

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет
«Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
До виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни
ТОЕ

на тему: “Трифазні кола”

для студентів спеціальності 141

2021

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни ТОЕ на тему “Трифазні кола” для студентів спеціальності 141/ Укл.: С.М. Тиховод , В.В. Козлов , Г.М. Романіченко. – Запоріжжя: Національний університет «Запорізька політехніка», 2021.- 34 с.

Укладачі.: С.М. Тиховод, доцент, д.т.н.,
В.В. Козлов, доцент, к.т.н.
Г.М. Романіченко, ст. викл.
І.О. Афанасьєва, ст. викл.

Рецензенти: О.В. Набокова

Відповідальний за випуск: С.М. Тиховод

Затверджено
на засіданні кафедри ТЗЕ
Протокол № 8 від 05.10.21

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ	4
2 Контрольні завдання	5
Рекомендована література	35

1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Мета розрахунково-графічної роботи (РГЗ) - засвоїти методику розрахунку трифазних електричних кіл.

Розрахунково-графічна робота з дисципліни ТОЕ для кожного студента містить 9 задач із пропонованого переліку (табл. 1). Номер варіанту відповідає номеру студента в списку журналу академічної групи, складеному на початок семестру. Кожній задачі, у залежності від труднощів (див. перший рядок табл. 1), відповідає деяке максимально можлива кількість балів (від 3 до 27). Кожна задача підлягає захисту викладачу. При захисті викладач ставить на кожній задачі зараховане число балів. Зараховане число балів не може бути менше мінімально можливого числа 50. Зниження балів залежить від якості захисту і від несвоєчасного виконання РГЗ. Робота (із зарахованими задачами) впливає на екзаменаційну оцінку.

У деяких задачах у вихідних даних використовуються числа d , g , h , де d - остання цифра номеру залікової книжки, помножена на два, g - остання цифра, помножена на 3, h -остання цифра, помножена на 4.

Номера задач, відповідно варіанту

Таблиця 1

Варіант №	I – по 3 бали за задачу			II – по 6 балів		III – по 15 балів		IV 22	V 27
	Номери задач								
1	20	15	1	40	50	70	60	92	107
2	2	9	28	32	47	62	56	80	100
3	13	8	3	35	43	63	53	93	108
4	4	24	30	34	44	67	61	91	101
5	5	27	11	39	49	52	69	95	104
6	6	31	17	36	45	61	58	79	103
7	7	32	29	41	39	57	68	89	102
8	8	12	23	38	42	51	54	72	105

9	9	25	1	46	37	53	55	76	106
10	10	14	26	49	33	68	52	84	98
11	11	18	5	31	48	67	61	88	99
12	20	22	4	32	45	52	68	87	102
13	21	30	9	44	36	64	58	90	103
14	29	3	14	47	35	57	60	73	97
15	6	15	25	33	49	55	61	71	105
16	16	26	16	37	46	59	66	78	106
17	17	24	8	47	31	62	52	89	104
18	18	28	3	50	34	50	63	75	103
19	1	9	15	42	33	68	55	83	102
20	21	2	12	50	32	54	70	81	97
21	10	11	28	35	48	65	51	85	105
22	22	4	13	49	38	67	59	86	108
23	23	7	14	35	40	58	61	72	107
24	24	9	17	46	36	70	53	74	106
25	25	19	8	37	45	57	69	77	100
26	26	3	11	43	39	67	60	78	97
27	27	8	16	31	50	53	63	80	98
28	28	13	1	38	41	70	60	88	99
29	29	5	15	33	42	57	69	87	102
30	30	25	4	34	43	67	58	95	101

2 Контрольні завдання

2.1 Симетричний трифазний споживач, опір фаз якого дорівнює $(9+d)$ Ом, з'єднаний у трикутник і підключений до трифазної мережі з лінійною напругою 220 В.

Визначити лінійні струми в схемі.

2.2 Симетричний трифазний споживач, опір фаз якого дорівнює $(2+d)$ Ом, з'єднаний у зірку і підключений до трифазної мережі з лінійною напругою $U=380$ вольт.

Визначити лінійні струми в схемі.

2.3 Симетричний трифазний споживач, з'єднаний у зірку, підключений до чотирьох провідної трифазної мережі з лінійною напругою 380 В.

Визначити струм нульового проводу, якщо опір фази приймача дорівнює $(9+d)$ Ом.

2.4 Задано опір Z однієї фази симетричного трифазного споживача і його лінійний струм I .

Визначити лінійну напругу живильної мережі, якщо відомо, що споживач з'єднаний у зірку.

2.5 Задано опір Z однієї фази симетричного трифазного споживача і його лінійний струм I .

Визначити лінійну напругу живильної мережі, якщо відомо, що споживач з'єднаний у трикутник.

2.6 Лінійний струм симетричного трифазного споживача дорівнює 1 А. Лінійна напруга живильної мережі $U=220$ Вольт.

Визначити повний опір Z фази споживача, якщо він з'єднаний у зірку.

2.7 Лінійний струм симетричного трифазного споживача дорівнює 1 А. Лінійна напруга живильної мережі $U=127$ Вольт.

Визначити повний опір Z фази споживача, якщо він з'єднаний у трикутник.

2.8 Амперметр A_1 , який включено у коло симетричного споживача (рис.1), показує $(9+d+h)$ А.

Визначити показання амперметрів A_2 і A_3 ?

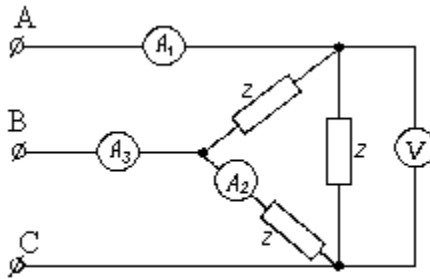


Рисунок 1.

2.9 Система синусоїдальних лінійних напруг, що живить коло (рис.1), симетрична.

Визначити показання амперметрів електромагнітної системи, якщо відомо, що $U_{\text{Л}}=100$ В, $Z_{\Phi}=(10+d)$ Ом.

2.10 Опір фази симетричного трифазного (рис. 1) споживача дорівнює $(9+d)$ Ом.

Що покаже вольтметр, якщо амперметр A_3 показує 10 А

2.11 У трифазному колі (рис. 2) лінійні напруги 380 В. Усі опори однакові $Z_1=Z_2=(12+d)$ Ом кожне. Визначити показання амперметрів електромагнітної системи.

2.12 Для трифазного кола, зображеного на рисунку 3, задано: $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=380$ В; $Z_{\Phi}=(10+g+d)$ Ом.

Визначити показання амперметра електродинамічної системи, якщо відомо, що лінійні напруги симетричні.

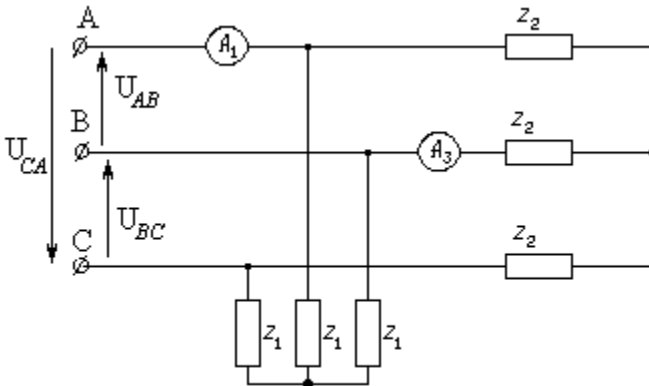


Рисунок 2.

2.13 Який за характером опір Z симетричного трифазного споживача (рис. 3), якщо, незважаючи на наявність живильної напруги, ватметр W_1 показує нуль?

