

35. Trifazės srovės tyrimas

Užduotis.

1. Išmatuoti fazines ir tarpfazines (linijines) įtampas ir pavaizduoti jas vektorine diagrama.
2. Ištirti srovės stiprio nuliniame laide priklausomybę nuo apkrovos impedansų parametrų.

Pagrindiniai teoriniai klausimai.

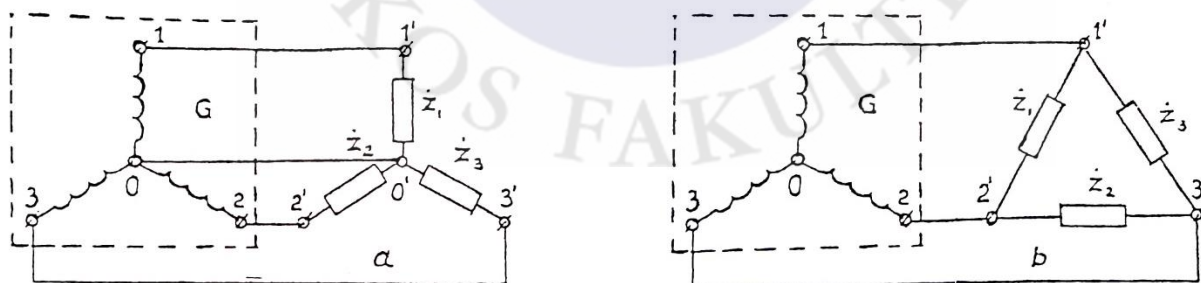
1. Trifazės srovės gavimas ir jos pagrindiniai parametrai.
2. Apkrovos jungimas žvaigždės ir trikampio būdais.
3. Įtampų ir srovių vektorinės diagramos.

Trifazė srovė. Elektros jėgos tinklo trifazė įtampa gaunama elektromagnetiniais generatoriais. Tokio generatoriaus pagrindiniai elementai yra elektromagnetas, sukuriantis vienalytį magnetinį lauką (statorius), ir trys plokščios stačiakampio formos ritės, besisukančios apie bendrą ašį (rotorius). Kampas tarp ričių plokštumų lygus 120° . Ritėms besisukant jose indukuotos įtampos kinta pagal harmoninę funkciją, o fazių skirtumas tarp jų lygus $2\pi/3$:

$$\begin{aligned} U_1 &= U_{01} \sin \omega t, \\ U_2 &= U_{02} \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right), \\ U_3 &= U_{03} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

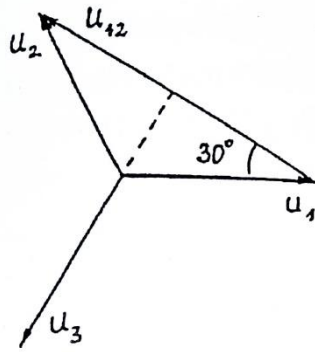
Šios įtampos vadinamos fazinėmis. Jų amplitudės vienodos, todėl užrašysime $U_{01} = U_{02} = U_{03} = U_0$. Generatoriaus ir jo apkrovos jungimo schema pavaizduota 1 pav. Jo ričių trys galai sujungti tarpusavy ir prijungti prie išėjimo nulinio gnybto, o kiti trys – prie fazinių išėjimo gnybtų. Toks jungimo būdas vadinamas junginiu žvaigžde ir žymimas “Y”. Įtampos tarp fazinių gnybtų (1, 2, 3) vadinamos linijinėmis (tarpfazinėmis). Jų amplitudės vienodos $U_{012} = U_{013} = U_{023} = U_{0L}$. Vartotojui trifazė srovė tiekama keturlaide linija: trys fazinių srovių laidai ir vienas nulinis.

Apkrova gali būti jungiama žvaigždės (a) arba trikampio (b) būdu. Pastarasis jungimo būdas žymimas “Δ”. Jungiant žvaigždės būdu kiekvienam apkrovos impedansui \dot{Z}_1, \dot{Z}_2 ir \dot{Z}_3 tenka fazinė įtampa.



