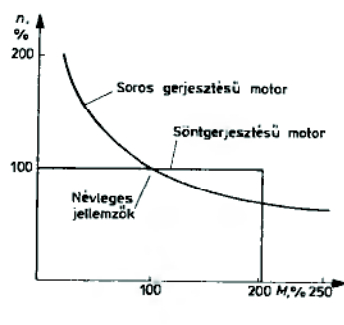


## 9.2. Egyenáramú motortípusok

A gerjesztés neve szerint az egyenáramú motorokat külső gerjesztésű, söntgerjesztésű, soros gerjesztésű és állandó mágnesű motorokra osztjuk. A külső gerjesztésű motorokat a söntgerjesztésű és az állandó mágnesű motorokat a sorosgerjesztésű motoroktól elválasztva tárgyaljuk. A soros gerjesztésű egyfázisú (univerzális) motorokat az egyenáramú soros gerjesztésű motorokhoz soroljuk. Az üzemi követelmények döntik el egy ilyen, vagy olyan motor típusának kiválasztását. Így például a söntgerjesztésű motorokat olyan hajtásokban alkalmazzák, ahol állandó nyomaték kell a fordulatszám-változás tág tartományában. Ezzel szemben nagy indítónyomatékot és „eső” nyomaték-fordulatszám jelleggörbét (vagyis a terheléssel változó jelleggörbét) igénylő hajtásokhoz soros gerjesztésű motorokat alkalmaznak.



9.1. ábra. A külső- és soros gerjesztésű motorok fordulatszámja a nyomaték függvényében

A 9.1. ábrán tüntetjük fel a söntgerjesztésű és soros gerjesztésű motorok  $n$  fordulatszámát az  $M$  nyomaték függvényében, e mennyiségeket a névleges értékre vonatkoztatva. A diagramokat a névleges armatúra áram 200%-áig rajzoltuk meg. Az ábrán látható, hogy a soros gerjesztésű motor üresjárásban nem működhet, mert az armatúra forgási sebessége rohamosan nő és meghibásodhat. (A kis soros gerjesztésű ( $P < 10$  W) motorokban oly nagyok a mechanikai veszteségek, hogy terhelés nélkül is működhetnek.)

## 9.3. Söntgerjesztésű motor

A söntgerjesztésű (mellékáramkörü) motor fordulatszámja az armatúra  $U$  kapcsolófeszültségének változtatásával a  $\Phi$  fluxus, vagy az armatúra körében soros ellenállás változtatásával változtatható:

$$n = \frac{U - R_a I_a}{c\Phi}, \quad (9.1.)$$

ahol  $n$  az armatúra forgási sebessége,  $U$  az armatúra kapcsolófeszültsége,  $R_a$  az armatúrakör ellenállása,  $I_a$  az armatúra áram,  $\Phi$  a gerjesztő árammal létrehozott főfluxus és  $c$  állandó.

A tirisztoros kapcsolásokban csak az első két módszert vagy ezek kombinációját alkalmazzák.

A hajtással szemben támasztott követelmények döntik el a szabályozási mód kiválasztását. Ha a fordulatszámot az armatúra feszültségének változtatásával szabályozzuk, a sebesség egyenesen arányos az armatúra feszültségével, a nyomaték pedig a változások tartományában állandó maradhat (az armatúra árammal arányos).

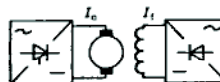
A fordulatszám a gerjesztőáram csökkentésével növelhető, a sebességgel fordított arányban változó nyomaték mellett. A fluxus növelése (tehát a lefelé szabályozás) a gerjesztőáram névleges értéke felett (a telítés miatt is) lehetetlen.

A söntgerjesztésű motorokban megengedhetetlen a gerjesztőáram üzemi közbeni megszakítása, mert a fluxus csökken és a sebesség a motorra veszélyes értékre nő. Az, hogy a gerjesztőáramkör függetlenül táplálható és így a fluxus változatlan a söntgerjesztésű motor fontos jellemző vonása, ezt az egyszerű sebességstabilizáló kapcsolásokban kihasználják.

