

A forgás hatására – mint generátor esetén – a motor forgórészében feszültség indukálódik:

$$U_i = c \cdot \Phi \cdot n.$$

Az U_i indukált feszültség, *Lenz törvénye* szerint, a nyomatékot létrehozó áramot igyekszik csökkenteni, ezért az U_k kapocsfeszültséggel egyező polaritású.

A forgórész R_b belső ellenállásán, az átfolyó áram $I \cdot R_b$ feszültségesést létesít, amely az árammal egyező irányú. A kapocsfeszültség az indukált feszültség és a feszültségesés összege: $U_k = U_i + I \cdot R_b = c \cdot \Phi \cdot n + I \cdot R_b$.

A motor áramfelvételét az előző összefüggésből fejezhetjük ki:

$$I = \frac{U_k - c \cdot \Phi \cdot n}{R_b}.$$

Ha feltételezzük, hogy a kapocsfeszültség és a fluxus állandó, a motor áramfelvétel, forgás közben – a fordulatszámokon keresztül – a terhelőnyomaték határozza meg.

A fordulatszám kifejezését az előző összefüggésből kaphatjuk meg:

$$n = \frac{U_k - I \cdot R_b}{c \cdot \Phi}.$$

Fontos észrevenni, hogy a motor fordulatszáma fordítottan arányos a fluxussal. A fluxus csökkenése a fordulatszám növekedését eredményezi. Szélsőséges esetben a fordulatszám olyan mértékben nőhet, hogy a gép forgórészét a centrifugális erő szétröptetheti.

Az egyenáramú motorok fajtái

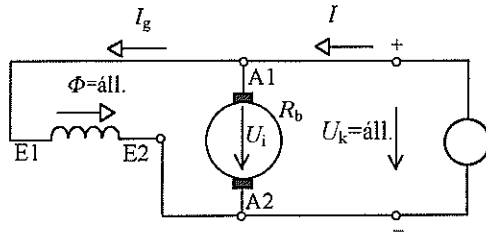
Az egyenáramú motorok fajtái a következők:

- **állandó mágnesű motor:** főpólusai állandó mágnesből készülnek,
- **külső gerjesztésű motor:** a főpólusok gerjesztése és a forgórész táplálása különálló energiaforrásról történik,
- **párhuzamos gerjesztésű motor:** a főpólusok gerjesztőtekercse a forgórészszel párhuzamosan kapcsolódik,
- **soros gerjesztésű motor:** a főpólusok tekercsét a forgórészszel sorosan kapcsolják,
- **vegyes gerjesztésű motor:** a főpólusokon párhuzamos és soros kapcsolású tekercs is található.

Az állandó mágnesű, a külső- és a párhuzamos gerjesztésű motorok legfontosabb jellemzői állandó U_k kapocsfeszültségű táplálás esetén egyezők. Az összefüggéseket a 8.38. ábra alapján vizsgáljuk.

A gép nyomatéki egyenlete: $M_m = k \cdot \Phi \cdot I = k_1 \cdot I$,

ahol $k_1 = k \cdot \Phi$ konstans, a fluxus állandóságából következően.



8.38. ábra. Párhuzamos gerjesztésű motor áramköri vázlata

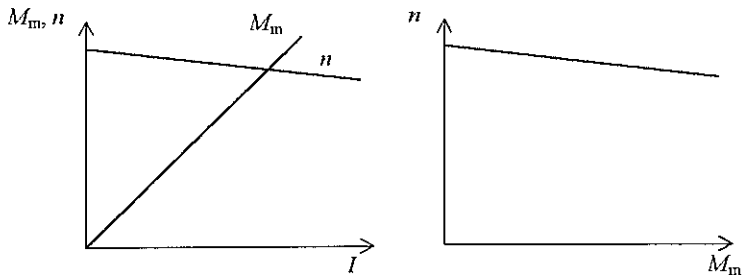
A gép nyomatéka a forgórész áramával egyenesen arányos. Ebből következik, hogy a terhelőnyomaték változásával arányosan változik a motor áramfelvétele.

A gép fordulatszám-jellemzőit az $n = \frac{U_k - I \cdot R_b}{c \cdot \Phi}$ összefüggés alapján állapíthatjuk meg.

Az $I \cdot R_b$ feszültségesés a kapocsfeszültség néhány százaléka, még névleges terhelés esetén is.

Ebből következően a motor fordulatszáma, üresjárás és névleges terhelés között, csak néhány százalékkal csökken. A csökkenés jellemző mértéke 5–10%.

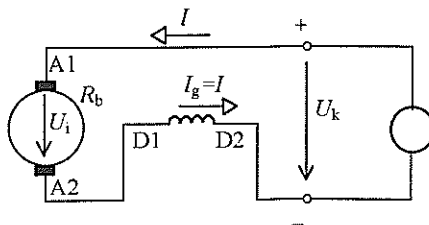
A motorok jelleggörbéi a 8.39. ábrán láthatók.



8.39. ábra. Az állandó mágnesű, külső és párhuzamos gerjesztésű motor jelleggörbéi

Az áram-fordulatszám jelleggörbe más léptékben a nyomaték-fordulatszám jelleggörbét is jelenti, mivel a nyomaték egyenesen arányos az áramerősséggel.

A soros gerjesztésű motor áramköri vázlatát a 8.40. ábra szemlélteti.



8.40. ábra. Soros gerjesztésű motor áramköri vázlata

A soros kapcsolás következtében a főpólusok I_g gerjesztőárama egyenlő a forgórész I áramával. Mivel a forgórész áramerőssége a terheléssel változik, ezért a főpólusok mágneses fluxusa is terhelésfüggő.

A mágnesezési görbe ún. lineáris szakaszán a főpólusok fluxusa igen jó közelítéssel egyenesen arányos a mágnesező árammal, amely egyenlő a forgórész áramával:

$$\Phi \approx k_2 \cdot I.$$

(Az összefüggésekben szereplő k állandók indexei a konstansok megkülönböztetésére valók, egyéb jelentőségük nincs.)

A soros motor nyomatéka az előző kifejezés felhasználásával:

$$M_m = k \cdot \Phi \cdot I \approx k \cdot k_2 \cdot I \cdot I = k \cdot k_2 \cdot I^2.$$

A konstansok összevonása után: $M_m = k_3 \cdot I^2$.

A soros motor viszonylag kis áramerősség mellett nagy nyomatékot ad le, ill. a terhelőnyomaték növekedése mérsékelt áramnövekedést jelent a tápláló energiaforrás felé.

A kedvező nyomatéki tulajdonságai miatt alkalmazzák a soros gerjesztésű motort járművek hajtására (mozdonyok, villamosok, elektromos targoncák stb.).

A soros gerjesztésű motor fordulatszám-tulajdonságai az $n = \frac{U_k - I \cdot R_b}{c \cdot \Phi}$ és a $\Phi = k_2 \cdot I$ kifejezések összevetése alapján ítéltető meg.

Elhanyagolva a kapocsfeszültség néhány százalékát kitevő belső feszültségesést és behelyettesítve a fluxus összefüggését:

$$n \approx \frac{U_k}{c \cdot k_2 \cdot I}$$

kifejezés adódik. Figyelembe véve, hogy a konstansok szorzata, sőt azok reciproka

is állandó:

$$n \approx k_5 \cdot \frac{U_k}{I}$$

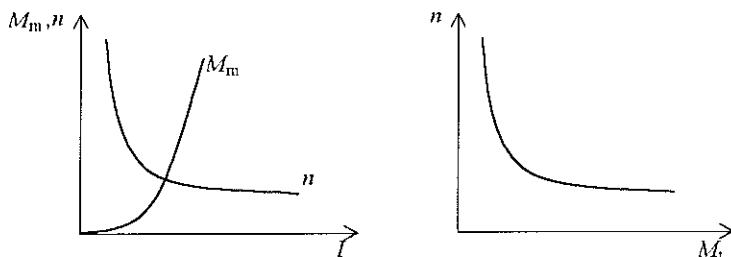
a közelítő pontosságú végeredmény.

A motor fordulatszáma közelítőleg fordítottan arányos a felvett áramerősséggel. Ez azt jelenti, hogy a terhelés változása a motor fordulatszámának jelentős megváltozását eredményezi.

Üresjárásban a gép áramfelvétele jelentősen lecsökken, vele együtt a fluxus is. Emiatt üresjárásban olyan nagy fordulatszám keletkezne, ami a forgórész szétrepülését eredményezné ezért:

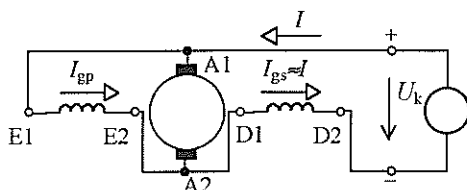
Soros gerjesztésű motort üresjárásban működtetni tilos!

A soros motor jelleggörbéi a 8.41. ábrán láthatók.



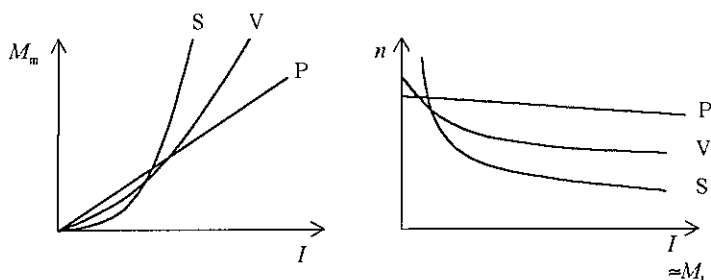
8.40. ábra. Soros gerjesztésű motor áramköri vázlata

Vegyes gerjesztésű motorral a párhuzamos és soros gép előnyeit igyekeznek egye-
síteni és hátrányaikat mérsékelni. A gép áramköri vázlata a 8.42. ábrán látható.



8.42. ábra. Vegyes gerjesztésű motor áramköri vázlata

A soros és párhuzamos gerjesztőtekercs azonos irányban mágnesezi a főpólusokat.
A vegyes gerjesztésű motor tulajdonságai a 8.43. ábra jelleggörbéi alapján íté-
lhők meg.



8.43. ábra. A vegyes gerjesztésű motor jelleggörbéi, összehasonlítva
a párhuzamos és soros gép jelleggörbéivel

P párhuzamos gerjesztésű motor; S soros gerjesztésű motor; V vegyes gerjesztésű motor

Az áram-nyomaték tulajdonsága kedvezőbb, mint a párhuzamos motoré.

A vegyes gerjesztésű motor üresjárásban is üzemeltethető, mert a párhuzamos tekercs gerjesztése megakadályozza a gép megszaladását. Ugyanakkor a soros hatás következtében jobban csökken a fordulatszáma, mint a tisztán párhuzamos gerjesztésű gépé.

Az egyenáramú motorok indítása

A motorok áramfelvétele, ha a gépet álló helyzetében – ($n = 0$) – közvetlenül a hálózatra kapcsolnánk, a névleges áramerősség sokszorosa lenne:

$$I = \frac{U_k}{R_b} \gg I_n.$$

Az R_b a teljes forgórészközi ellenállást jelenti, beleértve a segédpólusok és az esetleges soros gerjesztőtekercsek ellenállását is.

A 10–30-szoros áramlökés károsítaná a motort, elsősorban a keféket és a kommutátort, túlterhelné a tápláló energiaforrást.

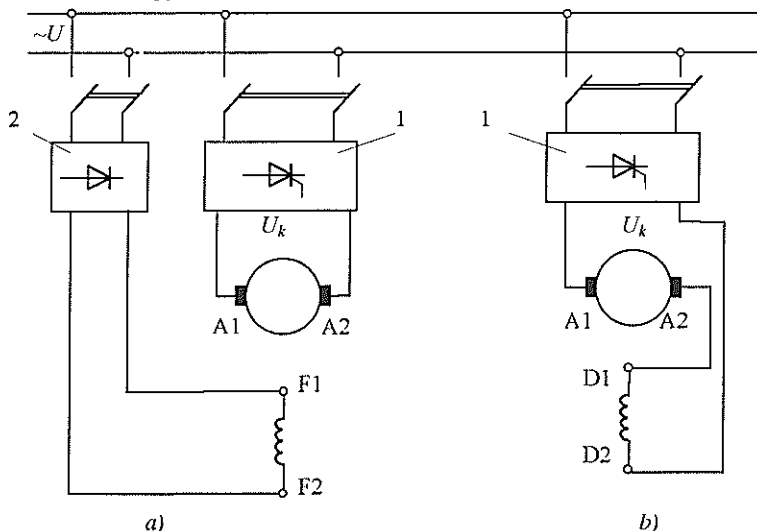
A nagy áram, igen nagy nyomatéklökést eredményezne, amely károsíthatja a hajtott berendezést, ill. magát a motort is. Közvetlen indítást ezért csak kis teljesítményű gépeknél lehet alkalmazni (pl. autók indító- és egyéb motorjai).

Az áramkorlátozás módszerei az $I = \frac{U_k}{R_b} \gg I_n$ összefüggésből határozhatók meg.

Ennek megfelelően a lehetséges indítási eljárások a következők.

Indítás csökkentett kapcsolófeszültségről

A motor forgórészét olymértékben csökkentett U_k kapcsolófeszültségre csatlakoztatják, hogy az áramfelvétel a megengedett értékre korlátozódjon. A kapcsolófeszültséget ezt követően – a gyorsulás ütemében – a névleges értékre növelik.



8.44. ábra. Indítás a kapcsolófeszültség változtatásával

a) külső gerjesztésű motor; b) soros motor;

1 változtatható feszültségű egyenirányító; 2 állandó feszültségű gerjesztő egyenirányító

A korszerű megoldásban a motorokat általában félvezető egyenirányítókról táplálják, amelyekkel a forgórészre jutó feszültséget változtatni lehet.

A módszert külső és soros gerjesztésű gépeknél alkalmazzák. A módszer elvi kapcsolását a 8.44. ábra szemlélteti külső gerjesztésű és soros motor esetére.

A kapocsfeszültség változtatásával végzett indítás előnye, hogy nem keletkezik a folyamatban többletvesztés.

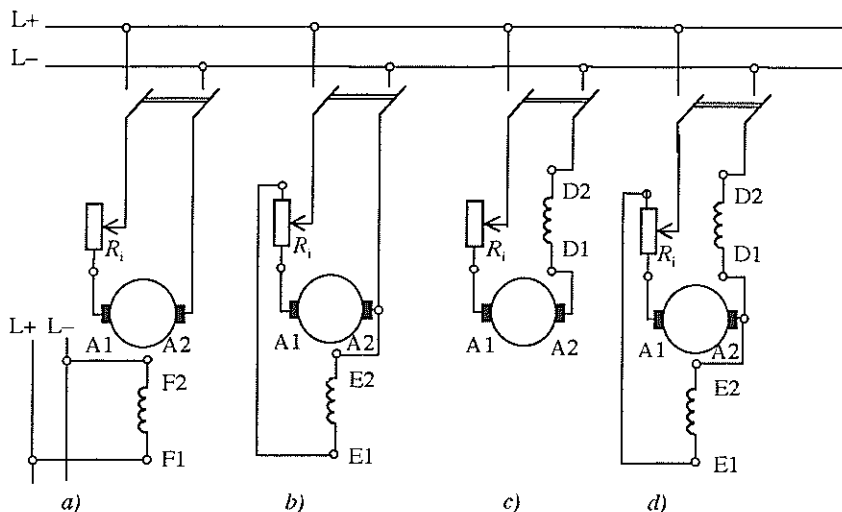
Indítás soros kapcsolású ellenállással

Az indítási áramerősség csökkentésének másik módja a forgórész kör ellenállásának növelése, a forgórészsel sorba kapcsolt változtatható, ún. indító-ellenállással. Ekkor az áramerősségre vonatkozó kifejezés így alakul:

$$I = \frac{U_k}{R_b + R_i}.$$

Az R_i indító-ellenállás legnagyobb értékét úgy választják meg, hogy a motor bekapcsolásakor a megengedett áramerősség jöjjön létre. Az ellenállást a gyorsulás ütemében fokozatosan kiiktatják.

Az eljárás elvi kapcsolását, különböző motorok esetére, a 8.45. ábra mutatja.



8.45. ábra. Az indító-ellenállás alkalmazása
a) külső gerjesztésű; b) párhuzamos gerjesztésű;
c) soros és d) vegyes gerjesztésű motornál

Az indító-ellenálláson energiavesztés keletkezik, ami hátrányt jelent.

Az egyenáramú motorok fordulatszám-változtatása

Az egyenáramú motorok fordulatszám-változtatásának módszereit a következő kifejezésből állapíthatjuk meg:

$$n = \frac{U_k - I \cdot R_b}{c \cdot \Phi}.$$

A fordulatszám változtatása a kapocsfeszültséggel

Ha a forgórész kör néhány százaléknyi feszültségesését elhanyagoljuk, az egyenáramú motorok fordulatszáma – állandó fluxus mellett – igen jó közelítéssel egyenesen arányos a kapocsfeszültséggel:

$$n \approx \frac{U_k}{c \cdot \Phi} = k_6 \cdot U_k.$$

A kapocsfeszültség növelésével a névleges fölé is emelhető a fordulatszám.

