

Узагальна математична модель розподілу фактичних внесків у спотворення симетрії й відхилення напруги у точці загального приєднання

Сасенко Ю. Л., д-р техн. наук, професор, ПДТУ м. Маріуполь.

Калюжний Д. М. канд. техн. наук, доцент, ХНУМГ імені О.М. Бекетова, м. Харків.

Передача й споживання електричної енергії (ЕЕ) зниженої якості викликає додаткові економічні збитки як у постачальників, так і споживачів ЕЕ. Розподіл фінансових втрат між суб'єктами ринку ЕЕ вирішується на основі задачі розподілу фактичних внесків (ФВ), які кожне приєднання вносить в спотворення напруги в точці загального приєднання (ТЗП).

Існуючі на сьогодні методи визначення ФВ мають значні недоліки, які суттєво обмежують їх область застосування. До основних недоліків слід віднести застосування простору симетричних складових, що приводить до невизначеності схем заміщення змішаного навантаження та еквівалентної електроенергетичної системи, а також врахування взаємного впливу джерел спотворення (DS) напруги з різних частин системи електропостачання (СЕП) на розподіл ФВ в конкретній ТЗП.

В проведених авторами дослідженнях поставлена задача розробки математичної моделі розподілу ФВ лінійних DS в несиметрію та відхилення напруги в просторі фазних складових з урахуванням розподіленого характеру DS в СЕП. Розв'язання поставленого завдання дало дві матмоделі розподілу ФВ одна з яких відображає принцип суперпозиції, а інша – принцип виключення:

$$\sum_{j=1}^{n+m} \vec{U}_{disj} = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{Y}_{nondis}^{-1} \cdot \left(\sum_{i=1}^n \vec{J}_{dis}^{DS_i} + \sum_{l=1}^m \vec{I}_{dis}^{DS_l} \right); \quad (1)$$

$$\vec{U}_{dis}^{DS_j} = \mathbf{A}^T \cdot \left(\vec{\Phi}_{dis} - \vec{\Phi}_{dis}^{excluded DS_j} \right), \quad (2)$$

де $\mathbf{Y}_{nondis}$ – матриця взаємних та вузових провідностей, яка визначається за пасивними елементами схеми заміщення СЕП, що спотворюють напругу; $\vec{I}_{dis}^{DS_l}$ – вектор вузових струмів, який визначаються за активними елементами схеми заміщення СЕП, що спотворює напругу; $\vec{J}_{dis}^{DS_i}$ – вектор вузових струмів, отриманий після застосування принципу компенсації до пасивних частин схеми заміщення i -DS, що спотворюють напругу; n та m – кількість DS в СЕП, які визначені в схемі заміщення СЕП як пасивними та активними елементами; $\vec{\Phi}_{dis}$ та $\vec{\Phi}_{dis}^{excluded DS_j}$ – вектори спотворених потенціалів з усіма DS та одним виключеним j -м DS; $\mathbf{A}$ – матриця інцидентів.

Для обох одержаних математичних моделей слід застосовувати розподілену у просторі та синхронізовану у часі вимірювальну систему.

Математичне моделювання на базі тестової системи електропостачання семи споживачів ЕЕ дало розходження результатів розподілу ФВ за середньоквадратичним відхиленням менше ніж на 0,1%. Це дозволило зробити висновок про їх практичну еквівалентність та довільний вибір однієї з двох математичних моделей для розробки методів та засобів розподілу ФВ в ТЗП.