

# Villamos hajtások és mozgásvezérlők – 8. rész

## AC motorok és hajtások

Zsuffa Attila – Q-TECH Mérnöki Szolgáltató Kft.

Az automatizált sorozatgyártás egyre nagyobb sebességet és precizitást követel a gyártást kiszolgáló egységektől. A kiszolgáló egységek működtetésében jelentős szerepet játszanak a nagy felbontású mérőrendszerrel ellátott, nagy fordulatszámú szervomotorok. Sorozatunk következő részében áttekintést adunk az automatizálásban jelenleg leggyakrabban alkalmazott villamos motorokról és a meghajtásukra szolgáló eszközökről, különös tekintettel a szervomotorokra és szervoerősítőkre.

A szakirodalomban könyvtárnyi anyag foglalkozik részletesen a villamos motorokkal különböző szempontok szerint. Cikkünk nem vállalkozhat egyszerű áttekintésnél többre a nem hajtástechnikai területen dolgozó érdeklődők, felhasználók számára. A villamos motor elvileg egyszerű eszköz: villamos energiát konvertál mechanikai energiává. Az első villamos motor megépítése (1833) óta eltelt évek során a motorok konstrukciós szempontból nagymértékben megváltoztak, a működés alapelve viszont változatlan.

A hagyományos villamos motorok két alaptípusa az AC (váltakozóáramú) és a DC (egyenáramú) motor.

### AC motorok

Az első AC motor 1889-ben készült. Felépítése sokkal egyszerűbb és robusztusabb volt a DC motorénál. Elterjedését hosszú ideig gátolta, hogy csak fix fordulatszámra és szinte befolyásolhatatlan nyomatékkarakterisztikával működhetett. A technológiai fejlődés következtében mára ezek a hátrányok eltűntek és az AC motorokat széleskörűen használják az ipar minden területén.

Az AC motorok két főcsoportra bonthatók: szinkron és aszinkron motorok. A mindennapi használatban az aszinkron motor az elterjedtebb.

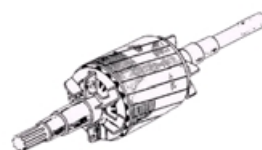
### AC aszinkron motorok

Az aszinkron motorok mindennapos megjelenési formája az AC indukciós motor, mivel mechanikus felépítése egyszerű, jó hatásfokú, fordulatszám-vezérelhetősége jó és olcsó. Az AC indukciós motorok közül a leginkább elterjedtek a rövidrezárt forgórészű, háromfázisú motorok, ezért a továbbiakban ezen motorok működését és szerkezeti felépítését ismertetjük vázlatosan. Az AC indukciós motor tulajdonképpen egy transzformátor, melynek a szekunder része forog. Ha az állórészben elhelyezett háromfázisú (primer) tekercset csatlakoztatjuk egy háromfázisú hálózathoz, ez forgó mágneses teret hoz létre. A (szekunder) forgórészben ez a mágneses tér áramot indukál – innen az „indukciós motor” elnevezés – amely indukált áram által gerjesztett mágneses tér és az állórész forgó mágneses tere közötti kölcsönhatás eredménye a forgórészre ható forgatónyomaték.

Az indukciós motor acél tengelyére laminált acélból készült, henger alakú, hornyokkal ellátott forgórészt sajtolnak. A forgórész hornyokaiba szigetetlenül, nagynyomású fröccsöntéssel alumínium vezető rudakat helyeznek el úgy, hogy az alumínium vezető rudakat mindkét végén egy-egy gyűrűvel rövidre zárják. Ezeket a rövidre záró gyűrűkön a motor belső szellőzését szol-

gáló ventilátorlapátokat is kialakítanak. A konstrukció alakjáról kapta a kalickás forgórész elnevezést (az angol irodalomban squirrel-cage-nek, mókuskalitkának nevezik, 1. ábra).

Az állórész laminált acélból, pólusok kialakításával készül. A pólusok közötti hornyokat szigetelik, majd elhelyezik bennük a pólusokat körbe vevő



1. ábra A kalickás forgórész tekercselés (elvi rajz)

rez tekercselést. A háromfázisú motor tekercseit egymással 120 „elektromos fokot” bezáró szögben rendezik el. Az állórészt két végén pajzsokkal zárják le, amelyekben a forgórész tengelyének csapágyazása található (2. ábra)

A motor állórészének jobb disszipációja érdekében az állórész külső palástját hűtőbordákkal látják el. Ezeket a hűtőbordákat fűjja a motor hátsó pajzsa mögött elhelyezett szellőztető ventilátor, amely a motor tengelyére van felerősítve. Ebben az esetben a hűtés hatékonysága a motor fordulatszámától függ. A

kisebb fordulaton üzemelő motorokat teljesen független ventilátorral hűtik, ez az úgynevezett kényszerhűtés.

