

УДК 621.316

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ОБМЕЖЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКОГО
ЗАМИКАННЯ ДЛЯ ДІЛЯНКИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ 110 КВ**

Скрипник С.О. – аспірант, *savelii.skrypnik@gmail.com*

Шейна Г.О. – к.т.н., *ganna.sheina@donntu.edu.ua*

Донецький національний технічний університет

Метою роботи аналіз можливих рівнів струмів короткого замикання на ділянці електричної мережі напругою 110 кВ, для якої проаналізовані методи і засоби обмеження струмів короткого замикання, виконана перевірка комутаційного обладнання.

Актуальність роботи. Проблема визначення рівнів струмів короткого замикання в електричних мережах різних класів напруги була і залишається актуальною. Ця інформація є вихідною при виборі головних схем і схем власних потреб електростанцій і підстанцій. Вона використовується при виборі електричного обладнання, при проектуванні електричних машин, апаратів, розподільних і заземлюючих пристроїв. Без знання можливого рівня струмів короткого замикання не можливо виконати забезпечення стійкості й надійності роботи енергосистем.

Тому актуальним є аналіз і удосконалення методів та засобів обмеження струмів короткого замикання [1, 2]. Актуальними є методики прогнозування й оптимізації рівнів струмів короткого замикання; методики вибору електрообладнання з урахуванням імовірнісного характеру зміни струмів короткого замикання.

Електричні системи характеризуються наступними режимами: режим нормальної роботи (експлуатації), аварійний режим (короткочасний), післяаварійний режим. Аварійний режим не дивлячись, що є короткочасним, має наслідком значні збитки. В наслідок аварій: порушується стійкість системи і встановлюється новий баланс за напругою та частотою; завдається шкода обладнанню електричних мереж тепловою дією струмів короткого замикання; завдається шкода обладнанню електричних мереж динамічною дією струмів короткого замикання; виникають перешкоди, які обумовлені струмам наведення.

Електричні мережі $U_{НОМ} \geq 110$ кВ відносяться до електричних мереж з глухозаземленою нейтраллю (нейтраль електроустановок глухо, тобто без опору, пов'язана з землею) або до електричних мереж з ефективно-заземленою нейтраллю (частину нейтралей електроустановок ізолюють, частину нейтралей заземлюють). За умови нехтування активними опорами елементів $r_{\Sigma} \cong 0$ і за

Платформа: ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

умови, що сумарні опори прямої $x_{1\Sigma}$ та зворотної $x_{2\Sigma}$ послідовностей відносно точки короткого замикання однакові $x_{1\Sigma} = x_{2\Sigma}$ є справедливим співвідношення

$$m = \frac{I_k^{(1)}}{I_k^{(3)}} = \frac{3 \cdot x_{1\Sigma}}{x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}} = \frac{3 \cdot x_{1\Sigma}}{x_{1\Sigma} \cdot \left(2 + \frac{x_{0\Sigma}}{x_{1\Sigma}}\right)} = \frac{3}{(2 + \alpha)}, \quad (1)$$

де $\alpha = x_{0\Sigma} / x_{1\Sigma}$, $x_{0\Sigma}$ – опір нульової послідовності відносно точки короткого замикання.

Коефіцієнт α залежить від прийнятого в мережі режиму заземлення нейтралей: при $\alpha \rightarrow 0$ струм однофазного короткого замикання має максимальне перевищення струму трифазного короткого замикання $I_k^{(1)} = 1,5 \cdot I_k^{(3)}$.

Коефіцієнт заземлення:

$$k_3 = \frac{U_{\phi 3}}{U_{ном}} = \frac{\sqrt{\alpha^2 + \alpha + 1}}{\alpha + 2}, \quad (2)$$

де $U_{\phi 3}$ – напруга непошкодженої фази при однофазному короткому замиканні.

В мережах номінальною напругою $U_{ном} \geq 110 \text{ кВ}$ намагаються частину нейтралей заземлити, частину нейтралей разземлити для забезпечення умови:

$$k_3 = \frac{U_{\phi 3}}{U_{ном}} \leq 0,8. \quad (3)$$

Але умову (3) не завжди можна виконати: силові автотрансформатори електричної системи повинні працювати із заземленими нейтралями; блочні силові трансформатори номінальною напругою $U_{ном} \geq 220 \text{ кВ}$ так само вимагають глухозаземлену нейтраль. Максимальний рівень струмів однофазного короткого замикання може перевищувати максимальний рівень струмів трифазного короткого замикання на 25 – 30%. Ця обставина вимагає перевіряти комутаційну здатність вимикачів за струмом однофазного короткого замикання.

Мережа, яка досліджувалася, показана на рис. 1. Для розрахунку струмів короткого замикання була зібрана схема мережі в PowerFactory (рис. 2).

Розрахунок показав, що для частини підстанцій співвідношення струмів однофазного $I_k^{(1)}$ і трифазного $I_k^{(3)}$ короткого замикання наступне: $I_k^{(1)} > I_k^{(3)}$.

