

УДК 621.316.13

Л. Б. Терешкевич, канд. техн. наук, доц.;

І. О. Бандура, канд. техн. наук;

О. С. Владико, студ.

ВНУТРІШНЄ СИМЕТРУВАННЯ У ВУЗЛАХ ПРИЄДНАННЯ ЛІНІЙ З ОДНОФАЗНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

Розроблено математичну модель, яка дозволяє розрахувати оптимальне під'єднання ліній з однофазним навантаженням до збірних шин ТП. Ефективність її використання продемонстровано на реальному прикладі.

Вступ

Однією з актуальних задач в електроенергетиці є забезпечення якості електроенергії. Одним із показників якості електроенергії є несиметрія напруг, яка призводить до низки небажаних явищ. Особливої уваги під час розв'язання зазначеної задачі заслуговують способи, що не потребують для своєї реалізації суттєвих капітальних вкладень, серед яких — внутрішнє симетрування в усіх його реалізаціях. Застосування цього методу, який полягає у вирівнюванні завантаження фаз трифазної мережі за рахунок рівномірного розподілу однофазних навантажень між фазами, дозволяє іноді досягти бажаного результату без залучення симетрувальних пристроїв, а, відповідно, і додаткових капіталовкладень.

Складність розподілу однофазного навантаження між фазами у чотирипровідній мережі зумовлена низкою властивостей електроприймачів та особливостями їх роботи та приєднання до мережі. До цих особливостей можна віднести: неоднаковість параметрів однофазних електроприймачів (коефіцієнти потужності, споживана потужність електроприймачів), різна тривалість роботи електроприймачів, динаміка електричного режиму (зміна параметрів режиму в часі), розосередження однофазних електроприймачів в розподільній мережі.

Однією із підзадач внутрішнього симетрування однофазних електроприймачів в розподільній мережі 0,4 кВ енергопостачальної організації є симетрування ліній з несиметричними навантаженнями у разі їх під'єднання до збірних шин трансформаторної підстанції.

Метою роботи є розробка математичної моделі внутрішнього симетрування ліній з однофазними навантаженнями, які під'єднуються до збірних шин трансформаторної підстанції, що враховує динаміку електричного режиму, а її використання дозволить зменшити втрати електроенергії та покращити її якість.

Математична модель внутрішнього ліній з несиметричними навантаженнями

Введемо керовані змінні — x_m , $m = (1 \dots 6)N$, які можуть набувати значення 1 або 0, де N — загальна кількість ліній, що приєднуються. Якщо $x_m = 1$, то відповідне приєднання має здійснюватись до збірних шин ТП за варіантом, встановленим в таблиці, а якщо 0, то навпаки — за таким варіантом не під'єднується.

Відповідність позначень змінної, що описує варіант під'єднання будь-якого приєднання до збірних шин, та номером цього приєднання

N приєднання	Варіант під'єднання до мережі (i)	Позначення змінної, що описує даний варіант
1	1	x_1
	2	x_2
	3	x_3
	4	x_4
	5	x_5
	6	x_6
...

Продовження табл.

N приєднання	Варіант під'єднання до мережі (i)	Позначення змінної, що описує даний варіант
n	1	x_{6n-5}
	2	x_{6n-4}
	3	x_{6n-3}
	4	x_{6n-2}
	5	x_{6n-1}
	6	x_{6n}
...
N	1	x_{6N-5}
	2	x_{6N-4}
	3	x_{6N-3}
	4	x_{6N-2}
	5	x_{6N-1}
	6	x_{6N}

Змінні утворюють вектор керування

$$X^T = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_{6n-5} \ x_{6n-4} \ x_{6n-3} \ x_{6n-2} \ x_{6n-1} \ x_{6n} \ \dots \ x_{6N}),$$

де T — індекс транспонування.

Однозначну відповідність між номером приєднання, варіантом під'єднання і позначенням керуваної змінної можна встановити, якщо зробити таке узагальнення в позначенні змінної — $x_{6n-(6-i)}$.

Зазначену задачу можна розв'язувати за критерієм математичного очікування сумарних додаткових втрат активної потужності, які зумовлені несиметричним режимом — $M(\Delta P_{\Sigma})$. За своєю структурою цей критерій має дві складові: $M(\Delta P_{II\Sigma})$ — додаткові втрати активної потужності, зумовлені струмом зворотної послідовності; $M(\Delta P_{0\Sigma})$ — те саме, нульової.

