



Tasavirtamoottori

1. Työn kuvaus

Tässä laboratoriotyössä tutkitaan sivuvirta- ja sarjamoottorin nopeuden säätötapoja sekä mitataan moottorin momentti- ja hyötysuhdekäyrät.

2. Esitehtävät

2.1 Selitä tasavirtamoottorin pyörimisnopeuden kaavan perusteella, miksi nopeus kasvaa magnetoinnin pienetessä.

Tasavirtamoottorin pyörimisnopeus saadaan kaavasta:

$$(1) \quad n = \frac{U - I_a R_a}{k\mathcal{F}}$$

Koska päävuo ϕ on riippuvainen magneointivirrasta I_m raudan magneitoitumiskäyrän $\phi = f(I_m)$ mukaisesti, I_m :n pienentäminen pienentää päävuota ϕ , mutta suurentaa pyörimisnopeutta n .

2.2 Selvitä, miksi sarjamoottori ryntää, jos se käynnistetään kuormittamattomana.

Tarkastellaan tasasähkömoottorin yleistä pyörimisnopeus yhtälöä (1). Tyhjäkäynnissä sarjamoottorille $I = I_a = I_m \approx 0$ (pieni) ja $\phi \approx \phi_r$ (pieni) sarjamoottorin pyörimisnopeus olisi:

$$(2) \quad n_0 \approx \frac{U}{k\mathcal{F}_r}$$

Nopeus olisi hyvin suuri, eli moottori ryntäisi.

2.3 Selvitä, miksi sivuvirtamoottorin magneointipiiri liitetään verkkoon suoraan käynnistysvastuksen ohitse.

Koska käynnistysvastusta ei ole mitoitettu jatkuvaa kuormitusta varten. Kun moottori on käynnistetty, on käynnistysresistanssi $R = 0$. Magneointipiirin virtaa säädetään magneointivastuksella.

3. Tarvittavat laitteet

- momenttivaaka virtalähteineen
- tasavirtakone
- käynnistysvastus MV 130
- magnetoinnin säätövastus TS 500/440
- kuormitusvastus TB 40
- 2-napainen kytkin
- yleismittareita

4. Laboratoriotyö

4.1 Sivuvirtamoottori

Työssä käytetään kuvan 1 mukaista kytkentää

Kuva 1 Sivuvirtamoottorin kytkentä

4.1.1 Käynnistäminen

Moottorin magnetointivastus säädetään ääriasentoonsa (220 V) myötäpäivään. Tarkistetaan, että käynnistysvastus R_s on käynnistysasennossa. Vaakageneraattorin ankkuripiirin kytkimen K on oltava avattuna. Jännitelähteeseen kytketään virta ja sen pääkytkin suljetaan. Molemmat tasajännitekytkimet suljetaan. Säädetty jännite nostetaan 220 V:iin jännitelähteen säätökiekolla, jolloin moottori käynnistyy. Käynnistysvastus käännetään käyntiasentoon. Pyörimisnopeudeksi tulisi muodostua tällöin 1150...1250 r/min

4.1.2 Pyörimisnopeuden säätö magnetointivirtaa muuttamalla

Vaakageneraattorin magnetointivirta säädetään nolnaan. Tarkistetaan, että kuormitusvastus R_k on maksimi asennossaan. Suljetaan kytkin K. Magnetointivirtaa nostetaan n 0.5 A:iin. Kuormitusvastusta säätämällä suurennetaan moottorin kuormitusmomentti 4.0 Nm arvoon huolehtien siitä, että moottorin jännite pysyy 220V suuruisena. Momentti ja jännite

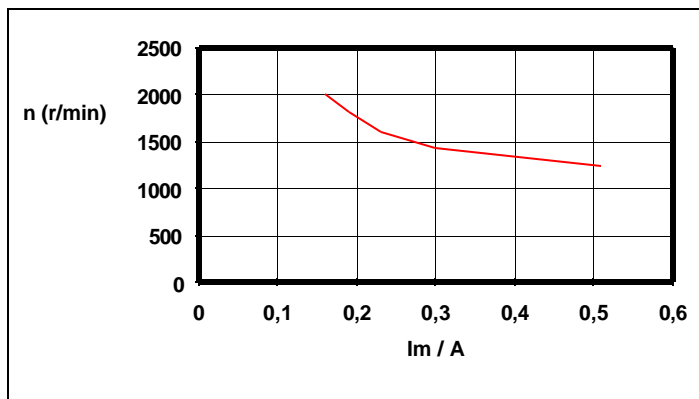
pidetään vakioina. Moottorin magnetointivirtaa säätämällä nostetaan pyörimisnopeus 200 r/min kerrallaan 2000 r/min saakka.