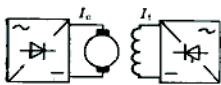
A 9.2., 9.3. és a 9.4. ábrákon a sebesség szabályozására felsorolt három módszer blokkvázatait látjuk, a 9.5., 9.6. és a 9.7. ábrákon pedig az azoknak megfelelő  $M = f(n)$  és  $P = f(n)$  jelleggörbéket, ahol  $n$  a forgási sebesség,  $M$  a forgatónyomaték,  $P$  a motor teljesítménye.

A 9.4. ábrán levő kapcsolás két szakaszú szabályozást eredményez: az elsőben a nyomaték állandó, és a második zónában a motor teljesítménye állandó.

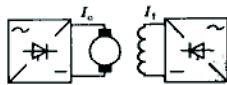
A sebesség irányának változtatását az armatúra tekercselésében, vagy a gerjesztőtekercsben folyó áram irányának megváltoztatásával



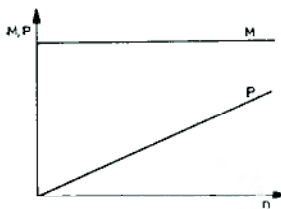
9.2. ábra. Külső gerjesztésű motor fordulatszám szabályozása az armatúra feszültségének változtatásával



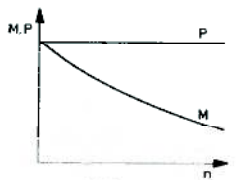
9.3. ábra. Külső gerjesztésű motor fordulatszám-szabályozása az armatúra feszültségének és a gerjesztő áramnak egyidejű változtatásával



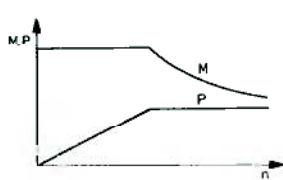
9.4. ábra. Külső gerjesztésű motor fordulatszám-szabályozása a gerjesztőáram változtatásával



9.5. ábra. Külső gerjesztésű motor  $M = f(n)$  és  $P = f(n)$  jelleggörbéje a fordulatszámnak az armatúra feszültséggel változtatott szabályozásakor



9.6. ábra. Külső gerjesztésű motor  $M = f(n)$  és  $P = f(n)$  jelleggörbéje a fordulatszámnak a gerjesztőárammal változtatott szabályozásakor



9.7. ábra. Külső gerjesztésű motor  $M = f(n)$  és  $P = f(n)$  jelleggörbéje a fordulatszámnak az armatúrafeszültség és gerjesztőáram egyidejű változtatásával megoldott szabályozásakor

lehet elérni. Ha az áram iránya egyidejűen megváltozik, mind az armatúrában, mind a gerjesztőtekercsben, nem változik a motor forgásiránya.

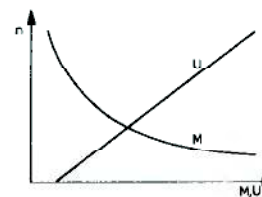
Az olyan motorokban, amelyekben a gerjesztés állandó mágneses, a forgás irányának megváltoztatása egyedül az armatúra feszültségének irányváltásával lehetséges. Vannak nagyobb teljesítményű állandó mág-

nesztű motorok, például automatamosógépek hajtására; az állandó fluxus a szabályozás egész tartományában a nagy terhelésváltozások közben pontos sebességstabilizálást lehet elérni.

#### 9.4. Soros gerjesztésű motor

Tekintettel az egyenáramú, soros gerjesztésű motorok és az univerzális, egyfázisú motorok jelleggörbéinek hasonlóságára, azokat külön nem tárgyaljuk. A különbség a mágneskoszorú felépítésében van, ami a kisteljesítményű univerzális egyfázisú motorokban a veszteségek csökkentése érdekében szilícium-lemezekből készül. A soros gerjesztésű motorok e típusa rendkívül tág körben elterjedt az általános használatú készülékek hajtására.

A forgásirányt nem lehet megváltoztatni, ha az armatúra és a gerjesztőtekercs kapcsolai nem függetlenek. A sebesség szabályozásának csak egy módja van: a motor kapcsain levő feszültség változtatása, mint a 9.8. ábrán látható, amelyen az  $n = f(M)$  és az  $n = f(P)$  összefüggéseket tüntetjük fel, a soros gerjesztésű motort a „lány” mechanikai jelleggörbe jellemzi. Ezt az okozza, hogy az armatúra  $I_a$  áramának növekedésével nő a  $\Phi$  főfluxus is.



