

Міністерство освіти і науки України

Криворізький національний університет

Електротехнічний факультет

Пояснювальна записка

**до кваліфікаційної роботи бакалавра
за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

ТЕМА РОБОТИ:

**Діагностика стану ізоляції у розподільчих електричних мережах
напругою вище 1000 В**

Виконав: студент групи ЕЕМ-20

Олег ЧЕРВІНЧУК

Керівник випускної роботи _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Нормо контролер _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Декан ЕТФ _____

к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____

к.т.н., доц. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Ріг 2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ЧЕРВІНЧУК Олег Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Діагностика стану ізоляції у розподільчих електричних мережах
напругою вище 1000 В

1. Термін подання студентом роботи: 10 червня 2024 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є підвищення рівня надійності, безпеки і ефективності експлуатації розподільних мереж напругою 6-10 кВ, шляхом оптимізації режиму роботи нейтралі на основі комплексного діагностичного показника
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Стан проблеми та задачі дослідження; II. Дослідження ефективності режиму роботи нейтралі.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Мережа з ізолюваною нейтраллю; II. Критерії ефективності режиму нейтралі; III. Комплексний показник ефективності; IV. Засоби заземлення нейтралі.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Олег СІНЧУК		
II	Олег СІНЧУК		
III	Олег СІНЧУК		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Загальна характеристика об'єкта дослідження	10.05.24
2	Властивості фазних напруг в мережі	12.05.24
3	Однофазні замикання на землю в мережі	17.05.24
4	Компенсація ємнісних струмів	19.05.24
5	Релейний захист від однофазних замикань на землю	24.05.24
6	Захисне шунтування однофазних пошкоджень	26.05.24
7	Контроль ізоляції	28.05.24
8	Критерії ефективності режиму роботи нейтралі	31.05.24
9	Вплив режиму нейтралі на релейний захист	04.06.24
10	Засоби заземлення нейтралі	07.06.24

Дата видання завдання 29.04.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Олег ЧЕРВІНЧУК
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олег СІНЧУК
(Ім'я, прізвище)

Зміст

Вступ.....	5
Розділ 1. Стан проблеми та задачі дослідження	9
1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження.....	9
1.2. Властивості фазних напруг в мережі з ізольованою нейтраллю.....	11
1.3. Однофазні замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю ...	15
1.4. Компенсація ємнісних струмів однофазного замикання на землю	22
1.5. Релейний захист від однофазних замикань на землю	29
1.6. Захисне шунтування однофазних пошкоджень електроустановок	30
1.7. Контроль ізоляції.....	31
1.8. Висновки	32
Розділ 2. Дослідження ефективності режиму роботи нейтралі.....	33
2.1. Критерії ефективності режиму роботи нейтралі.....	33
2.2. Перенапряга при однофазних замиканнях на землю	36
2.3. Шкода від аварійних вимикань	38
2.4. Напряга дотику та кроку при однофазних замиканнях на землю.....	40
2.5. Захисне вимикання як ефективний засіб підвищення безпеки експлуатації розподільних мереж напругою 6-35 кВ.....	42
2.6. Вплив режиму нейтралі на релейний захист від однофазного замикання	43
2.7. Засоби заземлення нейтралі	44
2.8. Висновки	51
Висновки	53

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Електричні мережі напругою 6-35 кВ – це складні електротехнічні системи, з розгалуженою структурою, що забезпечують живлення електричних споживачів.

Електричні мережі напругою 6-35 кВ складають різноманітні елементи, що забезпечують їх функціонування.

За призначенням можна розділити усі елементи на фізичні та ті що реалізуються певною функцією.

Електричні мережі напругою 6-35 кВ можна віднести до найбільш важливих у енергетичній структурі країни.

Надійність їх роботи забезпечує функціонування енергетичних систем у цілому.

Тому є важливим підтримувати працездатність елементів ліній та комутуючого обладнання.

До заходів із підвищення надійності роботи електричних мереж напругою 6-35 кВ можна віднести:

- додаткові джерела живлення;
- скорочення ділянок лінії;
- розгалуження;
- впровадження систем захисту;
- впровадження систем автоматики.

Ці методи можна застосовувати на діючому обладнанні електричних установок.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але важливим етапом щодо ефективності енергетичних мереж живлення є відповідне їх проектування.

До таких важливих заходів можна віднести проектування електричних систем.

Першим чином від правильного обрання схеми живлення буде заложити економічність її використання.

Надійність системи залежатиме дуже сильно від того чи правильно обрано заземляючі пристрої та зроблено вибір нейтралі мережі живлення енергетичної системи в цілому.

Схеми з ізольованою нейтралю швидко реагують на однофазні замикання на землю.

Слід зазначити що такі режими найбільш розповсюджені у електричних системах.

Якщо для кабельних ліній є характерними поодинокі замикання на землю то для повітряних ліній доволі частим є можливість подвійного замикання.

Такі випадки значно погіршують умови роботи та знижують надійність системи живлення.

Внутрішні перенапруги що виникають при цьому ще більше погіршують умови експлуатації.

Такі прояви стосуються усього спектру обладнання від кабельних ліній, дротів, ізоляторів до обмоток трансформаторів а також комутуючого силового обладнання.

Крім того замикання на землю впливають на роботу систем захисту та керування.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином підвищується можливість помилкового спрацьовування систем захисту.

Також підвищується ненадійність спрацьовування комутуючого обладнання.

Від вибору типу нейтралі залежить безпечність роботи обслуговуючого персоналу.

Від вибору типу нейтралі залежить швидкодія роботи апаратів захисту людини.

До заходів поліпшення роботи умов нейтрального дроту є зменшення ємнісної складової струму.

Це може бути реалізовано завдяки ізолюванню середньої точки обмоток трансформаторів.

Також ефективним методом можна вважати встановлення у їх кола реакторів.

Також допускається заземлення через резистори при незначних значеннях струмів.

Від правильного вибору режиму нейтралі залежить зменшення кількості однофазних замикань.

Вибір системи живлення буде залежати від вибору типу реалізації нейтрального дроту.

