



CSÚSZÓGYŰRŰS ASZINKRON MOTOR INDÍTÁSA ÉS DINAMIKUS FÉKEZÉSE
Laboratóriumi mérési útmutató

Összeállította: Halász Sándor, Kádár István, Veszprémi Károly

A méréssel kapcsolatos tananyag

Halász Sándor: Villamos Hajtások c. egyetemi tankönyv 5.1, 5.2, 5.3 és 5.6.3 fejezetei.

A tankönyv megvásárolható a Villamos Energetika Tanszéken, a Villamos Gépek és Hajtások Csoport adminisztrációjában (VI ép. III. em. 305).

Mérési feladatok

1. A motor természetes fordulatszám-nyomaték jelleggörbéjének felvétele.
2. Indítóellenállások számítása.
3. A fordulatszám-nyomaték jelleggörbék felvétele a számított ellenállásokkal.
4. A fordulatszám-nyomaték jelleggörbék felvétele dinamikus (egyenáramú) féküzemben.

A méréshez használt eszközök

M	csúszógyűrűs aszinkron motor, EVIG gyártmányú HR 53 n/us típ., 6,2 kW, 40 % b.i., 1410 f/p, 220/380 V, 24,5/14,2 A; forgórész: 110 V, Y, 36 A., $R_{f75}=0,12 \Omega$.
MD	mérlegdinamó, EVIG gyártmányú EFK 41 L4 típ., 220 V, 30,4 A, 7,5 kW, 1500 f/p, a mérlegkarok hossza: 0,72 m.
HM-SD	állandó fordulatszámú géptermi segéd gépcsoport, amely rövidrezárt forgórészű aszinkron motorból és egyenáramú gépből áll, az EVIG gyártmánya. Az egyenáramú gép EDH 56 N4 típ., 18 kW, 220 V, gerjesztő áram: 2 A.
AV	áramváltó, 50/5 A;
A1	lágymas ampermérő, 0-5 A;
A2	75 mV, 15 mA, Deprez alaplász, 15 A-es sönttel;
A3	60 mV, 5 mA, Deprez alaplász, 50 A-es sönttel;
A4	60 mV, 5 mA, Deprez alaplász, 2 A-es sönttel;
V1	lágymas voltmérő;
V2	Deprez voltmérő;
Ri1	indító ellenállás, 3x1,63 Ω , 16 A,
Ri2	indító ellenállás, 3x0,73 Ω , 25 A,
RD	dinamikus féküzem szabályozó ellenállása;
Rg	mérlegdinamó gerjesztés állító ellenállása;
Rp	segédinamó gerjesztés állító ellenállása;
KS	segéd mágneskapcsoló;
PK	kézi kapcsoló;
	mágneskapcsolókból, relékből, kapcsolókból, biztosítókból és elektronikus egységből álló vezérlő berendezés;
	tachogenerátor;
	súlykészlet.

Kapcsolási és vezérlési vázlat: 1. és 2. ábra

A motor automatikus indítását áramfüggő elektronikus vezérléssel biztosítjuk, az áramérzékelés az állórész körben történik (az állandó frekvencia nyújtotta előnyök miatt).

Az elektronikus vezérlés működése

Az elektronika részletes kapcsolási vázlatát – tájékoztató jelleggel – a 3. ábra mutatja.

Az állórész két fázisára V kapcsolásban kötött áramváltók jelének 6 ütemű egyenirányítása után az állórész árammal arányos feszültségjelet kapunk. Ezt hasonlítjuk össze a P_i potencióméteren beállított kapcsolási áram-szinttel. A szintérzékelő kimenete az IC3 10-ig számláló sorrendi áramkörre kerül. Ennek a bemenete hiszterézises, ami azt jelenti, hogy lefutó élre előkészít, majd felfutó élre kapcsol. Az árammal arányos bemenő jel lefutó élére az áramkör a tápfeszültség 1/3-ának elérésekor előkészít és az utána következő felfutó élre, ha az eléri a tápfeszültség 2/3-át, kapcsol, továbblépteti a számlálót. Erre a hiszterézisre a biztos működés érdekében van szükség, hisz az (egyenirányított) áramjel szűrés után is hullámos.

