:2016).....	190
10.2.2 Feszültségmentes munkavégzés.....	191
10.2.3 Feszültség alatti munkavégzés.....	192
10.2.4 Feszültséghez közeli munkavégzés.....	193
10.3 Tűzvédelem.....	194
10.3.1 Védelmi eljárások.....	194
10.3.2 Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek.....	196
10.4 Robbanásbiztonság-technika.....	197
10.4.1 Vonatkozó jogszabályok és szabványok.....	197
10.4.2 Definíciók.....	197
10.4.3 Zónabesorolás.....	198
10.4.4 Készülék kategóriák jelölése.....	199
10.4.5 Védelmi módok.....	200
10.4.6 Magatartás RB-s területen.....	201
Forrásmunkák.....	202

Előszó

Jelen szakmai könyv a **Magyar Kereskedelmi és Iparkamara** felkérésére készült. Célja hogy alapot adjon a Villanyszerelő Mester vizsgára való felkészüléshez, összefoglalja a villanyszerelő szakma lényeges szakterületeit, betekintést nyújtson a Mester funkció szerteágazó irányítási, szervezési, gazdálkodási, vállalkozási feladatkörébe.

Napjaink villamosipari technikája jelentős fejlődési úton érkezett el hozzánk. Az elmúlt időszakban a szakma gazdagodott a teljesítményelektronika, hajtásszabályozás, DC áramkörök kiterjedt elterjedése, a megváltozott norma szerinti villámvédelem és az azzal összefüggő kockázat-értékelésen alapuló biztonság kiépülésének területeivel. Az energia racionalitás és a komfort előtérbe kerülésével terjednek az „okos” házak és otthonok, az informatikai hálózatok, *telemetriai* és *folyamatirányító rendszerek*. A folytonosan változó piaci igények velejárója a folytonosan változó szerelvények, szerelési technikák és technológiák zavarba ejtő változatossága, bősége. A Mester szintű szakembernek helyesen kell tudnia választani a lehetőségek kínálata között.

Fentiek következményeként a villamosipari szakma egyre tágul. Hozzá kapcsolódnak immár olyan területek is, melyek korábban még független társterületek voltak, mint pl. a *PLC*, *CNC*, *információ- és robottechnika*. Ma már sem az üzemeltetés, sem a karbantartás gazdaságossága nem engedi meg, hogy az egyes részegységek munkaműveleteihez külön-külön szakembert alkalmazzanak. Ennek egyenes következménye a szakma és a szakmát űző személy komplexitásának fokozódása.

A Mester nem pusztán egy, a többiekénél nagyobb tapasztalattal rendelkező szakember. A Mester vállalkozó, munkáltató, szervező, gazdálkodó, utánpótlás nevelő pedagógus. A Mester egy attitűd. Egy gondolkodásmód. Egy világlátás. A középkori céhes hagyományokban a szakma a Mester köré csoportosult. A szakma új irányait, technikáját, technológiáját a Mester alakította. A Mesternél koncentrált az *erőforrás*, a *know-how*, a *piac*. Napjaink Mesterei ezt a szellemiséget viszik tovább. A Mesterek műhelyei nem csak munkahelyi, de szakmai, filozófiai, pedagógiai, kulturális műhelyek egyaránt.

Jelen kiadványnak nem célja a villanyszerelő szakma alapvető ismereteinek tárgyalása. Az a szakmai képzés feladata. A Mester-aspiráns ezen a képzettségi szinten vélelmezhetően túl van. Itt legfeljebb mindezeken felidézése, valamint a komplex szakterületek áttekintése, egymással való kapcsolatrendszer, összefüggései találhatóak meg.

Hangsúlyt fektet a könyv a jelenben hatályos EU és magyar szabványi környezet ismertetésére is. Ez különösen fontos napjaink gyorsan változó nemzetközi és hazai harmonizált piacain egyaránt. Kiemelten fontos, amikor az EU közösségi munkavégzések igen emelkedett dinamikával gyarapodnak, visszaidézve a hajdani céhek vándorlegényeinek külföldi tapasztalatszerzési gyakorlatát, amit aztán a műremek elkészítése koronázott. Ezzel válva mesterré, a céh teljes jogú tagjává.

A felkérés nehéz feladat elé állította a szerzőt. A kiadvány céljait szűk oldalszám és rendelkezésre álló időkeretek között, egyre táguló szakmai horizont és komplex vállalkozói gondolkodásmód követelménye mellett igyekezett elérni. Minden igyekezete ellenére a könyv feltételezhetően több hiányossággal rendelkezik. Számos, a Mester szint eléréséhez szükséges ismeret bővebb

kifejtéséhez nem volt mód és lehetőség. Bízva abban, hogy az Olvasó megértő szándékú észrevételei, kiegészítései a jövőben teljesebbé, tartalmasabbá, hatékonyabbá tehetik a képzést, a szerző minden visszajelzést készséggel és örömmel fogad.

Dudás István

villamosmérnök, mérnök tanár

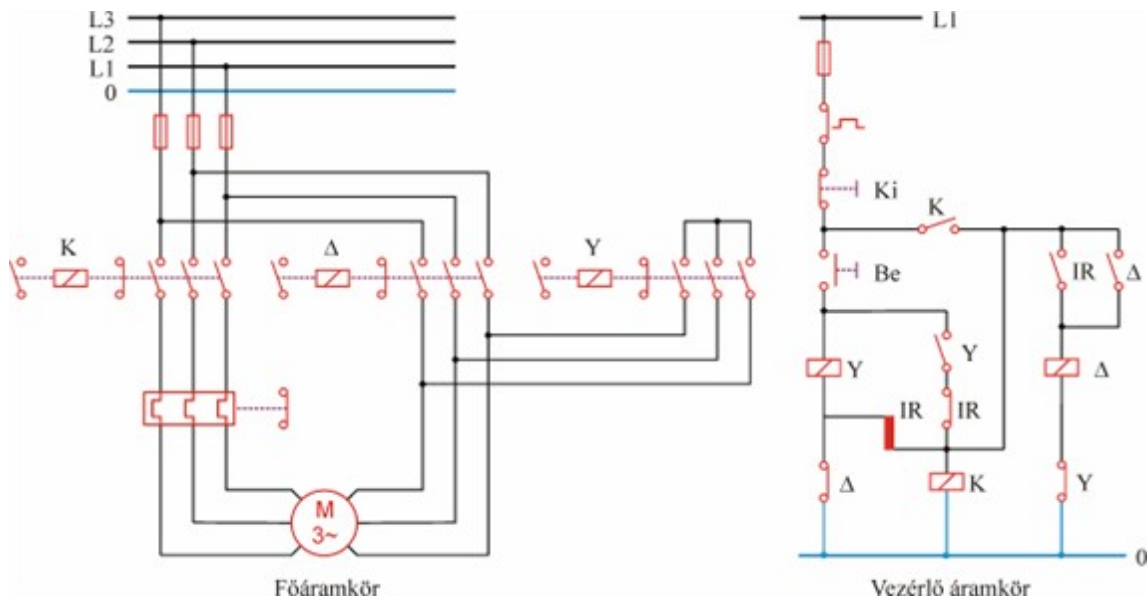
2021.08.03

1. A VILLANYSZERELÉSI MUNKA ELŐKÉSZÍTÉSE, ELLENŐRZÉSE ÉS DOKUMENTÁLÁSA

1.1 Villamos kapcsolási rajzok típusai

1.1.1 Többvonalas ábrázolási módok

Erősáramú rendszerekben az áramkör orientált **áramút terv** segíti legjobban egy kapcsolás logikájának megértését, különös tekintettel a vezérlési feladatokra. Erre egyszerű példaként lássuk a csillag-delta motorindító kapcsolás ábrázolását:



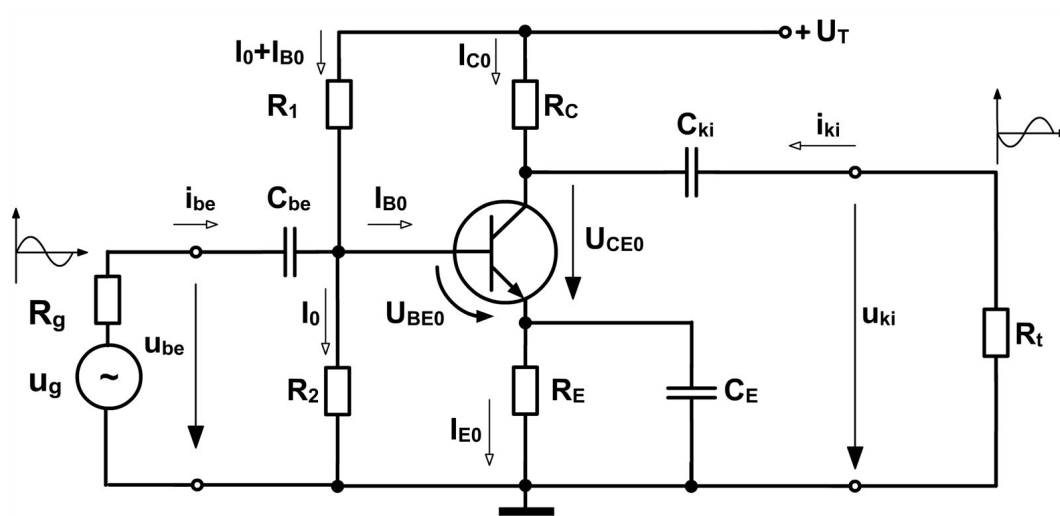
1.1 ábra A csillag-delta indítókapcsolás és vezérlésének áramutas terve

Az alkalmazott szabványkörnyezettől függően vízszintesen vagy függőlegesen párhuzamos, akár – keresztthivatkozásokkal – oldalakon át vezetett tápvezetésekről történik a leágazás egy-egy *áramkörileg* és/vagy *funkcionálisan* elkülönülő egységhez. A megjelenített eszközök mindegyikét tervjellel azonosítják, emellett védelmi eszköz esetén a névleges kioldási áram vagy megszólalási feszültség értékének is szerepelnie kell.

A fenti vezérléstechnikai példán keresztül kiemelendő, hogy külön rajzi egységben (általában külön tervlapon) szerepel a kapcsolás energetikai kialakítását ábrázoló **főkör** a védelmekkel és a beavatkozó elemekkel (pl. mágneskapcsolók), illetve ezek logikai működtetését végző **vezérlőkör** (szolenoidok, segédkontaktusok, nyomógombok, stb), melyek fizikailag nem feltétlenül különülnek el a főkör elemeitől.

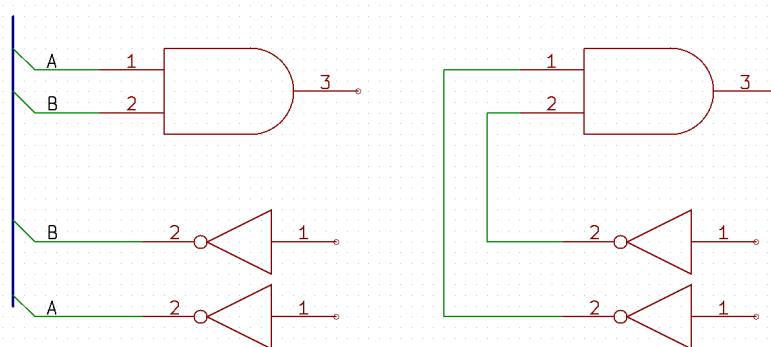
Tanulmányaink és feladataink elvégzése során leggyakrabban ilyen elvi kapcsolási rajzzal

találkozunk. Előnye az egyértelműsége, hiszen minden egyes vezetőt egy-egy vonal reprezentál, így azokon egyértelműen feltüntethető azok elnevezése, potenciálja, a rajtuk futó áram iránya, esetleg jelalakja. Kitekintésként lássunk egy elektronikus áramköri példát:



1.2 ábra Közös emitteres erősítő kapcsolása

A fenti ábrázolási mód az áramkör összetettségének növekedése –, ami különösen digitális áramkörök kapcsolásaiban jellemző – átláthatatlanná tenné a rajtot, ezért ahol a vezetők külön megrajzolása nem hordozna különösebb többletinformációt a rajzokon egy-egy vezetékcsoportot „BUS”-okba lehet összefogni, melyeknél a be-és kilépési *referenciapontok* azonosításával egyértelműsíthető egy-egy összeköttetés:



BUS-os ábrázolás

Többvonalas ábrázolás

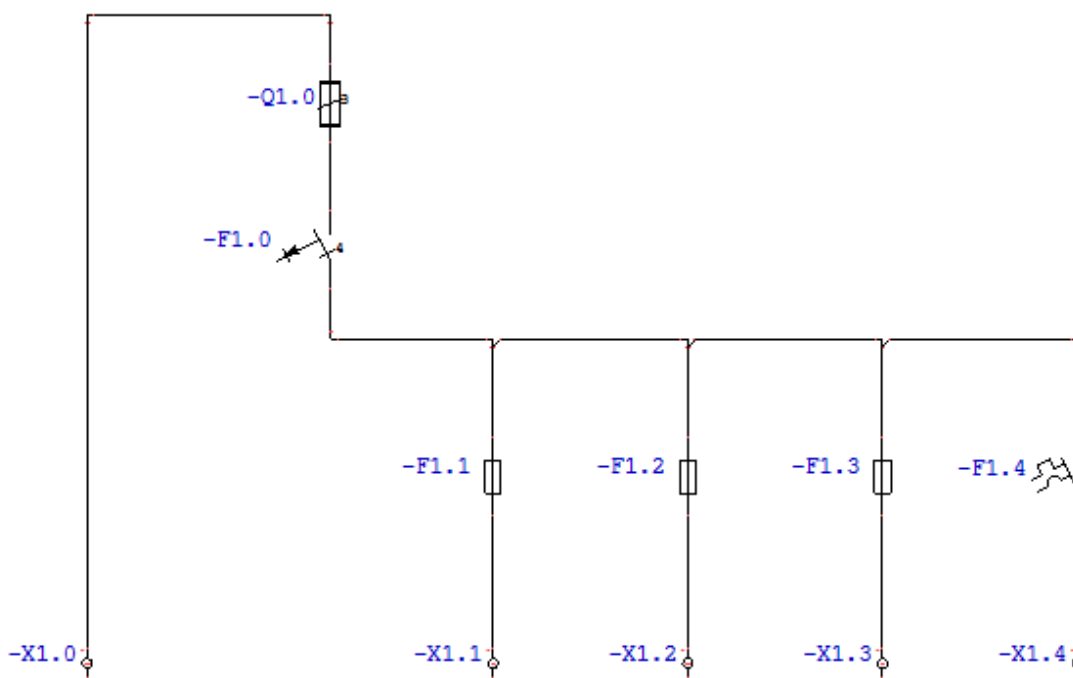
1.3 ábra BUS-os összekötés ábrázolása digitális kapuknál

Fontos, hogy ezt az ábrázolási módot ne keverjük a **pázmába** vagy **kábelbe összevont vezetők**

rajzi jelölésével, ami nagyon hasonló, viszont ott nem (csak) logikai, hanem *fizikai összerendeltséget* is jelent a közös ábrázolásmód.

1.1.2 Egyvonalas kapcsolási rajzok

Az egyvonalas rajzok olyan energia vagy jeláramlás összefüggési rajzok, melynél kettő vagy több, együtt futó és/vagy azonos áramkörön lévő vezetőt egyetlen vonallal ábrázolnak. Az így összefűzött vezetők mennyiségéről három vezetékig a vonalat ferdén metsző vonalak száma, előlött pedig ugyanezen vonal mellett megadott számozás ad felvilágosítást. Nagy előnye, hogy könnyen áttekinthető képet ad az olyan villamos hálózatokról és leágazásokról, melyek átfogó értelmezése sokkal körülményesebb lenne a többvonalas megjelenítés felesleges túlszűfoltásával.



MÁ=5		Magn.		Áramk.- sz. 1	Áramk.- sz. 2	Áramk.- sz. 3	Áramk.- sz. 4
Névl. áram	25A	Névl. áram	40A	Áramk.- név Dugaljék	Áramk.- név Oktatóterem világítás	Áramk.- név WC világítás	Áramk.- név Fűtés
Kábel	4x10mm ²	Kábel típus		Kábel Kábel- tervj. 3x1,5mm ²	Kábel Kábel- tervj. 3x1,5mm ²	Kábel Kábel- tervj. 3x1,5mm ²	Kábel Kábel- tervj. 3x1,5mm ²
Kábel tervjéle		Kábeltervj.		-W200	-W205	-W206	-W207

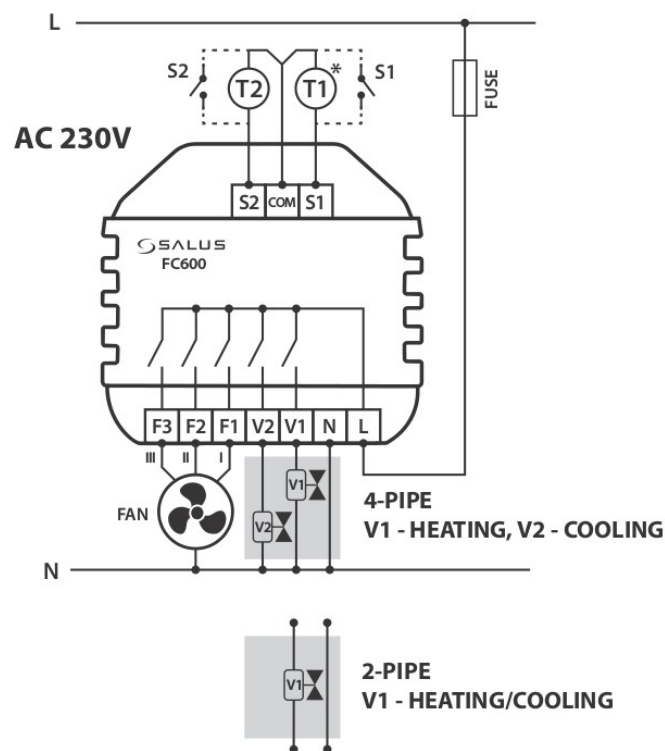
1.4 ábra Villamos elosztó egyvonalas rajza

Az elosztók egyvonalas rajzainál a tervlap alsó részére – táblázatos formában – kerül minden áramköri részlet, az adott leágazás alá pozicionálva azok releváns adatait.

1.1.3 Bekötési (huzalozási) ábrák

Egyes berendezések gyári gépkönyvében a bekötési rajzokkal, más néven huzalozási rajzokkal adják meg a rendszer villamos telepítésre vonatkozó információkat, mely egy készülék orientált ábrázolási mód.

A gyártók figyelembe veszik, hogy ezeket a rajzokat gyakran nem elektromos szakemberek értelmezik, hanem pl. épületgépészek, vagy csak laikus felhasználók, ezért a rajzok közös jellemzője a *bekötési pontok* és a külsőleg csatlakoztatott elemek *vizuális* – adott esetben szabványos gépészeti – *megjelenítése*, hogy azok azonosítását megkönnyítsék az áramköri jelöléseket nem teljesen értők, vagy alkalmi szerelők számára is.



1.5 ábra Fan-coil termosztát bekötési rajza (SALUS FC600)

Küllemük és kevésbé részletezett jellegük miatt ezek legtöbbször csak általános útmutatót jelenthetnek a villamos installáció végleges kivitelére, több fontos részlet a dokumentáció narratív részén lelhető fel.

Fontos tudni, hogy ezek a bekötési rajzok nem helyettesíthetik a villamos terveket, a kivitelezést a **gyártói és kiviteli dokumentációk együttes értelmezésével** kell elvégezni!

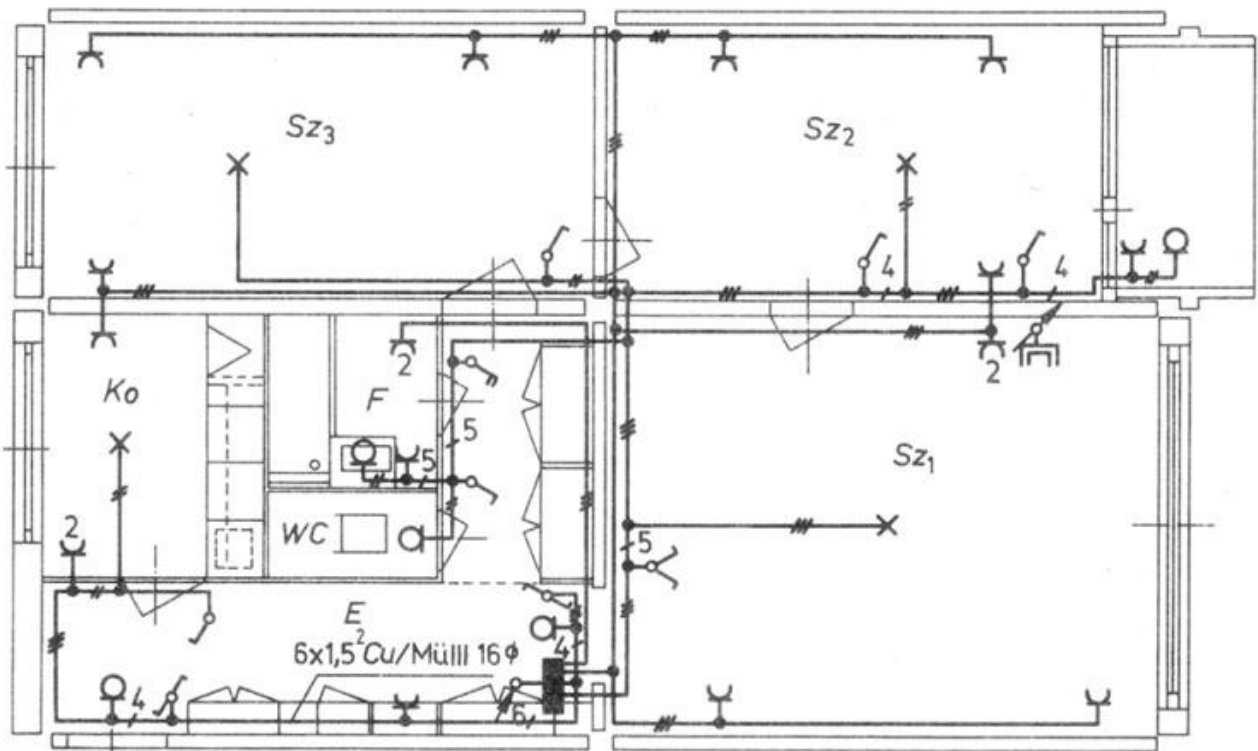
Bekötési vagy *huzalozási rajz* megnevezést használjuk elkülönült készülék(rész)ek és berendezések összekötését ábrázoló rajzdokumentációkra is. Ezek legfeljebb annyiban különböznek a fenti példától, hogy a kötési pontokat legtöbbször szabványos sorkapocs-hivatkozások jelölik, míg az összekötött objektumokat egyszerű téglatestek szimbolizálják.

1.1.4 Épületek villamos installációs terve

Olyan egyvonalas szerelési rajz vagy installációs terv, amelyben a *világítási* vagy *tápellátó-hálózati* áramkörök nyomvonalait egy épület alaprajzaira (ritkább esetben fali, homlokzati terveire) vezetik fel, ezáltal információt ad mind a villamos bekötésekről, mind pedig a vezetékezés *nyomvonalvezetéséről*.

A szerelési rajz ferde fel- illetve lefele mutató nyilakkal jelzi az adott **szintre érkező** és a **szintről elmenő** áramkörök vezetékezéséről is.

A rajzon az áramkörök kiindulási helye mindig a lakás vagy ház elosztótáblája. Az épületvillamosági munkák felmérésekor már érdemes egy alaprajzi vázlatot „leskiccelni”, amelynek alapján az ajánlatadáskor pontosabban tudunk az anyagmennyiséggel és munkaerő szükséglettel számolni, nem beszélve arról, hogy magát a feladatot, mint áramköri rendszert nem csak mi magunk, a rajz készítői fogjuk jobban átlátni, hanem az is, aki velünk együtt az alapszerelésen, vagy a későbbi bővítések során ezen a belső hálózaton dolgozik.



1.6 ábra Lakóegység villamos hálózatának szerelési rajza

1.2 Költségvetés készítése

1.2.1 Definíciók

Norma egy adott építmény egységnyi mennyiségének előállításához meghatározott feltételek és körülmények között szükséges erőforrások mennyiségét (költségét) vagy az előállításához szükséges időtartamot adja meg.

Normatíváról akkor beszélünk, ha kisebb pontossággal nagyobb vonalú költség számítással megelégszünk, ez jellemzően a bruttó újraelőállítási költség számítás első két eljárásával (költségnorma, részekre bontás) használják.

Költségvetés: adott normarendszer alapulvételével (annak bontási részletességével) adott építési munkára készített műszaki-gazdasági dokumentum.

Költségvetési tétel: összefüggő megvalósítási folyamatsornak olyan (legnagyobb) elkülönített szakasza, amelynek természetes erőforrásszükségleti értékét egy-egy konkrét adat még elfogadható pontossággal jellemez.



1.7 ábra Egyetlen költségvetési tétel megjelenítése

1.2.2 A költségvetés felépítése és a munka közvetlen költségei

Kírási rész: az adott építési feladatot a felhasználásra kerülő normarendszernek megfelelő részekre (tételre) kell bontani. Részei:

Azonosító kód (tétel sorszáma)	Tétel szövege	Tétel dimenziója
--------------------------------	---------------	------------------

A tétel azonosító kód felépítése:

_____	_____/_____	_____	_____
1 – normál	MUNKANEM	TÉTELCSOPORT	TÉTELSZÁM
2 – módosított (M)			
3 – különleges (K)			

Munkanem: az építőipari gyakorlatban kialakult munkamegosztást – szakmai bontást tükrözi (43-bádogozás)

Tételcsoport: a munkanemen belül, a szakmai gyakorlatnak megfelelő csoportosítás (02 - fekvőeresz-csatorna szerelése)

Tételszám: konkrét tételre vonatkozó szám (- 010 horganyzott acéllemezből, 65 cm kiterített szélességig)

Tétel szövege: tartalmaz minden olyan elemet, amely az ár kialakításában szerepet játszik, és egyben a feladatot részletesen körül írja, úgymint

- ◆ a munka megnevezését (csatorna)
- ◆ a végrehajtás helyét (fekvő)
- ◆ a készítendő szerkezet és anyag minőségét (horganyzott acél)
- ◆ kívánt méretet (65 cm kit. szélesség esetleg vastagság)
- ◆ szükséges technológiát (-)
- ◆ végzett munka minőségi osztályát (I. osztály)
- ◆ és minden olyan részletet, amely a kivitelezés egyedi jellegére utal, és az árban szerepet játszhat

Mennyiség számítása: a tervek alapján a tételekre bontott építmény megvalósításának megfelelően a mennyiségszámítást (külön dokumentálva) kell elvégezni. Létezik *idomterv* a tételek mennyiségének kiszámítására és a *méretkimutatás* mennyiségek helyességének ellenőrzésére szolgál. A méretkimutatás tételenként történik, része:

- ◆ a tétel sorszáma
- ◆ rövidített szövege
- ◆ mérekszámítás vázlatos bemutatása, tervre való hivatkozás (vázlatok)

FONTOS! az egyes normarendszerekben, minden munkanem fejezet előtt közlik „A mennyiségmeghatározás és felmérés szabályai”-t

Árképzés: a tételekre vonatkozó költségek (árak) megadása két oszlopban – építési díj, anyagköltség:

Egységnyi díj; egységnyi anyagköltség A tétel összes díja; tétel összes anyagköltsége:

Ezek a munka közvetlen költségei.

Építési díj (D) összetevői:

$$D = \text{Béreköltség} + \text{Gépköltség} + \text{Munkahelyi rezsi}$$

Béreköltség = alaphér Nb*b (munkaidőnorma*órabérrel)

- ◆ bértkiegészítő fizetések (szabadság, ebédidő stb.)
- ◆ bérpótlékok (túlóradíj stb.)
- ◆ a bér közterhei (Tb, szolidaritási alap stb.)

$Gépköltség = Ng$ (gépidőnorma) * g (gépműszakóra költsége)

ahol Ng – a gépidőnorma (reprezentatív gépre)

- ◆ energia, üzemanyag költség
- ◆ gépkezelők bére, bérjáruléka
- ◆ fel és levonulás
- ◆ amortizáció stb.

$Anyagköltség (A) =$ közvetlen anyagköltség+fuvarozási és rakodási költségek

$Közvetlen anyagköltség = Na$ (anyagnorma) * $Aá$ (anyag beszerzési egységára)

$Fuvarozási és rakodási költségek = Na$ (v+k+r+d), ahol

- v – vasúti fuvar költség
- k – közúti fuvar költség
- r – rakodási költség
- d – depóniaképzés költsége

1.2.3 *A munkához tartozó közvetett költségek*

Bruttó fedezet — a munkahelyi rezsizhez hasonló rezsiz jellegű költség, de tartalmát tekintve eltér.
Részei:

- ◆ központi irányítás költsége (bérköltség, fenntartási ktsg. stb.)
- ◆ munkásellátás költségei (munkaruha, étk. hozzájárulás stb.)
- ◆ felvonulási költségek
- ◆ a cég közterhei (iparüzési adó, nyereségadó, stb.)
- ◆ **A CÉG NYERESÉGE**

Számítása: a díjnak a százalékában!

Pótlékok átlagostól eltérő építéshelyi körülmények miatt többletköltségek ellensúlyozására felmerülő. Ilyen lehet:

- ◆ működő üzemben való munka
- ◆ munkaidő korlátozottan vehető igénybe
- ◆ különlegesen magas vagy mély létesítményben van a munka stb.

Számítása: a díjnak a százalékában!

Árkockázati fedezet: - az anyagár változások fedezetéül szolgál elsősorban.

Számítása: az anyagköltség százalékában (ezrelékében)!

Anyagigazgatási költség: az anyagok beszerzésével, raktározásával kapcsolatos költségek fedezetére (ha raktározni kell!)

Számítása: az anyagköltség százalékában!

Ideiglenes melléklétesítmények költségei: munkaterület megközelítésének energia, közmű költségek, téliesítés stb.

Számítása: külön költségvetésben

Költségtérítések: jellemzően

◆ közműbekötések költsége

◆ lerakóhelyek díjai (pl.: föld, sít, szemét stb...)

Számítása: ténylegesen felmerülő költségek, amit számla ellenében a megrendelő kifizet. Nem számítható rá semmilyen felár vagy kezelési költség!

Tartalékkeret: előre nem látható költségekre (jellemző rekonstrukciónál)

Számítása: a teljes költség 5 vagy 10%-a. Csak ténylegesen felmerült és indokolt plusz költségnél számolható el!

1.3 A kivitelezés lépései

1.3.1 *A munka felmérése helyszín alapján - terv alapján*

A munka felmérése előtt próbáljunk meg a megbízótól valamilyen releváns rajzdokumentumot beszerezni, pl. helyszínrajzot, alaprajzot, korábbi villamos terveket. A helyszínre felkészülten érkezünk, amennyiben a feladat a közcélú hálózatot vagy egyéb, a helyszín külterületét is érintő munkákat feltételez, korábban érkezve járjuk körbe a területet, hogy a viszonyokat felmérjük.

A felmérésre amennyire lehet így felkészülten érkezünk, a kinyomtatott tervlapokkal, ha vannak, mérőeszközzel, feszültségkémlelővel és egy két alapszerszámmal (csavarhúzó, szekrény nyitókulcs) felszerelve, mellyel a helyszíni üzemi kiépítettség viszonyait ellenőrizzük le. Lehetőleg minél több rajzot készítsünk, azonosítókkal, ha kell, méretekkel, mely lehet lefotózott mérőszalag is az érintett mérettel. A fotók szintén nagyon sokat segítenek, abból próbáljunk meg minél többet készíteni a munkánkat érintő részokról, lehetőleg teljes részletességgel.

A projektnek még az ajánlati fázisában készítsünk egy külön mappát a számítógépen. A munkafelvételkor készített fotóknak is külön dátumozott könyvtárat csináljunk, ha kell, a rajzainkat is scanneljük be. Az ajánlatadásnál vizsgáljuk meg azokat a tételeket, melyekkel nincs beszerzési tapasztalatunk, nézzünk utána, honnan tudjuk elfogadható feltételekkel beszerezni, mivel az anyagköltségünket, ezzel együtt az ajánlati árat nagyban befolyásolhatja annak beszerzése, s a

beszállításuk is esetleg a leghosszabb ideig eltarthat.

1.3.2 A kiviteli terv részei:

- Előlap;
- Tartalomjegyzék és rajzjegyzék;
- Aláíró lap;
- Szöveges dokumentáció (a tervező nyilatkozata; műszaki leírás; védelmi fejezetek)

Mellékletek:

- engedélyezések dokumentálása: (tervegyeztetési jegyzőkönyvek; hozzájáruló nyilatkozatok, jegyzőkönyvek, engedélyek;)
- kapcsolódó tervek jegyzéke;
- egyéb előírások, ajánlások jegyzéke

Költségvetés és anyagjegyzék;

Rajzos dokumentumok (tervrajzok);

Csatolt alapadatok.

Munka-, tűz-és, környezetvédelmi fejezetek

1.4 Műszaki átadás

A műszaki átadás egyrészt az ügyfél (beruházó, üzemeltető, fővállalkozó) számára egy átvételi mérőföldkő, másrészt a kivitelező számára bír különös fontossággal, mint a szerződéses *teljesítési igazolás* kiállítását megalapozó procedúra, illetőleg esemény.

Ahogy a kivitelezés minden egyes fázisát, a műszaki átadást is szükséges az *e-naplóban* felvezetni !

1.4.1 Beüzemelés

Telepítési munka befejezésével a rendszert (berendezést) működési próbáknak vetjük alá. Egyszerűbb esetben ez csak az egyes működések végigpróbálását jelenti, összetettebb rendszernél a gyártó előírásai alapján kell végigmenni egy beüzemelési procedúrán, melynek (mérési) eredményeit dokumentálni is szükséges lehet bizonyos *garanciális feltételek biztosítása* érdekében.

A beüzemelési próbák alapvető célja a kivitelezés megfelelőségének vizsgálata, összetettebb egységek esetén a konfigurációs beállítás, paraméterezés és rendszerteszt elvégzése. Az elvégzett tesztekéről és beállításokról *beüzemelési jegyzőkönyv* születik.

A beüzemelés során kell kiállítani az első ÉV és EBF *minősítő jegyzőkönyveket* is.

1.4.2 Üzemi próba, igazoló mérések

Ezeket a próbákat az ügyfél képviselőjével üzemi körülmények között folytatjuk le. Az ügyfél jelenlétében elvégzett próbákról és mérésekről jegyzőkönyv készül. Az ügyfél (képviselője) részére tartandó *betanítását* is erre az alkalomra célszerű szervezni.

Az üzemi próbák során keletkező dokumentumok mind részei lesznek az *átadási dokumentációs csomagnak*, ugyanúgy, mint a *megvalósulási dokumentumok, tervezői és szerelői nyilatkozatok, készülék adatlapok és műbizonylatok*, stb.

A sikeres üzemi próbák és elkészült dokumentáció esetén történik meg a Megrendelő fele a *készre jelentés*.

1.4.3 Műszaki átadás-átvétel folyamata

A készre jelentés nyomán a Megrendelő hívja össze és szervezi meg a műszaki átadást. Ezen minden érintett részt vesz: *kivitelező, műszaki ellenőrök, hatóság*, ha szükséges a bevonása, *tulajdonos* (képviselője), *fővállalkozó* (képviselője).

Amennyiben korábban nem került volna a Megrendelő rendelkezésére bocsátva, akkor az *átadási dokumentáció* áttanulmányozásával, illetőleg annak észrevételezésével kezdődik a folyamat. Az észrevételek, esetleges hibák, hiányosságok kezelésére a Vállalkozó felszólítást kap. Ha a dokumentációra minőségi kifogás nem érkezik, következhet az átadandó műszaki terjedelem (egyidejűleg több kivitelező részvétele esetén a) terjedelmek tisztázása, bemutatása, majd az átvételhez szükséges procedúra (működési próba, átadási teszt, próbaüzem). Az elvégzett tesztekéről is jegyzőkönyv készül, ez alapján a kivitelező kérheti a *teljesítési igazolásának* kiállítását. Az ebben a tárgyban született megkeresésnél a Vállalkozó a műszaki átadásról készült jegyzőkönyv kiállításának napjára hivatkozhat – ez kötbérezett munkák esetében lehet kulcsfontosságú.

1.4.4 Próbaüzem

Sikeres műszaki átadást követően elindulhat a rendszer, berendezés, üzem(rész) próbaüzeme, melyet az üzemeltető már önállóan, a kivitelezők segítségével folytat. Nagyobb gyáregységek létesítése során bevett gyakorlat a *jó teljesítési garancia* címén 5-10%-os vállalkozói díj – bizonyos feltételek mellett történő – visszatartása. Amennyiben a próbaüzem alatt nem történik komolyabb üzemzavar, vagy ami felmerült, azért a kivitelező a saját szolgáltatási/szállítási terjedelmével kapcsolatos mértékig helytállt, a problémákat megnyugtatóan és végleges jelleggel elhárította, a visszatartott összeg jóváírható lesz a Vállalkozónak.

2. VILLAMOSIPARI SZÁMÍTÁSOK

Ebben a fejezetben az erősáramú kivitelezések legalapvetőbb számításait tekintjük át, melyek fontos támpontot adhatnak a megfelelő *vezetékkeresztmetszet* és *vezetéktípus* meghatározásában ugyanúgy, mint egy-egy *kábelfektetési mód* kiválasztásában.

Ahogy a jegyzet teljes anyagában, úgy a számításoknál is a *villamos alapképzés* során megismert összefüggések ismeretét feltételezzük, így azok külön bevezető részletezésére itt nem térünk ki.

FONTOS, hogy a kivitelező felelős az elvégzett szakmunkák eredményeként létesült szerkezetek, berendezések, építmény, építményrész rendeltetésszerű és biztonságos használhatóságáért. (ld. ÉTV) Így köteles jelezni mindennemű nemmegfelelőséget, szakszerűtlen utasítást. Amennyiben nem vagyunk biztosak a szakmunka megfelelőségéről, vonjuk be a tervezőt.

2.1 Kisfeszültségű vezetékek méretezése

Elektrotechnikai tanulmányaink során a kapcsolási rajzok értelmezésekor a vezetőket mindig *ideális vezetőnek* tekintettük, melyek ohmos ellenállása 0 Ohm. Amennyiben a labormérések során nem, akkor legalább a gyakorlatban minden szakember szembesül azzal, hogy a valóságban minden egyes vezetékszakasz rendelkezik valamekkora ellenállással, mely természetesen nagyban függ a vezető anyagától, a kialakított kötések minőségétől és nem utolsósorban ezek hőmérséklettől is. A villamos vezető ohmos ellenállásán az átfolyó áram hővé alakul (energiaátalakulás történik), ezért azt nevezzük a vezeték (*ohmos*) *veszteségének*.

Egy villamos vezetőkön fellépő ohmos veszteség számszerűsítésére az alábbi teljesítményszámítást alkalmazzuk:

$$P_{\text{vez}} = I^2 \cdot R$$

Ahol

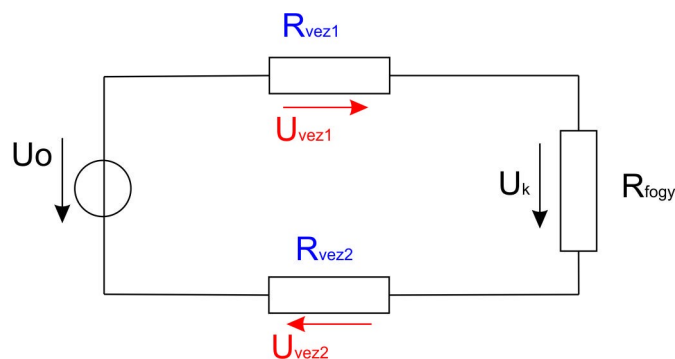
P_{vez} - vezetőkön fellépő teljesítményveszteség W-ban

I – a vezető keresztmetszetén átfolyó áram,

R – a vezető ohmos ellenállása.

Egyértelmű, hogy R meghatározásánál – a kétvezetékes hálózatokon – a fogyasztóhoz vezetett mindkét ág ellenállását is figyelembe kell venni, értéke így azonos típusú és hosszúságú vezetékeket feltételezve egy ág ellenállásának ismeretében is számítható:

$$R_{\text{IF}} = 2 \cdot R_{\text{vez}}$$



2.1 ábra Valós vezetékek kétvezetékes hálózatokban

A teljesítményszámításból egyértelműen látható, hogy a vezetők hővé disszipálódott *veszteségi teljesítmény* egyenes arányban növekszik a vezető ellenállásával, négyzetesen pedig a rajta átfolyó árammal. Ez azt jelenti, hogy a veszteségek csökkentésére, illetőleg a vezetéket károsítani képes, vagy éppen már veszélyes melegedés megelőzésére a vezető keresztmetszetének a növelése, vagy az üzemi feszültség szint megemlése kínálkozik,

Ha kisfeszültségen kell méreteznünk, akkor nyilvánvaló, hogy a villamos hálózaton alkalmazott vezetékek keresztmetszete fizikai, szerelhetőségi és gazdaságossági okokból kifolyólag nem növelhető egy bizonyos mértéken túl. Ha csak az épületinstallációs gyakorlatot tekintjük, a kivitelezők legtöbbször csak a maximális üzemi áramra (kismegszakító értékre) méretezik a vezetékeket, ami csupán az adott vezetőre megengedett *maximális áramsűrűség* behatárolását jelenti.

A továbbiakban részletezett számításokkal meggyőződhetünk arról, hogy a kiválasztott vezetékek és kábelek ellenállásából fakadó *disszipációs veszteségek* és a zárlati teljesítmény miként módosíthatják az ideális körülményekkel élő megközelítést, illetőleg a teljesítményigény meghatározásánál milyen könnyítést teremt az *egyidejűségi tényező* figyelembevétele.

Vezetékek kiválasztásánál fontos szempont, hogy energiaátviteli és világítástechnikai áramköröknél réz esetén $1,5\text{mm}^2$ alumínium esetén 10mm^2 kisebb keresztmetszetűt nem használunk. Továbbá a nullavezető (ha van) keresztmetszete nem lehet kisebb a fázisvezető keresztmetszeténél, egyfázisú, kétvezető áramkörben, valamint háromfázisú áramkörben, ha a fázisvezető keresztmetszete réz esetén legfeljebb 16mm^2 vagy alumínium esetén legfeljebb 25mm^2 , vagy a hálózat felharmónikusokkal enyhén terhelt (fénycsöves lámpák).

Többfázisú rendszerben mely nem szimmetrikusan terhelt illetve jelentősen felharmónikusokkal terhelt (pl. Számítógépközpontok tápellátása) a nulla vezető terhelését $1,45 \times I_f$ -re kell méretezni.

Háromfázisú szimmetrikusan terhelt áramköröknél, ahol a fázisvezető keresztmetszete a fenténél nagyobb, a nullavezető keresztmetszete legalább a fele legyen mely nem kisebb mint réz esetén 16mm^2 vagy alumínium esetén 25mm^2 .

2.1.1 Méretezés feszültségesésre

A villamos energiaellátási láncban a fogyasztói vezeték impedanciája egyenes arányban emelkedik a vezeték hosszával:

$$R = \rho \cdot L / A$$

ahol R – a vezető ellenállása
 ρ – (ejtsd: ró) a vezető anyagának fajlagos ellenállása [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$]-ben megadva;
 L – a vezeték hossza [m]-ben;
 A – a vezeték keresztmetszete [mm^2]-ben.

A tápellátó vezeték keresztmetszetét szükséges a *vezetékre jutó feszültség* nagysága alapján méretezni, hiszen a terhelő áram emelkedésével ez a feszültség is arányosan növekedni fog:

$$\Delta U = I_t \cdot Z_{\text{vez}}$$

ahol ΔU – a vezetéken fellépő feszültségesés mértéke
 I_t – a terhelőáram
 Z_{vez} – a fogyasztói vezeték impedanciája.

Végáramkörü vezetékeknél, a vezeték reaktanciáját, az ellenállásának induktív és kapacitív részét elhanyagolhatjuk. Hosszú hálózati szakaszokon figyelembe kell vennünk és igyekeznünk kell csökkenteni, azokat. A vezeték egymáshoz képesti elhelyezésével is tudjuk csökkenteni azt. Eltérő áramú, keresztmetszetű vagy anyagú szakaszok esetén a számítást vezeték-szakaszonként kell elvégezni:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \dots + \Delta U_n$$

A feszültségesést százalékosan határozzák meg, jele: ε (epszilon):

$$\varepsilon = \Delta U / U_n \cdot 100\%$$

ahol U_n – a hálózati feszültség névleges értéke.
 ΔU_n – a szakaszra számolt feszültség esése.

Ahol a terhelte hálózat kapocsfeszültsége jelentősen eltér a névlegestől, ott emelt feszültségű (ún. felcsapolt) ellátást is alkalmazhatnak a vezeték veszteség kompenzálására. Ebben az esetben a terhelést elért feszültség névlegeshez vett arányszáma a legkifejezőbb paraméter: $(U_t - U_{\text{vez}}) / U_n$. Ebből a **korrigált ε** értéke:

$$\varepsilon_{\text{korrig}} = [U_n - (U_t - U_{\text{vez}})] / U_n = (U_n - U_t + U_{\text{vez}}) / U_n$$

A méretezéshez szükség lesz a hálózatba kötött fogyasztó(k) *felvett teljesítményére*, amit a leadott teljesítmény és a hatásfok (η – ejtsd: éta) ismeretében tudunk visszaszámolni:

$$P_f = P_l / \eta \qquad S_f = P_f^* \cos\varphi$$

ahol η – a villamos fogyasztó hatásfoka;
 P_l – a leadott teljesítménye;
 P_f – a hálózathoz felvett teljesítménye.
 S_f – a hálózathoz felvett látszólagos teljesítménye.

Számításainkban legtöbbször a teljesítménytényezőt $\cos\varphi=0.9$ -et feltételezünk, viszont a gyakorlatban ez csak világítási áramkörökre, és a kompenzált hálózatokra jó megközelítés, motorok esetén induláskor $\cos\varphi=0.35$ -öt, míg normál üzemi körülményben $\cos\varphi=0.8$ -at kell felvenni, melyet adatlapokon megtalálunk.

A háztartási és egyéb kisfogyasztóknál csak a felvett teljesítményt adják meg a készülékek adattábláján vagy a gépkönyvében, így azoknál közvetlenül a P_f -hez jutunk, így ez a számítási

lépés elhagyható.

A jegyzet további részében a P alatt P_T -et értünk

A méretezés menete:

- Az egyes hálózatokra szabvány módon meghatározott **legnagyobb megengedett feszültségesési értéket** számításunk kiinduló adataként kell felvenni:

Felhasználás	Világítás [ε]	Egyéb fogyasztó [ε]
Háztartási	2%	3%
Ipari	2%	3-5%

- A $S = U \cdot I$ képlet alapján számítsuk ki a *hálózatot terhelő áram* értékét a megadott felvett teljesítményből!

Kétvezetékes rendszerben: $I = S / U$

Háromfázisú rendszerben: $I = S / \sqrt{3}U = S/3 / U_0$

- Az 1. pontban felvett ε értékből számítsuk ki a megengedett feszültségesés nagyságát:

Kétvezetékes rendszerben: $U_e = \varepsilon / 100\% \cdot U$

Háromfázisú rendszerben: $U_e = \varepsilon / 100\% \cdot U / \sqrt{3}$

- A 2. és 3. pontban meghatározott terhelőáram és megengedett feszültségesésből – az ellenállás képletéből kifejezve – számoljuk ki a szükséges keresztmetszetet az alábbi képlettel:

$$A = \rho / U_e \cdot I \cdot l$$

$$\rho_{\text{rész}} = 0.0175 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\rho_{\text{alu}} = 0.0286 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$$

- A kapott érték fölötti szabványos vezeték-keresztmetszetet válasszuk ki!

A szabványos értékek mm^2 -ben: 1.5; 2.5; 4.0; 6.0; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300

2.1.2 Méretezés melegedésre

A feszültségesés eredményeként kiválasztott szabványos vezeték-és kábelkeresztmetszetet mindig ellenőrizni kell a hálózatot *terhelő áram okozta melegedésre*. Ehhez az ellenőrzéshez váltakozóáramú hálózatokban a látszólagos árammal kell számolnunk, azaz:

$$I_t = S / U_n$$

Az egyes *létesítési jellemzőket*, mint **korrekciós tényező** (correction factor) vesszük figyelembe, melyeket a terhelt vezetők száma, vezetékek típusa, rögzítéseinek megoldása, elhelyezkedésük egymáshoz képest, környezet hőmérséklete határoz meg. Az eredő korrekciós tényező a tényezők szorzata.

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

Az a megfelelő névleges keresztmetszet melyre igaz, hogy

$$I_{max} \leq I_t \cdot K$$

Fektetési módok	Terhelt erek száma és a szigetelés típusa											
		2 PVC	3 PVC		3 XLPE	2 XLPE						
A1												
A2	3 PVC	2 PVC			3 XLPE	2 XLPE						
B1					3 PVC	2 PVC		3 XLPE		2 XLPE		
B2				3 PVC	2 PVC		3 XLPE	2 XLPE				
C					3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE		
E						3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE	
F							3 PVC		2 PVC	3 XLPE		2 XLPE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
méret mm ² -ben												
Réz												
1.5	13	13.5	14.5	15.5	17	18.5	19.5	22	23	24	26	-
2.5	17.5	18	19.5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504
185	-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575
240	-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679
Aluminium												
2.5	13.5	14	15	16.5	18.5	19.5	21	23	24	26	28	-
4	17.5	18.5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	-
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	-
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	-
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	-	-	-	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	-	-	-	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	-	-	-	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	-	-	-	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	-	-	-	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	-	-	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389
185	-	-	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447
240	-	-	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530

2.2 ábra Áramterhelhetőség ($I_{max}[A]$) különböző kábelekre

A 2.2 ábra az **MSZ HD 60364-5-52** szabvány szerint két vagy három réz vagy alumínium terhelt ér terhelhetőségét mutatja, amely így maximum 70°C-os hőmérsékletre melegszik fel 30°C-os környezeti hőmérséklet mellett.

A táblázatban használt **fektetési módok** jelölése az alábbiak:

A1 – Köpeny nélküli vezetékek hőszigetelő anyagba ágyazott védőcsőben; Valamint többberű kábelek hőszigetelő falban elhelyezve;

A2 – Kábel hőszigetelő anyagba ágyazott védőcsőben;

B1 – Köpeny nélküli vezeték vagy egyberű kábel védőcsőben fából készült vagy vakolt falra rögzítve közvetlenül, vagy közelebb mint a védőcső átmérőjének 0.3 szorososa; Valamint szigetelt vezetékek zárt védőcsőben falon kívül szerelve.;

B2 – Többberű kábel védőcsőben fából készült vagy vakolt falra rögzítve közvetlenül, vagy közelebb mint a védőcső átmérőjének 0.3 szorososa; Valamint használható többberű kábel zárt, vagy osztott csatornában vízszintes és függőleges falon kívüli szerelésénél.;

C – Egy- és többberű kábelek fából készült vagy vakolt falra rögzítve közvetlenül, vagy közelebb mint a kábel átmérőjének 0.3 szorososa; Kábelek mennyezetre rögzítésnél; Valamint perforálatlan kábeltálcák esetén;

D1 – Többberű kábel védőcsőben vagy csatornában a földben vezetve.;

D2 – Egy vagy többberű kábel földben vezetve.;

E vagy **F** – Egy-és többberű kábelek perforált vagy rácsos kábeltálcán vezetve függőlegesen vagy vízszintesen; Egy-és többberű kábelek kábelletrán elhelyezve

További létesítési módokat a szabványban tudjuk leellenőrizni.

Amennyiben a környezeti levegő hőmérséklet nem 30°C a következő táblázatban megjelölt korrekciós tényezővel kell számolnunk:

Környezeti hőmérséklet °C	10	15	20	25	35	40	45	50	55	60	65	70	75
PVC szigetelés	1.22	1.17	1.12 1.06	0.94	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50	-	-	-	
XLPE vagy EPR szigetelés	1.15	1.12	1.08	1.04	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71	0.65	0.58	0.50

2.3 ábra Levegő hőmérséklet kompenzáció

Több perforált kábeltálca vagy létra esetén a következő korrekciókat kell elvégeznünk:

	Tálcák vagy létrák száma	Azonos tálcán, létrán lévő kábelek száma					
		1	2	3	4	6	9
<p>Érintőleges elhelyezés</p>	1	1.00	0.88	0.82	0.79	0.76	0.73
	2	1.00	0.87	0.80	0.77	0.73	0.68
	3	1.00	0.86	0.79	0.76	0.71	0.66
	6	1.00	0.84	0.77	0.73	0.68	0.64
<p>Laza elhelyezés</p>	1	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91	-
	2	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87	-
	3	1.00	0.98	0.95	0.91	0.85	-

2.4 ábra Kábelek terhelhetőségének kompenzációja különböző elhelyezés esetén

Bizonyos feltételekre a gyártók adnak korrekciós tényezőket, ilyen például a perforált kábeltálcában a kábelek rétegződésének figyelembevétele. Egy gyártó a következő korrekciós tényezőket ajánlja:

- 0.8 két réteg esetében;
- 0.73 három réteg esetében;
- 0.7 négy vagy öt réteg esetében;

A jelölt szabványunk azt is kimondja ha a vezetékcsoport nem éri el az áramterhelhetőség kapacitásának 30% -át nem kell a csoport korrekciós tényezővel számmolni.

Kábelek földbe fektetésénél a következő terhelhetőséget kell figyelembe venni. A táblázatot három terhelt erű, PVC szigetelésű kábelre 20°C talajhőmérsékletre adjuk meg.

		névleges keresztmetszet (mm ²)							
		1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
<p>D1</p>	Ø	18	24	30	38	50	64	82	98
	Réz	-	18,5	24	30	39	50	64	77
	Alumínium	-	-	-	-	-	53	69	83
	Ø	116	143	169	192	217	243	280	316
	Réz	91	112	132	150	169	190	218	247
	Alumínium	-	-	-	-	-	-	-	-
<p>D2</p>	Ø	19	24	33	41	54	70	92	110
	Réz	-	-	-	-	-	53	69	83
	Alumínium	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ø	130	162	193	220	246	278	320	359
	Réz	99	122	148	169	189	214	250	282
	Alumínium	-	-	-	-	-	-	-	-

2.5 ábra Kábelek terhelhetősége [A]-ben földbe telepítésnél

Amennyiben a talajhőmérsékletünk 20°C -tól különböző az alábbi táblázat szerinti kompenzációt

kell használnunk

Föld hőmérséklet °C	10	15	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
PVC szigetelés	1.10	1.05	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63	0.55	0.45	-	-	-
XLPE vagy EPR szigetelés	1.07	1.04	0.96	0.93	0.89	0.85	0.80	0.76	0.71	0.65	0.60	0.53	0.46

2.6 ábra Talaj hőmérsékleti kompenzáció

További kompenzációt vehetünk figyelembe a talaj hőszigetelési tényezőjéből adódóan. A 2.6 táblázat 2,5 Km/W hőszigetelésű talaj figyelembevételével készült. Száraz köves, sziklás talajnál ez az érték nagyobb, így ott kisebb a megengedhető terhelés. A korrekciós érték lehet egynél nagyobb is (terhelhetőbb a kábel jó hővezetőjű talajba fektetve)

Ezek alapján látjuk, hogy az új szabvány kisebb állandó terhelést enged meg, mint a már érvénytelenített MSZ 14550-1:1979 mind A, B és C terhelhetőségi csoportban, ezzel növelve a megbízhatóságot, és csökkentve a tűz kockázatát.

Amennyiben a kívánt áramérték nem teljesíthető egy vezető felhasználásával, különös gonddal telepített vezetők párhuzamosan is köthetőek, figyelembevélve hogy a terhelhetőségük csökken az egymásra való hatásuk miatt. Párhuzamosan kötött vezetők esetében különösen fontos a zárlati áramra való méretezésük.

Minden ezeken kívül eső feltétel fennállása esetén a méretezés további korrekciós tényezők figyelembevételét teszi szükségessé, s ezért ajánlott villamos tervező bevonása.

2.1.3 Zárlati áram

Egy hálózat zárlati áramának értéke kritikus jelentőségű a hálózat egyes elemeinek jellemzőire nézve. Ilyen a kapcsolókészülékek (zárlati) árammegszakító képessége, a kábelek termikus és mechanikus szilárdsága. Kábelek zárlattűrő képességét 300mm² keresztmetszetig úgy méretezik, hogy 5s alatt ne melegedhessen 160°C fölé.

A védelmi készülékek kiválasztásakor nem csak arra kell ügyelnünk, hogy azok árammegszakító képessége nagyobb legyen, mint a hálózatban fellépő független zárlati áram értéke, hanem az érintett vezetékszakas hurokimpedanciájára, ami – soros impedanciaként – csökkenti a zárlati áram értékét. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a legnagyobb áramköri hosszakat limitálni kell annak érdekében, hogy a túlterhelésre beépített készülékünk az előírt időn **t = 5 sec** belül leoldjanak.

Érintésvédelem szempontjából a rövidzárlatot a mágneses gyorskioldónak 0.1...0.5 sec időn belül kell megszakítani, mivel az testzárlat is lehet, tehát itt a legkisebb – már lekapcsolást okozó – zárlati áram értéke a kritikus. Számítása:

$$I_{rz} = 0.95 U_0 / (Z_s + Z_L)$$

Ahol, 0.95 – csökkentő tényező rövidzárlat esetén;
 U_0 – névleges fázisfeszültség

Z_s – a zárlati hely előtt elhelyezkedő hálózat hurokimpedanciája

Z_L – a vezeték komplett (oda-vissza mérhető) impedanciája

A fentiek miatt a vezetékek nem haladhatják meg azt a hosszt, amikor a vezeték impedanciája annyira megnövekszik, hogy a zárlatvédelmi eszköz nem képes megszakítani azt.

A 2.8 ábrán **kismegszakítókra** 2-vezetékes hálózatokra adjuk meg a maximális vezeték hosszokat. **Háromfázisú, 3-vezetékes** (nulla nélküli) 400V-os hálózatokhoz 1,73-as szorzóval kell alkalmazni a leolvasott értékeket. **Háromfázisú, 4-vezetékes** hálózatokban, ahol a nullavezető keresztmetszete felel a fázisvezető keresztmetszetének, ott 0,67-es szorzóval kell alkalmazni a leolvasott értékeket.

Kismegszakító		Vezető névleges keresztmetszete mm ²								
névl. árama	jelleg-görbe	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
125 A	D	3	6	9	14	23	37	57	80	109
	C	5	8	13	19	32	51	80	112	152
	B	10	16	26	38	64	102	160	224	304
100 A	D	4	7	11	17	29	46	71	100	136
	C	6	10	16	24	40	64	100	140	190
	B	12	20	32	48	80	128	200	280	380
80 A	D	5	9	14	21	36	57	89	125	170
	C	7,5	12,5	20	30	50	80	125	175	238
	B	15	25	40	60	100	160	250	350	475
63 A	D	7	11	18	27	45	73	113	159	215
	C	9,5	16	26	38	64	102	159	222	302
	B	19	32	51	76	127	203	317	444	603
50 A	D	9	14	23	34	57	91	143	200	271
	C	12	20	32	48	80	128	200	280	380
	B	24	40	64	96	160	256	400	560	760
40 A	D	11	18	29	43	71	114	179	250	339
	C	15	25	40	60	100	160	250	350	475
	B	30	50	50	120	200	320	500	700	-
32 A	D	13	22	36	54	89	143	223	313	424
	C	18	31	50	75	125	200	313	438	594
	B	37	62	100	150	250	400	625	875	-
25 A	D	17	29	46	69	114	183	286	400	543
	C	24	40	64	96	160	256	400	560	760
	B	48	80	128	192	320	512	800	-	-
20 A	D	21	36	57	86	143	229	357	500	679
	C	30	50	80	120	200	320	500	-	-
	B	60	100	160	240	400	512	-	-	-
16 A	D	27	45	71	107	179	286	446	625	848
	C	37	62	100	150	250	400	625	-	-
	B	75	125	300	300	500	800	-	-	-
10 A	D	43	71	114	171	286	457	714		
	C	60	100	160	240	400	640	-		
	B	120	200	320	480	800	-	-		
6 A	D	71	71	190	286	476	762			
	C	100	167	267	400	667	-			
	B	200	333	533	800	-	-			
4 A	D	107	179	286	429	714				
3 A	D	143	238	381	571	952				
2 A	D	214	357	571	857	-				
1 A	D	429	714	-	-	-				

2.7 ábra Kismegszakítóval védett áramkörök megengedhető rézvezeték hossza (m)

2.2 Lakóépületek hálózatának méretezése

A fogyasztói vezetékhalózat terhelési viszonyainak meghatározása kulcsfontosságú a többlakásos lakóingatlanok esetén. Könnyen belátható, hogy ha több fogyasztási hely beépített teljesítményének egyszerű összegzésével határoznánk meg a csatlakozó fővezeték méreteit, akkor kezelhetetlen keresztmetszetű betápláló kábeleket kellene kiépíteni a *csatlakozási pontokig*, nem is beszélve az ezekhez tartozó megszakító készülékekről.

Ennek gyakorlati megvalósítására a fogyasztói oldalon fellépő terhelési csúcsok időbeli eltolódásának – tapasztalati úton is bizonyítható feltételezésének – számszerűsítésére alkalmazandó az *egyidejűségi tényező*s számítás, ami azt mutatja meg, hogy kettő vagy több fogyasztó ún. *eredő méretezési teljesítménye* hányszor kisebb azok egyszerű számtani összegnél.

Az *egyidejűségi tényező* fogja megadni a rendszer eredő méretezési teljesítményét, melyből az első *túláramvédelmi készülék*, illetve a *tűzeseti főkapcsoló* névleges árama is meghatározható. A teljesítményszámításhoz a lakóingatlanok főelosztójának méretezésétől indulunk ki.

