УДК 621.311

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ МІСЦЬ ВСТАНОВЛЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ СЕКЦІОНУЮЧИХ РОЗ'ЄДНУВАЧІВ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ 10 КВ

І.В.Діхтярук
Чернігівський національний технологічний університет,
вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14027, Україна. e-mail: dihtyaruk_ihor@mail.ru

У роботі запропоновано методику вибору раціонального місця встановлення секціонуючих комутаційних апаратів, а саме роз'єднувачів нового покоління типу РЛК, РЛН-10 з autolink ABB. Показано, що для визначення раціональних місць встановлення таких секціонуючих КА в електричних мережах напругою 10 кВ довільної конфігурації, можна використовувати цільову функцію – зменшення недовідпуску електричної енергії споживачам. Шляхом приведення функції розподілу потужності споживачів вздовж ЛЕП до лінійного, логарифмічного або показникового виду було отримано раціональні місця встановлення секціонуючих роз'єднувачів. Для випадку рівномірного розподілу потужності по довжині лінії було отримано раціональне місце встановлення роз'єднувача, що складає 64% від сумарної довжини лінії. Бібл. 5, рис. 2.

Ключові слова: секціонування, роз'єднувачі, цільова функція.

Вступ. Розподільні мережі напругою 10 кВ є найбільш вразливим елементом систем електропостачання загального призначення. Близько 70% всіх пошкоджень відбуваються саме в таких мережах, тому виникає необхідність підвищення надійності їхньої роботи. Досить ефективним способом підвищення надійності є секціонування за допомогою автоматизованих роз'єднувачів нового покоління типу РЛК, РЛН-10 з autolink ABB тощо. Такі комутаційні апарати на відміну від секціонуючих вимикачів та реклоузерів можуть працювати лише під час безструмової паузи [1]. Місце встановлення автоматизованих секціонуючих роз'єднувачів значним чином впливає на величину недовідпуску електричної енергії споживачам. Саме тому дуже важливим є визначення їхнього раціонального місця встановлення, при якому ефект від секціонування буде максимальним.

Мета статті. Запропонувати більш прості та зручні методи визначення раціональних місць встановлення секціонуючих роз'єднувачів, представлені в традиційних алгоритмах, дозволять вибрати їхні раціональні місця в електричних мережах методами перебору за значенням найменшого недовідпуску електричної енергії або за допомогою методів динамічного програмування [2-4], що вимагає значних затрат часу під час проектування, особливо у випадку сильно розгалуженої електричної мережі зі значною кількістю трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ.

Значення недовідпуску електричної енергії споживачам, що живляться від розподільної мережі, яка секціонована автоматичним роз'єднувачем, залежить від потужностей та довжин ділянок (зон) секціонованої електричної мережі [2]. Проте потужності зон, обмежених секціонуючими роз'єднувачами, пов'язані з їхньою довжиною деякою дискретною залежністю.

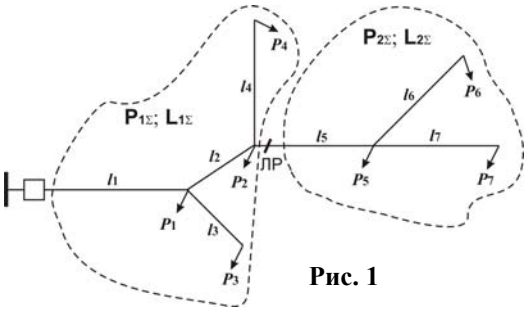

Рис. 1

Як приклад розглянемо розподільну мережу, секціоновану одним роз'єднувачем (рис. 1). Згідно з методом зонних структур сумарний недовідпуск електричної енергії споживачам у мережі, яка показана на рис. 1, буде визначатися за формулою [2]

$$\Delta W_{\Sigma}^{1.ЛР} = P_{\Sigma} \cdot (L_{\Sigma} - L_{2\Sigma}) \cdot \Delta_1 + P_{2\Sigma} \cdot L_{2\Sigma} \cdot \Delta_1'', \qquad (1)$$

де P_{Σ}, L_{Σ} – сумарне середнє навантаження та довжина ЛЕП напругою 10 кВ; Δ_1 – середня тривалість відновлення електропостачання споживачам при стійких пошкодженях, віднесена до 1 км довжини лінії; Δ_1'' – середня тривалість відновлення електропостачання споживачам зони, яка відділяється після другого циклу АПВ, віднесена до 1 км довжини лінії; $P_{2\Sigma}$, $L_{2\Sigma}$ – сумарна потужність та сумарна довжина ЛЕП другої зони мережі напругою 10 кВ.