A tekercselt forgórészű aszinkron motorok csak kivételként (tekercselt forgórész, csúszógyűrű, külső indító ellenállás) térnek el a kalickás forgórészű motoroktól, a működési elvük azonos.

Az állórészben gerjesztett forgó mágneses mező a motorban szinkron szögsebességgel forog. A szinkron szögsebesség:

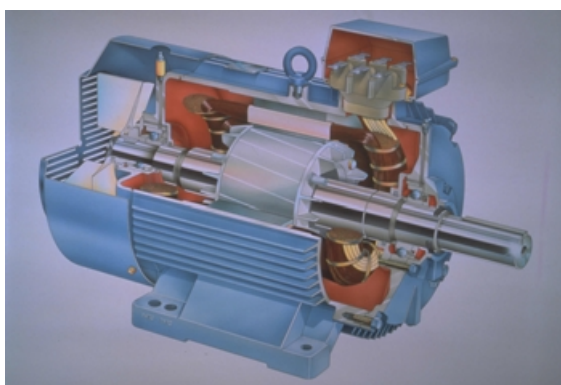
$$n_s = 120 \frac{f}{p}$$

$n_s$  – a szinkron fordulatszám (1/min)

$f$  – a hálózati frekvencia (Hz)

$p$  – az állórész pólusainak száma

Az aszinkron motor forgórésze mindig egy kis lemaradással követi a szinkron sebességgel forgó mágneses mezőt, mivel ez a késés szükséges ahhoz, hogy a forgó mágneses tér erővonalai metsszék a forgórész tekercsüket. Csak ennek teljesülése esetén jön létre az indukció következtében a forgórészt forgató nyomaték. Ezt a lemaradást a szakirodalomban slip-nek (csúszásnak) hívják.



2. ábra Az indukciós motor felépítése – metszet

A slip százalékos értéke:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\%$$

ahol:

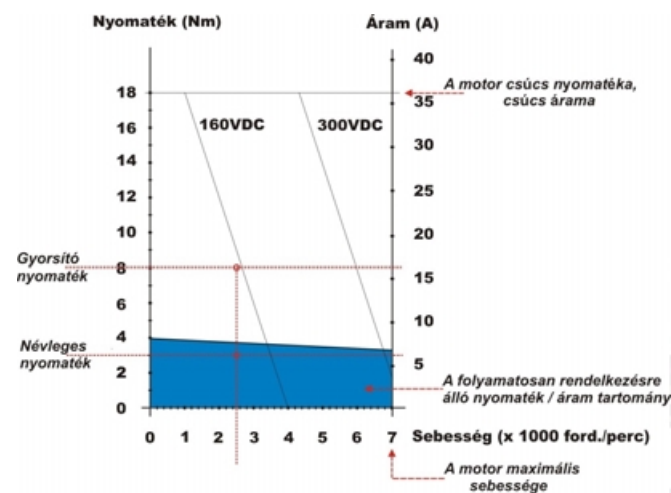
s – a slip a szinkron sebesség %-ában

$n_s$  – a szinkron sebesség

n – az aktuális sebesség

A slip értéke függ a forgórész ellenállásától, a tápfeszültség frekvenciájától, a terheléstől (nagyobb terhelés, nagyobb slip) és a tápfeszültség nagyságától. A kisebb teljesítményű motorok a nagyobb forgórész ellenállásuk miatt nagyobb slip-el rendelkeznek (3...6%), mint a nagy teljesítményű motorok (1...2%). Az indukciós motorok forgórészének fordulatszáma soha nem érheti el a szinkron fordulatszámot, mert ebben az esetben megszűnne a forgatónyomaték.

A motor működését az indukciós motor nyomaték-fordulatszám jelleggörbéje írja le a legszemléletesebben. (3. ábra). A jelleggörbén jól látható, hogy a forgórész ellenállásától függően hogyan változik a nyomaték a sebesség változtatásakor (1 – tipikus jelleggörbe, 2 – közepes ellenállás, 3 – nagy ellenállás), illetve indításkor mekkora nyomaték keletkezik. A nagy forgórész-ellenállás csak az indítási nyomaték szempontjából elő-



3. ábra 3 fázisú indukciós motor nyomaték-sebesség jelleggörbéje

nyös, mert az ilyen motornak nem jó a hatásfoka. A legtöbb alkalmazásban az 1. jelleggörbe szerinti, kis ellenállású forgórészrel ellátott motort használják annak ellenére, hogy az indítási nyomatéka alacsonyabb.

