

ясткою вітрової енергії, що вимагає, щоб вітротурбіни залишалися підключеними до мережі під час збурень протягом певного періоду.

Серед найбільш серйозних збурень, що впливають на динамічну стійкість, є короткі замикання в мережі, неповнофазні режими, стрибки напруги та зміни потужності вітрогенератора внаслідок коливань швидкості вітру. Щоб забезпечити стійкість і якість енергії, були розроблені нові вимоги до віддачі потужності для установок понад 1,5 МВт.

Для аналізу впливу вітроенергії на стабільність системи використовується агреговане моделювання вітрових електростанцій. Існують два основні підходи: детальна репрезентація всіх вітротурбін у складі вітрової електростанції або спрощені моделі вітрових електростанцій, які інтегруються в детальні моделі великих енергосистем. У спрощеному підході вітрова електростанція може бути представлена єдиним еквівалентним генератором, припускаючи, що його потужність дорівнює сумі потужностей усіх турбін, а реактивна потужність у точці підключення до мережі дорівнює нулю.

Програма PSS/E, розроблена Siemens, є широко використовуваним інструментом для побудови та дослідження моделей енергосистем. Вона дозволяє проводити розрахунки перетоків потужності, аналіз коротких замикань та динамічні симуляції. Динамічні симуляції є ключовими для дослідження перехідних процесів та забезпечення надійності енергосистеми, дозволяючи прогнозувати її поведінку за різних умов.

Багато виробників вітротурбін створюють моделі своїх пристроїв у PSS/E для перевірки їх відповідності мережевим вимогам. У PSS/E доступна динамічна модель вітротурбіни з асинхронною машиною подвійного живлення (DFIG). Ця модель складається з чотирьох взаємопов'язаних модулів: моделі генератора/перетворювача (WT3G), моделі електричного контролю (WT3E), модуля вітротурбіни (WT3T) та модуля контролю нахилу (WT3P). Ці моделі дозволяють аналізувати реакцію вітротурбіни на мережеві збурення, такі як аварії в системі передачі.

З огляду на зростаючу частку вітроенергії, подальші дослідження та розробка точних моделей є критично важливими для забезпечення надійності та стабільності майбутніх енергосистем.

УДК 621.311

Б. Оробчук к.т.н., доц., І. Амбращук, Ю. Назаров

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ВИРІВНЮВАННЯ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ 0,4 кВ

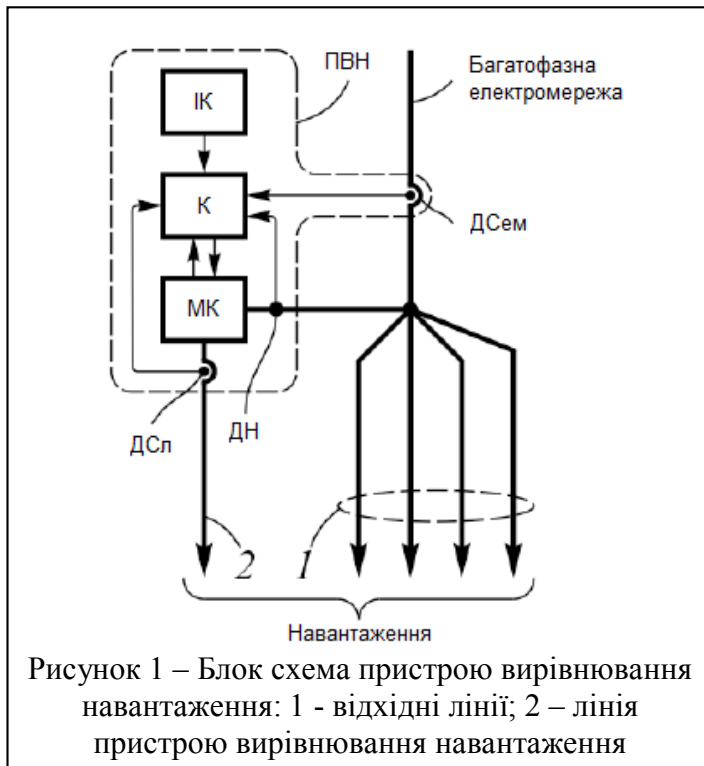
B. Orobchuk Ph.D., Assoc. Prof., I. Ambrashchuk, Y. Nazarov

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

DEVELOPMENT OF A LEVELING DEVICE IN 0.4 kV DISTRIBUTION NETWORKS

У трифазних міських та сільських електромережах спостерігається проблема несиметрії напруг, що виникає при нерівності фазних навантажень між собою, а аналіз несиметрії здійснюють методом симетричних складових. Відхилення напруги окремих фаз внаслідок несиметрії електричних навантажень можуть перевищувати допустимі стандартні значення [1], що несприятливо впливає на роботу однофазного та трифазного електроустаткування. Наприклад, для деяких однофазних електроприймачів відхилення напруги викликає суттєве скорочення їх терміну служби або відмов, а трифазні асинхронні електродвигуни при несиметричній напрузі живлення мають знижену перевантажувальну здатність, при тому ж навантаженні працюють з підвищеним ковзанням і, відповідно, мають вищі втрати.

