

A folyamatirányítás eszközei

Végrehajtó szervek - 2.

Dr. Telkes Zoltán

Az irányítástechnikai készülékeket ismertető cikksorozat soron következő részében – a végrehajtó szervek összefoglalásának keretében – a villamos végrehajtók családjából a szervomotorok általános jellemzőin kívül az egyenáramú szervomotorok részletes ismertetésére kerül sor.

Villamos végrehajtó szervek

A végrehajtó szerv az irányítóberendezés azon szerve, amelynek feladata az irányítási algoritmus alapján kialakított irányító- vagy végrehajtó jelből (az irányítóberendezés u kimenőjéből) közvetlenül vagy erősítő közbeiktatásával *mechanikai jel* létrehozása olyan energiaszinten, amely elegendő a mechanikai munkát igénylő beavatkozó szerv mozgására, működtetésére.

A végrehajtó szervek leggyakoribb típusai az előző részben megismert pneumatikus elvűek mellett a villamos elven működő kialakítások. A villamos elven működő végrehajtók két fő kategóriáját különböztetik meg: a kétállású kimenőjelet adó behúzó-mágnest (mágnesselepek, relék, mágneskapcsolók működtető szervét), valamint a forgómozgást előállító motorokat. A villamos motorok sokcélú alkalmazásán belül a végrehajtó szervekben alkalmazottakat szervomotoroknak nevezik.

Szervomotor-jellemzők

A szervomotor a villamos motoroknak az a változata, amelynek kimenő tengelye általában nem végez folyamatos forgómozgást, hanem működtetésével valamely szög helyzet beállítása a cél. Szervomotorok általában bármely villamos gép alkalmas, de konkrét alkalmazásoknál a következő öt jellemző ismerete és a rájuk vonatkozó követelmények teljesítése¹ elengedhetetlen:

- *a nyomaték-jelleggörbe* a nyomatéknak a fordulatszám függvényében ábrázolt értéke. A jelleggörbe stabil, ha minden terhelőnyomatékhoz a motor egy állandó szögsebessége tartozik (a fordulatszám függvényében ez csökkenő nyomatékot jelent).
- *a maximális nyomaték* a motornak az a legnagyobb nyomatéka, amellyel a tengelyén terhelni szabad. Ezért a maximális nyomaték nem lehet nagyobb, mint az indítónyomaték.
- *a vezérlési jelleggörbe* a szervomotor forgásba hozatalához szükséges feszültség függvényében a fordulatszámot adja meg. A megfelelő jelleggörbe monoton növekedő jellegű, legkedvezőbb esetben lineáris. A vezérléssel forgásirányváltás előállítása is szükséges.
- *az időállandó* a motor indításakor a mechanikai tulajdonságokat is kifejező késleltetés. A mechanikai időállandót a forgórész tehetetlenségi nyomatéka növeli, ezért előnyös, ha szervomotor esetében ez az érték alacsony.
- *a rövidzár* a szervomotorok az az állapota, amikor a névleges feszültséget a motorra kapcsolva megakadályozzuk a forgórész elfordulását. Előnyös szervomotor-tulajdonság a rövidzárási állapot károsodás nélküli *elviselése*.

Szervomotoroként a végrehajtó szervekben leggyakrabban a következő villamos változatokat alkalmazzák:

- egyenáramú motor,
- kétfázisú, váltakozó áramú motor,
- háromfázisú, váltakozó áramú motor,
- léptetőmotor.

A villamos végrehajtó szervek a szervomotoron kívül gyakran egybeépítve tartalmazzák a motort működtető teljesítményerősítőt, de mindenképpen szükséges egy fogaskerék vagy fogasléc áttétel a kisméretű, nagy fordulatszámú szervomotor fordulatszámának redukálására és ezzel arányosan a nyomaték megnövelésére. Ez a hajtás robusztussá, nagyméretűvé és rendszeres karbantartást igénylővé teszi a villamos végrehajtókat. Kialakításuk dinamikailag is kedvezőtlen, mert a szükséges tartomány végigfutását a nagyfokú redukáló áttétel miatt csak véges, több tíz másodperces idő alatt lehet csak teljesíteni. Emiatt a villamos végrehajtóknál a pneumatikus, membrános vagy rugós végrehajtók határozottan előnyösebbek.