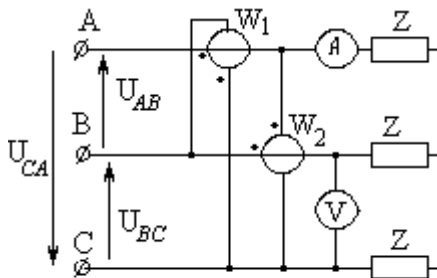


Рисунок 3.

2.14 Симетричний споживач (рис. 3) живиться від трифазної мережі. Вольтметр і амперметр показують відповідно $U=380$ В, $I=(3+h+d)$ А. Навантаження Z - активне.

Визначити показання ватметрів W_1 і W_2 .

2.15 Симетричний споживач (рис. 3) живиться від трифазної мережі. Вольтметр і амперметр показують відповідно $U=380$ В, $I=(3+d)$ А. Навантаження Z - індуктивне.

Визначити показання ватметрів W_1 і W_2 .

2.16 У скільки разів зміниться лінійний струм, якщо симетричне навантаження, що з'єднане зіркою без нульового проводу, пере'єднати в трикутник при незмінній лінійній напрузі? Навантаження живиться від симетричної системи напруги.

2.17 У скільки разів зміниться величина активної потужності, якщо симетричне навантаження, що з'єднане зіркою без нульового проводу, пере'єднати в трикутник при незмінній лінійній напрузі?

2.18 Опори фаз двох активних симетричних трифазних споживачів однакові. Перший з них з'єднаний у трикутник, а другий - у зірку, причому обидва споживача підключені до спільної мережі (рис. 31).

Визначити співвідношення лінійного струму першого споживача до лінійного струму другого.

2.19 Симетричний трифазний споживач, з'єднаний у трикутник, має опір фази $Z_2 = (15+d)$ Ом. Інший симетричний споживач, з'єднаний у зірку і підключений до тієї ж мережі (рис. 31).

Визначити опір фази Z_1 другого споживача, якщо відомо, що лінійні струми обох споживачів однакові.

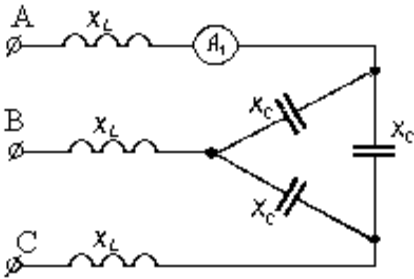


Рисунок 4.

2.20 Симетричний трифазний споживач, з'єднаний у зірку, має опір фаз $Z_1=(9+d)$ Ом. Інший симетричний споживач, з'єднаний трикутником і підключений до тієї ж мережі.

Визначити опір фази Z_2 другого споживача, якщо відомо, що лінійні струми обох споживачів однакові.

2.21 Опори фаз двох симетричних трифазних споживачів однакові (Z). Перший споживач з'єднаний у трикутник, а другий - у зірку (рис.31), причому обидва споживача підключені до однієї мережі з напругою U .

Виразити лінійний струм мережі (до розгалуження) через U і Z .

2.22 До трифазного кола, що зображено на рис. 4, прикладена симетрична система лінійних напруг $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=220$ В. $x=(10+d)$ Ом; $X=(-60-g)$ Ом реактивні опори.

Визначити показання амперметра теплової системи.

2.23 До трифазного кола прикладена симетрична система лінійних напруг. Активними опорами проводів зневажаємо. Величини

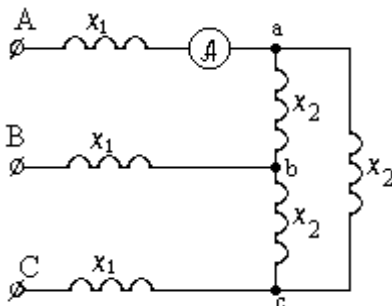


Рисунок 5.

ідеальних індуктивних опорів, які включені у коло (рис. 5): $X_1=(9+d)$, $X_2=9(9+d)$ в Оммах.

Визначити показання амперметра електромагнітної системи.

2.24 Визначити коефіцієнт потужності симетричного споживача, з'єднаного зіркою, якщо відомо його фазна напруга $U_{\phi}=380$ В, лінійний струм $I_1=(10+h)$ А і споживана потужність $P=(9,12+h+d)$ кВт.

2.25 Симетричний трифазний споживач живиться від трифазної мережі. Вольтметр, амперметри й однофазний ватметр включені, як показано на рис. 6. Показання відповідно: $U=380$ В, $I=(8+h)$ А, $P=(1000+10h)$ Вт.

Визначити характер опору Z .

2.26 Для симетричного трифазного споживача задані лінійні напруга $U_L=220$ В і струм $I_L=(3+h+g)$ А, а також активна потужність $P=(571+10h)$ Вт. Визначити кут зсуву фаз між фазними струмом і напругою.

2.27 Задано лінійну напругу U трифазної мережі, що живить симетричний трифазний споживач (рис.7).

Яким стане напруга на фазі С (показання вольтметра V), якщо

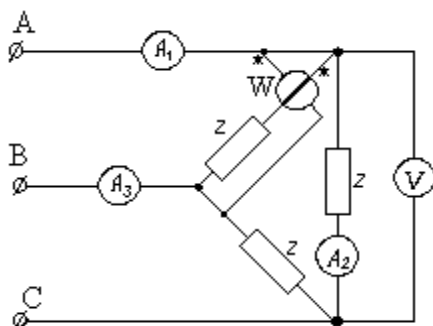
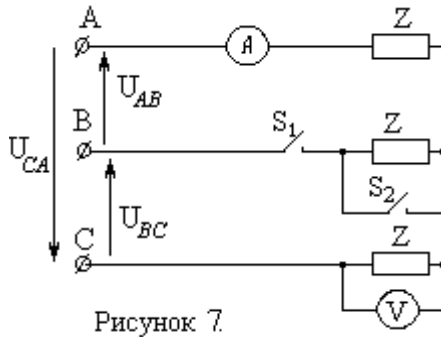


Рисунок 6.

опір фази В замкнути ключем S_2 .



2.28 Що покаже вольтметр (рис. 7), якщо лінійна напруга мережі дорівнює U , а середній лінійний провід обірваний ключем S_1 ?

2.29 Фазні струми симетричного трифазного споживача, з'єднаного в трикутник, дорівнюють $(18+h+g)$ А.

Яким стане струм I_{bc} після обриву лінії В?

2.30 Трифазне коло працювало в симетричному режимі. Навантаження з'єднане зіркою без нульового проводу і знаходиться під фазною напругою U . Як зміняться напруги U_A , U_B , U_C після короткого замикання фази А?

2.31 Як зміняться струми (рис. 8) після замикання ключа S, якщо всі опори в колі однакові.

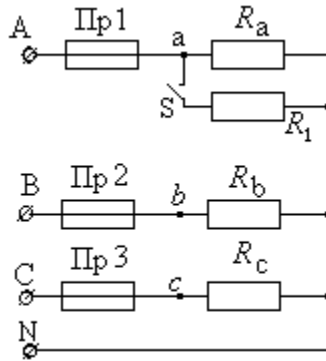


Рисунок 8.

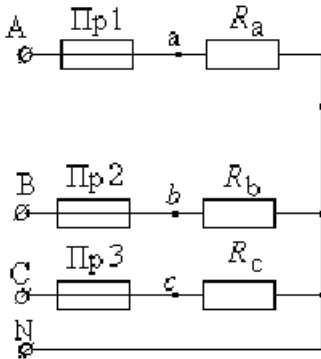


Рисунок 9

2.32 В електричному колі (рис. 9) $R_B = R_C = 2R_A$

Як зміняться струми, якщо перегорить запобіжник Пр1.