Az indításkor és fokozat átkapcsoláskor bekövetkező áramlökés hatására történik meg az előkészítés, majd az áramcsökkenés hatására, amikor az áram eléri a 4. ábrán jelölt M_{min} -hez tartozó I_{min} kapcsolási szintet, a számláló tovább lép, ami az RA1 ill. az RA2 relék működését idézi elő. A relék működése, mint a kapcsolási rajzból látható, az egyes forgórészkezi ellenállás-fokozatok kiiktatását eredményezi.

A hajtás bekapcsolása előtt a P kapcsolót 3-as állásba fordítjuk. Utána bekapcsoljuk a 3x380 V-os feszültséget, ezzel az elektronika is megkapja a tápfeszültséget és kész az indítási folyamatra, amit piros lámpa jelez.

Az IND jelű indítógomb megnyomásának hatására automatikus indítási folyamat zajlik le (ha a P_i potencióméter megfelelően van beállítva).

P_i beállításánál a következőket kell figyelembe venni:

- ha túl magas szintet állítunk be, akkor nagy lesz átkapcsoláskor a motoron az áramlökés, ami nem kívánatos,
- ha túl alacsony szintet állítunk be, akkor az átkapcsolási áramlökés esetleg nem éri el a sorrendi áramkör előkészítéshez szükséges értéket. Amennyiben nincsenek számításaink a beállítandó I_{min} -hoz, azt próbálgatással állíthatjuk be.

A már kiszámolt I_{min} beállításánál arra is tekintettel kell lenni, hogy a fokozat kiiktatásához (RA1, ill. RA2 és KI1 ill. KI2 meghúzásához) idő kell, tehát nem az általunk beállított áramértéknél történik az átkapcsolás, hanem valamivel kisebbnél.

I_{min} és M_{min} összerendelése méréssel végezhető el.

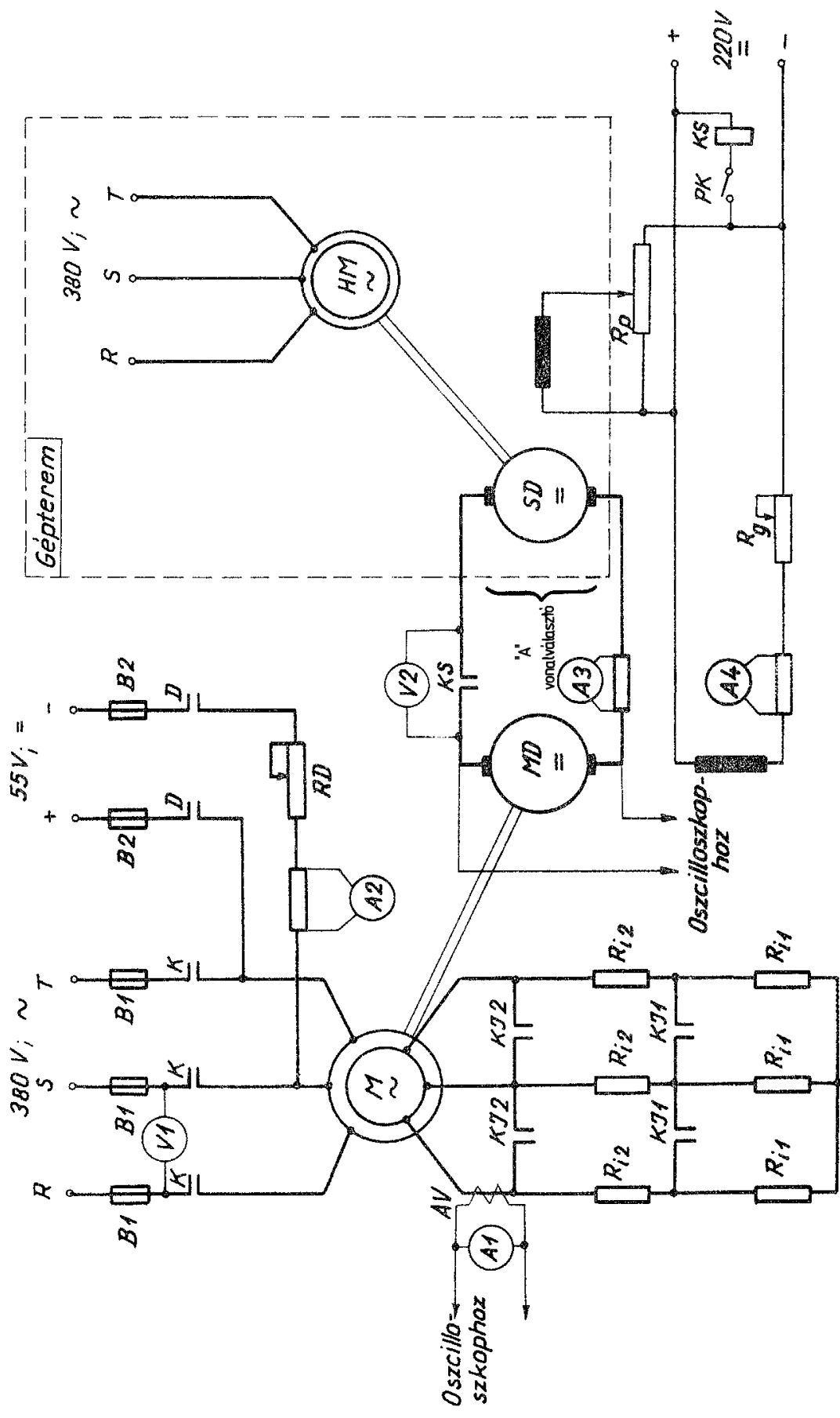
A helyes működést KI1 és KI2 behúzása jelenti. (két kattánás hallható az indítási folyamat alatt).