2.2.1 Vezérelt fogyasztók eredő méretezési teljesítménye

Az áramszolgáltató vezérelt fogyasztásmérőjén keresztül csak hőtárolós vízmelegítő és alapfűtést biztosító hőtárolós villanykályha üzemeltethető. A teljesítménytényezőjük ($\cos \varphi$) 1-gyel számolandó, szakaszos üzemük miatt egyidejűségi tényezőjük szintén:

$$e = 1$$

2.2.2 Többlakásos fogyasztók eredő méretezési teljesítménye

Egyfázisú fogyasztók és átlagos méretű lakások esetében a hálózat méretezéséhez az alábbi képlet használható az egyidejűség számításához:

$$e = 0.2 + 0.8 / \sqrt{n}$$

ahol e – egyidejűségi tényező

n - a lakások száma.

Az **MSZ 447** szabvány „A” Mellékletének 1. táblázatából előre kiszámított értékeket vehetünk fel az egyidejűségi tényezőre:

Lakások száma n	Egyidejűségi tényező e
1	1.00
2	0.76
4	0.60
6	0.53
8	0.48
10	0.45
20	0.38

A rendelkezésre álló adatokból már kiszámítható a lakóépület **eredő méretezési teljesítménye**:

$$P_e = n \cdot P_m \cdot e$$

Ahol P_e – a lakóépület eredő méretezési teljesítménye
 P_m – egyetlen fogyasztói hely (lakóingatlan) méretezési teljesítménye
 n – a lakóházban lévő összes lakás száma [db]
 e – egyidejűségi tényező

2.3 Világítástechnika

A fény olyan elektromágneses sugárzás (elektromágneses hullám), amelyet a szem érzékelni képes. A sugárzás a térben tovaterjedő rezgés, amely minden esetben valamilyen sugárzó forrásból indul ki. Az emberi szem a **380...760 nm** (nanométer) közötti hullámhossz-tartományban lévő sugárzásokat *fényként* érzékeli. A látható fény sem egynemű, különböző színű (vörös, sárga, zöld, kék) és hullámhosszúságú hullámok keveréke.

2.3.1 Világítástechnikai mértékegységek értelmezése

Fényáram: az elektromágneses sugárzásokból a látószerv (szem) által érzékelhető teljesítményt nevezzük fényáramnak. Jele: Φ (fi) , mértékegysége: **lm** (lumen)

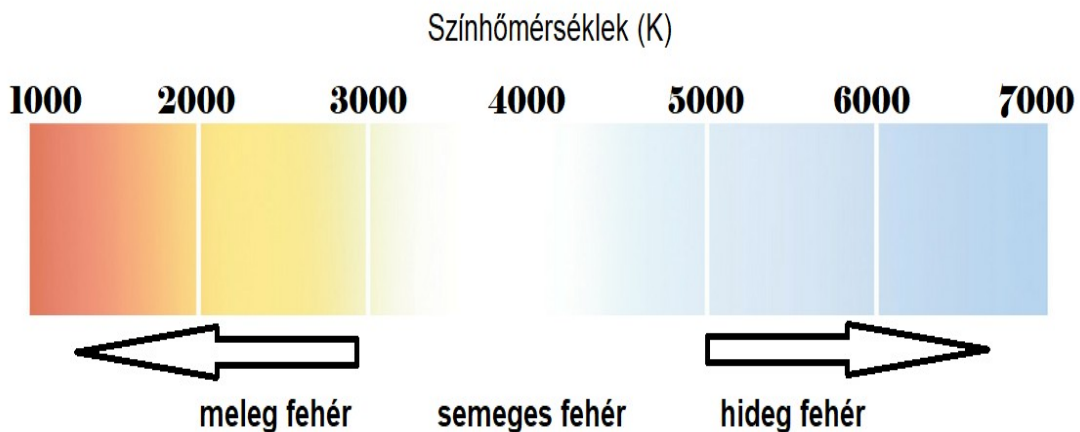
Fényerősség: a fényerősség valamely fényforrás által adott irányt tartalmazó elemi térszögbe kisugárzott fényáramnak és az elemi térszögnek a hányadosa. Minél nagyobb a fényáram és minél kisebb a térszög annál nagyobb értékű a fényerősség. Jele: **I**, mértékegysége: **cd** (kandela)

Megvilágítás: valamely felületelemre eső fényáramnak és a felületelemnek a hányadosa. Jele: **E**, mértékegysége: **lx** (lux)

Távolsági törvény: a megvilágítás a távolság négyzetével fordított arányban csökken.

Addíciós törvény: amikor egy felületet egyidejűleg több fényforrás világít meg, akkor az eredő megvilágítás az egyes fényforrásokból származó megvilágítások összegével egyenlő. $E = E_1 + E_2 + E_3$

Színhőmérséklet: A fényforrások kék és a sárga színösszetevőinek arányában kialakított fogalom és mérőszám, mértékegysége: Kelvin [K]. A kisebb számértékkel jelzett színhőmérsékletű fény a sárgább színű, míg a nagyobb számérték kékebb színű fényt jelöl. A szabványos nappali fény vagy napfény elnevezés alatt a mérsékelt égövön, tiszta napsütésben, 10 és 17 óra közötti időszakban mért színhőmérsékletet határozták meg, itt a fény színhőmérséklete 4500 és 6500 K között van. A 2700-3500 K tartományban meleg fehér fényről beszélünk, ez áll legközelebb a hagyományos izzó fényéhez.



2.8 ábra Színhőmérsékleti érzékelés skálája

2.3.2 Megvilágítással szemben támasztott követelmények

A mesterséges megvilágítás kialakításának az alaptézise, hogy az akkor igazán jó, ha megközelíti a nappali fényviszonyok között tapasztalható és mérhető megvilágítást.

Kellő megvilágítás: A belső megvilágítás mértékét az ott végzett munka minősége szabja meg. A legfőbb szempont, hogy az alkalmazott világítás mellett a szem ne fáradjon ki.

A megvilágítás minimális szintjét szabványok (pl. MSZ EN 12464-1:2012), írják elő adott helyiségekben azok rendeltetése, illetve az ott végzett tevékenység szerint. Ez közlekedési és szociális helyiségek esetében 50-200 lx közötti érték, irodai munkahelyeken viszont 500-750 lx biztosítása is szükséges lehet (300 lx csak ablak melletti munkahelyeknél).

Magyarországon **3/2002. (II. 8.) SzCsM-EüM** együttes rendelet 4. számú melléklete határozza meg a szabadban végzett munkákhoz szükséges megvilágítási erősséget; a mellékletben fel nem sorolt munkahelyen legalább 50 lx közepes megvilágítási erősséget kell biztosítani.

Megfelelő árnyékhatás: ezt egy megfelelő fénybecsléssel érhetjük el. Vigyázni kell arra, hogy a dolgozók vagy a munkadarab árnyéka ne essen a közvetlen munkaterületre. Arra kell törekedni, hogy a mesterséges világítás árnyékhatása megközelítőleg azonos legyen a természetes világításnál fellépő árnyékhatással.

Káprázatmentesség: a világítótestekből közvetlenül kisugárzó, a tükröző felületekről visszaverődő fény káprázást okozhat. A káprázás erősen zavarja a látást, amit a látótérben levő nagy felületi fényességgel rendelkező fényforrás idézhet elő. Az igen erős káprázást *vakításnak* nevezzük. A káprázást csökkenteni lehet a környezet erősebb megvilágításával, illetve a lámpatestek oly módon történő árnyékolásával, hogy a nagy fényességű felületek közvetlenül ne kerüljenek megvilágításra.

Térbeli egyenletesség: amikor a megvilágítás térben nem egyenletes, akkor a szemnek különböző felületi világosságokhoz kell alkalmazkodnia, amely a szem elfáradását és balesetveszélyt is okozhat. A térbeli egyenletesség annál jobb, minél kisebb a különbség a munkahely és a környezet megvilágítása, valamint a tárgyak felületi világossága között. Kellő térbeli egyenletességet tudatos lámpaelosztással, megfelelő felfüggesztési magassággal és a környezet fényvisszaverésének helyes kialakításával érhetünk el.

Időbeli egyenletesség: A megvilágítás időbeli változását a hálózati feszültség-ingadozások, és a

váltakozó áram periódusszáma idézhetik elő. Arra kell törekedni, hogy a változások vagy olyan lassúak, vagy olyan gyorsak legyenek, hogy az emberi szem azokat ne észlelhesse. A feszültségingadozásból keletkező időbeli váltakozás (időnkénti elsötétedés-túvilágosodás) elkerülhető a helyesen megválasztott vezeték keresztmetszettel, a világítási és motoros hálózat szétválasztásával. A hálózat frekvenciaváltozásából adódó időbeli egyenetlenség azért káros, sőt veszélyes, mert a tárgyak mozgását (fogaskerekek, stb...) meghamisítja, a forgási és mozgási sebességek másnak mutatkoznak. Ilyen jelenség a *stroboszkóp hatás* is, ami főként forgó gépek esetén jelent komoly balesetveszélyt, pl. 3000 fordulat/perc sebességgel forgó tárgyak állni látszanak (ami átszámítva 50 fordulat másodpercenként, tehát a periódusszáma azonos az 50 Hz-es hálózati feszültséggel). A hagyományos gyújtószerkezettel rendelkező fénycsövek stroboszkóp hatását úgy küszöbölik ki, hogy a helyiség armatúráit a háromfázisú energiarendszer különböző fázisaira kapcsolják.

Megfelelő színhatás: az izzólámpák színekében jóval több a vörös szín, a fénycsövekben pedig a kékes-zöld szín, mint a nappali fényben. Ez azt eredményezi, hogy mesterséges világításnál a tárgyak színe más lesz, mint a *természetes napsugárzás* fényénél. A világítás tervezésénél arra kell törekedni, hogy ez az eltérés minél kisebb legyen. A korszerű LED-es fényforrásokkal már könnyebben szabályozható, hogy éppen milyen hullámhosszúságú legyen a lámpa fénye. A természetes fényhez hasonlatos szélesebb spektrum pedig különböző hullámhosszú (pl. meleg és hidegebb színhőmérsékletű LED-ek vegyesen), de közös hullámhossztartománnyal rendelkező izzók és fénycsövek összeállításával oldható meg, mert így a lámpa *eredő spektruma* jóval szélesebb lesz: a világítási tartomány elnyúlik.

Egészségre való ártalmatlanság: mesterséges világításra csak olyan fényforrás alkalmazható, amely üzeme az egészségre ártalmatlan. Ügyelni kell arra, hogy a villamos hálózatra kapcsolt világító testek ne okozzanak áramütéses balesetet.

Gazdaságosság: a beruházási költségek és a szolgáltatott fényenergia értékének hányadosa adja meg. Nem tekinthető gazdaságosnak a világítás, ha a dolgozók szemének túlerőltetése folytán idő előtt kifáradást, vagy hosszútávon látásromlást okozhat.

Formai és esztétikai követelmények: a mesterséges világítási berendezés akkor szép, ha beleillik a környezetbe. Ezt úgy érhetjük el, ha a lámpatestek mérete, kialakítása, színe, elhelyezése alkalmazkodik a környezetéhez.

2.3.3 Villamos fényforrások

Villamos árammal a gyakorlatban háromféle módon állítható elő fény:

A villamos áram hőhatása alapján:

„Edison” normál izzó, halogénizzók, jódtöltésű izzók

Gázok villamos árammal való ionizálásával:

fénycsövek, neoncsövek, higanygőzlámpák, nátriumlámpa

Gerjesztett félvezetőből kivált fotonokkal:

LED fényforrások mindegyike

Lakótérben nagyjából 100lx és 500lx közötti megvilágításra van szükség, azon belül a helyiség rendeltetésétől, az ott végzett tevékenységtől függ, hogy ezen a skálán hol helyezkedik el. Támpontként a 2.9 táblázat szolgál. A helyiségek egyes részeinek funkciója alapján kiegészítő világítás lehet szükséges, mint például fürdőszobai tükör környezete (400lx), vagy a hálószoba olvasó sarka (400lx) Ezt kiegészítő fényforrásokkal energiahatékonyan tudjuk kialakítani

Nappali	100-150lx
Étkező	120-150lx
Konyha	200-250lx
Konyhapult	300-400lx
Fürdő	150-200lx
WC	100-150lx
Gyerekszoba	200-250lx
Dolgozószoba	300-400lx

2.9 ábra Lakótér helyiségeinek átlagos megvilágítási értékei

A következő számítási példában egy adott helyiség megvilágítási igényének alapján kiszámítjuk a szükséges fényáramot, s ezek biztosítására megfelelő LED fényforrásokat is választunk.

Adott egy 20 m²-es gyerekszoba melynek hasznos alapterülete 16m²

A helyiség megvilágítás igénye *táblázat alapján* E = 200 lx

Fejezzük ki a megvilágítás képletéből a szükséges fényáramot!

$$E = \Phi / A \quad \diamond \quad \Phi = E \cdot A = 200 \text{ lx} \cdot 16 \text{ m}^2 = \underline{3200 \text{ lm}}$$

Válasszunk megfelelő LED fényforrásokat a 2.10 ábra táblázata alapján!

Az *addíciós törvény* szerint az eredő megvilágítás az egyes fényforrásokból származó megvilágítások összegével egyenlő. Mivel köztük egyenes arányosság áll fenn a fenti képlet alapján, ez az összegzés alkalmazható az *fényáramra* is: $\Sigma \Phi = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \dots + \Phi_n$

LUMEN		250+	450+	800+	1100+	1600+
	Hagyományos izzó	25W	40W	60W	75W	100W
	Halogén	18W	28W	42W	53W	70W
	Kompakt fényforrás	6W	9W	12W	15W	20W
	Led	4W	6W	10W	12W	18W

2.10 ábra Fényforrások fényáram adatai méretezéshez

A táblázat adatai szerint 4 db 10W-os (4 x 800+ lm) vagy 3 db 12 W-os (4 x 1100+ lm) fényforrással biztosítható a gyerekszoba szükséges 3200 lm-es megvilágítása. A 4 vagy 3 izzós kialakítás mellett a helyiség alaprajzi elrendezése, a külső fény hatásai, illetve a helyiség szín-és tükröződési viszonyai figyelembevételével dönthetünk. Gyakorlati szempont még a világítótest kialakítása, fénykibocsátási térszögei. Amennyiben igény az egyenletes fényeloszlás, használjunk több kisebb teljesítményű, az alaprajzi elrendezéshez megfelelően elhelyezett lámpatesteket.

3. VILLAMOS VÉDELMEK

3.1 Áramütés elleni védelem

Áramütéssel járó **villamos baleset** kétféleképpen jöhet létre:

- **Közvetlen érintés:** az üzemszerűen feszültség alatt álló villamos szerkezet rész (aktív rész) megérintésével bekövetkező áramütés.
- **Közvetett érintés:** áramütés üzemszerűen feszültség alatt nem álló, de a meghibásodás miatt feszültség alá kerülő szerkezet, fém vagy más vezető anyag (passzív rész, Test) érintésével, amit legtöbbször a szigetelés sérülés vagy testzárlat okoz.

Az üzemszerűen feszültség alatt álló aktív szerkezeti részek közvetlen érintés elleni védelmét biztosítja az **alapvédelem**.

A villamos berendezés meghibásodása miatt veszélyes érintési feszültség alá kerülő passzív szerkezetek megérintését, tehát a közvetett érintéssel bekövetkező balesetek megelőzésére a **hibavédelem** szolgál.

A továbbiakban különböző **védelmi módokat** tekintjük át, kitérve az alap-és hibavédelem kialakítására, majd ismétlésként összefoglaljuk azt a három fő váltakozóáramú topológiát, amelyet a hálózati *védővezető hibavédelmi módok* értelmezéséhez mindenképpen szükséges ismerni.

3.1.1 Érintésvédelmi osztályok

Mielőtt a **3.1.2 fejezetről** kezdődően átismételjük az egyes **védelmi módokat**, hogy a villamos gyártmányokat milyen **érintésvédelmi osztályokba** soroljuk az **MSZ EN 61140:2016** szabvány kategóriái szerint. Míg az előbbi a különböző védelmi eljárásokat és technológiákat fogja össze, addig az érintésvédelmi osztályoknál már konkrétan a termék besorolásáról van szó – természetesen az alkalmazott védelmi technológiának megfelelően – annak megfelelőségi értékeléséhez kapcsolódóan.

Ügyeljünk rá, hogy ezt a kétféle csoportosítást ne keverjük össze!

0. érintésvédelmi osztályú gyártmány: nem törpefeszültségű; a védővezető csatlakoztatására nem alkalmas burkolat alapszigeteléssel van az aktív részekről elválasztva. Nincs alkalmazott védelmi mód.

I. érintésvédelmi osztályú gyártmány: teste alapszigeteléssel van az aktív részekről elválasztva, és a vezetőképes test potenciálja védővezető bekötésére alkalmas szerkezetre van kivezelve a hibavédelem céljára. A gyártmányok a „védővezetős” védelmi módokat alkalmazzák.

II. érintésvédelmi osztályú gyártmány: érinthető burkolata *kettős* vagy *megerősített szigeteléssel* van az aktív részekről elválasztva.

III. érintésvédelmi osztályú gyártmány: az áramütés elleni védelem *törpefeszültségen* (PELV, SELV) alapul, mely esetén az áramkörben nem állítanak elő a törpefeszültségnél nagyobb feszültséget. Hibavédelemmel nincs ellátva.

3.1.2 Táplálás önműködő lekapcsolása

Korábban védővezetős érintésvédelmi módként volt ismert, mely utal a hibavédelmet működésbe hozó *védőföldelésre*.

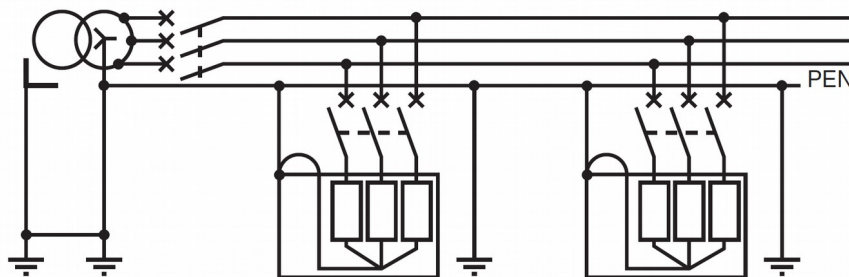
Az **alpvédelmet** az aktív (üzemi körülmények során feszültség alatt álló) részeinek alapszigetelése, védőfedése, vagy védőburkolat adja. A védőburkolat csak kulcs vagy szerszám segítségével távolítható el. Illetéktelen nyitási kísérlet esetén az aktív részek táplálásának automatikusan le kell kapcsolódnia!

Amennyiben az érinthető aktív részek a kikapcsolás után is töltés maradna, ott gondoskodni kell azok automatikus kisütéséről és/vagy ennek veszélyeire figyelmeztető feliratok elhelyezéséről!

Ismétlő jelleggel tekintünk át újra a kisfeszültségű váltakozóáramú rendszerek hálózati kialakítását!

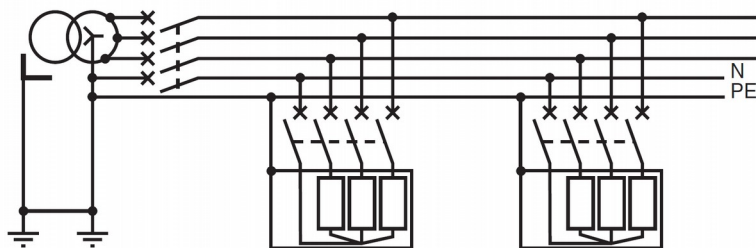
Az épületvillamosságban leggyakrabban alkalmazott védővezetős védelmi mód a nullázás, melynek betűjelzése alapján lett **TN-rendszer:** nullázás (N) közvetlenül földelt (T) hálózaton. Három *kiépítettségi változata* van:

TN-C rendszer: az egész rendszerben az áramot vezető nulla- és védővezető végig közös, emiatt *4-vezetős (L1, L2, L3 és PEN-vezető) hálózatként* is említik;



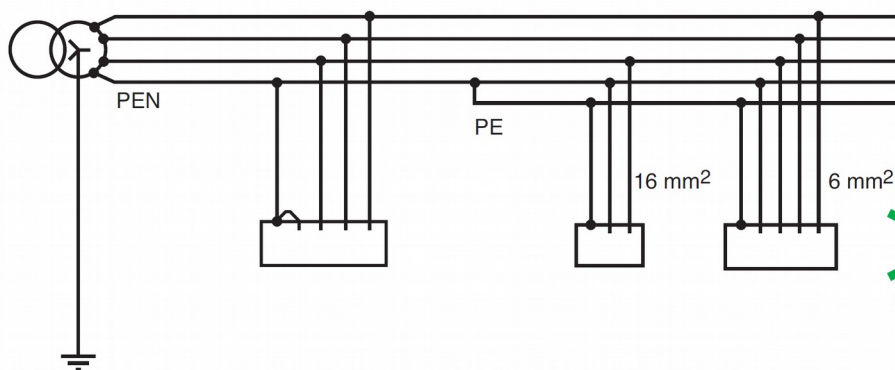
3.1 ábra TN-C rendszer

TN-S rendszer: az egész rendszerben a védővezető és az üzemi áramot vezető nullavezető a tápponttól kiindulva egészen végig külön van vezetve, ezért *5-vezetős (L1, L2, L3, N- és PE-vezetők) hálózatként* is ismert.



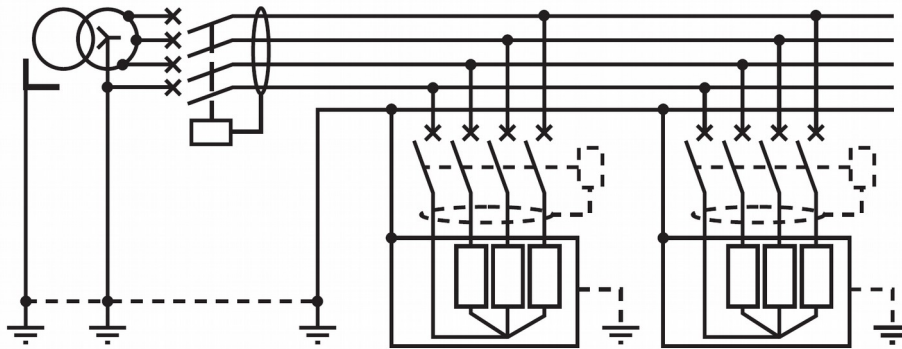
3.2 ábra TN-S rendszer

TN-C-S rendszer: egy részében közös a nulla- és a védővezető, tehát a táppontból közös **PEN** vezető indul, de valahol különvált külön nullavezetőre és védővezetőre (**L1, L2, L3, PEN**; majd: **L1, L2, L3, N- és PE-vezető**). Ezt követően a hálózat már teljes egészében a TN-S rendszer topológiáját követi, de ezen a szakasán a nulla-és védővezető ismételt összekötése már tilos! Ezt nevezik *tiltott nullázásnak*.



3.3 ábra TN-C-S rendszer

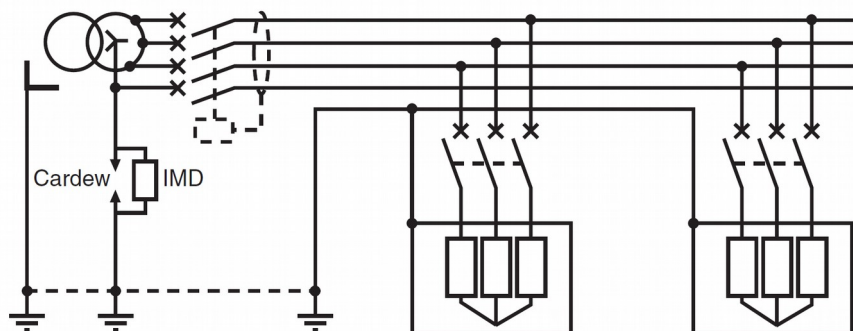
TT-rendszer, közismert nevén: védőföldelés (T) közvetlenül földelt (T) hálózaton. Fontos különbség a TN-rendszerhez képest, hogy nulla-és a védővezető különálló – a rendszeren belül sehol nincs összekötve – mivel az üzemi földelés, ami a tápláló generátor vagy transzformátor csillagpontja is egyben a tápoldalon, míg a védőföldelés a fogyasztó oldalán kerül kialakításra. A *testzárlati hibaáram* visszavezetési útja így nem dedikált védővezetőn, hanem a földelő rendszeren keresztül záródik.



3.4 ábra TT rendszer

IT-rendszer, közismert nevén: *szigetelt rendszer* vagy védőföldelés (T) izolált (I) hálózaton. Üzemi földelése nincs, vagy csak nagyon nagy impedancián keresztül, a hálózat tehát földfüggetlen, ún. *lebegő tápfeszültséget* biztosít (ilyen lehet egyes inverterek és szünetmentes tápegységek kimenete is). Ebben a hálózatban az I. érintésvédelmi osztályba sorolt fogyasztók védővezetőit és burkolatát – a TT-topológiához hasonló módon – saját (helyi) védőföldeléssel kell ellátni.

Az IT-rendszereket olyan kritikus helyeken alkalmazzák, ahol egyetlen testzárlat-földzárlat önmagában nem okozna akkora problémát, mind az ennek hatására bekövetkező azonnali táplekapcsolás. Ezek tipikusan egyes *vegyi üzemek, bányák, műtők*, ahol egy ilyen üzemzavar a berendezések épségét vagy az ott lévő személyek biztonságát veszélyeztetné.



3.5 ábra IT rendszer

A **hibavédelem** elsődleges megoldási módja az említett védőföldelés, ehhez a testeket össze kell kötni a védővezetővel. A védővezetőt TT- és TN-rendszerekben mindig az üzemi vezetőkkel (fázis- és nullavezetőkkel) együtt kell vezetni – más áramkör mellett vezetett, vagy másik villamos berendezés PE-kapcsáról „továbbfűzött” védővezető bekötés nem megengedett!

A védővezető hibavédelem kötelező kiegészítő megoldása a **védő-egyenpotenciálú összekötés** (korábban EPH), ami a villamos szerkezeti testekhez nem tartozó, bizonytalan földelésű, de

legtöbbször a földpotenciál odavezetésére alkalmas *idegen vezetőképes fémrészek* azonos potenciálra hozását szolgáló összekötését értjük. Ennek célja, hogy egyidejűleg érintható fémrészek között bizonytalan eredetű és meghatározhatatlan mértékű potenciálkülönbség ne léphessen fel.

A fázisvezető és a test vagy védőföldelés között fellépő hiba esetén a rendszer védelmi eszközeinek *önműködően le kell kapcsolni* a táplálást a fázisvezetők leválasztásával! Ezt védővezetős (TT, TN) rendszerekben a túláramvédelmi eszköznek kell az **MSZ HD 60364-4-41:2018** szabványban meghatározott időn belül leoldania!

A túláramvédelmi eszköz alkalmazásának feltétele a fázis-föld (FF), vagy fázis-test (FN) között bekövetkező hiba esetére:

$$Z_s \cdot I_n \cdot \alpha \leq U_0$$

Ahol

Z_s – a hibahely hurokimpedanciája [Ω]

I_n – a védelmi eszköz (biztosító vagy megszakító) névleges áramerőssége [A];

α – a védelmi eszköz kioldási tényezője, melyet a következő táblázatból választunk ki:

U_0 – a berendezés névleges tápfeszültsége a földhöz képest [V]

Az alkalmazott kioldószerv típusa	Névleges vagy jellemző áram $I_n (I_{ch})$	Az „ α ” kioldási szorzó értékei		
		TN-rendszer	TT-rendszer	Végáramkörök $I_n \leq 32$ A
Lekapcsolási idő:	(230 V)	5 s	1 s	TN:0,4s; TT: 0,2s
Gyors és késleltetett működésű olvadó betétek gG/gL, gM	≤ 25 A	3	5	6
	≥ 32 A	4	7	8
* Különlegesen gyors működésű olvadó betétek: gR Régebbi típusok: NOR, NOSi, NOGe	---	2,5	4	6
Kismegszakítók: B jellegű görbékű:	---	5	5	5
C jellegű görbékű:	---	5	5	10
D jellegű görbékű:	---	5	5	20
* Az MSZ EN 60269-4, illetve az MSZ 1584 szabvány szerinti biztosítók.				

3.6 ábra A jelenlegi szabványok alapján javasolt „ α ” kioldási szorzó értékei

Kiegészítő védelemként a szabvány *áram-védőkapcsolók* (ÁVK, RCD – lásd később) alkalmazását írja elő:

- ◆ képzetlen személyek által kezelt berendezésekhez;
- ◆ dugaszolóaljzatoknál 20A-ig;
- ◆ szabadtéri mobil fogyasztók esetén 32 A-ig;
- ◆ Világítási áramköröknél.

Az áram-védőkapcsoló *terheléskapcsolóként* üzemel, ami zárlati áram megszakítására nem alkalmas, ezért az áramkör védelmét egy legfeljebb I_n nagyságú zárlatvédelemmel kell ellátni!

A megengedett legnagyobb *érintési feszültség* biztosításához az áram-védőkapcsoló alkalmazásakor teljesülnie kell az alábbi feltételnek:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq 50V$$

Ahol

R_A – a földelőrendszer és az abba bevont testek eredő ellenállása [Ω];

$I_{\Delta n}$ – az ÁVK névleges kioldóárama [A].

A táplálás önműködő lekapcsolása védelmi mód a fent részletezett védővezetős megoldások előírásai szerint az **I. érintésvédelmi osztályba** sorolt gyártmányok biztonságos működtetését teszi lehetővé.

Közvetlenül nem földelt (IT) rendszerek esetén ugyan nincs külön hálózati védővezető, azonban a védendő testeket külön-külön le földelni! Mivel az így létrejött földelőhálózat a tápoldal földelésével (ha van ilyen) csak nagyon nagy impedancián keresztül csatlakozik, ebben a rendszerben egyetlen fázisvezető testzárlata nem okoz azonnali leoldást, viszont *szigetelés-szint ellenőrző* vagy *szivárgóáram-mérő* készülékeken keresztül erről látható vagy hallható jelzést kell adni a hiba fennállásáig.

IT-rendszerekben e védelmi mód alapján előírt követelmény a második hiba esetén bekövetkező önműködő lekapcsolás, ami gyakorlatilag védővezetős rendszerek hibavédelmével megegyező törvényszerűség szerint történik meg.

3.1.3 ***Kettős vagy megerősített szigetelés***

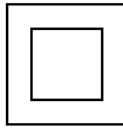
A **kettős szigetelés** védelmi módnál az alapvédelmet az *alapszigetelés*, míg a hibavédelmet a *kiegészítő szigetelés* biztosítja.

A **megerősített szigetelés** védelmi mód alkalmazásánál az alap-és a kiegészítő szigetelés szerepét az aktív és a hozzáférhető részek közötti *megerősített szigetelés* biztosítja.

Ezeknél a védelmi módoknál védővezető alkalmazása tilos!

A kettős vagy megerősített szigetelés követelményit teljesítő villamos készülékeket a **II. érintésvédelmi osztályba soroljuk**, a CE megfelelőséget is jelző adattáblájukon ezért a *Class II*

felirat, vagy pedig az alábbi szimbólum jelenik meg:



3.7 ábra A II. érintésvédelmi osztályú készülékek jelölése

A II. érintésvédelmi osztályú készülékekre vonatkozó előírásokat termékszabványok rögzítik, mint pl. az **MSZ EN 60335-1** (*Háztartási és hasonló jellegű villamos készülékek – Biztonság. 1. rész: Általános előírások*), melyek közül jelölni kell azokat, amelyek az általunk gyártott vagy javított készüléket lefedik, s így a rá vonatkozó speciális előírásokat tartalmazzák.

3.1.4 Védelem villamos elválasztással

A villamos elválasztás olyan védelmi mód, amelyben

- az alapvédelmet az aktív részek alapszigetelése vagy védőfedések és burkolatok biztosítják, továbbá
- a hibavédelmet az elválasztott áramkör más áramköröktől és a földtől való galvanikus elválasztása biztosítja (lebegő hálózat).

Ennek a védelmi módnak az alkalmazását egy földetlenn, egyszerű elválasztással rendelkező tápforrásra csatlakozó **egyetlen fogyasztókészülék táplálására** kell korlátozni. Különösen fontos annak a biztosítása, hogy az alapszigetelés megfeleljen a vonatkozó termékszabványnak.

Megjegyezzük, hogy a korábbi szabványok előírták a biztonsági kivitelű szigetelő transzformátor alkalmazását, ezt a most érvényes szabvány nem követeli meg. Ettől függetlenül továbbra is javasolható a biztonsági kivitelű szigetelő transzformátor alkalmazása!

Villamos elválasztással a védelmet a következők teljesítésével kell biztosítani:

- Az elválasztott áramkört legalább egyszerű elválasztással rendelkező tápforrásról kell táplálni és az elválasztott áramkör feszültsége ne legyen nagyobb 500 V-nál.
- Az elválasztott áramkör aktív részeinek egyetlen pontját sem szabad más áramkörökkel vagy a földdel, vagy a védővezetővel összekötni! A villamos elválasztás biztosítására olyan elrendezést kell alkalmazni, hogy az áramkörök között alapszigetelés legyen.
- A hajlékony vezetékek és zsinórvezetékek minden olyan része legyen látható, amely mechanikai sérülésnek lehet kitéve.
- Elválasztott áramkörök esetén ajánlatos elkülönített vezetékrendszereket használni

(veszélyes áthatolás elleni védelem). Ha az elválasztott áramkörök és a többi áramkör ugyanabban a vezetékrendszerben vannak elhelyezve, akkor vagy fémburkolat nélküli, többerű, köpenyes vagy köpeny nélküli vezetékeket szigetelőanyagú védőcsőben, vezetékcsatornában vagy kábelcsatorna-rendszerben elhelyezve kell alkalmazni; feltéve, hogy: a *névleges feszültségük legalább* akkora, mint a *legnagyobb névleges feszültség*, és az összes áramkör el van látva túláramvédelemmel.

- Az elválasztott áramkör testeit nem szabad összekötni sem más áramkörök védővezetőjével vagy testeivel, sem pedig a földdel.

Földfüggetlen, vagy ahogy néha említik „lebegő hálózatok” esetén (az inverteres és transzformátoros kimenetű UPS-ek kimenete is ilyen) a túláramvédelmet minden ágba be kell építeni, pl.: egyfázisú megtáplálás esetén ez lehet egy 2-pólusú kismegszakító.

3.1.5 *Érintésvédelmi törpefeszültségek*

A törpefeszültség (angol rövidítésben ELV: Extra Low Voltage) legfeljebb 50 V váltakozóáramú, vagy 120 V egyenáramú feszültség lehet.

Érintésvédelmi törpefeszültségként csak a SELV és PELV alkalmazható.

SELV (Safety Extra Low Voltage) – *biztonsági törpefeszültség*, ami földetetlen érintésvédelmi feszültséget jelent a gyakorlatban. Üzemileg földetetlen áramköri testeket nem szabad a földdel vagy védővezetővel összekötni, a föld felé alapszigeteléssel rendelkeznek.

PELV (Protective Extra Low Voltage) – *védelmi törpefeszültség*, ami a földelt érintésvédelmi feszültség. Az üzemileg földelt vagy földetetlen áramköri testeket *össze lehet kötni* a földdel vagy a védővezetővel, de nem kötelező!

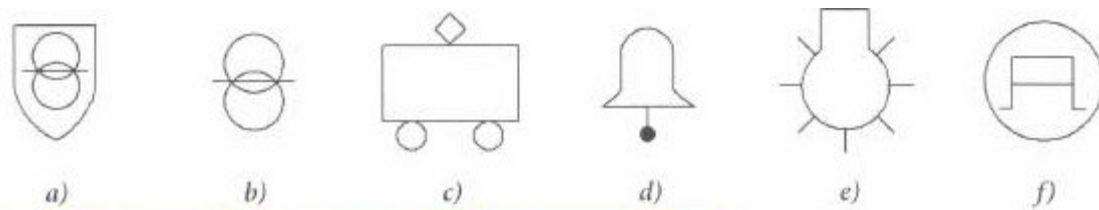
A SELV és PELV érintésvédelmi módok szerint legyártott készülékeket a **III. érintésvédelmi osztályba** soroljuk.

A törpefeszültségű alapvédelem és hibavédelem akkor tekinthető biztosítottnak, ha a névleges feszültség legfeljebb 50Vac, illetve 120Vdc, az áramköröket *áthatolás elleni védőelkülönítéssel* szerelték, illetve a táplálás az alábbi biztonsági szigetelő tápforrások valamelyikéből történik:

- Az **MSZ EN 61558-2-6** szabvány szerinti *biztonsági szigetelőtranszformátor* (import esetén az eszköz adattábláján az IEC 61558 vagy az EN 61558 hivatkozás is szerepelhet);
- Olyan tápforrás, amelynek a biztonsági szintje egyenértékű a biztonsági szigetelőtranszformátoréval (pl. motorgenerátor, egyenértékű szigetelésű tekercselésekkel);
- Elektrokémiai tápforrás (pl. akkumulátor), vagy más nagyobb feszültségű áramkörtől

független tápforrás (pl. dízelgenerátor)

- A vonatkozó szabványok előírásait kielégítő, olyan elektronikus eszközök, amelyeknél óvintézkedések biztosítják, hogy a kimeneti kapcsokon a feszültség még belső hiba esetén se tudja meghaladni az ≤ 50 V AC, illetve ≤ 120 V DC értékeket;
- Kisfeszültségről táplált mobil tápforrásokat, pl. biztonsági szigetelőtranszformátorokat vagy motorgenerátorokat, úgy kell kiválasztani vagy szerelni, hogy megfeleljen a kettős vagy megerősített szigeteléssel megvalósított védelem követelményeinek.



3.8 ábra Elválasztó és biztonsági tápforrások jelölései

a) törpefeszültségű biztonsági elválasztó transzformátor (burkolt);

b) elválasztó transzformátor (nem törpefeszültségű);

c) játéktanszformátor

d) csengőtranszformátor

e) kézilámpa transzformátor;

f) kapcsolóüzemű biztonsági tápegység

A SELV és PELV rendszer csatlakozódugói olyan kialakításúak legyenek, hogy ne lehessen azokat más feszültségű rendszer aljzataiba bedugni és e rendszerek aljzataiba se lehessen más rendszereket csatlakoztatni. A SELV rendszer csatlakozódugója ezen felül ne rendelkezzen védővezetővel!

Létezik még egy harmadik törpefeszültségű kategória is, a **FELV** (Functional Extra Low Voltage), mint *üzemi törpefeszültség*, amely az adott villamos berendezés működtetése céljából került kialakításra, de mivel követelményeiben nem előírás a nagyobb feszültségek elleni áthatolásvédelem biztosítása, így *nincs érintésvédelmi relevanciája* sem: szerelésére a kisfeszültségű eszközökre vonatkozó szigetelési és elkülönítési (pl. gyengeáramú kábelekkel közös nyomvonalon csak bizonyos feltételek teljesülése esetén vezethető) biztonsági előírások az irányadóak.

3.1.6 További alapvédelmek

Az alapvédelem kialakítása történhet továbbá **védőakadályok**, vagy az **elérhető tartományon kívül helyezés** alkalmazásával, de ez csak *szakképzett és/vagy kikatatott személyek* által üzemeltetett berendezések esetén megengedett!

A *védőakadály* megakadályozza az aktív részek véletlen megközelítését és normál üzemi körülmények között az aktív részek véletlen megérintését.

Az elérhető tartományon kívül helyezés védelmi mód alkalmazásakor arra kell ügyelni, hogy eltérő potenciálú részek egyidejűleg – kézzel elérhető tartományon belül – ne legyenek érinthetőek. Az egyidejű érinthetőséget a szabvány a 2.5 méternél közelebb álló (fém)részek esetére értelmezi.

3.2 Túláramvédelem

A névleges áramot meghaladó bármilyen áramot **túláramnak** nevezzük.

Az egyes fogyasztók túlzott igénybevételeből, vagy ezek tervezettnél nagyobb egyidejűségi értékéből — villamos hálózati hiba nélkül — előálló a névlegesnél nagyobb áramokat **túlterhelési áramnak** nevezzük, nagyságrendjük az üzemi áram **1.5-2-szerese**, amit a védelemnek néhány percen belül le kell oldania.

A szigetelések meghibásodása, vagy kezelési hiba következtében a normál üzemben egyébként különböző potenciálon lévő két pont között létrejövő elhanyagolható impedanciájú hiba következtében fellépő túláramokat **zárlati áramnak** nevezzük, nagysága kifestültségű hálózatokban néhány kA lehet, amit a védelemnek **5 másodpercen belül** meg kell szakítania.

Az aktív vezetőket el kell látni egy vagy több olyan védelmi eszközzel, amelyek túlmelegedés esetén önműködően megszakítják a táplálást.

Az áramkörök kikapcsolása a védelmi eszköz katalógusa által megadott **I-t kioldási** jelleggörbe által meghatározott időnél hamarabb történjen meg! Az $I^2 \cdot t$ szorzata adja meg azt a szigetelt vezetőben keletkező hőmennyiséget, amit az még károsodás nélkül elvisel a leoldásig, normál környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett.

A védelmi eszközöket a következő három csoportba lehet osztani:

3.2.1 Túlterhelésvédelmi (zárlatvédelmet nem biztosító) eszközök

Ezek az eszközök általában függő időkésleltetésű védelmi eszközök, amelyeknek terheléskapcsoló funkciójuknál fogva nem rendelkeznek zárlati, legfeljebb túlterhelési áram megszakító képességgel. Ezen (bimetal kioldós) kapcsolók előtt tehát az áramkörben önálló zárlatvédelemre van szükség. A túlterhelés elleni védelem **alapvetően a fogyasztó védelmét** biztosítja.

Egy vezetőket túlterhelés ellen védő védelmi eszköz működési jellemzőinek ki kell elégíteni a következő feltételeket:

$$1. I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2. I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

Ahol:

I_b – Az áramkör maximális üzemi árama

I_n – A védelmi eszköz névleges vagy beállított árama

I_z – A vezeték üzemi hőmérsékletig megengedett tartós árama (maximális túlterhelhetőség)

I_2 – a túláram-védelem megszólalási határárama:

- megszakítók esetében $1.3 \times I_n$;
- kismegszakítók esetén $1.45 \times I_n$;
- biztosítók esetén a névleges áramtól függően $1.6x$ -tól $2.1x$ lehet.

Egy adott hálózat azon pontjain kell elhelyezni a túláramvédelmet, ahol **csökken a vezeték áramvezető képessége**, pl.: leágazások előtt, ahol változik a szerelés módja. Ezen kívül a túlterhelésvédelem a védett vezető mentén bárhol elhelyezhető, ha az eszköz és az áramvezető képesség megváltozása között nincsenek leágazások, sem csatlakozó aljzatok, ha a vezetékellátást zárlatvédelemmel, a vezetékszakasza **hossza legfeljebb 3 m** és a közelében nincs éghető anyag.

A *túlterhelés-védelem elhagyható*, ha a betáplálási védelmi eszköz megbízható túlterhelésvédelmet biztosít a fogyasztó oldali vezeték rendszerben lévő áramvezető képesség változások esetében is, olyan vezetékrendszerben és fogyasztók esetében, ahol a túlterhelés kialakulása nem valószínű, (pl.: fűtőtestek esetében) – de megfelelő zárlatvédelemről ekkor is gondoskodni kell – feltéve, hogy nincsenek leágazások és csatlakozó aljzatok.

Elhagyható a zárlatvédelem információtechnikai, irányítástechnikai és hasonló rendszerek áramellátó vezetékénél, de nem hagyhatók el soha *tűz- és robbanásveszélyes* környezetben, vagy más speciális feltételekkel szabályozott helyiségekben létesített vezetékknél. **Áramvédőkapsolóval kell védeni** az IT-rendszerekben az előzőekben ismertetett feltételek szerint túláramvédelemmel el nem látott áramköröket. Biztonsági okokból ajánlatos a túlterhelés-védelem elhagyása akkor, *ha a fogyasztó készülék váratlan kikapcsolása veszélyt okozna*, de ekkor is meg kell oldani a túlterhelés jelzését. Ilyen lehet, pl.: áramváltók szekunder köre, tűzvédelmi eszközök áramellátási köre, emelőmágneselek tápköre stb.

A túlterhelés-védelem eszközei lehetnek *hőmáson* vagy *hőmérsékletmérésen* alapuló védelmek.

A **hőmáson** alapuló védelem vagy *közvetlenül*, vagy *közvetetten* mérőváltón keresztül *táplált ikerfém* (bimetal).

A **hőmérsékletmérésen** alapuló védelmek elsősorban *elektronikus hőrelék*, de lehetnek *mikroikerfémek kapcsolók* is.

3.2.2 *Zárlatvédelmi (túlterhelésvédelmet nem biztosító) eszközök*

A védelmi eszköznek képesnek kell lennie a *független zárlati áram* (a zárlati kör impedanciájából számítható érték, amely a fogyasztó és a túláramvédelem zárlatkorlátozó hatása nélkül jöhetne létre) értékével bezárólag bármilyen zárlati áram megszakítására. Ilyen védelmi eszközök a megszakítók zárlati kioldóval vagy a fogyasztói áramnál jóval nagyobb névleges áramú olvadóbiztosító. Megszólalási értékük nagyobb, mint az általuk védett részek túlterhelési árama. Ott alkalmazhatók, ahol a túlterhelésvédelem más módon biztosítva van.

Természetesen alapkövetelmény a zárlatvédelem esetében is, hogy a zárlatvédelmi eszközöknek az adott áramkörben fellépő zárlati áramot meg kell tudniuk szakítani, mielőtt károsodást okozna a vezetőben és a **csatlakozásokban keletkezett hő**, illetve a készülékekben fellépő **elektrodinamikus hatás**. További követelmény, hogy a villamos berendezés minden pontjára méréssel, vagy számítással meg kell határozni a független zárlati áramot. Meglévő hálózatokon ez az *érintésvédelmi hurokellenállás* mérés segítségével is megállapítható. Vannak olyan célműszerek is, amelyek közvetlenül mutatják a mérés helyén fellépő zárlati áramot.

A független zárlati áramok kiszámításánál – az ipari villamos berendezések kivételével – az áramszolgáltatói táptranszformátor zárlatkorlátozó hatását figyelmen kívül hagyhatjuk, a független zárlati áram nagysága gyakorlatilag csupán a zárlati körben résztvevő vezetők ellenállásától függ.

Alapkövetelmény az is, hogy a beépítés helyén fellépő független zárlati áramnál nem lehet kisebb a zárlatvédő eszköz megszakító képessége és zárlati szilárdsága, célszerű, ha nagyobb.

3.2.3 *Kombinált, túlterhelésvédelmi és zárlatvédelmi eszközök.*

Az elhelyezési pontjukhoz tartozó független zárlati áram értékéig bármilyen túláramot meg kell tudni szakítani, mielőtt az a vezetőkben és a csatlakozásokban keletkező hő- vagy dinamikus hatás következtében károsodást okozna. Ezek a védelmi eszközök lehetnek: *megszakítók túlterhelés kioldóval, biztosítókkal egybeépített kapcsolók*, motor-védőkapcsoló kombináció, valamint gX vagy aX jellegű olvadóbiztosítók.

3.2.4 *A túláramvédelem koordinálása, szelektivitása*

Egy hálózat védelmi szelektivitásán azt értjük, hogy az *egymás alárendeltségében* lévő védelmi szinteken elhelyezett túláramvédelmi eszközök közül túláram esetén a *hibahelyhez közelebbi felettes védelemnek* kell megszólalnia, biztosítva ezzel, hogy a hálózat többi fogyasztójánál ne történjen lekapcsolás. A szelektivitásnak több fokozatát különböztetjük meg:

Teljes áramszelektivitás az, ami minden hibaáramra fennáll. A *részleges áramszelektivitás* csak a hibaáramok egy részére teljesül. Néhány lehetséges elrendezés közül hármat ismertetünk:

- Olvadóbiztosító és (nullátmenetnél kapcsoló) megszakító helyes méretezés esetén részleges áramszelektivitást tud biztosítani: egy bizonyos áramértékig csak a megszakító old le;
- **Két megszakító teljes áramszelektivitást** valósít meg, ha a tápoldalhoz közeli megszakító

működési ideje minden áramérték esetén nagyobb, mint a fogyasztóhoz közelebbi megszakítóé.

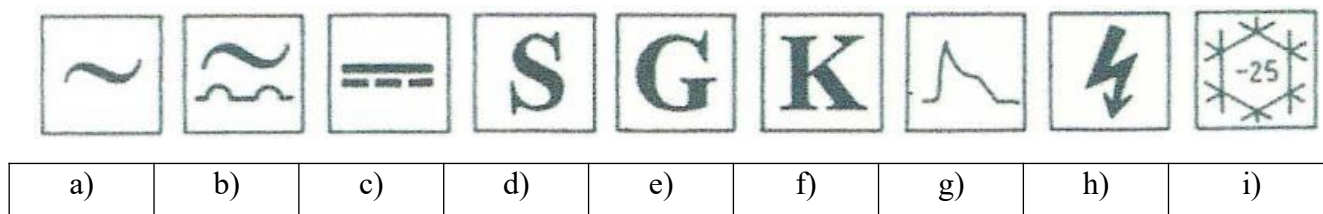
- **Két megszakító részleges áramszelektivitást** valósít meg, ha a tápoldalhoz közeli megszakító működési ideje nem minden áramérték esetén nagyobb, mint a fogyasztóhoz közelebbi megszakító működési ideje.

Itt kell megjegyezni, hogy egyes magyarázatokkal ellentétben *zárlati szelektivitás* két kismegszakító között nem biztosítható.

3.3 Egyéb hibavédelmek

3.3.1 Áram-különbözeti védelmek

Az *érezelt áramalak* alapján az alábbi áram-védőkapcsoló típusokat különböztetjük meg:



3.9 ábra A különböző áram-védőkapcsolók jelölései az alábbiak:

- a) **AC osztályú**, csak tiszta váltakozó áramra érzékeny áram-védőkapcsoló,
- b) **A osztályú**, váltakozó áramra és lüktető egyenáramra is érzékeny áram-védőkapcsoló
- c) **B osztályú**, tiszta egyen áramra érzékeny áram-védőkapcsoló
- d) szelektív áram-védőkapcsoló jelölése
- e), f) 10 ms késleltetésű áram-védőkapcsoló jelölései
- g), h) " villámbiztos " áram-védőkapcsoló jelölései
- i) -25 C hőmérsékleten is működő áram-védőkapcsoló

Az „S” jelölésű szelektív működésre áramvédő kapcsolókat *időkésleltetéses* készülékeknek is nevezzük, és a névlegesen megadott érzékenyséjük mellett 130...500ms-os tartományban késleltethetőek, szemben a normál ÁVK-k 300ms-ig szakítanak meg. Koordinált hibavédelem kialakításánál ügyelni kell arra, hogy az alárendelt védelmi szintekre csak normál, míg a felsőbb szintekre *szelektív ÁVK* kerüljön.

Villámáramok gyakran eredményezik az ÁVK-k nem kívánt kioldását. Ennek kiküszöbölésére olyan „villámbiztos” ÁVK-kat fejlesztettek ki (G és K jelölésűek), melyek néhány

mikroszekundumos késleltetést (legfeljebb egy félperiódus, azaz 10 ms-ot) követően lépnek csak működésbe. Ezalatt az idő alatt a villámáramok keltette hatás már megszűnik.

Az ÁVK specifikálása két jellemző érték alapján történik: I_n / $I_{\Delta n}$

I_n megadja a kapcsoló névleges üzemi áramát, melyek leggyakoribb értékei a következők: 10, 16, 25, 40, 50, 63, 100 és 125 A;

$I_{\Delta n}$ az ÁVK érzékenysége, amely megadja a hibaáram kapcsolási értékét, melynek leggyakoribb értékei a következők: 10, 30, 100, 300 és 500 mA.

3.3.2 *Szigetelés-szint érzékelő készülék*

Ahogy ez már említésre került, az IT izolált földelésű hálózatoknál előírás a folyamatos szigetelés ellenőrzés. Az ÁSZE műszer egy állandó áramgenerátoros kimenettel figyeli a szigetelés romlását, az *első testzárlati hibánál* figyelmeztetést ad. A hibahelyet ezután minél hamarabb meg kell keresni, a hibás hálózatrészt vagy berendezést le kell választani, megelőzve ezzel a kettős földzárlat kialakulását. .

3.3.3 *Ívhiba érzékelők és megszakítók*

A villamos berendezések okozta tüzesetek megelőzése érdekében fejlesztették ki ezt az áramfigyelő eszközt azon megfigyelés alapján, miszerint *soros átvitelés esetén* a föld fele szivárgóáram nem folyik, ráadásul annak impedanciája csökkenti a terhelőáramot, így nincs esély arra, hogy a túláramvédelmi eszköz leoldjon. Az ív jelenlétére azonban az *íváram széles spektrumú* jelalakjából következtetni lehet. Ezt az áramot egy nagyfrekvenciás elektronika értékeli ki, ami a veszélyes hiba által keletkezett ívet még a *kitörési időn belül megszünteti*.

Bár a kiértékelő elektronikák elég nagy pontossággal szűrik ki a *szinusztól eltérő áramzajok közül* a nem a villamos ívekhez hasonló áram-és feszültség jeleket (pl. régi szerszámgép, hegesztő berendezés, kapcsolóüzemű táp, régi dimmerekből stb.), a téves leoldások elkerülése érdekében egy próbahasználatát követően érdemes a hálózati szűrőtagokat megvizsgálni, régebbi gépekben szénkefét cserélni, tisztítani,...stb.

Az ívhiba érzékelő készülékek (AFDD, Arc Fault Detection Device) vagy ívhiba megszakítók (AFCI, Arc Fault Circuit Interruptor) nagyban csökkenthetik a villamos berendezések és készülékek működéséből származó tüzek kialakulásának lehetőségét. Különösen olyan helyiségekben ajánlott az alkalmazása, ami tűzveszélyes, vagy ahol alvó, magatehetetlen vagy gondozásra szoruló személyek tartózkodnak így az evakuáció nehézségekre utközne, például:

Hotelek, öregek otthona, mozgáskorlátozott betegek otthona;

Kórházak;

Nagy tömegforgalmú helyek, repterek;

Tűzveszélyes anyagok tárolói;

Istállók, állattartásra szolgáló épületek;

Éghető anyagú épületszerkezetek;

Pótolhatatlan vagy veszélyeztetett javak.

Az átívelés-érzékelő eszközök általános követelményeit az **MSZ EN 62606** szabvány rögzíti.

3.4. Villámvédelem

Ma Magyarországon az épületek és kültéri létesítmények villámvédelmére kétféle szabványossági előírás létezik. 2014-től kezdődően új létesítésű villámvédelmeknél csak az **MSZ EN 62305** szabvány által előírt módon készülhet kiviteli terv és kivitelezés. Ezt nevezik *norma szerinti villámvédelemnek*.

A korábbi villámvédelmi szabványunk az **MSZ 274-es** 2009-ig volt érvényben. A kettő közti kb. 5 éves átmeneti időszakban még bizonyos feltételek mellett még születhettek tervek a korábbi szabvány előírásai szerint is; e szabvány szerint készült terveket hivatkozzák meg ma *nem norma szerinti villámvédelemnek* (röviden: **274VR**). Bizonyos feltételek teljesülése esetén még meglévő épület felújításánál, bővítésénél, illetve átalakításánál is maradhat a nem norma szerinti villámvédelem, illetve tervezői értékelést, kisebb átalakítást követően elfogadhatóvá tehető.

Hazánkban a villámvédelmi megfelelőségi kérdések a Katasztrófavédelem hatáskörébe tartoznak, így a tervezéssel és kivitelezéssel kapcsolatos rendelkezések tekintetében is az **OTSZ** (Országos Tűzvédelmi Szabályzat, 54/2014. BM rendelet) előírásai az irányadóak.

3.4.1 Norma szerinti villámvédelmi tervek

Az új szabvány magyarázatára bőséges szakirodalom áll rendelkezésünkre, ami szükséges is, mivel a korábbi MSZ 274-nél jóval összetettebb feladattá alakította a villámvédelem megtervezését. Ennek a tervezési feladatnak az alapját egy kockázatértékelés adja, mely a villámcsapások, károk, veszteségek és különböző kockázatok valószínűsítésének számításával a tervezés eredményeként megállapítja, hogy az adott védelmi övezet milyen **villámvédelmi szintet** képvisel. A villámvédelmi szintről annak angol rövidítése, az **LPL** (Lightning Protection Level) után szereplő római számból következtethetünk arra, hogy védelmünk *statisztikusan* milyen villámértékre van méretezve (**3.10 ábra**)

Védelmi szint	Minimális villámáram [kA]	Maximális villámáram [kA]
LPL I	3	200
LPL II	5	150
LPL III	10	100
LPL IV	16	100

3.10 ábra Az LPL védelmi szintekhez tartozó villámáramok értékei

Az LPL után álló római szám adja meg számunkra a kivitelezéshez az **LPS** (Lightning Protection System) és/vagy az **LPMS** (Lightning Pulse Measuring System) szintjét.

Amíg az LPS a **villámhárító osztályát** mutatja meg, addig az LPMS után szereplő római szám a **túlfeszültségvédelmi osztályt** adja meg, mindkettőnél **I...IV osztályokban**, melyből a IV-es a legkisebb határfokú.

A túlfeszültség-védelemről bővebben a **3.5 fejezetben** lesz szó bővebben.

3.4.2 *A villámvédelmi rendszer főbb elemei, fogalmai*

A **villámhárító** vagy **villámvédelmi rendszer** (LPS, Lightning Protection System): azoknak a szerkezeteknek és intézkedéseknek az összessége, amelyekkel biztosítható, hogy az épület, létesítmény, műtárgyat,...stb. érő villámcsapás ne okozzon bennük *fizikai károsodást* (tűz, mechanikai rombolást, stb.), illetve a kialakult magas *érintési és lépésfeszültség* miatt *életveszélyt*.

Felfogó: a villámhárítónak az a része, amely a villámcsapár felfogására szolgál, hogy megóvja a védett épületet a villám hő-és mechanikai hatásaitól.

Levezető: a villámhárítónak az a része, amely a villámáramot a felfogótól a földelőhöz vezeti.

Földelő: a villámhárítónak az a része, amely közvetlen érintkezésben van a talajjal. Feladata, hogy a *villámáramot* oly módon oszlassa szét a talajban, hogy az a környezetre veszélyt ne jelentsen.

Szigetelt villámhárító: olyan elhelyezésű felfogóval és levezetővel kialakított villámhárító, amelynél a villámáramút *nincs érintkezésben* a védett objektum vezetőképes részeivel, illetve az azokhoz tartozó vezetőképes hálózatokkal (beleértve a potenciálkiegyenlítő hálózatot) is legfeljebb csak *talajszinten* van összeköttetésben.

Szigeteletlen villámhárító: olyan villámhárító, amely úgy érintkezik a védendő objektummal, hogy a villámáram – részben vagy egészben – az objektum vezetőképes részein folyhat.

3.4.3 *A villámvédelmi zónakoncepció*

A védendő épületet vagy objektumot és annak környezetét különböző övezetekre osztják annak függvényében, hogy a villámáram elektromágneses hatásai milyen veszélyhelyzetet teremtenek ezen zónákba telepített eszközök számára. A zónakoncepció alkalmazásában tisztázódik, hogy egy-egy zónahatárra milyen túlfeszültségvédő eszköz szükséges a védettebb övezetbe telepített eszközök biztonsága és zavarállósága érdekében.

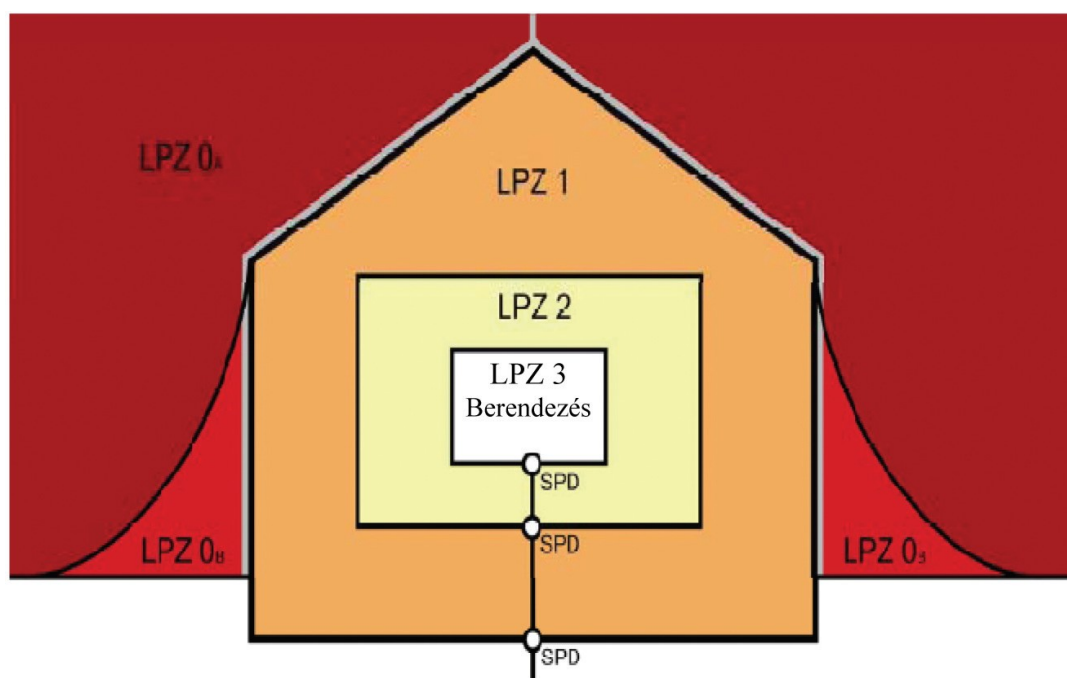
Az egyes villámvédelmi zóna számát az **LPZ** (Lightning Protection Zone) angol rövidítés után álló arab szám – és eseteként alsó index – adja meg.

Megkülönböztetünk *külső zónákat*, melyek LPZ 0-ként szerepelnek, ezen belül:

LPZ 0_A – a közvetlen villámcsapások és a villám elektromágneses tere által veszélyeztetett zóna;

LPZ 0_B – a közvetlen villámcsapások által nem, de a villám elektromágneses tere által veszélyeztetett zóna.

Az **LPZ 1** és e felett jelzett zónák a *belső zónák*, ahol a villámcsapás másodlagos hatásaként az áramvezetőkben kialakuló *lökőáramokat* áramfelosztásokkal, árnyékolással és túlfeszültséglevezető eszközökkel határolják.