### AC szinkronmotorok

A szinkronmotorok forgórésze az aszinkron motorok tárgyalásánál már említett szinkron sebességgel forog, nyomatékot csak ezen a sebességen képes szolgáltatni. A szinkronmotor fordulatszáma csak a tápláló hálózat frekvenciájától és a konstrukció által meghatározott pólusszámától függ. Ha a forgórész fordulatszáma a szinkron fordulatszámától eltér, a motor kiesik a szinkronból és leáll.

A szinkronmotorok állórészének felépítése megegyezik az aszinkron motorokéval, a forgórész kialakításban viszont jelentős különbségek találhatók. A szinkronmotorokat szintén a forgórész kialakítása szerint lehet csoportosítani, amely a kívánt teljesítménytől függ. A nagyobb teljesítményű (>10 kW) szinkronmotorok forgórésze csúszógyűrűs táplálású elektromágnes, amelyet egyenárammal gerjesztenek. A forgórészen kialakított pólusok száma az állórész pólusszámával megegyezik.

A kisebb teljesítményű (100 W...10 kW-os motorok esetén a

forgórész állandó mágneses, a még kisebb teljesítményű motoroknál (10...100 W) pedig reluktancia, vagy hiszterézis forgórészű. Ezeket a szinkron motorokat általában a forgórész kialakításuk szerint csúszógyűrűs-, állandó mágnesű-, reluktancia-, vagy hiszterézismotornak nevezik.

Mivel a szinkron motorok csak a szinkron fordulatszámot szolgáltatnak nyomatékot, tehát az induláskor, amikor a fordulatszám a szinkron fordulatszámától szükségképpen eltér, nyomatékot nem állítanak elő, tehát az indítás külön eljárást igényel. Az indítási eljárások sokfélék lehetnek, de a leggyakrabban az alábbi változatok valamelyikét használják.

- A pólusokban elhelyezett indítókalickás megoldás esetében a szinkron sebesség közelébe kalickás motorként gyorsítják a forgórészt terhelés nélkül, majd az állandó mágnes „berántja” a forgórészt a szinkron fordulatra.
- A másik módszer a frekvencia fokozatos növelése 0-ról a szinkron frekvenciáig. Ez a módszer igen egyszerű, de költséges a frekvenciaváltó alkalmazása miatt.
- A csúszógyűrűs motorok indításánál leginkább használatos módszernél az indítókalickás forgórészt közel szinkron fordulatra gyorsítják, majd a csúszógyűrűkön keresztül egyenárammal gerjesztik a forgórészt, ami a mágneses erőhatás következtében „beugrik”, felveszi a szinkron fordulatszámot.
- Lehetőség van az indítást külső indító motorral végezni. Ebben az esetben a külső motor a szinkron fordulatszámig felporgeti a szinkronmotor forgórészét és a megfelelő ellenőrzés után a motor hálózatra kapcsolható.
- Speciális rugós, kilincskerekes indító mechanizmus, mely felgyorsítja a motort a rugóban tárolt mechanikai energia segítségével gyorsítja fel a szinkron fordulatszámra.

Az említett indítási nehézségek miatt a nagyobb teljesítménytartományban a szinkrongépek generátoros üzeme az elterjedtebb, míg az alacsonyabb (<10 kW) teljesítménytartományban az állandó mágneses szinkronmotorokat használják (pl. időzítési és egyéb automatizálási feladatokban).

### AC szervomotorok

Az AC szervomotor tipikusan állandó mágneses szinkron motor, melyet úgy alakítanak ki, hogy a fordulatszáma, a hajtó- és nyomaték-inercia viszonya és a gyorsítási képessége a szervoalkalmazások igényeinek megfelelően. A szervomotorokkal szemben támasztott követelmények közül a legfontosabbak: a széles fordulatszám tartomány (0...6000 ford/perc), az extrém alacsony fordulatszámúval való folyamatos működés túlmelegedés nélkül, a képesség álló állapotban maximális nyomaték kifejtésére és nagy gyorsulásokra, és végül tudjon rövid ideig a névleges nyomatékának többszörösét is szolgáltatni.

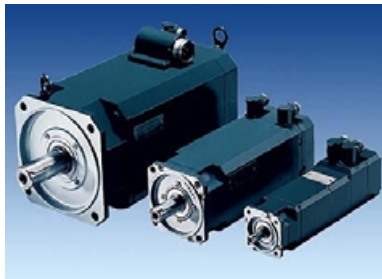
A szervomotorok közös jellemzője a tengelyük elfordulását visszajelző visszacsatoló eszköz, amely által zárt hurkú működés valósítható meg. Ez a visszacsatoló eszköz lehet rezolver, forgó inkrementális, vagy abszolút jeladó, digitális vagy analóg kimenő jellel – a lényeg, hogy a tengely elfordulási szögéről és a szögsebességről egyértelműen tájékoztasson.