Kutakin nopeutta vastaavat magnetointivirran arvot merkitään ylös. Nopeus pienennetään alkuarvoonsa säätämällä magnetointivirta nimellisarvoon ja momentti säädetään generaattorin magnetoinnin ja kuormitusvastuksen avulla pienimmilleen.

Teimme kyseisen kokeen. Mittaustulokset taulukossa 1 ja niiden perusteella piirretty kuvaaja $n = f(I_m)$ kaaviossa 1.

Taulukko 1 Pyörimisnopeuden säätö magnetointia säätämällä
 $U = 220 \text{ V}$; $M = 4 \text{ Nm}$

$n \text{ (r / min)}$	$I_m \text{ / A}$
1229	0,51
1429	0,30
1610	0,23
1818	0,19
2002	0,16



Kaavio 1 Sivuvirtamoottorin pyörimisnopeuden säätö magnetointivirtaa muuttamalla

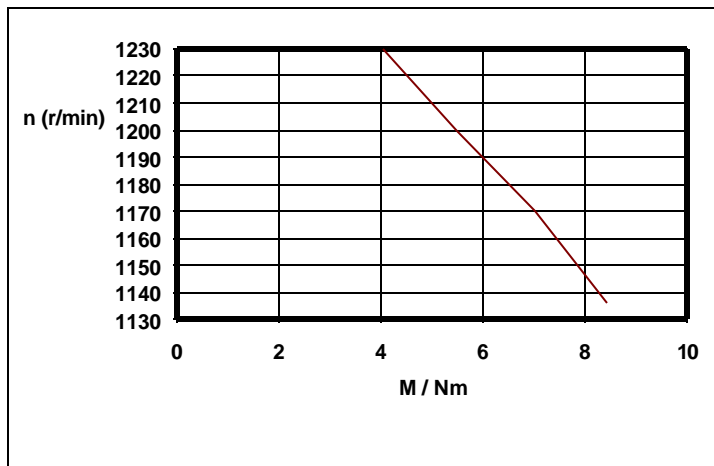
4.1.3 Nopeuden riippuvuus kuormituksesta

Tarkistetaan, että moottorin jännite on 220 V. Merkitään moottorin virran I_a , momentin M ja pyörimisnopeuden n arvot ylös. Kuormitusta suurennetaan portaittain siten, että virta nousee 1 A kerrallaan moottorin nimellisvirtaa lähinnä olevaan arvoon. Kirjataan ylös em. suureitten tarkat arvot kussakin pisteessä.

Suoritimme kyseisen kokeen. Mittaustulokset taulukossa 2 ja niiden perusteella piirretty kuvaaja $n = f(M)$ kaaviossa 2.

Taulukko 2 Momenttikäyrän mittaus
 $U = 220 \text{ V}$

I_a / A	M / Nm	$n \text{ (r/min)}$
3,1	4,05	1230
4,0	5,5	1200
5,0	7,0	1170
6,0	8,4	1136



Kaavio 2 Sivuvirtamoottorin momenttikäyrä

4.2 Pyörimisnopeuden säätö ankkurijännitettä muuttamalla

Kytkenä muutetaan kuvan 2 mukaiseksi. Muu osa kytkennästä säilyy ennallaan.

