

M. A. BOJARCSENKOV — A. V. SINJANSZKIJ

MÁGNESES ERŐSÍTŐK



MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, BUDAPEST, 1962

A könyv eredeti címe:

М. А. БОЯРЧЕНКОВ И А. В. ШИНЯНСКИЙ
МАГНЕТНЫЕ УСИЛИТЕЛИ
Госэнергоиздат, Москва, 1960

Fordította:

SZABÓ GYÖRGY gépészmérnök

A szöveget ellenőrizte:

FERENCZY PÁL elektromérnök

A szerzők a korszerű mágneses erősítők működési elvét és azok legszokásosabb alapkapcsolásait ismertetik. Foglalkoznak továbbá a mágneses erősítők szerkezeti sajátosságainak kérdésével is. Könyvüket az ipari vállalatok automatizálásán dolgozó villanyszerelők, művezetők és technikusok részére írták. Megértéséhez csupán az elektrotechnika alaptörvényeinek ismeretére van szükség.

ETO: 621.375.3

Felelős kiadó: Solt Sándor

Felelős szerkesztő: Nozdroviczky László

Műszaki szerkesztő: Szabó Katalin

Azonossági szám: 40 507 — Ívterjedelem: 3 $\frac{1}{2}$, (A/5) — Ábrák száma: 36

Példányszám: 2600

62.196 Egyetemi Nyomda, Budapest — F. v. Janka Gyula igazgató

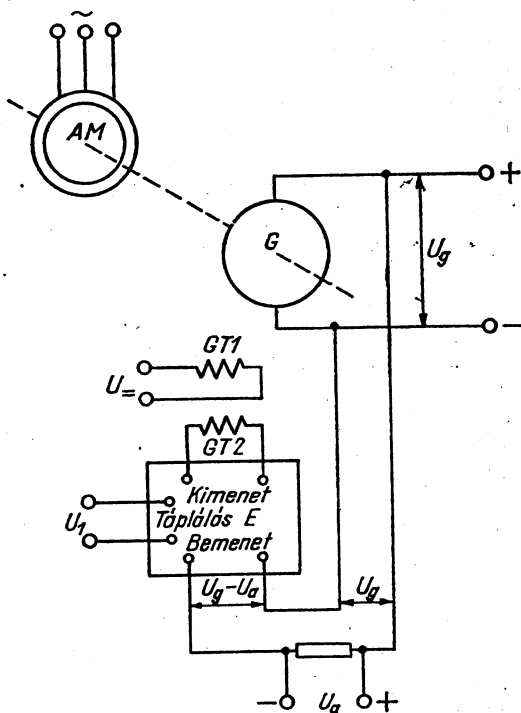
B E V E Z E T É S

Népgazdaságunk fejlesztésére irányuló munkaterv előírja a termelési folyamatok széleskörű automatizálását. Szó szerint véve, naponta növekszik a működő automatizált berendezések száma. Éppen ezért rendkívül fontos, hogy ipari dolgozóink megismerkedjenek az automatizálás újabb módszereivel is.

A legtöbb automatikus berendezés erősítő elemeket is tartalmaz. Erősítőnek nevezzük az, olyan készüléket, amellyel a terhelésnek átadott teljesítményt egy sokkal kisebb teljesítményű áramforrásból kapott árammal, feszültséggel vagy valamilyen más vezérlőjellel szabályozhatjuk.

Példaképpen figyeljük meg az egyenáramú generátorok automatikus feszültségszabályozását (1. ábra). A szabályozóval azt akarjuk elérni, hogy a terhelőáram ingadozásai közben a generátor U_g feszültsége változatlan értékű maradjon. Ez a szabályozó a következőképpen működik. A G generátort egy AM aszinkron motor állandó fordulatszámmal forgatja. A generátor U_g kapocsfeszültsége arányos a $GT1$ és $GT2$ gerjesztőtekercssel előállított mágneses térerősséggel. A $GT1$ tekercsben állandó nagyságú áram folyik. A $GT2$ tekercsben csak abban az esetben folyik áram, amikor a generátor U_g feszültsége eltér egy előre megadott értéktől. Ezért a generátor kapcsain megjelenő feszültséget össze kell hasonlítani az előre megadott értékkel megegyező U_a alapfeszültséggel, amelyet egy e célra szolgáló kis teljesítményű egységgel nagyon pontosan állandó értéken tartunk. Ha csökken az U_g feszültség, a $GT2$ tekercsben olyan áramnak kell folynia, hogy a gerjesztőtekercsek eredő mágneses térerőssége növekedjék, és ez maga után vonja az U_g feszültség növekedését is. Ha az U_g

feszültség meghaladja az előírt értéket, a GT2 tekercsben folyó áram csökkenteni fogja a generátorfeszültséget. A GT2 tekercset közvetlenül nem kapcsolhatjuk az $U_a - U_g$ feszültségkülönbségre, mivel ebben az esetben nem a kívánt módon változna e tekercs árama. Ezért a gerjesztő-tekercset az E erősítőn keresztül csatlakoztatjuk, az erősítőt pedig egy külső, U_1 feszültségű teljesítményforrásról tápláljuk. Az $U_a - U_g$ különbséggel egyenlő nagyságú feszültséget az erősítő bemeneti kapcsaira vezetjük. Ez a feszültség az ún. szabályozó vagy bemeneti jel. A GT2



1. ábra. Az egyenáramú generátor automatikus feszültségszabályozásának kapcsolási rajza

gerjesztőtekercs az erősítő *terhelése* (munkaellenállása), azok a kapcsok pedig, amelyekhez ezt a tekercset csatlakoztatjuk, az erősítő *kimeneti kapcsai*. A bemeneti és a kimeneti kapcsokat egyszerűen bemenetnek, ill. kimenetnek is nevezzük.

Az erősítő külső tápforrását úgy kell megválasztani, hogy teljesítménye kissé nagyobb legyen a terhelésnek átadott teljesítménynél, ui. az erősítőnek a külső tápforrásból átvett teljesítményt szabályozva (megfelelően változtatva) kell továbbítania a terhelésre. Ez a szabályozás a bemenetre kapcsolt vezérlőjel nagyságának megfelelően játszódik le, és a kérdéses jel teljesítménye sokkal kisebb a terhelés teljesítményénél. Éppen ezért nevezzük az ilyen készüléket erősítőnek.

Az ilyen szabályozás megvalósításához különböző fizikai jelenségeket használhatunk fel. A gyakorlatban elektronikus, tiratronos, forgógépes, pneumatikus, hidraulikus, tranzistoros és mágneses erősítőket alkalmazunk.

A mágneses erősítők felhasználása rendkívül változatos. A watt néhány tört részének megfelelő teljesítményű pontos mérőáramkörökben és a hatalmas gyártó berendezések, pl. hengerművek, kotrógépek automatikus szabályozó kapcsolásaiban egyaránt előfordulnak mágneses erősítők. Széleskörű és változatos alkalmazhatóságukat egy egész sor olyan tulajdonságuk teszi lehetővé, amelyben ezek az erősítők előnyösen eltérnek más erősítőktől. E tulajdonságaik közül elsősorban a következőket lehet megemlíteni:

1. Hosszú élettartam, nagyon megbízható működés, rendkívül egyszerű kezelés.

2. A mágneses erősítők a watt néhány töredéke és néhányszor tíz kilowatt közötti tartományban a legkülönbözőbb teljesítményekre méretezhetők.

3. Az elektroncsöves erősítőktől eltérően a mágneses erősítők a tápfeszültség bekapcsolása után azonnal üzemszerű állapotba kerülnek.

4. Bemenetükre egészen egyszerű eszközökkel több vezérlőjel is vezethető.

5. Viszonylag hosszú ideig nagy túláramokkal terhelhetők, nem érzékenyek a rázásra, tűz- és robbantásbiztosak.

6. Üzem közben a jellemző adataik gyakorlatilag változatlanok maradnak; a környezeti hőmérséklet és a tápfeszültség ($\pm 10\%$ -os) ingadozásai alig befolyásolják működésüket.

7. Tehetetlenségük eléggé nagy erősítés esetén is jelentéktelen lehet.

A mágneses erősítők felhasználásával mozgó érintkezők nélküli, igen megbízhatóan működő automatikus szabályozó rendszerek építhetők.

A mágneses erősítők működési elvének tisztázásán kívül kitérünk a legszokásosabb kapcsolásaikra is. Többek között ismertetjük a többfokozatú kapcsolásokat és a gyorsműködésű erősítőkapcsolásokat is. Foglalkozunk majd a szerkezeti felépítés kérdéseivel is, hogy az olvasók részletesebben megismerkedhessenek a mágneses erősítőkkel.

A felsorolt kérdések tárgyalása során olyan módszert követünk, hogy a mágneses erősítők különböző kapcsolásainak sztatikus és dinamikus viszonyait egységes szempontok szerint vizsgálhassuk (sztatikus viszonyok között a kimeneti áram változatlan erősségű, dinamikus viszonyok között viszont — a vezérlőjel változásai következtében — a kimeneti áram időben változó mennyiség). E módszer lényege, hogy a mágneses erősítőt olyan induktivitásnak tekintjük, amelynek értéke a tápfeszültség félperiódusának egyik részében nagy, többi részében pedig kicsi. Ezzel a módszerrel megkönnyítjük az ismertetett anyag megértését, és lehetővé tesszük, hogy az olvasó önállóan is követhesse a könyvünkben nem ismertetett erősítőkapcsolások működését.

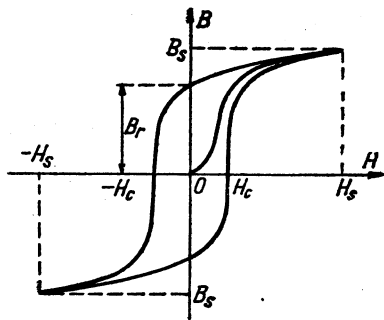
1. A MÁGNESES ERŐSÍTŐK MŰKÖDÉSI ELVE

A mágnesezési görbe és a hiszterezishurok

A mágneses erősítők működése a ferromágneses anyagok tulajdonságainak felhasználásán alapul. Emlékezzünk csak vissza ezekre a tulajdonságokra. Ha egy ferromágneses anyagból készített magra meneteket tekercselünk, és az így kapott tekercsbe villamos áramot vezetünk, a magban mágneses tér jön létre. Ezt a mágneses teret a H térerősség, ill. Φ mágneses fluxus jellemzi. A mágneses térerősség nagyságát oerstedben vagy amper/centiméter-ben (A/cm) fejezzük ki. A magban levő mágneses fluxus nagyságát a mágneses erővonalak számával adjuk meg és maxwell-ben mérjük. A mágneses mag keresztmetszetének egységnyi területű részén keresztülhaladó mágneses erővonalak száma a gaussban kifejezhető B mágneses indukció. A tekercsben folyó áram növelésekor növekszik a magban levő mágneses térerősség és mágneses fluxus. A B mágneses indukció és a H mágneses térerősség közötti összefüggést ábrázoló görbe a kérdéses anyag mágnesezési görbéje (2. ábra).

A mágneses térerősséget egy bizonyos értéktől kezdve tovább növelve a mágneses indukciót gyakorlatilag már nem lehet növelni. Ilyenkor azt mondjuk, hogy a mágneses anyag telítődött. A magban elérhető legnagyobb indukciót B_s telítési indukciónak nevezzük.

Ha a térerősséget



2. ábra. A ferromágneses anyagok hiszterezishurokja és mágnesezési görbéje

először annyira növeljük, hogy a mag anyaga telítődjék, majd csökkenteni kezdjük, megfigyelhetjük, hogy a mágneses indukció most egy új görbe szerint változik. Az indukció lassabban csökken, mint amilyen mértékben kezdetben növekedett. Amikor a mágneses térerősséget már nullára csökkentettük, az indukció B_r értéken marad. Ezt az értéket *remanenciának* nevezzük. Ha a mágneses térerősséget most az ellenkező irányban kezdjük növelni, az indukció nullára csökken, amikor a térerősség eléri a *koercitív erőnek* nevezett H_c értéket. A mágneses indukció és a mágneses térerősség további változtatásával kapott görbe a 2. ábrán látható. Az ábrán megrajzolt zárt görbe a kérdéses mágneses anyagra jellemző hiszterezishurok. A hiszterezishurkot rendszerint a B_s és a H_c mennyiséggel, továbbá a merőlegességi tényezőnek nevezett B_r/B_s aránnyal jellemezzük. Minden mágneses anyagot más és más adatokkal bíró hiszterezishurok jellemez.

A hiszterezishurok ugyanarra az anyagra sem mindig ugyanaz: nagymértékben függ a mágneses térerősség jellegétől (attól, hogy váltakozóárammal vagy egyenárammal mágnesezünk), a megvizsgált mag szerkezeti adataitól (alakjától, méreteitől, az anyagvastagságtól), a vizsgálatokhoz felhasznált minta előállításának módjától (a lemezek szigetelőbevonatának minőségétől, a tekercsek esetleges menetzárlataitól stb.). A mágneses mag hiszterezisgörbéjének bonyolult alakja (2. ábra) nagyon megnehezíti a mágneses erősítők működésének tárgyalását és az erősítőkhöz lejátszódó folyamatok törvényszerűségeinek meghatározását. Éppen ezért a hiszterezishurkot rendszerint a 4. ábrának megfelelő törtvonalnak tekintjük, annál is inkább, minthogy nagyon sok mágneses anyagon (l. az 5. fejezetben) ehhez hasonló alakú hiszterezisgörbét tapasztalunk.

A mag mágneses állapotát rendszerint egy *munkapont* helyzetével jellemezzük a hiszterezishurkon. Ennek a munkapontnak meghatározott értékű mágneses térerősség és indukció felel meg. A térerősség változtatásával a görbén felvett munkapont helyzete is megváltozik.

A mágneses erőstök működésének alapjai

Nézzük meg, milyen folyamatok játszódnak le a mágneses magban, ha a tekercsre $u = U_m \sin \omega t$ alakú szinuszos feszültséget vezetünk (3. ábra). Ebben a kifejezésben u a feszültség pillanatnyi értéke; U_m a feszültség csúcserőke (amplitúdója); ω a körtrekvencia, t pedig az idő. E feszültség hatására változó ter-erősséget kapunk, és ezzel egy-idejűleg változni fog a magban lévő mágneses fluxus (ill. az indukció).

A villamos és a mágneses mennyiségek közötti összefüggést a gerjesztési törvény és az elektro-

mágneses indukció törvénye adja meg. A gerjesztési törvény értel-

mében a magban lévő H mág-

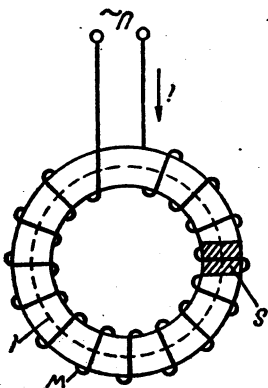
néses térerősség egyenesen arányos

a tekercsben folyó árammal és a

tekercs menetszámaival, és fordit-

tottan a mágneses erővonalak

3. ábra. Tekercselt gyűrűs mag



közepes hosszával.

Az elektromágneses indukció törvénye szerint a mág-

néses fluxus megváltozásakor elektromotoros erő indukálód-

ik a tekercsben, és ez az e elektromotoros erő (feszültség)

egyenesen arányos a tekercsben lévő menetek számával

és a mágneses fluxus változási sebességével.

A tekercsre kapcsolt u váltakozófeszültséget — amely-

nek hatására a változó mágneses indukciót kapjuk —

és a tekercsben indukált e elektromotoros erő (feszültség)

tartja egyensúlyban.

