

**VILLANYSZERELŐ**  
**MESTERVIZSGÁRA**  
**FELKÉSZÍTŐ JEGYZET**

**Budapest, 2011**

Szerzők:  
**Mihók József Pál**  
**Varga László**

Lektorálta:  
**Hegy Tibor**

Kiadja:  
**Magyar Kereskedelmi és Iparkamara**

**A jegyzet kizárólag a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 „Dolgozva tanulj” projekt keretében szervezett mesterképzésen résztvevő személyek részére, kizárólag a projekt keretében és annak befejezéséig sokszorosítható.**

A Magyar Kereskedelmi és Iparkamara köszönetét fejezi ki a Nemzetgazdasági Minisztériumnak a munkához nyújtott anyagi támogatásért.

## Tartalomjegyzék

Előszó .....	5
1 Elektrotechnikai ismeretek .....	6
1.1. Az anyag szerkezete, kölcsönhatások .....	6
1.2. A villamos tér .....	6
1.3. A feszültség .....	6
1.4. Az atom elektronjának energiája .....	6
1.5. Az elektromos áram .....	7
1.6. Mágneses kölcsönhatás .....	7
1.7. A töltéshordozók sebessége .....	7
1.8. Ellenállás és vezetés .....	7
1.9. Vezetők, félvezetők, szigetelők .....	8
1.10. Az egyszerű áramkör .....	8
1.11. Ohm törvénye .....	9
1.12. A fajlagos ellenállás .....	10
1.13. Az ellenállás hőmérsékletfüggése .....	10
1.14. Munka, teljesítmény, hatásfok .....	11
1.15. Villamos hálózatok .....	11
1.16. Kirchhoff törvények .....	12
1.17. Passzív kétpólusú hálózatok eredő ellenállása .....	12
1.18. Nevezetes passzív villamos hálózatok .....	14
1.19. Az áram hőhatása .....	15
1.20. Aktív villamos hálózatok .....	17
1.21. Vegyi elektromos folyamatok .....	19
1.22. A villamos tér és jelensége, erőhatás az elektromos térben .....	22
1.23. A kondenzátor .....	24
1.24. Elektromos áram különböző közegekben .....	26
1.25. A mágneses tér és jellemzői .....	26
1.26. A mágneses teret jellemző mennyiségek .....	28
1.27. Az anyagok viselkedése a mágneses térben .....	29
1.28. Az elektromágneses indukció .....	30
1.29. Az induktivitás viselkedése az áramkörben .....	32
1.30. Az elektromos indukció felhasználása .....	33
1.31. Váltakozó áramú körök .....	33
1.32. Ellenállás a váltakozó áramú áramkörben .....	34
1.33. Reaktanciák .....	34
1.34. Impedancia és admittancia .....	36
1.35. Összetett váltakozó áramú körök .....	37
1.36. Fázisjavítás .....	41
1.37. A transzformátor .....	42
1.38. Többfázisú hálózatok .....	45
1.39. A villamos energia szállítása és elosztása .....	47
1.40. Villamos gépek .....	48
2. Villamos munkavégzés szabályai .....	52
2.1. A villamos áram hatása az emberi szervezetre .....	52
2.2. Védekezés az áramütés ellen .....	53
2.3. Érintésvédelmi megoldások .....	53
2.4. Tűzvédelem .....	54
2.5. A villamos balesetek és megelőzésük .....	57
3. Villanyszerelésben alkalmazott kapcsolások .....	61
3.1. kapcsolási rajzok fajtái .....	61
4. Túláram és túlterhelés .....	65
4.1. A túlterhelés-védelem kialakítása .....	66
4.2. Zárlatvédelem .....	66
4.3. A túláramvédelem és zárlatvédelem összehangolása (Szelektivitás) .....	67

5.	Túlfeszültségvédelem .....	67
5.1.	A túlfeszültség fogalma .....	67
5.2.	Belső eredetű túlfeszültségek .....	68
5.3.	Külső, légköri eredetű túlfeszültségek .....	68
5.4.	Elektrosztatikus feltöltődésből eredő túlfeszültségek .....	69
5.5.	Túlfeszültség védelmi készülékek és eszközök .....	69
5.6.	Szikraköz .....	69
5.7.	Nemesgáztöltésű túlfeszültség levezető .....	69
5.8.	Oltócső .....	69
5.9.	Túlfeszültség védelem a kiefeszültségű, 0,4 kV-os elosztóhálózaton .....	71
6.	Épületek csatlakoztatása és energiaelosztása .....	73
6.1.	Bevezetés .....	73
6.2.	Energiaigény, bővítés bejelentése .....	74
6.3.	Fogyasztók hálózati csatlakoztatása .....	74
6.4.	Csatlakozóvezetékek kialakítása .....	75
6.5.	Fővezeték szerelési módok és előírások .....	75
6.6.	Csatlakozás szigetelt csatlakozóvezetékekkel .....	75
6.7.	Kábelcsatlakozás szabadvezetékes hálózatról .....	76
6.8.	Egyidejűségi tényező .....	77
6.9.	Épületek energiaelosztása .....	78
6.10.	Személyek védelme .....	79
6.11.	Áramkörök kialakítása .....	79
6.12.	Lakáselosztó kiválasztása .....	82
6.13.	Egyfázisú lakáselosztó készítése (példa) .....	83
6.14.	Háromfázisú műhelyelosztó készítése (példa) .....	86
6.15.	Háromfázisú aszinkronmotor irányváltós indítása (példa) .....	88
7.	Intelligens épület .....	93
8.	Vezérlések .....	97
8.1.	Irányítástechnika fogalma .....	97
8.2.	Vezérlés érintkezőkkel .....	98
8.3.	Mágneskapcsolók .....	99
8.4.	Időrelék .....	99
8.5.	Alkalmazási példák .....	101
8.6.	Digitális technikai alapok .....	102
8.7.	A PLC vezérléstechnikai alkalmazása .....	103
8.8.	A PLC működésének elvi alapjai (bemenetek, kimenetek, programtároló) .....	104
	Ajánlott irodalom .....	108

## **Előszó**

Ennek a jegyzetnek a célja, hogy segítse a felkészülést a villanyszerelő mesterjelölteknek, az új moduláris rendszerű mestervizsgára. A jegyzet nem pótolja a megfelelő szakirodalom használatát, csupán segítséget szeretne adni a jelölteknek a vizsgára történő eredményes felkészülésben. Feltételezhető, hogy a szakmát már pályafutása során mindenki elsajátította.

A mester cím a szakmának egy magasabb szintű ismeretét jelenti. A mester cím megszerzéséhez egy vizsgán kell megfelelni. A tematikát megpróbáltuk úgy összeállítani, hogy röviden és célrátörően a fő irányvonalakat megadva segítsük a vizsgára való felkészülést. A jegyzetben viszonylag nagyobb hangsúlyt fektettünk az elméleti ismeretek felújítására, mert a jelöltek többsége a napi gyakorlatban ezekkel nem vagy csak nagyon ritkán találkozik. A jegyzet terjedelménél fogva teljességre nem törekedhet, épít a jelöltek előzetes ismereteire, a kiegészítő ismeretek az ajánlott irodalomból megszerezhetők, felújíthatók.

A jó mester nem csak a régi, hanem az új technikákat, technológiákat, is ismeri, igyekszik naprakész tudással rendelkezni. A leendő villanyszerelő mestereknek jó felkészülést és sikeres vizsgát kívánunk!

A szerzők

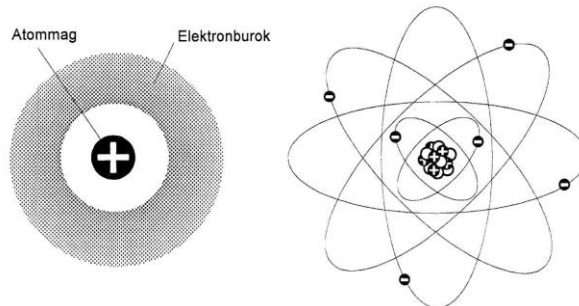
## 1 Elektrotechnikai ismeretek

### 1.1. Az anyag szerkezete, kölcsönhatások

Az anyag legkisebb építőeleme az atom. A magban protonokat és neutronokat, míg az burokbán elektronokat találunk.

A protonok pozitív, a neutronok semleges, míg az elektronok negatív töltéssel rendelkeznek.

A proton és az elektron elektromos kölcsönhatásra képes. Ez a kölcsönhatás általában erőként nyilvánul meg.



### 1.2. A villamos tér

Az atom alaphelyzetben semleges. Ebben az állapotában, az atommagban a protonok és az elektronburokban az elektronok száma azonos.

Ez az állapot azonban megváltoztatható. Egy atomról, vagy testről viszonylag könnyen áttehető elektron. Ez a folyamat a töltésszétválasztás. **A töltésszétválasztáshoz energia szükséges!**

Minden olyan test közelében, melyben a protonok és az elektronok száma nem azonos – a test elektromosan töltött – elektromos kölcsönhatás tapasztalható. A térnek azt a részét, ahol ez a kölcsönhatás kimutatható, **villamos térnek**, vagy elektromos mezőnek nevezzük.

**Az egynemű töltések taszítják, míg a különneműek vonzzák egymást.**

Köztük az erőhatás mindig olyan irányú, hogy a korábban szétválasztott töltéseket egyesíteni akarja.

**A proton és az elektron elemi töltés, mert ennél kisebb töltés nincs. Minden elektromos töltés ennek egész számú többszöröse.**

Az elemi töltés jele  $q$   $Q_{elektron} = q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$

### 1.3. A feszültség

A feszültség a kiegyenlítő töltések által végzett munka és a kiegyenlítő töltések mennyiségének hányadosa:

$$U = \frac{W_{AB}}{Q}$$

A feszültség jele  $U$  mértékegysége **V** (volt).

**1V a feszültség a tér két pontja között, ha 1 As töltés 1 J (1Ws) munkát tud végezni.**

$$1V = \frac{1J}{1As}$$

Ha a munkavégző képességet egy kitüntetett ponthoz viszonyítjuk (ilyen a végtelen, vagy a föld), **potenciálról** beszélünk. A tér valamely két pontja között a feszültséget a két pont potenciáljának különbsége adja, vagyis a **feszültség potenciálkülönbség**.

### 1.4. Az atom elektronjának energiája

Az atom elektronburka réteges felépítésű, és a rétegekben a pályákon meghatározott számú elektron. Minden pályához meghatározott nagyságú energia tartozik, a magtól távolodva az elektronok energiája nagyobb. Az elektronok mindig a legkisebb energiájú szabad helyett foglalják el az atomban, ahol energiavesztés nélkül keringenek.

A **legkülső héj** elektronjait **valencia** vagy vegyérték **elektronoknak** nevezzük.

### 1.5. Az elektromos áram

A szabad töltések egyirányú mozgását (áramlását) elektromos áramnak nevezzük.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Az áram jele **I** mértékegysége **A** (amper)

**1 A erősségű az áram, ha As töltés áramlik át 1s alatt.**

### 1.6. Mágneses kölcsönhatás

A mozgó elektromos töltéseknek az elektromos kölcsönhatáson kívül mindig van mágneses kölcsönhatása is.

**Az áramló töltéshordozók közelében mágneses tér keletkezik**

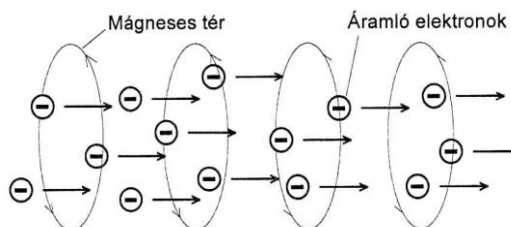
Az áram erőssége arányos a mágneses térrel.

Az áramerősség egyben a mágneses kölcsönhatás mértékét is kifejezi.

A gyakorlatban az áramerősséget a mágneses kölcsönhatás alapján mérjük.

**1A az áramerősség** abban az egymással párhuzamos két vezetőben, melyek végtelen hosszúak, a légtüres térben egymástól 1m távolságra helyezkednek el, és a vezetékek minden 1m szakasza

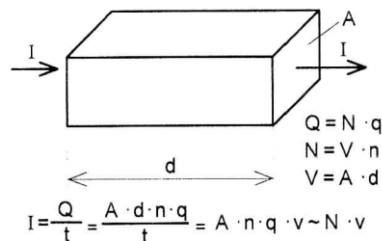
között  $2 \cdot 10^{-7} N$  erő hat.



### 1.7. A töltéshordozók sebessége

Az ábrán az adott **V** térfogat, és térfogategységenként **n** számú szabad elektron. Minden elektron **q** szabad töltéssel rendelkezik. A töltések **t** idő alatt mozdulnak el a **d** távolságra. Ekkor a sebességük:  $v=d/t$

**Az áramerősség egyenesen arányos a töltéshordozók sebességével (v-vel), és az áramló töltéshordozók számával. (N-nel)**



### 1.8. Ellenállás és vezetés

**Vezetés** – elektromos áram – csak olyan anyagokban lehetséges, melyekben **szabad töltéshordozók** vannak.

A szabad töltéshordozók számától függően az anyagok lehetnek: vezetők, félvezetők és szigetelők.

**Ellenállás** – anyagi tulajdonság, mely megmutatja, hogy az adott anyag milyen mértékben akadályozza a töltéshordozók áramlását, az áramot.

**1Ω ellenállása van annak az anyagnak, amelyben 1V feszültség hatására 1A áram folyik.**

Az ellenállás (rezisztencia) jele **R** mértékegysége  $V/A = \Omega$  (ohm)

**Vezetőképesség** - az anyagot úgy is jellemezhetjük, hogy jól vagy rosszul vezeti az áramot. Az anyagnak ezt a tulajdonságát nevezzük vezetőképességnek.

A vezetőképesség jele **G** mértékegysége  $1/\Omega = S$  (szímensz)

Az  $1 \Omega$  ellenállású anyag vezetőképessége  $1S$ .

**Fajlagos vezetést kapjuk, ha a vezetőképességet  $1m$  hosszú és  $1mm^2$  keresztmetszetű anyagra vonatkoztatjuk.**

### 1.9. Vezetők, félvezetők, szigetelők

**Szigetelők** - Ezekben az anyagokban kevés szabad elektron van, így a vezetőképességük kicsi.

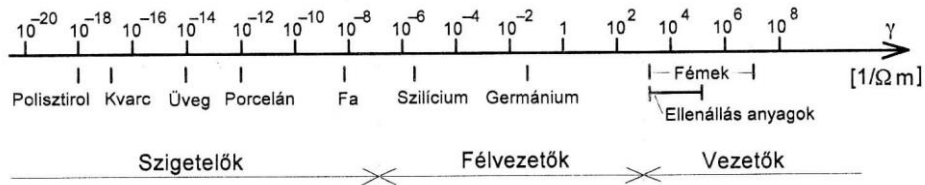
Szigetelő anyagnak tekinthetők a gázok, az olajok, a szilárd halmazállapotúak közül az üveg, a kerámiák, a csillám, a műanyagok stb.

**Félvezetők** - anyaga gyengén vezet, fajlagos vezetőképessége azonban a szigetelőknél több nagyságrenddel nagyobb.

Félvezető tulajdonságokkal rendelkezik a nagy tisztaságú germánium (Ge), szilícium (Si), szelén (Se), valamint néhány vegyület, pl. a galliumarzenid (GaAs)

**Vezetők** - a vezető anyagok kristályos szerkezetűek, bennük az atomok nagyon közel vannak egymáshoz, ezért szomszédos atomok közösen használják valencia elektronjaikat.

Jó vezetők a fémek, és a grafit. Az anyagok fajlagos vezetése:



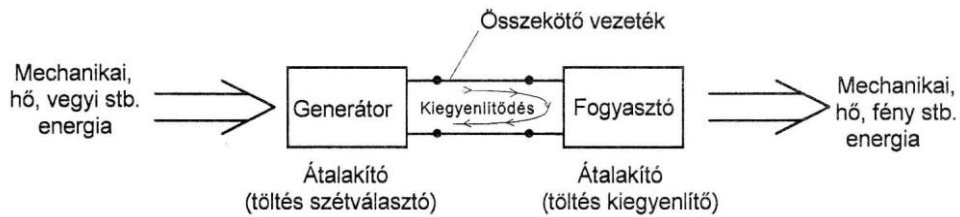
### 1.10. Az egyszerű áramkör

**Az áramkör**

A töltésáramlás - a villamos áram - csak akkor maradhat fenn, ha a töltéshordozóknak az ütközések során elvesző energiáját pótoljuk. Gyakorlatban ezt egy, a töltések folyamatos újra szétválasztását végző ún. generátorral végezzük. A generátor általános feszültségforrás, energia átalakító, mely a belefektetett mechanikai, hő, vegyi stb. munkát villamos energiává alakítja.

**A generátor kivezetései kapszoknak vagy pólusoknak nevezzük.**

Az áramkör felépítése:

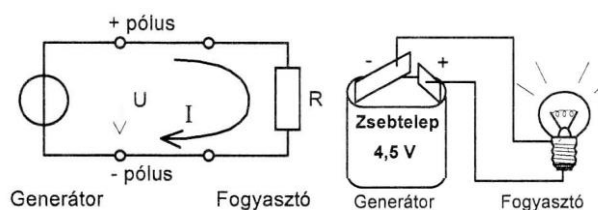


Az áramkör elemei a generátor és a fogyasztó, melyet vezeték köt össze.



Az áramkör elvi jelölése és egy valós áramkör:

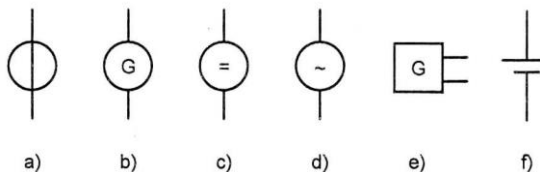
A feszültség a pozitív pólusból a negatív pólus felé hat, az áram a pozitívból a negatívba folyik.



A generátor feszültsége lehet állandó, változó, azonos polaritású és változó polaritású. Azonos polaritás esetén egyenfeszültségről, míg változó polaritás esetén váltakozó feszültségről beszélünk.

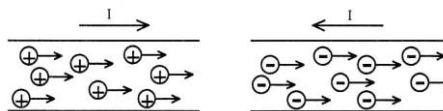
Gyakorlatban sokféle generátort használunk, és legfontosabb tulajdonságát rajzjelével is kifejezzük.

- a) a generátor általános jele
- b) forgógépes
- c) egyenfeszültségű
- d) szinuszos váltakozó feszültségű
- e) elektronikus generátor
- e) galvánelem



A hosszú vonal jelöli a pozitív, rövid a negatív pólust!

Az áramerősség vektor mennyiség. **Az áram iránya megegyezik a pozitív töltéshordozó irányával**, vagyis ellentétes a leggyakoribb töltéshordozónak – az elektronnak – a haladási irányával.



Az áramkörben az áram iránya a generátor pozitív pólusától a fogyasztón át a negatív pólus felé mutat.

### 1.11. Ohm törvénye

A generátor feszültsége, valamint a fogyasztó ellenállása az áramkörbe kapcsoláskor adott. Az áram, mint következmény ezek függvénye.

**Az Ohm törvény kimondja, hogy a zárt áramkörben az áramerősség egyenesen arányos a fogyasztóra ható feszültséggel, és fordítottan a fogyasztó ellenállásával.**

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{Az összefüggés más alakban is felírható: } R = \frac{U}{I} \quad U = I \cdot R$$

Az Ohm törvény az elektronikában csak megkötésekkel érvényes, mert sok alkatrész ellenállása feszültségfüggő, másrészt vannak olyan alkatrészek is pl. kondenzátor, induktivitás, melyek esetében az Ohm törvény ugyan érvényes, de az áramkorlátozó hatást nem a töltéshordozóknak a közeg atomjaival történő ütközése - rezisztencia – hanem más kölcsönhatás határozza meg.

**A rezisztenciának, vagyis R –nek a másik neve ezért ohmos ellenállás.**

### 1.12. A fajlagos ellenállás

Egy anyag ellenállása egyenesen arányos annak hosszával és fordítottan a keresztmetszetével. Függs az anyagi minőségtől és hőmérséklettől. Szobahőmérsékleten - 20°C – az ellenállás:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad \text{átrendezve: } \rho = \frac{R \cdot A}{l} \quad \text{mértékegysége SI-ben: } \frac{\Omega \cdot m^2}{m} = \Omega m$$

A gyakorlatban a keresztmetszetet mm<sup>2</sup> –be célszerű megadni. Ekkor, a  $\rho$  mértékegysége  $\Omega m$  helyett  $\Omega mm^2/m$ , vagyis az 1m hosszú 1 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű anyag ellenállását jelenti..

Az 1  $\Omega mm^2/m$  SI alpmértékegységben: 1  $\mu\Omega m$

Néhány anyag fajlagos ellenállása:

A fajlagos vezetési a fajlagos ellenállás reciproka.

Jele:  $\gamma$

Anyag	$\Omega mm^2/m$	$\Omega m$
Ezüst	0,016	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Réz	0,0175	$1,75 \cdot 10^{-8}$
Arany	0,023	$2,3 \cdot 10^{-8}$
Alumínium	0,028	$2,8 \cdot 10^{-8}$
Vas	0,13	$1,3 \cdot 10^{-7}$
Ólom	0,208	$2,08 \cdot 10^{-7}$
Manganin	0,43	$4,3 \cdot 10^{-7}$
Kanthal	1,39	$1,39 \cdot 10^{-6}$

$$\gamma = \frac{l}{\rho}$$

Példa:

Mekkora az ellenállása egy 150m hosszú, 2,5mm<sup>2</sup> keresztmetszetű réz vezetőnek?

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \rightarrow R = \frac{0,0175 \Omega mm^2}{m} \cdot \frac{150m}{2,5mm^2} = \boxed{1,05 \Omega}$$

### 1.13. Az ellenállás hőmérsékletfüggése

Ha egy vezető ellenállását 20°C –on megmérjük, majd a hőmérsékletét megváltoztatjuk  $\Delta R$  ellenállás változást tapasztalunk.

$$\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Ahol a  $\Delta T = T - T_0$  a hőmérséklet változás, ( $T_0$  az eredeti,  $T$  az új, magasabb hőmérséklet),  $\alpha$  pedig az anyagra jellemző állandó, a hőfoktényező (Temperatúra Koefficiens) a TK.

**Az  $\alpha$  hőfoktényező megmutatja, hogy az adott anyag 1  $\Omega$  ellenállású darabja 1°C változás hatására mennyivel változtatja értékét. Az  $\alpha$  mértékegysége 1°/C**

Az új ellenállásértéket  $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$  alapján számíthatjuk ki.

Számításokban figyelni kell a  $\Delta T$  előjelére!

Anyag	$\alpha$ [1/°C]
Ezüst	+0,0038
Alumínium	+0,004
Réz	+0,0038
Vas	+0,0056
Wolfram	+0,0041
Manganin	+0,00025
Konstantán	-0,000005
Kanthal	+0,000025
Grafit	-0,0002

## 1.14. Munka, teljesítmény, hatásfok

### 11.14.1. Villamos munka

Az áramkörben átváramló töltések energiája a fogyasztóban energiává alakul. Az energiát a feszültség  $U$ , és az átváramló töltésmennyiség  $Q$  határozza meg.

$$W = U \cdot Q \rightarrow W = U \cdot I \cdot t$$

A villamos munka jele:  $W$  mértékegysége:  $Ws$  (wattsekundum)

1  $Ws = 1J = 1 Nm$

Nagyobb egységei:  $Wh$  (wattóra),  $kWh$  (kilowattóra)

### 11.14.2. Villamos teljesítmény

A teljesítményt a feszültség és az áram szorzata adja:

$$P = U \cdot I$$

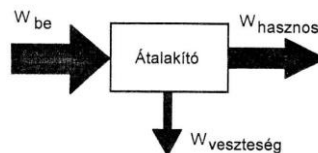
Felhasználva hogy  $U = I \cdot R$ , majd behelyettesítve:  $P = U \cdot I = I \cdot R \cdot I$  vagyis  $P = I^2 \cdot R$

Ugyanez  $I = \frac{U}{R}$  majd behelyettesítve:  $P = U \cdot I = U \cdot \frac{U}{R}$  vagyis  $P = \frac{U^2}{R}$

**A villamos teljesítmény tehát négyzetesen arányos a feszültséggel és az áramerősséggel.**

### 11.14.3. Hatásfok

Minden átalakító, így a fogyasztó is a betáplált villamos energiának csak egy részét képes a kívánt formájú energiává alakítani. Az energia nem hasznosított része más energiává alakul, veszteségmentesen jelentkezik. A veszteséget  $W_v$  jelöljük, a hasznosított  $W_h$  energiát a befektetett  $W_{be}$  energiához viszonyítva, megkapjuk a hatásfokot. A hatásfok jele:  $\eta$



$$\eta = \frac{W_h}{W_{be}} \quad W_h < W_{be} \text{ ezért a hatásfok mindig kisebb 1-nél: } \eta < 1$$

Az eredményt 100-al szorozva a hatásfokot %-ban kapjuk!

## 1.15. Villamos hálózatok

**Összetett áramkör, vagy villamos hálózat:** az áramkör, melyben több fogyasztó vagy generátor található.

Az áramköri elemek sorosan, párhuzamosan, és vegyesen kapcsolódhatnak egymással.

**Passzív az a villamos hálózat:** amelyben csak fogyasztó található.

**Aktív az a villamos hálózat:** amelyben a fogyasztó mellett generátor is található. Az egyszerű áramkör a legegyszerűbb aktív hálózat.

**Pólus:** a hálózat azon pontja, melyet azért hoztunk létre, hogy oda újabb áramköri elemeket csatlakoztassunk. Az elektronikában alkalmazott hálózatok általában 2 vagy 4 pólussal rendelkeznek.

**Lezárás:** a szabad pólusok megszüntetése. Az egyszerű áramkörben a generátort, int aktív kétpólust pl. egy ellenállás zárja le.

## 1.16. Kirchhoff törvények

### 1.16.1. Kirchhoff I. törvénye, a csomóponti törvény

A csomópontba befolyó áram, vagy áramok összege, egyenlő a csomópontból elfolyó árammal, vagy áramok összegével.

Kirchhoff I. törvénye párhuzamos – elágazó áramkörökre vonatkozik. Az elágazásnál csomópont jön létre. Ha az áramokat irányuk alapján előjellel látjuk el, pl. a befelé folyót pozitívnak, a kifelé folyót negatívnak tekintjük, akkor a be és kifolyó áramok összege nulla lesz:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I = 0$$

Példa:

Mekkora az ábrán látható  $I$  értéke, és milyen irányú?

Tételezzük fel, hogy  $I_5$  kifelé folyik. A csomóponti törvény értelmében:  $I_1 + I_2 + I_4 = I_3 + I_5 + I_6$

$$0,2\text{A} + 1\text{A} + 1,5\text{A} = 2,5\text{A} + I_5 + 0,5\text{A} \rightarrow 2,7\text{A} = 3\text{A} + I_5 \rightarrow$$

$$I_5 = \boxed{-0,3\text{A}}$$

A negatív előjel azt jelenti, hogy az  $I_5$  áram a feltételezésünkkel ellentétes irányba, vagyis a csomópont felé folyik.

### 1.16.2. Kirchhoff II. törvénye, a hurok törvény

A sorosan kapcsolt fogyasztók feszültségeseinek összege, egyenlő a generátor kapocsfeszültségével, az az áramköri elemeken levő feszültségek előjelhelyes összege nulla.

Kirchhoff II. törvénye sorosan kapcsolt (hurok) fogyasztói áramkörökre vonatkozik  $\sum U=0$ . Egyszerű soros kapcsolásra a törvényt az alábbi formába alkalmazzuk:

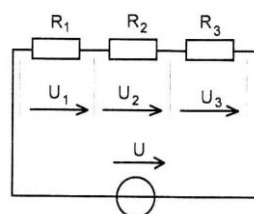
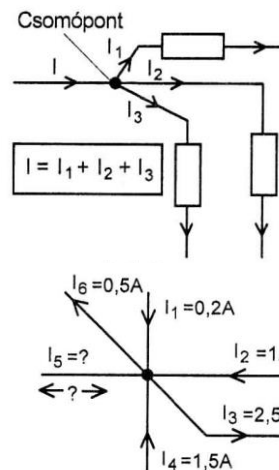
$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

A sorosan kapcsolt ellenállások eredőjét azok összege adja:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

### 1.17. Passzív kétpólusú hálózatok eredő ellenállása

Az elektronikában leggyakrabban ellenállások kapcsolódnak össze, melyek együttes – eredő – hatása egyetlen ellenállással helyettesíthető. Ezt az ellenállást az áramkör **eredő ellenállásának** nevezzük.



### 1.17.1. Soros kapcsolás

**Soros a fogyasztói kapcsolás, ha valamennyi fogyasztón ugyanaz az áram folyik.**

A sorosan kapcsolt ellenállások feszültségese:

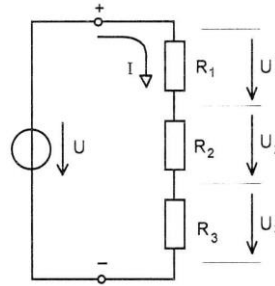
$$U_1 = U = I \cdot R_1 \quad U_2 = U = I \cdot R_2 \quad U_3 = U = I \cdot R_3$$

A sorosan kapcsolt ellenállások feszültségesei összeadódnak:

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

A sorosan kapcsolt ellenállások eredőjét az ellenállások összege adja.:

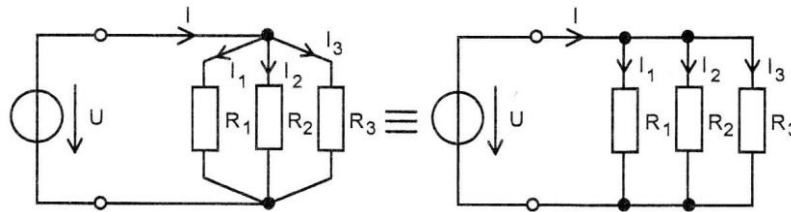
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$



A sorosan kapcsolt ellenállások eredője mindig nagyobb a kapcsolást alkotó legnagyobb ellenállásnál!

### 1.17.2. Párhuzamos kapcsolás

**Párhuzamos a fogyasztói kapcsolás, ha valamennyi fogyasztóra ugyanaz a feszültség hat.**



A párhuzamosan kapcsolt ellenállások árama:  $I = \frac{U}{R_1} \quad I = \frac{U}{R_2} \quad I = \frac{U}{R_3}$

A párhuzamosan kapcsolt ellenállások áramai összeadódnak:  $I = I_1 + I_2 + I_3$

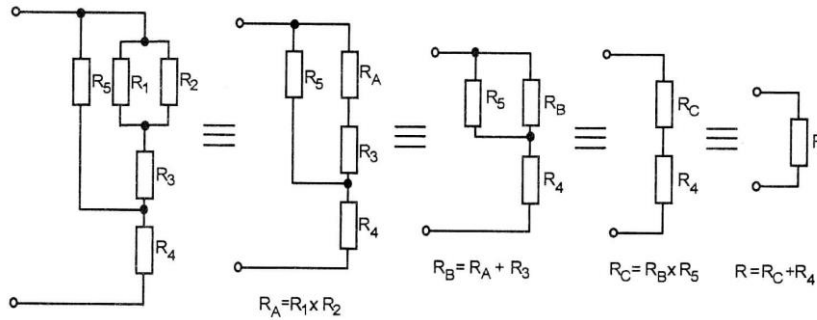
A párhuzamosan kapcsolt ellenállásának az eredőjét azok reciprok összege adja:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{Két ellenállás esetén ez a képlet alkalmazható: } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

A párhuzamosan kapcsolt ellenállások eredője mindig kisebb a kapcsolást alkotó legkisebb ellenállásnál!

### 1.17.3. Vegyes kapcsolás

A vegyes kapcsolásokat a sorosan, vagy párhuzamosan kapcsolódó elemek összevonásával belülről kifelé haladva egyszerűsítjük.



### 1.18. Nevezetes passzív villamos hálózatok

#### 1.18.1. Feszültségosztó

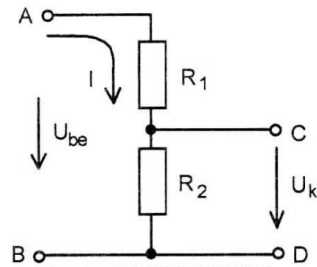
A feszültségosztó egy négyfókus. A legegyszerűbb formában két sorba kötött ellenállásból áll.

A rendszer **A** és **B** pontjai közé feszültséget kapcsolva, áram alakul ki., és az ellenállásokon feszültségesés lép fel.

Kirchhoff II. törvénye értelmében a két feszültség összege mindig meggyezik a tápláló generátor feszültségével. Kimenetkén bármelyik ellenállás felhasználható. Az ábrán az **R<sub>2</sub>** ellenállás **C** és **D** pontjai.

Terheletlen állapotban ideális feszültségosztóról beszélünk.

$$U_{ki} = U_{be} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



**R<sub>2</sub>**-vel az az ellenállást jelöljük, amelyről a feszültséget levesszük!

Ha az osztót terheljük, a terhelő ellenállás (**R<sub>t</sub>**) párhuzamosan kapcsolódik az **R<sub>2</sub>**-vel,

e ezért:  $R_e = \frac{R_t \cdot R_2}{R_t + R_2}$ , mivel az **R<sub>e</sub>**-kisebb lesz, mint az **R<sub>2</sub>**-v, így a feszültségesés is kisebb lesz. Ezért a

terhelt feszültségosztó kimeneti feszültsége mindig kisebb, mint az ideálisé.

### 1.18.2. Áramosztó

Az áramosztó legegyszerűbb formában két párhuzamosan kötött ellenállásból áll. Az ellenállásokon a ható feszültség ( $U$ ) ugyanaz.

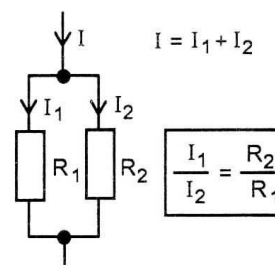
Ennek hatására az egyikén  $I_1 = U / R_1$ , a másikon  $I_2 = U / R_2$  áram folyik.

A feszültségre kifejezve:  $U = I_1 \cdot R_1$  és  $U = I_2 \cdot R_2$

Amelyből:  $I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$

A képlet átrendezve:  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

Párhuzamos kapcsolás esetén az áramerősségek fordítottan arányosak az ágak ellenállásával.



### 1.19. Az áram hőhatása.

Egy vezetőben, a vezetőn átfolyó áram következtében termelt hő mennyiségét a Joule törvény adja meg.

**Joule törvénye:**

**Az áram által átjárt vezetőkben hőhatás lép fel. A  $W = U \cdot I \cdot t$  alapján az átfolyó áram, a fellépő villamos teljesítménynek megfelelő hőt termel.**

Az összefüggésben  $W$  a keletkező hőmennyiség (mint munka, energiamennyiség),  $U$  a vezető  $R$  ellenállásán az  $I$  áram hatására fellépő feszültségesés,  $t$  pedig az áram folyásának időtartama.

Az áram hőhatása minden, nem hőtermelés céljából gyártott villamos szerkezetben veszteség (veszteség-hő). Közvetlenül érdemes kitérni rá, hogy a veszteség-hő nem keverendő össze a hőveszteséggel. Utóbbi a környezet felé nem kívánt hőleadás formájában fellépő veszteség, például az épületek fűtési energiaigényénél, ami a kéményen, falakon, nyílászárókon stb. szökik a környezetbe a nem kielégítő hőszigeteléseken keresztül.

A Joule-törvény előbbi összefüggése  $W = I^2 \cdot R \cdot t$  alakban is felírható. Ez azért célszerű, mivel a villamos energia átviteli útjainak ellenállása akár állandónak is vehető, a vezetékek ellenállásának melegedés hatására bekövetkező megváltozása ugyanis az átfolyó áramot érdemben nem befolyásolja. Ebből következően a gyűjtősínekben, kábelekben és vezetékekben a túláram hatására keletkező hőenergia az áram négyzetével ( $I^2$ ) és az idővel ( $t$ ) arányos.

#### 1.19.1. A hő terjedése

A hő eljutását egyik rendszerből a másikba a hő terjedésének nevezzük. A hő mindig a magasabb hőmérsékletű helyről terjed az alacsonyabb hőmérsékletű hely irányába. A terjedés történhet:

**Vezetéssel** tejed a hő a szilárd anyagokban. Ezek atomjai és szabad elektronjai a hőmérsékleten arányosan rezegnek. Az energiát az áramló szabad elektronok adják egyik atomról a másikra. Azok az anyagok vezetnek jól a hőt melyek sok szabad elektronnal rendelkeznek, vagyis jó vezetők – pl. a fémek.

**Áramlással** terjed a hő a folyadékokban és a gázokban. A magasabb hőmérsékletű helyen a molekulák intenzív mozgásához több hely szükséges. Az anyag kitágul, sűrűsége kisebb lesz.

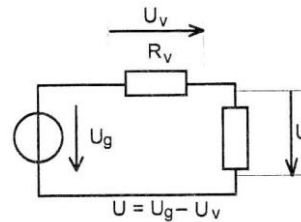
A melegebb, kisebb sűrűségű anyag felfelé áramlik, s a helyére hidegebb kerül.

**Sugárzással** terjed a hő, mikor az energiát elektromágneses sugárzás viszi egyik helyről a másikra. Terjedéséhez nincs szükség közvetítő közegre! Így jut a földre a napenergia.

### 1.19.2. Vezetékek méretezése és az áramsűrűség.

A generátort a fogyasztóval vezeték köti össze. Ezeknek - még ha kicsi is, de van ellenállásuk ( $R_v$ ). A fogyasztón ezért  $P = I^2 \cdot R$ , a vezetéken  $P_v = I^2 \cdot R_v$  hőteljesítmény jön létre. A  $P_v$  a vezetéket melegíti, ezért az veszteség. A veszteséget csökkenteni, a vezető ellenállásának csökkentésével lehet.

Tekintettel, hogy a vezeték hossza és az anyaga adott, így csak a keresztmetszet változtatása jöhet szóba.



#### A keresztmetszet meghatározását a vezeték méretezésének nevezzük.

**Feszültségésre** az energiaszállító vezetékeket méretezik. Ellenállásuk miatt a fogyasztóra kisebb feszültség jut. A csökkenés pl. világítási vezetékeknél 2% lehet.

**Melegedésre** méretezzük a vezetéket tekercsek esetén. Az egymás melletti menetekben fejlődő hő nehezebben tud távozni.

**Áramsűrűség** alatt értjük a vezeték egységnyi keresztmetszetére jutó áramerősséget. A vezeték melegedést a benne kialakuló áramsűrűség, jobban kifejezi, mint az ellenállása vagy az árama.

