

Villamos hajtások és mozgásvezérlők – 1. rész

Zsuffa Attila – Q-TECH Mérnöki Szolgáltató Kft.

A villamos hajtások és mozgásvezérlők fogalomcsaládja számos eszközt foglal magába a motoroktól a teljesítményerősítőkön át a pozicionálást végző, programozható vezérlőkig. Most kezdődő cikksorozatunk az ezzel kapcsolatos legfontosabb ismereteket: működési elveket, tulajdonságokat, alkalmazási lehetőségeket foglalja össze, főként a más szakterületen dolgozó, érdeklődő műszakiak számára.

Az 1. ábrán egy egyszerű mozgásvezérlő rendszer blokkvázlatát mutatjuk be, amely a továbbiakban előforduló hajtások és mozgásvezérlők minden alap-egységét tartalmazza. Természetesen a gyakorlatban ettől eltérő összeállítású, nagyobb bonyolultságú rendszerfelépítés is lehetséges. Az ábrán a „Gép” jelenti azt a mechanizmust, melyet mozgatni kívánunk. A „Motor” szolgáltatja a mozgáshoz szükséges nyomatékokat.

Az „Erősítő” a bejövő vezérlő jeleket alakítja át (erősíti) a motor kívánalmainak, teljesítményének megfelelő jellé. A „Programozható vezérlő” egység szolgáltatja a vezérlőjeleket, melyek alapján a motor működni fog (gyorsítás, sebesség, lassítás, megállítást, helyben tartás, stb.). A programozható vezérlő határozza

– gép kapcsolat” a tulajdonképpeni kezelőfelület, amelyen keresztül a berendezés kezelője beavatkozhat.

Az ipari elvárások folytonosan a hatékonyabb, gyorsabb, olcsóbb termelés irányába kényszerítik a gépek fejlesztőit, ezáltal a gépek mozgását végző eszközök fejlesztőit is. Az állandóan fejlődő, változó kínálatból nem egyszerű az alkalmazásnak leginkább megfelelő mozgásvezérlő csomag kiválasztása. A következőkben nagy vonalakban ismertetjük a mozgásvezérlő csomag elemeinek kiválasztási lépéseit.

Motor- és hajtásvezérlő (erősítő) technológiák

A motorok és hajtáserősítők választéka technológiai szempontból igen széles, és ezekből az alkalmazásnak leginkább megfelelő technológiával készült eszközöket célszerű választani. Az egyes motor-technológiákhoz kapcsolódnak a hajtáserősítő technológiák is az 1. táblázat szerint. A felsorolt technológiákat a cikk hátralevő részében röviden, további cikkeinkben bővebben ismertetjük.

AC-aszinkron motorok – Inverterek (frekvenciaváltók)

Ez az iparban leggyakrabban alkalmazott, kiforrott motortechnológia. A motor tekercselt állórészről és egy hengerpálcát mentén elhelyezett, rövidre zárt, kül-

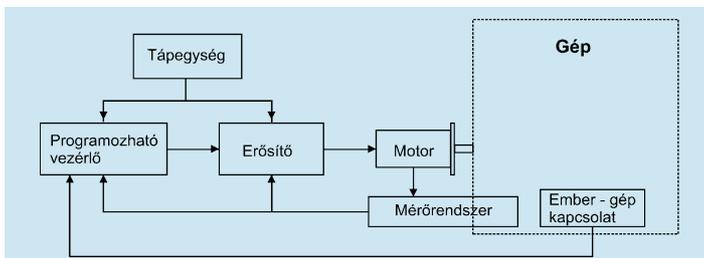
ső elektromos csatlakozással nem rendelkező vezetőkből álló – ún. „kalickás” – forgórészből áll. A motor felépítése egyszerű, olcsó, működése stabil, rezgésmentes (2. ábra). Inverterrel (elektron-