3.11 ábra Villámvédelmi zónák egy épület esetében

A létesítmény villámvédelmét a kiviteli tervet a helyszínen a tervezővel együtt értelmezve kezdjük megépíteni. Több olyan körülmény is lehet, ami az épületben másként készült el, így szükség lehet a terv felülvizsgálatára, illetve a kivitelező mester is értékes magyarázatot kaphat arról, hogy egy-egy megoldás háttérében milyen értékelés, szabványelőírás áll.

3.5 Túlfeszültség védelem

Túlfeszültség a villamos hálózatokban, illetve berendezésekben fellépő, a legnagyobb megengedett üzemi feszültség csúcsertékét meghaladó feszültség, amely nagyságától, alakjától vagy hullámformájától, frekvenciájától és fennállásának időtartamától függően igénybe veszi a berendezés szigetelését. Az igénybevételek megítélésénél célszerű a hálózat *legnagyobb megengedett feszültségéhez* (U_m) tartozó *fázisfeszültségből* ($U_{m0}=U_m/\sqrt{3}$), illetve az ehhez tartozó

csúcserőből ($\sqrt{2} \cdot U_{mo}$ -ból kiindulni).

A szigetelésekkel szemben támasztott egyik fontos követelmény az, hogy az üzemi feszültségből származó igénybevételek hatására nem szabad számottevő szigetelésromlást (öregedést) mutatnia. A kültéren alkalmazott szigetelésekkel szemben emellett az is elvárás, hogy az üzemi feszültséget a külső környezet (légköri hatások, szennyeződés, UV sugárzás) hatása alatt is tartósan elviseljük. Az ezeken túli feszültség-igénybevételek már túlfeszültség formájában jelentkeznek.

A túlfeszültségeket *keletkezési módjuk és időtartamuk* szerint három csoportra oszthatók:

- ♣ Belső eredetű (kapcsolási) túlfeszültségek;
- ♣ Külső, ún. légköri eredetű túlfeszültségek (villámcsapások másodlagos hatása);
- ♣ Elektrosztatikus eredetű túlfeszültségek.

A **belső villámvédelmet**, mint a *villámhatás közvetett hatása* elleni túlfeszültségvédelmet is ebben a fejezetben tárgyaljuk. A következő fejezetekben ezek keletkezési okait és jellegét vizsgáljuk.

3.5.1 *Belső eredetű átmeneti túlfeszültségek*

A belső eredetű átmeneti túlfeszültségeket a villamos hálózatokban bekövetkező hibák vagy a különböző célú kapcsolási folyamatok okozzák, azaz akár normál üzemviteli körülmények között is felléphetnek.

A **kapcsolási túlfeszültségek** esetén akár nagyobb frekvenciájú (néhány kHz-es) *tranziens túlfeszültségek* is felléphetnek az üzemi áram hirtelen megszűnésekor, néhány ms-os rövid időtartamban. Ilyen gyors árammegszűnést követően a hálózat induktív tulajdonsága miatt a rendszerben kikapcsolási túlfeszültségek várhatók:

- ♣ távvezetékek bekapcsolása, valamint zárlatvédelmi működést követő visszakapcsolása;
- ♣ zárlatok keletkezésekor és megszűnésekor;
- ♣ terhelésledobáskor;
- ♣ kapacitív áramok megszakításakor;
- ♣ induktív áramok megszakításakor;
- ♣ olvadóbiztosítók kiolvadásakor.

3.5.2 *Belső eredetű tartós túlfeszültségek*

Az a belső eredetű, hálózati frekvenciájú túlfeszültség, amely a hálózat egy adott helyén viszonylag hosszú ideig fennáll *tartós túlfeszültségnek nevezzük*, keletkezésének főbb okozatait az alábbiakban vázoljuk fel.

Aszimmetrikus földzárlatok esetén – a hálózati csillagpont-eltolódás miatt – az ép fázisokon a fázisfeszültségek drasztikus módon és tartósan a fogyasztókat veszélyeztető feszültség szintre emelkedhetnek. A kialakuló túlfeszültség nagyságát az ún. **földzárlati tényezővel** jellemezhetjük, mely megadja a feszültségnövekedés arányát földzárlat esetén. Gyakorlati értéke: 1.2-1.7 lehet.

Mivel a földzárlatkor fellépő túlfeszültséget a szigeteléseknek akár hosszú ideig is el kell viselniük, a földzárlati túlfeszültség alapján – a többi tartós túlfeszültség hatásának figyelembevételével – kell kiválasztani a *légköri és kapcsolási túlfeszültségek* ellen védelmet nyújtó túlfeszültség-védelmi készülékeket is.

A tartós túlfeszültségek másik csoportját a **hirtelen terhelésváltozások** (hatásos és meddő teljesítmény egyaránt) okozzák. Ezek nagyságát a terhelésváltozás (szélsőséges esetben a terhelés ledobás) után kialakuló *hálózatkép* (a táphálózat zárlati teljesítménye, a generátorok feszültségszabályozása, a terhelés nélkül maradt vezeték hossza) határozza meg.

Rezonanciás vagy **ferro-rezonanciás** túlfeszültségek akkor alakulhatnak ki, ha a hálózat nagy kapacitású elemei (szabadvezetékek, kábelek) és induktív elemei (ferrorezonancia esetén a nem lineáris mágnesezési jelleggörbén kialakuló munkapontban) az üzemi feszültség frekvenciájával vagy annak valamely harmonikusával megegyező frekvenciáján *rezgőkört* alkotnak. Ezek a túlfeszültségek viszonylag ritkák, de igen kellemetlen következményűek.

3.5.3 *Külső, légköri eredetű túlfeszültségek*

A légköri eredetű túlfeszültségek – kialakulásukat tekintve – a hálózattól független körülmények között jönnek létre, amely körülmény lényeges különbséget jelent a korábban tárgyalt belső túlfeszültségekhez képest. A légköri eredetű túlfeszültségeket kiváltó *villámáramok* a hálózati feszültségtől függetlenül alakulnak ki. Közvetlen hatást elsősorban a szabadvezetésekre gyakorol. Így az állomások berendezéseit, a kapcsolókészülékeket is a szabadvezetésekről beérkező túlfeszültség hullámok veszélyeztetik. Tovább terjedő nagyságukat azonban a szabadvezetési szigetelések bizonyos mértékig behatárolják.

Légköri eredetű túlfeszültségek a következők szerint alakulhatnak ki:

- *közvetlen villámcsapás* a fázisvezetőbe;

- villámvédelmi árnyékolás céljából kialakított és leföldelt szerkezeteket érő villámcsapások levezetési árama hatására a *földelési ellenálláson fellépő feszültségemelkedés* a fázisvezető átütéséhez vezethet (ún. visszacsapás);
- a szabadvezeték közelében becsapó villám, illetve a levezetett villámáram hatására a vezetékben *indukált feszültség* alakul ki.

3.5.4. Elektrosztatikus feltöltődésből eredő túlfeszültségek

Az elektrosztatikus feltöltődés szigetelőanyagok egymással való érintkezése, egymáson való elmozdulása, majd szétválása során alakul ki. Oka a különböző anyagok eltérő belső töltéssűrűségéből adódó töltéskiegyenlítődé. Ez a töltés szigetelt vezető testekben felhalmozódva olyan kisülést hozhat létre, ami egyrészt tüzet és robbanást okozhat, másrészt a villamos berendezésekben átütést, sérülést és hibás működést eredményezhet.

Különösen fontos, hogy az elektrosztatikus kisülés (ESD – Electrostatic Discharge) nem csak üzemszerű körülmények között okozhat károkat, az érzékeny elektronikai áramkörök, panelek kiszerezelt állapotukban – védőburkolat és rögzített potenciál nélkül jóval sérülékenyebbek a legtöbbször feltöltődött testen, ruházaton keresztül elszennvedett kisülési behatásokra.

Az elektronikai és a kapcsolódó ipari szektoroknak évente dollár-százmilliókban mérhető károkat okoz a nyomtatott áramkörök elektrosztatikus kisülésre visszavezethető sérülések hatása.

Ezért különösen fontos a védekezés az ESD ellen, mely főként **antisztatikus ruházat, csuklópánt** és védőföldelés használata abban az esetben, ha egy berendezésen belül érzékeny áramköri panelekhoz fizikailag hozzáérve kell bekötéseket kialakítanunk. Az ilyen egységek burkolatán vagy csomagolásán az alábbi szimbólum hívja fel az üzemeltető személyzet figyelmét az ESD-érzékenységre. Ne csomagoljuk ki és ne érintsük meg ezeket az elemeket közvetlenül, védelem nélkül!



3.12 ábra ESD érzékeny eszköz jelölése

3.5.5. Túlfeszültség-védelmi készülékek és eszközök

A túlfeszültség-levezető készülékek működésüket tekintve fontos tudnivaló, hogy egy esetleges túlfeszültség bekövetkezésekor várható „megszólalásuk” ideiglenes rövidzárlatot okoz a védendő ág és – legtöbbször – a védővezető/föld között, ami azt jelenti, hogy az áramkörbe a hálózat megóvása és saját túlterhelődésének megakadályozása érdekében **mindig egy méretezett túláramvédelmi eszköz mögé kell kerülniük!**

Feladatuk, hogy a rendellenesen nagy feszültségek (túlfeszültségek) fellépésekor alkalmasan kialakított szerkezetükkel működésbe lépjenek, és a túlfeszültségeket a berendezés többi részének védelme érdekében korlátozzák, vagy a túlfeszültségeket okozó töltés hullámot levezessék akár a túláramvédelem megszólalása, akár saját cserélhető betétjük meghibásodása árán is.

A további fejezetekben a villamosiparban alkalmazott túlfeszültség-védelmi eszközöket mutatjuk be, sorrendben a legdurvább fokozati elemtől a legfinomabbig, tehát a lelassabbtól a leggyorsabban megszólaló védelemig haladva. A durva fokozatok jellemzően *levezető*, míg a finom fokozatok jellemzően *korlátozó* jellegűek.

Az egyes eszközök a gyakorlatban kombinált készülékekben is megjelennek, önálló védelmi fokozatként csak ritkán, és önállóan, csak egyetlen védelemként szinte soha.

A **szikraköz** a legegyszerűbb túlfeszültségvédelmi eszköz. A hálózat és a föld közé kapcsolva léghézagot úgy állítják be, hogy csak a hálózat névleges feszültségét jóval meghaladó túlfeszültség hatására üssön át. A szikraköz átütésével megszűnik a túlfeszültség (a föld felé levezetődik a túlfeszültséget okozó töltés), de DC feszültségű rendszerekben ezt követően a szikraközön *földzárlati áram* folyik tovább, amelyet a hálózat feszültségforrása táplál. Ívöltő szerkezet (és értelemszerűen, nullponti kioltás) hiányában ez az áram csak akkor szűnik meg magától, ha nagysága már csak néhány Amper értékű.

A **varisztor** olyan speciális félvezető, melynek ellenállása a határfeszültsége felett jelentősen lecsökken. Gyors működése miatt soros impedanciát kell elé beépíteni, ami megvédi az extrém magas bejövő hullámtól, amíg a durvább fokozatok működésbe nem lépnek. Egyedüli védelemként nem gyakran alkalmazzák, de az újabb fejlesztésű vas-oxid varisztorok (MOV) varisztorok már alkalmasak akár a szikraközök kiváltására is.

A **nemesgáz töltésű túlfeszültség-levezetők**, valójában olyan szikraközök, amelyek a *gázkisülés elvét* használják fel az ívöltásra. A *gyűjtőfeszültség* értékének túllépésekor (típustól függően 70V... 15 kV) a hermetikusan lezárt, nemesgáztöltésű (pl. argon, neon) kisülési térben néhány ns-on belül *ellenőrzött ív* alakul ki, amely a folyamatot beindító túlfeszültséget rövidre zárja. Az alacsony ívfeszültség kivételesen nagy levezető képességet biztosít (max. 60 kA). A kisülés után a túlfeszültség levezető kiolt, majd ellenállása az üzemzavar nélküli üzemállapotra jellemző nagy értéket vesz fel.

A **szuppresszordióda** a legfinomabb fokozatú túlfeszültség-korlátozó, viszont egyben a

leggyorsabb működésű is. Az érzékeny félvezetőelemek védelme során a túlfeszültségeket gyakran néhány V-ra kell lekorlátozni. Az ilyen finomvédelem céljára speciális (bipoláris) *Zenerkapcsolódiódákat*, más néven szuppresszor diódákat alkalmaznak, mivel ezekkel az elemekkel viszonylag pontosan be lehet állítani az alacsony határfeszültségeket. Egyedüli védelmi alkalmazása nem ajánlott, többlépcsős védelmi rendszer utolsó elemeként viszont gyakran alkalmazzák.

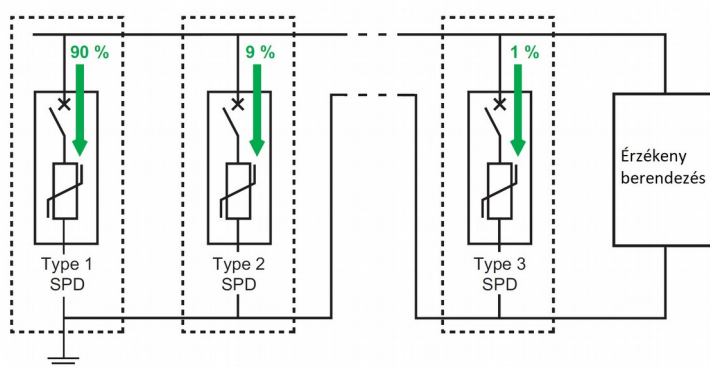
A kombinált túlfeszültség-vezető készülékek kaszkádba kapcsolt szikraközöket, feszültségfüggő nemlineáris félvezető ellenállásokat, esetleg ívfűvő tekercset tartalmaznak. Működésük során, amikor a feszültség értéke eléri a levezető *megszólalási szintjét*, a szikraközök átütnek és a levezetőn áram folyik. Ez az áram feszültségcsökkentést hoz létre a levezető ellenállásain, így a feszültség nem nullára, hanem egy előre meghatározott értékre csökken. A levezető működése után az üzemi feszültség igyekszik az ívet fenntartani, azonban a nemlineáris elemek nagy ellenállása az áramot néhány A-re csökkenti. Ezt a kis áramot a szikraközök az első nullaátmenetnél kikapcsolják.

3.5.6 Túlfeszültség-vezető eszközök fokozatai

A *koordinált túlfeszültség védelem* célja, hogy a nagyobb levezetési kapacitással rendelkező **1. típusú** túlfeszültség-vezető eszközök (SPD – Surge Protection Device) biztosítsák a *durva védelmet*, a bejövő magasabb energiájú impulzusok levezetését, a finomabb, gyorsabb megszólalású fokozatok helyett.

A **2. típusú** eszközök a közbülső vagy *közepes túlfeszültség védelmi fokozat*, feladata a visszamaradó túlfeszültségek elnyelése.

A **3. típusú** *finomvédelmet* érzékeny berendezések védelmére használják, melyeket a védett készülék közelében kell elhelyezni.



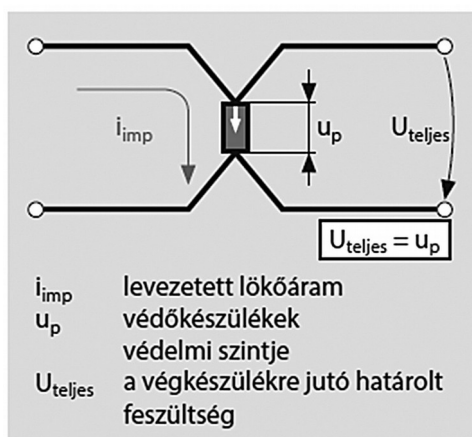
3.13 ábra Túlfeszültség-vezető készülékek fokozatai

3.5.7 A túlfeszültség-védelmi készülék beépítésének szabályai

A túlfeszültség-védelmi készülék beépítésekor a fázisoldali vezeték bekötése elviekben kétféle módon alakítható ki:

- ◆ „V”- kötés.
- ◆ Kétpontos "T"-kötés, (párhuzamos bekötés),

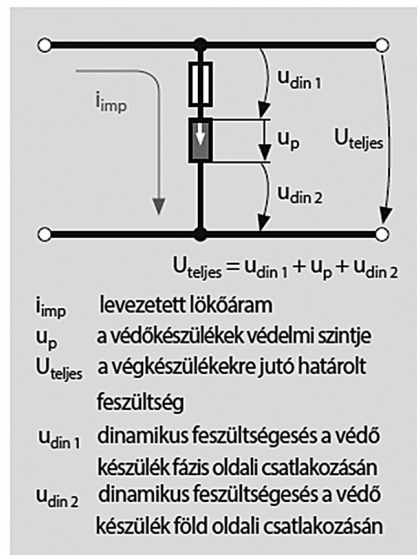
Az **MSZ HD 60364-5-534** szabvány szerint előírt „V” bekötés kialakítása a villámáram-levezetők bekötésekor a gyakorlatban azért fontos, hogy a bejövő impulzus a védett oldalra ne csatolódhasson át a két vezető között, lerontva ezzel a védelem hatásfokát.



3.14 ábra Tűlfeszültség-védelmi készülék „V”-kötéssel

Sajnálatosan a „V” bekötés kialakítása nem minden alkalmazásban lehetséges. Az áramkör üzemi árama a „V” bekötés esetében teljes egészében átfolyik a túlfeszültség-védelmi készülék dupla bekötőkapcsán, amelynek melegedése korlátozza a rajta átvezethető áramerősség nagyságát, ezért ilyen esetekben a maximálisan megengedhető előtét-biztosító értéke általában kisebb, mint a párhuzamos bekötés esetén megengedett érték. Ennek következtében nagyobb névleges áramú (<100 A) rendszerek esetében a „V” bekötés nem alkalmazható. Ilyen esetekben az önálló védelemmel rendelkező "T"-kötésű túlfeszültség-védelmi készüléket beépíteni.

"T"-kötés esetén azonban a fázisoldali és a földelésoldali bekötővezetéseken kialakuló *hosszanti feszültségesés* a villámáram levezetésekor hozzáadódik a védőkészülék védelmi szintjéhez és a *védett áramkör-rész szigetelését* az eredő lökőfeszültség veszi igénybe. A védett oldali készülék immunitásától függően ilyenkor szükség lehet további fokozat(ok) beépítésére.



3.15 ábra Túlvezültség-védelmi készülék "T"-kötéssel

4. VILLAMOS ENERGETIKA

Villamos energiát ma Magyarországon leginkább nagyteljesítményű erőművekben állítanak elő. Az erőművek helyét földrajzi, gazdasági és felhasználási szempontok figyelembevételével határozzák meg.

A villamos energiát az erőművek generátorai állítják elő, és ezt kiterjedt *elosztóhálózat* szállítja a fogyasztókhoz. Egészen a XIX. század végéig csak egyenáramot termeltek, mert ez közvetlenül felhasználható volt a fogyasztók számára. Az egyenáram hátránya, hogy nagy távolságú átvitele kisfeszültségen igen veszteséges. 1885-ben a budapesti Ganz-gyár mérnökei (Déri, Bláthy és Zipernowsky) szabadalmaztatták a transzformátort, amely a váltakozó feszültséget minimális veszteséggel kisebb vagy nagyobb feszültségre alakítja át. Ez tette lehetővé az energia nagy távolságra való gazdaságos szállítását. Minél nagyobb a feszültség, akkor egy adott teljesítmény átviteléhez annál kisebb áram szükséges. A vezeték vesztesége az árammal négyzetesen arányos ($P_v = I^2 \cdot R$), így ha az áram csökken, akkor csökken a veszteség és a vezeték-keresztmetszet is. Viszont a nagyfeszültség miatt az oszlopok mérete is megnő.

Az erőművek generátorai 6-18 kV nagyságú feszültséget állítanak elő. Ez a feszültség még nem megfelelő a nagyobb távolságokhoz szükséges energiaátvitelre, ezért a generátorok feszültségét még a helyszínen feltranszformálják a szállításhoz megfelelő értékre. Ez lehet 132, 220, 400 (vagy 750 kV). A feszültséget a *távolság* és az *átviteli teljesítmény* határozza meg.

Az egyenáramot ma már csak kevés helyen használják fel közvetlenül, például vasúti vontatáshoz vagy nagyüzemi elektrolízishez. A műszaki és gazdasági előnyei miatt az egyenáramú energiaátvitelt alkalmazzák a villamos energia igen nagy távolságú, nagy mennyiségű szállítására is. A legújabb fejlesztések eredményeként előre törő HVDC (nagyfeszültségű DC) átviteli hálózatokat a megújuló erőművek hálózatba kapcsolására jöttek létre. Ezekben nagy teljesítményű transzformátorok helyett inverterek konvertálják át a feszültség-áram viszonyokat az alacsony veszteségű átvitel érdekében.

4.1 Hálózati rendszerek

Alaphálózaton azon hálózatok összességét értjük, amelyek az erőművekben termelt villamos energia összegyűjtésére, az erőművek együttműködésére, valamint az összegyűjtött energiának a nagy fogyasztói súlypontokba történő szállítására szolgálnak. Ezek a hálózatok alkotják az országos villamosenergia-rendszer gerincét. Feszültség szintjei: 220, 400 kV

Nemzetközi kooperációs hálózaton azokat a hálózatokat értjük, amelyek a szomszédos országok alaphálózatait kötik össze és villamosenergia-export, illetve -import céljára szolgálnak. Feszültség szintjei: **400, 750 kV**

Főelosztóhálózaton azon hálózatokat értjük, amelyek feladata a villamos energia szállítása az alaphálózati csomópontokból az elosztóhálózat táppontjaiba. Feszültség szintje Magyarországon: **132kV**

Elosztóhálózatnak nevezzük azokat a *középfeszültségű hálózatokat*, amelyek a főelosztóhálózathoz táplált transzformátorállomásokat kötik össze a fogyasztói transzformátorállomásokkal vagy a középfeszültségű fogyasztókkal. Feszültség szintjei: **11, 22 kV**

Fogyasztói elosztóhálózatnak nevezzük azokat a kisműködésű hálózatokat, amelyek a fogyasztók közvetlen ellátására szolgálnak. Feszültség szintje: **0,4 kV**.

4.1.1 A villamos hálózati rendszerek működése

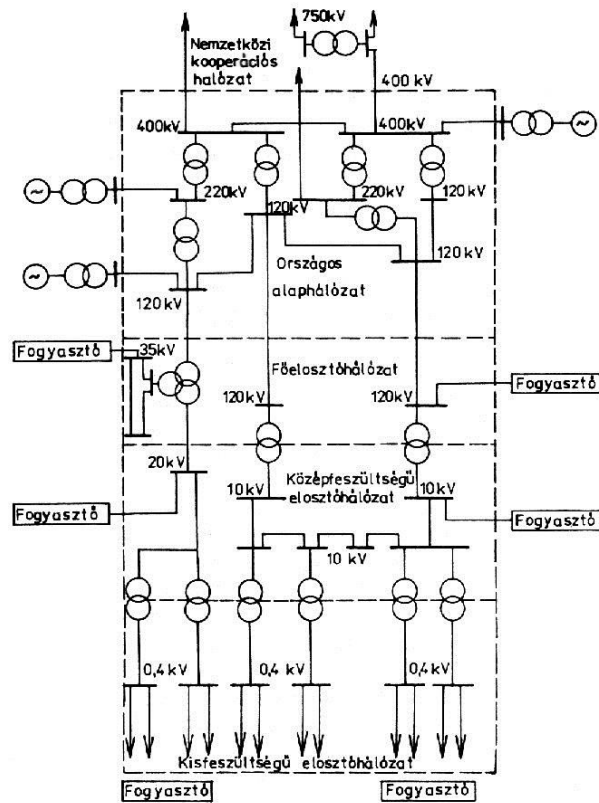
Az erőművek transzformátorai táplálják az alaphálózatot, ami ellátja a jelentősebb csomópontokban lévő transzformátorállomásokat. Ezek az állomások látják el a főelosztó - és elosztóhálózatokat. A főelosztóhálózat feszültsége 135 kV, az elosztóhálózatoké pedig 11 és 22 kV. A főelosztóhálózathoz kapcsolódnak a nagyobb ipari üzemek is. Az elosztóhálózathoz csatlakoznak a kisebb ipari fogyasztók és a fogyasztói transzformátorállomások, amelyek a kisműködésű elosztóhálózatot táplálják. A kisműködésű elosztóhálózat látja el a kisfogyasztókat és a kisebb üzemeket energiával, valamint erről a hálózatról üzemel a közvilágítás is. A kisműködésű elosztóhálózat 0,4 kV-os (3 x 400/230 V).

A villamos hálózatok frekvenciája általában 50 Hz, viszont néhány országban (USA, Japán) 60 Hz terjedt el.

A villamos hálózatokkal valósítják meg az erőművek együttműködését, a termelt energia országon belüli elosztását, valamint az egyes országok villamosenergia-rendszerei közötti kapcsolatot. A villamos energia előállítására, átvitelére és elosztására szolgáló berendezések összességét *villamos műveknek* nevezzük, ezek együttműködő rendszerét pedig *villamosenergia-rendszernek*.

A hálózatok szabványos feszültségeit az **MSZ 1** szabvány taglalja.

A hálózatokat különböző csoportokba sorolhatjuk aszerint, hogy milyen célból létesítették őket. A rendeltetés szerinti csoportosítás áttekinthető képe a *4.1 ábrán* látható.



4.1 A hálózatok rendeltetés szerinti csoportosítása

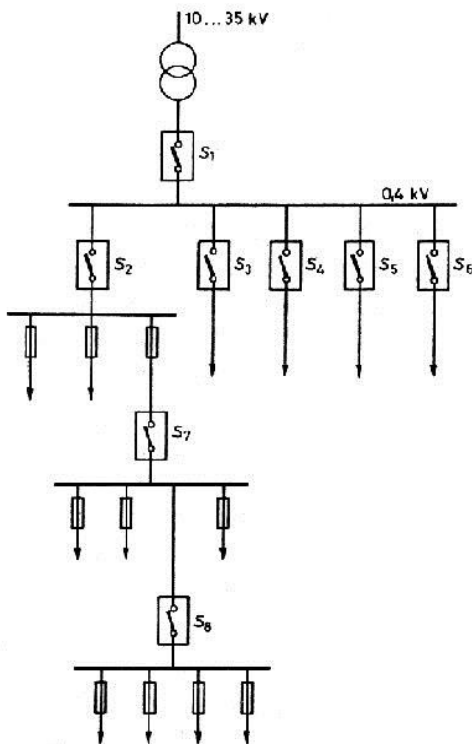
4.1.2 Hálózati topológiák

A hálózatok kialakítását, alakzatát megszabja a hálózat rendeltetése és a táplált fogyasztók energiaellátásának üzembiztonsága. Néhány tipikus alakzat:

Célvezeték (távvezeték): az olyan vezeték, amely az elosztóhálózat táppontjaiból indul, és egyetlen fogyasztót lát el úgy, hogy a vezetékhez más fogyasztói leágazások nem kapcsolódnak.

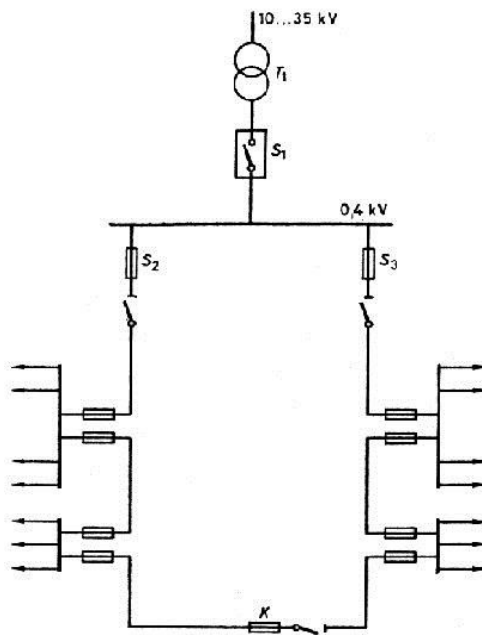
Párhuzamos vezeték: nagy fontosságú csomópontokat vagy üzemeket köt össze két vagy több vezetéken keresztül. Ilyen lehet például a kétrendszerű távvezeték, vagy két párhuzamosan lefektetett kábel. Ezek egymás tartalékként szolgálnak.

Sugaras hálózat: egy pontból táplált, többszörösen szétágazó nyitott vezetékrendszer, amelyben az energia a fogyasztókhoz csak egy úton juthat el (4.2. ábra). Előnye, hogy a hálózat jól áttekinthető, a hibahely könnyen meghatározható, védelme egyszerű. Hátránya, hogy üzemzavar esetén nagy terület maradhat energia nélkül, valamint a legutolsó fogyasztónál nagy a feszültségesés.



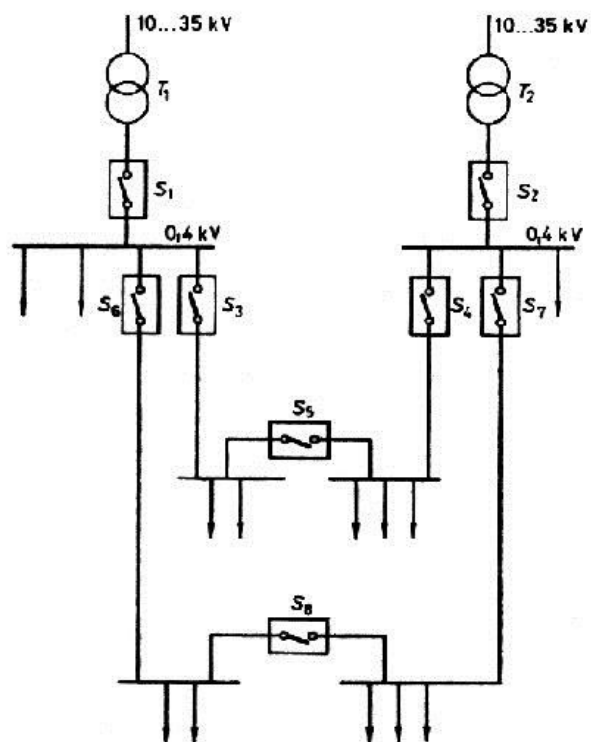
4.2 ábra Sugaras hálózatok topológia

Gyűrűs hálózat: egyetlen táppontból kiinduló és oda visszatérő gerincvezetékkel, valamint a hozzá kapcsolódó leágazásokból áll (4.3 ábra). Előnye, hogy a fogyasztók két irányból kapnak villamos energiát, így meghibásodás esetén a megfelelő szakasz kizárható, és a többi fogyasztó ellátható. Hátránya, hogy az egyetlen táppont kiesése esetén az összes fogyasztó energia nélkül marad, valamint a hálózat védelme bonyolultabb.



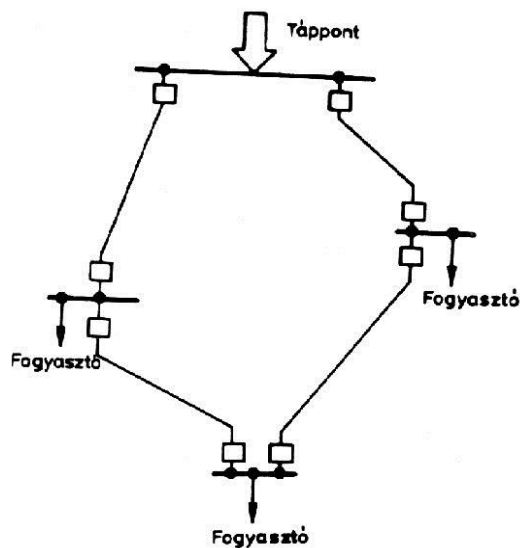
4.3 ábra Gyűrűs hálózati topológia

Több pontban táplált hálózat: lényegében olyan gyűrűs hálózat, amely két vagy több, egymástól független táppontba csatlakozik (4.4. ábra). A gerincvezeték megszakítókkal több részre osztható, így üzemzavar vagy karbantartás esetén az egyes szakaszok kizárhatók. Bármely táppont kiesése esetén is biztosítható a fogyasztók energiaellátása. Hátránya, hogy az ilyen hálózat már *bonyolult védelmet igényel*, ezért célszerű, hogy normál üzemi állapotban a gerincvezeték két sugaras hálózatra osszuk szét, s csak üzemzavar esetén kapcsoljuk össze, ezáltal ennek a hálózatnak egyszerűbb a védelme, mint a gyűrűs kialakításnak.



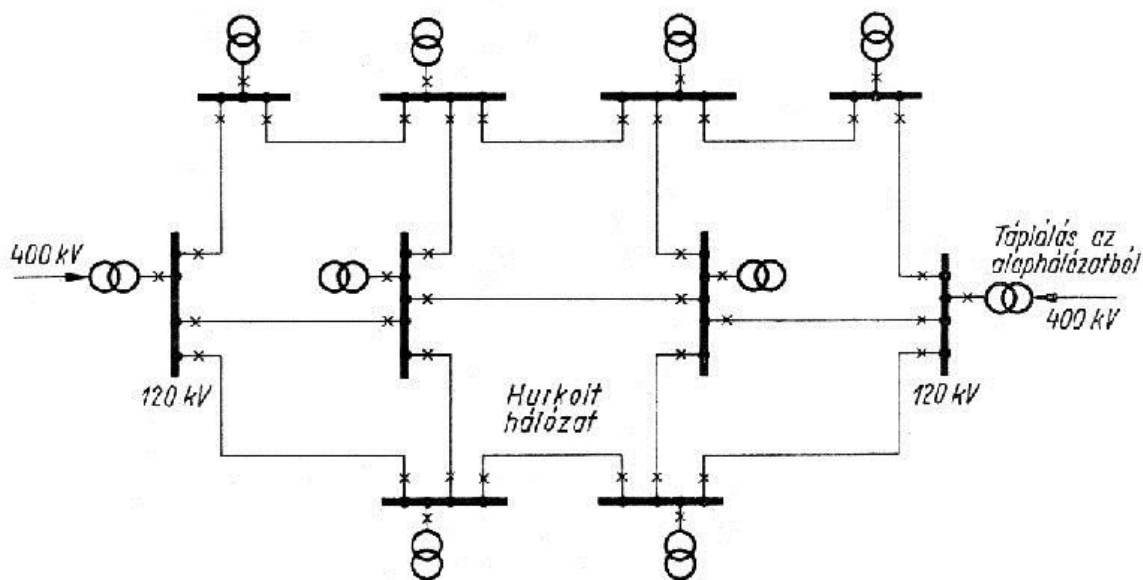
4.4 ábra Több pontban táplált hálózat topológiája

Körvezeték: olyan zárt vezetékhalózat, amely a táppontból kiindulva az összes fogyasztó érintése után visszatér a táppontba (4.5. ábra). A körvezeték kialakítható két táppontból indítva is. Az egyes fogyasztói gyűjtősíneket összekötő vezetékszakaszokról további leágazások nincsenek. A körvezetékre csatlakozó fogyasztó üzemszerűen mindig két irányból kap táplálást, ami az energiaellátás minőségét és biztonságát növeli. Hátránya a nagyobb beruházási költség, valamint az, hogy a táppontok kiesése az összes fogyasztót érinti.



4.5 ábra Körvezetékes hálózati topológia

Hurkolt hálózat: a vezetékek egymással összekapcsolt, bonyolult, zárt rendszert alkotnak (4.6.ábra). A vezetékek több csomópontot és fogyasztói táppontot kötnek össze, ezért ez a hálózat a legüzembiztosabb. Mivel a fogyasztókhoz egyidejűleg több úton juthat el az energia, ezért itt a legkisebb a feszültségesés. Hátránya, hogy bonyolult védelmet igényel és a létesítési költsége magas. Ilyen kialakítású általában a nagyfeszültségű alaphálózat, a városi közepfeszültségű kábelhálózat (11, 22 kV) és a 0.4 kV-os elosztóhálózat.



4.6 ábra Hurkolt hálózat topológiája

4.1.3 Nagyfeszültségű energiaátvitel egyenáramon

A nagy távolságú, nagyfeszültségű váltakozó áramú energiaátvitel hátránya, hogy a vezeték reaktív veszteségei, és a nagy térerősség általi kisugárzás miatt nagy a *levezetési veszteség*. Az induktív feszültségösszetevőnek az üzemi feszültséghez, valamint a kapacitív töltőáramnak a terhelőáramhoz viszonyított nagy értékei veszélyeztetik az átvitel stabilitását és gazdaságosságát. Egyenáram alkalmazása esetén ezek a veszteségek elmaradnak, és ráadásul a vezetékrendezés és a kapcsolóberendezések kialakításai is egyszerűbbek, mint háromfázisú átvitel esetén.

A gyakorlatban is már régóta alkalmaznak a nagyfeszültségű egyenáramot az energiatovábbításban, de pár lokális hálózatot leszámítva nem számított igazi alternatívának a váltakozóáramú átvittel szemben. Az áttörést azoknak a nagyfeszültségű kapcsolótranszisztoroknak (IGBT) a kifejlesztése, majd tömeges alkalmazása hozta el, amelyekkel több 100 kV-os egyenfeszültségű konverterek megépítése is lehetségessé vált. Ezek a nagyfeszültségű hálózatok (HVDC) nem csak a váltakozóáramú veszteségeket küszöbölik ki, hanem jelentősen leegyszerűsítik az egyébként igen ingadozó teljesítményű megújuló áramtermelők feltáplálását az alaphálózatra, hiszen a szokásos szinkronfeltételek közül csak az aktuális kapocsfeszültség értékét kell figyelembe venni. A kapcsolóüzemű technológia miatt szükségtelenné válnak a nagyfeszültségű transzformátorok, a le- és feltranszformálást magas hatásfokkal üzemelő DC/DC átalakítók végzik.

Az egyenáramú rendszerekben viszont a hagyományosan váltakozóáramú energiát termelő erőművek áramát DC-re kell alakítani ahhoz, hogy ilyen hálózatra táplálni tudjanak. Az elosztói hálózatba aztán ismét váltakozóáramot kell biztosítani, amit DC/AC átalakítók, *inverterek* állítanak elő.

4.2 Energiatermelés-és tárolás

A fogyasztók elektromos árammal való ellátása gyakorlatilag az egész világon az együttműködő villamosenergia-rendszerek által valósul meg. Ezek az általában nagy földrajzi kiterjedésű rendszerek adják meg a lehetőséget annak, hogy az energiaellátás biztonságos és magas színvonalú legyen. A rendszeren belül a villamos hálózatok biztosítják az átvitelt, a szállítást és az elosztást, eljuttatják a megtermelt energiát a fogyasztókig.

A villamosenergia-rendszerek alkotóelemei: **erőművek** (atom-, hő-, és vízerőművek, megújuló erőművek), **hálózati összeköttetések** (távvezetékek, kábelek és gyűjtősínek), valamint **állomások** (transzformátorok, megszakítók, szakaszolók, vezérlő és védelmi berendezések).

A villamos energia háztartási méretű tárolására a megújuló energiaforrások elterjedésével nyílt gyakorlati lehetőség *saját akkumulátorparkok* szigetüzeme, *e-járművek* töltése és a hálózatba történő *visszatáplálás* útján.

4.2.1 *A villamosenergia-rendszerek irányításának felépítése*

Az együttműködő energiarendszerek biztonságos, optimális körülmények között jó minőségű villamos energiát szolgáltató üzemének fenntartását hierarchikus felépítésű rendszerirányítással oldják meg. Egy szabályozási zóna (ez gyakorlatilag egy ország villamosenergia-energiarendszere) üzemirányítási hierarchiájának legfelső szintjén az átviteli hálózati rendszerirányító (TSO: Transmission System Operator) áll. Magyarországon ezt a tevékenységet a **MAVIR** (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító) Zrt. látja el. Az áramszolgáltatók (elosztóhálózati engedélyesek) tulajdonosai és üzemeltetői a 135 kV-os és alacsonyabb feszültségű elosztóhálózatoknak, az üzemirányítási feladataikat a Körzeti Diszpécser Szolgálatok (KDSz-ek) látják el. Az elosztóhálózati engedélyesek jogosultak Üzemirányító Központokat (ÜIK), illetve Kirendeltségeket működtetni.

4.2.2 *Villamos állomások*

A villamos állomás azoknak a berendezéseknek az összessége, amelyek a villamos energiát *transzformálják, egyenirányítják*, elosztják és a villamos hálózat vezetékeit *összekötik, kapcsolják és védik*. Rendeltetésük szerint háromféle állomást különböztetünk meg:

Erőművi állomás: az erőmű területén vagy annak közvetlen közelében lévő állomás, amelynek feladata az erőmű generátorai által termelt feszültség szállításra alkalmas értékre transzformálása.

Hálózati állomás: az energiaellátás súlypontjaiban elhelyezett állomások, amelyek az egyes elosztóhálózatokat kapcsolják össze transzformátorokon vagy kapcsolókészülékeken keresztül.

Fogyasztói állomás: feladata a fogyasztói elosztóhálózat energiaellátása a középfeszültségű elosztóhálózatból.

Az **alállomásokat** egy *kapcsolóállomás* és egy *transzformátorállomás* alkotja.

A **kapcsolóállomás** a villamos hálózat vezetékeinek kapcsolására, átterhelésére, védelmére, csomópontok kialakítására szolgál. Legfontosabb jellemzője, hogy nem táplál más feszültségű hálózatot, vagyis nem tartalmaz hálózati transzformátort.

A **transzformátorállomás** feladata a feszültség szint átalakítása, illetve más feszültségű hálózatok ellátása.

Az állomások építési módjuk szerint lehetnek *szabadtériek* vagy *belsőtériek*. A szabadtéri állomás minden berendezése a szabadban van elhelyezve. Általában ilyen kialakításúak a nagyfeszültségű állomások. Belsőtéri állomásnál a készülékeket az állomás épületében helyezik el, hogy az időjárás hatásai ellen védettséget kapjanak.

Az állomások fő részei:

- kapcsolótér,
- vezénylőterem, relétér,
- segédüzemi berendezések,
- transzformátorkamra.

A kisebb állomásokon nincs vezénylőterem és relétér, mert a kapcsolók, biztosítók és a mérőkészülékek egy elosztószekrényben vagy a tokozott cellák ajtóin vannak elhelyezve. Kisebb külvárosi vagy falusi körzetek ellátására általában *oszlop-transzformátorállomások*at használnak, tehát a transzformátor és az elosztószekrény is az oszlopra van felszerelve. Városi körzetek ellátására *kábelcsatlakozású transzformátorházakat* készítenek (4.9 ábra).



4.7 ábra *Előszertelt transzformátorállomás (Enertech)*

4.3 Közcélú hálózatra csatlakozás

Az áramszolgáltatók által üzemeltetett közcélú, kis- és közép feszültségű energiaelosztást szabadvezetékes és földkábeles hálózatokon keresztül biztosítják. Az épületek villamos fogyasztási helyeit kiefeszültségű közcélú hálózatra csatlakoztatjuk, melynek műszaki feltételeit az **MSZ 447:2019 Kiefeszültségű, közcélú elosztóhálózatra való csatlakozás**, valamint az **MSZ EN 60364** szabványsorozat több lapja írja elő. A kiefeszültségű és közcélú hálózatokat az áramszolgáltatók üzemeltetik a Villamos Energia törvény szerint (VET, 2007. évi LXXXVI. törvény).

Az áramszolgáltatói tulajdonú hálózatokon csatlakozás-szerelési tevékenységet csak az Áramszolgáltatóval keretszerződéses viszonyban álló Partner-Szerelő végezhet.

A villamos energiával ellátandó épületek lehetnek lakóépületek, középületek, kommunális épületek (irodaépületek, üzlet- és szolgáltatóházak, ipari és kereskedelmi épületek, stb). A közcélú elosztóhálózatra csatlakozásban, többnyire két érdekelt vesz részt:

- a Hálózati engedélyes és hálózat tulajdonos (áramszolgáltató),
- a fogyasztó (csatlakozási jog birtokosa).

4.3.1 A hálózatra csatlakozás fogalmai

Leágazási pont: a közcélú elosztóhálózat azon pontja, ahonnan a *csatlakozó vezeték* leágaztatásra kerül.

Csatlakozási pont: a közcélú hálózat és a felhasználói berendezés tulajdoni határa.

Összekötő berendezés: A méretlen felhasználói vezeték hálózat több felhasználó által használt ingatlan belső nem a Hálózati engedélyes tulajdonában lévő szakasza. társasházi törvény által alapított jogviszony esetén értelmezett). Ennek hiányában a méretlen fővezeték nem minősül összekötő berendezésnek.

Csatlakozó főelosztó: a méretlen felhasználói hálózathoz tartozó központi elosztóberendezés , a csatlakozóvezeték fogadására, az első túláramvédelmi készülék, túlfeszültség védelmi eszköz, tűzeseti főkapcsoló elhelyezésére, esetenként a méretlen felhasználói hálózat elosztására, illetve a betápláló , vagy leágazó fővezeték indítására

Csatlakozóvezeték: a felhasználási hely csatlakozási pontjának ellátására, a leágazási pontból indított, hálózati engedélyesi tulajdonban álló főáramköri vezeték.

A csatlakozó vezeték könnyen hozzáférhető és akadálytalanul megközelíthető legyen. Lehetőleg ne haladjon keresztül sem elzárt helyen, sem idegen ingatlanon. Egyetlen helyrajzi szám alatt lévő ingatlanra több betáplálás nem csatlakozhat.

A csatlakozóvezeték és a fővezetékek vezetőit *feszültségesésre, melegedésre és érintésvédelmi szempontból* kell méretezni. A csatlakozóvezeték és a fővezetékek együttes feszültségesése az eredő méretezési teljesítménnyel való terhelés mellett a közcélú elosztóhálózat névleges feszültségének legfeljebb 2 %-a legyen. Az áramszolgáltatóval történő ettől eltérő megállapodás hiányában ebből legfeljebb 1 % legyen a csatlakozóvezeték és legfeljebb 1 % legyen valamennyi fővezeték együttes feszültségesése.

A csatlakozóvezeték csak abban az esetben létesíthető szabadvezetékkel, ha a közcélú elosztóhálózat szabadvezeték és nincs tervbe véve annak kábeles hálózattá való átépítése.

A csatlakozóvezeték sínnel létesíthető, ha az épületet ellátó transzformátorállomás az épületen belül van.

A csatlakozóvezeték bármely esetben létesíthető kábellel.

A csatlakozóvezeték energiaátvitelre szolgáló vezetőknek keresztmetszete rézvezető esetén legalább 10 mm², alumíniumvezető esetén legalább 16 mm² legyen, de nem haladhatja meg annak a közcélú elosztóhálózatnak keresztmetszetét, amelyre közvetlenül csatlakozik.

A csatlakozóvezeték nullavezetőjének keresztmetszete:

- ◆ szigetelt nullavezető és kábel esetén a fázisvezető keresztmetszetével azonos,
- ◆ csupasz tartósodrony esetén a fázisvezetők keresztmetszeténél nem kisebb, de legalább 25 mm² keresztmetszetű legyen.

Méretlen fővezeték: a betápláló fővezeték, a felszálló fővezeték és a leágazó fővezeték összefoglaló elnevezése.

Mért fővezeték: a mért felhasználói hálózat részét képező vezeték, amely a fogyasztásmérő berendezést köti össze a felhasználói mért főelosztóval. A fogyasztásmérő berendezéstől induló és csak egyetlen felhasználói berendezést tápláló vezeték (pl.hőtárolós vízmelegítő) nem minősül mért fővezetéknek.

Fogyasztásmérő berendezés: a hálózati engedélyes tulajdonában lévő, a villamosenergia-fogyasztás mérésére és elszámolására szolgáló egy vagy több fogyasztásmérő készülék, a *kiegészítő készülékekkel* együtt.

Kiegészítő készüléknek kell tekinteni:

- ◆ a teljesítményösszegző készüléket;
- ◆ a többtarifás, illetve vezérelt, külön fogyasztásmérő készülék átkapcsolását végző vezérlő szerkezetet, valamint annak *időprogram-kapcsolóját*;
- ◆ a névleges csatlakozási teljesítményt meghatározó kismegszakítót vagy késes olvadóbiztosító-betétet;
- ◆ az elszámolási méréshez szükséges mérőváltókat;
- ◆ valamint a távleolvasás készülékeit.

Felhasználói vezetékhalózat: A méretlen felhasználói hálózat és a méretlen felhasználói hálózat összefoglaló elnevezése. Részei:

Méretlen felhasználói hálózat: a felhasználói vezetékhalózatnak a *hálózati engedélyes* joghatással járó mérőberendezésével nem mért része. (A fogyasztásmérő mindig a méretlen hálózatban van, csak a fogyasztásmérő után kezdődik a mért hálózat.)

Betápláló fővezeték: a csatlakozó főelosztót a méretlen főelosztóval összekötő vezeték.

Csatlakozó főelosztó: a méretlen felhasználói hálózat részét képező központi elosztó berendezés, amely a csatlakozóvezeték fogadására szolgál, valamint:

- az első túláramvédelmi készülék elhelyezésére;
- tűzeseti főkapcsoló szükség szerinti elhelyezésére;
- a méretlen fogyasztói hálózat szükség szerinti elosztására, illetve a betápláló, vagy leágazó fővezeték indítására szolgálhat.

Méretlen felszálló fővezeték: több felhasználó ellátását biztosító , a méretlen felhasználói hálózat részét képező vezeték , amely a méretlen főelosztótól indul és egy vagy több leágazó fővezetékig terjed.

Leágazó fővezeték: egyetlen felhasználási hely ellátását biztosító vezeték , amely általában a felszálló fővezetékéről (esetenként a csatlakozó főelosztóból, vagy méretlen főelosztóból) ágazik le és a fogyasztásmérő helyig terjed.

Vezérlő vezeték: a felszálló fővezeték, illetve a leágazó fővezeték(ek) tartozékát képező működtető vezeték, amely

- a meghatározott időszakokban hálózatra kapcsolható (pl. hőfejlesztő) készülékek be- és kikapcsolását végrehajtó – az egyes fogyasztásmérő berendezések mellett felszerelt –

mágneskapcsolóknak a központi időprogram-kapcsoló által történő vezérlésére, vagy
– a fogyasztásmérők árszabásváltásának vezérlésére szolgál.

Tűzeseti főkapcsoló a tűzeseti lekapcsolás megvalósítására alkalmazott kézi- vagy távműködtetésű kapcsoló, vagy egyéb eszköz, amely

- ◆ a beavatkozó tűzoltó számára kezelhető helyen van;
- ◆ olyan jelöléssel van ellátva, amely révén egyértelműen azonosítható, mely építményrész lekapcsolására szolgál és
- ◆ megfelel a Villamos TvMI ben leírt követelményeknek.

A hálózati engedélyes kezelésében és tulajdonában lévő és *zárópecséttel ellátott kismegszakító* tűzeseti főkapcsoló céljára megfelelő az egy felhasználási helyet tartalmazó (csoportos mérőhellyel nem rendelkező) épületek és családi házak esetében.

Fogyasztói mért főelosztó: a fogyasztásmérő berendezés után az egyes áramkörökbe iktatott túláramvédelmi készülékek, és egyéb (pl. túlfeszültség védelmi, áramütés elleni védelmi) eszközök elhelyezésére szolgáló elosztó.

4.3.2 *Csatlakozás szabadvezetékekkel*

A szabadvezetékes csatlakozóvezeték a területileg illetékes áramszolgáltató által rendszeresített típusú szabadvezeték lehet. Ha a csatlakozóvezeték szigetelt szabadvezeték, akkor ennek szigetelt vezetőit megszakítás nélkül kell a csatlakozási pontig (fogyasztásmérőhelyig, az első túláramvédelmi készülékig vagy a felhasználói kábelig) vezetni.

Amennyiben a szabadvezetékes csatlakozóvezeték épületre való ráfeszítése tetőtartót, falitartót igényel, ezt az épület megfelelő szerkezeti részén legalább két helyen rögzíteni kell. A rögzítések közötti távolság – a tartó hossz tengelye mentén mérve – legalább 600 mm legyen. Tetőtartó elhelyezhető az épület hátsó tetősíkját kivéve az épület bármely oldalán, illetve bármely tetősíkjában.

Az épületen létesülő felerősítő szerkezetek csak olyan tetőszerkezetben, épületfalon helyezhetők el, amelyek az erőhatásokat károsodás nélkül, tartósan elviselik.

A falihorog és a falitartó téglá-, beton- vagy kőfalba bevéshető, a tetőzet fagerendájába csavarozható.

A szigetelt csatlakozóvezeték felfüggesztési pontját úgy kell megválasztani, hogy bármely pontjának a földtől mért legkisebb távolsága ne legyen kisebb, mint a terület jellege szerint következőkben előírt távolság:

- ◆ Település belterületén belül, annak közterületi részén (utcán/téren) **5.5 m felett**

- ◆ ahol járművek is közlekedhetnek: **5 m felett**
- ◆ Település külterületi részén, ahol nincs járműforgalom: **4 m felett**
- ◆ Telken belül a telepített vagy művel növénykultúrához igazodva: **4 m felett** (feszítési pont nem kerülhet **3 m** alá).

A csatlakozó vezetéket a fogyasztó megrendelése alapján a fogyasztó által kiépített tetőtartóig, falitartóig, falihorogig vagy segédoszlopig az áramszolgáltató, vagy az általa megbízott szakkivitelező (regisztrált villanyszerelő) végezheti el.

A csatlakozó vezeték mechanikai védelme érdekében minimum 36 mm –es vastagfalú védőcsövet kell alkalmazni. A védőcsőben max 1 db 90° –os könyök építhető be. A védőcsövet kell kialakítani, hogy a tetőtartón lévő bevezető sapkától a fogyasztásmérőig egybefüggően legyen vezetve. 25mm² és ennél nagyobb keresztmetszetű vezeték esetén a törésnél zárópecséttel ellátható 150x150 mm méretű dobozt kell elhelyezni.

A mennyiben az épület távolabb van egy fázis esetén 40 m, három fázis esetén 30 m-nél, vagy az MSZ 151-8 szerinti *belógási távolság* nem tartható, akkor a csatlakozó vezetéket segédoszlop közbeiktatásával kell létesíteni. Nyeles telken lévő épület ellátására segédoszlopot kell közbeiktatni.

4.3.3 *Csatlakozás kábellel*

A csatlakozókábel és szerelvényei csak a területileg illetékes áramszolgáltató által rendszeresített típusúak lehetnek. A csatlakozókábel bevezetésére az épületen megfelelő nyílást kell hagyni, illetve a falazatot át kell törni. A faláttörésbe az **MSZ 13207-1** előírásainak megfelelő, de legalább 80 mm belső átmérőjű csövet kell beépíteni.

A csatlakozókábel az épületen belül lehetőleg közlekedőterekben legyen elhelyezve. Másutt csak akkor helyezhető el, ha a mindenkori hozzáférés biztosított. Az épületen belül a kábel megfelelő elhelyezéséről és cserélhetőségéről gondoskodni kell. A csatlakozókábel a hálózati leágazóponttól a fogyasztásmérő helyig vagy az első túláramvédelmi készülékig *megszakítás és toldás nélküli* legyen.

Az áramszolgáltatóval történő, ettől eltérő megállapodás hiányában a csatlakozási pontot a következők szerint kell megválasztani:

- ha a több fogyasztási helyet tartalmazó épületnek közterületre nyíló kapuja van, akkor ennek (több kapu esetén a főkapunak) kapualjában, könnyen hozzáférhető és kezelhető elhelyezéssel;
- ha az épületnek, építménynek közterülettel érintkező vagy a közterülettől el nem választott fala van, akkor ennek külső oldalán, a közterület felől könnyen hozzáférhető és kezelhető elhelyezéssel;
- ha az ingatlant a közterülettől kerítés választja el, úgy ennek vonalában, a kerítés közterület felőli oldaláról könnyen megközelíthető és kezelhető elhelyezéssel.

Egy fogyasztó részére történő kábeles csatlakozás esetén a csatlakozási pont lehet a telekhatáron, vagy ha az épület nincs messzebb a telekhatártól 10 m-nél, akkor az épület falán.

Amennyiben a csatlakozási pont a kerítésben van kialakítva, a mért fővezeték a fogyasztó saját hatáskörben létesíti és üzemelteti.

Alkalmazott vezetékek típusai:

3 x 95 + 35/95 mm²

3 x 95 /95 mm²

3 x 50 + 35/50 mm²

3 x /50 mm²

4 x 95/50 mm²

4 x 50/35 mm²

A kötegekben lévő áramvezetők legnagyobb terhelőáramai:

35 mm² ◇ 120 A

50 mm² ◇ 130 A

95 mm² ◇ 200 A

4.3.4 Méretlen fogyasztói vezetékhalózat kialakítása

Méretlen fővezeték épületen belül és az épület határoló falán műanyag védőcsőben vagy szerelőaknában mindig a fal külső részében kell vezetni úgy, hogy a vezeték nyomvonala – a vízszintes és függőleges nyomvonalvezetés követelményének figyelembevételével – a lehető legrövidebb legyen. Tetőtérben a méretlen fővezeték védőcsöve csak függőlegesen vezethető.

Megengedett kábel vagy köpenyes vezeték falon kívüli szerelése védőcső nélkül, ha nincs kitéve mechanikai sérülésnek. A méretlen fővezeték épületek között kábel vagy szigetelt szabadvezeték legyen. Megengedett földbe fektetett köpenyes vezeték alkalmazása is, ha nincs rajta kötés. A betápláló és a felszálló fővezeték védőcsövének megengedett legkisebb átmérője 36 mm. A védőcső méreteit úgy kell megválasztani, hogy a vezetékek cseréje építészeti munka nélkül biztosítható legyen. A védőcsövet lakóházban, irodaházakban és más, ezekhez hasonló jellegű, több fogyasztási helyet tartalmazó épületben a bérelt helyiségeken kívül kell vezetni. A méretlen fővezeték keresztmetszete – anyagától függetlenül - annak több fogyasztási helyet ellátó részein **legalább 10 mm²**, az egyetlen fogyasztási helyet tápláló részein **legalább 6.0 mm²** legyen!

4.3.5 Csatlakozó főelosztó kialakítása

A csatlakozó főelosztót jól megközelíthető és hozzáférhető helyen kell elhelyezni, előtte legalább 1 m mélységű szabad területet kell a kezelés céljára kialakítani!

Amennyiben a csatlakozó főelosztó külön helyiségben kerül elhelyezésre, a helyiségen belül víz-, gőz-, központifűtés- és csatornacsövek leeresztő csapjait és bontható kötéseit nem szabad elhelyezni. Épületgépészeti csövek ne kerüljenek a helyiségen belül a csatlakozó főelosztó berendezés fölé!

A csatlakozó főelosztó helyét a főbejáratnál tartós felirattal kell megjelölni.

A csatlakozó főelosztóban a fázis- és a nullavezetők, valamint TN-rendszer esetén a védővezetők csatlakozására szolgáló szerelvények kialakítása olyan legyen, hogy minden vezető egyenként – a többi egyedi védővezető lecsatlakoztatása nélkül – beköthető legyen.

Nullázásos (TN) érintésvédelem esetén megengedett a házi fémhálózat fémes csatlakoztatása (EPH) kábelsarúval vagy sínrel a nullabontó fogyasztói vezetékéhez kötéssel sarkára.

Ha van csatlakozó főelosztó, akkor a készülékeket és szerelvényeket a következők szerint kell elhelyezni:

A NEM ZÁRÓPECSÉTELHETŐ részében kell elhelyezni:

- az első túláramvédelmi készüléket (ha az nem a transzformátorállomásban van);
- a villámáram-levezető leágazópontját;
- a felszálló fővezetékek biztosítóit, illetve kapcsolóit;
- a fővezetékek bekötésére szolgáló, rögzített felszerelésű kötőelemeket (sorozatkapcsokat);
- az védőösszekötő (EPH) vezetéknek a nullavezetővel való összekötésére szolgáló (TN-rendszer esetén bekötött, nem nullázott berendezésben csak bekötésre előkészített) szerelvényt;
- a védővezetők csatlakozókapcsát.

A ZÁRÓPECSÉTELHETŐ részeiben kell elhelyezni:

- a különböző fogyasztásmérő berendezéseket és ezek tartozékait;
- a központi vezérlés (áramszolgáltatói tulajdonban lévő) időprogram-kapcsolóját.

A tűzvédelmi főkapcsolók – azokon a helyeken, ahol ezek alkalmazását jogszabály előírja – elhelyezhetők a kapualjban vagy a csatlakozó főelosztóban. Villamos kapcsolás szempontjából beiktathatók a méretlen fővezeték bármely szakaszába.

4.3.6 *Fogyasztási mérőhely kialakítása*

A fogyasztásmérők elhelyezéséhez szükséges helyet vagy az áramszolgáltatói tájékoztatás alapján, vagy az áramszolgáltatóval történő előzetes megegyezés szerint kell kijelölni. Új mérőhely létesítése, áthelyezése, felújítása, vagy átalakítása esetén az új fogyasztásmérő helyet a mindenkori érvényben lévő hatályos jogszabályoknak, szabványoknak és engedélyezési előírásoknak megfelelően kell kialakítani.

A fogyasztásmérés kialakítását tervben kell bemutatni. Az *egyedi terv* kiváltható **tipizált megoldással**, úgy, hogy a csatlakozó vezeték végpontja az adott áramszolgáltatónál rendszerengedéllyel rendelkező *tipizált mérőszekrény elrendezésén* belül van, a fogyasztásmérő hely kivitelezését *regisztrált villanyszerelő*, kivitelezői nyilatkozattal tanúsítottan végzi el, és kifeszültségű földkábeles csatlakozású fogyasztásmérő hely esetén azt közterületi telekhatáron, vagy attól mért **egy méteres távolságon belül** helyezi el.

Új **fogyasztásmérőhelyek** fogyasztásmérőinek és ezek tartozékainak elhelyezésére a következők szerint kell helyet biztosítani:

egyetlen fogyasztási helyet tartalmazó épület esetén ennek külső falán, a közterületről látható helyen vagy a közterulettől elválasztó telekhatáron;

több fogyasztási helyet tartalmazó épület (épületszekció) esetén vagy épületenként (épületszekciónként) vagy szintenként (ezen belül szekciónként) összegyűjtve az épület mindenki által hozzáférhető közlekedő tereiben. A pince fogyasztási helyeinek mérőit a földszinten vagy az alagsorban, a padlás fogyasztási helyeit a legfelső emeleten, kétszintes lakásokét azok bejárati szintjén kell elhelyezni.

Csoportos elhelyezés esetén az egyes fogyasztásmérő berendezéseken tartósan és egyértelműen meg kell jelölni, hogy azok mely fogyasztási hely fogyasztását mérik.