A módszer előnye, hogy a gép fordulatszámát tág határok között lehet, – elvileg fokozatmentesen – változtatni, többletvesztés nélkül.

A fordulatszám változtatása soros ellenállással

Az $n = \frac{U_k - I \cdot R_b}{c \cdot \Phi}$ összefüggésből következik, hogyha a motor forgórészével ellenállást kapcsolunk sorba, a gép fordulatszáma csökken:

$$n = \frac{U_k - I \cdot (R_b + R_i)}{c \cdot \Phi}.$$

Az összefüggésből látszik, hogy növekvő R_i ellenállás mellett a fordulatszám egyre kisebb lesz. Erre a célra az indító-ellenállást szokás használni, a 8.45. ábra kapcsolásaiban.

A módszer hátrányai:

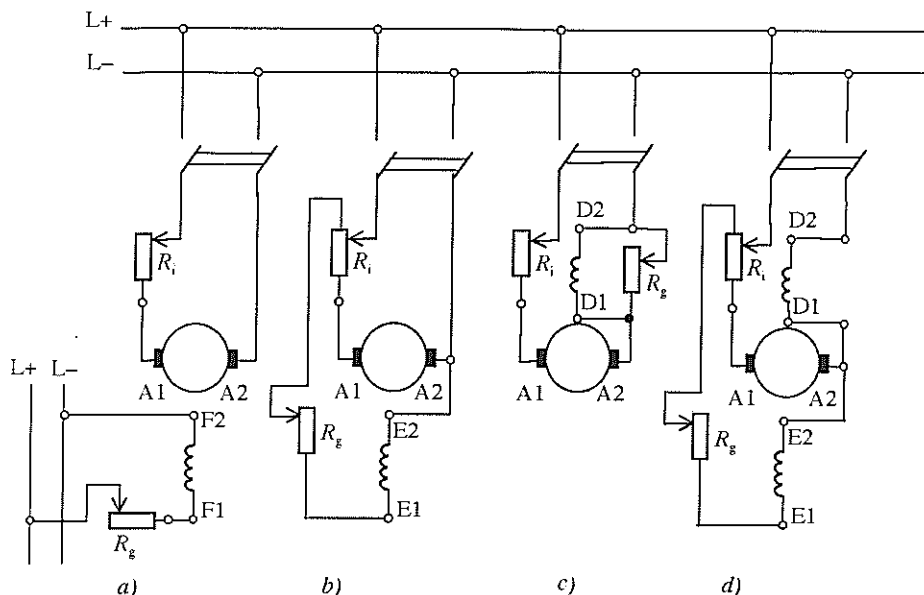
- a névlegeshez képest a fordulatszámot csak csökkenteni lehet,
- a beiktatott ellenálláson jelentős többletvesztés keletkezik,
- erősen terhelésfüggővé válik a motor fordulatszáma, mert a feszültségesés függ az áramerősségtől is.

A fordulatszám változtatása a fluxussal

A névleges állapothoz képest a pólusok telítődése miatt a fluxus, ésszerű és megengedhető gerjesztőáramok mellett, csak kismértékben növelhető. Ezért ez a módszer fordulatszámcsökkentésre kevésbé alkalmas.

A fluxus csökkentése (más néven **mezőgyengítés**) nem ütközik akadályokba, a gerjesztőáram csökkentésével a fordulatszám jelentősen növelhető.

Külső, párhuzamos és vegyes gerjesztésű gépeknél a gerjesztőtekercsekkel sorosan kapcsolt ellenállással, soros motoroknál a gerjesztőtekercssel párhuzamosan kapcsolt ellenállással lehet a gerjesztőáramot változtatni, a 8.46. ábra szerinti kapcsolásokban.



8.46. ábra. Fluxusváltoztatás R_g gerjesztő-ellenállással
a) külső gerjesztésű; b) párhuzamos gerjesztésű; c) soros és
d) vegyes gerjesztésű motornál

A gerjesztő-ellenállásokon a többletvesztés gyakorlatilag elhanyagolható.

A mezőgyengítésnél figyelembe kell venni a megszaladási veszélyt.

Az egyenáramú motorok fékezése

Fékhataás akkor keletkezik, ha a motor nyomatéka a forgásiránnyal ellentétessé változik.

Egyenáramú motorok nyomatékának iránya akkor fordul meg, ha a főpólusok polaritása vagy a forgórész áramiránya megfordul. (Ha mindkettő egyszerre változik akkor a nyomaték iránya változatlan marad, l. az 5.2. alfejezetet!) A gyakorlatban általában a forgórész áramirányának megfordításával fékeznek.

Az **ellenáramú fékezés** lényege, hogy a forgórész áramiránya a kapocsfeszültség polaritásváltása következtében fordul meg.

Állandó mágnesű és külső gerjesztésű motoroknál elegendő az energiaforrás csatlakozó vezetékeit egy kapcsolóval felcserélni.

Párhuzamos, soros és vegyes gerjesztésű gépeknél gondoskodni kell arról, hogy a gerjesztőtekercsek áramának iránya változatlan legyen. Ez a tekercsek végeinek kapcsolóval végzett felcserélésével érhető el.

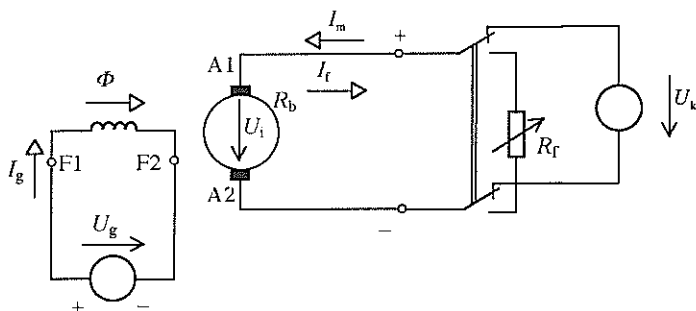
A polaritásváltással egyidejűleg a forgórészrel ellenállást kell sorba kapcsolni az áramerősség korlátozására.

Az ellenáramú fékezéssel teljes megállás érhető el. A megállás pillanatában a gépet le kell kapcsolni a hálózatról, mert ellentétes irányú forgásba kezdene. (A fékezésre való áttérés megegyező a forgásirányváltással.)

A fékezéskor felszabaduló mozgási energia a motor forgórész körében lévő ellenállásokon hővé alakul.

Ellenállásos (dinamikus) fékezés

Lényege, hogy változatlan irányú fluxus mellett a gép forgórészét leválasztják a hálózatról, és egy R_f fékező-ellenállásra kapcsolják. A fékezés elvi vázlatát, egy külső gerjesztésű gép esetén, a 8.47. ábra mutatja.



8.47. ábra. Külső gerjesztésű motor dinamikus fékezése

Fékezéskor az ábra szerinti kapcsolót átváltva, a motor forgórésze az R_f ellenállásra csatlakozik. Mivel az átkapcsoláskor a gép forgásiránya, valamint fluxusa változatlan irányú, az U_i indukált feszültség iránya is változatlan. Az indukált feszültség – mint egy generátorban – az R_f ellenálláson keresztül I_f áramot hoz létre, amely ellentétes az energiaforrás által keltett I_m motoros árammal:

$$I_f = \frac{-c \cdot \Phi \cdot n}{R_b + R_f}.$$

(Az energiaforrás U_k feszültsége az egyenletben már nem szerepel, miután lekapcsolták a motorról. Az egyenletben szereplő negatív előjel utal az áram irányváltására.)

A fékezés hatására a csökkenő fordulatszám miatt csökken az indukált feszültség, és emiatt csökkenne a fékezéshez szükséges áram. Annak érdekében, hogy az áram változatlan maradjon, csökkentik az R_f ellenállást.

A dinamikus fékezés a teljes megálláshoz nem elegendő, mert kis fordulatszámon már nem jön létre kellő értékű áram. A pontos megállításhoz kiegészítő mechanikus fékezés szükséges.

A fékezéskor felszabaduló mozgási energia döntő részben a fékező ellenálláson hővé alakul.

8.5. Példák, feladatok

Példák

1. Egy egyfázisú transzformátor primer feszültsége 230 V, a szekunder feszültsége 24 V, a primer menetszáma 1200. Mekkora a transzformátor áttétele és a szekunder menetszáma?

Az áttétel:
$$a = \frac{U_1}{U_2} = \frac{230 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 9,58.$$

A szekunder menetszám:
$$N_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot N_1 = \frac{24 \text{ V}}{230 \text{ V}} \cdot 1200 \approx 125.$$

2. Az 1. példa transzformátorának teljesítménye 1 kV·A. Mekkora a transzformátor névleges áramai?

A primer áramerősség az $S_n = U_{1n} \cdot I_{1n}$ kifejezésből:

$$I_{1n} = \frac{S_n}{U_{1n}} = \frac{1000 \text{ V} \cdot \text{A}}{230 \text{ V}} = 4,34 \text{ A}.$$

A szekunder áramerősség:
$$I_2 = \frac{U_1}{U_2} \cdot I_1 = \frac{230 \text{ V}}{24 \text{ V}} \cdot 4,34 \text{ A} = 41,59 \text{ A}.$$

3. Az 1. és 2. példa transzformátorának veszteségei névleges teljesítményen: vasveszteség 25 W, tekercsveszteség 45 W. Mekkora a transzformátor hatásfoka, ha a $\cos\varphi_2 = 1$ fázistényezőjű fogyasztó névleges áramerősséggel terheli?

A hatásfok:
$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_v} \cdot 100 = \frac{1000 \text{ W}}{1000 \text{ W} + 25 \text{ W} + 45 \text{ W}} \cdot 100 = 93,46 \text{ \%}.$$

4. Egy háromfázisú szinkrongenerátor 50 Hz frekvenciájú feszültséget állít elő, a póluspárok száma 1. Mekkora fordulatszámmal működik a gép?

A szinkronfordulatszám:
$$n = 60 \cdot \frac{f}{p} = 60 \cdot \frac{50 \text{ Hz}}{1} = 3000 \frac{1}{\text{min}} = 50 \frac{1}{\text{s}}.$$

5. Egy 50 Hz frekvenciájú hálózatról működő háromfázisú aszinkronmotor üzemi fordulatszáma 1440 1/min. Mekkora a motor szlipje?

A gép szinkronfordulatszáma 1500 1/min, mert az 50 Hz frekvencián lehetséges értékek közül ennél az értéknél kisebb néhány százalékkal az üzemi fordulatszám.

$$\text{A szlip: } s = \frac{n_1 - n}{n_1} \cdot 100 = \frac{1500 \frac{1}{\text{min}} - 1440 \frac{1}{\text{min}}}{1500 \frac{1}{\text{min}}} \cdot 100 = 4 \% .$$

6. Az 5. példában szereplő kalickás motor névleges feszültsége 400 V, üzemi kapcsolása delta, az indítónyomatéka 150 N·m. Alkalmazható-e csillag-delta indítás, ha a terhelőnyomaték értéke 60 N·m, és a fordulatszámától függetlenül állandó?

$$\text{A gép indítónyomatéka csillagkapcsolásban: } M_{\text{ics}} = \frac{M_{\text{id}}}{3} = \frac{150 \text{ N} \cdot \text{m}}{3} = 50 \text{ N} \cdot \text{m} .$$

A motor tehát **nem indítható csillag-delta átkapcsolással**, mert így az indítónyomatéka kisebb lenne a terhelés 60 N·m értékű nyomatékánál.

7. Egy egyenáramú generátor fluxusa $1,6 \cdot 10^{-2}$ V·s, fordulatszáma 1440 1/min, a gépállandó $c = 640$. Mekkora a gép indukált feszültsége?

Az indukált feszültség:

$$U_i = c \cdot \Phi \cdot n = 6,4 \cdot 10^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ V} \cdot \text{s} \cdot \frac{1,44 \cdot 10^3}{60} \frac{1}{\text{s}} = 245,7 \text{ V} .$$

8. A 7. példa generátorának belső ellenállása 0,21 Ω, a terhelőárama 124 A. Mekkora a gép kapocsfeszültsége és a leadott teljesítménye?

$$\text{A kapocsfeszültség: } U_k = U_i - I \cdot R_b = 245,7 \text{ V} - 124 \text{ A} \cdot 0,21 \Omega \approx 220 \text{ V} .$$

A generátor leadott teljesítménye:

$$P_2 = U_k \cdot I = 220 \text{ V} \cdot 124 \text{ A} = 27\,280 \text{ W} = 27,28 \text{ kW} .$$

9. A 7. és 8. példában szereplő generátort 220 V feszültségről motorként működtetjük. A forgórész áramerőssége 100 A. Mekkora fordulatszámmal forog a gép?

$$\text{A fordulatszám: } n = \frac{U_k - I \cdot R_b}{c \cdot \Phi} = \frac{220 \text{ V} - 100 \text{ A} \cdot 0,21 \Omega}{6,4 \cdot 10^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ V} \cdot \text{s}} = 19,43 \frac{1}{\text{s}} \approx 1166 \frac{1}{\text{min}} .$$

10. Egy 220 V névleges feszültségű, külső gerjesztésű motor névleges áramerőssége 55 A, belső ellenállása 0,3 Ω. A névlegesnek hányszorosa lenne a direkt indítási áramerősség? Mekkora feszültségről kell indítani a gépet, ha az indítási áram a

névleges áram másfélszerese? Névleges feszültségről indítva mekkora ellenállást kell a forgórészsel sorosan kapcsolni az előzővel azonos indítási áram esetén? Mekkora veszteségi teljesítmény keletkezik az indító-ellenálláson a bekapcsolás pillanatában?

A direkt indítási áram: $I_{id} = \frac{U_k}{R_b} = \frac{220 \text{ V}}{0,3 \Omega} \approx 733 \text{ A}.$

Ezt a névlegeshez viszonyítva: $\frac{I_{id}}{I_n} = \frac{733 \text{ A}}{55 \text{ A}} = 13,3.$

A megengedett indítási áramerősség: $I_{im} = 1,5 \cdot I_n = 1,5 \cdot 55 \text{ A} = 82,5 \text{ A}.$

Az indításhoz szükséges csökkentett kapocsfeszültség:

$$U_{kcs} = I_{im} \cdot R_b = 82,5 \text{ A} \cdot 0,3 \Omega = 24,75 \text{ V}.$$

A szükséges indító-ellenállás értéke az ismert összefüggésből számítható:

$$I_{im} = \frac{U_k}{R_b + R_i}, \quad R_i = \frac{U_k - I_{im} \cdot R_b}{I_{im}} = \frac{220 \text{ V} - 82,5 \text{ A} \cdot 0,3 \Omega}{82,5 \text{ A}} = 2,37 \Omega.$$

Az indító-ellenállás veszteségi teljesítménye:

$$P_{Ri} = I_{im}^2 \cdot R_i = 82,5^2 \text{ A}^2 \cdot 2,37 \Omega = 16130 \text{ W} = 16,13 \text{ kW}.$$

Feladatok

1. Egy egyfázisú transzformátor adatai: névleges primer feszültség: $U_{1n} = 230 \text{ V}$; üresjárási áramerősség: $I_{10} = 0,85 \text{ A}$; üresjárási teljesítmény: $P_{10} = 30 \text{ W}$.

Mekkora az üresjárási teljesítménytényező?

Mennyi a transzformátor vasvesztesége?

($\cos \varphi_{10} = 0,153$; $P_{vas} \approx 30 \text{ W}$)

2. Az 1. feladatban szereplő transzformátor primer tekercsének menetszáma 1300, a szekunderé 238, a névleges primer áramerősség 8,7 A.

Mekkora a transzformátor szekunder feszültsége, a névleges teljesítménye és mekkora a szekunder áramerőssége?

($U_2 \approx 42 \text{ V}$, $S_n = 2 \text{ kVA}$, $I_2 = 47,6 \text{ A}$).

3. Egy háromfázisú, 400 V vonali feszültségű szinkrongenerátor látszólagos teljesítménye 50 kVA, teljesítménytényezője 0,8, az összes vesztesége 3,5 kW.

Mekkora a generátor vonali áramerőssége, felvett teljesítménye és hatásfoka?

(72,17 A, 43,5 kW, 92 %)

4. Egy 50 Hz frekvenciájú szinkronmotor 250 1/min fordulatszámmal forog. Hány póluspárú a gép?

($p = 12$)

5. Egy aszinkronmotor névleges fordulatszáma 720 1/min.

Határozzuk meg a motor póluspárjainak számát, szinkronfordulatszámát és a névleges szlipjét!

($p=4$, $n_1=750$ 1/min, $s=4$ %)

6. Egy aszinkronmotor névleges nyomatéka 198,8 N·m.

Becsüljük meg a motor billenőnyomatékának értékét!

(≈ 400 N·m)

7. Egy külső gerjesztésű generátor feszültsége üresjárásban 235 V, belső ellenállása 0,25 Ω , fordulatszáma 1490 1/min. Ha a forgórészt 20 A erősségű áram terheli, a hajtómotor fordulatszáma 1440 1/min értékre csökken.

Mekkora lesz a generátor indukált feszültsége terhelt állapotban, ha a fluxusa állandó? Mekkora lesz a gép kapocsfeszültsége terheléskor?