9.8. ábra. Az  $n = f(M)$  és  $n = f(P)$  jelleggörbe soros gerjesztésű motornál

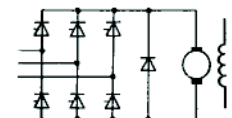
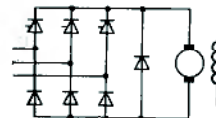
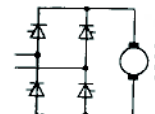
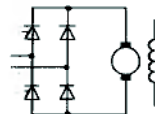
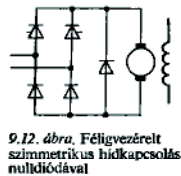
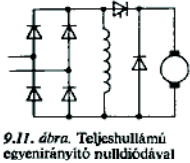
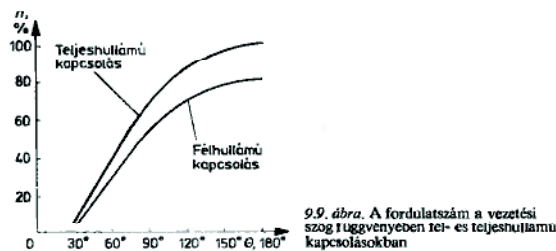
#### 9.5. Hálózatról táplált tirisztoros hajtás

A hálózatról táplált fordulatszám-szabályozók egy-, vagy többfázisú egyenirányító-kapcsolásból állnak. Lehetnek félhullámú, teljeshullámú, aszimmetrikus és szimmetrikus felépítésű egyenirányítók. A félhullámú (együtemű) egyenirányítókat csak kisteljesítményű, egészen egyszerű szabályozókapcsolásokban alkalmazzák.

A közepes- és nagyteljesítményű kapcsolásokban majdnem kivétel nélkül teljeshullámú (kétütemű) egyenirányítók vannak, amelyek jobb szabályozó tulajdonságúak, különösen kis sebességeken. A félhullámú

egyenirányító-kapcsolások alkalmazása terén további korlátozást jelent, hogy a névleges sebességnek csupán a 80%-át lehet elérni. Ez a korlátozás elkerülhető a motor névleges feszültségének megfelelő megválasztásával, de ez nem mindig lehetséges. A forgási sebességet a  $\theta$  vezetési szög függvényében a félhullámú és teljes hullámú egyenirányító-kapcsolásokra a 9.9. ábrán közöljük. A 9.10. . . 9.16. ábrákon mutatjuk be az alapvető tirisztoros egyenirányító-kapcsolásokat.

A 9.14. és a 9.16. ábrán levő egyenirányítók szimmetrikus kapcsolásúak, amelyek közül az első lehetővé teszi fékezés közben az energia visszatáplálását a hálózatba. A bemutatott kapcsolású áramirányítók bármely egyenáramú motorhoz vagy univerzális motorhoz alkalmazhatók. A 9.10., 9.11., 9.12., 9.15. és a 9.16. ábrákon levő kapcsolásokban nullidióda van, amely az induktív terhelést jelentő motorok mellett védi a



kapcsolást a billenéstől (zárlattól). A fordulatszám-szabályozására szabályozókört kell kiépíteni. Ha az armatúrafeszültséget szabályozzuk, figyelembe kell venni az armatúra ellenállását és az armatúra visszahatást is. Az ebből eredő feszültségesések összege rendszerint nem haladja meg a névleges tápfeszültség 5%-át.

Jobb eredmények érhetők el, ha a feszültségesést a szabályozóban kompenzáljuk, ennek kapcsán az armatúra áramkörébe kapcsolt soros ellenállással áramjelet kell érzékelni. Ez lehetővé teszi az armatúráramkör ellenállásváltozásainak kiegyenlítését, a tekercselés megnövekedett hőmérsékletén.

A sebességszabályozás pontosságának további növelése kizárólag csak a szabályozó-rendszerben tahómeter generátor alkalmazásával lehetséges.