A teljesítményerősítőt a motor fajtájától függően választják. A teljesítményerősítő vagy az azt tartalmazó szerv (pl. helyzetbeállító) teljesítőképességének fokozásával csökkennek a motorral szemben támasztott követelmények. Adott szabályozástechnikai feladat megoldásakor tudomásul kell venni, hogy minél olcsóbb motort választunk, annál drágább lesz a hajtás elektronikája, és megfordítva, minél egyszerűbb hajtást akarunk, annál drágább motort kell választani.

Egyenáramú szervomotor

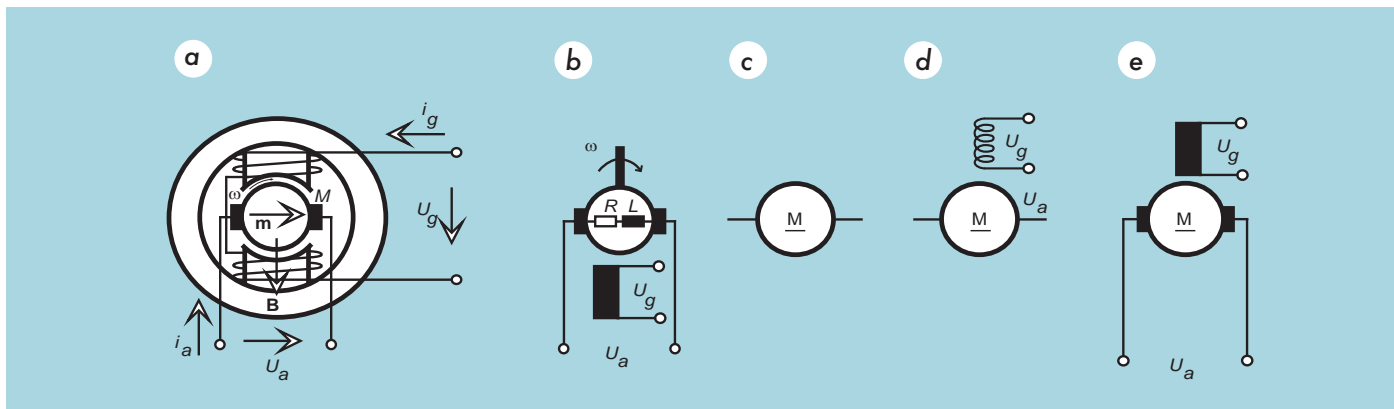
Egyenáramú szervomotoron most és a továbbiakban is a külső gerjesztésű, kommutátoros motort értjük. Ezeknek a motoroknak a működése felépítésüknél és egyenfeszültségű működésüknél fogva lineáris egyenletekkel jó közelítéssel leírható, ezért az itt kialakult szemlélet megalapozza a bonyolultabb, váltakozó áramú motorok működésének a leírását is².

A végrehajtó szervekben általában kisfeszültségű, pl. 24 V-os motort használnak, amelynek érintésvédelmi és robbanásvédelmi előnyei is vannak. A külső gerjesztésű, egyenáramú szervomotor szokásos ábrázolásai az 1. ábrán láthatók.

A motor működése röviden az 1. ábra első rajza alapján: a **B** indukciójú, közelítőleg homogén mágneses teret állandó mágnes vagy az ún. külső gerjesztőtekerecs hozza létre. A forgórészre egyenfeszültséget kapcsolva az eredő **m** mágneses momentum a forgórész tekerecsrendszere egyikének a kommutátorán keresztül

¹ Dányi Dezső – dr. Telkes Zoltán: Szabályozó berendezések. Harmadik, átdolgozott kiadás. Egyetemi tankönyv, Tankönyvkiadó, Budapest, 1981

² Dr. Timár Peregrin László: Villamos energetika, I-III. kötet. BME VIK és MEE kiadás. Budapest, 1993



1. ábra Külső gerjesztésű egyenáramú motor részletes és egyszerűsített vázlata (a,b), valamint háromféle ábrázolási módja (c, d, e)

folyó áram hatására hozza létre a forgatónyomaté-
kot, majd forgás közben a többi kommutátorszélet a
folyamatos forgást.

