

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи (РГЗ)
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної і заочної
форм здобуття освіти за спеціальностями 141
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
015.33 «Професійна освіта (Енергетика, електротехніка та електромеханіка)»

Електронний ресурс

УДК 621(075.5)

П 27

Рецензенти:

П. В. Васюченко – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри електротехніки та електроенергетики навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія»;

І. С. Варшамова – кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних апаратів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням Науково-методичної ради
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 9 від 23 квітня 2025 року)*

П 27 **Перехідні процеси в енергосистемах :** Методичні вказівки до виконання самостійної роботи (РГЗ) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної і заочної форм здобуття освіти за спеціальностями 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 015.33 «Професійна освіта (Енергетика, електротехніка та електромеханіка)» [Електронний ресурс] / укладачі І. В. Пантелєєва, О. М. Пономаренко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 19 с.)

Методичні вказівки для виконання самостійної роботи містять теоретичні відомості і практичні методи розрахунку струмів несиметричних коротких замикань та побудови векторних діграм струму і напруг. У методичних вказівках розглядаються питання електромагнітних перехідних процесів в електроенергетичних системах. Вивчення цих перехідних процесів необхідно для чіткого уявлення причин виникнення та розуміння фізичної суті процесів; отримання навичок практичних розрахунків та дослідження перехідних процесів; формування знань, вмінь та навичок, які дозволяють моделювати, прогнозувати та заздалегідь запобігати небезпечним наслідкам таких процесів.

УДК 621(075.5)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2025

© Пантелєєва І. В., Пономаренко О. М.
уклад., 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Мета та завдання самостійної роботи	5
2. Етапи виконання РГЗ	5
3. Завдання на РГЗ	6
4. Зміст розрахунково-графічного завдання	7
5. Методичні вказівки по виконанню РГЗ	12
Список використаних джерел	18

ВСТУП

У методичних вказівках розглядаються питання електромагнітних перехідних процесів в електроенергетичних системах. Вивчення цих перехідних процесів необхідно для чіткого уявлення причин виникнення та розуміння фізичної суті процесів; отримання навичок практичних розрахунків та дослідження перехідних процесів; формування знань, вмінь та навичок, які дозволяють моделювати, прогнозувати та заздалегідь запобігати небезпечні наслідки таких процесів. Дуже важливо не тільки вміти аналізувати перехідні процеси, але й розуміти та свідомо ними керувати.

У сучасних умовах «освіченість» визначається не тільки обсягом та широтою знань, а й здатністю вирішувати професійні задачі різної складності на основі отриманих знань, умінь та навичок з рахунком особистісних якостей людини, її інтересів та схильності.

Компетентносний освітній підхід, орієнтований на перехід від відтворення знань, вмінь та навичок до їх застосування дає можливість на основі міждисциплінарної інтеграції підготуватись до рішення задач, пов'язаних з предметною професійною діяльністю, зокрема, в галузі електроенергетики.

1. Мета самостійної роботи

Метою самостійної роботи є поглиблене вивчення теоретичного матеріалу курсу та отримання практичних навичок розрахунку струмів несиметричних коротких замикань.

Розрахунки струмів коротких замикань і залишкових напруг здійснюються для: перевірки вибраних апаратів і струмоведучих частин; проектування і налаштування релейного захисту і автоматики; аналізу впливу високовольтних ліній електропередач на лінії зв'язку, сигналізації; вибору способу заземлення нейтралі в системі і для інших задач.

Для того, щоб вирішувати важливі енергетичні завдання, інженер повинен володіти теоретичними знаннями, уміти творчо їх застосовувати в своїй практичній діяльності. Початковим етапом такого застосування є вирішення РГЗ, а потім і дипломного проектування. Таким чином, одним з важливих завдань виконання РГЗ є підготовка бази для виконання кваліфікаційної магістерської роботи.

