

Villamos hajtások és mozgásvezérlők – 9. rész

DC motorok és hajtások

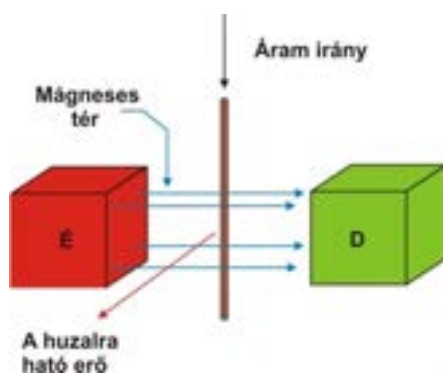
Zsuffa Attila – Q-TECH Mérnöki Szolgáltató Kft

A DC motor egyenárammal táplált forgó gép, amely elektromos energiából mechanikai energiát állít elő.

Az első DC motor az 1830-as években készült el. Az eltelt időben csak a motorok megjelenési formája és a gyártástechnológiája változott, a működés elmelete változatlan.

A DC motorok elvi működése

Az alapelv igen egyszerű: ha egy mágneses térbe helyezett vezetõn keresztül áram folyik, akkor a vezetõre a mágneses tér irányára merõleges erõ hat (1. ábra).



1. ábra A mágneses tér hatása az áramvezetõre

Az erõ nagysága:

$$F = B \cdot I \cdot L,$$

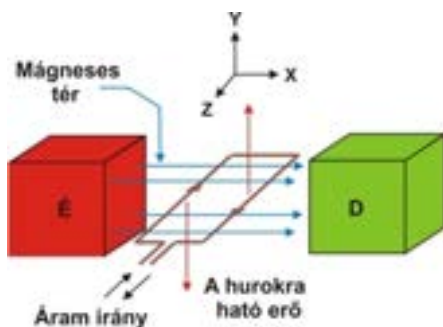
ahol:

B – a mágneses indukció (T)

I – a vezetõn átfolyó áram (A) és

L – a vezetõ hossza (m)

Amennyiben a huzalból hurkot képezzünk, az F erõ hatására az R karon M nyomaték jön létre, és a hurok elfordul a Z tengely körül (2. ábra). A keletkező nyomaték:



2. ábra Áramvezetõ hurok a mágneses térben

$$M = F \cdot R,$$

ahol:

M – a nyomaték (Nm),

F – az erõ (N) és

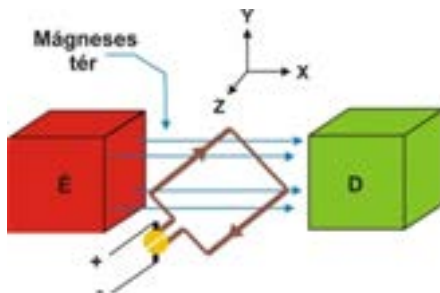
R – az elfordulás sugara (m)

Az elfordulás közben a nyomaték a hurok elfordulási szögével (Θ) változik az alábbi összefüggés szerint:

$$M = F \cdot R \cdot \sin \Theta$$

A fenti összefüggésből következik, hogy a maximális nyomaték $\Theta = 90^\circ$ -nál, a minimális (0) nyomaték $\Theta = 0^\circ$ esetén áll elő. A mozgás során a hurok elérkezik a 0° -os helyzetbe. Mivel a hurok tehetetlenségi nyomatéka átlendíti a 0° -os helyzetet, ezért a változatlan mágneses tér és a változatlan áramirány miatt a nyomaték iránya ellentétesre változik, vagyis a hurok elfordulási iránya is ellenkezővé válik. Ez azt hozza magával, hogy a hurok a 0° körül oszcillálna (3. ábra).

Ennek kiküszöbölésére alkalmazzák a kommutátort, amely a kritikus pozícióban megváltoztatja a hurokban folyó áram irányát, és ezért mindig azonos irányú nyomaték keletkezik. Ez eredményezi az egyirányú folyamatos forgást.