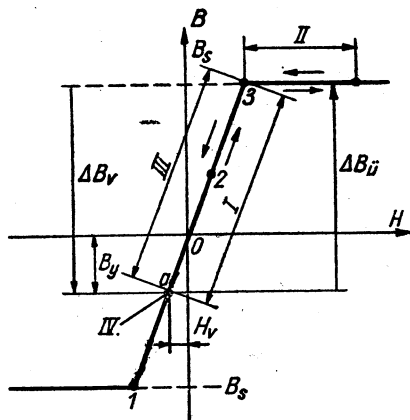
$$u = ir + e.$$

ir rendszertint sokkal kisebb, mint e , úgyhogy a feszültség-
esést elhanyagolhatjuk. Ennek figyelembevételével a te-

keres kapcsain levő $u = U_m \sin \omega t$ feszültséggel csak az indukált elektromotoros erő tart egyensúlyt, vagyis

$$u = e.$$

Kimutatható, hogy a mágneses magban levő indukció változása a feszültség nagyságán kívül attól is függ, hogy ezt a feszültséget mennyi idő alatt kapcsoljuk a tekercsre. Említettük már, hogy az indukció változásakor a mag mágneses állapotát jellemző munkapont eltolódik a hiszterezishurkon.



4. ábra. A ferromágneses anyagok ideális hiszterezisgörbéje ($H_c = 0$; $B_r/B_s = 1$)

A mágneses erősítők esetében a tekercsre kapcsolt feszültséget rendszerint úgy választjuk meg, hogy a tápfeszültség $T/2$ félperiódusának ideje alatt az indukció a telítési érték kétszeresének megfelelő $2B_s$ értékkel változék meg. Más szavakkal ez azt jelenti, hogy ha pl. a félperiódus kezdetén (a $t = 0$ időpontban) a mag állapotát a hiszterezishurkon az 1 pont jellemezte (4. ábra), pontosan a félperiódus végén és csakis ekkor a munkapont a 3 pontba kerül.

Azt a munkapontot, amely a feszültség bekapcsolása-
 nak pillanatában ($t = 0$ időpontban) jellemzi a mag mág-
 nes állapotát, *nyugalmi munkapontnak* nevezzük. Ha a
 nyugalmi munkapont nem az 1, hanem pl. a 2 pontban van
 (4. ábra), a mag nem a felperiódus végén, hanem valamivel
 korábban fog tellődni. A mag tellődése után a tekercsben
 már nem indukálódik elektromotoros erő, mivel a mágneses
 fluxus a továbbiakban már nem változik. Ezért a felperio-
 dus további részében a tekercsben folyó i áram az u táp-
 feszültségtől és a tekercs r ohmos ellenállásától függ,
 vagyis $i = u/r$. Belátható, hogy mennél magasabban van a
 hiszterezisgörbe a nyugalmi munkapont, tehát mennél
 korábban tellődik a mag, annál nagyobb lesz a felperiódus
 alatt a tekercsben folyó áram. Így módon a hiszterezis-
 hurkon levő nyugalmi munkapont helyzetének változta-
 sával szabályozhatjuk a mag körüli tekercsben folyó
 áramot. Ha ezzel a tekercssel sorbakapcsolunk valamilyen
 terhelést, az előbb ismertetett módon szabályozni tudjuk
 az áramerősséget, tehát a teljesítményt is a terhelésben.
 Ezen az elven működnek a különböző kapcsolású mágne-
 ses erőstők.

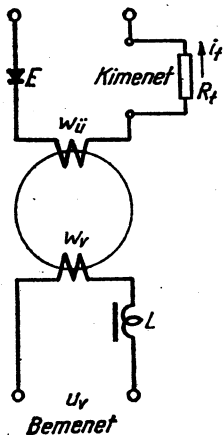
A nyugalmi munkapont helyzetének változtatásához
 egy további tekercset helyezhetünk a mágneses magra.
 Ezt *vezérlőtekercsnek* nevezzük. A nyugalmi munkapont
 helyzetének változtatásához szűkséges teljesítmény, va-
 gysis a P_v vezérlőteljesítmény sokkal kisebb a terhelés P_t
 teljesítményénél. Ezért az ilyen készüléket erőstőnek
 nevezzük.

A mágneses erőstő kimeneti mennyisége a terhelés
 teljesítménye, a bemeneti mennyiség pedig a vezérlőtekercs
 teljesítménye. $A P_v/P_t = k$ arány a mágneses erőstő tel-
 jesítményerőstési *lényegzője* vagy röviden: *teljesítményerőst-
 tése*.

2. AZ IDEÁLIS MÁGNESES ERŐSÍTŐK MŰKÖDÉSÉNEK ELMÉLETE

Az ideális mágneses erősítő nagy ellenállású vezérlőáramkör esetén

Figyeljük meg, hogyan működik a legegyszerűbb mágneses erősítő (5. ábra), amelynek alapján bonyolultabb kapcsolásokat is készíthetünk. Hogy az erősítő működését és a benne lejátszódó folyamatokat egyszerűbben tárgyalhassuk, tételezzük fel, hogy a mag hiszterezisgörbéje a 4. ábrán látható alakú, és az E egyenirányító ellenállása az áteresztőirányban nulla, a záróirányban pedig végtelen nagy. Az R_t terhelőellenállás kizárólag ohmos jellegű és állandó értékű. Az ilyen erősítőt ideálisnak nevezzük.

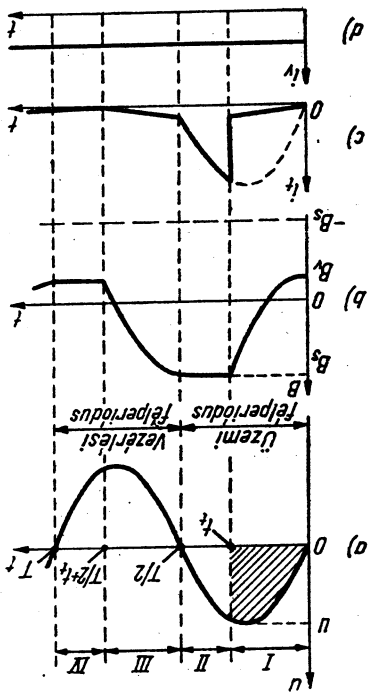


5. ábra. A legegyszerűbb mágneses erősítő kapcsolási rajza

Az a tekercs, amellyel sorbakapcsoljuk az R_t terhelést, az erősítő üzemi vagy kimeneti tekercse. A w_u üzemi tekercs áramkörében levő E egyenirányító következtében az u tápfeszültség erre a tekercsre és a terhelőellenállásra csak abban a félpériódusban hat, mely alatt az egyenirányító átvezet, és amelyet üzemi félpériódusnak nevezünk. Ebben a félpériódusban a mag indukciója az indukció-törvénynek megfelelően csak a tápfeszültség hatására változik.

A következő félpériódusban a mag indukcióját a w_v vezérlőtekercsre kapcsolt u_v vezérlőfeszültség változtatja. Ezt a félpériódust vezérlési félpériódusnak nevezük. E két — üzemi és vezérlési — félpériódus megkülönböztetése teljesen megfelel az erősítő fizikai viszonyainak, és megkönnyíti a működés tárgyalását.

Vegyük először azt az esetet, amikor a vezérlőkörben folyó áram csak a vezérlőfeszültség nagyságától függ. E feltétellel kifejezésre iktassuk be a vezérlőkörbe a nagy induktív ellenállású L fojtótekercset (5. ábra). Tétélezzük fel, hogy a vezérlési felperiodusban a mag mágneses állapotát a vezérlőjellel ellátott H_V térerősség nagysága és az ennek megfelelő B_V indukcióérték szabja meg (l. a 4. ábra a pontját). Ez esetben az üzemi felperiodusban a mag mág-



6. ábra. Az 5. ábra szerinti egy- szerű mágneses erőterek működését szemléltető diagramok: a az u tápfeszültség; b a B indukció a magban; c az i terhelőáram; d a vezérlőtekercs i árama

nemes állapotát jellemző munkapont a tápfeszültség hatására (6a ábra) eltolódik a hiszterezishurkon az a pontból a 3 pont fele (l. a 4. és a 6b ábrán a görbe I szakaszt). Eközben a magban levő indukció B_V -ről B_s -re változik meg. Itt hangsúlyoznunk kell, hogy az indukcióértéket nemcsak a tápfeszültség pillanatnyi értéke szabja meg. Az indukcióváltozás nagysága — mint már említettük — a feszültségtől és attól az időtől függ, amelynek leforgása alatt ezt a feszültséget a tekercsre kapcsoljuk. Ha tehát a feszültség kialakulása a $t = 0$ időponttól a $t = t_1$ időpontig tart, a magban levő indukció változása egyenes arányos a 6a ábrán bevonalkázott területtel. Miközben az indukció a B_V értékről a B_s értékig

változik, az üzemi tekercs áramkörében csak a mag jelentéktelen mágnesező árama folyik. A mágnesező áram erőssége a hiszterezisgörbe meredekségétől függ. A $t = t_t$ időpontban (6. ábra), amikor a mag indukciója eléri a telítési értéket (a 4. ábrán a 3 pontot), az üzemi tekercsben indukált elektromotoros erő nullára csökken. Ugyanekkor a tápfeszültség teljes egészében megjelenik az R_t terhelőellenálláson, a terhelőáram ugrásszerűen eléri az

$$i = \frac{U_m \sin \omega t_t}{R_t}$$

értéket (6c ábra), a térerősség pedig a *II* szakasz szélső pontjába jut, mivel a gerjesztési törvény értelmében a magban keletkező térerősséget a tekercsben folyó áram pillanatnyi értéke szabja meg. A t_t időpontot a *telítődés pillanatának* nevezzük. Ettől a t_t pillanattól kezdve a terhelőáram és a térerősség a $T/2$ üzemi félperiódus végéig szinuszosan változik (l. a 4. és a 6c ábrán a *II* szakaszt). Ezalatt az indukció — mint a 4. és a 6b ábrán jól látható — változatlanul megmarad a telítési értéken, ui. a munkapont most a hiszterezishurok vízszintes szakaszán mozog. Az üzemi félperiódus végére a tápfeszültség nullára csökken, a mag mágnesezes állapotát pedig újra a 3 pont jellemzi. Csakhogy a mag mágnesezes állapotát ebben a pillanatban meghatározó vezérlőköri feszültség nem a 3, hanem az *a* pontnak felel meg (4. ábra). Ezért a mágnesezes mag indukciója a B_s értékről a B_v értékre csökken (l. a 4. és a 6b ábrán a *III* szakaszt). Az indukcióváltozás következtében olyan elektromotoros erő indukálódik az üzemi tekercsben, amely ellentétes irányú a tápfeszültség pillanatnyi értékével. Az indukcióváltozás olyan gyors, hogy az üzemi tekercsben indukált elektromotoros erő nagyobb lesz a tápfeszültség pillanatnyi értékénél. Ennek következtében a vezérlési félperiódus kezdetén ugyanolyan előjelű eredő feszültséget kapunk az üzemi áramkörben, mint az üzemi félperiódus alatt.

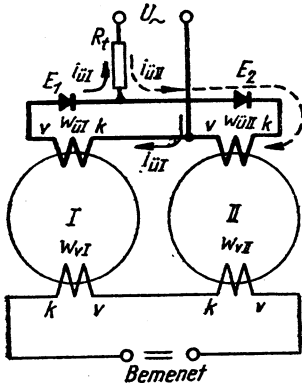
Ennek következtében az üzemi tekercs áramkörében levő egyenirányító vezetővé válik, és mindaddig keresztül-

sztatikus jelleggörbéje. Ennek a jelleggörbének az a sajátossága, hogy amikor megváltozik a vezérlőjel polaritása, a terhelőáramnak csak a nagysága változik meg, előjele viszont végig pozitív marad.

Az ilyen sztatikus jelleggörbéjű mágneses erősítőket együteműeknek nevezzük. A sztatikus jelleggörbe *ab* szakaszát üzemi szakasznak nevezzük. Az ennek megfelelő idő alatt a nyugalmi munkapont a vezérlési félperiódusban a 3 pontból az 1 pontba tolódik el (4. ábra). A sztatikus

jelleggörbe *ac* és *bd* szakasza kívül esik az üzemi viszonyokon, ezekkel itt nem foglalkozunk. E kérdésre részletesebb adatokat az irodalomban találhatunk.

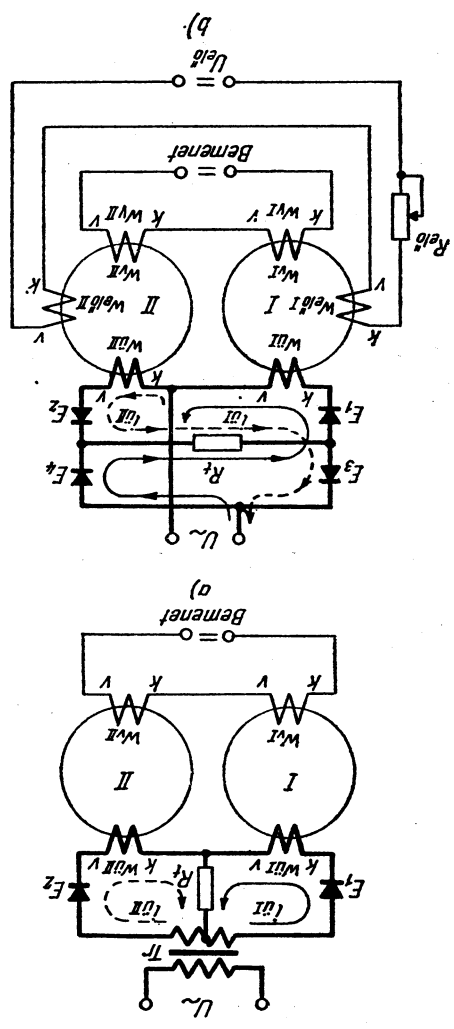
Az 5. ábrán bemutatott kapcsolást önállóan ritkán alkalmazzuk, inkább csak mint jellegzetes erősítőelemet használjuk fel a bonyolultabb mágneses erősítőkben, mint korábban említettük. A gyakorlatban szokásos váltakozóáramú terhelés rendszerint a 8., az egyenáramú terhelés pedig a 9a és b ábrát követi. Ezek, mint könnyen belátható, az 5. ábra szerinti kapcsolásból állnak.



8. ábra. A kimeneten váltakozóáramot szolgáltatató mágneses erősítő kapcsolási rajza

A 8. és a 9. ábrán folytonos vonallal kihúzott nyilakkal jelöltük annak az áramnak az irányát, mely az egyik félperiódus alatt folyik a tekercsekben és a terhelésben (ez a félperiódus pl. az I mag üzemi félperiódusa). A következő félperiódusnak megfelelő áramirányokat szaggatott vonalak jelölik. Belátható, hogy a 8. ábra szerinti kapcsolásban váltakozóáram, a 9a és a 9b ábra szerinti kapcsolásban pedig egyenáram folyik a terhelésben. Figyeljük meg a 8. ábrán feltüntetett kapcsolás működését, és induljunk ki ugyanazokból a feltételezésekből, mint az 5. ábra eseté-

9. ábra. A kimeneten egyenáramot szolgáltatató mágneses erősítő kap-
 csolási rajza
 a) transzformátorral, b) transzformátor nélkül



ben. Minthogy e feltételezések szerint a vezérlőkörü áram csak a vezérlőfeszültséget követi, és független attól az elektromotoros erőttől, amelyet az üzemi tekercs árama a vezérlőtekercsben indukál, a 8. ábra szerinti erősítőkapszolásban mindkét mag nyilvánvalóan ugyanúgy működik, mint az 5. ábra szerinti kapszolásban alkalmazott mágneses mag. A 8. ábra szerinti kapszolás olyan felépítésű, hogy amikor az I mag az üzemi félperiódusban van, a II mag szempontjából a vezérlési periódus van folyamatban, az I mag vezérlési félperiódusa alatt pedig a II magban az üzemi félperiódus tart. Ily módon az I mag üzemi tekercsének első áramváltozása (5. ábra) időben egybeesik a II mag üzemi tekercsének harmadik áramváltozásával.

Képzeljük el, hogy az I mag B_I indukciója (10b ábra) B_{vI} értékről B_s értékre változik, a II mag B_{II} indukciója pedig B_s -ről B_{vII} -re csökken. Az R_t terhelésen (8. ábra) az üzemi tekercsekből kapott i_{aI} , i_{aII} áramok (10d és e ábra) ellentétes irányban folynak. Mivel $t = 0$ és $t = t_t$ között mindkét egyenirányító vezet, a terhelésben folyó i_t áram megegyezik az i_{aI} és az i_{aII} áram algebrai összegével (10f ábra).

