

### Léptetőmotorok

A léptetőmotorok kívülről adott, digitális vezérlőimpulzusokat diszkrét szögelfordulásokká alakítanak át. Az elfordulás szöge arányos az impulzusok számával, a forgási sebesség pedig az impulzusok frekvenciájával. Az elért szöghelyzet pontos tartására alkalmasak, mert álló állapotban tartónyomatékuk van.

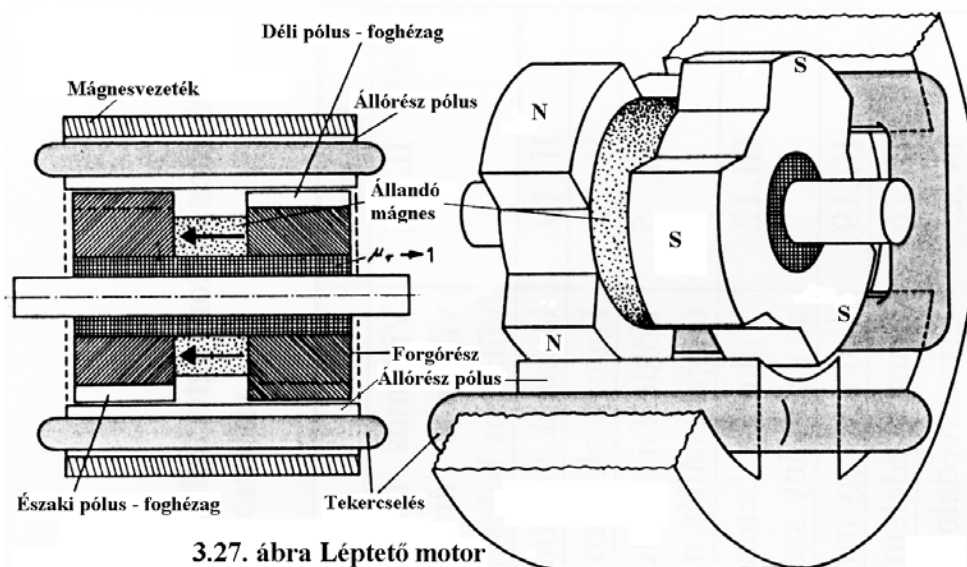
A léptetőmotoros hajtások kiválasztásánál mindig együtt kell foglalkoznunk a hajtott rendszerrel, a léptetőmotorral és az elektronikus vezérléssel, mivel e három összetevő együttesen határozza meg az egész rendszer dinamikáját.

Felépítésük:

az állórészen 1, 2, 3, 4, 5 fázisú tekercselés van kiálló pólusokon, (ami esetleg fogazott).

a forgórész lehet

változó reluktanciájú, (lágy mágneses anyagú, kiálló pólusú),  
 állandó mágnesű, hengeres (radiálisan mágnesezett),  
 hibrid (állandó mágnesű kiálló pólusú, körmöspólusú).



3.27. ábra Léptető motor

Egy 4 tekercses kétfázisú, ( $m=2$ ) és a forgórészen 6 pólusú ( $p=3$ ), hibrid léptetőmotor felépítését, és axonometrikus rajzát mutatja a 3.27. ábra.

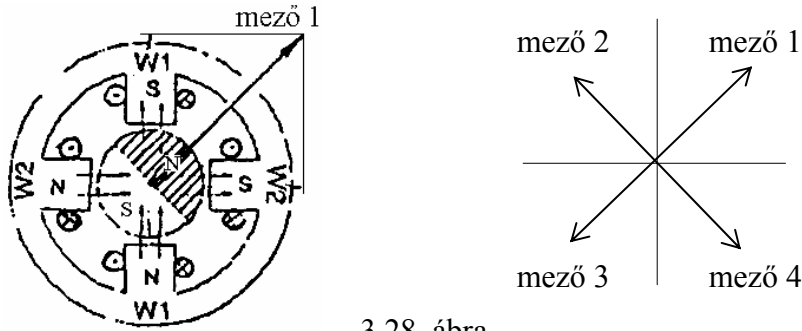
Az állórész szemben álló pólusain elhelyezkedő tekercsek egy fázishoz tartoznak, így az állórész tekercselés kétfázisú.