Áramsűrűség **J** mértékegysége **A/mm<sup>2</sup>**,

A kedvező értékek 2 – 4 A/mm<sup>2</sup> között vannak. A tekercsüket többnyire 2,5 A/mm<sup>2</sup> értékkel méretezzük. Mesterséges hűtés esetén, akár 4 A/mm<sup>2</sup> is megengedett.

#### Példa 1:

A helyiségben 5 darab 60W-os izzó világít, valamint egy 2kW olajradiátor fűt. A helyiség 30m-re van a lakáselosztótól. Milyen keresztmetszetű vezeték szükséges a zavartalan üzemhez?

A világítási hálózaton legfeljebb 2% feszültségcsökkenés lehet.

Ez 230V esetén  $230V \cdot 0.02 = 4,6V$  -ot jelent.

A fogyasztók eredő teljesítménye:  $P = 5 \cdot 60W + 2000W = 2300W$

$$\text{Áramerősség: } I = \frac{P}{U} = \frac{2300W}{230V} = 10A$$

Vezeték hossza a távolság kétszerese: 60m, - ellenállása  $R = \frac{U}{I} = \frac{4,6V}{10A} = 0,46\Omega$  lehet!

$$\text{Réz vezeték esetén: } A = \rho \cdot \frac{l}{R} = \frac{0,0175\Omega mm^2}{m} \cdot \frac{60m}{0,66\Omega} = 1,59mm^2$$

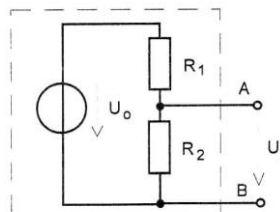
A szabványos nagyobb érték: 2,5 mm<sup>2</sup>



## 1.20. Aktív villamos hálózatok

Az aktív villamos hálózatokban **legalább egy generátor** van. Adott pontjai között feszültség van, ezért energiatermelő hálózatnak is nevezzük. Ezek a pontok hasonlóan viselkednek mint egy valódi generátor.

Az ábrán a szaggatott vonal egy zárt dobozt tételez fel! A doboz egy feszültségosztót tartalmaz. Az **A** és **B** pontok között feszültségkülönbség mérhető. A doboz így generátornak tekinthető. Ha feltételezzük, hogy a generátor feszültsége a rá kapcsolt fogyasztó ellenállásától függetlenül állandó, vagyis ideális, **feszültséggenerátorról** beszélünk.



### 1.20.1. Feszültséggenerátorok helyettesítő kapcsolása

A valós generátornak mindig van ellenállása, következnek a szerkezetéből, ugyanis az anyag, amiből készült ellenállással rendelkezik. Ezt az ellenállás belső ellenállásnak **R<sub>b</sub>**, nevezzük. A generátor tulajdonságainak megváltozásáért az **R<sub>b</sub>**, a felelős.

#### Thevenin tétele:

**Egy valódi generátor, vagy bármely aktív kétpólusú hálózat viselkedése pontosan leutánozható egy ideális feszültséggenerátorból és egy ehhez kapcsolódó R<sub>b</sub> ellenállásból álló hálózattal.**

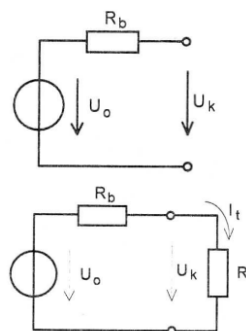
Ezt nevezzük az aktív kétpólus helyettesítő kapcsolásának. A fenti eljárásra azért van szükség, mert a gyakorlatban egyetlen áramkörti elem sem ideális.

A helyettesítő kapcsolás elemei nem valós alkatrészek! Egy valódi feszültséggenerátor egy **U<sub>0</sub>** feszültségű ideális generátorral és a vele sorosan kapcsolódó **R<sub>b</sub>** ellenállással helyettesíthető.

Az **U<sub>0</sub>** feszültséget **forrásfeszültségnek – belső feszültségnek** nevezzük.

Terheléskor **R<sub>b</sub>** belső ellenállás a **R<sub>t</sub>** terhelő ellenállással feszültségosztót alkot. A generátor kapcsain ezért **U<sub>0</sub>**-nál kisebb feszültség jelenik meg.

Ezt a feszültséget **kapocsfeszültségnek** nevezzük.



$$U_k = U_c - I_t \cdot R_b$$

Látható hogy a kapocsfeszültség a terhelő árammal csökken!

### 1.20.2. A feszültséggenerátorok kapcsolása

#### Soros kapcsolás

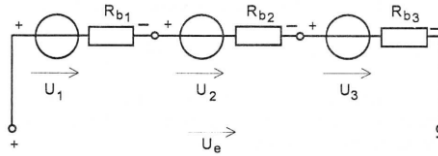
Hasonlóan az ellenállásokhoz, a generátorok is összekapcsolhatók. Az összekapcsolt rendszert **telepnek** nevezzük. Az összekapcsolás lehet soros, párhuzamos és vegyes.

Az összekapcsolás következményeként a kapcsolás feszültsége és belső ellenállása megváltozik.

**Soros kapcsolás** estén az egyik generátor pozitív pólusát összekötjük a másik generátor negatív pólusával.

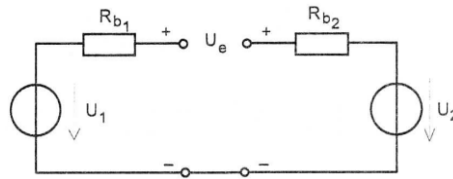
A feszültségek ekkor összeadódnak, az eredő feszültség:

$$U_e = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$



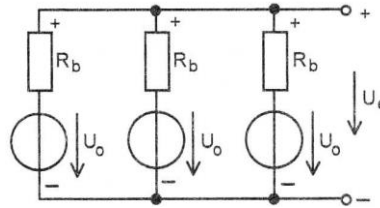
**Ellen kapcsolás** más néven szembekapcsolás esetén két generátort az azonos pólusaikkal kötünk össze. Olyan soros kapcsolásnak felel meg melyben csak két generátor van, azonos pólusaikkal összekötve. Az eredőt a két feszültség különbsége adja.

$$U_e = U_1 - U_2 \text{ vagy } U_e = U_2 - U_1$$



**Párhuzamos kapcsolás** esetén az azonos pólusokat kötjük össze.

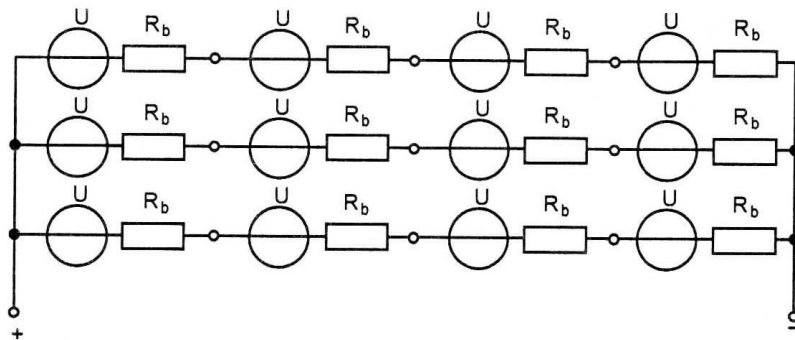
Fontos, hogy csak azonos feszültségű generátorokat szabad így összekapcsolni! Az eredő feszültség megegyezik az összekapcsolt elemek feszültségével, vagyis nem változik:  $U_e = U_0$  marad.



Párhuzamosan kapcsolódnak a belső ellenállások is, ezért az eredőjük kisebb lesz a legkisebb belső ellenállású generátorénál. Az így kialakított telep ezért nagyobb árammal terhelhető.

**Vegyes kapcsolás** esetén a telep nagyobb feszültségű és nagyobb terhelhetőségű lesz.

A soros elemek száma a feszültséget, párhuzamos elemek száma a belső ellenállást, ezzel a terhelhetőséget határozza meg.



### 1.20.3. A generátor hatásfoka

A generátort terhelve, annak nem minden energiája jut el a fogyasztóra. Egy része a generátor belső ellenállásán hővé alakul. A rendszer hatásfoka határozza meg a fogyasztóra jutó teljesítményt.

A generátor  $P_g$  a terhelésen  $P_t$  hasznosítható teljesítmény keletkezik. A hatásfok:

$$\eta = \frac{P_t}{P_g} \text{ felírható még: } \eta = \frac{U_k}{U_0} \text{ és } \eta = \frac{R_t}{R_t + R_b} \text{ alakban is.}$$

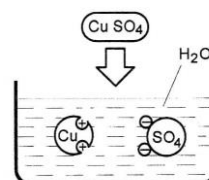
Az eredményt 100-al szorozva a hatásfokot %-ban kapjuk.

### 1.21. Vegyi elektromos folyamatok

#### 1.21.1. A folyadékok vezetése

A vegyületekben – sókban, savakba, lúgokba, az atomokat ionos kötése kapcsolja össze molekulává.

**Az ion, töltéssel rendelkező atom.** Az ionos kötésű molekula semleges, mert az összekapcsolódó ionok ellentétes, de azonos nagyságú elektromos töltéssel rendelkeznek.

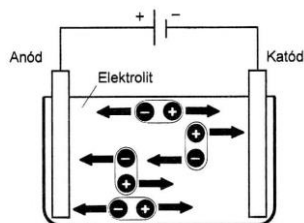


Ha vízben feloldjuk a sókat, savakat, vagy lúgokat, a molekulák az oldatban ionokra szakadnak szét.

**A molekulák ionokra bomlási folyamatát disszociációnak, az ionokat tartalmazó oldatot pedig elektrolitnak nevezzük.**

Ha az elektrolitba két fémlapot (elektrodát) helyezünk, és feszültséget kapcsolunk rá, akkor a negatív ionok a pozitív elektróda, míg a pozitív ionok a negatív elektróda irányába mozdulnak el. Áram alakul ki melyben egyszerre vesz részt mindkét szabad töltéshordozó.

Az áramerősséget az ionok száma, - a disszociáció mértéke – és sebessége határozza meg



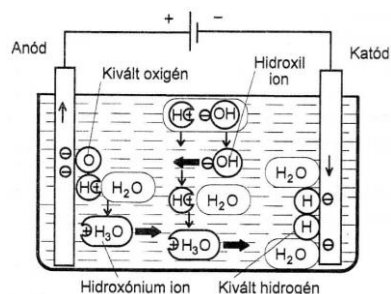
**A folyadékok ellenállása a hőmérséklet növekedésével csökken!**

#### 1.21.2. Az elektrolízis

**A vegyületek molekuláinak villamos árammal történő felbontását és a keletkezett elemek kiválasztását elektrolízisnek nevezzük.**

**A víz felbontása:** ábrán látható, hogy valamilyen mértékben a tiszta víz is vezet, ami azt mutatja, hogy benne is vannak ionok. Az elektromos áram hatására a víz alkotóelemeire - hidrogénre és oxigénre bomlik. Az anódon az oxigén, míg a katódon a hidrogén válik ki. Ez az **elektromos vízbontás**.

A hidrogénből kétszer annyi válik ki, mint oxigénből, ezért a katódon kétszeres a gázképződés. Elektrodáknak



célszerű platinát használni, mert nem lép reakcióba az elektrolittal

**Fémek kiválasztása:** az ábrán látható módon, ha vízbe rézszulfátot teszünk, akkor a az elektromos áram hatására a katódon réz, míg az anódon oxigén válik ki, és az oldat rézszulfátja pedig kénsavvá alakul.

**Anyagvándorlás:** az ábrán látható, hogy mi történik, ha elektródákat vörösrézre cseréljük. Látható, hogy a katódon most is réz válik ki. Amikor azonban az elektrolitból egy réz ion a katódra távozik, az anódon nem válik ki oxigén, hanem egy réz atom – elektronjait az anódon hagyva - lép az oldatba, a távozó ion helyére.

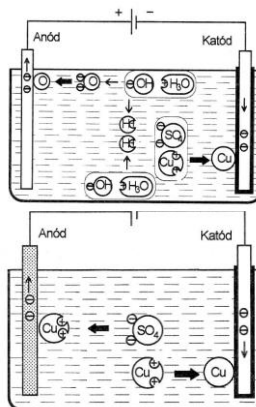
**Faraday törvénye:**

**Az elektrolízissel kiválasztható anyag mennyisége (tömege) egyenesen arányos az áramerősséggel és az idővel.**

$$m = c \cdot I \cdot t$$

A  $c$  az anyagtól függő állandó, az **elektrokémiai egyenérték**, melyet mg/As –ban adunk meg.

Néhány anyag elektrokémiai egyenértéke:

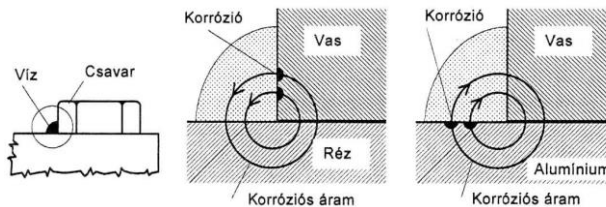


Anyag	Felvett elektron	$c$ [mg/As]
Ezüst	1	1,118
Ólom	2	1,074
Arany	3	0,681
Cink	2	0,339
Réz	1	0,659
Réz	2	0,329
Vas	2	0,286
Hidrogén	1	0,0104
Alumínium	3	0,093
Oxigén	2	0,083

### 1.21.3. Elektrolitikus korrózió

A **kontakt korrózió** az elektrolitikus korrózió leggyakoribb formája. Mindenütt megjelenik, ahol két különböző fém érintkezik egymással és elektrolit is jelen van. Az elektrolit általában víz, mely esőként, páralecsapódként jut a fémekre.

A korrózió fellép pl. alumínium és réz vezetékek közvetlen kötésénél, alumínium és vas összeerősítéseknél, stb. a korróziós áram iránya meghatározó!



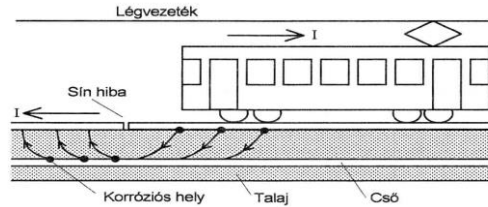
**Az elektroliton belül annál az elektródánál, amelynél a korróziós áram kilép (az elektródától az elektrolit felé folyik) az elektróda anyaga elfogy, korrodálódik, míg a másik elektróda nem károsodik!**

**Kóboráram korrózió** a talajban lép fel. A talaj a benne levő sokféle vegyület miatt elektrolitnak tekinthető, ezért viszonylag jól vezet.

A villamos energia felhasználása során, viszonylag sok a meghibásodás. Ezért gyakran előfordul hogy az áram nem a vezetőkben, hanem és/vagy a földben folyik. A talajban az áram a talaj vezetőképessége szerint szétoszlik, és ellenőrizhetetlen útvonalakon halad.

### Ezt az áramot nevezzük kóboráramnak.

A különböző, a földbe fektetett fém szerkezeteken okoz gyors korróziót. A kóboráramot nem korróziós galvánelem, hanem a viszonylag nagy külső feszültség hozza létre. Ez a talajban az áramerősséggel arányos elektrolízist okoz, ennek következménye korrózió.



Mivel az elektrolízis az anódot károsítja, azt az elektródát melyről az áram az elektrólit felé folyik, a talajban levő fém ott korrodálódik, ahol az áram belőle kilép.

Nagyon erős lehet a kóboráram korrózió egyenfeszültséggel üzemelő berendezések közelében, például a villamossín alatti fém szerkezeteken.

### 1.21.4. Korrózióvédelem

A korrózió ellen a legegyszerűbb védelmet a festés adja. Nagyon időtálló bevonatot lehet elérni műanyag bevonattal, melyet mártással, fúvással, huzal esetén extrudálással lehet felvinni.

Vasat, az elektrokémiai korrózió ellen ón, horgany, nikkel króm kadmium bevonattal látják el.

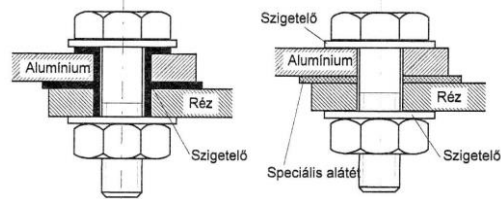


Ha a bevonat megsérül és a sérülést víz éri, korróziós galvánelem alakul ki, mely korróziós folyamatot indít el.

Elektrokémiai kontaktkorrózió lép fel, ha két különböző anyagú vezetőt kötünk össze, és a kötéshez víz kerül.

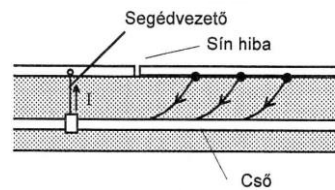
Ha az egymással érintkező felületeknek nem kell elektromosan érintkezni, akkor szigetelő alátét lehet a megoldás.

Ha szükséges az elektromos vezetés, úgy speciális alátétet kell használni, például réz és alumínium összekötésére. Az alátét egyik fele ekkor vörösréz, - míg a másik alumínium.

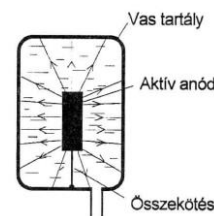


A kóboráram korróziót a kóboráram kialakulásának megakadályozásával,

illetve segédvezető alkalmazásával előzhetjük meg. A segédvezető a védett tárgyat fémesen összeköti, így az csak árambelépési helyek lesznek.



Villanybojlereknél, földben levő tartályoknál a segédanódos korrózióvédelmet lehet használni. Ekkor a tartályban egy ún. Aktív anód van elhelyezve. Anyaga magnézium mely a védett anyagnál sokkal kevésbé nemes fém. Mivel elektrokémiai potenciálja  $-2,37V$  a védett vasé  $-0,44V$  a két anyag között  $1,93V$  feszültség jön létre. A segédelektroda tartállyal fémesen össze van kötve, ezért a korróziós galvánelem elég nagy áramot hoz létre az elektróliton keresztül.



Az áram a segédanódból lép az oldatba, így az 1-2 év alatt lassan elfogy, cserélni kell.

## 1.22. A villamos tér és jelensége, erőhatás az elektromos térben

### 1.22.1. Coulomb törvénye

Az egynemű töltések taszítják, a különmeműek vonzzák egymást. Ez az erő egyenesen arányos a töltések nagyságával, és fordítottan arányos a közöttük levő távolság négyzetével.

$$F = \pm k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

A  $\pm$  előjel az erő irányát fejezi k.  $Q_1$  és a  $Q_2$  a töltések nagysága,  $r$  a köztük levő távolság,

míg  $\epsilon$  a teret kitöltő anyagra jellemző un. dielektromos állandó.

### 1.22.2. A térerősség

A villamos térbe helyezett töltésre erő hat. Ha a térbe egységnyi pozitív töltést teszünk, (+1As) akkor az  $E$ -vel jelölt un. **térerősséget** kapjuk.

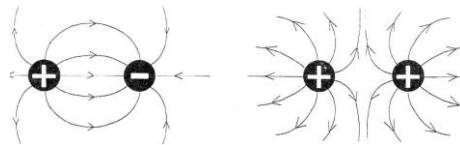
$$E = \frac{F}{Q}$$

A villamos tér szemléltetésére **erővonalakat** használunk.

Az erővonalak a pozitívról sugárirányban a végtelenbe levő negatív töltés felé tartanak.



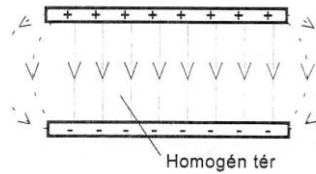
Negatív töltésnél a végtelenbe levő pozitív töltésről érkezők.



Az egymáshoz közeli terek:

A térerősség nagyságát az erővonalak sűrűsége mutatja meg.

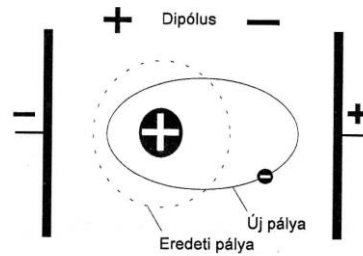
Ha a térerősség állandó értékű, akkor **homogén térről** beszélünk:



### 1.22.3. Megosztás a szigetelő anyagokban

Szigetelő anyagokban elvileg nincsenek szabad töltéshordozók. Így töltésmegosztás sem volna létrehozható.

Atomi és molekuláris méretekben változás történik, az elektronok pályáit az elektromos tér deformálja. Ennek következményekén az atom egyik fele pozitívabb, míg a másik negatívabb lesz.



Polarizálódik, **dipólussá** alakul.

A szigetelőanyagokban a megosztás mikro - atomi vagy molekuláris - méretekben megy végbe.

### Megkülönböztetünk elektron, ionos, és dipólus polarizációt.

**Elektronos polarizáció** minden szigetelőanyagban atomi méretekben végbemegy.

**Ionos polarizáció** az ionos kötésű molekulákból álló szigetelőanyagokra jellemző. (kerámiák, üveg,)

**Dipólus polarizációnál** az elektromos tér a dipólusokat rendezi, melyek alapállapotban dipólust alkotnak, polárosak. (műanyagok, víz)

### 1.22.4. Átütés, átütési szilárdság

A polarizált anyagban a télerősséget növelve a polarizáltság tovább fokozódik. Az elektron pályája egyre nyújtottabb lesz, s végül leszakad az atomról. Szabad elektronként más, erősen polarizálódott atomokkal, így azok elektronja is leszakad, szabaddá válik. A szabad töltéshordozók száma lavinaszerűen megnövekszik, s az addigi szigetelő jó vezetővé válik.

A folyamat egy kritikus télerősségnél és hirtelen következik be, többnyire fény és hangjelenség kíséretében.

A jelenséget **átütésnek**, azt a legnagyobb télerősséget pedig, amelynél a szigetelő még nem üt át, **átütési szilárdságnak** nevezzük

Néhány anyag átütési szilárdsága a táblázatból olvasható ki:

Anyag	E [kV/cm]
Levegő	21
Száraz papír	25-40
Titánoxid	20-100
Alumíniumoxid	100-150
Transzf. olaj	80-200
PVC	100-300
Polietilén	200
Polisztirol	220-500

### 1.22.5. Dielektromos veszteség

A polarizációhoz energia szükséges, melyet az anyag az elektromos térből vesz fel. A felvett energia a szigetelőanyagban elnyelődik és melegedést okoz, ezért polarizációs veszteségnek nevezzük

A veszteség anyagfüggő, és befolyásolja a polarizáció szaporasága, frekvenciája. Ha az elektromos tér irányát gyakran változtatjuk, (nagyfrekvenciás feszültség) a veszteség is jelentős lehet.

Kis veszteségű anyagok: teflon, polietilén, polisztirol, stb.

Nagy veszteségűek: PVC, bakelit,

$$\text{Dielektromos veszteség} = \text{polarizációs veszteség} + \text{átvezetés}$$

### 1.22.6. A kapacitás

Az elektromos töltést egy test felületén helyezhetjük el. A testnek ezt a tulajdonságát töltésbefogadó képességnek, **kapacitásnak** nevezzük.

Egy rendszer kapacitása annál nagyobb, minél több töltés tehető rá minél kisebb feszültség mellett.

$C = \frac{Q}{U}$  A töltésnek és a feszültségnek a hányadosa (kapacitás) jellemző az adott rendszerre és annak csak szerkezeti kialakításától, és a benne levő dielektrikumtól függ.

Kapacitás jele C mértékegysége As/V 1As/V = 1F (farad)

1F kapacitása van annak a rendszernek, melybe 1As töltést helyezve 1v feszültség lép fel.

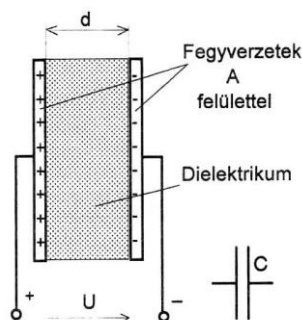
### 1.23. A kondenzátor

A töltések tárolására szolgáló technikai eszközöket kondenzátoroknak (sűrítőknek) nevezzük.

Legegyszerűbb formája a sikkondenzátor. A két sík fémlemez (fegyverzet) között szigetelő anyag (dielektrikum) van. A „C” kapacitás az egymással szemben levő felületektől (hatásos felület), azok távolságától és a szigetelő anyagától függ. A kondenzátor kapacitása annál nagyobb, minél nagyobb a fegyverzetek hatásos felülete: A, és minél kisebb azok távolsága: d,

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

$\varepsilon$  - a szigetelő dielektromos állandója  
A - a szemben lévő felület nagysága  
d - a felületek távolsága



#### 1.23.1. A kondenzátor energiája

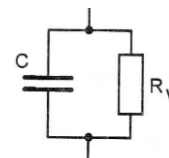
A feltöltött kondenzátor fegyverzetein elektromos töltés, azok között meg feszültség van, ezért egy generátorhoz hasonlóan energiával rendelkezik.

$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$  A képletből látható, nagy feszültség és vagy kapacitás esetén az energia igen jelentős!

#### 1.23.2. A kondenzátor veszteségei

A kondenzátor a feltöltését követően egy idő után elveszíti a töltését, vagyis kisül. A jelenséget önkisülésnek nevezzük. Oka a végtelennél kisebb ellenállás a fegyverzetek között.

**Átvezetési veszteség**, ha kiegyenlítődés a dielektrikumon keresztül történik.  
**Polarizációs veszteség**, ha a fegyverzetek közötti feszültség polaritását ütemesen felcseréljük.





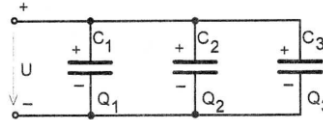
Átvezetési veszteség egyen és váltakozó feszültségen egyaránt fellép, polarizációs veszteség viszont csak váltakozó feszültségű táplálás esetén jelentős.

### 1.23.3. A kondenzátorok kapcsolása

**Párhuzamos kapcsolás** estén a kondenzátorokra ugyanaz a feszültség hat. Hatására fegyverzeteiken arányos töltésmennyiség halmozódik fel. Az eredő töltés a az egyes kondenzátorok töltéseinek az összeg.

Kapacitásra kifejezve:

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

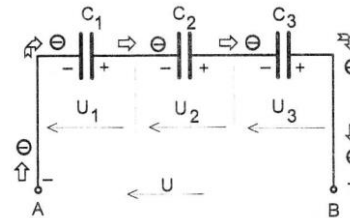


**A párhuzamos kapcsolásban a kapacitások összegződnek.**

**Soros kapcsolás** esetén az összekapcsolt kondenzátorok töltése lesz azonos, így a kondenzátorokon  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ , feszültséglép fel.

A feszültségek összeadódnak:

$$U_e = U_1 + U_2 + U_3$$

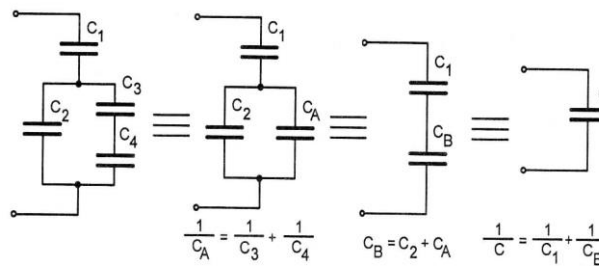


Kapacitásra kifejezve:  $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$

**Az összefüggés nem az eredőt, hanem annak reciprokát adja!**

Két kondenzátor esetén:  $C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$  képlet alkalmazható.

**Vegyes kapcsolás** estén az ellenállás hálózathoz hasonlóan, belülről kifelé haladva kell egyszerűsíteni.



**A kondenzátor töltéséről** beszélünk, ha a fegyverzeteire az ábra szerinti módon feszültséget kapcsolunk:

Bekapcsoláskor a teljes  $U_0$  feszültség az R ellenálláson jelenik meg, és az árama

$U_0 / R$  lesz. Ez az áram tölti a C -t, melynek feszültsége a nulláról emelkedik a beszállított töltések mennyisége szerint.

**A bekapcsoláskor a töltetlenállapotú kondenzátor rövidzárként viselkedik!**

A feltöltés végén az  $U_c$  egyenlő lesz  $U_0$ -al, ezért az R ellenálláson az áram = 0

**A kondenzátor kisütéséről** beszélünk, ha a két fegyverzetét az ábra szerinti módon ellenálláson keresztül összezárjuk.

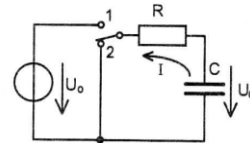
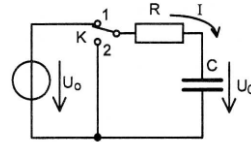
A feltöltött kondenzátor ekkor egy  $U_0$  feszültségű generátorként viselkedik.

Árama  $I = U_0 / R$  lesz. Ez az áram süti ki a C -t, melynek feszültsége egy idő után nullára fog esni.

**A bekapcsoláskor a feltöltött kondenzátor áramát csak az R ellenállás korlátozza!**

**Időállandó** a töltés és kisütés folyamatát jellemző mennyiség. Ez az idő nem függ a feszültségtől, csak a kapcsolási elemek értékétől.

$$t = R \cdot C$$



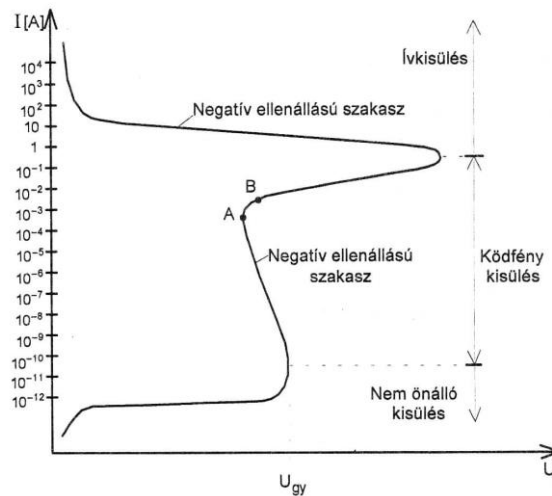
## 1.24. Elektromos áram különböző közegekben

### Fémek vezetése:

A fémek vezető anyagok, mert kristályos szerkezetük révén a kristályban minden valencia elektronjuk szabad. A töltéshordozók a szabad elektronok.

### Gázok vezetése:

A gázokban a töltéssel rendelkező ionok adják a vezetőképességet. Ha ez az elektródákra megfelelő feszültséget kapcsolunk, ún. kisülés indul meg.



## 1.25. A mágneses tér és jellemzői

### 1.25.1. A mágneses tér

A térnek azt a részét, ahol mágneses kölcsönhatás kimutatható, mágneses térnek, vagy mágneses mezőnek nevezzük.

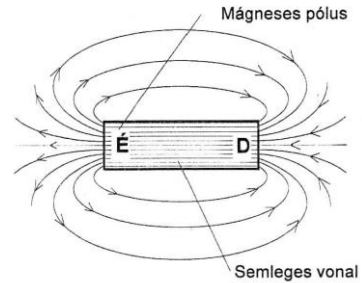
Mágneses kölcsönhatás tapasztalható az áramjárta vezető környezetében, csak úgy, mint a mágneses anyagok körül. A mágneses tér szemléltetésére **indukcióvonalakat** használunk. A tér erősségét az indukcióvonalak sűrűsége, míg az irányát az azokra rajzolt nyíl fejezi ki. Az indukcióvonalak mindig zártak, nincs kezdetük és végük.

Az **állandó mágnes** mágneses terének azt a részét ahol a kölcsönhatás a legerősebb - az indukcióvonalak a legsűrűbbek - mágneses pólusoknak nevezzük.

A mágneses pólusok (Észak-Dél), az elektromos töltéssel ellentétben (+; -), mindig csak együtt léteznek.

**Az egynemű mágneses pólusok taszítják, a különeműek vonzzák egymást.**

A mágneses tér erősségét az egységnyi ( $1\text{m}^2$  felületű és  $1\text{A}$ -es áramú) mérőhurokra ható forgatónyomatékkal fejezzük, melyet mágneses indukciónak nevezünk, és **B** -vel jelölünk.



Mágneses indukció jele **B** mértékegysége:  $\text{Vs} / \text{m}^2$  más elnevezése tesla  $1\text{Vs} / \text{m}^2 = 1\text{T}$

A **B** vektormennyiség!

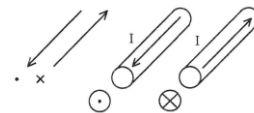
Az állandó mágnesek mágneses indukciója  $0,1-1,5\text{T}$ , míg az árammal létrehozottaké  $2\text{T}$  is lehet.

A föld mágneses indukciója mindössze  $6 \cdot 10^{-5}\text{T}$

### 1.25.2. A vezető mágneses tere

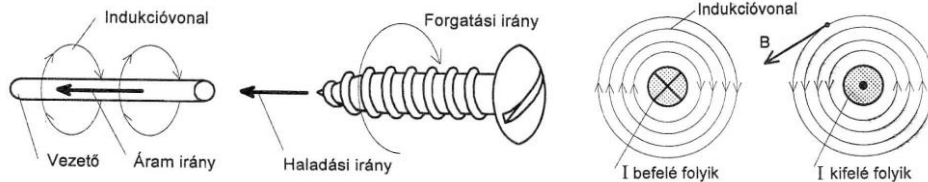
Minden mágneses teret - az állandó mágnesét is - az elektromos töltések áramlása hozza létre. Iránya az áramiránytól függ. Az áramirányt nyíllal jelöljük. Ha a szemből ábrázoljuk, úgy a nyíl hegyét ponttal, míg a végét kereszttel jelöljük.

A vezető jelölése kis körrel történik.



Az áramjárta vezetőt a mágneses tér örvényszerűen veszi körül,

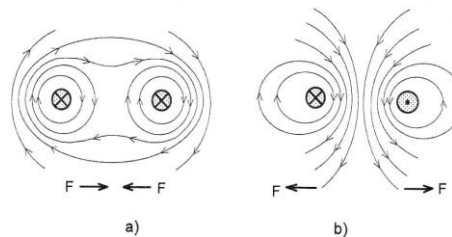
és a **B** érintő irányú.



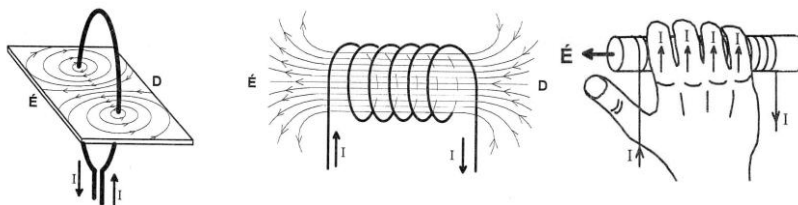
A mágneses indukció irányát a csavarszabállyal határozhatjuk meg.

Az áramirány a csavar haladási, míg a indukció vonalak iránya a forgatási iránynak felel meg.

Az ábrán látható, hogy az azonos áramirányú vezeték vonzzák (a), míg ellentétes irányúak taszítják egymást (b).



### Tekercs mágneses tere és az északi pólus meghatározása



### 1.26. A mágneses teret jellemző mennyiségek

#### Mágneses indukció és fluxus

A mágneses tér legfontosabb jellemzője az indukcióvonalak sűrűsége, a mágneses indukció, jele **B**

Számításoknál használatos az indukció folyam vagy fluxus. A fluxus egy apott felületen áthaladó indukcióvonalak összessége. A fluxus jele  $\Phi$

A felület méretének és a mágneses indukciónak az ismeretében a  $\Phi$  számítható:  $\Phi = B \cdot A$

A fluxus jele  $\Phi$  mértékegysége Vs vagy **weber** (véber)  $1Vs = 1Wb$

#### Gerjesztés

Gerjesztésnek nevezzük a mágneses teret létrehozó egy adott felületet átdőfő áramok összegét.

Gerjesztés jele:  $\Theta$  (théta) mértékegysége: ampermenet

$$\Theta = N \cdot I$$

A gerjesztést ( $\Theta$ ) a menetszám (N) és az áramerősség (I) szorzata adja.

#### Mágneses térerősség

A tér egy adott pontjában az áramok gerjesztő hatásának mértékét az egységnyi hosszúságra jutó gerjesztés mutatja meg, melyet **mágneses térerősségnek** nevezünk.

$$H = \frac{\Theta}{l}$$

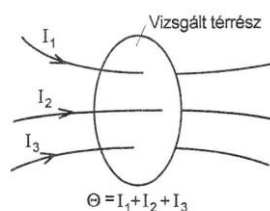
Mágneses térerősség jele: H mértékegysége A/m (amperméter)

#### Mágneses permeabilitás

A mágneses indukció és a térerősség között a teret kitöltő anyagra jellemző mennyiség, a mágneses permeabilitás ( $\mu$ ) teremt kapcsolatot.

$$B = \mu \cdot H$$

Mágneses permeabilitás jele:  $\mu$

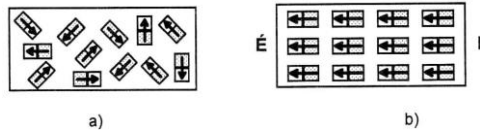


$\mu_0$  a vákuum permeabilitása:  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  Vs/Am,

$\mu_r$  a relatív permeabilitás, egy szám, mely megmutatja, hogy a mágneses indukció hányszor lesz nagyobb, ha a teret valamilyen anyag tölti ki.  $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

### 1.27. Az anyagok viselkedése a mágneses térben

Az anyagok szerkezeti tulajdonságait szerkezetük határozza meg. Az atom eredő mágnessége az elektronjainak keringéséből és a tengely körüli forgásából (spin) származik. Ha a két tér bármilyen oknál fogva nem semlegesíti egymást, akkor az atomnak, vagy a belőle felépülő molekulának is saját - elemi - mágneses tere - mágneses momentuma - van.



Az ilyen atomot, molekulát elemi mágnesnek, **doménnek** nevezzük.

Az anyagban a hőmozgás miatt a domének általában szabálytalanul helyezkednek el, egymás hatását kioltják. Ezért a test a külvilág felé nem mutat mágneses kölcsönhatást. (a - ábra)

Külső mágneses tér a doméneket rendezi, így a test mágnessé válik. (b - ábra)

#### 1.27.1. Anyagok csoportosítása $\mu_r$ szerint

**Diamágneses** tulajdonságú az anyag, ha nincsenek elemi mágnesek.  $\mu_r < 1$ , de csaknem 1. Ilyen pl. a réz, arany, víz, stb.

**Paramágneses** tulajdonságú az anyag, ha atomjai elemi mágneseket alkotnak.  $\mu_r > 1$ , Ilyen pl. a mangán, alumínium, stb.