Круг дисциплін, що забезпечуються виконанням РГЗ по даному курсу - це «Релейний захист і автоматика», «Електрична частина станцій і підстанцій», «Електропостачання промислових підприємств» і ряд інших. Все це ставить перед виконанням РГЗ важливе комплексне завдання закріплення зв'язків між дисциплінами.

2. Етапи виконання РГЗ

Для успішного виконання самостійної роботи здобувачу вищої освіти необхідно мати чіткий графік роботи. Графік роботи повинен враховувати, що виконання РГЗ починається ще в період викладання теоретичного матеріалу, коли здобувач отримує перші навички розрахунку коротких замикань на практичних заняттях.

Графік виконання самостійної роботи включає два етапи:

- підготовка до виконання;
- власне виконання РГЗ.

В процесі підготовки до виконання РГЗ здобувач повинен ознайомитися з методичними вказівками, щоб мати повне уявлення про обсяг роботи. До етапу підготовки входить підбір необхідної літератури, рекомендованої даними методичними вказівками, а також літератури із суміжних курсів.

При виконанні другого етапу роботу слід розділити на функціонально закінчені частини з тим, щоб їх виконання не було зв'язане у часі.

Зразок графіку включає наступні етапи виконання РГЗ :

- аналіз електричної схеми з метою визначення елементів, що входять у схему заміщення;
- складання схеми заміщення прямої послідовності, вибір базисних умов і розрахунок величини опорів елементів;
- складання схем заміщення зворотної і нульової послідовностей і розрахунок опорів елементів, що відрізняються від опорів елементів прямої послідовності;
- розрахунок струмів і напруги послідовностей;
- розрахунок напруги на нижчій стороні трансформатора ГПП;
- побудова векторних діаграм;
- оформлення РГЗ.

В ході виконання РГЗ здобувач може звертатися до викладача в дні, відведені для консультацій згідно графіку, затвердженому кафедрою.

3. Завдання на РГЗ

Завдання на РГЗ видається здобувачеві вищої освіти під час установчої сесії і включає електричну схему системи електропостачання рис. 3.1. Електрична схема, місце і вид короткого замикання, відключені вимикачі

вказуються викладачем індивідуально при видачі завдання. Варіант завдання в таблиці вибирається по останній цифрі залікової книжки здобувача.

4. Зміст розрахунково-графічного завдання

Для прийнятого варіанту електричної схеми системи електропостачання розрахувати несиметричне коротке замикання, вид якого задається викладачем.

При розрахунку несиметричного короткого замикання визначити:

- струми послідовностей в точці короткого замикання; струм несиметричного короткого замикання в початковий момент часу в точці короткого замикання;
- напругу послідовностей в точці короткого замикання;
- фазну напругу в точці короткого замикання;
- напругу послідовностей і лінійну напругу на шинах низької напруги ГПП.

За результатами розрахунку несиметричного короткого замикання побудувати в прийнятому масштабі векторні діаграми струмів і напруг в точці короткого замикання і векторні діаграми напруги на шинах низької напруги ГПП, найближчої до прийнятої точки короткого замикання.

