

УДК 621.311

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ УПРАВЛЕНИЯ АРХИТЕКТУРОЙ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
METHODOLOGICAL APPROACHES TO MANAGING THE
ARCHITECTURE OF ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS

Калентионок Е. В., к-т. техн. наук, доцент,
Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь
E. Kalentionok, Candidate of technical Sciences, Associate Professor,
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Аннотация. На основе анализа методов управления архитектурой распределительных электрических сетей выявлены их недостатки и определены пути их совершенствования.

Abstract. Based on the analysis of methods for managing the architecture of distribution electrical networks shortcomings are identified and ways to improve them are determined.

Ключевые слова: электрическая сеть, управление архитектурой.
Key words: electrical networks, architecture management.

ВВЕДЕНИЕ

Распределительные электрические сети номинальными напряжениями 6–35 кВ являются основными поставщиками электрической энергии от питающих центров до конечных потребителей. Суммарная протяженность линий электропередачи как кабельных, так и воздушных на территории Республики Беларусь составляет более 100 тыс. Поэтому задача оптимального управления архитектурой (конфигурацией) распределительных сетей 6–35 кВ является актуальной.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В городских и сельских электрических сетях напряжением 6–35 кВ проблема оптимизации управления их архитектурой в настоящее время обусловлена большой размерностью сети, низкой наблюдаемостью параметров режима (напряжения, перетоков мощности и токовых нагрузок), а также недостаточностью технических средств оперативного управления: РПН трансформаторов на питающих подстанциях, коммутационных аппаратов с дистанционным управлением (выключателей нагрузки, реклоузеров, интеллектуальных разъединителей и т. д.), а также устройств поперечной компенсации реактивной нагрузки потребителей, вольтодобавочных трансформаторов, устройств продольной компенсации параметров линии, средств распределенной генерации и накопителей электрической энергии.

Поэтому на первых порах развития энергетики задача управления архитектурой заключалась в выборе рациональных мест размыкания замкнутых электрических сетей [1]. Это связано с тем, что распределительные сети работают в разомкнутом режиме. Поэтому при проектировании и эксплуатации возникает задача выбора оптимальной схемы сети с учетом минимизации стоимости потерь в ней [1]:

$$C = \beta t_k \Delta P_k \rightarrow \min, \quad (1)$$

где β – стоимость 1 кВт·час потерь электроэнергии;

t_k – продолжительность потерь мощности ΔP_k на каждой ступени графика нагрузки.

При этом ущербами в системе электроснабжения от изменения надежности сети и затратами, связанными с изменением сложности эксплуатации сети при различном положении мест размыкания, пренебрегали. Это объяснялось тем, что различные положения мест размыкания не изменяют степень надежности электроснабжения и условия эксплуатации сети. При этом не учитывались ущербы в системе электроснабжения из-за неоптимальных уровней напряжения в сети, т. к. имелось в виду, что при принятом определении размыкания сети режимы напряжений в сети улучшаются в сравнении со схемами при произвольных точках размыкания [2]. Недостатками такого метода является не учет сложности эксплуатации сети, изменения надежности электроснабжения потребителей и изменения токовой нагрузки и напряжений при определении мест размыкания замкнутой электрической сети.

Дальнейшим развитием создания оптимальной структуры является минимизация минимума приведенных затрат на обслуживание распределительной сети и функционирования потребителей [3; 4]:

$$Z = \Delta W_\beta + Y_w + Y_u + Y_n + F_{ш} + F_c, \rightarrow \min, \quad (2)$$

где ΔW_β – потери электроэнергии в рассматриваемой электрической сети;

Y_w – затраты, обусловленные недоотпуском электроэнергии;

Y_u – затраты, вызванные не оптимальными уровнями напряжения у потребителей;

Y_n – затраты сетей и потребителей из-за изменения архитектуры сети;

$F_{ш}$ – затраты, зависящие от уровня токовой нагрузки линий электрической сети;

F_c – затраты, обусловленные ограничениями токов нулевой последовательности.

Недостатком данного методического подхода является сложность, а во многих случаях и невозможность определения затрат Y_u , Y_n и Y_β . По-

этому в работе сделан бездоказательный вывод, что данные составляющие большого влияния на результат решения не оказывают. Кроме того, сомнительно возникновение ущербов от возникновения возможных перегрузок линий электропередач по допустимым токовым нагрузкам, т. к. коэффициент загрузки существующих электрических сетей составляет 0,1–0,4 от номинальных значений.