2. ábra AC motorok

kusan változtatható frekvenciájú, változó áramú feszültségforrással) vezelve a változó fordulatszámú alkalmazások többségében jól használható (ventilátor, szivattyú, konvektor, keverőgép, csomagológép stb.). Az inverter változtatható kimenő frekvenciájától függ a hozzá kapcsolt, szabványos AC indukciós motor fordulatszáma. A sebességváltoztatás elvileg a névleges fordulatszám 1,5–3%-áig lehetséges, amelyet a motor slipje (a meghajtófeszültség frekvenciájától való elcsúszása, „lemaradása” által korlátozva. Általános „ökölszabály”, hogy az a fordulatszám, ahol a motor nyomatéka még megfelelő, legalább 250 l/min, maximuma pedig a névleges fordulatszám kétszerese. Az általános célú inverter olcsó, megbízható, széles teljesítmény-tartományban elérhető, egyszerűen kezelhető, a legtöbb típus rövid ideig jelentősen (150–200%-ig) túl is terhelhető, fordulatszám-tartománya széles. Számos lehetséges funkciója közül az állítható gyorsítást és lassítást, az előre programozható fordulatszám(oka)t, az I/O- és buszkapcsolatokat emeljük ki.

Ha a fentieknél pontosabb fordulatszám szabályozásra van szükség, vagy kis fordulatszámon is megfelelő nyomatékokat kell elérni, akkor a motorra egy forgójeladót (enkódert) kell felszerelni és meghajtásként egy vektorvezérlésű invertert kell használni, amely képes fogadni a motorra



1. ábra Egyszerű mozgásvezérlő rendszer blokkvázlata

meg az alkalmazás működését. A „Mérőrendszer” adja a vezérlő egység számára a visszacsatolást a pillanatnyi pozícióról. A kívánt pozíció és a pillanatnyi pozíció összehasonlításának eredményét felhasználva állítja elő a vezérlő a megfelelő vezérlőjeleket, és ezáltal a teljes rendszer helyes működéséért felelős. A „Tápegység” adja a különböző elektronikus egységek tápfeszültség-ellátását. Az „Ember

1. táblázat

Motor	Kapcsolódó hajtáserősítő
Indukciós motorok	Inverterek (frekvenciaváltók)
DC-motorok (kefés – BDC)	Analóg DC-hajtáserősítők
DC-szervomotorok (kefe nélküli – BLDC)	Digitális BLDC-hajtáserősítők
AC-szervomotorok (kefe nélküli – BLAC)	Digitális BLAC-hajtáserősítők
Léptetőmotorok	Léptetőmotor meghajtók

szerelt enkóder jelét. A vektorvezérelt inverter – az enkóder jelének figyelembevételével – impulzusszélesség-modulált (PWM) kapcsolóüzemű technológiával háromfázisú, szinuszos áramjelet állít elő. Ennek eredményeként 0,01% pontosságú fordulatszám-szabályozás érhető el, az átfogható sebességtartomány nullától a névleges fordulatszám kb. nyolcszorosaig terjed. A konstans nyomaték tartománya a nulla fordulatszámától a névlegesnek kb. 3,5-szereséig terjed. Ahhoz, hogy a fenti értékeket és az optimális eredményt elérjük, speciális vektormotort célszerű használni, nagy hatásfokú tekercseléssel, megfelelő laminálással, nagy hőmérséklet-tű-



3. ábra DC-motorok

résű szigetelő anyaggal. A hosszú élettartam elérése érdekében a tekercselésnek a nagy dV/dt értékkel jellemezhető, gyors feszültségváltozásokat is tűnie kell. A fenti kívánalmaknak megfelelő motorok egyre több gyártó kínálatában megtalálhatók.

A hatékony működés mellett az alkalmazások egy részénél szükség van gyors és sima megállásra is. A dinamikus fékezés külső fékellenállás segítségével valósítható meg. A megállításkor a motor generátor-üzemlényben működik, a forgó tömeg mozgási energiája pedig a külső fékellenálláson hővé alakul.

Ha a motor terhelése nagy tehetlenségű, célszerű visszatápláló típusú vektorinvertert használni, mivel ezekkel jelentős energiamegtakarítás érhető el azért, hogy a motor által fékezéskor generált energia visszatáplálódik a hálózatba.

Az AC-motorok minden olyan alkalmazásban helytállnak, ahol széles nyomatéktartományban precíz fordulatszám-szabályozásra van szükség. Egyszerű, kis igényű pozicionálási feladatokra is alkalmas.

