

В. В. Назаров, д. т. н., проф.; В. А. Комар, к. т. н., доц.; Т. Е. Магас, к. т. н., доц.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИТЕРИАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье проиллюстрировано использование критериальных моделей с целью определения критерия качества функционирования распределительной сети для оценки возможных вариантов питания потребителей при восстановлении ее главных участков.

Ключевые слова: распределительные сети, качество функционирования, надежность электропитания, качество электроэнергии, марковские процессы, критериальное моделирование.

Введение

Одним из условий экономического развития страны является стабильное, качественное снабжения электроэнергией населения и предприятий. Состояние электроэнергетики после значительного периода недостаточного инвестирования характеризуется серьезным износом как генерирующего, так и сетевого оборудования [1]. Следствием изношенности оборудования является снижение качества электропитания. Особенно усложняется состояние тех электрических сетей, в которых наблюдается рост электропотребления, например, через активизацию процесса перехода на электроотопление [2]. Поэтому для обеспечения соответствующего уровня электроснабжения необходимы есть реконструкция электрических сетей и восстановления электрооборудования.

Через ограниченность ресурсов электропитающих компаний возникает задача рационального распределения средств с целью выбора приоритетных участков реконструкции и восстановления оборудования. Принятие решений относительно мер, которые финансируются, должно базироваться на данных о качестве функционирования электросетевого хозяйства. Под качеством функционирования распределительной электрической сети понимают совокупность свойств, которые определяют ее способность надежно обеспечивать качественной электроэнергией потребителей [3].

Значительный объем работы, который необходимо выполнить для восстановления сетевого хозяйства, не возможно провести без ограничения электроснабжения потребителей. Поскольку распределительные сети в основном радиального типа, то необходимо предусмотреть варианты дополнительных точек питания на случай отключения от основной. Это возможно сделать благодаря определенной функциональной избыточности в структуре сетей. Решить эту задачу можно, оценив качество функционирования "соседних" фидеров на случай питания от них.

Целью этой статьи есть построение алгоритма оценки дополнительных вариантов питания на основе их сравнение по критерию качества функционирования.

Критериальная модель качества функционирования распределительной электрической сети

В [3] предложена критериальная модель, которая получена на основе объединения теории марковских процессов и критериального метода. Общий вид критериальной модели такой:

$$E = \sum_{i=1}^m P_i \prod_{j=1}^n x_{*j}^{v_{ji}}, \quad (1)$$

где P_i – критерий подобия, который в этом случае является вероятностью пребывания системы в состоянии i (составляющая, которая учитывает надежность системы); $\prod_{j=1}^n x_{*j}^{v_{ji}}$ – показатель эффективности состояния i (составляющая, которая учитывает качество электроэнергии); x_{*j} – независимые параметры, которые характеризуют основные свойства системы (вероятности соответствия показателей качества электроэнергии нормативным документам).

Для оценки качества функционирования распределительной электрической сети критериальная модель будет иметь такой вид:

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \frac{1}{P_i [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]^{v_{ii}}} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_j [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]^{v_{ji}} - \sum_{i=n+1}^m P_i \prod_{j=1}^n P_j [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]^{v_{ji}}, \quad (2)$$

где m – общее количество возможных состояний распределительной электрической сети, $m=n+k$; n – количество рабочих состояний; k – количество нерабочих состояний; $P_j [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]$ – вероятность того, что показатель качества электрической энергии A в допустимых границах при том, что система находится в состоянии j ; A – значение показателя качества электрической энергии; v^{ji} – элементы матрицы переходов, которые являются алгебраическими суммами интенсивностей отказов λ и интенсивностей восстановлений μ .

Для определения вероятности пребывания системы в состоянии i P_i используется теория марковских процессов [4]. Их недостатком является значительное количество возможных состояний системы, которые определяют как 2^r , где r – количество элементов системы. Используя разработки в [5] иерархические марковские сети и в [6] формулы для определения интенсивностей отказов и восстановлений групп элементов, количество состояний можно значительно уменьшить. При этом погрешность незначительная и методика может использоваться для инженерных расчетов. На рис. 1 изображен общий вид графа состояний с учетом упрощений.

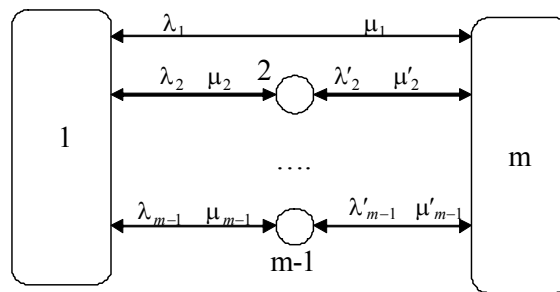


Рис. 1. Общий вид графа состояний распределительной сети без учета коммутационного оборудования и устройств релейной защиты

Для учета качества электроэнергии определяется вероятность соответствия ГОСТ 13109-97 отклонений напряжения по методике изложенной в [7].