Для управления конфигурацией распределительных электрических сетей 6–35 кВ в [5] предложен алгоритм построения всех деревьев графа сети на основе [6], последовательность которого включает:

- определение возможных конфигураций электрической сети, с установлением пути передачи электроэнергии каждому потребителю (узлу нагрузки);
- выполнение расчета нормальных установившихся режимов сети для всех возможных конфигураций и исключение из них тех в которых не обеспечиваются условия длительного существования;
- расчет нагрузочных потерь электроэнергии исходя из режима средних нагрузок потребителей;
- оценка надежности системы электроснабжения по выражению:

$$R_{\Sigma} = \sum_{k=1}^n R_k A_k, \quad (3)$$

где R_k – надежность электроснабжения k -ого потребителя;

A_k – значение приоритета k -ого потребителя;

n – количество потребителей в распределительной электрической сети;

– выбор рациональной конфигурации с учетом весовых коэффициентов каждого потребителя электроэнергии.

Недостаток такой методики выбора оптимальной архитектуры электрической сети состоит в сложности определения весовых коэффициентов показателей надежности и потерь электроэнергии, а также практической невозможности выполнения расчетов без принятия допущения, что для всех конфигураций распределительной электрической сети показатели надежности элементов сети и нагрузки узлов остаются неизменными.

В [7] задачу нахождения оптимальной конфигурации предложено решать методом покоординатного спуска, при этом расчет должен быть периодическим и только в том случае, когда значения целевой функции на соседних циклах не будут существенно отличаться. Недостатком такого подхода является оптимизация только по критерию минимума потерь активной мощности и требования изменения информации по параметрам изменившейся схемы распределительной электрической сети.

При функционировании распределительной электрической сети в условиях SMART GRID, в работе [8] предложен методический подход

нахождения оптимальной конфигурации с учетом распределенных источников малой генерации при следующих условиях:

– источник распределенной генерации работает с неизменными значениями активной и реактивной мощности при подключении его к электрической сети энергосистемы;

– источник распределенной генерации питает автономную нагрузку с соблюдением ограничений по значениям минимальной и максимальной допустимым мощностям.

Существенным недостатком предложенной методики является не учет показателей надежности электрической сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что применяемые методы управления архитектурой электрических сетей напряжением 10 кВ не позволяют:

– обеспечить ключевые показатели надежности электроснабжения как отдельного потребителя, так и оптимальной конфигурации всей электрической сети;

– выполнить многокритериальное управление с учетом различных параметров режима и состава включенного оборудования электрической сети;

– использовать дополнительную режимную информацию с элементов электрической сети, получаемую от современных технологических средств автоматизации.

Необходима методика определения индекса эффективности архитектуры функционирования распределительных электрических сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Керного, В. В. Местные электрические сети / В. В. Керного, Г. Е. Поспелов, В. Т. Федин. – Минск: Вышэйшая школа, 1972. – 346 с.

2. Холмский, В. Г. Выбор оптимальных точек разрезков в городских электрических сетях с помощью ЭУВМ / В. Г. Холмский // Сб. «Электрические сети и системы». – Львов: ЛПМ, 1965. – С. 17–20.

3. Фурсанов, М. И. Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М. И. Фурсанов. – Минск: УВМУ при УП «Белэнергосбережение», 2005. – 208 с.

4. Фурсанов, М. И. Методические принципы определения оптимальных мест размыкания распределительных электрических сетей с учетом питающей сети 110 кВ и выше / М. И. Фурсанов, А. А. Золотой, В. В. Макаревич, А. Н. Муха // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика: международный научно-технический и производственный журнал. – 2008. – № 6. – С. 23–32.

5. Вуколов, В. У. Управление конфигурацией распределительных электрических сетей 6–35 кВ / В. Ю. Вуколов, А. А. Колесников, Е. Р. Пнев, Б. В. Попков // Электричество. – 2019. – № 2. – С. 10–17.

6. Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

7. Булатов, Б. Г. Алгоритмы оптимальной реконфигурации распределительной сети / Б. Г. Булатов, В. В. Тарасенко // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2013. – Том 13, № 2. – С. 14–18.

8. Фурсанов, М. И. О выборе оптимальных точек размыкания в городских электрических сетях в условиях SMART GRID / М. И. Фурсанов, А. А. Золотой // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика: международный научно-технический и производственный журнал. – 2018. – № 3. – С. 207–209.