Перетворивши цю формулу, зменшуючи кількість невідомих, отримаємо

$$\Delta W_{\Sigma}^{1.ЛР} = \Delta W_{\Sigma}^{\max} \cdot \left[L_{1\Sigma}^{*} + \left(1 - P_{1\Sigma}^{*}\right) \cdot \left(1 - L_{1\Sigma}^{*}\right) \cdot \alpha_2 \right] \to \min \quad \text{або} \quad \Delta W_{\Sigma}^{1.ЛР} / \Delta W_{\Sigma}^{\max} = \Delta W_{\Sigma}^{1.ЛР*} \to \min, \qquad (2)$$

де $\Delta W_{\Sigma}^{\max}$ – сумарний недовідпуск електричної енергії споживачам в електричній мережі; $P_{1\Sigma}^{*}$ – відносна потужність ЛЕП першої зони мережі напругою 10 кВ (відношення потужності першої зони до сумарної потужності ЛЕП); $L_{1\Sigma}^{*}$ – відносна довжина ЛЕП першої зони мережі напругою 10 кВ (відношення довжини першої зони до сумарної довжини ЛЕП).

Формула (2) є цільовою функцією двох змінних, яку треба мінімізувати, причому $0 < P_{1\Sigma}^{*} < 1$, $0 < L_{1\Sigma}^{*} < 1$. Також, як зазначалося вище, $P_{1\Sigma}^{*} = f(L_{1\Sigma}^{*})$ і залежить від розміщення споживачів в електричній мережі. Від цього також залежить і розподіл навантаження, який можна охарактеризувати деякими функціональними залежностями [5]: потужність більшості ТП (споживачів) зосереджена на початку лінії; потужність ТП (споживачів) рівномірно розподілена по довжині лінії; потужність більшості ТП (споживачів) зосереджена в кінці лінії (рис. 2).

Замінюючи $P_{1\Sigma}^{*} = y$, $L_{1\Sigma}^{*} = x$, отримаємо $\Delta W_{\Sigma}^{1.ЛР*} = x + (1 - y) \cdot (1 - x) \cdot \alpha_2 \to \min$. (3)

© Діхтярук І.В., 2014

Використовуючи (3) та одну з функціональних залежностей сумарної відносної потужності першої зони від її сумарної довжини, можна аналітично визначити раціональні місця встановлення секціонуючих роз'єднувачів. В найпростішому випадку потужність споживачів рівномірно розподілена по довжині лінії, тобто $y = x$. Підставляючи дану залежність в формулу (3), отримаємо

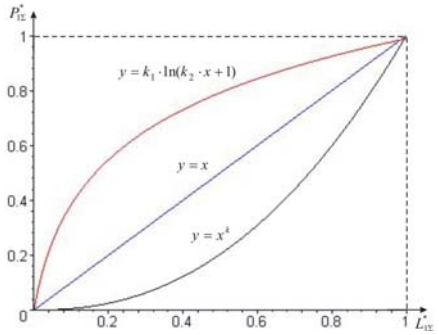

Рис. 2

$$\Delta W_{\Sigma}^{1.ЛР*} = x + (1-x)\cdot(1-x)\cdot\alpha_2 = x + (1-x)^2\cdot\alpha_2 \to \min . \quad (4)$$

Для знаходження мінімуму цільової функції знаходимо її першу похідну за змінною x і прирівнюємо до 0: $d(\Delta W_{\Sigma}^{1.ЛР*})/dx = 1 - 2\cdot(1-x)\cdot\alpha_2 = 0$, тобто мінімум цільової функції буде спостерігатися при $x = 1-(2\alpha_2)^{-1}$.

Для середніх тривалостей відновлення електропостачання споживачам $\Delta_1'' = 1{,}27$; $\Delta_1 = 0{,}93$ [5], коефіцієнт $\alpha_2 = 1{,}37$. Отже $x = 0{,}64$. Тоді для забезпечення мінімуму цільової функції необхідно встановити секціонуючий роз'єднувач в такому місці електричної мережі, щоб сумарна довжина першої зони складала

$$x = L^*_{1\Sigma} = L_{1\Sigma}/L_{\Sigma} = 0{,}64 \to L_{1\Sigma} = 0{,}64\cdot L_{\Sigma} . \quad (5)$$

Аналогічні залежності можна отримати для випадків, коли потужність більшості споживачів зосереджена на початку або в кінці ЛЕП без резерву, з ручним та автоматичним включенням резерву.

Висновки. Удосконалено метод визначення раціонального місця встановлення автоматичних секціонуючих роз'єднувачів в електричних мережах напругою 10 кВ довільної конфігурації та запропоновано представляти дискретний розподіл потужності споживачів як неперервну величину, у вигляді лінійної, логарифмічної або показникової функції. Це дозволить відмовитись від складних та громіздких математичних розрахунків під час проектування та розробки планів перспективного розвитку розподільних електричних мереж напругою 10 кВ.