2.33 В електричному колі (рис. 8) $R_A = R_B = R_C$. Ключ S вважати розімкнутим.

Як зміняться струми, якщо перегорить запобіжник Пр1?

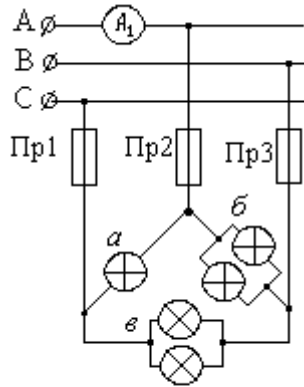


Рисунок 10.

2.34 Як зміниться світіння ламп груп а, б, в (рис. 10), якщо перегорить запобіжник Пр1?

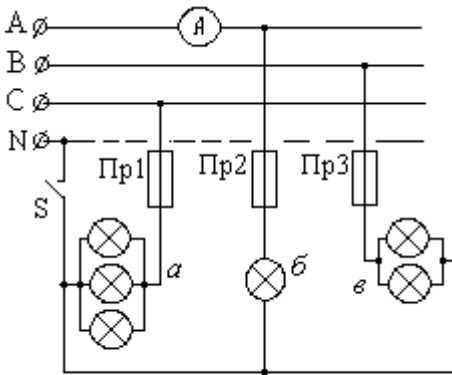


Рисунок 11.

2.35 Усі лампи розжарювання (рис. 11) мають однакові номінальні потужності і напруги. Група ламп в відключена (перегорів запобіжник Пр3).

Як зміниться світіння ламп а і б при відключенні нульового проводу ключем S ?

2.36 Визначити показання вольтметра в колі (рис.12), якщо лінійна напруга $U_{л}=220$ В, а опори $Z=(10+d)$ Ом.

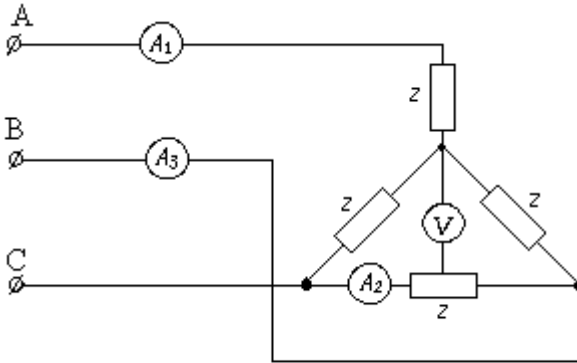


Рисунок 12.

2.37 Визначити показання амперметрів у колі (рис.12), якщо лінійна напруга $U_{л}=380$ В, а опори $Z=(20+d)$ Ом.

2.38 Три однакових конденсатори, ємністю $C_1=(30+d+g)$ мкФ кожний, з'єднані трикутником і підключені до трифазного кола.

Визначити значення ємності C_3 фази еквівалентної зірки, включення якої в мережу замість C_1 не змінить лінійних струмів.

2.39 Чому обрив нульового проводу в чотирьох провідній трифазній системі є аварійним режимом?

Пропоновані варіанти відповідей:

1. Збільшиться напруга на усіх фазах споживача, з'єданого трикутником.

2. На одних фазах споживача, з'єданого трикутником, напруга збільшиться, на інші зменшиться.

3. На одних фазах споживача, з'єднаного зіркою, напруга збільшиться, на інші зменшиться.

4. На усіх фазах споживача, з'єднаного зіркою, напруга зросте.

2.40 Три однакових конденсатори, ємністю $C_1=(30+10d)$ мкФ кожний, з'єднані зіркою і підключені до трифазного кола.

Визначити ємність фази C_3 еквівалентного трикутника,

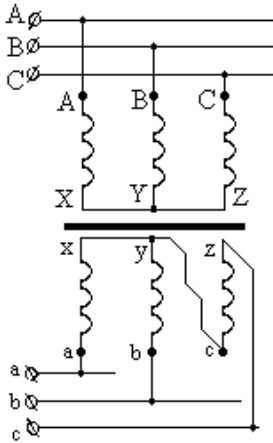


Рисунок 13.

включення якого в мережу замість C_1 не змінить лінійних струмів.

2.41 При з'єднанні вторинних обмоток трансформатора в зірку одна з його фаз була з'єднана неправильно (рис.13).

Визначити лінійні напруги на виході трансформатора, якщо його фазні напруги $U=127$ В.

2.42 У яким співвідношенні знаходяться показання ваттметров кола (рис. 14), якщо $R=X$?

2.43 У колі (рис. 14) відомі опори ($R=5d$; $X=8.66d$) і показання вольтметра $V=127$ В.

Визначити показання приладів A_1 і W_2 .

2.44 Фазна ЕРС трифазного генератора $E=247$ В, частота мережі $f=50$ Гц, активний опір обмотки $R=0.1(11+d)$ Ом, індуктивність обмотки

$L=(6+g)$ Ом.

Визначити величину струму в контурі трикутника в режимі

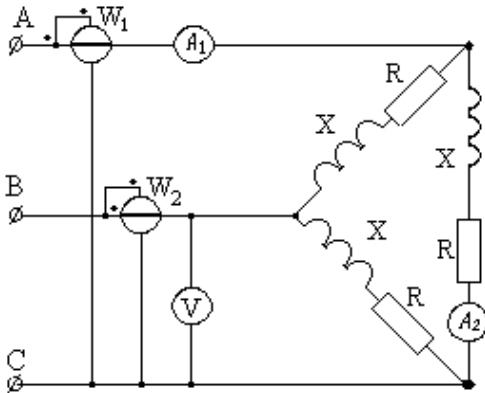


Рисунок 14 .

неробочого ходу при хибному з'єднанні обмоток генератора.2.

2.45 До чотирьох провідної трифазної лінії по черзі приєднують три електричні лампи потужністю по 60 Вт кожна між лінійним (відповідно А, В и С) і нульовим проводами.

Визначити зміна струмів у проводах лінії в кожному випадку почергового приєднання до неї ламп, якщо напруга між кожним лінійним проводом і нульовим проводом 220 В.

2.46 Три активних опори по $R=(20+d)$ Ом кожне, приєднані зіркою до трифазної мережі з $U_{\text{Л}}=380$ В.

Обчислити всі лінійні струми й активну потужність кожної фази і всього кола до і після обриву лінії С.

2.47 У кожній фазі споживача, з'єданого трикутником, струм відстає по фазі від напруги на кут 53° . Опори фаз однакові і рівні по $(19+d)$ Ом.

Обчислити фазні і лінійні струми, активну потужність кожної фази і всього кола, якщо лінійна напруга 380 В. Побудувати векторну діаграму.

2.48 Три однакові котушки $\{R=(7+d) \text{ Ом}, X_L=(24+g) \text{ Ом}\}$ включені зіркою і приєднані до трьох провідного трифазного ланцюга з лінійною напругою 220 В. Початок і кінець однієї з котушок (фаза А) замкнуті коротко мідною пластиною.

Визначити струми при короткому замиканні у фазі А. Побудувати в масштабі векторну діаграму.

2.49 До трьох провідного кола, з лінійною напругою 220 В і частотою 50 Гц приєднані, сполучені зіркою, котушки $\{R=(1.1+d) \text{ Ом}, L=(6+h) \text{ Гн}\}$. У провіді С лінії розплавилася плавка вставка запобіжника.

Визначити струми. Побудувати векторну діаграму.

2.50 Три активних опори: $R_A=(10+d) \text{ Ом}, R_B=(20+g) \text{ Ом}$ і $R_C=(30+h) \text{ Ом}$ - з'єднані зіркою і приєднані до трьох провідної трифазної лінії з лінійними напругами 380 В.