Алгоритм оценки вариантов питания потребителей фидера изображен на рис. 2.

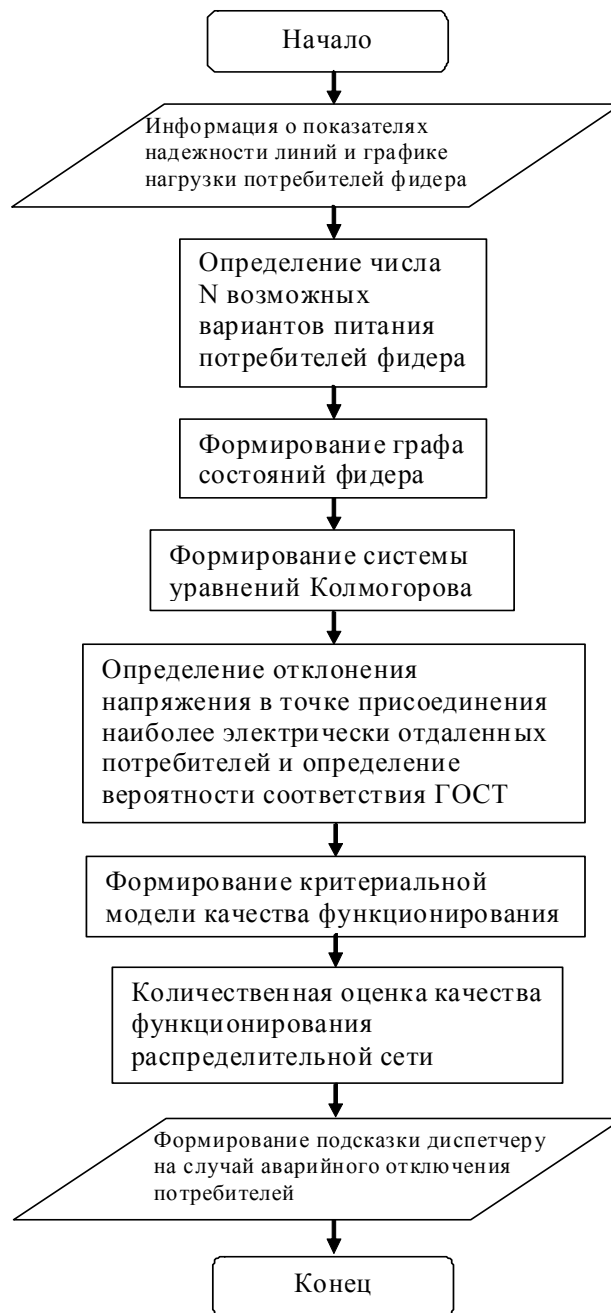


Рис. 2. Алгоритм оценки вариантов питания потребителей фидера

Оценка вариантов питания потребителей по критерию качества функционирования

Для иллюстрации используем схему приведенную на рис. 3. Оценку качества этой системы будем проводить с учетом отклонения напряжения в узле питания наиболее электрически отдаленного потребителя ТП-457.

