

Villamos hajtások és mozgásvezérlők – 5. rész

Zsuffa Attila – Q-TECH mérnöki Szolgáltató Kft.

A lap előző számában megkezdjük hajtástechnikai cikksorozatunk léptetőmotorokkal foglalkozó fejezetét, melyet most a léptetőmotorokkal kapcsolatos alapfogalmak és kifejezések értelmezésével folytatunk.

Fázisok száma

A léptetőmotorokkal kapcsolatban leggyakrabban említett kifejezés a fázisszám – ez pedig sejteni engedi, hogy ez a motor talán legfontosabb jellemzője. A gyakorlatban leggyakrabban kétfázisú léptetőmotorokat használnak, de léteznek három- és ötfázisúak is.

A kétfázisú léptetőmotorok alapvetően két tekercselési változatban készülnek. A bipoláris léptetőmotornak fázisonként egy tekercse van (4 kivezetés), míg az unipolárisnak fázisonként egy, középmegecsapolású, „bifiláris” tekercse van (6 kivezetés). Sokszor nevezik a kétfázisú, unipoláris léptetőmotort négyfázisú motornak is, holott a négy tekercsfél csak két működési fázist jelent. Létezik olyan kétfázisú kivétel is, ahol egy fázishoz két független tekercs tartozik (8 kivezetés), ezeket a motorokat bipoláris és unipoláris módon is lehet működtetni.

Pólus

A pólus a mágnes olyan területe, ahol a mágneses erővonalak koncentrációja a legnagyobb. A léptetőmotorban az állórésznek és a forgórésznek is vannak pólusai. Minden pólus az átló mentén két póluspárra oszlik. A pólusok (póluspárok) számát növelve az egy lépéshez tartozó lépésszög csökken.

Az állandó mágnesű (Permanent Magnet – PM) léptetőmotor állórészének fázisonként tipikusan 12 póluspárja van. A hibrid léptetőmotorok forgórésze fogazott tárcsákat tartalmaz. A fogazott forgórész két, egytengelyű tárcsából áll, közöttük egy állandó mágnessel, aminek következtében a fogak fele déli, a másik fele pedig északi pólusú lesz. A motor nyomatéka több tárcsapár használatával növelhető. A póluspárok száma megegyezik a fogak számával. Az egy lépéshez tartozó lépésszöget a motor pólus-száma és a fázisszám határozzák meg az alábbi összefüggés szerint:

$$\text{Lépésszög} = 360 / N_f$$

$$F = 360 / N,$$

ahol N_f a forgórész összes pólusszáma, F a fázisok száma, N pedig az összes fázis összes pólusszáma.

Ha a forgórész és az állórész pólusainak száma különböző, az összefüggés sokkal bonyolultabb.

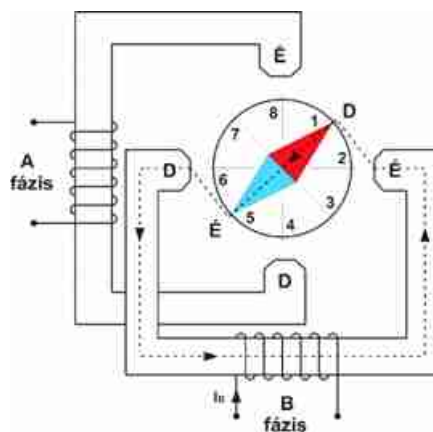
A léptetőmotor nyomatéka

A léptetőmotor által szolgáltatott nyomaték több tényezőtől függ:

- A léptető frekvenciától
- A tekercselés gerjesztő áramától
- A meghajtó elektronikától

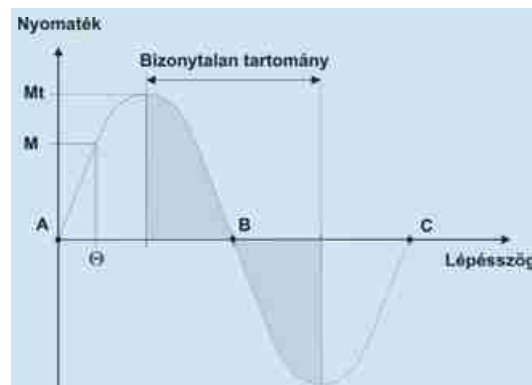
Az állórész erősen mágnesezhető (nagy permeabilitású) anyagból készül. A vasmagon elhelyezett tekercs által gerjesztett mágneses erővonalak a pólusoknál koncentrálnak. A forgórész állandó mágnesének pólusain szintén erővonal-koncentráció történik. Az erővonalak az állórész és forgórész ellentétes pólusain keresztül záródnak. Ha a pólusok egymással szemben vannak, akkor az erővonalak hossza a legrövidebb, míg a pólusok távolságának növekedésével az erővonalak hossza megnő.