Оптимальною можна вважати таку схему що забезпечує найвищу ефективність.

Найважливішим для цього вибору є:

- зниження перенапруги;
- зменшення впливу на роботу захисту.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналітичні залежності можна отримати виходячи з параметрів та структури схем системи енергоживлення.

На параметри системи буде впливати технічний стан обладнання, тому оптимізацію слід виконувати виходячи з діючих структур та параметрів обладнання.

Аналітичні залежності слід враховувати виходячи з розрахункових коефіцієнтів.

Такий підхід допоможе суттєво скоротити аналітичні розрахунки енергетичних систем.

Комплексний показник ефективності буде враховувати надійність за оптимальним його значенням.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Стан проблеми та задачі дослідження

1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження

Надійність роботи електричних мереж залежить від багатьох факторів їх роботи.

Сучасні енергетичні структури мають відрізнятися надійністю їх функціонування із можливістю безперебійного забезпечення живленням споживачів.

Такі структури можуть налічувати багато різних елементів які забезпечують їх роботу.

До них можна віднести трансформатори, живлячі дроти та комутаційне обладнання.

До ефективності функціонування систем живлення також слід віднести зменшення втрат у їх елементах.

Зниження втрат у системі електропостачання можливе при правильному виборі режиму нейтралі.

Правильний вибір режиму нейтралі системи електропостачання забезпечить зниження втрат на її елементах та значно підвищить надійність системи електропостачання.

Також важливим моментом є правильність розрахунку діючих струмів та вибір елементів у колах заземлюючого дроту.

Найбільш розповсюдженим є застосування ізолювання заземлюючого дроту, встановлення реакторів або розрядних опорів.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 1	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>	ЧервінчукО.А						10	24
<i>Перевірів</i>	Сінчук О.М.							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	Сінчук О.М.							
<i>Затвердив</i>	ПересунькоІ.І.					КНУ ЕЕМ-20		

Замикання на землю у мережах 6 - 35 кВ супроводжуються значними струмами.

Тому для унеможливлення впливу особливо ємнісної його складової слід застосовувати зниження його значення.

Найбільш ефективним є встановлення реакторів у кола заземлюючого дроту.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Властивості фазних напруг в мережі з ізольованою нейтраллю

Розглянемо систему рівнянь електричних напруг у мережі з ізольованою нейтраллю.

$$\begin{aligned}\underline{U}_A &= \underline{E}_A + \underline{U}_N; \\ \underline{U}_B &= \underline{E}_B + \underline{U}_N; \\ \underline{U}_C &= \underline{E}_C + \underline{U}_N,\end{aligned}\tag{1.1}$$

Складемо допоміжне рівняння у контурі струму.

$$\underline{I}_{Ay} + \underline{I}_{By} + \underline{I}_{Cy} = 0\tag{1.2}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Рисунок 1.1 – Мережа з ізольованою нейтраллю

Відповідно до схеми мережі живлення:

$$\underline{U}_A \underline{Y}_A + \underline{U}_B \underline{Y}_B + \underline{U}_C \underline{Y}_C = 0, \quad (1.3)$$

$$\underline{Y}_A = G_A + jC_A;$$

$$\underline{Y}_B = G_B + jC_B;$$

$$\underline{Y}_C = G_C + jC_C.$$

Рівняння контуру напруги:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$\underline{U}_N = -\frac{\underline{E}_A \underline{Y}_A + \underline{E}_B \underline{Y}_B + \underline{E}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C} \quad (1.4)$$

Складемо векторну діаграму режимів роботи.

а) при $\underline{Y}_A = \underline{Y}_B = \underline{Y}_C$

б) при $\underline{Y}_A \neq \underline{Y}_B \neq \underline{Y}_C$

Рисунок 1.2 – Режим напруг в мережі з ізольованою нейтраллю

Тоді для кабельних ліній слід також враховувати значення ємності у контурі струму.

$$u = \frac{|\underline{U}_N|}{|\underline{U}_A|} = |u' - ju''| \cdot \frac{1}{\sqrt{1-d^2}} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$u' = \frac{C_A + aC_B + a^2C_C}{C_A + C_B + C_C}; \quad (1.6)$$

$$u'' = \frac{G_A + aG_B + a^2G_C}{\omega \cdot C_A + C_B + C_C}; \quad (1.7)$$

$$a = e^{120^\circ} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$a^2 = e^{240^\circ} = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2},$$

$$d = \frac{G_A + G_B + G_C}{\omega \cdot C_A + C_B + C_C};$$

$\omega = 314$ рад/с — кругова промислова частота.

Таким чином у мережі з ізольованою нейтраллю напруга несиметрії не змінює трикутник фазних напруг.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.3. Однофазні замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю

Розглянемо вплив однофазних замикань на землю на роботу мережі з ізольованою нейтраллю.

$$\underline{I}_{Ay} + \underline{I}_{By} + \underline{I}_{Cy} + \underline{I}_c = 0, \quad (1.9)$$

Тоді

$$\underline{U}_{Az} \left(\underline{Y}_A + \frac{1}{r_\partial} \right) + \underline{U}_{Bz} \underline{Y}_B + \underline{U}_{Cz} \underline{Y}_C = 0 \quad (1.10)$$

Напруга несиметрії:

$$\underline{U}_{Nz} = \frac{\underline{E}_A \left(\underline{Y}_A + \frac{1}{r_\partial} \right) + \underline{E}_B \underline{Y}_B + \underline{E}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \frac{1}{r_\partial}}. \quad (1.11)$$

Складемо структурну схему.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Рисунок 1.3 – Однофазне замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю

$$\underline{U}_{Nz} = -\underline{E}_A \frac{r_{\partial}}{\frac{1}{r_{\partial}} + j3\omega C_{cp}} = -\underline{E}_A \frac{1}{1 + j3\omega C_{cp} r_{\partial}}, \quad (1.12)$$

де

$$C_{cp} = \frac{C_A + C_B + C_C}{3}, \quad (1.13)$$

Напруга несиметрії:

$$\underline{U}_{Nz} = -\underline{E}_A = -\underline{U}_A, \quad (1.14)$$

Розкладемо на складові:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$\underline{U}_{A3} = 0, \quad (1.15)$$

$$\underline{U}_{B3} = \underline{E}_B - \underline{E}_A = \underline{U}_B - \underline{U}_A = -\underline{U}_{AB}; \quad (1.16)$$

$$\underline{U}_{C3} = \underline{E}_C - \underline{E}_A = \underline{U}_C - \underline{U}_A = -\underline{U}_{CA}; \quad (1.17)$$

де - \underline{U}_{N3} , \underline{U}_{A3} , \underline{U}_{B3} , \underline{U}_{C3} напруги мережі, яка працює в режимі з замиканням однієї фази на землю,

\underline{U}_A , \underline{U}_B , \underline{U}_C , \underline{U}_{AB} , \underline{U}_{CA} - напруги мережі, в попередньому замиканню симетричному режимі.

