

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Частина II

методичні рекомендації для виконання самостійних робіт здобувачами за першим(бакалаврським) рівнем вищої освіти ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв

2024

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 11.11.2024, протокол № 3.

Укладачі:

- Олександр Циганов – старший викладач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.
- Андрій Руденко – асистент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

- Василь Грубань – канд. тех. наук, доцент, зав. кафедрою кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.
- Каріне Горбунова – канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрою методики професійного навчання, Миколаївський національний аграрний університет.

Зміст

ВСТУП.....	4
СР №1. Основні закони електричних кіл	6
СР №2. Метод контурних струмів	9
СР №3. Метод вузлових потенціалів	12
СР №4. Еквівалентний генератор (Тевенен, Нортон)	15
СР №5. Розгалужені кола постійного струму з декількома джерелами.....	18
СР №6. Потужність у колах постійного струму	23
Список літературних джерел.....	25

ВСТУП

Самостійна робота студентів є невід’ємною складовою освітнього процесу та важливим елементом формування професійних компетентностей майбутніх фахівців електротехнічного та енергетичного профілю. У межах дисципліни **«Теоретичні основи електротехніки»** самостійні роботи спрямовані на поглиблення теоретичних знань та розвиток умінь застосовувати фундаментальні закони електрики для аналізу та розрахунку електричних кіл різної складності.

Дисципліна є базовою для всіх подальших спеціальних курсів, таких як електричні машини, електропривод, системи автоматичного керування, вимірювальна техніка, перетворювальні пристрої та електроенергетичні системи. Тому особливо важливо, щоб студент не лише засвоїв теоретичний матеріал, а й навчився практично працювати з математичними моделями електричних кіл, методами їх розрахунку, аналізувати режими роботи та оцінювати енергетичні показники.

Запропоновані самостійні роботи охоплюють ключові розділи курсу, серед яких:

- застосування законів Кірхгофа, Ома, Джоуля–Ленца;
- метод контурних струмів;
- метод вузлових потенціалів;
- визначення еквівалентних генераторів за Тевененом і Нортоном;
- аналіз розгалужених та мішаних кіл постійного струму;
- розрахунок потужності в електричних колах;
- робота з нелінійними елементами.

Кожне завдання передбачає формування практичних умінь: уміння читати електричні схеми, правильно задавати напрямки струмів, формувати та розв’язувати систему рівнянь, виконувати перевірки правильності отриманих результатів та робити обґрунтовані висновки.

Виконання самостійних робіт сприятиме:

- розвитку логічного та технічного мислення;
- закріпленню математичного апарату електротехніки;
- формуванню навичок аналітичної оцінки електричних режимів;
- підготовці студентів до лабораторних робіт, тестів і підсумкового контролю.

Матеріали цього збірника можуть бути використані як під час аудиторної роботи, так і при дистанційному та індивідуальному навчанні. Студенту рекомендується виконувати завдання у строгій відповідності до методичних вказівок, дотримуючись вимог щодо оформлення розрахунків і звітів.

Самостійна робота №1
«Комплексний метод розрахунку паралельних кіл однофазного
синусоїдального струму»

Мета роботи. Закріпити знання щодо комплексного методу аналізу електричних кіл, навчитися визначати повні, активні та реактивні опори, струми у паралельних гілках, будувати фазорні діаграми та складати баланс потужностей.

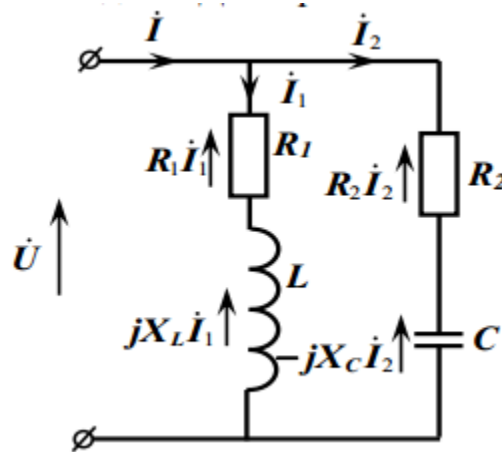


Рис. 1.1 – Схема паралельного з'єднання двох віток однофазного кола

Опис:

На схемі зображено джерело синусоїдальної напруги U , до якого паралельно підключені дві гілки:

- у першій – послідовно з'єднані резистор R_1 та індуктивність L_1 ;
- у другій – послідовно з'єднані резистор R_2 та ємність C_2 .