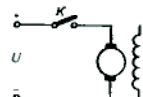
Váltakozóáramú hálózatról vett tápláláskor a legegyszerűbb és a leggazdaságosabb szabályozási eljárás a feszültség középtértékének szabályozására a 3. fejezetben ismertetett gyújtásszög-vezérlés. Ennek alapvető jellemzője impulzus jellege, ami abban nyilvánul meg, hogy a bekapcsolt tirisztor a félperiódus idején vezet, vagy induktív terhelés esetében addig a pillanatig, amelyben az anódáram a tartóáram szintje alá esik. A tirisztoros egyenirányító-kapcsolás típusának megválasztása egy sor követelménytől függ, mint a teljesítmény a motor tengelyén, az energia visszatáplálása a hálózatba és a szabályozó-rendszer hatásfoka. A kapcsolás jellemzői a formatényezőtől függenek (ami a feszültség

effektív értékének és középértékének aránya). A formatényező a gyújtás-  
szög-szabályozás idején változik és az egyfázisú félhullámú kapcsolá-  
sokban a legkevésbé előnyös.

A tirisztorok vezérlőkapcsolásait a konkrét gyakorlati kapcsolá-  
sokban tárgyaljuk. A többfázisú tirisztoros egyenirányító-egységek bo-  
nyolult és pontos beállítású vezérlőkapcsolásokat igényelnek.

## 9.6. Tirisztoros, egyenfeszültségről táplált hajtás

Ezt a hajtástípust egyenáramú hálózatról vagy akkumulátorról táplálva,  
főképpen a vontatásban alkalmazzák. A fordulatszám-szabályozás lé-  
nyege, hogy a tápfeszültséget elektronikus kapcsolóval periodikusan  
szaggatva kapcsoljuk a motorra.



9.17. ábra. A fordulatszám  
impulzusszabályozásának  
elvé



9.18. ábra. A 9.17. ábrán levő  
kapcsolásban működő motor  
feszültsége

Az impulzusüzemű fordulatszám-szabályozás elvét a 9.17. ábra elvi  
vázlata tisztázza, amelyben a statikus kapcsolót  $K$  jelképezi. A terhelés  
feszültségének tipikus lefolyását ezzel a szabállyal a 9.18. ábra  
tünteti fel. A terhelőnyomaték nagyobb vagy kisebb periodikus válto-  
zása kétféle módon ellensúlyozható:

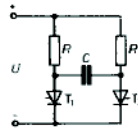
- az impulzusszélesség változtatásával állandó impulzusfrekvencián,
- az impulzusfrekvencia változtatásával állandó impulzusszélesség mellett.

A motorfeszültség középértéke arányos a kitöltési tényezővel az  
alábbi képlet szerint

$$U_{Mk} = U_{táp} \frac{t_1}{t_1 + t_2} = a U_{táp} \quad (9.2.)$$

ahol  $U_{táp}$  a tápfeszültség,  $t_1$  a  $K$  kapcsoló bekapcsolott állapotának idő-  
tartama,  $t_2$  az az idő, ameddig a  $K$  kapcsoló ki van kapcsolva.

A sebesség teljes szabályozási tartománya az, ahol a kitöltési tényező  
 $0 < a < 1$  határok között változik. Gyakorlati kapcsolásokban a  $K$   
kapcsoló helyett rendszerint két tirisztor van (9.19. ábra), amelyek  
egyike, a főtirisztor maga a bekapcsolásnál, a másik — a segédtirisztor —  
pedig ennek kikapcsolásáról gondoskodik. Vannak egytirisztoros kap-  
csolások is az egyenáramú szaggatókapcsolások között. A 9.19. ábrán  
feltüntetett kapcsolásban a tirisztorokat a  $C$  kommutációs kondenzá-  
torral kapcsoljuk ki. A kondenzátor kisülése közben a tirisztorokon  
ellenáram és ellenfeszültség lép fel, ez a kikapcsolásukat okozza. A  $C$