A forgórészen axiális irányban mágnesezett hengeres állandó mágnes van, amit egy-egy fogazott lágy mágnes saru fog közre. Az állandó mágnes fluxusa a forgórész baloldalán lép ki és a jobboldalán lép be. Így a lágy mágnes fogak a baloldalon mind É-i, (N), a jobboldalon mind D-i, (S) pólusok lesznek.

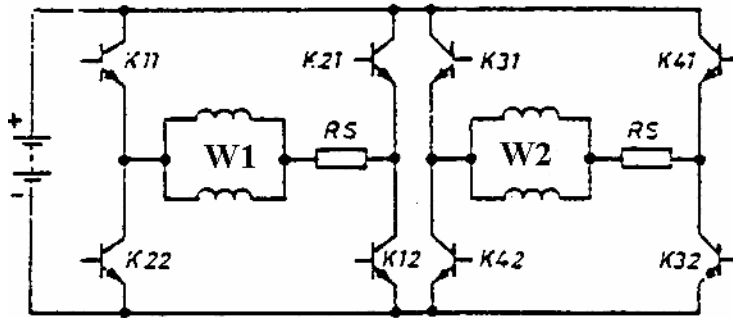
Az állórész pólusok gerjesztésének eredője adja az állórész mágnes tengelyének irányát. Az állórész két egymást követő mágneses tengelyének iránya kijelöli a forgásirányt, és megadja a természetes lépésszöget is, ami kétpólusú ( $p=1$ ) forgórész esetén lépne fel. Több póluspárú forgórésznel ( $p>1$ ) a lépésszög ennek  $p$ -ed része.

A kétfázisú állórész sematikus vázlatát, benne a kétpólusú forgórészszel látjuk a 3.28. ábra bal oldalán. A jobboldali ábra az eredő mágnesmezők helyzetét mutatja egész lépéses üzemben, ami a gerjesztések váltása után alakul ki.

A forgórész az állórész eredő mezejének irányába áll be. Ezt a mágneses erők egyensúlya alapján is követhetjük.



3.28. ábra



3.29. ábra. A bipoláris vezérlés elvi kapcsolása

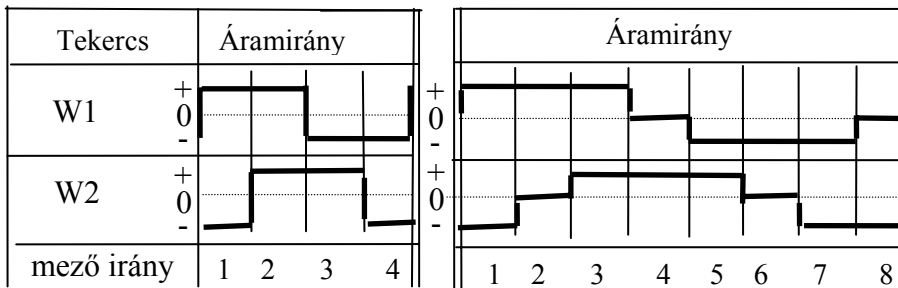
A kétfázisú állórész tekercs bipoláris vezérlésének elvi kapcsolását mutatja a 3.29. ábra. Látható, hogy bipoláris vezérléskor az állórész tekercseken mindkét irányban folyhat áram.