В цілому математична модель, яка описує задачу оптимального під'єднання групи ліній з однофазним навантаженням до збірних шин ТП, має вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} M(\Delta P_{\Sigma}) = \left(3 \cdot \left| \sum_{l=1}^{6N} M(I_{II_l}) x_l \right| \right)^2 r_{2\Sigma} + 12 \left(\left| \sum_{l=1}^{6N} M(I_{0_l}) x_l \right| \right)^2 r_{0\Sigma} \rightarrow \min; \\ \sum_{l=1}^6 x_l = 1; \\ \sum_{l=7}^{12} x_l = 1; \\ \dots \\ \sum_{l=(6n-5)}^{6n} x_l = 1; \\ \dots \\ \sum_{l=(6N-5)}^{6N} x_l = 1; \\ x_l \in \{1, 0\}, \quad l = 1, 2, \dots, 6N, \end{array} \right. \quad (1)$$

де $M(I_{II_i})$, $M(I_{0_i})$ — математичне очікування струму зворотної та нульової послідовностей; $r_{2\Sigma}$, $r_{0\Sigma}$ — опори струмам зворотної та нульової послідовностей.

Для опису математичної моделі використані: нескаларна функція дійсного змінного другого порядку (для цільової функції); лінійні функції (обмеження).

Крім того, всі змінні математичної моделі цілочислові. Тому математичну модель слід віднести до моделей нескаларної оптимізації (за характером аналітичних співвідношень математичної моделі) і до цілковито числових (за видом змінних).

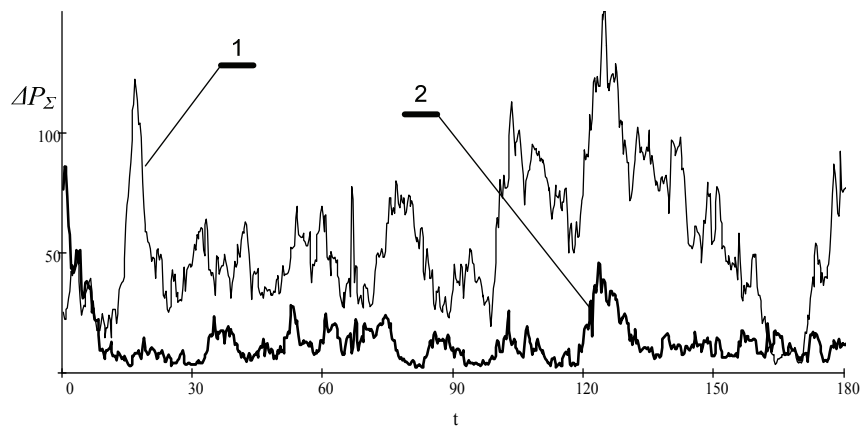
Всі оптимізаційні методи передбачають пошук найкращого рішення за допомогою виконання обмеженого цілеспрямованого перебору варіантів [1]. Якщо оптимізаційна задача в неперервних

змінних, то кількість варіантів допустимого розв'язку необмежена і найкращий (або близький до такого) може бути знайдений лише цілеспрямованим перебором варіантів. Так шукається розв'язок в задачах лінійного, нелінійного, квадратичного програмування.

Задача, яку необхідно розв'язати, це задача цілковито цілочислового програмування. Така задача має обмежену (хоча в деяких випадках і велику) кількість варіантів розв'язання. Задача внутрішнього симетрування групи ліній з однофазними навантаженнями має 6^N варіантів допустимих розв'язків. Якщо проаналізувати типові схеми розподільчих пристроїв 0,4 кВ комплектних ТП, то кількість приєднань не перевищує 6. Таку задачу цілочислового програмування можна розв'язувати шляхом суцільного перебору всіх можливих розв'язків, автоматизувавши процес розрахунку.

Суцільний перебір комбінацій під'єднання ліній до збірних шин ТП потребує великого обсягу розрахунків, що зумовлює доцільність їх автоматизації.

Можливий ефект практичної реалізації розробленої моделі демонструє рисунок, де зображено процес зміни ΔP_{Σ} для випадку довільного під'єднання ліній з однофазним навантаженням до збірних шин — 1, і оптимальний — 2, який визначений за моделлю (1).



Динаміка несиметричного режиму ΔP_{Σ} : 1 — вихідний режим; 2 — оптимізований режим

Висновки

Розроблена математична модель дозволяє розрахувати оптимальне під'єднання ліній з однофазним навантаженням до збірних шин ТП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций / А. Таха Хемди. — М. : Вильямс, 2007. — 912 с. — ISBN 0-13-032374-8.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 15.10.2013

Рекомендована до друку 11.11. 2013

Терешкевич Леонід Борисович — доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту; **Владико Олексій Сергійович** — студент Інституту електроенергетики та електромеханіки.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Бандура Ірина Олександрівна — доцент кафедри електропостачання.

Луцький національний технічний університет, Луцьк