($U_i = 227,1$ V; $U_k \approx 222$ V)

8. Egy soros gerjesztésű, egyenáramú motor nyomatéka 50 N·m, áramerőssége 42 A. Mekkora lesz a motor áramfelvétele, ha a terhelőnyomaték 75 N·m-re növekszik?

($\approx 51,4$ A)

Ellenőrző kérdések

1. Milyen elven működik a transzformátor?
2. Milyen összefüggés van a transzformátor feszültségei és a tekercsek menet-számai között?
3. Milyen szerkezetű a transzformátor vasmagja és tekercse?
4. Mi jellemzi a transzformátor üresjárási, terhelési és rövidzárási üzemállapotát?
5. Milyen kapcsolásúak lehetnek a háromfázisú transzformátor tekercsei?
6. Milyen az olajtranszformátor szerkezete?
7. Milyen előnyei és hátrányai vannak a takarékkapcsolású transzformátornak?
8. Milyen fő részei vannak a szinkrongépek állórészének, melyek a legfontosabb jellemzőik?

9. Milyen szerkezetű forgórészei vannak a szinkrongépeknek ?
10. Miért kell állandó fordulatszámon működni a szinkrongenerátornak, és mivel változtatható a generátor indukált feszültsége?
11. Mi a szinkronmotor működési elve?
12. Milyen szerkezetű az aszinkronmotor állórésze és a gépek milyen forgórészekkel készülnek?
13. Milyen elven keletkezik az aszinkronmotorban a forgatónyomaték? Mitől függ a nyomaték értéke?
14. Miért szükségeszerű, hogy az aszinkronmotor a szinkronnál kisebb fordulatszámmal forogjon? Mi a szlip, mekkora a jellemző értéke?
15. Milyen jellegzetességei vannak az aszinkronmotor nyomaték-fordulatszám jelleggörbéjének?
16. Milyen indítási módokat alkalmazhatnak az aszinkronmotoroknál?
17. Hogyan lehet az aszinkronmotor forgásirányát megváltoztatni?
18. Mi a feladata a segédfázisnak és a kondenzátornak az egyfázisú motorok működésében?
19. Mi a feladata a kommutátornak az egyenáramú generátorok és motorok működésében?
20. Milyen a szerkezeti felépítése az egyenáramú gépeknek?
21. Mitől függ az egyenáramú generátorok indukált feszültsége, hogyan változtatható állandó fordulatszám esetén?
22. Mi a dinamóelv és hogyan érvényesül a párhuzamos gerjesztésű generátorok esetén?
23. Mitől függ az egyenáramú motorok nyomatéka?
24. Mikor lép fel a motoroknál a megszaladási veszély?
25. Milyen közös tulajdonságai vannak a permanens mágnesű, a külső és a párhuzamos gerjesztésű motoroknak?
26. Milyen fontos tulajdonságokkal rendelkezik a soros gerjesztésű motor, hol alkalmazzák?
27. Milyen problémákat kell megoldani az egyenáramú motorok indításakor, milyen módszereket alkalmazhatnak erre?
28. Hogyan lehet az egyenáramú motorok fordulatszámát változtatni?
29. Hogyan lehet az egyenáramú motorok forgásirányát megváltoztatni?
30. Milyen módszerekkel lehet fékezni egyenáramú motorokkal?

9. ERŐSÁRAMÚ SZERELVÉNYEK ÉS KÉSZÜLÉKEK

Erősáramú szerelvényeken olyan eszközöket, készülékeket értünk, amelyeket a villamosenergia elosztóhálózatba beépítve lehetővé teszik a hálózat, ill. a fogyasztók igények szerinti üzemeltetését, valamint üzemzavar esetén azok lekapcsolását.

Szerelvényekkel találkozhatunk a nagyfeszültségű és a kisfeszültségű hálózatban is. Ez a fejezet csak a kisfeszültségű fogyasztói hálózatban leggyakrabban alkalmazott szerelvényekkel foglalkozik. (Kisfeszültségűnek az 1000 V változó- és 1200 V egyenfeszültségnél nem nagyobb feszültségű szerelvényeket és készülékeket nevezik.)

9.1. A szerelvények és készülékek általános jellemzői

A gyártó cégek a katalógusokban megadják a gyártmányok adatait, amelyek nagy része szabvány-előírásokon alapszik. Ezek közül ismerkedjünk meg néhány fontos jellemzővel!

Névleges feszültség (U_n): az MSZ 1 szabvány szerinti értékű lehet.

Névleges szigetelési feszültség (U_{nsz}): (amelyhez viszonyítják a próbafeszültséget) a névleges feszültségnél nagyobb értékű. (Pl. $U_n = 230$ V, $U_{nsz} = 250$ V.)

Névleges áram (I_n): amelyet a szerelvény, készülék adott üzemi feltételek mellett tartósan elvisel.

Termikus határáram (I_{th}): az a legnagyobb áramerősség, amelyet a berendezés legalább egy másodpercig káros melegedés nélkül elvisel (a névleges áramnál nagyobb).

Mechanikai élettartam: kapcsolók karbantartás nélküli, garantált működési ciklusai árammentes állapotban (10^3 – 10^7 nagyságrendű).

Villamos élettartam: kapcsolók áramterhelés alatti, érintkezőcsere nélkül garantált működési ciklusai (10^3 – 10^6 nagyságrendű).

9.2. A kapcsolókészülékek alkalmazási csoportjai

A kapcsolókészülékek működési jellemzőit jelentősen befolyásolja az alkalmazott áramnem, valamint a fogyasztó ellenállás vagy reaktáns jellege és üzemmódja. Ez fejeződik ki az alkalmazási csoport fogalmában. A 9.1. táblázatban láthatóak a jellegzetes alkalmazási csoportok.

Kapcsolókészülékek alkalmazási csoportjai. 9.1. táblázat

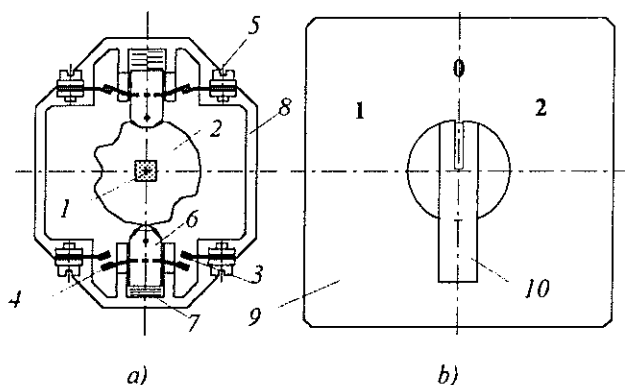
Áramnem	Alkalmazási csoport jele	Jellemző alkalmazás
Váltakozó áram	AC1	Ellenállások, kismértékben induktív jellegű kemencék
	AC2	Csúszógyűrűs aszinkronmotorok
	AC3	Kalickás aszinkronmotorok indítása és kikapcsolása teljes fordulatszámról
	AC4	Kalickás aszinkronmotorok léptetési üzeme irányváltós ellenáramú fékezése
	AC15	Váltakozó áramú elektromágnesek vezérlése
Egyen-áram	DC1	Mint AC1
	DC2	Párhuzamos gerjesztésű motor indítása és kikapcsolása teljes fordulatszámról
	DC3	Párhuzamos gerjesztésű motor léptetése, irányváltása, ellenáramú fékezése
	DC4	Soros gerjesztésű motor indítása és kikapcsolása teljes fordulatszámról
	DC5	Soros gerjesztésű motor léptetése, irányváltása, ellenáramú fékezése
	DC13	Egyenáramú elektromágnesek vezérlése

Egy adott kapcsoló áramerhelése az AC1 alkalmazási csoportban lehet a legnagyobb. A különböző alkalmazási csoportokban megengedhető áramerhelés a gyári katalógusokból állapítható meg.

9.3. Kézi működtetésű kapcsolók

Az ipari kézi működtetésű kapcsolók legtöbb esetben ún. kamrás, ill. görgős kivitelűek. A kapcsolók alapegysége az érintkezőkamra, amelyben 1 vagy 2 darab ket-

tős megszakítású, egymástól független áramkörű érintkező van. Az érintkezőket a négyzet keresztmetszetű tengelyre fűzött vezérlőtárcsák a tengelyre merőleges irányban mozgatják. Egy kamra vázlatos felépítését a 9.1. ábra szemlélteti.



9.1. ábra. Kamrás kapcsoló

a) kamra; b) előlap és forgatógomb

1 tengely; 2 vezérlőtárcsa; 3 álló érintkező; 4 mozgó érintkező; 5 csatlakozócsavar;
6 érintkezőtartó és görgő; 7 rugó; 8 kamratest, 9 előlap; 10 forgatógomb

A kapcsolók általában különböző névleges áramra készülve, sorozatot képeznek. Pl. a Ganz Kapcsoló és Készülékgyártó Kft. KK típusjelű sorozata 10–315 A-ig terjedő névleges árammal készül.

A KK sorozat – megfelelő számú kamra összeépítésével – sokféle kapcsolási funkcióval készül:

- be-ki kapcsoló 2, 3, 4 pólussal,
- átkapcsolók 2, 3, 4, váltóérintkezővel,
- fokozatkapcsolók, 6 fokozattal,
- feszültség- és áramerősség-mérő átkapcsolók,
- motorkapcsolók:
 - irányváltók,
 - csillag-delta indítókapcsolók,
 - Dahlander tekercselésű motorok átkapcsolója stb.

A kapcsolók készülnek kapcsolószekrény készülék előlapjára beépíthetően, valamint műanyag és fém tokozású kivitelben, készülnek kulccsal, ill. lakattal zárható megoldással is.

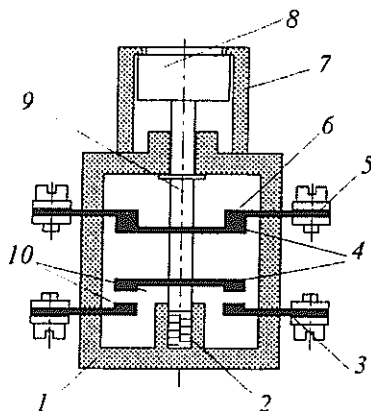
A kapcsolók kialakítása olyan, hogy az érintkezők zárását és nyitását pillanatszerűen rugó végzi, függetlenül a kapcsológomb elfordítási sebességétől. (Ezt a szerkezeti megoldást a 9.1. ábra nem tünteti fel.)

9.4. Nyomógombok és jelzőlámpák

A **nyomógombok** olyan kézi működtetésű kapcsolók, amelyek nyomás hatására érintkezőket zárnak és/vagy nyitnak. A nyomás megszűnése után az érintkezők visszaállnak eredeti – nyitott, ill. zárt – állapotukba.

A nyomógombokat általában mágneskapcsolók vezérlésére használják.

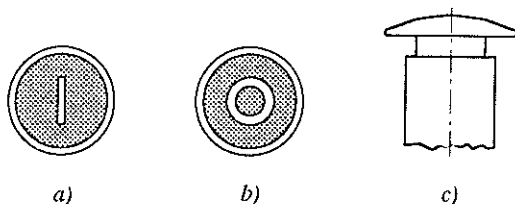
A nyomógombokat általában egy nyitó- és egy záróérintkezővel készítik. Gyártanak azonban modulrendszerűeket is, amelyeknél több modul összeépítésével az érintkezők számát növelni lehet. Egy nyomógomb elvi vázlatát a 9.2. ábra szemlélteti.



9.2. ábra. Nyomógomb vázlata

1 érintkezőház; 2 nyomórugó; 3 álló érintkező; 4 mozgó érintkező; 5 csatlakozócsavar;
6 nyitó érintkezőpár; 7 nyomógombház; 8 nyomógomb; 9 csap; 10 záró érintkezők

A konstrukciók olyanok, hogy az érintkezőházhoz – a felhasználás szerint – különböző jelzésű, ill. alakú nyomógomb csatlakoztatható. A 9.3. ábrán látható a három leggyakoribb nyomógomb.



9.3. ábra. Nyomógombok fajtái

a) bekapcsoló nyomógomb; b) kikapcsoló nyomógomb;
c) vészkipapcsoló (tenyerelő-) gomb

A bekapcsoló – záró érintkezőt alkalmazó – nyomógomb zöld színű I jelzéssel, a kikapcsoló – nyitó érintkezőt alkalmazó – piros színű O jelzéssel. A vészkipapcsoló

lót gomba alakú piros gombbal szerelik, **O** jelzéssel. A modulrendszerűek világító nyomógombbal is készülnek.

A nyomógombok érintkezői váltakozó feszültségen általában 6 A áramerősséggel terhelhetők, egyenáramú terhelhetőségük ennél jóval kisebb.

A nyomógombok is lehetnek kapcsolószekrények, készülékek lemezfelületébe szerelhetők, de gyártják műanyag, ill. fém tokozással is azokat.

A **jelzőlámpákat** a hálózatok, fogyasztók be,- ill. kikapcsolt állapotának jelzésére használják.

Fényforrásként alkalmaznak:

- izzólámpát (max. 15 W teljesítményig),
- parázfény- (glimm-) lámpát,
- fénykibocsátó diódát (LED).

A fényforrások foglalatja olyan kialakítású, hogy a kapcsolószekrények, ill. készülékek előlapjába beépíthető.

A glimmlámpák és LED-ek áramkörébe előtét-ellenállást, és egyes típusokban egyenirányító diódát is beépítenek.

Előfordul, hogy a jelzőlámpákat kisteljesítményű, törpefeszültséget előállító transzformátorral táplálják.

A jelzőlámpák foglalatának búráját különböző színekben gyártják, a leggyakrabban a piros, a zöld és a fehér színűt alkalmazzák. A LED-ek önmagukban is különböző színű fényt bocsáthatnak ki.

9.5. Sorkapcsok

A sorkapcsokat kapcsolószekrényekben villamos vezetékek csatlakoztatására használják.

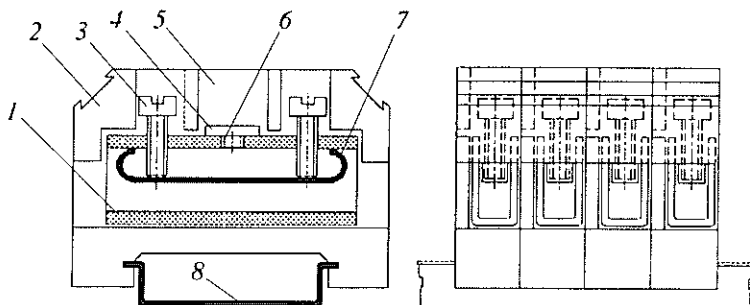
A sorkapcsok műanyag- vagy kerámiatestben elhelyezkedő, galvanizált vörösréz anyagú, csavaros szorítású csatlakozóelemekkel készülnek. Egy sorkapocselem vázlatos rajza a 9.4. ábrán látható.

A szükséges számú csatlakozó elemet sínre felhúzva szerelik.

A csatlakozók olyan kialakításúak, hogy a szomszédos elemek vezetővel közvetlenül összeköthetők, így egy vezetőről több leágazás is készíthető.

A 9.4. ábra szerinti kivitel esetén a csatlakozóvezeték szigetelőanyagtól megtisztított végét a szorító testbe dugva, csavarral rögzíthető. Az ilyen típusú sorkapcsokat

kb. 6–200 A áramerősségekre készítik. Ennél nagyobb áramerősségek esetén a vezeték végére ún. kábelsarut rögzítenek préseléssel vagy forrasztással, és a sorkapocshoz hatlapfejű anyás csavarral csatlakoztatják.



9.4. ábra. Sorkapocs vázlata

1 réz szorítótest; 2 a jelölőelem helye; 3 szorítócsavar; 4 összekötő sín helye; 5 sorkapocstest; 6 az összekötő sín szorító csavarjának helye; 7 nyomólemez; 8 felfűzősín

A sorkapocselemet valamint a hozzá csatlakozó vezetéket azonosító jelöléssel szolás ellátni.

9.6. Mágneskapcsolók, időrelék

A **mágneskapcsolók** olyan kapcsolószerkezetek, amelyekben az érintkezők működtetését elektromágnes végzi.

A mágneskapcsolókat hálózati szakaszok, valamint egyes fogyasztók be- és kikapcsolására használják. Speciális célokra készítenek összetett kapcsolókat is. Ilyenek pl. a csillag-delta indítók, a forgásirányváltó kapcsolók.

A működtető elektromágnes gerjesztetlen állapota jelenti a fogyasztó kikapcsolt helyzetét.

A mágneskapcsolókat három, kettős megszakítású záró főérintkezővel, valamint legtöbbször két záró és két nyitó segédérintkezővel készítik. (A záróérintkező az elektromágnes gerjesztetlen állapotában nyitott, a nyitóérintkező pedig zárt.)

A főérintkezők kapcsolják a fogyasztók áramkörét, a segédérintkezők a kapcsolók működtetésében – vezérlésében – játszanak szerepet. Az érintkezők nyitását, a pillanatszerű szétválás érdekében – amelyre a keletkező villamos ív kioltása miatt van szükség – az elektromágnes gerjesztésének megszűnése után rugók végzik.

A kapcsolók konstrukciója olyan, hogy a működés során elhasználódó, meghibásodó alkatrészeket – elsősorban a fő- és segédérintkezőket valamint az elektromágnes gerjesztőtekercsét – viszonylag könnyű kicserélni.