**Ferromágneses** tulajdonságú az anyag, ha  $\mu_r \gg 1$ , pl. vas, kobalt, stb.

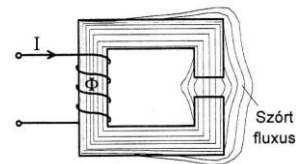
A különböző anyagok viselkedését, jellemzőit a mágneses térben a **mágnesezési görbe**, a **hiszterézis**, a **magnetosztrikció** alapján lehet meghatározni.

#### 1.27.2. Mágneses körök

A mágneses körök lehetnek zártak (légrést nem tartalmaznak), vagy nyitottak (légrést tartalmaznak). Annak ellenére hogy a fluxust jó mágneses vezető anyaggal vezetjük, az indukcióvonalak egy része kikerüli a felhasználás helyét, azaz szóródik.

A  **$\sigma$  szórási tényező megmutatja**, hogy a teljes fluxus hányad részét nem tudjuk felhasználni.

Csoport	Anyag	$\mu_r$
Ferro-mágneses	Vas	300-6 000
	Kobalt	100-400
	Nikkel	200-500
	Permalloy	5 000-300 000
Para-mágneses	Mangán	1,0004
	Platina	1,0000004
	Alumínium	1,000022
	Ón	1,0000043
Dia-mágneses	Víz	0,9999901
	Kén	0,99998
	Réz	0,99999
	Arany	0,99997
	Ezüst	0,999975



### 1.27.3. Erőhatások a mágneses térben (motor elv)

Ha a  $B$  erősségű mágneses térbe vezetőt helyezünk, melyben  $I$  áram folyik a két mágneses tér kölcsönhatásba lép, és közöttük erő hat:

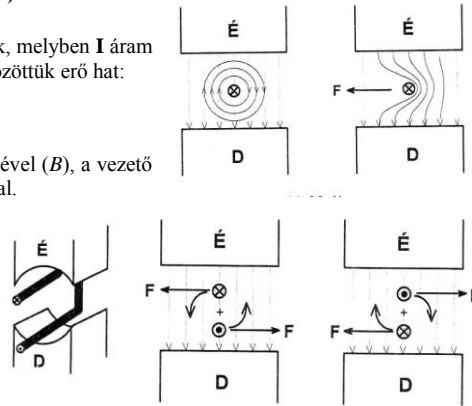
$$F = B \cdot I \cdot l$$

Az erő egyenesen arányos a mágneses tér erősségével ( $B$ ), a vezető hatásos hosszával ( $l$ ), a vezetőben folyó ( $I$ ) árammal.

Ha a vezetők számát növeljük, az erő egyenes arányban változik a ( $z$ ) menetszámmal:

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot n$$

Vezetékpárok esetén forgatónyomaték jön létre. Amennyiben az egyes vezetőket tekercsben egyesítjük, és ezt a tekercset elforgatható módon szereljük fel, megkapjuk a motor elvi működését. (motor elv)



### 1.28. Az elektromágneses indukció

#### 1.28.1. Az indukció törvény

Ha egy vezetőt vagy tekercset körülvevő mágneses tér, a mágneses fluxus megváltozik, a vezetőben, vagy a tekercsben feszültség indukálódik. ( $U_i$ ) **Faraday törvénye** értelmében az indukált feszültség nagysága ( $U_i$ )

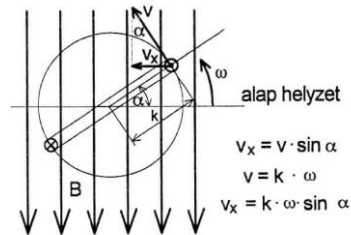
arányos a fluxusváltozás sebességével:  $U_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  Tekercs esetén:  $U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

Az indukált feszültség iránya **Lenz törvénye** alapján: az indukált feszültség polaritása mindig olyan, hogy az általa létrehozott áram mágneses tere akadályozza az őt létrehozó folyamatot.

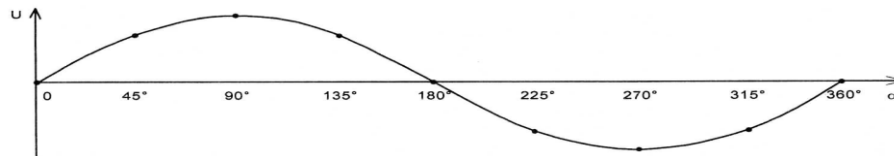
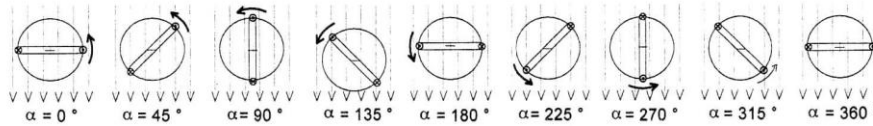
#### 1.28.2. Mozgási indukció (generátor elv)

Ha egy vezetőt mágneses térben mozgatunk az erővonalak irányára merőlegesen (vagy a mágneses teret a vezetőre), a vezetőben feszültség indukálódik. Az indukált feszültség iránya függ az elmozdulás irányától, valamint a mágneses tér irányától.

**Generátorokban** a feszültséget egy tekercs forgatásával állítjuk elő, legegyszerűbb esetben csak egy menetet alkalmazunk:



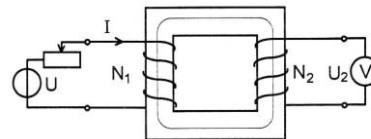
Az indukált feszültség egyenesen arányos a forgatás sebességével, és az időbeni lefutása szinuszos:



A forgatott vezető keretben (egy menet) szinuszos feszültség indukálódik.

### 1.28.3. Nyugalmi indukció (transzformátor elv)

Nyugalmi indukcióról beszélünk, ha a feszültséget létrehozó elemek (mágnes vagy tekercs) nem mozognak, e helyett a fluxust létrehozó áram változik.



### 1.28.4. Örvényáramok

Ha változó mágneses térbe fém pl. alumínium lemezt helyezünk, a vezető lemez mintegy egyetlen menet körbeveszi a rajta áthaladó mágneses fluxust. **Benne feszültség indukálódik és áram folyik.** Mivel a tömör lemez ellenállása igen kicsiny, ezért az áram jelentős!

Mivel a mágneses mezőt **örvényszerűen veszi körül**, kapta az **örvényáram** nevet.

**Az örvényáram mágneses tere kölcsönhatásba lép a külső mágneses térrel.** Erő keletkezik, mely elmozdulásra készíti a lemezt.

Ezt az elvet alkalmazzák az indukciós fogyasztásmérőkben.

**Ha egy állandó mágnes térben a lemezt mozgatjuk**, szintén örvényáram indukálódik. A Lenz törvény értelmében ekkor **fékező erő** keletkezik. Ezen ez elven működik a pl. az elektrodinamikus műszer lengőtekercsének csillapítása.

**Örvényáram** keletkezik akkor is, ha a **ferromágneses anyagokban a fluxust változtatjuk.**

Hatására a vasmag melegszik. Ezt nevezzük örvényáramú veszteségnek.

A veszteségeket mérsékelni lemezeléssel, és a vasmag fajlagos ellenállásának csökkentésével lehet.

### 1.28.5. Önindukció

Feszültség indukálódik ( $U_i$ ) abban a vezetőben, vagy tekercsben is, amely a fluxus változását áramának megváltozásával saját maga idézte elő.

$$U_i = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad L \text{ a rendszertől függő tényező, neve: induktivitás (önindukciós tényező)}$$

Induktivitás jele **L**, mértékegysége **H** (henry)  $1\text{H} = 1 \Omega\text{s}$

Az  $L$  -et a tekercs adatai határozzák meg:  $L = N^2 \cdot \mu \cdot \frac{A}{l}$

**Időállandó:**  $\tau$  az induktivitás és a csatlakoztatott fogyasztó ellenállásának hányadosa:  $\tau = \frac{L}{R}$

**Az induktivitás energiája:** Az induktivitásban áram hatására mágneses tér alakul ki, melynek energiája

van:  $W = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot L$

A képlet a kondenzátor energiaképletéhez hasonló, csak itt a  $C$  helyett  $L$  van.

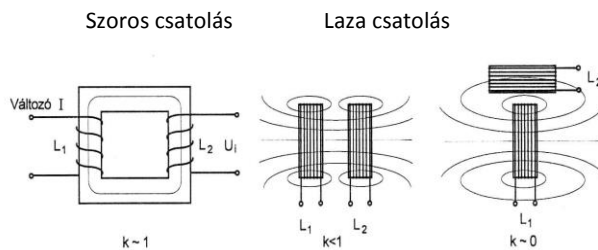
### 1.28.6. A szkinhatás

Egyenáram esetén a vezeték ellenállása minden további nélkül számítható.

A tapasztalat azt mutatja, hogy ez magas frekvencián ez nem érvényes. A jelenség olyan, mintha a huzal keresztmetszete kisebb lenne. Oka a vezetőt körülvevő változó mágneses tér, mely a vezetékben az örvényáramhoz hasonló feszültséget indukál. Árama a létrehozó árammal ellentétes irányú, egymást taszítja és a járulékos mágneses tér a vezető áramát a felületre szorítja. A jelenséget hívjuk bőr, vagy szkinhatásnak.

### 1.28.7. A kölcsönös indukció

Két rendszer csatolásban, - kölcsönhatásban - van, ha az egyikből energia vihető át a másikba. Induktivitások között akkor van csatolás, ha az egyik által keltett indukcióvonalak áthaladnak a másikon is.



### 1.28.8. Induktivitások kapcsolása

Az induktivitások hasonlóan kapcsolhatók, mint az ellenállások, és hasonlóan, és számolhatók az eredőjük is.

**Soros kapcsolásban** az egyes elemek önindukciós feszültségei összeadódnak

**Párhuzamos kapcsolásban** az egyes elemek reciprokösszegei adódnak össze.

### 1.29. Az induktivitás viselkedése az áramkörben

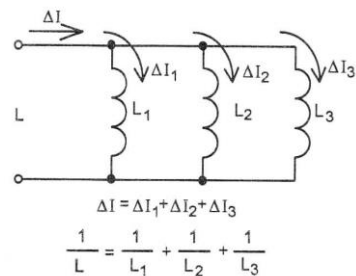
#### Folyamatok bekapcsoláskor

Az induktivitásra kapcsolt feszültség hatására az induktivitásban mindig olyan irányú feszültség indukálódik, mely az áram megváltozását akadályozza. (Lenz törvénye)

A bekapcsolást követően ezért az áram nem ugrásszerűen, hanem lineárisan nő.

#### Folyamatok kikapcsoláskor

Kikapcsoláskor az áram elvileg nullára csökken, azonban az induktivitás ezt is akadályozza. A Lenz törvény értelmében továbbra is fenn akar maradni, az induktivitás úgy viselkedik, mint egy generátor.





A kikapcsoláskor az induktivitáson igen jelentős feszültséglökés keletkezik. Ez az kapcsoló érintkezők beégését okozhatja, a félvezetőkben kárt tehet! Hasznos is lehet, pl.hagyományos fénycsőgyújtás.

### 1.30. Az elektromos indukció felhasználása

#### A villamos energia előállítása és átalakítása

A villamos energiát az esetek többségében mechanikus energiából állítják elő forgó villamos gépekkel - generátorokkal. A generátorok működése a mozgási indukción alapszik.

Ha egy homogén mágneses térben vezető keretet forgatunk abban szinuszos váltakozó feszültség indukálódik. Az indukált feszültség a csúszógyűrűről vehető le bronzkefék segítségével. Ha keret helyett  $N$  menetszámú tekercset forgatunk az  $U_i$  indukált feszültség:

$$U_i = N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad N\text{-szer nagyobb lesz!}$$

A fordulatszámmal a periódusok száma változik. Ha a generátor

fordulatszáma 3000ford/min, úgy a frekvenciája  $f = \frac{n}{60} = 50\text{Hz}$

Gyakorlatban a tekercs áll és a mágnes (elektromágnes) forgatják.

A póluspárok (pólusok) számának növelésével a frekvencia arányosan nő, illetve ugyanannak a frekvenciájú feszültségnek az előállításához

arányosan alacsonyabb fordulatszám szükséges:  $f = p \cdot \frac{n}{60} \rightarrow$

$$n = f \cdot \frac{60}{p} \quad \text{ahol } p \text{ a pólusok száma.}$$

### 1.31. Váltakozó áramú körök

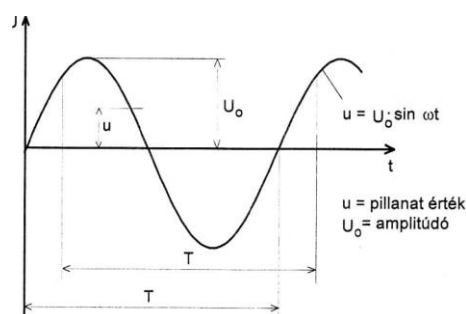
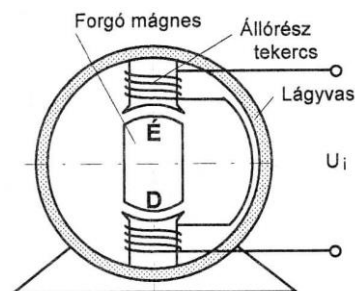
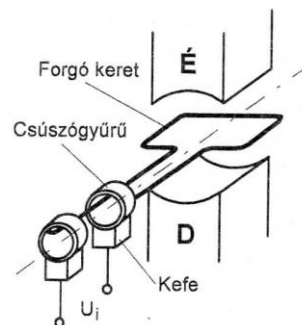
#### 1.31.1. A váltakozó feszültség és áram fogalma

Azt a feszültséget, nemcsak nagysága, hanem az iránya (polaritása) is változik, váltakozó feszültségnek, a hatására kialakuló áramot pedig váltakozó áramnak nevezzük, (Alternating Current) és AC -vel jelöljük

**Vonal diagramban** ábrázolhatjuk a váltakozó mennyiségeket legegyszerűbben Ha a váltakozó feszültséget ábrázoljuk, látható, hogy értéke minden pillanatban más és más. Ezeket mindig kisbetűvel:  $u$ ,  $i$ , stb. jelöljük. A két azonos fázishelyzetű pont adja a periódust, s az ehhez tartozó idő a  $T$  periódus idő. Ebből a

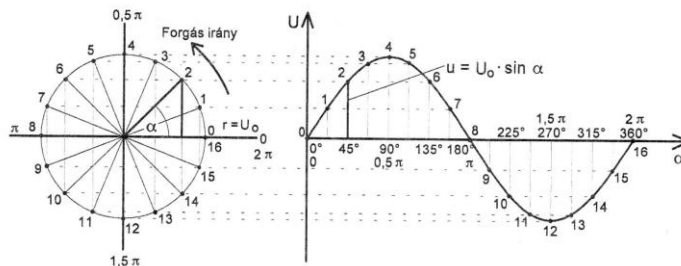
$$\text{frekvencia: } f = \frac{1}{T}$$

A legnagyobb pillanat érték az  $U_{es}$  csúcsérték.



A vonal diagram pillanat értékei az  $u = U_0 \cdot \sin \omega t$  összefüggéssel írhatók le.

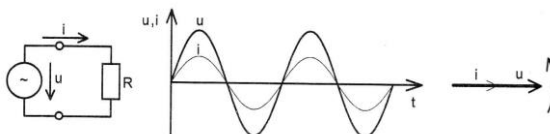
A körfrekvencia ebből:  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$



**Vektor diagrammal** való ábrázolás egyszerűbb. A szinusz függvényt és az egyenletes körmozgást használja fel a rezgés kifejezésére. Az ábrán a vektor és a vonal diagram kapcsolata látható

### 1.32. Ellenállás a váltakozó áramú áramkörben

Ha az ábrán látható generátorra  $R$  ellenállású fogyasztót kapcsolunk, Az áram pontosan követni fogja a feszültség változását. Az  $U$  és  $I$  között fázis eltérés nincs, ( $\varphi = 0$ ) az áram tehát **fázisban van a feszültséggel**.



A **váltakozó feszültség és áram effektív értéke** megegyezik annak az egyenáramnak ill. egyenfeszültségnek az értékével, amely ugyanazon az ellenálláson ugyanannyi idő alatt ugyanannyi hőtermel.

Az effektív érték:  $U = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$  és  $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$  vagy  $U = 0,707 U_0$

A váltakozó feszültségnek és áramának mindig az effektív értékét adjuk meg. Vagyis a hálózati áram feszültsége  $U = 230V$  (-324V és 324V között ingadozik)

A  $\sqrt{2}$  tényező csak szinuszos mennyiség esetén érvényes!

Az  $R$  ellenállással rendelkező fogyasztót **hatásos**, vagy **ohmos fogyasztónak** nevezzük, a rajta keletkező  $P = U \cdot I$  teljesítményt pedig **hatásos**, vagy **wattos teljesítménynek**.

Az **induktivitás és a kapacitás** ezzel szemben **reaktancia** (reaktív ellenállás), **melynek meddő teljesítménye van. A meddő teljesítmény jele: Q** (Megegyezik az elektromos töltés jelével!)

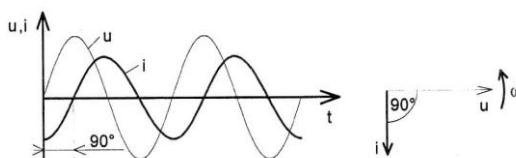
### 1.33. Reaktanciák

#### 1.33.1. Induktivitás az áramkörben

**Fáziseltérés a feszültség és az áramerősség között**

Amennyiben egy ideális induktivitásra szinuszos váltakozó feszültséget kapcsolunk, úgy a Lenz törvény értelmében az áram minden változására önindukciós feszültséggel válaszol, amely a változás ellen hat.

Az ábrán látható, hogy a **váltakozó áramú**



**áramkörben az induktivitáson folyó áram 90° -ot késik a feszültséghez képest.**

Az összehasonlítás, mindig a viszonyítástól függ. A váltakozó áramú áramkörben a fázisszöget a feszültség és az áramerősség között értelmezzük, és a **fáziseltérést mindig az áramhoz viszonyítjuk.**

Ha az áramhoz képest a feszültség előre tart, (vagyis siet) akkor a fázisszög előjele pozitív.

Az induktív fogyasztó fázisszöge ezért (+90°).

**Az induktív fogyasztó teljesítménye**

A tisztán induktív fogyasztó esetén a felvett és a visszaadott energia megegyezik, vagyis az induktivitás összességében nem fogyaszt energiát. Ezért az **induktivitást meddő fogyasztónak nevezünk.**

A meddő jelleg miatt a felvett teljesítmény is nulla. Mivel ha feszültség van, de áram nincs egy időben jelen, ezért az  $U$  feszültség és az  $I$  áramerősség szorzata nem

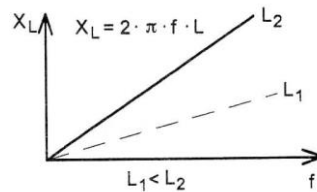
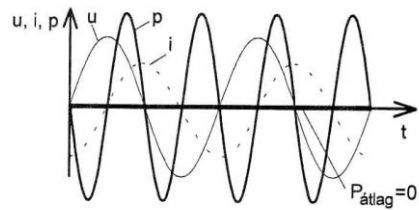
lehet hatásos teljesítmény ( $P$ ), hanem csak  $Q$  meddő teljesítmény:  $Q = U \cdot I$

**Induktív reaktancia**

Az induktív ellenállásra jellemző  $U/I$  hányadost induktív meddő ellenállásnak, vagy induktív reaktanciának nevezünk.

Induktív reaktancia jele:  $X_L$  mértékegysége:  $V/A = \Omega$  - megegyezik az ohmos ellenállás mértékegységével

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$



Az induktív reaktanciájának a változását az ábra szemlélteti:

**Az induktív reaktanciája egyenesen arányos az önindukciós tényezővel és a frekvenciával.**

Egyenfeszültségen a reaktancia nulla, vagyis az induktív rövidzárként viselkedik, míg végtelen nagy frekvencián a reaktancia is végtelen, vagyis szakadást mutat.

Azt a tekercset, amely korlátozza az áramerősséget az induktívása miatt, **fojtótekercsnek** nevezünk.

Az induktív rezisztenciák eredőjét hasonlóan számoljuk, mint az ellenállások, vagy az induktívítások eredőjét.

Soros kapcsolásnál:

$$X_L = X_{L_1} + X_{L_2} + X_{L_3} + \dots + X_{L_n}$$

Párhuzamos kapcsolásnál:

$$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{X_{L_1}} + \frac{1}{X_{L_2}} + \frac{1}{X_{L_3}} + \dots + \frac{1}{X_{L_n}}$$

### 1.33.2. Kondenzátor az áramkörben

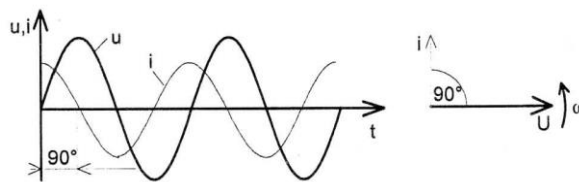
#### Fáziseltérés a feszültség és az áramerősség között

A mennyben ideális kondenzátorra szinuszos váltakozó feszültséget kapcsolunk, a kondenzátor az egyik félperiódusban feltöltődik, majd a másik félperiódusban kisül. Tehát energiát vesz fel és ad vissza. A kondenzátor hasonlóan reaktanciaként viselkedik, mint az induktivitás.

#### A kondenzátornak kapacitív reaktanciája van.

Az induktivitással ellentétben, itt az áram siet  $90^\circ$ -ot a feszültséghez képest.

A kapacitív fogyasztó fázisszögének az előjele negatív, ( $-90^\circ$ ).



#### A kapacitív fogyasztó teljesítménye

A tisztán kapacitív fogyasztó esetén a felvett és a visszaadott energia megegyezik, vagyis a kapacitás összességében nem fogyaszt energiát. Ezért a **kondenzátort meddő fogyasztónak nevezük**.

A meddő jelleg miatt a felvett teljesítmény is nulla.

Mivel ha feszültség van, de áram nincs egy időben jelen, ezért az  $U$  feszültség és az  $I$  áramerősség szorzata nem lehet hatásos teljesítmény ( $P$ ), hanem csak  $Q$  meddő teljesítmény:  $Q = U \cdot I$

**Kapacitív reaktancia:**  $X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$  A kapacitív reaktancia tehát a frekvenciával és a kapacitással fordítottan arányos.

A kondenzátor reaktanciája végtelen, míg végtelen nagy frekvencián nulla.

#### Kapacitív reaktanciák kapcsolása

A kapacitív reaktancia eredőjét az ohmos ellenállások eredőjéhez hasonlóan kell számítani.

Soros kapcsolásnál:  $X_C = X_{C_1} + X_{C_2} + X_{C_3} + \dots + X_{C_n}$

Párhuzamos kapcsolásnál:  $\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_{C_1}} + \frac{1}{X_{C_2}} + \frac{1}{X_{C_3}} + \dots + \frac{1}{X_{C_n}}$

### 1.34. Impedancia és admittancia

A váltakozó áramú áramkörökben az R, L, C, elemeken azok, ellenállásától, illetve reaktanciájától függően áram folyik. Az ellenálláson hatásos, míg a reaktanciákon meddő teljesítmény jön létre. Ha az áramkörben valamennyi elem megtalálható, úgy a hatásaik egyszerre jelentkeznek.

Az így összekapcsolt R, L, C, elemek eredő áramkorlátozó hatását látszólagos ellenállásnak, vagy impedanciának nevezzük.

Az impedancia a rezisztencia, és a reaktanciák ( $X_L$  és  $X_C$ ) eredője.

Impedancia jele:  $Z$

Az impedancia a nagyságával és a fázisszögével jellemezhető. Általános esetben a szög  $-90^\circ$  és  $+90^\circ$  közé esik.

Az impedancia reciproka a látszólagos vezetés, az admittancia.

Admittancia jele:  $Y$

$$Y = \frac{1}{Z}$$

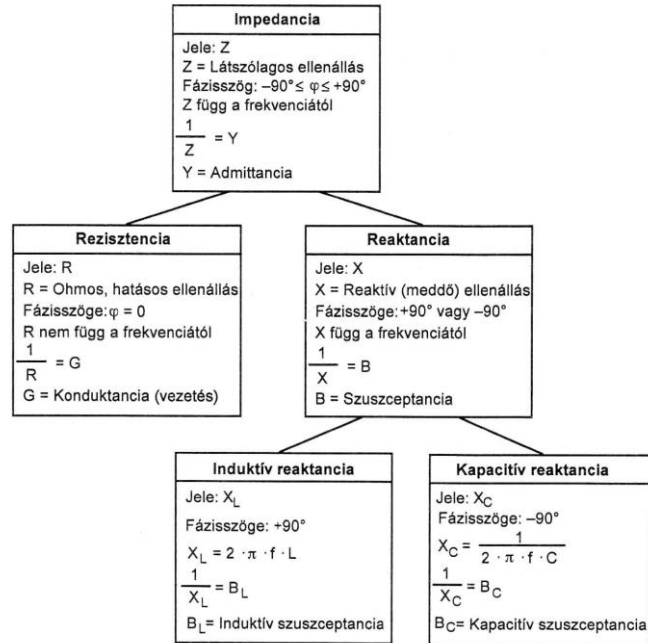
A reaktancia reciproka a reaktív vezetés, a szuszceptancia.

Szuszeptancia jele:  $B$

Megkülönböztetünk induktív:  $B_L$  és kapacitív:  $B_C$ , szuszceptanciát.

$$B_L = \frac{1}{X_L}$$

$$B_C = \frac{1}{X_C}$$



### 1.35. Összetett váltakozó áramú körök

Az impedanciát R, C, L, elemek alkotják Az áramkörök vizsgálatánál - mivel minden elem lineáris, ezért az Ohm törvény és a Kirchhoff törvények érvényesek, de az utóbbinál csak vektoros összegzést lehet alkalmazni.

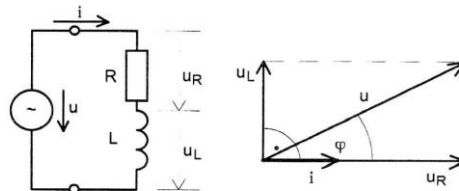
#### 1.35.1. Soros R-L kapcsolás

Soros kapcsoláson az áram ugyan az. Az induktivitáson az áram  $90^\circ$ -ot késik, vagyis az  $u_L$  vektora az  $i$ -hez képest ennyivel előbbre tart.

Eredő impedancia:  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

Soros R-L kapcsolás és vektordiagramja

Egy ohmos ellenállásból és egy reaktanciából álló áramkörnél mindig található olyan



frekvencia, amelynél a reaktancia megegyezik az ohmos ellenállással.  $R = X$  lesz.

Ezt a frekvenciát **határfrekvenciának** nevezzük. ( $f_h$ )

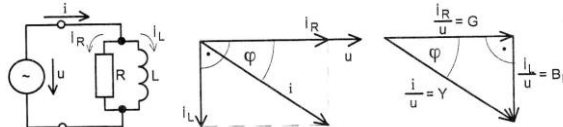
$$f_h = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$$

### 1.35.2. Párhuzamos R-L kapcsolás

Párhuzamos kapcsoláson ugyanaz a feszültség hat, ezért az ellenálláson vele fázisban levő  $i_R$ , az induktivitáshoz hozzá képest  $90^\circ$ -kal késő  $i_L$  alakul ki. Az eredő áramerősség a feszültséghez képest  $\varphi$  szöggel késik. Eredő impedancia:

$$Z = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

Párhuzamos R-L kapcsolás és vektordiagramja



### 1.35.3. A valódi tekercs, mint R-L kapcsolás

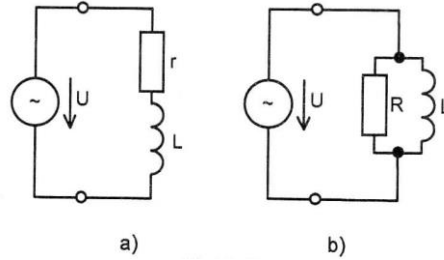
Minden tekercs R-L kapcsolásnak felel meg, hiszen induktivitása és ohmos ellenállása is van.

Váltakozó feszültségen az R-t a felhasznált huzal és a vasmag jellemzői határozzák meg.

- a huzal ohmos ellenállása
- a huzal szkinhatás miatt megnövekedett ellenállása
- a vasmag örvényáramú vesztesége
- a vasmag hiszterézis vesztesége

Az első kivételével valamennyi jellemző frekvenciafüggő!

**Az R-L kapcsolást, mely egy valódi tekercs viselkedését utánozza le, a tekercs helyettesítő kapcsolásának nevezzük.**



Az ellenállások különbözőségét soros kapcsolásnál (a ábra)  $r$ , párhuzamosnál (b ábra)  $R$  alkalmazott jelöléssel fejeztük ki.

### 1.35.4. A tekercs vesztesége

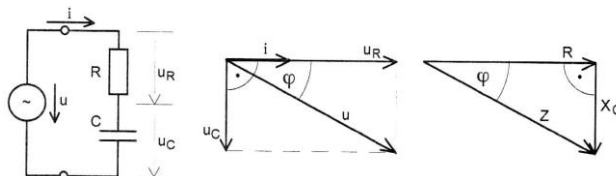
A tekercs veszteségét a jósági tényezővel fejezzük ki. Ez egy mértékegység nélküli szám. A kis veszteségű tekercs jósági tényezője nagy.

A jósági tényező jele:  $Q$  (Megegyezik az elektromos töltés és a meddő teljesítmény jelével!)

Soros R-L esetén:  $Q = \frac{\omega \cdot L}{r}$  Párhuzamos kapcsolás esetén:  $Q = \frac{R}{\omega \cdot L}$

### 1.35.5. Soros R-C kapcsolás

A soros R-C kapcsolásban az elemeken az áramerősség ugyan az. A feszültség vektordiagramból, illetve háromszögből az ábrán ábrázolt impedancia diagramot kapjuk.



Eredő impedancia:  $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

A kapcsolás kis frekvencián az  $X_C$  miatt szakadásként, nagy frekvencián ohmos ellenállásként viselkedik.

Azon a frekvencián ahol  $R = X_C$  feltétel teljesül, most is határfrekvencia:  $f_h = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$

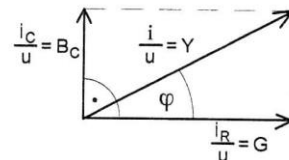
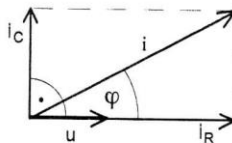
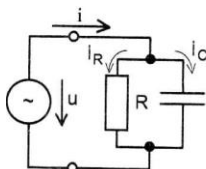
keletkezik.

### 1.35.6. Párhuzamos R-C kapcsolás

Párhuzamos kapcsolásban a ható feszültség ugyanaz, ezért az áramok vektor diagramjából az ábrán ábrázolt admittancia háromszöget kapjunk.

Eredő impedancia:

$$Z = \frac{R \cdot X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$



Azon a frekvencián ahol

$R = X_C$  feltétel teljesül, most is határfrekvencia:  $f_h = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$  keletkezik

A párhuzamos R-C áramkör kis frekvencián ellenállásként, nagy frekvencián kapacitásként, vagyis rövidzárként viselkedik.

### 1.35.7. A valódi kondenzátor, mint R-C kapcsolás

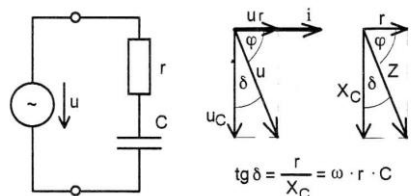
A valódi kondenzátor párhuzamos R-C taggal helyettesíthető.

Az  $R$ -t a dielektrikum átvezetése és a polarizációs veszteség alkotja.

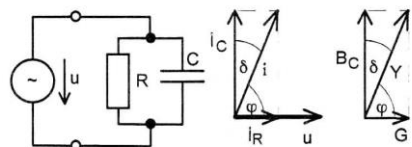
A kondenzátor jóságát a  $\text{tg } \delta$  (tangens delta) veszteségi tényezővel fejezzük ki. Ez figyelembe veszi a kivezetések ellenállását és a polarizációs veszteséget is. Az eredő veszteség mindig összevonzható egyetlen ellenállásba.

Az ellenállások különbözőségét soros kapcsolásnál (a ábra)  $r$ , párhuzamosnál (b ábra)  $R$  jelöléssel fejeztük ki.

A gyakorlatban alkalmazott kondenzátorok eredő vesztesége lényegesen kisebb a tekercsekéhez képest. A kondenzátor majdnem ideális alkatrész.



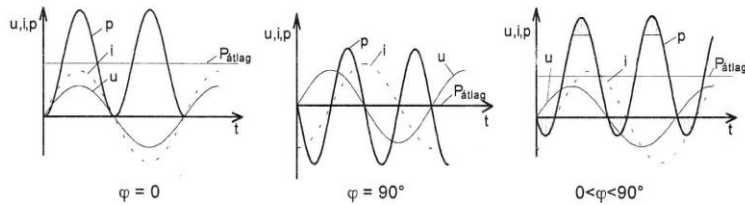
$$\text{tg } \delta = \frac{r}{X_C} = \omega \cdot r \cdot C$$



$$\text{tg } \delta = \frac{G}{B_C} = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{\omega \cdot R \cdot C}$$

### 1.35.8. Teljesítmények a váltakozó áramú áramkörben

Váltakozó áram esetén, a teljesítmény meghatározásához az áramköri elemen fellépő pillanat értékeit kell összeszorozni, és az így kapott teljesítménynek kell az átlagát képezni.



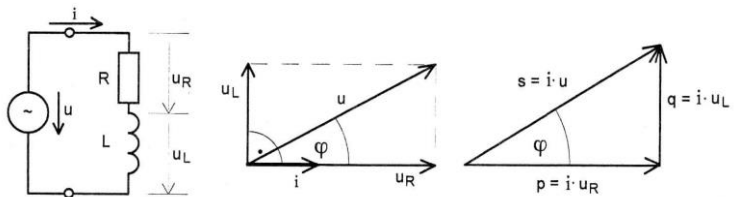
Az ohmos ellenálláson a váltakozó áram teljesítményét

az  $U_{eff}$  és az  $I_{eff}$  szorzata adja :  $P = U_{eff} \cdot I_{eff}$

A kapacitás és az induktivitás esetén, mivel ezek reaktanciaként viselkednek, a feszültség és az áramerősség között  $90^\circ$ -os fázis eltérés van, az  $U \cdot I$  szorzat ezért nem a valódi, hanem a meddő teljesítményt határozza meg.

**A hatásos teljesítmény kiszámításához figyelembe kell venni a fáziszöveget!**

Ha egy általános impedanciát vizsgálunk, pl. egy soros L-R kört, ennek vektor diagramjában a feszültségeket kell összegezni, és a közös mennyiség az áram. Megszorozva a feszültségeket az áramerősséggel, a vektor diagramból teljesítmény háromszöget kapunk.



Ez az eljárás minden eddigi kapcsolásra igaz, de a párhuzamos kapcsolásoknál a feszültség a közös mennyiség, ezért ezzel kell a részáramokat megszorozni.

Ha pillanat érték helyett effektív értéket használunk:

$S = I \cdot U$  - látszólagos teljesítmény. Mértékegysége: **VA** (voltamper)

$P = I \cdot U_R$  - hatásos, vagy wattos teljesítmény. Mértékegysége: **W** (watt)

$Q = I \cdot U_L$  - meddő, vagy reaktív teljesítmény. Mértékegysége: **VAR** (voltamper reaktív)

A teljesítmény háromszög alapján a **hatásos teljesítmény**:  $P = S \cdot \cos \varphi$ , vagy:



$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Az átszámításhoz használatos  $\cos \varphi$  -t teljesítménytényezőnek nevezzük.

A meddő teljesítmény:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

**Példa:**

A villanymotor adatai:  $U = 230V$   $f = 50Hz$   $I = 5,8A$   $\cos \varphi = 0,62$

Mekkora a motor látszólagos, hatásos és meddő teljesítménye?

A motoron mindig a névleges adatokat tüntetik fel, melyből a

- látszólagos teljesítmény:  $S = I \cdot U = 230V \cdot 5,8A = \underline{\underline{1334VA}}$

- hatásos teljesítmény:  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = S \cdot \cos \varphi = 1334 \cdot 0,62 = \underline{\underline{827,08W}}$

- meddő teljesítmény:  $Q = S \cdot \sin \varphi$  alapján:

$$Q = 1334 \cdot \sin 51,6 = 1334 \cdot 0,7862 = \underline{\underline{1048,79VAr}}$$

### 1.36. Fázisjavítás

A fogyasztók a gyakorlatban az ohmos ellenállásuk mellett, induktív vagy kapacitív összetevővel is rendelkeznek. Ezáltal impedanciaként viselkednek. Ilyen fogyasztók jellemzően a villanymotorok, transzformátorok, fojtótekercek.

A reaktáns elemek miatt a fogyasztók árama nagyobb a hatásos teljesítményhez tartozó értéknél, ugyan az elhasznált villamos energia nem több, de a nagyobb áram az energiaszállító vezetéseken nagyobb hővesztést és nagyobb feszültségesést okoz.

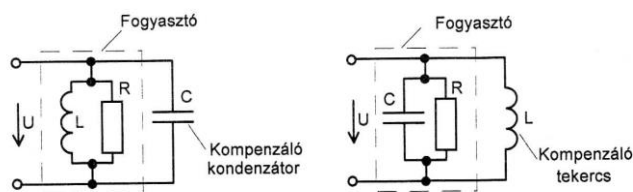
Ez a veszteség nagyobb részt az erőműi generátor és a fogyasztói mérőhely között jelentkezik, így elsősorban az energia szolgáltatóknak okoz kárt.

A veszteség annál nagyobb minél inkább eltér a látszólagos teljesítmény a hatásostól, vagy is minél kisebb a  $\cos \varphi$  teljesítménytényező.

**A  $\cos \varphi$  növelésének**

**technikai megoldását**  
**fázisjavításnak nevezzük.**

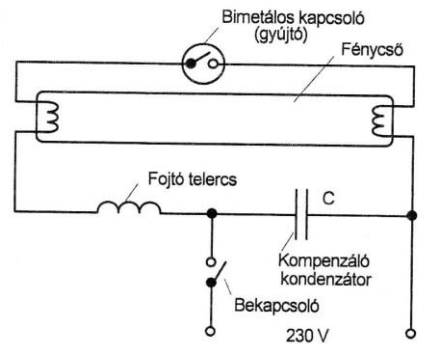
Az induktív jellegű fogyasztók fázisjavító kondenzátorait közvetlenül



a fogyasztó mellett, vagy az energia elosztóban helyezzük el.

Központi kompenzálás többnyire a villanymotorok üzeme miatt szükséges.

Egyedi a kompenzáció a kisülésses fényforrásoknál, pl. fénycsőves lámpatestek, higanygőzlámpa, stb. esetén.