Az AC szervomotorok fordulatszáma és nyomatéka a megfelelő szervoerősítővel széles tartományban, nagyon jól szabályozható és kézben tartható.

Mechanikai kivitelükre jellemző a hengeres vagy négyzetes keresztmetszet, hosszuk az átmérőhöz viszonyítva nagy. A tengelykivezetésnél lévő homlokpajzs általában a felrögzítést szolgáló furatokkal és valamilyen illesztő peremmel (szervoperem) rendelkezik, mely nem mérete nem egyezik a szabványos IEC motorok peremméretével. A motorok hátsó pajzsa a beépített, vagy utólagosan felszerelt visszacsatoló eszköztől függően nagyon sokféle lehet. A működtető energia hozzávezetést és a visszacsatoló eszköz jeleinek kivezetését is sokféleképpen oldják meg. Ez minden esetben két elkülönített kábelon történik, mely kábelek általában árnyékolt kivitelűek. A kábelek a kis teljesítményű motorok esetén beépítettek, nagy motorteljesítmé-

nyeknél kapcsolécs, vagy más oldható csatlakozót tartalmazó megoldásúak.

A szervomotorok többnyire zárt, IP54 védetségű fokozatú házban vannak elhelyezve, de készülnek kifejezetten magas védetségű (IP67, ATEX) és különleges anyagú (rozsdamentes) tokozattal rendelkező változatok is (4. ábra).

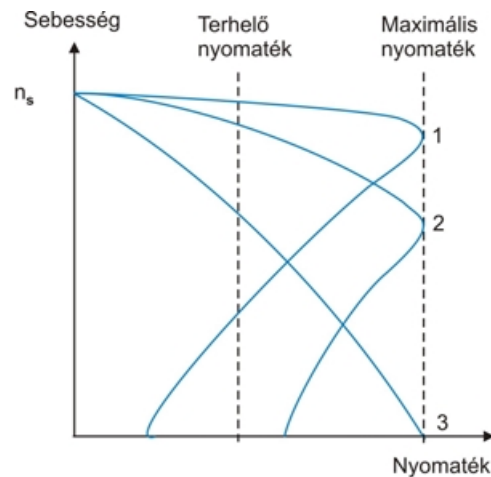


4. ábra AC szervomotorok

A szervomotorok tulajdonságait a motor sebesség-nyomaték jelleggörbéje mutatja meg (5. ábra). A jelleggörbék közül az alább felsorolt, fontos paraméterek olvashatók ki:

- a motor túlmelegedése nélkül, folyamatosan kinyerhető névleges nyomatéktartomány,
- a gyorsításhoz szükséges csúcnyomaték-tartomány, amelyet a motorok, csak rövid ideig képesek szolgáltatni
- a motorfeszültség és a motor maximális fordulatszáma közti összefüggés,
- a motoráram és a nyomaték összefüggése.

A szervomotor nyomaték-sebesség jelleggörbéjének használatát legegyszerűbben egy példán keresztül érhetjük meg. A példa kedvéért feltételezzük, hogy az alkalmazás 2500/perc fordulatszám mellett folyamatos üzemben 3 Nm, a gyorsításkor pedig 8 Nm nyomatékigényű. Ha a példa szerinti sebesség-nyomaték ábrába berajzoljuk ezeket az adatokat, láthatjuk, hogy a kívánt fordulatszámhoz szükséges buszfeszültség 160 VDC, a folya-



5. ábra AC szervomotor nyomaték-sebesség jelleggörbéje

matosan szükséges áram 6,5 A, a gyorsításhoz szükséges áram pedig 16,5 A. A példában szereplő sebesség-nyomaték diagrammal rendelkező motor teljes mértékben megfelel az alkalmazás elvárásainak, mivel a névleges nyomaték a folyamatos terhelhetőségi tartományon belül található és a gyorsítási nyomaték igény is teljesíthető. A feszültség és az áramok ismeretében kiválasztható a megfelelő szervoerősítő is.

#### Q-TECH Mérnöki Szolgáltató Kft.

1160 Budapest, Batthyány Lajos u. 8.

Tel.: (+36 1) 405-3338, fax: (+36 1) 415-9134

E-mail: info@q-tech.hu

www.q-tech.hu