

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

ELEKTROTECHNIKOS LABORATORINIAI DARBAI

DARBŲ SAŠIUVINIS

Parengė - V.ZAVECKAS, L.LAURINAVIČIUS

VILNIUS "TECHNIKA" 2006

V.Zaveckas, L.Laurinavičius. ELEKTROTECHNIKOS LABORATORINIAI DARBAI. Darbų sąsiuvinis. Vilnius: Technika, 2006. 34 p.

Leidiny s kirtas Vilniaus Gedimino technikos universiteto neelektrotechniškųjų specialybių studentams, atliekantiems elektrotechnikos laboratorinius darbus pagal tų pačių autorių parengtus laboratorinių darbų aprašymus (V.Zaveckas, L.Laurinavičius. ELEKTROTECHNIKOS LABORATORINIAI DARBAI. Vilnius: Technika, 1996. 40 p.).

Leidinį rekomendavo Elektronikos fakulteto studijų komitetas

Recenzavo: habil.dr. prof. Z. Jankauskas
dr. doc. L. Radzevičius

1 laboratorinis darbas

NUOSEKLUSIS IR LYGIAGRETUSIS IMTUVŲ JUNGIMAS

Atliko studentas Atliktas

..... Apgintas.....
(grupė, vardas, pavardė) (data, dėst. parašas)

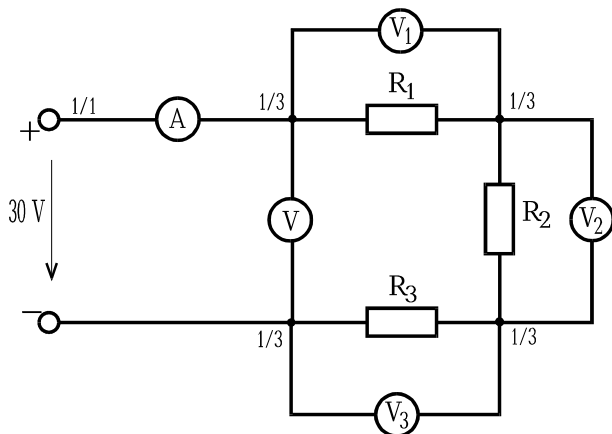
Darbo tikslas - susipažinti su elektros grandinės elementų jungimo būdais ir eksperimentiškai patikrinti Omo, Kirchhofo dėsnius bei galių balansą.

Užduotis

1. Eksperimentiškai ištirti nuoseklųjį imtuvų jungimą.
2. Eksperimentiškai ištirti lygiagretųjį imtuvų jungimą.

Darbo eiga

Sujungti schemą (1.1 pav.)



1.1 pav. Nuosekliojo imtuvų jungimo bandymo schema

2. Nustatyti dėstytojo nurodytas rezistorių R_1 , R_2 , R_3 varžas. Įjungti įtampą ir prietaisų rodmenų reikšmes surašyti į 1.1 lentelę. Bandymą pakartoti dar du kartus, pakeitus rezistorių varžų didumą;

3. Įsitikinti, kad

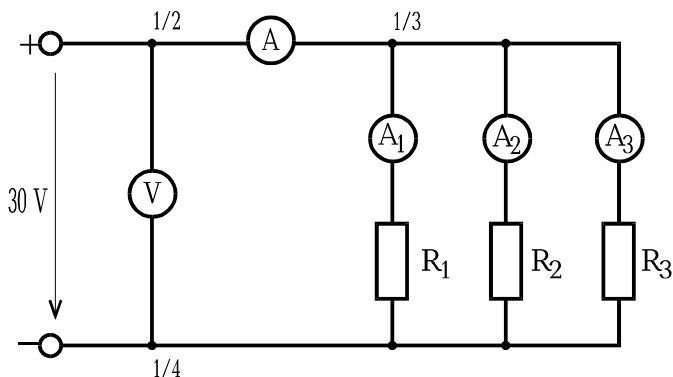
$$U = U_1 + U_2 + U_3; \quad P = P_1 + P_2 + P_3;$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

1.1 lentelė. Bandymų duomenys

Grandinės elementas	I bandymas				II bandymas				III bandymas			
	U V	I A	P W	R Ω	U V	I A	P W	R Ω	U V	I A	P W	R Ω
R_1												
R_2												
R_3												
Visa grandinė												

4. Sujungti schemą (1.2 pav.)



1.2 pav. Lygiagrečiojo imtuvų jungimo bandymų schema

5. Bandymą atlikti vadovaujantis 2-jo užduoties punkto reikalavimais, o duomenis surašyti į 1.2 lentelę.

6. Įsitikinti, kad

$$I = I_1 + I_2 + I_3; \quad P = P_1 + P_2 + P_3;$$

$$G = G_1 + G_2 + G_3.$$

1.2 lentelė. Bandymų duomenys

Grandinės elementas	I bandymas					II bandymas					III bandymas				
	U V	I A	P W	R Ω	G S	U V	I A	P W	R Ω	G S	U V	I A	P W	R Ω	G S
$R1$															
$R2$															
$R3$															
Visa grandinė															

Skaičiavimo formulės

$$P = UI; \quad R = U/I; \quad G = 1/R.$$

Išvados

2 laboratorinis darbas

NUOLATINĖS SROVĖS ELEKTROS PERDAVIMO LINIJOS TYRIMAS

Atliko studentas Atliktas

..... Apgintas.....
 (grupė, vardas, pavardė) (data, dėst. parašas)