A külső gerjesztésű egyenáramú motort az
1. ábra második képének jelöléseiből kiindulva négy
alapegyenlettel szokták leírni. A motor armatúra-
áramkörének (1)-jelű hurokegyenlete az U_a kapocs-
feszültség, az IR belső ohmos feszültségesés, a te-
kercs L induktivitása által okozott feszültségesés és
az U_i indukált belső feszültség egyensúlyát fejezi ki,
míg az U_i indukált feszültségnek az ω szögsebesség-
től való függését k_e állandóval a (2)-jelű, a forgórész
 I árama által keltett M nyomatékot k_m állandóval a
(3)-jelű, végül a külső terhelő M_K nyomatékból és a
motor tehetetlenségi nyomatékából adódó, eredő M_T
terhelő nyomatékot a (4)-jelű egyenlet adja:

$$U_a = IR + L \frac{dI}{dt} + U_i \quad (1)$$

$$U_i = k_e \omega \quad (2)$$

$$M = k_m I \quad (3)$$

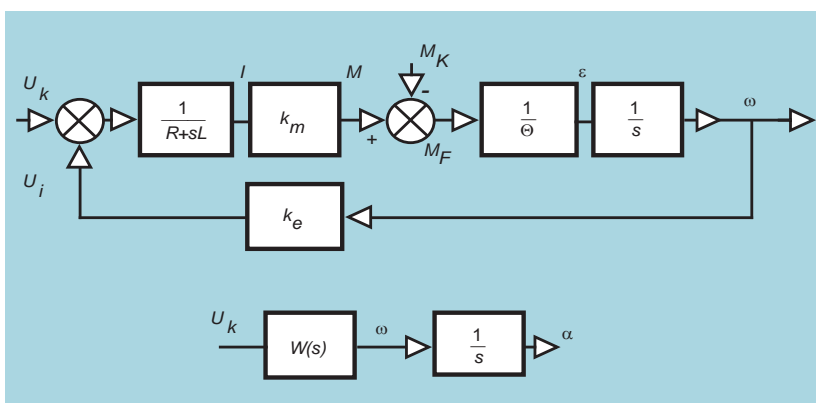
$$M_T = \Theta \frac{d\omega}{dt} + M_K = \Theta \varepsilon + M_K \quad (4).$$

Az egyenletekből a motor dinamikai viselkedésének több
egyenlete írható fel. Leggyakoribb a motornak az U_a kapocs-
feszültségre és az M_T terhelőnyomatékra mint bemenőjelekre;
és az ω szögsebességre mint kimenőjelre vonatkozó – a szabá-
lyozástechnikában megszokott – átviteli függvény (s a Laplace-
operátor³), amelyben célszerű a mechanikai és villamos paramé-
terekből időállandókat definiálni:

$$\omega(s) = \frac{1}{k_e} \frac{1}{1 + s \frac{\Theta R}{k_e k_m} + s^2 \frac{L \Theta}{k_e k_m}} U_a(s) = \frac{1}{s \Theta} \frac{1}{1 + s \frac{\Theta R}{k_e k_m} + s^2 \frac{L \Theta}{k_e k_m}} M_K(s)$$

$$T_M = \frac{\Theta R}{k_e k_m}, \quad T_M T_V = \frac{\Theta L}{k_e k_m} = \frac{L}{R} \frac{\Theta R}{k_e k_m}, \quad T_V = \frac{L}{R},$$

ahol T_M az elektromechanikai és T_V a villamos időállandó. Az
egyenletek alapján hatásvázlat is felrajzolható. Mivel a szervomo-



2. ábra Egyenáramú szervomotor hatásvázlata ($U_a = U_k$ jelöléssel felül) és összevont
ábrázolása, kiegészítve szögelfordulás kimenőjellel (alul)