A kapcsolókat lehet egy- és háromfázisú váltakozó áramú és egyenáramú körben is alkalmazni.

A gerjesztőtekercset egyen- és váltakozó áramú alkalmazás esetén különböző szabványos feszültségekre készítik. Háromfázisú alkalmazásban készül vonali és fázisfeszültségekre is.

A kapcsolók főérintkezőinek névleges áramerőssége – a gyártótól függően – kb. 1000 A-ig terjed. Egy adott kapcsoló esetén a megengedett áramerősséget befolyásolja az alkalmazási csoport is. Egyfázisú és egyenáramú alkalmazás esetén a gyártók ajánlják a főérintkezők soros kapcsolását.

A mágneskapcsolók alkalmazásának néhány előnye:

- kis erő kifejtés szükséges a működtetéshez,
- lehetőség van nagyobb távolságból való működtetésre,
- lehetőség van több helyről történő be- és kikapcsolásra,
- feszültségkimaradáskor kikapcsolja a fogyasztót, a feszültség visszatértekor nem indul magától a fogyasztó üzeme.

Az **időrelék** olyan készülékek, amelyek a bemenő villamos jel hatására a kimeneti jel kapcsolását időkéséssel valósítják meg. A késleltetés mértéke az adott relére jellemző időintervallumon belül tetszőleges értékre beállítható.

A korszerű időrelék elektronikus rendszerűek.

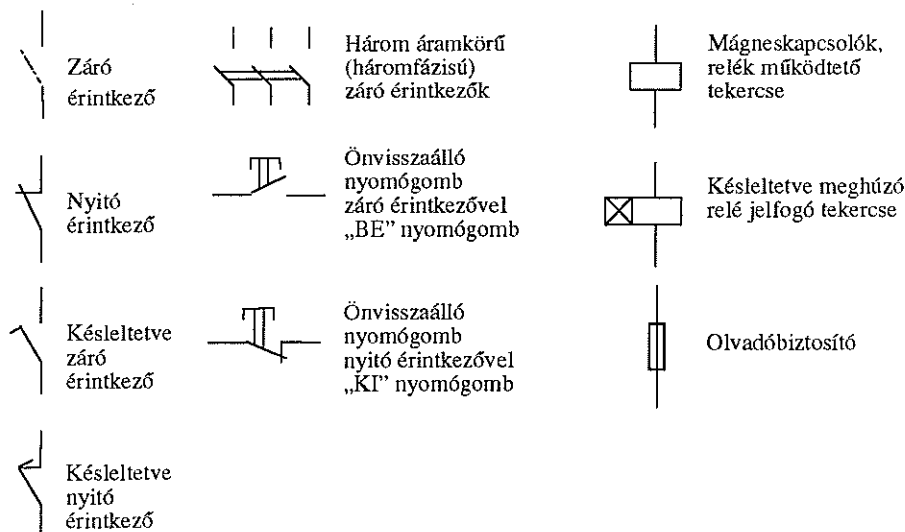
A késleltetés lehet be- és kikapcsolás-késleltetés. A késleltetési idők 0,1 s nagyságrendtől 10 h nagyságrendig terjedhetnek. Egy adott relé állítható késleltetési tartománya általában egy nagyságrendet fog át.

9.7. Mágneskapcsolók vezérlő alapkapcsolásai

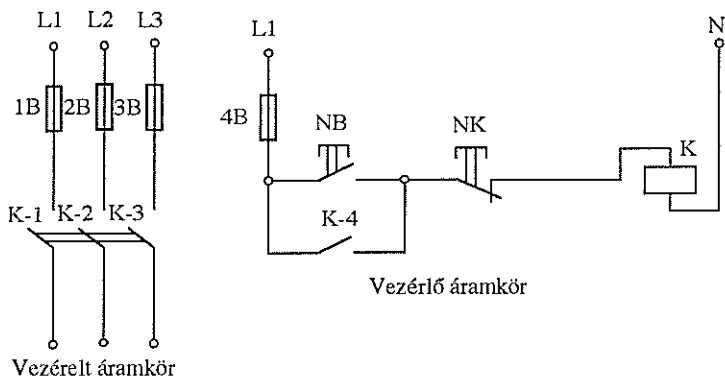
A kapcsolási vázlatokban alkalmazott rajzjelek értelmezése a 9.5. ábrán látható.

Háromfázisú áramkör be- és kikapcsolásának vázlata a 9.6. ábrán látható, ún. *áramutas ábrázolási módban* (9.6. ábra).

Az áramutas ábrázolás lényege, hogy a kapcsolásban szereplő rajzjeleket nem szerkezeti összetartozás szerinti elrendezésben, hanem áramkörökbe rendezve ábrázoljuk. A szerkezeti összetartozást betűk és számok kombinációjából álló azonosítókkal jelöljük. Az ábra mindig két részből áll: a vezérelt és a vezérlőáramkör rajzából.



9.5. ábra. Kapcsolók rajzjelei



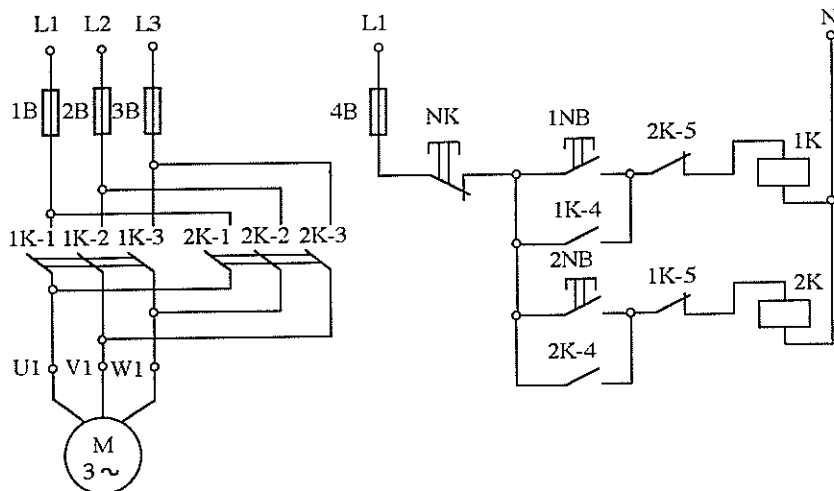
9.6. ábra. Mágneskapcsoló vezérlése

A vezérlőáramkörből megállapítható, hogy a **K** jelű működtető tekercs akkor kap gerjesztést a háromfázisú hálózat fázisfeszültségéről, ha az **NB** bekapcsoló nyomógombot működtetjük. Ennek hatására záródik valamennyi **K** jelű érintkező. A **K-1**, **K-2**, **K-3** – a mágneskapcsoló főérintkezői – kapcsolják a háromfázisú hálózatot, a **K-4** – a mágneskapcsoló segédérintkezője – pedig áthidalja az **NB** nyomógombot. A **K-4** érintkezőre azért van szükség, mert a bekapcsoló nyomógomb az elengedése után ismét nyitott állapotba kerül, ezáltal a **K** tekercs gerjesztése megszakadna. Ezt a vezérlő áramkört nevezik **öntartó áramkörnek**.

A kikapcsolás az **NK** kikapcsoló nyomógomb működtetésével jön létre. Ekkor megszakad a **K** tekercs áramköre és valamennyi érintkező nyitott állapotba kerül. Ha az

NK nyomógombot elengedjük, az érintkezők kikapcsolt állapotban maradnak, mert ekkor már mind az **NB** nyomógomb, mind pedig a **K-4** érintkező nyitott állapotú.

Két mágneskapcsoló reteszelt vezérlése a 9.7. ábrán látható.



9.7. ábra. Két mágneskapcsoló reteszelt vezérlése

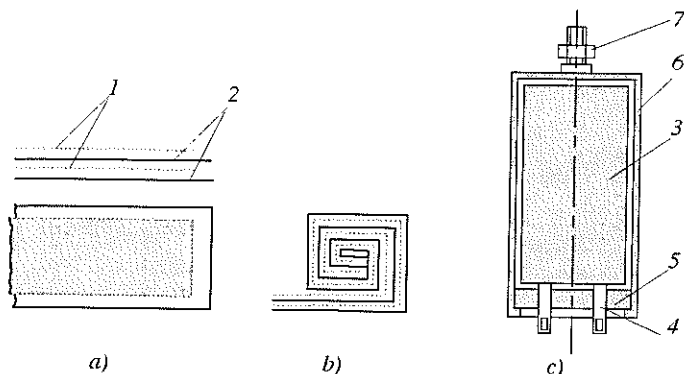
Az ábra egy kalickás aszinkronmotor forgásirányváltásának vezérlését mutatja, amelyben az **1K** és **2K** jelű mágneskapcsoló különböző fázissorrendben csatlakoztatja a hálózatot a motorra. Ha véletlenül mindkét kapcsoló egyszerre kerülne bekapcsolt állapotba, a hálózat L2 és L3 fázisa zárlatba kerülne. Ennek megakadályozására, a két kapcsoló egyidejű bekapcsolt állapotát az **1K-5**, ill. **2K-5** nyitóérintkezők beiktatásával kizárják, reteszelik.

Ha pl. az **1NB** nyomógombbal elindítjuk a motort az **1K** által meghatározott forgásirányba, az **1K-5** érintkező nyitott állapotba kerül, és így a **2NB** nyomógombbal nem működtethető a **2K** jelű kapcsoló. Hasonló a helyzet, ha először a **2K** kapcsolót működtetjük, mert akkor a **2K-5** érintkező reteszeli az **1K** bekapcsolhatóságát. Ez a megoldás a **keresztreteszelés**. A reteszelés feloldásához az **NK** nyomógombbal ki kell kapcsolni az éppen működő kapcsolót.

9.8. Kondenzátorok

Az erősáramú technikában alkalmazott kondenzátorok rendszerint alumíniumfólia fegyverzettel, papír- vagy műanyagfólia szigeteléssel készülnek. A papírszigetelést olajjal vagy triklórral itatják át. Ezek az anyagok növelik a papír átütési szilárdságát.

Két alumíniumfóliát két szigetelőréteggel felcsévélve alakítják ki a kondenzátort, a 9.8. ábra szerint.



9.8. ábra. Papír- és műanyagszigetelésű kondenzátor felépítése
a) rétegek elrendezése síkban; *b)* elrendezés a felcsévélés hatására;
c) alumíniumtokozású kondenzátor;

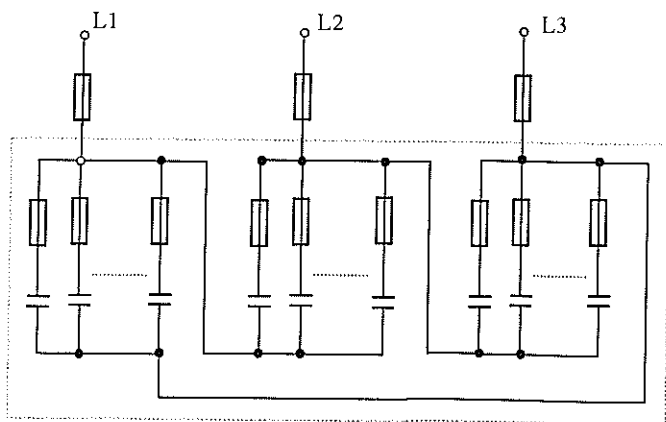
1 alumíniumfólia; 2 papír- vagy műanyag szigetelés; 3 kondenzátor; 4 kivezetés;
 5 tömítő- szigetelőanyag; 6 alumíniumtok; 7 érintésvédelmi vezeték csatlakozási helye

A felcsévélés következtében a fémfólia mindkét oldala kondenzátort alkot, így a dupla szembenálló felület kétszeres kapacitást eredményez.

Készítenek úgy is kondenzátort, hogy a papír vagy a műanyag egyik felületére az alumíniumréteget a fém rágózólötgetésével viszik fel.

A feltekercselt kondenzátort légmentesen zárt, fém vagy műanyag dobozba helyezik.

Az erősáramú technikában a kondenzátorokat fázisjavításra, vagy egyfázisú motorok működtetésére használják. A 9.8.c) ábra szerint kialakított kondenzátort alkalmaznak pl. fénycsövek fázisjavítására és egyfázisú motorok üzemeltetésére.



9.9. ábra. Háromfázisú, delta-kapcsolású fázisjavító kondenzátor elvi kapcsolása

A háromfázisú fázisjavító kondenzátorokat delta-kapcsolásban, közös tokozással készítik. Az egyes fázisokhoz tartozó kapacitást több kondenzátor párhuzamos kapcsolásával alakítják ki. Minden kondenzátorral sorba kapcsolnak a tokozáson belül elhelyezkedő – nem cserélhető – olvadóbiztosítót, amely kiiktatja az esetleges zárlatkor a meghibásodott kondenzátort.

Egy ilyen háromfázisú kondenzátor elvi kapcsolását szemlélteti a 9.9. ábra.

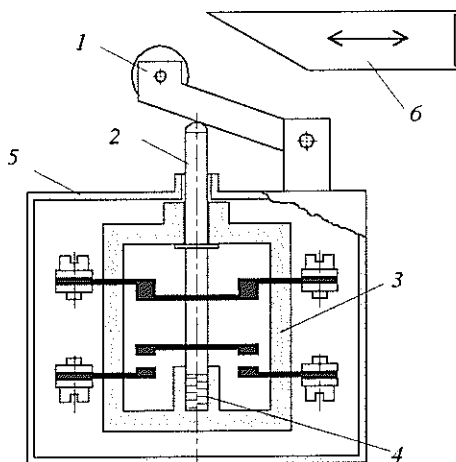
A kondenzátorok jellemzői:

- a *névleges kapacitás*, amit általában μF -ban mérnek, ezt minden kondenzátoron feltüntetik,
- a *névleges feszültség*, amit V vagy kV-ban mérnek, ezt minden kondenzátoron feltüntetik,
- a *névleges meddő teljesítmény*, amit kvar mértékegységben adnak meg (ezt csak nagyobb fázisjavító kondenzátoroknál jelzik).

9.9. Villamos automatikaelemek

9.9.1. Végállaskapcsolók

A végállaskapcsolók mozgó szerkezetek szélső helyzeteinek érzékelésére, a mozgás önműködő megállítására, esetleg a mozgás ellentétes irányú elindítására használatosak.



9.10. Végállaskapcsoló

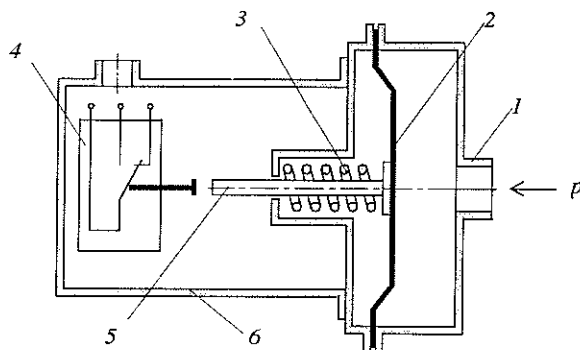
1 görgős működtető kar; 2 csap; 3 kapcsoló; 4 visszaállító rugó;
5 kapcsolóház; 6 a mozgó szerkezet ütközője

A végálláskapcsolók szerkezetileg a nyomógombokhoz hasonlóak, általában egy záró- és egy nyitóérintkezőt tartalmaznak. Az érintkezők mozgatásának megkönnyítésére a működtetés görgős karon keresztül történik. A végálláskapcsoló felépítését és működtetését a 9.10. ábra szemlélteti.)

A mozgó szerkezethez rögzített ütköző a görgőhöz érve azt elmozdítja, ezáltal a kapcsoló egyik érintkezője zár, a másik pedig nyitott állapotba kerül. Ha az ütköző eltávolodik a görgőtől, a kapcsolóban lévő rugó az érintkezőket visszaállítja alaphelyzetbe. Az érintkezők általában 1 A nagyságrendű áramerősség kapcsolására alkalmasak.

9.9.2. Nyomáskapcsolók

A nyomáskapcsolók folyékony, ill. gáz halmazállapotú anyagok nyomásának érzékelésére alkalmas szerkezetek. Egy ún. síkmembrános nyomáskapcsoló vázlatos felépítése látható a 9.11. ábrán.



9.11. ábra. Nyomáskapcsoló

1 csatlakozó csőcsomó; 2 síkmembrán; 3 nyomórugó;
4 pillanatműködésű villamos kapcsoló; 5 csap; 6 burkolat

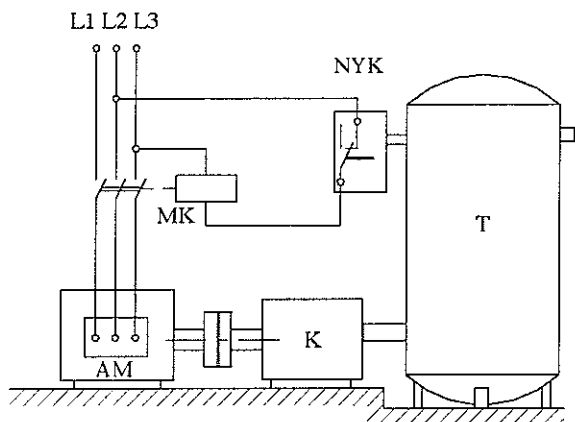
A csőcsomón keresztül hat az érzékelt közeg nyomása a síkmembránra, amelynek a másik oldalára a rugó fejt ki erőt. Ha a nyomásból származó erő nagyobbá válik a rugóerőnél, a membrán elmozdul és a hozzá rögzített csap működteti a villamos kapcsolót. A nyomáskapcsoló olyan konstrukciójú, hogy az érintkezők zárása és nyitása pillanatszerű, független a nyomásváltozás sebességétől.