RA1 és RA2 relé meghúzását az elektronika panelon lévő két zöld LED jelzi (a felső RA1-hez, az alsó RA2-höz tartozik).

A számláló továbbléptetésével az első fokozat LED-je kialszik (a relé elenged), ami nem baj, mert KI1 és KI2 öntartó. Helyes működés esetén mindkét LED-nek ki kell aludnia, hisz a második fokozat kiiktatásakor fellépő áramlökés majd áramcsökkenés is továbblépteti a számlálót (ami több fokozatot is tudna kapcsolni).

Ha azt tapasztaljuk, hogy nem volt helyes az indulási folyamat P_i helytelen beállítása miatt, ezt a következőképpen korrigálhatjuk: a számláló működéséhez szükséges felfutó és lefutó éleket P_i -vel is elő tudjuk állítani. Ha csökkentjük az érzékelési szintet, az lefutó élet jelent a számláló bemenetén, tehát előkészít. Állítsuk minimálisra a szintet, egy ideig tartsuk ott, mivel a potencióméterről jövő jel jelentősen meg van szűrve a zavarok elkerülése érdekében. Utána a szint növelésével előállított felfutó él továbblépteti a számlálót.

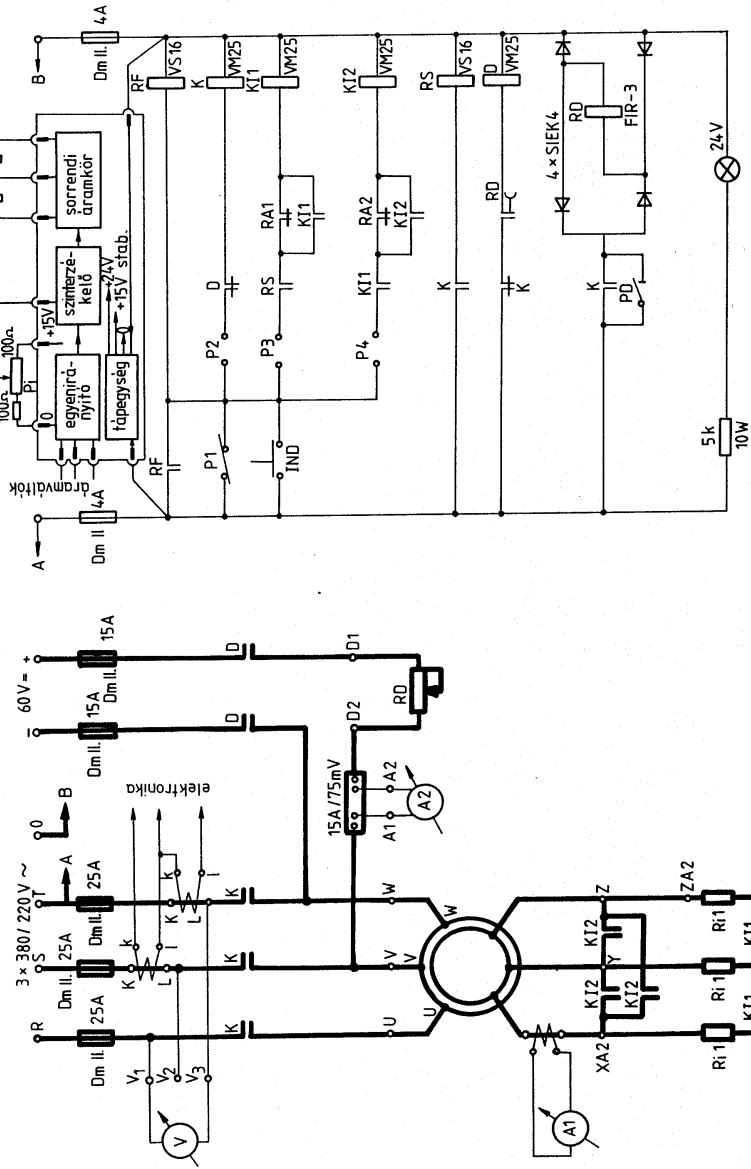
Indításkor tehát a P kapcsoló a 3. helyzetben van, P2, P3 és P4 érintkezői zártak.