9.19. ábra. Tirisztoros egyenáramú kapcsoló

kondenzátor kapacitása viszonylag kicsi, értéke a tirisztor  $t_q$  szabadá-  
válaszi idejétől és az  $R_0$  terhelő-ellenállástól függ,

$$C \cong \frac{t_q}{0,69 R_0}$$

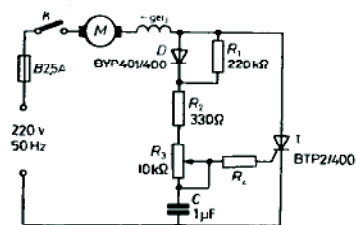
Az  $R_1$  segédellenállás értékétől függ a készülék hatásfoka. Ellenállása  
túl nagy nem lehet, felülről a kapcsolás impulzus-frekvenciája korlá-  
tozza. E korlátozás a kommutációs kör összetettebb rezgőkörös kapcsolá-  
sával elkerülhető.

## 9.7. Gyakorlati kapcsolások

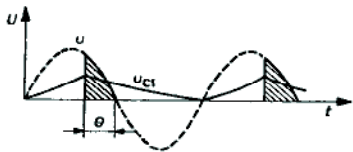
### 9.7.1. Univerzális motor fordulatszámának egyszerű, félhullámú szabályozója

A 9.20. ábrán kisteljesítményű univerzális motorok legegyszerűbb sebes-  
ség-szabályozó kapcsolása látható. Egyszerűsége ellenére a kapcsolás tág  
tartományú szabályozást tesz lehetővé. A tirisztor vezetési szögének  
szabályozása az  $(R_2 + R_3)C$  időállandó változtatásán alapul. A hálózati  
feszültség pozitív félperiódusában a  $C$  kondenzátor az  $R_2$ ,  $R_3$  ellenállás-  
ból és a  $D$  diódából álló áramkörben feltöltődik a vezérlőelektróda  $U_{GT}$   
gyújtófeszültség értékére. A negatív félperiódusban a kondenzátor az

$R_1$ ,  $R_2$  és  $R_3$  ellenállások alkotta áramkörben sül ki. A  $C$  kondenzátor feszültségének kezdeti és végértéke között kicsi a változás (ami a 9.21. ábrán is látható), ezért a tirisztor  $\alpha$  gyújtásszögének a stabilitása kicsi. A  $C$  kondenzátornak egyébként nagy kapacitásúnak kell lenni.



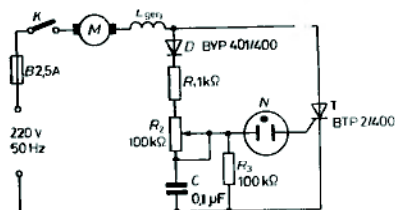
9.20. ábra. Univerzális motor egyszerű fordulatszám-szabályozó kapcsolása



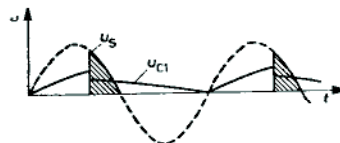
9.21. ábra. Feszültségek a 9.20. ábrán bemutatott kapcsolás elemein

### 9.7.2. Gázkisülésti eszközt tartalmazó, univerzális motor fordulatszámának félhullám-szabályozó kapcsolása

Nagy zavarfeszültség esetében gyakran gázkisüléssel (9.22. ábra) billenő-eszközt használnak. A  $C$  kondenzátor töltőáramköre az előző kapcsolással azonos, csak a kapcsoló-jelleggörbe révén a vezérlőimpulzus időben állandóbb (9.23. ábra). A gáztöltésti cső kialakása után a kondenzátor kisül az  $R_3$  ellenálláson. A vezetési szög  $30^\circ \dots 150^\circ$  tartományban szabályozható.



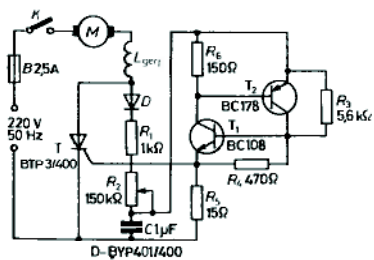
9.22. ábra. Gáztöltésti kapcsolóelemes kapcsolás univerzális motor fordulatszámának szabályozására



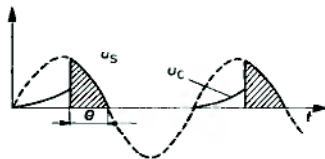
9.23. ábra. A 9.22. ábrán látható kapcsolás elemeinek feszültségei

### 9.7.3. Univerzális motor félhullámú szabályozása

Mindkét előbbi kapcsolás lényeges hátránya, hogy kis  $I_{GT}$  gyújtóáramú tirisztorot kell alkalmazni. Ezt a hátrányt kiküszöbölhetjük a 9.24. ábrán látható kapcsolással, ahol dinisztor jellegű komplementer tranzisztros gyújtóáramkör van. A  $C$  kondenzátort a  $D$  diódából és két,  $R_1$ ,  $R_2$  ellenállásból álló áramkör tölti. Amikor a kondenzátor feltöltődött (az  $R_2$  változtatható ellenállással meghatározott idő után) a  $T_1$  tranzisztort bekapcsoló feszültségre, megindul a lavinafolyamat, amely a két tranzisztor bekapcsolásával végződik. A kondenzátor a  $T_2$  tranzisztoron és a tirisztor vezérlőelektródáján át impulzusszerűen kisül. A billenési feszültség az  $R_3$ ,  $R_4$  és az  $R_6$  elemektől és a tranzisztorok paraméterétől függ. Gyakorlatilag  $6 \dots 15$  V határok közötti. A  $C$  kondenzátor feszültsége a 9.25. ábrán látható. A választott kapcsolási elemek már kis sebességen is jó szabályozást biztosítanak ( $\theta < 90^\circ$ ). A legnagyobb vezetési szög körülbelül  $170^\circ$ .



9.24. ábra. Univerzális motor tranzistoros billenő kapcsolással kialakított félhullámú vezérlése

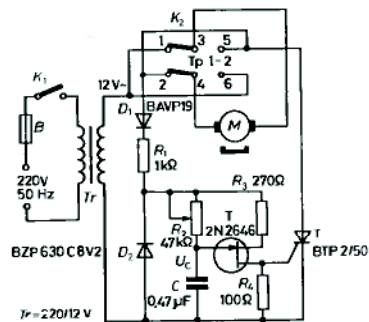


9.25. ábra. A 9.24. ábrán látható kapcsolás elemeinek feszültségei

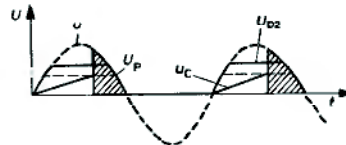
#### 9.7.4. Kisfeszültségű egyenáramú motoros hajtás

A gyűjtőegység billenőszöke rendszerint egyátmenetű tranzisztor vagy tirisztorhoz dinisztor, triakhoz pedig diak. A 9.26. ábra egyátmenetű tranzisztoros kapcsolást mutat be a tirisztor gyűjtőáramkörében. A kapcsolás az előbbiektől egyedül a változtatható időállandójú  $R_3, C$  áramkörben és a stabilizált tápfeszültségben különbözik.

A  $C$  kondenzátor egyenfeszültségű töltése révén a gyűjtősszög az egész szabályozási tartományban állandóbb. A motor gerjesztése állandó mágnesű. Ez egyszerűsíti a kapcsolást és a forgásirány is egyszerűen változtatható. A szabályozókapcsolást 12 V feszültség táplálja. A feszültség időfüggvényét a kapcsolás különböző pontjaiban a 9.27. ábra közli.



9.26. ábra. Kisfeszültségű egyenáramú motor szabályozása



9.27. ábra. A 9.26. ábrán látható kapcsolás elemeinek feszültsége

#### 9.7.5. Univerzális motor egyszerű fordulatszám-stabilizáló kapcsolása

Az ismertetett kapcsolás továbbfejlesztését jelenti a fordulatszám-szabályozó áramkör bevezetése, amellyel a hajtás helyesen működik a motor váltakozó terhelése közben.

A legegyszerűbb eljárás a fordulatszám arányos negatív visszacsatoló jel felhasználása. Ilyen jel lehet az armatúra forgásakor a benne indukált feszültség:

$$U = kn\Phi. \quad (9.3)$$

A (9.3.) kifejezésből látható, hogy a (forgási, tahometrikus feszültségnek is nevezett) feszültség arányos a sebességgel és a fluxussal. Az