Az 1. ábrán látható a mágneses erővonal kialakulása (szaggatott vonallal jelezve) a B fázis jelzett irányú árammal való gerjesztésekor. A kialakult erővonalviszonyok miatt a forgórész elfordul az óra járása irányában. Ennek követke-



1. ábra Mágneses erővonal útja kétpólusú léptetőmotornál

tében a B fázis északi pólusa szembeke-
rül a forgórész déli pólusával (2. pozí-
ció), a B fázis déli pólusa pedig a forgó-
rész északi pólusával (6. pozíció). Belát-
ható, hogy a forgás csak úgy tartható
fenn, ha a tekercsek gerjesztését a meg-
felelő sorrendben váltogatjuk.



2. ábra Léptetőmotorok nyomaték/lépésszög viszonya

A motor nyomatéka arányos a tekercs által gerjesztett mágneses fluxus intenzitásával.

A mágneses fluxus intenzitását megközelítőleg az alábbi összefüggés definiálja:

$$H = (N \cdot i) / l,$$

ahol H a mágneses térerősség, N a tekercs menetszáma, i a gerjesztő áram és l a mágneses erővonal hossza.

Az összefüggés megmutatja, hogy a mágneses térerősség (következésképpen a motor nyomatéka) egyenesen arányos a menetszámmal és a gerjesztő árammal, és fordítottan arányos a mágneses erővonal hosszával. Ebből következik, hogy azonos méretű motornak is lehet eltérő nyomatéka a tekercs paramétereinek különbsége miatt.

A nyomaték-lépésszög viszony

Ideális esetben a léptetőmotor nyomatéka egy egész lépés során szinuszosan változik. A 2. ábrán az A-val és C-vel jelölt pontok stabilak, ha nem hat a forgórész tengelyére külső erő. Ha a tengelyre külső M terhelőnyomaték hat, az Θ szöggel elfordul. Amikor az állandó terhelésű motor egy mozgás végén megáll, a tengely ugyanilyen Θ szöggel lemarad, amelynek leküzdésére a motor M nyomatékot fejt ki. A terhelés növekedésével ez a lemaradási hiba is nő, mindaddig, míg a motor által szolgáltatott nyomaték eléri a motor M_t tartónyomatékát. Amint a terhelőnyomaték eléri az M_t értéket, a motor instabil állapotba kerül. Ha az M_t értéket elérő terhelőnyomaték csak impulzusszerűen jelentkezik, a következmény lépés-

vesztés lesz. Ha az M_t terhelőnyomaték tartósan fennáll, a motor forgórésze állni fog annak ellenére, hogy a vezérlés szerint forognia kéne. Ha a terhelőnyomaték értéke meghaladja az M_t értéket a motort a terhelőnyomaték fogja hajtani a vezérlés ellenében.

A lemaradási szöghiba az alábbi összefüggéssel számolható:

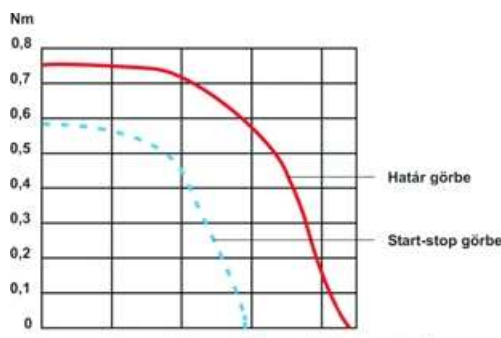
$$\Theta = (Z / 2\pi) \cdot \sin(M / M_t),$$

ahol Θ a szöghiba, Z a forgórész fogoszáma, M a terhelőnyomaték és M_t a tartónyomaték.

A fentiekből következik, hogy a lépéshiba elkerülésére – amennyiben a hiba nem vezérlési eredetű – célszerű nagyobb tartónyomatékú motort választani.

A nyomaték–sebesség jelleggörbe

A megfelelő léptetőmotor kiválasztásához nélkülözhetetlen a motor nyomaték–sebesség jelleggörbéjének ismerete. Ez a jelleggörbe megmutatja, hogy az adott motor adott meghajtási mód esetén hogyan viselkedik (3. ábra). A jelleggör-



3. ábra Nyomaték–sebesség jelleggörbe

be értelmezéséhez néhány kifejezést tisztázni kell.

