

УДК 621.315

МІНІМІЗАЦІЯ ТРИВАЛОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОШКОДЖЕНЬ В РАДІАЛЬНИХ ЛЕП ЗА УМОВ НЕВИЗНАЧЕНИХ ФАКТОРІВ

Мірошник О.В., к.т.н.,

Котляр О.А., інж.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тел. (044) 527-83-82

Анотація – запропонована математична модель вибору оптимальної кількості автоматичних пунктів секціонування в розподільних лініях, що забезпечує скорочення часу діагностувальних операцій для зменшення тривалості аварійних вимикань.

Ключові слова – діагностування, ЛЕП, реклоузер.

Постановка проблеми. Виникнення аварійних режимів в лініях 6-10 кВ призводить до недовідпуску електричної енергії, а відповідно і до значних матеріальних збитків. Постає задача найшвидшого відновлення електропостачання споживачів, що потребує перш за все знаходження точного місця пошкодження. Одним із напрямків розв'язання проблеми може бути секціонування мереж за допомогою автоматичних секціонувальних пунктів, а це вимагає розробки математичної моделі, яка б дозволяла визначити для кожної мережі оптимальну кількість секціонувальних пунктів.

Аналіз останніх досліджень. Аварійне вимкнення розподільної повітряної лінії 6-10 кВ з неуспішним АПВ вимагає якнайшвидшого початку процесу відновлення електропостачання споживачів, який формується діями оперативно – виїзної бригади (ОВБ) та, за потреби, залученого ремонтного персоналу. Для визначення ушкодженої ділянки мережі діагностичні дії виконуються за переданими радіозв'язком командами диспетчера РРЕМ. Диспетчер віддає команди, керуючись наявною на диспетчерському пункті інформацією про схему мережі, її параметри, навантаження, а також отриманою інформацією про зникнення напруги [1].

Формулювання мети статті. Мета даної статті – розробка математичної моделі процесу діагностування ушкодження в розподільних лініях з секціонуванням на базі реклоузерів.

Основна частина. Процес відновлення нормального режиму електропостачання можна розглядати як процес управління, де лінія –

об'єкт управління, диспетчер – суб'єкт управління, а метою управління є відновлення електропостачання. ОВБ – засіб управління, причому передбачені стратегією дій бригади комутаційні операції виконуються також або автоматично, або диспетчером.

Першим етапом у процесі відновлення електропостачання споживачів після аварійного вимикання лінії є діагностування з метою знаходження місця пошкодження. Інструкції вимагають виконання пробного вмикання вимкненого за командою релейного захисту вимикача лінії. Ця операція за відсутності чергового на підстанції виконується силами ОВБ, яку диспетчер туди і направляє. У разі неуспішного пробного вмикання бригада приступає до пошуку пошкодженої ділянки лінії. За відсутності додаткової інформації щодо можливого місця пошкодження та особливих вимог мінімізації терміну перерви в електропостачанні для окремих відповідальних споживачів найчастіше застосовується стратегія пошуку пошкодження шляхом послідовного поділу лінії роз'єднувачами в міру віддалення роз'єднувачів від підстанції.

З метою зменшення витрат часу, праці, палива для автотранспорту ОВБ (та експлуатаційних витрат на нього), доцільно виконувати ПЛ-10 кВ секціонованою реклоузерами.

Вакуумні реклоузери РВА/TEL виробництва «Таврида Електрик Україна» здатні виконувати такі операції:

- оперативне перемикання в розподільній мережі (місцева або дистанційна реконфігурація мережі);
- автоматичне відключення пошкодженої ділянки;
- автоматичне повторне вмикання лінії (АПВ);
- автоматичне відновлення живлення на непошкоджених ділянках мережі;
- автоматичний збір інформації про параметри режимів роботи розподільної мережі.