Позначені струми гілок I_1 і I_2 та загальний струм I .

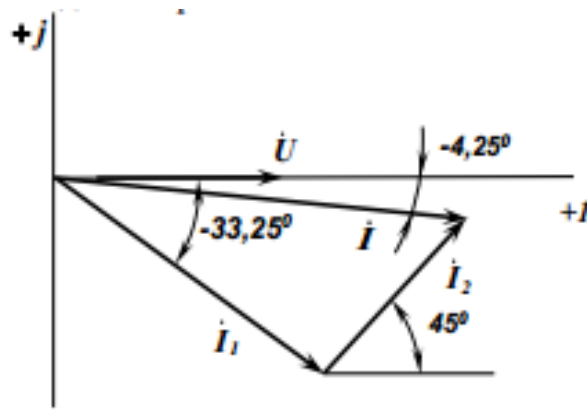


Рис. 1.2 – Векторна діаграма струмів у паралельному колі

Опис:

Графічне зображення фазових співвідношень:

- струм резистивної складової співпадає з напругою;
- струм індуктивної вітки відстає на 90° ;
- струм ємнісної вітки випереджає на 90° ;
- загальний струм I є векторною сумою I_1 та I_2 .

Теоретичні питання:

- Комплексне представлення синусоїдальних величин.
- Комплексний опір резистора, індуктивності та ємності.
- Методика визначення струмів у паралельних гілках.
- Побудова векторних діаграм струмів при паралельному з'єднанні.
- Баланс потужностей у колі змінного струму.
- Явище резонансу струмів.

Індивідуальне завдання:

- За варіантом (табл. 1 методичних вказівок) виконати:
- Розрахунок реактивних опорів елементів.

- Визначення комплексних струмів у кожній гілці.
- Обчислення струму в нерозгалуженій частині кола.
- Побудова фазорної діаграми струмів.
- Складання балансу активної та реактивної потужності.
- Визначення резонансної частоти (якщо необхідно).

Контрольні питання:

У чому перевага комплексного методу?

Як визначаються струми у паралельних вітках?

Що таке адмітанс і його складові?

Як перевірити правильність розрахунків?

Які ознаки резонансу в паралельному колі?

Самостійна робота №2

«Комплексний розрахунок послідовного кола R–L–C»

Мета роботи. Опрацювати методику розрахунку повного опору та струму у послідовному колі змінного струму, навчитися будувати топографічну векторну діаграму напруг та виконувати аналіз потужності.

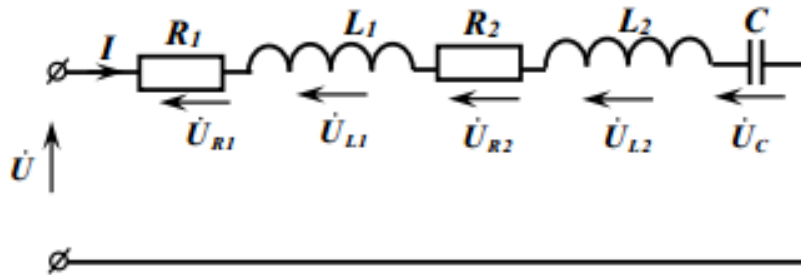


Рис. 2.1 – Послідовне з'єднання елементів R–L₁ –L₂ –C

Опис:

Схема містить джерело напруги U . До нього послідовно підключені два резистивно-індуктивні елементи (R_1, L_1 та R_2, L_2) і конденсатор C . Струм у колі один – I . Напруги на елементах $U_{R1}; U_{L1}; U_{R2}; U_{L2}$ та U_C показані як окремі падіння.

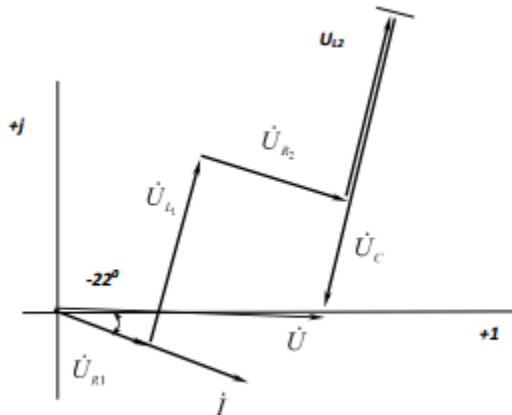


Рис. 2.2 – Топографічна векторна діаграма напруг

Опис:

Показано послідовне додавання векторів:

U_R – направлений уздовж осі струму;

U_L – спрямований перпендикулярно вгору;

U_C – спрямований вниз;

U – результуючий вектор.