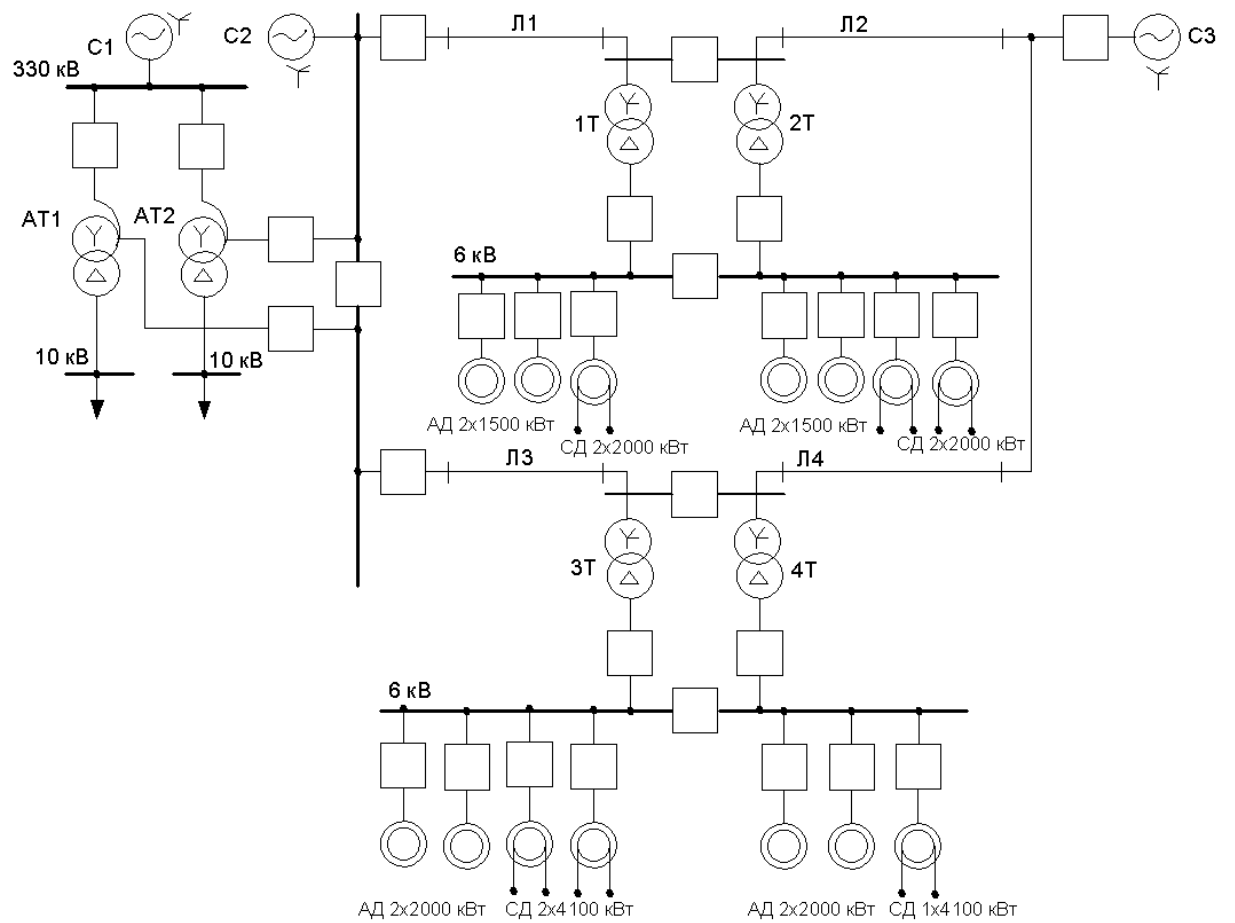


Рисунок 1. – Вихідні дані

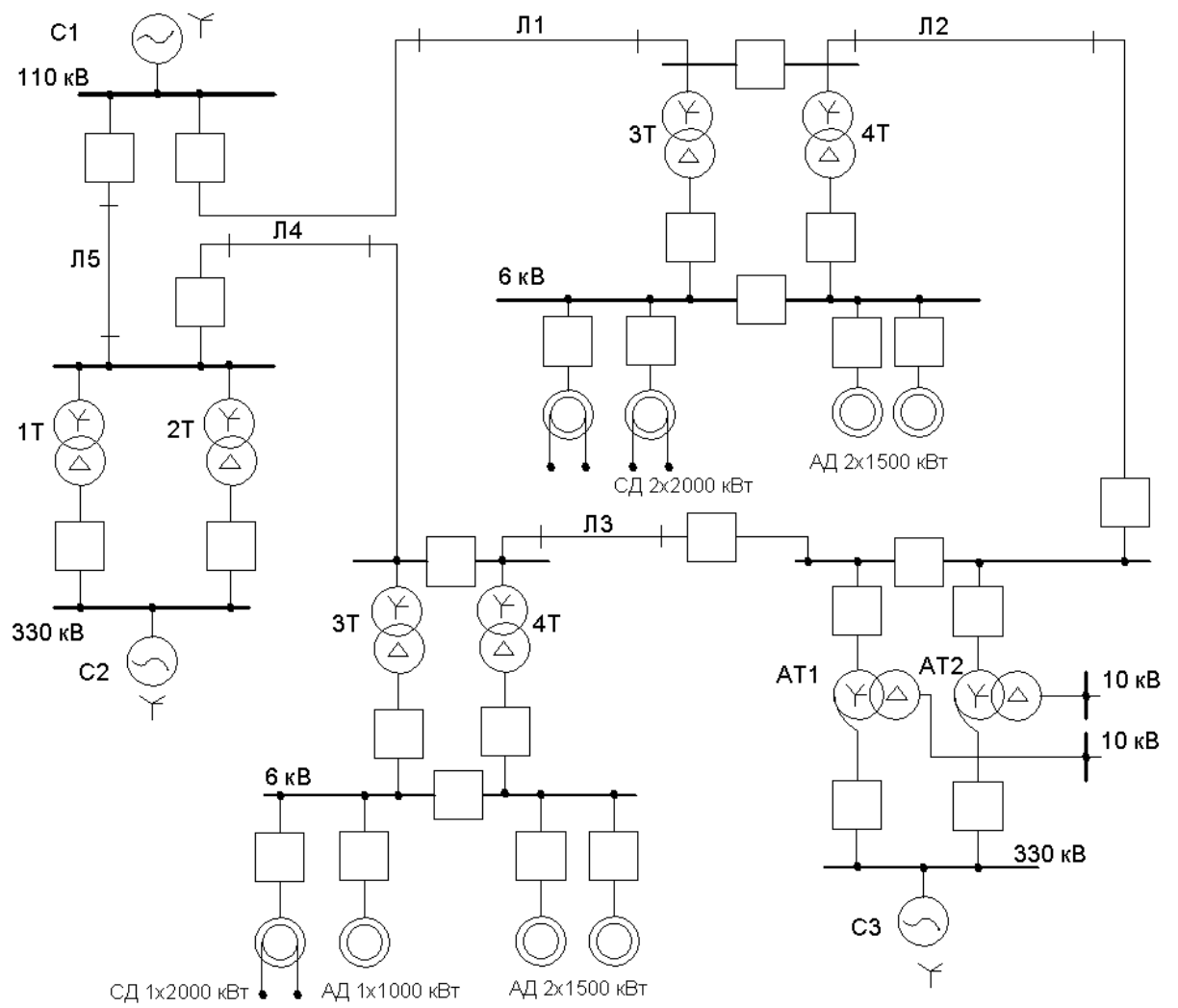


Рисунок 2. – Вихідні дані

Таблиця 3.1. – Вихідні дані

Варі- анти	Трансформатори						Системи, тис. МВА, $S_{\bar{N}}$			Лінії, км				Навантаже- ння S_i , МВА	
	АТ1, АТ2, $U_{\bar{e}}$ %				1Т, 2Т	3Т, 4Т	С1	С2	С3	Л1	Л2	Л3	Л4	Н1	Н2
	МВА	$U_{\bar{A}-\bar{N}}$	$U_{\bar{A}-\bar{i}}$	$U_{\bar{N}-\bar{i}}$	МВА	МВА									
0	32	11	34	21	25	32	2,5	2	3	60	40	70	90	10	15
1	63	11	35	22	32	40	2,8	3,7	4	100	50	40	70	18	22
2	125	11	31	19	40	63	3,5	2,3	2	50	90	60	0^4	0^4	0^5
3	200	11	32	20	63	80	4	3,6	5	120	40	70	50	75	100
4	250	11	32	20	80	63	3,2	3,7	3	80	50	100	60	80	120
5	125	11	31	19	32	40	3,7	4	2,3	70	110	90	80	35	60
6	63	11	35	22	40	32	2,3	3,4	4,2	60	100	60	70	20	15
7	200	11	32	20	80	40	3,6	2,5	4	50	90	60	80	60	70
8	32	11	34	21	40	63	2,3	3,7	2,9	40	70	100	120	12	10
9	250	11	32	20	63	63	4	3,2	2,7	110	80	90	50	45	75