Представимо векторну діаграму напруг.

Рисунок 1.4 – Векторна діаграма напруг і струмів при однофазному замиканні на землю в мережі з ізольованою нейтраллю ($r_{\partial} = 0$)

Відповідні рівняння щодо визначення несиметрії:

$$\underline{U}_{A3} = \underline{E}_A + \underline{U}_{N3} = \underline{U}_A \frac{j3\omega C_{cp} r_{\partial}}{1 + j3\omega C_{cp} r_{\partial}}; \quad (1.18)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\underline{U}_{B3} = \underline{E}_B + \underline{U}_{N3} = \underline{U}_A \frac{a^2 1 + j3\omega C_{cp} r_{\partial} - 1}{1 + j3\omega C_{cp} r_{\partial}}; \quad (1.19)$$

$$\underline{U}_{C3} = \underline{E}_C + \underline{U}_{N3} = \underline{U}_A \frac{a 1 + j3\omega C_{cp} r_{\partial} - 1}{1 + j3\omega C_{cp} r_{\partial}}. \quad (1.20)$$

Покажемо зазначені вектори на діаграмі.

Рисунок 1.5 – Динаміка змін векторів напруг в мережі з ізолюваною нейтраллю в залежності від r_{∂} при замиканні на землю фази А

З векторних діаграм виходить що напруга несиметрії залежитиме від опору.

Рисунок 1.6 – Залежності модулів напруг несиметрії і напруг фаз в мережі з ізолюваною нейтраллю від опору в місті замикання ($i = A, B, C, N$)

Скорегуємо значення струму.

$$\underline{I}_c = - \left[\underline{E}_A + \underline{U}_{N3} \underline{Y}_A + \underline{E}_B + \underline{U}_{N3} \underline{Y}_B + \underline{E}_C + \underline{U}_{N3} \underline{Y}_C \right] \quad (1.21)$$

або

$$\underline{I}_c = -\underline{E}_A \underline{Y}_A + a\underline{Y}_B + a^2\underline{Y}_C - \underline{U}_{N3} \underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C \quad (1.22)$$

Враховуючи (1.4), відповідно отримаємо:

$$\underline{I}_c = \underline{U}_N \underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C - \underline{U}_{N3} \underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C \quad (1.23)$$

Зробимо перетворення.

$$\underline{I}_c = \underline{I}_{aC} + \underline{I}_{aG} + \underline{I}_{3C} + \underline{I}_{3G} \quad (1.24)$$

$$\underline{I}_{aC} = \underline{U}_N j\omega (C_A + C_B + C_C) \quad , \quad (1.25)$$

$$\underline{I}_{aG} = \underline{U}_N (G_A + G_B + G_C) \quad (1.26)$$

$$\underline{I}_{3C} = -\underline{U}_{N3} j\omega (C_A + C_B + C_C) \quad , \text{ де} \quad (1.27)$$

$$\underline{I}_{3G} = -\underline{U}_{N3} (G_A + G_B + G_C) \quad (1.28)$$

Сумарний струм визначимо як:

$$\underline{I}_c = j\underline{E}_A \omega (C_A + C_B + C_C) = j\underline{E}_A 3\omega C_{cp} \quad , \quad (1.29)$$

Тоді

$$\underline{I}_c = j3\omega C_{cp} \underline{U}_A \quad . \quad (1.30)$$

Враховуючи модульне значення:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$\underline{I}_c = 3\omega C_{cp} U_\phi \quad (1.31)$$

Тоді

$$\underline{I}_c = \sqrt{3}\omega C_{cp} U , \quad (1.32)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

1.4. Компенсація ємнісних струмів однофазного замикання на землю

Представимо схему для компенсації ємнісної складової струму.

а)

б)

Рисунок 1.7 – Замикання на землю в мережі з резонансно заземленою нейтраллю: а) схема мережі; б) еквівалентна схема для визначення умов резонансу струмів

Баланс струму:

$$\underline{I}_z = \underline{I}_c - \underline{I}_p \quad (1.33)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Або

$$\underline{I}_c = \underline{I}_{aC} + \underline{I}_{aG} + \underline{I}_{3C} + \underline{I}_{3G} - \underline{I}_p \quad (1.34)$$

де

$$\underline{I}_p = \underline{U}_{N3} \underline{Y}_p = \underline{U}_{N3} \left(\frac{1}{r_p} + \frac{1}{j\omega L_p} \right);$$

$\frac{1}{r_p}$ і $\frac{1}{j\omega L_p}$ - активна та індуктивна складові провідності реактора \underline{Y}_p .