1. ábra A mérés kapcsolási vázlatja

ASZINKRON MOTOR AUTOMATIKUS INDÍTÁSA.

Kapcsolási és szekrénybekötési rajz.

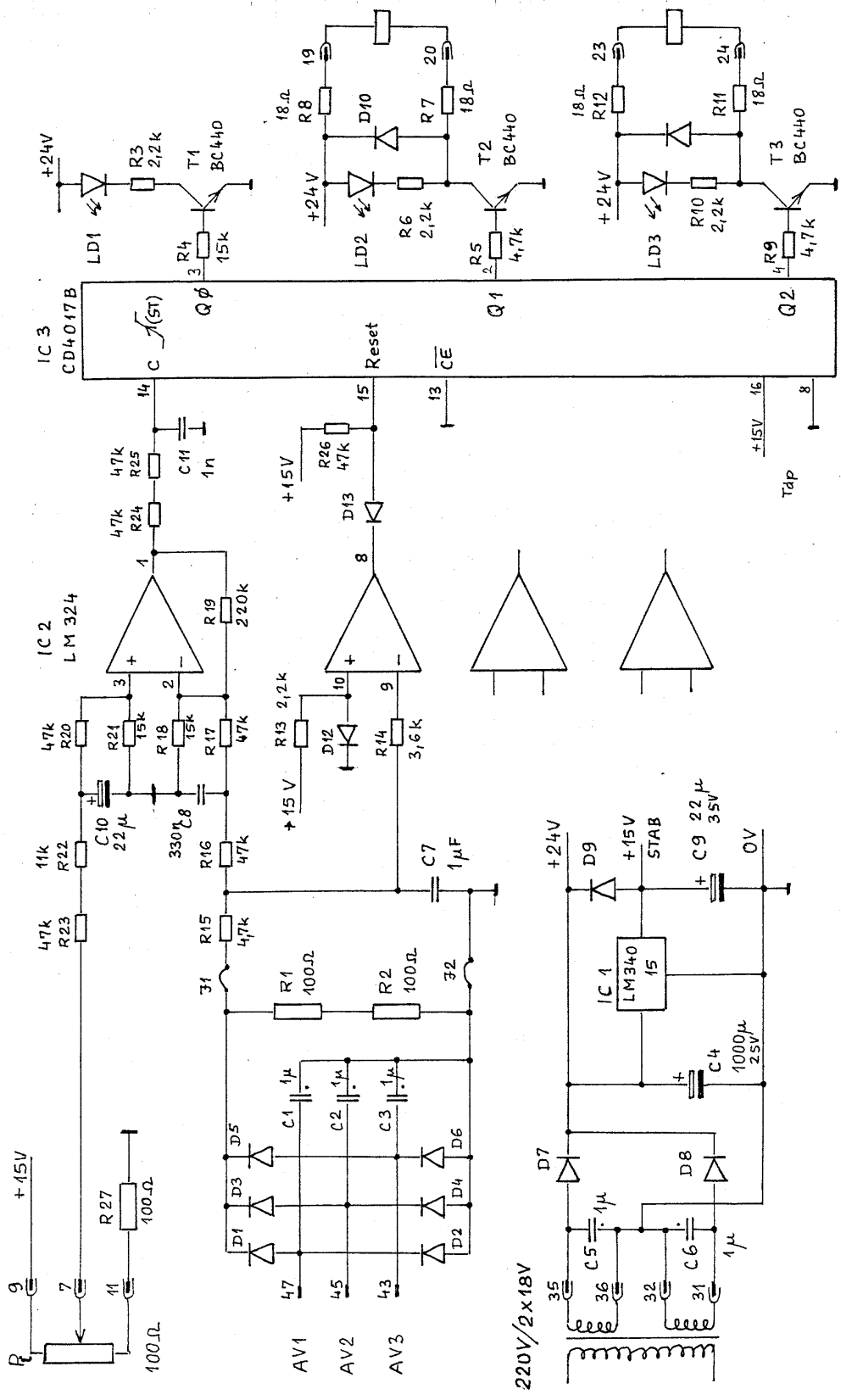


P kapcsoló lefejtése

Erinthező	Helyzet	automatikus indítás helyzete	
0	1	2	3
P 1	x		
P 2		x	x
P 3			x
P 4			x

x - érintkező zárva

2. ábra A motor és az elektronikus vezérlés áramutas rajza



3. ábra A működtető elektronika kapcsolási rajza (csak tájékoztatásul)

Meghúzza a K kapcsoló és főérintkezőin át hálózatra kapcsolja a motort. Ezzel egy időben zár a K kapcsolónak az RS segédrelé áramkörében lévő segédérintkezője, amire az RS relé meghúzza és zárja a KI1 fokozatindító mágneskapcsoló előtt lévő érintkezőjét. A KI1 mégsem húzhatja meg, mert közben az RA1 áramrelé meghúzott állapotba került (RA1 gyorsabban működik, mint KI1, a különbséget még RS reagálási ideje is növeli).

Így a motor teljes indítóellenállással gyorsul, miközben áramfelvétele (a nyomaték csökkenése miatt) csökken. Ha a csökkenő áram eléri az M_{\min} -hez tartozó átkapcsolási szintet, akkor az RA1 relé elenged és zárja a KI1 mágneskapcsoló áramkörében lévő érintkezőjét. KI1 meghúzza és főérintkezőivel rövidrezárja az indítóellenállás első fokozatát. Ugyanakkor segédérintkezője a KI2 áramkörében zár, de KI2 – az előbbiekhöz hasonlóan – nem húzza meg, mivel az RA2 áramrelé meghúzott állapotban van (RA2 gyorsabban működik, mint KI2).

A motor csökkentett előtétellenállással gyorsul tovább mindaddig, amíg az RA2 relé a csökkenő áram következtében a beállított átkapcsolási szintnél elenged és zárja a KI2 mágneskapcsoló áramkörében lévő érintkezőjét, KI2 pedig rövidrezárja az indítóellenállás második fokozatát.

A motor a természetes jelleggörbe mentén gyorsul tovább a terheléssel megszabott egyensúlyi állapotig.

A motor leállítása a P kapcsoló 0-helyzetbe fordításával történik. Ilyenkor a K, KI1 és KI2 mágneskapcsolók elengednek, a dinamikus fékezés D mágneskapcsolója pedig a K mágneskapcsoló nyitó érintkezőjének zárt helyzete miatt meghúzza (az RD időrelé még indításkor húzott meg) és főérintkezőin keresztül egyenáramot vezetünk az aszinkron motor állórészének két fázisába.

A motor villamos fékezéssel áll le. Amikor az RD időrelé időkésleltetése lejár, a relé elenged és kikapcsolja a D mágneskapcsolót, amely lekapcsolja a motort az egyenáramú hálózatról.

Az RF feszültségrelé feszültség kimaradáskor elenged, ezzel megakadályozzuk a motor önindulását a feszültség visszatérésekor.

A P kapcsoló közbenső helyzetei az indító fokozatokkal történő mérés végrehajtása miatt szükségesek, a PD kapcsoló pedig a féküzemi jelleggörbe méréséhez szükséges.

Az egyes fokozatok jelleggörbéinek felvétele

Az egyes fokozatoknak P kapcsoló első és második helyzete felel meg. Figyelni kell a következőkre:

- ha a P kapcsolót a 3. állásból a 2.-ba kapcsoljuk, akkor Ri1-et beiktatjuk a forgórész körébe.
- fordított irányú átkapcsolásnál a működés nem egyértelmű, éppen úgy, mint automatikus indításkor, mert a hatás a P_i potenciométer állásától függ.