Примітка. Для трансформаторів 1Т, 2Т, 3Т, 4Т $U_{\bar{e}} = 10,5\%$

Таблиця 3.2. – Вихідні дані

Варіанти	Трансформатори						Системи, тис. МВА, $S_{\tilde{N}}$			Лінії, км			Навантаження S_i , МВА	
	АТ1, АТ2, $U_{\hat{e}}\%$				1Т, 2Т	3Т,4Т, 5Т, 6Т	С1	С2	С3	Л1, Л4	Л2, Л3	Л5	Н1	Н2
	МВА	$U_{\hat{A}-\tilde{N}}$	$U_{\hat{A}-\hat{I}}$	$U_{\tilde{N}-\hat{I}}$	МВА	МВА								
0	32	11	34	21	25	32	2,5	2	3	60	40	70	10	15
1	63	11	35	22	32	40	2,8	3,7	4	100	50	40	18	22
2	125	11	31	19	40	63	3,5	2,3	2	50	90	60	40	50
3	200	11	32	20	63	80	4	3,6	5	120	40	70	75	100
4	250	11	32	20	80	63	3,2	3,7	3	80	50	100	80	120
5	125	11	31	19	32	40	3,7	4	2,3	70	110	90	35	60
6	63	11	35	22	40	32	2,3	3,4	4,2	60	100	60	20	15
7	200	11	32	20	80	40	3,6	2,5	4	50	90	60	60	70
8	32	11	34	21	40	63	2,3	3,7	2,9	40	70	100	12	10
9	250	11	32	20	63	63	4	3,2	2,7	110	80	90	45	75

Примітка. Для трансформаторів 1Т, 2Т, 3Т, 4Т, 5Т, 6Т $U_{\hat{e}} = 10,5\%$

5. Методичні вказівки по виконанню РГЗ

Здобувачі вищої освіти виконують РГЗ після вивчення теоретичного матеріалу і виконання завдань практичних занять.

Розрахунок несиметричного короткого замикання виконується з врахуванням методу симетричних складових. Залежно від несиметричного короткого замикання складаються три схеми (для однофазного і двофазного замикання на землю) заміщення - прямої, зворотної і нульової послідовностей, або дві схеми (для двофазного замикання) заміщення - прямої і зворотної послідовностей.

Складання схеми заміщення прямої послідовності і перетворення її до простішого виду аналогічно перетворенням при трьохфазному короткому замиканні. При цьому слід пам'ятати, що в схему заміщення входять ті елементи, по яким протікає струм короткого замикання.

Визначення опорів елементів системи електропостачання можна виконувати в іменованих одиницях. В цьому випадку опір всіх елементів при водиться до однієї напруги, як правило, до напруги рівня короткого замикання. При розрахунку опорів елементів у відносних одиницях вони при водяться до одних і тих же базисних умов.

Розрахунок у відносних одиницях зазвичай виконують для перевірки комутаційної апаратури. Вираження параметрів елементів у відносних одиницях зручно для оцінки впливу тієї або іншої ділянки схеми або окремого елементу на результат розрахунку. Окрім цього, розрахунок у відносних одиницях більш наочний і результати легко контролювати. Тому розрахунки в курсовій роботі рекомендується виконувати у відносних одиницях.