Egész lépésű üzem

Fél-lépéses üzem

Kapcsoló	Kapcsolási állapot				Kapcsolási állapot								
	be	be			be	be	be						
K11-K12	be	be			be	be	be						
K31-K32			be	be			be	be	be				
K21-K22				be	be			be	be	be			
K41-K42	be			be	be						be	be	
mező irány	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	

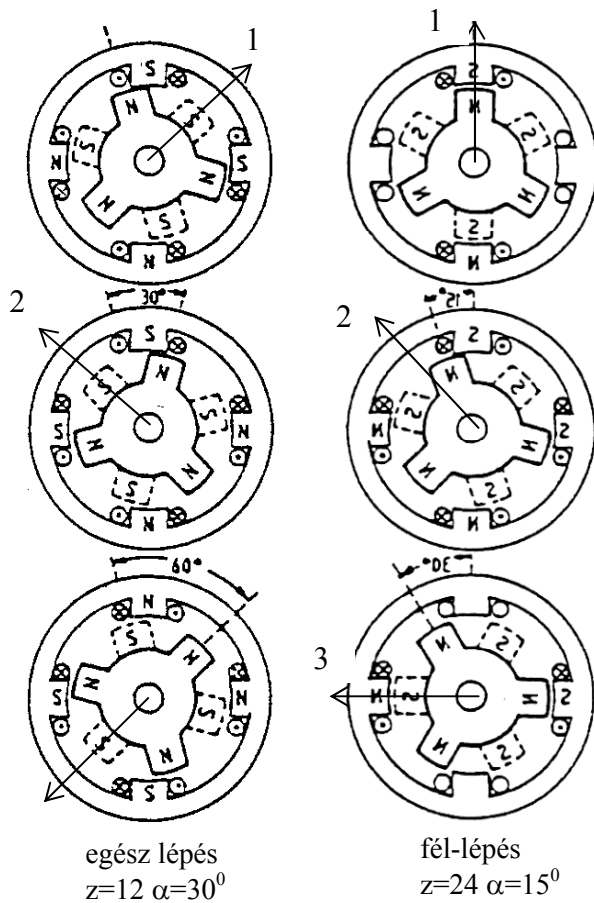
A kapcsolótranzisztorok kapcsolási állapotát egész és fél-lépéses üzemben mutatja a 3. 30. ábra.



Egy másik fajta jelölése a működési állapotoknak, amikor a tekercsekben (W) folyó áramirányt ábrázoljuk.

.30. ábra

Egész lépésű üzemben minden ütemben mindkét tekercs-párban folyik áram. Fél-lépéses üzemben minden második ütemben csak az egyik tekercs-párban folyik áram.

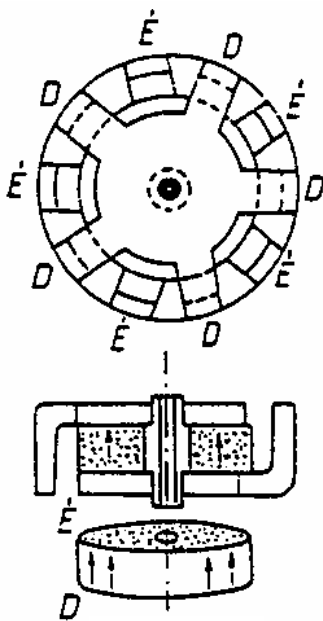


3.31. ábra

A 3.31. ábrásor a kétfázisú állórészű, 6 pólusú forgórészű, bipoláris vezérlésű léptetőmotor első két lépésének kialakulását mutatja. A baloldali ábrásor szerint egész lépésű üzemben az állórész mező természetesen  $90^0$ -okat lép, a  $p=3$  póluspárú forgórész ennek csak  $p$ -ed részét, azaz  $30^0$ -ot, 2 lépés után  $60^0$ -ot. A jobboldali ábrásor a fél-lépéses üzemet mutatja. Itt a mező csak  $45^0$ -okat lép, ennek megfelelően a forgórész  $15^0$ -okat. A forgórész beállítását itt is beláthatjuk mágnes erők egyensúlyából. Pl. a 2-vel jelölt helyzetben a forgórész D-i pólusa pontosan az állórész két D-i pólusa között helyezkedik el. A mellette lévő két forgórész É-i pólust egyforma erővel, csak ellentétes irányban vonzza a két állórész D-i pólus. Eredőben tehát ez egy egyensúlyi,  $M=0$  állapot.

A forgórész egy körülfordulásakor a lépésszám:  $z = 2 \cdot m \cdot p \cdot k$ ,  
 ahol  $k=1$  egész lépésű és  $k=2$  fél-lépéses üzemben.

A lépésszög pedig  $\alpha = \frac{360^0}{z}$ .



3.32. ábra

Az áram a valóságban ugrásszerűen nem változhat a tekercsekben, hanem csak az  $L/R$  időállandó szerint. Az  $RS$  ellenállás csökkenti az időállandót és így gyorsítja a működést (3.29. ábra). Unipoláris vezérlésnél a gerjesztő tekercsekben csak egyirányú áram folyik. Ilyennel találkozunk az elektronikus kommutációjú motor léptető üzemenél (2.14.a. ábra).

Egy 10 pólusú rotor szokásos kialakítását, látjuk kétpólusú mágnessel, körmos pólusokkal a 3.32. ábrán.

A forgórész fordulatszáma 1/min-ben:

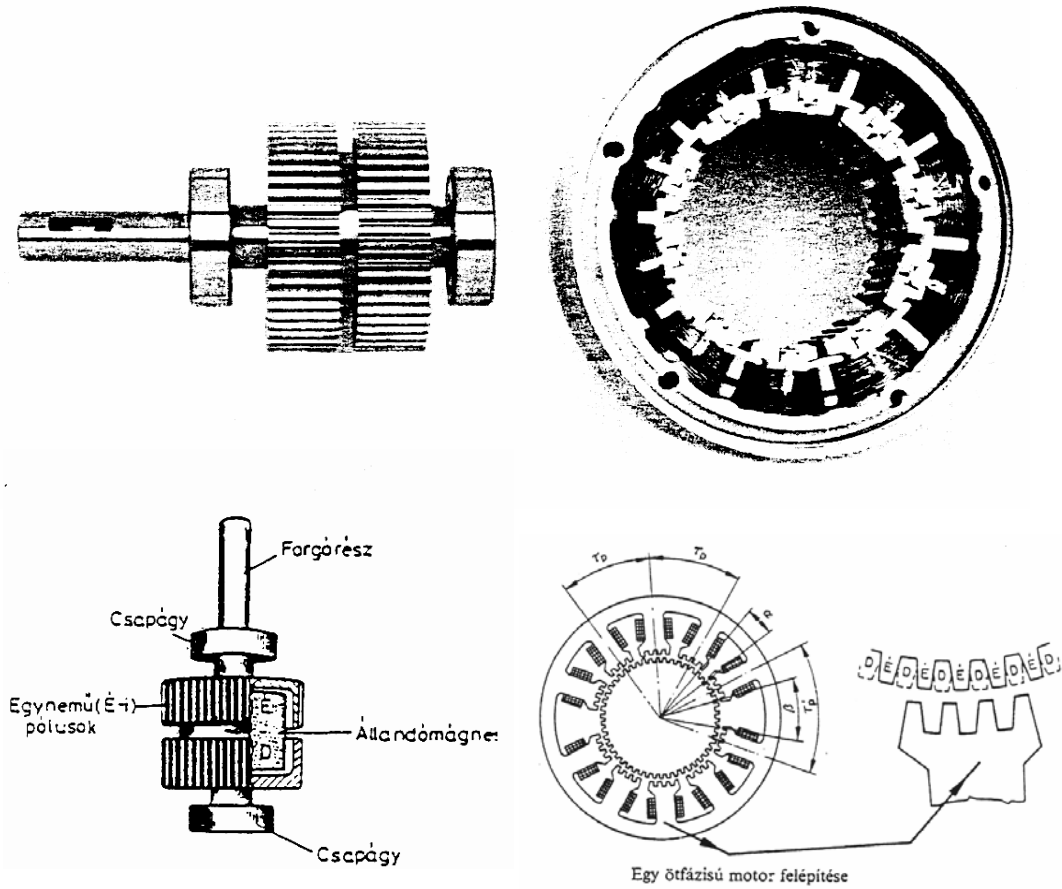
$$n = \frac{60 \cdot f}{2 \cdot m \cdot p}$$

Megjegyezzük, hogy itt az  $f$  a lépéseket kiváltó impulzussorozat frekvenciája, (és nem az állórész áram frekvenciája, mint a hagyományos szinkron motornál).

