

АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ

Аварійні режими, які виникають в енергетичній системі на повітряних, кабельних лініях електропередач, в трансформаторних підстанціях та у розподільних пристроях призводять до пошкодження електрообладнання, перерв в електропостачанні споживачів та до погіршення якості електричної енергії.

Аварійні процеси, що виникають в енергосистемі є наслідком пошкоджень обладнання, перекриття та пробоя ізоляції, хибних спрацьовувань пристроїв та апаратів, помилкових дій персоналу, внаслідок яких можуть відбуватися відключення елементів енергетичної системи.

До аварійних режимів енергосистем можна віднести порушення статичної та динамічної стійкості, виникнення поздовжньої та поперечної несиметрії, короткі замикання [1, 2]. В свою чергу, розрізняють симетричні та несиметричні короткі замикання. До симетричних КЗ відноситься трифазне коротке замикання $K^{(3)}$, до несиметричних – двофазне $K^{(2)}$, однофазне $K^{(1)}$ та двофазне на землю $K^{(1,1)}$ (рис. 1).

Короткі замикання виникають внаслідок низки причин, а саме – старіння та пробоя ізоляції, обривів проводів ліній електропередач, механічних ушкоджень повітряних та кабельних ліній, ударів блискавки тощо. Коротке замикання в будь-якому з елементів енергетичної системи може порушити її функціонування та призвести до важких системних аварій.

Для обмеження струмів КЗ в енергосистемах використовуються як схемні рішення, так і спеціальні пристрої. Найбільш розповсюдженими засобами обмеження струмів коротких замикань є установка струмообмежувальних реакторів, секціонування електричних мереж, використання трансформаторів з розщепленою обмоткою. На сучасних промислових підприємствах із великою кількістю електричних машин для обмеження струмів короткого замикання застосовують систему електропостачання з керованим аварійним режимом. В момент виникнення аварії вмикаються спеціальні тиристорні струмообмежувачі шунтового типу, які обмежують складову струму короткого замикання від мережі. Після вимкнення вимикачем струму підживлення тиристорні струмообмежувачі відключаються. Ступінь обмеження аварійного струму регулюється струмообмежувальним резистором.

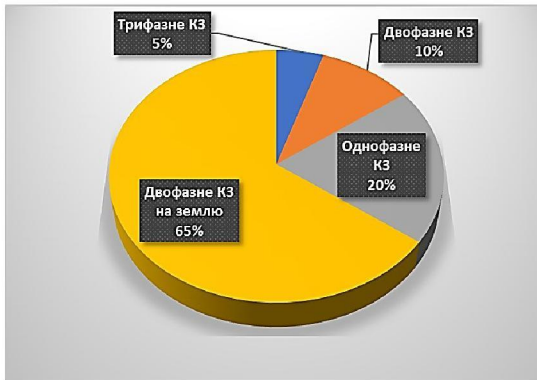


Рисунок 1 – Імовірність виникнення коротких замикань в енергосистемі

Не менш важливим є і точний розрахунок струмів короткого замикання, який дозволяє обрати уставки спрацювання релейного захисту, оцінити та обрати схему електричних з'єднань елементів системи електропостачання [2]. Розроблена імітаційна модель (рис. 2) дозволяє розраховувати та аналізувати симетричні та несиметричні короткі замикання на шинах підстанції, швидко змінювати вихідні дані для розрахунку (клас напруги, опори елементів мережі), змінювати електричні з'єднання моделі та доповнювати її іншими елементами (струмообмежувальними реакторами, вимикачами, роз'єднувачами, компенсуючими пристроями тощо).

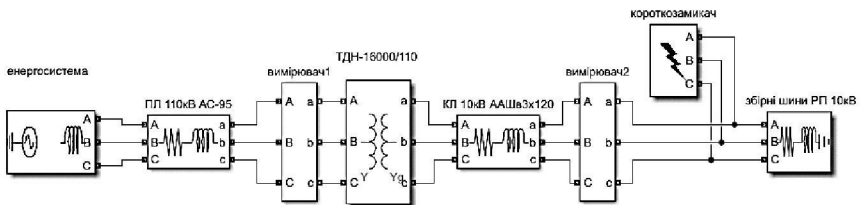


Рисунок 2 – Імітаційна модель для розрахунку симетричних та несиметричних коротких замикань

Використання запропонованого підходу до класифікації споживачів та встановлення технічних засобів забезпечення якості електроенергії тільки для споживачів категорії I дозволяє знизити капітальні витрати на них до 50 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pijarski P. Modelling of multi-winding transformers for short-circuit calculations in the power system – Modelling accuracy and differences in equivalent circuits. International Journal of Power and Energy Systems, 2023. Vol. 148. 10.1016/j.ijepes.2023.108971.
2. Nasser Tleis. Power Systems Modelling and Fault Analysis: Theory and Practice. Elsevier. 2019. 656 p.