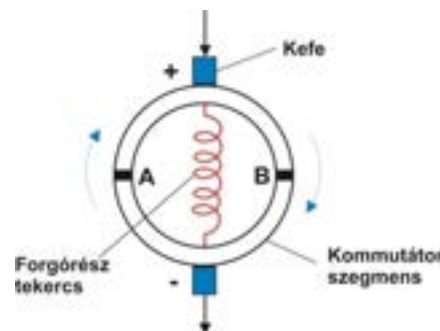


3. ábra Egyenáramú motor (elvi rajz)

Az egyenretű hurok által keletkeztetett nyomaték túlságosan kicsiny, ezért a nagyobb nyomaték létrehozása céljából sokmenetű tekercset kell készíteni. A tekercsek menetei egymással párhuzamosak, ezáltal a keletkező nyomaték a „menetszám-szorosára” növekszik.

Tekintettel arra, hogy egy tekercs által létrehozott nyomaték a körülfordulás során változó nyomatékokat tud csak létrehozni, célszerű a tekercset a forgórész kerületén több részre bontva elosztani ezzel a nyomaték a körülfordulás során egyenletesebbé válik. A kommutátor működési elvét ábrázolja a 4. ábra.

Az egyszerűsített elrendezésben a forgórész tekercs két kommutátor szegmenshez csatlakozik. A külső DC táplálás a keféken keresztül történik. A kommutátor szegmensei között az A és B ponton szigetelt rés található. Amint az A és B pont elhalad a kefék alatt, a tekercsben az áram iránya megfordul. Rövid időn belül – amíg a kefék rövidre zárják a szegmenseket – a tekercsben folyó áram-



4. ábra Kommutátor, forgórész tekercs és kefék (elvi elrendezés)

nak le kell épülni, mielőtt a másik irányú áram kialakulna. A kefék által létrehozott rövidzár ideje alatt ellentétes irányú nyomaték alakul ki, ami a motorban veszteségként jelentkezik.

A DC motor mechanikai felépítése

A DC motorok mechanikai felépítés szempontjából az alábbi fontosabb részegységekből állnak: tekercselt forgórész, kommutátor, forgórész tengely, kefék, kefetartók, állórész pólusok, állórész tekercselés (vagy állandó mágnes), állórész test, állórész pajzsok, forgórész csapágyazás.

Tekercselt forgórész

A forgórész tekercselés lehet önhordó vagy vasmagos kivitelű. A vasmagos kivitel magja laminált acél lemezcsoomag, melyben a csomagot sajtolással kialakított, hornyolt lemezekből állítják össze a megfelelő hosszban. A lemezeket összehegesztik, szegecselik, vagy ragasztják. Az így kialakított lemezcsoomag hornyaiiban szigeteléssel elválasztva helyezik el a rézhuzal tekercselést. Az önhordó tekercselést speciális tekercselési eljárással végzik. A több rétegű, rézhuzalból készülő tekercs meneteit és rétegeit ragasztással rögzítik egymáshoz és az így kialakított, fazék alakú tekercset rögzítik a tengelyen.

Kommutátor

A forgórész tengelyén helyezik el a szegmensekből álló, henger alakú kommutátort. A kommutátor szegmensek száma általában megegyezik a vasmagos tekercselésű forgórész hornyainak számával. A szegmensek általában rézből (ritkábban nemesfém-ből) készülnek, és mika szigeteléssel vannak elválasztva egymástól. A tekercskivezetéseket a szegmensekhez forrasztják.

Kefék

A kommutátorhoz az áramot a keféken keresztül vezetik. A kefék sokféle anyagból készülhetnek, de leggyakrabban grafit az alapanyag, keverve adalék anyagokkal, melyek növelik az élettartamot és csökkentik a kefe és a kommutátor szegmensek közötti átmeneti ellenállást. A keféket kefetartók tartják megfelelő helyzetben. A kefetartóban rugót helyeznek el, amely létrehozza az egyenletes kefenyomást. A kefékhez a motor külső csatlakozó kapcsaitól sokerű, flexibilis rézvezetékekkel vezetik az áramot. A kefék helyzetének állíthatósága miatt a kefeszerelvénny önálló, mozgatható, elszigetelt egység.