1 pav. Trifazės srovės generatoriaus ir jo apkrovos jungimo schemas

Jungiant trikampio būdu, kiekvienam apkrovos impedansui tenka linijinė (tarpfazinė) įtampa. Ją rasime panaudoję vektorinę diagramą, pavaizduotą 2 pav. Matome, kad linijinės įtampos amplitudė $U_{012} = 2U_0 \cos 30^\circ = \sqrt{3}U_0$. Jeigu fazinės įtampos efektinė vertė 220 V, tai $U_0 = 220\sqrt{2} \text{ V} = 311,1 \text{ V}$, o $U_{012} = 538,9 \text{ V}$.



2 pav. Fazinių įtampų vektorinė diagrama

Jungiant apkrovą žvaigždės būdu, fazinės srovės teka į nulinį laidą. Esant tik ominei apkrovai, fazių skirtumai tarp srovių stiprių ir įtampų lygūs nuliui. Tokiu atveju faziniai kampai tarp fazių srovių stiprių lygūs 120^0 (3 a pav.). Kai amplitudės vienodos, algebrinė jų momentinių verčių suma visada lygi nuliui, nes $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$.



3 pav. Fazinių srovių stiprių, esant ominei apkrovai (a) ir reaktyviajai apkrovai (b), vektorinės diagramos

Fazių skirtumą tarp srovės ir įtampos nusako formulė $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$. Šiuo atveju \dot{Z}_1 sudaro tiktai ominės, \dot{Z}_2 - ominė ir talpinė, o \dot{Z}_3 - ominė ir induktyvinė varžos, todėl

$$\varphi_1 = 0; \quad \varphi_2 = \frac{\omega L}{R}; \quad \varphi_3 = \frac{1}{\omega RC}. \quad (2)$$

Srovių, tekančių tokio pobūdžio impedansais, vektorinė diagrama pavaizduota 3 pav. b). Pagal pirmąją Kirchhofo taisyklę srovės stiprio nuliniame laide kompleksinė amplitudė

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3. \quad (3)$$

Jo efektingą vertę rasime pasinaudoję 3 b pav. vektorine diagrama:

$$I_0 = \sqrt{I_{0x}^2 + I_{0y}^2}; \quad (4)$$

čia

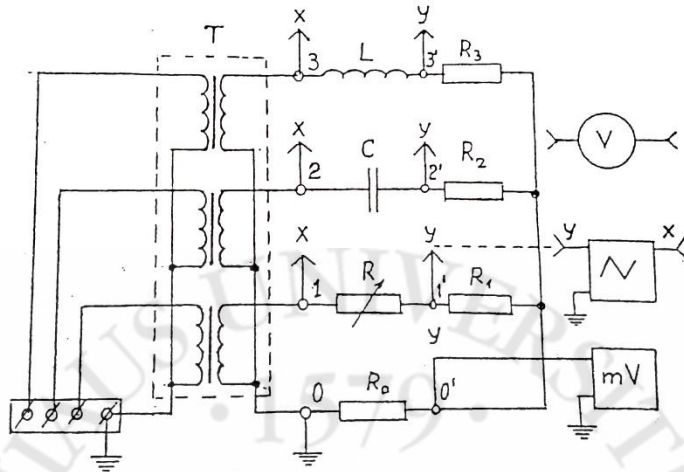
$$I_{0x} = I_1 - I_2 \cos(60^0 - \varphi_2) - I_3 \cos(60^0 - \varphi_3), \quad (5)$$

$$I_{0y} = I_2 \cos(30^0 + \varphi_2) - I_3 \cos(30^0 + \varphi_3), \quad (6)$$

o I_1, I_2 ir I_3 - fazių srovių stiprių efektingės vertės.

Matavimo metodas.

Matavimo schema pavaizduota 4 pav. Trifazės srovės šaltinį T sudaro trys žeminantys įtampą transformatoriai, kurių antrinės apvijos sujungtos žvaigždės būdu. Tarpfazinės įtampos gali būti matuojamos tik izoliuotu nuo žemės prietaisu, todėl šiam tikslui naudojamas elektromechaninis voltmetras.



4 pav. Trifazės srovės tyrimo schema

Fazių skirtumai tarp srovių ir įtampų apskaičiuojami pagal formulę $\operatorname{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$ arba matuojami oscilografu. Fazinių srovių stipriai randami išmatavus įtampas U_{R1}, U_{R2} ir U_{R3} varžose R_1, R_2 ir R_3 . Tokiu atveju $I_1 = \frac{U_{R1}}{R_1}, I_2 = \frac{U_{R2}}{R_2}$ ir $I_3 = \frac{U_{R3}}{R_3}$. Varžos R_1, R_2 ir R_3 parinktos vienodos, o varža R_0 yra daug mažesnė už jas.

Srovės stipris nuliniame laide randamas dviem būdais: panaudojus (4), (5) ir (6) formules ir išmatavus įtampą U_{R0} varžoje R_0 . Pirmuoju būdu gautas vertes žymime I_0 , o antruoju I_{0R} .

Eksperimentas.

Elektromechaniniu voltmetru išmatuojame linijines įtampas U_{12}, U_{13} ir U_{23} bei fazines įtampas U_1, U_2 ir U_3 . Įtampą U_{R0} varžoje R_0 išmatuojame milivoltmetru. Pavaizdavę įtampų vektorinę diagramą, patikriname sąryšius tarp fazinių ir linijinių įtampų. Tiriame srovės stiprio nuliniame laide priklausomybę nuo ominės varžos R . Apskaičiuojame fazių skirtumus φ_2 ir φ_3 . Po to matuojame įtampas U_{R0}, U_{R1}, U_{R2} ir U_{R3} esant įvairioms varžos R vertėms. Matavimų rezultatus rašome į lentelę.

R	U_{R0}	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}	I_1	I_2	I_3	I_{R0}	I_0

Analogišką tyrimą atliekame esant tik ominei apkrovai, kai $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 0$. Šiuo tikslu kondensatoriaus ir ritės gnybtus sujungiame trumpai. Abiem atvejais gautas $I_{0R} = f(R)$ ir $I_0 = f(R)$ priklausomybes pavaizduojame grafiškai.

Darbo eiga.

1. Elektromechaniniu voltmetru išmatuokite tiriamos grandinės fazinės ir tarpfazinės įtampas (fazinės įtampos U_{01} , U_{02} ir U_{03} matuojamos tarp taškų 0-1, 0-2 bei 0-3, o tarpfazinės įtampos U_{12} , U_{13} ir U_{23} matuojamos atitinkamai tarp taškų 1-2, 1-3 bei 2-3).
2. Patikrinkite ar įtampoms galioja teoriniai sąryšiai ir nubrėžkite vektorinę diagramą.
3. Fazių skirtumus nustatykite iš oscilografo ekrane matomos elipsės parametrų :
 $\varphi_1=0$, $\varphi_2=\arcsin(x_2/x_{02})$, $\varphi_3=\arcsin(x_3/x_{03})$.
4. Srovės stiprį nuliniame laide nustatykite dviem būdais:
 - a) Milivoltmetru išmatavę įtampą U_{R0} varžoje R_0 (tarp taškų 0 ir 0').
 - b) Iš (4), (5) ir (6) formulių.
5. Išmatuokite srovės stiprį nuliniame laide I_0 bei įtampas U_{R0} , U_{R1} , U_{R2} , U_{R3} (tarp taškų 0-0', 0-1', 0-2', 0-3') esant skirtingoms išorinės varžos R vertėms (atlikite po kelis matavimus varžai esant $\sim 10^4\Omega$, $\sim 10^3\Omega$, $\sim 10^2\Omega$ bei $\sim 10^1\Omega$ eilės). Matavimų rezultatus surašykite į lentelę.

R	U_{R0}	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}	I_1	I_2	I_3	I_{R0}	I_0

6. Analogišką tyrimą atlikite užtrumpinę ritę ir kondensatorių (laidu sujungę taškus 3-3' ir 2-2'). Priklausomybes $I_{0R} = f(R)$ ir $I_0 = f(R)$ pavaizduokite grafiškai.

Baigę darbą neužmirškite išjungti prietaisų!

Literatūra.

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000.
2. A. Matvejevas, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Mokslas*, 1991.
3. V. Rinkevičius, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2001.