Для визначення опору елементів необхідно вибрати базисні умови - зазвичай U_6 і S_6 . Якщо завдання обмежене визначенням струму короткого замикання в точці короткого замикання, то як U_6 слід прийняти напругу того рівня, де розташована ця точка. Як S_6 можна прийняти потужність, кратну потужності джерел або трансформаторів. Якщо це неможливо, то приймають будь-яке ціле число, частіше всього 100 або 1000 МВА.

Опори елементів визначаються у відносних одиницях, приведених до

базисних умов з використанням наближеного приведення по наступних виразах:

$$\text{для генератора - } \dot{X}_{d(\bar{o})} = \dot{X}_{d(H)} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{P_n} \cdot \cos \phi \quad (3.1)$$

$$\text{для трансформатора - } \dot{X}_{m(\bar{o})} = \frac{U_{\kappa} \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_n} \quad (3.2)$$

$$\text{для лінії - } \dot{X}_{л(\bar{o})} = \dot{X}_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\text{сеп.ЛЕП}}^2} \quad (3.3)$$

$$\text{для реактора - } \dot{X}_{p(\bar{o})} = \frac{X_p \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot U_{н.р.}} \cdot \left(\frac{U_{н.р.}}{U_{\bar{o}}} \right)^2 \quad (3.4)$$

$$\text{для навантаження - } \dot{X}_{н(\bar{o})} = \dot{X}_{н(H)} \cdot \frac{S_{\bar{o}}}{S_n} \quad (3.5)$$

На схемі заміщення опори елементів позначаються у вигляді дробі, де в чисельнику - порядковий номер опору елементу, а в знаменнику - величина опору.

Після визначення величин опорів елементів схеми заміщення прямої послідовності шляхом останніх перетворень схему необхідно привести до простішого виду відносно точки короткого замикання.

Всі проміжні перетворення схеми заміщення до простішого виду повинні бути наведені в курсовому проєкті окремими рисунками з відповідними поясненнями. Після перетворення схеми прямої послідовності до простішого виду визначається результуючий опір прямої послідовності.

Схема заміщення зворотної послідовності приймається такою ж, як і схема прямої послідовності (допускається не враховувати відмінності між опорами прямої і зворотної послідовностей машин, що обертаються).

В схему заміщення нульової послідовності входять лише ті елементи, які мають дві точки з'єднання із землею. Опори трансформаторів і автотрансформаторів в схемі нульової послідовності залежать від групи з'єднання і режиму нейтралі.

Повітряні і кабельні лінії в схемах заміщення нульової послідовності мають опори, відмінні від опорів прямої послідовності. Їх опори визначаються залежно від кількості ланцюгів ЛЕП, а так само наявністю грозозахисного тросу. Середню

величину опору нульової послідовності можна прийняти:

для двохланцюгової ЛЕП без троса - $X_0 = 5,5 \cdot X_1$;

для двохланцюгової ЛЕП із сталевим тросом - $X_0 = 4,7 \cdot X_1$;

для двохланцюгової ЛЕП з тросом АС - $X_0 = 3,0 \cdot X_1$;

для одноланцюгової ЛЕП без троса - $X_0 = 3,5 \cdot X_1$;

для одноланцюгової ЛЕП із сталевим тросом - $X_0 = 3,0 \cdot X_1$;

для одноланцюгової ЛЕП з тросом АС - $X_0 = 2,0 \cdot X_1$,

де X_1 - опір повітряної ЛЕП прямої послідовності.

Після визначення результуючих опорів схем прямій, зворотної і нульової послідовностей визначається додатковий опір для кожного виду несиметричного короткого замикання:

для однофазного - $\Delta X^{(1)} = X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}$;

для двофазного - $\Delta X^{(2)} = X_{2\Sigma}$;

для двофазного на землю - $\Delta X^{(1,1)} = \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}}$.