Теоретичні питання:

1. Комплексний опір послідовного кола.
2. Фазові співвідношення між струмом і напругою.
3. Побудова векторної діаграми напруг.
4. Баланс потужностей.
5. Резонанс напруг у послідовному колі.

Індивідуальне завдання:

За таблицею 2.1:

№	U, В	R_1 , Ом	R_2 , Ом	$L_1 \cdot 10^{-3}$, Гн	$L_2 \cdot 10^{-3}$, Гн	C, мкФ
1	30	5	6	15	20	100
2	35	6	8	18	22	120
3	40	7	9	20	25	150
4	45	8	10	22	28	180
5	50	9	11	25	30	200
6	55	10	12	28	32	220
7	60	11	13	30	35	240
8	65	12	14	32	38	260
9	70	13	15	35	40	280
10	75	14	16	38	43	300
11	80	15	17	40	45	320
12	85	16	18	43	48	340
13	90	17	19	45	50	360
14	95	18	20	48	52	380
15	100	19	21	50	55	400

16	105	20	22	53	58	420
17	110	21	23	55	60	440
18	115	22	24	58	63	460
19	120	23	25	60	65	480
20	125	24	26	63	68	500
21	130	25	27	65	70	520
22	135	26	28	68	73	540
23	140	27	29	70	75	560
24	145	28	30	73	78	580
25	150	29	31	75	80	600
26	155	30	32	78	83	620
27	160	31	33	80	85	640
28	165	32	34	83	88	660
29	170	33	35	85	90	680
30	175	34	36	88	93	700

- Обчислити реактивні опори L_1 , L_2 , C .
- Визначити повний опір кола.
- Знайти струм у колі.
- Обчислити напруги на кожному елементі.
- Побудувати топографічну діаграму.
- Знайти резонансну частоту.
- Скласти баланс потужностей.

Контрольні питання:

1. Як визначається повний опір послідовного кола?
2. Чим відрізняється топографічна діаграма від векторної?
3. Як визначити резонанс напруг?
4. Які умови для резонансу в послідовному колі?
5. Як проводиться баланс потужностей?

Самостійна робота №3

«Метод еквівалентних опорів і провідностей при паралельному з'єднанні R–L–C»

Мета роботи. Навчитися застосовувати адмітанси для розрахунку паралельних кіл, визначати струми в гілках, будувати трикутники провідностей та аналізувати залежність струмів від частоти.

Теоретичні питання:

- Поняття про комплексну провідність.
- Еквівалентний адмітанс паралельного кола.
- Струми в гілках та їх векторні співвідношення.
- Побудова трикутників струмів, потужностей, провідностей.
- Резонанс у паралельному колі.
- Частотні характеристики струмів.

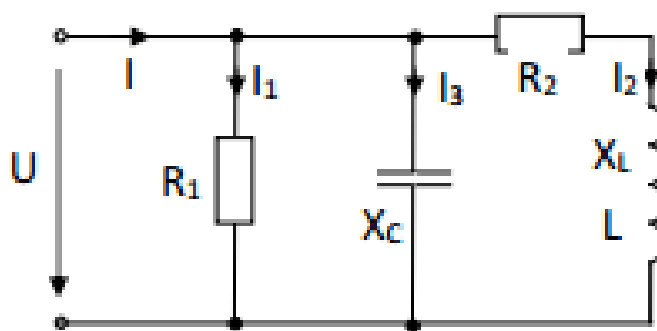


Рис. 3.1 – Паралельне R–L–C коло для методу провідностей

Опис:

До джерела U підключено три паралельні гілки:

- резистор R_1 ,
- резистор R_2 ,

- дві реактивні гілки – індуктивна з X_L та ємнісна з X_C .

Позначені струми у гілках $I_{R1}; I_{R2}; I_L; I_C$.

Графіки для СР №3

$I_{(f)}$ – залежність струму від частоти.