A fogyasztásmérő helyét függőleges falon vagy szerkezeten kell kialakítani oly módon, hogy az bármikor hozzáférhető, adattáblája és pillanatnyi állása bármikor leolvasható legyen.

A fogyasztásmérő berendezést úgy kell elhelyezni, hogy azt ne érhessék káros mechanikai és légköri behatások (rázkódás, nedvesség, por, egyéb szennyezés, a helyiség rendeltetésszerű használatából kifolyólag várható sérülés). Kültéri tokozat alkalmazása esetén, az legyen ellenálló a környezeti behatásoknak. Kialakításánál gondoskodni kell zárópecsételhetőségről.

A **fogyasztásmérőhely** kiválasztásának elsődleges szempontjai:

- Méretlen vezeték a legrövidebb úton legyen vezetve;
- A méretlen fővezeték feleljen meg a max. 1% feszültségesés követelményének;

- Feleljen meg a fogyasztásmérés igényeinek;
- Könnyen hozzáférhető és leolvasható fogyasztásmérő;
- Bérleményen, lakóterén kívüli elhelyezés, az épület első vagy oldalsó külső falsíkján;
- Családi ház esetén javasolt a telekhatáron történő elhelyezés;
- Legyen védett az időjárás és mechanikai sérülés ellen.

A fogyasztásmérő mellett vagy alatt, **60 cm-nél közelebb fémhálózat** (víz-, gáz- fűtőcsövek stb.), illetve gázfogyasztásmérő **ne legyen!** Ha ez elkerülhetetlen, akkor a fémcsövet járulékos szigeteléssel kell ellátni, pl. a fémcsőre hosszában hasított műanyag védőcsövet kell erősíteni, vagy a fémcsövet villamos szigetelőanyaggal átlapoltan körül kell tekerceselni, vagy a fogyasztásmérő és a fémcső, illetve a fogyasztásmérő és a gázmérő közé szigetelőlapot kell helyezni. A járulékos szigetelés 30-30 cm hosszban nyúljon túl a fogyasztásmérőkön, az alátétábla szélétől mérve.

A fogyasztásmérő berendezés és tartozékai leolvasást vagy kezelést igénylő részeinek **alsó széle legalább 0.6 m-re, felső széle legfeljebb 1.8 m-re** legyen a padlószinttől.

A mérőhelyeket műanyag tokozott szekrényben kell kialakítani, ami megfelelő mechanikai törőszilárdsággal (IK védettség), hőállósággal és UV-védelemmel rendelkezik.

A szekrény (csapóesőtől védett helyen) elégítse ki az MSZ EN 60529 szabvány szerinti IP 44 vagy IP 54 védettséget, e védettség megjelenítésén kívül rendelkezzen CE jelzéssel, illetve az áramszolgáltató által még elvárt gyártói nyilatkozatokkal és tanúsításokkal is. A kivitelezés csak a tokozat gyártója által biztosított tartozékok szerelvényekkel és szerelési technológiával történhet!

A fogyasztásmérő szekrény megfelelő védelmet nyújtson a szabálytalan vételezések megakadályozására, ezért a szekrény fedelének **átlósan zárópecsételhetőnek** kell lennie.

A fogyasztó csak a kismegszakító karját tudja érinteni, kezelni. A mérőberendezés további részeinek érintése csak a szekrény zárópecsét(ek) feltörése után legyen lehetséges.

A fogyasztásmérő szekrény külső elhelyezési megoldása esztétikus megjelenésű legyen.

A fogyasztásmérővel együtt, a szekrény légterében csak áramszolgáltatói tulajdonú berendezések lehetnek.

Ha a hibavédelmet nullázás (TN-rendszer) alkotja, akkor a védővezetőnek a PEN-vezetőről való leágaztatását vagy az első túláramvédelmi készülék mellett elhelyezett *nullabontó* előtt, vagy a fogyasztói főelosztón kell megvalósítani. A védővezetőt a fázisvezetőkkel együtt (pl. közös védőcsőben, közös többberű vezetékben) kell vezetni.

4.3.7 *A fogyasztói főelosztótábla*

Ha a fogyasztói főelosztótábla a lakáson, illetve bérleményen belül van, akkor azt a bejárat közelében kell elhelyezni. Ha a fogyasztásmérő berendezés több, különböző árszabású fogyasztásmérőt tartalmaz (mert a fogyasztókészülékek elszámolási árszabása nem azonos), akkor ezen fogyasztókészülékek hálózatát egymástól elkülönítetten kell létesíteni.

Ha a fogyasztásmérő vagy az időprogram-kapcsoló csak egyetlen fogyasztókészüléket táplál, akkor a fogyasztói főelosztótábla helyett megengedett leválasztókapcsoló elhelyezésére szolgáló tábla felszerelése.

A fogyasztói főelosztótábla utáni vezetékhalózat vezetőkeit nem szabad más fogyasztási hely (más lakás) helyiségein keresztül vezetni. Ha ez elkerülhetetlen, akkor az idegen fogyasztási hely helyiségeiben vezetett szakaszt csak falba süllyesztett védőcsőben szabad vezetni, és e védőcsőszakaszon *nem szabad az idegen fogyasztási helyről nyitható dobozt kialakítani !*

A fogyasztói főelosztótábla lehet falon kívüli vagy falba süllyesztett kivitelű. Az elosztótáblában a modul rendszerű kismegszakítók, védőkapcsolók, csengőtranszformátorok, ... stb. számára megtalálható egy TS 35x7.5 (erősebb kivitelű dobozoknál TS 35x15) szabvány méretű kalapsín (DIN sín), amire ezeket a készülékeket pattinthatjuk, valamint külön PE és N sín *(ld. a 6.1.2 fejezetet)*. Amennyiben TN-C rendszerű a bejövő fővezeték, a PEN vezetővel először a PE-sínre állunk be, s onnan kötünk tovább a nullavezetőhöz.

Az elosztótábla anyaga ütésálló polisztirol vagy acéllemez. Védettsége beltéren IP 44, kültéren IP 55. Jellemző méretek 4M, 8M, 12M, 2x 8M, 2 x 12M, 3 x 12M, 4 x 12M. A méretet úgy célszerű megválasztani, hogy a későbbi bővítés érdekében 10 – 30 % tartalék hely maradjon. Beszerelésnél a leggyakoribb moduláris eszközök az alábbiak:

- kismegszakító
- áram-védőkapcsoló
- leválasztó kapcsoló
- mágneskapcsoló
- erősáramú relé
- impulzusrelé
- dimmer
- csengőtranszformátor
- csengő
- lépcsőházi automata

- időzítő relé
- túlfeszültség levezető

A lakás elosztókban általánosan alkalmazott kismegszakító értékeket és típusokat a **5.1.1 fejezetben** részletezzük.

4.4 Meddőteljesítmény kompenzáció

Az ipari jellegű és mértékű villamosenergia felhasználás jelentős induktív jellegű teljesítményfelvétellel terheli a hálózatot. Ennek mértéke a technológiától és egyéb, inkább kapacitív jellegű terhelések (kábelkapacitások, kapcsolóüzemű tápegységek) jelenlététől nagyban függhet, de az aszinkron motorok, transzformátorok, fénycsővek és ívhegesztőgépek egyértelműen induktív irányba tolják el a feszültség és áram közti fázisszöveget, melyet szinuszos hálózatokban a **cos φ teljesítmény-tényező** értékével tudunk jellemezni.

Bár tiszta szinuszos teljesítményfelvétel a mostani hálózatokban nem igazán létezik, ami a félvezetős fogyasztók (inverterek, kapcsolóüzemű tápegységek, egyéb motormeghajtó teljesítményelektronikák, stb.) elterjedésével magyarázható, a gyakorlatban ezt csak az *erős felharmonikus szennyezetséggű* hálózatokban kell a *teljesítménytényező* meghatározásánál figyelembe venni.

A továbbiakban mi is **tiszta szinuszos hálózattal számolunk**, tehát a teljesítménytényező alatt a $\cos \varphi$ értékét értjük. Példáinkban csak a kiefeszültségen történő fázisjavítással foglalkozunk, amit a gyakorlatban 800 kVAr meddőenergia értékig érdemes telepíteni, e fölött a fázisjavító kondenzátortelepeket gazdaságosabb közép feszültségen kiépíteni.

4.4.1 A teljesítménytényező-javítás elve és jelentősége

A teljesítménytényező-javítás, vagy ahogy a szakzsargonban elterjedt „fázisjavítás” célja az, hogy az induktív irányba eltolódott hálózatunk, hálózatrészünk meddőteljesítmény szintjét párhuzamosan csatlakoztatott kapacitív kompenzálótagok segítségével minél közelebb hozzuk a tiszta ohmos fogyasztók jellemzően $\cos \varphi = 1.00$ értékéhez. A cél az, hogy a fogyasztóknak szükséges induktív teljesítményt ne a külső hálózatról vegyük fel, hanem azt magunk állítsuk elő. Ezzel a hálózatunk elemeinek (vezeték hálózat, transzformátor, megszakítók) áramterhelését tudjuk csökkenteni. A meddőenergia kompenzálás az áramszolgáltatók elemi érdeke is, ezért az ipari fogyasztókat pótdíjas tarifa rendszerrel „ösztönzik” induktív teljesítmény igényük megfelelő szinten tartására. Egyszerű számításokkal azonban belátható, hogy a látszólagos fogyasztási értékek (kVArh) is nagyban javíthatók ugyanezen fázisjavító módszerekkel, továbbá a technikai megvalósításba fektetett összegek – a saját hálózatunk eróziós költségeit nem is számítva – belátható időn belül megtérülhetnek.

A kezeletlen meddőenergia ugyanis feleslegesen terheli a vezeték hálózatot, okozhat nemkívánt

leoldást és a túlméretezésből fakadóan járulékos veszteségeket is termel. Fontos azonban látni, hogy induktív fogyasztóinknak *szüksége van a meddőenergiára* saját mágneses terük felépítéséhez-lebontásához, tehát a meddőáramok jelenléte a váltakozóáramú hálózat velejárója, nem pedig egy abnormális üzemállapot, amit a szóban forgó módszer megszüntet. A teljesítménytényező-javítás módszereivel viszont megakadályozhatjuk, hogy ezek a túlzottan induktív jellegű áramok feleslegesen terheljék a hálózat más részeit, anyagi és átviteli veszteségeket is okozva. A fázisjavítás optimalizált alkalmazása tehát kulcsfontosságú a gazdaságos üzemeltetés szempontjából, így egy üzemegység energetikusának fő célkitűzései között kell, szerepeljen a meddőenergia gazdálkodásnak is. Villamos szakemberként most vizsgáljuk meg ennek elméleti hátterét és megvalósítási lehetőségeit.

4.4.2 Váltakozóáramú teljesítmények és a fázisszög kapcsolata

Ismételjük át, hogy váltakozóáramú körökben miként alakulnak a hálózathoz felvett teljesítmények egy aszinkron motor paramétereiből kiindulva.

Az aszinkron motor **tengelyen leadott** névleges (mechanikai) **teljesítménye**: $P_n = [\text{kW}]$

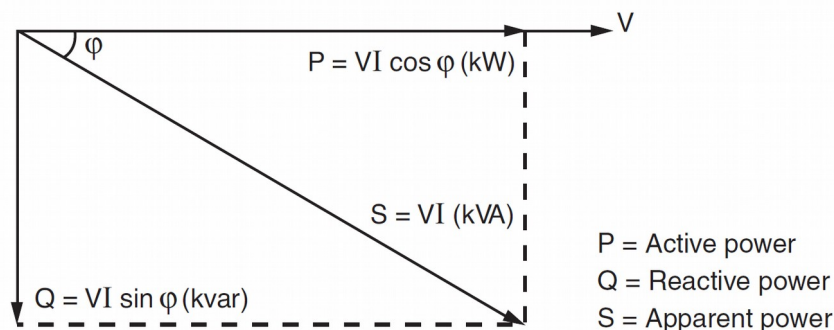
Az aszinkron motor **hatásfoka**: η

A felvett **hatásos** villamos **teljesítmény**: $P = P_n / \eta = [\text{kW}]$

A hálózathoz felvett (teljes) **látszólagos teljesítmény**: $S = P_n / \cos \varphi = [\text{kVA}]$

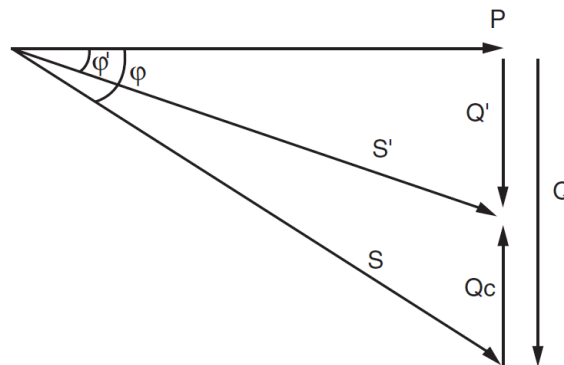
A hálózathoz felvett **meddő teljesítmény**: $Q = \sqrt{(S^2 - P^2)} = P \cdot \tan \varphi = [\text{kVAr}]$

A meddő teljesítményre felírt Püthagorasz-tételes és szögfüggvényes összefüggés (a későbbi számítások miatt érdemes a $\tan \varphi$ -re történő átváltást elvégezni) a váltakozóáramú hálózat teljesítményeinek vektoriális összegzéséből fakad (4.10 ábra):



4.8 ábra Váltakozó áramú teljesítmények vektoriális ábrázolása

A „fázisjavítás” célja az, hogy az S látszólagos teljesítményünket minél közelebb tudjuk a P hatásos teljesítményéhez közelíteni, ami a φ minimalizálását, ezzel együtt a $\cos \varphi = 1$ érték alulról történő megközelítését jelenti (4.11 ábra). A meddő teljesítmény csökkentésére beiktatott fázisjavító kapacitások Q_c értékkel csökkentik induktív összetevő mértékét adó Q értékét. Az így kialakuló hálózatban a meddő teljesítmény Q' értékre csökken, vele együtt pedig a hálózathoz felvett teljesítmény S' értékre.



4.9 ábra A fázisjavítás elvi megvalósulása vektordiagramon

A kedvező hatás a kezdeti φ fázisszög φ' -re történő csökkenésével valósul meg. A kezdeti és a kívánt teljesítménytényező ismeretében kiszámítható a hálózatba szükséges „mínuszos” (kapacitív) meddő teljesítmény Q_c [kVAr]-vel kifejezhető értéke az alábbi képlet szerint:

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi')$$

Tekintsünk erre számítási példát! Adott egy 100 kW-os aszinkron motor 0.75-ös teljesítménytényezővel és 90%-os hatásfokkal. Az elvárt teljesítménytényező érték a fázisjavítást követően 0.93.

Mekkora kapacitív teljesítmény beiktatása szükséges a kívánt meddőenergia kompenzációhoz? Adjuk meg, mennyivel csökkent a hálózathoz felvett látszólagos teljesítmény a fázisjavítást követően!

Kiindulási adatok:

$P_n = 100 \text{ kW}$

$\eta = 90 \%$

$\cos \varphi = 0.75$

$\cos \varphi' = 0.93$

$Q_c = ?$

$\Delta S = ?$

1. Számítsuk ki a motor hálózatról felvett teljesítményét!

$$P = P_n / \eta = 100 \text{ kW} / 0.9 = 111.11 \text{ kW}$$

2. Számítsuk át a cosinusos teljesítménytényezőket tangens alakba!

Először visszaszámítjuk a szögértékeket fokba vagy radiánba, utána vesszük ezek tangensét.

$$\cos \varphi = 0.75 \quad \diamond \quad \tan \varphi = 0.882$$

$$\cos \varphi' = 0.93 \quad \diamond \quad \tan \varphi' = 0.395$$

3. Számítsuk ki a Q_c értékét!

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi') = 111.11 \text{ kW} \cdot (0.882 - 0.395) = 100 \text{ kW} \cdot 0.486 = \mathbf{54.11 \text{ kVAr}}$$

4. A kapott érték alapján válasszuk ki a kereskedelemben elérhető fázisjavító kondenzátorokból a legközelebbi értéket. A túlkompenzálást kerülendő egy kisebb értéket válasszunk a gyártmányok sorából:

5. 5, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, **50**, 57.1 kVAr

6. A választott kondenzátortelep alkalmazásával megkapjuk Q_c valós értékét, amelyből kiszámíthatjuk a tényleges $\cos \varphi'$ értéket a 3. lépésben alkalmazott képlet segítségével:

$$7. \quad Q_c' = P \cdot (\tan \varphi - \tan \varphi') \quad \diamond \quad \tan \varphi' = \tan \varphi - Q_c' / P = 0.882 - 50 \text{ kVAr} / 111.11 \text{ kVAr} =$$

$$8. \quad = 0.432 \quad \diamond \quad \varphi' = 23.36 \quad \diamond \quad \mathbf{\cos \varphi' = 0.918}$$

- 9.

10. Számítsuk ki S értékét a hatásos teljesítmény és kezdeti fázisszög adatokból, hogy megkapjuk a hálózatról eredetileg felvett látszólagos teljesítményt!

$$S = P / \cos \varphi = 111.11 \text{ kW} / 0.75 = 148.15 \text{ kVA}$$

11. Számítsuk ki az S' értékét a hatásos teljesítmény és a kompenzált fázisszög adatokból, hogy megkapjuk a hálózatról a fázisjavítást követően felvett látszólagos teljesítményt!

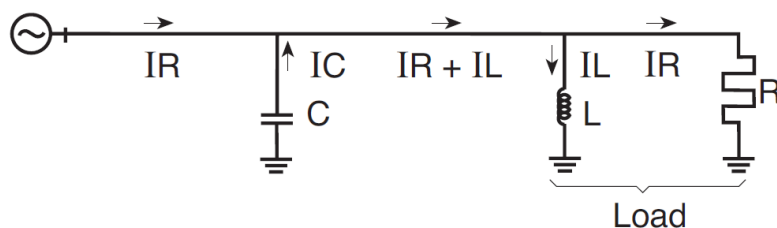
$$S' = P / \cos \varphi' = 111.11 \text{ kW} / 0.918 = \mathbf{102 \text{ kVA}}$$

12. Számítsuk ki a teljesítmények különbségét!

$$\Delta S = S - S' = 133.33 \text{ kVA} - 107.52 \text{ kVA} = \mathbf{46.15 \text{ kVA}}$$

Kijelenthetjük tehát, hogy a fenti példából, hogy egy 100kW-os villamos gép alig 20%-os teljesítménytényező-javulást követően több, mint **46 kVA**-rel kevesebb teljesítményt vesz fel a hálózatról.

Miként lehetséges ez, miközben a gépünk teljesítménye nem változott – saját kapcsain keresztül ugyanúgy folynak a meddő (induktív) áramok? Vizsgáljuk meg ehhez a fázisjavítás során kialakuló áramviszonyokat a következő ábrán:



4.10 ábra A fázisjavítás áramviszonyai ideális teljesítménytényező ($\cos \varphi = 1$) mellett

A valóságos terhelésünk áll egyrészt egy I_L induktív, valamint egy I_R ohmos jellegű árammal terheli a hálózatunkat. E két ág komplex eredő árama folyik a – fázisjavító berendezéssel ellátott – betápláló hálózat felé $I_L + I_R$ mértékben. Ideális meddőkompenzációt feltételezve ($\cos \varphi = 1$) az induktív és kapacitív jellegű áramok értéke azonos lesz, de mivel pillanatnyi értékük ellentétes polaritású, így vektoriális összegük 0 lesz: a betápláló generátort nem fogják terhelni. Ezt úgy kell elképzelni, hogy a C fázisjavító kapacitások kisülése építi fel az induktív fogyasztó (aszinkron motor) mágneses terét, hogy aztán a következő periódusban e tér lebontásakor újra feltöltődhessenek – tehát a motorok induktív áramigényét a fázisjavítás során a hálózatba csatolt kondenzátortelepek biztosítják: induktív teljesítmény bocsát ki, illetve nyel el másodpercenként ötvénszer ($f = 50\text{Hz}$ hálózati frekvencia esetén).

Ebben az ideális esetben a betápláló generátort csak az I_R ohmos áram terheli. A valóságban persze közel sem állnak fenn ilyen statikus állapotok, a motorok terhelése pillanatról-pillanatra változhat. Az aszinkron motorok üresjárásban ($\cos \varphi < 0.2$) például sokszorta több meddő áramot vesznek fel, mint a névleges terhelésük közelében ($\cos \varphi > 0.8$), ezért is fontos a motorok kiválasztása során a gépészeti tervezésben, hogy a *meddőenergia-gazdálkodás* szempontjai is érvényesülhessenek!

4.4.3 A fázisjavítás módszerei

A fázisjavítás alapvetően kétféle technológiai megoldással történhet egy hálózatban:

A szükséges számítások elvégzése után a hálózatba **állandó kapacitású kondenzátortelepeket** iktatunk, melyek kézi kapcsolóberendezésekkel vagy mágneskapcsolókkal kerülhetnek a kompenzáló körökbe, ritkább esetben állandó bekötéssel, amennyiben a terhelés induktivitásának jellege is állandó.

Nagy teljesítményű fogyasztók, illetve főelosztókat tápláló hálózatokra –, ahol a meddőteljesítmény változása is jelentős lehet – inkább **automatikus szabályozású** kondenzátortelepeket alkalmaznak. A szabályozás alapjele lehet egy kívánt teljesítménytényező érték, vagy értéksáv, melynek biztosításához az egyes kapacitásokat a berendezés fokozatokban kapcsol be, illetve ki. Az újabb fejlesztésű automatikákban már kontaktusok nélküli félvezető áramkörökkel valósítják meg a kapacitások „lágyabb”, tranziensek nélküli bekapcsolását, ami sokkal gyorsabb, szinte valós idejű kompenzációt tesz lehetővé, elkerülve ezzel a „túlkompenzációból” fakadó feszültség túllövéseket is, amit a táphálózat impedanciaviszonyaihoz képest bekapcsolt túl nagy kapacitásérték okozhat egy

kézi vagy félautomata működtetésű rendszerben. Az hálózat aktuális meddőteljesítményének mérésével a szabályozás még pontosabbá tehető.

Gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a táptranzformátor teljesítményének 15%-os mértékéig az állandó értékű kompenzálás megfelelő eredményt hozhat, efelett viszont automatikus szabályozású kondenzátortelemek beépítése javasolt.

4.4.4 *Fázisjavító egységek beépítési helye*

A közvetlenül a főelosztó gyűjtősínjére csatlakoztatott fázisjavító a teljes kiefeszültségű hálózatunk meddő terhelését kezelni képes **központi kompenzálást** valósít meg. Ezzel felvett látszólagos teljesítményt csökkentve, a táptranzformátor tehermentesítésén túl nagyobb valószínűséggel kerülhetjük el a kiugró meddőterhelések miatt az áramszolgáltató által kiszámlázott büntetőtarifákat is.

Történhet **kompenzálás csoportonként** is, amikor a fázisjavító berendezés egy alelosztó gyűjtősínjein keresztül csak egy kiválasztott hálózatrész vagy gépcsoport meddőenergia-szabályozását végzi. A fent említett előnyökön kívül a decentralizációval itt már az alelosztók *kábeleinek tehermentesítése* is említhető, mellyel az adott szakasz veszteségeinek racionalizálásával csökkenthető az érintett tápkábel keresztmetszete, vagy meghagyva az eredeti kábelt teret hagy későbbi teljesítménynöveléseket igénylő bővítésekre, fejlesztésekre.

A fázisjavítás leginkább lokalizált megoldása az **egyedi kompenzálás**, ahol a kondenzátorok közvetlenül csatlakoznak az érintett induktív jellegű fogyasztó kapcsaira. Ezt a megoldást akkor érdemes választani, amennyiben:

- a fogyasztó teljesítménye összemérhető a hálózat teljes látszólagos teljesítményével.
- A kondenzátortelem meddőteljesítménye [kVAr]-ban kifejezett értéke az érintett fogyasztó által felvett [kW]-os hatásos teljesítmény 25%-a.

4.5 Tartalék energiaellátás

A mai korban az életünk már szinte elképzelhetetlen és működésképtelen villamos energia nélkül. Kiindulva egyes alap háztartási berendezés, világítás lebénulásától kezdve, az informatikai készülékek, az ipari termelőeszközök jelentős része is használhatatlan villamos energia nélkül, ráadásul vannak, amelyek folyamatos üzemben igénylik az áramellátást, mint például az infokommunikációs hálózatok és egyes orvosi eszközök.

Ma az okos készülékek és mobil számítógépek már saját belső akkumulátorral rendelkeznek, amivel nem csak a nemkívánt adatvesztés kerülhető el, hanem hálózati áramellátás nélkül is több órányi üzemidő biztosítható. Hálózati eszközeink jelentős része azonban még nem rendelkezik saját szünetmentes tápellátással, ezért mielőtt egy létesítmény tápellátó hálózatát megtervezzük fontos, hogy az abba tervezett fogyasztókat csoportosítsuk annak függvényében, hogy tápellátásuk, illetőleg annak folyamatossága milyen szintű biztonsággal kerüljön kialakításra.

A **normál fogyasztók** azok az általános használatú készülékek és berendezések, melyeknél a hirtelen áramkimaradás nem okoz különösebb üzemzavart, sem élet- vagy balesetveszélyes helyzetet nem teremt.

Meghatározunk **kitüntetett fogyasztókat**, melyeknél a tápfeszültség hirtelen kimaradása veszélyhelyzetet ugyan nem okoz, de az energiaellátás tartós kimaradása súlyos következményekkel, gazdasági károkkal vagy presztízsveszteséget okozó leállással járna (pl. hűtőházak kompresszorai, szerverközpontok, kiemelt rendezvények). Ennek elkerülése érdekében itt többszörös, ún. *redundáns tápellátás* kialakításával kell két külön hálózati betáplálást, vagy a hálózat mellett készenléti üzemből *gyors indítással* azonnal terhelhető generátorral biztosítani a villamos energiaellátást. Kitüntetett fogyasztók lehetnek a saját szünetmentes áramellátással igen, de hosszú *áthidalási idővel* nem rendelkező infokommunikációs központok, szervertermek egységei is.

A **kritikus fogyasztók** esetében az áramellátás már rövid idejű kimaradása is súlyos, illetve emberi életre veszélyt jelentő helyzetet teremthet. Ezeknél a fogyasztóknál a szünetmentes tápellátás biztosítása alapvető elvárás, amennyiben ez hálózati szinten nem megoldható – illetve bizonyos esetekben nem is engedélyezett (ld. tűzjelző központok) –, akkor az energiatárolást decentralizáltan, a fogyasztó közelében kell megoldani. Ilyen fogyasztók lehetnek:

- Biztonsági és tartalékvilágítások,
- tűzjelző és tűzvédelmi rendszerek tápellátó rendszere,
- erőművek felügyeleti és irányítási rendszere,
- biztonsági rendszerek, kiemelt informatikai rendszerek,
- egészségügyi létesítmények kiemelt terei (pl. műtők, sürgősségi kezelők).

A fenti példák a legáltalánosabbak, de azonosíthatunk ilyet gyártó üzemekben bizonyos technológiai folyamatokra is, különösen a vegyiparban.

A következő fejezetekben a tartalék energiaellátó rendszerek tipikus megoldásait mutatjuk be, melyek megfelelő kombinációjával a fent említett három fogyasztói csoport mindegyike lefedhető.

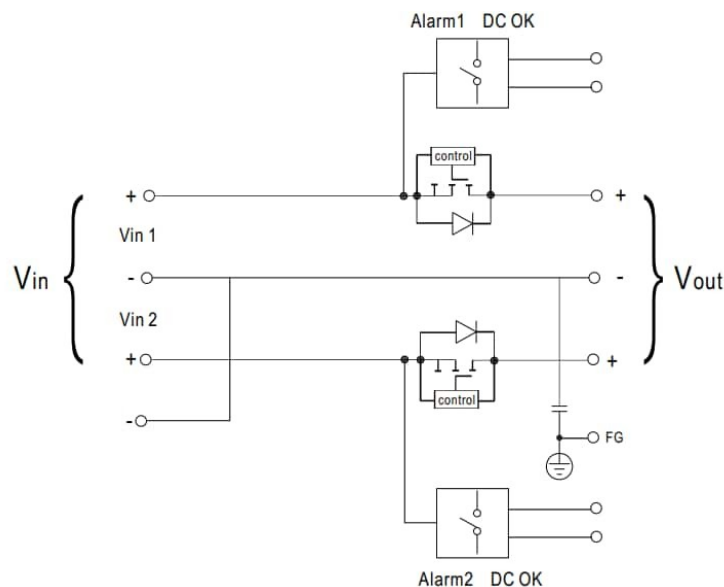
4.5.1 Statikus DC szünetmentes tápegységek

Praktikusan bármilyen közvetlenül egyenfeszültséggel üzemelő rendszer tápellátására, tehát szinte valamennyi elektronikai áramkör ellátására alkalmazható. Energiatároló egysége akkumulátor vagy szuperkapacitás lehet, ez utóbbi azonban csak néhány perces *szigetüzemre* elegendő energiát tud letárolni.

Hálózati üzemben a fogyasztókat egy kapcsolóüzemű AC/DC átalakító, (szaknyelvi fordításból) *egyenirányító* táplálja meg. DC tápegységekben az ún. *by-pass* (bemenet-kimenetet áthidaló) kontaktus alkalmazása nem jellemző, mivel ezzel az energiátároló kapocsfeszültsége szabályozatlanul kerülne a védett fogyasztóra, mely szabályozást ma leginkább kapcsolóüzemű, DC/DC átalakítók végzik.

Az akkumulátor-vagy szuperkapacitás telep töltését hálózati töltő, vagy a hálózati egyenirányítóról táplált töltőáramkör, illetve szintén közvetve külső szolarpanelről érkező energia is táplálhatja.

A többféle forrásból (például három fázisról működtetett egyenirányítókról) érkező egyenfeszültség összegző diódákon keresztül kerül a szünetmentes tápegység kimenetére, melyek biztosítják a működési „melegtartalék”, a redundáns tápellátás lehetőségét. A gyakorlatban ezek nem egyszerű PN-átmenetű diódák, hanem félvezető kapcsolással kialakított ún. ideális diódák, melyeken nyitott állapotukban mindössze néhány század Volt feszültség esik. Amennyiben a különböző tápegységek terhelését optimalizálni szeretnénk, akkor egyszerű diódamodulok helyett olyan redundanciaáramkörökkel közösítjük a tápáramokat, melyekkel biztosítható a kiegyensúlyozott terheléelosztás a tápágak között, továbbá megakadályozható, hogy töltés közben az akkumulátorra terhelés kapcsolódjon, megakadályozva ezzel, hogy a töltőáramkört üzemi áram terhelje.



4.11 ábra DC szünetmentes tápellátás megvalósítása ideális diódákkal

4.5.2 *Statikus AC szünetmentes tápegységek*

Korábban csak ipari felhasználásban volt jellemző hálózati 230 vagy 400V-os szünetmentes tápegységeket (Uninterruptible Power Supply, angol rövidítésben: UPS) alkalmazni. Itt az áramköri kialakítás is egyedi, de legalábbis egy célberendezés volt, legtöbbször egy nagy cellafeszültségű akkumulátortelep egy DC/AC inverterrel, melynek kimenetén szükség szerint szinkron átkapcsoló automatika gondoskodott a szünetmentes ellátásról és az elváltásról is.

A teljesítményelektronika fejlődésével és a kapcsolóüzemű tápegységek tömegesítésével az informatika térhódítása kikényszerítette azt, hogy ma már asztali szünetmentes tápegységek széles választéka legyen elérhető a lakossági felhasználók számára is. Napjainkban katalógustermékként találunk mind lakossági, mind pedig ipari méreteken szünetmentes berendezéseket a kereskedelmi forgalomban, a nagy választék azonban megköveteli a tudatos választást és a gondos méretezést. A vonzó árak mellett érdemes ismert gyártók termékéből választani, egyrészt a szervizellátottság biztosítására, másrészt, hogy az üzemeltetés során 3-5 évente esedékes akkumulátorcsere esetén be lehessen majd azokat szerezni az eszközhöz. Jó kompromisszum lehet a *külső akkumulátoros* UPS-ek alkalmazása, ahol magunk választhatunk akkumulátort a berendezéshez, nem kötve magunkat egyetlen gyártó, forgalmazó termékéhez sem, persze törekedni kell, hogy lehetőleg erre a célra gyártott, tehát a gyakori cseptöltést és ritka kisütést jól viselő típust válasszuk.

Az egyszerű, alsóbb árkategóriákban kínált pár kVA-ig alkalmazott **Standby Off-line** UPS-ek átkapcsolási ideje hosszabb, 5-10 ms környékén van, kimenetük négyszög-vagy trapézjelből átalakított kvázi-színusz, ami kapcsolóüzemű tápegységek, asztali lámpák ellátására elfogadható, de érzékenyebb fogyasztók vagy aszinkron motorok működtetésére teljesen alkalmatlan. Az *off-line* UPS-ek a hálózati zavarok aktív kiszűrésére nem képesek, by-pass kontaktusuk (hálózati üzemben) aktív szűrés nélkül kapcsolja a hálózati feszültséget a fogyasztóra.

Az átkapcsolási időt kiküszöbölésére létezik **Standby On-line** UPS is, ahol a hálózatról érkező feszültséget is egyenirányítják, hogy aztán diódás közösítőn keresztül (ld. DC UPS-ek kapcsolástechnikája) egy szünetmentes egyenfeszültséget biztosítsanak a kimeneten lévő egyetlen inverterhez.

Nagy megbízhatósággal, de viszonylag alacsony hatásfokkal üzemelnek a **Standby-Ferro** UPS-ek. Kimenetükön egy hármas tekercselésű transzformátor található két egyforma primer tekercsel, melyek közül az egyikre a hálózat, a másikra az akkumulátor felől egy inverter kapcsolódik. Az átkapcsolás bonyodalma itt nincs meg: a hálózat kiesésekor a transzformátort egyedül a készenlétkben működő inverter fogja táplálni.

A hálózati zavarokkal szemben jóval nagyobb védelmet biztosítanak a **vonali interaktív** és a **kettős konverziós** UPS-ek, melyek a fogyasztót a kimeneti inverterről táplálják. A legtöbb ipari kivitelű UPS e két technológia egyikét alkalmazza. A hálózat és a fogyasztó közötti teljes elváltás (csak a védővezető folytonos) miatt képesek akár a hálózatitól eltérő frekvenciával megtáplálni a fogyasztót, 50-ből 60, vagy 60-ból 50Hz-re való átalakítással.

Az előbbi kettő korszerűsített változata a **delta konverziós** online UPS, ami 5 kVA feletti teljesítménytartományokban nyújt hatásosfokban is jobb megoldást a bemeneten működő delta konverter hozzáadásával, ami töltésszabályozás mellett a bemeneti áram meddőkompenzációját is elvégzi.

Ezekkel az inverteres kimenetű tápegységekkel lehetséges az UPS kimenetek párhuzamosítása a rendszerbiztonság növelése és az optimális terhelésmegosztás megvalósítása érdekében. Teljesítményelektronikai eszközökről lévén szó a maximális üzemi terhelésük – ami a névleges teljesítményük 70-80%-ra méretezendő – közelében jelentősen megnő a *hődisszipációjuk*, ezzel együtt belső félvezetőik élettartama is meredeken csökken. Több párhuzamosan kapcsolt UPS egymás között egyenlő mértékben kiegyensúlyozott kimeneti árammal biztosíthatja a szükséges teljesítményt, miközben bármelyik kiesése észrevétlen marad a fogyasztó oldalán. A terheléelosztást az UPS központi egysége – vagy decentralizált, kaszkádkapcsolású kivitelben az egyes UPS-es vezérlőegysége – valósítja meg a diagnosztikai jelzések (hőmérsékleti, tápmodul, hálózati, akkumulátortelep hiba) összegyűjtését is. Hibajelzést azonban relékontaktusról vagy kommunikációs porton keresztül szükséges a felügyeleti rendszer fele elvezetni, hogy az aktuális üzemállapotokról információnk legyen, szükség esetén a személyzet be tudjon avatkozni. Ennek főként a kezelő nélkül működő létesítmények szünetmentes áramellátása esetén van jelentősége.

Az UPS-ek főbb gyári jellemzői, melyeket a kiválasztás és méretezés során figyelembe kell vennünk az alábbiak:

- Névleges teljesítmény:** [kVA]-ben van megadva
- Névleges hatásos teljesítmény:** [kW]-ban van megadva, kimeneti jelalaktól függő teljesítménytényező mellett értendő, inkább csak tájékoztató adat.
- Kimeneti jelalak:** kváziszinus, tiszta szinuszos (induktív vagy érzékeny fogyasztók esetén csak tiszta szinuszos UPS-eket alkalmazzunk!)
- Inverter típus:** a fent részletezett változatok
- Átkapcsolási idő:** a by-pass kontaktus kapcsolási idejét adja meg [ms]-ban
- Áthidalási idő:** hibátlan akkumulátorteleppel garantált működési idő percben megadva, adott terhelés mellett
- Hidegindítás:** az UPS képessége arra, hogy hálózati tápellátás nélkül, a közvetlenül rákapcsolt terhelés mellett csak a beépített telep energiájával elinduljon
- Boost áram / idő:** a névleges kimeneti áram feletti [%]-ban megadott tartományban való működésre való képesség, [s]-ban megadott időhatárok mellett, főként az indulási áramcsúcsok kezelésére
- Töltési áram / idő:** a beépített akkucsoport feltöltése ideje [h]-ban megadva – gyakorlatban a 0% töltöttségi szinttől a *csepptöltési üzemre* váltás időpontjáig tart; kritikus adat, ha az UPS-től gyors üzembeállást várunk egy hálózatkimaradás megszűnése után, a túl nagy töltőáramok azonban nagyban csökkentik az akkumulátorok várható élettartamát.

Az UPS-ek méretezésekor a teljesítmény sarkalatos kérdés, mert ez adat adja meg az inverter képességeit. Ismert fogyasztóra történő méretezéskor mindig a VA-es adatot kell figyelembe venni, induktív jellegű fogyasztóknál, mint például egy aszinkron motor (szivattyú, hűtőkompresszor) esetében az indulási áramot kell ezzel a teljesítménnyel összevetni. Egyéb esetben az inverter

kimeneti túláram-védelve az induláskor letilthat, azzal együtt pedig **más kritikus fogyasztó is ellátatlanul marad!**

Sokan azt gondolják, hogy a mai korszerű informatikai eszközöknek nincs különösen nagy fogyasztása, ami azok stacioner állapotában igaz is. A táplálásukra és töltésükre használt *kapcsolóüzemi tápegységek* viszont hatalmas, akár 10-20-szoros áramcsúccsal indulnak el, ami a bemeneti kondenzátorok feltöltéséig tart. A hálózati tápegységek olykor gyenge minőségű áramköri konstrukcióban készülnek el, teljesen kispórolva például a nullpontfigyeléses bekapcsoló kört és egyéb indulási áramkorlátozó elemeket, melyek aztán a távolkeleti szünetesüktől fogva mégis bekerülhetnek a legnagyobb hardvergyártók készülékeibe.

Ilyen esetekben a katalógus adataival nem megyünk sokra, a védett készülékek bekapcsolási áramait nagy mintavételi frekvenciájú árammérőkkel kell meghatároznunk, több bekapcsolási kísérletet végezve, hogy alkalmunk legyen az amplitúdó csúcsnál bekapcsolt áram nagyságrendjéről is tájékozódni. Szélsőséges esetben cseréljük vagy cseréltesük ki az ilyen tápegységet, mert hosszútávon más jellegű gondokat is okozhat (pl. túlzott felharmonikus termelés és meddőenergia felvétel), ennek kockázatáról a felhasználót is tájékoztatni kell!

4.5.3 *Dinamikus UPS-ek*

A kinetikus energiatárolás elvét kihasználva működnek a dinamikus UPS-ek. Ebben egy hálózatról táplált villamos motor hajt egy speciális csapágyazású lendkereket és egy szinkrongenerátort, melyről **közvetlen hajtású** UPS esetén közvetlenül a fogyasztókat tápláljuk, és csak pár másodperces áthidalási időt biztosít, lényegében ameddig a generátor szinkronfordulat közelében marad, hiszen ezt követően a frekvencia is már az elfogadott tartomány alá esik.

A **közvetett hajtású**, inverteres kimenetű UPS-ek esetében a generátor fordulatszáma függetleníthető a kimeneti feszültség frekvenciájától, így az alapból magasabb fordulátú lendkerékben tárolt kinetikus energia mintegy 75%-a visszanyerhető, az áthidalási idő ezzel több 10 másodpercre is megnyújtható, ami praktikusán elegendő arra, hogy egy dieselaggregátor beinduljon és szinkronfordulatra felpörögve terhelhető legyen.

Dinamikus UPS-eket egészen a MVA-es tartományokig alkalmaznak. Nagy előnyük, hogy nem igénylik a költség-és karbantartásigényes nagy akkumulátortelepek fenntartását, kimeneti túlterhelhetőségük pedig többszöröse a névleges áramuknak. Ezzel szemben a különleges technológia miatti speciális szervizigény, a helyszükséglet és a statikus UPS-ekhez képest nagyobb tömegük miatt lehet az alkalmazásuk problémásabb.

4.5.4 Aggregátorok

Az áramtermelő aggregátorok témája bőven túlnőne e jegyzet keretein, de alkalmazásuk és típusváltozataik alapján ma már megkerülhetetlenek nem csak a tartalék, hanem a mobil energiaellátás területén is. Teljesítményben, bel-és kültéri kivitelben, kimeneti feszültségben, kézi vagy önindítás és távmenedzsment lehetőségében, üzemanyagban és a lakossági vagy ipari felhasználás tekintetében a választék igen széles.

A néhány kVA-es tartományokban működő aggregátorok általában benzinmotoros, míg a 20 kVA felett letelepített berendezésekben legtöbbször dieselmotor (vagy gázmotor) biztosítja a szinkronfordulathoz közeli forgómozgást a vele egytengelyen összekuplungolt generátorral. Léteznek „szinkron-félfordulattal” üzemelő egységek is, amit a motor zajsztint csökkentése érdekében alakítanak ki ilyenre; ezekben a gépekben a generátor pólusszámát duplázzák meg a névleges frekvencia biztosítására.

A generátorokat kisebb teljesítményeken lehet egyfázisú vagy akár egyenáramúra is tekercselni, 25 kVA felett viszont szinte csak háromfázisú gépekkel találkozhatunk. Az önindító kivitel szünetmentes áramellátás esetén alapkövetelmény annak érdekében, hogy az indítóimpulzust relékontaktuson keresztül tudjuk a készüléknek átadni. Kezelői felügyelet nélküli gépeknél pedig legalább ennyire fontos a távfelügyeleti lehetőség, ami manapság már nem csak néhány diagnosztikai és hibajel relékontaktuson keresztüli kivezetése, hanem egy központi egységben összegyűjtött folyamatos adatátvitel egy külső kezelőfelület (érintőképernyős, számítógépes) vagy felügyeleti rendszer felé, ami lehet akár az energiamenedzsment rendszer része.

A letelepített diesellaggregátorokat rendszeresen kombinálják UPS-ekkel, melyek így egy tartós hálózatkimaradás esetén akár óráig is képesek ellátni villamos energiával a kritikus fogyasztókat, de meglehet, hogy csak az UPS-ek tárolóakkumulátorainak feltöltési idejéig üzemelnek. Az ilyen szigetüzemű működés során az aggregátor terheléstől függő motorfordulatszám-szabályozása a névlegestől vagy magasabb, vagy alacsonyabb frekvenciát biztosít, a gerjesztéstől függően pedig a kapcsolófeszültség is ingadozhat. Ezt figyelembevéve mindenképpen inverteres kimenetű (vonali interaktív, kettős vagy delta konverziós) UPS alkalmazása javasolt az ilyen összekapcsolásokhoz.

A generátorok feszültségszabályozása lehet **kondenzátoros**, ami eléggé terhelésfüggő kimenetet ad; **transzformátoros** (kompaund), vagy **elektronikus** (AVR, Automatic Voltage Regulator). Amennyiben elkerülhetetlen, hogy az aggregátorról a hálózati *feszültségre érzékeny fogyasztókat* közvetlenül tápláljunk, úgy a kiválasztás során győződjünk meg arról, hogy a berendezés rendelkezik-e AVR-rel, *automatikus feszültségszabályozóval*, ami főként az egyszerű, hordozható áramforrásoknál lehet sarkalatos kérdés, mivel a benzinmotorok többsége csak mechanikus fordulatszám-szabályozással rendelkezik. Itt kell megemlíteni, hogy *aszinkron generátoros* mobil áramfejlesztőket nem ajánlott aszinkron motorokhoz, nagyobb ipari gépekhez használni, főként a nagy indulási áram miatt, és ebben az AVR nem segít; szinkrongenerátoros aggregátor szükséges ezek működtetéséhez.

Az üzembiztonság növelése érdekében a szinkrongenerátoros aggregátorokat is lehetséges párhuzamosítani, az összekapcsoláshoz – hasonlóan az erőművek rendszerbe kapcsolásához – a *szinkronfeltételek* (amplitúdó-, fázis-és frekvenciaazonosság) teljesítését követően van lehetőség.

Az aggregátorok széles körű alkalmazása mellett a gyors üzembeállításuk, egyszerű kezelésük és

rendszerbe integrálhatóságuk szól. Tömegük, károsanyag-kibocsátásuk és működési zajterhelésük némileg nehezíti az alkalmazásukat, főleg lakó-pihenő övezetekben. A zajterhelés csökkentésére az említett fordulatszám csökkentés mellett ma már léteznek teljes hangszigeteléssel ellátott aggregátorok is, de csak vízhűtéses változatban, hiszen a hanggal együtt a hőszigetelés is megnő, ezáltal a motor természetes disszipációja megszűnik. Az ilyen berendezésekben a nagyobb hőtermelő részek a motoron túl a generátor tekercselése és a kipufogódob is a hűtőkörbe kerül, ami egy külső hőcserélőn keresztül vezeti ki a normál üzemben termelődő hőt, de eközben egy 40 kVA-es generátor hangja egy fűnyírómotor zajszintjére csökkenhet le.

4.5.5 *Alternatív energiaforrások*

Ma még ugyan elvétve alkalmazzák, de a jövőben számolni kell olyan ezekkel a különleges DC tápegységekkel, melyek technológiája folyamatosan fejlődik.

Ilyenek az **üzemanyagcellák**, vagy más néven tüzelőanyag-cellák, melyek valamilyen tüzelőanyag oxidációja útján kémiai energiából közvetlenül villamos energiát állít elő, ami így jóval hatékonyabb, mint a belsőégésű motorokkal előállított villamos áram hatásfoka.

A **szuperkondenzátorok** rövid időn belül nagyon nagy töltés leadására képesek. Alacsony áthidalási idejű UPS-ekben használják akkutelep helyett, amit gondozásmentes kivitelük miatt előnyös, de alkalmazzák indítássegítő áramkörökben.

5. ÉPÜLETINSTALLÁCIÓS HÁLÓZATOK SZERELÉSE

5.1 Belső áramkörök kialakítása

5.1.1 Lakás áramkörök felosztása és méretezése

Egy fogyasztási helyen érdemes több áramkört kialakítani. Az *áramkör* (épületé) a villamos berendezés villamos szerkezeteinek azon együttese, amelynek megtáplálása ugyanazon táppontból, túláramvédelme pedig ugyanazon védőeszközzel történik. A *villamos berendezés* összehangolt jellemzőjű villamos szerkezetek meghatározott célra vagy célokra egymással *összekötött együttese*.

A független áramkörök mérsékelni képesek egy esetlegesen fellépő hiba hatását az egész berendezésre nézve, valamint könnyebb a hiba helyének, okának feltárása, karbantartás alkalmával pedig nem feltétlenül kell az egész berendezést kikapcsolni. Lakáselosztókban általában az alábbi áramköri csoportokat szokták létrehozni:

ÁRAMKÖR	ALKALMAZOTT KISMEGSZAKÍTÓ (karakterisztika és névleges kioldóáram)
Dugaszoló aljzatokat ellátó áramkörök:	C16
Világítási áramkörök:	B6; B10
Villamos főzőlap (hagyományos):	C16
Mosógép, Mosogatógép, Sütő:	C10; C16
Indukciós főzőlap (típustól függően):	C20, C25
Tartalék ellátások áramkörei	C6...C16
Kapunyitó automatika; redőny-és zsalumozgatók, biztonsági rendszerek	B4...C6
Gázkazán; tűzjelző; épületfelügyelet:	B4...C10

Ezeket az áramköröket célszerű emeletenként, adott esetben helyiségenként is különválasztani. Az így csoportosított áramkörök szerelése történhet falban elhelyezett védőcsőben, vagy falon kívül. Lakásokban sokkal esztétikusabb a falban történő vezetés.

A világítási áramkörök túláramvédelmét általában B10, míg a csatlakozó aljzatok áramköreit C16-os kismegszakítóval érdemes védeni. Minden *általános célú* felhasználásra készített, rögzítetten szerelt dugaszoló aljzatot 30 mA érzékenységű *áram-védőkapcsolóval* kell ellátni.

A gyakorlatban egy ÁVK-val több áramkör betáplálása összevontan védhető, amit – általános célú felhasználás esetén – a következő módon alakítanak ki:

- egyfázisú áramkörök esetén: 1 db 2 pólusú (1P+N) áram-védőkapcsoló legfeljebb 9;

- háromfázisú áramkörök esetén 1 db 4 pólusú (3P+N) áram-védőkapcsoló legfeljebb 6 végáramkört véd.

5.1.2 *Lakó-és kommunális épületek szerelvényezése*

Kapcsolók, csengőnyomók, *ipari dugaszolóaljzatok*, a helyiségekben padlósínt fölött 1,4 m magasságban kerülnek elhelyezésre. A rögzítetten felszerelt billenőtestes vagy két nyomógombos kapcsolók esetében a *felső* benyomott állapot jelezze a *bekapcsolt*, míg az *alsó* benyomott állapot a *kikapcsolt* állapotot. Vízsíntes elhelyezés esetén pedig lehetőleg a *jobb szélső* benyomott állapot jelezze a bekapcsolást, a *bal szélső* benyomott állapot a kikapcsolást. Ez az előírás természetesen nem vonatkozik az egy-nyomógombos kapcsolókra, valamint a váltó- és keresztkapcsolókra.

Az általános felhasználási célú dugaszolóaljzatok lakószobákban és irodákban a padlósínt fölötti 0.4 m-es magasságra kerüljenek.

5.1.3 *Helyhez kötött berendezés telepítése*

Helyhezkötött az a berendezés (gyártmány), amely vagy rögzítve van, vagy fizikai kialakítása miatt nem vihető át könnyen egyik helyről a másikra, vagy *feszültség alatti áthelyezését* használati utasítás, illetve más előírás *tiltja*. Helyhez kötött villamos berendezések egy lakásban általában a villamos tűzhely, a villamos forróvíztároló, vagy a hőtárolós fűtőtest.

A berendezéseket úgy kell elhelyezni, szerelni, létesíteni, hogy csak a berendezések kezeléséhez tartozó részek legyenek a nem szakképzett egyének által könnyen hozzáférhetőek, de az üzemszerűen feszültség alatt álló részek – a környezetben rendszeresen használt – segédeszközökkel véletlenül, segédeszköz nélkül pedig szándékosan se legyenek érinthetőek.

Minden helyhez kötött villamos gép és fogyasztókészülék (a világítási berendezések kivételével) hálózatról való leválasztásához minden üzemi vezető megszakítására (kivéve PE!) képes leválasztókapcsolót, kapcsolókészüléket kell felszerelni.

Szerelésükhöz a fogyasztói főelosztó táblától a legnagyobb terhelésnek megfelelő keresztmetszetű vezetékkel kell kiépíteni a fogyasztókészülék közelében elhelyezett 100 x 100 -as csatlakozódobozig. A csatlakozódoboztól a fogyasztóig műanyag tömlővezetékekkel csatlakozunk a készülék kapcsaira. A tömör H07V-U, vagy az érvéghüvelyezett flexibilis H07VV-F tömlőkábel csatlakoztatását sorkapoccsal oldjuk meg. A leválasztó kapcsolót vagy a fogyasztói főelosztó tábla kalapsínjére, vagy a 100 x 100 -as csatlakozódoboz elé szereljük.

5.1.4 *Fürdők, zuhanyzók szerelése*

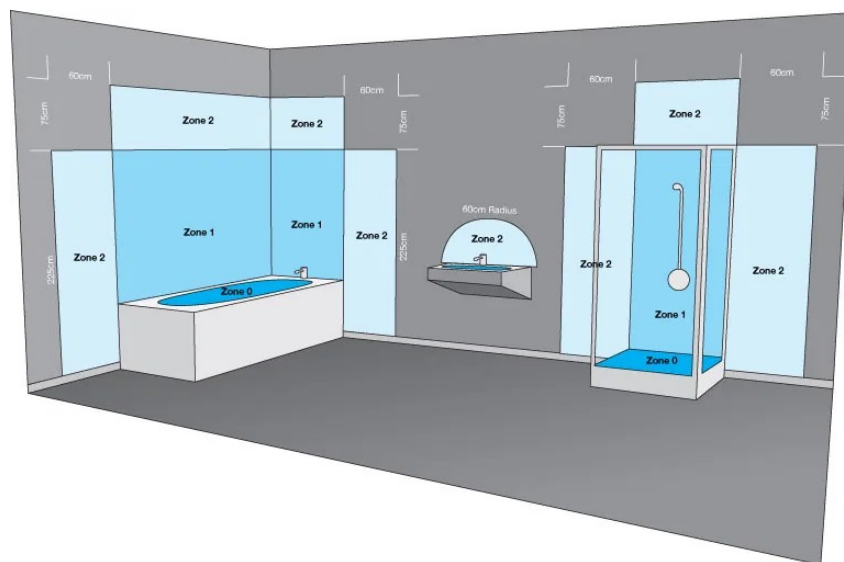
Fürdőszoba villamos berendezésének kialakítását az **MSZ HD 60364-7-701:2007** (Helyiségek fürdőkáddal vagy zuhannyal) szabvány szerint kell megvalósítani. Ez alapján az ilyen helyiségeket a következő három sávra (zónára) kell osztani a villamos gyártmányok és szereléstechnológiák

kritériumrendszerének meghatározására:

„0” sáv: a fürdőkád vagy a zuhanytálca belseje (víztere)

„1” sáv: a fürdőkád vagy a zuhanytálca alatti és feletti tér 225 cm magasságig

„2” sáv: a fürdőkád vagy a zuhanytálca körüli 60 cm-es tér 225 cm magasságig.



5.1 ábra Fürdő helyiségek biztonsági sávjai

A „0” sávban semmilyen szerelvény sem alkalmazható. Ebben a sávban csak alacsony feszültségű, az IPx7 -es védeettséget kielégítő világítótesteket alkalmazhatunk, maximálisan 12 V, amelyek felszerelhetők a kád belső részéhez.

A „1” sáv magában foglalja a falakat, mennyezetet a kád és a zuhanykabin felett a zuhanyrózsa magasságáig, vagy minimum 225 cm talajtól számított magasságig. Legfeljebb 25V névleges feszültségű váltakozó áramú, vagy 60 V névleges feszültségű egyenáramú SELV vagy PELV áramkörök szerelvényei és csatlakozó aljzatai lehetnek itt, úgy, hogy tápforrásuk a 0-s és 1-es sávon kívül kerülnek elhelyezésre. Ezekre a helyekre megengedett a különböző elektromos berendezések telepítése (vízmelegítők, világítótestek), de legalább IPx5 -ös védetségnek kell megfelelniük.

A „2” sáv magába foglalja az „1” sáv körüli falakat a talajtól számított 3 m magasságig és 60 cm horizontális irányban. SELV vagy PELV áramkörök szerelvényei és csatlakozó aljzatai lehetnek, úgy, hogy tápforrásuk a 0-s és 1-es sávon kívül kerülnek elhelyezésre. Az ide telepített világítótesteknek legalább az IPx4 - es védetségnek kell megfelelniük, beleértve a mosdó feletti világítótesteket is. Ezekre a helyekre felszerelhetők a különböző lámpák, ventilátorok,

vízmelegítők, zuhanyzivattyúk és a fűtött kád tartozékai.

Kiegészítő védelemként e helyiségekben minden áramkört egy 30 mA érzékenységgű áramvédőkapcsolóval kell védeni. Nem kell áramvédőkapcsoló a bojlerre és az egy fogyasztókészüléket tápláló villamos elválasztással, a SELV- és PELV törpefeszültséggel védett áramkörökhöz. Helyi egyenpotenciálú összeköttetést kell létrehozni a készülékek és az egyidejűleg érinthető idegen fémrészek védőösszekötővezető-vezetővel történő összekapcsolásával. A fenti övezeteken kívül eső részre felszerelhető **IP20** - as védettségű világítótestek is.

5.2 Szerelési anyagok és technológiák

5.2.1 Kábelezés és anyagai

Az erősáramú hálózatokban különféle típusú vezetékeket és kábeleket használunk. Megnevezésük és jelölésük egyrészt az korábbi gyakorlat alapján az MSZ 1167-6-ból származik. Az MSZ HD361 S4:2021

MSZ szerinti betűjelzés	Harmonizált kiváltó példa (IEC)	Kábel leírás
M..	–	Műanyag szigetelésű vezeték
Mfs	–	Fény és saválló vezeték
MCu	H07V-U	Tömör rézvezeték
MKh	H07V-K	Különösen hajlékony vezeték
MZSL	H03VH-H	Lapos zsinórvezeték
MT	H05VV-F	Műanyag tömlővezeték
MTL	H03VVH2-F	Lapos zsinórvezeték köpenyben
MM fal	–	Falba helyezhető műanyag vezeték
M falra	–	Falra ragasztható műanyag vezeték
G...	–	Gumiszigetelésű vezeték
GHkh	H01N2-D	Különösen hajlékony gumi vezeték
GT	H05RR-F	Gumiszigetelésű tömlővezeték
MB Al	–	Műanyag kábelszerű vezeték alumíniumvezetővel

5.2.2 Harmonizált vezeték-és kábeljelölés

A vezeték/kábel köpenyén olvasható <HAR> feliratból arra következtethetünk, hogy a termékünk gyártása és típusjelölése a nemzetközi szabványok által előírt módon történt, s ez alapján be is

tudjuk azonosítani anyagát és kialakítását. A jelölésnek három ,a kábel lényeges tulajdonságaira utaló részből kell állnia.

- Kapcsolat a szabvánnyal, névleges feszültség
- A kábel szerkezeti felépítése, általában sugárirányban a szigetelési anyaggal kezdve; ezt követve, egy kötőjel után, A vezető(k) anyaga és alakja
- A vezetők száma és keresztmetszete

Erre egy példa a **vezetékek** harmonizált jelölése:

1.	2.	3.
H	NV5 - F 3 G 2,5	

Útalás a szabványra

H	Harmonizálás jelölése
-	Elfogadott nemzeti típus. Nem harmonizált kábel

Névleges feszültség

01	100/100V
03	300/300V
05	300/500V
07	450/750V
1	1000/1000V névleges feszültség a PV- kábelekre korlátozódik

Szigetelés anyaga

V	PVC
V2	PVC-anyagkeverék 90 °C-os vezető-hőmérsékletre
V3	szokásos PVC, alacsony hőmérsékletű üzemhez
V5	
X; XLPE	(Térhálósított polietilén)
R	gumi
Q	PUR (Poliuretán)
J	üvegszál szövet
T	telített vagy telítetlen textilbeszövés az erek együttesén
T6	
B	EPR gumi (Etilén-propilén kopolimer alapú gumikeverék)
S	Szilikon kaucsuk
ZS	térhálósított poliolefin-anyagkeverék, kis füst és gáz kibocsátó

V PVC

Speciális, egyedi felépítés

C		Réz szö-
H	Lapos, szétválasztható kivitel	
H2	Lapos, 2 eres nem szétválasztható kivitel	
H6	az EN 50214 szerinti 3 vagy többesű lapos kábel	
H8	Spirál kábel	

Vezető felépítése

U	
R	merev, kör szelvényű, sodrott vezető
K	sodrott vezető, rögzített elhelyezésre
F	különösen hajlékony vezető (5-ös osztály), flexibilis használatra
H	extrahajlékony veze-
D	hajlékony vezető hegesztővezetékhez
E	különösen hajlékony vezető hegesztővezetékhez

Erek száma

Védővezető

G	Védővezetővel (z/s érrel)
X	Védővezető nélkül (z/s ér nélkül)

Vezető keresztmetsze-

5.2.3 Épületvillamossági szerelések kötéstechológiája

Az erősáramú technikában rengeteget fejlődött a vezetékek összekötésére alkalmazott technológia, viszont szabványossági követelményeknek ma már csak olyan kötést lehet elfogadni, mely valamilyen kötőelemen keresztül kerül kialakításra.

Az egyes kötések leggyakoribb fajtái (példákkal):

Csavarszorításos kötések:

- csavarfej alá (földelő vezetékek szemes saruval);
- csavarorsó alá (sorozatkapocs);
- húzókegyelbe (árnyékolás lekötése);
- szorítóhíd alá (fő földelő kapocs)

Rugószorításos kötések:

- laprugós kötések (rugós vezetékösszekötők, pl. WAGO 2273);
- húzórugós kötés (rugós sorozatkapcsok);
- nyomórugós szorító (nagyáramú összekötők 35-185 mm²-ig).



a) WAGO 2273



b) Karos vezetékösszekötő: WAGO 221 sorozat

5.3 ábra WAGO rugós összekötő tömör (a) és sodrott vagy alumínium vezetőkhez (b)

Sajtott kötések: toldókötésként vagy végkötésként kábelsaruval minden vezetéktípusra 1000 mm²-ig.

Forrasztott kötések: sodrott vezetők összekötésére, húzásnak ki nem tett helyen.

Hegesztett kötések: acélvezetők (földelőrendszerek, villámáram-vezetők) összekötésére, nagy mechanikai igénybevételű helyeken, 8 mm feletti átmérők esetén.

Sorozatkapcsos (sorkapcsos) kötések esetén a sodrott vezetőket ajánlott érvéghüvelyezni, egymáshoz közeli kötések esetén szigetelt („szoknyás”) érvéghüvelyekkel. Rugós sorozatkapcsok esetén – bár gyártói előírás szerint nem lenne kötelező, mégis – ajánlott az érvéghüvelyezés, ami az elemi szálak sodratból való kiválása, illetőleg az ezzel okozott keresztmetszetcsökkenés és rövidzárveszély miatt indokolt. Csavaros sorkapcsokból erősáramú kötésekhez csak a *nyomólapos kivitelűt* használjuk!