Згідно правила еквівалентності прямої послідовності струм прямої послідовності при будь-якому несиметричному короткому замиканні розраховується як струм умовного трифазного короткого замикання в , віддаленій від дійсної точки несиметричного короткого замикання в схемі заміщення прямої послідовності на додатковий опір

$$I_{1n0}^{(n)} = \frac{E_{1екв.}}{X_{1\Sigma} + \Delta X^{(n)}}.$$

Повний струм короткого замикання при будь-якому несиметричному короткому замиканні визначається по формулі:

$$I_{n0}^{(n)} = m^{(n)} \cdot I_{1n0}^{(n)},$$

$$\text{де } m^{(1)} = 3 ; m^{(2)} = \sqrt{3} ; m^{(1,1)} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{1 - \frac{X_{2\Sigma} \cdot X_{0\Sigma}}{(X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma})^2}}.$$

Струми зворотної і нульової послідовностей при різних видах несиметричних коротких замикань визначаються:

$$\dot{I}_{1n0}^{(1)} = \dot{I}_{2n0}^{(1)} = \dot{I}_{0n0}^{(1)};$$

$$\dot{I}_{1n0}^{(2)} = \dot{I}_{2n0}^{(2)};$$

$$\dot{I}_{2n0}^{(1,1)} = -\frac{X_{0\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} \cdot \dot{I}_{1n0}^{(1,1)};$$

$$\dot{I}_{0n0}^{(1,1)} = -\frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} \cdot \dot{I}_{1n0}^{(1,1)}.$$

Напруга окремих послідовностей в точці короткого замикання залежно від виду короткого замикання визначається з виразів:

$$\dot{U}_{KA1}^{(1)} = j \dot{I}_{1n0}^{(1)} (X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma});$$

$$\dot{U}_{KA2}^{(1)} = -j \dot{I}_{2n0}^{(1)} X_{2\Sigma}; \quad \dot{U}_{KA0}^{(1)} = -j \dot{I}_{0n0}^{(1)} X_{0\Sigma};$$

$$\dot{U}_{KA1}^{(2)} = \dot{U}_{KA2}^{(2)} = j \dot{I}_{2n0}^{(2)} X_{2\Sigma};$$

$$\dot{U}_{KA1}^{(1,1)} = \dot{U}_{KA2}^{(1,1)} = \dot{U}_{KA0}^{(1,1)} = -j \dot{I}_{2n0}^{(1,1)} X_{2\Sigma} = -j \dot{I}_{0n0}^{(1,1)} X_{0\Sigma}.$$

Після розрахунку струмів і напруги послідовностей для розрахункової фази A визначають значення струмів і напруги для фаз B і C , які можуть бути виражені через вектор фази A за допомогою оператора повороту $a = e^{j120^\circ}$, тоді:

$$\dot{B}_1 = a^2 \cdot \dot{A}_1;$$

$$\dot{C}_1 = a \cdot \dot{A}_1;$$

$$\dot{B}_2 = a \cdot \dot{A}_2;$$

$$\dot{C}_2 = a^2 \cdot \dot{A}_2.$$

$$\dot{A}_0 = \dot{B}_0 = \dot{C}_0.$$

Для визначення напруги послідовностей на шинах НН трансформатора ГПП необхідно знати напругу послідовностей на високій стороні. Якщо точка короткого замикання розташована на шинах високої напруги трансформаторів ГПП, то напруга послідовностей визначена раніше. Якщо ж точка короткого замикання віддалена від шин ГПП, слід враховувати падіння напруги на опорі між точкою короткого замикання і шинами високої напруги трансформатора ГПП.

Напруга на шинах нижчої напруги ГПП зменшується відповідно до коефіцієнта трансформації і вектор напруги зміщується на кут, визначуваний

групою з'єднання обмоток трансформаторів. При цьому вектор напруги прямої послідовності зміщується в позитивному напрямі, а вектор напруги зворотної послідовності - в негативному напрямі, тобто у напрямі обертання годинникової стрілки.