A mérés menete

Indítás előtt győződjünk meg arról, hogy az indító ellenállások be vannak-e iktatva. Nyitott PK kapcsoló mellett bekapcsolhatjuk a 220 V egyenáramú feszültséget. Az Rg segítségével a mérlegdinamó gerjesztését a névleges értékre állítjuk, majd a P kapcsoló 3-as helyzetében bekapcsoljuk a 3x380 V-os feszültséget és az IND gombbal elindítjuk a gépcsoportot. (A segédgépcsoport működését SD gerjesztése után az "A" vonalválasztó táblaműszerén ellenőrizhetjük.)

Indítás után bekapcsoljuk az egyenáramú gépek armatúráit összekötő "A" vonalválasztó mérőasztali mágneskapcsolóját.

Az R_p potenciométer segítségével a KS mágneskapcsoló kapcsain a V2 voltmérővel mérhető feszültséget lecsökkentjük. Ez csak akkor érhető el, ha az egyenáramú gépek belső feszültségei kivonódnak egymásból. (Ellenkező esetben a segédinamó gerjesztőáramának polaritását meg kell változtatni.) Ha a különbözeti feszültséget nullára csökkentettük, akkor a PK kapcsoló zárásával árammentesen tudjuk összekapcsolni a két gépcsoportot.

A motor terhelését az SD gerjesztésével (Rp feszültségosztó segítségével) változtatjuk.

Az üresjárási pontból indulunk ki és 7-8 pontot veszünk fel. A motor legnagyobb terhelése 55-60 Nm legyen (kb. 8~9 kg tömegű mérlegsúly).

Mérjük a fordulatszámot, a forgórészáramot és a nyomatékot (súlyt), ellenőrizzük a tápfeszültséget.

Leálláskor előbb az Rp potenciométerrel nullára csökkentjük az armatúraáramot, majd az egyenáramú gépek armatúráit összekötő mágneskapcsolót kapcsoljuk ki. Célszerű itt is. Ezután kapcsolhatjuk le a tápfeszültségeket.

1. A motor természetes fordulatszám-nyomaték jelleggörbéjének felvétele

A fentiek szerint felvesszük a jelleggörbét.

2. Indítóellenállások számítása

A felvett fordulatszám-nyomaték jelleggörbe alapján kiszámítjuk a két fokozat indító ellenállásait (4. ábra). A legnagyobb megkívánt nyomaték $M_{max} = 55$ Nm. Tudjuk, hogy ha az egyes fokozatok maximális és minimális nyomatéka megegyezik, akkor az indító ellenállások mértani sort alkotnak. A forgórész fázistekercsének ellenállása $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on: $R_f = 0,12$ ohm. Az átkapcsolási nyomatékot (M_{min-t}) a természetes jelleggörbén hozzá tartozó fordulatszámából (szlipből) határozzuk meg (3. ábra).

Az egyes jelleggörbék megfelelő illesztéséhez az azonos nyomatékhoz (célszerűen M_{max} -hoz) tartozó munkapontokat jellemző

$$\frac{\sum R_r}{S} = \text{áll.}$$

összefüggés alapján meghatározzuk a beiktatandó ellenállások értékét ($\sum R_r$ a forgórész áramkör teljes ellenállása).

3. A fordulatszám-nyomaték jelleggörbék felvétele a számított ellenállásokkal

Beállítjuk a kiszámított ellenállásokat és felvesszük az egyes indító fokozatokhoz tartozó fordulatszám-nyomaték jelleggörbéket. A mérést az előbiekhez hasonlóan végezzük el. Az egyes fokozatokat a P kapcsolóval választjuk ki (1. illetve 2. helyzet), 5-6 pontot veszünk fel.