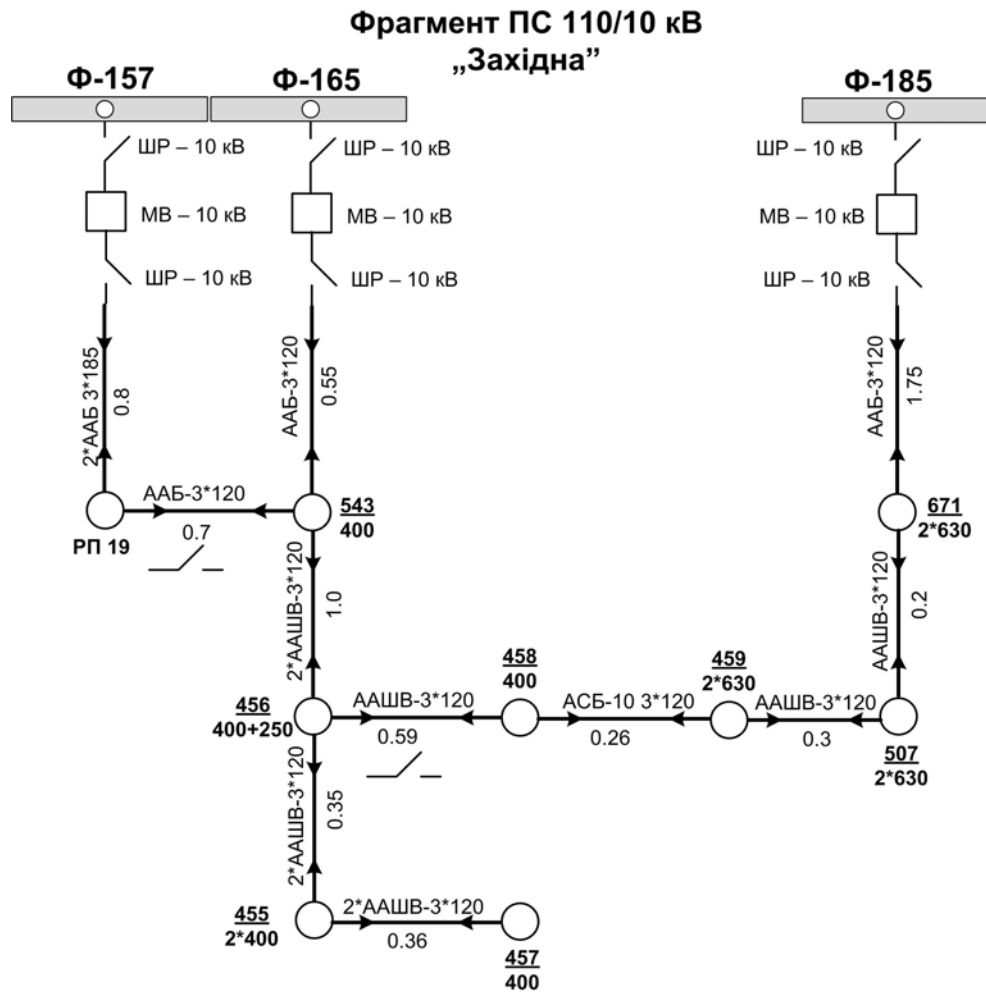


Рис. 3. Схема фидера 165 с возможными вариантами питания от фидеров 157 и 185

Исходные данные для расчета качества функционирования приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные

	λ (1/год)	μ (1/год)
Кабельная линия	0,0122/км÷7/км	292

Во время выполнения расчетов не учитывалась надежность коммутационного оборудования и релейной защиты. Также принято допущение об одновременном изменении удельного значения вероятности отказов λ для всех участков сети.

На рис. 4 приведены результаты расчета качества функционирования без учета качества электроэнергии. Анализируя его можно сделать выводы об уровне надежности при питании от фидера 165 (кривая 1) и фидера 157 (кривая 2) и от фидера 185 (кривая 3).

По результатам расчета (см. рис. 5), который проведен с учетом качества электроэнергии (отклонение напряжения), видно значительную зависимость качества функционирования от качества электроэнергии. В зависимости от критерия качества функционирования очередность такая: фидер 165 (кривая 1); фидер 157 (кривая 2); фидер 185 (кривая 3).

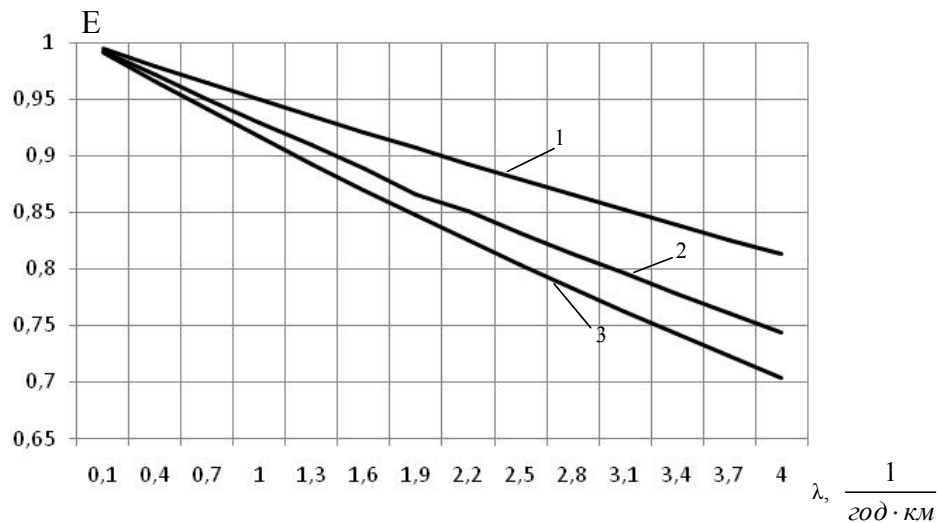


Рис. 4. Изменение качества функционирования разных вариантов питания без учета качества электроэнергии