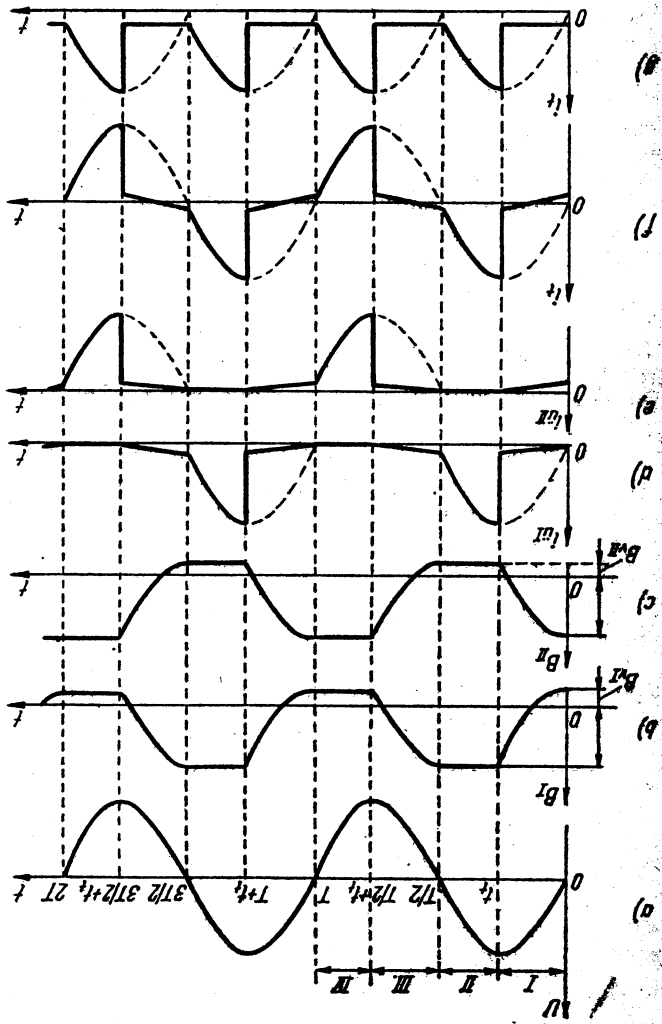
A következő fázisban az I mag telítésben marad ($B_I = B_s$). A II magban levő indukció szintén változatlanul megtartja a $B_{II} = B_{III}$ értéket (10b és c ábra). Minthogy az I mag telítődött, w_{aI} üzemi tekercsének árama

$$i_{aI} = \frac{U_m \sin \omega t}{R_t}$$

(10d ábra). Ugyanekkor a w_{aII} üzemi tekercs i_{aII} árama nulla értékű (10e ábra). Így tehát ebben a fázisban a terhelőáram csupán az i_{aI} áramból áll (10d és f ábra).

A következő félperiódusban az I mag vezérlési, a II mag pedig üzemi félperiódusban van. Ily módon az erősítő működésének harmadik fázisa csak abban különbözik az első fázistól, hogy a mágneses magok most szerepet cseréltek. A negyedik fázis ideje alatt a terhelésben csupán az i_{aII} áram folyik.

10. ábra. A 8. és a 9. ábra szerinti mágneses erősítő működését szemlélítő diagramok:
 a az U tápeszűrttség; b és c az I és a II mag B_{II} és B_{I} indukciója; d és e az I és a II mag üzemi tekercsében folyó i_{I1} és i_{II} áram; f a 8. ábra szerinti erősítő terhelőáramma; g a 9b ábra szerinti erősítő i_t terhelőáramma



Összehasonlításképpen vizsgáljuk meg a 9a és b ábra szerinti, egyenáramú terhelésű kapcsolások működését. Ezek lényegében szintén két olyan kapcsolásból tevődnek össze, mint amelyet az 5. ábrán ismertettünk.

Tételezzük fel, hogy a $t = 0$ időpontban az I magban az üzemi, a II magban pedig a vezérlési félperiódus kezdődik. Ha az I mag üzemi tekercsében a mágnesező áram folyik, ugyanekkor a II mag üzemi tekercsében a harmadik fázisnak megfelelő áram fog folyni (6. és 10. ábra). A kapcsolat olyan felépítésű, hogy a terhelésben minden egyes fázis alatt összeadódnak a két maghoz tartozó üzemi tekercsek áramai (9a és 10g ábra).

A 9b ábra szerinti kapcsolat ugyanúgy működik, mint a 8a ábrán bemutatott kapcsolat, csak hogy az E_3 és az E_4 egyenirányító hatására az R_t terhelésben mindkét félperiódus ideje alatt ugyanabban az irányban folyik az áram. Az áramirányokat a 9b ábrán nyilakkal jelöltük. Ezek szerint a 9b ábrának megfelelően összeállított erősítők egyenáramú kimenettel működnek. A 9a ábra szerinti kapcsoláshoz képest ezek az erősítők annyiban előnyösebbek, amennyiben elmarad a Tr transzformátor, vagyis kisebb súlyúak és kisebb méretűek lehetnek. (Az ábrán látható 3. tekercs az előmágnesező tekercs, amelyről a későbbiekben lesz szó.)

Az ideális mágneses erősítő kisellenállású vezérlőáramkör esetén

Vizsgáljuk meg, hogyan működik a 8. ábra szerinti kapcsolat kis ellenállású vezérlőáramkör esetén, amikor is nem hanyagolható el az a hatás, amelyet pl. az I mag üzemi tekercséből indukált elektromotoros erő a vezérlési félperiódus ideje alatt a II mag indukcióváltozására kifejti.

Tételezzük fel, hogy az I mag az üzemi, a II mag pedig a vezérlési félperiódusban van. Az erősítő tápfeszültségét az E_1 egyenirányítón keresztül az I mag üzemi

tekercsére vezetjük. E feszültség hatására (10b ábra) az I mag indukciója B_{VI} értékről a B_S telítési értékre növekszik meg, majd a mag telítődése után a terhelésben folyó áram már csak az áramkör hatásos ellenállásától függ.

Ezzel egyidejűleg az I mag w_{VI} vezérlőtekercsében az indukcióváltozás következtében elektromotoros erő indukálódik. Mivel feltételezésünk szerint a vezérlőáramkörnek kicsi az ellenállása, ez az elektromotoros erő lenyegében a II mag vezérlőtekercsére hat. Ennek az elektromotoros erőnek és a vezérlőfeszültségnek a hatására a munkapont, mely a vezérlési felperiodusban a II mag mágneses állapotát jellemzi, a B_S telítési indukcióból kiindulva B_{VII} irányában eltolódik a hiszterezishurkon. A t_1 időpontban, amikor az I mag telítődik és az e_{VI} elektromotoros erő nullára csökken, a II mag vezérlőtekercse gyakorlatilag rövidre van zárva, ui. a teljes vezérlőáramkör ellenállása kicsi. Ilyen körülmények között a II mag indukciója tovább már nem változik, mert a rövidrezárt tekercsben indukált elektromotoros erő *Lenz* törvénye szerint gátolja a mag indukcióváltozását. Ezért $t = t_1$ és $t = T/2$ között, miközben az I mag telítésben marad, a II mag indukciója gyakorlatilag nem változik. Kimutatható, hogy $t = 0$ és $t = t_1$ között a II mag indukciója B_S -ről B_{VI} -re változik.

A $t = T/2$ pillanatban kezdődő következő felperiodusban a II mag részére üzemi, az I mag részére pedig vezérlési felperiodus kezdődik. A vezérlési felperiodus végén elért B_{VI} indukcióértéket az erősítő bemenetere vezetett jel nagysága szabja meg. Ily módon a kis ellenállású vezérlőáramkörrel működő mágneses erősítőkben a vezérlési felperiodus alatt bekövetkező indukcióváltozást nemcsak a vezérlőjel befolyásolja, hanem az az elektromotoros erő is, amelyet az üzemi tekercs árama a vezérlőtekercsben indukál. Ez az elektromotoros erő a vezérlési felperiodusban olyan mértékben befolyásolja az erősítő működését, hogy lényegesen megváltozik az átmeneti folyamatok jellege (lásd később „Gyorsműködési mágneses erősítők” cím alatt).

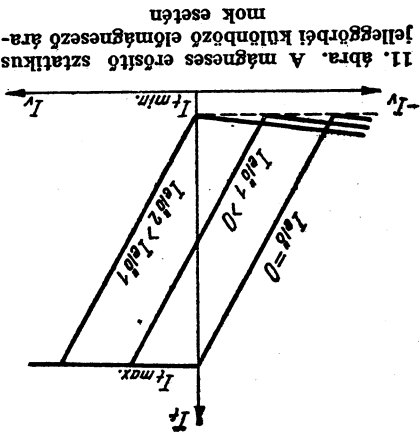
A mágneses erősítők előmágnesezése

Az eddig ismertetett erősítők terhelőárama a legnagyobb értéket éri el, amikor nincsen vezérlőjel (7. ábra). Legtöbb esetben az a követelmény, hogy a jelszűnetek alatt minél kisebb legyen a terhelésben az áram. Ezért a mágneses erősítőkben gyakran előfeszültségről, kezdeti előmágnesezésről is gondoskodunk. Az előmágnesezés alkalmazása az erősítőkben egy további, állandó értékű vezérlőfeszültség beiktatásának felel meg. Az előfeszültség hatására (4. ábra) a munkapont a vezérlési félperiódusban lejjebb kerül a hiszterezisgörbén a 3 pont alá, még akkor is, ha vezérlőfeszültség nem hat. Minél nagyobb az előfeszültség, annál lejjebb tolódik a hiszterezisgörbén a munkapont. Ha a bemenetre ezenkívül vezérlőfeszültséget is kapcsolunk, a munkapont eltolását a vezérlési félperiódusban az előfeszültség és a vezérlőfeszültség összege, ill. különbsége szabja meg attól függően, hogy ezek a feszültségek azonos irányban vagy egymással ellentétes irányokban változtatják meg a mag mágneses állapotát.

A kezdeti előmágnesezés alkalmazásával mintegy eltolhatjuk vízszintes irányban — az előmágnesező áram erősségétől függő mértékben — az erősítő sztatikus jelleggörbéjét (11. ábra). Mint a 11. ábrán látható, az I_e előmágnesező áram változtatásakor az erősítő I_t kimeneti árama $I_{t \max}$ és $I_{t \min}$ között különböző értékeket vehet fel, amikor nincsen vezérlőjel, vagyis $I_v = 0$. Az $I_e = 0$ előmágnesező áramnak megfelelő sztatikus jelleggörbén működő erősítőben negatív vezérlőjelre van szükség. $I_e = I_{e2}$ előmágnesezés alkalmazásakor meg kell változtatni a vezérlőjel polaritását. Az előmágnesezést elvileg háromféleképpen érhetjük el: egyenárammal, ill. egyenirányított árammal, váltakozóárammal, továbbá úgy, hogy az üzemi áramkörben egy ellenállással söntöljük az egyenirányítókat.

Leggyakoribb az egyenáramú előmágnesezés. Ennek szokásos kapcsolási rajza a 9b ábrán látható. Az előmágnesező tekercs rendszerint ugyanolyan, mint a vezérlő-

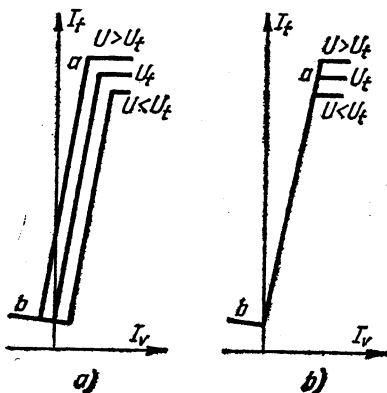
ékes, de sorba van kapcsolva egy szabályozóellenállással, az előmágnesező áram változtathatósága céljából. Ha egyenirányított árammal akarunk előmágnesezni, akkor ezt az áramot a közös váltakozóáramú tápfőtárolásból venni. Ebben az esetben kissé csökkenthetjük az erősítő sztatikus jelleggörbéjén a tápfeszültség ingadozásának hatását. Abban az esetben is, ha az előmágnesező áram



11. ábra. A mágneses erősítő sztatikus jelleggörbéi különböző előmágnesező áramok esetén

Állandó, viszont a tápfeszültség megnő, ugyanazzal a bejeleneti jellel nagyobb áramot kapunk az erősítő kimenetén. Ha azonban az előmágnesező áramot az erősítő tápfőtárolásnak felhasználásával állítjuk elő, a tápfeszültség megnövekedésekor az előmágnesező áram is megnő, aminek következtében csökken a terhelőáram. A 12a ábrán bemutattott sztatikus jelleggörbék arra az esetre vonatkoznak, amikor a tápfeszültség változik, az előmágnesező áram pedig állandó értékű marad. Ugyanezek a jelleggörbék, ha az előmágnesező áramkört a közös váltakozófeszültségű tápfőtárolásról tápláljuk, a 12b ábra szerinti alakúak. Az előbbi esetben $\pm 10\%$ -os feszültségváltozások még alig befolyásolják a sztatikus jelleggörbe üzemi szakaszát. Váltakozóáramú előmágnesezést csak az ellenütemű

mágneses erősítőkből alkalmazunk (l. a 3. fejezetben). Az üzemi áramkör egyenirányítóinak söntölésével főképpen az ún. gyorsműködésű erősítőkből létesítünk előmágnesezést (l. a 3. fejezetben). Ebben az esetben a vezérlési



12. ábra. A mágneses erősítő sztatikus jelleggörbéi változó tápfeszültség esetén:

a külső áramforrásról táplált előmágnesező tekercs esetén; b az erősítő tápforrásáról táplált előmágnesező tekercs esetén

félperiódus alatt, amikor az egyenirányító lezár, az üzemi tekercsben a söntölőellenállás nagyságától függő áram folyik. Az ennek az áramnak megfelelő térerősség hatására a munkapont lejjebb tolódik a hiszterezisgörbén. Mennél kisebb a söntölőellenállás, annál nagyobb az áramerősség, és annál lejjebb kerül a hiszterezisgörbén a munkapont. Az üzemi félperiódusban az egyenirányító rövidre zárja a söntölőellenállást, úgyhogy az utóbbi nem befolyásolhatja az erősítő működését.

Az egyenirányítók söntölésével megvalósított előmágnesezés annyiban előnyös, amennyiben nem igényel további tekercseket a magokon, hátránya viszont, hogy eltorzítja a sztatikus jelleggörbét, és csökkenti az erősítést.

Gyorsműködésű mágneses erősítők

A mágneses erősítők bizonyos tehetetlenséggel működnek, vagyis a vezérlőjel megváltoztatásakor a kimeneti feszültség (áram) nem rögtön, hanem csak bizonyos idő múlva, tehát késleltetéssel változik meg. Ez idő alatt a mágneses erősítőben egy átmeneti folyamat játszódik le,

Ennek eredményeként a B_v indukció fokozatosan változva közelíti meg a vezérlőjel újabb értékeknek megfelelő értéket. Az automatikus szabályozó rendszerekben igen jelentős szerepe van a felhasználható elemek tehetetlenségének, mivel sokszor ettől függ az egész rendszer jóssága. Éppen ezért a mágneses erősítők felhasználása esetén gondoskodni kell ezek tehetetlenségének csökkentéséről.

A mágneses erősítők működésének ismeretéből (pl. a 8. ábra szerinti kapcsolás vizsgálata alapján) tudjuk, hogy változtatlan nagyságú vezérlőjelek esetén az üzemi és a vezérlési félperiódusban egyenlő mértékben változik meg a mag indukciója, vagyis $\Delta B_a = \Delta B_v$ (4. ábra).