Kuva 2. Ankkurijännitteen säätö

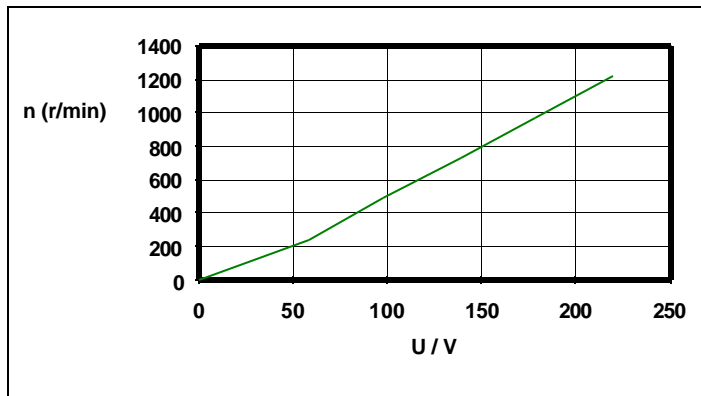
4.2.1 Nopeuden riippuvuus jännitteestä

Vakio kuormituskytkin K avataan. Jännitelähteen tasajännitekytkimet suljetaan ja säädettävä jännite nostetaan 220 V:iin. Kytin K suljetaan ja momentti säädetään 4Nm arvoon. Huolehtien siitä, että momentti pysyy vakiona, pienennetään jännite 40V portain nollaan saakka ja kutakin jännitettä vastaavat ankkurivirran I_a ja pyörimisnopeuden n arvot merkitään ylös.

Teimme kyseisen kokeen. Mittaustulokset taulukossa 3 ja niiden perusteella piirretty kuvaaja $n = f(U)$ kaaviossa 3.

Taulukko 3 Nopeuden riippuvuus jännitteestä
 $M = 4 \text{ Nm}$

U / V	n (r/min)	I_a / A
220,0	1225	3,06
178,9	973	2,99
139,1	730	2,93
98,3	485	2,9
58,5	240	2,85
0	0	0



Kaavio 3 Pyörimisnopeuden säätö ankkurijännitettä säätämällä

4.3 Sarjamoottori

Kytkenä muutetaan kuvan 3 mukaiseksi. Muu osa kytkennästä säilyy ennallaan.

Kuva 3 Sarjamoottorin kytkentä

4.3.1 Käynnistäminen

Vaakageneraattorin kuormitusvastus R_k säädetään maksimi arvoonsa ja kytkin K suljetaan. Kiinteä tasajännite kytketään ja generaattorin magnetointivirta säädetään n. 0.5 A:iin, jotta moottorilla olisi käynnistettäessä kuormitusta. Tarkistetaan, että käynnistysvastus R_s on käynnistysasennossa. Säädettyä tasajännite kytketään ja nostetaan 220 V:iin. Käynnistysvastus säädetään portaittain käyntiasentoon, odottaen kunkin käynnistysportaan kohdalla niin kauan, että nopeus ehtii tasaantua.

4.3.2 Momenttikäyrä, nopeuden riippuvuus kuormituksesta

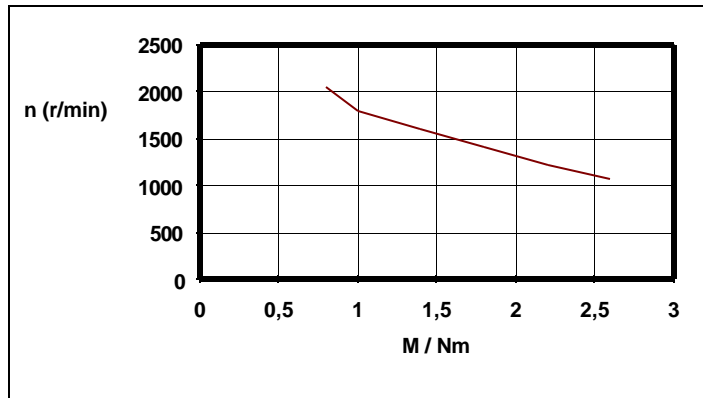
Generaattorin magnetointia säätämällä pienennetään kuormitusta, kunnes pyörimisnopeus $n = 2000$ r/min. Huolehtien siitä, että jännite pysyy 220 V arvossa mitataan momenttikäyrän pisteet samalla tavalla kuin sivuvirtamoottorille edellä.

Teimme kyseisen kokeen. Mittaustulokset taulukossa 4 ja niiden perusteella piirretty kuvaaja $n = f(M)$ kaaviossa 4.

Taulukko 4 Momenttikäyrän mittaus

$$U = 220 \text{ V}$$

n (r/min)	M / Nm	I_a / A
2040	0,8	1,44
1790	1,0	1,67
1590	1,4	1,87
1400	1,8	2,12
1206	2,2	2,42
1073	2,6	2,66



Kaavio 4 Sarjamootorin momenttikäyrä

5. Tehtäviä

5.1 Tasavirtamootorin nopeutta voidaan säätää työssä käytettyjen säätötapojen ohella ankkurin kanssa sarjaan kytketyllä säätövastuksella. Mitä etuja tähän tapaan nähden on työssä käytetyillä säätötavoilla?