Erősáramú csavarkötések alá (beleértve a sorozatkapcsokat is) a sodrott erek lágyforrasztással való tömörítése tilos! Az ilyen kötések rövid időn belül a forrasztóón hidegfolyása miatt mechanikailag kilágyulnak, majd a növekvő átmeneti ellenállás következtében fokozatosan melegezni kezdenek az átfolyó áram hatására, ami extrém esetben az ón teljes kiolvasását eredményezheti, vagy tüzet is okozhat.

Alumíniumvezetők bekötésekor az oxidréteg eltávolítása után minden esetben **kontaktpasztát kell használni** még akkor, ha a kötőelemet aluvezetékek bekötésére tervezték!

5.2.4 **Különböző jellegű áramköri rendszerek kábelezése**

Az erős-és gyengeáramú, valamint a váltakozó-és egyenáramú berendezések, illetve rendszerek között megfelelő módon védekezni kell a helytelen kapcsolásból, átütésből, sérülésből, valamint téves összekötésekből eredő *áthatolás* ellen.

A különböző fajta rendszerekhez tartozó vezetékek *keresztezésénél* a téves összekötések elleni védelemként arról kell gondoskodni, hogy a különböző rendszerek kötéseit és kötések céljára alkalmas szerelvényei egymástól legalább 50 mm távolságba kerüljenek.

Az átütés, sérülés következtében előállható áthatolás elleni védelemként vagy legalább 20 mm távolságot kell a két vezetékrendszer között tartani, vagy a két rendszer között legalább 1 mm vastag, szigetelőanyagból készült járulékos szigetelést kell elhelyezni. Az egyik rendszer *védőcsövének fala* e célra elegendő (akkor is, ha falvastagsága 1 mm-nél kisebb). A járulékos szigetelésnek (védőcsőnek) a keresztezés helyén legalább 20-20 mm-el túl kell nyúlnia.

A különböző fajta rendszerekhez tartozó vezetékek **párhuzamos** (közel párhuzamos) **vezetésénél** nincs szükség külön védőintézkedésre, ha a különböző fajta vezetékek távolsága egymástól legalább 50 mm, vagy ha a párhuzamos szakaszon páronként legalább az egyik rendszer külön védőcsőben, illetve vezetékcsatornában van, és kötéseik céljára alkalmas szerelvényeik (pl. kötődobozaik) nincsenek egymáshoz 50 mm-nél közelebb. Ha ezek a követelmények nem teljesülnek, akkor – a távbeszélő berendezésekre fémesen csatlakoztatható vezetékek kivételével – a következő védőintézkedéseket kell egyidejűleg megtenni:

- ◆ mindegyik rendszer vezetéke legalább 1000 V névleges feszültségű, erősáramú vezeték legyen, vagy ha gyengeáramú termékszabvány szerint készült vezeték, akkor próbafeszültsége legalább 2 kV legyen;
- ◆ a különböző rendszerek összetévesztésének kizárására vezetéktípusuk vagy színük egymástól feltűnően különbözzék, közös kábelben való vezetés esetén ehelyett a sorkapocsra való kifejtés a *közös szerelvénybe való kifejtés* szerint történjék !

Ha a különböző fajta rendszerek kötéseit **közös szerelvénybe** (szekrénybe, készülékbe) kerülnek, akkor a következő védőintézkedéseket kell megtenni (kötődobozban e követelmények teljesítésére

nincs szükség, ha egy dobozon belül csak az egyik rendszer kötései vannak):

- ◆ kötések csak számozott (sorozat)kapcsokon készülhetnek, továbbá a kapcsolási rajzon szerepeltetni kell az egyes kapcsokra kötött vezetékek szerepét és jellegét;
- ◆ A bekötött ereket járulékos rögzítéssel (kötegeléssel, zsugorcsovezéssel, kábelszorítóval, ...stb.) úgy kell kialakítani, hogy a kötésből kilazult vezető semmiképpen ne tudjon az eltérő feszültségű rendszer kapcsaival érintkezni !
- ◆ közös, (egy- vagy többrekeszes) levehető fedelű vezetékcsatornában való elhelyezés esetén az egyeres vezetékekből álló, e vezetékrendszerek vezetőit rendszerenként szigetelőszalagokkal vagy más hasonló módon legalább 1,5 méterenként egymáshoz kell erősíteni, többrekeszes vezeték csatornában ezen túlmenően a különböző fajta vezetékrendszereket külön rekeszben kell elhelyezni.

5.3 Épületvillamossági hálózatok kialakítása

A műanyagból készített védőcsöveket a villamos szereléseknél alkalmazott vezetékek rendezett elhelyezésére használják. Védőcsőbe szerelik a vezetéket olyan helyeken, ahol azokat mechanikai behatásoktól védeni kell, illetve ahol a vezetékek utólagos cseréjének lehetősége fennáll. A védőcső kör keresztmetszetű, zárt szelvényű kialakítással készül. A műanyag védőcső lehet *vékony-*, vagy *vastag fallal* gyártott, merev vagy hajlékony kivitelű. A merev vékony falú típust *vakolat alatti* szerelésekben használják. A merev vastag falú kivitel *falon kívüli* szereléseknél alkalmazzák. A hajlékony (gégecső) védőcső is lehet *könnyű* vagy *lépésálló* kivitelű. Mechanikai és villamos tulajdonságai kielégítik a védőcsőre vonatkozó szabványelőírásokat, ezért fajtájától függően a gégecsövek ugyanúgy felhasználhatóak, mint a merev védőcsövek. Segítségével a nyomvonal irányának megváltozása könnyen szerelhető. Leágazások készítésénél, nyomvonal irányának megváltozásánál felhasználhatók az előre gyártott védőcső elemek, de helyszíni szereléssel is megoldható a feladat.

A védőcsövekbe húzható vezetékek számát a behúzni kívánt vezetékek fizikai mérete és terhelése határozza meg. A védőcsőben a terhelés alatt álló vezetékek egymást is melegítik, így azok terhelhetősége csökken, ami behatárolja a behúzható erek számát.

5.3.1 Szerelés vékonyfalú védőcsővel

Az alkalmazott védőcsövek közül a vékonyfalú védőcsőnek van a legkisebb ellenállása a mechanikai hatásokkal szemben, ezért olyan helyeken alkalmazzák, ahol annak járulékos védelme (pl. horonyba, álmennyezet fölé, burkolati borítások mögött vezetve) is megoldható. A védőcső szerelésének megkezdése előtt az első feladat a dobozhelyek és a nyomvonal kijelölése a kiviteli terv szerint. A védőcsövek csak vízszintesen és függőlegesen fektethetők, a nyomvonal kialakításánál a legrövidebb megoldást kell választani. Hőt kibocsátó, vagy az érintett falszakasz hőmérsékletét jelentősen megnövelő objektumok (pl.: kandalló, kémény) közelségét kerülni kell!

A szerelvénydobozok magassága általában a padlószint fölött 1.4-1.5 m magasságban található, dugaszolóaljzatok lakásban és irodákban a padlószint fölött 0.4 m magasságban is elhelyezhetők.

Oldalfalakban a hosszú vízszintes védőcső szakaszokat a dobozok felé 2-2 cm-es eséssel kell fektetni, amelyre vésés előtt, a nyomvonal kijelölésekor gondolni kell.

Törekedni kell arra, hogy a szerelvény- és a kötődobozok között a védőcsövek nyomvonala a lehető legrövidebb legyen, figyelembevéve, hogy azok csak vízszintesen és függőlegesen fektethetők. Mennyezetet megvívni csak akkor szabad, ha ezt a terv egyértelműen előírja, és ehhez az előzetes statikusi hozzájárulás megtörtént. A kötődobozok takarékos kiosztása és jó elhelyezése – a kisebb kötőszám miatt – csökkenti a hibahelyek számát, illetve esztétikai szempont is, hogy lakószobákban, irodákban, állandó tartózkodási helyiségekben minél kevesebb dobozfedő legyen látható, vagyis a szerelés minél rejtettebb legyen.

Kötődobozok helye mennyezettől kb. 0.3 méterre, de mindenképpen azonos magasságban legyenek kialakítva.

A tervezett áramköri vezetékeknek megfelelően kell a dobozok méretét és a számát meghatározni. Egy dobozba több védőcső csatlakozhat átmenő jelleggel, amelyekbe más-más áramköri vezetékek is húzhatók, de *dobozonként csak egy áramköri vezetéken készíthető kötés.*

A védőcső méretét a feladathoz szükséges vezetékek száma és keresztmetszete alapján, míg a leágazó dobozok méretét a várható kötőszám szerint választják meg. A két doboz közötti egyenes csőszakasz legnagyobb hossza **12 m** lehet. Egy 90° -os ív beépítésével a két doboz közötti csőszakasz **9 m**-re, míg két 90° -os ív beépítésével legfeljebb **6 m**-re csökken.

5.3.2 Szerelés vastag falú védőcsővel

A vastag falú védőcsövek mechanikai szilárdsága elegendő a falon kívüli szerelések esetén a vezetékek védelmére. A helyiség rendeltetésének megfelelő esztétikai igény kielégítésére is gondolni kell. Ezért a tervek gondos tanulmányozását követheti a nyomvonal kijelölése. Az átfutó-, leágazó-, csatlakozódobozok pontos helyét, méretét a kijelöléssel egy időben a nyomvonalterven is jelölni kell. Csak vízszintes és függőleges vonalvezetés választható, hőt kibocsátó, sugárzó berendezések közelségét kerülni kell.

Az átfutó dobozok méretének megválasztásában a csatlakoztatható védőcsövek mennyisége a meghatározó, mert a dobozon átvezethető megszakítás nélkül több áramköri vezeték is. Átfutó dobozt használhatunk leágazó dobozként is, de az átmenő vezetékek közül csak az egy áramkörhöz tartozó vezetésekről készíthető leágazás.

A vastag falú védőcsövekhez olyan kivitelű dobozokat gyártanak, amelyek szilárdsága azonos a védőcső szilárdságával. *Átfutó dobozokat* („húzódobozokat”) egyenes szakaszokon **12 m**-ként, egy irányváltotásnál **9 m**-ként, két könyökcső beépítése esetén **6 m**-ként kell elhelyezni. Két doboz közötti szakaszba két 90° -os ívnél több nem építhető be. Az előre gyártott íveken kívül más ívek beépítésére is szükség lehet. A védőcsövek összetoldását akkor is el kell végezni, ha nincs gyári karmantyú – a védőcsövek hőre lágyulnak: melegítés után felbővíthetők, hajlíthatóak. Szükség esetén fűrészsel darabolható, rá menet vágható.

5.3.3 *Műanyag vezetékcsatorna*

A műanyagból készült vezetékcsatorna négyzet, vagy téglalap keresztmetszetű. Anyaga nehezen égő (önkioltó) polivinil-klorid (kemény PVC). A vezetékcsatorna alsó részből és fedél részből áll.

A műanyag vezetékcsatorna gyakorlatilag a védőcső szerepét tölti be. Ott érdemes alkalmazni, ahol a falon kívüli szerelés előnyösebb, például ahol a fal horonymarása – , annak anyaga, kialakítása miatt – nehézségekbe ütközne. Amennyiben köpenyes vezetékeket is vezetünk, akkor kábelcsatornák szélességének meghatározásakor figyelembe kell venni a kábelünk *minimális hajlítási sugarát*. Ezek nem kritikusak az egyerű, tömör vezetékek esetében, viszont köpenyes vezetékek 90°-os irányváltásai esetén szélesebb csatorna lehet szükséges az előírt hajlítási sugár, a kábel egészséges ívének tartásához.

A vezetékcsatorna nyomvonalát úgy kell meghatározni, hogy minél kisebb mértékben legyen kitéve mechanikai sérüléseknek. A függőleges szakaszok vezetése lehetőleg sarkok közelében, vagy az ajtó- és ablaktok mellett célszerű. A vízszintes vezetékcsatorna-szakaszokat többféle módon lehet szerelni: *alsó nyomvonalvezetés* mellett a vezetékcsatorna kerülhet a padlószegélyre, de az ilyen vonalvezetés a nyílászárók megkerülésével jár.

A *felső nyomvonalvezetésnél* közvetlenül az oldalfal és a mennyezet találkozásához kerül a vezetékcsatorna, vagy a mennyezet szintjétől **25...30 cm**-re vagy (pl. díszléccel párhuzamosan vezetve, esetleg annak takarásában) lejjebb a falra. Könnyűszerkezetes épületek esetében a mennyezet és az oldalfal lekerekítés nélküli, pontos illesztéssel csatlakozik, az itt elhelyezett csatorna betöltheti a takaróléc szerepét is. A hagyományos épületekben lekerekített vagy letört fal- és földémsík találkozást készítenek, tehát a csatornát alacsonyabban kell elhelyezni.

A szerelvények elhelyezésére a hagyományos technológiáknál alkalmazott elvek érvényesek. A nyomvonalak kijelölésekor a helyiség rendeltetését is figyelembe kell venni a veszély kockázatát mérlegelve: a vezetékcsatornák kézzel elérhető magasságba kerülhetnek-e? A vezetékcsatornát járulékos hő elleni védelemmel kell ellátni azokon a szakaszokon, ahol fűtési csövet keresztez, vagy más hőszűrő tárgyat közelít meg.

5.3.4 *Műanyag köpenyes vezetékkel történő szerelés falra, tartóra*

A köpenyes vezeték szerelése fogalomkörbe hagyományosan a *kábelszerű vezetékek* és *tömlővezetékek* szerelését értjük.

A nyomvonal megválasztásánál ügyelni kell arra, hogy a vezeték mechanikailag védett helyen, lehetőleg vízszintes és függőleges irányban haladjon. Kerülni kell a felesleges irányváltásokat és kereszteződéseket, s itt is figyelembe kell venni a – kábel katalógusadataként megadott – minimális hajlítási sugarat. Az oldalfalakon a 2.5 méternél alacsonyabban haladó kábeleket mechanikai sérülés veszélyének fennállása esetén járulékos védelemmel kell ellátni. Az épületek külső falán (oldalán) a nyomvonalat úgy kell kijelölni, hogy az lehetőleg napsugárzástól védett helyen, például a tetőeresz alatti részen legyen.

Ha ez nem lehetséges, akkor a napfénynek kitett helyeken UV-álló (pl. szilikon szigetelésű) köpenyes vezetékkel kell szerelni. A nyomvonalterv ismeretében meg kell határozni az elosztó

berendezések, elágazó dobozok, lámpatestek, kapcsolók, dugaszolóaljzatok és a végleges bekötésű berendezések helyét. A csomópontok helyzete egyértelműen meghatározza a kábelszerű vezetékek szerelési magasságát. A falon kívüli szereléseknél a pontos kivitelezés az esztétikus megjelenés miatt válik fontos követelménnyé.

Gyakori, hogy egymás mellett igen nagyszámú kábelszerű vezetéket kell elhelyezni, és így a sok rögzítő bilincs miatt túl nagy tartószerkezetre lenne szükség. Lényegesen kisebb a hely és az időszükséglet, ha beépített perforált tartószerkezetet (pl. Hilti-szalagot) alkalmaznak. A köpenyes vezetékeket a szükséges sorrendben a tartószerkezet és a leszorító lapos acél (perforált acél szalag) közé illesztik megfelelő *élvédelem biztosításával*. A szerelés során ügyelnek a közel azonos átmérőjű kábelek egymás melletti elhelyezésére. A vezetéknyomvonallal a gépészeti berendezéseket úgy kell elkerülni, hogy azok javítása esetén ne legyen szükség a köpenyes vezetékek rögzítésének megbontására. Mechanikai sérülésnek kitett helyeken a kábelszerű vezetékek járulékos védelméről gondoskodni kell.

5.3.5 Szerelés létrára, kábeltálcára

A kábeltálcáknak többféle kivitelben készülnek: zárt, perforált, fedeles, nyitott, rácsozott – az alkalmazás, illetve a telepítési körülmények szabják meg a kiválasztott típust. Anyagukat tekintve a kábeltálcák leggyakrabban horganyzott acéllemezéből, a kábellétrák acélhuzalból készülnek. A fém kábeltálcákat be kell kötni az épület *védő-összekötő hálózatába*, illetve az egyes elemeket – hacsak a gyártó nem nyilatkozik a csavarkötések által biztosított villamos potenciálkiegyenlítés megfelelőségéről – külön védő-összekötő vezetékekkel is össze kell kötni (mechanikai védelem nélkül ez minimum 4.0 mm² keresztmetszetű, zöld-sárga vezető).

Vízszintes nyomvonalszakaszon a köpenyes vezetékek terített, rögzítés nélküli szerelése történhet, szorosan egymás mellé helyezett kábelszerű vezetékekkel. Ugyanazon a kábellétrán földkábelek is elhelyezhetők a köpenyes vezetékek mellett. Létrákon, kábeltálcákon a kábelszerű vezetékek rögzítési távolsága **40 cm**, a tápkábelek szoros összekötegelése viszont ugyanúgy kerülendő, mint más kábelcsatornákon belül, így biztosítható azok kielégítő mértékű hőleadása a környezet felé, megakadályozva ezzel a többi tápkábel felesleges felmelegítését is.

Amennyiben kábeltálcából egy kábel oldalirányban a fedél, vagy az oldalfal kivágásán keresztül, vagy a kábeltálca levágott végén lép ki, gondoskodni kell a tálca megfelelő élvédelmének biztosításáról. Erre tekercsben kapható *U-profilú élvédő* gumik és műanyagok állnak rendelkezésre, legtöbbjük öntapadós, némelyikük önszorító, acélbetétes kivitelben.

5.3.6 Szerelvényszerű kábelcsatornák

Irodai létesítményekben, illetve olyan közösségi terekben, ahol a bútorzat kialakítása gyakran változhat (tipikusan bérleményekben) az aktuális belső elrendezéshez rugalmasan kialakítható kábelezési technológiákat kell választani, figyelembevéve a hálózati végpontok (Ethernet) biztosításának igényét is.

Szerelvényszerű kábelcsatornák alkalmazásával egyszerűen ki lehet alakítani egy irodában az igényeknek megfelelő hálózatot (villamost és informatikait egyaránt), ami a megváltozott igények szerint bármikor rugalmasan alakítható. A csatornán belül az erős-és gyengeáramú kábelezés

elválasztható. A gyártók a kiszélesített kábelcsatorna közepén futó fedelének szélességével azonos méretű szerelvényeket kínálnak, melyekbe egyedi vagy gyárilag sorolt dugaljok is építhetőek.



5.4 ábra DLP szerelvényezhető kábelcsatorna (Legrand)

5.3.7 Padlócsatornák

Ezt a csatornatípust az aljzatbeton feletti esztrich-rétegben, üreges padlóban, vagy álpadlózat alatti térben lehet alkalmazni, de – födémszerkezettől függően – elhelyezhető a födém felső rétegében is a statikai előírások betartása mellett. Akkor szükséges ez a megoldás, ha a falon kívüli csatornarendszerrel már nem lehet a villamosenergia-ellátási és az infokommunikációs hálózati igényeket kielégíteni, pl. nagy terű irodahelyiségekben, műhelyekben. Számításba jöhet akkor is, ha egy felső (mennyezet alatti) csatornarendszer befüggesztett csatlakozásai bármely oknál fogva (térhatás, esztétikum, munkavégzés) nem kívánatosak. A padlócsatornák acélből és műanyagból készülhetnek, 4...6 m hosszban, előregyártott, egy vagy több rekeszes kivitelben. A több rekeszesek főleg az erősáramú és az informatikai berendezések vezetékének elkülönítésére, szétválasztására szolgálhatnak. A padlócsatornák leágazó dobozaiban a szerelvényeket a többi szerelvénytől függetlenül is lehet javítani, szerelni, ill. cserélni.

A vezetékcsatorna-rendszereket célszerű úgy méretezni, hogy azok legfeljebb 50%-ig legyenek kihasználva, így az utólagos bővítés, módosítás problémamentesen megoldható. A födém felső rétegébe helyezhető *padlócsatornát* többnyire levehető fedéllel készítik, amelyet szőnyegpadló vagy a fedéllel kombinált parketta takar.

Az ilyen padlócsatornák kábeleinek kivezetése legtöbbször nyitható fedelű *padlódobozokon* keresztül érhető el, illetve az irodai tér belsőépítészeti kialakításától függően történhet ún. *energiaoszlopokon* keresztül is.



5.5 Padlócsatorna és energiaoszlop különböző kábeleinek kivezetése (Schneider Electric)

5.3.8 Tokozott áramsínes szerelés

Villamosenergia elosztás tokozott áramsínes (vagy *burkolt síncsatornás*) rendszer segítségével is megvalósítható a betáplálási ponttól egészen a végfogyasztókig. Előre gyártott, tipizált elemekből állítható össze az ellátást biztosító hálózat, ahol a műanyag burkolatú, többféle méretben gyártott önhordó csatornáknak több, párhuzamosan futó rézvezető sín alkot áramköröket egy létesítmény teljes épületvillamossági vagy erősáramú hálózatának összeállításához. A kábelezési munkák szinte teljesen kiküszöbölhetők az ilyen sínrendszerek alkalmazásával, melyek így akár a betáplálás és az egyedi hozzávezetések körére szűkülhetnek le.

Világítási áramkörök is kialakíthatók síncsatornákkal, egy vagy két áramkör számára, melyben merev, nagy szilárdságú csatornákra a lámpatestek közvetlenül felszerelhetők vagy felfüggeszthetők. Ilyen alkalmazásokkal ipari létesítményekben nagy teljesítményű lámpák alkalmazása során találkozhatunk. Másik megoldásban a lámpatesteket az épület szerkezetéhez erősítik és hajlékony csatornával biztosítják a villamos energiát irodák a világítás áramkörei számára.



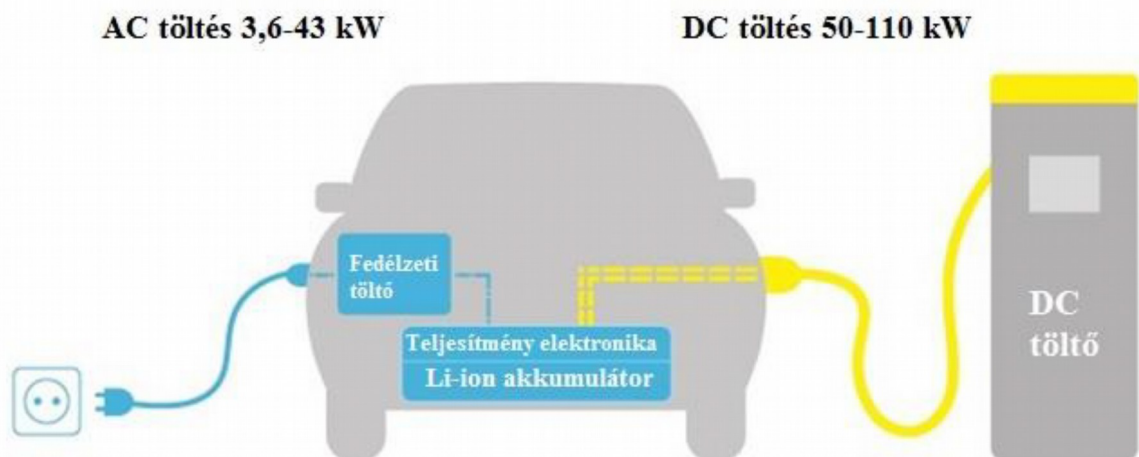
5.6 ábra *Közepes áramú (100-225A) tokozott áramsínes rendszer (techniq.hu)*

5.4 Villamos töltőállomások létesítése

A **vezetékes töltőberendezések** és töltési módok követelményeit az **MSZ EN 61851** (IEC 61851) szabványsorozat foglalja össze.

5.4.1 *Villamos járművek töltési módjai*

A villamos járművek vezetékes töltése történhet hálózati kábellel a 230/400V-os hálózatról, s ilyenkor a jármű a saját fedélzeti töltőjét használja (1. és 2. töltési mód), viszont az alacsonyabb töltőáramok miatt az akkumulátorok feltöltése többórás művelet. Speciális töltőoszlopokkal nagy teljesítményű DC töltőáramok ezt a folyamatot akár 1 óra alá szoríthatják (4. töltési mód), ehhez viszont a háztartásokban alpból elérhető 7.4-11 kW-os teljesítmény többszörösére van szükség, tehát a töltőoszlop külön villamos hálózati méretezést és megáplálást igényel.



5.7 ábra Villamos járművek töltőforrásai (e.on Hálózat)

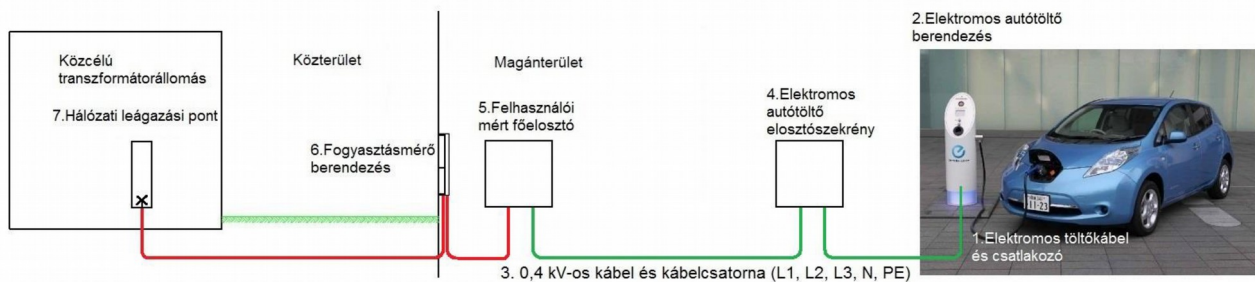
1. töltési mód: a villamos jármű töltése olyan szabványos hálózati csatlakozóról, amelynek terhelőárama nem haladja meg a **16A-t**, névleges váltakozóáramú feszültsége pedig a 250V-ot egyfázisú, vagy a 480V-ot háromfázisú hálózatban. A tápkábel védővezetőt is tartalmaz. A töltési teljesítmény a fentiek alapján így **3.7 kW (~1F)**, illetőleg **11 kW (~3F)**, a töltési idő **8-10 óra**.

A fokozott és folyamatos igénybevétel miatt azonban nem javasolt háztartási célú csatlakozóaljzatok alkalmazása a 10-16 A-es terhelési tartományban. Ezeket vagy ipari csatlakozóaljzatokra váltjuk ki (ami az autóval szállított gyári töltőkábel átalakítását jelentené), vagy az erre a célra kifejlesztett MSZ EN 62196 szerinti járműcsatlakozók egyikére, mellyel már töltési módban is feljebb léphetünk.

2. töltési mód: a villamos jármű töltése olyan szabványos hálózati csatlakozóról, amelynek terhelőárama nem haladja meg a **32A-t**, névleges váltakozóáramú feszültsége pedig a 250V-ot egyfázisú, vagy a 480V-ot háromfázisú hálózatban. A csatlakozóvezetékbe egy ellenőrző-vezérlőfunkciókat is ellátó vezérlődoboz (ICCB – In Cable Control Box) kerül, ami egy ÁVK-t is magában foglal. A vezérlődoboz a tápberendezés 1.3 méteres körzetén belül legyen! A töltési teljesítmény a fentiek alapján így **7.4 kW (~1F)**, illetőleg **22 kW (~3F)**, a töltés várható időtartama **4-5 óra**.

3. töltési mód (gyorstöltés): a villamos jármű töltését egy speciális töltőberendezés biztosítja, melyet egy külön 3-fázisú végáramkörrel táplálnak. Egy ellenőrző és vezérlőfunkciókat is ellátó berendezés (AC EVSE, ld. később) teszi lehetővé, hogy a jármű állandó jelleggel a hálózathoz kapcsolódhasson. A töltési teljesítmény **63A** alatti áramokkal, **44 kW-on** történik (~3F). A töltési idő jellemzően **2-2.5 óra**.

4. töltési mód (villám töltés): a villamos járművet egy külső töltőberendezésen keresztül csatlakoztatják egy erre dedikált villamos hálózatra. Egy ellenőrző és vezérlőfunkciókat is ellátó berendezés (DC EVSE) biztosítja, hogy a jármű állandó jelleggel a hálózathoz kapcsolódhasson. A töltés 50-500V-os DC feszültséggel történik. A töltési teljesítmény **38-170 kW** között lehet, a töltési idő mindössze **30-40 perc**.



5.8 ábra Magánterületen létesített töltőberendezések (e.on Hálózat)

5.4.2 A villamos töltőállomások létesítésére vonatkozó fogalmak

Villamos jármű (angolul: *Electrical Vehicle*, rövidítve: EV): Újratölthető, energiarendszertől táplált, villamos motorral meghajtott, közúti használatra szánt jármű.

Csatlakozási pont: A rögzített berendezésben (töltőoszlopban) lévő végpont, amelyen keresztül energiát továbbítanak a villamos járműbe, vagy a villamos járműből.

Igénytényező (Demand Factor): meghatározott időn belül a töltőállomás legnagyobb áramigényének arányszáma a beépített teljes terheléshez képest.

Ez nem azonos a korábban tárgyalt *egyidejűségi tényezővel*, amelyet a tápláló áramkörre vonatkoztatva itt 1-nek kell venni, amennyiben a töltőberendezés összes csatlakozópontját egyidejűleg lehet használni.

Villamos jármű tápellátó berendezése (Electrical Vehicle Supply Equipment, EVSE): vezetők, beleértve a fázis-, nulla-és védővezetőket, a jármű összekötő kábelét és csatlakozódugóját és minden olyan tartozékot és egységet, tápaljzatot, ami lehetővé teszi a jármű töltőoszlopból vagy táphálózatból való töltését, illetőleg a kommunikációt is közöttük, ha az szükséges. Itt jellemzően a 3. (AC EVSE) és a 4. töltési módokhoz (DC EVSE) tartozó eszközökről van szó.

Villamos jármű töltőállomás: a villamos jármű tápellátó berendezésének (EVSE) táphálózatához csatlakoztatott, rögzített része.

Terhelésszabályozó (Load Control vagy Dynamic Load Management): olyan villamos szabályozórendszer, amely biztosítja, hogy az adott áramkörök terhelő áramainak összege ne haladhassa meg az előre meghatározott biztonságos értéket, megakadályozva ezzel a villamos hálózatunk túlterhelését.

A terhelésszabályozó rendszer egy adott töltőállomás több, egyidejűleg működő töltőoszlopa között egyenletesen osztja szét a hálózatból kivehető maximális teljesítményt, így kevesebb vagy egyetlen jármű töltése esetén a legmagasabb töltőáram, míg több jármű esetén arányosan kevesebb töltőárammal terhelik a hálózatot. Az egyes töltőoszlopok között lehet huzalozott, vagy vezeték nélküli kommunikáció is – ez utóbbi esetben a terhelésszabályozó szoftver egy okos eszközön vagy felhőben futó alkalmazáson keresztül működik.

Az okosrendszeres platformon működő töltőegységek (Smart Charging) lehetővé teszik, hogy egyetlen felhasználói fiókkal akár egy teljes régió vagy földrész összes töltőállomására be tudjunk jelentkezni egy egyszerű regisztrációt követően, figyelemmel kísérhetjük a járművünk töltöttségi állapotát, miközben a járműtől távol is lehetünk, hogy aztán később a számlázást és a fizetést is ugyanezen az úton tudjuk intézni. Az ilyen okos töltőállomások összekombinálhatósága az olyan okoshálózati elemekkel, mint például az okosmérő rendszerek (Smart Metering) olyan távlatokat nyitnak meg az energetikában, ami ma még elképzelhetetlen rugalmasságot és egyben hatékonyságot is ad majd a villamos energiafelhasználásban, illetve stabilitást a villamoshálózati rendszerirányításban.

5.4.3 *A villamos töltőállomások védelmének kialakítása*

Minden váltakozóáramú csatlakozási pontot egyenként kell védeni egy **30 mA**-nél nem nagyobb névleges kioldóáramú *áram-védőkapcsolóval*, amelynek meg kell felelni az **A-típusú, lüktető egyenáramok** érzékelésére vonatkozó követelményeknek.

Amennyiben a töltőállomás az **MSZ EN 62196** szabványsorozat szerinti csatlakozóaljzattal van felszerelve, úgy az egyenáramú hibavédelmet **B-típusú** ÁVK-val kell megoldani; vagy A-típusú, esetleg az inverterekhez fejlesztett **F-típusú** ÁVK-val lehet megoldani, de ez esetben kiegészítve az **IEC 62955** szerinti egyenáramú hibaérzékelő eszközzel.

Minden *csatlakozási pontot* külön végáramkörrel kell megtáplálni, kivéve, ha az **IEC 61851-1** szerinti tápellátó berendezése (EVSE) egynél több csatlakozási ponttal rendelkezik, és tartalmazza a szabvány *13.1 szakasza* által előírt túláramvédelmi eszközt.

A nyilvános csatlakozási pont a közszolgáltatás részének tekintendő, s mint ilyet, védeni kell a **túlfeszültségek ellen**.

Szabadtéri, de tető alatti létesítés esetén, minimum a kis porszennyeződések és a freccsenő víz elleni védelmet biztosító **IP54**-es gyártmányvédelemmel kell rendelkeznie. Tető nélküli telepítés esetén minimum **IP56**-os védelem, és UV álló anyagok alkalmazása javasolt.

Közterületen létesített töltőállomások esetén a *mechanikai védelem* biztosítása is fontos szerephez jut. A kitettség csökkentésére a töltőoszlopokat érdemes a gyalogosforgalomtól mentes parkolóhelyek mellé telepíteni, tehát a járdák szélén való elhelyezést kerülni kell. A közterületi töltőberendezések fokozott mechanikai védelemmel és/vagy ellenállósággal rendelkezzenek, lehetőleg feleljenek meg az **MSZ EN 62262** szerinti **IK08** követelményeinek!

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 tömítései 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, üvegszálal 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 kötésponójánál (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 kiserelhető N-és PE-elosztósín, ami alapesetben 1.5-16.0 mm² közötti keresztmetszetű vezetöket 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 kalapsínen szerelt eszközök vízszintes szabvány 116 modulszélessége: 1"M" = 17.5mm, 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 mm² keresztmetszetig) hajlékony vezetékek számára fésűs vezetékcsatornák használhatóak ügyelve arra, hogy a táplálás céljára alkalmazott vezetékek ne legyenek összekötegelve. 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 vaskosabb 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 kábelnek 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 szikragáták) 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 földelősorkapocs 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. Többes (multicore) vezérlőkábelek számozott belső erei mindig a megfelelő sorszámú sorkapcson kap helyet, ami jelentősen leegyszerűsíti a helyszíni telepítés munkáit, később pedig a hibakeresést, hiszen a marshalling sorkapocs 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 *alaplapon*) 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 sorszámzásának megfelelő számozással rendelkezik. Helytakarékosági okokból előfordul, hogy ezek az alaplapok már valamilyen leválasztó eszközt is tartalmaznak; ilyenkor az alaplapon már nincs külön elmenő sorkapocs-sáv, 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 kötéseket, 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 kábellétrát, vagy rendezőgyűrűket alkalmazzunk a terepi oldalon!

6.1.6 „Rack”-rendszerű szekrények

A zargonban „rackszekrényként” említett felépítményeknél az EIA-310-D szabvány* (Electronic Industries Alliance) 19”-os (482.6 mm) rackszélességű vázszerkezetek szereléstechológiájára 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 elvétve még a vezérléstechnikában is előfordulhat. Nagy előnye más konstrukciókkal ellentétben, hogy amennyiben a beépített eszközök elektromos hozzávezetései szigetelt csatlakozókkal történik, akkor a „racks” 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 alkalmazzunk a mai napig hasított fejű rögzítő csavarokat a rackek rögzítésre, hiszen így ugyanaz a szerszám használható a csavarok bontására, mint az eszköz kimozzgatására és a csatlakozók kipattintására is. Az M6-os méretű rögzítőcsavarokat 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

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

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 felrögzíthetőek.

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 mozgatósi 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 mozgatósi 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 fűrást 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 rászerezelt *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 tájékozódni 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 csökötések 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:

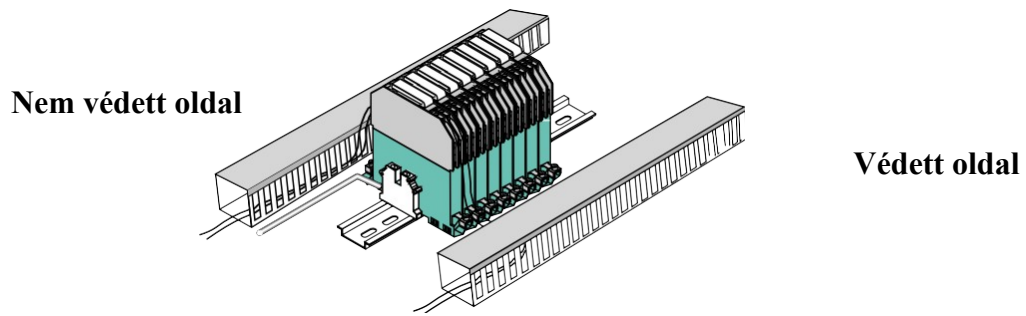
- Kisfeszültségű és nagyáramú kábelek; hajtástechnikai kábelek;
- Vezérléstechnikai célokra alkalmazott kisfeszültségű kábelek;
- Törpefeszültségű tápkábelek;
- Relékontaktusok vezetékai;
- Analóg jelek kábelelei;
- Termoelemek (kompenált) kábelelei;
- Gyújtószikramentesen leválasztott jelek;
- Infokommunikációs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

A különböző típusú elektromos rendszerek kábelezésének elkülönítésével azok áramköri egységei fizikailag is széttagolódnak, 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 átcsatolódnak.



6.4.ábra Túlvezetés-kezelőkhöz 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 kitétség a csapóesővel és a napsugárzással szemben, ez utóbbi pedig megkíméli a doboz műanyagait a *közvetlen UV-sugárzás* hatásaitól, 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 elvárnánk, 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 berendezégyártók 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 szekrény szintű 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 kivitel rendeljük meg. A hűtőteljesítmény kiválasztásánál azt a hőteljesítményt 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 ilyet 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.



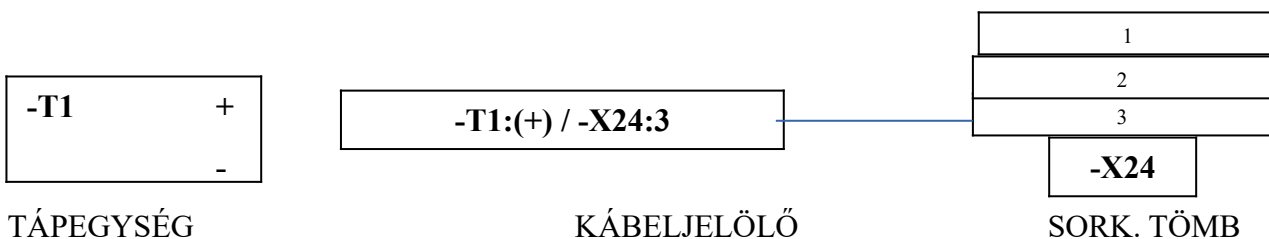
6.5 ábra Anti-kondenzációs szellőzőszelep (Schneider Electric)

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 *beüzemelést követő utószerelés* viszont szinte biztosan követi majd. Ennek érdekében a szekrénybe épített elektronikai eszközöknek más részegységek megbontása – vagy minimális átrendezése – nélkül egyedileg is kiszerezhetőnek 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 átsugorcsövezést 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.

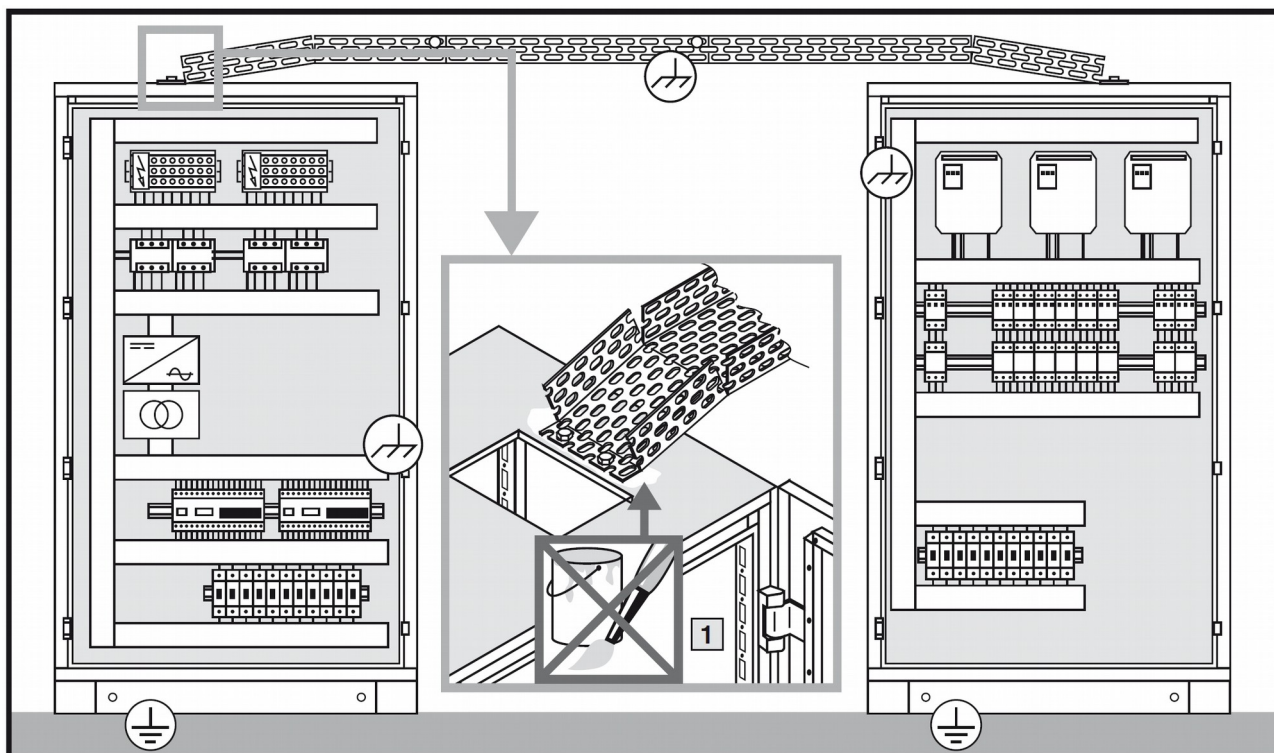
6.2.5 Zavarvédelem és földelés

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 **gyűjtőszikramentes jelföld** (GYM földelés, ISE = Intrinsically Safe Earth), melyet kizárólag *Zener-szikragátakkal* leválasztott gyűjtőszikramentes jelek földelésére használhatunk. Fontos tudnivaló, hogy a Zener-gátak nem végeznek galvanikus leválasztást, ezért a gyűjtőszikramentes műszerföldet *ne vigyük be a PLC kapcsaira!* Ha ez mérés technikailag elkerülhetetlen lenne, inkább válasszunk gyűjtőszikramentes *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 mérésnél, 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.



6.6 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 földelősín 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 mm²-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 eszközözig dedikált útvonalon haladjon, melynek mentén legyen lehetőség a kábel(ek) megfelelő rögzítésére a nagy zárlati áramok okozta – kábeltestre és kötési pontokra gyakorolt – elektrodinamikusan hatás 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 feszülésmentesítéssel rendelkező kábelbevezetőket használjuk), a megfelelő kialakítású fém tömszelencék pedig képesek a kábelárnyékolás vagy páncélzat potenciáljának rögzítésére is. Ennek hiányában javasolt egy helyi PE földelő sín 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 ergonómiailag 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 szekrényttest 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 helyszíntre 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 papírjai 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 lefűrni és beütődübelrel rögzíteni.

6.3 Megfeleléségi vizsgálat

A villamos elosztó-és vezérlődobozok minősítésére elsősorban az **MSZ EN 61439**-es szabványrendszer használandó. Az egyes megfeleléségi 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 meghatározni, 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, kifeszültségű 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) légekzők és kúszóáramutak;
- 3) áramütés elleni védelem és a védőáramkörök épsége;
- 4) a beépített alkatrészeken beszereltsége;
- 5) belső villamos áramkörök és összekötések;
- 6) külső vezetőkhez való csatlakozókapcsok;
- 7) mechanikai működés.

6.3.2 Érintésvédelmi mérések

A szigetelésvizsgálatot a beépített vezetékvezetés 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 vezetékezést, 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 dokumentációkból 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 meghivatkozva 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 védelemmel bírhat, a tokozat IP besorolása lesz a végső produktum, a gyártmány számára az irányadó. Ha egy vezérlő elektronikát *nyitott nyomtatott áramkört lappal* és IP20-as besorolású sorozatkapcsokkal egy IP54-es dobozba építünk IP56-os kábelbevezető tömítő szelencékkel, akkor – megfelelő szereléstechnika 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.

7. VEZÉRLÉS-ÉS SZABÁLYOZÁSTECHNIKA

7.1 Irányítástechnikai alapfogalmak

Az *irányítástechnika* műszaki-technológiai folyamatok irányításával foglalkozó tudományág. Az *irányítás* műszaki folyamatba történő célszerű beavatkozás, olyan műveletsor, mely a folyamatot *elindítja, fenntartja, megváltoztatja* vagy *megállítja*. Az irányítás lehet *kézi* vagy *önműködő*. Az előbbi esetben az irányítást egészében vagy részben az ember, az utóbbiban az ún. irányító berendezés a kezelőtől függetlenül végzi.

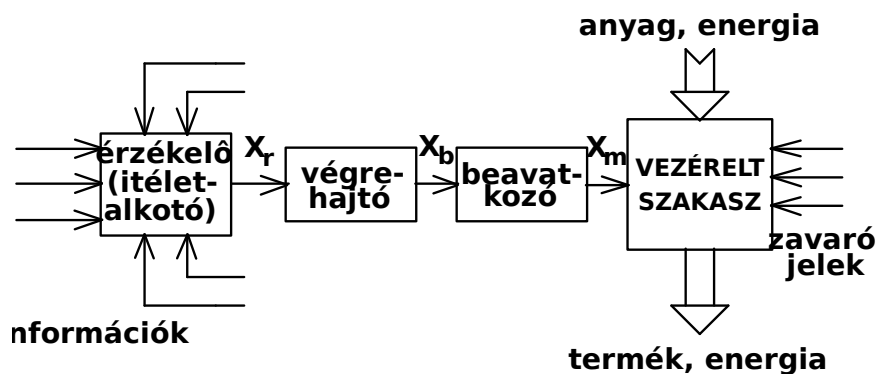
Az önműködő irányításokkal foglalkozó tudományágot nevezzük *automatikának*. Főbb fogalmai:

- érzékelés:** értesülés-(információ-)szerzés az irányítandó folyamatból, ill. annak környezetéből.
- ítéletalkotás:** a beszerzett információk értékelése, feldolgozása alapján döntés a folyamatba való beavatkozásról.
- rendelkezés:** utasítás a beavatkozásra.
- beavatkozás:** az irányított folyamat befolyásolása.
- Tag:** a tömbvázlatnál a tömb (blokk) szokásos elnevezése. Az irányítási rendszer szervének, szervcsoportjának jelformáló tulajdonságaira utaló fogalom. Az irányított rendszert ábrázoló tagot **irányított szakasznak** nevezzük. Bemenete a bemenő-, kimenete a kimenő jel.
- Szerv:** azon szerkezeti egység, mely önállóan lát el irányítási részfeladatot (pl.: beavatkozó szerv).
- Elem:** irányítási szempontból a rendszer tovább nem bontható szerkezeti része.
- Hatáslánc:** Az irányítás azon műveletsora, melyet szerkezeti elhatárolható egységek hajtanak végre. Ezen egységekből épül fel az irányítási lánc, melyen a rendelkező hatás áthaladva végül a folyamatot befolyásolja. Innen a *hatáslánc* elnevezés. A hatásláncon áthaladó hatásokat *jeleknek* nevezzük.

A hatáslánc fajtájától függően az irányítástechnika két fő funkcionális területre, a **vezérlésre** és **szabályozásra** osztható.

7.1.1 Vezérlés

A vezérlésre jellemző, hogy a begyűjtött információk csak a *rendelkező jel* kiváltására szolgálnak, a vezérlési művelet eredménye a berendezés állapotától függ. A zavaró jelek hatását csak korlátozottan tudja ellensúlyozni, mivel **a hatáslánc nyitott**. A környezetből és a folyamatokból vett információk feldolgozása alapján keletkezik a rendelkező jel, melynek hatására létrejön a beavatkozás (rendszerint indítás és megállítás).



7.1 ábra A vezérlés hatáslánca

A különböző vezérléseket a rendelkezőjel származtatása alapján az alábbi csoportok szerint osztályozhatjuk:

Követő vezérlés: az irányítási lánc rendelkezőjelét valamilyen érzékelő állítja elő.

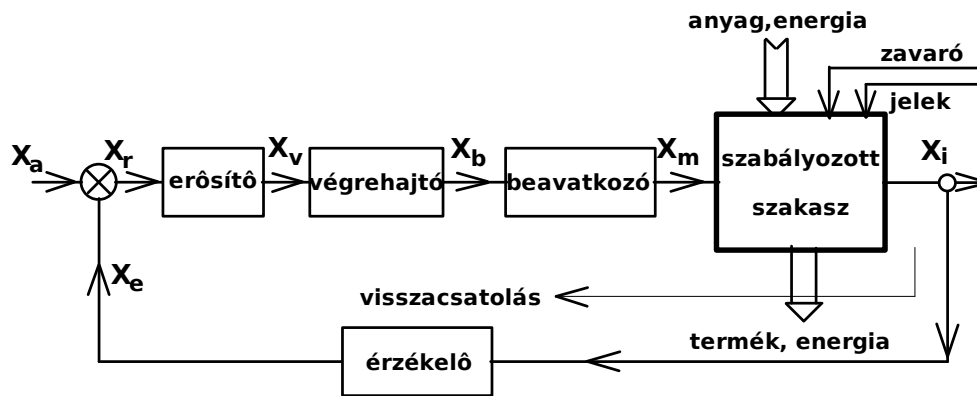
Menetrendi vezérlés: a rendelkezőjel egy előre meghatározott időterv vagy bizonyos feltételek alapján meghatározott program szerint fut le, így ezen belül lehet **időterv vezérlés**, vagy **lefutó vezérlés**.

A **lefutó vezérlés** tovább osztályozható **sorrendi vezérlésre**, ahol a rendszer egy meghatározott sorrendben kerül egyik állapotából a másikba, illetve **feltétel vezérlésre**, mely a kimenőjelét az egyes bemeneti jelkombinációk alapján szolgáltatja.

Ha villamos vezérléstechnikai példákat keresünk, akkor egy *csillag-delta indítókapcsolás* lehet időterv vezérlés, amennyiben az átkapcsolást egy időrelé végzi, más kialakításban lehet feltétel vezérlés is, ha ugyanerre a feladatra áramrelét, esetleg valamilyen fordulatszám érzékelőt alkalmazunk.

7.1.2 Szabályozás

A rendelkező jelet egy *alapjel* és a szabályozott szakaszból vett *ellenőrző jel* különbsége adja, mely felerősítve úgy hat a folyamatra, hogy ez a *különbség csökkenjen*. A szabályozás **hatáslánca zárt hurkú** (visszacsatolt). Ez az irányítási módszer alkalmas a folyamat fenntartására vagy megváltoztatására. A szabályozással minden zavaró hatás kiküszöbölhető.



7.2 ábra A szabályozás hatáslánca

A szabályozás elmélete és hatásainak modellezése csak igen komplex matematikai összefüggések ismeretében értelmezhető. Jelen jegyzetben azon alaptagok működési modelljeinek bemutatására szorítkozunk, melyek ismerete a fontos lehet egyes folyamatirányító rendszerek gyakorlati alkalmazásában.

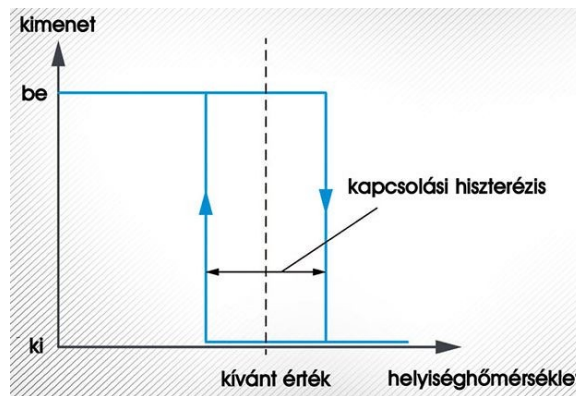
A szabályozott jellemző *stabilitási problémáinak* bemutatását egy szobatermosztát példáján keresztül illusztráljuk.

Az *alapel* a felhasználó által beállított kívánt szobahőmérséklet (X_a).

A *beavatkozó* a hőtermelő (kazán), az általa biztosított fűtővíz hőmérséklete lesz az irányított jellemző (X_m).

Ne feledjük, a szoba hőmérséklete a *szabályozott szakasz*, amit stabilan kell tartanunk a radiátorban vagy padlófűtésben keringő fűtővíz hőmérsékletének szabályozásával, tehát a visszacsatolás – a szoba levegőjén keresztül ebben az esetben az érzékelő által mért levegő hőmérséklete, ami az *ellenőrzőjelet* (X_e) biztosítja a szabályozáshoz.

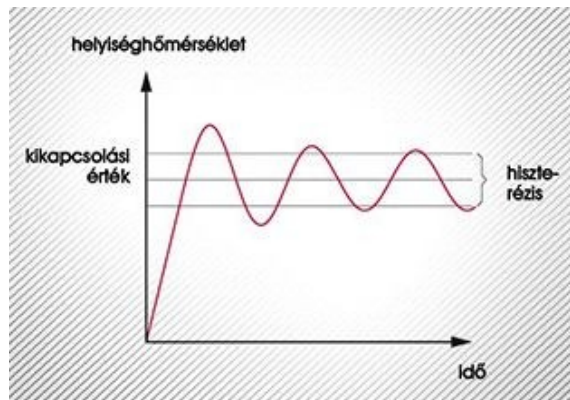
Nézzünk erre egy egyszerű szabályozástechnikai megoldást, amikor a feladatot egy normál ki/be kapcsolással rendelkező termosztátra bízunk. Tételezzük fel, hogy a termosztát ± 1 °C-os *hiszterézissel* dolgozik, tehát $+20$ °C-os beállítás esetén $+19$ °C-on húzza meg és $+21$ °C-on ejti ki a reléjét (a kazán előremenő hőmérsékletét tekintjük stabilnak ebben a példában). A termosztát a megadott 2 °C-os hiszterézis sávban a kazánt ki-be kapcsolgatja: megvalósult az ún. *kétpont-szabályozás*, melynek jellemzője, hogy a szabályozott jellemzőt a szabályozott szakasz ki-és bekapcsolása útján tartjuk a (gyárilag megadott) tűrési tartományon belül.



7.3 ábra A kétpont-szabályozás idődiagramja (vgfszaklap.hu)

Ez a módszer, ha nem is a leggazdaságosabb, de az egyik legmegbízhatóbb szabályozási megoldást biztosítja egy olcsó és egyszerű fűtési rendszerekben. De mi történik akkor, ha szabályozott jellemzőnk, a levegő hőmérséklete túl lassan, vagy túl gyorsan változik, a beállított tartományon belüli kapcsolás ellenére az értéke „túlló”, vagy akár alá is esik a kívánt tartománynak?

Egy gyorsabb lehűlés esetén (pl.: szellőztetés miatt) bár a termosztát be fog kapcsolni a megadott hőmérsékleten, a szabályozott (fűtési) rendszer nem tud olyan gyorsan reagálni és felfűteni, hogy a szoba hőmérséklete ne zuhanjon be a komfort érték alá – tehát a válaszreakció túl lassú a szakasz változásának kompenzálására. Ugyanígy zavaró lehet, ha egy hirtelen felmelegedésre (pl.: az ablakon át érkező napsütés miatt meredeken kezd emelkedni a hőmérséklet) a szabályozó nem tud időben választ adni, a szabályozott szakasz (szobahőmérséklet) „túlló”, annak ellenére, hogy a termosztát ebben az esetben is a megadott határértéknél kapcsol ki, viszont ez az egyszerű szabályozás nem képes a **változás sebességének kezelésére**.



7.4 ábra A szobahőmérséklet változása kétpont-szabályozás esetén (vgfszaklap.hu)

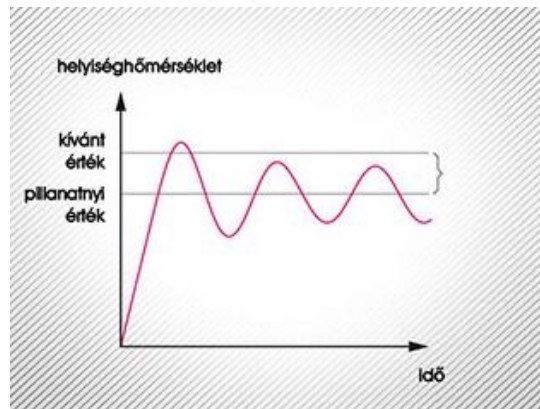
7.1.3 PID szabályozók alkalmazása

A szabályozott jellemző dinamikus változásait is értékelni képes szabályozásra biztosítanak megoldást az ún. **PID szabályozók**. Ezek az eszközök a három alaptagból összeállított komplex szabályozást valósítják meg, ahol a **P** (proporcionális) az arányos, **I** (integráló) a késleltetés mértékét, míg a **D** (differenciális) a szabályozás dinamizálásának mértékét adja meg. Az egyes alaptagok beavatkozásának mértékét – a szabályozott folyamat ismeretében – lehet külsőleg

paraméterezni előzetes számítások, helyszíni mérések, vagy akár a folyamat gyakorlati ismereteinek útján.

A fenti hétköznapi példában a hőtermelő elcsúszó indításának és leállításának megoldására a szabályozó dinamikáján kell erősíteni. De mi történik akkor, ha az említett behatásokra (szellőztetés, napsütés) túl gyorsan reagál a szabályozónk? Ebben az esetben az integráló jellemző erősítésével tudunk e folyamat érzékenységén csökkenteni.

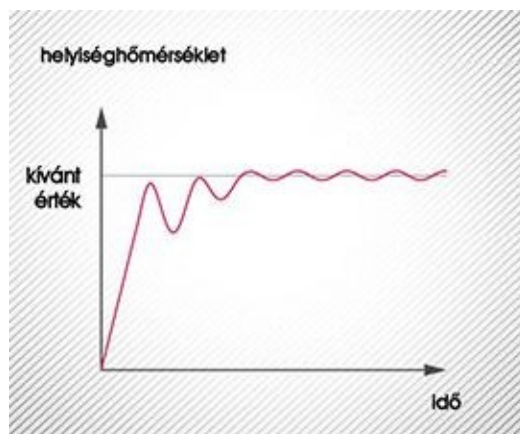
Az egyes alaptagok alul- vagy túlzott mértékben való behatása eredményeként találkozhatunk alulszabályozott szakasszal, ami az integráló tag hiányára – vagy a differenciáló tag túlerősítésére – utalhat, hiszen a rendelkező jel változása a szabályozott jellemző túllövését okozza, rövid időn belül, akár mind a két irányban. Ez utóbbi esetben jellemzik úgy a folyamatot, hogy „leng”, „belengett”. A fenti példát hozva ilyen esetekben a hőtermelőnket indokolatlanul gyakran kapcsolgatja a szabályozót föl-le.



7.5 ábra *P*-szabályozós szakasz idődiagramja (vgfszaklap.hu)

Előfordulhat, hogy az integráló szűréssel túlzásba esünk, ez esetben a kimeneti jel nem követi elég gyorsan a bekövetkező gyors változást: a beavatkozó jel lassan lép közbe, a kimeneti jellemző akár hosszú időn keresztül is a meghatározott tartományon kívül maradhat (a kazán későn kapcsol be és/vagy ki is).

Egy optimálisan beszabályozott analóg szakasz esetén szintén megfigyelhető egy ciklikus lengés, viszont a megadott szabályozási értéken belül maradván olyan frekvencián és mértékben, amely nem zavaró a szabályozott szakaszra és környezetére.






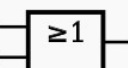

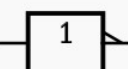

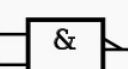

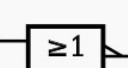

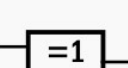

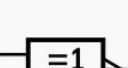
7.6 ábra *PI-szabályozóval optimálisan beállított szakasz idődiagramja (vgfszaklap.hu)*

Az optimális beszabályozás *analóg szabályozástechnika* mellett szemléletesebb: a fenti példát elképzelhetjük kazán helyett egy háromjáratú motoros szeleppel, melynek szelepállásával tudjuk állítani a radiátorokba szivattyúzott fűtővíz hőmérsékletét.

A korszerű irányítástechnikai rendszerekben kompakt PID-szabályozó eszközökkel csak önálló, decentralizált szabályozást végző eszközökben találkozhatunk, viszont PLC és DCS rendszerek szoftveres fejlesztőkörnyezetében igény szerint bármilyen szabályozótagot (PI, PD) össze tudunk állítani, amelyben a paraméterezés is lehetséges, még a beüzemelés követően is, nagyban megnövelve a folyamat működési biztonságát és minőségét. A PID-szabályozó itt már csak virtuálisan létezik, a számításokat a szabályozás algoritmus alapján a PLC processzora végzi el a kimenet megfelelő beállításához, beszabályozásához.