Az érintkezők általában max. 1 A nagyságrendű áramokat képesek kapcsolni.

A nyomáskapcsoló alkalmazására mutat példát a 9.12. ábra.

Ha a tartályban a nyomás a szükségesnél kisebb, a nyomáskapcsoló érintkezője a rugóerő hatására zárt állapotú. Ennek következtében a mágneskapcsoló zárja a motor

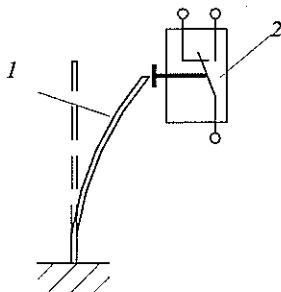
áramkörét, a motor működteti a kompresszort, amely növeli a tartályban a légnyomást. Ha a nyomás eléri a megengedett felső határt, a nyomáskapcsoló membránjára ható légnyomás nyitja az érintkezőt, a mágneskapcsoló kikapcsolja a motort.



9.12. ábra. Nyomáskapcsoló alkalmazása tartály légnyomásának szabályozására
T tartály; NYK nyomáskapcsoló; K kompresszor;
AM kalickás aszinkronmotor; MK mágneskapcsoló

9.9.3. Hőmérséklet-érzékelők

Az **ikerfém (bimetall)** két különböző hőtágulási fémről összehegesztett lemez, amely melegítés hatására a kisebb hőtágulási anyag felé elhajlik. Az elhajlás mértéke a hőmérséklet emelkedésével növekszik. Az elhajló lemez pillanatkapcsolású érintkezőt működtet (9.13. ábra).

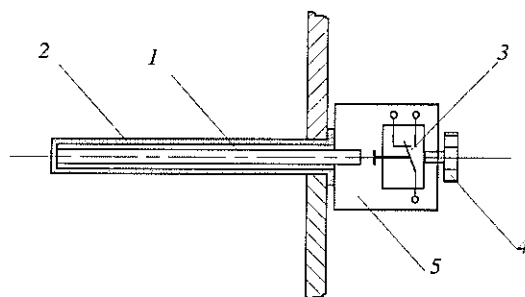


9.13. ábra. Az ikerfémes hőmérséklet-kapcsoló működési elve
1 ikerfém; 2 pillanatműködésű kapcsoló

Az érintkező és az ikerfém közötti távolság változtatásával beállítható a kapcsolási hőmérséklet (ilyet alkalmaznak, pl. a hőfokszabályozós vasalókban).

Az ikerfém kb. 500 °C hőmérsékletig használható.

A **tágulórudas hőmérséklet-érzékelő** egy nagy hőtágulású fémrúdból és egy kis hőtágulású csőből áll, amely az érzékelendő hőmérséklet terébe nyúlik be (9.14. ábra).

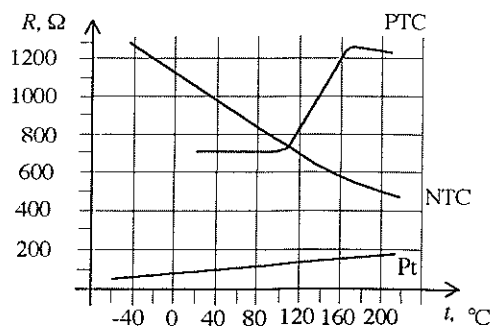


9.14. ábra. A tágulórudas hőmérsékletérzékelő
1 tágulórúd; 2 kis hőtágulású cső; 3 pillanatműködésű kapcsoló;
4 beállítócsavar; 5 burkolat

A tágulórúd hossza a hőmérséklettel kb. egyenes arányban változik, míg a kis hőtágulású cső hossza közel állandó marad. A tágulórúd vége a beállított hőmérsékleten – a hossznövekedés következtében – működteti a kapcsolót. Ha a hőmérséklet lecsökken, a kapcsoló visszaáll alaphelyzetébe. A kapcsoló pillanatszerűen működik.

A beállítás során az ütközési pontot közelítik, ill. távolítják a tágulórúd végéhez képest. A szerkezet – az alkalmazott anyagoktól függően – kb. 1000 °C-ig alkalmazható.

Hőmérséklet-érzékelőként gyakran alkalmaznak ún. **ellenállás-hőmérőt**, amely platínából vagy nikkelből készül és a fémek ellenállásának hőmérsékletfüggésén alapul.



9.15. ábra. Platina ellenállás-hőmérő, PTC és NTC termisztor jellemző jelleggörbéi

Alkalmaznak még félvezető alapanyagú **termisztorokat** is. A termisztorok lehetnek pozitív (PTC) és negatív (NTC) hőmérsékleti együtthatójúak.

A platina ellenállás-hőmérő és a termisztorok jellegzetes ellenállás-hőmérséklet-jelleggörbéi a 9.15. ábrán láthatók.

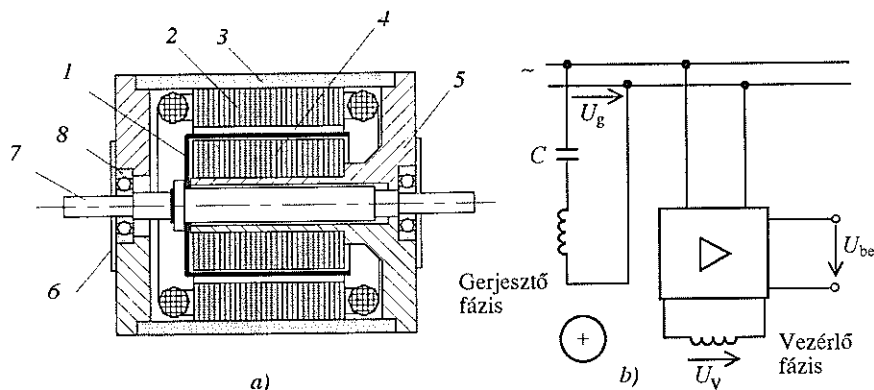
9.9.4. Mozgatómotorok

A villamos automatikával működő berendezéseknél a mechanikai mozgást legtöbbször villamos motorokkal hozzák létre.

Erre a célra gyakran alkalmaznak külső gerjesztésű vagy permanens mágnesű egyenáramú motorokat. (Ezek szerkezetét és működését a 8.4.2. és a 8.4.4. pont tárgyalja.) Ezeknek a gépeknek az előnyei:

- fordulatszámuk, forgásirányuk könnyen változtatható,
- nagy nyomaték kifejtésére képesek, így jól gyorsulnak.

Kb. 1 kW teljesítményig alkalmaznak speciális kialakítású – ún. serleges forgórészű – kétfázisú aszinkronmotorokat, amelyeknek állórésze az egyfázisú aszinkronmotoréhoz hasonló. A serleges forgórészű motor vázlatos felépítése a 9.16.a) ábrán látható.



9.16. ábra. Serleges forgórészű aszinkronmotor

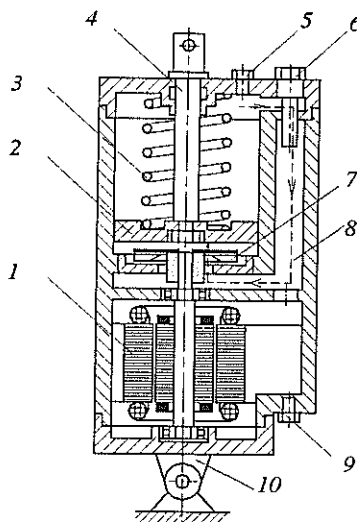
1 alumíniumserleg (kalicka); 2 állórész; 3 állórészház; 4 belső vasmag;
5 csapágyapajzs; 6 csapágyfedél; 7 tengely; 8 csapágy

Csak az alumínium serleg és a tengely forog, így a motor forgórésze nagyon kis tehetetlenségű.

A működtetés egyfázisú hálózatról történik. A gerjesztőfázis állandó U_g feszültséget kap. A vezérlőfázist egy erősítőn keresztül táplálják, amelynek U_{be} bemeneti fe-

szültségével változtatható a vezérlőfázis feszültsége. A motor fordulatszáma kb. egyenesen arányos az U_v vezérlőfeszültséggel. Ha forgás közben a vezérlőfeszültséget megszüntetik, a motor fékhatást fejt ki.

Ha viszonylag nem túl hosszú egyenes vonalú mozgásra van szükség viszonylag nagy erő kifejtéssel párosulva, akkor gyakran alkalmaznak elektrohidraulikus mozgatót, amelynek vázlatát a 9.17. ábra mutatja.



9.17. ábra. Elektrohidraulikus mozgatómotor

1 aszinkronmotor; 2 dugattyú; 3 visszaállító rugó; 4 mozgatórúd; 5 olajbetöltőnyílás; 6 olajvezető csatorma-keresztmetszet beállítója; 7 szivattyú; 8 az olaj útja a szivattyú működésekor; 9 olajleeresztő nyílás; 10 csuklós megfogó

A háromfázisú aszinkronmotor által hajtott szivattyú az ábrában bejelölt úton az olajat a dugattyú alá nyomja. A dugattyú a hozzá kapcsolódó rudat a rugó ellenében elmozdítja. Ha a motor forgása megáll, a rugó a dugattyút visszaállítja az alsó helyzetbe. Ekkor az olaj a jelölt úton ellentétes irányban áramlik. A mozgás sebességét az olaj áramlási keresztmetszetének változtatásával lehet beállítani.

Ellenőrző kérdések

1. Ismertessük az erősáramú készülékek legfontosabb jellemzőit!
2. Mit értünk a készülékek alkalmazási csoportján, milyen szempontok alapján különböztethetők meg az egyes csoportok?
3. Mi jellemzi a kézi működtetésű kapcsolók szerkezetét?

4. Milyen szerkezetűek a nyomógombok, milyen jelzésekből állapíthatjuk meg a nyomógombok funkcióit?
5. Mi a jelzőlámpák feladata, milyen színű jelzőlámpákat használnak a leggyakrabban?
6. Milyen előnyei vannak a mágneskapcsolóknak?
7. Milyen vezérlőkapcsolást jelent az öntartás és a reteszelés, és milyen elven valósíthatók meg?
8. Mi a végálláskapcsolók feladata az automatikus berendezésekben?
9. Milyen felépítésű a nyomáskapcsoló és hogyan működik?
10. Milyen hőmérséklet-érzékelőket ismerünk?
11. Milyen szerkezetű a kétfázisú aszinkron szervomotor, hogyan vezérelhető?
12. Hogyan működik az elektrohidraulikus motor? Mikor célszerű alkalmazni?

10. VILLAMOS VEZETÉKEK

A villamos áramkörök, hálózatok kialakításához többféle vezeték alkalmaznak. Az erősáramú vezetékek fajtái:

- köpeny nélküli szigetelt vezetékek 1 kV-nál nem nagyobb feszültségre,
- köpenyes szigetelt vezetékek 1 kV-nál nem nagyobb feszültségre: kábelszerű vezetékek (kiskábelek), tömlővezetékek, közvetlenül falba (vakolatba) szerelhető vezetékek,
- kábelek 1 kV-ig, valamint közép- és nagyfeszültségre 150 kV-ig,
- szigeteletlen sodronyvezetékek,
- szigeteletlen vezetősínek,
- szigetelt légvezetékek.

A vezetékek névleges feszültségét az U_0/U értékekkel jellemzik, ahol U_0 a vezetőknek a földhöz, az esetleges árnyékoláshoz ill. a köpenyhez képest megengedett feszültsége, U pedig a két vezető között megengedett feszültség.

10.1. Köpeny nélküli és köpenyes vezetékek

A vezető tömör vagy elemi szálakból sodrott rézből készül. (Régebben gyártottak alumíniumból is vezetőket.)

A vezetékek szigetelőanyaga általában műanyag poli(vinil-klorid), röviden PVC. Speciális célra készítenek gumiszigetelésű vezetékeket is, pl. hőálló vezeték szilikongumi szigeteléssel.

A továbbiakban csak a leggyakrabban alkalmazott típusú, PVC szigetelésű vezetékekkel foglalkozunk.

A vezetékek jelölése

A harmonizált jelölési rendszer nemzetközileg elfogadott jelzéseket alkalmaz.

A jelzések értelmezése:

- **H:** a harmonizált rendszer jelzése,
- **A:** elismert nemzeti típus,
- **03:** a névleges feszültség $U_0/U = 300/300$ V,
- **05:** a névleges feszültség $U_0/U = 300/500$ V,
- **07:** a névleges feszültség $U_0/U = 450/750$ V,
- **V:** PVC szigetelőanyag,
- **V2:** hőálló PVC szigetelőanyag,
- **V5:** olajálló PVC szigetelőanyag,
- **C4:** koncentrikus, szövött árnyékolás,
- **H:** lapos, szétválasztható vezeték,
- **H2:** lapos, nem szétválasztható vezeték:
 - **-U:** tömör vezető;
 - **-R:** sodrott vezető;
 - **-K:** hajlékony vezető,
 - **-F:** különlegesen hajlékony vezető;
 - **x:** zöld-sárga ér nélkül;
 - **G:** zöld-sárga érrel.

Példa a jelölésre: **H07V-R 1G1,5mm²**.

A jelölés értelmezése: harmonizált jelölés (H), 450/750 V névleges feszültségű (07), PVC szigetelésű (V), sodrott erű (-R), egy érrel rendelkező zöld-sárga szigetelésű, 1,5 mm² keresztmetszetű (1G1,5mm²) vezeték.

Nem harmonizált jelölés a magyar MSZ szabvány szerint:

- **MM-fal:** közvetlenül falba, vakolatba helyezhető vezeték,
- **MB:** kábelszerű vezeték (kiskábel),
- **MV:** vasúti járművezeték,
- **névleges feszültségek:** 300/300 V, 300/500 V, 450/750 V.

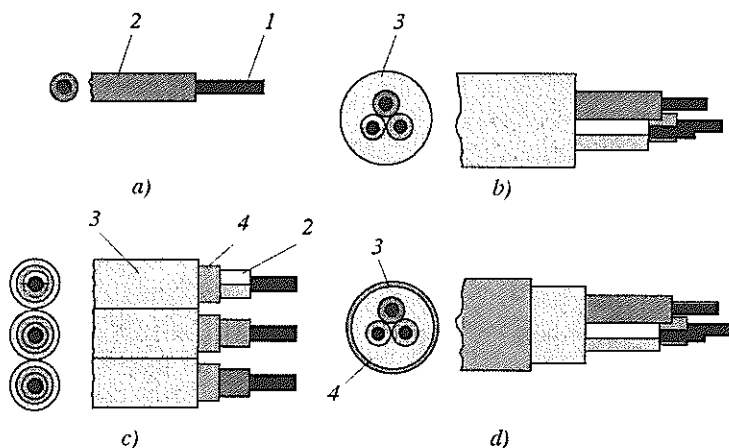
Példa a jelölésre: **MB 300/500V 2×4mm²**.

A jelölés értelmezése: köpenyes kábelszerű vezeték (MB), 300/500 V névleges feszültségű, két, 4 mm² keresztmetszetű érrel rendelkező vezeték (2×4mm²).

A köpeny nélküli és köpenyes vezetékek vázlatos szerkezete a **10.1.** ábrán látható.

Az **egyszerű, köpeny nélküli vezeték (10.1.a)** ábra védőcsőbe, műanyag csatornába helyezve, erőáramú berendezésekben, rögzített helyzetű szereléssel alkalmazható. Névleges feszültsége:

$$U_0/U = 450/750 \text{ V.}$$



10.1. ábra. Köpeny nélküli és köpenyes vezetékek

a) köpeny nélküli vezetékek; b) tömlővezeték;
 c) falba, vakolatba fektethető vezeték; d) kábelszerű vezeték (kiskábel);
 1 rézvezető; 2 a vezető PVC szigetelése; 3 PVC köpeny; 4 PVC kitöltőköpeny

Tömör vezetővel 1,5; 2,5; 4; 6 és 10 mm² keresztmetszettel készül, sodrott vezetővel az előbbieken kívül még 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240 és 300 mm²-rel is gyártják.

A vezető megengedett üzemi hőmérséklete 70 °C, hőálló PVC szigeteléssel 90 °C.

A szigetelések színválasztéka:

- fekete: fázisvezetőként kell alkalmazni,
- barna: fázisvezetőként kell alkalmazni,
- kék: nullavezetőként kell alkalmazni,
- zöld/sárga: védővezetőként kell alkalmazni.

A **tömlővezetékek** (10.1.b) ábra) sodrott vezetőérrel készülő hajlékony vezetékek.

A köpeny színe fehér vagy fekete.

A tömlővezetékeket ipari célra olajálló köpennyel is készítik.

A tömlővezetékek névleges feszültségei: U_0/U : 300/300 V és 300/500 V.