Tämä säätötapa on epätaloudellinen säätövastuksessa syntyvien tehohäviöiden takia. Lisäksi pienillä ankkurivirroilla säätöresistanssin suuruus ei vaikuta pyörimisnopeuteen. Työssä käytetyt säätökeinot - ankkurijännitteen ja magnetointivirran säätö - ovat siis taloudellisia.

5.2 Miten sarjamootoriin kytketään magnetointivirran säätövastus?

Vastus kytketään kuten käynnistysvastus, sarjaan ankkuripiiriin kanssa.

5.3 Piirrä mittaustulosten perusteella sivuvirta- ja sarjamootorin hyötysuhdekäyrät $\eta = f(P_2)$ kun $P_2 = 2\pi nM$; $\eta = P_2 / P_1$

$$(3) \quad h = \frac{2pnM}{U(I_a + I_m)} \quad \text{Sivuvirtamootorille}$$

$$(4) \quad h = \frac{2pnM}{UI_a} \quad \text{Sarjamootorille}$$

Taulukossa 5 ja 6 on esitettyinä hyötysuhdelaskelmat taulukoiden 2 ja 4 mittaustulosten perusteella laskettuina sivuvirta- ja sarjamootorille. Hyötysuhdekäyrät ovat esitettyinä kaavioissa 5 ja 6.

Taulukko 5 Sivuvirtamootorin hyötysuhdelaskelmat

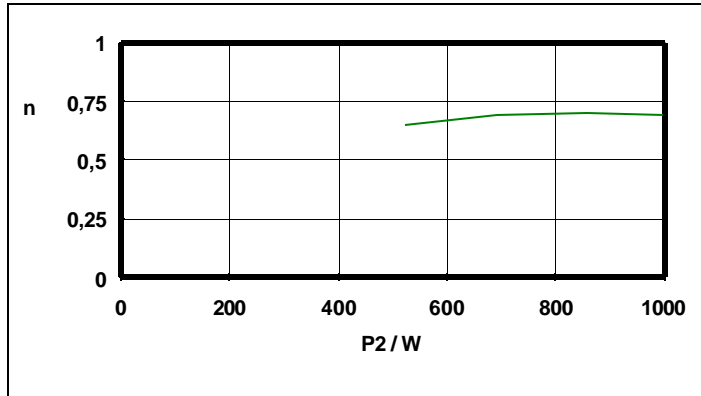
P_1 / W	P_2 / W	η
803	522	0,65
1001	691	0,69
1221	858	0,70
1441	999	0,69

laskuesimerkki

$$P_1 = U(I_a + I_m) = 220V(3.1A + 0.55A) = 803W$$

$$P_2 = 2\pi nM = 2\pi \times 1230/60 (1/s) \times 4.05Nm = 522W$$

$$\eta = P_2 / P_1 = 522W / 803 W = 0.65$$



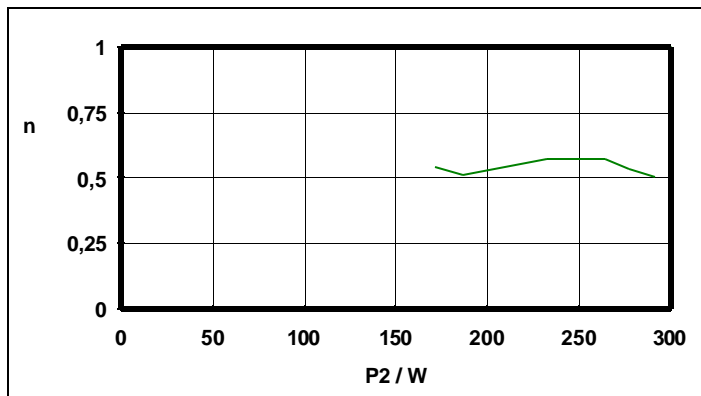
Kaavio 5 Sivuvirtamoottorin hyötysuhdekäyrä

Taulukko 6 Sarjamoottorin hyötysuhdelaskelmat

P_1 / W	P_2 / W	η
317	171	0,54
367	187	0,51
411	233	0,57
466	264	0,57
532	278	0,53
585	292	0,50

laskuesimerkki

$$P_1 = U \times I_a = 220V \times 1.44A = 317W$$



Kaavio 6 Sarjamoottorin hyötysuhdekäyrä