На кафедрі електричної інженерії ТНТУ ім. І. Пулюя розпочато розробку пристрою для вирівнювання фазних навантажень електричної мережі між собою шляхом перемикавання споживачів з більш навантаженої фази на менш навантажену без зміни вихідного порядку чергування фаз. Необхідність дотримання порядку чергування фаз пов'язана з тим, що в складі навантаження, підключеного до електричної мережі через пристрій, можуть міститися багатофазні електроприймачі, такі як електричні двигуни. У цьому випадку для вирівнювання



електричного навантаження мережі використовується лише кругова перестановка фаз навантаження щодо фаз електричної мережі, а кількість варіантів перестановок дорівнює кількості фаз електромережі.

Структурна схема такого пристрою для трифазної мережі, його можливе конструктивне виконання, а також алгоритми керування для випадку відсутності у складі електроприймачів трифазного навантаження розглянуто в роботах [2, 3]. Блок-схема пристрою, його розташування щодо вузла електромережі та основні конструктивні елементи приведено на рис. 1. Пристрій вирівнювання навантаження ПВН має датчики напруги ДН фаз електричної мережі та нейтрального дроту, датчики фазних струмів електричної мережі ДСем та датчики фазних струмів відхідної лінії

симетруючого пристрою ДСл, контролер К для обробки вихідних сигналів та виконання обчислень, а також модуль комутації МК, що служить для реалізації обраної схеми підключення фаз навантаження до фаз електромережі та інтерфейс користувача ІП. Вибір схеми підключення фаз навантаження до фаз електромережі, що забезпечує мінімальний коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовностями в точці загального приєднання навантажень, виконується контролером К відповідно до алгоритму управління. Цей вибір ускладнюється наявністю деякої несиметрії фазної напруги і струмів, а також нелінійністю вольт-амперних характеристик споживачів, що входять до складу навантаження.

Пристрій вирівнювання навантаження представляє собою комутаційний апарат, що керується контролером. Контролер має трифазне виконання і вимірювання фазних струмів і напруги проводиться на підставі сигналів первинних перетворювачів. В якості останніх для вимірювання напруги використано резистивні дільники напруги.

Для вимірювання струму розглянуто три варіанти первинних перетворювачів: вимірювальний шунт, датчик холу та вимірювальний трансформатор струму. Результати експериментів показують, що найкращим є трансформатор струму, оскільки він не створює додаткових перешкод і забезпечує гальванічну розв'язку вимірювального кола від силового.

Техніко-економічний ефект від застосування симетруючого пристрою полягає у наступному:

- симетрується електромережа в цілому, що призводить до нормалізації відхилень напруги відповідно до [1] по зворотній та нульовій послідовності;
- нормалізується якість електроенергії, що призводить до скорочення втрат електроенергії в електричних мережах та електрообладнанні споживачів;

- з'являється можливість контролю щодо несанкціонованих підключень споживачів у розгалужених лініях електропередачі, оснащених симетруючими пристроями;
- за рахунок цифрової системи керування та дистанційного контролю за системою симетруючих пристроїв з'являється можливість застосування розробки у існуючих інтелектуальних електричних мережах;
- значно знижується вартість симетрування електричної мережі порівняно з аналогічними.

Отже, можна вирішити існуючу проблему несиметрії струмів та напруг у трифазних електричних мережах [4]. Для цього було запропоновано спосіб симетрування навантаження для трифазних електричних мереж і систему управління, що реалізує запропонований спосіб та розглянуто особливості пристрою системи керування.

Література

1. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго.
2. Євтух П. Облік електроенергії при несинусоїдальних і несиметричних режимах у мережах електропостачання міст / П. Євтух, С. Бабюк, Т. Кислиця // Вісник ТНТУ. – 2013. – Том 70. – № 2. – С.183-189.
3. Оробчук Б., Баляшук О. Дослідження стану якості електричної енергії за відхиленням напруги // Збірник тез доповідей **XIII Міжнародної науково-практичної конференції** молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]: ТНТУ, 2024р.
4. Оробчук Б., Розмірчук О. Система моніторингу якості електроенергії на базі навчального тренажера. Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф., (Тернопіль, 29-31 травня 2024) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]: ТНТУ, 2024р.

УДК 621.311

Б. Оробчук к.т.н., доц., А. Головко, М. Скрипкін

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ RER615

B. Orobchuk Ph.D., Assoc. Prof., A. Holovko, M. Skrypkin

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

DEVELOPMENT OF A LABORATORY STAND BASED ON THE MICROPROCESSOR DEVICE RER615

Сучасні системи електроенергетики характеризуються безперервним виробництвом та споживанням електроенергії, швидким протіканням електромагнітних впливів, що виникають при ушкодженнях електроустаткування. І а цьому випадку необхідну якість і надійність електропостачання можна забезпечити застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту і протиаварійної автоматики.