Figyeljük meg, hogyan működik pl. a 9b ábra szerinti kapcsolási mágneses erősítő, ha hirtelen bekapcsoljuk (megváltoztatjuk) a vezérlőjelet. Induljunk ki abból, hogy ebben a pillanatban az I mag üzemi, a II mag pedig vezérlési félperiódusban van. Az I mag indukciójának megváltozásakor a w_{aI} üzemi tekercsből elektromotoros erő indukálódik a w_{vII} tekercssel összekapcsolt w_{vI} tekercsben. Ennek az elektromotoros erőnek és a kezdeti előmágneseszésnek a hatására nulla vezérlőjel esetén B_s -ről megváltozik meg a vezérlési II mag indukciója. Ha a félperiódus elején vezérlőjelet kapcsolunk az erősítő bemenetére, és ez az indukált elektromotoros erővel ellentétes előjelet, a vezérlési félperiódus alatt kisebb mértékben változik meg a II mag indukciója. Ezért a következő (üzemi) félperiódusban a II mag hamarabb telítődik, tehát megdő az erősítő kimeneti feszültsége.

Mivel a II mag indukciója csak a félperiódus egy részében változik, kisebb lesz a w_{vI} tekercsbe transzformált elektromotoros erő középértéke is, viszont ettől az elektromotoros erőből függ az I magban ennek a vezérlési félperiódusa alatt az indukció változása. Ezért a következő félperiódus alatt az I mag még korábban telítődik, mint a II mag az előző félperiódusban. A kimeneti feszültség még inkább megdő stb. A vezérlőáramkörben indukált elektromotoros erő középértéke az éppen működő mag telítődésének pillanatától, tehát a kimeneti feszültség nagy-

ságától is függ. Más szavakkal ez azt jelenti, hogy a kimeneti feszültség kihat a vezérlési félperiódus alatt a magban bekövetkező ΔB_v indukcióváltozásra, és átmeneti (tranzien) folyamatot idéz elő. Kimutatható, hogy a vezérlőáramkörben bizonyos ellenállásérték esetén bekövetkezik egy pillanat, amikor egy pontosan meghatározott nagyságú kimeneti feszültséggel az üzemi és a vezérlési félperiódusban bekövetkező indukcióváltozások újra egyenlő nagyságúak lesznek. Ebben a pillanatban az átmeneti folyamat megszűnik.

Megállapítható tehát, hogy a mágneses erősítőben olyankor jön létre átmeneti (tranzien) folyamat, amikor a vezérlési félperiódusban a mag indukciója nemcsak a vezérlőfeszültség hatására változik, hanem ezenkívül érvényesül az üzemi tekercsekből átindukált, változó nagyságú elektromotoros erő hatása is.

Az a legkisebb érték, amelynél kisebbre a mágneses erősítő készletét már nem lehet csökkenteni, a vezérlési félperiódus hosszától, vagyis a tápfeszültség $T/2$ félperiódusától függ. Ha pl. a mágneses erősítőt az 50 Hz ipari frekvenciájú hálózatról tápláljuk, legfeljebb 0,01 s-ra csökkenthető a készlet. A legkisebb készlet eléréséhez az szükséges, hogy a vezérlési félperiódus ideje alatt a mag indukcióváltozása csak a vezérlőfeszültségtől függjön, és mindig a B_s értékből induljon ki. Az utóbbit rendszerint úgy érjük el, hogy az üzemi félperiódus végére feltétlenül feltöltésbe visszük a „működő” magot. Ez a legkisebb készlet azonban a tápfeszültség félperiódusa és egész periódusa között bármilyen értéket felvehet attól függően, hogy milyen időpontban jelenik meg a vezérlőjel. Az ilyen készletű mágneses erősítőket *gyorsműködésűnek* nevezzük.

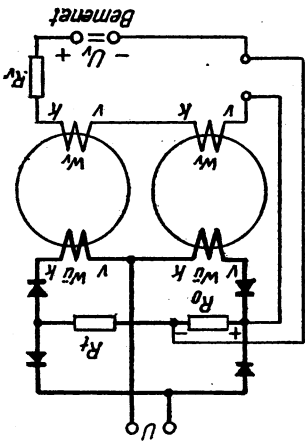
Az ismertetett kapcsolások gyorsműködésűek, ha nagy a vezérlőáramkör ellenállása. A vezérlési félperiódusban bekövetkező indukcióváltozás ui. mindig a B_s feltöltési értékből indul ki, és a vezérlőáramkörben indukált elektromotoros erő nagysága nem befolyásolja a vezérelt mag indukcióváltozását.

A legkisebb készletet többféleképpen érhetjük el

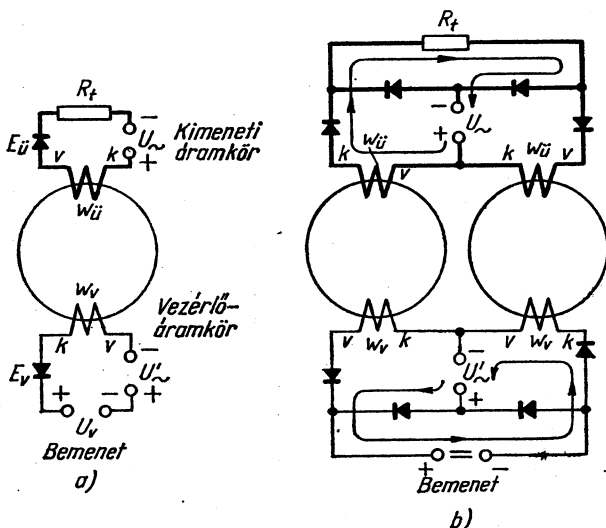
gy, hogy ne kelljen nagy ellenállást beiktatnunk a vezérlőáramkörbe. Lassuk ezeket az eljárásokat. Az üzemi tekercsekben a vezérlőáramkörbe átvitt változó nagyságú elektromotoros erő hatása megszünt, ha az R_1 terheléssel sorbakapcsolunk egy R_0 ellenállást, és az ezen létesülő feszültséget is beiktatjuk a vezérlőáramkörbe (13. ábra). Ennek a feszültségnek pillanatnyi értéke az egyik mag feltöltődésének pillanatáig közel nulla, mert ez idő alatt a terhelésben csupán a jelentéktelen nagyságú mágnesező áram folyik. Az egyik mag feltöltődése után ez a feszültség egyenlő lesz a vezérlőáramkörben indukált elektromotoros erővel, amit R_0 értékenek megfelelő megválasztásával elérünk el. Ily módon ez a feszültség a mag feltöltődése után kezd érvényesülni, amikor az elektromotoros erő nullára csökken.

A jel megjelenését követő első félperiódusban a kimeneti feszültség nem változik, mert a jel csak a vezérelt mag indukcióváltozását befolyásolja. A második félperiódusban a kimeneti feszültség vezérlőjelenek megfelelően megváltozik, de továbbá ΔB_0 változás már nem következik (eltérően a kis ellenállású vezérlőáramkörrel működő mágneses erősítőktől), mivel az R_0 ellenállás-erősített feszültség megszünteti az indukált elektromotoros változó nagyságának a hatását. Ily módon a működő vezérelt magban bekövetkező indukcióváltozások már egy félperiódus múlva egyenlők lesznek, $\Delta B_0 = \Delta B_1$, és a tekercsben a megváltozott vezérlőjelenek megfelelő feszültség jelenik meg.

13. ábra. A gyorsműködésű mágneses erősítő kapcsolási rajza



Most egy olyan kapcsolás működését fogjuk ismertetni, amelynek alapján számos gyorsműködésű erősítő készül. A legegyszerűbb egyfélperiódusú gyorsműködésű erősítő kapcsolási rajza a 14a ábrán látható. Ennek jellegzetessége, hogy a vezérlőáramkörbe (a vezérlőjelen kívül) az U' váltakozófeszültséget is beiktatjuk. A két különböző, U_{\sim} és



14. ábra. Gyorsműködésű mágneses erősítők:
a egyutas kapcsolás; b kétutas kapcsolás

U' váltakozófeszültség beiktatásával és az egyenirányítók révén lehetővé válik, hogy időben különválasszuk az üzemi áramkör működését a vezérlőáramkör működésétől. Tudjuk, hogy azt a félperiódust, mely alatt az üzemi áramkör egyenirányítója vezet, és e kör tápfeszültségének hatására megváltozik a mag indukciója, *üzemi félperiódusnak* nevezzük. A 14a ábrán látható, milyen a feszültségek pillanatnyi polaritása ebben a félperiódusban. E félperiódus alatt az erősítő ugyanúgy működik, mint az 5. ábra szerinti kapcsolású erősítő az üzemi félperiódusban. (Ezen

A további ábrákon is az egy magon levő tekercsek menet-

(azonos).

Hangsúlyoznunk kell, hogy az üzemi felperiodus kez-
den bármekkora legyen is az indukcióérték, az üzemi
felperiodus végére az indukció mindig eléri a pozitív tel-
lekre megfelelő értéket. Ezért a következő, ún. vezérlési
felperiodus kezdetén mindig változatlanul $+B_s$ a magban
levő indukció értéke.

A vezérlőáramkör U_{\sim} tápfeszültsége, amelyet sokszor
ferritfeszültségnek neveznek, az üzemi felperiodusban
tartja az E_v egyenirányítót. Ezért ebben a felperiodusban
vezérlőáram nem folyik át az E_v egyenirányítón. Ezért
nem nyithatja az E_v egyenirányítót. Ezért ebben a felperiodusban
vezérlési felperiodusban ez az E_v egyenirányító az U_{\sim}
feszültség hatására vezetni kezd, míg az E_a
feszültség hatására lezár. Most már
üzemi áramkörben nem folyik át az U_{\sim} feszültség hatására lezár. Most már
üzemi áramkörben nem folyik át az U_{\sim} feszültsége pedig mágnesestelenítmi kezdi a magot.
A vezérlőjel hatására a vezérlési felperiodusban kezd a magot.
Az U_{\sim} tápfeszültséggel ellentétes előjelű U_v
indukcióváltozás. Belátható, hogy mivel nagyobb az
feszültség, annál kisebb a ΔB_v változás, vagyis minél
nagyabbra kerül a vezérlési felperiodus végére a histeré-
sben a munkapont (14. ábra), annál nagyobb lesz az
üzemi felperiodusban folyó áram.

Nyomatékosan rámutatunk a kérdéses kapcsolás mű-
ködésének olyan sajátosságaira, amelyek a gyorsműködésű
erőstők jellemzői, és megkülönböztetik ezt a kapcsolást
közönséges mágneses erőstők kapcsolásaitól. Az üzemi
felperiodusban a vezérlőáramkör nem működik, és a ki-
vált áram csak az U_{\sim} tápfeszültségtől és attól függ,
mikor értéket ér el az előző (vezérlési) felperiodus végén
az indukciója. Azt, hogy a vezérlési felperiodus végére

mekkora értéket ér el a mágneses indukció, csupán a jelfeszültség és az U'_{\sim} referenciafeszültség nagysága szabja meg, a terhelőáramtól ez az érték független. E sajátságok következtében a vezérlőjel megváltozását követő perióduson belül a kimeneti áram feltétlenül eléri az állandósult értéket.

A kétutaskapcsolás (14b ábra) egyszerűen két olyan egyutas kapcsolásból tevődik össze, amelyek ugyanolyan polaritású vezérlőjelre reagálnak. Üzemi és vezérlési félperiódusaik egymáshoz képest egy fél periódussal el vannak tolva, úgyhogy amikor a kapcsolás fele (14b ábra) az üzemi félperiódusban van, a kapcsolás másik felében a vezérlési félperiódus van folyamatban. A 14b ábrán nyílakkal bejelöltük az egyik félperiódusra az üzemi áramkörben és a vezérlőkörben folyó áramok irányát. Ez a kapcsolás éppen olyan gyorsműködésű, mint az egyutas kapcsolás.

Az előzőkben ismertetett erősítőkhöz felhasznált elvek alapján számos gyorsműködésű erősítőkapcsolás állítható össze. Közülük néhányat az ellenütemi mágneses erősítőkre vonatkozó fejezetben fogunk ismertetni.

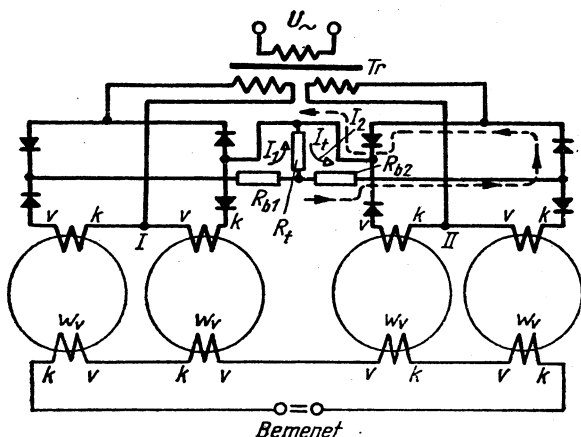
A 15. ábrán olyan ellenütemű mágneses erősítő kap-
 tása látható, amelynek kimenetén váltakozóáramot ka-
 p-
 tunk. Rendszerint ilyen kapcsolást alkalmazunk a kisebb
 teljesítményű (kW-os) automatikus szabályozó berendezések
 és az aszinkron motorjainak szabályozásához. A kap-
 tás mindkét fele a 8. ábrán bemutatott, egészen egy-
 zétlen ütemű mágneses erősítőből áll. A tápfeszültséget
 a IV mag a vezérlési felperiódusban van. A következő
 periódusban az I és a III mag vezérlésben van, és a
 IV működik. A vezérlőjel hatására az egyik együtemű
 erősítő kimenetén megnő az áram (pl. az I₁), a másik egy-
 zétlen erősítő kimenetén árama (I₂) viszont csökken. A kap-
 tás egyik és másik felében, továbbá a terhelésben bekö-
 rözött áramerősségváltozások a 16a, b és c ábrán látha-

**A kimenetén váltakozóáramot szolgáltató
 ellenütemű mágneses erősítők**

Az előző fejezetben az ún. együtemű mágneses erő-
 sítők működését tárgyaltuk. A műszaki gyakorlatban
 azonban sokszor olyan sztatikus jellegű erősítő-
 kielégítésre van szükség, melyeknél a vezérlőjel polaritásának
 változásakor megváltozik a kimeneti feszültség polaritása,
 azaz 180°-kal megváltozik a kimeneti feszültség fázisa.
 Ilyen sztatikus jellegű mágneses erősítőket ellen-
 ütemű mágneses erősítőknak nevezünk.
 A legegyszerűbb ellenütemű mágneses erősítőket
 rendszerint úgy állítjuk össze, hogy az előzőekben isme-
 rtelt együtemű erősítők közül kettőt megfelelően össze-
 kapcsolunk.

3. ELLENÜTEMŰ MÁGNESES ERŐSÍTŐK

tók. A terhelésben ezek az i_1 , i_2 áramok egymással ellentétes irányokban egyidejűleg folynak keresztül. A vezérlőjel polaritásának változásakor az első erősítő i_1 kimeneti árama csökkenni, a második erősítő i_2 kimeneti árama pedig



15. ábra. A kimeneten váltakozóáramot szolgáltató ellenütemű mágneses erősítő kapcsolási rajza

növekedni kezd, az eredő i_t áram viszont 180° -kal megváltoztatja fázisát (16d ábra). Ha a vezérlőjel nulla értékű, a két együtemű erősítő egyenlő nagyságú áramot szolgáltat, úgyhogy a terhelőáram nullával egyenlő.