1. *Буйний Р.О., Діхтярук І.В., Калюжний Ю.О., Квицинський А.О.* Застосування роз'єднувачів нового покоління у схемах автоматизованого секціонування розподільних мереж напругою 6–10 кВ // Енергетика та електрифікація. – 2013. – №4. – С. 34–40.

2. *Буйный Р.А., Зорин В.В., Тисленко В.В.* Метод зонных структур в оптимизации надежности распределительных сетей 10 кВ // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2004. – №2(7). – С. 30–35.

3. *Козирський В.В., Гай О.В., Петров П.В.* Методы и технические средства повышения надёжности и эффективности электроснабжения потребителей с использованием вакуумных реклоузеров. − К.: Гнозис, 2012. − 248.4.

4. *Зорин В.В., Тисленко В.В., Клеппель Ф., Адлер Г.* Надежность систем электроснабжения – К.: Вища школа, 1984. – 192 с.

5. *Буйний Р.О., Діхтярук І.В.* Принципи побудови розподільної електричної мережі напругою 10 кВ із застосуванням новітньої комутаційної апаратури. − К.: НТЦЕ НЕК «Укренерго», 2012. – 180 с.

Определение рациональных мест установки автоматических секционирующих разъединителей в распределительных сетях напряжением 10 кв
И.В.Дихтярук
Черниговский национальный технологический университет,
ул. Шевченко, 95, Чернигов, 14027, Украина. e-mail: dihtyaruk_ihor@mail.ru

В работе предложена методика выбора рационального места установки секционирующих коммутационных аппаратов, а именно разъединителей нового поколения типа РЛК, РЛН-10 с autolink ABB. Показано, что для определения рациональных мест установки таких секционирующих КА в электрических сетях напряжением 10 кВ произвольной конфигурации можно использовать целевую функцию − уменьшение недоотпуска электрической энергии потребителям. Путем приведения функции распределения мощности потребителей вдоль ЛЭП до линейного, логарифмического или показательного вида получено рациональные места установки секционирующих разъединителей. Для случая равномерного распределения мощности по длине линии получено рациональное место установки разъединителя, которое составляет 64% от суммарной длины линии. Библ. 5, рис. 2.

Ключевые слова: секционирование, разъединитель, целевая функция.

Definition of rational installation location of automatic partitioning switching devices in the distribution networks with the voltage of 10 kv
Dikhtyaruk I.V.
Chernihiv National University of Technology,
str. Shevchenka, 95, Chernihiv, 14027, Ukraine. e-mail: dihtyaruk_ihor@mail.ru

The methodology for selection of rational installation location of partitioning switching devices, namely disconnectors of a new generation RLK-10, RLN-10 with autolink ABB has been proposed in this work. It is shown that for selection of rational installation location of such partitioning switching devices the distribution networks with the voltage of 6–10 kV of any configuration, you can use the objective function – reduction undersupply of electricity to consumers. By bringing the distribution function of consumer along the transmission line to the linear, logarithmic or exponential form, was obtained rational installation location sektsionuyuchyh disconnectors. For the case of uniform power distribution along the length of the line was obtained efficient installation location disconnector, which is 64% of the total length of the line. References 5, figures 4.

Key worlds: sectionalization, disconnector, bjective function.

1. *Buinyi R.O., Dikhtiaruk I.V., Kaliuzhnyi Yu.O., Kvitsynskyi A.O.* Application of disconnectors of new generation in the schemes of automated partitioning distribution networks with voltage 6-10 kV // Enerhetika ta Elektrifikatsiia. – 2013 – №4 – Pp.34-40. (Ukr)

2. *Buinyi R.O., Zorin V.V., Tislenko V.V.* Method of band structures to optimize the reliability of distribution networks 10kV // Elektryfikatsiia ta Avtomatyzatsiia Silskoho Hospodarstva. – 2004. – №2(7). – Pp. 30–35 (Rus)

3. *Kozyrskyi V.V., Gai O.V., Petrov P.V.* Methods and technical means to improve the reliability and efficiency of power supply to consumers using vacuum reclosers. − Kyiv: Gnozis, 2012. − 248 p. (Rus)

4. *Zorin V.V., Tislenko V.V., Kleppel F., Adler G.* Reliability of the systems of power supply. − Kyiv: Vyshcha shkola, 1984. – 192 p. (Rus)

5. *Buinyi R.O., Dihtyaruk I.V.* Principles of the construction of the distribution of electrical networks with a voltage of 10 kV with application of the modern switching equipment. − Kyiv: NTTsE NEK «Ukrenerho», 2012. – 180 p. (Ukr)

Надійшла 04.02.2014