Kefés DC-motorok (BDC), analóg DC-hajtásérősítők

A DC-motor alapvetően négy részből áll: állórészből, forgórészből, kefékből és kommutátorból.

Az állórész, amely körbeveszi a forgórészt, állandó mágneses teret hoz létre. Ezt a mezőt gerjesztheti állandó mágnes vagy egyenárammal gerjesztett elektromágne-

ses tekercs. A DC-motorok különböző fajtái léteznek az állórész konstrukciója és az elektromágneses tekercsek tápfeszültséghez való csatlakoztatása szerint csoportosítva (3. ábra). A forgórész tekercselését a kefék által a kommutátoron keresztül bevezetett egyenfeszültség (DC – Direct Current) gerjeszti. Ez a gerjesztés mágneses teret hoz létre. A forgórész mágneses pólusai vonzzák az állórész ellenkező pólusait, és ez elfordulásra kényszeríti a forgórészt. A forgórész elfordulása közben a tekercsek a szegmentált kommutátor által meghatározott sorrendben és polaritással gerjesztődnek, ezáltal biztosítva, hogy az állórész pólusaihoz viszonyítva az ellen-

kező pólusú mágnesség legyen a forgórészen előállítva. Ebből adódik, hogy nagyszámú kommutátor-szegmensesel lehet elérni azt, hogy a forgás közben a nyomatékingadozás minél kisebb legyen. A DC-motor fordulatszáma a forgórész tekercsre jutó egyenárammal arányos. A kommutátor és a kefék közötti súrlódó kapcsolat miatt a fordulatszám korlátozott. A DC-motoroknál a fordulatszám és a nyomaték közötti összefüggés a következő: a nyomaték 0

fordulatszámánál a legnagyobb, maximális fordulatszámánál pedig minimális. **a nyomaték.** A DC-motorok fordulatszám-tartománya elfogadható nyomatéknál kb. 1: 8.

A DC-motorok szabályozásához leggyakrabban analóg DC-hajtásérősítőket használnak. Ezekben az erősítőkben a jelfeldolgozás – beleértve a visszacsatolásból származó jeleket is – analóg módon történik. A hajtás paramétereinek (sebesség, áram, stb.) beállítása hagyományosan trimmer-potenciométerekkel történik.

A DC-motorok és hajtások technológiája jól kipróbált, megbízható. A vektorinverterrel és AC indukciós motorral összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy azonos teljesítmény esetén a DC-motorokkal kisebb méretekkel rendelkeznek

4. ábra BLDC-motorok



és ezáltal nagyobb gyorsítás érhető el, ami pozicionáló alkalmazásokban való felhasználásoknál különösen előnyös. egyéb tulajdonságaik közel hasonlóak.

Kefe nélküli DC-szervomotorok (BLDC-motorok), digitális BLDC-hajtásérősítők

A BLDC-motor (4. ábra) alapvetően két részből: állórészből és forgórészből áll. Nem tartalmaz kommutátort és keféket, mely a fordulatszámot korlátozná, ezért az lényegesen magasabb lehet a kefés DC-motorokénál. A kefék elhagyása ezen kívül kisebb karbantartási igényt, és kevesebb zavarójel-kibocsátást is jelent. egyben. A legtöbb BLDC-motor forgórésze állandó mágnesű, ezért mérete és tehetlensége kicsi, ami nagyon dinamikus működést tesz lehetővé.

Az állórész forgó mágneses teret hoz létre, mely körbeveszi a forgórészt. Ezt a forgó mezőt célszerűen elrendezett, elektromágneses tekercsek gerjesztik. Minél magasabb a tekercsek száma, annál kisebb a nyomatékingadozás. A nyomaték stabilitásában végső soron a fázisok kommutációját végző kapcsolók száma, illetve a kapcsolókat vezérlő Hall-szenzorok száma a meghatározó. A gyakorlatban olcsóságuk miatt a legjobban a háromfázisú megoldások terjedtek el.