Тоді остаточно:

$$\underline{I}_{33} = -\underline{U}_{N3} j \left[\omega C_A + C_B + C_C - \frac{1}{\omega L_p} \right] - \underline{U}_{N3} \left(G_A + G_B + G_C + \frac{1}{r_p} \right) \quad (1.36)$$

Або

$$\omega L_p = \frac{1}{\omega C_A + C_B + C_C}, \quad (1.37)$$

Чи

$$\omega L_p = \frac{1}{3\omega C_{cp}} \quad (1.38)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Рисунок 1.8 – Векторна діаграма напруг і струмів при однофазному замиканні на землю в мережі з резонансно заземленою нейтраллю ($r_{\hat{\delta}} = 0$)

Загальний вираз буде:

$$\underline{I}_z = \underline{I}_a = -\underline{U}_{Nz} \left(G_A + G_B + G_C + \frac{1}{r_p} \right), \quad (1.39)$$

Та

$$\underline{I}_a = -\underline{U}_{Nz} \left(3G_{cp} + \frac{1}{r_p} \right), \quad (1.40)$$

де

$$G_{cp} = \frac{G_A + G_B + G_C}{3}$$

Тоді активна складова:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$d = \frac{I_a}{I_c} \cdot 100\% = \frac{G_A + G_B + G_C + \frac{1}{r_p}}{\omega C_A + C_B + C_C} \cdot 100\% \quad (1.41)$$

Визначимо ступінь розкладу.

$$\nu = \frac{I_c - I_p}{I_c} \cdot 100\% \quad (1.42)$$

При відомому ступені розкладу визначений струм складатиме:

$$I_s = 0,01 \cdot I_c \cdot \sqrt{\nu^2 + d^2} \quad (1.43)$$

Тоді у контурі резонуюча складова що забезпечує компенсацію наявності ємності:

$$\omega L_p = \frac{1}{\omega C_A + C_B + C_C} \quad (1.44)$$

Представимо розроблену структуру.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а)

б)

Рисунок 1.9 – Мережа з резонансно заземленою нейтраллю:

а) трифазна схема; б) еквівалентна схема заміщення

Відповідно до схеми:

$$\underline{I}_{Ay} + \underline{I}_{By} + \underline{I}_{Cy} + \underline{I}_p = 0 \quad (1.45)$$

Тоді

$$\underline{U}_{Ap} \underline{Y}_A + \underline{U}_{Bp} \underline{Y}_B + \underline{U}_{Cp} \underline{Y}_C + \underline{U}_{Np} \underline{Y}_p = 0 \quad (1.46)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді несиметрія напруги:

$$\underline{U}_{Np} = \frac{\underline{E}_A \underline{Y}_A + \underline{E}_B \underline{Y}_B + \underline{E}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_p} \quad (1.34)$$

або

$$\underline{U}_{Np} = \underline{U}_{N3} = -\underline{E}_A,$$

а \underline{U}_{Ap} , \underline{U}_{Bp} , \underline{U}_{Cp} згідно (1.1) відповідатимуть виразам (1.15) - (1.17).

ТАКИМ ЧИНОМ

$$\underline{U}_{Np} = -\underline{E}_A \frac{u' - ju''}{d - jv} \quad (1.48)$$

де u' і u'' — відповідають відповідно (1.6) і (1.7); а d і v - (1.41) і (1.42).

Напруга зсуву:

$$u_p = \frac{|\underline{U}_{Np}|}{|\underline{U}_A|} = |u' - ju''| \frac{1}{\sqrt{d^2 + v^2}} \cdot 100\% \quad (1.49)$$

Тоді з врахуванням ступені компенсації:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\underline{U}_{Np}^* \nu = u_p = \frac{|u' - ju''|}{d} \quad (1.50)$$

Рисунок 1.10 – Резонансні криві відносного ступеню зміщення нейтралі мережі: 1 - $\underline{U}_{Np}^* \nu$ - для нормального режиму роботи мережі; 2,3,4 – те ж саме для випадків втрати частини ємнісної провідності фази А мережі, відповідно 4,3%, 12,5%, і 17%

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

1.5. Релейний захист від однофазних замикань на землю

На роботу релейного захисту впливатиме вибір режиму нейтралі у системі електропостачання.

При належній компенсації ємнісної складової струму можна практично унеможливити наявність помилкових спрацьовувань систем релейного захисту.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6. Захисне шунтування однофазних пошкоджень електроустановок

Одним із засобів поліпшення роботи при аварійних ситуаціях є метод шунтування пошкодженої ділянки.

Рисунок 1.11 – Принципова схема електричної мережі з зашунтованим ОЗЗ

Ефективність шунтування визначається відповідним коефіцієнтом.

$$K_{e,ш} = 1 - \frac{\sum I_{ш}^1}{I^1} \quad (1.51)$$

де I^1 - струм через місце ОЗЗ до його шунтування.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.7. Контроль ізоляції

Доволі суттєвим методом підвищення ефективності роботи систем електропостачання є впровадження діагностичних комплексів у середину їх структури.

Системи контролю стану ізоляції підвищують чутливість розрахованих систем до спрацьовувань.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.8. Висновки

Представимо висновки.

1. Існуючі системи електропостачання напругою 6-35 кВ є складною системою. Вони функціонально різноманітні, конструктивно складні, мають високу ціну відмов, автономні, працюють в режимі з ізольованою або заземленою через значний опір.

2. Основним видом пошкодження (до 80 %) є однофазні замикання на землю. Цей вид пошкодження супроводжується виникненням небезпечних умов експлуатації: підвищення рівня напруги на корпусі обладнання, струму розтікання, спікання ґрунту біля заземлюючого пристрою, виникнення пожежі, вибуху.

3. Для підвищення рівня безпеки застосовують різні методи попередження виникнення ОЗЗ: неперервний контроль ізоляції, компенсація ємнісних струмів, релейний захист, шунтування пошкодженої фази відносно землі. Ефективність роботи всіх цих пристроїв залежить від режиму роботи нейтралі. Тому існує необхідність провести дослідження впливу режиму нейтралі на роботу засобів підвищення рівня безпеки в оптимізувати їх взаємодію між собою.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Розділ 2. Дослідження ефективності режиму роботи нейтралі

2.1. Критерії ефективності режиму роботи нейтралі

Для оцінювання ефективності електричних мереж живлення слід застосовувати комплексний показник.

Розглянемо передумови які матимуть вплив на його визначення відповідно до запропонованої методики.

Рисунок 2.1 – Послідовність рішення задач комплексного захисту мереж 6 - 35 кВ від однофазних замикань

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28							
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	Розділ 2				<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>	
<i>Розробив</i>	Червінчук О.А								34	20		
<i>Перевірів</i>	Сінчук О.М.											
<i>Реценз.</i>												
<i>Н. Контр.</i>	Сінчук О.М.								КНУ ЕЕМ-20			
<i>Затвердив</i>	Пересунько І.І.											