Якщо напруги на високій стороні трансформатора виражені у відносних одиницях, то при трансформації враховуються лише кутові згідно до групи з'єднання обмоток трансформатора, оскільки відносні величини фазної і лінійної напруги на вищій і нижчій сторонах рівні.

Для трансформаторів з групою з'єднання обмоток Y/Δ-11

$$\dot{U}_{1\Delta}^* = \dot{U}_{1Y}^* \cdot e^{j30^\circ};$$

$$\dot{U}_{2\Delta}^* = \dot{U}_{2Y}^* \cdot e^{-j30^\circ}.$$

Напруга фази *A* на шинах нижчого напруга трансформатора

$$\dot{U}_n^* = (\dot{U}_{1A}^* \cdot e^{j30^\circ} + \dot{U}_{2A}^* \cdot e^{-j30^\circ}) \cdot \dot{U}_{\Delta cp.}^* \text{ [кВ]},$$

де $\dot{U}_{1A}^*, \dot{U}_{2A}^*$ - напруга прямої і зворотної послідовності на стороні зірки у відносних одиницях;

$\dot{U}_{\Delta cp.}^*$ - лінійна напруга на стороні трикутника.

Напруга на фазах *B* і *C* визначаються через відому напругу послідовностей з використанням оператора повороту *a*.

Результати зводяться в таблицю 3.

Таблиця 3. – Отримані результати

Розрахункова точка	Фаза	Струм, кА	Напруга, кВ
Точка короткого замикання	А		
	В		
	С		
Шини високої напруги	А		
	В		
	С		
Шини низької напруги	А		
	В		
	С		

Векторні діаграми для струмів та напруг в місці несиметричного короткого замикання та на шинах низької напруги ГПП будуються в масштабі на основі результатів розрахунку з використанням співвідношень між струмами та напругами різних послідовностей та граничних умов для даного виду короткого замикання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пантелєєва І.В., Олійник Ю.С. Теорія, режими роботи та розрахунок параметрів елементів енергосистем. Навчальний посібник, 2014. 242 с.
2. Пантелєєва І.В., Олійник Ю.С. Перехідні процеси в енергосистемах та розрахунок параметрів елементів енергосистеми: навч.-метод. посібн. для студентів денної та заочної форм навчання ОС «бакалавр», «магістр» спец. 141 Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка/І.В. Пантелєєва, Ю.С. Олійник; УПА – Харків: [б.в.], 2018. – 130 с.
3. Пантелєєва І.В. Електромагнітні та електромеханічні перехідні процеси: метод. вказівки до проведення практичних занять для студ. денної та заочної форм навчання спец. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, УПА. – Харків: 2019, 31 с.
4. Остапчук О.В., Денисюк П.Л., Матеєнко Ю.П. Електрична частина станцій та підстанцій. Навчальний посібник. – Київ: КПУ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 182 с.
5. Бардик Є.І. Електрична частина станцій та підстанцій. Основне електрообладнання. – Київ: «Політехніка», 2022. – 250 с.
6. Остапчук О.В., Бондаренко О.Л. Проєктування електричних станцій. Навчальний посібник. – Київ, 2023. – 153 с.
7. Козлов В.Д. Електрична частина станцій та підстанцій. Підручник. – Київ: НАНУ, 2018. – 312 с.
8. Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <https://LEONARDO.ENERGY.ORG/>

Електронне навчальне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

Пантелєєва Ірина Вікторівна
Пономаренко Олена Михайлівна

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи (РГЗ)
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної і заочної
форм здобуття освіти за спеціальностями 141
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
015.33 «Професійна освіта (Енергетика, електротехніка та електромеханіка)»

В авторській редакції

Підписано до розміщення 23.04.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 1,05. Обсяг 0,340 Мб. Зам. № 172/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна