

МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В РАЗВЕТВЛЁННЫХ СЕТЯХ 10 кВ

Тимчук С. О., Сиротенко М. А.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Предложена методика оптимизации структуры и параметров средств повышения надёжности электроснабжения в распределительной сети 10 кВ, которая позволяет учитывать возможность наличия в её составе различных типов указателей повреждённых участков и коммутационных аппаратов. Приведены результаты апробации методики.

Постановка проблемы. Время, в течение которого условный потребитель недополучает электроэнергию, зависит в основном от среднего времени, затрачиваемого бригадой на поиск места повреждения.

В распределительных сетях 6-10 кВ для сокращения времени поиска повреждений используются различные приборы. При этом возникает проблема оптимизации размещения упомянутых аппаратов и устройств для поиска повреждённых участков сети. В основном она решается отдельно по каждому типу устройств, что не позволяет учитывать возможность совместного их использования в системе повышения надёжности электроснабжения. Этим обосновывается актуальность проведенного исследования.

Анализ последних исследований и публикаций. В среднем в течение года условный потребитель в Украине не получает услуг по электроснабжению 1279 минут [1]. С целью снижения величины данного показателя в [2] используются фиксирующие приборы, устанавливаемые на вводе понижающей подстанции. Однако, несмотря на высокую точность определения расстояния до места короткого замыкания, за счёт возможности учёта влияния переходного сопротивления, данная методика показывает себя неэффективной в случае, если линия электропередачи (ЛЭП) разветвлена. В [3, 4] предложен алгоритм, позволяющий решить данную проблему, а также приведены возможности программного обеспечения по результатам параметров аварийного режима. При этом определение повреждённого участка происходит с последующим уточнением расстояния до места повреждения [3]. Установка же указателей повреждённого участка, согласно [5], считается целесообразной на ответвлениях, осмотр состояния которых приходится производить пешком, а протяжённость равна или превышает 2-2,5 км.

Места расположения секционирующих устройств в [6, 7] определяются исходя из количества аппаратов и расчетной приведенной длины участков между ними. При этом доказано, что общий эффект секционирования сети равен сумме эффектов от установки отдельных коммутационных аппаратов (КА). Согласно методикам, приведенным в [8], выбор количества и мест установки секционирующих устройств осуществляется в зависимости от расчётной нагрузки и суммарной длины линии 10 кВ, а также присутствия на ней потребителей первой категории.

Однако, все вышеперечисленные методики не-

возможно применить в случае, когда в системе повышения надёжности присутствуют различные типы устройств, а также в них отсутствует обоснование места и схемы размещения средств повышения надёжности (СПН).

Цель статьи – разработка методического аппарата оптимизации количества и мест установки устройств для поиска повреждённых участков в секционируемой распределительной сети 10 кВ.

Основные материалы исследования. Для достижения поставленной цели была построена математическая модель размещения СПН в распределительных сетях сельских регионов, где процесс функционирования распределительной сети подчиняется закономерности, определяющей простейший поток, т.е. поток событий, удовлетворяющий свойствам стационарности, отсутствия последствий и ординарности.

С учётом того, что места потенциальной установки любых СПН, сигнализирующих о местонахождении повреждённого участка, находятся в начале каждого последовательного участка, расположенного на магистрали линии или на ответвлении в качестве возможных альтернатив для каждого места потенциальной установки СПН было рассмотрено 4-е варианта:

- а) установка указателя повреждённого участка;
- б) установка указателя поврежденного участка, который может передавать информацию о месте повреждения непосредственно на диспетчерский пункт;
- в) установка указателя поврежденного участка, который может передавать информацию о месте повреждения на диспетчерский пункт, совместно с линейным разъединителем, установленным на соседней опоре;
- г) установка автоматического секционирующего аппарата.