Рисунок 2.2 – Критерії ефективності режиму нейтралі

Комплексний показник ефективності

$$E_k = \sum_{i=1}^n V_i \rho_{ik} \quad (2.1)$$

де k - номер даного варіанту режиму нейтралі;

n - число критеріальних властивостей, що враховувалися (незалежних показників ефективності режиму нейтралі):

V_i - вагові коефіцієнти показників;

$\rho_{ik} = f_{ik}$ у - залежності оцінок ефективності режиму нейтралі від відповідних параметрів і експлуатаційних характеристик мережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Тоді вагові коефіцієнти складатимуть:

$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n W_{j,i} \quad (2.2)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.2. Перенапряга при однофазних замиканнях на землю

Розглянемо вплив перенапряги на ефективність розглянутих систем електропостачання при різних типах реалізації нейтралі.

$$y_{n2} = S_1 / S_2 ; y_{n3} = S_1 / S_3 \quad (2.3)$$

представимо графіки перенапряги.

Рисунок 2.3 – Розподіл кратностей перенапруг при однофазних замиканнях

Тоді коефіцієнт кратності перенапряги:

$$P = \frac{k}{\sqrt{2\Pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{k_n - a^2}{2\sigma^2}} . \quad (2.4)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 2.1 – Параметри нормального закону розподілу при різних режимах нейтралі

Вагові коефіцієнти складатимуть:

$$y_{п2\ 3} = \int_{2,4}^{3,6} f_1 k_{п} dk_{п} \left[\int_{2,4}^{3,6} f_{2\ 3} k_{п} dk_{п} \right]^{-1}. \quad (2.5)$$

Тоді коефіцієнт кратності пренапруги:

$$\rho_{пI} = 1 - \frac{1}{y_{пI}}. \quad (2.6)$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

2.3. Шкода від аварійних вимикань

Критерій ефективності можна розглянути знизивши ушкодження у мережі.

$$\rho_{y1} = \frac{t_{y1}}{t_{y1}} = 1; \rho_{y2} = \frac{t_{y1}}{t_{y2}}; \rho_{y3} = \frac{t_{y1}}{t_{y3}} = 1,$$

де t_{y1} - середній (зважений) час відключеного стану споживачів по причинах, залежних від режиму нейтралі, в мережі з ізольованою нейтраллю;

t_{y2} - те ж з компенсацією ємнісних струмів однофазних замикань;

t_{y3} - те ж при заземленні нейтралі через резистор.

Тоді загальний критерій:

$$E_k = 1 - \frac{n_{0k}}{n_0} \quad (2.7)$$

А з врахуванням вагових коефіцієнтів:

$$\rho_{y2} = \frac{\eta_{1-2} \left(\sum_{i=1}^{i=k} t_{yi1} \cdot n_{0i1} \right) \sum_{i=1}^{i=m} n_{0i2}}{\left(\sum_{i=1}^{i=k} n_{0i1} \right) \left(\sum_{i=1}^{i=m} t_{yi2} \cdot n_{0i2} \right)}; \quad \rho_{y3} = \frac{\rho_{y2} \eta_{1-3}}{\eta_{1-2} \frac{1 - a_{p3}}{1 - a_{p2}}}, \quad (2.8)$$

де η_{1-2} , η_{1-3} - відносне зниження числа пошкоджень при переході від ізолюваної нейтралі до заземленої відповідно через реактор і резистор;

t_{yi1} , t_{yi2} - час одного аварійного відключення споживачів в мережі відповідно з ізолюваною і заземленою через реактор нейтраллю;

n_{0i1} , n_{0i2} - число однофазних замикань в мережі при тих же режимах нейтралі;

a_{p2} , a_{p3} - показники селективності реле сигналізації в мережі із заземленням нейтралі відповідно через реактор і резистор.

Врахуємо роботу системи захисту.

$$a_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} n_{ci}/n_{0i} n_{pi}}{\sum_{i=1}^{i=k} n_{pi}} \quad (2.9)$$

де n_{ci} - число селективних спрацьовувань реле;

n_{pi} - число встановлених на ділянці k мережі реле сигналізації.

Отже бачимо що у цьому випадку найбільш ефективним виявилось заземлення нейтрального дроту через обмежувач резистор.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Напряга дотику та кроку при однофазних замиканнях на землю

Для захисту людини важливим є зниження напруги дотику.

Таблиця 2.2 – Значення напруги дотику на заземлювачах опор

Для загального критерію:

$$\rho_{HI} = 1 - \frac{1}{y_{HI}} \quad (2.10)$$

де $y_{HI} = t_{\max}/t_p$;

t_{\max} - середня арифметична часу існування однофазного замикання в мережі з режимом нейтралі, де значення цього часу максимальне;

t_p те ж в мережах при двох інших варіантах заземлення нейтралі.

Тоді оцінка ефективності:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\rho_{\tau I} = 1 - \frac{1}{y_{\tau I}} \quad (2.11)$$

де $y_{\tau I} = I_{з. \text{срmax}} / I_{з. \text{срp}}$; що дає $\rho_{\tau 1} = 0,17$; $\rho_{\tau 2} = 0,86$ при $\rho_{\tau 3} = 0$.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Захисне вимикання як ефективний засіб підвищення безпеки експлуатації розподільних мереж напругою 6-35 кВ

Доволі часто для реалізації підвищення засобів безпеки використовують захисне вимкнення.

При цьому ізолюючий дріт має бути вимкнено за рахунок встановлення додаткового обладнання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6. Вплив режиму нейтралі на релейний захист від однофазного замикання

Розрахуємо струм несиметрії.

$$I_h = \frac{I_3 R_3}{R_h} = \frac{\sqrt{I_C^2 + I_A^2} R_3}{R_h} \quad (2.12)$$

і при $I_C = 10$ А, $I_A = 4$ А, $R_3 = 4$ Ом (опір заземлювача), $R_h = 700 \div 1000$ Ом струм $I_h < 65$ мА.