A tömlővezetékek 2–5 vezetőérrel, 0,5, 0,75 1 1,5 2,5 és 4 mm² keresztmetszettel készülnek.

Kis keresztmetszetek – 0,5 és 0,75 mm² – esetén, két érrel, lapos kivitelben is készülnek, könnyű zsinórvezetéként.

Ipari célokra készítenek 2–60 vezetőérrel, 0,5–2,5 mm² keresztmetszetű tömlővezetékeket is.

A kéterű vezetékek fekete-kék vagy fekete-barna színű érszigeteléssel készülnek, három és több vezetőér esetén az egyik ér zöld/sárga szigetelésű.

Tömlővezetőket alkalmaznak hordozható készülékek csatlakozóvezetékeként ipari, irodai, háztartási berendezésekben.

Jelölési példa: **H05VV-F 3G1,5 mm²**.

Falba, vakolatba fektethető köpenyes vezeték (10.1.c) ábra tömör rézvezetővel készül, PVC érszigetelése és kitöltőköpenye, valamint PVC felsőköpeny szigetelése van.

A vezetőkerek száma 1, 2 vagy 3, amelyek egy síkban helyezkednek el. A vezetőkerek 1,5; 2,5; 4; 6 és 10 mm² keresztmetszetűek. Egyszerű kivitelben készül 10 és 16 mm² -rel is.

Névleges feszültsége: $U_0/U = 450/750$ V.

Jelölési példa: **MM-fal 450/750V 3×1,5 mm²**

A kábelszerű vezetékek (kiskábelek) (10.1.d) ábra az érszigetelésen és az ún. érkitöltő köpenyen kívül még egy hengeres, szürke PVC köpenyt tartalmaznak.

Tömör rézvezetővel készülnek, 2–5 érrel, 1,5, 2,5, 4, 6 és 10 mm² keresztmetszettel. A 10 mm² keresztmetszetű sodrott vezetővel is készül.

Névleges feszültségük: $U_0/U = 300/500$ V.

A kiskábeleket erősáramú berendezésekhez és hálózatokhoz rögzített elhelyezéssel alkalmazzák.

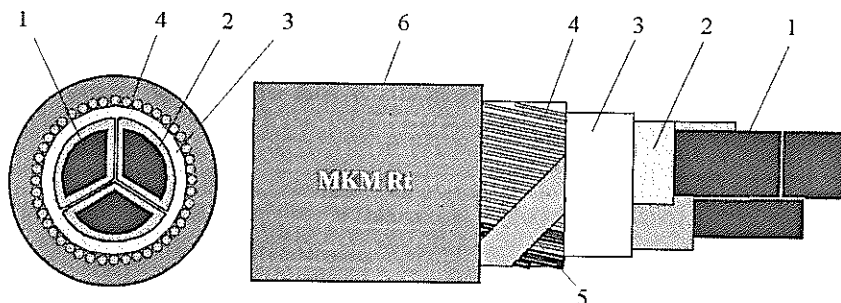
10.2. Kábelek

A kábelek általában energiaátviteli célra készülnek, egyen- és 45–65 Hz frekvenciájú, váltakozó feszültségű hálózatokban. A kábeleket földbe vagy csatornába fektetve, ill. tartószerkezethez rögzítve szerelik.

A Magyar Kábel Művek Rt (MKM Rt) által gyártott kábelek névleges feszültségei:

U_0/U : 0,6/1 kV kisfeszültségű, 6/10, 10/20, 18/30, 20/35, 26/45, 40/69, 64/110, 76/132 és 87/150 kV közép- és nagyfeszültségű kábelek.

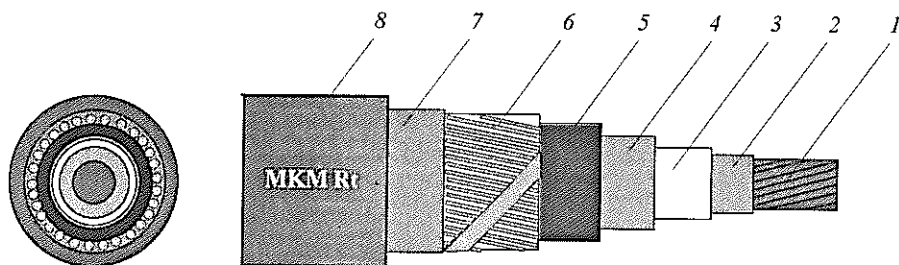
A 0,6/1 kV feszültségű kábelek 1, 2, 3, 4 vagy 5 vezetőérrel készülnek. A vezetők keresztmetszete – az erek számától függően – 10–1000 mm². A vezetők tömörök vagy sodrottak, kör vagy ún. szektor alakúak. A 0,6/1 kV-os kábelek szerkezeti vázlata a **10.2.** ábrán látható.



10.2. ábra. 0,6–1 kV-os kábel szerkezete

1 szektor alakú vezető; 2 PVC érszigetelés; 3 PVC övréteg;
4 réz vagy alumínium árnyékolás, ill. acél páncélozás; 5 réz vagy acél lekötőszalag; 6 PVC köpeny

A közép- és nagyfeszültségű kábelek mindig egyerűek, a vezetők tömör vagy sodrott kör keresztmetszetűek. A keresztmetszet 50–1200 mm²-ig terjedhet. A közép- és nagyfeszültségű kábelek vázlatos felépítését a 10.3. ábra szemlélteti.



10.3. ábra. Közép- és nagyfeszültségű kábel szerkezete

1 tömör vagy sodrott réz-, ill. alumíniumvezető; 2 térhálósított kopolimer anyagú félvezetőréteg;
3 THPE érszigetelés; 4 az érszigetelést árnyékoló térhálósított kopolimer félvezető réteg;
5 párnázóréteg, karbonpapír vagy duzzadóképes félvezető szalagból;
6 rézhuzal-árnyékolás, rézszalag lekötéssel, 7 duzzadószalag-lekötés; 8 PVC köpeny

Készítenek háromerű kábelt is úgy, hogy három darab egyerűt összesodornak, és a sodratot közös köpennyel látják el.

A kábelek jelölése

A Magyar Kábel Művek Rt. a DIN VDE (német elektrotechnikai szabvány) és az MSZ magyar szabvány jelölési rendszerét használja.

A DIN VDE jelölési rendszer:

N: a szabványosság jele.

A vezetőanyag jelzése

A: alumínium (a rézvezetőt nem jelölik).

A vezető szerkezete

RE: tömör körszelvény,

RM: sodrott körszelvény,

RM/V: tömörített, sodrott körszelvény,

SE: tömör szektorszelvény,

SM: sodrott szektorszelvény.

A szigetelés anyaga

Y: poli(vinil-klorid) (PVC),

2X: térhálós poli-etilén (THPE).

Árnyékolás vagy koncentrikus vezető

C: koncentrikus vezető rézből,

CW: koncentrikus hullámformájú vezető rézből.

S: árnyékolás rézhuzalból vagy többberű kábel esetén közös árnyékolás.

Páncélozás

B: acélszalag,

R: kerek acélhuzal,

F: lapos acélhuzal,

G: acélhuzal lekötés ellenspirál acélszalaggal.

Burkolat

Y: kábelköpeny PVC-ből,

2Y: kábelköpeny poli-etilénből (PE).

Egyéb jelölés

-J: zöld/sárga érrel,

-O: zöld/sárga ér nélkül.

Példa a megnevezésre:

NA2XSY 1X240 RM/25 18/30kV DIN VDE 0276-620

Jelentés: szabványos (N), alumíniumvezetővel (A), THPE szigeteléssel (2X), rézhuzal árnyékolással (S), PVC köpennyel (Y), egy 240 mm² keresztmetszetű

(1×240), sodrott körszelvényű (RM) vezetővel, 25 mm² keresztmetszetű árnyékolással (/25), 18/30 kV névleges feszültségre, a szabvány jele és száma (DIN VDE 0276-620).

Az MSZ jelölési rendszer:

SZ: szabványosított kábel.

A vezető anyaga

A: alumínium,

R: réz.

A vezető szerkezete

ek: tömör körszelvény,

tk: sodrott körszelvény,

tkt: tömörített, sodrott körszelvény,

ec: tömör szektorszelvény,

tc: sodrott szektorszelvény.

A szigetelés anyaga

M: poli(vinil-klorid) (PVC),

Q: hőre lágyuló poli-etilén (PE),

X: térhálósított poli-etilén (THPE).

A kábellemek és a köpenyszerkezet szétválasztása

E: extrudált (csigapréssel sajtolt) réteg.

A gyártmány rendeltetése

K: a kábelre utaló jelzés.

Közös árnyékolás vagy koncentrikus vezető

A: alumínium,

R: réz.

Páncélozás

V: acél

A következő kisbetűk jelentése az előttük álló nagybetűvel jelzett anyag kivételére utal

k: körszelvényű huzal,

l: lapos szelvényű huzal,

h: hosszirányú szalag,

a tekercselt szalagnak külön jelölése nincs.

Példa a megnevezésre:

SZRMKVIM 3×25 tk 0,6/1 kV MSZ IEC 502,

jelentése: szabványos (SZ) rézvezetőjű (R), PVC szigetelésű (M) kábel (K), lapos huzalú acél páncéllal (VI), PVC köpennyel (M), három 25 mm² keresztmetszetű (3×25), sodrott körszelvényű (tk) vezetővel, 0,6/1 kV névleges feszültségre, az MSZ IEC 502 szabvány szerint. Ez utóbbi jelzés azt is jelenti, hogy a kábel megfelel az IEC nemzetközi szabványajánlás előírásainak.

10.3. A vezetékek méretezése

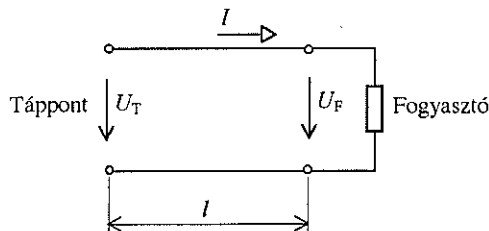
A vezetékeket feszültségesésre, melegedésre és néha, mechanikai szilárdságra is kell méretezni.

Szilárdságra az oszlopokra szerelt, ún. szabadvezetékeket, valamint nagy zárlati áramoknak kitett, egymáshoz képest viszonylag közel haladó, szigetelőkre szerelt sínszerű vezetékeket, az ún. gyűjtősíneket méretezik.

Ez a fejezet csak az 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű, erősáramú, szigetelt vezetékek feszültségesésre és melegedésre történő méretezésével foglalkozik.

10.3.1. Méretezés feszültségesésre

A fogyasztó árama az áramkörben lévő vezetők ellenállásán feszültségesést létesít, ezért a fogyasztó sarkain a névlegesnél kisebb feszültség jelenik meg. A viszonyokat a 10.4. ábra szemlélteti, egyenáramú és egyfázisú váltakozó áramú fogyasztó esetén.



10.4. ábra. Vezeték méretezése feszültségesésre

Annak érdekében, hogy ez a feszültségesés ne okozza a fogyasztó teljesítményének jelentős csökkenését, a vezetők fellépő feszültségesést – a vezeték keresztmet-

szetének alkalmas megválasztásával – korlátozni kell. A feszültségcsökkenés ($U_T - U_F = \Delta U$) nem lehet nagyobb világítótestek esetén a névleges érték 1,5%-ánál, egyéb fogyasztók esetén 3%-ánál:

$$\Delta u = \frac{U_T - U_F}{U_T} \cdot 100 = \frac{\Delta U}{U_T} \cdot 100 \leq 1,5 - 3\% .$$

A tápponttal l hosszúságú vezetőkkel összekötött fogyasztó I áramerőssége az összesen $2l$ hosszúságú, A_v keresztmetszetű, ρ fajlagos ellenállású vezető R_v ellenállásán

$$\Delta U = I \cdot R_v = I \cdot \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{A_v}$$

feszültségcsökkenést létesít, ami az előző összefüggésből

$$\Delta U = \frac{\Delta u \cdot U_T}{100} .$$

A két kifejezést egyenlővé téve a

$$\frac{\Delta u \cdot U_T}{100} = I \cdot \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{A_v}$$

egyenlőségre jutunk, amelyből kifejezhető a szükséges min. vezető-keresztmetszet

$$A_v = \frac{200 \cdot \rho \cdot I \cdot l}{\Delta u \cdot U_T} .$$

Az így számított érték alapján kiválaszthatjuk a szabványos vezető-keresztmetszetet (a számított értékhez legközelebbi nagyobb keresztmetszetet). A szabványos vezeték-keresztmetszetek a **10.1.** táblázatban láthatók.

Háromfázisú hálózat esetén az l hosszúságú fázisvezetőn létrejövő feszültségcsökkenésből számíthatjuk annak vonali értékét:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot \rho \cdot \frac{l}{A_v} \cdot \cos \varphi .$$

Az előző gondolatmenet alapján

$$\frac{\Delta u \cdot U_T}{100} = \sqrt{3} \cdot I \cdot \rho \cdot \frac{l}{A_v} \cdot \cos \varphi ,$$

amelyből a fázisvezető szükséges minimális keresztmetszete:

$$A_v = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot \rho \cdot I \cdot l \cdot \cos \varphi}{\Delta u \cdot U_T} .$$

A kifejezésben az U_T a háromfázisú hálózat vonali feszültsége.

A tárgyalt összefüggések váltakozó áramú vezetékekre közelítő pontosságú eredményt adnak.

Műanyag szigetelésű rézvezetékek alapterhelhetősége. **10.1.** táblázat

A vezető kereszt-metszete, mm ²	Megengedett áramerősség, A, rézvezeték esetén		
	A csoport	B csoport	C csoport
1,5	16	20	22
2,5	20	27	27
4	27	35	35
6	35	47	45
10	48	65	63
16	63	87	82
25	83	115	107
35	110	143	132
50	140	178	165
70	174	220	205
95	215	265	245
120	255	310	285
150	295	355	330
185	340	405	375
240	400	480	440
300	470	555	645
400	570	690	770
500	660	820	880

10.3.2. Méretezés melegedésre

A méretezés alapja az MSZ 14 550 számú szabvány által meghatározott, ún. áram alapterhelhetőség, amely a vezeték keresztmetszetétől és a szerelés módjától függő megengedett áramerősséget jelenti.

Műanyag szigetelésű vezetékek alapterhelhetősége a **10.1.** táblázatban látható.

A vezetékek A, B, C, terhelési csoportba sorolásának feltételeit a **10.2.** táblázat tartalmazza.

Az alapterhelhetőséget módosítani kell az említett szabványban előírt tényezőkkel

- a környezeti hőmérséklettől,
- a közös csőben vagy vezetékcsatornában elhelyezkedő terhelt vezetők számától,
- a távolságtartás nélkül egymás mellett elhelyezett védőcsövek, vezetékcsatornák, közös köpenyű vezetékek, vezetékkötegek számától függően.

A műanyag és gumiszigetelésű vezetékek terhelési csoportokba sorolása. **10.2.** táblázat

Szerelési mód	A lakások fogyasztásmérő utáni vezetékei		Minden egyéb vezeték
	a villamos alap-fűtés vezetékei	egyéb vezetékek	
Tömör (perforálatlan) szerelőlapon elhelyezve	A	A	A
Több rétegben egymáson szerelt védőcsövekben (vezetékcsatornáokban) elhelyezve	B	C	A
Minden egyéb szerelési mód (függetlenül attól, hogy falon kívül, vakolatban vagy süllyesztve szerelt)	B	C	B

A környezeti hőmérséklettől függő módosító tényezőt a **10.3.** és a **10.4.** táblázat tartalmazza.

Módosítótényező a környezeti hőmérséklet függvényében. **10.3.** táblázat

Környezeti hőmérséklet, °C	k_1 módosítótényező	
	műanyagszigetelésű vezeték esetén	gumiszigetelésű vezeték esetén
10	1,18	1,15
15	1,12	1,10
20	1,06	1,05
25	1,00	1,00
30	0,94	0,93
35	0,88	0,85
40	0,82	0,75
45	0,75	0,65
50	0,67	0,53
55	0,58	—

Módosítótényező hőálló szilikongumi-szigetelésű vezetékekre
a környezeti hőmérséklet függvényében. 10.4. táblázat

Környezeti hőmérséklet °C	k_1 módosító- tényező	Környezeti hőmérséklet °C	k_1 módosító- tényező
55	1,00	120	0,69
60	0,98	130	0,63
70	0,94	140	0,56
80	0,90	150	0,49
90	0,85	160	0,40
100	0,80	170	0,28
110	0,75	175	0,20

A közös csőben, vezetéksatornában elhelyezkedő terhelt vezetők számától függő módosító tényezőt a 10.5. táblázat tartalmazza.

Módosítótényező a közös csőben, vezetéksatornában
vagy kötegben elhelyezett több terhelt vezető esetén. 10.5. táblázat

A vezetékek vagy vezetékerek száma	1–3	4	5	6	9	12	15	20	25	30	35	40	45
k_2 módosító- tényező	1,00	0,92	0,84	0,75	0,61	0,58	0,55	0,51	0,46	0,42	0,40	0,38	0,36

A távolságtartás nélkül egymás mellett elhelyezett védőcsövek, vezetéksatornák, közös köpenyű vezetékek és vezetékkötegek számától függő módosító tényezőt a 10.6. táblázatban látjuk.