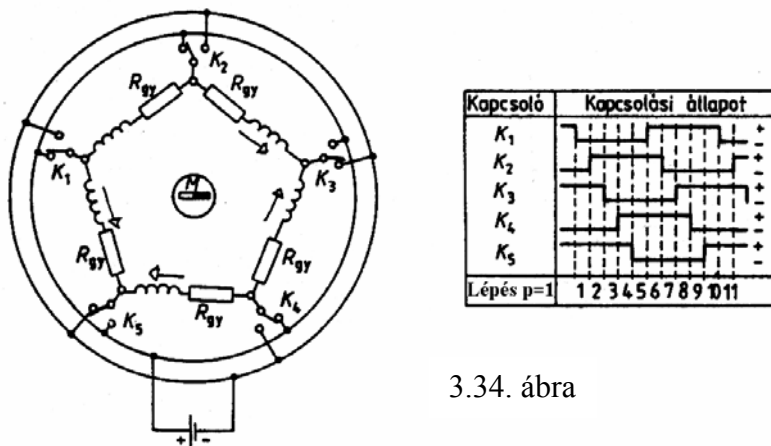
A lépésszög csökkentése érdekében több pólus (pl.  $2p=100$ ) kell a forgórészen, ill. több fázis (pl.  $m=5$ ) az állórészen.

A 3.33. ábrán egy ötfázisú,  $2p=100$  pólusú léptetőmotor forgórészének és állórészének fényképét látjuk. Alatta a forgórész szerkezeti felépítésének, az állórész pólusainak, valamint egy fogazott pólussarunak kinagyított képe van.

3.33. ábra

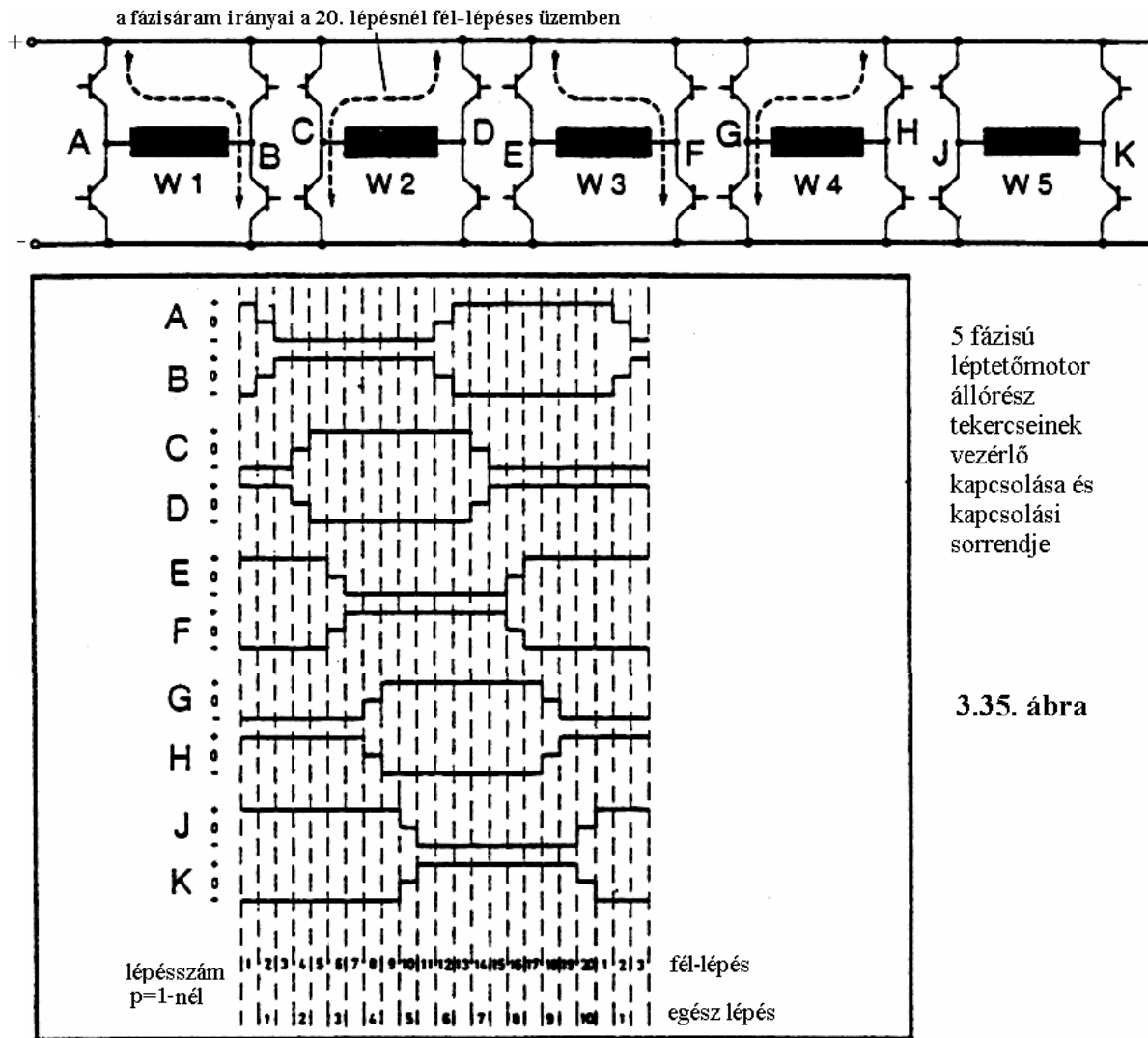


Egy ötfázisú motor teljes lépésszögű, bipoláris vezérlésének elvi kapcsolását, és lépésdiagramját mutatja a 3.34. ábra. Ebben a kapcsolásban mindig adódik egy olyan fázis, ami a feszültségforrás egyik kapcsán keresztül rövidre van zárva. Ez a csillapítás szempontjából kedvező. (Az ábrán pl. a K1 és a K2 a + kapcshoz csatlakozik a 6. lépésben.)



3.34. ábra

Az 5 fázisú léptetőmotor működtetését, a tranzistorok kapcsolási állapotát és kapcsolási sorrendjét fél- és egész-lépésű üzemre mutatja a 3.35. ábra.

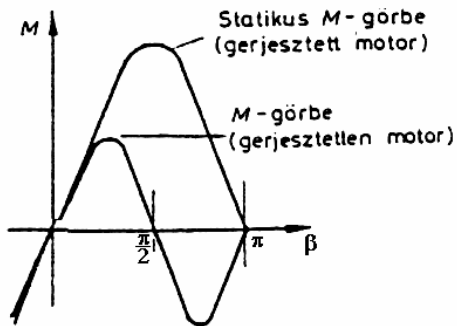


A fél- és egész-lépésű üzemen kívül ún. mikrolépéses üzem is lehetséges. Ekkor nemcsak az áram irányát, hanem az áram nagyságát is változtatjuk. Ezzel akár 10000 lépést is elérhetünk egy körülfordulás alatt.

Körbe lépegető mágnes mező előállítására a háromfázisú frekvenciaváltóknál megismert inverter kapcsolás is alkalmas megfelelő vezérléssel. Itt azonban a mezőt minden előírt lépésnél meg is kell állítani, be kell „fagyasztani”. Ezzel a technikával akár 200 mezőpozíció, ( $2 \cdot m = 200$ ,  $k = 1$ ) is előállítható, Ekkor pl.  $p = 50$  póluspárú forgórésznel a

$$\text{lépésszög } \alpha = \frac{360^\circ}{2 \cdot m \cdot p} = \frac{360^\circ}{200 \cdot 50} = 0,036^\circ \text{ lesz.}$$

A statikus viszonyokra a szinkron gépeknél megismert  $M(\beta)$  nyomaték-terhelési szög jelleggörbe a jellemző (3.36. ábra). A rotorba épített állandó mágnes és a kiálló pólus következtében a motornak gerjesztetlen állapotban is van (reluktancia) nyomatéka.