Тоді результуючий коефіцієнт:

$$\rho_{3I} = 1 - \frac{1}{y_{3I}} \quad (2.13)$$

отримуємо $\rho_{3I} = 0,25$; $\rho_{33} = 0,95$.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Засоби заземлення нейтралі

Представимо схеми заземлення нейтрального дроту.

Рисунок 2.3 – Основний варіант схеми пристрою для заземлення нейтралі мережі

Рисунок 2.4 – Схема пристрою для заземлення нейтралі з ємнісним регулятором струму компенсації і низьковольтним резистором

Тоді напруга зсуву:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\text{см}} = \frac{U_{\text{нс}} \omega L}{\sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C} \right]^2}}; \quad I = \frac{U_{\text{см}}}{X_L} = \frac{U_{\text{нс}}}{\sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C} \right]^2}} \quad (2.14)$$

у вказаному послідовному колі з урахуванням того, що $X_L \gg R_L$ (R_L - активний опір реактора),

де L - індуктивність реактора;

R - активний опір ланцюгу;

C - ємність трьох фаз мережі відносно землі.

А необхідний струм компенсації:

$$I_{\text{к}} = I_L - \frac{1}{k_{\text{тр}}} I_{\text{с}}',$$

де I_L - індуктивний струм реактора;

$I_{\text{с}}'$ - ємнісний струм його вторинної обмотки, залежний від поєднання включених конденсаторів $C1, C2, C3$.

Тоді при реалізації активного опору:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_k = \sqrt{\left(I_L - \frac{1}{k_{\text{тр}}} I_c'\right)^2 + \left(\frac{1}{k_{\text{тр}}} I_A'\right)^2}; \quad (2.15)$$

Тоді струм замикання:

$$I_3 = \sqrt{\left(I_L - \frac{1}{k_{\text{тр}}} I_c' - I_c\right)^2 + \left(\frac{1}{k_{\text{тр}}} I_A'\right)^2}; \quad (2.16)$$

Струм нульової послідовності:

$$3I_{\text{оп}} = \sqrt{\left(I_L - \frac{1}{k_{\text{тр}}} I_c' - I_c - I_{\text{с.п}}\right)^2 + \left(\frac{1}{k_{\text{тр}}} I_A'\right)^2}; \quad (2.17)$$

де I_c - емнісний струм повного однофазного замикання;

$I_{\text{с.п}}$ - власний емнісний струм пошкодженої лінії;

I_A' - струм через резистор R_n' .

Представимо пристрій для заземлення нейтралі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.5 – Пристрій для заземлення нейтралі на основі реактора
ЗРОМ 300/10 і високовольтного резистора

Рисунок 2.6 – Схема пристрою для заземлення нейтралі зі ступеневим
регулюванням струму компенсації та низьковольтним
резистором

При дотику людини:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_3 = I_{3.п} + ne^{p_1 t} + k - n e^{p_2 t}, \quad (2.18)$$

де I_3 - повний струм в місці замикання при аперіодичній зміні вільного струму;

$I_{3.п}$ - миттєве значення сталого струму, причому $I_{3.п} = \sqrt{2}I_3 \sin \omega t + \psi_1$,

де $I_3 = U_{\phi} / \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2}$, а

$$R_{\Pi} = R_3 + \frac{RX_c^2}{R_{\Sigma}^2 + X_{\kappa} - X_c^2}; \quad X_{\Pi} = -\frac{X_c X_{\kappa}^2 - X_{\kappa} X_c + R_{\Sigma}^2}{R_{\Sigma}^2 + X_{\kappa} - X_c^2};$$

$$\psi_1 = \psi - \varphi; \quad \varphi = \operatorname{arctg} \frac{X_{\Pi}}{R_{\Pi}};$$

$$p_{1,2} = -\frac{a}{2} \pm \sqrt{\frac{a^2}{4} - b}; \quad a = \frac{L + R_3 R_{\Sigma} C}{R_3 R_{\Sigma} C}; \quad b = \frac{R_3 + R_{\Sigma}}{R_3 R_{\Sigma} C};$$

$$k = \sqrt{2}I_3 \left(\frac{R' \sin \psi_1 + X' \cos \psi_1}{R_3} - \sin \psi_1 \right), \quad (2.19)$$

$$d = \sqrt{2}I_3 \omega \left(\frac{R' \sin \psi_1 - X' \cos \psi_1}{R_3} - \frac{R' \sin \psi_1 - X' \cos \psi_1}{R_3^2 \omega C} - \cos \psi_1 \right), \quad (2.20)$$

$$n = \frac{1}{p_1 - p_2} d - p_2 k, \quad (2.21)$$

Складає повного струму:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{3.п} = \sqrt{\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} I_3^2 dt},$$

де

$$\begin{aligned} \frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} I_3^2 dt = & 2I_3^2 \left[\frac{t_1}{2} - \frac{1}{4\omega} \sin 2\omega t_1 + \psi_1 + \frac{n^2}{2p_1} e^{2p_1 t_1} + \frac{k-n^2}{2p_2} e^{2p_2 t_1} \right] + \\ & + 2\sqrt{2}I_3 n \frac{e^{p_1 t_1}}{p_1^2 + \omega^2} \left[p_1 \sin \omega t_1 + \psi_1 - \omega \cos \omega t_1 + \psi_1 \right] + \\ & + 2\sqrt{2}I_3 (k-n) \frac{e^{p_2 t_1}}{p_2^2 + \omega^2} \left[p_2 \sin \omega t_1 + \psi_1 - \omega \cos \omega t_1 + \psi_1 \right] + \\ & + \frac{2n(k-n)}{p_1 + p_2} e^{p_1 + p_2 t_1} + 2I_3^2 \frac{1}{4\omega} \sin 2\psi_1 - \frac{n^2}{2p_1} - \frac{k-n^2}{2p_2} - \\ & - \frac{2\sqrt{2}I_3 n}{p_1^2 + \omega^2} p_1 \sin \psi_1 - \omega \cos \psi_1 - \frac{2\sqrt{2}I_3 (k-n)}{p_2^2 + \omega^2} p_2 \sin \psi_1 - \omega \cos \psi_1 - \\ & - \frac{2n(k-n)}{p_1 + p_2}. \end{aligned}$$