7.1.4 Logikai kapuk és alapfüggvények

Egyszerű logikai vezérlők programozásához szükségünk lehet a logikai alaptételek, ezzel együtt a digitális alapkapuk működési diagrammjainak ismeretére. Az alábbi táblázatban ezt foglaljuk össze a műszaki dokumentációkban alkalmazott hagyományos és szögletes szimbólumainak megfelelően (a gyakorlatban ezek keverékeivel is találkozhatunk):

Kapu	hagyományos jel	szögletes jel	művelet	Igazságtábla																		
AND (és)			$A \cdot B$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">bemenet</th> <th>kimenet</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A AND B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	bemenet		kimenet	A	B	A AND B	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
bemenet		kimenet																				
A	B	A AND B																				
0	0	0																				
0	1	0																				
1	0	0																				
1	1	1																				
OR (megengedő vagy)			$A + B$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">bemenet</th> <th>kimenet</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A OR B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	bemenet		kimenet	A	B	A OR B	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
bemenet		kimenet																				
A	B	A OR B																				
0	0	0																				
0	1	1																				
1	0	1																				
1	1	1																				
NOT (negálás)			\bar{A}	<table border="1"> <thead> <tr> <th>bemenet</th> <th>kimenet</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>NOT A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	bemenet	kimenet	A	NOT A	0	1	1	0										
bemenet	kimenet																					
A	NOT A																					
0	1																					
1	0																					
A NOT kaput az elektronikában nevezik még <i>invertetnek</i> is, hiszen gyakorlatilag megfordítja, idegen szóval invertálja a bemenetként kapott igazságértéket.																						
NAND (negált és)			$\overline{A \cdot B}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">bemenet</th> <th>kimenet</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A NAND B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	bemenet		kimenet	A	B	A NAND B	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
bemenet		kimenet																				
A	B	A NAND B																				
0	0	1																				
0	1	1																				
1	0	1																				
1	1	0																				
NOR (negált vagy)			$\overline{A + B}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">bemenet</th> <th>kimenet</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A NOR B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	bemenet		kimenet	A	B	A NOR B	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
bemenet		kimenet																				
A	B	A NOR B																				
0	0	1																				
0	1	0																				
1	0	0																				
1	1	0																				
XOR, EXOR vagy MOD2 (kizáró vagy, antivalencia)			$A \oplus B$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">bemenet</th> <th>kimenet</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A XOR B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	bemenet		kimenet	A	B	A XOR B	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0
bemenet		kimenet																				
A	B	A XOR B																				
0	0	0																				
0	1	1																				
1	0	1																				
1	1	0																				
XNOR vagy EXNOR (negált kizáró vagy, ekvivalencia)			$\overline{A \oplus B}$	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">bemenet</th> <th>kimenet</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A XNOR B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	bemenet		kimenet	A	B	A XNOR B	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
bemenet		kimenet																				
A	B	A XNOR B																				
0	0	1																				
0	1	0																				
1	0	0																				
1	1	1																				

7.7 ábra Logikai kapuk jelölése és igazságtáblázata

George Boole angol matematikus dolgozta ki a matematika nyelvén azokat a logikai törvényszerűségeket, amelyeket logikai algebrának, vagy **Boole-algebrának** hívunk. Alapvetően arról szól, hogy egy állítás igazságértéke lehet „igaz” vagy „hamis”. Ezt a két értéket könnyen lehet a bináris számrendszerben reprezentálni; ha a kijelentés igaz, akkor logikai értéke „1”, a hamisnak pedig „0”, villamosan értelmezve:

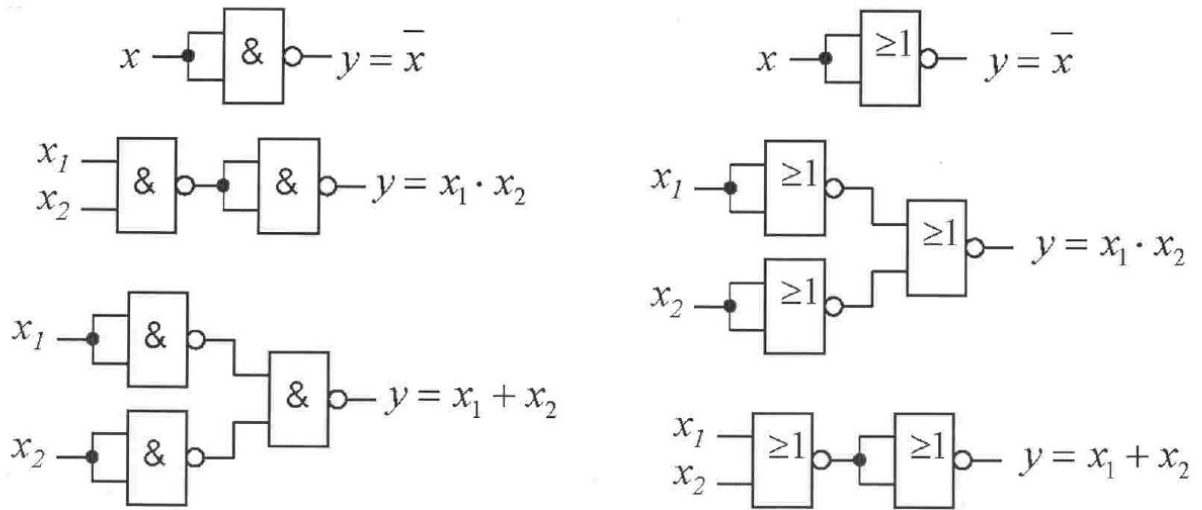
„1” = logikai „H” (magas) szint

„0” = logikai „L” (alacsony) szint

A Boole-algebra alaptételei:

- Idempotencia:
 - (a) $x + x = x$ és
 - (b) $x \cdot x = x$
- Korlátosság:
 - (a) $x + 1 = 1$ és
 - (b) $x \cdot 0 = 0$
- Involúció: $(x')' = x$
- Asszociativitás:
 - (a) $x + (y + z) = (x + y) + z$ és
 - (b) $x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z$
- De Morgan azonosságok:
 - (a) $(x + y)' = x' \cdot y'$ és
 - (b) $(x \cdot y)' = x' + y'$,
- Abszorpció:
 - (a) $x + (x \cdot y) = x$ és
 - (b) $x \cdot (x + y) = x$

A fenti tételek közül a *De Morgan szabály* szerinti átalakításnak nagy gyakorlati jelentősége van, hiszen ennek ismeretében tudunk logikai VAGY kapcsolatot kialakítani NAND kapukkal, illetve logikai ÉS kapcsolatot NOR kapukkal. A valós megoldásokban ugyanis gyakran fordul elő, hogy csak egyféle kapu áll rendelkezésre egy rendszerben vagy integrált áramkörben (csak NAND, vagy csak NOR), s abból kell előállítani a másik kettőt:

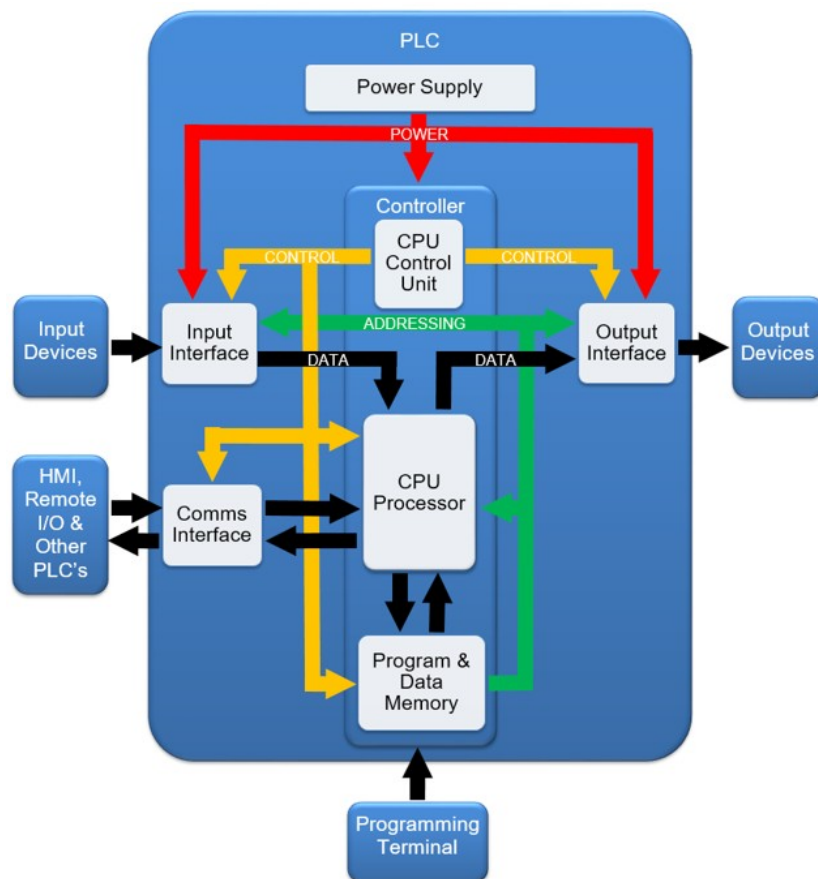


7.8 ábra Csak NAND, illetve csak NOR kapus alkalmazások (Óbudai Egyetem KVK, MTI)

7.2 Programozható logikai vezérlők alkalmazása

7.2.1 A PLC-k általános felépítése

Ipari környezetben általános és speciális vezérlési és szabályozástechnikai feladatok megoldására a legtöbb esetben programozható logikai vezérlőket, röviden PLC-ket (Programmable Logic Controller) alkalmazunk. A PLC-k általános felépítése alapján külön *bemeneti és kimeneti egységgel* rendelkeznek, melyeket általában csak I/O-ként (input/output egységként) hivatkozunk meg. A PLC fő egységét egy központ feldolgozó egység (CPU) és egy *programtároló* alkotja, mely kiegészül egy *adattároló* kapacitással is. A programtárolóba kerül értelemszerűen a kívánt vezérlőprogram vagy szabályozási algoritmus, melynek végrehajtása során a begyűjtött és számított adatokat a CPU az adatmemóriában tárolja le.



7.9 ábra Általános PLC architektúra (ladderlogicworld.com)

A PLC-k rendelkeznek kommunikációs portokkal is, melyeken keresztül – általában valamilyen ipari szabvány szerinti protokollon keresztül – kapcsolódni tudnak külső kijelző-és kezelőegységekhez (Pl. HMI-okhoz), más PLC-khez, külső hálózati rendszerelemekhez és ún. *Remote I/O* egységekhez is.

Korszerűbb vezérlőkben az I/O egység a vezérlőtől fizikailag távol is működhet, ami a terepi műszerekhez vagy ipari folyamatszabályozás mérő-távadóinak közelében történő letelepítés esetén

nagyban lecsökkenti a vezérlőkábelek mennyiségét. Ezekben az architektúrákban a *Remote I/O* (távbemenet/kimenet) egységekben történik meg az elsődleges jelfeldolgozás (szűrés, erősítés, analóg-digitális átalakítás), így a PLC felé a bemeneti – illetve a PLC-irányából a kimeneti – jelek már csak valamilyen kommunikációs protokollon és egyetlen kábelon keresztül jutnak el (vagy érkeznek meg) a feldolgozás és beavatkozás helyszínére.

7.2.2 *A logikai leírásmód és a PLC programozás nyelvei*

Egy probléma kezelésére irányuló irányítási feladat megvalósításánál a *folymatábra* az egyik legkifejezőbb ábrázolásmód a bemeneti feltételekre adott válaszlépések lekövetéséhez. Ez nem pótolja a működés szöveges megfogalmazását, de egyértelművé modellezi le a kívánt működést, ezért a programozás megkezdése előtt ennek felvázolása mindenképpen ajánlott.

Azon vezérlési feladatoknál, ahol csak digitális változókkal kell kombinációs hálózatot létrehozni, a működést egyszerűbb lehet *igazságtáblázatokkal* meghatározni (ld. a logikai kapukat).

A PLC-k programozására számos módszer létezik, a legegyszerűbb, amit általában kompakt PLC-ken alkalmaznak, hogy az eszközön található gombok és kijelző segítségével visszük be az egyszerű programokat bármilyen külső eszköz nélkül. Ez a megoldás remekül működik kisebb programoknál, ám nagyobb feladatok programozásához nem alkalmas. A moduláris PLC-eket általában nem látják el külön kezelőszervekkel, hanem a programot PC-n fejlesztik, majd megfelelő adatkábel segítségével töltik át a PLC-re. Ezek a programok általában képesek valamilyen szinten szimulálni a PLC működését, így a programok tesztelése már a PC-n megtörténhet. A különböző szakemberek különböző szemléletmódjaihoz is igazodtak a fejlesztőszoftverek, több különböző programmegjelenítés is lehetséges. Az **IEC 61131** szabvány a PLC felhasználói programnyelveket két osztályba sorolja:

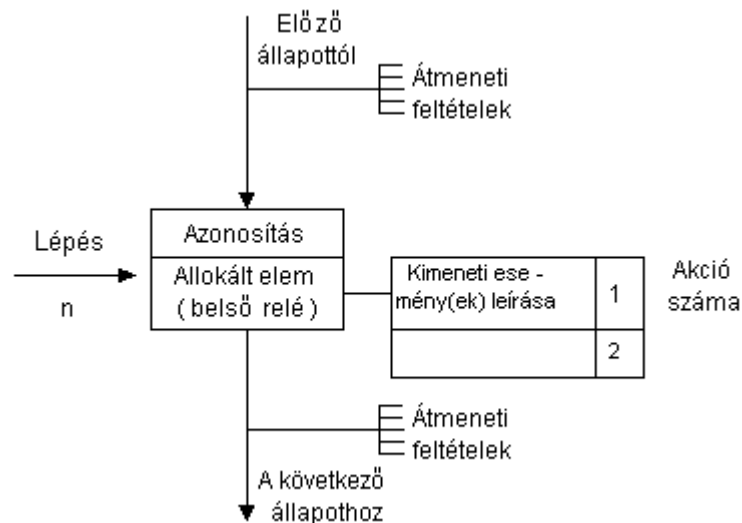
- *szöveges rendszerű*, melybe a **Strukturált** (Structured Text - **ST**) és az **Utasításlistás** (Instruction List - **IL**) programnyelv tartozik.
- *grafikus szimbólumokat alkalmazó programnyelvek* **Létradiagram** (Ladder Diagram - **LD**), a **Funkcióblokkos** (Function Block Diagram- **FBD**) és a **Sorrendi folyamatabra** (Sequential Flow Chart - **SFC**)

A **szöveges megjelenítési** mód hasonlít a hagyományos PC-s programnyelvekre leginkább. Ez azonban nem annyira áttekinthető, mint a grafikus módok. A lényege, hogy különböző a gép által érthető „mondatokkal” adjuk meg, hogy mit is csináljon majd a PLC. Ezeket a mondatokat a fordítóprogram lefordítja a PLC számára érthető programnyelvre, majd áttölthetjük azt a PLC programtárába. A lista minden egyes **sora** egy-egy **elemi műveletet** ír le. Egy művelethez általában egy **utasítás** és a művelethez tartozó **operandus** (cím, vagy adat) tartozik. Az utasítás-szó (a mnemonic) általában a műveletet jelentő szónak angol, vagy német nyelvű rövidítése. Pl. az **ÉS** művelet angolul **AND** (németül **UND**), a **VAGY** az angolul **OR** (németül **ODER**). Az utasításlistában csak az első betűt, az **A-t (U)**, vagy az **O-t (O)** írják. Az utasításhoz tartozó **címek**, vagy különböző **változók** jelölése is sokban eltér az egyes PLC –k programozásában.

A Blokkdiagram olyan grafikus ábrázolási mód, amely inkább a logikai áramkörök tervezésében járatos szakemberek számára átlátható. Hasonlít egy normál áramköri rajzhoz, melyben a programozó a képernyőre rajzolhatja a logikai kapukat, logikai egységeket, időzítőket, egyéb alkotóelemeket. Ezeket összekötve áramkörként definiálhatja a programot.

A létradiagramos programozás a huzalozott vezérléstechnikában járatos emberek számára nyújt könnyű áttekinthetőséget. Itt egy sínre illeszthetünk bizonyos feltételekhez kötött kontaktusokat és relé kimeneteket. A PLC minden ciklusban megvizsgálja, hogy mely feltételek teljesülnek, és az előírt feltételek teljesülése esetén működteti az adott kimenetet.

A **sorrendi folyamatábrán** a sorrendi hálózat egy-egy *belső állapotát*, az ezen *állapotba kerülés feltételeit*, valamint az állapothoz rendelt *kimeneti eseményeket* tüntetik fel. Ez a módszer az „1 az nn”-ből típusú állapotkódolásból fejlődött ki.



7.10 ábra A sorrendi folyamatábra általános sejtje (regi.tankonyvtar.hu)

7.2.3 I/O-portok típusai és szabványosított jelszintjei

Az alábbi egy általános összefoglaló az irányítástechnikában leginkább elterjedt szabványos jelekről és jelszintekről.

Digitális jeleknél általánosan kontaktus jelekről van szó. Az ellenoldali bemenettől függően ez lehet egy energizált, ún. nedves (wet) kontaktus, vagy potenciálmentes, száraz (dry) kontaktus, melyhez a szükséges lekérdező feszültség a bemenet felől fog megérkezni. A lekérdező feszültség általában DC törpefeszültség, legtöbbször 24V, de lehet 125V vagy 240V-os feszültség is, ami leginkább a rendszerben működtetett relék és mágneskapcsolók tekercsfeszültségével van összefüggésben.

Stabil kapcsolást biztosítanak a **nyitott kollektoros** (O.C. = Open Collector) digitális kimenetek is, ahol egy kapcsolóüzemben működtetett bipoláris tranzisztor nyitott kollektorán keresztül kaphatunk

áramjelet a tápfeszültség pozitív (PNP) vagy pedig negatív (NPN) oldaláról. A kimenet azonosítója mellett szereplő PNP vagy NPN tranzisztor struktúra tehát megadja annak polaritását is (pl. OC PNP). Alkalmazása főként relék meghajtására kézenfekvő, ez esetben ügyelni kell arra, hogy a relében-mágneskapcsolóban legyen beépítve, vagy modulként csatlakoztatható (záróirányba kötött) *védődióda*; ha nincs külső kiegészítőként kell azt a relé kapcsaira csatlakoztatni. Amennyiben a nyitott kollektoros kimenetünket digitális feszültségjelle kívánjuk alakítani, akkor NPN kimenetnél felhúzó, PNP-nél lehúzó (néhány kOhmos) ellenállásokkal kell a megfelelő tápoldalra csatlakozni a fogadó oldal bemenetein alkalmazott feszültséggel.

A nyitott kollektor előnye még, hogy a kimeneti eszköz (PLC, közelítésértékelő, stb...) tápfeszültsége nem köti a fogadó oldalon alkalmazott lekérdező feszültség értékét, mivel a tápkörbe a OC kimeneteket külsőleg kapcsoljuk rá.

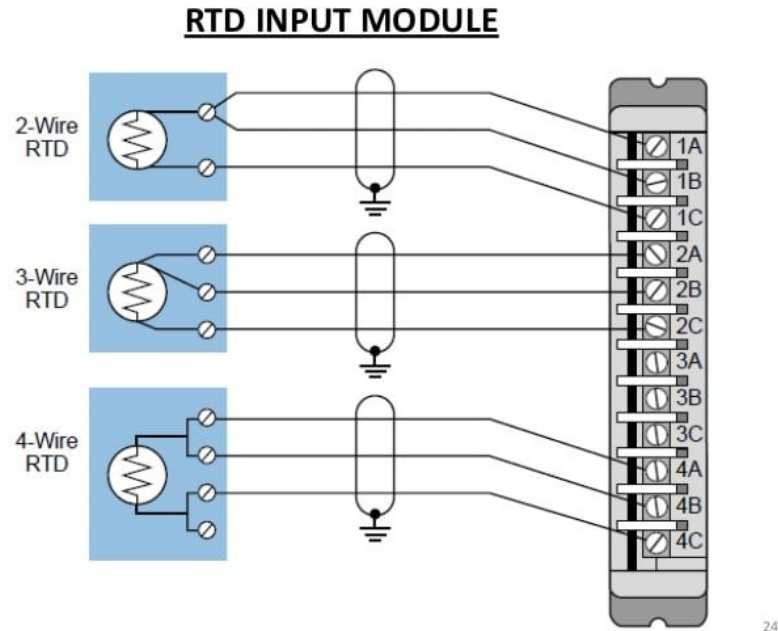
Analóg jelek közül elsősorban a **4-20 mA**-es szabvány áramjel említendő, amelynek elterjedést az áramhurkok zavartűrése és – az áramgenerátoros meghajtás miatt – nagy távolságok áthidalására való képessége segítette. Manapság a távadók többsége 4-20 mA-es jelszinten továbbítja jeleit, ami egy korábban rendszeresített jelszint, a 0-20 mA-es áramjel *élőnullás* változataként jelent meg. Ez azt jelenti, hogy a teljes analóg mérési tartományt úgy skálázzuk be, hogy a 4 mA reprezentálja a legalacsonyabb, míg a 20 mA (full scale) pedig a legmagasabb mérhető értéket. A 4 mA alatt mért értékeket így a mérővevő hibaként, kábelszakadásként veszi, nem skálázza be értelmezhető mérésként, ami így egyben egy kezdetleges jelvonali diagnosztikát is biztosított a rendszernek. További fejlesztéseknek köszönhetően léteznek HART-kommunikációval összekombinált 4-20 mA-es távadók, amelyek a szabvány jelre mérés közben képesek távdiagnosztikai és a méréssel kapcsolatos konfigurációs adatokat modulálni és ugyanazon csatornán keresztül azokat valós időben továbbítani.

Analóg *feszültségjelek* közül a $0... \pm 5V$ vagy $0... \pm 10V$ szintek rendszeresítése volt kézenfekvő a digitális jelfeldolgozás korai évtizedeiben, de zavarérzékenységük és a kábelek ellenállásából fakadó feszültségesések és mérési hibák miatt alkalmazhatóságuk mindig korlátozott volt. A mérőerősítők fejlődésével egyre kevésbé volt jelentősége a szimmetrikus jelek alkalmazásának, így a későbbiekben csak a **0-10V**-os jelszintek maradtak alkalmazásban, főként a 0-20 mA-es jelszintre történő egyszerű konverzióknak köszönhetően (egyetlen 500 ohmos ellenállás soros beiktatásával megoldható), amely ma már – a távadók programozhatóságával 4-20 mA-es tartományba is egyszerűen áttehető.

A remote I/O-k kivételével ma már igyekeznek minden analóg jelet 4-20 mA-es I/O-kkal kezelni a fent vázolt előnyök miatt, de van néhány egyedi mérés, amelyek több okból kifolyólag megmaradtak a gyakorlati felhasználásban.

Az **ellenálláshőmérők** (RTD) jelei tipikusan ebbe a kategóriába esnek. Közülük leggyakoribbak a Pt100-as és Pt1000-es típusúak; a Pt a hőmérő anyagára (platina) utal, míg az utótagban a számérték a hőmérő $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on mért ellenállásértéke Ohmban megadva. Platinán kívül találkozhatunk még nikkellel (Ni), illetve rézzel (Cu) ellenálláshőmérőkkel is. Az ellenállásmérés, mint ahogy azt megtanultuk, visszavezethető feszültségmérésre, ami így a feszültségjelek problémáit (vezetékellenállás, zavarérzékenység) fogja magával hozni. Az ellenálláshőméréseket ezért a hozzávezetett kábelek ellenállását kiküszöbölni képes *4-vezetékes ellenállásmérésre* vezették vissza, ami így már pontosabb volt, de a felhasznált kábelmennyiség miatt kevésbé gazdaságos. Egy mérőhidas összeállítás ötletes egyszerűsítésével – egyforma vezetékellenállást feltételezve mind a három ágon – a négy mérővezeték közül egy elhagyható, így az RTD mérések *3-vezetékes* kialakítása

is lehetségessé vált, melyet mind a mai napig alkalmaznak az iparban. Az RTD hőmérőket – típustól függően – különböző számú kötésponttal alakítják ki, ettől függetlenül egyszerű ikresítéssel bármelyiket 3-vezetékesre lehet alakítani. A különböző számú bekötési pontokkal kialakított ellenálláshőmérők 3-vezetékes bekötését szemlélteti a következő ábra:



7.11 ábra 3-vezetékes mérés alkalmazása különböző (2-, 3-és 4-kötésponttú) hőmérők esetén

A hőmérsékletmérés másik nagy csoportjába a **hőelemek** (TC – thermocouple) tartoznak, melyekkel inkább a magasabb, akár $+1000^{\circ}\text{C}$ fölötti hőmérsékleti tartományokban is tudunk méréseket folytatni. A mérés azon a termoelektromos jelenségen alapszik, miszerint két különböző fém közös érintkezési pontjának melegítésekor a fémek szabad végei között – a hőmérséklet nagyságától függő – potenciálkülönbség alakul ki, amit *termofeszültségnek* neveznek. Az így létrejött feszültség nagyon kis értékű, legfeljebb néhány 10 mV lehet, így vagy a mérés közelében konvertálni kell, vagy a fémek anyagával megegyező „kompenzált” termokábelek segítségével továbbíthatjuk a termofeszültséget, ami külön bánásmódot igényel, hiszen nem csak zavarérzékeny, de a speciális kábel, de speciális sorkapocs is szükséges a továbbításukhoz, melyeket polaritáshelyesen kell bekötni, különben a bekötési pontokon újabb hőelemek keletkeznének, ezért fontos, hogy **a hőelemek kompenzált kábeleit ne érvéghüvelyezzük!**

A hőelem az alkalmazott fém pár alapján különböző típusúak lehetnek, közülük az automatizálásban leggyakrabban alkalmazott típusok a K, T, és a J.

7.2.4 Felettes irányítástechnikai rendszerek

Egy gyártó vagy energiatermelő létesítmény teljes működését, illetve az állapotát egy adott pillanatban átlátni, ezek alapján magas szintű döntésekkel beavatkozni az egyes helyi

vezérlőrendszereken keresztül, egy hierarchiában felettük álló irányítási rendszerrel lehetséges. A gyakorlatban ez a PLC-k (berendezések) szintje fölött álló, a működéseiket összehangolni képes átfogó rendszer működését feltételezi, melyek közül három kialakult formát említünk most meg:

A különböző helyi és funkcionálisan berendezésekhez köthető alrendszerek összehangolt működését elsősorban *osztott-intelligenciájú folyamatirányító rendszereken*, rövidítve DCS-eken (Distributed Control System) keresztül lehet megteremteni. A **DCS** nem csak a PLC-ken keresztüli adatokhoz fér hozzá, hanem saját méréseket és adatgyűjtéseket is folytat annak érdekében, hogy valós-idejű (real-time) döntéseket hozva avatkozhatson be a teljes rendszer vagy folyamat előírt működésének és funkciójának biztosítása érdekében. A rendszer HW-kialakítását tekintve nem mutat nagy különbséget a PLC-khez képest: jel-és buszkábelek futnak be azon vezérlőegységeibe, melyek – önmagukban egyébként – PLC-ként is alkalmazható készülékek lennének.

A felügyeleti irányítást és adatgyűjtést megvalósító **SCADA** (Supervisory Control and Data Acquisition) rendszerek számítógépes adatfeldolgozást és megjelenítést tesznek lehetővé a gyártási vagy energiatermelési folyamat legfelsőbb szintjén. A DCS rendszer alternatívájaként tekinthető PLC-SCADA rendszerekben a folyamatjeleket PLC-k vagy intelligens szabályozók kezelik, azaz a vezérlést-szabályozást ezen eszközök végzik, míg az ember-gép kapcsolat (HMI – Human Machine Interface) a PC-n vagy munkaállomáson keresztül valósul meg, s az eszközöket valamilyen ipari lokális hálózat (pl. terepibusz rendszer) köti össze. A SCADA *egy központi számítógépen futó szoftver*, amelynek révén a rendszert alkotó PLC-k, szabályozók, CNC-k stb, valamilyen lokális hálózaton keresztül a DCS-hez hasonló funkciókkal rendelkező komplex folyamatirányító rendszer létrehozására alkalmasak.

A magas szintű folyamatirányítás legújabb kezdeményezése az **Ipar 4.0**, avagy a 4. ipari forradalomként beharangozott virtuális gyártástechnológia bevezetése. Ebben az architektúrában a még szintén decentralizáltan működő helyi logikai, intelligens, vagy egyre inkább „okos” vezérlőegységek a tárgyak (vezeték nélküli) internet hálózatán (IoT – Internet Of Things) keresztül állnak kapcsolatban egymással és a platform felhőben futó alkalmazásával, ami a *felettes irányítórendszer* funkcióját látja el – napjainkban még inkább csak termelési alapadatok meghatározásának és a működés optimalizálásának érdekében, mintsem a DCS-ekhez hasonló funkcionális koordináció és finomhangolás részeként.

7.3 Irányítástechnikai rendszerek kiviteli dokumentumai

7.3.1 Alaprajzok, beépítési terek és funkcionális azonosítók

Ipari rendszerek jelöléstechnikája és különböző alegységeinek osztályozása az **IEC 81346** szabványsorozat alapján történik. Lényegében az elkülönítés három összefüggő viszonyrendszer szerint teljesül:

= / = = Funkcionális szempontból, az adott egység működése, rendeltetése alapján;

+ / + + Lokáció szerint, az adott egység fizikai elhelyezkedése alapján;

- Eszköz szinten, ami annak kialakítására, szerkezeti oszthatatlanságára utal.

A fentiek alapján az ”=” vagy az efelett álló ”= =” szinteken a rendszer **funkcionális azonosítói**, mellyel a működés és rendeltetés alapján összetartozó egységeket fogja össze, és olykor fizikai elkülönülést is jelenthetnek.

A ”+” és ”+ +” szintek **beépítési terek azonosítói**, mely alapján az adott berendezés fizikai elhelyezkedéséről tájékozódhatunk.

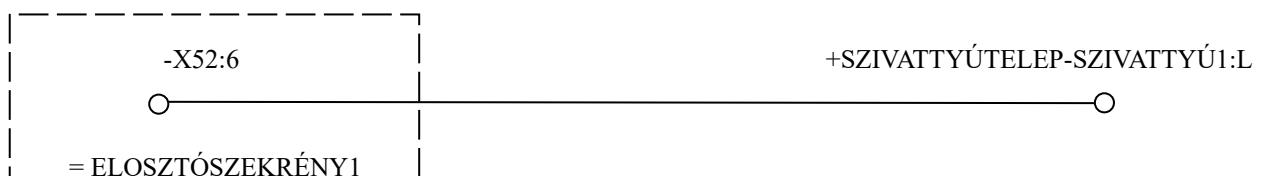
A ”-”köötjel után szereplő TAG-név vagy **tervjel** utal az adott eszköz – további alegységekre nem osztható – szerkezeti egységére.

Ha egy összeköttetést kell a kapcsolási rajzra felvinni az 1.Elosztószekrény -X52 sorkapocstömb 6-os kapcsáról a Szivattyútelepen lévő 1. szivattyú L pontja között, akkor az szabványos kivitelben így fog kinézni (a kettőspont után a bekötési pont áll):

=ELOSZTÓSZEKRÉNY1-X52:6 +SZIVATTYÚTELEP-SZIVATTYÚ1:L



A kapcsolási rajzon megjelenített azonosító rövidíthető, ha egy oldalon csak egyféle funkciót-beépítési teret jelenítünk meg. Ilyenkor a rajzkeretbe kerül az aktuális azonosító és a hosszú előtag így elhagyható. Hasonlóan egyszerű a helyzet, ha a beépítési/funkcionális azonosítót egy kiemelt rajzrészletre kívánjuk csak érvényesíteni. Ezt szaggatott vonalas területkijelöléssel tesszük meg, benne a meghivatkozott azonosítóval:



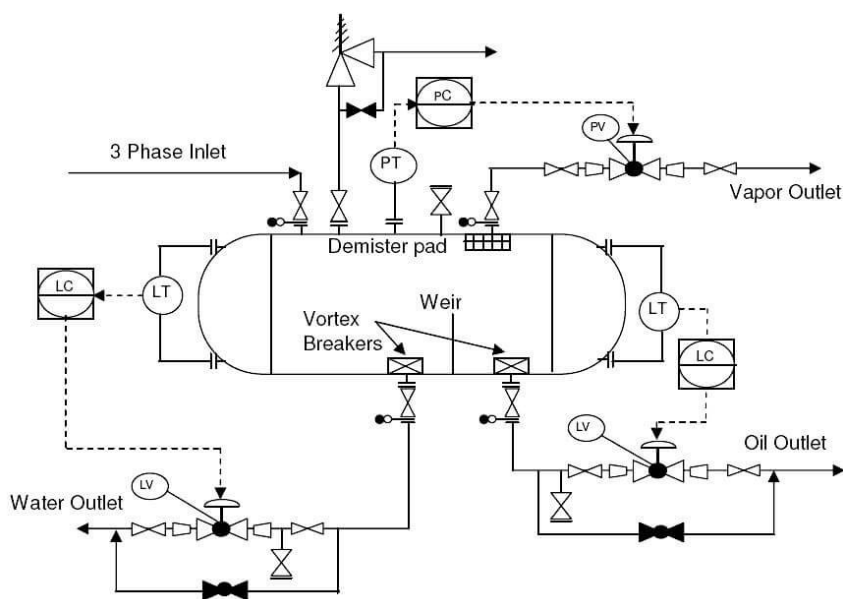
Ha ugyanezt a bekötést nem a szivattyútelepi, hanem a tartálytéri szivattyúhoz vezetjük, akkor a rajzkeretbe írt azonosítókkal tudunk egyszerűsíteni, melyek az adott oldalon található összes szerkezetre egyetemlegesen érvényesek lesznek, leszámítva a szaggatott vonallal kiszakított területeket: ott az oda beírt azonosító az irányadó.



7.3.2 A folyamatszabályozások technológiai leírása

Egy ipari folyamat és annak automatizálásának kidolgozás kialakítása több szakág együttműködését feltételezi. Szükség van tehát egy olyan rajzdokumentációra, melynek szimbólumai azonos jelentéssel bírnak a vegyészmérnök, a gépészeti kivitelező, az irányítástechnikai tervező-programozó és a műszerezést végző kivitelező számára is. E közös nyelvezet lehet a folyamatra **PFD** (Process Flow Diagram), megmutatja az üzemi létesítmény főbb berendezései közötti kapcsolatot, de egyéb részleteket nem.

A csővezeték és műszerezési diagram a **P&ID** (Piping and Instrumentation Diagram) egy olyan grafikus megjelenítés, melyben az egyes részegységek mellett megjelennek az irányítástechnikai rendszer számára kialakított mérőműszerek és beavatkozó szervek is, azok „beszéd” azonosítójukkal együtt. A P&ID számos ipari szektorban a *folyamatműszerezés* egyik *alapidokumentuma*. Villamos kivitelezés során önmagában ritkán kerül fókuszba, viszont minél több technológiai részletet sikerül megérteni belőle technológusi-tervezői segítséggel, helyszíni egyeztetésekkel, annál inkább tisztázódhat a rendszerrel kapcsolatos elvárások és paraméterek szükségessége, s végül így maguknak a telepített elektromos egységeknek a szerepe is.



7.12 ábra Vegyipari P&ID

A P&ID egyes elemeinél megjelenő TAG-neveket a következőképpen tudjuk értelmezni.

C – szabályozó,

S – kapcsoló.

Az **első betűjel** mutatja azt a paramétert, amit szabályozni vagy monitorozni akarunk, például:

T – hőmérséklet,

F – áramlás,

L – tartályszint,

P – nyomás.

A **második betűjel** utal az alkalmazott szabályozóeszköz típusára, úgymint:

T – távadó,

V – szelep,

I – kijelzés a képernyőn

10

2

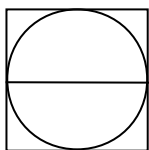
A betűkódok után álló szám az eszköz logikai (vagy futó) számozása.

A betűkód és a szám közötti vonal kialakítása is jelentéssel bír:

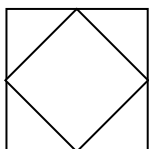
- Folytonos vonal: irányítástechnikára kötött mérés;
- Dupla vonal: helyi szabályozásra kötött mérés
- Vonallal nincs: nincs irányítástechnikára kötve – helyi mérés

Folytonos vonallal a *csővezetékeket*, míg a szaggatottak az *elektromos összeköttetéseket* jelölik a rajzban.

Amennyiben műszereket nem csak a PLC-re, hanem attól függetlenül működő irányítástechnikai rendszer (DCS, vagy SIS biztonsági rendszer) bemeneteire is kapcsolódhatnak, akkor az elkülönítésükre az alábbi jelöléseket használjuk:



Általános irányítástechnika jelei (PLC)



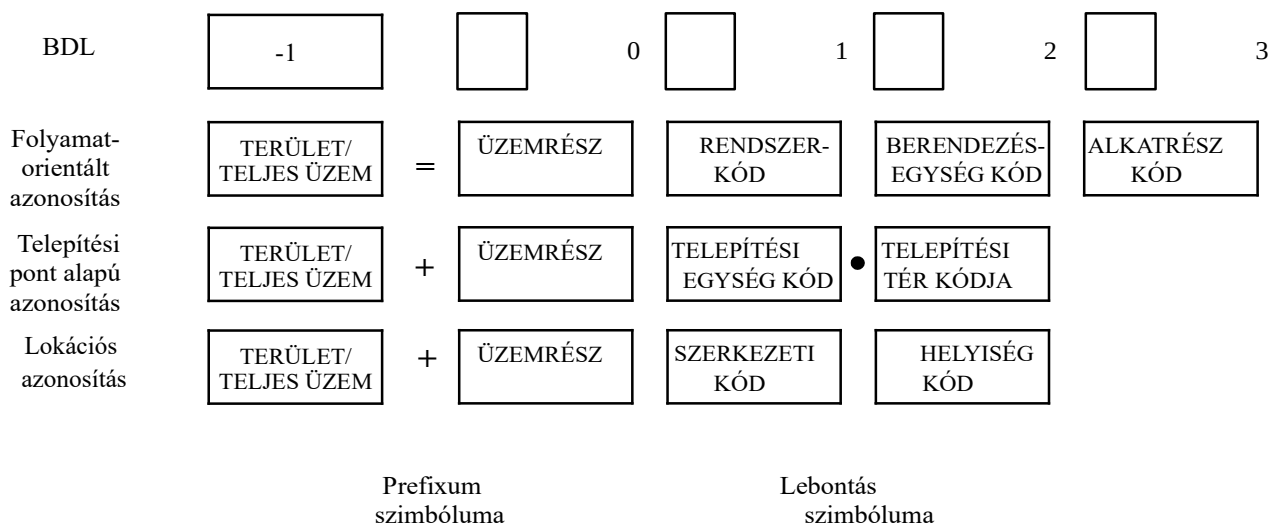
DCS vagy SIS (Safety Instrumented System) jelei

7.3.3 KKS kód: az erőművi kódolási rendszer

Az erőművi KKS (Kraftwerk Kennzeichnensystem) azonosító rendszer az objektumok egyértelmű, funkció-, lokáció- és alrendszerorientált azonosítása végett jött létre, amelyben minden szakági tervező, építész, gépész, villamos és az irányítástechnikai ugyanazt a közös nyelvezetet tudja

használni. Az alábbiakban a KKS rendszert korlátozottan, csak a villamos, irányítástechnikai és műszerezés területeit érintően ismertetjük.

A KKS kódolást az alábbi lebontási szintek (BDL, Break-Down Level) alkotják és szimbólumai, előjelek:



7.13 ábra KKS kódolás lebontási szintjei szimbólumokkal és előjelekkel

BDL	- 1	0	1	2
Definíció	Terület / Teljes üzem	Üzemrész	Telepítési egység kódja code	Beépítési tér kódja
Név	S ₁ S ₂ S ₃	G	F ₀ F ₁ F ₂ F ₃ F _N F _N	A ₁ A ₂ A _N A _N A _N A ₃
Típus of key	A A A/N	A/N A/N N	N A A A N N	A A N N N (A)

7.14 ábra Telepítési pont alapú azonosítás

F1	F2	F3	FN	FN	BERENDEZÉS
A	-	-	-	-	Hálózat és elosztás
B	-	-	-	-	Energiatermelés és segédüzemi táplálás
C	-	-	-	-	Mérés-és irányítástechnikai berendezések
D	-	-	-	-	Mérés-és irányítástechnikai berendezések (segédüzem részére)

7.15 ábra Villamos erőművek és elosztórendszerek kódolása BDL1 szinten

F1	F2	F3	FN	FN	Feszültség szint
A	A	-	-	-	◆ 420 kV, (szabad felhasználású)
A	B	-	-	-	◆ 420 kV, (szabad felhasználású)
A	C	-	-	-	380 (420) kV
A	D	-	-	-	220 (245) kV
A	E	-	-	-	110 (150) kV
A	F	-	-	-	60 (72) kV
A	H	-	-	-	30 (35) kV
A	J	-	-	-	20 (25) kV
A	K	-	-	-	10 (15) kV
A	L	-	-	-	6 (5) kV
A	M	-	-	-	1 (3) kV
A	N	-	-	-	<1 kV

7.16 ábra Villamos elosztórendszerek feszültség szintjének kódolása BDL1 szinten

A1	A2	AN	AN	AN	A3	Berendezés
G	S	1	0	0	-	Megszakítók
G	S	2	0	0	-	Szakaszoló áramsínre
G	S	2	1	0	-	Szakaszoló „A” áramsínre kapcsolva
G	S	2	2	0	-	Szakaszoló hálózaton és transzformátoron
G	S	2	3	0	-	Szakaszoló, bypass-átkapcsoló
G	S	2	4	0	-	Szakaszoló, közvetlen hálózati összeköttetésben
G	S	2	5	0	-	Szakaszoló „V” tartalék áramsínre kapcsolva
G	S	2	7	0	-	Szakaszoló „B” áramsínre kapcsolva
G	S	2	9	0	-	Szakaszoló „A” és „B” áramsínre kapcsolva
G	S	3	0	0	-	Földelő kapcsoló hálózaton, transzformátoron és áramsínre
G	S	3	1	0	-	Földelő kapcsolók megszakítón
G	S	3	2	0	-	Földelő kapcsolók megszakítón
G	S	3	3	0	-	Földelő kapcsolók hálózaton, transzformátoron

7.17 ábra Villamos megszakítók, szakaszoló és földelő kapcsolók kódolása BDL2 szinten

A1	A2	AN	AN	AN	A3	Berendezés
C	E	1	0	0	-	Áram
C	E	1	0	1	-	Áram az L1 vagy R fázison
C	E	1	0	2	-	Áram az L2 vagy S fázison
C	E	1	0	3	-	Áram az L3 vagy T fázison
C	E	2	0	0	-	Feszültség
C	E	2	0	1	-	Feszültség az L1 vagy R fázison
C	E	2	0	2	-	Feszültség az L2 vagy S fázison
C	E	2	0	3	-	Feszültség az L3 vagy T fázison
C	E	3	-	-	-	Mérés különböző változókkal, (úgy mint teljesítmény, energia, induktivitás és ellenállás, $\cos\varphi$)
C	E	4	-	-	-	<Nincs használatban>, tartalák
C	E	5	-	-	-	Frekvencia
C	E	6	-	-	-	Speciális mérések (pl. földhiba mérések)
C	E	7	-	-	-	<Nincs használatban>, tartalák
C	E	8	-	-	-	<Nincs használatban>, tartalák
C	E	9	-	-	-	Közös / összetett mérések

7.18 ábra Áram-és feszültségmérések kódolása BDL2 szinten

DC tápellosztás					Akkumulátorok					Töltők					Feszültség
F1	F2	F3	FN	FN	F1	F2	F3	FN	FN	F1	F2	F3	FN	FN	[Volt]
B	U	A	-	-	B	T	A	-	-	B	T	L	-	-	≥ 220 V DC
B	U	B	-	-	B	T	B	-	-	B	T	M	-	-	125 V DC
B	U	C	-	-	B	T	C	-	-	B	T	N	-	-	110 V DC
B	U	D	-	-	B	T	D	-	-	B	T	P	-	-	60 V DC
B	U	E	-	-	B	T	E	-	-	B	T	Q	-	-	48 V DC
B	U	F	-	-	B	T	F	-	-	B	T	R	-	-	36 V DC
B	U	G	-	-	B	T	G	-	-	B	T	S	-	-	24 V DC
B	U	H	-	-	B	T	H	-	-	B	T	T	-	-	12 V DC
B	U	J	-	-	B	T	J	-	-	B	T	U	-	-	6 V DC
B	U	K	-	-	B	T	K	-	-	B	T	V	-	-	<6 V DC

7.19 ábra DC rendszerek kódolása BDL1 szinten

A1	A2	AN	AN	AN	A3	Tétel
G	A	-	-	-	-	Kábelek és vezetők
G	B	-	-	-	-	Csatlakozó dobozok ("kis" méretben)
G	C	-	-	-	-	Átviteli hálózat
G	D	-	-	-	-	DC-áramsín
G	E	-	-	-	-	AC- áramsín
G	F	-	-	-	-	HV áttáplálása
G	G	-	-	-	-	HV végződés
G	H	-	-	-	-	Csatlakozó szekrények ("nagyobb" dobozok és szekrények)
G	J	-	-	-	-	Kondenzátorok (szuperkapacitások)
G	L	-	-	-	-	Induktivitások, tekercsek (szuperkapacitások)

7.20 ábra Kábelek, vezetők, összekötő dobozok, áramsínek és nagyfeszültségű áttáplálások kódolása BDL2 szinten

F0	F1	F2	F3	FN	FN	Location
-	A	P	-	-	-	Vezérlő konzolok
-	A	Q	-	-	-	Méréstechnikai és elszámolásos mérők eszközei
-	A	R	-	-	-	Védelmi berendezések
-	A	S	-	-	-	Osztott intelligenciájú panelek és szekrények
-	A	T	-	-	-	Transzformátor berendezések
-	A	U	-	-	-	Vezérlések, visszaellenőrző és kiegészítő berendezések
-	A	V	-	-	-	Vezérlő és kapcsolóterek
-	A	W	-	-	-	Műszerpanelek
-	A	X	-	-	-	Központi berendezések
-	A	Y	-	-	-	Kommunikációs berendezések

7.21 ábra Mérési-és irányítástechnikai rendszerek kódolása

7.4 Hajtástechnika

7.4.1 Aszinkron motorok frekvenciaváltós hajtása

A háromfázisú elektromos motorok fordulatszám-szabályozása és a forgásirány-változtatás igénye gyakorlatilag kezdettől fogva jelen van az ipari automatizálás területén. Az iparban leginkább elterjedt háromfázisú aszinkron elektromos motorok működtetése alapesetben 50 Hz-es váltakozó feszültségű hálózatról történik, ami viszont egy adott fordulatszámon történő üzemet jelent. Azokhoz a folyamatokhoz, ahol a motor fordulatszámának változtatására van igény, ott a váltakozó feszültség – s vele együtt a frekvencia – növelésére vagy csökkentésére van szükség, amire speciális invertereket, *frekvenciaváltókat* alkalmaznak. Ezekkel szabályozhatóvá válik nem csak a motorok fordulatszáma és akár forgásiránya is.

Alkalmazásukkal a *fokozatmentes fordulatszám-változtatás* igénye úgy teljesíthető, hogy közben a nyomaték változatlan marad. Emellett a frekvenciaváltók használatával a *lágyszindítás* is megvalósul, s így megkíméljük a hálózatot a felesleges áramlökésektől is, hiszen *nem direkt indítás* történik, hanem csak *frekvenciafelfutás* megy végbe. Ennek „ára” a hálózatra termelt zaj miatt a magasabb felharmonikus tartalom, melynek szűrése külön feladat lehet, ha nem tudjuk azt a készülék szintjén behatárolni. A mikroprocesszorok fejlődése ezek az eszközök már sokkal többre képesek, így egyre több olyan helyen is megjelennek az iparban, ahol hagyományosan **egyenáramú hajtásokat** alkalmaztak.

Amikor egy aszinkron motort váltakozó áramú hálózatra csatlakoztatunk, a motor állórészében egy olyan *forgó mágneses mező* keletkezik, amelynek a fordulatszáma a hálózat frekvenciájával egyenes, míg a motor póluspárjaival fordított arányban van. A forgó mágneses mező hatására a motor forgórészének tekercseiben feszültség indukálódik, a kialakult áram és a mágneses mező kölcsönhatásának eredményeként pedig a forgórész mozgásba kezd. Ahhoz, hogy a nyomaték létrejöhessen, a forgórésznek lassabban kell mozognia, mint a körülötte lévő forgó mágneses mező. Ezt a fordulatszám-különbséget nevezzük *slip*-nek, értéke a terheléssel egyeneses arányban változik. Ha a slip értéke túl magas, a motor túlterhelődhet, és kibillenhet a stabil üzemállapotból.

Általában elmondható, hogy az aszinkron motorok 150%-os nyomatékkal, legfeljebb 60 másodperc időtartamig túlterhelhetők, amennyiben rendelkeznek hővédelemmel. Szintén fontos tudni, hogy egy motor minimális fordulatszáma a *névleges fordulatszámának legfeljebb 50%-a lehet*, ha ez alá megyünk, mindenképpen szükség van a frekvenciaváltó motorvédelmi funkciójára!

A fordulatszám változtatásának eszköze lehetne a tápfeszültség **frekvenciájának** módosítása. A frekvencia csökkentésekor viszont a motorra jutó feszültséget is csökkenteni kell, ellenkező esetben a motor fluxusa túl magas lenne. Ha pedig a hálózati frekvencia fölé növeljük a frekvenciát, a motor feszültségét kellene növelni, hogy a fluxus állandó legyen, és így ne csökkenjen a motor nyomatéka.

A frekvenciaváltók egyik típusát a *feszültségvezérelt frekvenciaváltók* képezik. Ezekben az eszközökben egy az egyenirányított hálózat feszültséget stabilizálják, majd ezt követően a motorhoz tartozó inverter váltakozó feszültséget állít elő az igényelt kimeneti frekvencián – és szükséges fázisszámmal (a kimenet lehet 3-fázisú egyfázisú betáplálás mellett is, és fordítva). A szükséges motorfordulatszám a feszültség/frekvencia arányból adódik. A pontos fordulatszám-tartás érdekében a feszültségvezérelt frekvenciaváltókhoz legtöbbször egy szenzoros fordulatszám-szabályozót is

kapcsolnak.

Igen elterjedtek azonban a szenzorikát nem igénylő ún. **vektoros frekvenciaváltók** is. Ebben az esetben a visszajelzés nem a fordulatszámról, hanem a motor áramáról és a kimenő feszültség értékéről történik. A fejlettebb készülékben felépített részletes motormodellnek köszönhetően a frekvenciaváltó folyamatosan leképezi magának a motor állapotát, és biztosítja az alapjelnek megfelelő szabályozást. Ehhez szükség van természetesen *a frekvenciaváltó paraméterezésére*: a meghajtott motor villamos paramétereinek megadására.

Akkor érdemes ilyen eszközt alkalmazni, ha alacsony fordulatszám mellett is nagy nyomatékra van szükség, fontos a sebesség tartás, vagy a nyomaték tartása mellett kell forgásirányt váltani. A vektoros szabályozás segítségével a túlterhelés korlátozható, és akár a rövid terhelés-ingadozások is jobban kezelhetőek.

7.4.2 *Egyenáramú motorok*

Az egyenáramú motorok az állórész és a forgórész gerjesztésének függvényében lehet *külső* illetve *állandó mágneses, párhuzamos, soros és vegyes gerjesztésű*. A fordulatszám-szabályozása lehetséges a forgórész kapocsfeszültségének követlen változtatásával, mellyel még a névleges fordulatszám fölé is emelkedhetünk.

Állandó mágnesből készült fópólusokkal rendelkező motorokat pár kW-ig gyártanak csak. Előnyük, hogy nincs gerjesztőtekercsük, így a felépítésük jóval egyszerűbb. Hajtásukat tekintve a felvett áramuk egyenesen arányos a terhelőnyomatékkal, fordulatszámukat a kapocsfeszültséggel szabályozni lehet.

A fordulatszám változtatása a fluxussal is lehetséges. Ha egy gépet több motor is hajt (pl. villamosok esetén), a motorok soros, illetve párhuzamos kapcsolásával lehet veszteségmentes fordulatszám-változást elérni.

7.4.3 *Szervomotorok hajtástechnikája*

Szervohajtás definíciója: A szervohajtások olyan hajtásrendszerek, amelyek dinamikus, pontos és túlterhelhető viselkedéssel rendelkeznek egy széles fordulatszám-tartományon belül. A szervomotorok olyan állandómágnesű egyenáramú motorok, melyek tárcsás forgórészrel rendelkeznek. Tulajdonságaik

1. széles fordulatszám-tartomány mellett magas fordulatszám-stabilitás;
2. nagy pozicionálási pontosság és dinamika
3. nyugalmi nyomaték (nulla fordulatszám)
4. nagy mértékben túlterhelhető ($3 \times M_0$)

A szervomotorok a meghajtásukkal arányos mozgásról resolveres vagy encoderes visszacsatolás útján adnak jelzést a meghajtó elektronika felé, ami nagy felbontásban és pontossággal teszi lehetővé a forgó elmozdulás megvalósítását. A fordulatszám-vezérléséhez többszáz Hz-es kimeneti meghajtófokozat áll rendelkezésre.

7.4.4 *Léptetőmotorok vezérlése*

A léptetőmotorok olyan egyenáramú gépek, amelyek a folyamatos forgású motorokkal szemben diszkrét szögelfordulások megtételére képesek. Az állórészt kiálló pólusú vasmag alkotja, rajta a gerjesztőtekercseléssel. A kerület mentén szimmetrikusan és egymással szemben elhelyezkedő póluspárok tekercselése soros kapcsolású. Egy póluspárt itt egy fázisnak is nevezhetünk, tehát egy 10-pólusú állórész eszerint 5-fázisú.

A léptetőmotorok hajtását az állórész sorbakötött póluspárjainak impuzusos gerjesztésével lehet szögelfordulásra kényszeríteni, vagy folyamatos forgómozgásra, melynek csak a gép határfrekvenciája szab határt. Mivel a hajtástechnikája egyszerű impulzustechnikával kivitelezhető, ez a forgógép igen népszerű a digitálisan vezérelhető hajtástechnika területén, nem véletlen, hogy – korábban a winchesteres háttértárolók is léptetőmotoros hajtással dolgoztak, majd átvették a helyüket a léptetőmotoros technológiára alapuló, de sima járású *kefe nélküli motorok*.

7.4.5 *Kefe nélküli (brushless) motorok meghajtása*

A kefe nélküli (BLDC) vagy elektronikus kommutációjú egyenáramú motor (ECDC) egy szinkron villanymotor egyenáramú táplálással, ami *elektronikusan vezérelt kommutációs rendszerrel rendelkezik* a kefes mechanikus kommutáció helyett.

Egy BLDC motorban a tekercsek (elektromágnesek) nem mozognak; helyettük az állandómágnesek forognak és az armatúra marad nyugvó. A kefe-kommutátor rendszert felváltja egy elektronikus vezérlő. A vezérlő hasonlóan osztja el az áramot, mint az egyenáramú kefes motornál történik, de ez egy félvezetős áramkör a kefe-kommutátor rendszer helyett.

A BLDC motorok minden olyan területen megtalálhatóak, ahol korábban kefes egyenáramú motorokat alkalmaztak. Számos elektromos kerékpár BLDC motort használ, amit gyakran a kerékagyba építenek: az állórészt fixen van a tengelyhez rögzítve, míg a mágnesek együtt forognak a kerékkel.

Bár a BLDC motorok gyakorlatilag azonosak az állandó mágnesű váltakozó áramú motorokkal, a vezérlő miatt lehetséges az egyenáramú működtetés. Míg a váltakozó áramú motorok szinuszos táplálást kapnak egyszerre minden tekercsen (egyenlő fázis elosztással), az egyenáramú meghajtásban csak a teljes pozitív vagy teljes negatív feszültség kapcsolása történik meg egyszerre a két szemben elhelyezkedő tekercsen. A legnagyobb előnye ennek az, hogy a vezérlő és az elemek/telepek is egyenáramúak, mint a számítógépek és az e-járművek.

8. ÉPÜLETAUTOMATIZÁLÁS

Az **épületinformatika** a intelligens épületek elektronikai (tűzvédelmi, biztonságtechnikai) és automatizálási (épületgépészet, fűtés, klíma) feladatának optimális ellátását megvalósító irányító és irányított rendszer.

A továbbiakban először az egyedi, legtöbbször teljesen különállóan működő épületfelügyeleti rendszereket soroljuk fel, majd a különböző épületgépészeti rendszerek elektromos szerelésének bemutatásán keresztül haladunk a teljesen integrált kialakítású intelligens épületek rendszereinek bemutatásáig.

8.1 Épületfelügyeleti rendszerek

8.1.1 *Beépített tűzjelző berendezések*

A tűzjelző berendezések olyan biztonsági rendszerek, melyek élet-és vagyónvédelmi céllal működnek – az OTSZ-ben (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) meghatározott kockázati besorolásukból következően – erre indokolt létesítményekben. Ezek elsősorban nagy forgalmú középületekben, egészségügyi, irodai és ipari létesítményekben, ellátásra szoruló bentlakásos intézményeiben és szállodákban kerülnek telepítésre. Magántulajdonban álló lakóépületekben ma még nem jellemző tömeges megjelenésük, legfeljebb csak azokban, ahol egyébként is van valamilyen létesítményfelügyelet (pl. 24 órás portaszolgálat, ahova a riasztások be tudnak futni). A tűzjelző berendezések különféle optikai *füstérzékelőkkel* vagy *hősebesség érzékelők* segítségével detektálják a helyiségekben keletkező füstöt, vagy a láng miatt hirtelen megemelkedő hőmérsékletet, de érkezhets jelzés *kézi jelzésadóról* is, ami legtöbbször egy üveglap eltörésével elérhető vagy kioldható nyomógomb. A felcímezett érzékelő azonnal riasztást ad a *tűzjelző központ* felé, ami a zóna és az érzékelő azonosítójának (az érzékelő mellett elhelyezett feliratnak egyeznie kell a központban megjelenő azonosítóval) pontos kijelzésével tűzriasztást indít. A riasztás alapesetben a teljes létesítmény területén jól hallható, kiürítésre felszólító hangjelzést, fényjelzést generál, illetve átjelzés esetén a területileg illetékes katasztrófavédelmi irányítóközpont (korábban: Tűzoltóság) is riasztást kap.

A tűzjelző berendezéshez ún. *kapcsolódó rendszerek* és *vezérelt berendezések* csatlakoztathatóak. A **kapcsolódó rendszereknél** a tűzjelző, mint bemenet funkcionál. A **vezérelt berendezések** (a tűzjelző, mint kimenet funkcionál) lehetnek tűzvédelmi célú berendezések vagy épületgépészeti berendezések, pl. *tűzoltó berendezés, hő-és füstelvezető rendszer, túlnyomásos füstmentesítés berendezése, füstszakaszt vagy tűszakaszt létrehozó építési termék, kiürítést segítő eszköz, szellőzés, felvonó, stb.*, melyek indítása-tiltása érdekében valósul meg a tűzjelző berendezéssel való összekötés.

A riasztáson kívül nyugalmi esetben is a központ minden egyes érzékelőt ciklikusan ellenőriz, valamint a kialakított hurkok szakadását és rövidzárlatát is.

A beépített tűzjelző berendezések tervezéséről és telepítéséről az **OTSZ** (Országos Tűzvédelmi Szabályzat) 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján kidolgozott TvMI 5.2 azonosítójú **Tűzvédelmi Műszaki Irányelv** fogalmaz meg az OTSZ által elvárt biztonsági szintnek megfelelő megoldásokat. Néhány, az elektromos telepítés szempontjából releváns pont:

14.6. Tűzgátlás

14.6.1. Az OTSZ 158. § (4) bekezdése gc) pontjában foglalt tömítettség megfelelő, ha az áttörést a vonatkozó műszaki követelmény szerint tömítik.

*Megjegyzés: A tűzgátló tömítések tekintetében a vonatkozó műszaki követelményt az **MSZ EN 1366-3** nemzeti szabvány, valamint a vonatkozó TvMI tartalmazza.*

„17.4.1. A TJB (Tűzjelző Berendezés) látható módon szerelt vezetékai, kábelei, védőcsövei, csatornái, csatlakozó elosztó szerelvényei OTSZ 158. § (4) bekezdése ga) pontjában foglalt jelölése megfelelő, ha legalább 2 méterenként azonosító jelzéssel, „tűzjelző” felirattal látják el azokat, kivéve az egyértelműen azonosítható vezetékeket, kábeleket.

Megjegyzés: Egyértelműen azonosíthatónak tekintett az érzékelőhöz, jelzésadóhoz csatlakozó vezeték szakasz, védőcső, kábelcsatorna, valamint a teljes hosszában azonos színű (vörös, narancssárga) színű vezeték, kábel.”

„18.2.3. 1 Ha a tűzjelző berendezést több épületben építik ki, az épületek közti kábel átvezetéseket úgy kell kialakítani, hogy azok a kábelekre előírt tűzállósági követelményeket teljesítsék és funkciójukat megtartsák, ügyelve a mechanikus sérülésekre és a kábelek UV védelmére.

18.2.4. 1 Az épületek között tűzálló átvezetésre az alábbi megoldások is alkalmasak:

- a) a talajba fektetéssel történő átvezetés minimum 0,50 m mélyen zárt kábelcsatornában, védőcsőben, vagy külön védelemmel ellátott földkábelrel;*
- b) betonfödémbe vezetés, ha legalább 30 mm vastag betontakarással látják el;*
- c) minden oldalról zárt tűzálló kábelcsatornában oldalfalon, födémen vezetve;*
- d) levegőben vezetve minimum 4,5 m magasan, UV védelemmel ellátva, valamint a nyílászároktól biztonságos távolságban van elhelyezve.”*

A kiefeszültségű hálózatról külön áramkörrel, csak erre a célra szolgáló leválasztó-védő eszközzel látják el, melynek a jogosulatlan hozzáférést akadályoznia kell. A kismegszakítónál a TvMI szerint javasolt felirat szerepeljen:

„TŰZJELZŐ! LEKAPCSOLNI TILOS!”

A **45/2011 BM rendelet** alapján alapján a tűzjelző rendszerek kivitelezése *tűzvédelmi szakvizsgához* kötött tevékenység, azonban a TvMI **18.2.2.** pontja szerint:

„A képesítési követelményekkel kapcsolatban nem minősül telepítési tevékenységnek

- a) a vezetékek, kábelek, automatikus érzékelők és kézi jelzésadók, továbbá egyéb eszközök*

tartószerkezeteinek, aljzatainak beépítése, rögzítése, és

b) a vezetékek, kábelek elhelyezése, behúzása.”

