

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТУ ФЕРРАНТІ В ДАЛЬНІХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧАХ НАДВИСОКОЇ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ

В роботі наведено результати дослідження режиму напруги в проміжних точках дальньої лінії електропередавання змінного струму. Представлені математичні моделі розподілу реактивної потужності та профілю напруги вздовж фактичної та ідеалізованої лінії. Досліджено похибки моделювання профілю напруги за ідеалізації електропередачі. Запропоновано спосіб та математичні моделі визначення координат екстремальних точок поточкорозділу за реактивною потужністю та за напругою вздовж траси лінії. Досліджено похибки визначення екстремальної за напругою точки відповідно до навантаження та довжини електропередачі. Показано можливість застосування запропонованих моделей в задачах регулювання та налагодження параметрів гнучких електропередач на базі ліній надвисокої номінальної напруги.

Ключові слова: дальня електропередача змінного струму, ефект Ферранті, гнучка електропередача, розподіл напруги.

Формування сучасної системи передачі та розподілу електричної енергії вимагає застосування новітніх підходів до регулювання режимів електричних систем, зокрема до створення електричних мереж, які самоорганізуються, змінюючи свої параметри відповідно до поточних умов робочого режиму. Для досягнення даної мети широкого застосування набувають FACTS-технології, застосування яких забезпечує самоналагодження електропередач, що забезпечує гнучкість системи передачі електричної енергії, збільшення пропускної здатності магістральної електричної мережі, раціональне регулювання напруги в електричній системі тощо. Формування законів регулювання пристроїв компенсації та налагодження параметрів гнучких електропередач вимагає урахування експлуатаційних характеристик робочих режимів магістральних електричних мереж, які визначаються надвеликими зарядними струмами ліній електропередавання надвисокої номінальної напруги та пов'язаним з цими струмами ефектом Ферранті.

Жорсткі обмеження щодо допустимої перенапруги в магістральних мережах надвисокої номінальної напруги обумовлюють постановку задачі визначення найбільшої робочої напруги електропередачі лінії з метою оптимізації заходів, направлених на нормалізацію профілю напруги вздовж траси лінії. Відомі підходи до моделювання розподілу діючих (амплітудних) значень напруги вздовж лінії електропередавання базуються на громіздких викладках, ідеалізації електропередачі або дискретизації лінії електропередавання, що ускладнює оперативне визначення максимальної напруги вздовж траси лінії та унеможлиблює застосування цих моделей для налагодження гнучких електропередач.

Визначення координати екстремальної точки за напругою вздовж траси лінії потребує розв'язання складного нелінійного рівняння, яке не має аналітичного розв'язку, що ускладнює вирішення задачі налаштування пристроїв налагодження та компенсації параметрів електропередачі відповідно до поточного режиму лінії. Показано, що застосування моделі ідеалізованої електропередачі для визначення координати екстремальної точки забезпечує високу точність моделювання тільки в режимах малих навантажень електропередачі.

Запропоновано застосовувати математичні моделі лінеаризованої електропередачі, а також більш детальні моделі другого та третього порядку для визначення координати екстремальної точки за напругою вздовж електропередачі. Показано, що збільшення точності розрахунків можна досягти у разі застосування математичних моделей другого та третього порядку. Очевидно, що підвищення деталізації моделювання обумовлює збільшення точності моделі, проте пов'язано із збільшенням громіздкості математичної моделі, а застосування моделі третього порядку взагалі вимагає залучення апарату комплексних чисел для реалізації відповідних розрахунків.

Показано, що для типових конструкцій магістральних електропередач ОЕС України достатню точність розрахунків забезпечують моделі першого та другого порядку і тільки для електропередач надвеликої довжини доцільно використовувати математичну модель третього порядку.