**Példa:**

A villanymotor adattábláján az alábbiak állnak:

$$U = 230V \quad f = 50Hz \quad I = 4,8A \quad \cos \varphi = 0,62$$

Mekkora motor hatásos és meddőárama, és mekkora kapacitású kondenzátor szükséges a kompenzációhoz?

$$I_h = I \cdot \cos \varphi = 4,8A \cdot 0,62 = 2,976A$$

$$I_m = I \cdot \sin \varphi = 4,8A \cdot \sin 51,5^\circ = 4,8 \cdot 0,7862 = 3,773A$$

A kompenzálást ezzel azonos áramú kondenzátorral lehet elvégezni. A szükséges kapacitív

reaktancia:  $X_C = \frac{U}{I_m} = \frac{230V}{3,773A} = 60,96\Omega$  ebből a kondenzátor kapacitása:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 60,96} = \frac{1}{1,83 \cdot 10^4} = 52,21 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{52,21\mu F}}$$

**1.37. A transzformátor**

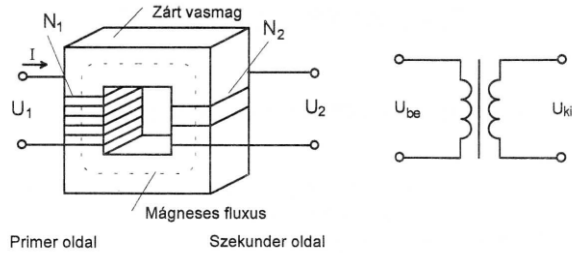
A transzformátor olyan villamos gép, amely a váltakozó feszültségű elektromos teljesítményt más feszültségűvé alakítja át, miközben - ideális esetben - a teljesítmény nem változik.

Jellemző alkalmazásai: villamos energia szállítása, fogyasztói feszültség szintek előállítás.

### 1.37.1. A transzformátor elvi felépítése

A transzformátor zárt vasmagon elhelyezkedő két tekercsből áll. A tekercsek menetszáma:  $N_1$  és  $N_2$

A tekercset, melyre az átalakítani kívánt feszültséget kapcsoljuk primer (elsődleges), míg azt, amelyről az átalakított feszültséget levesszük szekunder (másodlagos) tekercsnek nevezzük.



A két tekercs között galvanikus kapcsolat nincs, a vasmag mágneses térén át megvalósuló csatolás és kölcsönös indukció révén hatnak egymásra.

### 1.37.2. Az ideális transzformátor működése

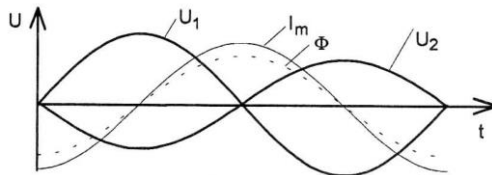
#### Üresjárási állapot, a mágnesezési áram

Amennyiben az átalakítani kívánt  $U_1$  feszültséget a primer tekercsre kapcsoljuk, a tekercs  $L$  indukciós tényezője és  $X_L$  induktív reaktanciája nagy, ezért csak nagyon kicsi áram alakul ki, amely  $90^\circ$ -ot késik a feszültséghez képest, és a vasmagot mágnesezi.

Ezt **mágnesező áramnak nevezzük**, melyet a feszültség és a primer tekercs induktivitása határoz meg. Ha transzformátorra nagyobb amplitúdójú, és/vagy kisebb frekvenciájú feszültséget kapcsolunk, a mágnesező áram megnövekszik. Ez a tekercs meg nem engedhető melegeledését okozhatja!

#### A feszültségek fázisa

Mivel a mágnesező áram  $90^\circ$ -ot késik az  $U_1$  feszültséghez képest, ezért az általa létrehozott fluxus is ugyanennyit késik. A tekercsben indukált feszültség további  $90^\circ$ -ot késik a fluxushoz képest. Így a késés  $90^\circ + 90^\circ = 180^\circ$

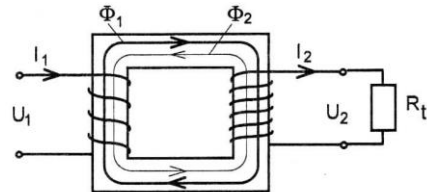


Ennek alapján, a szekunder feszültség ( $U_2$ ) fázisa ellentétes a bemeneti ( $U_1$ ) feszültséggel.

A bemeneti  $U_1$  és  $I_m$  közötti  $90^\circ$ -os fázis eltérés miatt terheletlen állapotban az ideális transzformátor hatásos teljesítményt nem vesz fel, csak csekély meddő teljesítmény keletkezik.

**A transzformátor feszültség áttétele: a két tekercs feszültségeinek aránya megegyezik a menetszámok arányával.**

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$



A feszültségek arányát feszültség áttételnek nevezzük.

Jele:  $\alpha$ . 
$$\alpha = \frac{U_1}{U_2}, \text{ illetve: } \alpha = \frac{N_1}{N_2}$$

### **Terhelt állapot**

A szekunder oldalra kapcsolt fogyasztó  $I_2$  árama a Lenz törvény értelmében ellenkező irányú fluxust hoz létre. Emiatt az eredő fluxus kisebb lesz, és a primer oldalon az  $U_1$ -nél kisebb feszültség indukálódik.

Az ideális (vesztésmentes) transzformátor esetén a

$$P_1 = P_2 \text{ melyből } U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \alpha \rightarrow \alpha = \frac{I_2}{I_1}$$

**A feszültség, (valamint a menetszám) fordítottan arányos az áramerősséggel.**

**Az impedancia áttétel törvénye: A szekunder oldali terhelő ellenállást a tápláló generátor**

$$a^2 \text{-szer nagyobbak érzékeli!} \quad R_1 = a^2 \cdot R_2$$

### **1.37.3. A transzformátor veszteségei, hatásfoka**

#### **Réz és vasvesztés**

A transzformátor soha nem ideális, veszteségeit részben a vasmag, részben a tekercselése okozza.

**A rézvesztés** oka a tekercselő huzal ohmos ellenállása. A huzal az átfolyó áram négyzetének arányában melegszik. Üresjárásban elenyésző. Jellemző rézvesztés 1-5%.

**Vasvesztés** mindig van, még üresjárásban is. A vas hiszterézise, és az örvényáram okozza.

Gyakorlatban a vasvesztés 1-30%.

Üresjárásban a primer áramnak a veszteséggel arányos ohmos összetevője is van, ezért a fázisszög kisebb  $90^\circ$ -nál,  $\cos \varphi$  értéke 0,1 -0,2. Terheléskor az ohmos összetevő növekszik, s a névleges terhelésnél kb. 0,95 lehet.

**Szórás** alatt értjük, hogy a transzformátor mágneses köre nem ideális, és a fluxus egy része a másik tekercset kikerüli. Gyakorlatban a szórás 2-80% lehet. A kis szórási tényezőre törekszünk, ha a szekunder feszültségnek a terheléssel nem szabad csökkenni. Ekkor a szükségesnél nagyobb vasmag keresztmetszetet választunk, a vasat légrés nélkül szereljük.

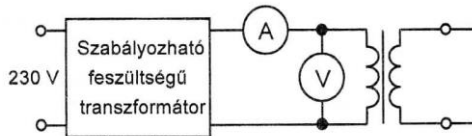
A rövidre zárható transzformátoroknál a légrést változtathatóra készítik.

A transzformátor hatásfokát a  $\eta = \frac{P_{ki}}{P_{be}} = \frac{P_{ki}}{P_{be} + P_v}$  képlet adja.

A jobb transzformátoroknál a veszteség  $P_v$  (veszteség) nagyon kicsi lehet.

### Műszaki jellemzők

**Rövidzárási feszültség** alatt a transzformátor primer oldalára kapcsolható olyan  $U_r$  feszültséget értjük, amelynél a primer áram - a szekunder oldalt rövidre zárva - megegyezik a névleges teljesítményhez tartozó értékkel.



Ha a rajzon látható kapcsolást használva, a vizsgált transzformátor primer feszültségét addig növeljük, míg nem eléri a névleges teljesítményt, a rövidzárási feszültséget kapjuk.

A rövidzárási feszültség és a névleges feszültség hányadosát **dropnak** nevezzük, és %-ban adjuk meg.

$$\frac{U_r}{U_n} \cdot 100 = \% \text{ drop} \quad \text{pl.:} \quad \frac{23V}{230V} \cdot 100 = 10\% \text{ drop}$$

**Rövidzárási áram** a névleges primer feszültséggel üzemelő transzformátor szekunder tekercsének rövidre záráskor alakul ki. A rövidzárási áram:  $I_r = 100 \cdot \frac{I}{U_r}$  ahol az  $I$  a transzformátor névleges

teljesítményhez tartozó szekunder oldali árama,  $U_r$  a rövidre zárási feszültség %-ban.

**Bekapcsolási áram** a terheletlen transzformátor induktivitása miatt alakul ki. Ideális esetben a bekapcsoláskor az áramerősségnek nullának kellene lenni.

Gyakorlatban az tapasztalható, hogy a transzformátoron bekapcsoláskor akár a legnagyobb terheléshez tartozó áram 10-szerese is folyhat rövid ideig.

Oka, a vasmag remanenciája (maradék mágnesessége). Ha az előző üzemeltetés után a vasmagban remanens mágnesesség maradt, és ennek iránya éppen a bekapcsolás után kialakítandó mágneses indukció irányával megegyezik, bizonyos ideig nem lesz fluxus változás. Ezért nem indukálódik ellenfeszültség, és az áramerősséget csak a feszültség pillanat értéke, valamint a tekercs réz ellenállása határozza meg.

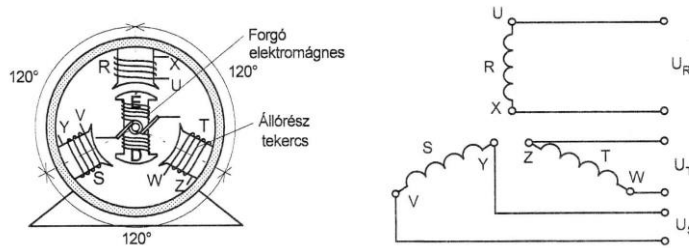
## 1.38. Többfázisú hálózatok

### 1.38.1. A többfázisú rendszer és jellemzői

**Többfázisúnak** nevezünk egy generátort, ha egyszerre több, egymáshoz képest fázisban eltoltsú feszültség előállítására alkalmas. **Többfázisú a hálózat**, ha legalább egy ilyen generátort tartalmaz.

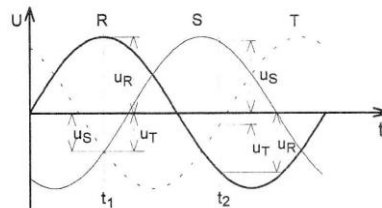
A villamos energiát az erőművekben háromfázisú generátorokkal állítják elő.

A generátor álló részén három azonos tekercs helyezkedik el, egymáshoz képest 120°-ra.



Ezek a **fázis tekercsek**. A tekercseket R, S, T, betűvel jelöljük. A tekercsek kezdeteit az U, V, W, míg a végeit a Z, X, Y, jelöli.

Forgatás közben a tekercsekben azonos nagyságú szinuszos váltakozó feszültség keletkezik egymáshoz képest 120°-ot késnek.



A három feszültség összege minden időpillanatban nulla.

$$\sum U = 0$$

### 1.38.2. Láncolás

#### Csillag kapcsolás

A feszültségek összekapcsolását láncolásnak nevezzük. a generátor tekercseiben keletkezett feszültséget fázisfeszültségnek, a láncolás után, a szállító vezeték között fellépő feszültséget vonali feszültségnek nevezzük.

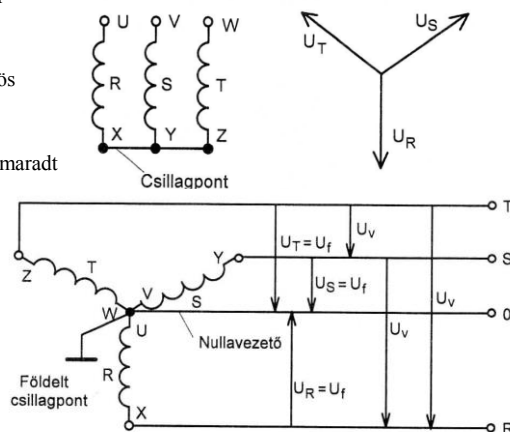
Csillag, vagy Y kapcsolás keletkezik, ha a generátor tekercseinek az

X, Y, Z, kivezetéseit összekötjük. A keletkezett közös pontot **csillagpontnak** nevezzük.

**Fázisfeszültség** vehető le az R, S, T, szabadon maradt végei és a csillagpont között

**Vonali feszültség** vehető le bármely két szabad vég között.

Mivel a feszültségek nem azonosak, a csillagkapcsolásban **kétféle feszültség** áll rendelkezésre.

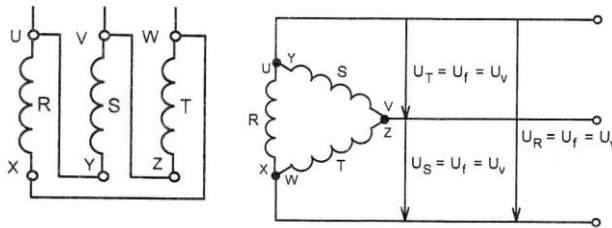


A vonali feszültséget  $U_v$  a képlet alapján számítjuk:

$$U_v = \sqrt{3} \cdot U_f$$

A fogyasztói hálózaton a **fázisfeszültség 230V**, ennek megfelelően a **vonali feszültség 400V**.

**Háromszög vagy delta kapcsolást kapunk**, ha a fázisfeszültségeket sorba kapcsoljuk. Bár a generátor feszültségei más - más pillanat feszültségekkel rendelkeznek, valamint az összekapcsolás után egy rövidere zárt áramkört kapunk, a fáziseltérések miatt a feszültségek összege továbbra is nulla.



Delta kapcsolásban a fázis feszültség megegyezik a vonali feszültséggel, így csak egy féle feszültség áll rendelkezésre.

### 1.38.3. A háromfázisú rendszer teljesítménye

A háromfázisú rendszerben a generátor tekercsei egyszerre és külön is terhelhetők.

A fogyasztók által felelt teljesítményt, az egyes fázisok teljesítményének összege adja:

$$P = P_R + P_S + P_T$$

Így, a  $P_R, P_S, P_T$ , a  $P = U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$  képlettel számítható.

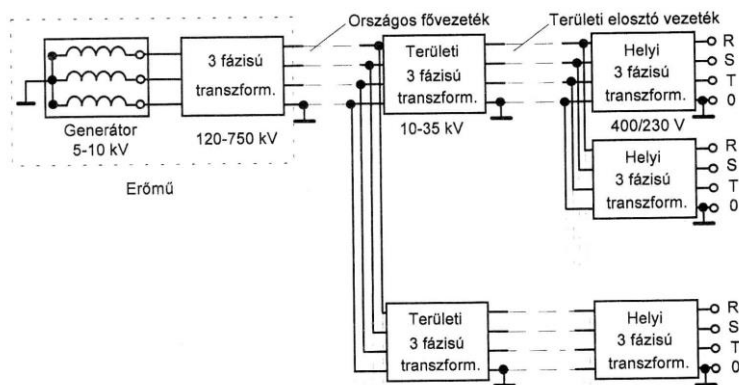
Ha a terhelés szimmetrikus:  $P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi$  ebből:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot I_v \cdot \cos \varphi$$

**Szimmetrikus háromfázisú rendszerekben a vonali adatokból számított teljesítménynek nem a 3-szorosát, hanem a  $\sqrt{3}$ -szorosát kell venni!**

### 1.39. A villamos energia szállítása és elosztása

Az erőművekben a villamos energiát a háromfázisú generátorok állítják elő. A feszültség szint igen csak különböző. A biogáz energiát hasznosító 0,4kV-ostól, a 15kV-osig - széles a paletta. Az országos gerincvezetékbe azonban a szállítási feszültség szint magas, a veszteségek csökkentése miatt. (120kV, 220kV, 400kV, 750kV)



Ebből a nagyfeszültségű villamos energiából a területi állomások 10-35kV középvezetést állítanak elő, és juttatják el légvezetéken és földkábelben a felhasználói környezetbe. A felhasználói környezetében a transzformátorok 400/230V feszültséget állítanak elő.

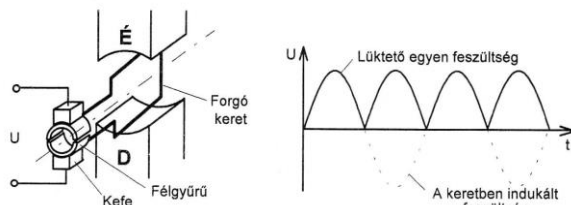
A transzformátornál, és valamennyi energiaelosztási ponton leföldelik.

## 1.40. Villamos gépek

### 1.40.1. Generátorok

#### Egyfázisú generátorok

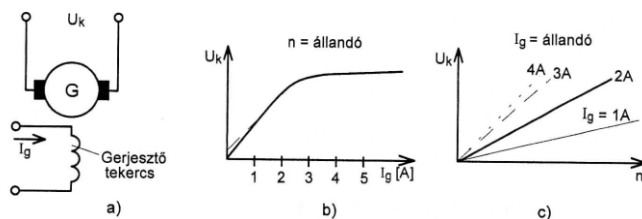
Az egyenáramú generátor elektromos indukció elvén működik. Bár alapja az összes generátornak, csak néhány helyen használatos. A generátor tekercseiben szinuszos feszültség indukálódik. Ha a generátor kivezetéseit a képen látható módon félperiódusonként felcseréljük, úgy lüktető egyenfeszültséget kapunk,



A szeletekből álló gűrűt **kommutátornak**, a generátor forgórészét pedig **armatúrának** nevezzük.

A generátor mágneses terét **gerjesztéssel** hozzák létre. A gerjesztést legegyszerűbben állandó mágnessel lehet létrehozni.

**A külső gerjesztésű generátor** mágneses terét elektromágnessel állítják elő. A generátor kapcsolófeszültsége





fordulatszámokon kívül a gerjesztéstől is függ.

Állandó fordulatszám mellett a kapocsfeszültség az állórész vasmagjának a telítődéséig egyenesen arányos a gerjesztő árammal. (b. ábra)

A kapocsfeszültség fordulatszám függését a c. ábra mutatja be. A generátor feszültségének polaritása megváltozik, ha a forgásirányát, vagy a gerjesztő áram irányát - de csak az egyiket - megváltoztatjuk.

**Öngerjesztésű generátorok** esetén nincs szükség külső áramforrásra a gerjesztéshez. Az állórészben a remanencia miatt mindig van gyenge mágneses tér. Az öngerjesztésű generátort **dinamónak** nevezzük.

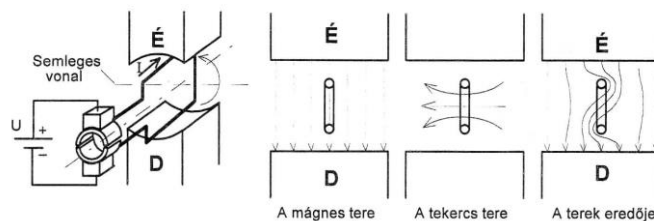
Leggyakrabban alkalmazott kapcsolás a **mellékáramkörű, vagy söntgerjesztés**.

A gerjesztő tekercset sorba kapcsolva az armatúrával **főáramkörű** generátort kapunk. A főáramkörű generátor feszültsége üresjárásban kicsi, mert csak a remanencia hoz létre gerjesztést.

A gyakorlatban a soros és a párhuzamos gerjesztést együtt alkalmazzák, ezt **vegyes gerjesztésnek** nevezzük. Ha a soros tekercs a terhelés feszültséget csökkentő hatása ellen hat, akkor **kompaund** kapcsolásról beszélünk.

#### 1.40.2. Egyenáramú motorok

Az egyenáramú motor szerkezete megegyezik az egyenáramú generátoréval, vagyis az egyenáramú gép attól függően, hogy villamos energiát állít elő vagy táplálunk bele, generátor vagy motor lehet.



Motor üzemmódban az armatúrára feszültséget kapcsolva, mágneses tér alakul ki. Ez a mágneses tér kölcsönhatásba lép az állórész terével, és forgatónyomaték keletkezik.

Az egyenáramú motor fordulatszáma egyenesen arányos a kapocsfeszültséggel.

Hasonlóan a generátorokhoz, a gerjesztés kisebb motorok esetében állandó mágneses lehet.

Külső gerjesztés esetén, a gerjesztő áram előállítható a kapocsfeszültséggel. A gerjesztő tekercs az armatúrával párhuzamosan vagy sorosan kapcsolható.

**Párhuzamos** gerjesztésnél, mivel a fordulatszám a kapocsfeszültséggel egyenesen, a gerjesztőárammal pedig fordítottan arányos, elérhető hogy a fordulatszám a kapocsfeszültségtől kevésbé függjön.

**Soros** gerjesztésnél a gerjesztőtekercs menetszáma és az ellenállása is kicsi, így az armatúra áramát nem korlátozza. Terhelés nélkül bekapcsolni nem szabad, mert az üresjárási fordulatszám igen magas lehet, a motor károsodását okozhatja. A soros motor indítónyomatéka nagy.

#### 1.40.3. Univerzális motor

Az univerzális motorok szerkezete megegyezik a soros egyenáramú motorok szerkezetével. Jellemzői is hasonlóak. A motor üzemeltetésekor figyelembe kell venni, hogy az egyenfeszültségű tápláláskor a

tekercsnek csak ohmos ellenállása, míg 50Hz-s váltakozó feszültségű üzem esetén az ohmos ellenállás mellett induktív reaktanciája is van.

#### 1.40.4. Váltakozó áramú motorok

##### A forgó mágneses tér

Ha a háromfázisú generátor feszültségét egy hasonló tekercsrendszerre kapcsoljuk, mint a generátoré, akkor a tekercsrendszer belsejében keletkező mágneses tér pontosan követni fogja a generátor forgórész mágnesének forgását. Ezért ezt a teret **forgó mágneses térnek** nevezzük.

A mágneses tér fordulatszáma a frekvencia és a póluspárok számának a függvénye.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

Póluspárok száma ( $p$ )	1	2	3	4	5	6
Szinkron fordulatszám ( $n$ )	3000	1500	1000	750	600	500

**Bármely két pólustekercs fázisfeszültségét felcserélve, a mágneses tér fogásiránya ellentétes lesz.**

##### Háromfázisú szinkron motorok

A szinkron motor állórészébe háromfázisú váltóáramot vezetünk, aminek következtében létrejön a forgó mágneses tér, és viszonylag nagy fordulatszámmal forog. Az armatúra önmagától nem képes forgásba jönni. Egyik lehetséges megoldás, hogy az aszinkronmotorként indul, majd lekapcsolják az indító ellenállásokat a forgórészről, és rákapcsolják a gerjesztő egyenáramot.

További lehetőség a külső géppel való szinkron fordulatra való felgyorsítás, majd a hálózatra kapcsolás.

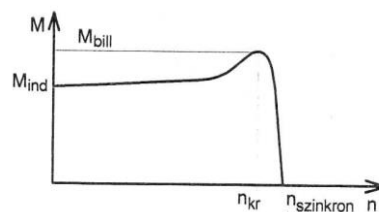
Ma már lehetséges a frekvencia váltóval való felpörgetés is.

A szinkron motorokat ott alkalmazzák ahol lényeges az állandó fordulatszám. Szinkronmotorral túlgerjesztett állapotban **fázisjavítás végezhető**. A csak erre a célra szolgáló gépeket **szinkronkompenzátoroknak** nevezik.

##### Háromfázisú aszinkron motorok

Fő szerkezeti elemei az állórész és a forgórész.

Az állórészhez kisebb teljesítmények esetén alumínium, kb. 2kW fölött vasöntvény. A házban helyezkedik el az egymástól elszigetelt dinamólemezekből készített hornyolt vasmag. A hornyokban elhelyezkedő háromfázisú tekercselésnek általában mind a hat végét kapocstáblára kivezetik. Itt található a védővezető bekötési pontja is.



Az aszinkron motor fordulatszáma valamivel kevesebb a szinkron fordulathoz képest. A különbséget csúszásnak, szlipnek nevezzük. A szlipet %-ban adjuk meg, és  $s$ -el jelöljük. Az ábrán az aszinkron motor fordulatszám - nyomaték jelleggörbéje látható.

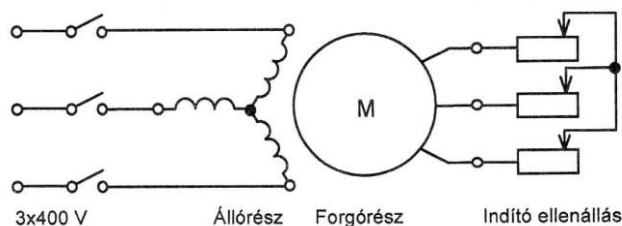
Szinkron fordulatszám:	3000	1500	1000	750	600
------------------------	------	------	------	-----	-----

Az aszinkron motort megterhelve a fordulatszáma csökken, emelkedő nyomaték mellett. Legmagasabb értéket billenő nyomatéknak nevezzük, ( $M_{bill}$ ) és a hozzá tartozó fordulatszámot kritikus fordulatszámnak. ( $n_{kr}$ ) A motort tovább terhelve a nyomaték egyre nagyobb áramfelvétel mellett „lepörög”, és megáll, tekercselése leég!

Aszinkron fordulatszám:	2880	1440	960	720	576
-------------------------	------	------	-----	-----	-----

### Csúszógyűrűs motor

Amikor az aszinkron motor tekercseire háromfázisú feszültséget kapcsolunk a motor, mint transzformátor működik. Az állórész a primer, a forgórész a szekunder tekercsnek felel meg. Ha a forgórész szinkron fordulatszámmal forog, nem indukálódik benne feszültség, míg indításkor - amikor még áll - nagy feszültség indukálódik. A forgórész tekercs azonban rövidre van zárva, és benne, valamint az állórész tekercsekben is nagy áram folyik. Nagyteljesítményű aszinkron motorok forgórészét ezért háromfázisú tekercseléssel látják el, és a tekercseket csillagba kötik, és a szabad végeket csúszógyűrűkhöz vezetik. A csúszógyűrűket ellenállásokon fokozatosan rövidre zárva áram alakul ki, és a motor a névleges fordulatra gyorsul.



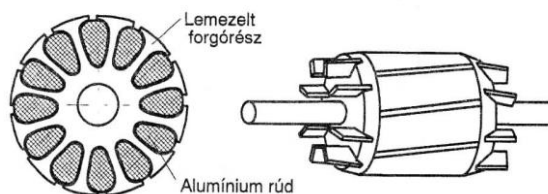
### Rövidrezárt forgórészű motor

Ezeknek a forgórész tekercsei a motoron belül rövidre vannak zárva. Mint hogy a szükségesnél vékonyabb huzallal vannak tekercselve, az indító áramuk a viszonylagosan nagyobb ellenállás miatt kisebb. Ha az indító áram még így is túl nagy, az indítás történhet csillag - delta indítással. (Y/D) Indításkor az állórész csillag kapcsolásban van, majd az üzemi fordulatszám elérése után kapcsolják a tekercseket deltába. A csillag-delta indítás feltétele, hogy minden állórész tekercs mindkét vége ki legyen vezetve, valamint a tekercsek a delta kapcsolás üzemi feszültségére legyenek méretezve.

Igényesebb esetben megoldás a lágyindító, esetleg a frekvenciaváltó használata.

### A kalickás forgórészű motor

A kisebb teljesítményű motorok - 1kW alatt - általában kalickás forgórészű készülnek. A kalicka egy alumínium öntvény, mely a forgórész vastestének hornyait tölti ki. A motor tekercseit az egymással összekötött alumínium rudak helyettesítik. Ezekben ugyan az indukált feszültség kicsi, azonban rendkívül nagy áramok folynak.



### Segédfázisú aszinkron motor

Ha a háromfázisú motor egyik fázisát lekapcsoljuk, forgásban marad, de a teljesítménye kisebb lesz, és elindulni sem tud. Nyugalmi állapotban ugyan is, nincs forgatónyomaték az induláshoz.

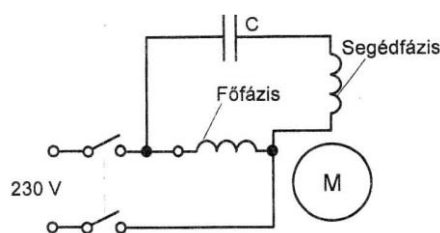
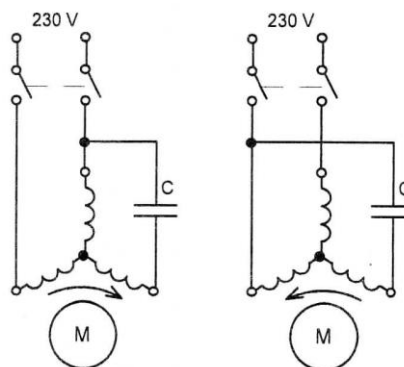
Ha háromfázisú motor tekercseit az ábrán látható módon kötjük az egyfázisú hálózatra, a kondenzátor bekötése határozza meg a forgásirányt.

Az elliptikus forgómezőt 120°-os tekercs elrendezés és a kondenzátor közel 90°-os fázistolása alakítja ki.

A szükséges kapacitás 230V esetén: 68 µF, kW-onként.

A váltakozó feszültség miatt csak unipoláris kondenzátor használható!

A megfelelően méretezett kondenzátor üzem közben is bekapcsolva maradhat. Ekkor a motor teljesítménye elérheti a háromfázisú motor teljesítményének a 70 %-át.



## 2. Villamos munkavégzés szabályai

### 2.1. 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, ivhatás, ijedség okozta sokk stb.)

Az első csoportbeli esetek súlyosságát, kimenetelét több külső és belső tényező együttesen határozza meg.

A *külső* tényezők a balesettől függetlenek, a beható áram jellemzői:

- Az áram erőssége
- A behatás időtartama
- Az áramváltozás gyorsasága (áramnem, frekvencia)

Áramerősség (mA)	A behatás időtartama	Életleni hatás
0..1	bármilyen	Nem érzékelhető, az érzetküszöb alatti
1...10	bármilyen	Izomfájdalom, az elengedési határáram alatti sáv

10...40	másodperctől percekig	Vérnyomásnövekedés, a vállakban és a karokban erős görcs
40...400	0,2 s-nál rövidebb	Sokkhatás erős izomgörcsrel, helyrejövő szívrendellenességek, kamraremegés nélkül
	0,2 s-nál hosszabb	Sokkhatás erős izomgörcsrel, általában helyrejövő 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	helyrejövő és helyre nem jövő szívmegállás, szívkamraremegés, ájulás, égések

Élettanilag legveszélyesebb az erősáramú gyakorlatban elterjedt 50-60 Hz-es ipari frekvenciájú áram. Kevésbé veszélyesek élettanilag 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.

## 2.2. Védekezés 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 nevezi hagyományosan röviden érintésvédelemnek. A közvetett érintés elleni védelem műszaki-biztonsági előírásait az érintésvédelmi szabvány (MSZ 172 szabványsorozat), míg a közvetlen érintés elleni védelem előírásait létesítési szabványok (MSZ 1600; MSZ 1610) foglalták össze. 2003 februárjában jelent meg az MSZ 172-1 és MSZ 1600 szabványsorozat helyébe lépő MSZ 2364 szabványsorozat „**Épületek villamos berendezéseinek létesítése**” címmel.

A Kommunális és Lakóépületek Érintésvédelmi Szabályzata (KLÉSZ) helyébe a Villamos Biztonsági Szabályzat (VBSZ) lépett.

## 2.3. 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:

*Védővezető 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; PELV; FELV) alkalmazása
- Villamos szerkezet elszigetelése
- Környezet elszigetelése
- Védőelválasztás
- Földeletlen egyenpotenciálra hozás
- Korlátozott zárlati teljesítményű áramkör alkalmazása

Gyártmányok érintésvédelmi osztályai:

*0. érintésvédelmi osztályba* tartozó gyártmányok érintésvédelme nincs megoldva, ezek érintésvédelme védőelválasztással, a környezet elszigetelésével vagy más érintésvédelmű gyártmányba történő beépítéssel oldható meg.

*I. érintésvédelmi osztályú* gyártmány védővezető csatlakoztatására szolgáló kapocccsal van felszerelve, amit bármilyen védővezető érintésvédelemhez csatlakoztathatunk.

*II. érintésvédelmi osztályú* gyártmányok érintésvédelme a „villamos szerkezet elszigetelése” érintésvédelmi móddal gyárilag meg van oldva.

*III. érintésvédelmi osztályú* az a gyártmány, amely külső táplálású de sem a külső tápfeszültsége, sem a belsejében előállított feszültség nem nagyobb a törpefeszültség határánál.

## 2.4. Tűzvédelem

### 2.4.1. Tűzveszélyességi osztályok

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.

A létesítmények, építmények kialakítására, valamint a gépek, berendezések stb. használatára vonatkozó szabályokat az Országos Tűzvédelmi Szabályzat állapítja meg. A tűzvédelmi tevékenységek megállapítása és alkalmazása céljából a felhasználásra kerülő anyagokat, technológiát, a veszélyességi övezeteket, a helyiségeket stb. tűzveszélyességi osztályba kell sorolni. A tűzveszélyességi osztályba sorolásnál a használt vagy tárolt anyagok tűzveszélyességi jellemzői szerint kell eljárni. A tűzveszélyességi osztályokat **A, B, C, D, E** betűkkel jelölik a következő fokozatok szerint.

Tűzveszélyességi osztályok:

Tűzveszélyességi osztályok és jellemzőjük	A tűzveszélyesség jellemzője, ha a halmazállapot			Különleges szempontok
	szilárd	folyékony	gáznemű	
<b>A</b> fokozottan tűz-és robbanás veszély	Robbanóanyagok	Robbanóanyagok, zárttéri lobbanspont legfeljebb 21 °C	Az alsó éghetőségi (robbanási) határérték legfeljebb 10%	-
<b>B</b> tűz-és robbanás-veszélyes	Robbanás-veszélyes porok	A zárttéri lobbanspont 21 °C-nál nagyobb, de a nyílttéri lobbanspont legfeljebb 50 °C	Az alsó éghetőségi (robbanási) határérték 10%-nál nagyobb	-
<b>C</b> tűzveszélyes	A gyulladási hőmérséklet legfeljebb 300 °C	A nyílttéri lobbanspont legfeljebb 55 °C-nál nagyobb, de legfeljebb 150 °C	Nem éghető, de az égést táplálja	A befogadó-képesség 500 főnél nagyobb
<b>D</b> mérsékelt tűzveszélyes	A gyulladási hőmérséklet 300 °C-nál nagyobb	A nyílttéri lobbanspont 150 °C-nál nagyobb (olajtűzelés)	Gáztűzelés	A befogadóképesség legfeljebb 500 fő, feldolgozási hőmérséklet 300 °C
<b>E</b> nem tűzveszélyes	-	Nem éghető anyag	-	Nem éghető anyagok feldolgozása 300 °C-on

#### 2.4.2. Védelmi módok

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 rendeltetésszerű üzemben 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 védelem fokozata legalább IP5X legyen. Ha por jelenléte nem várható, a védelem 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 szigetelésük valamint a síncsatornás rendszerek kivételével, szigetelési hiba ellen is védeni kell TT és TN rendszerekben  $I_{An} \leq 300$  mA, ha az ellenálláshiba tüzet okozhat  $I_{An} \leq 30$  mA névleges kioldó áramú áramvédőkapsolóval, IT rendszerekben hangjelzést és látható jelzést adó szigetelésellenőrzővel
- PEN vezető alkalmazása tilos, az áthaladó vezetékek kivételével
- a nulla vezetőket el kell látni vezetékfontó eszközzel
- csupasz vezetőket nem szabad használni
- a kapcsolókészülékeket vagy a megfelelő IP védelem 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 felületi hőmérsékletű világítótesteket szabad alkalmazni (normál üzem esetén 90 °C, zárlat esetén 115 °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



## 2.5. 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.)

### 2.5.1. Erősáramú üzemi szabályzat (MSZ 1585:2001)

A 2001 októberében kiadott szabvány a villamos berendezések üzemeltetésére, illetve a villamos berendezésekkel, a villamos berendezéseken vagy azok közelében végrehajtott munka végzésére vonatkozik. 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
  - 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.

### 2.5.2. 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:

- 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 megkezdni.

### 2.5.3. feszültség alatti munkavégzés

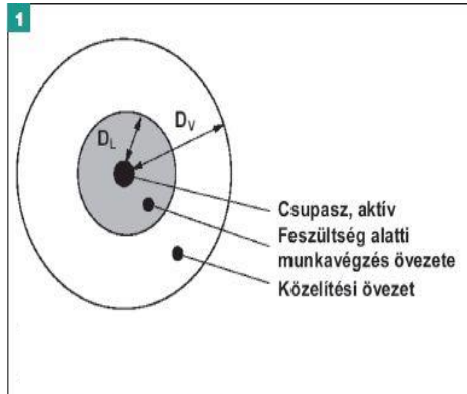
Minden olyan munka, amelynek során a munkát végző személy testrészeivel, szerszámmal, szerkezettel, védő vagy segédeszközzel feszültség alatt álló részeket érint vagy veszélyes övezetbe hatol. Feszültség alatti munkavégzésnek számít az a munka is, amelynél a munkát végző személy a szokásos körülmények 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.)

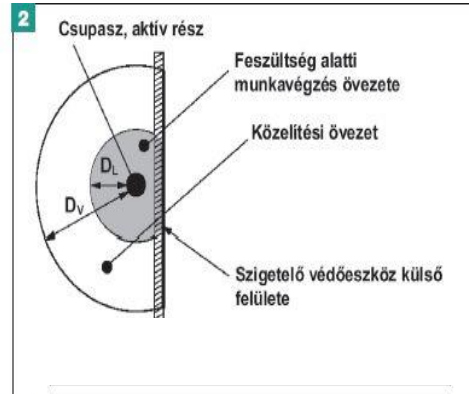
A feszültség alatti munkavégzést csak a nemzeti előírások szerint szabad végezni. Az itt leírt követelmények nem vonatkoznak az olyan tevékenységekre, mint a feszültségkémlés, és a földelő- és rövidre záró eszközök alkalmazása stb.

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 foglalatba csatlakoztatható lámpák cseréjét, valamint a becsavarható és késes biztosítók cseréjét.

A kismegszakítót, áram-védőkapcsolót – 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.