Визначити напруги на опорах і струми в них.

2.51 Між проводами А і В трьох провідного трифазного кола включена $(21+d)$ електрична лампа потужністю 40 Вт кожна, а між проводами С і А - $(10+d)$ ламп потужністю 60 Вт кожна.

Визначити струми в лінійних проводах і побудувати в масштабі векторну діаграму, якщо лінійні напруги рівні 120 В.

2.52 Обмотки трифазного асинхронного електродвигуна з'єднані трикутником. Електродвигун приєднаний до трьох провідного трифазного кола з лінійними напругами 220 В, причому потужність на валу електродвигуна дорівнює $P=(28,47+5d) \text{ кВт}$, ККД = $85+0.1d$ % і коефіцієнт потужності $\cos\varphi=0,88$.

Визначити фазні і лінійні струми, побудувати в масштабі векторну діаграму.

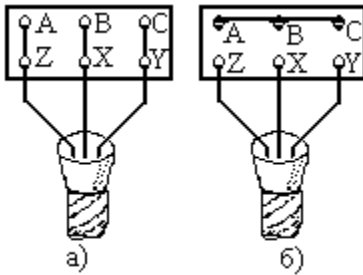


Рисунок 15.

2.53 Сполучення затискачів асинхронного двигуна на клемній дощечці було виконано так, як показано на рис.15а, але електромонтер замінив це сполучення таким, як зображено на рис.15б.

Визначити зміну потужності електродвигуна і напруг на його фазних обмотках, якщо лінійні напруги кабелю дорівнюють 380 В.

2.54 До чотирьох провідного трифазного кола з лінійними напругами 220 В паралельно підключені освітлювальні установки двох приміщень: в одній з них лампи з'єднані трикутником, причому потужність у кожній фазі 2,2 кВт, в іншій - зіркою з нульовим проводом, причому потужність у кожній фазі 1,27 кВт.

Визначити струми на всіх ділянках схеми.

2.55 Три реактивних опори по $X=(20+d)$ Ом кожне, приєднані зіркою до трифазної мережі з $U_{\text{л}}=220$ В.

Обчислити всі лінійні струми і реактивну потужність кожної фази і всього кола до і після обриву лінії С.

2.56 Для визначення послідовності фаз симетричної трифазної системи лінійною напругою $U_{\text{л}}=220$ В використовують фазовий показник, що складається з двох однакових ламп і конденсатора (рис.16). Опори ламп і конденсатора підібрані рівними.

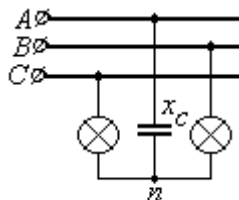


Рисунок 16.

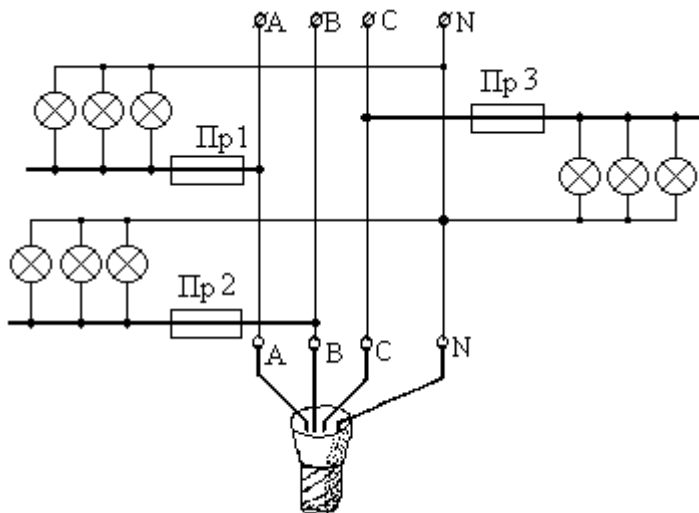


Рисунок 17.

Визначити напругу на затискачах ламп. Побудувати топографічну діаграму.

2.57 У схемі чотирьох провідної освітлювальної мережі житлового будинку (рис.17) у фази А і В включені по $(25+d)$ ламп, а у фази З - $(15+h)$ ламп. Номінальна потужність кожної лампи $P=60$ Вт, номінальна напруга $U=220$ В.

Визначити струми в лінійних і в нульовому проводах. Побудувати векторну діаграму. Як зміниться навантаження «здорових» фаз і струм нульового проводу, якщо у фазі А перегорить запобіжник (Пр1)?

2.58 До трифазного чотирьох провідної кабелю освітлювальної мережі з фазною напругою $U=127$ В підключені три групи ламп, з'єднані за схемою (рис.17). Номінальна напруга і потужність кожної лампи $U_H=127$ В, $P_H=200$ Вт.

Визначити струми і напруги ламп при номінальному режимі й обриві нульового проводу.

2.59 Три групи 100-ватних ламп із номінальними напругами 220 В розподілені так, що перша група ($(30+d)$ ламп) підключена на лінійну напругу U_{AB} , друга ($(15+g)$ ламп) - на напругу U_{BC} , третя ($(10+h)$ ламп) - на напругу U_{CA} . Напруга мережі 220 В.

Визначити фазні і лінійні струми при номінальному режимі і при перегоранні запобіжника лінійного проводу А. Побудувати векторні діаграми для указаних режимів.

2.60 Визначити струм у проводах лінії, до якої підключений трифазний двигун з номінальною потужністю $P_n=10$ кВт, якщо коефіцієнт потужності $\cos\varphi=0.87$, ККД=82%, а лінійна напруга мережі $U=220$ В.

Визначити опір фаз обмотки статора двигуна. На яку напругу можна вмикати двигун при сполученні фаз обмотки статора трикутником і незмінній потужності двигуна?

2.61 Трифазний двигун потужністю $P=(7+d)$ кВт, номінальною напругою 127/220 В працює з коефіцієнтом потужності $\cos\varphi=0.88$.

Указівка. При напрузі мережі 127 В фази обмотки двигуна з'єднані трикутником, при напрузі 220 В - зіркою

Знайти струм у проводах, що з'єднують двигун з мережею, якщо його ККД.=87%. Визначити опір фаз обмотки двигуна. Побудувати векторну діаграму.

2.62 До трьох провідної мережі підключений приймач, з'єднаний зіркою, активна потужність якого $P=(2900+10d)$ Вт , напруга $U_{\text{Л}}=220$ В и $\cos\varphi_2=0.6$. Кожен провід лінії, що з'єднує генератор і приймач, має активний опір $R_{\text{Л}}=(0.6+0.1g)$ Ом і індуктивний опір $X_{\text{Л}}=(1+0.5h)$ Ом.

Знайти напруга на затискачах генератора, а також його активну і реактивну потужності. Визначити втрату напруги в лінії. Побудувати векторну топографічну діаграму.

2.63 На рис.18 зображена однолінійна схема трифазного кола, що складається зі станції, підстанції і лінії, яка їх поєднує. Кожна фаза лінії має опори активне $R=(0,8+d/2)$ Ом/км і індуктивне $X=(0,6+h/10)$ Ом/км.

Визначити струм, спадання напруги в лінії і втрату потужності в лінії. На схемі зазначені величини лінійної напруги, потужності і $\cos\varphi$ приймача.

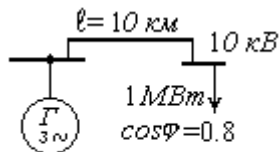


Рисунок 18.

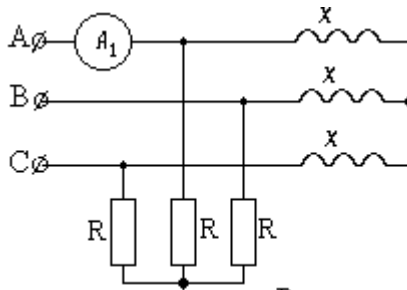


Рисунок 19.