$X_{L(f)}$ та $X_{C(f)}$ – графік реактивностей для визначення резонансу.

Індивідуальне завдання:

За таблицею 3.1:

№ варіанта	U, B	$f, Гц$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$X_L, Ом$	$X_C, Ом$
1	24	50	12	20	20	10
2	36	60	18	24	24	16
3	42	50	16	27	10	20
4	127	60	14	30	16	14
5	220	50	13	33	26	18
6	48	60	15	35	14	22
7	60	50	10	37	30	24
8	127	60	8	39	32	8
9	220	50	14	41	10	15
10	36	60	12	43	6	12
11	24	50	9	22	18	9
12	42	60	11	25	20	17
13	48	50	13	28	24	21
14	60	60	15	31	26	25
15	127	50	17	34	28	27
16	220	60	19	36	30	29
17	36	50	20	38	32	31
18	42	60	22	40	34	33
19	48	50	24	42	36	35
20	60	60	26	44	38	37
21	127	50	28	46	40	39
22	220	60	30	48	42	41
23	24	50	32	50	44	43
24	36	60	34	52	46	45
25	42	50	36	54	48	47
26	48	60	38	56	50	49
27	60	50	40	58	52	51
28	127	60	42	60	54	53
29	220	50	44	62	56	55
30	36	60	46	64	58	57

- Обчислити провідності окремих гілок.
- Знайти загальну провідність.
- Визначити струм у нерозгалуженій частині кола.
- Побудувати векторну діаграму струмів.
- Побудувати трикутники Y , I , S .

Контрольні питання:

1. Що таке адмітанс?
2. Як знайти струм у паралельному колі?
3. Чим відрізняється резонанс струмів від резонансу напруг?
4. Як використовувати трикутник провідностей?
5. Як проявляється резонанс за графіком $I(f)$?

Самостійна робота №4

«Комплексний метод розрахунку змішаних електричних кіл»

Мета роботи. Закріпити навички аналізу змішаних схем змінного струму, визначення струмів і напруг у гілках, роботи з еквівалентними схемами та побудови діаграм.

Теоретичні питання:

- Еквівалентні перетворення змішаних схем.
- Комплексні опори гілок.
- Перевірка першого закону Кірхгофа в комплексній формі.
- Топографічні діаграми напруг.
- Визначення повної та реактивної потужності.

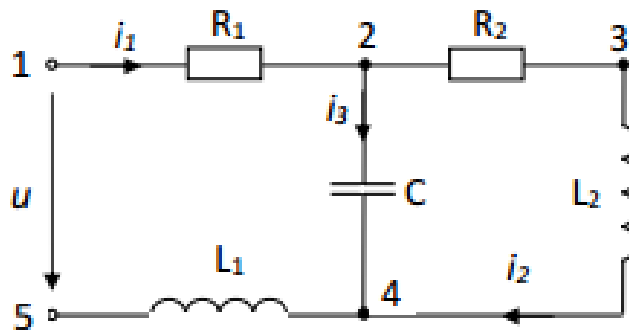


Рис. 4.1 – Схема змішаного з'єднання R–L для двох гілок та гілки з конденсатором

Опис:

Коло складається з двох паралельних гілок:

1-ша гілка: $R_1 + L_1$ (послідовно),

2-га гілка: $R_2 + L_2$ (послідовно),

3-тя гілка: конденсатор C .

До всіх гілок прикладена одна напруга U .

Струми гілок: I_1 , I_2 , I_3 .

