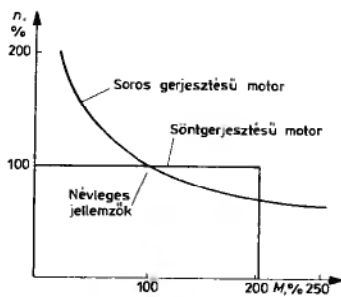


9.2. Egyenáramú motortípusok

A gerjesztés neme szerint az egyenáramú motorokat külső gerjesztésű, söntgerjesztésű, soros gerjesztésű és állandó mágnesű motorokra oszthatjuk. 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 Φ 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, Φ 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).

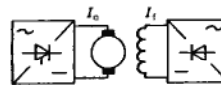
A fordulatszám a gerjesztőáram csökkentésével növelhető, a sebességgel fordított arányban változó nyomaték mellett. A fluxus növelése (tehát a lefelé szabályozás) a gerjesztőáram névleges értéke felett (a telítés miatt is) lehetetlen.

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.

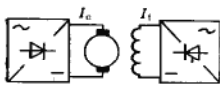
A 9.2., 9.3. és a 9.4. ábrákon a sebesség szabályozására felsorolt három módszer blokkvázatait látjuk, a 9.5., 9.6. és a 9.7. ábrákon pedig az azoknak megfelelő $M = f(n)$ és $P = f(n)$ jelleggörbéket, ahol n a forgási sebesség, M a forgatónyomaték, P a motor teljesítménye.

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

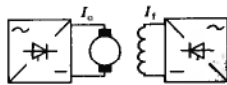
A sebesség irányának változtatását az armatúra tekercselésében, vagy a gerjesztőtekercsben folyó áram irányának megváltoztatásával



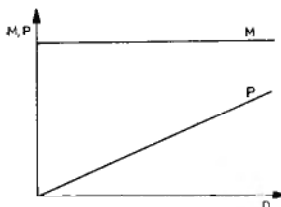
9.2. ábra. Külső gerjesztésű motor fordulatszám szabályozása az armatúra feszültségének változtatásával



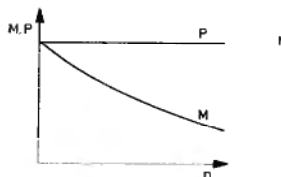
9.3. ábra. Külső gerjesztésű motor fordulatszám-szabályozása az armatúra feszültségének és a gerjesztő áramnak egyidejű változtatásával



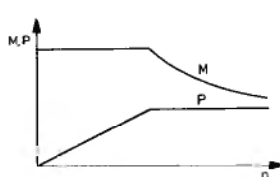
9.4. ábra. Külső gerjesztésű motor fordulatszám-szabályozása a gerjesztőáram változtatásával



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.

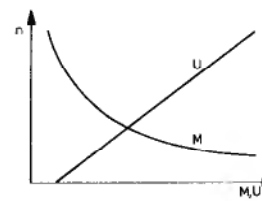
Az olyan motorokban, amelyekben a gerjesztés állandó mágnesű, a forgás irányának megváltoztatása egyedül az armatúra feszültségének irányváltásával lehetséges. Vannak nagyobb teljesítményű állandó mág-

nesű 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 Φ főfluxus is.



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

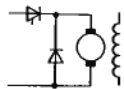
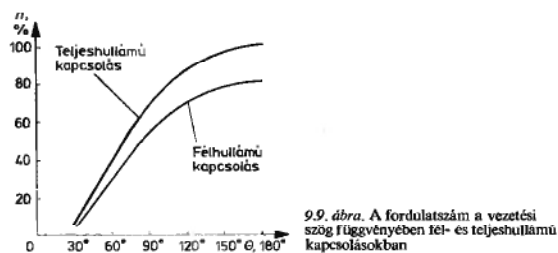
9.5. Hálózatról táplált tirisztoros hajtás

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.

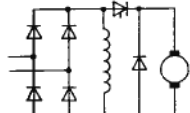
A közepes- és nagyteljesítményű kapcsolásokban majdnem kivétel nélkül teljeshullámú (kétütemű) egyenirányítók vannak, amelyek jobb szabályozó tulajdonságúak, különösen kis sebességeken. A félhullámú

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 θ 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.

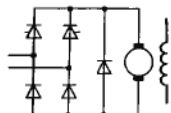
A 9.14. és a 9.16. ábrán levő egyenirányítók szimmetrikus kapcsolásúak, amelyek közül az első lehetővé teszi fékezés közben az energia visszatáplálását a hálózatba. A bemutatott kapcsolású áramirányítók bármely egyenáramú motorhoz vagy univerzális motorhoz alkalmazhatók. A 9.10., 9.11., 9.12., 9.15.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



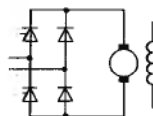
9.10. ábra. Félhullámú egyenirányító nulldiódával



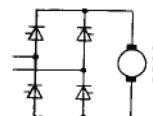
9.11. ábra. Teljeshullámú egyenirányító nulldiódával



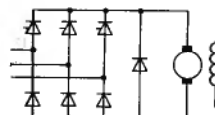
9.12. ábra. Félvezérelt szimmetrikus hidkapcsolás nulldiódával



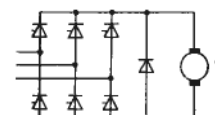
9.13. ábra. Aszimmetrikus félvezérelt hidkapcsolás



9.14. ábra. Teljesen vezérelt hidkapcsolás



9.15. ábra. Háromfázisú félvezérelt hidkapcsolás nulldiódával



9.16. ábra. Háromfázisú teljesen vezérelt hidkapcsolás nulldiódával

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 tahométer generátor alkalmazásával lehetséges.