A munkavégzési eljárások övezetei és levegőben mért védőtávolságai



A feszültség alatti munkavégzési övezet határolása szigetelő védelmi eszközzel

Irányelvek a $D_L$ és a $D_V$ védőtávolságokra		
A rendszer névleges feszültsége	A veszélyes övezet külső szélét meghatározó védőtávolság levegőben $D_L$ mm	A közelítési övezet külső szélét meghatározó védőtávolság levegőben $D_V$ mm
<1	nem lehet érintés	500
3	120	1120
6	120	1120
10	150	1150
15	160	1160
20	220	1220
30	320	1320
36	380	1380
45	480	1480
60	630	1630
70	750	1750
110	1100	2100
132	1300	3300
150	1500	3500
220	2100	4100
275	2400	4400
380	3400	5400
480	4100	6100
700	6400	8400

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 ivhúzás 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 védőeszközről 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.

### **2.5.4. 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  $D_L$  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 testrészével, 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.

### 3. Villanszerelésben alkalmazott kapcsolások

#### 3.1. kapcsolási rajzok fajtái

A kapcsolási rajz nem más, mint a villamos eszközök rajzjelekkel, adott esetben ábrákkal, egyszerűsített szerkezeti rajzokkal való grafikus ábrázolás. A villamos eszközök közötti összefüggést mutatja meg, ábrázolja.

Az ábrázolás lehet:

**Egyvonalas**, ekkor kettő vagy több vezetőt egy vonallal ábrázolnak. Ez a **vonallal jelentheti**:

- egy többvezetékes rendszer vezetőit,
- párhuzamos kapcsolású vezetőket,
- azonos működésű villamos áramköröket,
- az egy nyomvonalon futó vezetőket,

Többvonalas ábrázolás esetén valamennyi vezetőt egy-egy vonal ábrázol.

Háromfázisú tápvezetékek egyvonalas és többvonalas ábrázolása:

A kapcsolási rajzok lehetnek:

- **áttekintési** rajz: egyszerűsített ábrázolás, mely a villamos berendezés működését mutatja be.

- **áramutas** rajz: a működést leíró, a részleteket tartalmazó ábrázolás.

- **huzalozási** rajz: az adott berendezésben, az eszközök fémes összeköttetéseit mutatja be.

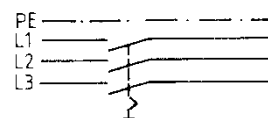
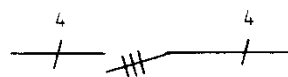
- **készülék-huzalozási** rajz: A készülék valamennyi belső és külső összeköttetést ábrázolja.

- **bekötési** rajz: a berendezés összekapcsolt készülékei közötti csatlakozásokat ábrázolja.

- **csatlakozási** rajz: a berendezés csatlakozási pontjait adja meg, a csatlakozási feltételekkel.

- **elrendezési** rajz: a berendezésben a villamos szerelvények elhelyezkedését mutatja meg.

- **villamos szerelési** rajz: a berendezésben elhelyezett szerelvények helyét, összeköttetését, azok betűs és számozott jelölését tartalmazza.



#### Világítási áramkörök kapcsolásai

A világítási áramkörök kapcsolásaihoz mindig több rajz tartozik, úgymint: egyvonalas rajz, működési rajz és áramutas rajz. Az **ábrán** a világítási kapcsolók általános típusai szerepelnek. A kapcsolók számozása két számcsoporthoz tartozik össze:

Az **egyes helyértéken a működés**, míg a **tíz és száz helyértéken a kapcsoló terhelhetősége** van feltüntetve. A megelőző betűk a gyártóra utalnak.

Pl.: **Pdk** 101 = 1s. - 10A kapcsoló

Az ábrán feltüntetett hétféle kapcsolóból a csoportkapcsolót (szállodai kapcsolót) mára teljesen kiszorították egyéb megoldások, mint pl. mozgásérzékelők, jelenlét érzékelők.

A kapcsoló fajtája	Megnevezés	Rajz el	Lehetséges kapcsolóátlások (csatlakoztatások)
1	Egysarkú kapcsoló		
2	Kétsarkú kapcsoló		
3	Háromsarkú kapcsoló		
4	Csoportkapcsoló		
5	Egysarkú csillárkapcsoló		
6	Egysarkú váltókapcsoló		
7	Egysarkú keresztkapcsoló		
	Nyomógomb	 Záró Nyitó	Csak amíg benyomva tartják Csak amíg benyomva tartják

Megjelentek új kapcsolók is mint a

- 2x106 kettős váltókapcsoló
- egy nyomólappal: 2s. váltókapcsoló
- fényerő szabályzó kapcsoló
- redőnymozgató kapcsoló

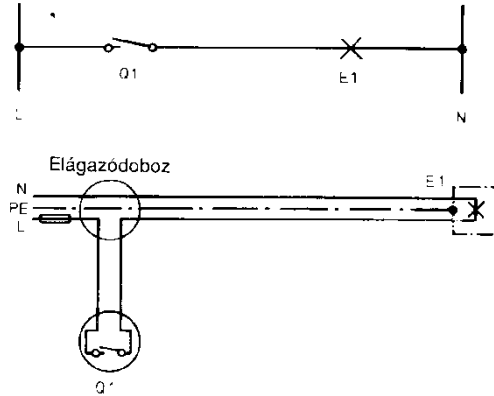
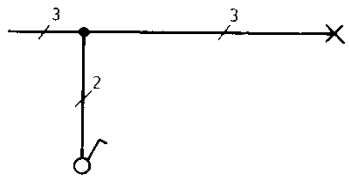
Az egyfázisú világítási áramkörök be és kikapcsolása történhet egy és kétsarkúan. Az egysarkú kapcsolást többnyire melegpadlós helységekből, míg a kétsarkút hidegpadlós, vagy kültéri szereléseknél alkalmazzuk.

A háromsarkú kapcsolás jellemzően nagy teljesítményigényű, háromfázisra szétosztott világítási rendszereknél (terem, csarnok) kerül szerelésre.

Egysarkú kapcsolás:

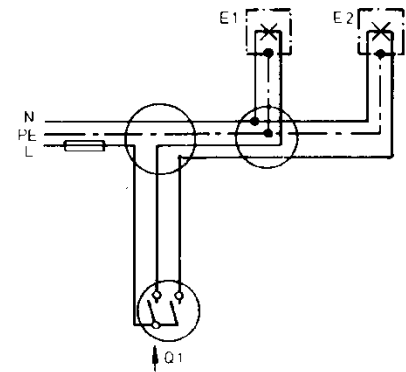
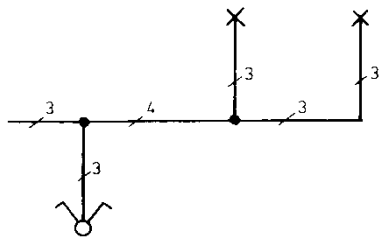
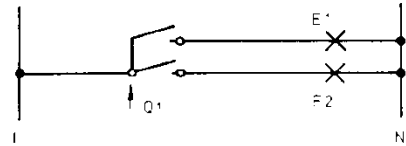
Az **egysarkú** kapcsolás egyvonalas és áramutas rajza:

Az egysarkú kapcsolót mindig a fázisvezetőbe kell kötni!



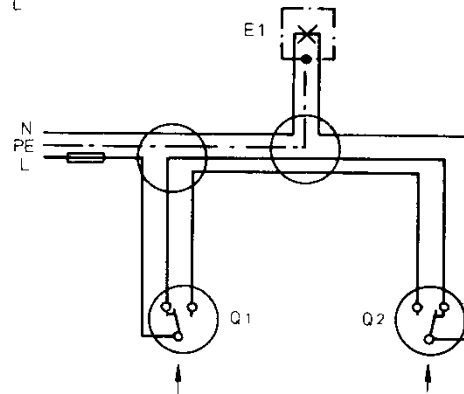
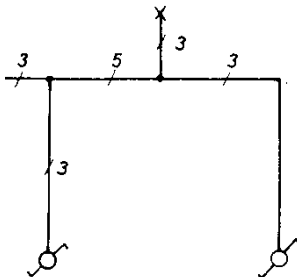
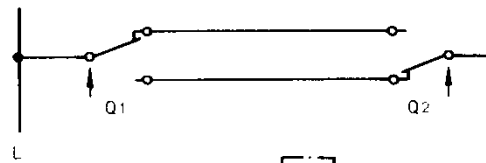
A **kétáramkörös** (csillár) kapcsolás egyvonalas és áramutas rajza:

A csillárkapcsolás alkalmas két fogyasztó vagy fogyasztói csoport önálló, vagy egyidejű kapcsolására.

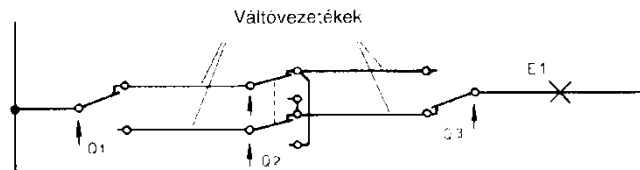


A **váltó** (alternatív) kapcsolás egyvonalas és áramutas rajza:

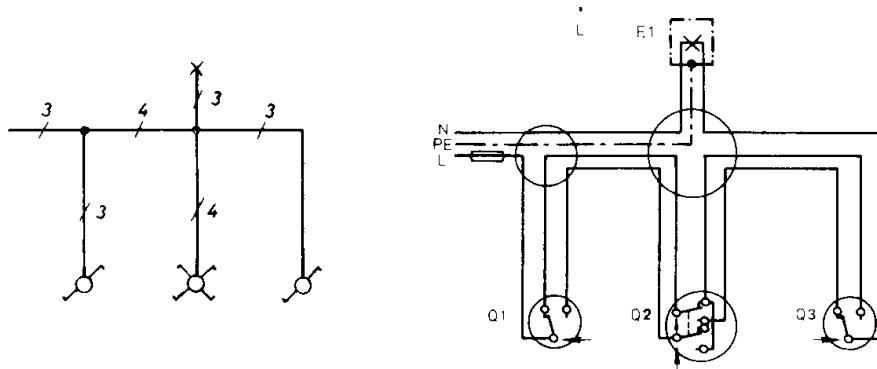
A váltókapcsolás alkalmas egy fogyasztó vagy fogyasztói csoport kapcsolására, két kapcsolási helyről.



A keresztváltó kapcsolás egyvonalas és áramutas rajza:



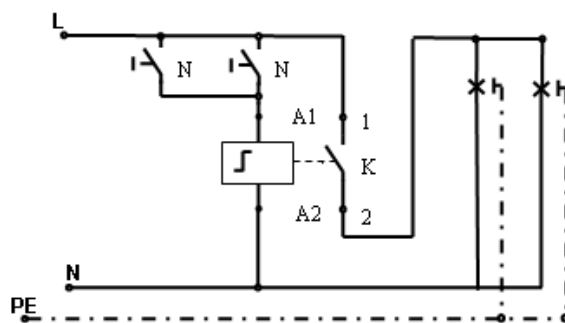
A keresztváltó kapcsolás alkalmas egy fogyasztó vagy fogyasztói csoport kapcsolására, három, vagy több kapcsolási helyről.



Áramimpulzus relés kapcsolás áramutas rajza:

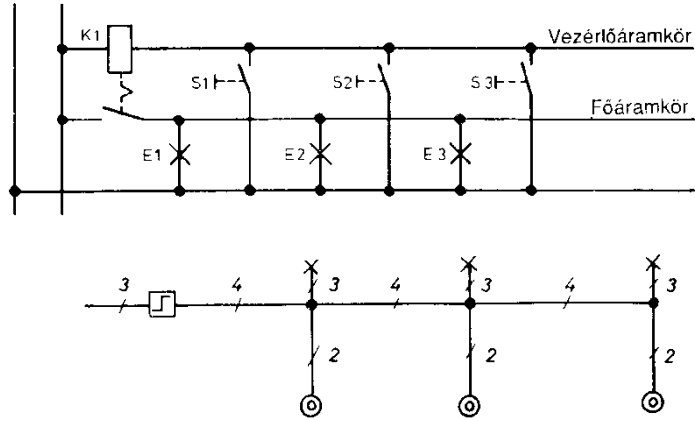
A kapcsolás nagyobb számú keresztváltó kapcsolási igény esetén kínál szakmailag korrekt, és egyben költségkímélő megoldást. Az impulzusrelé minden nyomó működtetésre átkapcsolja az előző állapotot.

Az áramimpulzus relét általában az elosztóba szerelik. DIN 35 sínre pattintható, moduláris kivitelű. Működtetése praktikusán 230V, de fokozott biztonságú szerelésekhez 24V-os készülékeket is forgalmaznak.



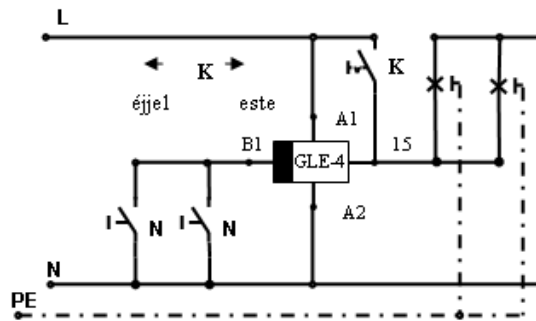


Az jobboldali ábrán látható kapcsolásnál, a relé folyamatosan kapja meg a fázisfeszültséget. A nyomókat az A2 és az N vezetők közé helyezték el.

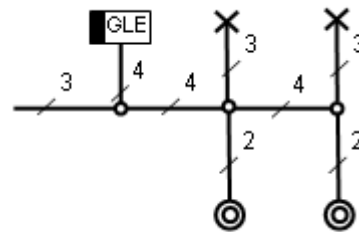


A lépcsőházi automata áramutas és egyvonalas rajza:

Az automata lényegében egy erre a célra gyártott elengedés késleltetésű időrelé. A nyomó megnyomásakor bekapcsolja a világítást, majd az elengedéstől számított idő után kikapcsol. Az ábrán látható típus, az első feszültségre kapcsoláskor bekapcsol, majd az időzítési idő elteltével kapcsol ki, és áll automata üzembe. Ennek feszültség kimaradás esetén van jelentősége, mert visszakapcsoláskor nyomó nélkül is bekapcsol egy ciklust.



A K kapcsoló zárt állapota az esti - folyamatos - és a nyitott éjszakai - automata - üzemmódot kapcsolja.



#### 4. Túláram és túlterhelés

A névleges áramot meghaladó bármilyen áramot túláramnak nevezzük. Az egyes fogyasztók túlzott igénybevételeből, vagy ezek tervezettnél nagyobb egyidejűségi értékéből előálló a névlegesnél nagyobb áramokat túlterhelési áramnak nevezzük.

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.

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

A védelmi eszközöket a következő három eszköz közül kell kiválasztani.

- *Túlterhelésvédelmi* (zárlatvédelmet nem biztosító) eszközök

Ezek az eszközök általában függő késleltetésű védelmi eszközök, amelyeknek a megszakítóképessége kisebb lehet, mint az elhelyezési pontjukhoz tartozó független zárlati áram értéke. Ezek a zárlati áram megszakítására nem alkalmas (bimetal kioldós) kapcsolók ritkán (biztosítók), amelyek előtt az áramkörben olyan zárlatvédelem van, amely zárlat esetén gyorsabban szakítja meg a zárlati áramot, mintsem a csak túlterhelésre alkalmas eszköz működésbe lépne.

- *Zárlatvédelmi* (túlterhelésvédelmet nem biztosító) eszközök.

A védelmi eszköznek képesnek kell lennie a független zárlati áram értékével bezárólag bármilyen zárlati áram megszakítására. Ilyen védelmi eszközök a megszakítók zárlati kioldóval, biztosítók. Megszólalási értékük nagyobb, mint az általuk védett részek túlterhelési árama. Ott alkalmazhatók ahol a túlterhelésvédelem más módon biztosítva van.

- *Kombinált*, túlterhelésvédelmi és zárlatvédelmi eszközök.

Az elhelyezési pontjukhoz tartozó független zárlati áram értékéig bármilyen túláramot meg kell tudni szakítani, mielőtt az a vezetőkben vagy a csatlakozásokban keletkező hő vagy mechanikai hatás következtében veszélyt okozna. A védelmi eszközök lehetnek: megszakítók túlterhelés kioldóval, biztosítókkal egybeépített megszakítók és biztosítók gG jellegű betétekkel.

#### 4.1. A túlterhelés-védelem kialakítása

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

1.  $I_b \leq I_n \leq I_z$
2.  $I_z \leq 1,45 \cdot I_z$

ahol:

- $I_b$  Az áramkör üzemi árama
- $I_z$  A vezeték megengedett tartós árama
- $I_n$  A védelmi eszköz névleges árama
- $I_2$  A védelmi eszközök egyezményes megszakítási időtartamig hatékony működést biztosító áram, amelyet általában a termékszabványok adnak meg.

Meglehetősen gyakori, hogy a vezeték keresztmetszetét nagyobbra választják, mint az kizárólag a melegezés miatt szükséges lenne. Pl. a lakásokban, ahol az egyes áramkörök ellátására gyakran alkalmazott 1,5 mm<sup>2</sup> keresztmetszetű rézvezető terhelhetősége a várható 10-15 A-s üzemi árammal szemben 20-25 A. Ugyanakkor az áramkört védő kismegszakítók választott értéke általában 6-10 A, arra hivatkozással, hogy csak ez lehet szelektív az áramszolgáltatói 10-16 A-s kismegszakítóval szemben. Ez a gyakorlat helytelen, a szelektivitás a túlterhelésvédelemnél sehol sem követelmény, a zárlati szelektivitás pedig két kismegszakító között semmiképpen nem biztosítható

Egy adott hálózat azon pontjain kell elhelyezni a túláramvédelmet, ahol csökken a vezeték áramvezető képessége, pl.: változik a szerelés módja, a vezeték anyaga, keresztmetszete. 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 vezeték ellátást zárlatvédelemmel, a vezeték szakasz 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 vezetékéinél, de nem hagyhatók el soha tűz- és robbanásveszélyes környezetben, vagy más speciális feltételekkel szabályozott helyiségekben létesített vezetékknél. Áram-védőkapcsolóval 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, emelőmágnesek tápköre stb.

#### 4.2. Zárlatvédelem

Természetesen alapkövetelmény a zárlatvédelem esetében is: a zárlatvédelmi eszközöknek az adott áramkörben fellépő bármilyen zárlati áramot meg kell tudni szakítaniuk, mielőtt veszélyt és károsodást

okozhatna a vezetőkben és a csatlakozásokban keletkezett hő. További követelmény: a villamos berendezés minden lényeges pontjára méréssel, vagy számítással meg kell határozni a független zárlati áramot (független zárlati áram: a zárlati kör impedanciájából számítható érték, amely a fogyasztó és a túláramvédelem zárlatkorlátozó hatása nélkül jöhetne létre). 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 (célszerű, ha nagyobb). Kisebb megszakító képességű eszköz alkalmazása csak akkor engedhető meg, ha a tápoldalon be van építve egy másik megfelelő megszakító képességgel rendelkező eszköz. Ekkor a zárlatvédő eszközöket, úgy kell megválasztani, hogy az általuk átengedett energia nagysága ne haladja meg a terhelési oldali eszköz és a védett vezetők zárlati teherbíró képességét. A zárlatvédelmi eszközökkel szemben további követelmény az, hogy áramkörben bárhol fellépő zárlat hatására kialakuló áramok megszakításához szükséges idő nem haladhatja meg azt az időtartamot, mialatt a zárlati kör vezetőinek hőmérséklete a megengedhető érték fölé emelkedik. 5 másodpercen belüli zárlatok esetében ki tudjuk számítani azt a tényleges időtartamot, mialatt a megengedhető legmagasabb üzemi hőmérsékletről indulva meghatározott zárlati áram miatt a vezeték hőmérséklete a határ hőmérsékletre emelkedik.

#### **4.3. A túláramvédelem és zárlatvédelem összehangolása (Szelektivitás)**

Ha a túlterhelés védelmi eszköz megszakító képessége megfelel a beépítés helyén várható független zárlati áramnak, akkor valószínűleg a terhelési oldalon, abban a pontban zárlat ellen is védi a vezetékét. Így olvadó biztosító alkalmazásakor elegendő a betét zárlati megszakító képességét ellenőrizni. A pillanat kioldást nem adó túlterhelésvédelmi megszakító alkalmazása ilyen célra nem ajánlott.

Ha külön-külön alkalmazunk túlterhelés és zárlatvédő eszközt, akkor ezeket úgy kell megválasztani, hogy a zárlatvédelmi eszköz által átengedett energia ne károsítsa meg a túlterhelésvédő eszközt (több esetben a gyártó megadja, hogy milyen névleges áramerősségű olvadó biztosítót ajánl beépíteni a túlterhelésvédelmi eszköz elé). Ha a gyári adatokban két érték szerepel, akkor a kisebb érték azt jelenti, hogy ezzel szemben szelektív a túlterhelésvédelmi kioldás, a nagyobbik érték azt mutatja, hogy zárlati szilárdság szempontjából az ennél nagyobb névleges értékű biztosító már nem védi meg a túlterhelésvédelmi eszköz épségét.

A vezetők túláram (túlterhelés és zárlat) ellen védettnek tekinthetők, ha a tápforrás nem tud a vezetők megengedett áramánál nagyobb áramot szállítani (ilyen tápforrások pl.: egyes hegesztő transzformátorok, csengő transzformátorok, elektronikai készülékek, inverterek - UPS).

### **5. Tűlfeszültségvédelem**

#### **5.1. A tűlfeszültség fogalma**

Tűlfeszültség a villamos hálózatokban illetve berendezésekben fellépő, a legnagyobb megengedett üzemi feszültség csúcserékét meghaladó feszültség, amely nagyságától, jel alakjától vagy hullámformájától, frekvenciájától és fennállásának időtartamától függően igénybe veszi a berendezés szigetelését. Az igénybevételek megítélésénél célszerű a hálózat legnagyobb feszültségéhez ( $U_m$ ) tartozó fázisfeszültségből  $U_m/\sqrt{3}$ -ból, illetve az ehhez tartozó csúcseréktől  $U_m \cdot \sqrt{2}/\sqrt{3}$ -ból kiindulni.

Az üzemi feszültségekből származó igénybevételnél az a követelmény, hogy a belső szigetelések az üzemi feszültség hatására nem szabad számottevő szigetelésromlást (öregedést) mutatnia. A külső szigeteléseknél az elérendő cél az, hogy az üzemi feszültséget a külső környezet (léggöri hatások, szennyeződés) hatása alatt is el kell viselniük a szigeteléseknek. További feszültség igénybevételek már tűlfeszültség formájában jelentkeznek. A tűlfeszültségeke keletkezési módjuk és időtartamuk szerint három csoportra oszthatók:

- Belső eredetű tűlfeszültségek
- Külső ún. léggöri eredetű tűlfeszültségek
- Elektrosztatikus eredetű tűlfeszültségek

## 5.2. Belső eredetű túlfeszültségek

A belső eredetű vagy belső túlfeszültségeket a villamos hálózatokban bekövetkező hibák vagy a különböző célú kapcsolási folyamatok okozzák. Az átmeneti, hálózati frekvenciájú túlfeszültség az, amely a hálózat egy adott helyén viszonylag hosszú ideig fennáll. Az átmeneti túlfeszültségek általában kapcsolási műveletek vagy hibák következtében keletkeznek, azaz normál üzemviteli körülmények között is felléphetnek.

Tartós túlfeszültségek fellépését elsősorban a következők válthatják ki:

- Aszimmetrikus földzáratok
- Hirtelen terhelésváltozások
- Rezonancia és ferorezonancia

Az aszimmetrikus földzáratok alkalmazásával kialakuló túlfeszültség nagyságára az ún. földzárlati tényező a jellemző. A földzárlati tényező az a viszonyszám, amely a háromfázisú hálózat egy adott pontján, a hálózaton bárhol bekövetkező földzárlat esetén, az ép fázison fellépő (egyfázisú földzárlat esetén a nagyobbik) feszültség effektív értékének és az ugyancsak az adott pontban a zárlat bekövetkezése előtti fázis-föld közötti feszültség effektív értékének a hányadosa (gyakorlati értékek: 1,2-1,7)

A földzárlatok fellépő túlfeszültséget a szigeteléseknek viszonylag hosszú ideig kell viselniük, másrészt pedig a földzárlati túlfeszültség alapján – a többi tartós túlfeszültség hatásának figyelembevételével mellett kell kiválasztani a légköri és kapcsolási túlfeszültségek ellen védelmet nyújtó túlfeszültség-védelmi készülékeket.

A tartós túlfeszültségek másikk 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 feszültség szabályozása, a terhelés nélküli maradt vezeték hossza) határozza meg.

Rezonancias vagy ferorezonancias túlfeszültségek akkor alakulhatnak ki, ha a hálózat nagy kapacitású elemei (szabadvezetékek, kábelek) és induktív elemei (ferorezonancia esetén a nem lineáris mágnesezési jellegű kialakuló munkapontban) az üzemi feszültség frekvenciájával vagy annak valamely harmonikusával megegyező frekvenciáján rezgőkört alkotnak. Ezek a túlfeszültségek viszonylag ritkák, de igen kellemetlen következményűek.

A szigetelések igénybevevő túlfeszültségek következő csoportját a kapcsolási túlfeszültségek alkotják. Nagy frekvenciájú (néhány kHz) tranziens túlfeszültségek lépnek fel egyes esetekben az üzemi áram hirtelen megszűnésekor. Az MSZ EN 50160:1995 szabvány 1.3.20. pontja szerint ez az ún. tranziens túlfeszültség rövid idejű (néhány ms). Ilyen gyors áram megszűnést követően ún. kapcsolási túlfeszültségek várhatók:

- távvezetékek (kábelek) bekapcsolása, valamint visszakapcsolása zárlatvédelmi működést követően,
- zárlatok keletkezésekor és megszűnésekor,
- terhelésledobáskor,
- kapacitív áramok megszakításakor,
- induktív áramok megszakításakor,
- olvadóbiztosítók kioldásakor

## 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 nagysága a hálózati feszültségtől függetlenül alakulnak ki. Közvetlenül elsősorban a szabadvezetékeket és a légkábeleket veszélyeztetik. Így az állomások berendezéseit, a kapcsolókészülékeket is a szabadvezetésekről beérkező túlfeszültség hullámok veszélyeztetik. Továbbterjedő nagyságukat azonban a szabadvezetéki 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 feszültségemelés a fázisvezető átütéséhez vezethet (visszacsapás)
- a szabadvezeték közelében becsapó villám illetve a levezetett villámáram hatására a vezetékben indukált feszültség alakul ki

#### **5.4. Elektrosztatikus feltöltődésből eredő túlfeszültségek**

Az elektrosztatikus feltöltődés vezető- és szigetelőanyagok érintkezése, egymáson való elmozdulása, majd szétválása során alakul ki. 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.

#### **5.5. Túlfeszültség védelmi készülékek és eszközök**

A villamos kapcsolókészülékek nagy többségét alkotó szűkebb értelemben vett kapcsoló eszközök mellett megkülönböztetjük a túlfeszültség védelmi vagy túlfeszültség-korlátozó készülékeket. Ezek elsősorban feladatukban térnek el a többi készüléktől. Feladatuk, hogy rendellenesen nagy feszültségek – túlfeszültségek fellépésekor alkalmasan kialakított szerkezetükkel működésbe lépjenek, és a túlfeszültségeket a berendezés többi része szigetelésének védelme érdekében korlátozzák. Az erősáramú elektrotechnikában a következő túlfeszültség védelmi eszközöket használják:

#### **5.6. Szikraköz**

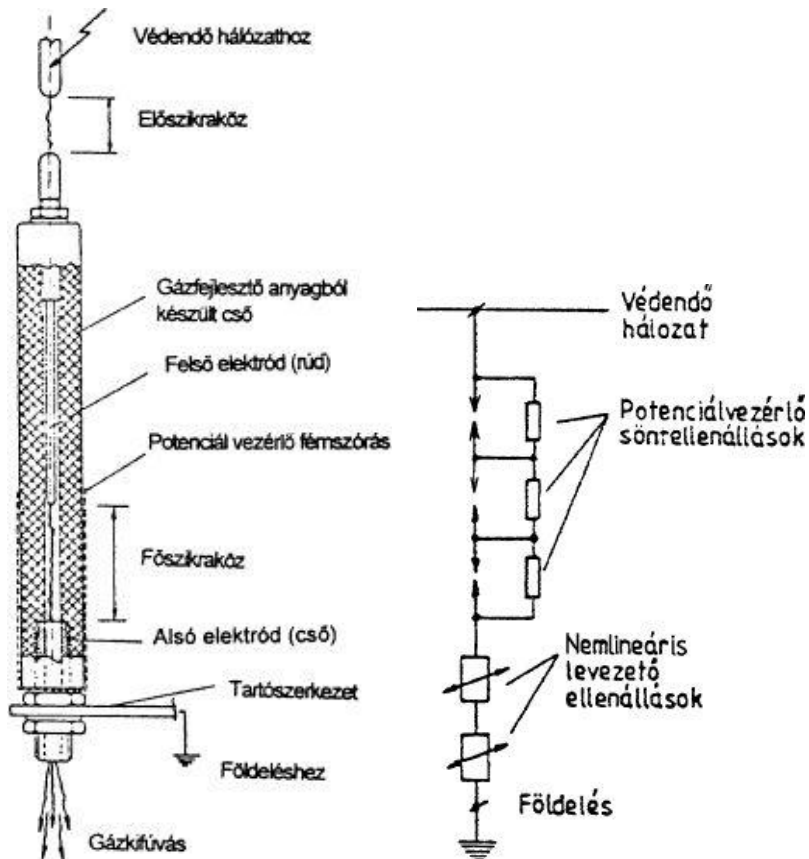
A szikraköz a legegyszerűbb túlfeszültség védelmi eszköz. A hálózat és a föld közé kapcsolva légmentesítve úgy állítják be, hogy csak a hálózat névleges feszültségét jóval meghaladó túlfeszültség hatására üssön át. A szikraköz átütésével megszűnik a túlfeszültség (a föld felé levezetődik a túlfeszültséget létrehozó energia), de ezt követően a szikraközön földzárlati áram folyik tovább, amelyet a hálózat feszültségforrása táplál. Ívöltő szerkezet hiányában ez az áram csak akkor szűnik meg magától, ha nagysága néhány A értékű.

#### **5.7. Nemesgáztöltésű túlfeszültség levezető**

A nemesgáz (pl. argon, neon) töltésű túlfeszültség levezetők, valójában olyan szikraközök, amelyek a gázkisülés elvét használják ki. A gyújtófeszültség értékének túllépésekor (típustól függően 70...15 kV) a hermetikusan lezárt kisülési térben ellenőrzött ív alakul ki néhány ns-on belül, amely a folyamatot beindító túlfeszültséget rövidrezárja. A kicsi ívfeszültség kivételesen nagy levezető képességet biztosít (max. 60 kA). A kisülés után a túlfeszültség levezető kiolt és ellenállása a zavar nélküli üzemállapotra jellemző nagy értéket vesz fel.

#### **5.8. Oltócső**

Lényegét tekintve olyan speciális anyagból készült cső, amelynek falából az ív hőhatása semleges gázokat fejleszt. A cső egyik végén rúd, a másik végén cső alakú elektród található. A függőlegesen álló oltócső felső elektródja elő szikraközön keresztül kapcsolódik a védendő, fázis feszültségen lévő vezetékhez. Az alsó leföldelt tartó elektródja belenyúl a szigetelőcső belsejébe. A túlfeszültség hatására az elő szikraköz és az oltócső belső szikraköze átüt, levezetve a töltéseket. Az ív hőhatására keletkező gázok lefelé kifújva kedvező esetben eloltják az ívet. Az oltócsövek megszólalási feszültség szórása a szikraközökhöz hasonlóan elég nagy, viszont oltóképessége jobb.



### 5.8.1. Túlfeszültség levezető

Sorba kapcsolt szikrakózókat, feszültségfüggő nemlineáris félvezető ellenállásokat, esetleg ívfűvő tekercset tartalmaz. A működése során, amikor a feszültség értéke eléri a levezető megszólalási feszültségét, a szikrakózók átütnek és a levezetőn áram folyik. Ez az áram feszültségesést hoz létre a levezető ellenállásain, így 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 csökkentik. Ezt a kis áramot a sorba kapcsolt szikrakózók az első nullaátmenetnél kikapcsolják

### 5.8.2. Szupresszor dióda mint finom fokozatú túlfeszültség korlátozó

Az érzékeny félvezetőelemek védelme során a túlfeszültségeket gyakran néhány V-ra kell korlátozni. Az ilyen finomvédelem céljára elsősorban Z- vagy kapcsolódiódákat vagy más néven szupresszor diódákat alkalmaznak, mivel ezekkel az elemekkel viszonylag pontosan be lehet állítani a kicsi határfeszültségeket. Egyedüli védelmi alkalmazása nem ajánlott, többlépcsős védelmi rendszer utolsó elemeként ma már gyakran alkalmazzák.

## 5.9. Túlfeszültség védelem a kisfeszültségű, 0,4 kV-os elosztóhálózaton

A kisfeszültségű elosztóhálózaton kialakuló túlfeszültségek elleni védekezést több tényező teszi szükségessé:

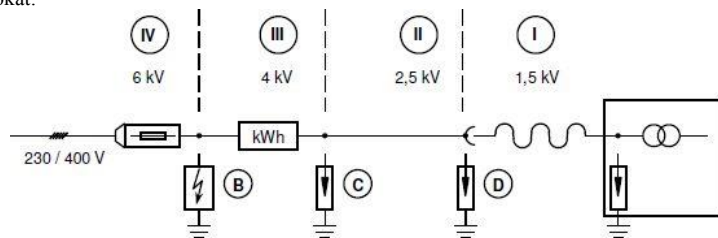
- a napi üzemeltetés folyamatossága, a napi üzemvitel fokozott biztonsági igénye,
- az épületen elhelyezett primer villámvédelmi berendezés, amely a töltéskiegyenlítés során a villámáram levezetésekor az ohmos, az induktív és a kapacitív csatlásokon keresztül elősegíti a feszültség behatolását az épület villamos hálózatába,
- az épülettömbben üzemelő korszerű, így a feszültség igénybevételre fokozottabban érzékeny számítástechnikai és híradástechnikai eszközök illetve berendezések veszélyeztetése miatt,
- a közép- és nagyfeszültségű hálózaton az áramszolgáltató még nem helyezett el minden helyen túlfeszültség korlátozókat,

A kisfeszültségű hálózaton a villámcsapás másodlagos hatásának illetve a belső eredetű túlfeszültségnek a csökkentésére az alábbi megoldások együttes alkalmazása javasolható:

- Egyenpotenciálra hozás, EPH hálózat kiépítése,
- Erős- és gyengeáramú hálózat vagy hálózatrészek célszerű nyomvonalvezetése
- Töblépcsős túlfeszültség védelem

Az első kettő ún. passzív túlfeszültség védelmi módszer a leggondosabb kivitelezés ellenére sem képes megakadályozni a túlfeszültség létrejöttét, ezért szükség van az ún. töblépcsős túlfeszültség védelem kiépítésére, amelyet aktív védelemnek is nevezünk.

Az épületek kisfeszültségű villamos energia elosztó rendszerében előforduló túlfeszültségek tág határok között változó energiataralommal, feszültség- és frekvenciával jellemezhetők. Hatásosan védekezni az ilyen jellemzőkkel rendelkező túlfeszültség hullámok ellen csak töblépcsős túlfeszültség védelmi rendszer kiépítésével lehet. Ez az ún. „komplex túlfeszültség védelmi rendszer” általában három védelmi zónát (fokozat) tartalmaz. Ezekhez a szintekhez rendelhető hozzá a durva (B fokozat), közepes (C fokozat) és a finom (D fokozat) túlfeszültség korlátozó elemek illetve készülékek. A mai korszerű túlfeszültség védelemtől elvárjuk, hogy feleljen meg a vonatkozó hazai, nemzetközi, európai (MSZ 274-5T, MSZ IEC 99-1, MSZ IEC 1312-1, MSZ EN 50164-1T) szabványoknak és ajánlásoknak és lehetőség szerint vegye figyelembe mértékadó külföldi (DIN VDE 0110, DIN VDE 0675, vagy BS előírások) szabványokat.



Töblépcsős túlfeszültség védelmi rendszer felépítése

### 5.9.1. Durva túlfeszültség védelmi fokozat

Az épületek villamos energia betáplálását általában közvetlenül vagy közvetve a 10/0,4 vagy 20/0,4 kV-os transzformátorok biztosítják. A transzformátorok nagyfeszültségű oldalának túlfeszültség védelme áramszolgáltatói felelősségi körbe tartozik, rendeltileg ma még nem kötelező. A transzformátorok szekunder oldalától az üzemeltetőnek kell gondoskodnia a túlfeszültség védelem kiépítéséről. Rendeltileg a fogyasztót ma még erre ugyan nem kötelezi előírás, azonban az MSZ 447: 1998. szabvány 2.6 pontja tartalmaz előírásokat a védelem kiépítésére, amely előírás alkalmazása ajánlható. Ezt az ún. „durva túlfeszültség védelmi fokozatot”, -amely felépítését tekintve általában nagy áramot és feszültséget elviselő szikraköz – a transzformátorhoz kapcsolódó gyűjtősinhez kell csatlakoztatni, vagy a házi méretlen fogyasztói hálózat csatlakozási pontján, a fogyasztásmérő berendezés előtt kell elhelyezni.

A durva túlfeszültség védelmi fokozat főbb műszaki adatai:

- üzemi feszültség 255/440 V,
- védelmi szint(1,2/50) < 3,5...4 kV,
- levezetőképesség(10/350) 60...100 kA,
- megszólalási idő ≤ 100 ns.

### 5.9.2. A közbülső vagy közepes túlfeszültség védelmi fokozat

A második ún. „közbülső túlfeszültség védelmi fokozat”-ot általában varisztor látja el. Mivel a varisztor megszólalási feszültsége és működési ideje lényegesen kisebb, mint a szikraközé, ezért előbb lép működésbe. Energia levezető képessége viszont lényegesen kisebb, mint a szikraközé, így a szikraköz begyűjtéséhez a két eszköz közé megfelelő soros impedanciát ( $Z$ ) kell beiktatni. Ezt az impedanciát vagy a vezeték hálózat, vagy mesterséges illesztő impedancia szolgáltatja. Ha ez az impedancia hiányzik, akkor a szikraköz nem tud begyűjtani és a varisztor szétrobbanhat. A közbülső védelem egységeit általában a szinti alelosztókba építik be.

A közepes túlfeszültség védelmi fokozat főbb műszaki adatai:

- üzemi feszültség	230/400 V,
- védelmi szint(8/20, 15 kA)	< 1,5...2,5 kV,
- levezetőképesség(8/20)	15...20 kA,
- megszólalási idő	≤ 25 ns.