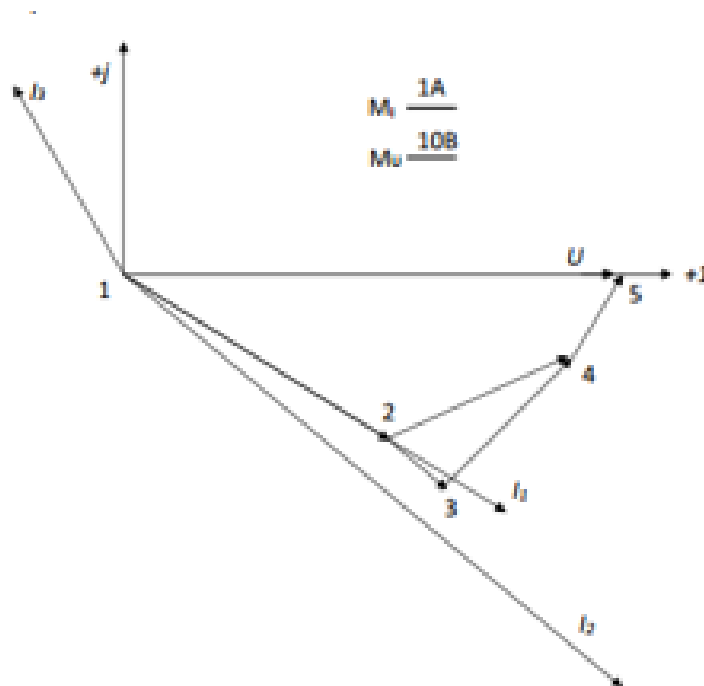


Рис. 4.2 – Векторна діаграма струмів і топографічна діаграма напруг

Опис:

Вісь струму I задає фазову опорну лінію.

Струми індуктивних гілок відстають, струм ємнісної гілки випереджає.

На топографічній діаграмі видно суму векторів напруг на елементах кожної серії.

Індивідуальне завдання:

За таблицею 4.1 виконати:

№ варіанта	U, B	$R_1, Ом$	$L_1 \cdot 10^{-3}, Гн$	$R_2, Ом$	$L_2 \cdot 10^{-3}, Гн$	$C, мкФ$	$f, Гц$
1	120	10	1.6	3.0	1.4	20	50
2	140	12	1.2	3.3	2.2	30	60
3	160	14	3.2	3.6	2.4	40	50
4	180	16	3.6	3.9	1.1	50	60
5	200	18	1.0	4.3	1.3	30	50
6	220	20	1.5	4.7	4.3	10	60
7	240	22	2.0	5.1	3.3	50	50

8	260	24	2.5	5.6	0.8	20	60
9	280	27	2.7	6.2	0.62	60	50
10	300	30	1.8	6.8	0.91	30	60
11	125	11	2.4	3.2	1.5	25	50
12	145	13	1.7	3.8	2.8	45	60
13	165	15	2.8	4.1	1.9	15	50
14	185	17	3.1	4.4	2.6	35	60
15	205	19	1.9	4.9	3.7	55	50
16	225	21	2.3	5.3	2.1	25	60
17	245	23	3.0	5.8	1.7	65	50
18	265	25	1.4	6.3	3.9	40	60
19	285	28	2.9	6.7	2.5	50	50
20	305	32	3.4	7.1	1.6	60	60
21	130	11	1.5	3.5	1.2	22	50
22	150	13	2.6	3.9	1.9	28	60
23	170	15	1.8	4.2	2.3	32	50
24	190	17	3.3	4.5	3.1	38	60
25	210	19	2.2	4.8	2.9	44	50
26	230	21	2.5	5.2	1.4	52	60
27	250	23	3.7	5.5	2.0	58	50
28	270	26	1.9	6.0	3.2	62	60
29	290	29	2.8	6.5	1.8	68	50
30	310	33	3.5	7.0	2.7	75	60

Визначення комплексних опорів усіх гілок.

Обчислення струмів у гілках.

Перевірка балансу за Кірхгофом.

Побудова векторної діаграми струмів.

Побудова топографічної діаграми напруг.

Розрахунок потужностей.

Контрольні питання:

1. Як зводиться змішане коло до еквівалентної схеми?
2. Яка різниця між топографічною та векторною діаграмою?
3. Як перевірити правильність розрахунків у змішаному колі?
4. Як визначити повний комплексний опір?
5. Формули для потужностей у комплексному вигляді.

Самостійна робота №5

« Розрахунок електричного кола з взаємною індуктивністю»

Мета роботи. Навчитися виконувати розрахунки електричних кіл з магнітним зв'язком, визначати комплексні опори з урахуванням взаємної індукції, будувати векторні діаграми та складати баланс потужностей.

Теоретичні питання:

- Фізична сутність взаємної індукції.
- Комплексний опір взаємної індуктивності.
- Еквівалентні схеми заміщення при зустрічному та співнаправленому з'єднанні індуктивностей.
- Визначення струмів у гілках при наявності M .
- Баланс потужностей у колі з магнітним зв'язком.
- Миттєві значення струмів і напруг.