8.1.2 *Vagyonvédelmi rendszerek*

Olyan biztonsági rendszerek, melyek elsődleges célja a *betörés-és behatolás érzékelése*, illetőleg a **megfigyelő-rendszerekkel**, vagy **beléptető rendszereken** keresztül kiterjesztetten alkalmazva a védett objektum körüli mozgások monitorozása, illetőleg azon belüli kontrollálása. A vagyonvédelmi rendszer egyik legfontosabb része az elektronikus jelzőrendszer: **a riasztóközpont**, amibe befutnak a zónákba kapcsolt különböző behatolás-érzékelők (nyitásérzékelők, mozgásérzékelők, kézi pánikgombok, stb.) jelei, továbbá a rendszer élesítését és hatástalanítását is lehetővé tevő kezelőegység, kül-és beltéri hang-és fényjelzők, illetve az át-vagy távjelzést biztosító GSM/GPRS-modul is. A tápellátást 12Vdc szünetmentes tápegység látja el a központ fele, ami a riasztókábelén keresztül táplálja meg az összes rendszerelemet. Ennek megtáplálását a lakáselosztó egy dedikált áramköre látja el.

Az egyes behatolásérzékelők alapesetben vezetékkel, 4 vagy 6-eres riasztókábelrel csatlakoznak a központhoz, de telepes megtáplálás esetén ez történhet rádiófrekvenciás állapotjelzéssel is, ehhez egy rádiós modul beépítése is szükséges a központnál.

A riasztórendszerek telepítése engedélyköteles* és külön képesítést kíván, épületinformatikai és villamosipari vonatkozása csak annyi, hogy a lakásokban kiépített riasztókábeleknek – esztétikai és biztonsági szempontból is – érdemes külön dedikált nyomvonalat biztosítani, a riasztóközponttól kiindulva az egyes rendszerelemek irányába. A gyengeáramú kábelekkel (infokommunikációs, épületfelügyelet, CATV) elvileg együtt vezethető, de a nagyon eltérő nyomvonalak miatt általában nem éri meg.

8.1.3 *Beléptető rendszerek*

A leggyakoribb beléptető rendszerek lakóingatlanok esetében legtöbbször csak egy kaputelefonnal, esetleg videotelefonnal összekombinált számszörös-kódkulcsos zárnyitó automatikában merülnek ki. Ezek rendszerfelépítése nem bonyolult, telepítése nem engedélyköteles és nem igényel komolyabb gyengeáramú szaktudást sem. A gyengeáramú kábel kiválasztásánál ügyelni kell a gyártói előírásokra, s az erősáramú hálózattól való elkülönített nyomvonalra.

Összetettebb feladat egy nagyobb létesítmény, iroda vagy üzemegység beléptető rendszerének kialakítása, hiszen itt a különböző kártyák tulajdonosai, különböző jogosultsággal tudnak egy adott területen belül mozogni. A *kártyaolvasó*, rendszám-leolvasó kamera, számszárkód nyomógomb vagy *biometrikus leolvasó* (pl. ujjlenyomat leolvasó) egység csatlakozik a helyi vezérlőelektronikához, ami azt ajtó típusától függő (forgó-, nyíló-, tolóajtó vagy sorompó) impulzust biztosít a nyitáshoz, miközben adatkapcsolaton keresztül a rendszer központjával –, ami leggyakrabban egy PC – is összeköttetésben van. Ezen a központon keresztül lehet beállítani az egyes területi vagy kártya szintű jogosultságokat, vagy adatokat gyűjteni pl. a munkaidő-nyilvántartáshoz.

* Magyarországon a vagyonvédelmi rendszerek telepítését csak a Személy-, Vagyonvédelmi és Magánnyomozói Szakmai Kamara engedélyével lehet végezni.

8.1.4 Zárt láncú kamerás megfigyelő rendszerek

Ha biztonsági kamerarendszert szerelünk fel, az a vagyonvédelmi rendszer részeként fog működni. Ma már szinte csak IP-alapú összeköttetéssel csatlakoznak a központi felvevőegységhez, de léteznek még analóg technikával HD minőségű képet továbbító ún. AHD kamerák is. Kültéri kivitel esetén éjjellátó funkcióval is ellátják, amit a beépített infra LED-ek biztosítanak. A kábeleket a külső szabotázsztól mechanikailag védetten, vagy más objektumvédelmi eszköz védelmi vonalán belül elhelyezve (ajtón belüli, másik kamera által megfigyelt területen) kell vezetni. A felvevőegység által készített felvételeket – az adatvédelmi szabályzat szerint csak az erre jogosult és meghatalmazott személy(ek) kezelheti(k).

Középletekben, társasházakban működő térfigyelők esetén tájékoztatót kell elhelyezni a megfigyelt területeken a tényről, hogy az adott *területen elektronikus térfigyelő rendszer működik*.

Amíg az IP kameráknak egyszerű Cat-5 Ethernet-kábelezés megfelelő, az AHD kameráknak általában 50 Ohmos impedanciájú árnyékolt kábel kiépítése szükséges. A vezeték-nélküli internetes elérhetőség elterjedésével ma már szinte minden lakóingatlan teljes WiFi-lefedettséggel rendelkezik. Emiatt saját célra egyre gyakrabban telepítenek WiFi-n keresztül működtethető IP kamerákat. Ezekről fontos tudni, hogy hiába csatlakoznak fel a házi routeren keresztül a világhálóra, szükségük van egy kliens gépre, szerverre, vagy felhőn keresztül elérhető alkalmazásra, amin biztosítja, hogy Wifi kameráknak kiosztott IP cím a hálózaton belül elérhető maradjon. A felhő alapú alkalmazással a magánéletünk egyes terein belül készült felvételek sorsa a szolgáltatónk kezébe kerülhet, aminek megóvására – főként ingyenes szolgáltatás esetén – nem sok esélyünk van. Biztonsági okokból kifolyólag talán jobb, ha egy előfizetői oldalon keresztül keressük erre egy leinformálható megoldást.

8.2 Épületgépészeti rendszerek irányítástechnikája

8.2.1 Hőtechnikai eszközök telepítése

Az épületgépészeti berendezések közül példánkban a gázkazánok elektromos bekötésével foglalkozunk, ami talán a leggyakrabban előforduló feladat egy általános villamos szakember hazai gyakorlatában.

Mindig a gyártó által biztosított gépkönyvek, vagy tervezési segédleteinek rajzaiból indulunk ki az adott konfigurációra vonatkozóan. Alapesetben a 230V-os betáplálást csak a kazán részére kell biztosítani, az összes többi rendszerelem – keringtető szivattyú, váltószelep – innen kerül majd megtáplálásra. Előfordul azonban, hogy az *időjáráskövető szabályozóegység* a kazánon kívül szerelendő fel és a kazán(ok) fele egyetlen kommunikációs kábellel csatlakozik.

A köpenyes kábeleket védőcsövekkel szereljük, de még így is ügyeljünk arra, hogy a forró felületekkel, csövekkel ne kerüljenek kapcsolatba, még akkor sem, ha a köpenyünk hőállósága ezt lehetővé tenné. A hőszondák mérőkábeleit és a kommunikációs kábeleket vigyük a 230V-os táp-és vezérlőkábelektől elkülönítve. A hőtechnikai rendszerekben gyakran alkalmazott NTK 10k hőszondák (valójában termisztorok) kábelezése általában nem túl zavarérzékeny, de 15 méternél hosszabb nyomvonal esetén már javasolható az árnyékolt kábeles hozzávezetés, az árnyékolást pedig a bemenet oldalán földeljük a hőszonda oldalon pedig szigeteljük ki.

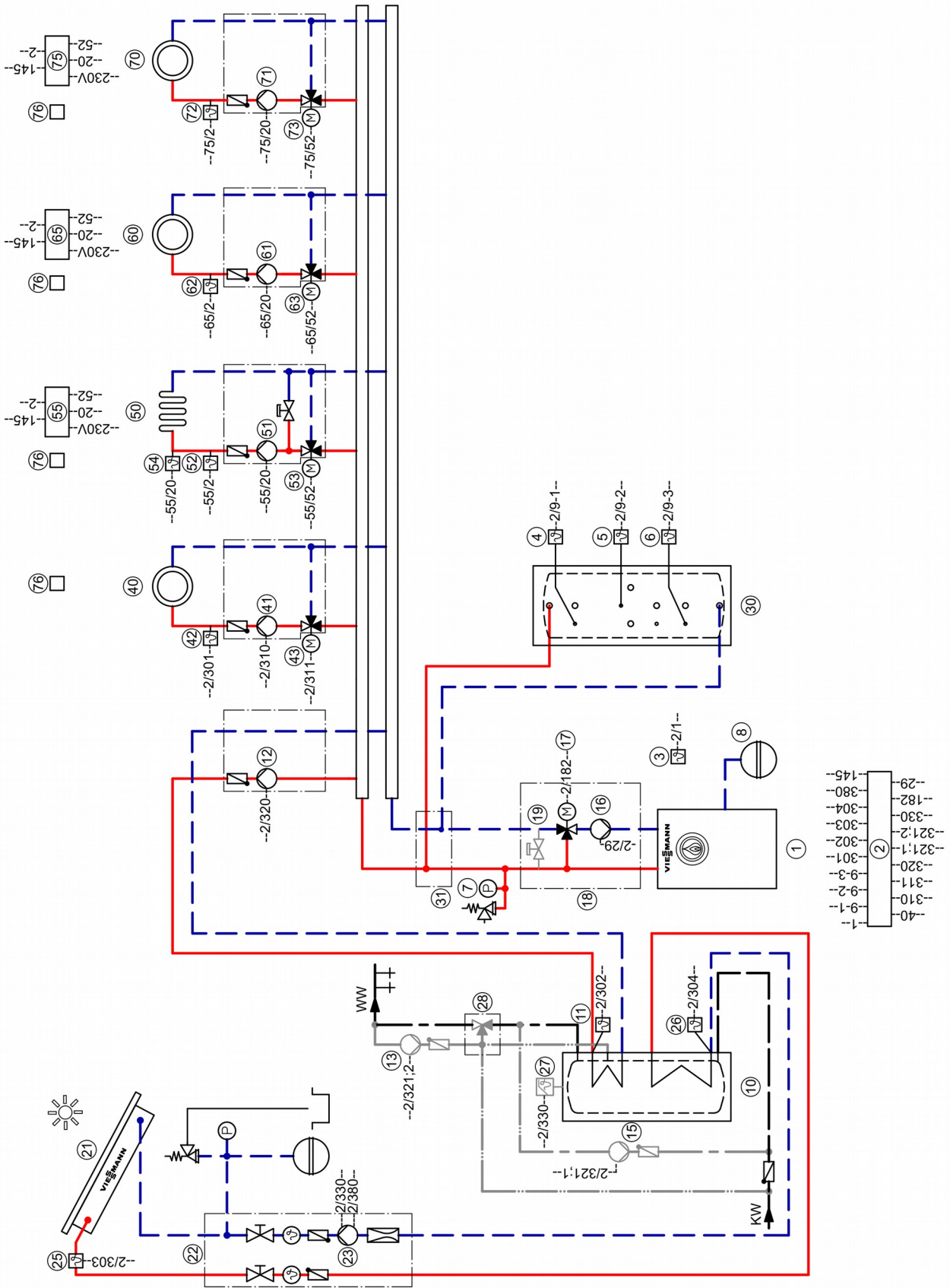
A kábelek szerelésénél, mivel a csővezeték kötése miatt a vízszivárgás esélye nem kizárható minimum IPx4-es víztömörségű kábelbevezetések kialakításáról gondoskodjunk: a gumi kábelharangok vagy tömszelencéken keresztül csak kör keresztmetszetű kábeleket alkalmazzunk. A kazán közelében – leszámítva a készülék megtáplálását szolgáló dugaljakat – fali szerelvényeket ne helyezünk el! A készülék mellett létesítsünk egy helyi *védő-összekötő* (EPH) *gyűjtősínt*, vagy pedig végződtessünk ott egy gerincvezetőt, amellyel az összes vezetőképes (az ötrétegű csöveket nem lehet leföldelni) csőbekötést be kell vonni a védő-összekötő hálózatba, ha fémtálcákat használunk a kábelek nyomvonalában, azokat is. A gázkazán részére egy 30mA-nél nem nagyobb kildóáramú ÁVK-t is kapcsoljunk, érdemes kombinált áramvédő kismegszakítót (RCBO) alkalmazni, egyúttal az áramkör túláramvédelmét is biztosítani.

8.2.2 *Épületgépészeti tervek irányítástechnikai értelmezése*

Az alábbi oldalakon egy *Viessmann VITOLIGNO 300-C* faelgázosító kazán gyári ajánlású *hidraulikus kapcsolási vázlatát* tekintjük át. A rendszer 4 fűtőkörből áll, abból az egyik padlófűtés. A kazánon kívül egy *napkollektor* is rásegít a fűtési rendszer *puffertárolójára*, a *használati melegvíz-tároló tartály* viszont egyedül a kazánkörből táplálható.

A rajzokon látható körökben lévő számozások a rajzot követő alkatrészlistán adja meg az adott eszköz tételszámát.

A vezérlőblokkok mindegyike tételszámmal sematikus szintén szerepel a hidraulikus vázlaton, a hozzá tartozó *bekötési pozíciókkal* együtt.



8.1 ábra Hidraulikus kapcsolási vázlat, Viessmann VITOLIGNO 300-C

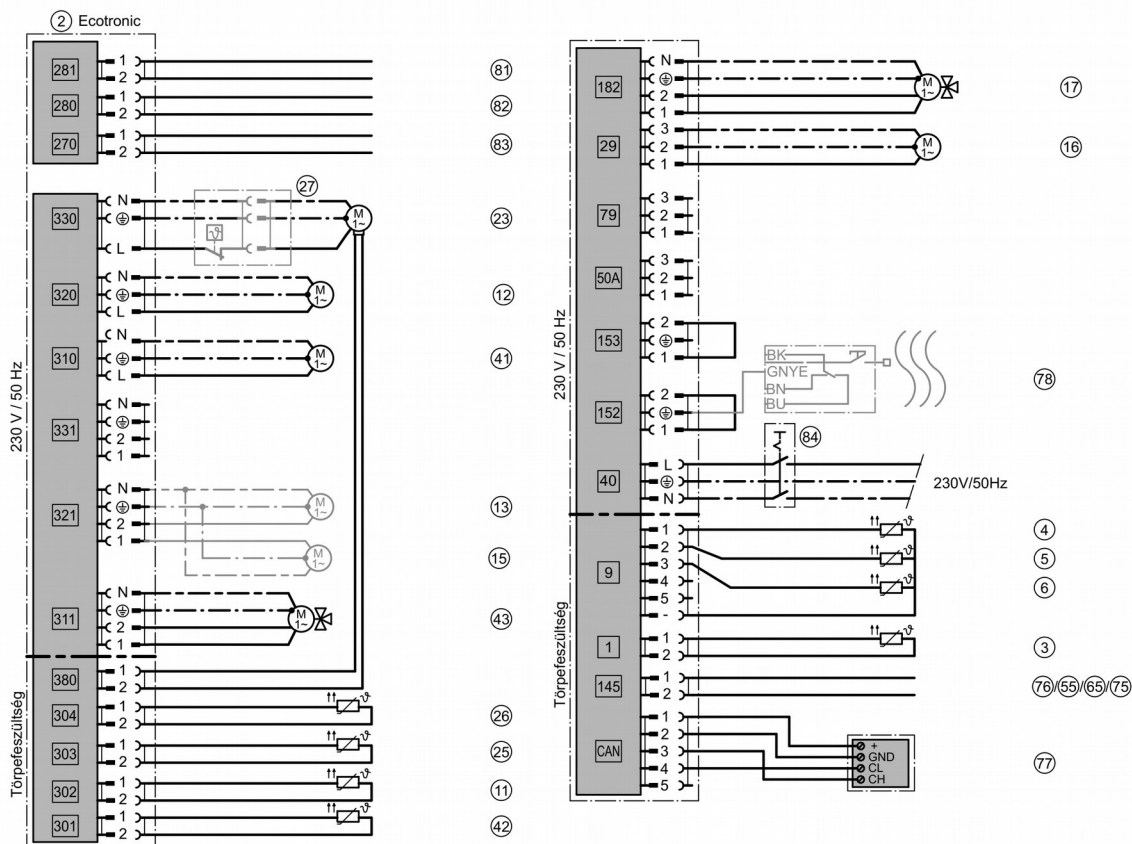
Szükséges készülékek

Azonosító: 4800337_1509_01

Poz.	Megnevezés	Rend. sz.
①	Hőtermelő Vitoligno 300-C a következőkkel	Lásd a Viessmann árjegyzéket
②	Ecotronic	1. poz. szállítási terjedelmében
③	Külső hőmérséklet-érzékelő (ATS)	1. poz. szállítási terjedelmében
④	Felső pufferhőmérséklet-érzékelő (PTS)	ZK01 320
⑤	Középső pufferhőmérséklet-érzékelő, PTS	4. poz. szállítási terjedelmében
⑥	Alsó pufferhőmérséklet-érzékelő (PTS)	4. poz. szállítási terjedelmében
⑦	Kiselosztó biztonsági szeleppel	7143 779
⑧	Tárgulási tartály	Lásd a Viessmann árjegyzéket
⑩	Kazánköri szivattyú (KKP)	18. poz. szállítási terjedelmében
⑪	Visszatérő hőmérséklet emelő egység szelepe	18. poz. szállítási terjedelmében
⑫	Visszatérő hőmérséklet emelése szabályozott 12 kW-ig	1. poz. szállítási terjedelmében
	18 – 48 kW	Lásd a Viessmann árjegyzéket
⑬	Áteresztőszelep (csak max. 12 kW-os kazánok esetében)	1. poz. szállítási terjedelmében
⑩	Melegvíz készítés fűtőkazánnal Melegvíz-tároló két fűtőcsőspirállal	Lásd a Viessmann árjegyzéket
⑪	Tárolóhőmérséklet-érzékelő (STS)	1. poz. szállítási terjedelmében
⑫	Tárolófűtés keringető szivattyú (UPSB)	Lásd a Vitoset árjegyzékét
⑬	Melegvíztároló cirkulációs szivattyúja (ZP)	Lásd a Vitoset árjegyzékét
⑮	Keringető szivattyú átrétegezéshez	Lásd a Vitoset árjegyzékét
⑳	Melegvíz készítés szolárrendszerrel Napkollektorok	Lásd a Viessmann árjegyzéket
㉑	Solar-Divicon szivattyúállomás, PS10 típus, szabályozó nélkül 1000 l/órás szállító teljesítménnyel 6,0 m szállítómagasság mellett	Z012 020
	vagy Solar-Divicon szivattyúállomás, PS20 típus szabályozó nélkül 1500 l/órás szállító teljesítménnyel 6,5 m szállítómagasság mellett	Z012 027
㉒	R1 szolárköri keringető szivattyú	22. poz. szállítási terjedelmében
㉓	Hőmérséklet-érzékelő készlet a szolárkörhöz	ZK01 271
㉔	– Kollektor hőmérséklet-érzékelő (KOL)	24. poz. szállítási terjedelmében
㉕	– Tárolóhőmérséklet-érzékelő (SOL)	24. poz. szállítási terjedelmében
㉖	Biztonsági hőmérséklet-határoló termosztát (STB)	Z001 889
㉗	Termosztatikus cirkulációs készlet (cirkulációs vezetékkel felszerelt melegvízellátó berendezés esetén) vagy Hőkorlátozó termosztatikus keverőszelep (cirkulációs vezeték nélküli melegvízellátó berendezés esetén)	ZK01 284 7438 940
㉘	Fűtővíz-puffertároló	Lásd a Viessmann árjegyzéket
㉙	Fűtővíz-puffertároló csatlakozóegység (csak max. 24 kW-os kazánok esetén)	7159 406

8.2 ábra Készüléklista a ábra kapcsoláshoz (részlet)

Elektromos vázlat



Azonosító: 4800337_1509_01

8.3 ábra Elektromos vázlat a faelgázosító kazánhoz (részlet)

A rajzokon látható ϑ (görög théta) szimbólumok mind *hőmérsékletmérésekre* utalnak: a hidraulikus vázlaton látható a szonda elhelyezési pozíciója, míg a mellette lévő számból kiderül, hányas vezérlőblokk, melyik kapocspárjára (vagy triádjára) kerül bekötésre, pl.: --2/301 jelentése:

2. számú vezérlőblokk, 301-es kapocspárjára kötjük az adott hőmérőt.

A hőméréseken túl a szivattyúk és a háromjártatú motoros szelepek bekötését is láthatjuk a rajzokon.

Ezt követően fellapozzuk a dokumentáció *elektromos vázlatát* (...ábra), ahol pontosan látjuk az egyes bekötési pontokat is minden bekötési pozíció (bekeretezett számok) kapocs-csoportjánál. Ezzel a hivatkozási rendszerrel lehet értelmezhető összeköttetést teremteni az épületgépészek által készített *hidraulikus kapcsolási rajz* és az *elektromos bekötési rajzok* között, amellyel olyan dokumentáció jön létre, amiből mind a két szakág kivitelezői és tervezői képesek dolgozni.

8.3 Intelligens lakóépületek általános rendszerelemei

Az informatika térnyerése az épületautomatizálást sem kerülhette el, s míg a 2000-es évek elején egy csak telefonvonalon, vagy GSM/GPRS modulon keresztül volt lehetséges egy-egy funkció lekérdezése vagy indítása egy lakóépület irányítástechnikájában, ma már szinte elképzelhetetlen az, hogy egy ilyen rendszer ne legyen elérhető az interneten keresztül, vagy ne létezzen külön okos eszközön futó applikáció valamennyi rendszerelem kezelésére. A „smart” kor beköszönésével alapvető igény lett az automatizált otthonok „okosítása” ugyanúgy, mint a korábban telepített rendszerek felfejlesztése is az okos eszközökkel való összekapcsolódásra, annak ellenére, hogy sokakban ma is ellenérzést vált ki az IP-alapú rendszerszervezés, vagy az internetről átjárható belső hálózat.

Bár az informatikai eszközeink kibernetikai sérülékenysége tudhatóan nem science-fiction kategóriába esik, az informatika térnyerésével a technikai haladás új fejezete nyílt meg (ld. Ipar 4.0), amellyel az eddig olyan HW-orientált szakmák, mint a villanyszerelés is virtuális vetületet kapnak.

8.3.1 MÉRŐESZKÖZÖK

A intelligens mérőeszközök analóg méréssel alakítanak át egy – többnyire – nem villamos mennyiséget villamos mennyiséggé (feszültség, áram vagy ellenállás), hogy aztán a jelfeldolgozó egységében egy analóg-digitális (A/D) átalakítást követően a rendszer – vezetékes vagy rádiófrekvenciás – kommunikációs csatornáján keresztül továbbadjon a központi vezérlőrendszer, vagy decentralizált architektúra esetén a hozzárendelt beavatkozó egység felé.

Az egyik leggyakoribb mérés az épülettechnikában a **hőmérsékletmérés**, azon belül is a levegő hőmérsékletének a mérése. Ilyen eszközök lehetnek a különböző *okos termosztatok*, melyek a hőmérséklet mellett helyi kezelőfelületet is biztosítanak a felhasználó számára a fűtés-hűtés mindenkori komfort szintjének kijelzésére és kézi beállítására is, de léteznek egyszerű *hőmérséklet jeladók*, amelyeknél a beállítás csak központilag, de legalábbis a központi vezérlőegység (pl. telefonos applikációs) elérésén keresztül lehetséges. Az ilyen kijelző-és kezelőegység nélküli mérőegységek alkalmazhatóak középületeknél, közösségi és irodai terekben, bárhol, ahol a kézi beavatkozást el szeretnénk kerülni, de lakossági felhasználásban is van jelentősége, pl. másodlagos helyiség hőmérséklet mérésére többzónás rendszerek felműszerezésénél, vagy árnyékolók vezérléséhez biztosított hőmérsékleti alapjel helyi érzékelőjeként.

A klimatechnikai célokból végzett helyiség hőmérések mellett mindig érdemes egy *páratartalom mérést* is végezni, hiszen ez a szubjektív hőérzetünk másik komoly befolyásoló tényezője, de adott esetben a páralecsapódás megelőzésének érdekében is fontos ezt mérnünk (fűtés és légtechnika indítójeléhez). Mivel ez a két fizikai jellemző a hőérzetünktől függetlenül is egymással összefüggéseiben értékelhető, illetve gyakorlati okokból kifolyólag is érdemes együtt mérni a hőmérsékletet a páratartalommal, így léteznek már e két mérést egyidejűleg végző *kombinált érzékelők* is.

Léteznek *külső hőmérsékletmérők* is, melyek az időjárás-érzékelés részeként adhatnak alapjelet a

hőtermelőknél vagy árnyékolástechnikai rendszerrel. Emellett léteznek az épületgépészeti szabályozásokhoz használt merülő, vagy kontakt *hőmérő szondák*, melyekkel tartályban lévő, illetőleg a csőben áramló hűtő vagy fűtőközeg hőmérsékletét tudjuk mérni, és a mért adatokat digitális úton továbbítani a beavatkozók felé.

Az intelligens épületek másik nagy számban végzett méréseit a *megvilágítás érzékelők* – valójában fényerősség mérők – végzik, alapjelet biztosítva a fényerő-szabályozáshoz és különböző árnyékolók (zsalugáterek, redőnyök) mozgatásához is. A kültéren alkalmazható változatot az árnyékolástechnika vezérléséhez vagy alkonykapcsoláshoz használhatjuk.

Az **időjárás-érzékelő** (vagy meteorológiai) **állomások** az egyszerű fényerősség mérés helyett a napsugárzás intenzitását több irányból képesek mérni, emellett a szélsőséget, páratartalmat, a hőmérsékletet és légnyomást is a légtechnika számára. Érzékeli az esőt, melynek hatására bizonyos hőmérséklet alatt a saját felületfűtését automatikusan bekapcsolva biztosítja, hogy se a jég, sem pedig a hó nem tudjon lerakódni az érzékelők felületén.

Az intelligens épületek energiagazdálkodásához elengedhetetlen az aktuális villamos energia vagy akár a meddő fogyasztás mérése, így a rendszer részét képezhetik **áram-és feszültségmérő** eszközök is.

8.3.2 *Érzékelők*

Az érzékelők bemeneti jelzéseként legtöbbször valamilyen kétállapotú jelzést fogadnak, vagy adnak kimeneti jelként saját méréseik és jelfeldolgozásuk eredményeképpen. Az érzékelőknél elsősorban biztonságtechnikai jelzésekre gondolhatunk: *füstérzékelők*, CO- vagy más *gázérzékelők* formájában, de míg előbbi a tűzjelző rendszerekre vonatkozó előírások, addig a gázérzékelők az időszakos kalibráció szükségessége miatt egyelőre nem váltak az épületautomatikai rendszerbe bevont funkciók általános elemeivé, hanem általában ezek különálló rendszerként vannak jelen.

Egy külön speciális csoportot képviselnek az épületautomatizálásban a *vagyonvédelmi* célokra telepített érzékelők is. *Atónyitás-érzékelők*, *üvegtörés-érzékelők* és a *mozgásérzékelők*, melyek passzív-aktív, nyitott-zárt kapcsolójeleket továbbítanak a védett hurkokon keresztül, de telepés megtáplálás esetén ez történhet rádiófrekvenciás állapotjelzéssel is.

Mivel az épületfelügyeleti rendszerek érzékelői általában nem rendelkeznek a szükséges nemzeti és biztosítói jóváhagyásokkal, tanúsítványokkal, így a biztonsági rendszereket inkább egy interfészen keresztül tanácsos bekötni a felügyeleti rendszerbe: ezáltal a biztonsági rendszerek kialakítása szabványos és intakt marad, miközben a hibajelzések és riasztások is megérkeznek a felügyeleti központba, vagy smart rendszer esetén az okos eszközünkre is.

A mozgásérzékelőket általános esetben világítás, vagy más – programozás szerint indított – kényelmi funkciók kapcsolására is alkalmazhatjuk, vagyonvédelmi célokra csak akkor, ha az eszköz erre vonatkozó minősítésekkel rendelkezik. A mozgásérzékelőkkel nem keverendők össze az ún. *jelenlét-érzékelők*, melyek az előzőekkel ellentétben nem az érzékelt zónában tapasztalható mozgást, az infravörös sugárzás vagy visszavert radarjel változását érzékelik, hanem a zónába belépő személy jelenlétének teljes időtartama alatt aktív jelzést adnak, amivel biztosítható a zónában automatikusan működésbe lépő fűtés-vagy világítástechnika.

8.3.3 Kezelő-kijelző egységek

Az épületautomatizálásban a kezelőegységek típusa kétfelé ágazik. Léteznek egyrészt a célorientált kezelőegységek, melyek – a korábbi funkcióhoz tartozó formához igazodva funkcionálnak a továbbiakban, mint pl. az említett okos termosztátok, okos falikapcsolók, okos dimmerek,..., illetve léteznek olyan kombinált kezelő-és kijelzőegységek, melyből, mint az intelligens épületvezérlésünk elérési pontjából egy menürendszeren keresztül több funkció is lekérdezhető és/vagy változtatható (hőmérséklet, megvilágítási kép, árnyékolástechnika, stb). Kiterjedt épületautomatizálás mellett egyértelműen ilyen elérési pontok kialakítása javasolt a létesítmény (lakóépület) egy-egy kiemelt lokációjában (pl. nappali), emellett inkább az okos eszközös beavatkozást részesítsük előnyben. A gyakorlatban a szokásos kezelőpontok (fali világításkapcsolók, komfort klímakapcsolók, redőnymozgatók) helyi biztosítása mellett a kombinált kezelőegység lakórészenkénti, vagy emeletenkénti felszerelése javasolható az ügyfél igényei szerint.

8.3.4 Központi egységek és vezérlőmodulok

Az épületeknél az automatizálás más területeihez hasonló trend mutatkozik, miszerint az egyetlen, fizikailag és architektúrában is központi kialakítású fő vezérlőrendszer helyett kezd előtérbe kerülni az osztott intelligenciás, egyik-másik vezérlő-szabályozó funkciót kiszervező, buszra felfűzött vagy remote I/O jellegű kialakítás. Ennek első nagy előnye már a telepítéskor is megmutatkozik, hiszen ahelyett, hogy a be-kimeneti jeleket a fél házban át kellene a kábeleket vezetni, egyetlen buszrendszerre felfűzhetőek, melyek különböző topológiában (sugaras, gyűrű) hibavédelmet is biztosíthatnak. A mai épületautomatizálásban szinte kizárólag csak funkcióorientáltan kiszervezett vezérlőegységekkel lehet találkozni. Ezek lehetnek az említett világításvezérlők (kapcsolók és dimmerek, ma már legfőképpen csak LED-ekhez), redőnyvezérlések, fan-coil vezérlők, szelepszabályozók, de szabványos villamos interfészjeleket biztosító egységek is, melyek kontaktusjeleket, 4-20mA vagy 0-10V-os analóg vezérlőjeleket biztosítanak.

Az I/O számainak növelésére a központi vezérlőegységek vagy modulárisan, vagy saját hálózati összeköttetés segítségével bővíthetőek.

8.3.5 Hálózati szervezők és átjárók

Az épületfelügyeleti rendszer *belső hálózata* lehet Wifi, de lehet valamilyen ipari kommunikációs rendszer (pl. ZigBee) melyen keresztül az összes rendszerelem kommunikálni képes egymással. A hálózat középpontjában a gateway, vagy hálózati szervező áll – internetes változat esetén e két funkció egyben van, ami begyűjti az adatokat, s kialakítja a kapcsolatot a külső hálózattal Wifin vagy Etherneten keresztül.

8.3.6 *Smart Home alkalmazások, és eszközök*

A fenti rendszerelemek felhasználására igény keletkezett a kis lakóingatlanokban is, melyek egyedi megvalósítása egyszerűen a Wifi-re közvetlenül felcsatlakozó, vagy *IoT kompatibilis eszközökkel* kézzelfogható közelségbe került. Készülékeinket így a gyártó által biztosított ingyenes felületen keresztül, szintén ingyenes alkalmazások segítségével bármilyen okos eszközzel irányítani lehet. A lemaradni nem kívánó gyártók gőzerővel fejlesztik az okos alkalmazásokat és internetre csatlakoztatható eszközeiket. Első között jelentek meg a smart relék és Wifi termosztátok, melyeket a világhálón keresztül bárholnan elindíthatunk, paraméterezhetünk, programozhatunk, akár automata indításra is, amint egy megadott GPS koordináta (pl. az érintett lakóingatlanunk) közelébe kerülünk. A lehetőségek e jegyzet kereteit bőven meghaladják, mert a klímaberendezésen keresztül a kávéfőzőnkön át a robotporszívók is mind *felhőalapú* irányítási felügyeletet kaphatnak. Természetesen a világítástechnikai berendezéseket, kapcsolókat, redőnymozgatókat és érzékelőket is részévé tehetjük a rendszernek. Így a beállításuk szabadsági foka rendkívüli mértékben nő. pl fényerő, színhőmérséklet, szín egyszerű kényelmes változtathatósága, napfelkeltére induló kávéfőző. A közös bennük a felhőalapú felügyelet, mely az ingatlan internetkapcsolatán keresztül közvetlen elérhetővé teszi a Wifi, BlueTooth, ZigBee, RF stb.. vezeték nélküli belső kommunikációjú eszközöket. A felépített komptaibilis rendszerek megfelelő átjárókkal hang utasítások alapján is vezérelhetőek lesznek.

A gyártóknak rendkívül sok energiát kell még befektetnünk az egymással együttműködni képes eszközökbe, amit napjainkban csak azok a mértékadó kiépítettségű épületfelügyeleti rendszerek biztosítanak, melyek a kompatibilitáson túl rendszerszintű összhangot teremtenek az egyes érzékelő, mérő és beavatkozó elemek között (pl KNX, Desigo), ami valóban egy *intelligens otthon* komfortfokozatát adja, s nem elkülönült programok alapján kapcsolgat klímát, szellőztetést, zsaluállást, világítást,...stb. Az egyszerű Wifi-s eszközökbe ilyen szintű együttműködési intelligencia nem épül bele (hacsak valaki nem programozza le külön), alkalmazni azokat így e korlátok ismeretében érdemes.

A *mesterséges intelligencia* (AI, Artificial Intelligence) rengeteg lehetőséget tartogat még az épületautomatizálási fejlesztésekben, pl. otthoni szokásaink öntanuló kiértékelésére, ez alapján megadott vezérlési algoritmusok elindítására. Egy-egy funkció öntanulóvá alakítása már most is igen ígéretes eredményekkel szolgálja otthonainkat. A konzervatívabb felfogású épületgépész szakemberek azonban még ma is gyanakvással tekintenek a teljes épületfelügyelet – és ezzel együtt élet-és vagyonbiztonságot meghatározó infrastruktúrák – szoftver-és felhőalapúvá tételére. Jelen korunk *kiberbiztonsági réseit* és a vele párosuló felhasználói tudattalanságot tekintve megállapítható, hogy ez nem egy alaptalan aggály.

9 MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK SZERELÉSE

Megújuló energiaforrásnak nevezzük az energiahordozók azon csoportját, amelyek emberi időléptékben képesek megújulni, azaz nem fogynak el, ellentétben például a fosszilis energiahordozókkal. A megújuló energiaforrások közé soroljuk az alábbiakat:

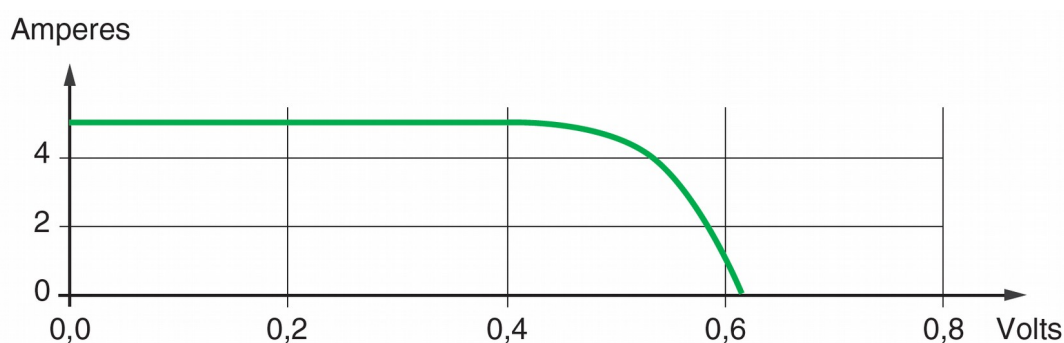
- napenergia;
- geotermikus energia;
- szélenergia;
- vízenergia;
- biomasszából nyert energia.

Ezek közül a napenergia a leginkább elérhető mindenki számára, s hazánk éghajlati viszonyában is jól hasznosítható. Magyarországon a napsütéses órák száma évente átlagban 2000-2500 óra, illetve az ország területére megközelítőleg 1300 kWh/m² energia érkezik.

9.1 Fotovoltaikus áramtermelés (HMKE, KE)

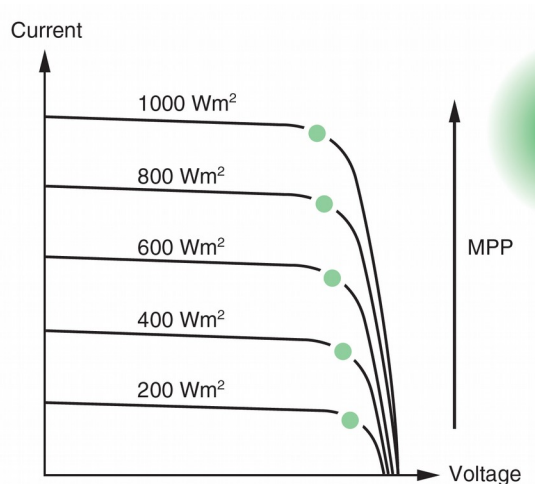
9.1.1 A fotovoltaikus effektus

A szolárcellák a Nap sugárzási energiáját képesek közvetlenül villamos energiává alakítani oly módon, hogy a napelem felületén elnyelődő fotonok a félvezető atomjainak elektronjait felszabadítják, mely a töltéshordozók mozgását eredményezi, s így villamos áramként hasznosítani tudunk. Egyetlen szolárcella áram-feszültség diagrammja látható a 9.1 ábrán. A nyitott kapcsokon mérhető maximális feszültségértékéből visszaköszön a szilíciumdióda nyitóirányú feszültsége.



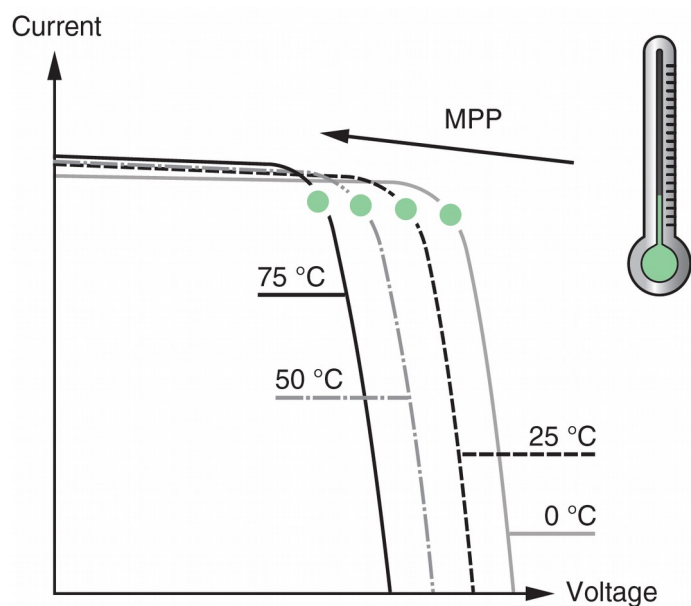
9.1 ábra Egyetlen PV cella tipikus karakterisztikája

A szolárcella olyan *egyenfeszültségű áramgenerátorként* fogható fel, melynek árama a *besugárzás intenzitásától* függően változik: az intenzívebb napsugárzás növeli a cellákban előállított villamos teljesítményt. Derült időben, szinte ideális körülmények között ez az érték akár az 1000 W/m²-t is elérheti, míg borult égbolt mellett még az 50W/m² értéket sem éri el. Ezek csak a *direkt sugárzási* értékek, a napelemcellára még teljesen felhőtlen időben is jelentős mennyiségű *szórt sugárzás* érkezik, ami a cella és a körülmények függvényében 10...30%-ot tehet ki a teljes megtermelt energiából.



9.2 ábra A szoláris teljesítmény paraméterezése a besugárzási intenzitással

A szolárcellák – bármely más félvezetőhöz hasonlóan – jelentős hőmérsékletfüggéssel rendelkeznek, amitől a szabadtéri alkalmazásból fakadó állandó kitettségük miatt nem tekinthetünk el, ráadásul a kapocsfeszültségük éppen a *magasabb hőmérséklet* (amit okozhat éppen a közvetlen napsugárzás is) hatására csökken, tehát a megemelkedett cellahőmérséklet hatására a megtermelt villamos teljesítmény csökkenni fog.



9.3 ábra A szolárcellák teljesítményének változása a hőmérséklet függvényében

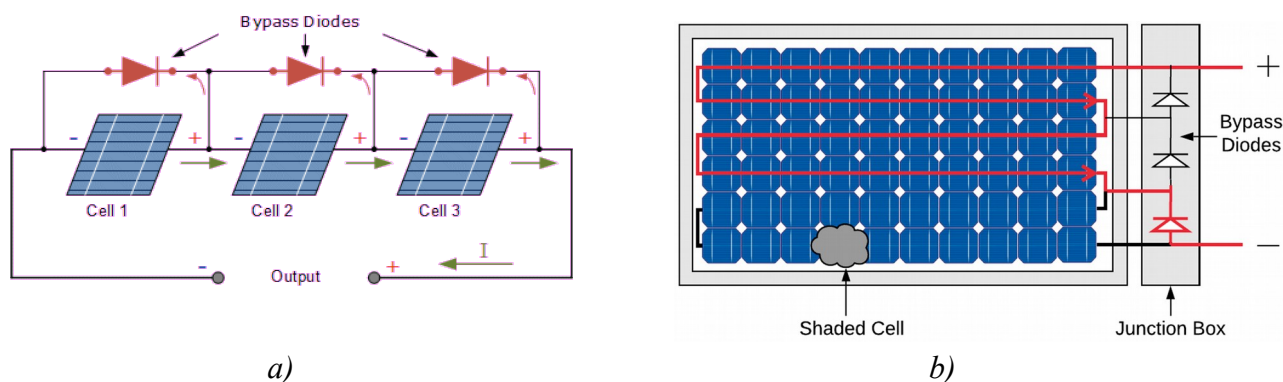
9.1.2 Napelemes rendszerek általános felépítése

Villamos áram, mint tudjuk, az áramkör zárásával keletkezik, ehhez a cellákból összeálló napelem modulokat össze kell kapcsolni. A sorba kapcsolt modulokat **string**eknek (fűzéknek) nevezzük. Az egy stringbe szervezett modulok eredő áramerőssége – az áramgenerátoros működés miatt – a legkisebb modulárammal egyezik meg, míg a kapocsfeszültségüket a modulok feszültségének összege adja:

$$U_{\text{string}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I_{\text{string}} = I_{\text{modul}}$$

Részleges árnyékhatás esetén a sötétbe került cellák áramtermelőkből fogyasztókká válnak, a sorba kapcsolt cellák eltérő áramai pedig az egymás belső ellenállásain áthajtott kiegyenlítő áramok ohmos vesztesége veszélyes helyi túlhevülési pontokat, ún. „hot spot”-okat hoznak létre. Ennek elkerülésére ún. *by-pass diódákat* építenek egy-egy cellához gyárilag, vagy egy-egy string védelmének érdekében a modul kötődobozába szerelve, mellyel az árnyékba borult cella teljes ágát kikapcsolva az áramtermelésből óvjuk meg ezt a kiegyenlítő áramok okozta károsodástól.



9.4 ábra Napelemek *by-pass diódás* védelme cellák (a) és a stringek (b) szintjén

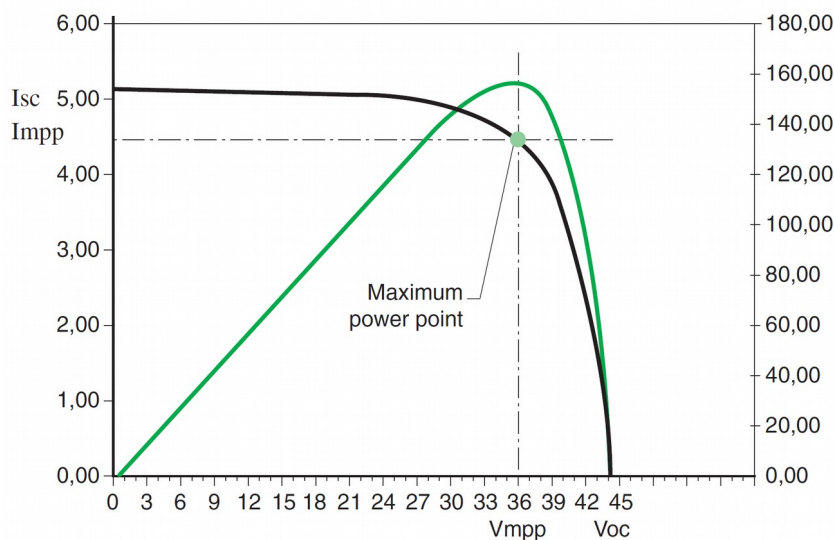
Több napelem-fűzér (tipikusan 2, 10 vagy 15 string) párhuzamos kapcsolása, alkot egy **napelemcsoportot**, amit *tömbként* (array) is neveznek. A csoport feszültségét a legalacsonyabb feszültségű string adja meg, míg eredő árama értelemszerűen összegződni fog.

50-100 kWp teljesítmény feletti tartományokban **napelemmezőket** hoznak létre több napelemcsoport (legtöbbször párhuzamos) összekapcsolásával. Amennyiben soros kapcsolás nincs a mezőn belül, akkor a rendszerfeszültség azonos a napelemcsoport feszültségével, árama azok összegzésével számítható.

A **napelemes erőmű** (SPP, Solar Power Plant) az a végleges egység, amely a napelemmezőket rendszerszinten összefogja. A közcélú hálózathoz a kapcsolódás csak *hálózati invertereken* keresztül KIF-en, míg transzformátor állomással történő csatlakozás esetén KÖF-ön is lehetséges – ez esetben a mérési elszámolás is KÖF-ön történik. Szolár erőműből közvetlen DC nagyfeszültségű csatlakozás is lehetséges, amennyiben ilyen átviteli hálózat rendelkezésre áll (ld. 4.1.3 fejezet), de ez Magyarországon még nincs jelen.

A napelemek maximális hatékonyságának kihasználásához az *optimális terhelési viszonyokat* a fent bemutatott áram-feszültség karakterisztikán belüli *munkapont* helyes beállításával tudunk eljutni. A napelemek által elérhető *legmagasabb teljesítményű pontból* származtatható a hozzá tartozó legmagasabb áram és a feszültség értékek. Ezek metszéspontjában van a maximális teljesítmény pont (Maximum Power Point), melyet a napelemre közvetlenül kapcsolódó inverter vagy töltésvezérlő eszköz automatikusan be tud állítani az adott körülmények (besugárzás, terhelőáram,

hőmérséklet) követésével. Ezt a technológiát **MPPT**-nek (Maximum Power Point Tracking), az ilyen funkcióval rendelkező eszközöket *munkapont-követős szabályozóknak* nevezzük. A hálózatra kapcsolható inverterek elvben mindegyike rendelkezik ezzel a funkcióval. Az MPPT egy olyan szabályozási algoritmust követ, amely a körben kialakuló áram-vagy feszültség szabályozásával a lehető leggyorsabban áll rá az adott viszonyok közötti maximális teljesítménypontra.



9.5 ábra Napelemek teljesítménygörbéje az áram-feszültség viszonyok függvényében

Akkumulátorok töltésére használatosak még a **PWM** (Pulse-wide Modulation), azaz *impulzus-szélesség modulációval* szabályozó készülékek is. Kedvező árak miatt még ma is népszerűek, de mivel a napelemek teljesítmény-optimalizálási munkapontját nem követik, így kevésbé hatékonyak, ezért alkalmazásuk csak kisebb teljesítményű DC fogyasztókhoz ajánlott.

9.1.3 Naperőművek szigetüzeme

Szigetüzemű (Off-Grid) rendszereknél kizárólag a napelemes rendszer által megtermelt villamos energia áll a fogyasztók rendelkezésére. Az energia letárolása akkumulátorban történik. Ezek voltak az első szolár rendszerek, melyeket nem kísérleti üzemben használtak, s a jelentőségük a mai napig jelentős olyan távközlési átjátszóknál vagy olyan távolságban letelepült létesítményekben, ahova a villamos hálózat kiépítése még hosszabb távon sem lenne kifizetődő, főként a minimális fogyasztást figyelembevéve. A magyar tanyavilágban, a nagyobb településektől, s így a közcélú hálózatoktól elzárt helyeken is alkalmaznak ma már szigetüzemű kiserőműveket, valahol csak a minimális világítást biztosítják ilyen módon DC-üzemben, LED-technológiával.

A rendszer megbízhatóságát az akkumulátortöltő és a hozzá tartozó akkumulátorok határozzák meg, hovatovább a megfelelően kiválasztott *töltési karakterisztika*, ami hosszútávon biztosíthatja az akkumulátorok élettartamát. Jelenleg csak a legdrágább Li-ion akkumulátorok tudnak 10 évnél hosszabb élettartamot biztosítani, minden más kémiai energiatároló ennél gyakoribb cserére szorul. A rendszer másik kulcsfontosságú eleme az DC/AC inverter, mellyel a 110 vagy 230V-os

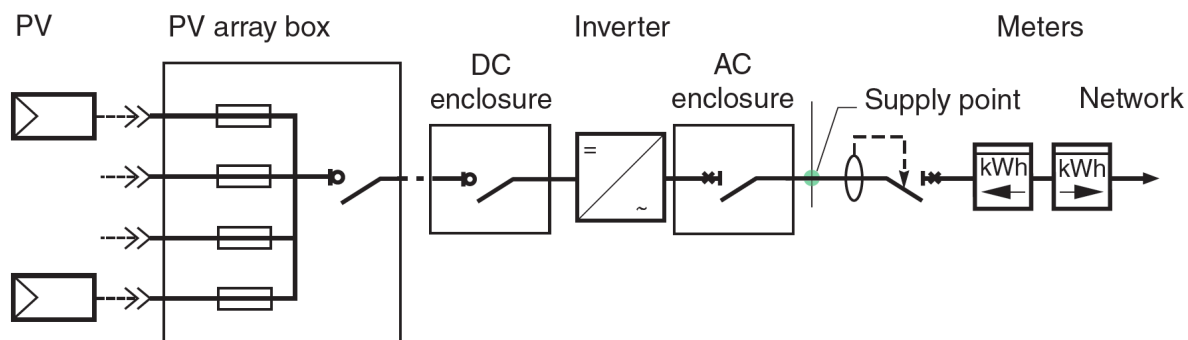
váltakozóáramú feszültség biztosítható (3-fázis csak nagyobb teljesítményeken fordul elő), vagy DC hálózatok esetében a *DC/DC konverter*, ami az akkumulátor kapcsairól levett mindekorai feszültségét stabilizálja.

A rendszer méretezésénél figyelembe kell vennünk, hogy a folyamatos energiaellátáshoz nem csak a fogyasztóinkat kell elegendő energiával ellátni, de a napsütéses órákban a tárolóakkumulátorok töltéséhez – a „rövidebb” téli napokon is – biztosítani kell a szükséges áramot, ami a szolár felület viszonylagos túlméretezését igényelheti. Ezen túlmenően az akkumulátorok öregedését is figyelembe kell venni (a szünetmentes tápegységekhez hasonlóan) a berendezések folyamatos áramellátásához, hiszen még egy jobb minőségű *savas akkumulátor* is 3-5 év után már csak a névleges kapacitásának 50-80%-át képes leadni. A töltő-és tárolórendszerünket a sötétedéstől pirkadatig megállapítható töltésmentes időszakkal (Magyarországon ez 8-18 óra időtartam lehet), mint *áthidalási idővel* kell számolnunk, beleértve a töltésvezérlő áramkör, a DC/DC vagy DC/AC konverterek nyugalmi áramát is, melyek fogyasztók nélkül is terhelik az áramforrásunkat. A töltésvezérlőtől elvárt az alkalmazott akkumulátor kapacitásához optimalizált *töltési áram* figyelembevétele, illetve a kisülés mértékétől függően beállítani a kezdeti és a következő töltéshez szükséges áramszintet. Ezzel a szigetüzemi akkumulátor(csoport) élettartama nagy mértékben megnövelhető.

Tekintettel arra, hogy megújuló energiaforrások a mind töltési, mind pedig a kisütési ciklusokat csak részben valósítják meg, amikor a villamos energia a napsugárzás vagy a szél jelenlétekor rendelkezésre áll, az akkumulátorok soha sincsenek teljesen feltöltve vagy lemerítve. Mivel ezt az átlagos akkumulátorok csak rövid ideig lennének képesek meghibásodás nélkül elviselni, erre a célra fejlesztettek ki ún. *ciklikus* akkumulátorokat, melyek hosszabb távon is alkalmasak erre a „lebegő töltésre”. Megújuló áramforrásokhoz a felitatott savas rendszerű AGM (Absorbent Glass Mat), vagy a zselés GEL (Gel electrolyte cell technology) akkumulátorok javasoltak.

9.1.4 Kiserőművek hálózati üzeme

Hazánkban a legnépszerűbb napelemes rendszerek a hálózatra csatlakozó (On-Grid, Grid-tied) 50kW-50MW-os *kiserőművek* (KE), illetve a *háztartási méretű kiserőművek* (HMKE), melyek 50kW-ig engedélyezhetőek. Ez utóbbiak napelemeivel leggyakrabban családi házak tetőszerkezetén találkozhatunk. A hálózati rendszerekben saját energiatárolás nincs, a megtermelt energiát egy részét a belső hálózatunk fogyasztóihoz kerül, míg a megtermelt, de fel nem használt villamos energiát ún. *kétirányú fogyasztásmérő berendezésen* keresztül az inverterek kitáplálják az áramszolgáltatói hálózatba, amit kvázi így energiatárolóként használunk. Amennyiben a pillanatnyilag megtermelt teljesítmény kevesebb, mint a felhasználó pillanatnyi fogyasztása, akkor a többletigény a hálózatból visszapótolható.



9.6 ábra Hálózatra csatlakozó naperőmű sematikus rajza

Amennyiben egyfázisú invertereket használunk, úgy a napelemtömböket „háromfázisú” elrendezésbe csoportosítva csatlakoztathatunk fel a hálózatra. A hálózatra való feltápláláshoz, mint minden erőmű esetében itt is a szinkronfeltételek teljesülése szükséges, azaz a *fázisazonosság*, *frekvenciaazonosság* és az *amplitúdó*-vagy *feszültségazonosság*. Az inverter a hálózatba saját kapocsfeszültségének megemelésével tud áramot „pumpálni” egészen – az inverteren paraméterezhető – maximális hálózati betáplálási feszültség eléréséig (260~270V), azt követően a védelme lekapcsol.

9.1.5 Vegyes üzemű rendszerek

A szigetüzemű és hálózatra csatlakozó rendszerek kombinációjaként működnek a vegyes üzemű (Bimodal) rendszerek, melyeknél a kétirányú fogyasztásmérés nem feltétel, de nem is kizárt – (a hálózatba visszatáplálás tarifafüggő), ha biztosított, a töltésvezérlő prioritásban elsőként a saját tárolókapacitásokat tölti. A vegyes üzem alkalmazását indokolhatják gazdasági számítások (az átvett energia egységára mindig alacsonyabb a vételezési egységárnál), de fontos lehet *ellátásbiztonság* szempontjából is, hogy a hálózati ellátás mellett saját *szünetmentes áramellátási* kapacitással is rendelkezünk. Ilyen rendszer – kellően nagy napelem felület mellett – a nappali (napsütéses) időszakban akár órákig képes lehet egy létesítmény energiaigényét biztosítani a beépített akkumulátor kapacitástól szinte függetlenül.

Tekintettel az országos villamosenergia-rendszer stabil működésére a vegyes üzemű rendszerekben kínálkozik a lehetőség, hogy a nagyerőművek kötött menetrendje mellett igen hektikus, előre szinte kiszámíthatatlan tápforrásként jelenlévő megújuló hálózati instabilitást okozó hatásainak csökkentésére, azzal, hogy a hálózatba „nem várt” napsütéssel táplálendő energia egy részét saját tárolókapacitásaikba elnyeljük. Erre az akkumulátorok technológiai fejlődésével, majd tömeges gyártásával megfizethető termékek megjelenése után látható reális esély, melyre a villamos járművek automatikus okos-hálózati töltésvezérlése, mint új kezdeményezés szolgálhat jó példaként (ld. a 6.4.2 fejezet **Terhelésszabályozók** alpontját).

Napelemparkokban, ipari méretekben léteznek már olyan akkupuffer állomások (9.7 ábra), melyeket előregyártott konténerekbe építve telepítenek le, hogy a napsütéses időben fel nem használt – vagy nem értékesített áramot letárolva – később tudják azt a hálózatba kitáplálni.



9.7 ábra Konténeres akkupufferek megújuló erőművek számára (Brill Power)

9.1.6 A napelem modulok katalógus adatai

A napelemek elektromos jellemzőinek leírásához az eredeti angol nyelvű terminológia használatos, azért az értelmezésüket is azon keresztül érdemes taglalni.

Elektromos paraméterek	Értelmezés	Jelölése	Egysége
Maximum Power (Wattpeak)	Néveleges teljesítmény	P_{\max}	Wp
Open-circuit voltage Üresjárású feszültség	V_{oc}	V	
Short circuit current	Rövidzárási áram	I_{sc}	A
Voltage at Point of Maximum Power	Maximális teljesítménypont feszültsége	V_{mpp}	V
Current at Point of Maximum Power	Maximális teljesítménypont árama	I_{mpp}	A
Module Efficiency	Modul hatásfok	η_m	%

Az paramétereket kétféle vizsgálati körülmények között adják meg:

STC (Standard Test Condition): elektromos paraméterek szabványosított laborkörülmények között, ami 25 °C-os környezeti hőmérsékletet, 1000 W/m² besugárzási intenzitást jelent, AM1.5 (1.5 x Air Mass) *besugárzási spektrum* mellett.

NOCT (Normal Operating Cell Temperature) vagy **NMOT** (Normal Module Operating Temperature), ami névleges cella/modul hőmérsékleti körülményekre utal.

A napelem panelek hőmérsékleti együtthatóját (Temperature Coefficient) [% / °C] egységgel adják meg a *névleges teljesítményhez, üresjárású feszültséghez és a rövidzárási áramhoz*.

Határértékek	Értelmezés (fordítás)	Egysége
Maximum System Voltage	Az a maximális string-feszültség, amelybe a modul rendszerbe kapcsolható.	VDC
Over-current protection	Túláram védelem megszólalási értéke	A
Temperature range	Hőmérsékleti tartomány	°C
Max. mechanical load (snow/wind)	Legnagyobb mechanikus igénybevétel (hó, szél)	Pa

9.2 Napelem modulok típusai

9.2.1 Monokristályos napelem

Egymáshoz hegesztett szilícium rétegekből áll, tehát több, jól elkülönülő kristályszerkezetet képző cellából épül fel, amelyek fekete színűek. A monokristályos napelemek megfelelő fizikai paraméterének eléréséhez először egy kristálytömböt készítenek, amit szeletelnek és többször felületeznek. A cellákat a henger alakú tömbből levágják, így jobban el lehet helyezni őket a napelem modulján. Leggazdaságosabb megoldásnak a nyolcszög számít. A **18-25%-os hatásfokát** tekintve jelenleg ez a típus a listavezető, azonban a *tájolásra* és a *dőlésszögre* igen érzékeny, mivel a *szórt napfényt* nem hasznosítja annyira jól, mint a *direkt napsütést*. Éppen ezért a hatásfoka ellenére nem ez a legnépszerűbb modul. A napelemre vonatkozó gyártási garancia 25 év, élettartama legalább 30 év. Ez a típus a gyártási eljárásból adódóan sokkal drágább, de az egységteljesítményük nagyobb a polikristályos napelemekhez képest. Ránézésre is meg lehet különböztetni őket a többi napelemtől, mert a monokristályos napelemek *nyolcszög alakú cellákkal* rendelkeznek.

9.2.2 Polikristályos napelem

Ez a típus is több cellából épül fel, de már nem egy, hanem több kristály alkotja, és kékes-lila a színük, azaz itt nem a homogén kristály növelése a cél. Mivel ez az előállítás kevesebb időbe kerül, kisebb az energiaigény is. Magukat a kristályokat tömbben növesztik, majd vékony szeletekre vágják fel, ezáltal kapják meg a cellákat. Ezeket ónszalaggal forrasztják össze, illetve többrétegű védőburokba helyezik el. Mivel az előállítási költségei alacsonyabbak, így a beszerzési árak is kedvezőbbek, ami miatt ma Magyarországon ez a legnépszerűbb napelem típus. A polikristályos napelemek **hatásfoka 15-22%**, de a hőterheléseket nem bírják annyira, mint a monokristályos panel. A tájolásra és dőlésszögre nem annyira érzékeny –, ami nagyban egyszerűsíti a telepítést – de az árnyékhatásra igen. A világon is vezető típusnak számít, ebből épül fel a legtöbb erőmű és háztartási méretű napelemes rendszer. A polikristályos napelemeket a *négyzet alakú celláiról* lehet legkönnyebben felismerni.

A kristályos napelemek várható élettartama 20 év fölött van, eközben teljesítményükből veszítenek valamennyit (<1% -ot évente).

9.2.3 *Vékonyréteg napelemek*

A *vékonyréteg* vagy *vékonyfilm* napelemek gyártástechnológiája a fent említett két típustól nagyon különböző. Ezen napelemek esetében a szilíciumot felgőzölik a hordozórétegre, ezáltal a gyártási idő jelentősen lerövidül. Magyarországon a napelemek optimális telepítési szöge 45° , azonban a vékonyfilm-rétegű napelemek képesek ettől akár 15° -kal eltérő dőlésszög mellett is leadni a névleges teljesítményüket. Ennek eredményeként a modulokat ennél a típusnál *30-60 fokos dőlésszög tartományban* telepíthetjük, ami építészeti szempontból előnyt jelent. Az előállítási költségük szintén alacsony, viszont hatásfokuk legfeljebb 5-15% lehet.

A vékonyrétegű napelemek gyártása során a hordozórétegre gőzölik fel a félvezető rétegeket, ezáltal akár hordozható, hajlékony napelem is készíthető.