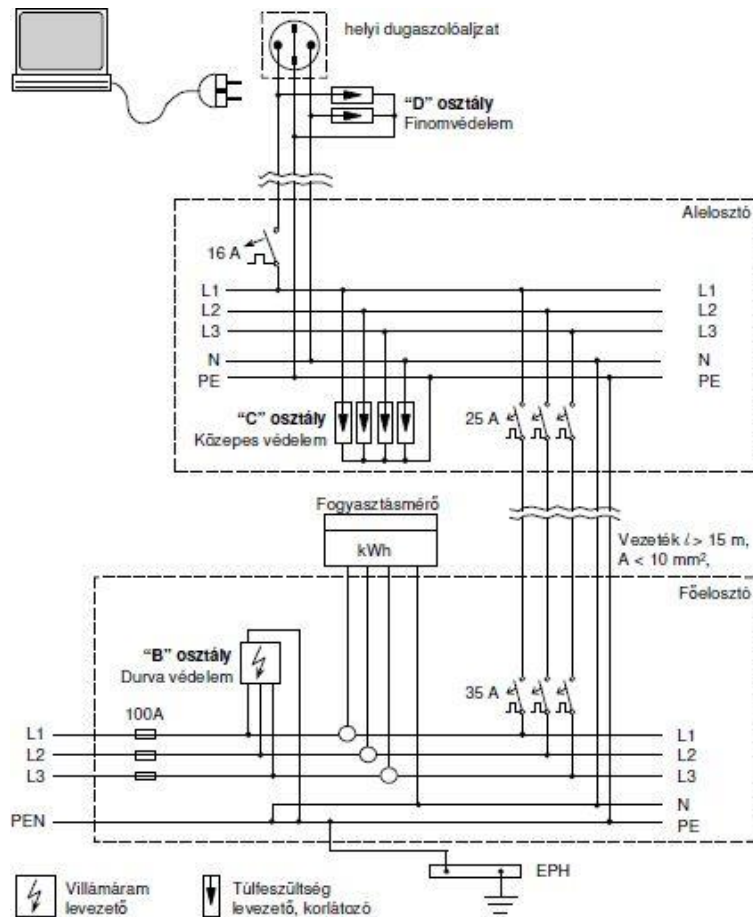
### 5.9.3. Finom túlfeszültség védelmi fokozat

A harmadik ún. „finom túlfeszültség védelmi fokozat” feladatait általában szupresszor dióda látja el. Megszólalási feszültség szintje és működési ideje kisebb mint a varisztoré, így a túlfeszültség fellépésekor ez a védelmi fokozat fog legelőször működésbe lépni. Csak igen kis energiaszintű túlfeszültségek korlátozására képes. Ennek megfelelően a dióda előtt is szükség van egy soros impedanciára, hogy az impedancián létrejövő feszültség és a dióda megszólalási feszültségének hatására a varisztor is begyűjtson. Ennek a túlfeszültség védelmi fokozatnak a feladata továbbá az épületekben futó vezetékhalozatokban indukálódó feszültségek korlátozása. A finom védelem egységeit általában a dugaszoló aljzatokba (fix vagy lengő), vagy a készülékek hálózati tápegységeibe építik be. Finom védelemmel általában a nagy értékű és a túlfeszültségre különösen érzékeny berendezéseket szokták ellátni.

A finom túlfeszültség védelmi fokozat főbb műszaki adatai:

- üzemi feszültség	230/400 V,
- védelmi szint(8/20, 5 kA)	< 1...1,5 kV,
- levezetőképesség(8/20)	5 kA,
- megszólalási idő	1 ns < $t_{\text{meg}}$ 25 ns.





TN-C-S hálózat többlépcsős túlfeszültség védelmének vázlata

## 6. Épületek csatlakoztatása és energiaelosztása

A kiefeszültségű közcélú villamos energia csatlakozását minden Magyarországon élő személy és vállalkozó, vállalkozás igényelheti. Az energiavételezésből azonban törvényileg meghatározott esetekben a fogyasztó kizárható.

### 6.1. Bevezetés

Az áramszolgáltatók által üzemeltetett közcélú, kiefeszültségű energiaelosztást szabadvezetékes és földkábeles rendszeren keresztül biztosítják. Az épületek villamos fogyasztási helyeit, kiefeszültségű és közcélú hálózatra kapcsoljuk, melynek hálózatra kapcsolásának feltételeit az MSZ 447:1998 Kiefeszültségű, közcélú elosztóhálózatra csatlakozás. és annak MSZ 447/1M:2002 módosítása valamint az MSZ 2364 szabványsorozat az irányadó. A kiefeszültségű és közcélú hálózatokat az áramszolgáltatók üzemeltetik a Villamos Energia törvény szerint (VET). Ezeken túlmenően az egyes áramszolgáltatók ELMŰ, ÉMÁSZ, ÉDÁSZ, DÉDÁSZ, DÉMÁSZ, TITÁSZ, saját ellátási területükre vonatkoztatva további előírásokat, ajánlásokat dolgoztak ki. A csatlakozási feltételekről kiadványok tájékoztatják a lakosságot, és a szerelőket. A csatlakozási szerelési tevékenységek elvégzésére az áramszolgáltatók általában úgynevezett minősített szakvállalkozókat ajánlanak. Azok a szakvállalkozók, akik az áram-

szolgáltatók és az illetékes szakmai kamarák által szervezett tanfolyamokon részt vettek illetve a szerelési ajánlásokból vizsgáztak.

A villamos energiával ellátandó épületek lehetnek lakó-, irodaépület, üzlet- és szolgáltatóház, ipari- és kereskedelmi fogyasztók, stb. A közcélú elosztóhálózatra csatlakozásban, többnyire három érdekelt vesz részt: az áramszolgáltató, a fogyasztó és esetleg az épület tulajdonosa. A méretlen hálózat kérdéseiben elsősorban az áramszolgáltató és az ingatlan tulajdonos, a mért hálózat kérdéseiben mindhárom résztvevő alapvetően érdekelt, de a méretlen és a mért fogyasztói hálózat kérdéseiben sem lehet a jelenlegi és a későbbi időben jelentkező fogyasztó érdekeltségét korlátozni. Minden, a villamos energia fogyasztásával kapcsolatos csatlakoztatási kérdésben, meg kell keresni az illetékes áramszolgáltató kirendeltségét, hogy az előírásai szerint készüljön a csatlakozás.

## 6.2. Energiaigény, bővítés bejelentése

Mielőtt egy új létesítmény villamos berendezésének tervezéséhez hozzáfogunk vagy az eddigi biztosított energiát meghaladó új gépet szerzünk be, amelynek üzemeltetéséhez a csatlakozási érték bővítésére van szükség, fel kell keresni az illetékes áramszolgáltatót és az energiaigényt be kell jelenteni. Az energiaigény engedélyezése során választ kapunk a megvalósításhoz szükséges következő kérdésekre.

1. Csatlakozás szabadvezetékekkel vagy földkábelrel létesül-e;
2. Az építettnél kell-e transzformátorállomást, vagy szabadvezeték építeni, kábelt fektetni;
3. Bővítés esetén kell-e cserélni a belső fővezeték, vagy a fogyasztásmérőtől elmenő vezeték;
4. Milyen rendelkezésre bocsátott feszültség és hány fázisú csatlakozást adnak
5. Az érintésvédelemre vonatkozó adatok

A bejelentésnek tartalmazni kell:

1. A létesítmény (lakás) helyét, címét, rendeltetését.
2. A létesülő villamos berendezések beépített és várható egyidejű teljesítményét (kW, világítás, erőátvitel stb.), fogyasztókra bontva.
3. Az energiavételezés (többlet) kezdetének kívánt időpontját.

A kapott adatok alapján kezdődik a tervezés. Középület, üzemi épület és lakóépület esetén a fővezeték tervet kell az áramszolgáltatónak jóváhagyásra benyújtani. Ennek tartalmaznia kell:  
- A fővezeték, illetve a fogyasztói elosztóvezeték keresztmetszetét, a fővezeték nyomvonalát a fogyasztásmérő utáni első védelemig (elosztótábla, áramköri biztosító) bezárólag, a fővezeték nyomvonalhosszát és a szerelés módját, a főkapcsoló, a főbiztosítók névleges teljesítményét, a biztosítók áramerősségét és jellegét.

- Az áramnemre és a hálózati feszültségre vonatkozó adatokat és az érintésvédelem módját.

## 6.3. Fogyasztók hálózati csatlakoztatása

A kábeles csatlakozás vagy szabadvezetékes hálózatról jövő falra szerelt szigetelt vezető a fogyasztó helyiségében végződik, ahol egy kábelvég csatlakozódobozban az áramszolgáltató leválasztó biztosítója (fogyasztó által nem hozzáférhető) és a fogyasztásmérők kerülnek elhelyezésre. Mind a fogyasztói, mind az áramszolgáltatói mérők leolvasási kellemetlenségeinek elkerülése érdekében a fogyasztásmérőket az épületen kívül helyezik el, mégpedig a következő elrendezések valamelyike szerint:

- Önmagában álló szekrény jellegű berendezés
- Elhelyezés az épület egy helyiségében, kábeles becsatlakozás esetén az áramszolgáltatói biztosítókat süllyesztett, időjárásálló szekrényben helyezik el, a közterületről hozzáférhető módon.

Az elektronikus mérések területén megfelelő típusmegoldásokat fejlesztettek ki, amelyek alkalmasan felhasználhatók mérési és elszámolási célokra. A villamos energia-piac liberalizálása megnövelte annak a szükségességét, hogy a fogyasztásmérőről több adat legyen gyűjthető. Például az elektronikus fogyasztásmérő elősegítheti, hogy az áramszolgáltatók jobban megismerjék a fogyasztók terhelési görbéjét. Ehhez hasonlóan mindjobban elősegíthetik a vezetékek telekommunikációs, valamint rádiófrekvenciás hasznosítását is.

Háztartási fogyasztók körében, az előre fizetéses rendszerek alkalmazása egyre terjed ott, ahol bevezetését gazdasági előnyök indokolják. A módszer azon alapul például, hogy a fogyasztók kijelölt eladási helyeken előre megvásárolja a kívánt mennyiségű villamos energiát, melyért kártyát kap, melyet a mérőbe elhelyezve fogyaszthat. Alkalmazása biztonságos a felhasználók általi működtetése sikeres.

Alkalmazásának előnye nem csak abban rejlik, hogy helyettesíti a mérést, de olcsóbb a rendszer, mert nélkülözi a leolvasási és pénzbegyűjtési folyamatokat.

#### **6.4. Csatlakozóvezetékek kialakítása**

A csatlakozóvezetékek könnyen hozzáférhető és akadálytalanul megközelíthető legyen. Egy csatlakozóvezeték csak egyetlen épület fogyasztói vezetékhalozatát táplálhatja. A csatlakozóvezeték kiépítése előtt mindig egyeztetni kell az áramszolgáltatóval. A csatlakozóvezeték lehet szabadvezetékekkel vagy kábellel kiépített. A szabadvezetékes csatlakozóvezetéknek a területileg illetékes áramszolgáltató által rendszeresített típusú szigetelt vezetéknek kell lennie. A szigetelt szabadvezeték megszakítás nélkül érje el a fogyasztásmérőt, illetve az első túláramvédelmi készüléket. Szabadvezetékes csatlakozóvezeték épületre csatlakozási pontját úgy kell megválasztani, hogy a csatlakozási pont és a fogyasztásmérő hely között doboz ne legyen.

A méretlen belsőcsatlakozó vezeték védőcsővezését csak kívülről bevészt horonyba szabad fektetni. A védőcsövet, a homlokfalon függőlegesen kell vezetni, esetleg az oldalsó falon is fektethető, ekkor azonban a sarokélhez, közel. Méretlen vezető elzárt belsőtérben, padláson, pincében nem haladhat. A méretlen vezető nyomvonala szemmel követhető legyen (MSZ447).

A csatlakozási pont a fogyasztásmérő elé szerelt kismegszakító bemenő kapcsai vagy a házi főelosztó bemenő kapcsai. Több segédoszlopot igénylő csatlakozás esetében a csatlakozási pontot, valamint a mérési pontot, a fogyasztó telkén lévő első segédoszlopon kell kialakítani. Ebben az esetben a segédoszlop lehetőleg a telekhatáron legyen. A csatlakozóvezeték és a fővezeték vezetőit feszültségesésre, melegedésre és érintésvédelmi szempontból kell méretezni.

#### **6.5. Fővezeték szerelési módok és előírások**

A villamos fogyasztók, és áramszolgáltatók közötti kapcsolatot a csatlakozóvezeték biztosítja. A csatlakozóvezeték egyik végpontja az áramszolgáltatói hálózathoz, a másik a fogyasztásmérő berendezéshez csatlakozik. A fogyasztói vezetékhalozatot méretlen és mért fogyasztói hálózatra bonthatjuk. A méretlen fogyasztói hálózat az áramszolgáltatóhoz csatlakozó csatlakozási pontot és a fogyasztásmérőt köti össze. A mért fogyasztói vezetékhalozat a villamos energiát mérő berendezés utáni vezetékrendszer.

#### **6.6. Csatlakozás szigetelt csatlakozóvezetékekkel**

Közcélú kiefeszültségű szabadvezeték hálózatról történő csatlakozás az áramszolgáltatói hálózatról kétféleképpen történhet.

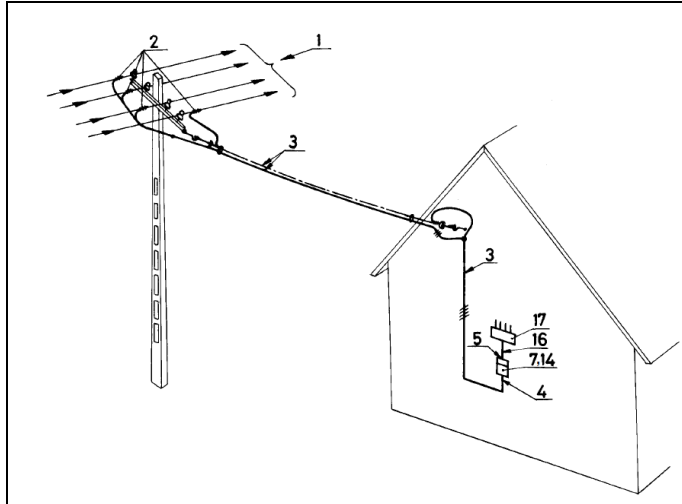
- a, szigetelt csatlakozóvezetékekkel
- b, és kábeles csatlakozással

Kiefeszültségű szabadvezetékes csatlakozást, az áramszolgáltató maximum hatlakásos épületig, általában 20 kW csatlakozási teljesítményig létesít. Az e feletti igényeket földkábelrel kell megoldani. A csatlakozóvezeték leágaztatás csupasz szabadvezetékéről vagy szigetelt szabadvezetékes áramszolgáltatói hálózatról lehetséges. A szigetelt csatlakozóvezeték fázisvezetőit megszakítás nélkül kell elvezetni az első túláramvédelmi egységig (pl. kismegszakító). A csatlakozóvezeték, a fogyasztó megrendelése alapján, a fogyasztó által kiépített tetőtartóig, falitartóig, falihorogig, vagy segédoszlopig vagy az áramszolgáltató vagy az általa megbízott szakipari cég végezheti.

Az épületre csatlakozás helyének kijelölés alkalmával a következőket kell figyelembe venni.

- Az épületre csatlakozás helye a szabványnak megfelelő legyen.
- Az épületre csatlakozási pont lehetőleg a fogyasztásmérő fölé kerüljön.
- A fogyasztásmérőig a vezeték minél rövidebb és törésmentes legyen.
- Az indokolt fogyasztói kívánásot teljesíteni kell (gyümölcsfa, díszes homlokzat, stb.)

Tetőtartó (az előbbi követelmények figyelembevételével), az épület hátsó tetősíkját kivéve, lehelyezhető az épület bármelyik oldalán, illetve tetősíkján.



1 Közcéli elosztóhálózat, 2 Hálózati leágazópont, 3 Csatlakozóvezeték, 4 Csatlakozási pont, 5 A fogyasztói vezetékhalózat kezdőpontja, 7 Első túláramvédelmi készülék, 14 Fogyasztásmérő berendezés, 16 Mért fővezeték, 17 Fogyasztói főelosztó tábla.

Családi ház közcéli elosztóhálózatra csatlakoztatása a fogyasztásmérő berendezésig végigfutó szigetelt szabadvezetékkel. (Ebben az esetben a tartósodrony általában nullavezető is.)

A szigetelt csatlakozóvezeték nullavezetője egyben a vezeték tartósodronya is. A csatlakozóvezeték épületen vagy segédoszlopon való felfüggesztési pontját úgy kell megválasztani, hogy a földtől mért legkisebb távolsága ne legyen kisebb, mint 5,5m.

A tetőtartó legalább 2"-os, varrat nélküli, korrózió ellen védett acélszövből készüljön. A korrózióvédelem alapvetően tüzi horganyzású megoldást jelent. Amennyiben a tetőtartó hossza, valamint a csatlakozóvezeték húzószilárdsága megkívánja, a tetőtartót ki kell kötni. A tetőtartót, a csatlakozóvezeték mechanikai védelme érdekében ki kell bélelni Mü.I.  $\varnothing 36$  vagy 48mm-es vastagfalú védőcsővel. A védőcső vezetésebe legfeljebb egy darab 90°-os könyök vagy ív építhető be. A védőcső vezetését úgy kell kialakítani, hogy a tetőtartón lévő bevezetősapkától a fogyasztásmérőig egybefüggő vezetési út legyen.

A csatlakozóvezeték védőcsővezését úgy kell elkészíteni, hogy közbenső doboz beépítésére ne kerüljön sor. A védőcsőbe a csatlakozóvezeték behúzósa miatt, megfelelő szilárdságú behúzószálat kell szerelni. A 25 mm<sup>2</sup> és ennél nagyobb keresztmetszetű vezeték esetén, a vezeték behúzósa miatt a töréseknél legalább 150x150 mm méretű dobozt kell elhelyezni. A doboz zárójeggyel ellátható legyen. A csatlakozóvezeték fázisvezetőjében nem, a nullavezetőben legfeljebb egy kötés lehet. Tetőtartóra vagy oldalfalra csatlakozás megkövetelheti, az épület és a csatlakozási pont közötti nagyobb távolságot, ilyenkor segédoszlopot kell közbeiktatni. Ezt a megoldást általában akkor alkalmazzák, ha az épület 1 fázis esetén 40 méternél, 3 fázis esetén 30 méternél távolabb van illetve, ha a belógási távolság nem tartható.

#### 6.7. Kábelcsatlakozás szabadvezetékes hálózatról

Földkábeles fogyasztói csatlakozást, általában több fogyasztó, vagy nagyobb fogyasztói teljesítmény igény esetén az áramszolgáltató kezdeményezi.

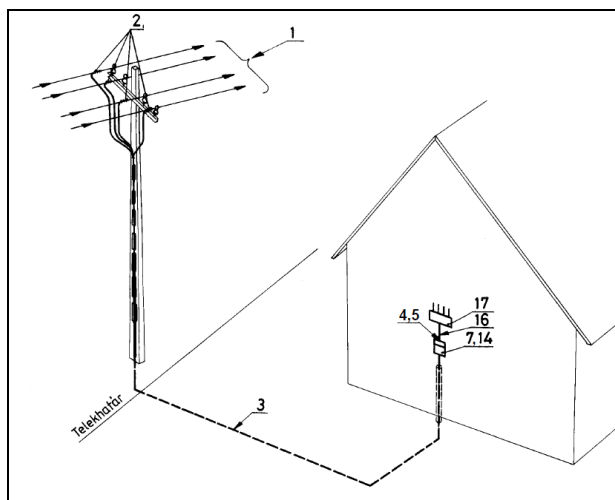
Egy fogyasztó ellátására, a fogyasztó kívánságára, szabadvezetékes hálózatról is lehetséges földkábeles csatlakozás. Szabadvezetékéről készített, magántulajdonban lévő kábelvezeték csatlakozását úgy kell kialakítani, hogy a méretlen fővezeték a kerítésbe épített csatlakozó szekrénybe kell beépíteni a fogyasztásmérőt is. A szekrény legfeljebb 2-4 lakásos társasházig alkalmazható. A csatlakozó kábel és szerelvényei csak a területileg illetékes áramszolgáltató által rendszeresített típus

lehet. Egy fogyasztó részére akkor lehet kábeles csatlakozást készíteni, ha a fogyasztásmérő a telekhatáron van, vagy az épület a telekhatártól nincs messzebb 10m-nél. Amennyiben a csatlakozási pont a telekhatáron (kerítésben) van, a mérési ponttól a mért fővezeték a fogyasztó saját hatáskörében létesíti és üzemelteti. A létesítés és üzemeltetés azonban ekkor is a szabványnak megfelelő legyen.

A földkábeles csatlakozó vezetékét háromfázisú kivitelben kell létesíteni, a terheléstől és a hurokimpedanciától függően:

- Alumínium vezetékkel 16-25-50 mm<sup>2</sup>
- Réz vezetékkel 10-16-25 mm<sup>2</sup> keresztmetszetben.

A kábelvezeték feszültség esése a mérési pontig, nem lehet több mint, 1% .



1 Közcélú elosztóhálózat, 2 Hálózati leágazópont, 3 Csatlakozóvezeték (kábel), 4 Csatlakozási pont  
5 A fogyasztói vezetékhalózat kezdőpontja, 7 Első túláramvédelmi készülék, 14 Fogyasztásmérő berendezés, 16 Mért fővezeték, 17 Fogyasztói főelosztótábla

Családi ház közcélú elosztóhálózatra csatlakoztatása kábelrel

### 6.8. Egyidejűségi tényező

Egyidejűségi tényező: az a valószínűségi szám, amely megadja, hogy két vagy több fogyasztási hely (fogyasztó) eredő terhelése – a legnagyobb terhelések időbeli eltolódása következtében – azok számtani összegénél hányszor kisebb.

**Számítása:**

$$e = c + \frac{1 - c}{\sqrt{n}}$$

e: egyidejűségi tényező, c=0,2 állandó, n: a lakások száma

pl:n=1 e=1,00; n=2 e=0,76; n=3 e=0,66; n=4 e=0,6; n=5 e=0,56; n=6 e=0,53; n=10 e=0,45; n=20 e=0,38

## 6.9. Épületek energiaelosztása

### 6.9.1. Elosztóhálózatra csatlakozás és elosztás

Az egyes áramszolgáltatók tipizált fogyasztásmérő helyek (szekrényeket) hagynak jóvá, amelyekben zárópecsételhetőség biztosítja az illetéktelen hozzáférés elkerülését. A fogyasztásmérő-hely tartalmazza legalább:

- az EPH csomópontot (sínt), amelyhez:
  - TN-rendszer esetén a PEN vezeték,
  - a villámvédelmi és egyesített földelés,
  - a védővezető gerincvezetéke (PE),
  - az EPH gerincvezeték
  - esetleg a villámáram-levezető csatlakozik;
- az első túláramvédelmi készüléket
- a fogyasztásmérő berendezést.

### 6.9.2. Egyenpotenciálú összekötés

Az egyenpotenciálú összekötés (EPH) az európai szabvány szerint a táplálás önműködő lakapcsolásával működő áramütés elleni védelmek (védővezetős érintésvédelmek) szerves része, tehát minden védővezetős érintésvédelem kiépítésének elhagyhatatlan tartozéka. Minden egyes épületben a fő egyenpotenciálú összekötésbe be kell kötni:

- a fő védővezetőt
- a fő földelővezetőt
- a fő földelőkapcsot
- valamint a következő idegen vezetőképes részeket:
  - az épületben lévő közüzemi csővezetéseket (pl. gáz, víz)
  - a szerkezeti fémrészeket, a központifűtést és a légkondicionáló berendezéseket,
  - a vasbeton épületszerkezetek fő fémrészeit, ha ez megoldható.

Az ilyen, az épületbe kívülről bevezetett vezetőképes részeket az épületen belül, az épületbe való belépési pontjukhoz a lehető legközelebb kell bekötni.

Az itt felsorolt idegen fém szerkezeteken kívül kommunális és lakóépületekbe a következő fémrészeket is be kell kötni:

- minden olyan fém szerkezetet (gépet, épületszerkezetet stb.), amely az alábbi feltételek valamelyikét kielégíti:
  - függőleges kiterjedése az adott helyen lévő épületrész egy teljes szintmagasságánál nagyobb, vagy
  - vízszintes kiterjedése 5 m-nél nagyobb, vagy
  - az épületet elhagyó vagy ide csatlakozó fém csővezetésektől nincs – elhelyezéséből eredően vagy szándékos intézkedéssel – villamosan elszigetelve, vagy
  - az előzőekben felsoroltaktól nincs – elhelyezéséből eredően vagy szándékos intézkedéssel – villamosan elszigetelve, vagy
  - fémből készült fürdőkád vagy legalább 500l űrtartalmú, helyhez kötött fémtartály.

### 6.9.3. Villámáram-levezető

Kisfeszültségű épületvillamossági berendezésekben túlfeszültségvédelem kialakítása érzékeny fogyasztók esetében (pl. elektronika) különösen indokolt. A vonatkozó szabvány előírásai szerint, amennyiben az épületen villámáram-levezetőt létesítenek, akkor azt az épület tápellátás belépési helyének közelében a fővezeték és az EPH csomópont közé ajánlatos beépíteni, azonban a méretlen hálózatba csak olyan túlfeszültségvédelmi egység építhetőbe, amelynek kialakítását az áramszolgáltató elfogadta. Ezek az egységek tönkremenetelük esetén automatikusan leválnak a táphálózatról, vagy túláramvédelmi egységgel (megszakító, olvadóbiztosító) kell védeni őket.

#### 6.9.4. Fogyasztói főelosztótábla

A fogyasztásmérőtől a fogyasztói főelosztótábláig haladó mért fővezeték megszakítás és toldás nélkül legalább 6mm<sup>2</sup> keresztmetszetű kell legyen.

Fogyasztói főelosztótábla – lakáelosztó – (általában lakásonként egy van) a következő funkciók megvalósítására szolgáló készülékek elhelyezésére szolgál:

- túlterhelés és zárlatvédelem;
- érintésvédelem;
- villámvédelem;
- csengetés;
- több pontról világítás vezérlés;
- energiamentesítés (teljesítmény időzített kapcsolása, pl: alkonykapcsoló, lépcsőházi automata stb.).

#### 6.10. Személyek védelme

##### 6.10.1. Közvetlen érintés elleni védelem

A villamos áram nagyságának élettani hatását alapul véve közvetlen érintés elleni védelemre a 30 mA-es ÁVK-t alkalmazzák. Magyarországon, és az MSZ HD 60364 szabvány értelmében a következő érintés elleni védelem feladatára nem, csak annak kiegészítő védelmeként alkalmazható ÁVK.

##### 6.10.2. Közvetett érintés elleni védelem (testzárlat védelem)

Minden védővezetős érintésvédelmi mód legnagyobb veszélye a védővezető szakadása, ekkor az érintésvédelem hatástalan. Ezért előző bekezdésben leírtakat megfontolva érthető, hogy a gyakorlatban, a következő érintés elleni védelem feladatára az áram-védőkapcsolók alkalmazását preferálják a szakemberek.

Áram-védőkapcsolók alkalmazásának a következő megoldásai ajánlhatók:

- A tápoldalon egyetlen ÁVK látja el az egész fogyasztó érintésvédelmét. Semmilyen szelektivitás nem biztosítható az érintésvédelemben.
- A fogyasztó oldalon csoportosított fogyasztókat véd egy-egy ÁVK. A csoportosítási szempontok:
  - fürdőszoba és zuhanyzó;
  - nedves helyiségek (mosoda, szauna);
  - dugaszolóaljzat áramkörök;
  - konyha, tűzhely;
  - kert (pl. fűnyírás);
  - lakószobák világítási áramkörei;
  - szórakoztató elektronikai berendezések és számítógépek perifériákkal.
- Szelektív érintésvédelem kialakítása. Tápoldalon közepes érzékenyséű (300 mA), késleltetett (S-típusú) ÁVK, a fogyasztói oldali leágazásokban pillanatműködésű nagy érzékenyséű (30 mA) ÁVK. Takarékosági szempontból a kevésbé veszélyeztetett védelme a tápoldali ÁVK-ra bízható. Ezen utóbbi megoldás további előnye, késleltetett ÁVK a túlfeszültségkorlátozó működésekor sem szólal meg, így a túlfeszültségvédelem az „S” típusú ÁVK fogyasztói oldalára beépíthető.

#### 6.11. Áramkörök kialakítása

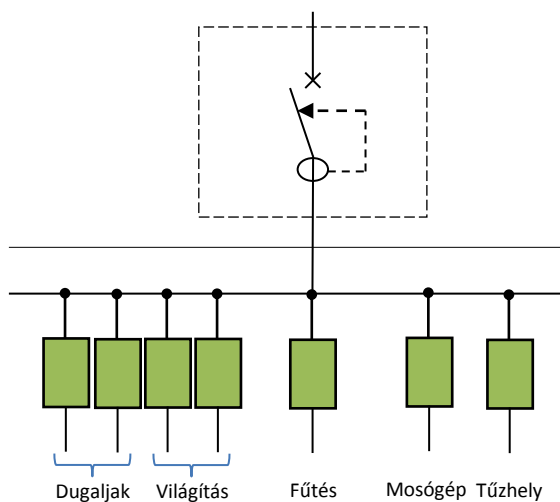
##### 6.11.1. Aláosztás

- Legalább egy világítási áramkör
- Legalább egy áramkör a 10/16A névleges áramú dugaszolóaljzatok számára. Minden áramkörben maximum 8 db dugaszolóaljzat lehet. Ezek az aljzatok egyes vagy kettős dugaszolóaljzatok (a kettős egységekben két 10/16 A-os dugaszolóaljzat van kialakítva egy

fali dobozba szerelhető közös szerelvényben, tervezéskor egy önálló elemként kell figyelembe venni).







- Külön-külön áramkör alakítandó ki a következő fogyasztókészülékekhez: forróvíztároló (bojler), mosogatógép, mosógép, villanytűzhely, fagyasztószekrény stb. A lakásban lévő - sokféle- rendeltetésű - szobák számától függően egy sor 10/16 A-es dugaszolóaljzatra és fix lámpahelyre van igény.

Az ábrán a betáplálás oldalán egy kombinált készülék van, amelyik mind a túláramvédelem, mind az érintésvédelem feladatát ellátja, neve áramvédős kismegszakító.





A lakásáramkörök szétosztása a fogyasztás jellege szempontjából:

Alapterület	60 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup>	>100 m <sup>2</sup>
<b>Teljesítményigény</b>	<b>4600 VA</b>	<b>6600 VA</b>	<b>&gt;10 000 VA</b>
<b>Áramkörök száma háztartási csatlakozóaljzatok számára</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Világítási áramkörök száma</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Speciális áramkörök száma</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Kialakítás</b>			
 <b>KONYHA</b>	20 m <sup>2</sup> -enként egy fényforrás megkezdett, 5 m <sup>2</sup> -enként 1 aljzat	20 m <sup>2</sup> -enként egy fényforrás megkezdett, 5 m <sup>2</sup> -enként 1 aljzat	20 m <sup>2</sup> -enként egy fényforrás megkezdett, 5 m <sup>2</sup> -enként 1 aljzat
 <b>HÁLÓSZOBA</b>	egy fényforrás, három aljzat	egy fényforrás, három aljzat	egy fényforrás, három aljzat, egy speciális célú aljzat
 <b>KONYHA</b>	egy fényforrás, három aljzat	két fényforrás, három aljzat, háztartási gépemként egy aljzat	két fényforrás, három aljzat, egy speciális célú aljzat, háztartási gépemként egy aljzat
 <b>FÜRDŐSZOBA</b>	egy fényforrás, egy aljzat, egy speciális célú aljzat	két fényforrás, egy aljzat, egy speciális célú aljzat	két fényforrás, két aljzat, egy speciális célú aljzat
 <b>ELŐSZOBA</b>	egy fényforrás, egy aljzat	megkezdett 12 m <sup>2</sup> -enként egy fényforrás, 12 m <sup>2</sup> -enként egy aljzat	megkezdett 12 m <sup>2</sup> -enként egy fényforrás, 12 m <sup>2</sup> -enként egy aljzat
 <b>GARÁZS, KÜLTÉR</b>	egy fényforrás, egy aljzat	két fényforrás, egy aljzat, egy kültéri fényforrás	két fényforrás, egy spec. célú aljzat (pl. 3 fázisú), egy aljzat, egy kültéri aljzat, három kültéri fényforrás

Ajánlás az áramkörök kialakítására  
Nem kötelező és nem is lehet a táblázatban lévő ajánlásokat mindig betartani, de kiindulási alpnak jól lehet használni.

### 6.11.2. Védővezetők

Az MSZ 2364-410 magyar szabvány „Védelem a táplálás önműködő lekapcsolásával” szakasz általános előírások pontjában a védővezető kiépítését minden áramkörben elvárja. Ez a létesítésnél szigorúan betartandó, ahol I. érintésvédelmi osztályú gyártmányt használnak, ami a gyakorlatban egyébként általános eset. A védővezetőt be kell kötni minden dugaszolóaljzat védőérintkezőjébe, az I. osztályú gyártmányok védőcsatlakozó kapcsába és csatlakoztatni kell a földelt EPH csomóponthoz.

### 6.11.3. A vezetők keresztmetszete

A vezetők keresztmetszete és a hozzá kapcsolódó túláramvédelmi eszközök névleges árama a következőkben felsoroltaktól függ: Az áramkör áramának nagysága, a környezeti hőmérséklet, a kivitelezés módja, a szomszédos áramkörök hatása, továbbá a vonatkozó áramkör fázisvezető, védővezető és nullavezető keresztmetszete azonos kell, hogy legyen (feltételezve, hogy a vezetők anyaga azonos, mind réz vagy mind alumínium).

### 6.11.4. Túlvezetékgyédelem és villámvédelem

Három elvi szabályt kell betartani:

- Rendkívül fontos, hogy a három kábelhossz, amelyeket a túlvezetékgyédelem bekötésénél alkalmazunk, együttesen se haladják meg az 50 cm-t:
- Az aktív vezetőt a kismegszakítóval (olvadó biztosítóval) összekötő vezeték hossza, meg
  - a kismegszakítót a túlvezetékgyédelemmel összekötő vezeték hossza, meg
  - a túlvezetékgyédelemmel az EPH csomóponttal összekötő vezeték hossza, ami lehet segéd EPH-sín is. A villámáram útjának azon két pontja közötti vezeték szakaszok hossza, ahonnan a fogyasztók párhuzamosan leágaznak. Ez a földelt EPH-sín nyilvánvalóan ugyanabban a szekrényben alakítandó ki, ahol a túlvezetékgyédelem van elhelyezve.
- A túlvezetékgyédelemmel sorosan egy leválasztó kismegszakítót azért kell beépíteni, mert ha a túlvezetékgyédelem tönkremegy (rövidzárlatot okoz), akkor is biztosítani kell a fogyasztó folyamatos ellátását.

### 6.12. Lakáelosztó kiválasztása

Az adott feladattól függően használhatunk falon kívüli, süllyesztett vagy vízmentes kiselosztót.

Süllyesztett kiselosztót akkor használunk, ha süllyesztett szerelésű az installáció, és a kiselosztó látható helyre kerül beépítésre. A süllyesztett kiselosztót így mindig ajtóval - fehér vagy átlátszó, füstszínű ajtóval - szállítják. Ezt gyakran a belsőépítész választja ki, hogy harmonizáljon a fal és a bútorok színével. Az igényesebb süllyesztett kiselosztók ajtajai teljesen takarják az elosztót, így pl. egy füstszínű ajtó esetén nincs fehér keret, illetve fehér színű ajtó és fehér fal esetén a berendezés maradéktalanul be tud illeszkedni a környezetbe.

Falon kívüli kiselosztót akkor kell alkalmazni, ha külső szereléssel készül az installáció (ekkor ajtó szükséges), vagy ha az elosztó egy előre kialakított szekrényben van elhelyezve (ilyen lehet a családi házak oldalán kialakított mérőszekrény, amelyet üvegezett faajtó zár). Ekkor nem szükséges a kiselosztóra ajtó felszerelése. A falon kívüli kiselosztók esetében az ajtó opcionális, külön rendelendő.

Vízmentes kiselosztók alkalmazása szabadterén vagy vizes, párás helyiségben javasolt. Ebben az esetben mindig ellenőrizni kell a kiselosztó IP védettségét. A gyakorlatban az IP 55 védettség kültéren megfelelő. Ezek az elosztók mindig ajtóval szereltek, és az ajtó peremén gumitömítés fut végig. Erősebb kiselosztó alkalmazására nagyobb áramerősségű elosztó építésekor vagy nagyobb mechanikai igénybevétel esetén van szükség, pl. nagyobb keresztmetszetű tápláló kábel fogadásakor. Ezen elosztók közös jellemzői a masszívabb felépítés, a nagyobb falvastagságok, nagyobb hely a vezetékvezetésre és a nagyobb mélység.

A kiselosztó előszerelését célszerű műhelyasztalon elvégezni. A legújabb kiselosztók esetében a kivethető szerelőkeret segíti a vezetékvezetést. Az elosztó vezetékvezetése után jöhet a rögzítés. Az elosztók rögzítő furatai úgy vannak kiképezve, hogy korrigálni lehessen az apróbb pontatlanságokat a furattávolságokban, és könnyen beállítható legyen függőlegesen-vízszintesen. A modern süllyesztett kiselosztók esetén olyan az elosztó és a szerelőkeret kialakítása, hogy kiküszöbölhető a kisebb süllyesztési hibák.

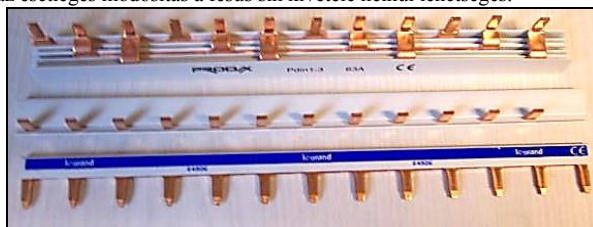
Az elosztó kiválasztásakor az egyik legfontosabb szempont a megfelelő modulszám, mindenképpen elegendő szabad helynek kell lennie a villamos készülékeinknek, és nem szabad megfedkezni az esetleges későbbi bővíthetőségről sem. Egy modulnak a szélessége a legtöbb villamos készülékeket gyártó cégnél 17.5-18mm, ami az egypólusú kismegszakító szélessége. Viszont vannak olyan gyártók ahol a modulszélesség 9mm itt az egypólusú kismegszakító 2 modult foglal el (Schneider-Electric). A megfelelő modulszélességet mindig vegyük figyelembe az elosztó kiválasztásánál.

