

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ РЕЗИСТОРА В МЕРЕЖІ 20 кВ

Буряк А. Р., магістрантка, Кирик В. В., д.т.н., проф.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Головною метою створення нових мереж середньої напруги в Україні є впровадження в енергосистему міста електричних установок класом напруги 20/0,4 кВ. Збільшення кількості споживачів електричної енергії, основою частиною яких є енергоємні установки, призводить до значного дефіциту потужності у містах а, отже, до збільшення кількості розподільних та трансформаторних підстанцій на території міст. При цьому збільшення електричних навантажень відзначається не лише в місцях нової забудови, а й у районах зі сталою мережевою інфраструктурою, де будувати нові підстанції вкрай важко. Тому лише будівництво нових мереж 20 кВ дає можливість успішно вирішувати проблему видачі необхідної електричної потужності у містах.

Сферою застосування мереж 20 кВ нині вважаються райони з підвищеною щільністю навантаження. Основним завданням будівництва мережі 20 кВ є збільшення пропускної спроможності електричної розподільної мережі, збільшення радіусу покриття енергоустановок споживачів, зниження втрат електричної мережі, підвищення якості напруги в електричній розподільчій мережі, зменшення вартості витрат на спорудження електромережі.

В даний час мережі 20 кВ зарубіжних країн в переважній більшості виконують з низькоомним резистивним заземленням нейтралі [3], що дозволяє кардинально вирішити проблему перенапруг при ОЗЗ та реалізувати швидке селективне вимкнення пошкодженого приєднання. Основною проблемою, що вирішується в кожному випадку застосування резистивного заземлення нейтралі, є вибір оптимальної схеми підключення та значення опору резистора.

Метою дослідження є підвищення надійності розподільних мереж середньої напруги шляхом визначення оптимального способу виконання резистивного заземлення нейтралі у цих мережах. Вибір оптимальної схеми підключення резистора, який забезпечить: селективну дію релейного захисту за умови мінімального зростання напруги під час короткого замикання; мінімальні коефіцієнти перенапруги на робочих фазах і максимальну простоту експлуатації є важливим питанням оскільки це впливає на ефективність експлуатації мереж 20 кВ.

Матеріали досліджень. У даній роботі розглянуто три варіанти включення резистора у нейтраль трансформатора. Найбільш розповсюдженою вважають схему з включенням резистора в нейтраль обмотки 20 кВ силового трансформатора 220(110)/20 кВ Y0/Y0 центру живлення (рис. 1, а). Ця схема має недолік, що полягає у втраті резистивного заземлення секції шин при відключенні живильного трансформатора [4]. Технічно доцільним варіантом є підключення резисторів до нейтралі спеціального трансформатора заземлення

нейтралі (ТЗН) 20/0,4 кВ $Y0/\Delta$ (рис. 1, б) або фільтра нульовий послідовності (ФНП) зі схемою Z0 (рис. 1, в).

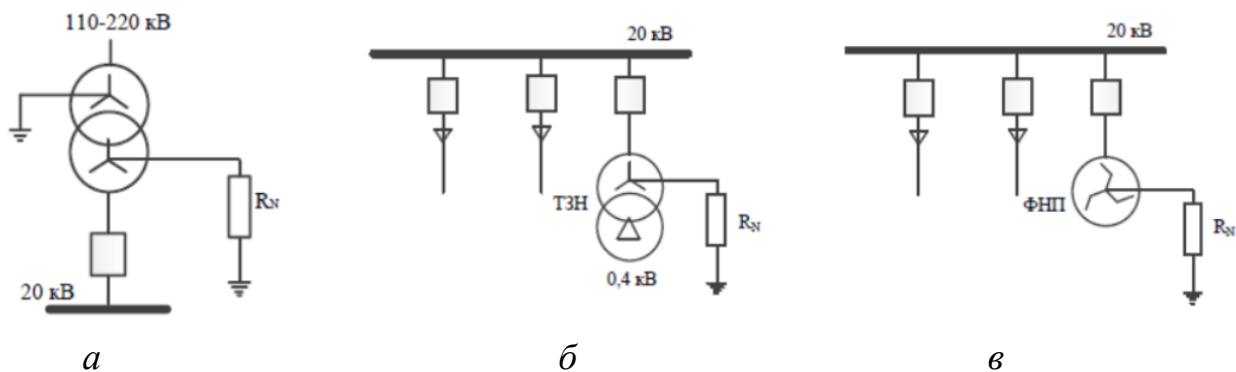


Рисунок 1 – Принципові схеми підключення резистора в мережі 20 кВ: а – при використанні нейтралі обмотки 20 кВ силового трансформатора, б – ТЗН 20/0,4 кВ потужністю до 1500 кВ·А і в – ФНП зі схемою «зигзаг».

