

## РАЗМЕЩЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Ерошенко С.А., Карпенко А.А., Паздерин А.В.

УрФУ

[stas\\_ersh@mail.ru](mailto:stas_ersh@mail.ru)

Современная электроэнергетика России имеет ряд серьезных недостатков. Во-первых, это низкий коэффициент полезного использования энергетических ресурсов. Во-вторых, это высокий уровень потерь электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. Проблема энергосбережения сегодня становится все более актуальной.

Данные факты привели к появлению новой концепции: созданию распределенных энергосистем, то есть построению независимых от централизованных сетей генерирующих мощностей способных значительно повысить эффективность использования энергоресурсов.

Задача оптимизации местоположения и мощности источников распределенной генерации (РГ) является одной из первоочередных, подлежащих тщательному рассмотрению на стадии проектирования [1]. Корректно выбранная точка подключения к сети и мощность агрегата могут улучшить работу сети и обеспечить дополнительные экономические стимулы, как для потребителей, так и для поставщиков.

Инвестиции. В рыночных условиях важнейшую роль играет финансовая составляющая [2]. Инвестиции представлены следующим коэффициентом:

$$C^k = 1 - \frac{C_n^k}{C_{\max}^k}, \quad (1)$$

где  $n$  – величина, характеризующая значение мощности генерирующей установки,  $C_n^k$  – стоимость генерирующего агрегата мощности  $n$  с установкой,  $C_{\max}^k$  – максимальные инвестиционные средства для реализации проекта.

Потери активной и реактивной мощности. Источники РГ оказывают влияние на потери электрической мощности в сети [3]. Нижеприведенные коэффициенты отражают потери активной и реактивной мощности.

$$Lp^k = 1 - \frac{\operatorname{Re}\{\Delta S^k\}}{\operatorname{Re}\{\Delta S^0\}} \quad Lq^k = 1 - \frac{\operatorname{Im}\{\Delta S^k\}}{\operatorname{Im}\{\Delta S^0\}}, \quad (2)$$

где  $\Delta S^k$  – потери полной мощности в распределительной сети  $k$ ,  $\Delta S^0$  – потери полной мощности в распределительной сети без источника РГ.

Напряжения. Еще одной выгодой, которую можно извлечь при помощи внедрения устройств РГ в сеть, является улучшение параметров напряжений в сети. Сформулируем данный критерий с точки зрения максимального снижения напряжения узла относительно напряжения головной подстанции [4].

$$U^k = 1 - \max_{i=1}^{NN-1} \left( \frac{|U_0| - |U_i^k|}{|U_0|} \right) \quad (3)$$

Здесь  $U_0$  - комплексное напряжение головной подстанции,  $U_i^k$  - комплексное напряжение узла  $i$  распределительной сети  $k$ ,  $NV$  - число узлов.

Допустимые токи по линиям. Ввиду того, что РГ располагается вблизи нагрузки, в некоторых участках линий ток может снизиться, таким образом, разгружая линию электропередачи и увеличивая запас по пропускной способности.

$$I^k = 1 - \max_{m=1}^{NL} \left( \frac{|I_m^k|}{I_m^{\text{доп}}} \right)^{NL}, \quad (4)$$

где  $I_m^k$  - ток участка  $m$  распределительной сети  $k$ ,  $I_m^{\text{доп}}$  - допустимый ток участка  $m$ ,  $NL$  - число участков сети.

Многокритериальный показатель. Для оценки работы распределительной сети по вышеприведенным критериям вводится многокритериальный показатель.

$$F(x) = \lambda_1 f_1(x) + \lambda_2 f_2(x) + \lambda_3 f_3(x) + \lambda_4 f_4(x) + \lambda_5 f_5(x) = \\ = \lambda_1 C^k + \lambda_2 Lp^k + \lambda_3 Lq^k + \lambda_4 U^k + \lambda_5 I^k, \quad (5)$$

где  $\sum_{i=1}^5 \lambda_i = 1,0$ .

В формуле (5) весовые коэффициенты введены для того, чтобы задать соответствующую значимость каждому критерию. В табл. 1 приведены возможные значения весовых коэффициентов.

Таблица 1

Весовые коэффициенты				
$C^k, \lambda_1$	$Lp^k, \lambda_2$	$Lq^k, \lambda_2$	$U^k, \lambda_4$	$I^k, \lambda_5$
0,40	0,30	0,05	0,2	0,05

Таким образом, многокритериальный показатель численно описывает влияние источника РГ с заданной мощностью в заданной точке подключения к сети на технические эксплуатационные характеристики системы, включая экономический показатель, представляющий собой инвестиционный капитал.

Пример. Для иллюстрации рассмотрим простейшую схему ветви радиальной распределительной сети, представленную на рисунке.

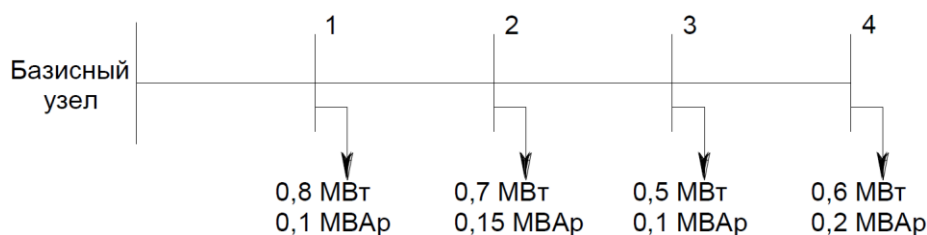


Схема сети

Напряжение базисного узла равно  $U = 10 \angle 0^\circ$  кВ. Сопротивления участков фидера приняты одинаковыми и равными  $Z = 0,8 + j0,25$  Ом.