Математическая модель расчёта среднего времени перерывов в электроснабжении потребителей в расчете на одно устойчивое повреждение и времени, затрачиваемого бригадой от момента начала поиска до момента выявления места повреждения, представлена формулами 1 и 2 соответственно:

$$\tau = \tau_{\partial} + \tau_p + \tau', \quad (1)$$

$$\tau' = \tau_n + \frac{(S^{носл.пер.} - S^{обхода}) \cdot k_{кр.}}{V_{cp.}} + \frac{S^{обхода}}{V_x}, \quad (2)$$

где V_x – средняя скорость обхода, км/ч;
 $V_{cp.}$ – средняя движения бригады на автомашине, км/ч;
 $k_{кр.}$ – коэффициент кривизны дорог по отношению к воздушной прямой, соединяющей конечные точки маршрута переезда бригады.

При этом средняя продолжительность этапа локализации поврежденного участка будет рассчитываться по формуле:

$$\tau_n = \frac{(S^{поиска} - S^{посл.пер.}) \cdot k_{кр.}}{V_{cp.}}, \quad (3)$$

Для расчёта среднего расстояния, преодолеваемого ремонтной бригадой от момента начала поиска и от момента локализации повреждённого участка до момента выявления места повреждения, а также среднего расстояния, преодолеваемого бригадой во время обхода повреждённых участков цепи, разработаны рекуррентные матричные формулы 4, 5 и 6 соответственно.

$$S^{поиска} = \left\{ \left[\frac{1}{2} \cdot L^{посл.} \cdot C^{посл.} + L^{посл.} \cdot (A \cdot C^{посл.} + A \cdot U) + \right. \right. \quad (4)$$

$$\left. \left. + 2 \cdot L^{абвз} \cdot H \cdot (N^{бвз T} \cdot C^{посл.} + K^{бвз T} \cdot Y^{бвз}) \right] / l_{общ.} + T^{поиска} \right\} \cdot Q$$

$$S^{посл.пер.} = \left\{ \left[\frac{1}{2} \cdot L^{посл.} \cdot C^{посл.} + L^{посл.} \cdot (W^s \cdot C^{посл.} + Z^s \cdot Y^s) + \right. \right. \quad (5)$$

$$\left. \left. + 2 \cdot L^{абвз} \cdot H \cdot (N^{бвз T} \cdot C^{посл.} + K^{бвз T} \cdot Y^{бвз}) \right] / l_{общ.} + T^{посл.пер.} \right\} \cdot Q$$

$$S^{обхода} = \left\{ \left[\frac{1}{2} \cdot L^{посл.} \cdot C^{посл.} + L^{посл.} \cdot (W^{бвз} \cdot C^{посл.} + Z^{бвз} \cdot Y^{бвз}) + \right. \right. \quad (6)$$

$$\left. \left. + L^{абвз} \cdot H \cdot (N^{бвз T} \cdot C^{посл.} + K^{бвз T} \cdot Y^{бвз}) \right] / l_{общ.} + T^{обхода} \right\} \cdot Q$$

где $l_{общ.}$ – общая длина линии с ответвлениями, км;

H, K, N, W, Y, Z – матрицы, определяемые наличием или отсутствием СПН в том или ином месте возможной установки (коэффициентами b_i^a, b_i^b, b_i^c и b_i^z).

В основу математической модели оценки годового недоотпуска электрической энергии в сети было положено предположение, что его зависимость от схемы установки секционирующих аппаратов, определяется некоторым числом r размерностью кВт*км.