A gyors szerelhetőség egyre inkább előtérbe kerülő választási kritérium, ami nem csak a kapcsolókészülékekre, hanem a kiselosztókra is vonatkozik. Az ún. "hátlap nélküli" kiselosztók előnye, hogy csupán 35 mm-es DIN-sínt tartó és a fali rögzítőfüleket tartalmazó keret található meg benne. Ez a konstrukció rendkívüli szabadságot ad a bejövő és elmenő vezetékek elrendezésének, hiszen nincs szükség a kiselosztó kifűrésására, ami plusz idő és energia. A megfelelő kiselosztó kiválasztásához az esztétikai megfontolásokon túl érdemes figyelembe venni, hogy könnyen szerelhető legyen, megfelelő számú PE és N csatlakozóblokk álljon rendelkezésre. A szerelhetőséget tekintve ezért előnyösebb az ún. hátlap nélküli kiselosztót választani, amely felületre szerelhető, nem kell a kiselosztót külön "megfűrni" ahhoz, hogy a vezetékeket elrendezzük.



Hátlap nélküli kiselosztó

A lakáselosztóban ahol csak lehet használjunk fésűs sínt a szerelvények összekötéséhez. A fésűs sínek teljesen szigetelt kivitelűek, és a kívánt hosszra szabhatók. A készülékek kapcsaira rádugva egyszerűen használhatók, és az esetleges módosítás a fésűs sín kivétele nélkül lehetséges.



Egy és háromfázisú szigetelt fésűs sínek

### 6.13. Egyfázisú lakáselosztó készítése (példa)

Az első lépés az előző fejezetekben leírtak alapján meghatározni az áramkörök számát. A világítási és a dugalj áramkörei külön áramkörön legyenek.

A felosztás során az alábbi áramkörökre bonthatjuk a lakást:

- Világítás 1. előszoba, fürdőszoba, WC
- Világítás 2. szoba 1., szoba 2., udvarvilágítás, padlásvilágítás
- Világítás 3. konyha, garázs, felcsengető, nappali
- Dugalj 1. szoba 1., szoba 2.
- Dugalj 2. előszoba, nappali
- Dugalj 3. garázs, felcsengető
- Dugalj 4. udvari
- Dugalj 5. fürdőszoba
- Dugalj 6. konyha

Ezután meghatározzuk a kismegszakítók terhelési értékeit és karakterisztikáját.

A kismegszakítók egy készülékben egyesítik a rövidzárlat során fellépő rövidzárási áram és a túlterhelés esetén fellépő túláram elleni védelmet. A kismegszakító kiválasztása mindig a védendő fogyasztó jellegétől, energiaigényétől függ. A kismegszakítót névleges áramuk, kioldási jelleggörbéjük, pólusszámuk és zárlati megszakító-képességük (zárlati szilárdság) alapján kell kiválasztani. A névleges áram azt jelenti, hogy ha tartósan (akár kis mértékben is) meghaladja ezt az átfolyó áram nagysága, akkor a készülék lekapcsol. A névleges áramuk gyárilag van beállítva szobahőmérsékleten, ami nem változtatható. A jelleggörbe és a névleges áram a hőmérséklettől függően változik, de mértéke csekély, szélsőséges esetektől eltekintve elhanyagolható. A névleges áramnak nagyobb-egyenlőnek kell lennie a fogyasztó névleges áramánál. A kismegszakító jelleggörbéje az átfolyó áram és a kioldási idő közötti kapcsolatot jelenti. A forgalomban B, C, D betűvel megkülönböztetett jelleggörbével rendelkező kismegszakítók kaphatók.

Jelleggörbe	Kioldási karakterisztika	Felhasználás
<b>B</b>	3..5 x névleges áram	általános világítás, vezetékvédelem
<b>C</b>	5..10 x névleges áram	hagyományos fogyasztók
<b>D</b>	10..14 x névleges áram	nagy indítási áramú fogyasztók, transzformátorok

A világítási áramkörökhöz választhatunk 10A-es B típusú kismegszakítót, az általános dugalj áramkörökhöz 16A-es C típusú kismegszakítót, a konyhai dugaljához 20A-es C típusút a nagyobb fogyasztók miatt (olajsütő, mikrohullámú sütő stb., ha lenne a konyhában villany tűzhely akkor annak külön áramkört kellene kialakítani).

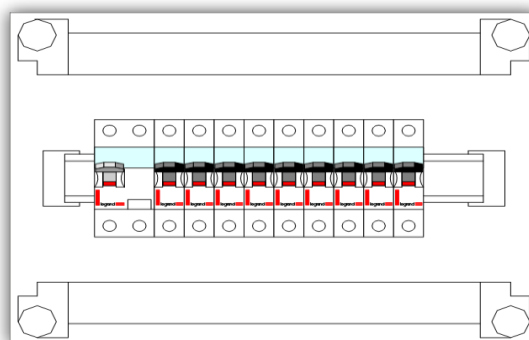
Az elosztóban egyfázisú áramvédő-kapcsolót kell alkalmazni, aminek érintésvédelmi szempontból az összes áramkört védenie kell, így ennek a bekötése megelőzi a kismegszakítókat. A fogyasztásmérő szekrényben 32A-es C karakterisztikájú kismegszakító található, így 2Pólusú 40A-30mA-es ÁVK szükséges.

Az elosztóba kerülő szerelvények helyfoglalása:

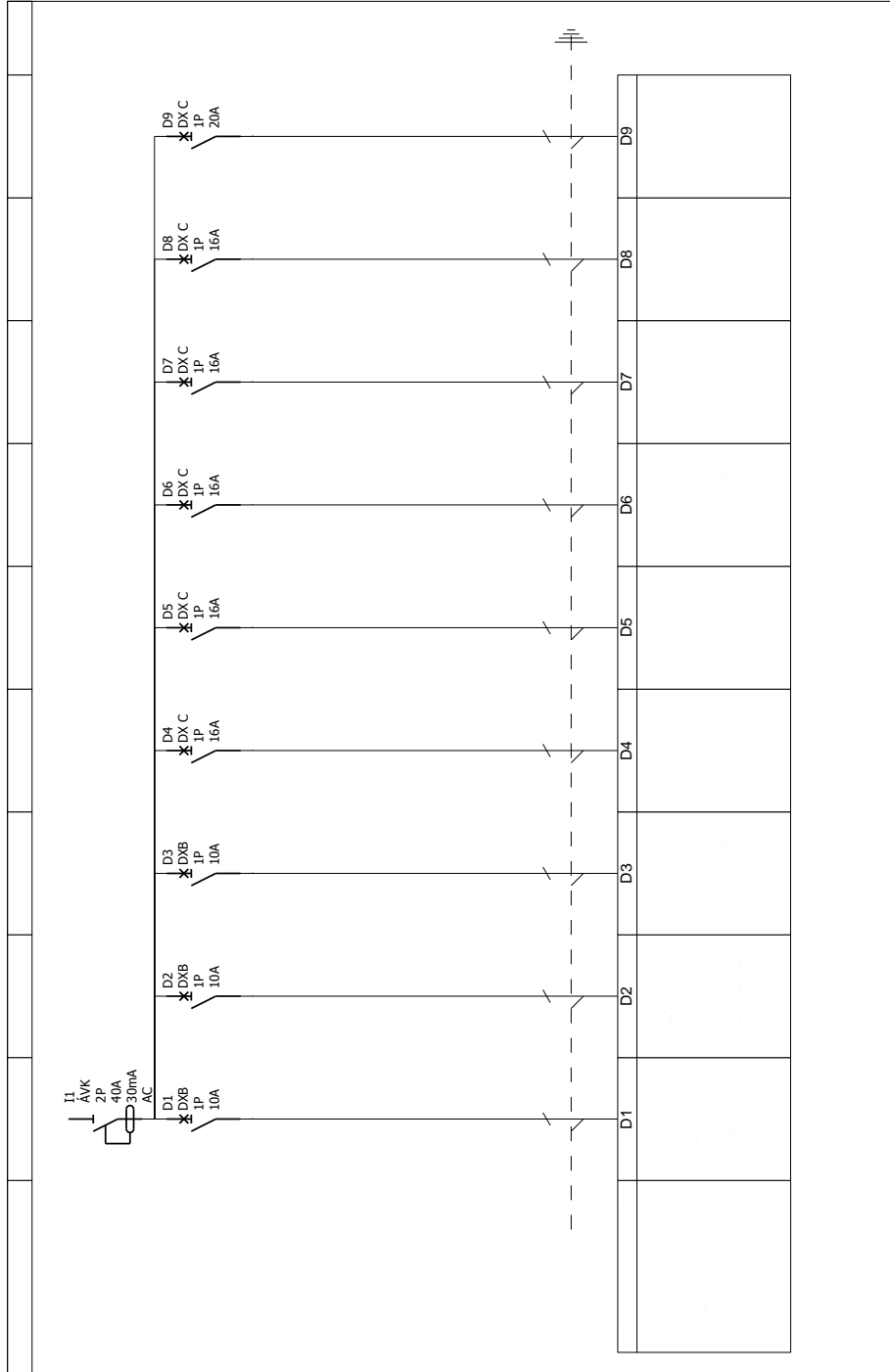
- 9db 1 modul széles kismegszakító
- 1db 2 modul széles egyfázisú ÁVK.

Összesen 9x1 modul + 1x2 modul =11 modul.

Ehhez megfelelő a 12 modul oszto, marad 1 modul tartalék. De ha későbbiekben szeretnénk bővíteni az elosztót, akkor nyugodtan választhatunk 18 vagy 24 modul oszto is.



A lakáselosztó elrendezési rajza



A lakáselosztó áramutas rajza

#### 6.14. Háromfázisú műhelyelosztó készítése (példa)

A műhelyelosztó áramkörei:

- Világítás 1. öltöző, előtér
- Világítás 2. iroda, műhely, mosdó
- Dugalj 1. 230V öltöző, előtér
- Dugalj 2. 230V iroda, mosdó, öltöző
- Dugalj 3. 230V műhely 1.
- Dugalj 4. 400V műhely 2.

A fogyasztásmérőnél lévő kismegszakító 3x20A-es C kar.

A világítási áramkörök: 10A-es B karakterisztikájú

Az egyfázisú dugaljok áramkörei: 16A-es C karakterisztikájú

A műhely háromfázisú dugalja: 3x20A-es C karakterisztikájú kismegszakító

Áramvédő-kapcsoló: 4Pólusú 25A/30mA-est választhatunk

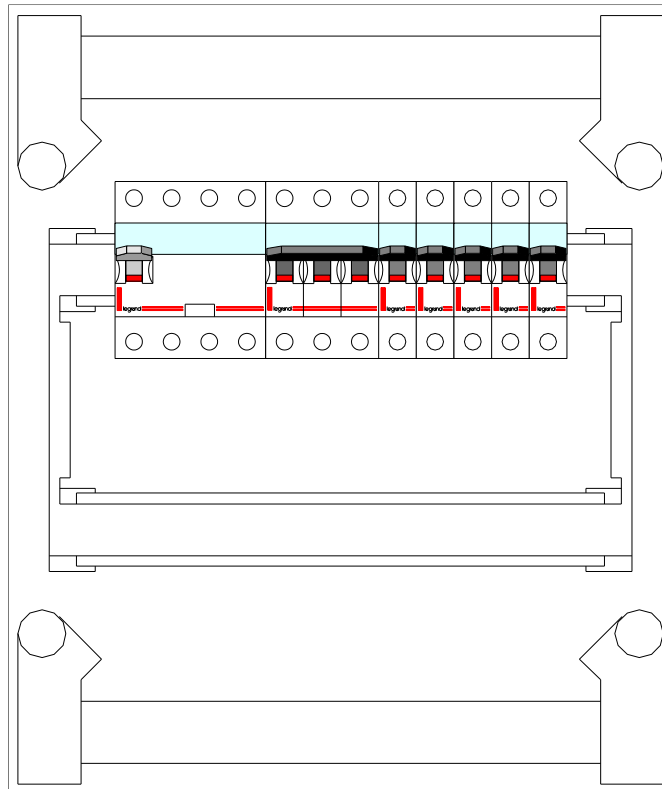
Az elosztóba kerülő szerelvények helyfoglalása:

- 5db 1 modul széles kismegszakító
- 1db 3 modul széles háromfázisú kismegszakító
- 1db 4 modul széles háromfázisú ÁVK.

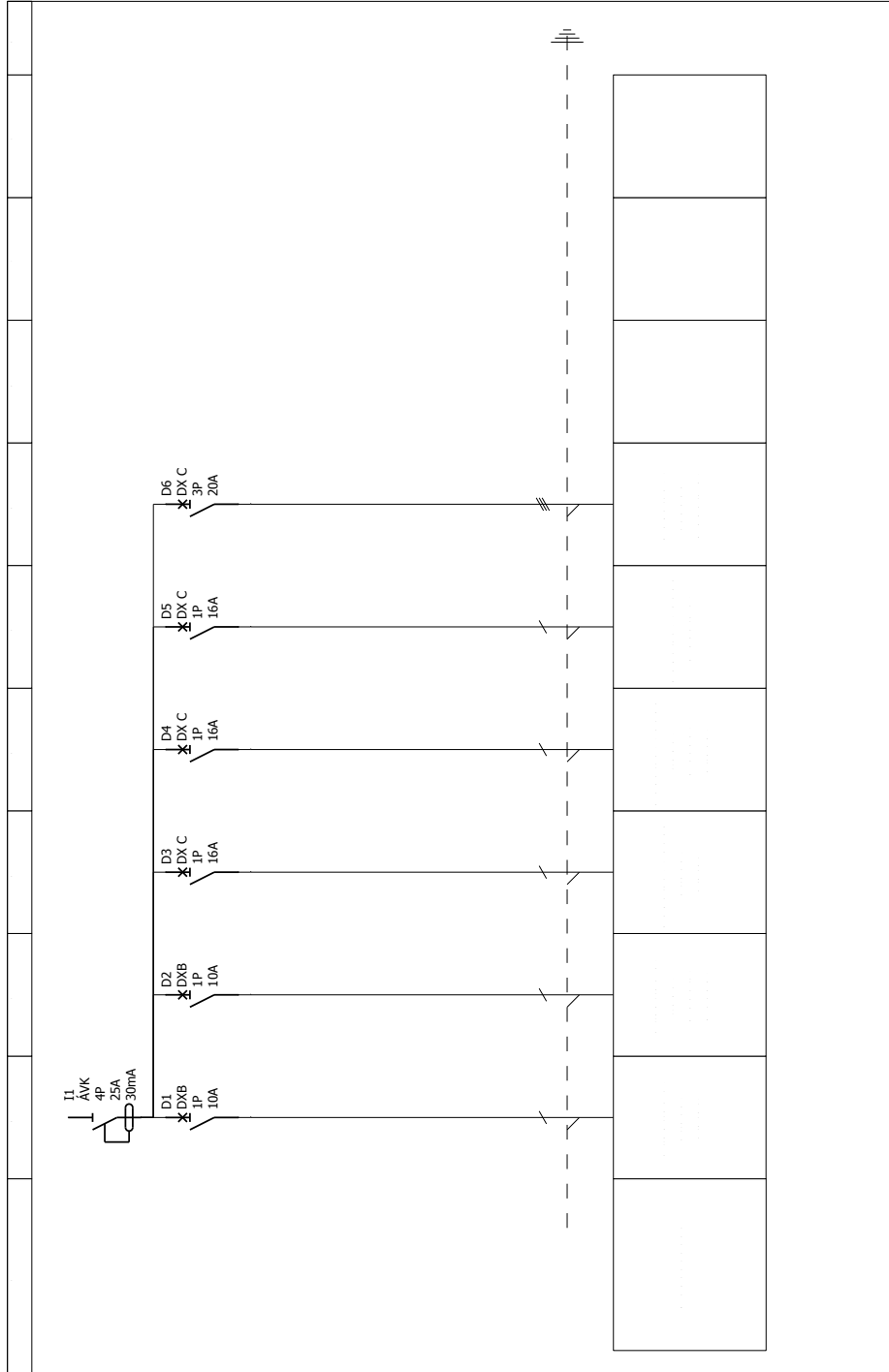
Összesen 5x1 modul + 1x3 modul + 1x4 modul =12 modul.

Ha a későbbiekben nincs semmilyen bővítés betervezve, akkor megfelelő lenne a 12 modulos elosztó. De ebben a példában 24 modulos elosztót használunk a későbbi könnyű bővíthetőség érdekében.

Az elosztó szereléséhez célszerű háromfázisú fésűs sint alkalmazni, amivel egyúttal megoldjuk a három fázis közötti terheléselosztást is.



A műhelyelosztó elrendezési rajza

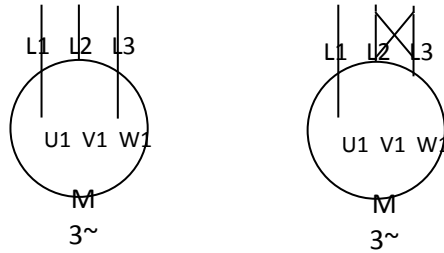


A műhelyelosztó áramutas rajza

### 6.15. Háromfázisú aszinkronmotor irányváltós indítása (példa)

Információ: Készítsünk 3x400V-os 2,2kW-os háromfázisú aszinkronmotorhoz nyomógombos irányváltós kapcsolást, túlterhelés és túláramvédelemmel.

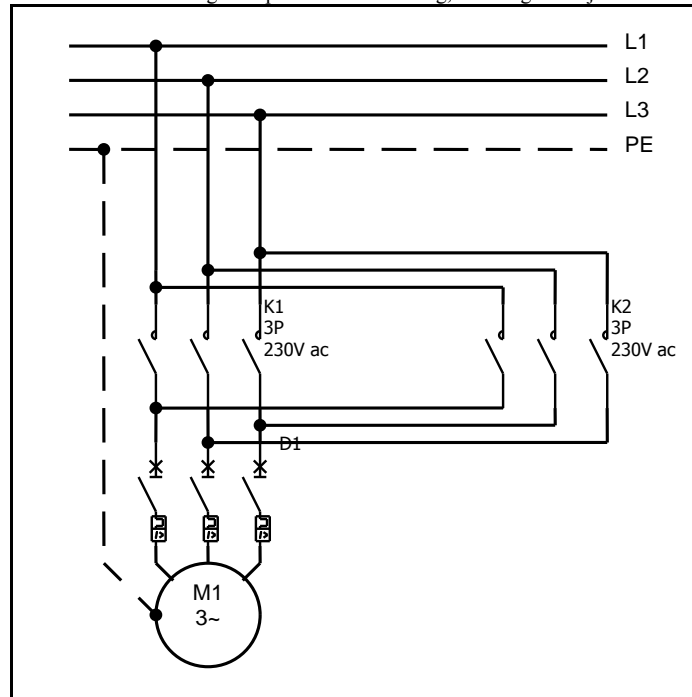
Az irányváltó kapcsolással egy háromfázisú aszinkronmotor jobbra vagy balra forgogva működtethető. A motor csatlakozóin a fázissorrendnek megfordíthatónak kell lennie.



Jobbra  
forgás

Balra  
forgás

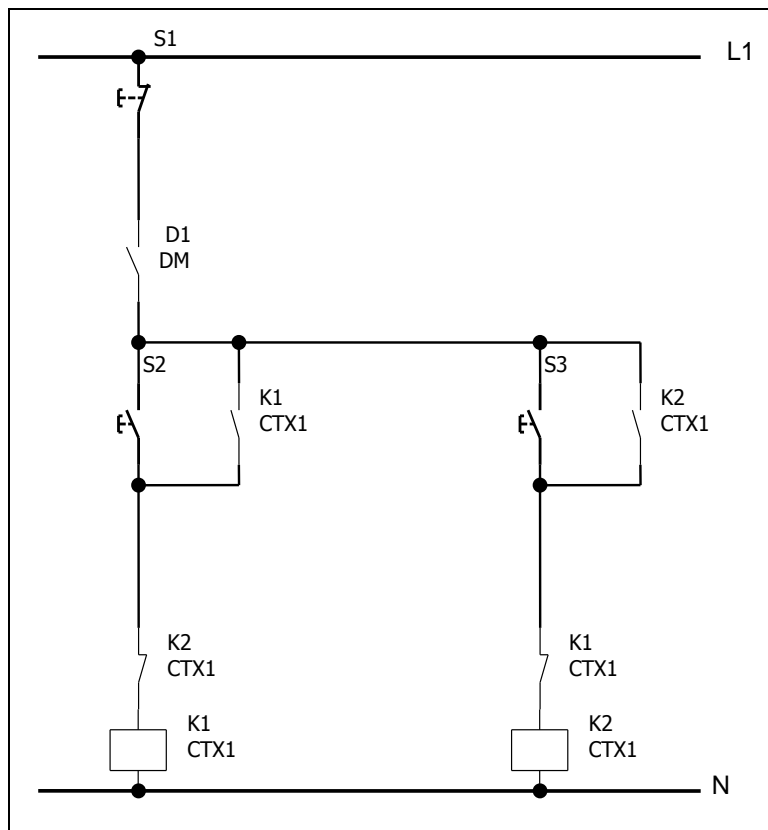
A motorvezérléshez kettő darab mágneskapcsolóra van szükség, ami megvalósítja fázisvezetők cseréjét.



A főáramkör kapcsolási rajza, D1: motorvédő, K1: mágneskapcsoló a jobbra forgáshoz, K2: mágneskapcsoló a balra forgáshoz, M1: háromfázisú motor

A vezérlőkapcsolásnak gondoskodnia kell arról, hogy mindig csak egy mágneskapcsoló legyen bekapcsolva (különben rövidzárlat keletkezik).

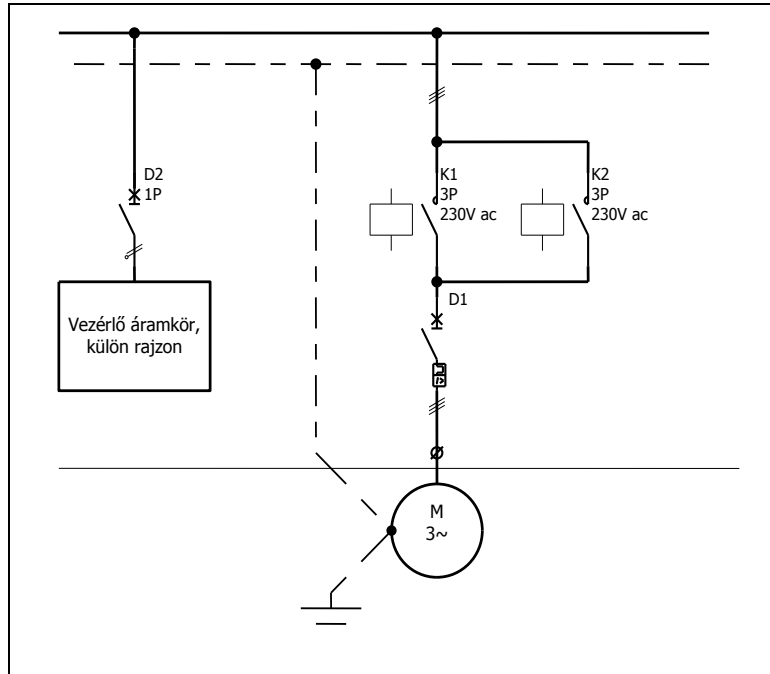




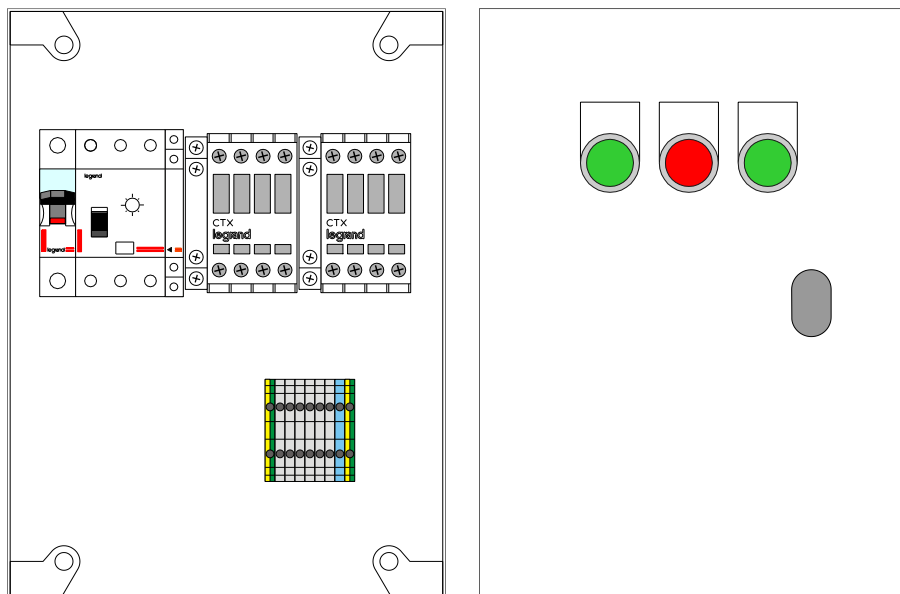
A vezérlőáramkör kapcsolási rajza, S1: KI nyomógomb, S2: Jobbra, S3: Balra forgás nyomógombja, D1 motorvédő segédérintkezője

A kapcsolás működése:

Az S2 nyomógomb megnyomásakor a K1 mágneskapcsoló meghúz és elindítja a motort jobbra, eközben öntartóvá válik a működése. A K2 meghúzását reteszeli a K1 nyitóérintkezője. A balra forgásirányt csak az S1 nyomógomb megnyomása után (kikapcsolás után) lehet bekapcsolni az S3 nyomógombbal, ami szintén öntartásba megy át, és reteszeli K1 meghúzását. A motorvédő kioldása után csak akkor indul újra a motor, ha visszaállítottuk a motorvédőt, és újra megnyomjuk az S2 vagy S3 nyomógombok valamelyikét.



A főáramkör áramutas rajza

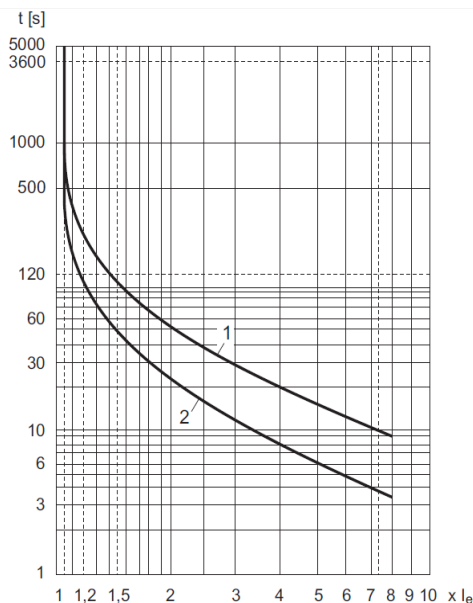


Villamos szekrény egy lehetséges elrendezési rajza.

### 6.15.1. Hőrelé, és a motorvédő kapcsoló kiválasztása

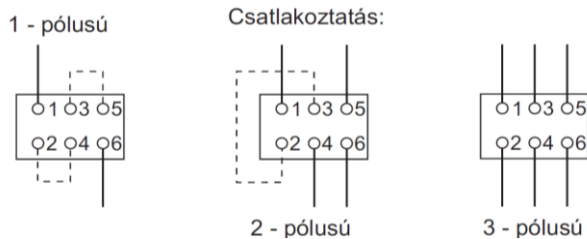
A háromfázisú termobimetálos hőrelék és motorvédők különféle villamos fogyasztó-készülékek – elsősorban motorok – túlterhelés elleni védelmére szolgálnak.

A hőrelék túlterhelés érzékelésére és a segédértezőin való jelzésre szolgálnak. A motorvédők képesek megszakítani a túlterhelt áramkört, illetve rendelkezhetnek rövidzárlati pillanatkioldóval is.



Kioldási jelleggörbe, 1: felső határ, 2: alsó határ

Vízszintes tengely: a beállított áramérték többszöröse, függőleges tengely: kioldási idő  
Ha nem háromfázisú motort védünk a hőkioldóval akkor is mind a három áramutat terhelni kell:



A motorvédőn az árambeállító gombon lévő értékek közötti - a védeni kívánt motor névleges üzemi áramának megfelelő - értéket kell a gomb alatti nyílra állítani. A motorok adattábláján mindig megtalálható a névleges áramuk.

Ha a háromfázisú 3x400V-os motoron nincs adattábla, vagy nem hozzáférhető helyre van beszerelve a motor, de tudjuk a névleges teljesítményét akkor jó megközelítéssel számolhatunk az alábbi összefüggéssel.

$$\text{Motor árama (A)} = \text{Motor teljesítménye (kW)} * 2,2;$$

A példában szereplő motor árama:  $I=2,2*2,2=4,84A$ , tehát olyan kioldót kell választani aminek a kioldási áramát 5A-re beállítjuk. A hőkioldót/motorvédőt érdemes egy kicsivel a motor névleges árama fölé állítani. Erre a célra egy 4-6,3 amperig állítható készülék megfelelő.

A megfelelő motorvédő kapcsoló kiválasztásában az alábbi táblázat nyújt segítséget:

Egyfázisú motorteljesítmény [kW]	Háromfázisú motorteljesítmény [kW]					A túlfeltes-kioldó beállítási áramhatárai [A]	Zártati kioldó [A]
	230 V	400 V	440 V	500 V	690 V		
230 V		0,02			0,06	0,1 ... 0,16	1,9
		0,06	0,06	0,06	0,09	0,16 ... 0,25	2,6
	0,06	0,09	0,12	0,12	0,18	0,25 ... 0,4	4,4
	0,09	0,12	0,18	0,25	0,25	0,4 ... 0,63	8
0,06 ... 0,09	0,09 ... 0,12	0,18 ... 0,25	0,25	0,37	0,37 ... 0,55	0,63 ... 1	11
0,12	0,18 ... 0,25	0,37 ... 0,55	0,37 ... 0,55	0,55 ... 0,8	0,75 ... 1,1	1 ... 1,6	19
0,18 ... 0,25	0,37	0,75 ... 1,1	0,75 ... 1,1	1,1	1,5	1,6 ... 2,5	30
0,37	0,55 ... 0,8	1,1 ... 1,5	1,5	1,5 ... 2,2	2,2 ... 3	2,5 ... 4	42
0,55 ... 0,75	1,1 ... 1,5	2,2 ... 2,5	2,2 ... 3	3	4	4 ... 6,3	69
1,1 ... 1,5	1,5 ... 2,5	3 ... 4	4 ... 5	4 ... 5,5	5,5 ... 7,5	6,3 ... 10	110
2,2	3 ... 4	5 ... 7,5	5,5 ... 9	7,5 ... 9	11	10 ... 16	210
3	5,5	9	11	11 ... 12,5	15	16 ... 20	220
	5,5 ... 7,5	11 ... 12,5	12,5	15	18,5	20 ... 25	220

## 7. Intelligens épület

A kényelem, a biztonság egyre fontosabb mindennapjainkban. Ugyanezek az elvárások megjelennek a villamos berendezéseinkkel, így a szerelvényekkel szemben is; fontos, hogy megtaláljuk a kapcsolókat sötétben is, hazaérkezéskor a kapuban a világítás automatikusan felkapcsolódjon, a redőnyöket a lakásban egyszerre is tudjuk irányítani, zenét tudunk hallgatni a lakás minden helyiségében, vagy jelzést kapjunk víz- vagy gázszivárgáskor, stb...

Ki ne gondolt volna már egy fárasztó nap után hazafelé tartva arra, milyen jó is lenne, ha egy meleg fürdő várna otthon, vagy éppen nyaralásra indulva hányszor vitakoztunk arról, vajon kikapcsoltuk a vasalót, világítást stb...

Milyen jó is lenne felhívni a fürdőkádat, valahogy haza nézni. Talán a mindennapi életben egy kicsit hihetetlennek tűnhetnek ezek a kívánságok, de az intelligens ház megoldást kínál ezekre a gondolatokra is.

A rendszer lehetővé teszi, hogy pénztárcánktól és igényeinktől függően saját magunk befolyásoljuk és javítsuk életminőségünket az új építésű és a felújított otthonok, irodák, üzlethelységek esetében egyaránt.

Elég egy mozdulat, hogy bekapcsoljuk a hangulatvilágítást, vagy nyugodt szívvel menjünk el otthonról, irodánkból; esetleg minden helyiségben hozzáférjünk multimédiás eszközeinkhez.

Egy gombnyomásra lekapcsolhatjuk az összes lámpát, leengedhetjük a redőnyt, esetleg az esti programtól függően változtathatunk a nappali hangulatvilágításán: olvasás, házimozzi, baráti beszélgetés, ünneplés stb.

Egyetlen mozdulat és az egyik, előszobában lévő intelligens kapcsolóval működésbe hozhatjuk a munkába indulásra jellemző beállításokat, mely lekapcsolja a lámpákat, 15 perccel indulás után leengedi a redőnyöket, leveszi a fűtést. Este pedig mielőtt a gyerekek hazaérnének az iskolából, mobiltelefonunkról vagy munkahelyi számítógépünkről könnyedén aktiválhatjuk az ilyenkor jellemző beállítási módot.

Ha esetleg a családtagok későn érnek haza és a ház üres, akkor a szobák lámpáit távirányítással is felkapcsolhatjuk, így riasztva el a rosszban gondolkodókat.

Ha valamilyen káreset történik (betörés, csőtörés, gázszivárgás), akkor azonnal értesítést kapunk SMS-ben vagy e-mailben. Kamerák segítségével pedig könnyedén meggyőződhetünk arról, hogy mi is történt valójában.

Régebben is léteztek intelligens épületmegoldások. Ezek többnyire busz-rendszeren alapultak. Jelenleg a fejlesztések egy másik irányba indultak el.

A bemutatásra kerülő rendszer a meglévő erősáramú hálózatot használja fel az eszközök közötti kommunikációra, valamint a rádiófrekvenciás kapcsolatot, illetve az infravörös távvezérlés lehetőségét.

Vizsgáljunk meg egy lehetséges rendszert.

Az erősáramú hálózat valamint a rádióhullámú hálózat közösen is működik.

Teljes infravörös távvezérléssel működtethető.

A jeladó és a jelvevő (végrehajtó szerelvény) között nincs szükség külön összekötő vezetékre.

A rendszer valamennyi eleme egyaránt lehet jeladó vagy jelvevő: az adatforgalom kétirányú.

A lakás bármelypontján létre hozhatunk intelligens funkciókat egy egyszerű csatlakozással.

Azonos hálózaton történik a vezérlés, illetve az áramszolgáltatás.

Nincs szükség külön adatátviteli (pókháló rendszerű) hálózatra.

A rendszer a meglévő fázis-nulla vezetőt használja adatátviteli kábelként.

Minden szerelvény rendelkezik infravörös érzékelővel.

Példaként **Legrand IOBL** rendszere kerül bemutatásra.

Az **IOBL rendszer** előnyei:

- egyszerű felszerelni, programozni és használni
- nincs szükség külön kábelezésre
- bármikor módosítható, kiegészíthető új alkalmazásokkal és kiterjeszhető a lakás összes helyiségére
- egyszerű. a felhasználó részéről is elvégezhető programozás, külön speciális számítógépes program nélkül
- távirányítás

Milyen szolgáltatásokat várhatunk el az IOBL-től?



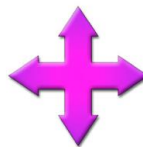
Helyi vezérlés



Esemény alapú vezérlés



Időzített vezérlés

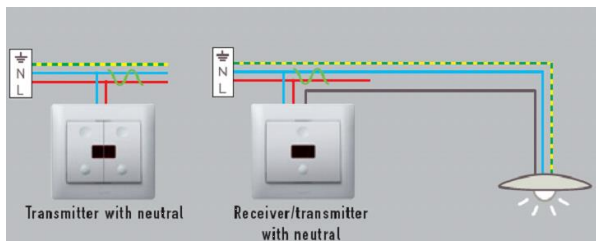


### Alkalmazott technológiák:

- vivőáramos vezérlés
- infravörös vezérlés
- rádiós vezérlés

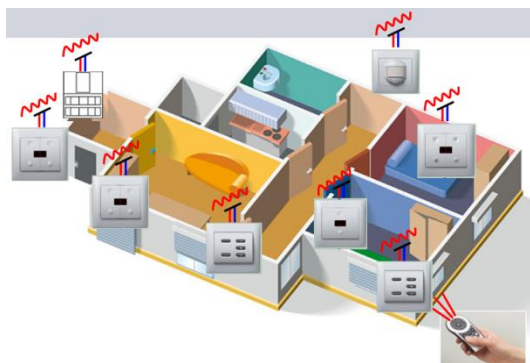
A **vivőáramos (PL)** vezérlés előnyei:

- A lakás bármely pontjáról létrehozhatunk intelligens vezérlést egyszerű csatlakoztatással.
- Azonos hálózaton történik a vezérlés és a berendezés áramellátása.
- Minden PL szerelvény rendelkezik infravörös érzékelővel, ezért távirányítható.



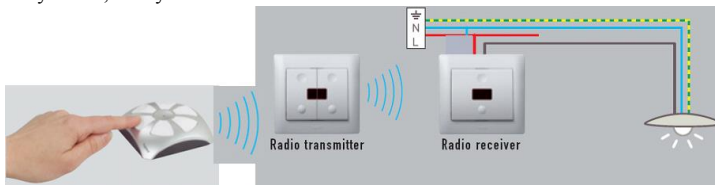
Az **infravörös** vezérlés előnyei:

- Az adott helységen belül, egyetlen távirányító segítségével valamennyi intelligens szerelvényt működtethetjük.

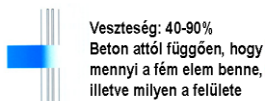
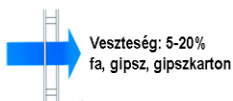


A **rádiós** vezérlés előnyei:

- Vizes-nedves helyiségekben is szerelhető.
- A kültéri és beltéri helyiségek közötti adatátvitel is biztosított.
- Nincs szükség külön vezetékvezetésre, a kapcsoló szabadon elhelyezhető, áthelyezhető.
- A rádióhullámok az útjukba kerülő építményeken át is terjednek.
- A vivőáramos technológiához csatlakoztatva kiegészíti a villamos berendezések rendszerét.
- Nagy hatótávolság, szabad területen mintegy 200m.



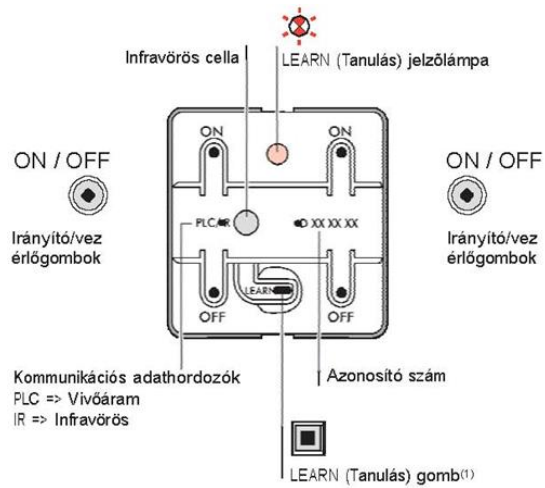
A rádiófrekvenciás jelek vesztesége az építőanyag függvényében jelentős lehet!