Módosítótényező a távolság nélkül együtt szerelt védőcsövek, vezetéksatornák, közös tömlőjű vezetékek, vezetékkötegek számának függvényében. 10.6. táblázat

Védőcsövek, vezetéksatornák, közös köpenyű vezetékek, vezetékkötegek száma	2	3	5	10	15	20	25	30
k_3 módosítótényező falán kívüli szerelés esetén	1,00	0,85	0,73	0,63	0,58	0,55	0,52	0,49
k_3 módosítótényező falba süllyesztett szerelés esetén	1,00	0,75	0,65	0,54	0,48	0,45	0,43	0,42

Ha megállapítottuk a k_1 , k_2 és k_3 módosító tényezőket, akkor ezekkel megszorozva az alapterhelhetőség I_a áramerősségét, megkapjuk a vezető-keresztmetszet tényle-

gesen megengedett I_m terhelőáramát, amelynek a fogyasztó I áramával kell egyenlőnek (vagy valamennyivel nagyobbak) lenni:

$$I_m = I = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_a .$$

Ebből az összefüggésből meghatározhatjuk a szükséges vezető-keresztmetszet I_a alapterhelhetőségét:

$$I_a = \frac{I}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} .$$

Az I_a alapterhelhetőség értéke szerint – a szerelési csoport ismeretében – a **10.1.** táblázatból kiolvasható a szükséges vezető-keresztmetszet.

A kábelek hasonló elvek alapján méretezhetők, az egyes típusokra megállapított alapterhelhetőség és az alkalmazási körülmények figyelembevételével a kábelekre meghatározott módosító tényezők alapján.

10.4. Példák, feladatok

Példák

1. Egy 230 V névleges feszültségű, 10 kW teljesítményű ellenállás-fűtésű kemencét 50 m hosszú vezeték köti össze a hálózati tápponttal. A megengedett feszültségesés 3%.

Milyen keresztmetszetű rézvezetékre van szükség?

(A vezeték fajlagos ellenállása $1,75 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$.)

A fogyasztó áramerőssége a teljesítmény összefüggéséből (a kemence melegítése fűtőellenállással történik, amelyre $\cos \varphi = 1$):

$$P = U \cdot I, \quad I = \frac{P}{U} = \frac{10\,000 \text{ W}}{230 \text{ V}} \approx 43,5 \text{ A} .$$

A szükséges vezető-keresztmetszet:

$$A_v = \frac{200 \cdot \rho \cdot I \cdot l}{\Delta u \cdot U_T} = \frac{200 \cdot 1,75 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 43,5 \text{ A} \cdot 50 \text{ m}}{3\% \cdot 230 \text{ V}} \approx 11 \text{ mm}^2$$

A választható szabványos keresztmetszet a **10.1.** táblázat szerint: $A_{sz} = 16 \text{ mm}^2$.

2. Ellenőrizzük melegedés szempontjából az 1. példa vezetéket, ha a környezeti hőmérséklet 30°C , a vezetéket csőbe szerelték, a csőben lévő áramot vivő vezetők száma 2, az egymás mellett távolság nélkül, falon kívül szerelt csövek száma 3!

A módosító tényezők a **10.3.**, **10.5.** és **10.6.** táblázat szerint:

$$k_1 = 0,94, \quad k_2 = 1,00, \quad k_3 = 0,85.$$

Az alapterhelhetőség áramerőssége:

$$I_a = \frac{I}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{43,5 \text{ A}}{0,94 \cdot 1,00 \cdot 0,85} = 54,4 \text{ A}.$$

A szerelési mód a **10.2.** táblázat szerint B csoportba tartozik. A **10.1.** táblázat szerint a 16 mm² keresztmetszetű vezeték alapterhelhetősége 87 A. Ennek alapján a vezeték keresztmetszete melegezés szempontjából megfelelő, mert a szükséges alapterhelhetőség (54,4 A) kisebb a megengedettnél (87 A).

Feladatok

1. Mekkora szabványos keresztmetszetű rézvezetékra van szükség egy 18 A áramerősségű, háromfázisú motor táplálásához, ha a hálózat vonali feszültsége 400 V, a megengedett feszültségesés 3% és a motort a tápponttal 35 m hosszú vezetékek kötik össze? (2,5 mm²)

2. Ellenőrizzük melegezésre az 1. feladat vezetéket, ha a környezeti hőmérséklet 25 °C, a vezetékeket falba süllyesztett védőcsőbe szerelik és a csőben csak a motort tápláló háromfázisú vezetékek vannak, a cső közelében más vezeték nem halad! (A vezeték megfelelő.)

Ellenőrző kérdések

1. Soroljuk fel a leggyakrabban alkalmazott köpeny nélküli és köpenyes vezetékfajtákat!
2. Miben tér el a tömlővezetékek és a kiskábelek szerkezete?
3. Értelmezzük a következő vezetékjelölést: H07V-U 1x10mm²!
4. Milyen szerkezetűek a 0,6/1 kV-os kábelek?
5. Milyen szerkezetűek a közép- és nagyfeszültségű kábelek?
6. Értelmezzük a következő kábeljelölést: NYY-O 1x95 RM 0,6/1kV!
7. Hogyan méretezzük a vezetékeket feszültségesésre?
8. Milyen körülmények befolyásolják a vezetékek alapterhelhetőségét?
9. Hogyan határozzuk meg a melegezés szempontjából szükséges vezeték-keresztmetszetet?

11. VILLAMOS VEZETÉKEK ÉS BERENDEZÉSEK TÚLÁRAMVÉDELME

Túláramon a vezetékek, berendezések névlegest meghaladó áramát értjük.

A túláram többletvesztéséget, és így a megengedettnél nagyobb melegedést okoz. A túláramok fajtái a következők:

- Zárlati áramok. Jellemzőjük, hogy a névleges áramot sokszorosán meghaladják, a berendezést, a vezetéket nagyon rövid idő alatt megengedetetlenül felmelegítik. A zárlati áramok a vezetők között nagy erőket is okozhatnak, amelyek hatására mechanikailag is károsodhatnak a vezetők, a berendezések.
- A névlegest viszonylag kismértékben meghaladó túláram, amely hosszabb idő alatt képes a megengedettnél nagyobb melegedést okozni. Ilyen keletkezhet, pl. egy motorban annak mechanikai túlterhelése következtében.

A vezetékeket és berendezéseket olyan védelemmel látják el, amely túláram esetén lekapcsolja a veszélyeztetett vezetékszakaszt, berendezést.

Az 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű hálózatok és berendezések túláramvédelmének eszközei:

- az olvadóbiztosítók,
- a kismegszakítók (kisautomaták),
- az ikerfémes hőrelék,
- a termisztoros hővédelem,
- a kompakt megszakítók.

11.1. Olvadóbiztosítók

Működésük a villamos áram hőhatásán alapul. Az ún. biztosítóbetétkben lévő fém-szál az átfolyó túláram hatására elolvad, és ezáltal megszakad az áramkör.

Az olvadóbiztosítók fajtái:

- D-rendszerű,
- nagyteljesítményű, másképpen késes biztosító.

11.1.1. D-rendszerű biztosítók

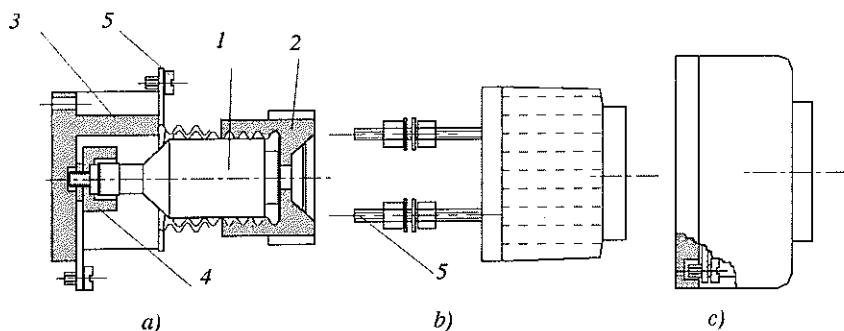
Az elnevezésükben található D jelzés a hengeres biztosítóbetétek átmérőjére utal. A növekvő névleges áramerősségű betétek átmérője egyre nagyobb.

A D-rendszerű biztosítók felépítését a **11.1.** ábra szemlélteti.

A D-rendszerű biztosítók fő részei a következők.

- Biztosítóaljzat, amely háromféle kivitelben készül: beépítendő, hátsó csatlakozású és mellső csatlakozású. A beépítendő kivitele olyan, hogy feszültség alatt lévő részei megérinthetők, ezért kell burkolat mögé elhelyezni. A háromféle aljzatot a **11.1.** ábra szemlélteti.

Az aljzatokat úgy kell bekötni, hogy a hálózat felől jövő vezeték csatlakozzon a középpontban lévő érintkezőhöz, az aljzat menetes hüvelyére pedig a fogyasztó berendezés csatlakozzon. Ezáltal csökkenthető a véletlen érintésből származó áramütéses baleset lehetősége.

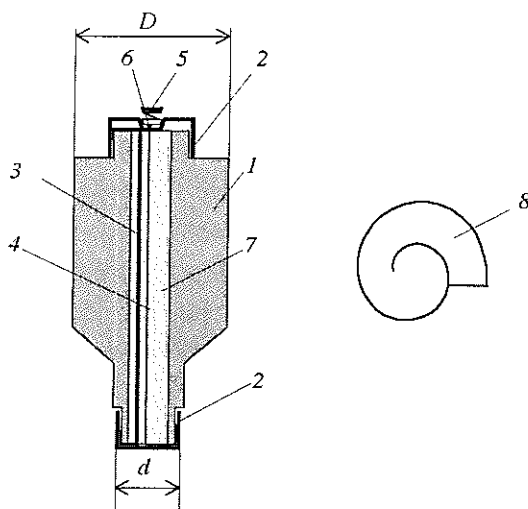


11.1. ábra. D-rendszerű olvadóbiztosító

a) biztosítószerkezet; *b)* hátsó csatlakozású aljzat; *c)* mellső csatlakozású aljzat
 1 olvadóbetét; 2 biztosítófej; 3 beépítendő biztosítóaljzat; 4 illesztőbetét; 5 vezetékcsatlakoztató-csavar;

- Biztosítófej: a fémlemezről mélyhúzással készült, zsinórmenetű hüvelyt porcelán fogórész veszi körül. A fejbe behelyezhető az olvadóbetét, amellyel együtt az aljzatba csavarható.
- Olvadóbetét: szerkezetét a **11.2.** ábra szemlélteti.

A henger alakú porcelántest két végén fém érintkezősapkák vannak, amelyek között – a porcelántest belsejében – helyezkednek el a fém olvadoszálak. Az olvadoszálak körüli teret kvarchomok tölti ki. A vékonyabbik olvadoszál – másképpen segédzál – egyik vége, a névleges áramot jellemző színű, jelzőtárcsát tartja, amely alatt egy kis rugó található. Ha a segédzál elolvad, a rugó a jelzőtárcsát lelöki. Ebből állapítható meg, hogy a betét kiolvadt. A kvarchomok a szálak kiolvadásakor keletkező villamos ívet oltja el.



11.2. ábra. D-rendszerű olvadóbetét

1 porcelántest; 2 fém érintkezősapka; 3 olvadószál; 4 segédzál; 5 jelzőtárcsa;
6 rugó; 7 kvarchomok; 8 a késleltetett kiolvadású betét jelzése

- **Illesztőbetét:** rendeltetése a túlbiztosítás megakadályozása. A porcelántestbe süllyesztett fém érintkező csavarban végződik, amelynek segítségével a betét az aljzat legmélyebb pontján lévő menetes furatban rögzíthető. Az illesztőbetét süllyesztékébe csak meghatározott névleges áramú olvadóbetét érintkező csapja fér be, a nagyobb névleges áramú betété nem. Az olvadóbetét érintkezési pontjai a fej menetes hüvelye és az illesztőbetét között teremtenek vezetői kapcsolatot. A biztosító méretei olyanok, hogy illesztőbetét nélkül ez a vezetői kapcsolat nem tud létrejönni. Az illesztőbetét látható felülete a behelyezhető legnagyobb áramerősségű olvadóbetét színjelzésével egyező színű.

Az olvadóbetétek névleges feszültsége 500 V. A betétek névleges áramerősségét és színjelzését a 11.1. táblázat tartalmazza.)

A D-rendszerű olvadóbetétek névleges áramai és színjelzései. 11.1. táblázat

Névleges áramerősség, A	2	4	6	10	16	20
Színjelzés	rózsaszín	barna	zöld	vörös	szürke	kék
Névleges áramerősség, A	25	35	50	63	80	100
Színjelzés	sárga	fekete	fehér	réz	ezüst	vörös

Az olvadóbetéteket gyors- és késleltetett (más néven lomha) kiolvadású kivitelben készítik. A késleltetett kiolvadású betéteket olyan fogyasztók esetén alkalmazzák,

amelyek bekapcsolásakor rövid ideig a névleges áramerősség többszöröse lép fel. Ilyen berendezések pl. a kalickás forgórészű aszinkronmotorok, a transzformátorok. Az olvadóbetéteken a névleges feszültségen és áramerősségen kívül feltüntetik a késleltetett kivitelre utaló jelzést (l. a 11.2. ábrát). Az újabb gyártású betéteken az ún. üzemi osztály és a védendő berendezés jelzését tüntetik fel.

Az üzemi osztály jelzései

a: részleges alkalmazhatóság,

g: teljeskörű alkalmazhatóság.

A védendő berendezés jelzései

L: vezetékek,

M: kapcsoló készülékek,

R: félvezetők,

Tr: transzformátorok,

B: bányászati berendezések.

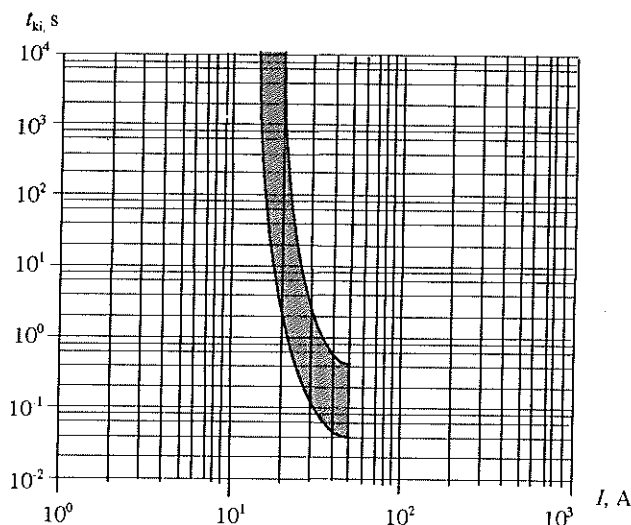
Jelölési példa: **gL** – teljeskörűen alkalmazható vezetékvédő olvadóbetét.

A névleges áramerősségű tartós terhelést, elvileg végtelen ideig, kiolvadás nélkül kell a betétnek elviselnie.

A 10 A-nél nem nagyobb névleges áramú betétek a névleges áram 1,5-szeresét, a nagyobb névleges áramúak a névleges áram 1,2-szeresét 2 órán keresztül kiolvadás nélkül elviselik. A betétek kiolvadási ideje növekvő áramerősség mellett csökken. Erre vonatkozóan a gyártók a betétek kiolvadási jelleggörbéjét szokták megadni, logaritmikus léptékű koordináta-rendszerben, amely a betéten átfolyó áramerősség függvényében a kiolvadási időt ábrázolja. A gyártási szórás következtében a jelleggörbe nem vonalszerű, hanem a kiolvadási sávot adja meg. Példaképpen a 11.3. ábra a 10 A névleges áramerősségű gyors kiolvadású betét jelleggörbéjét szemlélteti.

A 10 A-es, késleltetett kiolvadású betét jelleggörbesávja ettől jobbra eltolódva esik. Hogyan használhatjuk a jelleggörbét? Állapítsuk meg, hogy mekkora áramerősség hatására olvad ki 1 másodperc alatt a 10 A-es betét! A 10° másodperchez tartozó koordináta jelzővonal 19 A-nél metszi a bal oldali jelleggörbe határvonalat. Ez azt jelenti, hogy a betét kiolvadásához min. 19 A szükséges. A jobb oldali jelleggörbén 27 A olvasható le, tehát ekkora áramerősségnél biztosan kiolvad 1 másodperc alatt a betét.

Mennyi idő alatt olvad ki a betét 30 A hatására? A 30 A-es jelzővonal 0,105 és 1,25 másodpercnél metszi a két jelleggörbe-határvonalat, tehát a kiolvadás legkisebb ideje 0,105 másodperc, de biztosan kiolvad a betét 1,25 másodperc alatt.



11.3. ábra. D-rendszerű, 10 A névleges áramú gyorskiolvadású betét áramkiolvadási idő jelleggörbéje

A betéteknek 10 A névleges áramig 2,1-szeres, a nagyobbaknak 1,6-szeres névleges áramerősségen, 1–2 óra időtartamú terhelés hatására ki kell olvadniuk.

Az olvadóbetétek érintkező sapkáit tilos huzallal átkötni, „patkolni”, mert ezáltal nem védik megfelelően a vezetékeket, ill. a fogyasztókat túláram ellen, sőt hatás-talaníthatjuk a berendezések érintésvédelmét is.