Секціонування мережі реклоузерами надає можливість автоматичного виділення частини електромережі з пошкодженою ділянкою, не позбавляючи живлення споживачів, які приєднані до частини секціонованої мережі без пошкодженої ділянки. Зрозуміло, що при цьому знижуються як обсяг недовідпуску електроенергії, а значить, і збитки від аварійних вимикань, так і час пошуку пошкодження, оскільки суттєво скорочується довжина ліній, які підлягають огляду з метою пошуку місця пошкодження.

Оскільки в загальному випадку маємо невизначеність щодо місця розташування пошкодженої ділянки електромережі, то будемо шукати гарантований розподіл ресурсів, який дозволить отримати найкращий результат за найгіршого набору невизначених факторів. Нас у підсумку цікавить оптимальна кількість секціонувальних пунктів з реклоузерами в розподільній лінії. Скористаємось положеннями задачі розподілу ре-

сурсів на мережних графіках за наявності невизначених факторів [2]. Вважаючи, що невизначені фактори приймають кінечне число значень, знайдемо гарантований розподіл ресурсів, які дозволяють отримати найкращий результат за умов найгіршого набору невизначених факторів.

Розглянемо мережний графік з подіями Z_1, \dots, Z_m - певними станами розподільної електромережі після виконання ОВБ певних робіт $I_j, j=1, \dots, m$. Нехай кожній роботі I_j відповідає функція

$$\varphi_j(x, k), \quad j=1, \dots, m; \quad x \in X; \quad k=1, \dots, r,$$

де x – розподіл ресурсів, під якими доцільно розглядати приведені затрати на кожен із можливих варіантів послідовності дій ОВБ з пошуку пошкодженої ділянки мережі;

k – невизначені фактори;

$\varphi_j(x, k)$ при $j=1, \dots, m, k=1, \dots, r$ - неперервні функції, задані на компакт $X \in E^{(n)}$.

Функція $\varphi_j(x, k)$ визначає необхідний для виконання роботи I_j час, якщо вибрано розподіл ресурсів $x \in X$ (капітальні вкладення на прийняту кількість реклоузерів і необхідні у цьому випадку експлуатаційні витрати на транспорт та вартість витраченого палива, кількість умовних одиниць експлуатації, збитки споживачів від перерв в електропостачанні, ресурси часу на виконання діагностичних заходів для пошуку місця пошкодження на лінії), і якщо в цьому випадку невизначені фактори прийняли значення $k=1, \dots, r$.

Приведені затрати на розподільну мережу з установкою секціонувальних пунктів на базі реклоузерів можна визначити за виразом

$$Z = E(K_1 + nK_2) + B + Y,$$

де K_1 – капітальні вкладення в існуючу електромережу;

K_2 – капітальні вкладення в запланований до установки реклоузер;

n – планована кількість реклоузерів в мережі;

B – експлуатаційні витрати на діагностування пошкоджень в розподільній мережі з n реклоузерами;

Y – збитки від аварійних вимикань лінії.

Вибираючи певний розподіл ресурсів, задаємось одним із можливих значень невизначених факторів і визначаємо тривалість виконання діагностувальних робіт для визначення пошкодженої ділянки мережі. Якщо прийняти, що ці фактори за умов заданого розподілу ресурсів приймають найнесприятливіші для виконання робіт значення, то гарантований розподіл ресурсів, який дозволяє отримати найкращий результат за умов найгіршого набору невизначених факторів, знаходимо в результаті розв'язку задачі:

$$\omega = \min_{x \in X} \max_{1 \leq k \leq r} \min_{t^{(k)}} (t_{\eta}^{(k)} - t_1^{(k)});$$

$$t_{j_s}^{(k)} - t_{j_s}^{(k)} \geq \varphi_s(x, k), s = 1, \dots, m; \quad (1)$$