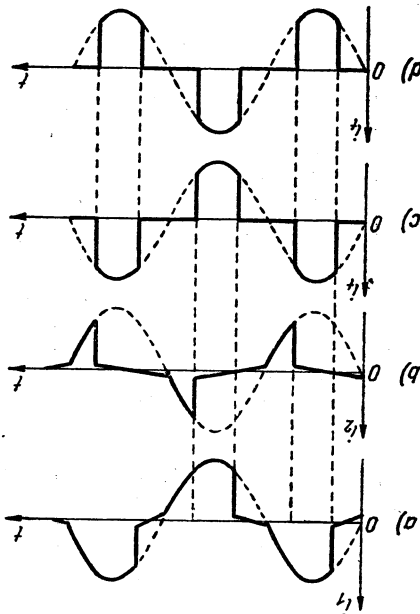
Az ellenütemű mágneses erősítőt — mint már említettük, két együtemű erősítőből oly módon állítjuk össze, hogy a kimeneti áramok egymással ellentétes irányban folyjanak keresztül a terhelésen. A 17. ábrán ezt a körülményt úgy vesszük tekintetbe, hogy az egyes együtemű erősítőkhöz tartozó (A és B) sztatikus jelleggörbéket a tengely két ellentétes oldalán rajzoltuk meg. Az ellenütemű erősítő C sztatikus jelleggörbéjét úgy kapjuk meg, hogy a vezérlőjel különböző értékeihez meghatározzuk az együtemű erősítők megfelelő áramkülönbségeit. Így pl. az

... így kapott sztatikus jellegű görbe sajátossága az
 ... zóna (az e_f szakasz). Ebben a zónában a
 ... és o_e határok között változtatva az erősítő
 ... nem kapunk áramot. Ezen-
 ... ilyen sztatikus jellegű görbe szerint működő erő-
 ... kis vezérlőjelek esetén igen nagyok a tekercs-

... erősítő i_1 kimeneti árama; b a második erősítő i_2 kimeneti árama;
 ... kimeneti jelnek megfelelő i_2 terhelőáram; d negatív kimeneti jel-
 nek megfelelő i_1 terhelőáram

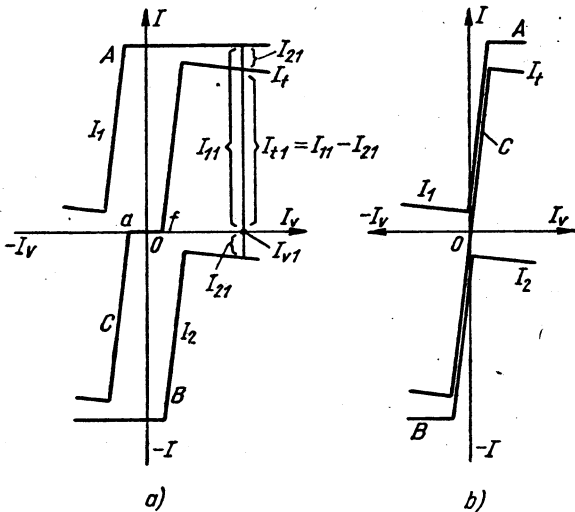
diagramok

Ábra. 15. ábra szerinti mágneses erősítő működését szemléltető



I_{11} vezérlőáramnak (17a ábra) az együttemű erősítő-
 ... I_{21} áramok felelnek meg. A terhelésben
 ... I_{21} áram meghatározásához az I_{21} egyenesdarabot
 ... I_{11} az I_{11} egyenesdaraból.

áramok, ami járulékos melegedést idéz elő. Ezeket a hátrányokat előmágnesezés alkalmazásával szüntethetjük meg. A kezdeti előmágnesezéssel *ui.* az *A* jelleggörbét jobbra, a *B* jelleggörbét pedig balra tolhatjuk el, úgyhogy az ellenütemű erősítő sztatikus jelleggörbéjén ezáltal megszűnik



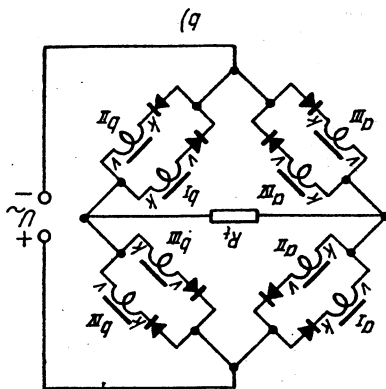
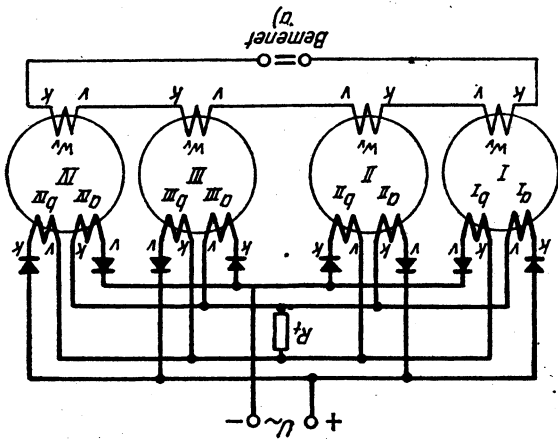
17. ábra. Az ellenütemű mágneses erősítő sztatikus jelleggörbéi különböző előmágnesező áramok esetén

az érzéketlenségi zóna (17b ábra). Az előmágnesezés változtatásával befolyásolni tudjuk e jelleggörbe átlagmerekedségét, ezáltal pedig a mágneses erősítő áramerősítését.

Azt semmiképpen sem érhetjük el, hogy erősítőnkben pontosan egyformák legyenek a mágneses magok, az egyenirányítók és a tekercsek, ezért nehéz volna a vezérlőjel kikapcsolása után nullára állítani a kimeneti áramerősítést. Ezt a hátrányt az előmágnesezés megfelelő beállításával szüntethetjük meg oly módon, hogy az előmágnesezés áramkörébe a 15. ábrának megfelelően beiktatunk egy szabályozóellenállást. A kapcsolás két felében folyó áramok

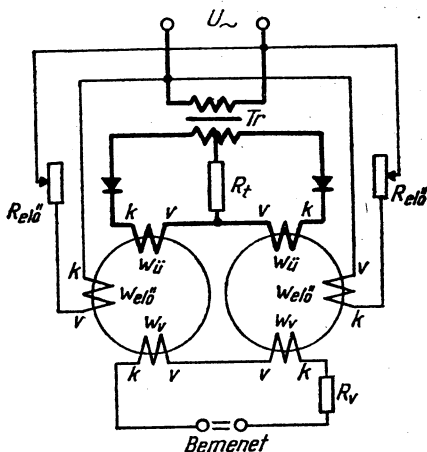
áramát — tehát egyúttal az üzemi tekercsekben folyó áramok áramát — változtatva elérhetjük, hogy vezérlőjel nélkül nulla legyen a terhelés árama.

A 18a ábrán bemutatjuk a váltakozó kimeneti áramú ellenütemű magneses erősítőknél egy bonyolultabb kap-



18. ábra. A kimeneten váltakozóáramot szolgáltatató ellenütemű magneses erősítő kettős hidkapcsolása (a és b)

csolását, az ún. kettős hídkapcsolású erősítőt. Ugyanezt az erősítőt a 18b ábrán még egyszer megrajzoltuk, de itt az üzemi tekercsek bekötését más alakban tüntettük fel, hogy megkönnyítsük az erősítő működésének megértését. E kapcsolás előnye, hogy feleslegessé válik a tápköri transzformátor, aminek következtében sokszor lényegesen csökkenteni lehet a készülék súlyát és méreteit. Az erősítő mindegyik mágneses magjára két-két üzemi tekercset

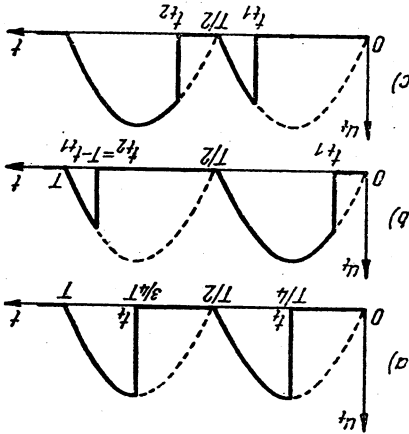


19. ábra. A kimeneten váltakozóáramot szolgáltató, két magot tartalmazó ellenütemű mágneses erősítő kapcsolási rajza

helyezünk (a és b), és ezeket a tekercsokat a hídkapcsolás szemből fekvő ágaiba, az egyenirányítókkal sorba kapcsolva iktatjuk be. Látszólagos bonyolultsága ellenére ez a kapcsolás lényegében ugyanolyan együtemű erősítőkből áll, mint a 15. ábrán látható kapcsolás. Amikor a tápfeszültség polaritása a 18. ábrán feltüntetett előjeleknek felel meg, az I és a IV mag üzemi, a II és a III mag pedig vezérlési félperiódusban van. Pontosan egy félperiódus eltelté után megváltozik a tápfeszültség polaritása, és most a II és a III mag kerül üzemi félperiódusba, az I és a IV

nek az áramoknak a különbségét kapjuk. Ily módon
 nek a kapcsolásnak a működése sok tekintetben meg-
 vezik a 15. ábrán bemutatott kapcsolás működésével.
 A 15. és a 18. ábrán látható ellenütemű mágneses erő-
 stíókat két magot tartalmazó együtemű mágneses erő-
 stíókból állítottuk össze. Az ellenütemű erősítőkben elvileg
 b. ábrán bemutatott kapcsolás is felhasználható. Egy
 megoldás a 19. ábrán látható. Ezt úgy állítottuk
 meg, hogy az egyik félperiódus alatt a kapcsolás egyik fele,
 a másik félperiódus alatt pedig a kapcsolás másik fele
 működik.

20. ábra. A 19. ábra szerinti erősítő
 terhelésen levő feszültség diagramjai:
 feszültséggel; c negatív vezérlőfeszültséggel
 feszültséggel; b pozitív vezérlő-
 feszültséggel; c negatív vezérlőfeszültséggel



mag pedig vezérlési félperiódusba. Ha egy bizonyos pola-
 rítási vezérlőjel hatására az I és II mag üzemi teker-
 cseiben növekszik, a III és a IV mag üzemi tekereseiben
 pedig csökken az áram, a vezérlőjel polaritásának válto-
 zása után fordított lesz a helyzet. Az R_1 terhelésben mindig

vezérlőjel, a terhelésben egyen- és váltakozóáramú összetevőt tartalmazó lüktetőáram folyik. Ennek az áramnak egyenáramú összetevőjét az előmágnesezéssel módosíthatjuk oly módon, hogy megváltoztatjuk a t_1 telítődési pillanatot (ennek az utóbbinak az értékét rendszerint $T/4$ -re állítjuk be). A váltakozóáramú összetevő nem tartalmazza a mágneses erősítő tápfeszültségének a frekvenciáját, csupán annak felharmonikusait (l. 20a ábrát). Ha azonban bekapcsoljuk a vezérlőjelet, a kimeneti feszültségben megjelenik a tápforrás frekvenciája, viszont az egyenáramú összetevő nagysága változatlan marad (20b ábra). A vezérlőjel polaritásának változásakor 180° -kal megváltozik a tápforrás frekvenciájának megfelelő váltakozóáramú összetevő fázisa (20c ábra). Ilyen kapcsolásokat főképpen a kétfázisú aszinkron motorok szabályozásához használunk. A váltakozóáramú összetevő szolgáltatja ilyenkor a forgatónyomatékat, az egyenáramú összetevő pedig hatásos dinamikus fékezést biztosít a vezérlőjel megszűnésekor.

Az ilyen két mágneses magot tartalmazó kapcsolás több változatban építhető meg, és legnagyobb előnye, hogy egyszerű felépítésű, ezenkívül kevés elemből (mágneses magból és egyenirányítóból) áll. Van azonban számos lényeges hátránya is, főképpen az, hogy kisebb erősítést idéz elő, mint a négy mágneses magot tartalmazó kapcsolások.

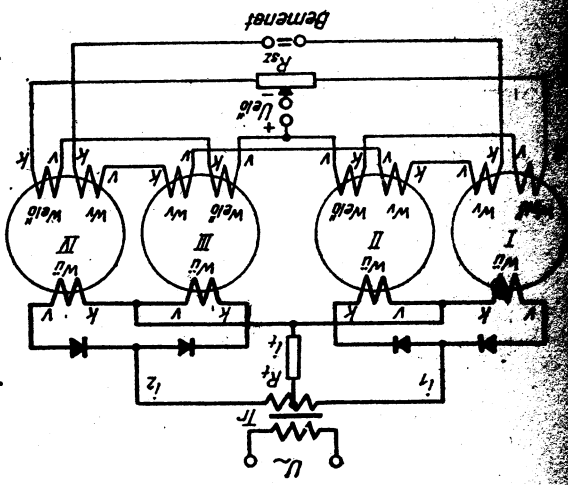
A kimeneten egyenáramot szolgáltató ellenütemű mágneses erősítők

A kimeneten egyenáramot szolgáltató ellenütemű mágneses erősítőt nem lehet minden áramköri változtatás nélkül egyszerűen csak két egyenáramú együtemű erősítő összekapcsolásával megépíteni. Hogy ezt megértsük, figyeljük meg az egyenáramú kimenettel bíró ellenütemű mágneses erősítő kapcsolását (21. ábra).

Ha az erősítő bemenetére nem kapcsolunk vezérlőjelet, az I_1 egyenirányított áram egyenlő az I_2 egyenirányí-

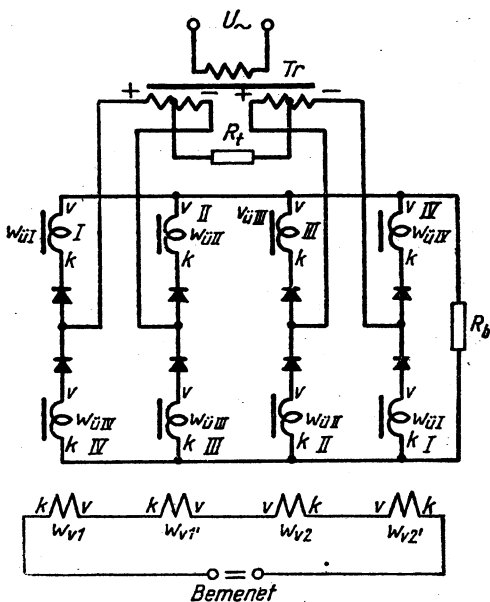
keresztül zárna, tehát nem folya keresztül a szaggatott vonallal kihuzot nyilat a 21. klaszliképpen az I_2 egyenirányított áram is rész- erőtön keresztül zárna. Ezért $R_{k1} = R_{k2} = 0$ terhelesen folyó áram sokkal kisebb lehet, mint az üzemi tekercseiben folyó áramok közepértéké- sége. E hátrány megszüntetésére az együttemű áramkörbe iktatjuk az R_1 terhelőellenállás több- megfelelő nagyságu R_{k1} , ill. R_{k2} korlátozóellen- lny módon az I_1 áram lényegében a terhelesen- töltölni, és csak jelentéktelen része ágazik le a

Ábra. A kimeneten egyenáramot szolgáltató ellen- itemű mágneses erősítő kapcsolási rajza



Árammal, tehát a terhelesen $I_1 = I_1 - I_2 = 0$. A ve- bekapcsolásakor pl. az I együttemű erősítő kime- zama megnő, a II erősítő kimeneti árama pedig , úgyhogy az R_1 terhelesen a két áram különbsége- megfelelő $I_1 = I_1 - I_2$ áram folyik. Az R_{k2} korlátozó- mások nélkül az I_1 egyenáram egy része a második

második erősítőbe. Ugyanígy az I_2 áram sem folyik át az első erősítőn. Ennek következtében jelentős mértékben megnő a terhelés árama. Csakhogy most az I_1 áram nemcsak az R_1 terhelőellenálláson folyik keresztül, hanem az



22. ábra. A kimeneten egyenáramot szolgáltatató, megnövelt hatásfokú ellenütemű mágneses erősítő kapcsolási rajza

R_{k1} korlátozóellenálláson is, az I_2 áram pedig ennek megfelelően az R_{k2} ellenálláson is keresztül folyik, úgyhogy a korlátozóellenállások nagy teljesítményt vesznek fel. Mivel ez a teljesítmény nem jut a terhelésbe, az ilyen erősítők hatásfoka nagyon kicsi.