Állórész

Az állórész pólusfejeinek kialakítása tekercselt kivitelű motoroknál laminált lemezcsomagból történik. A lemezek préseléskor alakítják ki a pólus alakját, amely az állórész és a forgórész közötti légrésnél kiszélesedik. A légréstől tovább eső keskenyebb részen elhelyezett tekercsek alkotják a mágneses mezőt előállító állórész tekercselést.

Az állandó mágnesű motorok állórészén elhelyezett mágneses pólusok az alkalmazott mágnes célszerű kialakításával készülnek. A pólusokat egy hengeres acél test fogja körül, ez alkotja az állórész testet. Az állórész test hozza létre a pólusok mechanikus tartását és a pólusok közötti mágneses utat. A test mechanikus keretként szolgál, melyre a működést szolgáló egyéb elemek kerülnek elhelyezésre. Ezek az elemek a motor lezárását és mechanikai stabilitását garantálják. Az állórész pajzsok általában acélból, alumíniumból vagy magnézium ötvözetből készülnek. A pajzsok tartalmazzák a forgórész csapágyait, és egyben két oldalról lezárják a motortestet (5. ábra).

DC motor típusok

Számos DC motor típussal találkozhatunk a gyakorlatban. A típusba sorolás lehetséges a forgórész mechanikai kialakítása alapján, vagy a mágneses mező előállítási módja és a forgórész tekercselési mód alapján is.

Kis teljesítmény tartományban a vasmagos forgórészű, állandó mágnesű DC motor a legelterjedtebb. Ilyen felépítésű-



5. ábra DC motor (metszet)

ek a DC szervomotorok is. Az első egyenáramú motor is ilyen volt, amelyet a bevezető részben ismertetett elvekből kiindulva készítettek el.

Az állandó mágnesű DC motorokban a mágneses teret állandó mágnessel hozzák létre, és ez alkotja a motor állórészét, a motor forgórészét pedig egy henger alakú, közepén tengelyezett vasmagos tekercs alkotja. A tekercsrészek kivezetéseit a kommutátor szegmenseihez csatlakoztatják (6. ábra). A szegmensekre osztott kommutátort a forgórész tengelyén helyezik el, melyhez az áramot szénkeféken keresztül vezetik.



6. ábra Kommutátor és vasmagos forgórész tekercselés

A kommutátor és a forgórész tekercselés egymáshoz viszonyított szöghelyezete rögzített. Az áram hozzávezető kefék helyzete is rögzített a mágneses tér helyzetéhez képest. Mindkét irányú forgásnál azonos karakterisztikával rendelkező motor esetében a kefék helyzete ideálisan 90° a mágneses mező irányához képest.

A vasmagos forgórészű, állandó mágneses DC motorok több fajta veszteséggel rendelkeznek. Ezeket két fő csoportba sorolhatjuk:

- terheléssel összefüggő, és
 - a sebességgel összefüggő veszteségekre.
- A terheléssel összefüggő veszteség a tekercselési veszteség. A tekercselési veszteség a motortekercselésen átfolyó áramból adódik. A terhelés növekedésekor a motor leadott nyomatékának is növekedni kell, ami több áramot igényel. A növekvő áram növekvő veszteséget jelent. Ez a veszteség a forgórész melegedésé-

ben jelentkezik, aminek hatására nő a tekercs ellenállása is, ami újabb veszteséget (melegedést) okoz. Ennek a veszteségnek pótlására további áramnövelés szükséges és így tovább. Amennyiben az áram nincs korlátozva, akkor a terhelés növekedésének hatására a folyamat a motor tönkremeneteléhez vezethet.