- **Tartónyomaték** – az a maximális nyomaték, melyet a motor álló állapotban szolgáltatni tud maximális fázisgerjesztéssel, másképpen az a nyomaték, amely a motort ebből az álló állapotból ki tudja mozdítani.
- **Start-stop görbe** – azt a területet definiálja, amelyben a motor start-stop üzemben képes működni, vagyis azt a

maximális frekvenciát mutatja, amellyel gyorsítás/lassítás nélkül képes a motor működni adott terhelésnél, lépésvesztés nélkül.

- **Maximális start-stop frekvencia** – az a maximális frekvencia, mellyel a motor terhelés nélkül indítható, és amelynél a motor még egy lépésen belül megállítható.
- **Határgörbe** – az a terület, melyen belül gyorsítással/lassítással a motor működni képes, vagyis azt a maximális frekvenciát mutatja, amellyel gyorsítással/lassítással a motor lépésvesztés nélkül képes adott terhelést mozgatni.
- **Maximális határfrekvencia** – az a maximális lépésfrekvencia, amelyre a motor terhelés nélkül felgyorsítható.

A jelleggörbéből látható, hogy a start-stop frekvencia és a határfrekvencia értéke terhelésfüggő. Nagyobb terheléshez kisebb frekvencia tartozik.

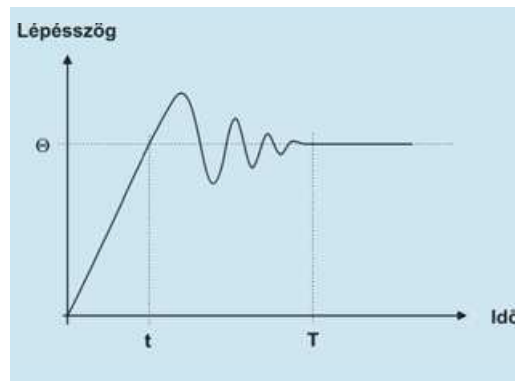
A nyomaték–sebesség jelleggörbe, a meghajtó áramkörtől függően, jelentősen különbözik. A gyártók általában a bipoláris „chopper”-meghajtókkal felvett jelleggörbéket közlik, mivel ez adja a legjobb motor/hajtás kombinációt és a legkedvezőbb adatokat.

Lépésszög pontosság

A léptetőmotor népszerűségének okai között feltétlenül megemlítenedők a pontosság és ismételhetőség. A léptetőmotor pontosságát elsősorban az alkatrészek gyártási pontossága és az összeszerelés precízége határozza meg. Egy tipikus léptetőmotor egy lépéséhez tartozó pontosság a lépésszög 3...5%-a. Ez a szöghiba nem adódik össze lépésről lépésre, tehát nem növekszik a mozgás során. A fenti maximális hibaértékkel számolva egy tipikusnak mondható, kétfázisú léptetőmotor (200 lépés/fordulat) esetén a hiba 0,09°. A maximális hiba két egymást követő lépés között léphet fel.

Lengés, túllendülés

A léptetőmotor egy léptető impulzusra adott válasza a 4. ábrán látható. A lépési idő (t) az az idő, amelyre a motor forgórészének szüksége van a lépésszögnyi elforduláshoz egyetlen léptető impulzus hatására. A lépési idő nagymértékben függ a terhelés inerciájától és a meghajtó áramkörtől.



4. ábra Egy lépés idődiagramja

Mivel a nyomaték a lépésszög függvénye, a gyorsítás a nyomatékon keresztül a lépésszögtől is függ. Azonos motorméret mellett a nagyobb lépésszöghöz nagyobb nyomaték, tehát nagyobb gyorsítás tartozik. Ez a nagy gyorsítás nagy túllendülést és lecsengő lengést eredményez.

A beállási idő az az idő, amely ahhoz szükséges, hogy a lépés megtétele után a lengések megszűnjenek, és a forgórész stabil álló állapotba kerüljön.

Bizonyos alkalmazásokban a lengés megengedhetetlen, ezért ezekben az alkalmazásokban a léptetőmotor mikrolépéses működtetése szükséges, mivel ezzel elkerülhető a lengés.

Q-TECH Mérnöki Szolgáltató Kft.

Tel.: (1) 405-3338
Fax: (1) 415-9134
E-mail: info@q-tech.hu
www.q-tech.hu