2.64 Два симетричних трифазних приймачі ($X_L=(5+d)$ Ом, $R=(5+g)$ Ом), кожний з яких з'єднаний зіркою, підключені до трьох провідних ліній (рис.19). Напруга джерела $U_L=220$ В.

Визначити лінійні струми генератора.

2.65 Трифазний приймач, з'єднаний зіркою, підключений до мережі з лінійною напругою $U=220$ В. Опору фаз обмотки приймача. $R=(3+d)$ Ом і $X_L=(4+g)$ Ом.

Визначити фазні напруги і струми приймача при обриві і короткому замиканні фази А.

2.66 У чотирьох провідній схемі з лінійною напругою 380 В співвідношення струмів у фазах споживачів $I_A:I_B:I_C=1:3:4$. Усі споживачі активні, і загальна їхня потужність складає 3,2 кВт.

Обчислити струми в лінійних проводах і в нульовому проводі.

2.67 У яким співвідношенні будуть знаходитися фазові напруги на навантаженні при обриві нульового проводу, якщо споживач з'єднаний зіркою, навантаження активна і $R_A:R_B:R_C=2:3:4$.

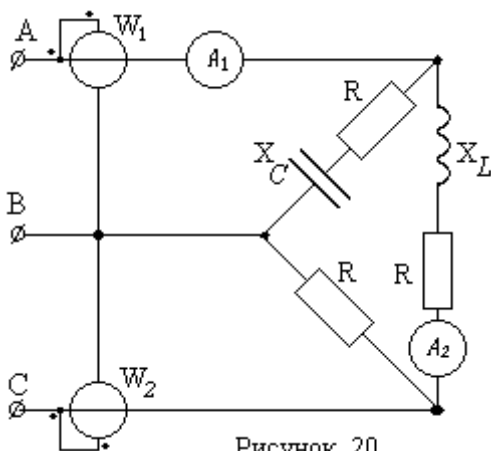


Рисунок 20.

2.68 Знайти фазні і лінійні струми схеми (рис. 20), визначити споживану активну потужність кола, використовуючи показання ватметрів, і побудувати векторну діаграму, якщо опори $R=(4+d)$ Ом., $X_L=X_C=(6+h)$ Ом, а лінійна напруга джерела $U=220$ В.

2.69 До трьох провідної мережі з лінійною напругою $U=220$ В включені два симетричних трифазних приймачі. Паспортні дані приймачів: $P_1=(5,26+d)$ кВт, $U_{1\phi}=220$ В, $\cos\varphi_1=0,88$ ($\varphi_1>0$), $P_2=(3,39+g)$ кВт, $U_{2\phi}=127$ В, $\cos\varphi_2=0,78$ ($\varphi_2>0$).

Накреслити схему вмикання приймачів у мережу, визначити фазні і лінійні струми приймачів і мережі, знайти загальний коефіцієнт потужності установки.

2.70 Три групи 100-ватних ламп по n_i штук у кожній з фаз ($n_1=30+d$, $n_2=10+g$, $n_3=20+h$), розраховані на напругу $U_{\text{Л}}=220$ В (рис. 21). Двигун:

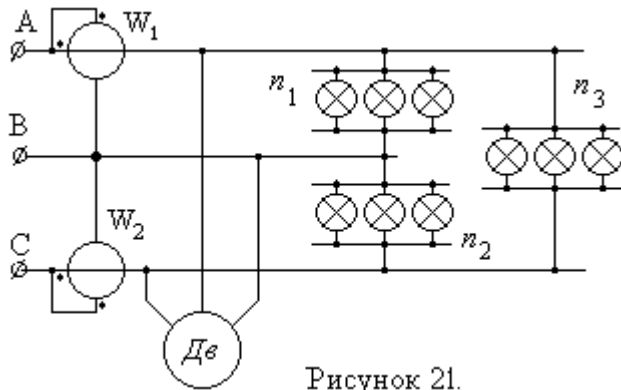


Рисунок 21.

$$P_{\text{H}}=(10+d)$$

кВт, $U_{\text{H}}=220$ В, $\cos\varphi=0,75$, $\eta=85\%$.

Визначити лінійні струми мережі й енергію, яка споживається схемою за 1 годину роботи, якщо обидві ці навантаження включені в трифазне коло з лінійною напругою $U=220$ В.

2.71 Три групи 60-ватних ламп, розрахованих на напругу $U=220$ В, і двигун з номінальними даними: $P_{\text{H}}=10$ кВт, $U_{\text{H}}=220$ В, $\cos\varphi=0,75$, $\eta=85\%$, включені в трифазне коло.

Визначити показання ватметрів, якщо кількість ламп у кожній з фаз різне: $n_1=30+2d$, $n_2=10+3g$, $n_3=20+h$ (штук).

2.72 Знайти струми і напруги схеми (рис. 22), якщо опір $R=(15+d)$ Ом, $x=(5+g)$ Ом, $R_{\text{Л}}=1$ Ом, а лінійна напруга генератора $U=220$ В. Побудувати векторну діаграму.

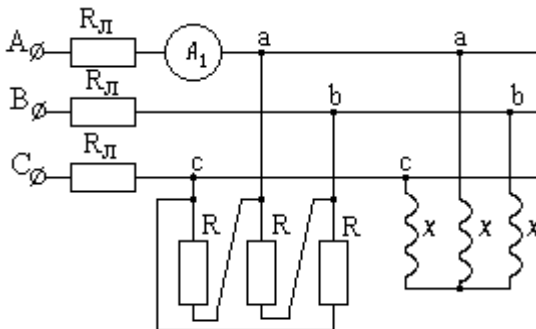


Рисунок 22.

2.73 Знайти струми і напруги схеми (рис. 22), якщо замість опорів R у ній включені ємнісні опори $X_C=(15+d)$ Ом. Величини інших опорів: $X=(5+g)$ Ом, $R_L=1$ Ом, а лінійна напруга генератора $U=220$ В. Побудувати векторну діаграму.

2.74 Лампи накалювання загальною потужністю $(2,4+d)$ кВт розподілені на три групи і включені в чотирьох провідну мережу трифазного струму. Визначити струми в лінійних проводах і побудувати в масштабі векторну діаграму, якщо струм у нульовому проводі дорівнює нулю, а фазна напруга 220 В.

2.75 До чотирьох провідного мережі з фазною напругою 380 В приєднані зіркою три приймачі. Потужність приймача у фазі А складає $P_A=(2,4+d)$ кВт при $\cos\varphi_A=0,9$; у фазі В - $P_B=2,0$ кВт при $\cos\varphi_B=1$; а у фазі С - $P_C=(2,4+d)$ кВт при $\cos\varphi_C=0,866$.

Визначити струми у всіх проводах і побудувати векторну діаграму, якщо φ_A , φ_B , φ_C - додатні кути.

2.76 Визначити рід навантаження й опір фаз симетричного приймача, з'єднаного зіркою, якщо лінійна напруга на вході схеми $U=380$ В, струм у лінії $I=(4,4+h)$ А и показання ватметрів, включених за схемою двох ватметрів, дорівнюють: $P_1=(1665+28d)$ Вт, $P_2=(707+19g)$ Вт.

2.77 Визначити опори R_{CA} і X_{CA} кола (рис. 23), якщо $I_{AB}=(8+d)$ А, $I_{BC}=(6+d)$ А, $I_{CA}=(10+d)$ А; $R_{AB}=(5+g)$ Ом, $R_{BC}=(10+g)$ Ом. Активна потужність трьох фаз споживача $P=(2680+10g)$ Вт, реактивна потужність фази СА: $Q_{CA}=1600$ ВАр.