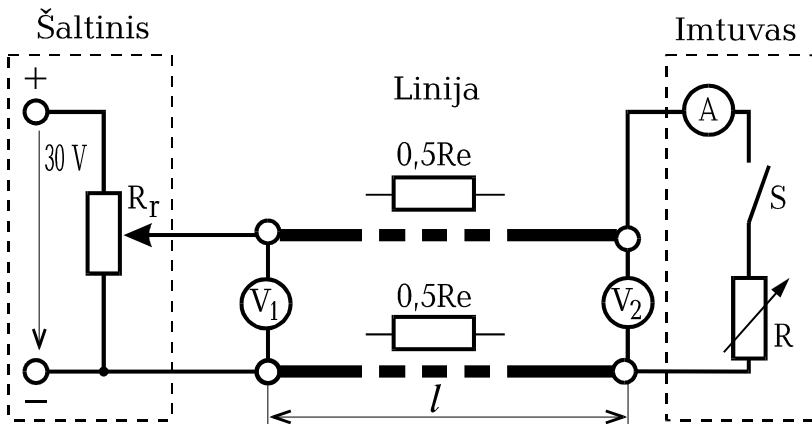
Darbo tikslas - ištirti, kaip priklauso įtampa ir galios nuostoliai nuolatinės srovės energijos tiekimo linijoje, šios linijos naudingumo koeficientas ir perduodama galia nuo linijos apkrovos srovės.

Užduotis

1. Eksperimentiškai nustatyti, kaip kinta įtampa linijos gale, perduodama galia, įtampų ir galios nuostoliai bei linijos naudingumo koeficientas, kintant linijos apkrovai.

Darbo eiga

1. Sujungti bandymų schemą (2.1 pav.)



2.1 pav. Nuolatinės srovės elektros perdavimo linijos tyrimo schema

2. Palaikydami dėstytojo nurodytą įtampą $U_I = \dots V = const$ (reostatu R_r), keiskite varžą R nuo $R = \infty$ (tuščioji eiga, jungiklis S atjungtas) iki $R = 0$ (trumpasis jungimas). Varžos R didumą keiskite taip, kad srovė kistų apytikriai vienodais intervalais ir būtų gauti bent 8 bandymų taškai.

Bandymų duomenis surašykite į 2.1 lentelę

2.1 lentelė. Darbo rezultatai

Bandymų duomenys			Skaiciavimo rezultatai					
$U_I,$ V	$U_2,$ V	$I,$ A	U_d V	$P_I,$ W	$P_2,$ W	$P_d,$ W	η	

4. Apskaičiuokite linijos varžą R_e ir jos ilgį l . Linijos laido diametras yra 0,6 mm, o laido medžiagos savitoji varža - $1,05 \Omega \cdot mm^2/m$. Skaiciavimus atlikite tam bandymų atvejui, kai $P_2 = P_2 max$.

5. Naudodamiesi 2.1 lentelės duomenimis, nubraižykite priklausomybes U_d , P_d , $\eta = f(I)$.

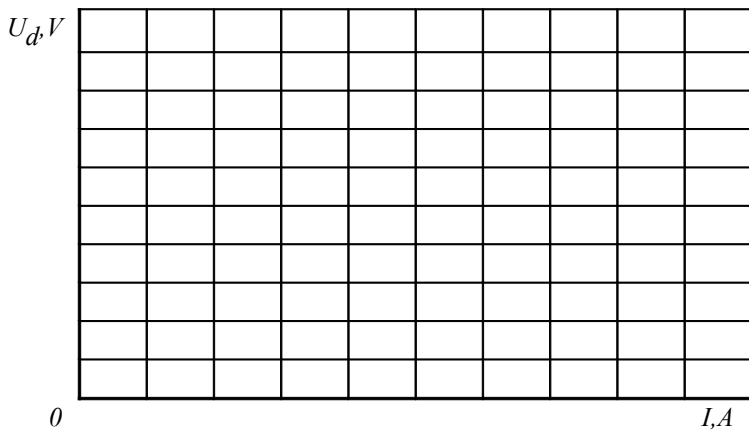
6. Raštu išanalizuokite įtampos bei galios nuostolių priklausomybę nuo imtuvą, bei liniją charakterizuojančių dydžių P_2 ir R_e .

Linijos varžos ir jos ilgio skaičiavimas

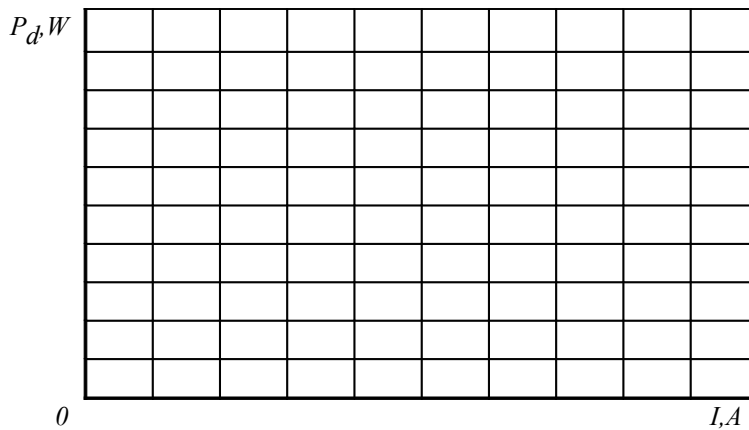
$$R_e = \rho \frac{2l}{S}, \Omega; \quad U_d = I R_e.$$

Grafikai

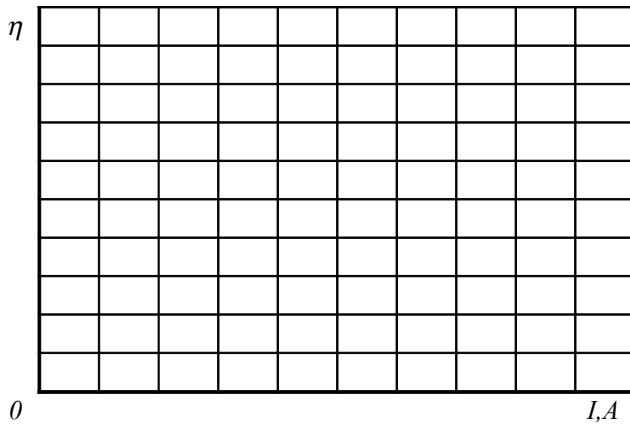
$$U_d = f(I)$$



$$P_d = f(I)$$



$$\eta = f(I)$$



Atsakymas į užduoties 6 punkto reikalavimus

3 laboratorinis darbas

NUOSEKLIOS KINTAMOSIOS SROVĖS GRANDINĖS TYRIMAS

Atliko studentas Atliktas

..... Apgintas.....
(grupė, vardas, pavardė) (data, dėst. parašas)

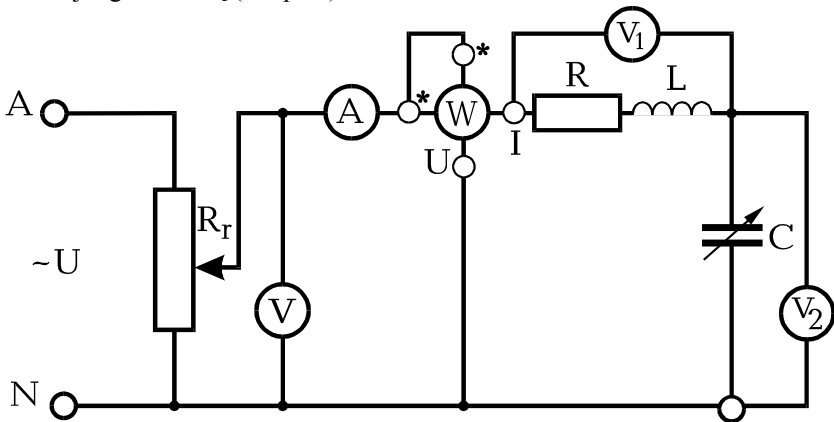
Darbo tikslas - išmokti skaičiuoti kintamosios srovės grandines, sudarytas iš nuosekliai sujungtų R , L ir C imtuvų, ir susipažinti su įtampų rezonanso reiškiniu.

Užduotis

Eksperimentiškai išbandyti nuosekliają kintamosios srovės grandinę ir apskaičiuoti grandinės parametrus Z , R , X_L , X_C , X , L , nubraižyti vektorines diagramas, sudaryti charakteristikas: $\cos \varphi = f(C)$, $I = f(C)$ ir $P = f(\cos \varphi)$.

Darbo eiga

1. Sujungti schemą (3.1 pav.)



3.1 pav. Bandymų schema

Skaičiavimo formulės

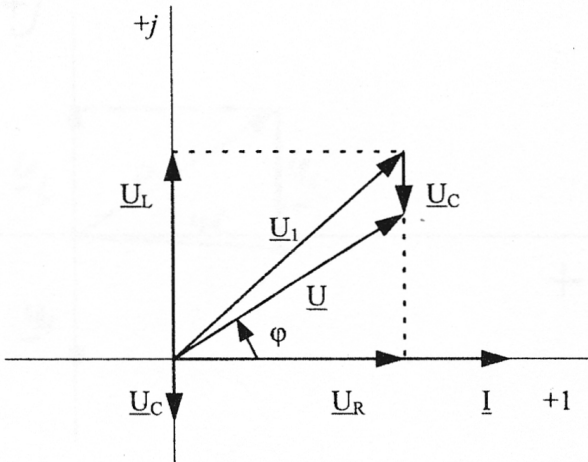
$$U_R = \frac{P}{I} ; \quad U_L = \sqrt{U_1^2 - U_R^2} ;$$

$$P = UI \cos \varphi ; \quad Q = UI \sin \varphi ; \quad S = UI;$$

$$Z = U/I; \quad R = P/I^2; \quad X_L = U_L/I; \quad X_C = U_C/I; \quad X = X_L - X_C; \quad L = X_L/2\pi f.$$

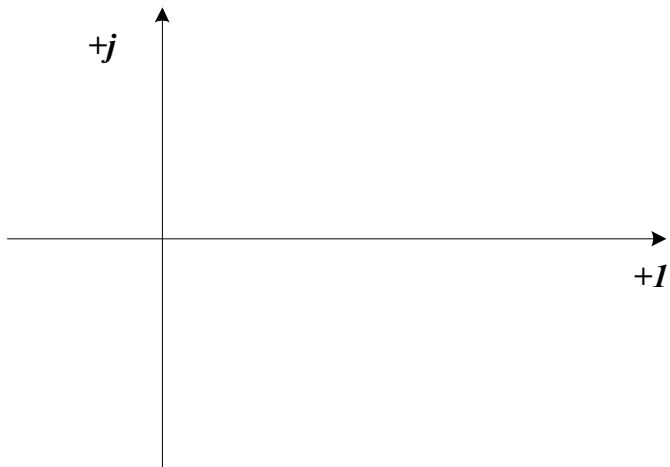
Grandinės parametrų Z, R, X_L, X_C, X, L skaičiavimas**Vektorinės diagramos**

Darbo grandinės vektorinė diagrama bendru atveju atvaizduota 3.2 pav.
($\varphi > 0, U_L > U_C$)

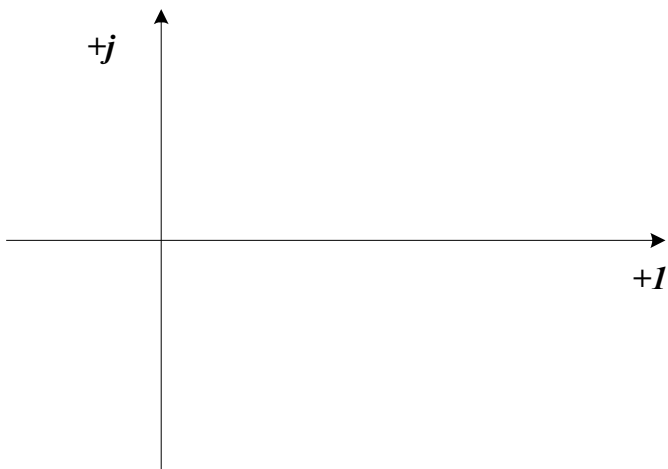


3.2 pav. Darbo grandinės vektorinė diagrama

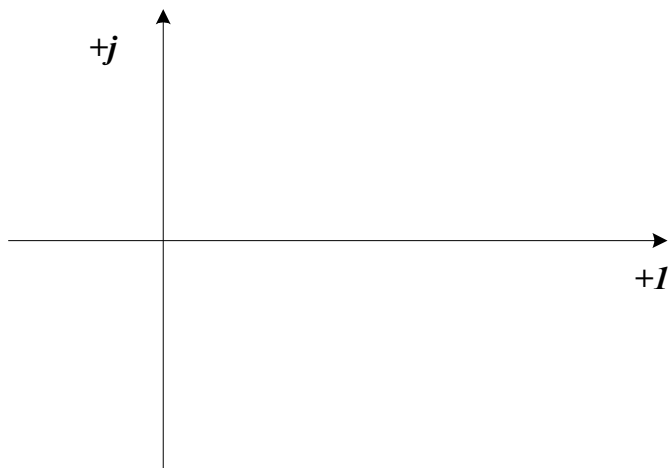
Vektorinė diagrama kai $\varphi > 0$ ($U_L = \dots V$, $U_2 = \dots V$)



Vektorinė diagrama kai $\varphi = 0$ ($U_L = \dots V$, $U_2 = \dots V$)

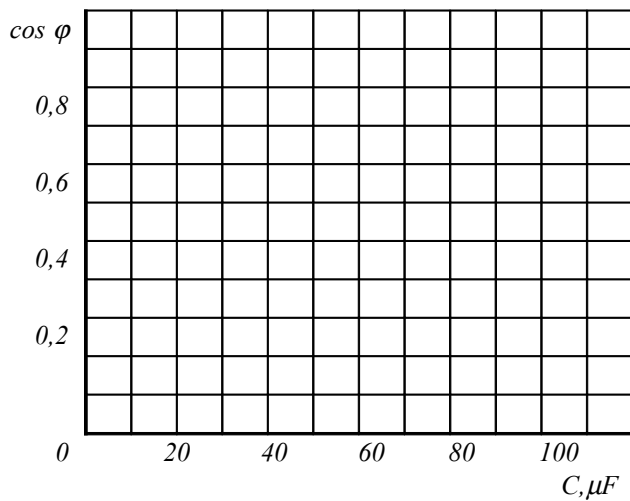


Vektorinė diagrama kai $\varphi < 0$ ($U_L = \dots V$, $U_2 = \dots V$)

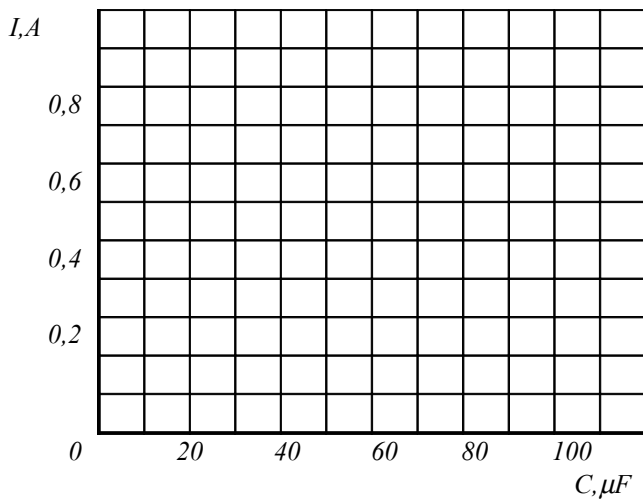


Grafikai

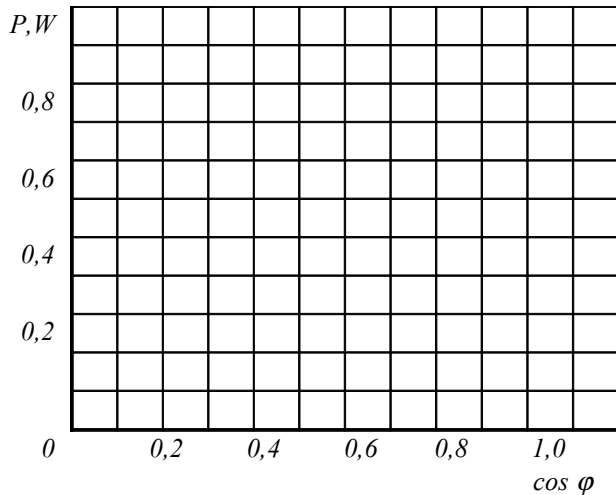
$$\cos \varphi = f(C)$$



$$I = f(C)$$



$$P = f(\cos \varphi)$$



Išvados

4 laboratorinis darbas

TRIFAZĖS, ŽVAIGŽDE SUJUNGTOS, GRANDINĖS TYRIMAS

Atliko studentas Atliktas

..... Apgintas.....
(grupė, vardas, pavardė) (data, dėst. parašas)

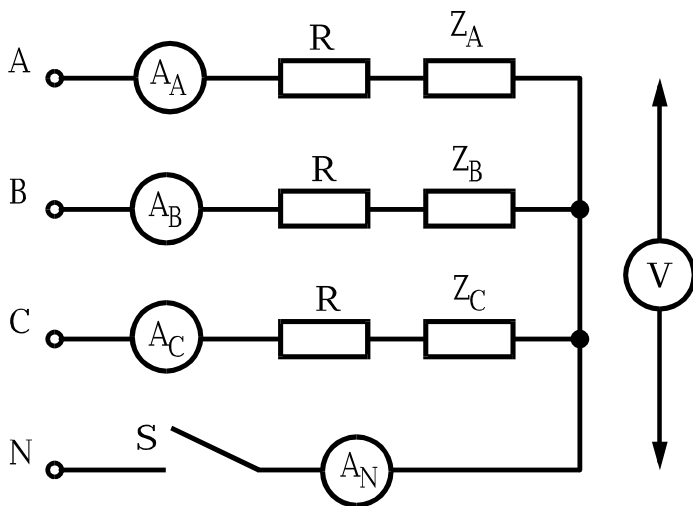
Darbo tikslas - susipažinti su imtuvų jungimu žvaigžde trifaziame tinkle ir galimais jų darbo režimais.

Užduotis

- Išbandyti žvaigžde sujungtų imtuvų grandinę:
 - simetrinei ir nesimetrinei apkrovai, su nuliniu laidu ir be jo ;
 - kai nutrūkęs linijinis laidas;
 - su skirtingo pobūdžio apkrova.
- Nubraižyti trifazės grandinės vektorines diagramas ir, naudojantis jomis, surasti srovę nuliniame laide. Grafiškai surastą srovę palyginti su išmatuota.

Darbo eiga

- Sujungti 4.1 pav. pavaizduotą schemą;
- Varžynais nustatyti toliau nurodytas Z_A , Z_B , Z_C reikšmes:
 - I bandymas** - simetrinė apkrova su nuliniu laidu $Z_A = Z_B = Z_C$, ($I_A = I_B = I_C$), (jungiklis S įjungtas);
 - II bandymas** - simetrinė apkrova be nulinio laido (nekeičiant I bandyme buvusios apkrovos, atjunkite jungiklį S);



4.1 pav. Bandymų schema

c) **III bandymas** - nesimetrinė apkrova su nuliniu laidu $Z_A \neq Z_B \neq Z_C$ (jungiklis S įjungtas);

d) **IV bandymas** - nesimetrinė apkrova be nulinio laido (nekeičiant III bandyme buvusios apkrovos, atjunkite jungiklį S);

e) **V bandymas** - nutrūkęs linijinis laidas, $Z_A = Z_B$, $Z_C = \infty$ (nutraukite laidą einantį iš varžos R į Z_C), (jungiklis S išjungtas);

f) **VI bandymas** - skirtingo pobūdžio apkrova. Vietoj varžų R ir Z_A įjunkite kondensatorių bateriją ir, keisdami varžų didumą bei kondensatoriaus talpą, nustatykite $I_A = I_B = I_C$ (jungiklis S įjungtas).

Bandymų duomenis surašykite į 4.1 lentelę.

4.1 lentelė. Bandymų duomenys

Bandy- mai	I_A A	I_B A	I_C A	I_N A	U_A V	U_B V	U_C V	U_{AB} V	U_B V	U_{CA} V
I										
II										
III										
IV										
V										
VI										

3. Apskaičiuoti 4.2 lentelėje nurodytus dydžius. (Varžos R ir Z yra aktyviosios - kampas tarp srovės ir įtampos vektorių $\varphi = 0$, kondensatoriuje - $\varphi = 90^\circ$).

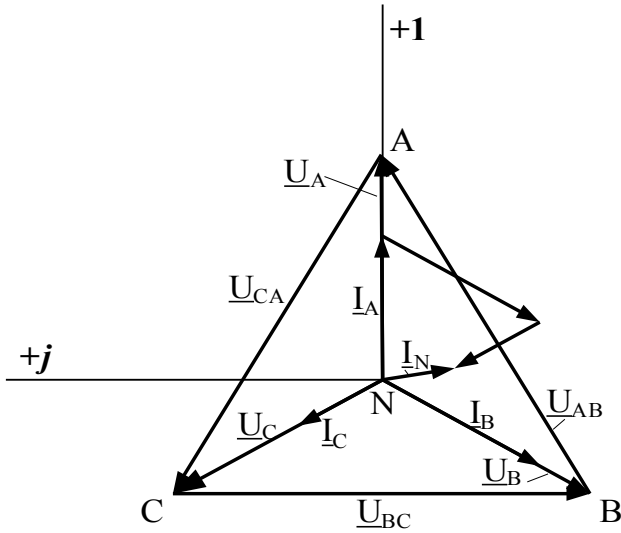
4.2 lentelė. Skaičiavimo rezultatai

Bandymai	P_A W	P_B W	P_C W	P W
I				
II				
III				
IV				
V				
VI				

4. Visiems bandymams nubraižyti vektorines diagramas, kuriose būtų ir nulinio laido srovės vektorius. Vektorines diagramas braižyti masteliu. Patikrinti, ar grafiškai rasta nulinio laido srovė atitinka bandymo metu išmatuotą srovę.

Vektorinės diagramos

Trifazės grandinės, kurios fazėse įjungta aktyvioji apkrova, vektorinė diagrama atrodo taip (4.2 pav.):



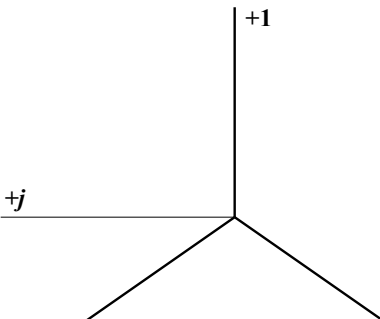
4.2 pav. Trifazės grandinės su nuliniu laidu, kurios fazėse įjungta aktyvioji apkrova, vektorių diagrama

Linijinių įtampų didumas nuo imtuvo parametrų nepriklauso, o fazinių įtampų didumas gali kisti (tuo galima įsitikinti iš bandymų duomenų). Todėl braižant vektorines diagramas trikampis ABC visą laiką išlieka toks pats, o taškas N gali būti bet kurioje vietoje.

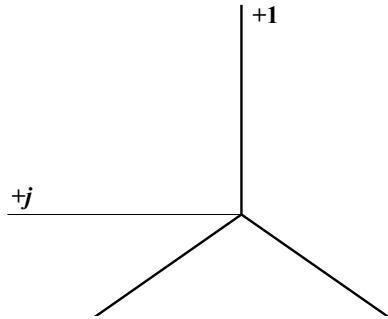
Vektoriųjų diagramų mastelis: U - V/cm ;
 I - A/cm .

Atitinkamų bandymų vektorinės diagramos:

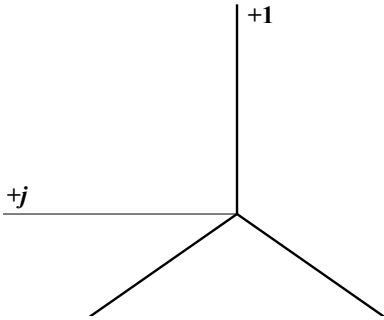
I bandymas



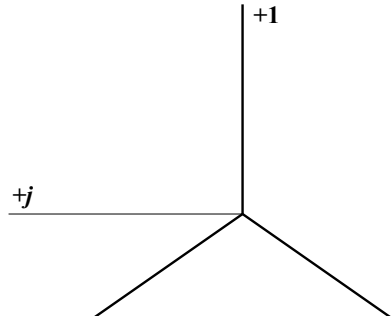
II bandymas



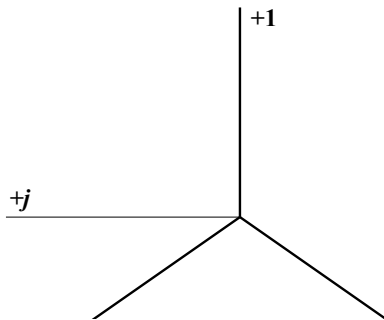
III bandymas



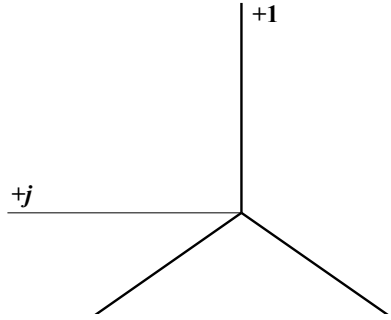
IV bandymas



V bandymas



VI bandymas



Išvados

5 laboratorinis darbas

TRIFAZIO ASINCHRONINIO VARIKLIO TYRIMAS

Atliko studentas Atliktas

..... Apgintas.....
 (grupė, vardas, pavardė) (data, dėst. parašas)

Darbo tikslas - susipažinti su asinchroninio variklio konstrukcija ir bandymo metodais, ištirti skirtingo didumo apkrovos įtaką variklio darbui.

Užduotis

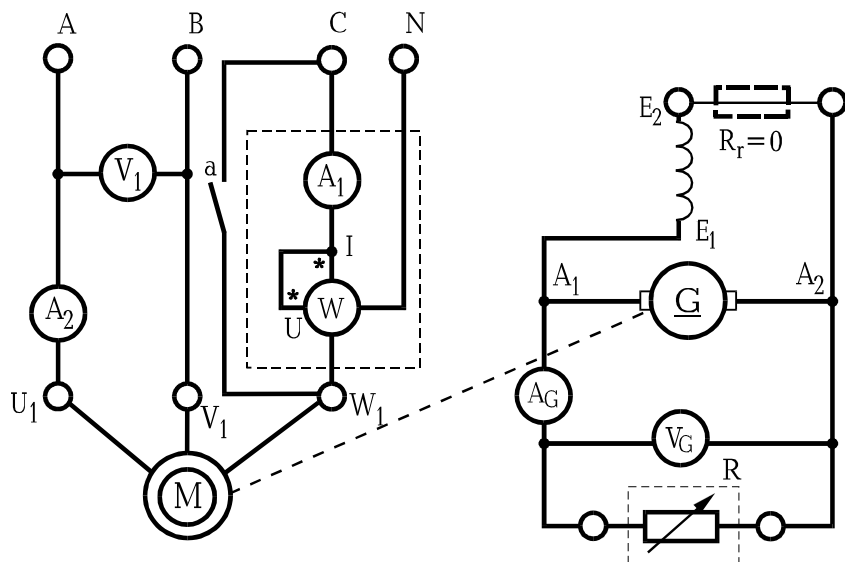
1. Nustatyti variklio paleidimo srovę, paleidimo ir vardinės srovių santykį k_j .
2. Sudaryti variklio darbo charakteristikas : I_1 , P_1 , $\cos\varphi_1$, η_v , s M_2 , $n = f(P_2)$ ir mechaninę charakteristiką $n = f(M_2)$.

Darbo eiga

1. Susipažinti su bandymui skirtu varikliu ir užrašyti jo vardinius duomenis (duomenys - variklio techniniame pase-lentelėje, kuri tvirtinama ant variklio korpuso).

Variklio vardiniai duomenys

2. Sujungti bandymų schemą (5.1 pav.)



5.1 pav. Bandymų schema

3. Paleisti neapkrautą variklį (paleidimo metu jungiklis S turi būti įjungtas, kad didelė paleidimo srovė nesudegintų matavimo prietaisų); išmatuoti paleidimo srovę (maksimalus ampermetro A_2 rodyklės atsilenkimas); apskaičiuoti paleidimo ir vardinės srovių santykį k_i .

$$k_i = I_k / I_N =$$

4. Atjungti jungiklį S ir pamažu didinti variklio apkrovą (nuo tuščiosios eigos $I_1 = I_0$ iki $I_1 = 1,2 I_N$). Variklis apkraunamas didinat generatoriaus atiduodamą galią P_G . Bandymų rezultatus surašyti 5.1 lentelę.

5.1 lentelė. Bandymų duomenys

U_I, V	I_I, A	P_f, W	$n,$ <i>aps./min</i>	U_G, V	I_G, A

5. Apskaičiuoti 5.2 lentelėje nurodytus dydžius

5.2 lentelė. Skaičiavimo rezultatai

$P_G,$ W	$\eta_G,$	$P_2,$ W	$M_2,$ Nm	$P_1,$ W	η_v	$\cos\varphi$ I	s

η_G - generatoriaus naudingumo koeficientas, randamas iš 5.3 lentelės.

5.3 lentelė. $P_G = f(\eta_G)$

P_G, W	0	20	40	60	80	100	120	140
η_G	0	0,35	0,47	0,54	0,58	0,61	0,63	0,635

160	180	200	220	240	260	280	300
0.64	0.64	0.64	0.64	0.635	0.63	0.62	0.61

6. Panaudojant 5.1, 5.2 lentelių duomenis, bendroje koordinatinių sistemoje nubraižyti užduotyje nurodytas darbo charakteristikas (išskyrus variklio mechaninę charakteristiką).

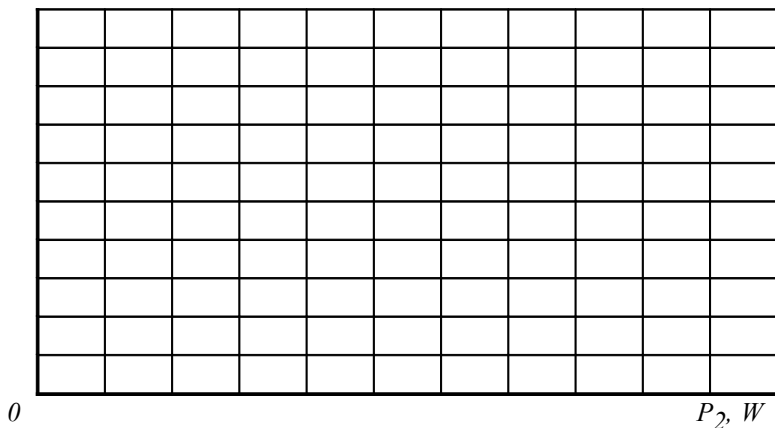
7. Atskiroje koordinatinių sistemoje nubraižyti variklio mechaninę charakteristiką.

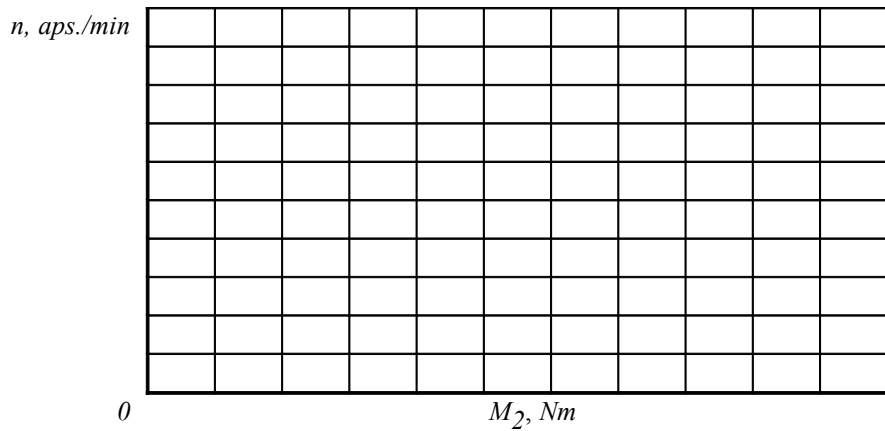
Skaičiavimo formulės:

$$P_G = U_G I_G; P_2 = P_G / \eta_G; M_2 = 9.56 \frac{P_2}{n};$$

$$P_1 = 3P_f = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos \varphi_1; \eta_v = \frac{P_2}{P_1}; s = \frac{n_0 - n}{n_0}.$$

Darbo charakteristikos: $I_1, P_1, \cos \varphi_1, \eta_v, s, M_2, n = f(P_2)$.



Mechaninė charakteristika $n = f(M_2)$ **Išvados**

6 laboratorinis darbas

NUOLATINĖS SROVĖS LYGIAGRETAUS ŽADINIMO VARIKLIO TYRIMAS

Atliko studentas Atliktas

..... Apgintas.....
 (grupė, vardas, pavardė) (data, dėst. parašas)

Darbo tikslas - susipažinti su nuolatinės srovės variklio konstrukcija ir bandymo metodais, ištirti apkrovos įtaką variklio darbui.

Užduotis

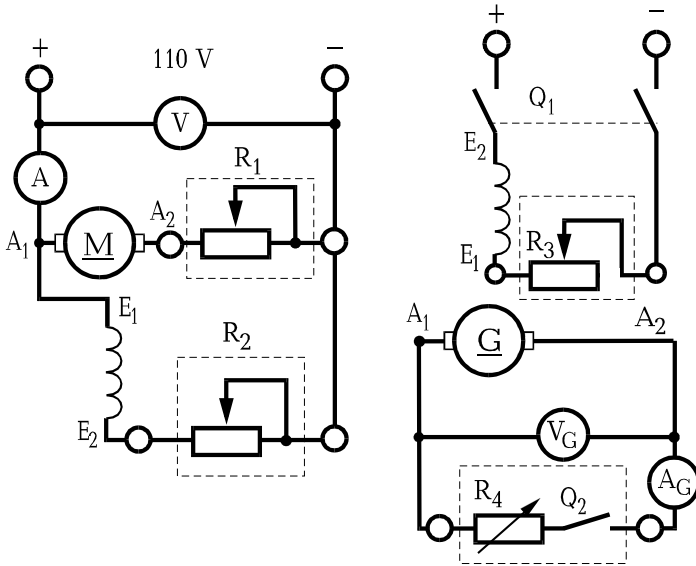
Sudaryti nuolatinės srovės lygiagreto žadinimo variklio reguliavimo $n = f(I\phi)$, mechaninę $n = f(M)$ ir darbo charakteristikas: $n, I, \eta, M_2 = f(P_2)$.

Darbo eiga

1. Susipažinti su bandymui skirtu varikliu ir užrašyti jo vardinius duomenis.

Variklio vardiniai duomenys:

2. Sujungti bandymų schemą (6.1 pav., Laboratorijos stenduose reikia prijungti tik punktyru apvestus elementus. Prijungimui įrengti specialūs gnybtai).



6.1 pav. Bandymų schema

3. Nustatyti bandymų schemos reostatų varžas $R_1 = R_{1max}$, $R_2 = R_{2min}$.
 4. Paleisti variklį be apkrovos (Q_1 - įjungtas, Q_2 - atjungtas.) Variklį paleidus, reostato R_1 varžą sumažinti iki 0.

5. Atlikti neapkrauto variklio sūkių dažnio reguliavimo bandymą: tuo tikslu keisti variklio žadinimo srovę I_f (reostatu R_2) ir nustatyti kaip kinta variklio sūkių dažnis n (n galima reguliuoti nuo n_{min} iki $1,4 \cdot n_v$). Atlikti 6 - 7 bandymus ir rezultatus surašyti į 6.1 lentelę

6.1 lentelė. Bandymų duomenys

I_f, A							
$n, \text{aps./min}$							

6. Varikliui dirbant tuščiaja eiga nustatyti tokius jo veleno sūkius, kad generatoriaus įtampa U_G būtų lygi vardinei įtampai (110 V).

7. Nekeičiant kitų parametru, keisti generatoriaus apkrovos srovę I_G (reostatu R_d) taip, kad variklio srovė didėtų nuo $I=I_0$ (tuščioji eiga) iki $I=1,2I_N$. Atlikti 6 - 7 bandymus ir duomenis surašyti į 6.2 lentelę.

6.2 lentelė. Bandymų duomenys

$n, \text{aps/min}$	U, V	I, A	U_G, V	I_G, A

8. Apskaičiuoti 6.3 lentelėje nurodytus dydžius

6.3 lentelė. Skaičiavimo rezultatai

P_1, W	P_G, W	η	P_2, W	M_2, Nm

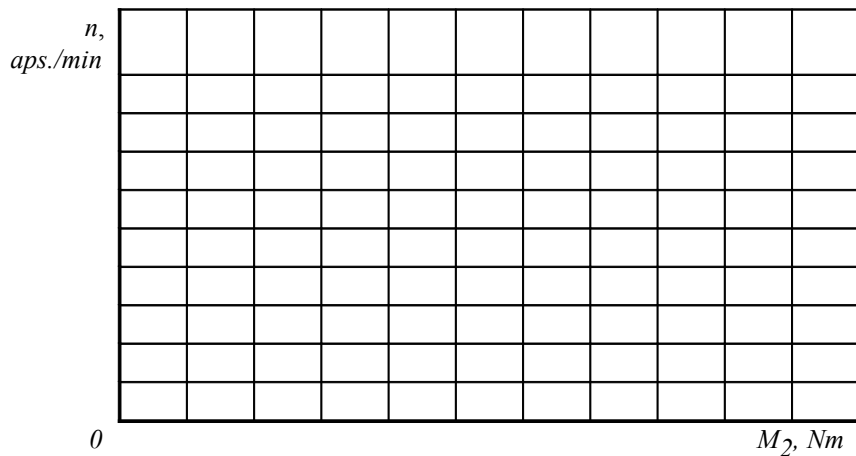
Skaičiavimo formulės:

$$P_1 = UI; \quad P_G = U_G I_G; \quad \eta = \sqrt{\frac{P_G}{P_1}}; \quad P_2 = P_G / \eta;$$

$$M_2 = 9.56 \frac{P_2}{n}$$

9. Pagal darbe gautus duomenis nubraižyti variklio mechaninę $n = f(M_2)$ ir darbo charakteristikas $n, I, \eta, M_2 = f(P_2)$. Darbo charakteristikas braižyti vienoje koordinačių sistemoje.

Variklio mechaninė charakteristika $n = f(M_2)$



Darbo charakteristikos $n, I, \eta, M_2 = f(P_2)$