Діюче значення повного струму:

$$I_{3.св} = A e^{-\delta t} \sin \omega' t + \nu,$$

$$A = \frac{k}{\sin \nu}; \quad \nu = \text{arcctg} \frac{d + \delta k}{k\omega^2}; \quad (2.22)$$

$$\delta = \frac{L + R_3 RC}{2R_3 LC}; \quad \omega' = \sqrt{\frac{R_3 + R}{R_3 LC} - \delta^2}; \quad (2.23)$$

або

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
\frac{1}{t_1} \int_0^{t_1} I_3^2 dt &= 2I_3^2 \left[\frac{t_1}{2} - \frac{1}{4\omega} \sin 2\omega t_1 + \psi_1 \right] + \\
&+ \sqrt{2}I_3 A \frac{e^{-\delta t_1}}{\delta^2 + \omega - \omega'^2} \left[-\delta \cos \omega - \omega' t_1 + \psi_1 - \nu \right] + \\
&+ \omega - \omega' \sin \omega - \omega' t_1 + \psi_1 - \nu - \sqrt{2}I_3 A \frac{e^{-\delta t_1}}{\delta^2 + \omega + \omega'^2} \times \\
&\times \left[-\delta \cos \omega + \omega' t_1 + \psi_1 + \nu \right] + \omega + \omega' \sin \omega + \omega' t_1 + \psi_1 + \nu - \\
&- \frac{1}{4\delta} A^2 e^{-2\delta t_1} - \frac{1}{4} A^2 \frac{e^{-2\delta t_1}}{\delta^2 + \omega'^2} \left[-\delta \cos 2\omega' t_1 + 2\nu + \omega' \cos 2\omega' t_1 + 2\nu \right] + \\
&2I_3^2 \frac{1}{4\omega} \sin 2\psi_1 - \sqrt{2}I_3 A \frac{1}{\delta^2 + \omega - \omega'^2} \left[-\delta \cos \psi_1 - \nu + \omega - \omega' \sin \psi_1 - \nu \right] + \\
&+ \sqrt{2}I_3 A \frac{1}{\delta^2 + \omega - \omega'^2} \left[-\delta \cos \psi_1 + \nu + \omega + \omega' \sin \psi_1 + \nu \right] + \frac{1}{4\delta} A^2 + \\
&+ \frac{1}{4} A^2 \frac{1}{\delta^2 + \omega'^2} - \delta \cos 2\nu + \omega' \sin 2\nu .
\end{aligned}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

2.8. Висновки

Представимо висновки.

1. При виборі критерію ефективності заземлення нейтралі розподільної мережі необхідно враховувати такі параметри і процеси: кратність перенапруг при однофазних замиканнях; час існування однофазного замикання на землю; значення напруги дотику і розтікання струму яке виникає при ОЗЗ; величина і вид струму ОЗЗ; характеристика і властивості релейного захисту від ОЗЗ; технічні характеристики пристроїв шунтування пошкодженої фази.

2. Для дослідження впливу режиму нейтралі на рівень перенапруг доцільно враховувати лише внутрішні перенапруги: комутаційні, ферорезонансні, і такі що виникають при ОЗЗ, що супроводжуються перекидною дугою. В якості критерію оцінки перенапруги в залежності від режиму нейтралі доцільно використовувати відношення площин густин розподілу коефіцієнта кратності перенапруг на пошкоджених фазах до максимально можливої амплі перенапруги.

3. Для дослідження впливу режиму нейтралі на кількість і час пошуку пошкоджень доцільно використовувати відношення середнього часу відключеного стану споживачів по причинах, залежних від режиму нейтралі; до часу коли вона заземлена через пристрої компенсації ємнісного струму або через резистор.

4. Порівняння впливу режиму нейтралі мережі на ступінь небезпеки дотику людини до заземленої частини електроустановки, де виникло однофазне пошкодження ізоляції, може бути проведено за показниками, що характеризують співвідношення тривалості і величини струмів однофазних замикань.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Застосування захисного шунтування місць ОЗЗ дозволяє погасити дугу в місці пробою ізоляції за час, при якому теплова потужність, що виділиться не перевищує допустимої величини.

6. Режим нейтралі суттєво впливає на такі властивості релейного захисту від ОЗЗ як селективність, чутливість, надійність роботи. Заземлення нейтралі через високоомний резистор зміщує характеристику намагнічування ТСНП і тим самим підвищує рівень сигналу, що подається на вхід захисту від ОЗЗ, що підвищує його чутливість. Основним варіантом схеми підключення високоомного резистора є безпосереднє підключення до нейтралі силового трансформатора через запобіжник з засобами контролю його справності.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Електричні мережі напругою 6-35 кВ – це складні електротехнічні системи, з розгалуженою структурою, що забезпечують живлення електричних споживачів.

Електричні мережі напругою 6-35 кВ складають різноманітні елементи, що забезпечують їх функціонування.

За призначенням можна розділити усі елементи на фізичні та ті що реалізуються певною функцією.

Електричні мережі напругою 6-35 кВ можна віднести до найбільш важливих у енергетичній структурі країни.

Надійність їх роботи забезпечує функціонування енергетичних систем у цілому.

Тому є важливим підтримувати працездатність елементів ліній та комутуючого обладнання.

До заходів із підвищення надійності роботи електричних мереж напругою 6-35 кВ можна віднести:

- додаткові джерела живлення;
- скорочення ділянок лінії;
- розгалуження;
- впровадження систем захисту;
- впровадження систем автоматики.

Ці методи можна застосовувати на діючому обладнанні електричних установок.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Але важливим етапом щодо ефективності енергетичних мереж живлення є відповідне їх проектування.

До таких важливих заходів можна віднести проектування електричних систем.

Першим чином від правильного обрання схеми живлення буде заложити економічність її використання.

Надійність системи залежатиме дуже сильно від того чи правильно обрано заземляючі пристрої та зроблено вибір нейтралі мережі живлення енергетичної системи в цілому.