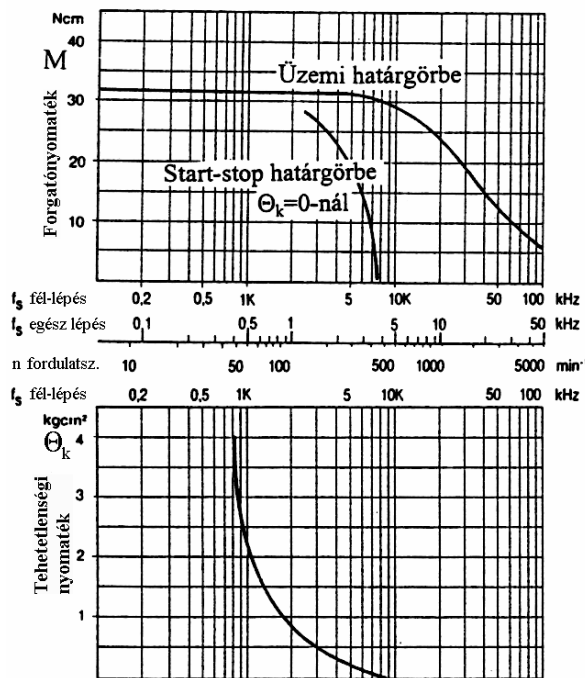
A gerjesztett és a gerjesztetlen motor statikus nyomatékgörbéinek egybevetése

Ennek kétszerese a frekvenciája a gerjesztett nyomatékhoz képest. Érzékelhető, hogy a súrlódási nyomaték miatt a forgórész pozíciója nem áll be pontosan az elméleti helyre, mert ott a nyomaték zérus. Azaz a lépésszögnek mindig lesz statikus hibája.

3.36. ábra

Ha a motort tápláló impulzusok frekvenciáját fokozatosan növeljük, a motor forgórészre először a vezérlőimpulzusok hatására lépked. Egy bizonyos frekvencián felül a motor a szinkron géphez hasonlóan állandó fordulatszámmal üzemel. A tengelyén nyomatékkal terhelt léptetőmotor forgórésze kissé - a terhelési szögnek megfelelően- lemarad a forgó mezőhöz képest.

A léptetőmotor mozgatásához a terhelőnyomaték legyőzésén kívül tömegeket kell felgyorsítani és lefékezni.



A dinamikus viszonyokra az  $M(f)$  nyomaték-lépésszögfrekvencia jelleggörbe jellemző, amit a gyártó megad (3.37. ábra). Az  $M(f)$  jelleggörbe két tartományra oszlik. A start-stop, ill. az üzemi tartomány egy-egy határgörbével jellemezhetők. A start-stop határgörbe azt a tartományt zárja, amelyen belül a terhelt léptetőmotor minden indulási és megállás parancsot lépésvészteség nélkül követni tud, ha (gyakorlatilag) a külső tehetetlenségi nyomaték zérus. Az üzemi határgörbével zárt területet forgó motorral lehet kihasználni lépésvészteség nélkül folytonos vagy lépcsős frekvenciaváltoztatásnál. Itt a gép nem állítható le, ill. nem reverzálható lépésvészteség nélkül. A frekvencia növelése a határgörbén kívül leállásra vezet.