A BLDC-motorban a kommutáció elektronikus kapcsolókkal oldják meg. A hajtásérősítő a motor álló részében elhelyezett, mágneses mezőt érzékelő szenzorokból (legtöbbször Hall-szenzorokból) származó visszacsatoló jel segítségével állítja elő a megfelelő kommutációt, vagyis esetünkben az állórész tekercsek megfelelő sorrendű gerjesztését, amely a forgórész elfordulását hozza létre. A kapcsolások meghatározott pozíciókban (3 fázisú esetben például 120°-onként) történnek. Az ugrás négyszög alakú feszültséggel gerjesztett tekercseken az áram lineárisan változik, ezért a tekercsek áram alakja a trapézra hasonlít. Emiatt ezeket az erősítőket trapézáramú erősítőknek is nevezik.

A BLDC-motorok nyomaték hullámossága a legkisebb tekercsszámú (3 fázisú) kivételnél elég nagy (15...17%), ami bizonyos alkalmazásokban megengedhetetlen. Hatfázisú kivételnél ez az érték 3...5%. Ha az alkalmazás ennél is kevésbé hullámos nyomatékokat igényel, akkor más motortechnológiát (pl. BLAC) kell választani.

Mivel a BLDC-motorok tekercselése az állórészen van, ezért hőleadásuk lényegesen jobb, mint a kefés DC-motoré, amelyben a forgórész veszteségi hőjét a tengely vezeti el.

A BLDC-hajtásérősítők teljesítményfokozata és ennek vezérlése viszonylag olcsó és egyszerű.

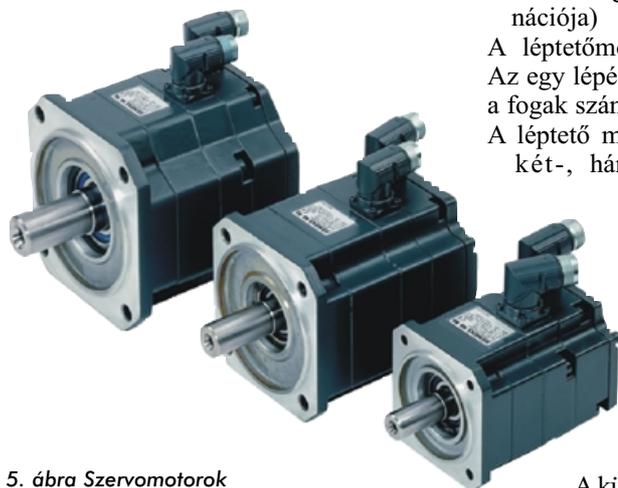
	AC indukciós motorok	DC- motorok (kefés – BDC)	DC- szervomotorok (kefe nélküli – BLDC)	AC- szervomotorok (kefe nélküli – BLAC)	Léptetőmotorok
Fordulatszám-tartomány	100 – 2500/min	0 – 5000/min	0 – 60 000/min	0 – 60 000/min	0 – 300/min
Teljesítmény-tartomány	100 W – 50 kW	0,1 W – 200 kW	0,1 W – 20 kW	0,1 W – 20 kW	0,1 W – 1 kW
Nyomaték-tartomány	0,02 – 300 Nm	0,01 – 1000 Nm	0,01 – 100 Nm	0,01 – 100 Nm	0,01 – 30 Nm
Dinamika	alacsony	közepes	kiváló	kiváló	közepes
Motor ár	alacsony	közepes	magas	magas	alacsony
A vezérlés bonyolultsága, ára	egyszerű, alacsony	közepesen bonyolult, közepes	közepesen bonyolult, közepes	bonyolult, magas	egyszerű, alacsony
Karbantartási igény	alacsony	magas	alacsony	alacsony	alacsony
Élettartam	magas	alacsony	magas	magas	magas

2. táblázat

Kefe nélküli AC-szervomotorok (BLAC), digitális BLAC-hajtásérősítők

A kefementes AC-szervomotor (5. ábra) felépítése alapvetően megegyezik a BLDC-motoréval, vagyis a legtöbb BLAC-szervomotor forgórésze is, kis méretű, kis tehetetlenségű állandó mágnes, ezért nagyon dinamikus működést tesz lehetővé.