Коэффициенты, отражающие влияние РГ на сеть, совместно с инвестиционной составляющей рассчитываются путем последовательного размещения во всех возможных узлах данной сети генерирующих агрегатов мощностью 300, 600 и 1200 кВт (для всех агрегатов  $\cos \varphi = 1$ ).

Удельная стоимость одного киловатта установленной мощности принимается равной для всех агрегатов. Максимальный инвестиционный капитал эквивалентен стоимости источника РГ мощностью 1200 кВт.

Расчет проводится перебором возможных вариантов размещения источника РГ. Для расчета потокораспределения, потерь мощности, токов участков и узловых напряжений использовался программный пакет RASTR.

Базовый режим (без РГ) продемонстрировал следующие показатели:

$$C_n^k = 0, \Delta P = 0,107 \text{ МВт}, \Delta Q = 0,03 \text{ МВАр}, U_{\min} = 9,4 \text{ кВ}, I_{\max} = 160 \text{ А}.$$

Приведем наилучшие с точки зрения значений многокритериального показателя варианты с источником РГ мощностью 300, 600 и 1200 кВт соответственно. Данные сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов

Р <sub>ген</sub> , кВт	№ узла	ΔP, МВт	ΔQ, МВАр	I <sub>max</sub> , А	U <sub>min</sub> , кВ	F(x)
300	4	0,077	0,025	141	9,6	0,5987
600	4	0,054	0,02	123	9,7	0,5708
1200	4	0,028	0,01	88	9,8	0,4733

Из таблицы видно, что наибольшее значение многокритериального показателя имеет вариант установки источника РГ мощность 300 кВт. В первую очередь это объясняется тем, что инвестиционный критерий в общей сумме имеет самый значимый весовой коэффициент. На практике весовые коэффициенты могут быть распределены иначе.

Рассмотренный пример является упрощенным и приведен для того, чтобы продемонстрировать применимость и актуальность использования данного класса устройств для решения специфических задач энергокомпаний.

Выводы.

1. На сегодняшний день РГ представляет инвестиционно-привлекательное и эффективное решение задачи энергосбережения.

2. Задача оптимизации является многокритериальной и имеет большую размерность, что, прежде всего, обусловлено сложностью топологии существующих распределительных сетей. Очень важна как постановка оптимизационной задачи, так и оптимизационный алгоритм ее решения.

#### Библиографический список

1. Borbely A.M., Kreider J.F. Distributed Generation. New York: CRC Press, 2003.
2. Hoff T.E., Wenger H.J., Farmer B.K. Distributed generation. An alternative to electric utility investments in system capacity // Energy Policy. 1996. Vol. 24. № 2. P. 137-147.

3. Frase P., Morita S. Distributed generation in liberalised electricity markets // Tech. Rep. (International Energy Agency, Paris, Cedex, France). 2002.
4. Blazewicz S. Reliability and distributed generation // Tech. Rep. (Arthur D. Little, Inc.). 2000.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПЫ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

Завьялов А., Велькин В.И.

УрФУ

aes1@mail.ustu.ru

Лампы на светодиодах находят применение в самых различных областях: светодиодные фонари, автомобильная светотехника, рекламные вывески, светодиодные панели и индикаторы, бегущие строки и светофоры и т.д. В последнее время набирает популярность светодизайн интерьеров с использованием светодиодов [1].

К преимуществам светодиодов можно отнести:

- низкое энергопотребление - не более 10 % от потребления при использовании ламп накаливания, и не более 35 % при использовании люминесцентных ламп;
- длительный срок службы - до 100 000 часов;
- высокий ресурс прочности - ударная и вибрационная устойчивость;
- чистота и разнообразие цветов, направленность излучения;
- регулируемая интенсивность;
- низкое рабочее напряжение;
- экологическая и противопожарная безопасность;
- светодиоды не содержат в своем составе ртути и почти не нагреваются.

В США, согласно государственному проекту «*Next Generation Lighting Initiative*», поставлена цель с 2010 года полностью перейти на технологии LED, а до 2020 года разработать LED нового поколения и довести световой поток до 200 лм/Вт.

В Японии разработан проект «Свет XXI века», цель которого довести световой поток до 120 лм/Вт, сократив тем самым государственный расход электроэнергии на 20 %.

В Тайване утвержден проект, согласно которому уже в 2010 году прекращается выпуск обычных ламп, а в 2012 году вводится полный запрет на их продажу.

В странах Евросоюза запрет на продажу обычных ламп введен уже с 2009 года. В Южной Корее проект «Распространение LED освещения» предусматривает к 2015 году замену обычных ламп на светильники LED на 30 %.

В России тоже взят курс на свертывание производства ламп накаливания и внедрение светодиодных технологий.

В настоящее время многие фирмы-изготовители светодиодов - и зарубежные, и отечественные - включились в своеобразное соревнование по разработке и производству приборов белого свечения, обладающих возможно боль-