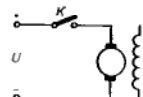
Váltakozóáramú hálózatról vett tápláláskor a legegyszerűbb és a leggazdaságosabb szabályozási eljárás a feszültség középtértékének szabályozására a 3. fejezetben ismertetett gyújtásszög-vezérlés. Ennek alapvető jellemzője impulzus jellege, ami abban nyilvánul meg, hogy a bekapcsolt tirisztor a félperiódus 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 fordulatnyerőztől 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 szabályozással a 9.18. ábra
tünteti fel. A terhelőnyomaték nagyobb vagy kisebb periodikus válto-
zása kétféle módon ellensúlyozható:

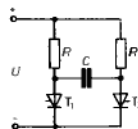
- az impulzusszélesség változtatásával állandó impulzusfrekvencián,
- az impulzusfrekvencia változtatásával állandó impulzusszélesség mellett.

A motorfeszültség középértéke arányos a kitöltési tényezővel az
alábbi képlet szerint

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

ahol $U_{tápf}$ 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_{q1} szabadá-
válaszi idejétől és az R_0 terhelő-ellenállástól függ,

$$C \cong \frac{t_{q1}}{0,69 R_0}$$

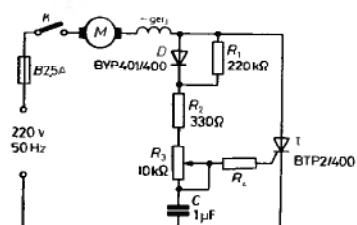
Az R_1 segédellenállás értékétől függ a készülék hatásfoka. Ellenállása
túl nagy nem lehet, felülről a kapcsolás impulzus-frekvenciája korlá-
tozza. E korlátozás a kommutációs kör összetettebb rezgőkörös kapcsolá-
sával elkerülhető.

9.7. Gyakorlati kapcsolások

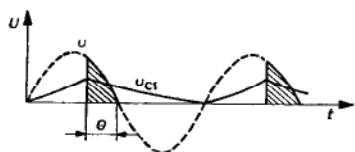
9.7.1. Univerzális motor fordulatszámának egyszerű, félhullámú szabályozója

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 α gyújtásszögének a stabilitása kicsi. A C kondenzátornak egyébként nagy kapacitásúnak kell lenni.



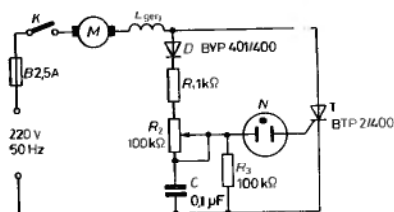
9.20. ábra. Univerzális motor egyszerű fordulatszám-szabályozó kapcsolása



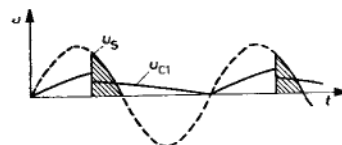
9.21. ábra. Feszültségek a 9.20. ábrán bemutatott kapcsolás elemein

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.



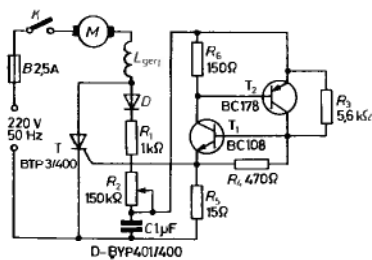
9.22. ábra. Gáztöltésti kapcsolóelemes kapcsolás univerzális motor fordulatszámának szabályozására



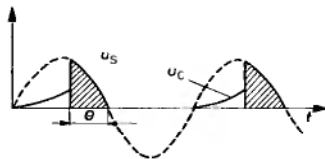
9.23. ábra. A 9.22. ábrán látható kapcsolás elemeinek feszültségei

9.7.3. Univerzális motor félhullámú szabályozása

Mindkét előbbi kapcsolás lényeges hátránya, hogy kis I_{GT} gyújtóáramú tirisztor kell alkalmazni. Ezt a hátrányt kiküszöbölhetjük a 9.24. ábrán látható kapcsolással, ahol dinisztor jellegű komplementer tranzisztoros 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° .



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

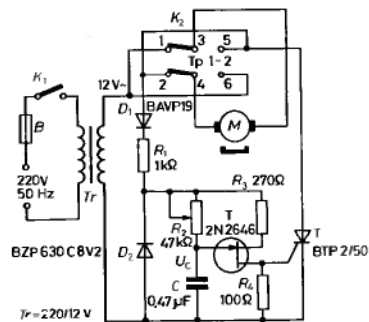


9.25. ábra. A 9.24. ábrán látható kapcsolás elemeinek feszültségei

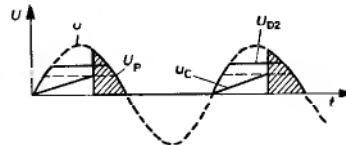
9.7.4. Kisfeszültségű egyenáramú motoros hajtás

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 fordulatszámmal 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