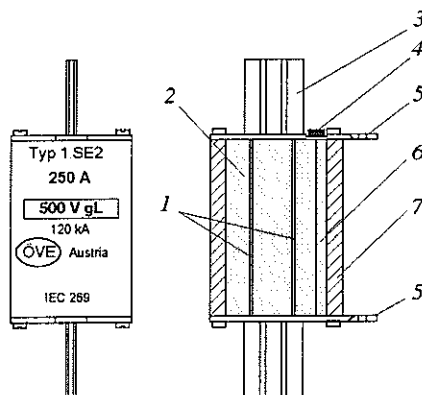
A biztosítókat mindig a hálózati fázisvezetékbe kell beiktatni. Kevés kivételtől eltekintve a nullavezetőbe tilos biztosítót bekötni.

A D-rendszerű olvadóbetétek *zárlati megszakító-képessége* viszonylag kicsi, 4–10 kA. Nagyobb zárlati áramok esetén nagyteljesítményű (késes) biztosítót kell alkalmazni. (Zárlati megszakító-képesség alatt azt a legnagyobb zárlati áramot értjük, amelyet a biztosító üzemszerűen, meghibásodás nélkül képes megszakítani.)

11.1.2. Nagyteljesítményű (késes) olvadóbiztosítók

A nagyteljesítményű olvadóbiztosítók működési elvében megegyeznek a D-rendszerűvel, szerkezetükben azonban jelentősen eltérnek azoktól. A legjelentősebb eltérés a lényegesen nagyobb ívoldó térfogatból és a benne lévő nagyobb mennyiségű kvarchomokból adódik.

A nagyteljesítményű olvadóbetétek vázlatos felépítését a 11.4. ábra szemlélteti.



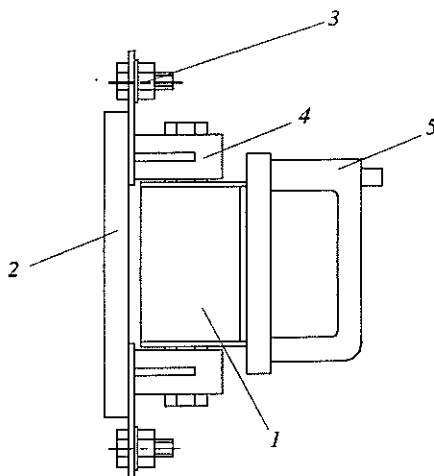
11.4. ábra. Nagyteljesítményű olvadóbetét

1 olvadószálak; 2 kvarchomok; 3 érintkezőkések; 4 jelzőtárcsa rugóval;
5 megfogókörmök; 6 segédcsál; 7 porcelánház

A nagyteljesítményű betétek 500 V névleges feszültségűek, 6–630 A névleges áramig készülnek. *Zárlati megszakító-képességük* 100 kA nagyságrendig terjed.

A nagyteljesítményű olvadóbetétek kioldási karakterisztikáit a D-rendszerű betéteknél megismert módon adják meg a gyártók.

A nagyteljesítményű biztosítók aljzata teljesen nyitott, ezért csak zárt szekrénybe szerelhető. A szerkezetet a **11.5. ábra** szemlélteti.



11.5. ábra. Nagyteljesítményű biztosító

1 olvadóbetét; 2 biztosítóaljzat; 3 vezeték csatlakoztató csavar;
4 rugós érintkező; 5 az olvadóbetét behelyező és kiemelő fogantyú;

A betétet feszültség alatt, de árammentes állapotban lehet a szigetelt kezelőfogantyúval a foglalatba helyezni, ill. onnan eltávolítani.

Terhelés alatt a betét kiemelésekor keletkező villamos ív üzemzavart és balesetet okozhat!

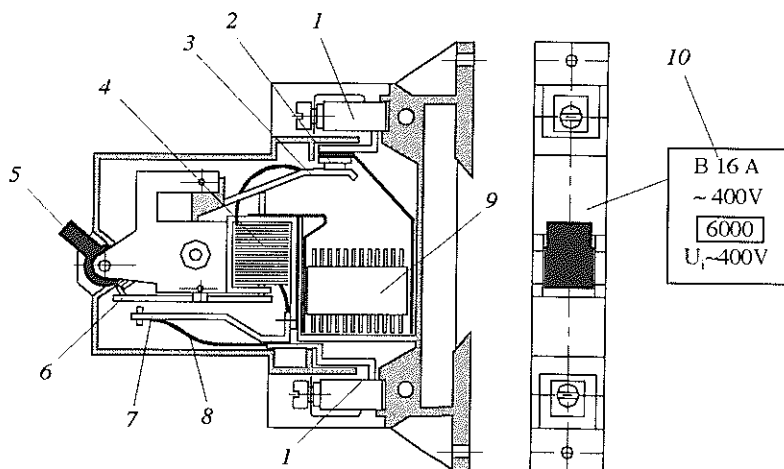
A fogantyút a kezelési művelet megkezdésekor kell az olvadóbetét kiálló körmeire csatlakoztatni, a művelet végén pedig onnan el kell távolítani. A jelzett okok miatt a nagyteljesítményű biztosítót csak szakképzett személy kezelheti.

11.2. Kismegszakítók (kisautomaták)

A kismegszakítók olyan önműködő túláramvédő kapcsolók, amelyekben a túlterhelés elleni védelmet ikerfém (bimetall) biztosítja, a zárlati jellegű áramok ellen pedig elektromágneses gyorskioldóval védenek.

Előnyük az olvadóbiztosítóval szemben, hogy a túláram okának megszüntetése után, alkatrészcsere nélkül kézzel visszakapcsolhatók, és laikusok által is balesetveszély nélkül kezelhetők.

A kismegszakító vázlatos szerkezetét a 11.6. ábra szemlélteti.



11.6. ábra. Kismegszakító

1 csavaros vezetékszorító; 2 álló érintkező; 3 mozgó érintkező; 4 gyorskioldó elektromágnes; 5 kapcsolókar; 6 kikapcsoló emelőkar; 7 ikerfém; 8 flexibilis vezeték; 9 foltó kamra; 10 adatok

A kapcsoló működése az ábra szerint a következő. A szerkezetben a 2, 3 megszakító érintkezővel soros kapcsolású a 4 gyorskioldó elektromágnes tekercse, és a túlterhelés-védelmet biztosító 7 ikerfém. Zárlat esetén a 4 elektromágnes elmozduló vasmagja megbillenti a 6 kikapcsoló emelőkart, amely feloldja a 3 mozgó érintkezőt működtető rugót (a rugó a rajzban nincs ábrázolva), és ennek hatására az érintkezők pillanatszerűen szétválnak.

A túlterhelés hatására a megnőtt áram melegíti a 7 ikerfémeket, amely ennek következtében elhajlik a 6 kikapcsoló emelőkar felé. A bimetall végén lévő csap megbillenti az emelőkart, és ekkor az érintkezők megint pillanatszerűen kikapcsolnak. Kikapcsolt állapotban az 5 kapcsolókar alsó helyzetbe billen át. Ebből állapítható meg, hogy a kapcsoló működött.

Különböző kioldási karakterisztikával készítenek kismegszakítót, a védelmi feladatnak megfelelően:

- a **B** jelleggörbájú (régebben L) megszakítót vezetékek és kábelek védelmére készítik,
- a **C** jelleggörbájú (régebbi jelölése G) nagy bekapcsolási áramlökéssel ($5-10 I_n$) működő fogyasztók (pl. motorok, transzformátorok, higanygőzlámpák) védelmére alkalmasak,
- a **D** jelleggörbével igen nagy ($10-20 I_n$) bekapcsolási áramlökéssel működő berendezések (pl. transzformátorok, kondenzátorok, fényszórók) védelmére szolgál.

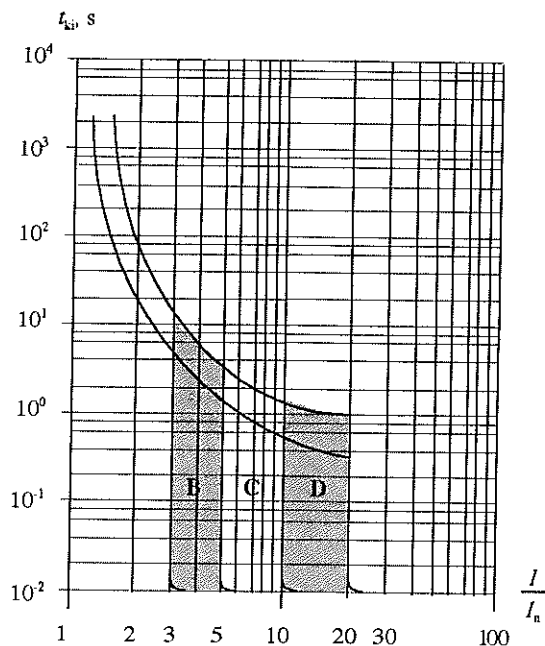
A kioldási jelleggörbék a **11.7.** ábrán láthatók.

A kismegszakítót 400 V névleges váltakozó feszültségre készítik, egyenfeszültségre azonban csak max. 60 V-ig alkalmazhatók. Névleges áramerősségük 6–125 A. Zárlati megszakítóképességük max. 10 kA. Villamos és mechanikai élettartamuk névleges terhelésen, $2 \cdot 10^4$ kapcsolás.

A kismegszakítót 1, 2 és 3 pólusú kivitelben készítik.

A kismegszakítókra feltüntetett adatok a **11.6.** ábra példája alapján:

- a jelleggörbe: B
- névleges áramerősség: 16 A
- névleges feszültség: ~400 V
- névleges szigetelési feszültség: $U_i \sim 440$ V
- a zárlati megszakítóképesség amperben: **6000**



11.7. ábra. Kismegszakítók kioldási jelleggörbéi

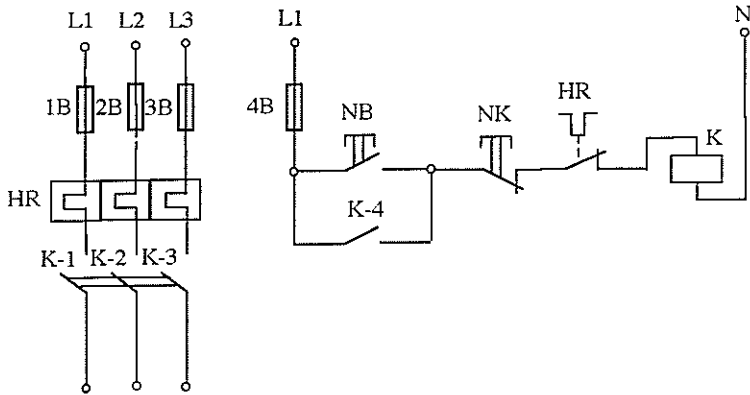
11.3. Ikerfémes hőrelék

Ikerfémes hőreléket villamos berendezések – elsősorban villamos motorok – túlterhelés-védelmére készítenek, háromfázisú mágneskapcsolókhoz modul rendszerben illeszthető kivitelben.

Az ikerfémekre, hőálló szigetelés közbeiktatásával, néhány menetű fűtővezeték tekernek. Ezt a fűtőszálát sorosan kapcsolják a védendő berendezéssel. Az ikerfémeket így a védendő berendezés árama melegíti. Túláram esetén a bimetall elhajlik, és ezáltal egy érintkezőt nyit, amely megszakítja a mágneskapcsoló tekercsének gerjesztőáramát.

Az ikerfémes hőrelével kombinált mágneskapcsoló kapcsolási vázlata a 11.8. ábrán látható.

Az ikerfémes hőreléket többféle áramintervallumra készítik. A védendő berendezéshez olyan áramtartományú hőrelét kell választani, amely magában foglalja a berendezés névleges áramát. A hőrelén ezt a névleges áramot kell beállítani.



11.8. ábra. Mágneskapcsoló ikerfémes hőrelével

HR jelű a főáramkörben lévő ikerfém és a vezérlőkörben a hőrelé nyitó érintkezője

A hőrelét néhányszor 0,1 A-tól néhányszor 100 A áramerősségre készítenek. Egy-egy relé ezen belül egy viszonylag szűk áramtartományt fog át, pl. 0,3–0,45 A-ig, 25–36 A-ig, 290–432 A-ig. Néhányszor 10 A áramerősség felett az ikerfémeket áramváltókon keresztül fűtik.

11.4. Termisztoros hővédelem

Elsősorban villamos motorok túlterhelés elleni védelmére használják.

A motorok tekercselésébe – a gyártás során – PTC termisztorokat építenek be. A motor tekercsének túlmelegedése következtében jelentősen megnövekszik a termisztor ellenállása (l. a **9.15.** ábrát). Ezt az ellenállás-változást használják fel a motorok kikapcsolására.

A védelem kapcsolási vázlatát, háromfázisú motor esetére, a **11.9.** ábra szemlélteti. A háromfázisú motor minden fázistekercsében beépített termisztorok soros kapcsolásán, és az R_v változtatható ellenálláson keresztül a HV hővédelmi relé tekercse a TR transzformátorra kapcsolt egyenirányítóra csatlakozik. A hővédelmi relé HV záróérintkezője a K mágneskapcsoló tekercsével van soros kapcsolásban.

A kapcsolat működése:

Az NB bekapcsoló nyomógomb működtetésének hatására a TR transzformátoron keresztül gerjesztést kap a HV relé tekercse. Ekkor záródik a HV érintkező is, a K mágneskapcsoló bekapcsolja a motort. Ha a motor bármelyik fázistekercse túlmelegszik, a beépített termisztor ellenállása nagyságrendileg megnövekszik, ezáltal a HV relé tekercsén folyó áram olyan mértékben lecsökken, hogy a relé kikapcsol.

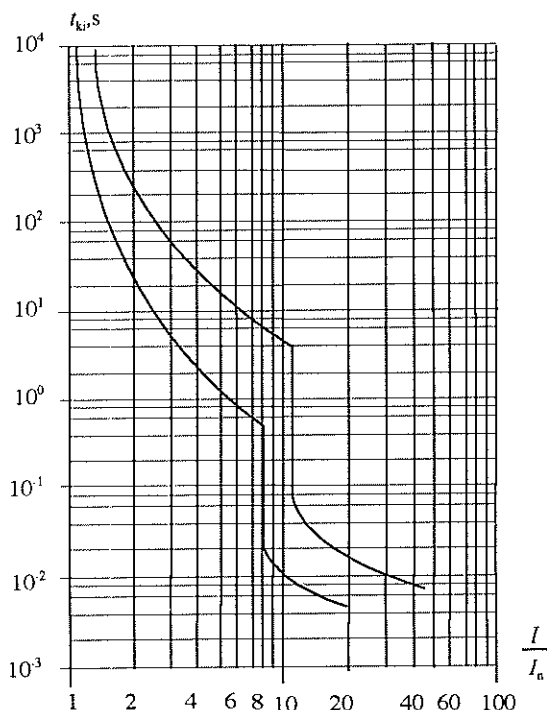
A megszakítókhoz modulszerűen segédérintkezők is csatlakoztathatók.

A kompakt megszakítók elvi felépítése és működése lényegileg megegyező a kis-megszakítókéval, a nagyobb megszakító-képesség miatt azonban robosztusabb kivitelűek.

A kompakt megszakítókat 1000 V-nál nem nagyobb váltakozó feszültségre és 500 V-ig egyenfeszültségre készítik, 3 vagy 4 pólusú kivitelben. Névleges áramuk 16–1250 A-ig terjed. Zárlati megszakító-képességük 20–100 kA-ig terjedő tartományba esik, növekvő névleges áramhoz egyre nagyobb értékek tartoznak.

Mechanikai élettartamuk $3 \cdot 10^3$ – 10^4 , villamos élettartamuk 10^3 – $5 \cdot 10^3$ kapcsolás, a nagyobb névleges áramhoz tartoznak a kisebb értékek.

Egy 125 A névleges áramerősségű, General Electric gyártmányú kompakt megszakító kikapcsolási jelleggörbéje látható a 11.10. ábrán.



11.10. ábra. 125 A névleges áramerősségű kompakt megszakító kioldási jelleggörbéje

Ellenőrző kérdések

1. Mit értünk túláramon és milyen fajtáit különböztetjük meg? Milyen kedvezőtlen hatásai vannak a villamos hálózatokra és a fogyasztói berendezésekre?
2. Milyen fő részei vannak a D-rendszerű olvadóbiztosítónak?
3. Mi a feladata az illesztőbetétnek a D-rendszerű olvadó biztosítóknál?
4. Milyen módon működnek az olvadóbetétek?
5. Milyen fő szerkezeti egységekből épülnek fel, és hogyan működnek a kis-megszakítók? Milyen jellemző műszaki adataik vannak?
6. Hogyan működik a mágneskapcsolókkal összeépített túlterhelés-védelem?
7. Hogyan működik a villamos motoroknál alkalmazott termisztoros hővédelem?
8. Milyen védelmi funkciókat képesek ellátni a kompakt megszakítók?
9. Miben hasonlítanak, miben különböznek a kompakt megszakítók és a kis-megszakítók?
10. Milyen jellemző műszaki adataik vannak a kompakt megszakítóknak?