Підключення резистора в нейтраль мережі 20 кВ за схемою (рис. 1, а) формує зв'язок шин між високою та середньою напругою через ланцюг нульової послідовності. Дослідження показують, що в цьому випадку планові і аварійні комутації на стороні 220 кВ призводять до перехідного процесу і перенапруг в мережі 20 кВ. Аналіз цих перенапруг проведено на прикладі схеми підстанції на якій видача потужності на шини 20 кВ здійснюється від шин 220 кВ через трансформатори 220/20 кВ потужністю 100 МВ·А. В режимі роздільної роботи секцій шин формується схема живлення трансформатора 220/20 кВ від віддаленої електростанції кабелем 220 кВ, довжина якого близько 10 км (рис. 2).

Розрахунки комутації виникнення однофазного КЗ проведено для випадку замикання на віддаленому від підстанції кінці КЛ 220 кВ (точка 1, рис. 2 а). На рис. 3 представлені криві перенапруг на стороні 220 кВ, амплітуда яких становить $U_{п220} = 1,3U_{\phi}$, де U_{ϕ} - амплітуда фазної напруги.

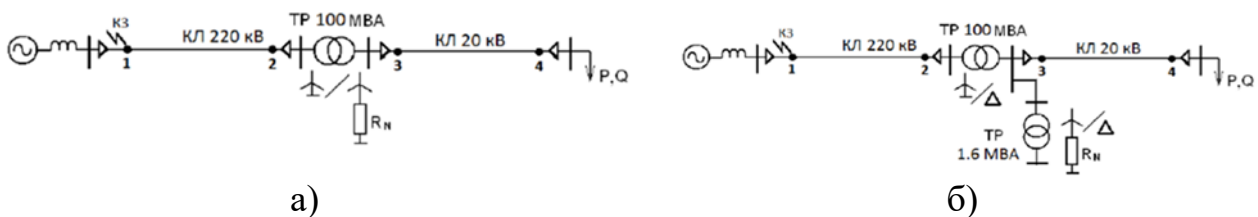


Рисунок 2 – Розрахункові схеми: а – підключення резистора до нейтралі трансформатора 220/20 кВ; б - підключення резистора до нейтралі трансформатора 20/0,4 кВ.

Частота коливань напруги визначається часом перебігу і відбиття хвиль по КЛ 220 кВ і становить для лінії 10 км близько 2500 Гц [5].



Рисунок 3 – Криві перенапруги на стороні 220 кВ силового трансформатора 220/20 кВ

Амплітуда перенапруг перехідного процесу визначається хвильовими параметрами КЛ 220 кВ, місцем однофазного КЗ і опором резистора в нейтралі мережі 20 кВ. Високочастотні перенапруги на обмотці вищої напруги трансформатора 220/20 кВ викликають протікання струмів відповідної частоти і по фазним обмоткам, і в нейтралі 20 кВ (рис. 4).



Рисунок 4 – Криві фазного струму та струму нейтралі на стороні 20 кВ силового трансформатора 220/20 кВ

За рахунок протікання струму нульової послідовності по заземленій нейтралі обмоток 20 кВ трансформатора на шинах 20 кВ (точка 3, рис. 2, а) формується хвиля перенапруг, при перебігу якої по КЛ 20 кВ на кінці лінії (точка 4, рис. 2, а) виникають перенапруги високої кратності.

У випадку підключення резистора до нейтралі за схемами (рис. 1, а) і (рис. 2, а) при виникненні однофазного КЗ на віддаленому кінці КЛ 220 кВ (точка 1, рис. 2, а), перенапруги на КЛ 20 кВ досягають $U_{п20} = 4,62U_{\phi}$ (крива «Rп в нейтралі трансформатора 220/20», рис. 5).