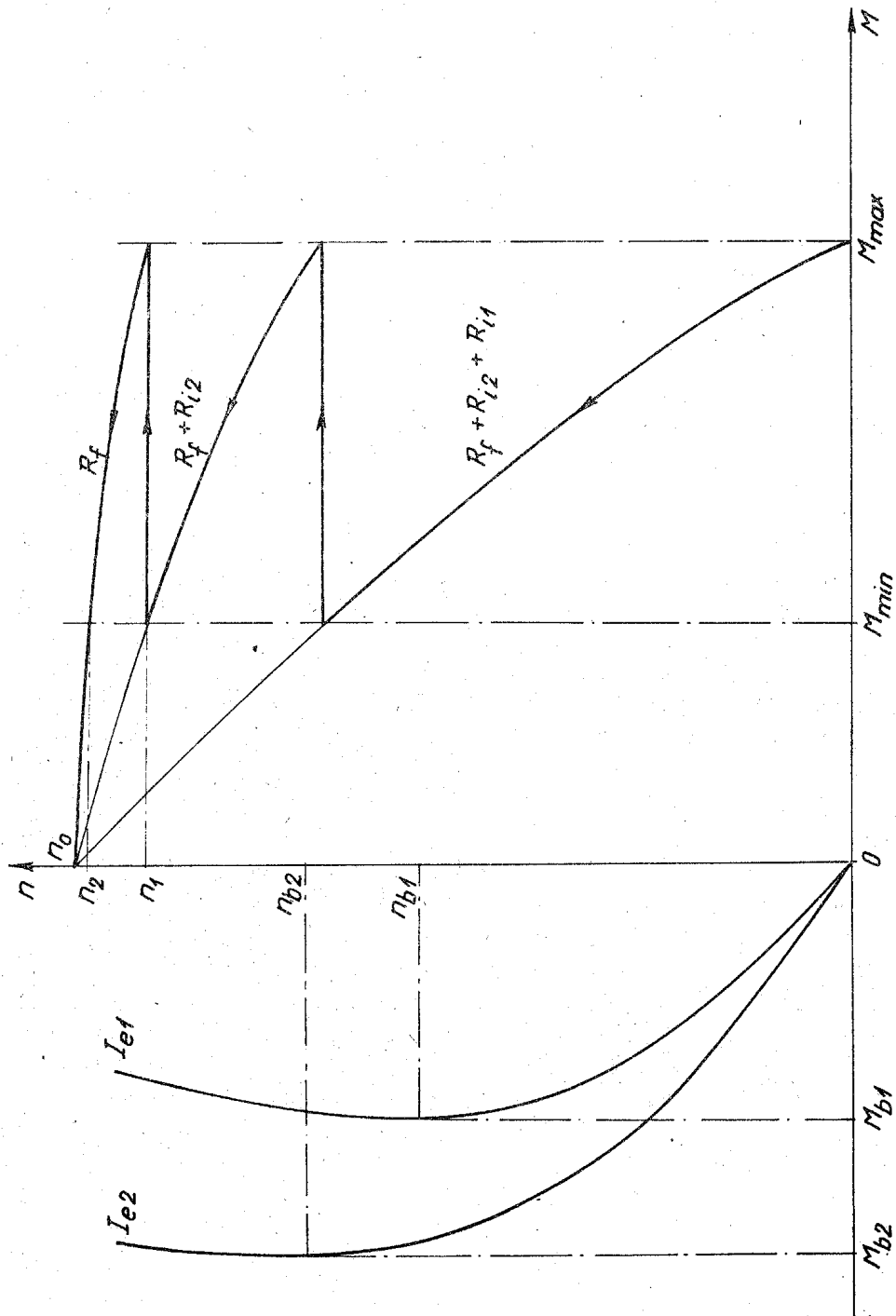
4. A fordulatszám-nyomaték jelleggörbék felvétele dinamikus féküzemben

Dinamikus féküzemi jelleggörbék felvételénél bekapcsoljuk az egyenáramú tápegységet. A P kapcsolót "0"-helyzetben hagyjuk, a PD kapcsolót pedig zárjuk. Így a P mágneskapcsolót tetszőleges időre bekapcsolhatjuk. Az RD ellenállás segítségével beállítjuk a szükséges egyenáramot és azt egy-egy görbe felvételénél állandónak tartjuk.

Az M-MD gépcsoportot egyenáramú oldalról indítjuk. Az Rp feszültségosztó segítségével a segédinamó gerjesztőfeszültségét nullára állítjuk (a V2 voltmérő minimális feszültséget fog mutatni), majd zárjuk a PK kapcsolót. A különböző fordulatszámokat az Rp feszültségosztóval állítjuk be.