Az állórész tekercselése forgó mágneses teret hoz létre, mely körbeveszi a forgórészt. A legnagyobb különbség a BLDC-hajtásokhoz képest az, hogy a tekercsek gerjesztő árama szinuszos, amihez nem elegendő a BLDC-motorok kommutációját biztosító, kis számú Hall-elem által adott, alacsony felbontású pozícióérzékelés, hanem visszacsatoló eszközként rezolver, vagy nagy felbontású enkóder szükséges. A visszacsatoló eszközt vagy a motoron belül a forgórész tengelyére szerelik, vagy kívül csatlakoztatják. Ez a visszacsatoló eszköz adja a pillanatnyi szöghelyzetértéket a hajtásérősítő elektronika számára, amely ebből megfelelő irányú és nagyságú gerjesztő jelet állít elő az állórész tekercsein. Az állórész-tekercsek gerjesztésének egymáshoz képest megfelelő fázisban kell lenni minden forgórész-pozícióban.



5. ábra Szervomotorok

A nagy felbontású visszacsatolással érhető el az egészen kis fordulatszámokon is egyenletes járás, és a nem lüktető, nagy nyomatékú működés.

A BLAC-motor meghajtására alkalmas hajtásérősítő sokkal bonyolultabb – és drágább is – a BLDC-erősítőnél.

Léptetőmotorok, léptetőmotor-meghajtók

A léptetőmotorok (6. ábra) kefementes forgórésze fix szögelfordulással (lépéssel) mozdul el az állórész tekercseire sorban egymás után kapcsolt DC-feszültség hatására. A léptetőmotor „digitális” eszköz, mivel a meghajtó-áramkörre adott minden digitális léptetőimpulzus hatására a forgórész egy adott, a motorra jellemző szögelfordulással mozdul tovább. Az impulzusok ismétlődési frekvenciájának növelésével a forgás megközelítően folyamatosá válik.

A forgórész kialakítása szerint a léptetőmotorok három típusát különböztetjük meg:

- állandó mágnesű (PM) aktív forgórész
- variable reluctance (VR – változó mágneses ellenállású) passzív forgórész
- hibrid forgórész (a PM és a VR kombinációja)

A léptetőmotorok forgórésze fogazott. Az egy lépéshez tartozó elfordulási szög a fogak számának függvénye.

A léptető motorok állórésze sokpólusú, két-, három-, négy- vagy ötfázisú tekercseléssel ellátott, fogazott lágyvasból készül. A fogak száma megegyezik a forgórészen kiképzett fogak számával. A leggyakrabban alkalmazott léptetőmotorok a kétfázisú típusok – egyszerű és olcsó vezérelhetőségük miatt.

A különböző léptetőmotor-típusok

mechanikai felépítésében nagy különbségek vannak, melyeket a működés és működtetés részleteivel együtt egy későbbi cikkben ismertetünk.

A léptetőmotorok működési tulajdonságai javíthatók a mikrolépéses (microstep) működtetéssel, de ez a meghajtó áramkörök árának drasztikus emelkedésével jár.

A léptetőmotorok előnyei: alacsony ár, egyszerű, robusztus felépítés, nagy megbízhatóság, minimális karbantartás-



6. ábra Léptetőmotorok

igény, visszacsatoló eszköz nem szükséges, majdnem minden környezetben használható.

A léptetőmotor hátrányai: vibráció és zaj, hosszú beállási idő, kis szögsebességénél „durva”, kvantált működés, pozíció-visszacsatolás hiányában hajlamos az érzékelhetetlen pozícióévesztésre, erős melegedés, növekvő sebességeknél jelentősen csökkenő nyomaték, valamint – a mikrolépéses üzemet kivéve – nehezen csillapítható pozícióingés egy lépés végén.

A felsorolt technológiák közötti választást könnyíti meg a 2. táblázat.

Q-TECH Mérnöki Szolgáltató Kft.

1161 Budapest, Batthyány L. u. 8.

Tel.: (06-1) 405-3338

Fax: (06-1) 405-9134

E-mail: info@q-tech.hu

www.q-tech.hu