A számítások szerint az ilyen korlátozóellenállások esetén az erősítő hatásfoka nem lehet nagyobb 17%-nál, ami szűkebb körre korlátozza ezeknek az erősítőknek az

alkalmazási területét (21. ábra). Ilyen erősítők csak kisebb teljesítményekhez, főképpen mérőáramkörökben használatók, amikor is a hatások nem jelentős tényező. A kimenetükön egyenáramot szolgáltató ellenütemű erősítők hatásoknak növelésére a 22. ábrán látható kapcsolást alkalmazzuk.

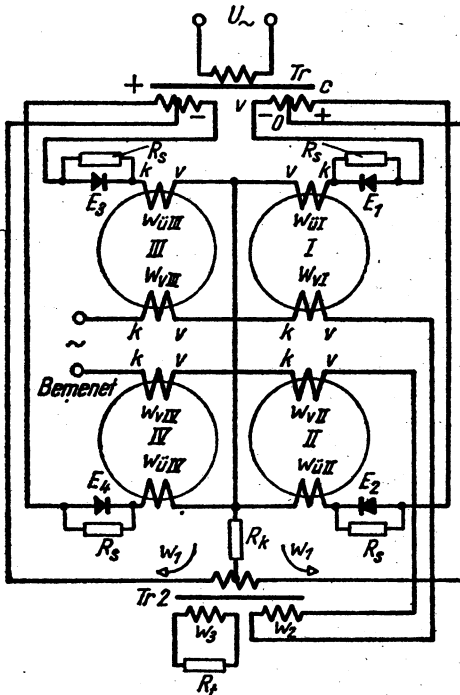
Az erősítőkácsolás négy (I, II, III és IV) mágneses magot tartalmaz, és mindéglyik magon két- két üzemi tekercs van elhelyezve. A közös magon levő tekercseket azonos indexekkel jelöltük meg (22. ábra). Az erősítőt tápláló transzformátornak két középleágazású szekunder tekercse van. Az egyik félperiódusban az I és a III, a másik félperiódusban a II és a IV mag működik. A tápesszűrités polaritását a 22. ábrán arra az esetre tüntettük fel, amikor az I és a III mag üzemi félperiódusban, a II és a IV mag pedig vezérlési félperiódusban van. Mindéglyik félperiódusban a terhelésen vagy az I és a III, vagy a II és a IV mag üzemi tekercseiben folyó áramok különbsége folyik keresztül. A kapcsolás helyes működése céljából a korlátozó-ellenállásnak meg kell egyeznie a terhelőellenállással, vagyis $R_p = R_l$ értéket kell beállítanunk. Ha az egyenáramnyitókkal és az üzemi tekercsekkel előidézett veszteségeket elhanyagoljuk, a kapcsolás hatásfoka 50%, mivel a teljesítmény felet veszítjük el a korlátozóellenállásban. A gyakorlatban ez az érték nem nagyobb 30—40%-nál.

GYORSMŰKÖDÉSŰ ELLENÜTEMŰ MÁGNESES ERŐSTÖK

A gyorsműködésű együtemű erősítők ismertettét szerkesztési elvünk felhasználásával (1. a 2. fejezetben) gyorsműködésű ellenütemű mágneses erősítőket is építhetünk (23. ábra).

A 23. ábrán bemutatott erősítő négy mágneses magot tartalmaz. Az üzemi áramköröket a két szekunder tekercs-csel ellátott Tr transzformátortól tápláljuk. Ezekben az áramkörökben az egyenáramú tekercs úgy vannak elhelyezve, hogy a feltüntetett polaritás esetén a II és a IV mag

üzemi félperiódusban, az *I* és a *III* mag pedig vezérlési félperiódusban van. Pl. a *II* mag üzemi tekercsének áramköre ebben a félperiódusban a következő: c , E_2 , w_{II} , R_k , w_1 és 0 .



23. ábra. A kimeneten váltakozóáramot szolgáltató gyorsműködésű, ellenütemű mágneses erősítő kapcsolási rajza

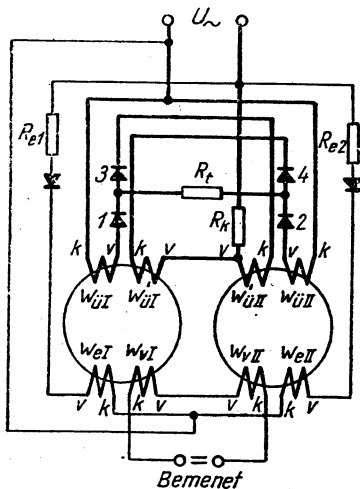
A terhelést ebben az erősítőben transzformátoron keresztül csatlakoztatjuk. Az előmágnesezést az üzemi áramkörökben levő egyenirányítók söntölésével érjük el. Az egyenirányítókat söntölő R_s ellenállásokat úgy kell megválasztani, hogy a vezérlőjel szüneteiben a magok mágne-

ses indukciója a vezérlési felperiodusban nullára csökken-
 jen, amikor is ezeknek a magoknak a t tellődési ideje az
 üzemi felperiodusban $T/4$. Ha tehát nincsen vezérlőjel,
 a „müködő” magok (II és IV vagy I és III) minden egyes
 felperiodusban $t = T/4$ idő múlva egyidejűleg tellődnek,
 a $T/2$ transzformátor w_1 tekercsében egyenlő nagyságu,
 de ellenértés irányu áramok folynak, a w_3 tekercsben levő
 feszültség pedig nulla értékű. A vezérlőtekercseket úgy
 kötjük be, hogy amikor a vezérlőjel nulla értékű, az üzemi
 tekercsekben a vezérlőáramkörbe transzformált elektro-
 motoros erők kölcsönösen kioltásuk egymást, és ne idézzenek
 elő további változásokat a vezérlési felperiodusban levő
 magok mágneses indukciójában. A vezérlőjel szünetében
 ezekben a magokban csupán az üzemi áramkörök — az R_s
 sőtőlő ellenállással — idéznek elő indukcióváltozást. A
 vezérlési felperiodusban levő, pl. az I mag üzemi tekercse-
 nek áramköre a következő: $0, w_1, R_r, w_{u1}, R_s, k$.

A vezérlőjel megjelenésekor az egyik (pl. a II) mag-
 ban kisebb, a másik (IV) magban pedig nagyobb értékre
 változik meg az indukció. Ezért a következő üzemi fel-
 periodusban a II mag előbb tellődik. Tellődése után
 feszültség jut a terhelésre. A IV mag tellítése után újra
 nullára csökken a terhelésen levő feszültség. Ily módon a
 terhelésre vezetett kimeneti feszültség impulzus-jellegu, és
 időtartama a vezérlőjel nagyságától függ (16c ábra). Ha a
 vezérlőfeszültség fázisát 180° -kal változtatjuk, a kimeneti
 feszültség fázisa is megváltozik 180° -kal (16d ábra).

Vezérlőjel jelenlétében a „müködő” magok vezérlő-
 tekercsein levő feszültségek már nem egyenlített ki egymást
 (a magok különböző ideig transzformálnak elektromotoros
 erőt a vezérlőáramkörbe), tehát befolyásolhatják a vezérlő
 magok indukcióváltozását. Ezért a vezérlőkörben járulékos
 feszültség indukálódik a $T/2$ transzformátor w_3 tekercse-
 ről. Ez a feszültség hasonló a 12. ábra szerinti együttemű
 erősítőben indukált feszültséghez. Amíg az egyik mag sem
 tellődik, a w_3 tekercs feszültsége nulla. Miután az egyik,
 például a II mag már tellődött, egy feszültségimpulzus
 jelenik meg a $T/2$ transzformátor primer tekercsének egyik

felén, tehát feszültséget kap ugyanennek a transzformátor-nak a w_2 tekercse is. Ez a feszültség olyan nagyságú és fázisú, hogy teljesen kompenzálja a vezérlőáramkörbe transzformált feszültségek különbségét, és megakadályozza a vezérelt magok indukcióváltozásában a kimeneti feszültség hatását.



24. ábra. Gyorsműködésű, ellen-
ütemű mágneses erősítő két maggal

A gyorsműködésű ellenütemű erősítőre további példaként megemlítjük az egyutas kimenetű hídkapcsolású erősítőt (24. ábra). Egyszerűségénél fogva ezt a kapcsolást viszonylag széles körben alkalmazzák.

A két mag üzemi tekercsei sorba vannak kapcsolva a hídkapcsolású egyenirányítókval.

w_{uI} és w'_{uI} az egyik mag, w_{uII} és w'_{uII} pedig a másik mag üzemi tekercsei. w_{eI} és w_{eII} az első, ill. a második mag előmagnesező tekercse (az előmagnesezés az egyenirányítók söntölésével is

megvalósítható). A szükséges előmagnesezés nagyságát az előmagnesező tekercsek áramkörében levő R_{e1} , ill. R_{e2} előtétellenállással lehet beállítani. Ezt az értéket rendszerint úgy választjuk meg, hogy amikor nincsen vezérlőjel, a vezérlési félperiódusban mindkét mag mágneses indukciójának változása B_s -sel legyen egyenlő. Ebben az esetben a vezérlési félperiódus alatt a magok telítődési ideje $T/4$ lesz. A w_{vI} és a w_{vII} tekercs ugyanennek a két magnak a vezérlőtekercse. A vezérlőjel az egyik magban növeli, a másikban pedig csökkenti a telítődési időt. Az üzemi félperiódusban (melyre a pillanatnyi polaritást a 24. ábrán bejelöltük) az üzemi tekercsek mind-

egyik (1, 2, 3, 4) egyenirányítója átvezet, és amíg a magok nem telítődnek, a hid egyensúlyban van. A terhelésben nem folyik áram. Az egyik mag telítődése után megszűnik a hid egyensúlya, úgyhogy a terhelésben áram indul meg. A második mag telítődése után a hid újra egyensúlyba kerül. Ekkor megszakad a terhelőáram. Mindkét magnetitódése esetén jelentős mértékben nőhet az üzemi teker- cseken keresztülfolyó áram. Ezért a kapcsolásba beiktatunk egy R_k korlátozóellenállást, és ennek értékét úgy választjuk meg, hogy egyenlő legyen a terhelőellenállással. A terhelőáram közepértéke annál nagyobb, mennyel nagyobb az első és a második mag telítődési pillanata közötti különbség, vagyis mennyel nagyobb a vezérlőjel. A terhelőáram irányát a magok telítődésének sorrendje, vagyis a vezérlőjel polaritása szabja meg. A kapcsolás ugyanúgy működik akkor is, ha a vezérlőáramkörben olyan váltakozó-áram folyik, amelynek frekvenciája megegyezik a tápfeszültség frekvenciájával. Az ilyen erősítők késleltetési ideje a vezérlőjel változásának pillanatától függően egy félperiódus és egy egész periódus között lehet.

4. TÖBBFOKOZATÚ MÁGNESES ERŐSÍTŐK

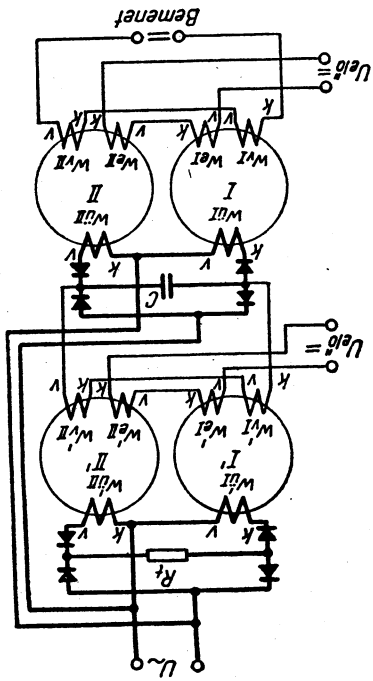
A mágneses erősítők alkalmazásával kapcsolatban igen gyakran előfordulhat, hogy az adott műszaki követelmények egyetlen mágneses erősítővel nem elégíthetők ki. Ilyenkor sokszor azt csináljuk, hogy az egyik erősítő kimenetéről kapott feszültséget egy másik erősítő bemenetére vezetjük. Az erősítőknek így módon való összekötését *kaszkádkapcsolásnak* nevezzük, és az egyes erősítők ilyenkor a *kaszkádkapcsolás fokozatai*. Többfokozatú erősítőket főképpen olyankor alkalmazunk, amikor egyfokozatú erősítővel nem érhetjük el a kívánt erősítést, vagy amikor az adott erősítési tényező megtartásával lényegesen csökkentenünk kell az erősítő tehetetlenségét.

A többfokozatú erősítő erősítési tényezőjét az egyes erősítőfokozatok erősítési tényezőinek szorzata, a teljes késleltetést pedig az egyes fokozatok késleltetésének összege adja meg. Ezért a kaszkádkapcsolással viszonylag kis késleltetésnövekedés árán jelentős mértékben megnövelhető az erősítési tényező.

Ha az erősítő bemenetére vezetett jel polaritásának megváltozásakor a kimeneti jel polaritásának nem kell megváltoznia, az egyes fokozatok mind együtemű erősítők lehetnek. Egy kétfokozatú mágneses erősítő kapcsolási rajza a 25. ábrán látható. Ennek egyes fokozataiban a 9b ábra szerinti kapcsolást használtuk fel. Az első fokozat kimenetét söntöljük egy C kondenzátorral. Ha ez a kondenzátor nem volna, a második fokozat vezérlőkörében indukált elektromotoros erőt egyenirányíthatnák az első fokozat egyenirányítói, ami akadályozná az erősítő működését. A kondenzátor feladata ennek a feszültségnek a kiszűrése.

Nagyon sok esetben az a követelmény, hogy a vezérlő-

feszültség polaritásának megváltozásakor változzék meg a kimeneti feszültség polaritása (vagy fázisa).
 Kisebb (legfeljebb néhányszor tíz watt) teljesítmény esetén erre a célra egyutas gyorsműködésű mágneses erő-



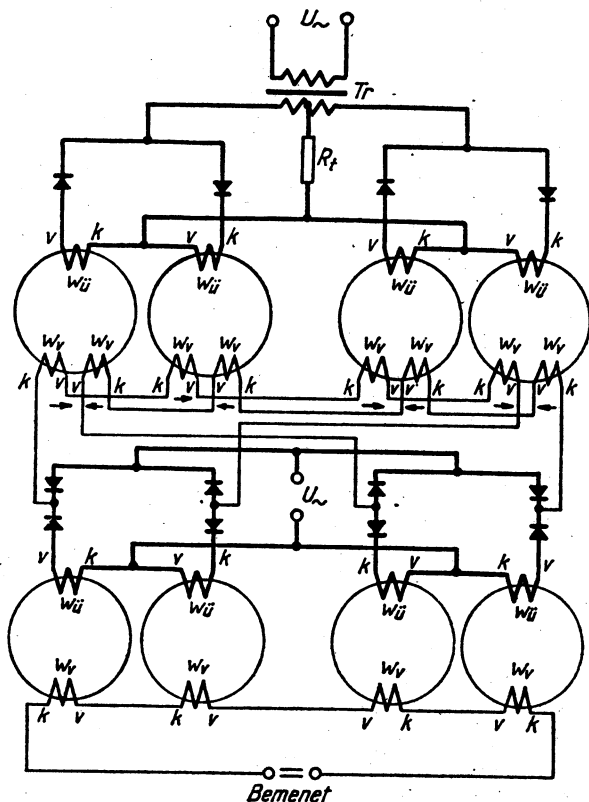
25. ábra. Kétfokozatú mágneses erő-
 sítő kapcsolási rajza

is nagyobb teljesítményerősítést érjünk el, ugyanakkor viszont a késleltetés ne haladjon meg a tápfeszültség felperiódusának néhányzorosát.