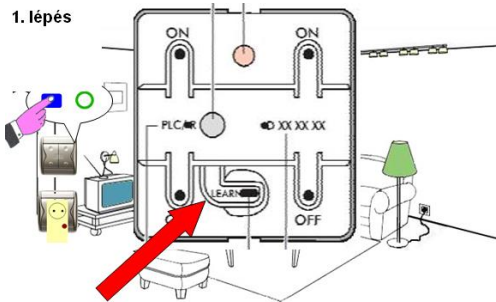
## Az IOBL szerelvény programozása

A programozás az ellenőrzéssel zárva, nyolc lépésben elvégezhető.

A jobboldali ábrán az intelligens szerelvény látható:



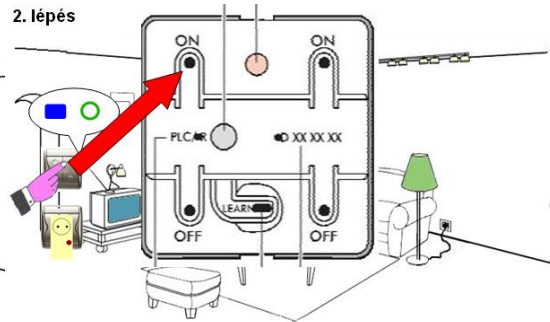
### 1. lépés



#### ■ Világítási kép létrehozása

- ⇒ Mester szerelvény kiválasztása, **learn** nyomógomb megnyomása
- ⇒ **Tanulást jelező LED** lassan villog.

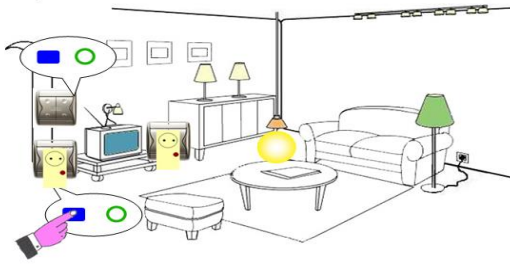
### 2. lépés



#### ■ Világítási kép létrehozása

- ⇒ A beállítandó világítási képet vezérlő **nyomógomb kiválasztása**  
Kiválasztott nyomógomb megnyomása, a vezérelt lámpa felkapcsolódik.
- ⇒ A **tanulást jelező LED** gyorsan villog. (Ez jelzi, hogy a kapcsoló és a lámpa összekötésbe került.)

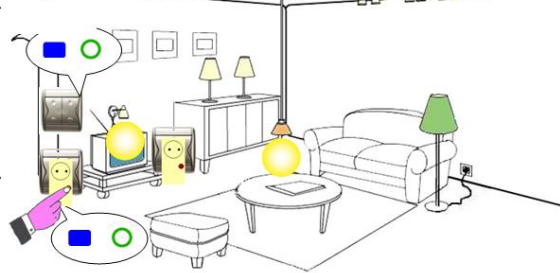
### 3. lépés



#### ■ Világítási kép létrehozása

⇒ Kiválasztjuk az **első végrehajtót** a rajta található learn gomb megnyomásával. Tanulásra kész, a **LED** lassan villog.

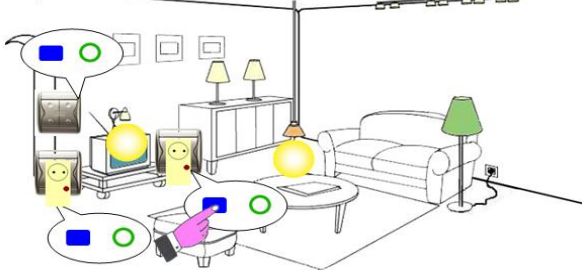
### 4. lépés



#### ■ Világítási kép létrehozása

⇒ **Vezérlő nyomógomb** megnyomása a végrehajtón (csak egy vezérlő gomb található rajta). A TV-n található lámpa **felkapcsolódik**.

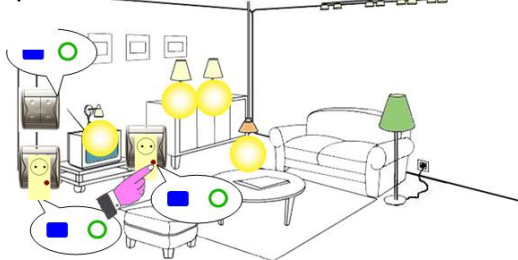
### 5. lépés



#### ■ Világítási kép létrehozása

⇒ Kiválasztjuk a **második végrehajtót** azon is megnyomjuk a **learn nyomógombot**. Tanulásra kész, a **LED** lassan villog.

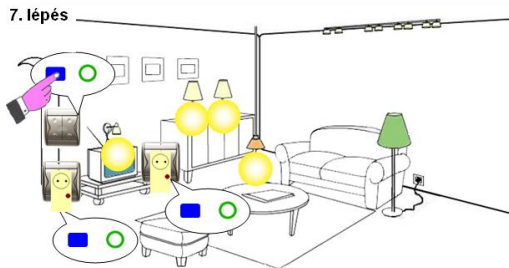
### 6. lépés



#### ■ Világítási scenario létrehozása

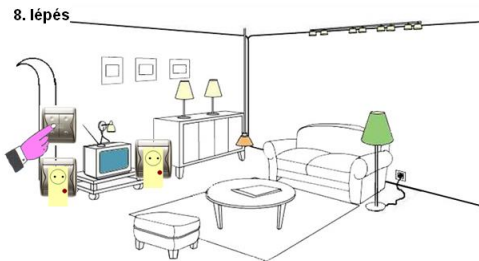
⇒ Megnyomjuk a **vezérlő gombot** a második végrehajtón (ezen is csak egy végrehajtó gomb található). A szekrényen található lámpák **felkapcsolódnak**.





#### ■ Világítási kép létrehozása

- ➡ A mester szerelvényen megnyomjuk a **learn nyomógombot**. A LED kiálszik.
- ➡ A programozás befejeződött.



#### ■ Világítási kép létrehozása

- ➡ A **programcsomag működésének ellenőrzéséhez** nyomjuk meg az **OFF gombot** a mester készüléken : a beállított világítási kép **kikapcsolódik**.

### Az IOBL rendszerhez kapcsolódó termékek és technológiák:

- Végrehajtó szerelvények
- Vezérlő szerelvények
- Távirányítási megoldások
- Web menedzsment
- Moduláris termékek

### Világításvezérlési megoldások:

- Egyszerű kapcsolások
- Fényerőszabályzás
- Világítási kép kapcsolás
- Mozgásérzékelős kapcsolás
- Hordozható aljzatról történő kapcsolás és fényerőszabályzás

### Redőnyvezérlési megoldások:

- Egyedi redőnyvezérlés
- Csoportos redőnyvezérlés
- Központi redőnyvezérlés
- Nap- és szélérzékelős redőnyvezérlés
- Somfy RTS redőnyvezérlés az IOBL-lel

## 8. Vezérlések

### 8.1. Irányítástechnika fogalma

Az irányítástechnika a műszaki tudományok azon ága, mely a folyamatirányítás elméleti törvényszerűségeivel és műszaki megoldásával foglalkozik. Az irányítás egy rendszer vagy folyamat tervszerű befolyásolása az adott cél érdekében.

A folyamatirányítás lehet vezérlés és szabályzás, mindkettő lehet kézzel irányított és automatikus. A vezérlés valamint a szabályzás, is a hatáslánccal írható le legegyszerűbben.

**Vezérlésről** beszélünk, ha a folyamat az indítását követően, annak eredményétől függetlenül végrehajtódik. A vezérlés rugalmatlan.

- Rendelkező szerv, mely kézi vezérléskor az indítójelet szolgáltatja, pl. nyomógomb.
- Érzékelő szerv, mely a hatáslánc része, s automatikus vezérléssel szolgáltatja az indítójelet, pl. termosztát.
- Jelformáló szerv, mely az érzékelő szerv által szolgáltatott jel hatására, létrehozza a rendelkező jelet, pl. relé.

- Erősítő, mely szükség esetén a rendelkező jelet beavatkozó jellé erősíti.
- Beavatkozó szerv hajtja végre a kívánt műveletet, pl. mágneskapcsolók.

A vezérlés történhet érintkezőkkel és elektronikus vezérlőkkel (PLC).

**Szabályzásról** beszélünk akkor, ha a folyamat indítását követően, annak eredményét figyelve a folyamatba beavatkozás történik a helyes eredmény érdekében. Rugalmasabb, de bonyolultabb, mint a vezérlés, a vezérlőkör rossz beállítása a rendszer „belengését” okozhatja. A módszert, mellyel a folyamat eredményét értékelve a helyes eredmény érdekében a beavatkozás létrejön, visszacsatolásnak nevezzük.

**Pozitív a visszacsatolás**, ha az eredeti kimeneti értéket növeli. Szélső esetben, ez akár a berendezés károsodását is okozhatja.

**Negatív a visszacsatolás**, ha az eredeti kimeneti értéket csökkenti. A negatív visszacsatolás a rendszert stabilizálja.

**A szabályzás hatáslánc részei:**

Szabályozott szakasz, mellyel a rendszer valamely jellemző mennyiségét szabályozzuk.

- *Alapjel:* a szabályzás viszonyítási alapja, a beállított jel.
- *Ellenőrző jel:* a szabályozott szakaszon érzékelt, a szabályozott mennyiségről mért érték, pl. az érzékelő kimenete.
- *Rendelkező jel:* az alapjel és az ellenőrző jel különbsége.
- *Beavatkozó jel:* a rendelkező jelből, a szabályzó készülékkel által, egy adott függvény szerint előállított jel.
- *Módosított jellemző:* a a beavatkozás hatására a beavatkozó készülékkel előállított, szabályozott jellemző érték.
- *Zavaró jel:* a szabályozott szakasz jellemzőjét kívülről változtató jel.

## 8.2. Vezérlés érintkezőkkel













A hagyományos vezérlések esetén, döntő többségben mechanikai érintkezőket tartalmaz a hatáslánc valamennyi eleme.

Az érintkezők lehetnek záró, bontó, vagy váltó kivitelűek.

Számolásuk kétjegyű. Az egyes helyi érték a működést, míg a tízes helyi érték a hozzárendelést jelöli.

Egy kapcsolótag (pl. K1 mágneskapcsoló) csatlakozóinak ugyanaz a hozzárendelési száma. A kapcsolótagok lehetséges működtetése az ábrán látható:



 --- Kézi működtetés	 --- Működtetés lábbal	 --- Nyomásérzékelős működtetés
 --- Nyomásra	 --- Mechanikus érzékelővel	 --- Működtetés forgási sebességre
 --- Húzásra	 --- Vészkiakpcsoló	 --- Sz. nterzékelős működtetés
 --- Fordításra	 --- Hőmérséklet-érzékelős működtetés	 --- Elektromágneses működtetés

### 8.3. Mágneskapcsolók

A mágneskapcsolók elektromágnesként működnek. A behúzótekerccs egy rugó ellenében elmozduló vasmagot - fegyverzetet vonzza magához. A fegyverzetre van erősítve, így vele együtt mozdul el a szigetelőanyagból készült járom. A járom mozgatja az érintkezőket.

A váltóáramú tápfeszültség miatt a vasmag az áram nullaátmeneténél történő szétválását a vasmagba elhelyezett rövidre záró rézgyűrűk akadályozzák meg. A tekerccs és a gyűrűk árama között - az induktivitás különbségük miatt - jelentős fáziseltérés van, így mindig van elegendő mágneses tér, a zárt állapotban tartáshoz.

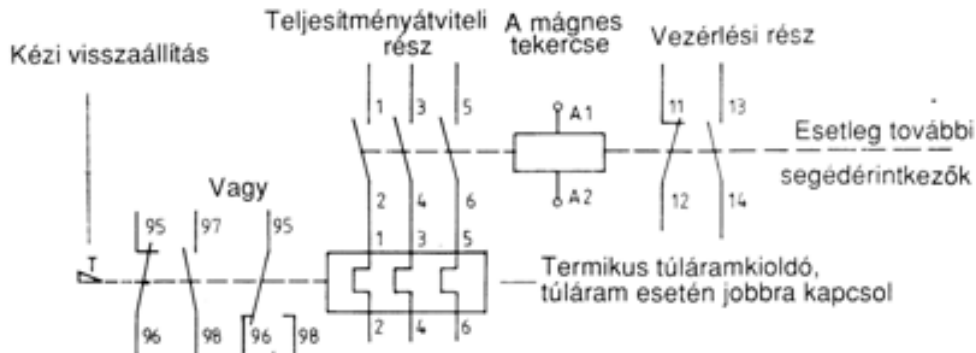
A mágneskapcsolók többnyire három főáramkörü záró érintkezőt tartalmaznak a teljesítmény kapcsolására. A segédérintkezők száma gyártótól és típustól függően változik, vagy bővíthető pl. rápatintással.

#### 8.3.1. Rajzjelek és csatlakozójelölések

A kapcsolásokon a kontaktusokat mindig kikapcsolt állapotban ábrázolják. A kapcsolótagok általában balról jobbra működnek. A készülék jelölések az eszköz jelétől balra, míg a kapcsolójelölések jobbra helyezkednek el.

A rajzon megkülönböztetünk főáramkörü (teljesítmény átviteli) és vezérlőáramkörü (vezérlési) részt. A főáramkörü és a vezérlési részt egymástól elkülönítve kell ábrázolni.

A mágneskapcsoló rajz és csatlakozójelölései:



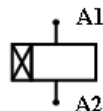
#### 8.3.2. Segédrelék

A segédrelék, felépítése hasonló a mágneskapcsolóhoz, azonban csak segéd érintkezőket tartalmaznak, a vezérlésben vesznek részt.

### 8.4. Időrelék

Az érintkezőkkel történő vezérléseknél többnyire a meghúzás késleltetésű és az elengedés késleltetésű időrelék kerülnek alkalmazásra.

Meghúzás késleltetésű:

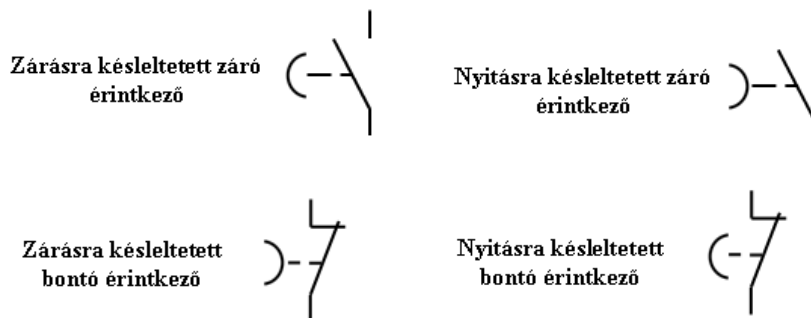


Elengedés késleltetésű:

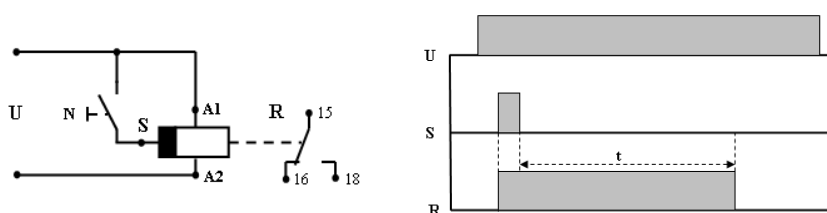


Az időrelék működését az **idődiagram** írja le. A függőleges tengelyen a működési feltételek, míg a vízszintes tengelyen az idő függvényében, a feltételek állapota van megjelenítve, 0 -1 állapotban. A

gyártók mára többnyire egységes kapocs jelöléseket alkalmaznak. A tápfeszültséget jele az U, vagy az A1 - A2, az időrelé által működtetett, többnyire váltókapcsoló jele R, és az indító impulzus bemenet jele S, B1, Y, stb. A működtetett kapcsoló az áramutas rajzon a relétől külön jelenik meg, ezért mindig viseli a relé jelét és saját érintkezői számozását, valamint a késleltetés milyenségét. A lehetséges késleltetési megoldások:

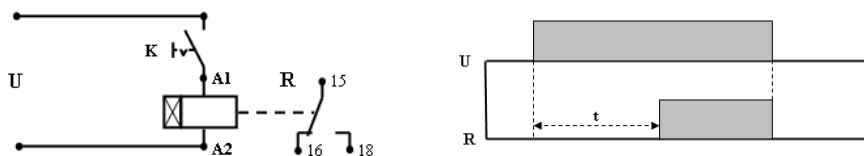


Az ábrán az elengedés késleltetésű időrelé idődiagramja látható. Ha van tápfeszültség (U), és zár az S nyomó, a relé meghúz, bont az R 15-16 és zár a 15-18.



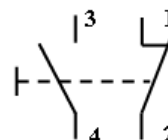
A nyomógomb elengedést követően a  $t$  idő leteltével a relé elenged, és a relé alaphelyzetbe áll.

Az alábbi ábrán a meghúzás késleltetésű időrelé idődiagramja látható. A K érintkező kapcsolja a tápfeszültséget (U), ekkor elkezdődik az időzítés, majd a  $t$  idő elteltével a relé meghúz, bont az R 15-16 és zár a 15-18. A K érintkező nyitásával (tápfeszültség megszűnésével) a relé alaphelyzetbe áll.



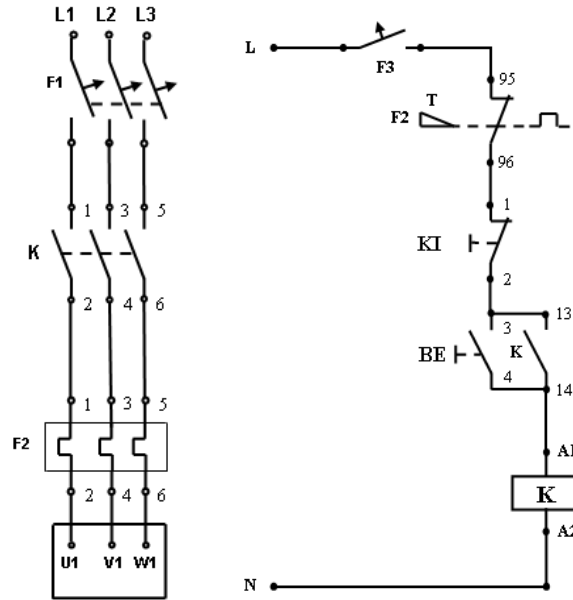
#### 8.4.1. A nyomógombok

Rövid idejű érintkezést adnak. Az áramutas rajzokon érintkezőként jelennek meg, működtetésüket a hatásvonalon lévő szimbólum fejezi ki. A nyomógombok többsége ma már modul rendszerű, vagyis az alapérintkező további érintkezőkkel tetszés szerinti variációban kiegészíthető.

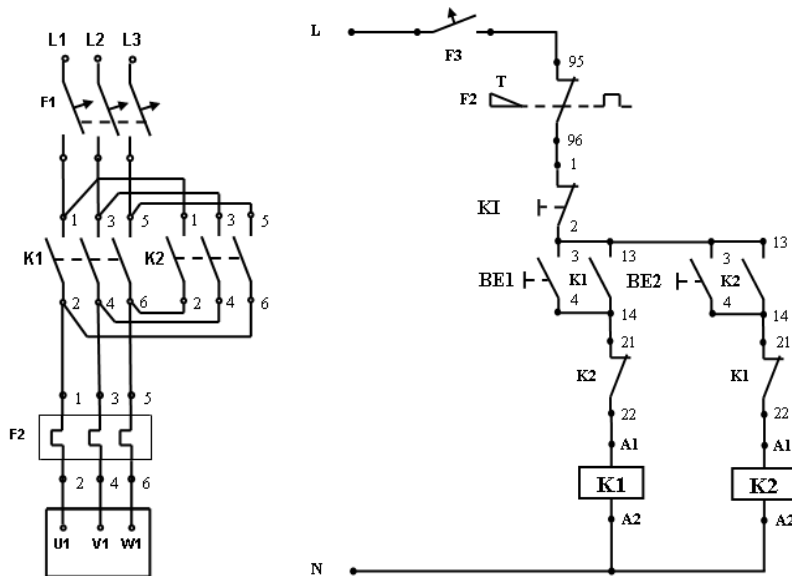


### 8.5. Alkalmazási példák

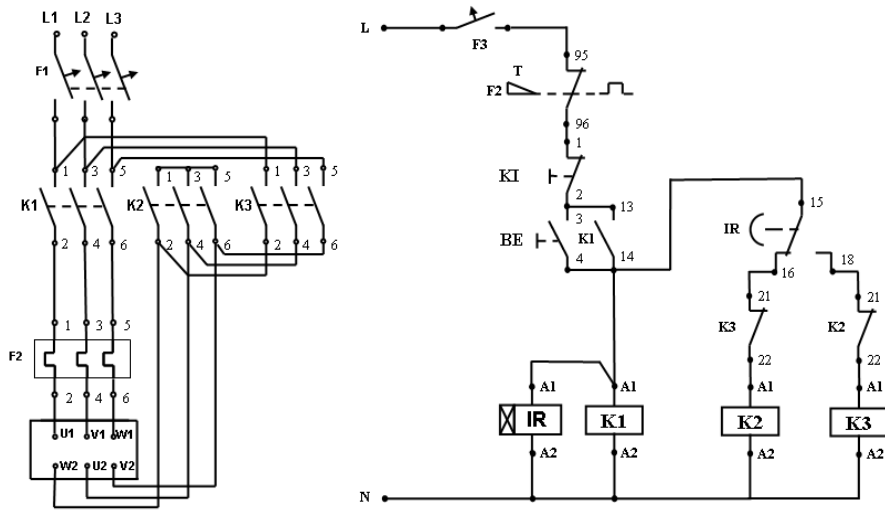
Egyszerű háromfázisú aszinkronmotor indítása.



Háromfázisú aszinkronmotor irányváltása



### Háromfázisú aszinkronmotor csillag-delta indítása



### 8.6. Digitális technikai alapok

A Boole algebra szabályainak bemutatása érintkezős szemléltetéssel. A fontosabb egy- és kétváltozós függvények bemutatása, szimbólumai, érintkezős realizálása.

Érintkező-típus	Érintkezős logika	Kapcsolat	Rajzjel	Logikai szintek (pozitív logika)															
Soros záró		ÉS (konjunkció)		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>B</td><td>L</td><td>H</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>Q</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td></tr> </table>	A	L	L	H	H	B	L	H	L	H	Q	L	L	L	H
A	L	L	H	H															
B	L	H	L	H															
Q	L	L	L	H															
Párhuzamos záró		VAGY (diszjunkció)		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>B</td><td>L</td><td>H</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>Q</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td><td>H</td></tr> </table>	A	L	L	H	H	B	L	H	L	H	Q	L	H	H	H
A	L	L	H	H															
B	L	H	L	H															
Q	L	H	H	H															
Bontó		NEM (negáció)		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>Q</td><td>H</td><td>L</td></tr> </table>	A	L	H	Q	H	L									
A	L	H																	
Q	H	L																	
Párhuzamos bontó		NAND		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>B</td><td>L</td><td>H</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>Q</td><td>H</td><td>H</td><td>H</td><td>L</td></tr> </table>	A	L	L	H	H	B	L	H	L	H	Q	H	H	H	L
A	L	L	H	H															
B	L	H	L	H															
Q	H	H	H	L															
Soros bontó		NOR		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>B</td><td>L</td><td>H</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>Q</td><td>H</td><td>L</td><td>L</td><td>L</td></tr> </table>	A	L	L	H	H	B	L	H	L	H	Q	H	L	L	L
A	L	L	H	H															
B	L	H	L	H															
Q	H	L	L	L															
Ellentétes váltó		Kizáró VAGY (antivalencia)		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>B</td><td>L</td><td>H</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>Q</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td><td>L</td></tr> </table>	A	L	L	H	H	B	L	H	L	H	Q	L	H	H	L
A	L	L	H	H															
B	L	H	L	H															
Q	L	H	H	L															
Azonos váltó		Ekvivalencia		<table border="1"> <tr><td>A</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>B</td><td>L</td><td>H</td><td>L</td><td>H</td></tr> <tr><td>Q</td><td>H</td><td>L</td><td>L</td><td>H</td></tr> </table>	A	L	L	H	H	B	L	H	L	H	Q	H	L	L	H
A	L	L	H	H															
B	L	H	L	H															
Q	H	L	L	H															

## 8.7. A PLC vezérléstechnikai alkalmazása

A PLC vagy programozható logikai vezérlő (Programmable Logic Controller) egy olyan mikroszámítógép, amelyet elsősorban ipari folyamatirányításra használnak. Ezeket a számítógépeket eleve ipari célokra építik, és ennek megfelelően könnyebben alkalmazhatóak egyes feladatokhoz, mint a PC-k. Ezek mellett a PLC-k további előnye, hogy sokkal olcsóbbak is.

- **Miért jött létre?**

A PLC-k megjelenése előtt, a **relés** berendezéseket egy adott feladatra készítették, és az áramköri elemek összekötése, huzalozása határozta meg a működésüket. A működés megváltoztatása csak a huzalozás módosításával, új készülékek beiktatásával volt lehetséges. Mai szóhasználattal az ilyen berendezéseket **huzalozott programozású** készülékeknek nevezzük.

Már az első számítógépek megjelenésekor is megjelent az igény arra, hogy ezeket ipari irányításra is felhasználják. Ezek viszont túlságosan nagyok és drágák voltak ahhoz, hogy gazdaságosan tudjanak működni. Emellett nem is ipari körülmények közé lettek tervezve, ahol a por vagy a nagy páratartalom tönkretette volna őket.

Az első PLC-k a huzalozott relés vezérlések kiváltására készültek. Ilyen feladatra a mai PLC-k is alkalmasak, de rengeteg további funkcióval is bővültek a generációk fejlődése során. Ilyen funkció pl. az analóg jelek kezelése (szabályozási feladatok ellátására), a speciális ki és bemenetekkel való bővíthetőség lehetősége (pl. számláló bemenet, szervó vezérlő kimeneti modul, PWM kimenet, stb.).

A PLC előnye már a huzalozott vezérlés helyettesítése esetén is nyilvánvaló, ha a vezérlés bonyolultsága meghalad egy bizonyos fokozatot.

A huzalozott, relés logikai kapcsolatokhoz rengeteg relé kell, a kapcsolási rajz bonyolult, a számtalan kontaktus fokozza a kontakthibák kialakulásának esélyeit. A huzalozott vezérlés működését csak a huzalozás módosításával, lehet módosítani, ami időigényes, a berendezés termelésből való hosszabb kiesésével jár, ami költséges.

A PLC-k áramköri felépítése - a **hardver** - az eszköz közvetlenül még semmilyen feladatot nem tud végezni. A működéshez - **szoftver** - program - is szükséges. Az adott készüléknél a program megváltoztatása, új program betöltése a működést alapvetően módosítja. A program a PLC memóriájában van, innen a **tárolt programú**, vagy **szabodon programozható** berendezés elnevezés. A program

módosítása, fejlesztése gazdaságosabb, és főleg sokkal több lehetőséget kínál, mint egy új készülék megépítése.

A PLC bemeneteire közvetlenül be vannak kötve a gépről és a kezelőtől érkező kétállapotú információk. Ezek leggyakrabban mechanikus vagy induktív végállaskapcsolók, nyomógombok, kapcsolók. A PLC kimenetei közvetlenül, vagy mágneskapcsoló segítségével a berendezés mozgatását és működtetését végző beavatkozó elemekhez kapcsolódnak (villanymotorok, szelepek, visszajelző lámpák, stb).

#### Kompakt PLC (Kis PLC)

Minden egyben van. A PLC tartalmazza a tápegységet, van be és kimenete, kommunikációs csatlakozója. Általában van bővítési lehetőség is, ha a beépített ki és bemenetek száma nem lenne elég. Egy gyártónál is rendszerint sokféle altípusa létezik különböző I/O számmal és fajtával. Kisebb feladatokra használják, ahol kicsi az I/O igény.

#### Moduláris (Közepes, nagy PLC)

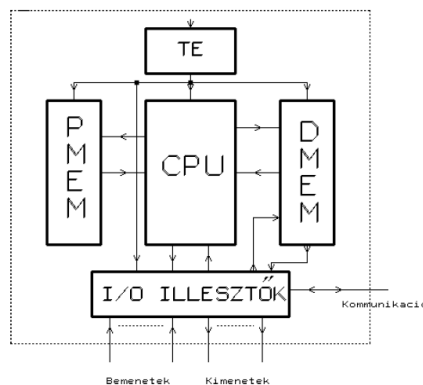
A komplett PLC részegységekből (modulokból) építhető fel. Van egy CPU, ami lényegében maga a vezérlő, de ki és bemenetek nélkül. Ehhez lehet különböző tápegységeket, ki és bemeneteket tartalmazó modulokat választani, amelyek egymáshoz csatlakoztatva adják a kész konfigurációt. Ezzel a megoldással a PLC skálázható az adott feladatra. Használható, akár kevés, vagy nagyon sok ki- és bemenet, vagy speciális modul. A közepes és nagyobb teljesítményű PLC-kre jellemző ez a kialakítás.

A PLC-k térhódítása annak is köszönhető, hogy ki- és bemeneteik az iparban általában használatos jelszintekhez vannak illesztve. Tehát nagyobb teljesítményrel is terhelhetőek, és csak a legritkább esetben 5V-os feszültséget adnak le. Általában a ki/bemeneti feszültségek 24V és 220V között változnak.

A rendszertechnikai felépítés:

A PLC - k mindegyikében megtaláljuk

- a **központi vezérlő** egységet ( CPU Central Processor Unit ),
- a **program** memóriát (PMEM),
- az **adat** memóriát (DMEM),
- a **periféria** illesztő egységeket (I/O ILL.),
- és a **tápegységet** (TE).



## 8.8. A PLC működésének elvi alapjai (bemenetek, kimenetek, programtároló)

### 8.8.1. A központi vezérlő egység

A CPU irányítja a mikrogép **program** szerinti működését. A működés a programban egymás után következő utasítások végrehajtásán alapul. Egy utasítás végrehajtása ( az un. utasítás ciklus ) során a CPU

- a programtárból **beolvassa** a soron következő utasítást,
- **végrehajtja** az utasításnak megfelelő elemi műveletet, és
- **előállítja** a mikrogép elemeit **vezérlő** jeleket.

A PLC-nél alapvetően két programot különböztetünk meg:

- Az **operációs**-, vagy **monitor** program többek között irányítja perifériáik, memóriák közötti adatátvitelt (beolvasást, kiíratást), a megszakítások (interrupt) kezelését, valamint biztosítja a **felhasználói program** ciklikus futtatását.
- A **felhasználói program** a PLC-t alkalmazó által megírt program. A program feladata az irányítandó berendezés kívánalmak szerinti működtetése.

Minden PLC ciklus legfontosabb részei:

- A bemeneti adatok frissítése, amely során a PLC-hez csatlakozó bemeneti egységek aktuális állapotát beolvassa, és azokat letárolja az adatmemória bemeneti szegmensébe.



- Megoldja az előzőekben beolvasott bemeneti adatok alapján a felhasználói programban megfogalmazott logikai, aritmetikai feladatokat, és az eredményeket letárolja az adatmemória kimeneti szegmensébe.
- A feladatok megoldását követően a kimeneti memóriába tárolt új eredmények alapján beállítja, (frissíti) a kimeneti egységek állapotát.

### 8.8.2. Alkalmazása

A PLC-k elsősorban kisebb adatmennyiséggel működő ipari folyamatok irányításában állják meg a helyüket, ahol nem kell egyszerre nagy mennyiségű számítást végezni. Az igazán gyors és nagy mennyiségű számításokhoz már számítógépeket alkalmaznak.

### 8.8.3. A PLC felépítése

Egy PLC legyen kompakt vagy moduláris, a következő alapvető elemekből épül fel: CPU, tápegység, I/O egységek, kommunikációs egységek, egyéb alkotóelemek. Ezek összeköttetését a PLC busz biztosítja. Most egy moduláris PLC darabjait vesszük sorra.

**CPU modul** a PLC központi egysége, amely a logikai számításokat végzi, és az utasításokat hajtja végre. Futtatja a memóriájában elraktározott programot, és vezérli a többi alkotóelemet.

Általában található rajta valamilyen kommunikációs port, amely a többek között számítógépes programozást, kijelzők, terminálok csatlakoztatását teszi lehetővé. Ez legtöbb esetben RS232, RS422, RJ45, vagy valamilyen saját interfész szokott lenni. Az egység tartalmaz még egy nem felejtő memóriát is, amiben a program tárolódik.

#### Tápegység

Ez a modul szolgáltatja a PLC moduljainak az áramellátást. A RAM memóriát tartalmazó CPU-khoz általában akkut is tartalmazó tápegységeket választanak, hogy a program áramszünet esetén is megmaradjon.

#### I/O egységek

Ezek az egységek illesztik a bemenő jeleket a CPU számára elfogadhatóvá, a kimenő jeleket pedig vissza az ipari feszültségekhez. Ezek lehetnek digitális vagy analóg egységek. A digitális egységek kimenetei lehetnek félvezetősek (pl. tranzistorosak) vagy független relé kontaktusok. A relék előnye a félvezetős megoldással szemben, hogy nagy áramok kapcsolásához is olcsó megoldást nyújtanak, de nem túl gyorsak. A legnagyobb, relékkel elérhető kapcsolási frekvencia 10 Hz körül mozog. Ezzel szemben a félvezetős megoldások kapcsolási frekvenciája akár 100 Hz fölé is mehet, viszont ha ezekkel nagy feszültségeket szeretnénk kapcsolni, azt már csak eléggé drágán tehetjük meg.

A digitális egységek ki/bemenetein általában 24 V DC feszültség szokott lenni.

Vannak olyan egységek is, amelyek képesek váltakozó áramot is fogadni (230 V AC) vagy leadni.

Az analóg I/O egységekben A/D és D/A konverterek vannak. Ezek a bejövő feszültséget vagy áramot digitális jelekké, vagy a digitális jeleket analóggá alakítják át.

#### Kommunikációs egységek

Ezek biztosítják a kommunikációt további PLC-kel, vagy terminálokkal, PC-kkel. A PLC-k hálózatba kötésére számos gyártó specifikus buszrendszer létezik. A kommunikációs egységek csak a vele kompatibilis buszrendszerrel tud kommunikálni. A legelterjedtebben használt terepi buszrendszerek pl. PROFIBUS-DP, INTERBUS-S, MOD-busz, CAN-busz, ASI-busz, Ethernet stb. Néhány PLC csatlakoztatható az Internetre is, így a programozó akár otthonról is rá tudja tölteni a kívánt programokat, vagy nagy távolságokra levő PLC-k is tudnak egymással kommunikálni külön kommunikációs vonal lefektetése nélkül is.

#### Egyéb

Ezek lehetnek speciális feladatokra tervezett egységek, memóriabővítések, különböző interfészek, stb.

#### 8.8.4. PLC programozása

A PLC-k programozására számos módszer létezik, de elviekben ezek nagyon hasonlítanak egymáshoz. A legegyszerűbb módszer, amit általában kompakt PLC-ken alkalmaznak, hogy a PLC-n található gombok és kijelző segítségével egyszerű programokat vihetünk be minden egyéb 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.

IEC 1131 szabvány a PLC felhasználói programnyelveket két osztályba sorolja:

1. szöveges rendszerű és **Strukturált** (Structured Text - **ST**) és az **Utasításlistás** (Instruction List - **IL**) programnyelv tartozik.

2. grafikus szimbólumokat alkalmazó programnyelvek **Létradiagram** (Ladder Diagram - **LD**), a **Funkcióblokkos** (Function Block Diagram- **FBD**) és a **Sorrendi folyamatábra** (Sequential Flow Chart - **SFC**)

##### Szöveges / utasításlistás

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 **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 utasítás-listában 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.

##### Blokkdiagram

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

##### Létradiagram

Ez a másik alapvető grafikus programozási módszer, amely 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 PLC operációs rendszerek tipikus funkciói a következők.

**Interpreter:** a PLC nyelven írt felhasználói szoftver értelmezése és végrehajtása. Az interpreter egy közbenső eszköz a PLC nyelve és a mikroprocesszor utasításkészlete között. Egyik legfontosabb feladata az, hogy megvalósítsa a PLC felhasználói programok bitorientált programfutását a mikroprocesszorok bájtos adatfeldolgozásán.

**Önteszt:** önellenőrző funkció, amely az eszköz hardver és szoftver elemeinek ellenőrzését végzi a működőképesség fenntartása érdekében. Napjaink korszerű PLC-i az önteszt funkciót kiterjesztik a memória, a telep, a kommunikáció ellenőrzésére, illetve a watch-dog időzítőre is.

**Ember-gép** kapcsolatkezelés a PLC-k, kijelzők, terminálok között.

**Kommunikáció:** adatkapcsolatok, szálak kezelése. Minden irányítási szintre igaz, hogy az információk horizontálisan és vertikálisan is terjednek.

**Programfejlesztési funkció:** ez a funkció teszi lehetővé, hogy a PLC-k felhasználói programjait monitorozzuk, debuggoljuk, le- és feltöltsük.

## **Ajánlott irodalom**

### **Nyomtatott szakirodalom:**

- Dienes László – Kliment Tibor, Villanyszerelő szakmai ismeretek I. II. III.
- Hámory Albert, Villanyszerelés
- Schneider Electric, Épületvillamossági kézikönyv 2007
- Seyr-Rösch, villanyszerelés villámvédelem világítástechnika

### **Szabványok:**

- MSZ447:1998, MSZ447/1M:2002 Kisfeszültségű, közcélú elosztóhálózatra csatlakozás
- MSZ172 Érintésvédelmi szabályzat
- MSZ1600 Létesítési biztonsági szabályzat 1000V-nál nem nagyobb feszültségű villamos berendezések számára
- MSZ2364 Épületek villamos berendezéseinek létesítése
- MSZ1815 Erősáramú üzemi szabályzat
- KLÉSZ Kommunális és Lakóépületek Érintésvédelmi Szabályzata
- VBSZ Villamos Biztonsági Szabályzat

### **Elektronikus szakirodalom, és adatlapok:**

- <http://www.ganzkk.hu> , Ganz Kapcsoló- és Készülékgyártó Kft
- <http://www.villanyszaklap.hu>
- <http://www.legrand.hu>, Legrand Zrt., XL PRO 2 elosztószekrény tervező program
- <http://www.schneider-electric.hu>
- <http://www.siemns.hu>
- <http://www.abb.hu>