Két különböző gerjesztőáramhoz tartozó fordulatszám-nyomaték jelleggörbét veszünk fel: $I_g = 7$ A és $I_g = 9$ A legyen. Mind a két esetben a forgórész előtétellenállása egyezzen meg a kiszámított indítóellenállással. A 0-1500 ford/p tartományban 5-6 pontot veszünk fel. Mérjük a fordulatszámot, a nyomatékot és a forgórész áramot.

A mérés folyamán a mérlegdinamó gerjesztő áramát tartjuk állandó értéken. Ebben az esetben a mérlegdinamó armatúra árama – a gép veszteségeitől eltekintve – arányos lesz a nyomatékkal és így a billenő nyomaték környékén az armatúra áramnak maximuma van, ami megkönnyíti a billenő pont meghatározását.



4. ábra Az indítási fokozatok és a dinamikus féküzem fordulatszám-nyomaték jelleggörbéi

A mérés kiértékelése

A felvett motoros üzemű fordulatszám-nyomaték jelleggörbéket egy ábrában ábrázoljuk, a minimális és a maximális nyomaték feltüntetésével. Ha mérés közben a tápfeszültség erősen ingadozna, akkor a nyomatékot a névleges feszültségre számítjuk át.

Külön ábrán ábrázoljuk a dinamikus féküzem fordulatszám-nyomaték jelleggörbéit és kiértékeljük a billenő szlipet, valamint az $M_b/M_{n\acute{e}vl}$ viszonyt és annak függését az egyenáramtól.

A természetes jelleggörbe felvételénél nyert forgórészáram-nyomaték jelleggörbét egy ábrán ábrázoljuk a dinamikus féküzem forgórészáram-nyomaték jelleggörbéivel.

Ellenőrző kérdések

1. A mérés kapcsolási vázlata (1. ábra) szerint milyen az energiaáramlás iránya a felhasznált gépcsoportnál az aszinkron gép motoros és féküzemében?
2. Hogyan biztosítja a gépcsoport egyenáramú gépeinek áramlökés nélküli, finom összekapcsolását?
3. Hogyan biztosítja a gépcsoport egyenáramú gépeinek áram megszakítás nélküli, finom szétkapcsolását?
4. A gépcsoport egyenáramú gépeinek összekapcsolása után hogyan terheli meg az aszinkron gépet motoros terhelőnyomatékkal, mivel avatkozik be?
5. Rajzolja fel az aszinkron gép mechanikai (w-M) jelleggörbáját. Hogyan módosítja ezt a jelleggörbét a forgórész áramkörébe iktatott külső ellenállás?
6. Rajzolja fel az aszinkron gép mechanikai (w-M) jelleggörbáját. Hogyan befolyásolja ezt a jelleggörbét a hálózati feszültség ingadozása?
7. Milyen kapcsolat van a különböző forgórész köri ellenállás értékekhez tartozó mechanikai (w-M) jelleggörbék azonos nyomatékú pontjai között (amin az indító fokozat méretezése alapszik)?
8. Indító fokozat méretezésénél - a felfutás közben fellépő minimális nyomaték meghatározásánál - miért fontos a terhelőnyomaték ismerete?
9. Felfutás során hogyan változik a forgórész áram frekvenciája és a motor szlipje?
10. Milyen kapcsolat van az aszinkron gép helyesen méretezett indító fokozatának ellenállásai között?
11. A dinamikus féküzem vizsgálatánál hogyan éri el a gépcsoport áramlökés nélküli, finom indítását?
12. Rajzolja fel az aszinkron gép dinamikus féküzemre vonatkozó mechanikai (w-M) jelleggörbáját. Hogyan módosítja ezt a jelleggörbét a forgórész körébe iktatott külső ellenállás?
13. Rajzolja fel az aszinkron gép dinamikus féküzemre vonatkozó mechanikai (w-M) jelleggörbáját. Hogyan befolyásolja ezt a jelleggörbét a gerjesztő egyenáram nagysága?
14. Rajzolja fel az aszinkron gép állórészének áramköri vázlatát dinamikus féküzemben.
15. Milyen sorrendben kell a gépcsoport egységeit bekapcsolni, (villamosan) összekapcsolni?
16. Mitől és hogyan függ az egyenáramú gép indukált feszültsége?
17. Milyen kapcsolat van az egyenáramú gép armatúra árama és nyomatéka között?
18. Mi az a mértani sor?

2006. február