A 100 W-nál nagyobb teljesítményű ellenütemű többfokozatú erősítők esetében elsősorban a 26. ábra szerinti kapcsolás jön számításba. Itt az első fokozatban nem kor-

szártsák ajánlatos alkalmazni (24. ábra). Ezek több szempontból előnyösek: kicsi a késleltetési idejük, könnyen kaszkádba kapcsolhatók, egyszerű a beállításuk stb. Az elrendezés olyan, hogy a második fokozat vezérlőtekercsét minden további áramkörülembeiktatása nélkül az előző fokozat terheléseként használhatjuk. A kapcsolás normalműködéséhez az szükséges, hogy az előző fokozat üzemi felperiódusa a következő fokozat vezérlési periódusa legyen. A kérdéses kapcsolás többfokozatú összekapcsolásának egyszerűsége lehetőséget tesz, hogy már három-négy fokozattal milliósorozos vagy ennél nagyobb teljesítményerősítést érjünk el, ugyanakkor ismét a késleltetés ne haladjon meg a tápfeszültség felperiódusának néhányzorosát.

látozóellenállásokkal ellátott ellenütemű mágneses erősítőket, hanem ehelyett egyszerű együtemű erősítőket alkalmazunk. és ezeket a második fokozat két különálló vezérlőtekercséhez csatlakoztatjuk. A következő fokozatok együtemű mágneses erősítőiben két-két vezérlőtekerecs van elhelyezve oly módon, hogy közülük az egyiket az első csatorna, a másikat pedig a második csatorna együtemű mágneses erősítője táplálja. Ha az első fokozat bemenetén



26. ábra. Kétfokozatú ellenütemű mágneses erősítő kapcsolási rajza

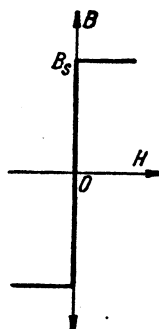
nincsen jel, a két tekercsben egyenlő nagyságú, de ellen-
tétes irányú áramok folynak. Ezért a következő fokozat
eredő vezérlőjele nulla-értékű. A bemeneti jel bekapcsola-
sakor ezek az áramok eltérnek egymástól, aminek követ-
keztében vezérlőjelet kapunk a következő fokozat vezérli-
tekercsében. Ennek a jelnek az iránya az első fokozat
bemeneti jelfeszültségének a polaritásától függ. Az ilyen
erősítők kimeneti fokozatai a terheléstől függően a leg-
különbözőbb kapcsolásuak lehetnek. Ilyen megoldás esetén
az egész készülék hatástokba nagyobb lesz, mint abban az
esetben, amikor az egész kapcsolás csak egyenáramú ki-
meneti ellenütemű erősítőkből tevődik össze.

5. A MÁGNESES ERŐSÍTŐK SZERKEZETI FELÉPÍTÉSÉNEK NÉHÁNY SAJÁTSÁGA

Mágneses anyagok

A mágneses erősítőkből felhasználandó mágneses anyagok megválasztását számos tényező befolyásolja: a terhelőteljesítmény, a bemeneti jelteljesítmény, a szükséges erősítési tényező, az áramszabályozási tartomány, az anyagok ára, a megmunkálási technológia, az erősítő üzemi viszonyai, a gyártandó erősítők mennyisége stb. Az ipar számos olyan lágy mágneses anyagot hoz forgalomba, amely jól felhasználható a különböző típusú erősítőkből. Ideálisnak tekinthető a mágneses erősítők szempontjából az a maganyag, amelynek szögletes a histerézisgörbéje, és végtelen kicsi a koercitív ereje (27. ábra).

A mágneses anyagok a különböző irányokban esetleg nem egyformán mágnesezhetők. Egyes ilyen anyagokban ún. könnyű és nehéz mágnesezési irány tapasztalható. Ez a tulajdonság a különleges megmunkálás követke-



27. ábra. Az ideális mágneses anyag histerézisgörbéje

ménye. Az ilyen anyagokat *irányított szemcseszerkezetű* mágneses anyagoknak nevezzük. Az irányított szemcseszerkezet kedvezően befolyásolja az anyag mágneses tulajdonságait: megnöveli a telítési indukciót, csökkenti a koercitív erőt stb. Példaképpen a 28. ábrán bemutatjuk az 50 HII típusú szovjet irányított szemcsésű (1) és nem irányított szemcsésű (2) ötvözet histerézisgörbéjét. Az irányított szemcseszerkezetű anyagok tulajdonságainak teljes kihasználásához a magot úgy kell elkészíteni, hogy a mágneses fluxus iránya egybeessék a könnyű mágnesezési iránnyal.

A vegyi összetétel szempontjából az erősítőkből felhasználható mágneses anya-

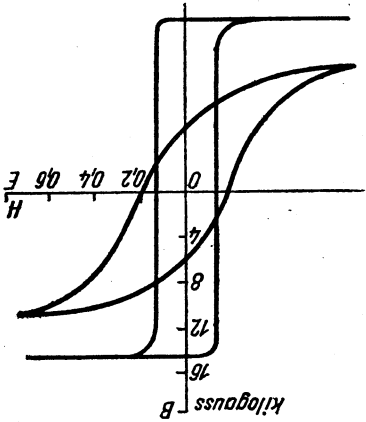
gok két főcsoportra, vas—szilícium ötvözetekre és vas—nikkel ötvözetekre oszthatók. Utóbbiak egyes esetekben krómot, molybdént vagy más ötvözőelemeket is tartal-

maznak. A vas—nikkel ötvözeteket permalloyok-nak is nevezzük. Egyes szövet gyártmányu mágneses anyagok fontosabb jellemzőit a táblázatban közöljük.

Az elektrotechnikai

acélokat (transzformátor-
lennyezket) nagy tellitési
induciójuk miatt több-
nyire a nagy teljesítme-
nyű mágneses erősítők-
ben használjuk. A hide-
gen hengereit lemezek a
hengeres irányában
könyvebben mágnesesze-
tek, és az ezeknek fel-
használásával készített
mágneses erősítők 30...

28. ábra. Irányított szemcseszerke-
zeti (1) és nem irányított szemcsé-
szerkezetű (2) vas—nikkel ötvözet
hiszterezisgörbéje



A szinten merőleges hiszterezisgörbéjű 65 HII ötvözet
irányított szemcseszerkezetét úgy állították elő, hogy az
anyagot mágneses térben hőkezelték. A könnyű mágnesesze-
si irányt ebben az esetben a mágneses térerősség iránya
szabja meg. 50 HII és 65 HII ötvözetből olyan erősítők

kat tartalmazó erősítők.
Az 50 HII ötvözet a kristályosan irányított szemcsé-
szerkezetű ötvözetekhez tartozik (az irányított szemcsé-
szerkezetet a hideghengeres során nagy nyomással érik
el). Ennek a merőleges hiszterezisgörbéjű ötvözetnek az a
sajátossága, hogy a sávok síkjában két könnyű mágnesé-
zési irány van: az egyik párhuzamos a hengeres irányával,

50%-kal kisebb súlyúak lehetnek, mint az ugyanilyen
felépítésű, de közönséges transzformátorlemez mago-

Szovjet gyártmányú mágneses anyagok fontosabb jellemzői

Az ötvözet jele	Telítési indukció, gauss	Legnagyobb permeabilitás gauss/oersted	Fajlagos villamos ellenállás $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	Koercitív erő, oersted	Merőlegességi tényező
Э-41	14 000	6 000	0,58	0,45...0,5	—
Э-310...Э-370	17 000	25 000	0,5	0,15...0,2	—
50 НП	15 000	30 000	0,45	0,15	0,85
65 НП	13 000	100 000	0,3	0,1	0,9
80 HXC	7 000	120 000	0,65	0,02	0,5
79 HM	7 500	100 000	0,55	0,03	—
79 HMA	7 500	200 000	0,56	0,02	—

magjai készülnek, amelyeknek teljesítménye néhány száz watt lehet, és amelyeknek szigorú minőségi követelményeket kell kielégíteniök.

A 80 HXC, 79 HM és 79 HMA ötvözetet nagyerősítési tényezőjű, kis teljesítményű mágneses erősítőkben alkalmazták. Azt a kérdést, hogy egy bizonyos típusú erősítőben milyen mágneses anyagot célszerű felhasználni, nem lehet mindig egyértelműen eldönteni. Ezért az ötvözet megválasztása során a műszaki adatokon kívül a gazdasági szempontokat is figyelembe kell venni.

A mágneses erősítőkben alkalmazott magok szerkezeti felépítése

A mágneses erősítőkben különböző típusú magok alkalmazhatók. Közülük a legszokásosabbak a gyűrű alakúak (sajtolt lemezekből összeszerelve vagy szalagból megtekercselve; 29a ábra). E alakúak (átlapolatlan egymásra helyezett lemezekből; 29b ábra és keresztülvágott középső oszloppal; 29c ábra) és az U alakúak (29d ábra).

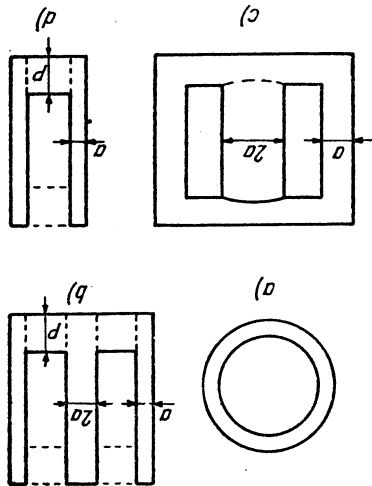
A mágneses erősítők magjait úgy kell megalkotni, hogy az anyag mágneses tulajdonságait teljes mértékben ki lehessen használni, az erősítő minél kevesebbet ke-
rüljön, a gyártás minél egyszerűbb legyen stb.

A magok mágneses tulajdonságában az anyagtulaj-
donságokhoz képest lenyeges romlást előidéző tényezők
közül a legfontosabbak:

a mágneses körben lévő
légrés, a mágneses kör
egy-
egy-
netlen mágnesesödése, a
magban összeszereléskor
vagy üzem közben fel-
lépő mechanikai feszül-
ségek, a mágneses kör
egy-
egy-
szakaszában a
könnyű mágneses
irány és a mágneses flu-
xus iránya között mu-
tatózó lenyegesebb elte-
rés.

Az esetleges légrések
lenyegesen romlják a ma-
gok mágneses tulajdon-
ságait, különösen ha ki-
tűnő minőségű anyagok-
ból készített, kisméretű
mágoiról van szó. A leg-
kedvezőbb szerkezetű
mag ebből a szempont-
ból a gyűrű alakú sajtol-
lémezkeből összeállított toroid és a tekercselt gyűrűs mag,
mely utóbbi mindössze egyetlen légrést tartalmaz, viszont
ez gyakorlatilag alig befolyásolja a mag mágneses tulaj-

A lémezkeből összeszerelt gyűrű alakú magoknak sok
lenyeges hátrányuk van; közülük a legfontosabb, hogy a
gyártásuk kedvezőtlen (a gyűrűs lemezek kisorsolásokor



29. ábra. A mágneses erősítők fon-
tosabb magtípusai:
a gyűrű alakú mag (tekercselve vagy
lémezkeből összeállítva); b E alakú
lémezkeből átlapolással összeállított
mag; c köpenymag; d U alakú lemezek-
ből összeállított mag

sok a hulladék, nehézségeket okoz a szigetelőbevonat automatikus felvitele a hőkezelés előtt, nehézkes a magok összeszerelése). Az ilyen magokhoz fel lehet használni nem irányított szemcseszerkezetű anyagokat is. A tömeggyártásban leggazdaságosabbak a tekercselt gyűrűs magok. Ez utóbbiakat főképpen a kis amplitudójú jelek felerősítésére szolgáló mágneses erősítőkben alkalmazzák. Az ilyen magok a mechanikai feszültségekre nagyon érzékeny vas—nikkel ötvözetekből készülnek, ezért a magot védőburába szokás helyezni. Ha az erősítőt üzem közben rázóhatások érik, a védőburát megfelelő kiöntőmasszával töltik ki.

Nem mindig célszerű a tekercselt gyűrűs magok alkalmazása. Így pl. a nagy teljesítményű erősítők előállításához — amikor is az üzemi tekercs nagy keresztmetszetű huzalból készül — nehézkes volna a gyűrűs magokhoz alkalmas tekercselőgépek alkalmazása, úgyhogy ilyenkor át kell térni az U vagy E alakú magokra. A mágneses erősítőkben nagyon elterjedten alkalmazzák ezeket az U és E alakú lemezeket, bár a gyártás ilyenkor több szempontból hátrányos, és nehezen automatizálható. Az E és U alakú magok alkalmazása esetén a lemezeket átlapolva szerelik össze oly módon, hogy a réseket a szomszédos lemezekkel átfedik. Ily módon a mágneses fluxus nagy része nem a légréseken, hanem a lemezekeken keresztül zárul, aminek következtében a légrések kisebb mértékben befolyásolják a mag mágneses tulajdonságait. Ennek ellenére az ilyen magok nem lehetnek olyan kedvezők, mint a gyűrű alakúak, mert a lemezek az illesztési helyek környezetében előbb telítődnek. E hátrány kiküszöbölésére az E és U alakú lemezekhez vastagabb jármot lehet alkalmazni. A járom magasságát ilyenkor rendszerint úgy célszerű megválasztani (29b és d ábra), hogy a szélső oszlopok a szélességének kétszerese legyen.

Az E és az U alakú lemezekből összeállított magok esetében a mágneses erősítő abban az esetben működik kedvezően, ha a lemezek nem irányított szemcseszerkezetűek, vagy pedig a lemezek síkjában két, egymásra merőleges könnyű mágnesezési irány van. Egyetlen könnyű

mágnesezési irányú anyag alkalmazása esetén gondoskodni kell arról, hogy az átdelemezben a hengerlés iránya meg-
egyezzen a mágneses fluxus irányával.

A mágneses erőstők tekercselése

A magokon levő tekercsek bekötésének módja és elhelyezése a mágneses erőstő működési jellemzőin kívül annak egyes szerkezeti paramétereit is befolyásolja.

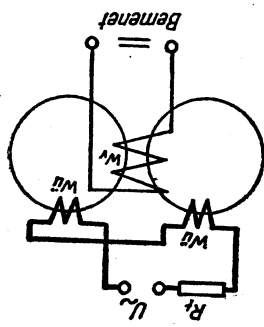
Bármilyen kapcsolás alkalmazása esetén az üzemi te-
kercsüket általában úgy szokás összekötni, hogy a vezérlő-
tekercsben ne indukálódjék alapfrekvenciájú elektromo-
toros erő.

A két magot tartalmazó erőstőkben e követelmény
kiegértésére a vezérlőtekercsrel kapcsolódó váltakozó mag-
neses fluxusok egyenlő nagysá-
gúak és ellentétes irányúak (30.

ábra).
Ha a mágneses erőstő két
magja F alakú lemezekből áll, az
üzemi tekercsüket a középső osz-
lopokon helyezzzük el, a vezérlő-
tekercsrel és az előmágnesező te-
kercssel pedig körülvevesszük mind-
két középső oszlopot (31a ábra).
Két U alakú mag alkalmazása
esetén a tekercsek rendszerint a
31b ábra szerint helyezkednek el
a magokon.

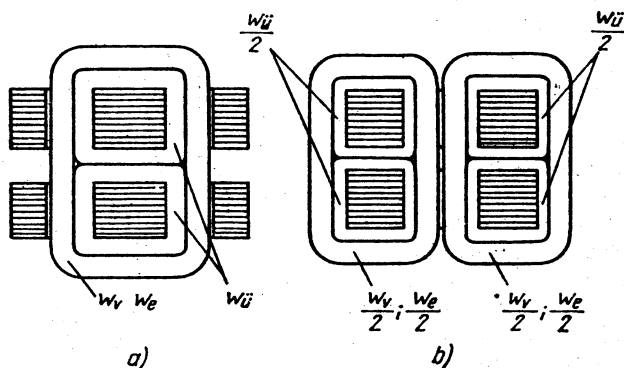
A mindkét magot körülvevő
közös vezérlőtekercsekkel csök-
kenteni lehet az erőstő méreteit és súlyát, a rezszük-
ségletet és a tekercsvesztésegeket. Ezenkívül ebben az
esetben lényegesen enyhébbek a tekercsek szigetelésé-
vel kapcsolatos követelmények. Ha a vezérlőtekercsüket
külön-külön helyezzzük el az egyes magokon, a bennük
indukált elektromotoros erő igen nagy (több száz voltos)
értéket érhet el, úgyhogy ilyenkor jobban kell szigetelni a

30. ábra. Közös vezérlő-
tekercsű mágneses erőstő
kapcsolási rajza



tekercseket. A nagyobb teljesítményű erősítőkben többnyire különálló vezérlőtekercseket alkalmazunk, mert a közös tekercsek kedvezőtlenül befolyásolják a hűtési viszonyokat. Ilyenkor a vezérlőtekercsben indukált elektromotoros erő csökkentése végett ezt a tekercset a 32. ábra szerint több részre oszthatjuk. Ezzel a bekötési móddal n -edrészre csökkenthetjük az egyes tekercsrészek legnagyobb feszültségét (n a több részre osztott vezérlőtekercs részeinek a száma).

