

Федосенко М.М., канд. техн. наук, доц.,
Артем'єв М.В., магістрант,
Артисюк Б.А., магістрант,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОЦІНЮВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВУ НА РОЗРАХУНКИ РЕЖИМІВ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Вступ. У загальному числі параметрів, що характеризують режим розподільних електричних мереж (РЕМ), основними є оцінки розрахункових навантажень, втрат потужності і енергії в мережах, відхилень напруги у вузлах. Достовірність розрахунків визначається точністю вихідної інформації. Для оцінювання ймовірних похибок розрахунків в роботі здійснено аналіз основних причин зниження достовірності кожного виду вихідної інформації.

Вихідними даними для розрахунків режимів РЕМ міст слугують здебільшого результати опрацювання даних вимірювань електричних навантажень на стороні низької напруги трансформаторних пунктів (ТП) у характерні періоди року. Основні причини похибок: ймовірнісний характер навантаження, обмежені обсяги вимірювань.

При розрахунках режимів електричних мереж зазвичай приймаються усереднені параметри схем заміщення трансформаторів, визначені через отримані із каталогів параметри $u_{к.з.}$, $\Delta P_{к.з.}$, $\Delta P_{н.х.}$, $I_{н.х.}$ для кожної номінальної потужності трансформаторів. В дійсності має місце суттєве розсіювання значень вказаних параметрів трансформаторів, що випускаються навіть одним заводом-виробником. Крім того, характеристики змінюються, і часом досить суттєво, після проведення капітальних ремонтів.

Метою дослідження є реалізація системного підходу до отримання, систематизації та аналізу вихідної інформації в розподільних електричних мережах, формування алгоритмічного і програмного забезпечення та методології оцінювання достовірності інформації РЕМ, визначення найбільш впливових факторів і методів підвищення достовірності розрахунків.

Основний зміст. Зібрано та систематизовано статистичні дані про силові трансформатори 10/0,4 кВ, що знаходяться в експлуатації в РЕМ. Розміри вибірок обмежувались числом наявних трансформаторів кожної номінальної потужності та знаходились в межах 200-500 значень. Для перевірки, чи узгоджуються експериментальні дані з гіпотезою про те, що випадкова величина має певний теоретичний закон розподілу, застосовано критерій згоди χ^2 Пірсона. Для кожного параметра вирівнювання здійснювалось за нормальним законом розподілу, розподілом рівномірним, Релея та Вейбула. Результати дослідження свідчать, що для більшості параметрів правдива гіпотеза про те, що вони розподілені за нормальним законом. Коефіцієнти варіації паспортних значень параметрів трансформаторів сягають величин: 0,11 - 0,13 для повздовжніх елементів схем заміщення, 0,30-0,45 -для поперечних. З довірчою імовірністю $\beta = 0,9$ помилка отримуваних оцінок імовірнісних характеристик не перевищує 1-2%, що є прийнятним для використання даних при моделюванні. Крім того, мають місце похибки визначення параметрів схем заміщення трансформаторів, викликані наступними факторами: коливання температури обмоток; перемикання регульовальних відпайок трансформаторів. Похибки, що вносяться в розрахунки, знаходяться в межах $\pm 5\%$, закон розподілу – рівномірний.

Для визначення розподілу сумарної похибки значень розрахункових параметрів трансформаторів здійснено композицію законів розподілу. Виходячи з того, що похибки

у вихідних даних від розглянутих факторів розподілені по законам, близьким до нормального та рівномірного, з їх незалежності, впливає, що при композиції отримується нормальний закон розподілу.

Похибки визначення параметрів схем заміщення ліній електропередачі залежать від факторів, враховувати які в практичних задачах неможливо: вплив коливань температури провідника; похибки визначення довжин ліній – можливі через неточність промірів довжин ліній. В роботі похибки визначення опору ліній моделювались рівномірно розподіленими в діапазоні $\pm 10\%$ від розрахункових значень.

Дослідження законів розподілу навантажень ТП, проведені на кафедрі електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського за результатами статистичної обробки даних вимірювань різних типів споживачів для періоду вечірнього максимуму, свідчать про нормальний розподіл із значеннями коефіцієнту варіації в діапазоні 0,12-0,25.

Для реалізації задачі оцінювання достовірності експлуатаційних розрахунків режимів РЕМ у роботі використано метод статистичних випробувань (Монте-Карло). Розроблено і реалізовано алгоритми моделювання, що дозволило дослідити вплив похибок вихідної інформації на точність розрахунків параметрів режимів розподільних електричних мереж. Здійснювалась варіація будь-якого з параметрів із заданим законом розподілу, одночасно всіх вихідних параметрів, або будь-якої групи при незмінних значеннях інших. Передбачено перевірку достатності кількості випробувань для отримання результатів моделювання з заданою точністю при деякій довірчій імовірності β , яка відповідає умовам вирішуваної задачі.

Розрахунки проведено для різних схем реальних розподільних мереж. Досліджувалися мережі, що містять до 50-60 ТП. Визначався вплив похибки кожного типу вихідних даних на результати розрахунків, а також сумісний їх вплив.

Результати моделювання свідчать, що похибки визначення поточкорозподілу можуть сягати, з ймовірністю $\beta = 0,95$ для лінії з двома-чотирма ТП величини 30-40%, для групи з 40-50 ТП – 10-15%.

Співвідношення втрат в РЕМ $\Delta P_c : \Delta P_{\sim T} : \Delta P_{=T}$ приймає значення: (35-60)% : (20-25)% : (45-15)%. При малих завантаженнях трансформаторів співвідношення відповідає лівим межам діапазону, а при великих – правим. При визначенні сумарних втрат потужності можливі похибки оцінки від помилок у вихідних даних до 10-15% для мережі, яка живить 40-50 ТП, і до 20-25% для ланцюга із 10-15 ТП.

При існуючих завантаженнях трансформаторів втрати неробочого ходу складають до 45% сумарних втрат потужності. Похибки залежить від неврахування розсіювання параметрів трансформаторів та відмінності напруги від номінальної.

Відмінність напруги від номінальної в мережах сягає значень 5-10% U_n , що може вплинути на похибки розрахунків параметрів режиму до 5-20% від дійсних значень. Неврахування втрат активної потужності в трансформаторах та втрат в лініях вносить систематичну помилку в розрахунок, що не перевищує 2-3% переданої потужності.

Висновки. Визначено закони розподілу та імовірнісні характеристики похибок розрахункових параметрів схем заміщення елементів мережі і навантажень ТП.

Розроблено та реалізовано алгоритми методу статистичних випробувань та здійснено дослідження впливу похибок вихідної інформації на точність розрахунків параметрів встановленого режиму розподільних електричних мереж, виявлено найбільш впливові фактори і визначено заходи з підвищення достовірності результатів обстежень РЕМ та розрахунків і оптимізації їх режимів.

Запропоновано систему графіків, що можуть бути застосовані для приблизної оцінки достовірності розрахунків без проведення моделювання.

Пропонуються заходи із вдосконалення системи збору, обробки та зберігання інформації про елементи мережі, навантаження, що сприяє ефективності обстежень.