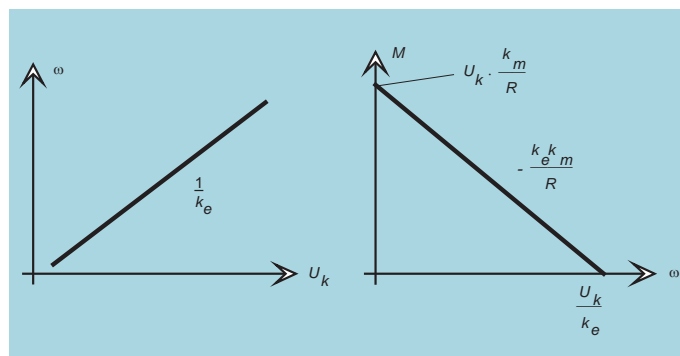
tor-üzemmódban a motor nem folyamatos forgású, hanem hely-
zeteket felvevő, kimenőjele nem szögsebesség, hanem az α szög-
helyzet, az ω szögsebesség integrálja. Az ábra ezt is tartalmazza.

A 2. ábra hatásvázlata alapján szabályozástechnikai szem-
lélettel is áttekinthető a szervomotor, a hatásvázlat alapján is
kifejezhető az $\omega = f(U_K)$ átviteli függvény. Az alapegyenletek
felhasználásával felrajzolhatók a jelleggörbék is. Az (1)-jelű
egyenletbe – állandósult állapotot és üresjárást ($I=0$) feltételez-
ve – a (2)-jelű egyenletből U_i kifejezését behelyettesítve:

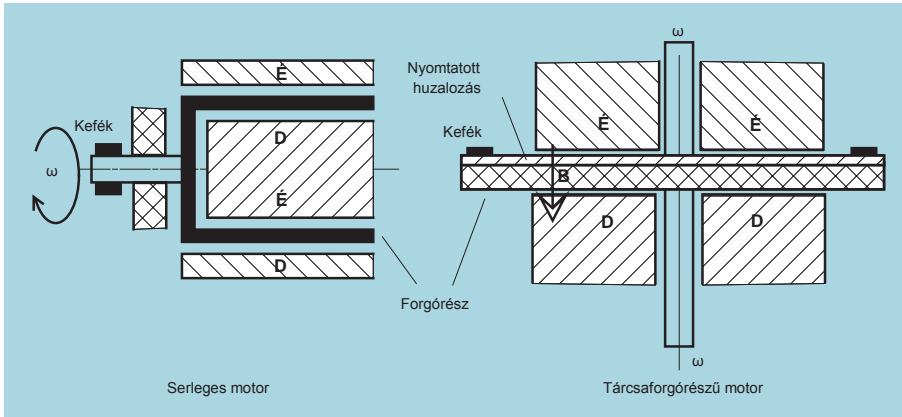
$$U_a - U_i = 0 \\ U_K = U_a = k_e \omega.$$

Üresjárásban tehát a motor ω szögsebessége az $U_K = U_a$ kapocs-
feszültséggel arányos, az $M(\omega)$ nyomatéki görbe pedig a teljes
tartományban monoton csökkenő, lineáris (3. ábra). A szervom-
motor-követelmények teljesülésére az egyenáramú motor most

3. ábra Egyenáramú szervomotor vezérlési görbéje (bal oldalon) és
nyomaték-szögsebesség jelleggörbéje (jobb oldalon)



³ Dr. Szilágyi Béla – Dr. Juhász Ferencné: Szabályozástechnika – 6. Magyar Elektronika, XXVI (2009) 10. pp. 46-49.



4. ábra Szabályozástechnikai célú speciális motorok

meghatározott paramétereit és jelleggörbéit egyértelmű választ adnak, a követelmények nagy része teljesül, de a rövidzárási üzemet általában nem viseli el.

Hátrányos tulajdonsága az egyenáramú motoroknak a kommutáció, a kefék szükségessége – ami miatt nem rövidzárbiztosak és kopásnak vannak kitéve –, és ezért karbantartást igényelnek.

Szabályozástechnikai célokra speciális motorokat fejlesztettek ki, a legelterjedtebb megoldás az ún. légréstkegrecselés alkalmazása. Ezek közül a két legismertebb megoldás az ún. *serleges*, ill. a *tárcsa-forgórészű* változat a 4. ábrán látható.

A folytatás a váltakozó áramú, aszinkron-szervomotorok és a léptetőmotorok tulajdonságait foglalja össze.

(Folytatjuk!)

editor@magyar-elektronika.hu