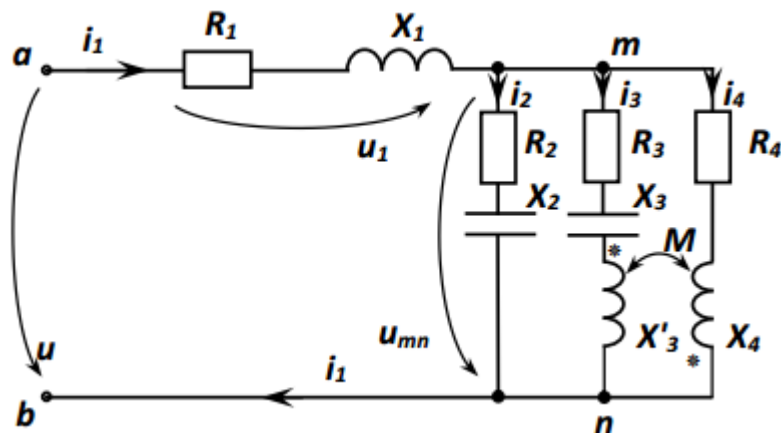


Рис. 5.1 – Електричне коло з взаємною індуктивністю

Опис:

Схема містить чотири гілки:

- R_1 та індуктивність з реактивністю X_1 ,
- R_2 та індуктивність з X_2 ,
- R_3 та ємнісна гілка з X_3 ,
- R_4 та ємнісна гілка з X_4 .

Індивідуальне завдання:

За таблицею 5.1:

№	U, B	$f, Гц$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$R_4, Ом$	$M, Гн$	$X_1, Ом$	$X_2, Ом$	$X_3, Ом$	$X_4, Ом$
1	120	50	10	15	11	43	0.16	30	-24	-20	40
2	140	60	12	18	18	27	0.12	33	-36	-30	20
3	160	50	14	20	22	36	0.32	36	-42	-40	30
4	180	60	16	24	27	18	0.36	39	-30	-50	25
5	200	50	18	27	20	24	0.43	43	-20	-30	15
6	220	60	20	32	39	33	0.39	47	-18	-10	10
7	240	50	22	40	47	18	0.47	51	-25	-50	35
8	260	60	24	47	24	27	0.51	56	-32	-20	45
9	280	50	27	51	16	30	0.56	62	-40	-60	50
10	300	60	30	36	15	20	0.62	68	-50	-30	18
11	125	50	11	17	13	28	0.18	28	-22	-18	26
12	145	60	13	21	15	32	0.25	35	-28	-26	32
13	165	50	15	25	19	35	0.29	40	-35	-20	38
14	185	60	17	28	23	38	0.33	45	-38	-32	42
15	205	50	19	30	28	40	0.37	50	-45	-25	46
16	225	60	21	34	25	42	0.41	54	-20	-28	48
17	245	50	23	37	21	44	0.45	58	-42	-30	52
18	265	60	25	41	18	46	0.49	61	-30	-36	55
19	285	50	28	44	26	48	0.53	64	-46	-40	60
20	305	60	31	48	29	50	0.57	67	-48	-45	62
21	130	50	10	16	12	22	0.20	32	-26	-22	30
22	150	60	12	19	17	26	0.22	38	-34	-28	34
23	170	50	14	23	20	29	0.26	41	-39	-35	39
24	190	60	16	26	24	31	0.28	44	-33	-38	41
25	210	50	18	29	27	34	0.30	48	-37	-30	44
26	230	60	20	33	31	37	0.34	52	-44	-33	49
27	250	50	22	36	34	39	0.38	57	-41	-48	53
28	270	60	24	39	37	41	0.42	60	-49	-50	57
29	290	50	26	42	40	43	0.46	63	-51	-52	59
30	310	60	28	45	43	46	0.50	66	-53	-54	61

- Побудувати схему заміщення з урахуванням взаємної індукції.
- Обчислити комплексні опори гілок.
- Знайти струми у гілках.
- Побудувати векторну діаграму.
- Записати миттєві значення струмів і напруг.
- Виконати баланс активної й реактивної потужності.

Гілки 3 і 4 мають взаємну індуктивність M , позначену зв'язком між котушками (дві індуктивності із крапками).