A halvány csíkok utólagos, lézerrel történt bevágások a filmrétegen, ami a kedvezőbb feszültség-áram viszonyok beállítása miatt szükséges. A félvezető filmréteget és az alapanyagot a gyártási technológia határozza meg, jelenleg az alábbi három, már tömeggyártásban is megjelent vékonyréteg technológia ismert:

aSi (amorf szilícium) és **μ Si** (mikromorf szilícium);

CdTe, (kadmium-tellurid);

CIS (réz-indium-diszelenid);

A CIS technológián belül három altípussal találkozhatunk, ezek a **CIGS** (réz-indium-gallium-szulfid), a **CIGSe** (réz-indium-gallium-szelenid) és a **CIGSSe** (réz-indium-gallium-szulfid-szelenid). A CIS technológián alapuló gyártás nagy előnye a jelentősen alacsonyabb, mintegy századnyi szilícium mennyiség igénye a kristályos napelemekhez képest.

A vékonyréteg napelemek a világ napelemes piacának 20%-át jelentik, kipróbált és elfogadott megoldásnak tekinthetők. A kisebb hatásfokukból fakadó nagyobb területigényük miatt *háztartási méretű kiserőművekbe*, családi házak tetőszerkezetére nagyon ritkán kerülnek. A vékonyréteg napelemeknek viszont jobb a hőmérsékleti együtthatója, így főként a sivatagos, nagyon meleg környezetben (tehát nem Közép-Európában) van előnyük, mert nagy megre és a környezeti hatásokra kevésbé érzékenyek, mint a kristályos napelemek, hasonlóképpen az árnyékhatás sem befolyásolja a termelésüket olyan kedvezőtlenül.

9.2.4 *Amorf napelemek*

Ez a ma használt vékonyfilm technológiák közül az egyik legjobban elterjedt. Jelentős számú cég vágott bele az utóbbi években ilyen technológiájú napelemek gyártásba. Ez a fajta napelem nem tagolt, tehát a felületét tekintve egyetlen amorf kristályról beszélhetünk. A félvezető réteg itt is szilícium, mint a kristályos napelemek esetén, azonban nem kristályos tömbökből, hanem szilán gázból (SiH_4) állítják elő: kémiai reakció során a hidrogént leválasztják a szilíciumról, ami így lerakódik az üvegre – vagy más felületre, pl. műanyagra, fémre is akár. Viszonylag kis hatásfokú (4-6%) technológia. Mivel kicsi a hatásfoka, ezért jóval nagyobb felületet igényel az elhelyezése. Leggyakrabban olyan helyeken használják, ahol az épületbe integráltan lehet telepíteni, illetve ahol nagy terület áll rendelkezésre. Az amorf napelem a szórt fényt jobban hasznosítja, mint a közvetlen napfényt. Élettartalma kb. 15 év.

A megfelelő napelem kiválasztása nagyban függ a telepítés helyén adott *földrajzi viszonyoktól*. Az Egyenlítőhöz közelebbi Görögországban és Spanyolországban például több direkt sugárzás éri a

berendezést, mint Magyarországon vagy Németországban. Hazánkban nem csak a beszerzési árak miatt érdemesebb a polikristályos rendszert választani; itt Közép-Európában a várható termelést tekintve is közel egy monokristályos rendszer szintjén képes teljesíteni. Ebből adódóan a beszerezhetőség, az ár, a gyártó és a tetőn való elhelyezhetőség alapján célszerű választani.

9.3 Napelemes rendszerek kivitelezése

9.3.1 *PV rendszer villamos berendezéseinek kialakítása*

Amennyiben a rendszert HMKE-ként engedélyeztetve tervezzük létesíteni, akkor 5kWp teljesítmény felett csak háromfázisú hálózati csatlakozással rendelkező mérőhelyeknél lehetséges, néhány áramszolgáltatónál pedig egyfázisú hálózatokra nem is engedélyezi a hálózatra táplálást. Az engedélyezéshez szükséges kiviteli terveket a *csatlakozási dokumentációk* beadását megelőzően kell elkészíteni.

A napelem modulok az időjárás állandó kitettségekben működnek, melyet a statikus (hó-és jégteher) és dinamikus (szélterhelés) erőhatásai mellett, a tartószerkezettel együtt kell elviselnie. Nemcsak a tartószerkezetnek, hanem a födém-vagy tetőszerkezetnek – az újonnan telepített napelemes rendszer megváltozott körülményei mellett – is megfelelő rögzítéstechnikával kell rendelkeznie a biztonságos létesítés megvalósításához. A kiválasztott rögzítéstechnika kialakítása után a megbontott hő-, víz-és páraszigetelést helyre kell állítani – ez a kivitelező felelőssége!

A modulokat érő szélterhelés kettős: egyrészt a felületet érő *nyomóerő*, illetve a modul alatt felgyorsultan áramló levegő *szívóhatásának* eredőjéből áll össze. Kiterjedt rendszerek aerodinamikai terhelésének modellezése bonyolult feladat. A szélterhelések hatásainak csillapítására a tartószerkezetet valamilyen *ballaszterheléssel* súlyozzák le, melynek következményeként a tető statikai terhelése is megnő, tehát indokolt statikus tervező bevonása.

A PV erőmű optimális működtetéséhez szükség van bizonyos mérések elvégzésére. A mindenkori besugárzási intenzitást *piranometert* vagy *pirheliometert* alkalmaznak, melyet a panelek síkjában kell elhelyezni, de az nem árnyékolhatja be a panel felületét!



a)

b)

9.8 ábra a) Modulhőmérséklet mérő b) Időjárásálló kivitelű piranometer referenciacellával

A panelhőmérséklet mérésére téglatest alakú PT-szenzort alkalmaznak, amelyet a napelem modulok hátuljához kell szorosan, hőcsatolásban rögzíteni.

Alternatív megoldásként a szabványos laborkörülményektől való besugárzási és hőmérsékleti eltérést *referencia cellák* segítségével is mérhetjük (10.7 ábra), melyek a szabályozásunkhoz közvetlenül feldolgozható villamos rendelkezőjelet képesek adni. Kizárólagos alkalmazásukat a lassabb válaszadási idejük és műszerként nem kalibrálható kimeneti jelük korlátozza.

9.3.2 Napelem modulok szerelése

A napelemek akkor adják le a legnagyobb teljesítményt, ha a felületüket merőlegesen napsugárzás éri. Ahhoz, hogy a direkt besugárzásra a beesési szög mindig 90° legyen a napelemeknek elvileg le kellene követniük a Nap járását, ehhez viszont egy olyan mozgó mechanizmusra lenne szükség, amely nagyban megnöveli és bonyolítja a beruházási költségeket. Kiserőművi méretekben jellemzően az optimális tájolással érjük el a kívánt hatásfokot A *telepítés helyének* kiválasztása után az alábbi paramétereket kell határozni az adott helyen:

- a napelemek helyzetét, irányítottságát;
- az azimuth szöget (a Déli-irány jelenti az „azimuth nulla” helyzetet) és
- az emelési szöget.

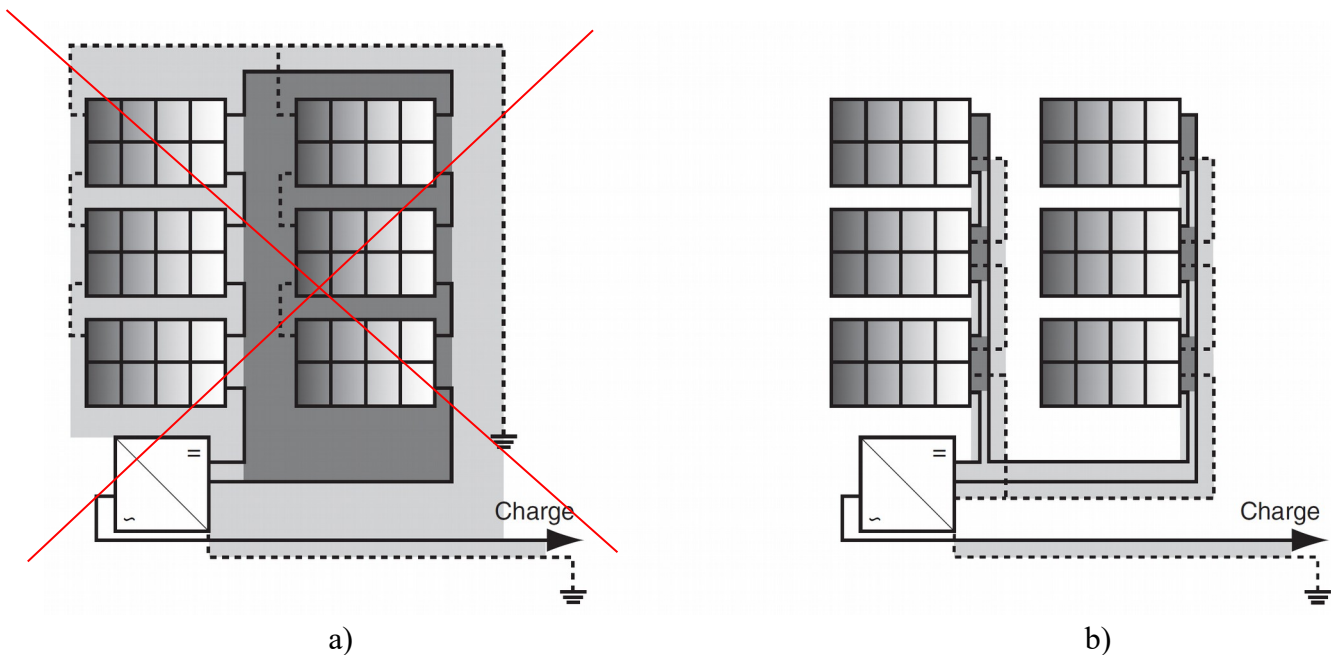
Családi házak esetén a tájolás – és egyben helymeghatározás is – a legkedvezőbb fekvésű tetőfelület(ek) kiválasztását jelenti. Hazánkban ez alapvetően a déli tetőrész beépítésével érhető el, de jó kompromisszumos megoldás a délkeleti vagy délnyugati telepítés, illetve a kettős, *keleti-nyugati* beépítés is, ahol az egyik napelemcsoport a keleti, míg a másik nyugati oldalon helyezkedik

el. Más fekvéssel rendelkező tetőszerkezet esetén érdemesebb a földre telepített tartószerkezettel a kedvező tájolást biztosítani.

A letelepített moduloknál figyelembe kell vennünk az esetleges *árnyékhatásokat*, amit a napszakhoz tartozó aktuális besugárzási szög mellett a környező tereptárgyak okozhatnak.

Magyarország égövi elhelyezkedéséből fakadóan déli tájolás esetén **35°...45°-os emelési szög** javasolt a modulok felszerelésére.

A napelemes rendszerek kábelelei egyeres, kettős szigetelésű kábelek, magas üzemi feszültséggel és széles hőmérséklettartománnyal rendelkeznek. Az időjárás-, hajlítás-és UV állósága ellenére javasolt védőcsőben vagy kábeltálcában vezetni, amennyire lehet a modulok takarásában. A villámcsapások másodlagos hatásainak mérséklésére a kábelezésnél kerüljük a nagyobb területet átfogó hurkok kialakítását!



9.9 ábra Napelem-fűzések telepítése nagy (a) és kis (b)területű hurkok kialakításával

A DC oldali csatlakozók minősége kulcsfontosságú, mely hosszútávon meghatározhatja nemcsak a rendszer hatásfokát, de biztonságát is, így kerüljük az olcsó utánzatokat, a szereléseknél csak a valódi minősítéssel rendelkező gyártmányokat alkalmazzuk!

9.3.3 A PV rendszer védelmi eszközei

A **DC leválasztókapcsoló** a szolár erőművek alapvető védelmi tartozéka. Ennek nem csak, mint tűzeseti főkapcsolóként van szerepe a szolár panelek izolálása érdekében, hanem DC tápvezetékek megbontása előtt, mivel ha ezt napsütéses órákban tesszük, amikor a modulok áramot termelnek, a megszakított egyenáramon fennmaradó villamos ív magas hőképződéssel jár, ami a csatlakozó tönkremenetelét okozhatja. A vonatkozó Tűzvédelmi Műszaki Irányelv szerint (TvMI 7.4):

„6.2.2.2. A DC-oldali vezetékek lekapcsolására vonatkozó követelményének kielégítésére

elfogadható műszaki megoldás az inverterbe épített DC-oldali leválasztás, ha az adott DC-kábel épületbe való belépési pontjától indult belső DC-nyomvonal teljes hossza nem haladja meg az 5 métert és nem halad át egymás feletti/alatti egynél több szinten, idegen tulajdonon, bérleményen, tűzszakaszon.

Megjegyzés: ebben az esetben a kapcsolás kézzel történhet, ezért elhelyezését a kezelhetőség határozza meg. Lásd a 6.1.2.2. Megjegyzés 1: Kapcsolókészülékek esetében a működtetést lehetővé tevő elhelyezési magasság 1 - 1,5 m közötti. Egyéb kezelőszervek esetében a kezelés módja határozza meg az elhelyezési magasságot.”

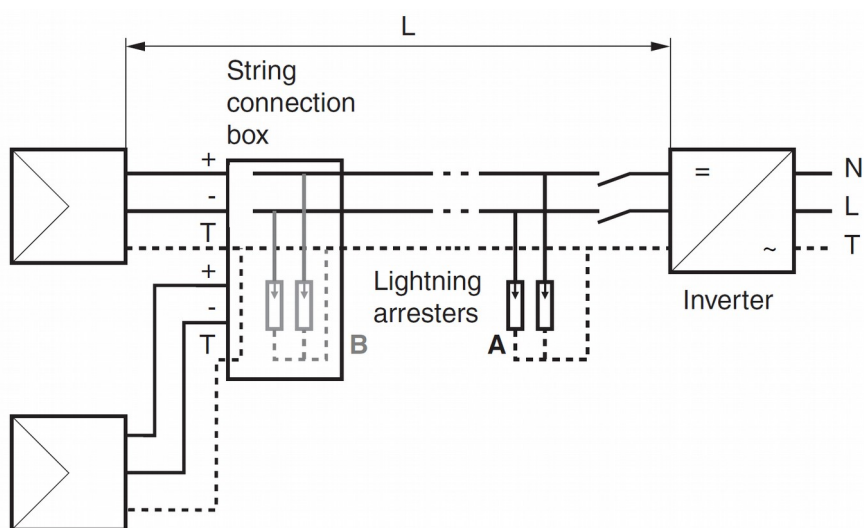
Ez annyit jelent, hogy az inverterbe integrált DC leválasztókapcsoló esetén magára az inverter elhelyezésére is vonatkozik a 1-1.5 méteres előírt elhelyezési magasság!

Az AC oldalon is szükséges leválasztókapcsoló és túláramvédelmi eszközt is beépíteni. Áramvédőkapcsolót, ha van nem szabad a kétirányú fogyasztásmérő ágába rakni!

A **túlfeszültség-védelem** alapjaként a legfontosabb, hogy a védő-egyenpotenciálú összekötést a napelemes rendszer minden vezetőképés fémrészére csatlakoztassuk rá minimum 4.0 mm²-es vezetékkel, ha van villámáram levezető, de az nem csatlakozik a földelőrendszerünkre, vagy 10.0 mm²-es köpenyes vezetékkel, ha az épület villámáram-levezetőjéhez csatlakozik. A *DC-oldali túlfeszültség-levezetőknél* az invertertől való távolság függvényében két eset lehetséges:

$L \leq 30\text{m}$ \diamond csak az **A** jelzésű levezetők beépítése szükséges;

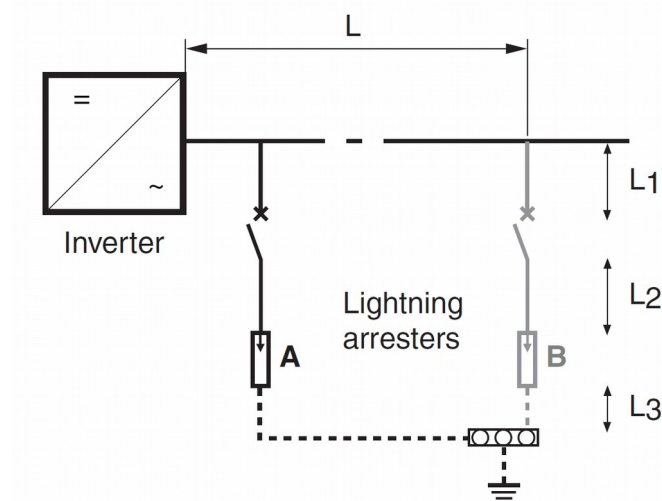
$L > 30\text{m}$ \diamond az **A** és a **B** jelzésű levezetők beépítése is szükséges (a B-jelzésű levezetők a string-ek kötődobozában kapnak helyet).



9.10 ábra DC-oldali túlfeszültség-levezetők elhelyezése

Az AC-oldali túlfeszültség-levezetőket a fentiekkel analóg módon kell kialakítani, viszont itt mindössze 10 méter az maximális távolság, amin belül egyetlen inverter-oldali levezető is elégséges, viszont a levezetés hatékonyságának növelésére az L1+L2+L3 távolságot 50 cm alatt kell

tartani.



9.11 ábra AC-oldali túlfeszültség-levezetők elhelyezése

Fontos előírás az invertereknél az **IEC 62116** szabvány által előírt *nem kívánt szigetüzem elleni védelem*. Ez annyit takar, hogy az inverterünk a hálózati feszültség kimaradásakor beszünteti a kitáplálást, ezzel akadályozva meg azt, hogy a hálózaton éppen karbantartást végzők áramütést szenvedjenek el.

9.3.4 A naperőmű segédüzeme

A *segédüzem* az erőmű működtetéséhez és felügyeletéhez – a vezérlési, védelmi és installációs eszközök számára szükséges energiát biztosítja. *Központi inverter* esetén ez a hálózat adja az inverter segédenergiáját. Jellemző megoldásai:

- string inverter esetén saját 0,4 kV-os hálózatról biztosítva;
- Független 0,4 kV-os hálózati betáplálás;
- KÖF mezőről 0,4 kV-os transzformátorral leágazva (4 kVA-ig)
- KÖF segédüzemi transzformátorral (min. 50 kVA)

Segédenergia nélkül az erőművünk nem üzemel, ezért szigetüzemben a segédüzemet akár szünetmentes tápellátással, külön UPS vagy aggregátor egységgel is biztosítani szükséges!

9.4 Naperőművek műszaki átadása

A napelemes rendszerek kialakítására és biztonságára vonatkozó követelményeket az **MSZ EN 60364-7-712:2016** szabvány foglalja össze.

9.4.1 *A HMKE csatlakozási dokumentációja*

A csatlakozási dokumentáció tartalmazza a rendszer kialakítására, védelmére, üzemeltetésére vonatkozó műszaki információkat. A hálózati engedélyes (áramszolgáltató) ez alapján döntheti el, hogy a tervezett HMKE berendezés csatlakoztatható-e a közcélú hálózatra (működése nem okoz-e problémát a hálózaton). A dokumentációt csak villamos tervezői jogosultsággal rendelkező személy készítheti.

A csatlakozási dokumentáció tartalmi elemei:

- csatlakozási dokumentáció kitöltött adatlapja,
- a telepítendő berendezések (termelőegység) és a kívánt csatlakozási mód leírása,
- az elszámolási mérőrendszer és a mérőhely kialakításának leírása;
- a védelmek beállítási értékeinek táblázata;
- térképszelvényen jelölt telepítési hely, elhelyezési rajz;
- tulajdoni lap, tulajdonosi hozzájárulás (ha a beruházó nem azonos a tulajdonossal);
- egyvonalas kapcsolási rajz a tulajdoni határ és tulajdonosok megjelölésével;
- termelői nyilatkozat.

9.4.2 *A hálózatra csatlakozás követelményei*

Az engedélyezéshez szükséges csatlakozási dokumentáció beadásakor az ügyfél már értékelte a napelemet leszállító és telepítő cégek ajánlatait. Fontos, hogy a megajánlott inverter típusa szerepeljen az áramszolgáltató által engedélyezett gyártmányok között. Olyan eszköz esetén, mely nem szerepel az *engedélyezett inverterek* listáján, kezdeményezni kell annak vizsgálatát a hálózati engedélyesek bármelyikénél.

A HMKE-vel rendelkező felhasználó közcélú hálózatból vételezett, illetve oda visszatáplált villamosenergia mérése a csatlakozási ponton kialakított kétirányú mérőberendezéssel történik.

Az alkalmazott mérőberendezések (E.ON):

- 3x32A alatti rendelkezésre álló teljesítményig elektronikus, kéttarifás, kétirányú mérő;
- 3x32A – 3x80A rendelkezésre álló teljesítmény esetén un. 4/4-es elektronikus mérő;
- 3x80A felett pedig távmérésre alkalmas un. 4/4-es elektronikus mérő.

9.4.3 *AC oldali ellenőrzések*

A rendszer üzembehelyezéséhez az **MSZ EN 60364-7-712:2016** (Fotovillamos (PV-) rendszerek. Vizsgálati, dokumentációs és karbantartási követelmények) szabványt kell követni. A vizsgálat szemrevételezéses pontjait a „B” Melléklet sorolja fel:

- Az inverter AC oldala leválasztó főkapcsolóval rendelkezik;
- Minden kapcsoló és leválasztó eszköz oly módon van bekötve, hogy a PV oldal van a „terhelés”, míg a közcélú hálózat a „tápforrás oldalon”;
- Az inverter programozása során a helyi előírásoknak megfelelően került paraméterezésre;

- Amennyiben ÁVK került az invertert betápláló AC áramkörre, ott meg kell róla győződni, hogy azt az **IEC TS 62548:2013** előírásai szerint választották ki.

Címkézés és azonosítás:

- ◆ Minden áramkör, védelmi eszköz, kapcsoló és sorkapocs az **IEC 60364** és az **IEC TS 62548:2013** szabványoknak megfelelően van felcímkézve;
- ◆ Az összes DC kötődoboz (napelemmezők és napelemcsoportok dobozai) rendelkeznek a figyelmeztető címkével vannak ellátva, jelezve, hogy a dobozon belül minden részegység a napelem felől van megtáplálva és veszélyesen aktív maradhat az inverter és a közcélú hálózat leválasztását követően is;
- ◆ Az AC oldali főmegszakító egyértelműen van felcímkézve;
- ◆ A kettős betáplálásra figyelmeztető címke fel van rögzítve a hálózati összekötés helyén;
- ◆ Egy egyvonalas kapcsolási rajz láthatóan megjelenik a helyszínen;
- ◆ A telepítő neve fel van tüntetve a helyszínen;
- ◆ A lekapcsolási eljárásrend láthatóan fel van tüntetve a helyszínen;
- ◆ A vészhelyzeti eljárásrend láthatóan fel van tüntetve a helyszínen (ahol releváns);
- ◆ Minden jelzés és címke megfelelően és tartósan került rögzítésre,

A szabvány úgy rendelkezik, hogy az *érintésvédelmi szabványossági vizsgálatnak* az **IEC 60364-6** előírásai szerint kell történnie.

A működési próbák során az AC-oldali hálózati feszültség megszűnésekor az inverter nem táplálhat szigetüzemben! Visszakapcsolás után az előírt idő leteltét követően szabad és kell újra megkezdenie a hálózatra történő termelést.

9.4.4 Ellenőrző mérések DC oldalon

A váltakozóáramú oldal érintésvédelmi ellenőrzését követően az **MSZ EN 62446-1:2016** szabvány által előírt DC-oldali vizsgálatok elvégzése szükséges:

- védővezető folytonosság-vizsgálata;
- polaritás-vizsgálat (szemrevételes vagy műszeres);
- PV-modulsor üresjárási feszültségmérése;
- PV-modulsor rövidzárási árammérése;
- PV-modulsor működési vizsgálata (lakatfogós árammérés);
- U-I karakterisztika vizsgálata (összekapcsolt modulsorok esetén az eltérés max 5% lehet);
- a rendszerbe épített berendezések funkcionális vizsgálata (inverter működési próbái);
- szigetelési ellenállás mérése.

10. MUNKAVÉDELEM ÉS MUNKABIZTONSÁG

10.1 A villamos munkavégzés szabályai

10.1.1 A villamos áram hatása az emberi szervezetre

A villamos áram okozta baleseteket két csoportba sorolhatjuk (ezek együttesen is felléphetnek):

- Áramütés (ekkor az emberi testen át áram folyik)
- A villamos áram másodlagos hatásaiból eredő baleset (hőhatás, ívhatás, ijedtség okozta sokk stb).

Az első csoportbéli esetek súlyosságát, kimenetelét több külső és belső tényező együttesen határozza meg. A külső tényezők a balesettől függetlenek, ezek közül a *beható áram* jellemzői:

- Az áram erőssége
- A behatás időtartama
- Az áramváltozás gyorsasága (áramnem, frekvencia)
- Áramerősség (mA)
- **A behatás időtartama:**

Áramerősség [mA]	A behatás időtartama	Élettani hatás
0..1	bármilyen	Nem érzékelhető, az érzetküszöb alatti
1...10	bármilyen	Izomfájdalom, az elengedési határáram alatti sáv
10...40	másodpercektől percekig	Vérnyomásnövekedés, a vállakban és a karokban erős görcs
40...400	0,2 s-nál rövidebb	Sokkhatás erős izomgörcssel, helyrejävő szívrendellenességek, kamraremegés nélkül
	0,2 s-nál hosszabb	Sokkhatás erős izomgörcssel, általában helyrejävő szívrendellenesség, légzési nehézségek, szívkamraremegés, ájulás
400 fölött	0,2 s-nál rövidebb	Ha az EKG-görbe T-szakaszára esik szívkamraremegés, ájulás, égések,
	0,2 s-nál hosszabb	helyrejävő és helyre nem jävő szívmegállás, szívkamraremegés, ájulás, égések

Élettanilag legveszélyesebb az erősáramú gyakorlatban elterjedt 50-60 Hz-es ipari frekvenciájú áram. Kevésbé veszélyesek a 10 Hz alatti és az 1000 Hz feletti frekvenciájú áramok. (A 10 kHz feletti áramütést nem okoznak, de égést és biológiai elváltozást igen)

A belső tényezők a balesetes testének adottságai és állapota a baleset pillanatában:

- A test ellenállása
- Az áram útja a szervezetben
- A test fizikai állapota
- A balesetes lelkiállapota

Az elektromos áram veszélyességét az is fokozza, hogy az ember közvetlen érintésen kívül fizikailag nem érzékeli a számára veszélyes, vagy az általa nem várt, rendellenes helyen lévő feszültséget, szemben más veszélyforrásokkal, ahol fizikai jelzést is kaphat a veszélyről pl. szag, hőmérséklet, optikai vagy hangjelenség formájában.

10.1.2 Védkezés az áramütés ellen

Az érintésvédelem a villamos áramütéses balesetek elleni védelemre szolgál.

Közvetett érintésvédelem (érintésvédelem): azokat a műszaki intézkedéseket jelenti, amelyek az üzemszerűen feszültség alatt nem álló, (feszültségmentes) de meghibásodás következtében a földhöz képest veszélyes mértékű feszültség alá kerülő részek megérintéséből bekövetkező áramütéses baleseteket akadályozzák meg.

Közvetlen érintésvédelem (érintés elleni védelem): az üzemszerűen feszültség alatt álló (aktív) részek megérintését akadályozza meg. A szakmai köznyelv a közvetett érintés elleni védelmet nevezte hagyományosan érintésvédelemnek. A közvetett érintés elleni védelem műszaki-biztonsági előírásait az érintésvédelmi

10.1.3 Érintésvédelmi megoldások

A közvetett érintés elleni védelem (érintésvédelem) alapelve az, hogy ha egyszeres hiba (pl. testzárlat) esetén az adott helyen veszélyes nagyságú érintési feszültség léphetne fel, akkor ezt az élettanilag veszélyesnek tartott 0,2 s idő alatt ki kell kapcsolni. (U_L értéke 50 V AC/ 120 V DC, egyes különleges esetekben 25 vagy 12 V AC és 60 vagy 30 V DC értéket ír elő a szabvány).

Rögzítetten felszerelt villamos szerkezeteknél 5 s-os, helyi egyenpotenciálra hozó hálózat kiépítése esetén 10 s késedelemmel bekövetkező kikapcsolással is megelégszik a szabvány. Az érintésvédelmi módokat a szabvány két csoportba sorolja:

Védővezetős érintésvédelmek csökkentik az érintési feszültség nagyságát, másrészt, ha nem sikerül U_L értéke alá korlátozni, akkor az előírt időn belül kikapcsolnak: Nullázás TN rendszer (TN-S; TN-C; TNC-S)

- Védőföldelés TT rendszer
- Földeletlen vagy közvetve földelt IT rendszer

Annak érdekében, hogy az érintési feszültség minél jobban csökkenjen, a szabvány előírja az ún.

egyenpotenciálra hozó (EPH) hálózat kiépítését.

Védővezető nélküli érintésvédelmek megakadályozzák, hogy egyszeres hiba esetén veszélyes érintési feszültség felléphessen, önműködő kikapcsolás lehetősége nélkül.

- Érintésvédelmi törpefeszültség (SELV) alkalmazása
- Villamos szerkezet elszigetelése
- Környezet elszigetelése
- Védőelválasztás
- Földeletlen egyenpotenciálra hozás
- Korlátozott zárlati teljesítményű áramkör alkalmazása

10.2 A villamos balesetek és megelőzésük

A villamos energia egyre elterjedtebb felhasználása maga után vonja a villamos áram okozta balesetek lehetőségének, valószínűségének növekedését az üzemekben és a háztartásokban egyaránt. A villamos áram okozta balesetek előfordulásának statisztikája a korábbi évtizedek általános emelkedési tendenciájához képest ugyan kedvezőbb, de a legutolsó tíz év alatti látszólagos stagnálás (ami a biztonságtechnika, megelőző műszaki intézkedések és propaganda fejlődésének köszönhető) még nem lehet megnyugtató. Az összes áramütéses baleset túlnyomó része közvetlen fázisérítés (nagyfeszültségen annak veszélyes megközelítése) folytán következik be; szigetelésromlás, testzárlatok okozta áramütés veszélyét ugyanis az érintésvédelem léte nagy mértékben csökkenti. A villamos szerkezetek érintésvédelmének hiánya (vagy azt teljesen hatástalanító, zömmel szerelés hiba) viszont halálos balesetek forrása (betonkeverők, búvárszivattyúk stb.)

10.2.1 Az Erősáramú üzemi szabályzat (MSZ 1585:2016)

Az üzemi szabályzat legújabb kiadása tulajdonképpen két szabvány egybe szerkesztése, ugyanis a szabvány tartalmazza az MSZ EN 50110-1 európai szabvány általános követelményeket tartalmazó teljes szövegét, valamint az azzal együtt alkalmazandó, azt kiegészítő részletes nemzeti előírásokat.

A szabvány a villamos berendezéssel, illetve azon munkát végzőket I...V csoportba sorolja aszerint, hogy ki milyen munkát végezhet.

I. csoportba tartoznak azok a személyek, akik az általuk végzendő tevékenységek szempontjából semmiféle szakképzettséggel nem rendelkeznek, kioktatást sem kaptak (képzetlen személyek)

II. csoportba tartoznak azok a személyek, akik az általuk végzendő tevékenységre műszaki, de nem villamos jellegű kioktatást kaptak, vagy e munkák végzésére jogosító nem villamos szakképzettségük van.

III. csoportba tartoznak azok a villamos szakképzettséggel nem rendelkező személyek, akiket az általuk végzendő munkák villamos veszélyeire és az ezzel kapcsolatos magatartásra bizonyítottan

kioktattak.

IV. Csoportba tartoznak azok a villamosan szakképzett személyek, akiket szakképesítésük az általuk végzendő munkára általánosan alkalmasnak nyilvánít. Ezek:

IV/a Egy meghatározott munkafajtára feljogosító hatósági vizsgát tett személy

IV/b Gyengeáramú szakképzettségű olyan személyek, akik munkájukkal kapcsolatos erősáramú villamos berendezések villamos veszélyeiről és az ezzel kapcsolatos magatartási szabályokról iskolai vagy hatósági vizsgát tettek.

IV/c Erősáramú végzettséget igazoló iskolai bizonyítvánnyal rendelkező villamos szakképzettségű személyek (pl. a villanyszerelő is).

IV/d Villamosmérnök, villamos technikus, valamint olyan, a IV/b vagy IV/c csoportba tartozó, más szakképzett személy, aki a kis zárlati áramú nagyfeszültségű villamos berendezésekre vonatkozóan bizonyítottan kioktatást nyert.

IV/e Olyan villamos szakképzettségű személy, aki villamos biztonságtechnikai felülvizsgálatok elvégzésére szakvizsga alapján jogosult.

IV/f Olyan villamos szakképzettségű személy, akinek az általa kezelt nagyfeszültségű villamos berendezés kezelésére képesítő, hatósági szakvizsgája van. (pl. önálló hálózatkezelő, villamosmű-kezelő)

V. csoportba tartozik az a villamosmérnök, villamos technikus és villamos szakmunkás, akit munkáltatója – megfelelő gyakorlata és tapasztalata alapján – villamos munkák irányításával vagy vezetésével bíz meg.

A szabvány meghatározza azt is, hogy az egyes csoportokba tartozók feltételezett szakmai ismereteik alapján milyen tevékenységeket végezhetnek.

A szabvány egyik legfontosabb témaköre a feszültségmentes, a feszültség alatti és a feszültség közelében végzett munka.

10.2.2 Feszültségmentes munkavégzés

A szabvány e szakasza azokat a követelményeket írja elő, amelyek biztosítják, hogy a villamos berendezés a munkavégzés helyén feszültségmentes legyen és feszültségmentes is maradjon a munkavégzés ideje alatt. Ehhez a munkavégzés helyét pontosan meg kell határozni. Az adott villamos berendezés azonosítása után, a következő öt lényeges követelményt kell teljesíteni az itt meghatározott sorrendben, ha csak nincs alapvető ok a sorrend megváltoztatására.

A feszültségmentesítés lépései:

- ◆ teljes leválasztás
- ◆ visszakapcsolás elleni biztosítás
- ◆ a villamos berendezés feszültségmentes állapotának ellenőrzése

- ◆ földelés és rövidre zárás végrehajtása
- ◆ a közeli, feszültség alatti részek elleni védelem biztosítása

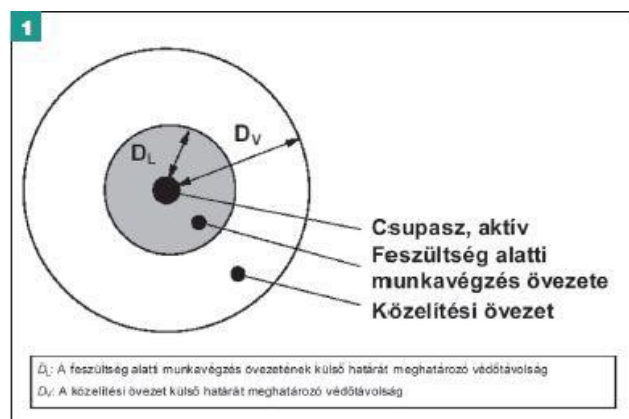
A feszültségmentesítés követelményeinek teljesítésére szolgáló műveletek feszültség alatti vagy feszültséghez közeli munkának minősülnek. A munka megkezdésére az engedélyt a berendezés-felelősnek kell adnia a munkavezető számára. A munkavégzésben résztvevő minden személynek szakképzettnek, vagy kioktatottnak kell lennie, vagy ilyen személy felügyelete alatt kell állnia.

A munka befejezése és a felülvizsgálata után az ott már nem szükséges munkát végző személyeket vissza kell vonni. A munkához használt minden szerszámot, szerkezetet és eszközt elkel távolítani. Csak ezután szabad a feszültség alá helyezési eljárást megkezdeni.

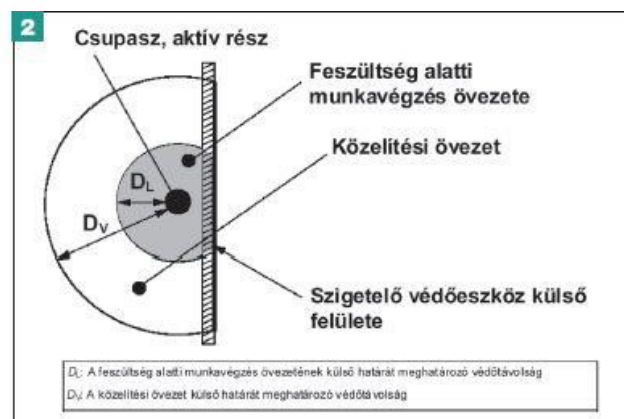
10.2.3 Feszültség alatti munkavégzés

Minden olyan munka, amelynek során a munkát végző személy testrészeivel, szerszámmal, szerkezettel, védő vagy segédeszközzel feszültség alatt álló részeket érint vagy veszélyes övezetbe hatol. Feszültség alatti munkavégzésnek számít az a munka is, amelynél a munkát végző személy a szokásos körülmények mellett nem tudja az érintést vagy veszélyes övezetbe való behatolást biztonságosan elkerülni.

(A feszültség alatt álló villamos berendezésen feszültség alatt végzett olyan munkát, amelyet külön szabályzatba megfogalmazott feltételek alapján végeznek FAM-munkának nevezünk.)



A munkavégzési eljárások övezetei és levegőben mért védőtávolságai



A feszültség alatti munkavégzési övezet határolása szigetelő védelmi eszközzel

A feszültség alatti munkavégzést csak a nemzeti előírások szerint szabad végezni. Az itt leírt követelmények nem vonatkoznak az olyan tevékenységekre, mint a feszültségkémlés, és a földelő- és rövidre záró eszközök alkalmazása stb.

Feszültség alatt szabad végezni azokat az üzemszerű kezeléshez tartozó munkákat, amelyeket csak feszültség alatt lehet elvégezni (feszültségmérés, terhelésmérés, fázisegyeztetés stb.). Ezeket a munkákat csak a célnak megfelelő, rendszeresített munkaeszközökkel szabad végrehajtani. Feszültség alatt, felügyelet nélkül szabad végezni foglalatra csatlakoztatható lámpák cseréjét, valamint a becsavarható és késes biztosítók cseréjét.

A kismegszakítókat, áram-védőkapcsolókat – ha azok nincsenek bekapcsolást tiltó felirattal vagy más figyelmeztetéssel ellátva – önműködő kikapcsolásuk után bárki, szándékos kikapcsolásuk után pedig a kikapcsolást végző vagy az általa megbízott más személy, minden szakképzettség vagy kioktatás nélkül visszakapcsolhatja.

Feszültség alatti munkavégzés során a munkát végző személyek a testük egy részével, a kezükben lévő szerszámmal hozzá érhetnek a feszültség alatt álló csupasz részekhez vagy benyúlhatnak a veszélyes övezetbe. A veszélyes övezet külső határát a D_L a közelítési övezet külső határát a D_V távolság adja meg.

A feszültség alatti munkát csak akkor szabad megkezdeni, ha a munka biztonságos végzéséhez szükséges személyzet, szerszámok, eszközök, biztonsági felszerelések a helyszínen rendelkezésre állnak.

Jelenleg három elfogadott munkavégzési módszer létezik, amelyek a munkát végző személynek a feszültség alatt álló részekhez viszonyított helyzetétől, valamint az áramütés és az ívhúzás elkerüléséhez használt eszközöktől függenek:

Szigetelőrudas munkavégzés – munkavégzés védőtávolságra:

A feszültség alatti munkavégzésnek azon módszere, amikor a munkát végző személy a feszültség alatt álló részekről meghatározott távolságban marad és a munkáját szigetelőrudakkal végzi.

Munkavégzés szigetelőkesztyűben – munkavégzés gumikesztyűben:

A feszültség alatti munkavégzésnek azon módszere, amikor a munkát végző személy, akinek a kezei szigetelőkesztyűvel és lehetőleg szigetelő karvédővel vannak védve, a munkáját a feszültség alatt álló részek közvetlen mechanikai érintéssel végzi. Kisfeszültségű villamos berendezések esetén a szigetelőkesztyű használata nem zárja ki a szigetelő és a szigetelt nyelű szerszámok használatát, valamint a földtől való elszigetelés alkalmazását. Ahol a munkavégzés során ívképződéssel kell számolni, ott megfelelő védőeszközzel kell gondoskodni.

Munkavégzés csupasz kézzel:

A feszültség alatti munkavégzésnek az a módszere, amikor a munkát végző személy a munkáját a feszültség alatt álló részekkel villamosan érintkezve, azokkal azonos potenciálon végzi, miközben megfelelően el van szigetelve a környezetétől.

10.2.4 Feszültséghez közeli munkavégzés

Minden olyan munka, amelynek során a munkát végző személy a testrészével, szerszámmal vagy más tárggyal, a veszélyes övezet érintése nélkül behatol a közelítési övezetbe. (D_V)

Feszültséghez közeli munkavégzésnek minősül az a munka is, amelynél a közelítési övezetbe való behatolást sem technikai eszköz, sem a munkavégzés helyigényénél számottevően nagyobb

távolság nem akadályozza meg, így ezt a behatolást a munkát végző személy csak fokozott figyelemmel tudja elkerülni.

A tartósan megengedett érintési feszültségnél nagyobb névleges feszültségű, feszültség alatt álló részek közelében csak akkor szabad munkavégzést folytatni, ha biztonsági intézkedések megakadályozzák a feszültség alatt álló részek érintését vagy a veszélyes övezet elérését.

A villamos veszély elhárítására védőrácsot, védőfedést, illetve burkolatot vagy szigetelőborítást lehet használni. Ha az előző védelmi módok nem alkalmazhatók, akkor a védelmet a feszültség alatt álló részekről legalább D_1 távolság tartásával kell biztosítani.

Nyitott, illetve védőburkolattal le nem fedett feszültség alatt álló csupasz vezetők fölött tilos munkát végezni.

Gondoskodni kell olyan stabil elhelyezkedés biztosításáról, amely lehetővé teszi, hogy a munkát végző személy mindkét kezét szabadon használhassa. A munka megkezdése előtt a munkavezető köteles a személyzetnek, különösen azoknak, akik nem gyakorlottak a feszültség alatt álló részekhez közeli munkavégzésben, utasításokat adni a védőtávolságok tartásáról, az érvényes biztonsági intézkedésekről és a tudatos biztonságos viselkedésről. A munkavégzés helyének határait pontosan meg kell határozni, és fel kell hívni a figyelmet a szokatlan körülményekre és feltételekre. A munkát végző személynek figyelnie kell, hogy mozgás közben ne érintse a veszélyes övezetet, sem a testrészeivel, sem egyéb eszközzel. Különösen ügyelni kell hosszú tárgyak mozgatása esetén. Építési és más nem villamos munkák (pl.: állványozás, emelőszerkezettel, építőipari gépekkel végzett munka, szállítási munka stb.) esetén mindig előírt távolságot kell tartani, különösen terhek kilengése, szerkezetek szállítása és felemelése idején. Ez a távolság, amely a szakképzetlen személyek esetében alkalmazható, nem azonos a korábban meghatározott D_v távolsággal, legyen mindig nagyobb nála. A távolság meghatározásánál figyelembe kell venni a rendszer feszültségét, a munka jellegét és a használt szerkezeteket.

10.3 Tűzvédelem

A villamos ív és a villamos áram nem csak személyi sérüléseket okozhat, hanem jelentős anyagi károkat is. A tüzek keletkezési okai között az elektromos áram az elsők között van. Éppen ezért nagyon fontos a veszélyek csökkentése. A villamos áram az égéshez szükséges hőmérsékletet biztosíthatja. Éppen ezért ahol éghető anyagot tárolnak, feldolgoznak vagy maga az épületszerkezet készült éghető anyagból ügyelni kell arra, hogy a villamos szerkezetek sem normál üzemben, sem meghibásodás esetén ne okozzanak tűzveszélyt.

10.3.1 Védelmi eljárások

A vonatkozó rendelet szerint a létesítmény villamos berendezését központilag és szakaszosan is leválaszthatóan kell kialakítani. A felügyelet nélkül folyamatosan üzemelő villamos berendezéshez, továbbá a térvilágításhoz, a biztonsági berendezéshez és világításhoz külön (az általános főkapcsolótól független) leválasztó főkapcsolót kell létesíteni (tűzvédelmi főkapcsoló), Ezek helyét jól láthatóan meg kell jelölni. A tűzvédelmi szempontból szükséges fő és szakaszonkénti kapcsolók számáról és elhelyezéséről a vonatkozó rendelet intézkedik. E célra csak leválasztó kapcsoló (kapcsolókészülék) vagy az áramszolgáltató kezelésében lévő (a fogyasztásmérőhöz felszerelt)

kismegszakító alkalmazható. A villamos szerkezetek közelében lévő személyek, rögzített szerkezetek és rögzített anyagok legyenek védve a villamos szerkezetekben keletkező hő vagy hősugárzás káros hatásaitól, különös tekintettel a következőkre:

- ◆ anyagok gyulladása, égése vagy bomlása
- ◆ égési sérülések veszélye;
- ◆ a létesített berendezés biztonságos működésének leromlása.

Ha a rögzített szerkezeten olyan felületi hőmérsékletek alakulnak ki, amelyek a közelben lévő anyagokra nézve tűzveszélyt jelentenek, akkor a szerkezetet

- ◆ olyan anyagokra, illetve anyagok közé kell szerelni, amelyek ezeket a hőmérsékleteket elviselik, és rossz hővezetők;
- ◆ vagy az épületszerkezetektől olyan anyagokkal kell elválasztani, amelyek ezeket a hőmérsékleteket kibírják és rossz hővezetők;
- ◆ vagy úgy kell felszerelni, hogy a hő biztonságosan eloszoljon, kellő távolságban minden olyan anyagtól, amelyre ezek a hőmérsékletek káros hatást fejtenek ki.

Ha egy tartósan csatlakoztatott szerkezet rendeltetészerű üzemből *villamos ívet* vagy *szikrát* bocsáthat ki, akkor a szerkezetet

- ◆ vagy teljesen be kell burkolni íválló anyaggal;
- ◆ vagy íválló anyaggal kell elválasztani az olyan épületszerkezetektől, amelyekre az ívek káros hatást fejtenek ki;
- ◆ vagy kellő távolságra kell felszerelni az olyan épületszerkezetektől, amelyekre az ív vagy a szikrák káros hatást fejtenek ki, hogy a szikrák biztonságosan kialudjanak;

Az olyan helyiségekben ahol veszélyes mennyiségű éghető anyag kerülhet a villamos szerkezetek közelébe, lehetőségek szerint azok alkalmazását csak a helyiségekben nélkülözhetetlen villamos berendezésekre kell korlátozni. Ha várható, hogy a villamos szerkezet burkolatán olyan mennyiségű por gyülemlik fel, hogy az tűzveszélyt okozhat, akkor azt a karbantartás folyamán el kell távolítani. A villamos szerkezeteknek alkalmasnak kell lennie az ilyen helyiségekhez, a burkolat védettségi fokozata legalább IP5X legyen. Ha por jelenléte nem várható, a védettségi szintnek a vonatkozó nemzeti szabványnak kell megfelelni.

Az olyan helyiségekben ahol a tárolt vagy feldolgozott anyagok miatt tűzveszélyesek:

- ◆ azok a kábelek és vezetékek amelyek nincsenek teljesen beágyazva nem éghető anyagba, meg kell felelniük a HD 405.1-ben (Harmonizációs Dokumentum) meghatározott lángállósági tulajdonságoknak.
- ◆ nem az adott helyiségen belüli tápellátásra szánt kábeleken vezetékeken lehetőleg ne legyenek kötések, szükség esetén a kötések a vonatkozó termékszabványban meghatározott lángállóságú fali dobozban kell elhelyezni.
- ◆ az ilyen helyiségeket tápláló, keresztező vagy az innen kiinduló kábeleket és vezetékeket túlterhelés és zárlat ellen az áramkörök táppontja és a helyiség között elhelyezett túláramvédelmi eszközzel kell védeni

- ◆ a kábel és vezetékrendszereket az ásványi anyag szigetelésűek valamint a síncsatornás rendszerek kivételével, szigetelési hiba ellen is védeni kell TT és TN rendszerekben $I\Delta n \leq 300 \text{ mA}$, ha az ellenálláshiba tüzet okozhat $I\Delta n \leq 30 \text{ mA}$ névleges kioldó áramú áramvédőkapsolóval, IT rendszerekben hangjelzést és látható jelzést adó szigetelésellenőrzővel
- ◆ PEN vezető alkalmazása tilos, az áthaladó vezetékek kivételével
- ◆ a nullavezetőket el kell látni vezetékfontó eszközzel
- ◆ csupasz vezetőket nem szabad használni
- ◆ a kapcsolókészülékeket vagy a megfelelő IP védettségű fokozatú burkolatba vagy a helyiségen kívül kell elhelyezni
- ◆ az önműködően vagy távirányítással szabályozott motorokat, vagy amelyek nincsenek folyamatos felügyelet alatt, a túlmelegedés ellen kézi visszakapcsolású túlterhelésvédelmi eszközzel kell védeni
- ◆ csak korlátozott felületű hőmérsékletű világítótesteket szabad alkalmazni (normál üzemi esetén $90 \text{ }^\circ\text{C}$, zárlat esetén $115 \text{ }^\circ\text{C}$)
- ◆ A fényforrásokat védeni kell a várható mechanikai igénybevételekkel szemben
- ◆ A fűtőkészülékeket nem éghető anyagú talpra kell rögzíteni
- ◆ Az éghető anyag közelében elhelyezett fűtőkészülékeket megfelelő hőárnyékolással kell ellátni

10.3.2 Tűzvédelmi Műszaki Irányelvek

A tűzvédelmi műszaki irányelvek (TvMI-k) az **OTSZ** (Országos Tűzvédelmi Szavályzat) 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján kidolgozott követelmények teljesítésére tartalmazznak megoldásokat. Az irányelvek alkalmazásával az OTSZ vonatkozó követelményei teljesülnek, az OTSZ által elvárt biztonsági szint megvalósul. A tűzvédelmi műszaki irányelvek alkalmazása önkéntes.

A 8.1.1 fejezetben már megismertük a beépített tűzjelző berendezésekre vonatkozó TvMI, ezen kívül még több speciális terület irányelveiben vannak villamossággal kapcsolatos követelmények megfogalmazva. Az összes közül talán a leginkább a TvMI 7.4:2020.01.22. (Villamos berendezések, villámvédelem és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem) a leginkább releváns számunkra.

10.4 Robbanásbiztonság-technika

10.4.1 *Vonatkozó jogszabályok és szabványok*

Magyarországon **35/2016 NGM** rendelet a *potenciálisan robbanásveszélyes környezetben történő alkalmazásra szánt berendezések és védelmi rendszerek vizsgálatáról és tanúsításáról* alapján a **2014/34/EU** (ATEX 114), illetőleg a **3/2003 FMM ESZCSM** rendelete a *potenciálisan robbanásveszélyes környezetben lévő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről* alapján pedig a **99/92/EC** (ATEX 137) irányelve hatályos.

Az előbbi direktíva alatt harmonizált szabványok közül az **MSZ EN 60079**-es sorozatban jelennek meg a védelmi módok közül a villamosságban leginkább releváns előírások.

A **21/2010 (V. 14.) NFGM** rendelet személyi kompetenciaként a „Robbanásbiztos berendezés szerelője” képesítést írja elő a robbanásbiztos minősítéssel rendelkező eszközök szereléséhez. E ráépülő képzés nélkül még a villanyszerelő mester sem szerelheti az RB-s berendezéseket! A következő pontokban tájékoztató jelleggel kerülnek ismertetésre a RB technológia zónabesorolási koncepciója és a különböző védelmi módok.

A **Villamos Biztonsági Szabályzatnak** (40/2017. (XII. 4.) NGM rendelet az összekötő és felhasználói berendezésekről, valamint a potenciálisan robbanásveszélyes közegben működő villamos berendezésekről és védelmi rendszerekről) szintén szerves részét képezi a robbanásbiztonság-technika.

10.4.2 *Definíciók*

robbanóképes légtér: az éghető gázok, gőzök, ködök (aerosolok) vagy porok levegővel alkotott olyan keveréke, amelyben normál körülmények között, gyújtóhatásra az égés áttérjed az egész keverékre;

potenciálisan robbanásveszélyes környezet: a munkatérnek az a része, ahol robbanóképes légtér kialakulhat.

alsó robbanási határkoncentráció (ARH): az éghető gáznak vagy gőznek azon koncentrációja levegőben, amely alatt a gázkeverék nem robbanóképes

felső robbanási határ (FRH): az éghető gáznak vagy gőznek azon koncentrációja levegőben, amely fölött a gázkeverék nem robbanóképes

A robbanás elleni védelem célja: a területre vonatkozó – a robbanás megelőzését, és/vagy az esetlegesen bekövetkező robbanás káros hatásainak minimalizálását célzó – irányelveken, jogszabályokon, szabványokon és műszaki szabályozó dokumentumokon keresztül megvalósításra kerüljenek olyan műszaki és szervezési jellegű megoldások, melyek a robbanás elleni védelmi szempontból releváns veszélyes technológiák esetén lehetővé teszik a biztonságos üzemeltetést és munkavégzést.

A robbanás elleni védelem tervezési, létesítési és üzemeltetési szempontból egyaránt a következő módszereken alapszik:

Elsődlegesen a robbanásveszélyt okozó anyag(ok) kiváltásával vagy kizárásával, illetve az égést tápláló közeg mennyiségének korlátozásával kell a megfelelő eredményt elérni.

Másodlagosan a robbanóképes közeg kialakulása esetében a közeg szempontjából lehetséges gyújtóforrások zárandók ki a robbanásveszélyes térből.

Lehetséges gyújtóforrások: a) Forró felületek b) Mechanikus szikrák c) Láng, forró gázok d) Elektromos szikra e) Kóbor elektromos áram és a katódos védelem f) Elektrosztatikus feltöltődés g) Villámvédelem h) Elektromágneses hullámok i) Ionizáló sugárzás j) Nagyfrekvenciás sugárzás k) Ultrahang l) Adiabaticus kompresszió m) Kémiai reakciók, öngyulladás

Harmadlagosan a várhatóan bekövetkező robbanás hatásait kontrollált keretek között kell tartani, azokat adott esetben csökkenteni szükséges.

10.4.3 Zónabesorolás

A zónabesorolás során egy üzem(rész) technológusai, műszaki szakemberei robbanásbiztonságttechnikai szakemberek segítségével egy kockázatértékelést végeznek az ott végzett minden olyan tevékenységről, ahol a technológia során használt anyagok gőzei, gázai, illetőleg finom szemcséjű porai a levegővel összekeveredve *potenciálisan robbanásveszélyes* elegyet képesek alkotni. A robbanásveszélyes anyag jelenlétének a gyakorisága és időtartama alapján az üzem egyes tereit *robbanásveszélyes zónákba* sorolják. Ezek definíciói:

0. zóna

Az a munkatér, ahol az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér állandóan, hosszú időtartamban vagy gyakran van jelen.

1. zóna

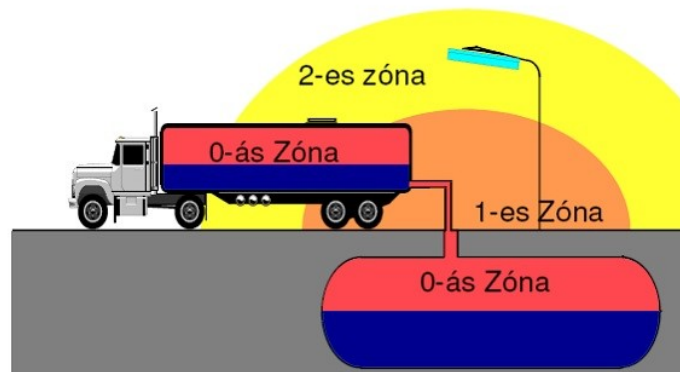
Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér fordulhat elő.

2. zóna

Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér ritkán és rövid időtartamban van jelen.

A gázok zónabesorolására mutat egy egyszerű példát a 10.1 ábra, ahol egy üzemanyagszállító tartálykocsi lefejtésekor kialakuló robbanásveszélyes zónák kialakulását kísérhetjük figyelemmel. Egyértelmű, hogy a tartályok felső részén a robbanóképes keverék *állandóan jelen van* (a kék szín a az átfedett üzemanyag folyadék állapotát mutatja), ezért lesz a besorolása Zóna 0. A tartályok töltő- és ürítő szelepéitől távolodva a gyújtóképes elegy kialakulásának esélye csökken, de egy esetleges

üzemzavar esetén nagy mennyiségben kerülhetne az Zóna 1 légtérébe.



10.1 ábra A zónabesorolás szemléltetése gázokra (BME MTI - Stahl)

20. zóna

Az a munkatér, ahol lebegő éghető porok levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér állandóan, hosszú időtartamban vagy gyakran van jelen.

21. zóna

Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között lebegő éghető porok levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér fordulhat elő.

22. zóna

Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között lebegő éghető porok levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér ritkán és csak rövid időtartamban van jelen.

10.4.4 Készülék kategóriák jelölése

Az robbanásveszélyes zónák alapvetően meghatározzák, hogy milyen besorolású eszközöket lehetséges ott alkalmazni. Ezek közül a Kategória 1-esre vonatkoznak a legszigorúbb szabályok, azokat a készülékeket bármelyik zónába be lehet vinni. a Kategória 2-es készülékeket Zóna 1(21) és a nála kevésbé szigorúbb besorolású Zóna 2 (22) helyeken lehet alkalmazni. A Kategória 3-as készülékekre vonatkoznak a legenyhébb előírások – ettől függetlenül ugyanúgy robbanásbiztos, mint a másik két kategória terméke, csak a meghibásodásából fakadóan nagyobb eséllyel válhatna gyújtóforrássá. Ettől függetlenül költségek szempontból nagyságrendi különbségek vannak egy Kategória 2 és 3 besorolású termék ára között, tehát a kiválasztásnál külön gonddal kell eljárni.

Készülék	Készülék	Tűzveszélyes gáz/gőz: G	Zónák, amelyekben alkalmazni lehet:
----------	----------	-------------------------	-------------------------------------

kategória	védelmi szint	Éghető por: D	
1	Ga	G	0, 1, 2
	Da	D	20, 21, 22
2	Gb	G	1, 2
	Db	D	21, 22
3	Gc	G	2
	Dc	D	22

10.4.5 Védelmi módok

A következőkben ismertetjük a robbanásbiztos termékek védelmi módjainak kódjait, melyet az adott termék adattábláján az „Ex” feliratot követően találunk meg.

Ex d Nyomásálló tokozás

Ex q Kvarchomok alatti védelem

Ex op pr Optikai sugárzás védelem

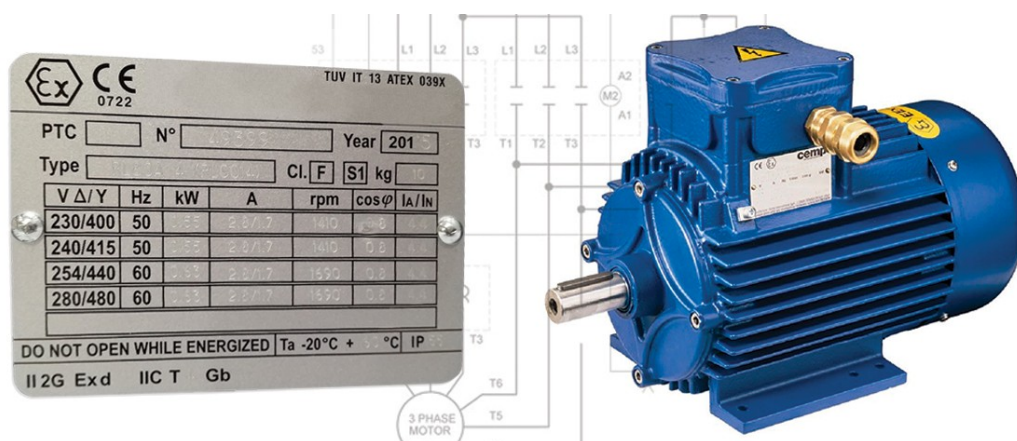
Ex p Túlnyomásos védelem

Ex o Olaj alatti védelem

Ex e Fokozott biztonság

Ex i Gyújtószikramentes védelem

Ex n villamos gyártmányra alkalmazott olyan védelmi mód, amelynek eredményeképpen normál üzem során és bizonyos, az EN 50021:1999 szabványban meghatározott rendellenes körülmények között nem következik be a környező robbanóképes közeg meggyújtása



10.2 ábra Nyomásálló tokozatú (Ex d) motor adattáblája és képe

10.4.6 Magatartás RB-s területen

A szabványok és rendeleteken túlmenően minden üzem a saját biztonsági előírásai alapján kezeli a robbanásveszélyes területein követendő szabályokat. Az egyediségektől eltekintve az ilyen területekre érkező külső látogatók előzetesen egy oktatásban vesznek részt. A látogatók – személyi kompetenciájuktól függően – általában csak kísérettel mehetnek az üzembe, s előírt lehet az antisztatikus ruházat viselése is.

Ha bármilyen okból huzamosabb időt kellene eltöltenünk a minősített zónában (pl. munkavégzés, felülvizsgálat), akkor megkövetelhető a *gázkoncentráció-ellenőrző* műszer használata, vagy viselése. Bármilyen üzemzavar vagy nem várt esemény bekövetkezésekor az előírt protokoll és/vagy az üzem kijelölt képviselőjének utasításai szerint kell a területet elhagyni.

Forrásmunkák

- Elektro Installateur (Edinfo Kft.):** Elektromosipari szakemberek kézikönyve, 2020
- Elektro Installateur, Véghely Tamás:** Most már értem a napenergiát (cikksorozat, 2019-2021)
- Schneider Electric:** Épületvillamossági kézikönyv, 2007
- Schneider Electric:** Electrical Installation Guide, 2010
- Mihók József Pál - Varga László:** Villanszerelő mestervizsgára felkészítő jegyzet, 2011
- Dési Albert:** Épületvillamosság, 2015
- MEE:** Érintésvédelmi felülvizsgálók kézikönyve
- Hollenczer Lajos:** Energetikai számítások és meddőkompenzáció
- Kruppa Attila:** Villámvédelem a gyakorlatban
- KKMF:** Villamos vezérléstechnika

<https://www.viessmann.hu/hu/szolgalatasok/tervezesi-segedletek.html>

(Az internetről begyűjtött képi illusztrációkat az adott ábrák leírásában került meghivatkozásra.)