В результате объединения математических моделей расчета времени перерывов в электроснабжении потребителей и математической модели расчета интегрального недоотпуска электроэнергии, получена единая модель, позволяющая учитывать возможность установки в сети сразу нескольких видов СПН и оценивать интегральный недоотпуск электроэнергии как в одноцепной не резервируемой (7), так и в двухцепной резервируемой (8) сетях.

$$\Delta W = r^z \cdot w \cdot (\tau_n + \tau_o) + r^{бз} \cdot w \cdot (\tau' - \tau_n + \tau_p) + r^{бз} \cdot \lambda \cdot v \cdot \eta, \quad (7)$$

$$\Delta W = \left\{ \left[L^{посл.} \cdot (N^z + Z^z) + L^z \cdot (K^z + K^z T + M) \right] \cdot S^{мощн.} + R^z \cdot Q \right\} \cdot w \cdot (\tau_n + \tau_o) +$$

$$+ \left\{ \left[L^{посл.} \cdot (N^{бз} + Z^{бз}) + L^{бз} \cdot (K^{бз} + K^{бз T} + M) \right] \cdot S^{мощн.} + R^{бз} \cdot Q \right\} \cdot w \cdot (\tau' - \tau_n + \tau_p) +$$

$$+ \left\{ \left[L^{посл.} \cdot (N^{бз} + Z^{бз}) + L^{бз} \cdot (K^{бз} + K^{бз T} + M) \right] \cdot S^{мощн.} + R^{бз} \cdot Q \right\} \cdot \lambda \cdot v \cdot \eta \quad (8)$$

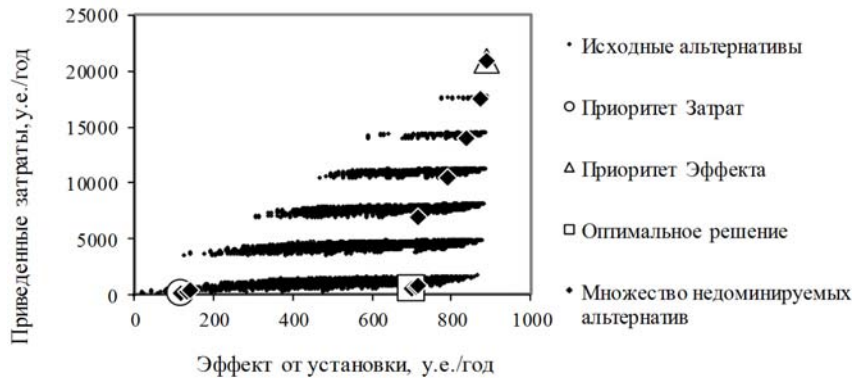


Рисунок 1 - Множество недоминируемых решений, полученное в ходе реализации алгоритма

С целью уменьшения количества итераций, выполняемых при поиске оптимального количества и мест размещения СПН по приоритетным для ЛПР критериям, разработан алгоритм, результаты работы которого представлены на рис. 1.

В среде Delphi 7 была разработана специализиро-

ванная вычислительная программа автоматизированного поиска оптимального количества и мест установки СПН, реализующая предложенные модели и алгоритм [9], и проведено исследование влияния величины параметров ЛЭП на ожидаемый результат оптимизации СПН (рис. 2).

В условиях неопределённости исходной информации, при использовании в качестве входных параметров треугольных нечётких чисел, предложенные модели легко преобразуются в нечёткую форму.

При поиске же оптимального решения показана целесообразность использования критерия Гурвица, который даёт возможность ЛПР максимально точно идентифицировать степень своих конкретных рисковых предпочтений путём задания значения альфа-коэффициента.

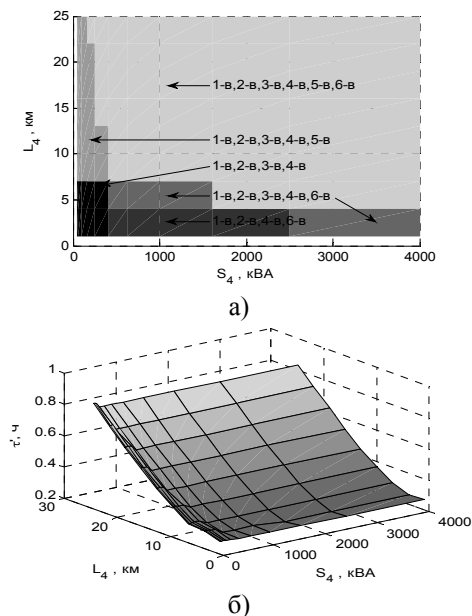


Рисунок 2 - Влияние параметров ЛЭП на: а – оптимальную схему размещения СПН при паритете критериев эффекта и затрат; б – величину среднего времени поиска места повреждения