$$k = 1, \dots, r; t^{(k)} = (t_1^{(k)}, \dots, t_{\eta}^{(k)}); x \in X.$$

Будемо вважати, що знайдені всі шляхи із вершини Z_1 у вершину Z_{η} за умов як відсутності в мережі автоматичних секціонувальних пунктів з реклоузерами, так і у разі установки одного, двох і більше реклоузерів. Нехай $\delta^{(s)} = (\delta_1^{(s)}, \dots, \delta_m^{(s)})$ - вектори інцидентності цих шляхів ($s = 1, \dots, l$), тоді величини шляхів як функції розподілу ресурсів і невизначених факторів мають вигляд:

$$\alpha^{(s)}(x, k) = \sum_{j=1}^m \delta_j^{(s)} \varphi_j(x, k); \quad (2)$$

$$k = 1, \dots, r; x \in X; s = 1, \dots, l.$$

Якщо вибрано розподіл ресурсів $x \in X$, а невизначені фактори прийняли значення k , то тривалість виконання усіх робіт становитиме

$$t(x, k) = \max_{1 \leq s \leq l} \alpha^{(s)}(x, k), x \in X; k = 1, \dots, r.$$

Якщо невизначені фактори приймають найнесприятливіші значення, то тривалість виконання усіх робіт за умови, що вибрано розподіл ресурсів $x \in X$, складе

$$\beta(x) = \max_{1 \leq k \leq r} t(x, k).$$

За цих умов найкращий результат становитиме

$$\tau = \min_{x \in X} \max_{k, s} \alpha^{(s)}(x, k), k = 1, \dots, r; s = 1, \dots, l. \quad (3)$$

Розв'язуючи задачу нелінійного програмування:

$$\min_{x, \lambda} \lambda;$$

$$\alpha^{(s)}(x, k) \leq \lambda, s = 1, \dots, l; k = 1, \dots, r; x \in X, \quad (4)$$

при обмеженнях (4) маємо:

$$\min_{x, \lambda} \lambda = \min_x \min_{\lambda} \lambda = \min_x \min_{s, k} \alpha^{(s)}(x, k), s = 1, \dots, l; k = 1, \dots, r.$$

Задача (4) є задачею нелінійного програмування з $n+1$ змінною

та r обмеженнями, де l - число різних шляхів із Z_1 в Z_n . Якщо функції $\varphi_j(x, k)$, $j = 1, \dots, m$, $k = 1, \dots, r$ - випуклі, а X - випуклий компакт, то (4) - задача випуклого програмування; при сепарабельному розподілі ресурсів (4) - сепарабельна задача нелінійного або випуклого програмування.

Висновки. Установка в розподільних мережах 6-10 кВ автоматичних секціонувальних пунктів на базі реклоузерів дозволить підвищити надійність електропостачання споживачів та зменшити тривалість пошуку місця пошкодження в лініях. Для визначення оптимальної кількості реклоузерів в мережі запропонована математична модель мінімізації тривалості діагностичних заходів з пошуку пошкоджень.

Література

1. Прусс В.Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В.Л. Прусс, В.В. Тисленко. - Л.: Энергоатомиздат, 1989. - 208с.
2. Давыдов Э.Г. Исследование операций / Э.Г. Давыдов. - М.: Высш. шк., 1990. - 383 с.
3. Шкура В.П. Применение реклоузеров в распределительных сетях 6-10кВ / В.П. Шкура //Электрические сети и системы.-2008.- №1.-С.40.

МИНИМИЗАЦИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В РАДИАЛЬНЫХ ЛЭП В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ФАКТОРОВ

Мирошник А.В., Котляр А.А.

Аннотация – предложена математическая модель выбора оптимального количества автоматических секционных пунктов в распределительных линиях, обеспечивающих сокращение времени диагностирования повреждений для уменьшения продолжительности аварийных отключений.

MINIMIZATION OF DURATION OF DIAGNOSTICATING OF DAMAGES IN RADIAL LINE OF ELEKTRICITY TRANSMISSION ON CONDITIONS OF INDEFINITE FACTORS

O. Miroshnyk, O. Kotlyar

Summary

It is the mathematical model of choice of optimum amount of automatic sectional points is offered in distributive lines, providing diagnosing of damages for diminishing of duration the emergency disconnecting