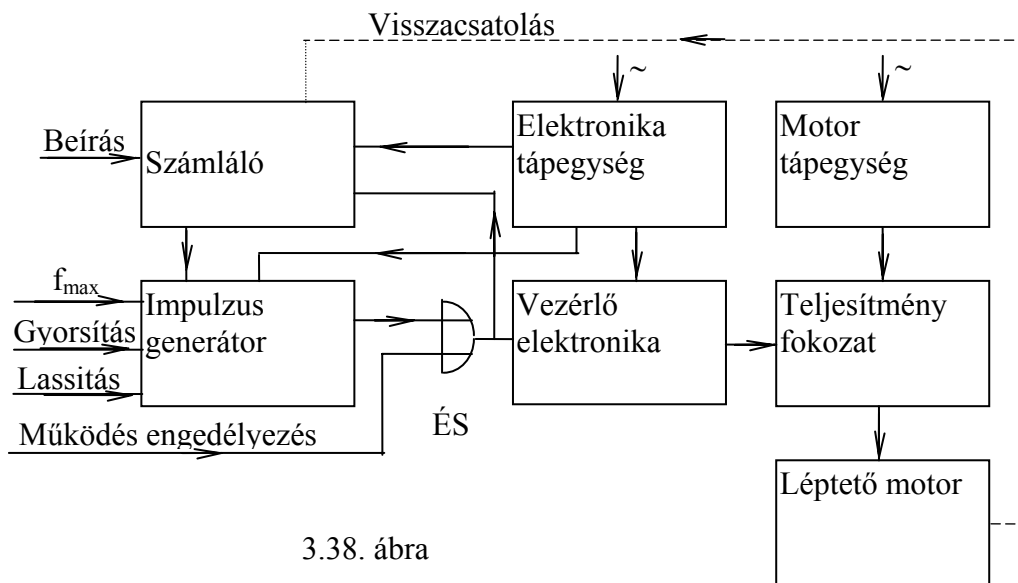
3.37. ábra

Nagyobb frekvencián való működékor annak érdekében, hogy a gyorsítás és a fékezés idején lépéskihagyás ne legyen, programozással gondoskodnunk kell arról, hogy a gyorsítás és a fékezés a start-stop tartományban történjen.

További külső, (motor tengelyre redukált) tömegek esetén a start-stop tartományt csökkenteni kell. Erre szolgál a  $\Theta_k$ -lépésszögfrekvencia jelleggörbe, amit ugyancsak megad a gyártó. Ekkor a start-stop jelleggörbe alsó pontjához tartozó frekvenciát a  $\Theta_k$ -tól függően csökkenteni kell, és ezzel egyenközűen az egész start-stop jelleggörbét balra eltolni.

A gyártó cégek a műszaki jellemzőket saját készítésű tápláló elektronikával garantálják. Ezek a tápegységek a gyorsító ellenállásokon, ill. kondenzátorokon kívül döntően meghatározzák a hajtások elektromechanikai tulajdonságait.

Egy impulzusszámlálóval ellátott léptetőmotoros hajtás tömbvázlatát látjuk a 3.38. ábrán.



3.38. ábra

A számlálóba beírjuk a kívánt lépésszámot. Ezután az impulzus generátor elindul. Előírjuk, hogy előbb a gyorsításnak megfelelő impulzussorozatot szolgáltatssa. Az impulzusok csak akkor jutnak a vezérlő elektronikába az impulzus generátort és a vezérlő elektronikát összekötő ÉS kapun keresztül, ha a működést engedélyeztük. Minden egyes vezérlő elektronikába eljutó impulzus a számlálóba is befut, és annak tartalmát eggyel csökkenti. A felgyorsulás után a működtető frekvencia akár  $f_{max}$  is lehet. Leállítás előtt a működtető frekvenciát a lassításnak megfelelő értékre kell csökkenteni. A működés addig tart, amíg a számláló tartalma nullává válik. Ekkor a számláló leáll. Az esetleges lépéstévesztés miatti hibát is elkerülhetjük, ha a számláló tartalmát a tengely elfordulásának megfelelő impulzusokkal csökkentjük. (Szaggatott visszacsatolás.) Ekkor természetesen az impulzus generátor bemenetéről történő visszavezetésre nincs szükség.