2.78 Активна потужність споживача (рис.24) $P=4950$ Вт, напруга мережі $U=380$ В, $I_A=(10+d)$ А, $I_B=(5+d)$ А, коефіцієнти потужності: фази А $\cos\varphi_A=1$, фази В $\cos\varphi_B=0,5$, фази С $\cos\varphi_C=0,5$.

Визначити струм I_C , опори R_C і X_C , а також реактивну потужність фази В и фази С.

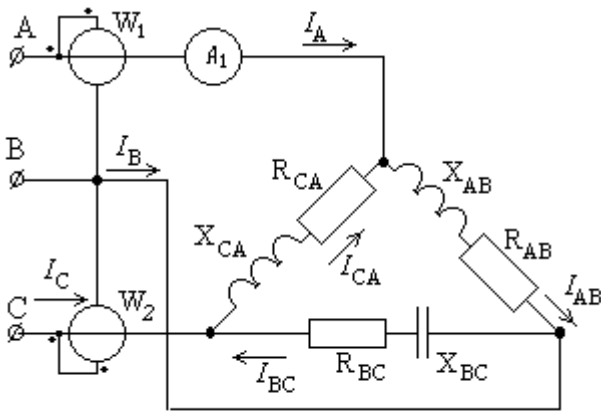


Рисунок 23.

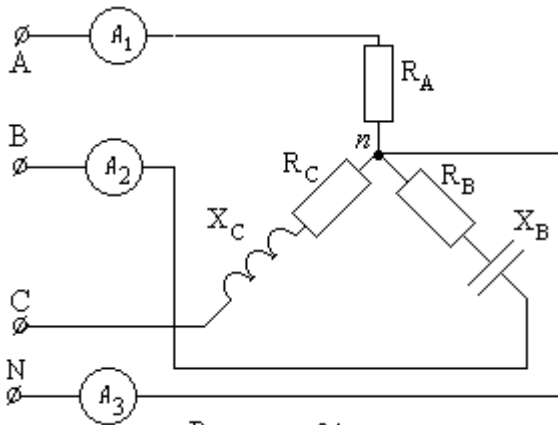


Рисунок 24.

2.79 Для кола (рис. 24) у трифазному режимі напруга мережі $U_{\text{л}}=380$ В, струми в лініях $I_B=(5+d)$ А, $I_C=(10+d)$ А. Коефіцієнти потужності: фази В $\cos \varphi_B=0.5$, фази С $\cos \varphi_C=0.5$.

Визначити струм у нульовому проводі при обриві лінійного проводу фази А.

2.80 Три групи освітлювальних ламп з'єднані зіркою і

підключені до чотирьох провідного мережі трифазного струму з лінійною напругою 380 В. Опір кожної лампи 807 Ом. Група фази А складається з $(10+d)$ паралельно включених ламп, фази В $(24+g)$ ламп, а фази С $(34+h)$ ламп.

Обчислити напруги на лампах і напругу зсуву нейтралі для двох значень опору нульового проводу:

1) $R_N=5$ Ом; 2) $R_N=0.5$ Ом. Реактивним опором нульового проводу зневажити. Для першого режиму ($R_N=5$ Ом) побудувати топографічну діаграму напруг.

2.81 До трьох провідного мережі з лінійною напругою 380 В приєднані зіркою три опори: $Z_A=Z_B=Z_C=(484+h)$ Ом. Коефіцієнти потужності: фази А $\cos\varphi_A=0.5$, фази В $\cos\varphi_B=0.5$, фази С $\cos\varphi_C=0.5$, причому $\varphi_C<0$.

Обчислити струми у всіх проводах мережі і побудувати в масштабі векторну діаграму.

2.82 До трифазної мережі ($U_\phi=380$ В) з активним опором проводів $(0.2+d)$ Ом і індуктивним $(0.8+h)$ Ом підключений електродвигун, обмотки статора якого з'єднані зіркою. Потужність двигуна 12 кВт, його $\cos\varphi=0.87$.

Визначити спадання напруги й утрату потужності в лінії. Побудувати векторну діаграму.

2.83 Три рівних за величиною опори $(20+d)$ Ом, але різних за характером ($\varphi_A=0^\circ$, $\varphi_B=-90^\circ$, $\varphi_C=90^\circ$) з'єднані зіркою і включені в трифазну мережу з фазною напругою 127 В.

Як зміняться лінійні струми, якщо ці ж опори з'єднати трикутником?

2.84 Три рівних активних опори по $(5.5+d)$ Ом з'єднані трикутником і включені в мережу трифазного струму з лінійною напругою 220 В.

Обчислити фазні й лінійні струми, потужність кожної фази і всього кола. Побудувати векторну діаграму.

2.85 У кожній фазі споживача, з'єданого трикутником, струм

відстає по фазі від напруги на кут 53° . Опори фаз однакові, і дорівнюють $(19+d)$ Ом.

Обчислити фазні й лінійні струми, активну потужність кожної фази і всього кола, якщо лінійна напруга 380 В. Побудувати векторну діаграму.

2.86 Три котушки індуктивності, кожна з активним $R=(1.5+d)$ Ом і індуктивним $X_L=(2+d)$ Ом опорами, приєднані трикутником до трифазної мережі з лінійною напругою 220 В.

Обчислити фазні й лінійні струми, а також активну потужність усього кола. Побудувати векторну діаграму.

2.87 Електричні лампи з'єднані трикутником і підключені до трифазної мережі з лінійною напругою 220 В. Загальна потужність ламп по фазах: $(550+5d)$, $(1000+9d)$ і $(800+6d)$ Вт.

Визначити фазні й лінійні струми.

2.88 До трифазної мережі з лінійною напругою 220 В приєднані трикутником приймачі, що мають однакові активні потужності $(76+d)$ кВт, але різні коефіцієнти потужності: $\cos\varphi_{AB}=0,85$; $\cos\varphi_{BC}=0,8$; $\cos\varphi_{CA}=0,9$.

Обчислити фазні й лінійні струми і побудувати векторну діаграму, вважаючи кути φ_{AB} , φ_{BC} додатними, а φ_{CA} - від'ємним.

2.89 В умовах попередньої задачі (№88) скласти еквівалентну схему кола, прийнявши $\varphi_{AB}<0^\circ$, $\varphi_{BC}=0^\circ$ і $\varphi_{CA}>0^\circ$.

Обчислити фазні й лінійні струми і побудувати векторну діаграму.

2.90 Лампове навантаження підключене до мережі, фазна напруга якої 220 В. У кожному фазу включена лампа потужністю 60 Вт.

Визначити фазні і лінійні струми, напругу на кожній лампі й показання ватметрів W_1 і W_2 , включених за схемою двох ватметрів, якщо навантаження з'єднане:

- а) зіркою без нейтралі;
- б) зіркою без нейтралі, у якій відбувся обрив фази С;
- в) трикутником.

Для усіх випадків побудувати топографічні діаграми і векторні діаграми струмів.

2.91 Симетричне навантаження з'єднане трикутником і підключені до мережі, лінійні напруги якої дорівнюють 220 В. Опір кожної фази навантаження $\underline{Z}=(22+d)e^{j60^\circ}$ Ом.

Визначити фазні і лінійні струми й напруги на навантаженні:

- при нормальній роботі;
- при обриві лінійного проводу В;
- при обриві фазного проводу АВ.

Побудувати топографічні діаграми і векторні діаграми струмів і напруги для всіх режимів.