A tekercsek jó vagy rossz elkészítése lényegesen befolyásolja az erősítő működését. A tekercsek szigetelésének megsérülése esetén zárlatok keletkezhetnek a menetekben, aminek következtében az erősítő nagyobb mértékben melegszik, megnő a tehetetlensége stb. Ezért a gyűrű alakú



31. ábra. A mágneses erősítő tekercseinek elhelyezése (felülnézet):
a E-típusú magon; b U alakú magon

magok tekercseléséhez nem ajánlatos zománczott huzalt használni, mert a többszörös hajtogatás következtében megnő a zománcszigetelés pontszerű sérüléseinek a száma, és nagyobb lesz a menetzárlatok valószínűsége. Az ilyen magokat zománc- és selyemszigetelésű, kétszeres papírszigetelésű, néha pedig viniflex-szigetelésű huzallal célszerű megtekercselni, ui. az utóbbi szigetelés szilárdabb és

rugalmasabb, mint a zománc. Az F és U alakú lemezekre helyezőndő tekercstesteken lakkozott vagy vinillexes zománchuzalt ajánlatos alkalmazni, mert ebben az esetben a szigetelés megsemmülésének kisébbségi lehetősége, és a vékonyabb szigetelés következtében jobban ki lehet használni a tekercselési térfogatot.

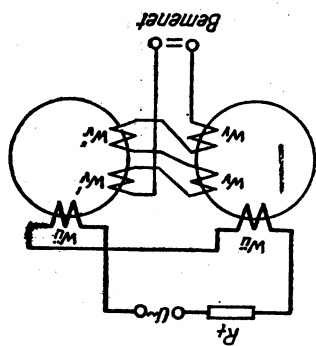
A tekercselés után mindig ellenőrizni kell, nincsenek-e zárlatos menetek a tekercsben. A menetzárlatos tekercseket, ill. menetzárlatosan megtekercselt magokat ki kell selejtezni.

A mágneses erősítő üzemi tekercseiben azonos menetszámokra, ellenállásértékekre stb. van szükség. Ezzel kapcsolatban tekercselés közben ügyelni kell arra, hogy a menetek egyenletesen helyezkedjenek el a mágneses kör hossz-

szá mentén. A meneteknek a mágneses kör tengelyére merőleges síkban, ill. gyűrű alakú mag esetén sugarasan kell elhelyezkedniök.

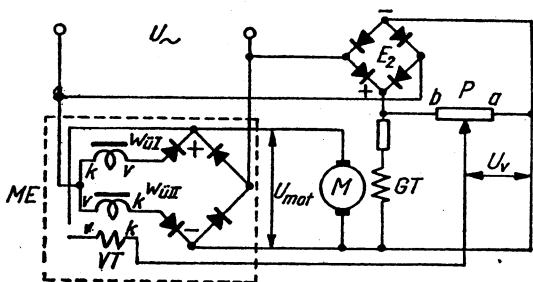
Tekercselés után a tekercsvégeket meg kell jelölni, hogy a kötések az erősítő kapcsolási rajza alapján helyesen lehessen elvégezni.

32. ábra. Többrészes vezérlő-tekercs



6. A MÁGNESES ERŐSÍTŐK IPARI ALKALMAZÁSA

Ebben a kis könyvben nem ismertethetjük a mágneses erősítők különböző ipari alkalmazásainak számos kérdését. Itt csak a villamos motorok fordulatszámát szabályozó mágneses erősítők ipari alkalmazására közlünk néhány példát.



33. ábra. A ПМV sorozatú villamos hajtás egyszerűsített kapcsolási rajza

A 33. ábrán bemutatjuk a fémforgácsoló szerszámgépeken használatos, ПМV sorozatú villamos hajtás egyszerűsített kapcsolási rajzát. Az M egyenáramú motort a 9b ábra szerinti kapcsolású ME mágneses erősítő táplálja. A fordulatszámot a P potenciométer karjának elmozgatásával kézzel lehet szabályozni.

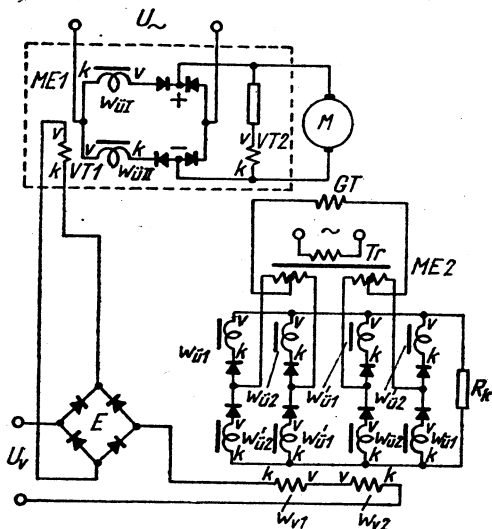
Mágneses erősítővel a motor armatúrafeszültsége szabályozható, miáltal lehetővé válik a fordulatszám szabályozása. A motor GT gerjesztő tekercse az E_2 egyenirányítón keresztül a váltakozóáramú hálózatról kap áramot. Ehhez a tekercshez csatlakozik a P potenciométer is, amelyről az U_v vezérlőfeszültséget vesszük. A potencio-

Ha a fordulatszám szabályozásán kívül a forgásirány változtatása is szükséges, egyenáramú kimenetű, ellen-ütemű mágneses erősítőket használhatók. Ezekben az erő-sítőkben — mint már elmondottuk — korlátozóellenállá-sokat is be kell iktatni, ami lényegesen rontja a berendezés hatásfokát. Ezért az ellenütemű mágneses erősítőkkel csak kisebb teljesítményű (legfeljebb 0,5 kW-os) motorok armatúráját lehet táplálni. A hatás hatásfoka jelentős mértékben megnő, ha a változtatható forgásirányú moto-rokban nem az armatúrafeszültség polaritását, hanem a gerjesztőtekercsben folyó áram irányát változtatjuk. A ger-jesztőtekercs teljesítménye rendszerint nem nagyobb a motor teljesítményének 3...5%-ánál. Ezért ha az ellen-ütemű mágneses erősítőt a gerjesztőtekercs táplálásához használjuk fel, csak jelentéktelen mértékben romlik a haj-tás hatásfoka. Egy ilyen hajtás elvi kapcsolási rajza a 34. ábrán látható. A motor armatúrája egy közönséges egy-ütemű mágneses erősítőtől (9. ábra) kap áramot. A vezérlő-feszültséget egy hidkapcsolású egyenirányítón keresztül

tesznek lehetővé.
szűnek, és tízszeres arányú fordulatszám szabályozást
teszkel 100 W-tól 4,5 kW-ig terjedő teljesítményekre ké-
Az ilyen típusú villamos hajtások bizonyos kiegészí-

megfelelő, közel-állandó értéken.
matikusan megmarad az U^v vezérlőfeszültség nagyságának
a megnövekedését. Ily módon a motor fordulatszám a auto-
kimeneti feszültségének (a motor armatúrafeszültségének)
vezérlőtekercs áramának, tehát az M^v mágneses erősítő
 U^v-U^m különbség. Ez viszont maga után vonja a VT
növekedése miatt csökken az U^m feszültség — megnő az
terhelésének növekedésekor — amikor az armatúráram
től függ. A vezérlőtekercs ilyen beköltése révén a motor
ség és az armatúrafeszültség közötti U^v-U^m különbség-
erősítő VT vezérlőtekercsében folyó áram a vezérlőfeszült-
teljes feszültségével. Mint a 33. ábrán látható, a mágneses
pedig a vezérlőfeszültség megegyezik az E_2 egyenirányító
ez a feszültség nulla, a bal szélő helyzetben (a b pontban)
méter karjának jobb szélő helyzetben (az a pontban)

vezetjük az együtemű erősítő vezérlőtekercsére, úgyhogy ebben a tekercsben a vezérlőfeszültség polaritásának megváltozásakor nem változik meg az áram iránya, míg a gerjesztőköri erősítő vezérlőtekerceiben folyó áram megváltoztatja az irányát. Ebben az elrendezésben az ellen-



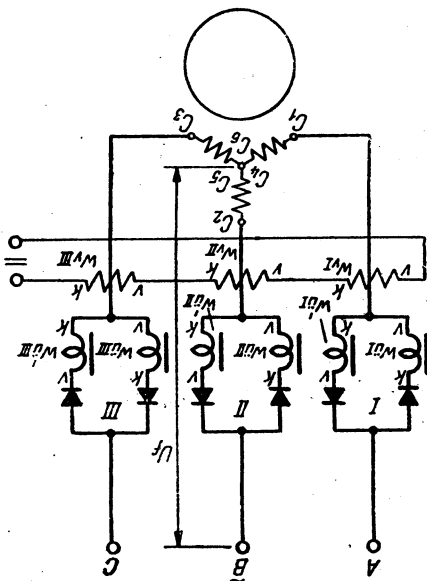
34. ábra. Mágneses erősítővel szabályozott, változtatható forgásirányú villamos hajtás elvi kapcsolási rajza

ütemű mágneses erősítő a gerjesztőkörben tulajdonképpen mint érintkezőmentes átkapcsoló működik, a fordulatszámot pedig az együtemű mágneses erősítő révén a motor armatúrafeszültségének változtatásával szabályozzuk.

A nagy teljesítményű mágneses erősítő bemenetére a vezérlőfeszültségen kívül egy olyan feszültséget is vezetünk, amelyet a motor armatúrájáról veszünk le. Ebben az esetben ezt a feszültséget az előző kapcsolásoktól eltérően egy különálló VT2 vezérlőtekercsre kapcsoljuk. A VT1 és a VT2 vezérlőtekercs együttesen ugyanolyan hatást vált

mágneses erősítőket. A 35. ábrán egy háromfázisú mágneses erősítőnek és egy aszinkron motor állórészének sorba kapcsolása látható. A motor állórészének minden fázis-tekercsével sorba van kapcsolva egy olyan mágneses erősítő, mint amilyet a 8. ábrán láttunk. Az erősítő terhelése ebben az esetben a motor állórészének tekercse. Így pl. az A fázisba iktatott I erősítő esetében az $A_1 \dots A_n$ tekercs a terhelés. Az erősítő üzemi áramkörét a hálózat U_1 fázisfeszültségére kapcsoljuk. A mágneses erősítővel

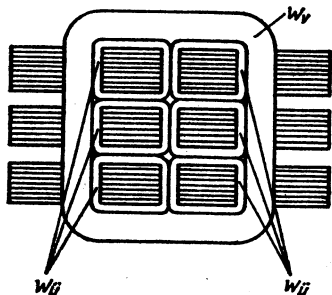
35. ábra. A szinkronmotor fordulatszám-szabályozása mágneses erősítővel



ki, mint a VT tekercs az előző kapcsolásban. Ilyen típusú hajtások 15 kW teljesítményig használhatók, és 10...12-szeres fordulatszámváltozást tesznek lehetővé. Az utóbbi években már a kisebb teljesítményű aszinkron motorok fordulatszám-szabályozására is alkalmaztak

az állórész kapcsolófeszültségét szabályozhatjuk, és ezzel lehetővé válik a motor fordulatszámának szabályozása. A motor feszültségének csökkenésekor csökken a fordulatszám, ha viszont ezt a feszültséget növeljük, a fordulatszám is megnő. Ily módon az erősítő bemenetén levő vezérlőjel változása maga után vonja a fordulatszám megváltozását is.

Ha azonban az aszinkron motorok fordulatszámát a kapocsfeszültség változtatásával szabályozzuk, a fordulatszám csökkentésekor nagyon megnőnek a motor forgórészének veszteségei. Ennélfogva előfordulhat, hogy



36. ábra. Hat U-típusú magot tartalmazó háromfázisú mágneses erősítő tekercseinek elhelyezése (felülnézet)

a motor túlságosan felmelegszik, és tönkremegy, úgyhogy kénytelenek vagyunk nagyobb teljesítményű motorokat alkalmazni, ha továbbra is ragaszkodunk a szabályozható villamos hajtáshoz. Ezért az ilyen kapcsolások csak korlátozottan alkalmazhatók. A rövidrezárt forgórészű, 10—15 kW-nál nagyobb teljesítményű motorokhoz ezt a kapcsolást nem lehet alkalmazni, de a daruberendezésekkel kapcsolatban 30 kW a

határ, ui. a darumotorok csak a munkaciklus egy részében működnek csökkentett fordulatszámmal. Ez a kapcsolás a csúszógyűrűs motorokhoz a forgórészsel sorba kapcsolt előtétellenállásokkal többször tíz kilowatt teljesítményig használható, mert ebben az esetben a veszteségi teljesítmény egy részét a motoron kívül elhelyezett előtétellenállások veszik fel.

A kérdéses kapcsolásban egyenirányításra szelén-, germánium- vagy szilíciumegyenirányítók használhatók. Ezeket az egyenirányítókat az állórész fázisáramának a felére és az üzemi tekercs hatásos ellenállásán létesülő

teljes feszültségésnek megfelelő feszültségre kell mértezni. A mágneses erősítő három egyfázisú erősítőből állhat; a vezérlőtekercsek sorba vagy párhuzamosan kapcsolhatók. A sorba kapcsolás — ahogyan a 35. ábrán is látható — előnyösebb, mert ekkor mindhárom erősítőben ugyanakkora vezérlőáram folyik, tehát a motor kapacsaira egyenlő nagyságú feszültségek jutnak.

A háromfázisú mágneses erősítő egyetlen közös vezérlőtekercssel is megépíthető. Az ilyen erősítő tekercsinek elhelyezését a 36. ábrán mutatjuk be. Az erősítő hat mágneses magot tartalmaz, és mindegyik magon egy-egy w^u üzemi tekercs van. A w^u vezérlőtekercs körülveszi mind a hat magot. Ilyen szerkezeti felépítéssel kisebb méretű és súlyú erősítők készíthetők.

A villamos motorok automatikus szabályozó berendezésiben más célra is használhatók mágneses erősítők: pl. közbelső erősítésre, érintkezés nélküli működtetésre (relék és mágneses kapcsolók helyett), áramkorlátozásra stb.

5 Bevezetés

9 1. A mágneses erősítők működési elve

9 A mágneseszi görbe és a hiszterezishurok

11 A mágneses erősítők működésének alapjai

14 2. Az ideális mágneses erősítők működésének elmélete

14 Az ideális mágneses erősítő nagy ellenállású vezérlő-

14 áramkör esetén

14 Az ideális mágneses erősítő kis ellenállású vezérlő-

22 áramkör esetén

22 A mágneses erősítők előmágnesezése

24 A mágneses erősítők előmágnesezése

26 Gyorsműködésű mágneses erősítők

33 3. Ellenütemű mágneses erősítők

33 A kimeneten váltakozóáramot szolgáltató ellenütemű

33 mágneses erősítők

33 A kimeneten egyenáramot szolgáltató ellenütemű

40 mágneses erősítők

40 Gyorsműködésű ellenütemű mágneses erősítők

43 4. Többfokozatú mágneses erősítők

48 5. A mágneses erősítők szerkezeti felépítésének néhány

52 sajátossága

52 Mágneses anyagok

52 A mágneses erősítőkben alkalmazott magok szerke-

54 zeti felépítése

54 A mágneses erősítők tekerceselése

57 6. A mágneses erősítők ipari alkalmazása

60

TARTALOMJEGYZÉK