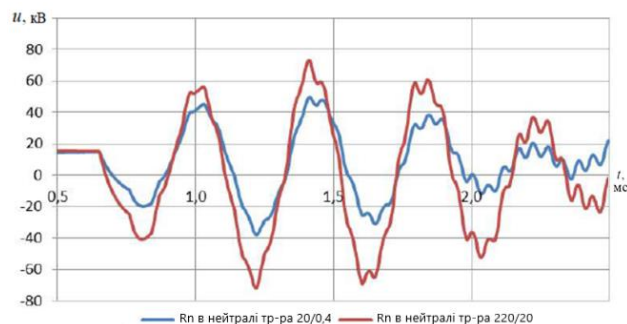


Рисунок 5 – Перенапруга на кінці КЛ 20 кВ при виникненні однофазного КЗ

Реалізація підключення резистора до нейтралі за схемами рис. 1, б, в та рис. 2, б розділяє шини 220 і 20 кВ по нульовій послідовності. При цьому запобігається перетікання струмів нульової послідовності по нейтралі 20 кВ і зменшується вплив перехідних процесів, що виникають при несиметричних КЗ в мережі 220 кВ, на напругу і струм на стороні 20 кВ.

При підключенні резистора до нейтралі по схемі рис. 1, б, в при виникненні однофазного КЗ на віддаленому кінці КЛ 220 кВ, перенапруга на КЛ 20 кВ знижуються на 22 % і не перевищують $3,6U_{\phi}$ (крива «Rn в нейтралі трансформатора 20/0,4», рис. 5). Включення кабелю 20 кВ зі сторони шин 20 кВ підстанції призведе до виникнення перенапруг на віддаленому кінці КЛ 20 кВ. Перепруги виникають за рахунок зарядної ємності КЛ і являють собою гармонійні коливання, частота яких визначається довжиною КЛ і опором джерела. Амплітуда коливань, що виникають визначається довжиною комутованої КЛ.

Висновки. В останні роки в містах та регіонах України планується впровадження електричних мереж напругою 20 кВ. Доцільним для цих мереж є виконання заземлення нейтральної точки через низькоомний резистор. Вибір оптимальної схеми підключення резистора дозволяє забезпечити надійну та ефективну роботу мережі.

Дослідження амплітуд перенапруг, що виникають при комутаціях в схемі підстанції 220/20 кВ, показує, що підключення резистора до нейтралі за схемами спеціального трансформатора заземлення нейтралі або фільтра нульовий послідовності «зигзаг» є більше ефективним за рахунок поділу шин 220 і 20 кВ по нульовій послідовності та загального зниження приблизно на 25 % кратності перенапруг. Це матиме важливе значення у майбутньому у міру старіння ізоляції кабельної мережі 20 кВ.

Перелік посилань

1. Савченко О. А. (2018). «Вивчення режимів роботи нейтралі розподільних електричних мереж». Електронний ресурс. Режим доступу: <http://internal.khntusg.com.ua/fulltext/PAZK/UCHEBNIKI/38005.pdf>
2. В.В.Кирик, Б.В. Циганенко, О.С. Яндульський. Розподільні електричні мережі напругою 20 кВ та ефективність їх роботи: монографія / В.В.Кирик, Б.В. Циганенко, О.С. Яндульський.-К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018.-233с
3. ПАТ "Вінницяобленерго" (2016). Перехід розподільних мереж ПАТ "Вінницяобленерго" на напругу 20 кВ. Електронний ресурс. Режим доступу: https://voe.com.ua/media_centre/news/pilotnyy-proekt-pat-vinnycyaoblenergo-krok-u-maybutnye
4. Тремаскін В. В. (n.d.). Дослідження і розробка заходів щодо підвищення надійності роботи електрообладнання в мережах власних потреб електричних станцій. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://masters.donntu.org/2016/etf/tremaskin/diss/indexu.htm>
5. Дудка І.В., Харитонов М.Ю. (2019). Исследование выбора оптимальной схемы подключения резисторов заземления нейтрали в сети 220 (110) / 20 кВ. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44136726>