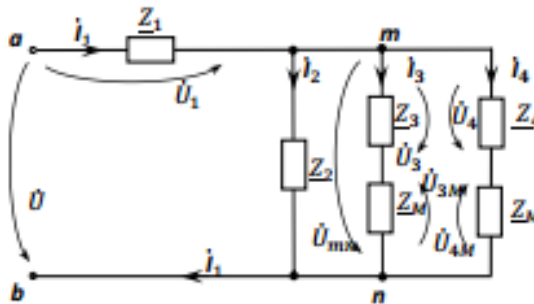


Рис. 5.2 – Схема заміщення з урахуванням взаємної індуктивності

Опис:

Схема, де замість двох індуктивних гілок зображено їхні комплексні опори:

- jX_3 та jX_4
- взаємний опір $j\omega M$ у вигляді додаткових горизонтальних ліній між ними.

Показані комплексні струми $I_1 - I_4$.

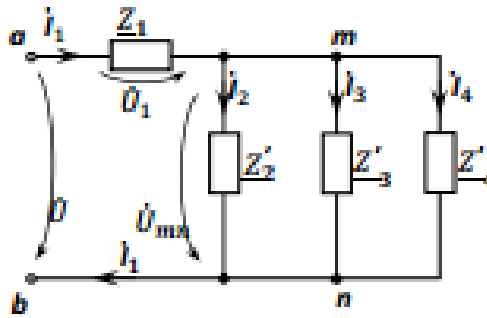


Рис. 5.3 – Спрощена еквівалентна схема паралельного з'єднання з урахуванням M

Опис:

Гілки 3 і 4 представлені у вигляді двох еквівалентних комплексних опорів Z_3^* і Z_4^* після врахування взаємної індуктивності.

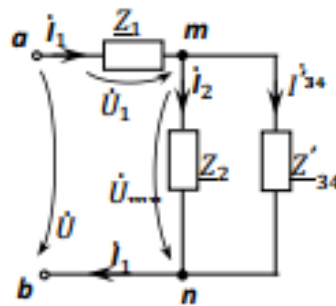


Рис. 5.4 – Остаточна схема паралельного з'єднання після перетворень

Опис:

- Гілки 3 і 4 зведено в еквівалентну гілку з опором $Z_{(34)}$.
- Паралельно до неї підключені гілки 1 і 2.
- Струм I розподіляється між I_1 , I_2 та $I_{(34)}$.

Контрольні питання:

1. Як вводиться знак у члені $j\omega M$?
2. У чому різниця між зустрічним та співнаправленим з'єднанням індуктивностей?
3. Як перевірити правильність розрахунків у колі з M ?
4. Що означає передача потужності між гілками?

5. Як визначити миттєве значення струму за комплексним числом?

Самостійна робота №6

«Трифазне коло, підключене за схемою «зірка» без нульового провідника»

Мета роботи. Набути навичок розрахунку трифазних симетричних кіл, визначення фазних та лінійних величин, побудови векторних діаграм та аналізу потужностей.

Теоретичні питання:

- Симетрична система напруг і струмів.
- Зв'язок між лінійними та фазними величинами.
- Схема «зірка» без нейтралі.
- Побудова векторної діаграми напруг і струмів.
- Розрахунок потужностей трифазного кола.

Індивідуальне завдання:

За таблицею 6.1:

№ Варіанта	U_L , В	R_Φ , Ом	X_Φ , Ом
1	380	10	-4
2	220	12	10
3	127	14	-12
4	380	16	15
5	220	18	-14
6	127	20	18
7	380	22	-20
8	220	24	16
9	127	27	-10
10	380	30	8
11	220	11	-6
12	127	13	12
13	380	15	-8
14	220	17	14

15	127	19	-16
16	380	21	20
17	220	23	-18
18	127	25	22
19	380	26	-22
20	220	28	24
21	127	32	-24
22	380	34	26
23	220	36	-26
24	127	38	28
25	380	40	-28
26	220	42	30
27	127	44	-30
28	380	46	32
29	220	48	-32
30	127	50	34

- Визначити фазні напруги та струми.
- Обчислити активну, реактивну та повну потужність.
- Визначити $\cos\varphi$.
- Побудувати векторну діаграму.

Виконати аналіз режиму при обриві однієї фази (за прикладом методички).