2.92 Фазна напруга трифазного генератора $U_\phi=120$ В. Опір фази приймача $\underline{Z}_H=(2d+j16)$ Ом; опори проводів лінії $\underline{Z}_L=(4+j(6+h))$ Ом

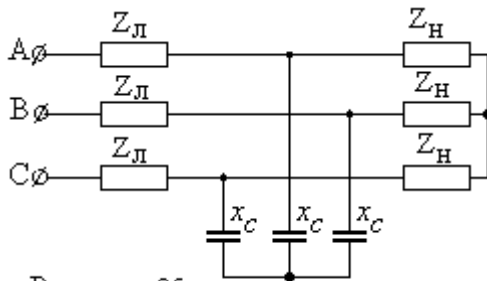


Рисунок 25.

(рис.25).

Визначити ємність C конденсаторів кожної фази, включених на прийомному кінці лінії для збільшення $\cos\phi$ приймача до одиниці. Знайти фазну напругу $U_{\text{нф}}$ на затискачах приймача при відсутності конденсаторів і напругу $U'_{\text{нф}}$ при їхній наявності.

2.93 Фазна напруга вторинних обмоток трансформатора, з'єднаних трикутником, дорівнює 220 В. Опір фази навантаження, з'єднаної трикутником, $\underline{Z}_H = [(30+d)+j(10+h)]$ Ом, опір проводів, що підєднують її до трансформатора, $\underline{Z}_L=2+j4$ Ом.

Визначити струми в проводах лінії, фазах трансформатора й навантаження, напруги на фазах навантаження.

2.94 Симетричне навантаження підключене до мережі, система лінійних напруг якої симетрична: $U_{\text{Л}}=220$ В. Показання ватметра (рис. 26) складає $(25+d)$ Вт; показання амперметра дорівнює $(1+h)$ А.

Знайти активну, реактивну і повну потужності трифазного навантаження. Визначити фазні опори, вважаючи, що навантаження з'єднане:

а) зіркою; б) трикутником.

Побудувати векторні діаграми струмів і напруг для всіх режимів.

2.95 Симетричний приймач з'єднаний трикутником. Система лінійних напруг симетрична; $U_{\text{Л}}=120$ В. Ватметри, включені в коло (рис. 28), показують $P_1=(3+d)$ кВт; $P_2=0$.

Визначити комплекс фазного опору.

2.96 Симетричний приймач електричної енергії з'єднаний зіркою (рис.27). Опір фаз приймача $Z=(6+d)+j(8+d)$ Ом. Система фазних напруг навантаження симетрична; $U_{\phi}=660$ В.

Розрахувати показання ватметра при двох різних положеннях перемикача. Скориставшись показаннями ватметра, визначити активну, реактивну і повну потужності приймача.

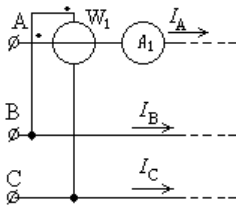


Рисунок 26.

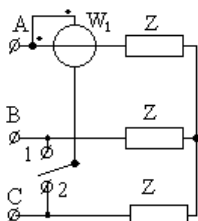


Рисунок 27.

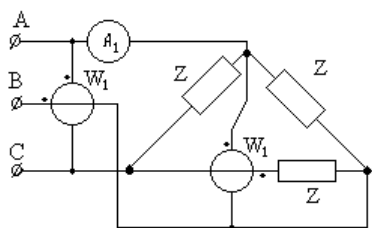


Рисунок 28.

2.97 До трифазного трансформатора, вторинні обмотки якого з'єднані зіркою, підключений симетричний приймач (рис. 29). Опори фаз приймача $\underline{Z}=[(4+d)+j(3+d)]$ Ом. Фазна напруга трансформатора $U_{\phi}=380$ В.

Знайти фазні струми і напруги, побудувати топографічні й векторні діаграми струмів, якщо обмотки трансформатора з'єднані:

а) вірно, як показано на рис. 29;

б) помилково: затискачі x та у першої та другої фази трансформатора під'єднані до початку третьої фази С, приймач під'єднаний до затискачів А, В и z трансформатора.

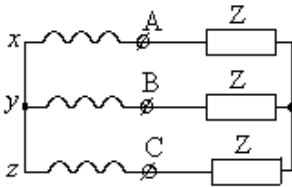


Рисунок 29.

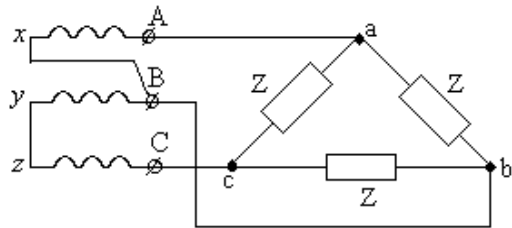


Рисунок 30.

2.98 При з'єднанні вторинних обмоток трансформатора, фазні напруги якого симетричні ($U_{Ax}=220$ В), допущена помилка (рис.30). До трансформатору під'єднане симетричне навантаження, з'єднано трикутником; $\underline{Z}=(10+d)e^{j30^\circ}$ Ом.

Визначити фазні, лінійні напруги й струми, побудувати топографічну діаграму і векторну діаграму струмів.

2.99 Фазні напруги приймача, з'єданого зіркою, $U_A=100$ В; $\underline{U}_B=100e^{-90}$ В; $\underline{U}_C=150e^{j135}$ В. Опір фази В: $\underline{Z}_B=\{(8+d)-j(6+d)\}$ Ом.

Якими повинні бути опори \underline{Z}_A і \underline{Z}_C , щоб система струмів була симетрична? Знайти лінійні напруги. Побудувати топографічну діаграму і векторну діаграму струмів.

2.100 Лінійні напруги приймача, з'єданого трикутником: $\underline{U}_{AB}=100+j200$ В; $\underline{U}_{BC}=-300$ В. Провідність фази СА $\underline{Y}_{CA}=\{(0,4+1/d)-j(0,3+1/d)\}$ См.

Знайти провідності фаз АВ і ВС, якщо фазні струми приймача симетричні. Визначити лінійні струми, побудувати топографічну діаграму і векторну діаграму струмів.

2.101 Система фазних напруг генератора, з'єднаного зіркою симетрична: $U_{\Phi}=120$ В. Фазні опори приймачів $Z_A=Z_B=(10+d)$ Ом; $Z_C=(10+d)e^{-j90^\circ}$ Ом. Опори проводів лінії і нульового проводу $Z_L=(2+h)e^{j60^\circ}$ Ом; $Z_0=(4+d)$ Ом.

Визначити фазні струми, струм у нульовому проводі, фазні напруги на навантаженні. Побудувати топографічну діаграму і

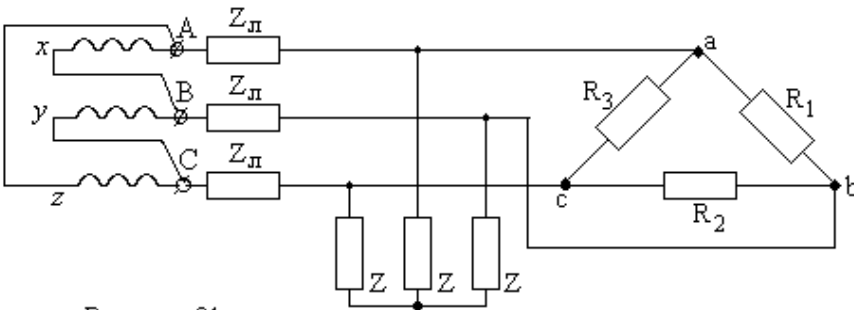


Рисунок 31.

векторну діаграму струмів.