Висновок. Для обмеження струмів однофазного короткого замикання для схеми розглядалися різні методи. По-перше, схемні рішення: ділення мережі як автоматичне (в аварійному режимі), так і стаціонарне (у нормальному режимі) за допомогою шиноз'єднувальних або секційних вимикачів. Ділення мережі істотно впливає на її режими, стійкість і надійність роботи, а також на втрати

Платформа: ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

потужності й електроенергії. Тому точки ділення мережі визначаються у результаті оптимізації всіх вище приведених факторів. По-друге, розземлення частини нейтралей трансформаторів. Величина струмів $I_{КЗ}^{(1)}$ залежить від шляхів циркуляції струмів нульової послідовності. Останні залежать від заземлення нейтралей силових трансформаторів. Отримані дані були використані для перевірки комутаційної обладнання підстанцій.

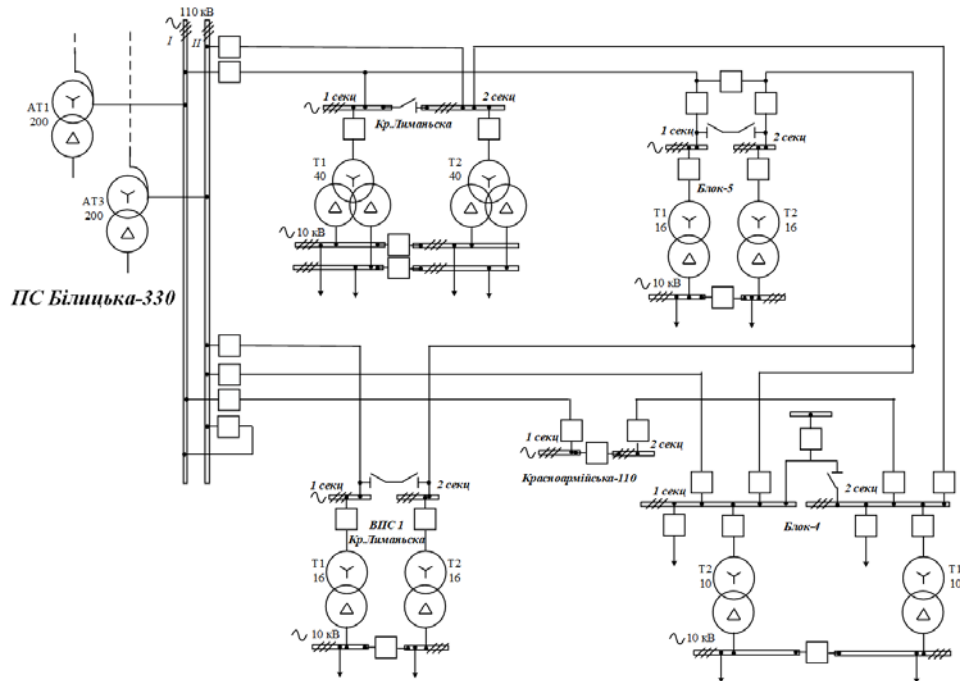


Рисунок 1 – Схема мережі, яка досліджується

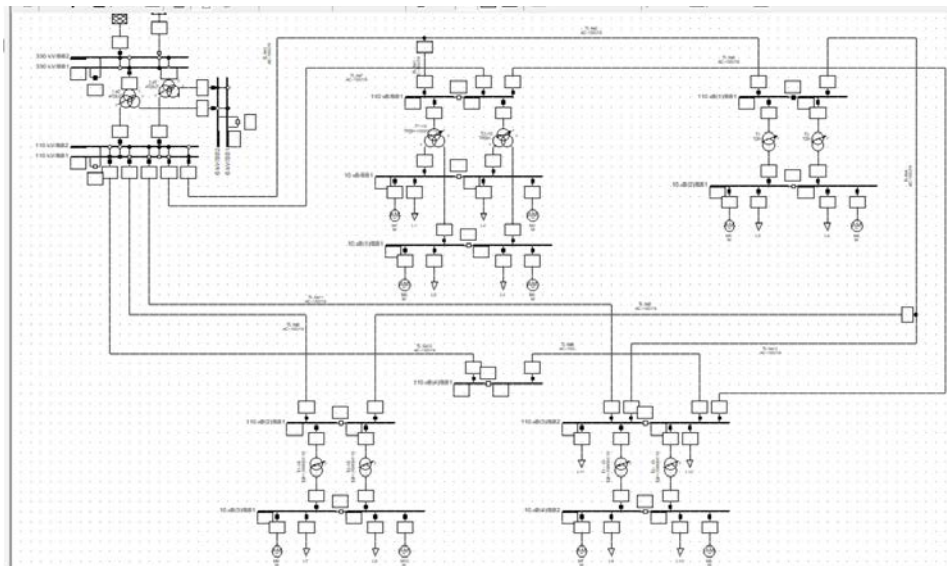


Рисунок 2 – Схема мережі в PowerFactory

Література

1. IEC 60909. Short-circuit currents in three-phase systems - Part 0: Calculation of currents. 2001.
2. Power Systems Electromagnetic Transients Simulation. London. The Institution of Engineering and Technology. 2007. – P. 449.