Выводы. Таким образом, результаты расчётного эксперимента, проведенного с использованием разработанных моделей и алгоритма, показали, что применение предложенной методики оптимизации количества и мест размещения средств повышения надёжности электроснабжения позволяет увеличить эффект от применения СПН на 58% по сравнению со стандартными методиками. При этом в разветвлённых распределительных сетях напряжением 10 кВ наиболее эффективным средством повышения надёжности является линейный разъединитель, установленный совместно с указателем повреждённого участка, который может передавать информацию о месте повреждения на диспетчерский пункт.

Список використаних джерел

1. Шкура В. П. Об аварийности в 2010 году и показатели надёжности в электрических сетях 6-150 кВ энергоснабжающих компаний, которые входят в состав НАК "ЭКУ" / В. П. Шкура // Электрические сети и системы. – 2011. – № 2. – С. 2–42.
2. Аржанникова А. Е. Определение расстояния до места короткого замыкания в сетях 6-10 кВ / А. Е. Аржанникова // Энергетик. – 1997. – № 12. – 22 с.
3. Борухман В. А. Установка указателей повреж-

дённого участка линии 6-10 кВ типа УПУ-1 / В. А. Борухман // Электрические станции. – 1979. – № 10. – 84 с.

4. Dong Xinzhou. Optimizing solution of fault location / Dong Xinzhou, Chen Zheng, He Xuanzhou, Wang Kehong, Luo Chengmu // IEEE Power Engineering Society Summer Meeting. – 2002. – Vol. 3. – P. 1113–1117. doi:10.1109/pess.2002.1043442

5. Гриб О. Г. Метод определения мест коротких замыканий / О. Г. Гриб // Энергоснабжение. Энергетика. Энергоаудит. – 2009. – № 11. – С. 29–31.

6. Козырський В. В. Електропостачання сільськогосподарства / В. В. Козырський, І. П. Притака. – К.: Урожай, 1995. – 304 с.

7. Козырський В. В. Секционирование разомкнутых электрических сетей с учетом неопределенности исходных данных / В. В. Козырський, І. П. Притака // Известия ВУЗов СССР. Энергетика. – 1987. – № 12. – С. 14–19.

8. Будзко І. А. Електроснабження сільського господарства / І. А. Будзко, Н. М. Зуль. – М.: Агропромиздат, 1990. – 496 с.

9. Сиротенко М. А. Вычислительная программа поиска оптимального количества и мест размещения средств повышения надёжности в распределительных электрических сетях 10 кВ / М. А. Сиротенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства ім. П. Василенка. Серія: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – Вип. 142. – С. 62–63.

Анотація

МЕТОДИКА ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В РОЗГАЛУЖЕНИХ МЕРЕЖАХ 10 кВ

Тимчук С. О., Сиротенко М. О.

Запропоновано методику оптимізації структури та параметрів засобів підвищення надійності електропостачання в розподільчій мережі 10 кВ, що дозволяє враховувати можливість наявності в її складі різних типів показників пошкоджених ділянок і комутаційних апаратів. Наведено результати апробації методики.

Abstract

METHOD OPTIMAL PLACEMENT MEANS TO IMPROVE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY IN THE BRANCHED NETWORK 10 KV

S. Tymchuk, M. Syrotenko

A method of optimizing the structure and parameters of the means of improving the reliability of electricity in the distribution network of 10 kV, which takes into account the possible presence of the various types of signs damaged sections and switching devices. The results of the testing methods.