A sebességgel összefüggő veszteségek közé sorolható a vasvesztés, a sűrűlási veszteség, a kefevesztés és a tekercsek rövidzárlásából adódó veszteség. A vasvesztés a vasmagos tekercselésű motorok fordulatszámától függ, és jelentősen befolyásolja a veszteséget. A vasvesztés két részből tevődik össze. Ezek: az örvényáramú veszteség és a hiszterézis veszteség. Az örvényáramú veszteség sebesség függő és különösen nagy sebességek esetén jelentős. Hatása elsősorban melegedésben jelentkezik. A gyakorlatban az örvényáram csökkenthető a forgórész mag laminált lemezcsomagokból való kialakításával.

A hiszterézis veszteség a forgórész magjának mágneses irányváltásával szembeni ellenállásból adódik. A hatás melegedés formájában jelentkezik és nő a sebesség növekedésével. A hiszterézis veszteség csökkenthető a jó minőségű, megfelelően mágnesezhető anyagok használatával.

A sűrűlási veszteségek a motor mechanikai tulajdonságaitól függenek. Ide tartoznak a kefesűrűlásból, a csapágsűrűlásból és a levegő ellenállásából adódó veszteségek. Ezek a veszteségek szintén hőtermelésben jelentkeznek, és tovább növelik az ideáltól való eltérést.

A kefevesztés egy sor tényező függvénye, amelyek a motor működésével kapcsolatosak. Általában a kefék érintkezési ellenállása jelentős értéket képvisel a forgórész körüli ellenállásból, és mint tudjuk, a forgórész körüli ellenállás növekedése a tekercs melegedésében jelentkezik.

Mint az a fentiekből kiderül, minden veszteség a motor melegedését okozza, és ez a melegedés korlátozza a motor alkalmazhatóságát.

Az alkalmazhatóság másik korlátja a nyomaték hullámossága. Ahhoz, hogy állandó legyen a nyomaték értéke, az állórész és forgórész mágneses mezőjének egymáshoz viszonyított nagysága és egymáshoz viszonyított helyzete állandó kell legyen. Ez az állapot a gyakorlatban nem érhető el. A forgórész forgásakor a relatív viszony a mágneses mezők között kismértékben, de folyamatosan változik. Ez a változás a nyomaték hullámzása-ként jelentkezik. A probléma kis sebességeknél érezhető elsősorban. Nagy sebességnél a nyomaték hullámosság általában nem okoz problémát, mivel a motor forgórész, és a terhelés inerciája segít „kisméltani” ezt a hullámosságot.

A motorok tervezésénél a kommutátor szegmensek számának és a pólusszámának a növelésével, valamint a forgórész ferde tekercselésével igyekeznek a nyomtatók hullámosságát csökkenteni.

A kis teljesítményű (<500 W) DC motorok között találkozhatunk az állandó mágneses, nem vasmagos forgórészű motorok két alaptípusával:

- az önfordó tekercselésű (vasmagmentes) forgórészű és
- a tárcsa forgórészű motorokkal.

A vasmagmentes forgórészű motorokat a kisméretű, alacsony inerciájú, nagy dinamikus DC motorok iránti igény hozta létre. A Faulhaber cég által kifejlesztett speciális tekercselési technika tette lehetővé az ilyen motorok nagy sorozatú gyártását.

A forgórész önfordó (mag nélküli), több ragasztott rétegű, ferde tekercselésű réz huzalból készül. Az így kivitelezett könnyű forgórész fazék alakú, nagyon kis inerciájú és forgás közben kis nyomtatóingadozással rendelkezik (7. ábra).



7. ábra
Vasmag nélküli
önfordó tekercs

A kis teljesítményű motorok kommutátor rendszere nemesfémből készül a kis érintkezési ellenállás érdekében. A nagyobb motorteljesítményeknél réz kommutátort és grafit keféket használnak.

Tárcsa forgórészű motorokban a forgórész tekercselését nyomtatott áramkörként alakítják ki. Az áram hozzávezetés szintén kéfékkel történik. A tárcsa kivitelű forgórészű motorok tengely irányú mérete és a forgórész inerciája kicsi, a motor átmérője viszonylag nagy. A tárcsamotorok nyomtató ingadozása kicsiny. Meghatározott alkalmazásokban csak ilyen kivitelű motorokat célszerű használni. (8. ábra)

A DC motorok csoportosítása a mágneses mező előállítása szerint, vagyis a forgórész és az állórész tekercselés kapcsolástechnikája szerint történhet.