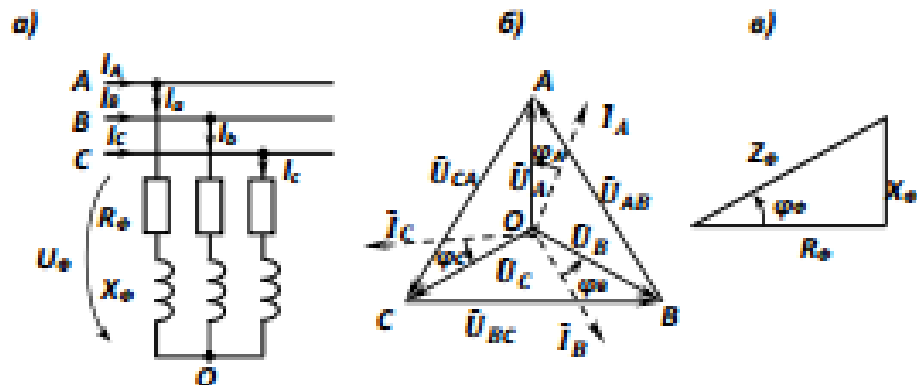


Рис. 6.1 – Схема підключення трифазного симетричного навантаження за схемою
«зірка»

Опис до частини а:

Три резистивно-реактивні фазні елементи з'єднані у спільну точку (нейтраль).

До фаз підключені напруги $U_A; U_B; U_C$.

Лінійні проводи: А-В-С.

Опис до частини б:

Вектори $U_A; U_B; U_C$ зсунуті на 120° .

Вектори лінійних напруг $U_{AB}; U_{BC}; U_{CA}$ — подані як різниця фазних напруг.

Опис до частини в:

Струми $I_A; I_B; I_C$ зсунуті на 120° та відстають від своїх фазних напруг на кут φ .

Додаткові рисунки (за методичкою):

Схема обриву фази «с» при відсутності нейтралі — показує залишкове однофазне коло.

Контрольні питання:

1. Чим відрізняються лінійні та фазні напруги?
2. Чому при симетрії не потрібен нульовий провід?
3. Як обчислюється потужність трифазного кола?
4. Як змінюються струми при обриві однієї фази?
5. Яке фізичне значення $\cos\varphi$?

Список літературних джерел

1. Рудик А. В., Филипчук Л. В., Кулик Н. І. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1. Практикум : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2023. 113 с. URL: <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi78/0057613.pdf>
2. Теоретичні основи електротехніки. Частина 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Електричні системи і мережі», «Електричні станції» «Електричні машини і апарати», «Управління, захист та автоматизація енергосистем» «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Людмила Юрійвна Спінул, Микола Петрович Бурик, Вадим Юрійович Лободзинський, Олег Олександрович Білецький. – Електронні текстові данні (1 файл: 3.51 МБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 166 с.
3. Хілов В. Теоретичні основи електротехніки. Київ : Каравела, 2021. 468 с.
4. Шегедин О., Маляр В. Теоретичні основи електротехніки : навчальний посібник. . Ч. 1. Львів : Новий Світ – 2000, 2020. 168 с.
5. Development of a Model of Cell Functioning to Measure the Interaction of Low-Energy EMF / M. Kundenko et al. 2022 *XXXII International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)*, Sozopol, Bulgaria, 7–11 September 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/mma55579.2022.9993093> .
6. Кунденко М. П., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Аналіз технології генерації НВЧ випромінення з визначенням адаптивного типу діодів для подальшого конструювання апаратів для знезараження. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2023. № 2. С. 24–37. URL: <http://ite.khpi.edu.ua/article/view/292410/285462>

7. Кунденко М. П., Піх Є. О. Розробка технологічної схеми НВЧ–установки для сушіння зерна. *Енергетика і автоматика*. 2021. № 2. С. 75–85. DOI: <https://doi.org/10.31548/energiya2021.05.075>

8. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1. Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Електричні системи і мережі», «Електричні станції» «Електричні машини і апарати», «Управління, захист та автоматизація енергосистем» «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність», «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» / В. С. Бойко, Л. Ю. Спінул, М. П. Бурик, В. Ю. Лободзинський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,35 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 199 с.

Навчальне видання

ТЕОРІЯ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Методичні рекомендації

Укладач: **Циганов** Олександр Миколайович

Руденко Андрій Юрійович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 1,75.

Тираж 20 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.