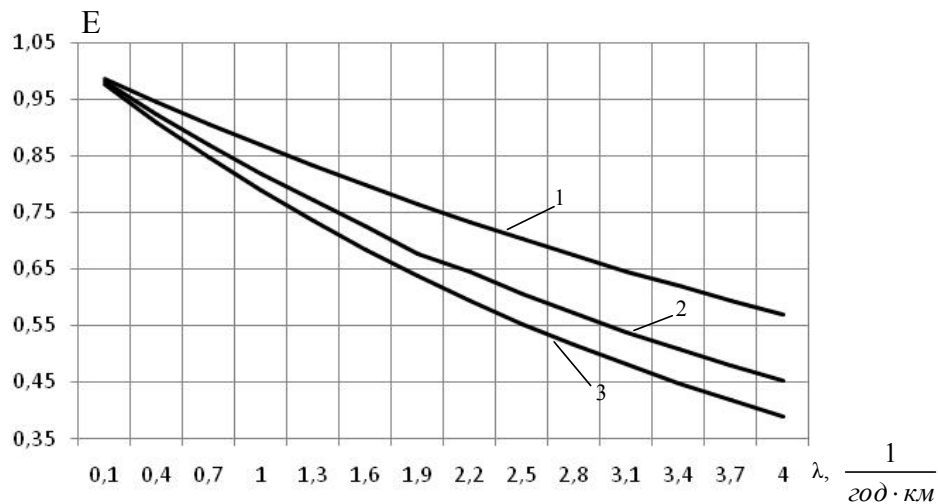


Рис. 5. Изменение качества функционирования разных вариантов питания с учетом качества электроэнергии

Анализ результатов расчета показывает, что на время возобновительных работ на главном участке фидера 165, потребителей необходимо подключить к РП-19 фидера 157. Хотя при учете реального изменения показателей надежности рассмотренных фидеров на первый план может выйти и фидер 185.

Выводы

Полученная критериальная модель позволяет количественно оценить качество функционирования распределительной электрической сети. Оценка выполняется по отношению к "идеальной" системе, поэтому сравнение разных вариантов систем электроснабжения можно выполнять без определения технико-экономических показателей. По полученным результатам можно выполнить разработку поэтапного плана реконструкции распределительных электрических сетей, которая есть необходимой для перехода на электроотопление.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Надійне та безпечне електропостачання, розвиток електромереж – під контролем Держенергонагляду [Електронний ресурс] 12 липня 2007. Режим доступу: http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/article?art_id=54905&cat_id=35981
2. Ключко В. П. К вопросу о разработке схем развития распределительных электрических сетей энергоснабжающих компаний / В. П. Ключко // Новини енергетики. – 2008. – № 6. – С. 28 – 33.
3. Критерій оцінки якості функціонування розподільних мереж [Електронний ресурс] / Лежнюк П. Д., Комар В. О., Кравцов К. І. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 3. – 2008. Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-3.files/uk/08pdlodn_ua.pdf
4. Аналіз якості функціонування складних систем за допомогою критеріальних моделей [Електронний ресурс] / Комар В. О., Тєптя В. В. // Наукові праці ВНТУ. – 2007. – №1. Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2007-1/ukr/07kvoocm.pdf>
5. Distribution System Reliability Assessment Using Hierarchical Markov Modeling / Brown R. E., Gupta S., Christie R. D., Venkata S. S., Fletcher R. // IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, № 4, October 1996. – P. 1929 – 1934.
6. Биллинтон Р. Оценка надежности электроэнергетических систем / Биллинтон Р., Аллам Р.; пер. с англ. В. А. Туфанова; под ред. Ю. А. Фокина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
7. Кількісна оцінка якості функціонування розподільної електричної мережі за допомогою критеріальної моделі [Електронний ресурс] / Лежнюк П. Д., Лагутін В. М., Комар В. О. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 4. – 2008. Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-4.files/uk/08pdlhcm_ua.pdf

Назаров Владимир Владимирович – д. т. н., профессор.
"Хмельницькоблэнерго".

Комар Вячеслав Александрович – к. т. н., доцент кафедры электрических станций и систем.
Винницкий национальный технический университет.

Магас Тарас Евстафьевич – к. т. н., доцент кафедры информационных технологий в менеджменте.
Винницкий национальный аграрный университет.