8. ábra Tárcsa forgórészű motor

Ezen csoportosításban soros, párhuzamos (sönt) és vegyes gerjesztésű, valamint külső gerjesztésű és állandó mágneses motorokról beszélünk.

A soros DC motoroknál a mágneses mezőgerjesztő tekercsei sorba vannak kapcsolva a forgórész tekercseléssel. Adott áram mellett a soros DC motor szolgáltatja a legnagyobb nyomtatót. A soros motor fordulatszáma nagymértékben függ a terheléstől és terheletlen állapotban megfűtásra hajlamos, vagyis terheletlen állapotban a motor felgyorsul. A növekvő sebesség növekvő indukált feszültséget eredményez, és ez mindaddig tart, míg az indukált feszültség egyenlő lesz a tápláló feszültséggel. Ebben az állapotban nincs hatásos feszültség, és nincs forgórész áram sem, tehát nem növekedhet tovább a fordulat. Ennek ellenére mivel a növekvő sebesség csökkenti a gerjesztő áramot és a mágneses térerőt, az indukált feszültség állandósul. A nyomtató nem csökken nullára, és a gyorsulás folytatódik egészen a motor tönkremenetelig.

A sönt motornál a mezőgerjesztő tekercs párhuzamosan van kapcsolva a forgórész tekercseléssel. Adott áram mellett a sönt motor szolgáltatja a legkisebb nyomtatót, de a fordulatszám terhelés függése nagyon kicsi. A sönt motor terhelés nélkül nem hajlamos a megfűtásra, de hajlamos rá a gerjesztés megszűnésekor (pl. tekercszakadás). A gerjesztés csökkenése csökkenő indukált feszültséget eredményez, aminek következtében a forgórész tekercsre jutó hatásos feszültség növekszik. Ennek hatására növekszik a forgórész áram, ami gyorsítást eredményez.

A vegyes gerjesztésű DC motor a soros és a sönt motor kombinációja és azért született, hogy kiküszöböljék a soros és a sönt motorok hátrányos tulajdonságait. Hatékonysága a soros motorral megegyező.

A külső gerjesztésű DC motorokkal a nagyobb teljesítmény tartományban találkozhatunk leggyakrabban. A külső gerjesztésű motorban a mágneses mezőt az állórész tekercseléssel állítják elő, de ez a gerjesztő feszültség független a forgórészbe vezetett feszültségtől. A külső gerjesztésű DC motor tulajdonságaiban közel áll az állandó mágnesű motorokhoz, a különbség leginkább a mechanikai kialakításban és a fizikai méreteken fedezhető fel.

A külső gerjesztésű és az állandó mágnesű motorok megfűtásra nem hajlamosak.

Q-TECH Mérnöki Szolgáltató Kft.

Tel.: (+36 1) 405-3338

Fax: (+36 1) 415-9134

E-mail: info@q-tech.hu



**Magyarország a
Distrelec-minőséget
választja:
Tel: 06 80 015 847**



Látogasson meg
az Electro Salon
szakkiallításán!
Budapest
2007. május 06-11.

Terjedelmes minőségi termékprogramunkból pillanatok alatt rendelhet elektronikai, adattechnikai, számítástechnikai és háztartástechnikai alkatrészeket az interneten keresztül. Katalógusunk elérhető honlapunkon: www.distrelec.com

Amit a Distrelec Önnek kínál:

- Kiszállítás 48 óra alatt Magyarország egész területén
- Mindössze 5,- EUR kiszállítási költség
- Rendelés akár 1db-tól
- Ingyenes cserelehetőség
- Tanácsadás magyar nyelven, ingyenesen hívható telefonon: 06 80 015 847

Technikusok és felhasználók ezrei fordulnak már a gyors direktszállításhoz a Distrelec-nél!

Distrelec

Európa legjelentősebb minőségi elektronikai és számítógép alkatrészek disztribútora.