Схеми з ізольованою нейтралю швидко реагують на однофазні замикання на землю.

Слід зазначити що такі режими найбільш розповсюджені у електричних системах.

Якщо для кабельних ліній є характерними поодинокі замикання на землю то для повітряних ліній доволі частим є можливість подвійного замикання.

Такі випадки значно погіршують умови роботи та знижують надійність системи живлення.

Внутрішні перенапруги що виникають при цьому ще більше погіршують умови експлуатації.

Такі прояви стосуються усього спектру обладнання від кабельних ліній, дротів, ізоляторів до обмоток трансформаторів а також комутуючого силового обладнання.

Крім того замикання на землю впливають на роботу систем захисту та керування.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таким чином підвищується можливість помилкового спрацьовування систем захисту.

Також підвищується ненадійність спрацьовування комутуючого обладнання.

Від вибору типу нейтралі залежить безпечність роботи обслуговуючого персоналу.

Від вибору типу нейтралі залежить швидкодія роботи апаратів захисту людини.

До заходів поліпшення роботи умов нейтрального дроту є зменшення емнісної складової струму.

Це може бути реалізовано завдяки ізолюванню середньої точки обмоток трансформаторів.

Також ефективним методом можна вважати встановлення у їх кола реакторів.

Також допускається заземлення через резистори при незначних значеннях струмів.

Від правильного вибору режиму нейтралі залежить зменшення кількості однофазних замикань.

Вибір системи живлення буде залежати від вибору типу реалізації нейтрального дроту.

Оптимальною можна вважати таку схему що забезпечує найвищу ефективність.

Найважливішим для цього вибору є:

- зниження перенапруги;
- зменшення впливу на роботу захисту.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Аналітичні залежності можна отримати виходячи з параметрів та структури схем системи енергоживлення.

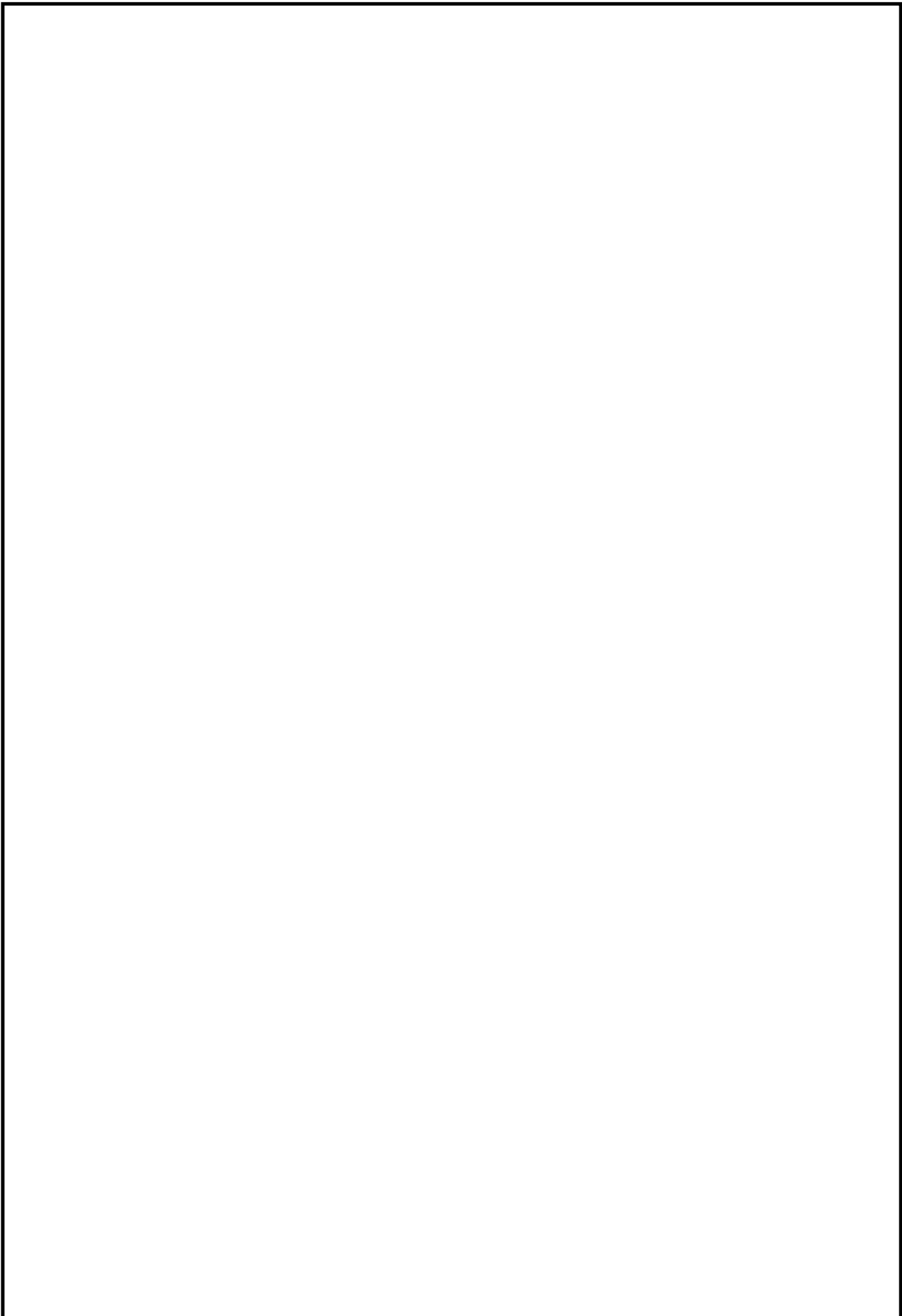
На параметри системи буде впливати технічний стан обладнання, тому оптимізацію слід виконувати виходячи з діючих структур та параметрів обладнання.

Аналітичні залежності слід враховувати виходячи з розрахункових коефіцієнтів.

Такий підхід допоможе суттєво скоротити аналітичні розрахунки енергетичних систем.

Комплексний показник ефективності буде враховувати надійність за оптимальним його значенням.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-28	
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		