2.102 До джерела несиметричної системи лінійних напруг $\{\underline{U}_{AB}=80$ В; $\underline{U}_{BC}=113,1e^{-j135^\circ}$ В; $\underline{U}_{CA}=80e^{j90^\circ}$ В} приєднане несиметричне навантаження, з'єднане зіркою:

$$\underline{Z}_A=\{(10+d)+j(10+d)\} \text{ Ом}; \underline{Z}_B=\{(5+g)-j(8+g)\} \text{ Ом}; \underline{Z}_C=(10+d) \text{ Ом}.$$

Визначити активну, реактивну і повну потужності навантаження. Побудувати векторні діаграми напруг і струмів.

2.103 Фазні напруги несиметричного джерела, з'єднаного зіркою, $\underline{U}_A=220$ В; $\underline{U}_B=220e^{j60^\circ}$ В; $\underline{U}_C=180e^{j120^\circ}$ В. Опори фаз приймача, з'єднаного зіркою і підключеного до такого джерела: $\underline{Z}_A=(10+d)e^{j30^\circ}$; $\underline{Z}_B=30$ Ом; $\underline{Z}_C=[(20+d)-j40]$ Ом.

Визначити показання всіх приладів у схемі, якщо:

а) між нульовими точками генератора й приймача включений вольтметр;

б) вольтметр, включений між нульовими точками генератора й навантаження, замінено амперметром.

Для обох випадків побудувати топографічні діаграми і векторні діаграми струмів.

2.104 Система фазних напруг джерела, з'єднаного трикутником, симетрична $U_{\phi}=220$ В. Симетричне навантаження з'єднане зіркою; $\underline{Z}=\{(3+d)+j(4+d)\}$ Ом (рис.31). Несиметричне активне навантаження з'єднане трикутником: $R_1=(100+d)$ Ом; $R_2=(20+d)$ Ом; $R_3=(50+d)$ Ом. Опір лінії $\underline{Z}_l=j(5+d)$ Ом.

Визначити струми в проводах лінії.

2.105 До симетричного трифазного генератора, з'єданого зіркою ($U_{\phi}=100$ В), підключені два навантаження, також з'єдані зіркою (рис. 32). Параметри схеми: $\underline{Z}_1=(10+d)$ Ом; $\underline{Z}_2=-j(10+d)$ Ом; $\underline{Z}_3=j(10+d)$ Ом; $\underline{Z}_4=(10+d)$ Ом; $\underline{Z}_5=j(10+d)$ Ом; $\underline{Z}_6=-j(10+d)$ Ом.

Розрахувати струми в колі й напругу U_{01-02} при розімкненому ключі S. Знайти струм у перемичці при замкнутому ключі S, якщо: $Z_0=0$.

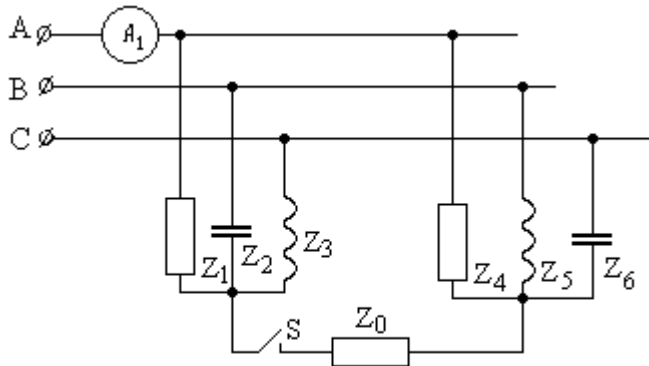


Рисунок 32.

Указівка. При виконанні скористатися методом еквівалентного генератора.

2.106 До симетричного трифазного генератора, з'єднаного зіркою ($U_\phi=100$ В), підключені два навантаження, також з'єднані зіркою (рис.32). Параметри схеми: $Z_1=(10+d)$ Ом; $Z_2=-j(10+d)$ Ом; $Z_3=j(10+d)$ Ом; $Z_4=(10+d)$ Ом; $Z_5=j(10+d)$ Ом; $Z_6=-j(10+d)$ Ом.

Знайти струми в колі й напругу при розімкненому ключі S. Знайти струм у перемичці при замкненому ключі S, якщо: $Z_0=10$ Ом.

Вказівка. При виконанні скористатися методом еквівалентного генератора.

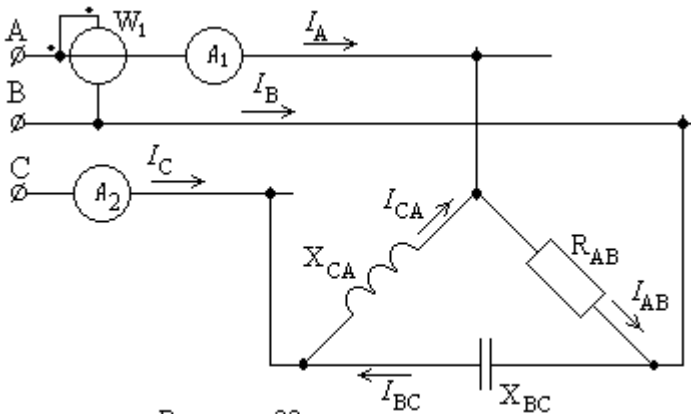


Рисунок 33.

2.107 Дротовий реостат, індуктивна котушка (активний опір котушки $R_K=0$) і конденсатор з'єднані трикутником (рис. 33) і включені на напругу $U_{л}=120$ В. Прилади, що включені в коло, показують: $I_1=3.1$ А; $I_2=6$ А; $P_{W1}=96.5$ Вт.

Визначити опори фаз навантаження. Побудувати топографічну діаграму і векторну діаграму струмів. Задачу рекомендується вирішувати графічно.

2.108 Для схеми приймача, з'єднаного трикутником (рис.34), відомі опори фаз $Z_1=\{(10+d)+j(10+d)\}$ Ом і опори лінії $R_{л1}=1$ Ом, $X_{л1}=2$ Ом. Лінійна напруга на вході мережі 220 В.

Визначити струм у лінії, струм і напругу на навантаженні, побудувати векторні діаграми для трьох режимів роботи:

а) трифазного;

- б) при обриві фази ав;
в) при обриві лінії А.

2.109 Для схеми приймача, з'єднаного трикутником (рис.34),

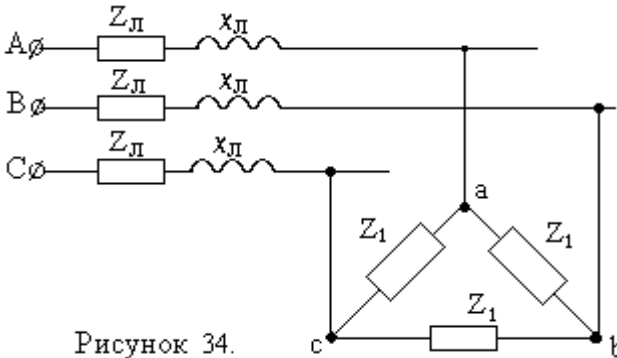


Рисунок 34.

відомі опори фаз $Z_1 = \{(10+d) - j(10+d)\}$ Ом і опори лінії $R_Л = 2$ Ом, $X_Л = 4$ Ом. Лінійна напруга на вході мережі 220 В.

Визначити струм у лінії, струм і напругу на навантаженні, побудувати векторні діаграми для трьох режимів роботи:

- а) трифазного;
б) при обриві фази bc;
в) при обриві лінії В.

Рекомендована література

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники.- М.: Высш. Шк., 1978.-528 с.
2. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники: В 2-х т.- Л.: Энергия,1981.-Т.1.-534 с.
3. Зевеке Г.В. и др. Основы теории цепей.- М.: Энергия, 1975.- 752 с.
4. Качан Ю.Г. Лінійна електротехніка (теоретичні основи): Навч. Посібник / Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 1995- 206 с.