

УДК 621.3.051

Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, И.А. Липужин, А.Ю. Кечкин, А.А. Ворошилов

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Проблема низкой эффективности децентрализованных систем электроснабжения (ДСЭ) может быть решена путем их объединения на основе технологий «виртуальной электростанции». Статья посвящена выбору оптимальной топологии электрической сети, связывающей несколько ДСЭ.

Предложен подход, в основе которого лежат теория графов и структурно-топологический анализ. На примере объединения трех ДСЭ проведено исследование возможных топологий электрической сети и с учетом предложенных критериев выбран ее оптимальный вариант. Корректность предложенного подхода проверена на PSCAD-модели данной системы.

Рассмотрены вопросы качества электроэнергии при объединении ДСЭ. Сформулированы рекомендации по проектированию подобных систем.

Ключевые слова: виртуальная электростанция, децентрализованная система электроснабжения, распределенная генерация, оптимальная топология, имитационная компьютерная модель, лабораторный стенд.

Национальные и стратегические задачи развития России (на период до 2024 г.) направлены на модернизацию электроэнергетического комплекса, в том числе за счет развития распределенной генерации (РГ) и возобновляемых источников энергии [1].

Распределенные источники энергии должны повысить качество электроснабжения в удаленных и осваиваемых территориях (Дальневосточный Федеральный округ, приарктическая зона), обеспечить быстрый ввод генерируемых мощностей в энергодефицитных районах (Калининградская область), повысить надежность энергообеспечения ответственных потребителей (военные пункты, добывающая промышленность).

Для решения поставленных задач крайне важно не только ежегодно увеличивать количество, суммарные установленные и удельные мощности РГ, но и максимально эффективно использовать их потенциал. В децентрализованных системах источники РГ преимущественно применяются для электроснабжения лишь близлежащих (собственных) потребителей. Многие энергоустановки работают с частичной загрузкой, поскольку излишки генерации не могут быть полезно использованы. По этой же причине разработки, направленные на повышение КПД и улучшение параметров отдельных энергоустановок, оказываются недостаточно результативными.

Для децентрализованных систем электроснабжения (ДСЭ) актуальным является развитие принципиально новых направлений, объединяющих последние достижения в электротехнике, электронике, IT-технологиях и системах управления. Новые разработки могут быть дороги и сложны в реализации. Однако в перспективе на 10-15 лет вперед их использование позволит осуществлять электроснабжение энергоудаленных потребителей на качественно новом уровне, обеспечит конкурентоспособность отечественной малой энергетики и сделает эту отрасль привлекательной для инвесторов, что станет драйвером продолжения развития. Таким направлением являются так называемые «виртуальные электростанции» (ВиЭС).

Под ВиЭС понимают интеллектуальную, управляемую микросеть, объединяющую источники РГ, накопители электроэнергии и регулируемые потребители путем обмена информацией и потоками электроэнергии [2, 3]. Особенностью ВиЭС является возможность передачи избытков собственной генерации соседним объектам и возможность взаимодействия нескольких источников РГ в качестве единого генерирующего объекта с более крупной энергосистемой.

В настоящее время исследованиями технологий ВиЭС занимаются ученые всех развитых стран мира. Как правило, наибольшее внимание уделяется системам управления и механизмам продажи/покупки электроэнергии. Однако не менее важным является решение технических вопросов объединения нескольких ДСЭ в единую электрическую сеть, в частности, актуален выбор оптимальной топологии такой электрической сети.

Теория графов и структурно-топологический анализ

Вопросам оптимизации топологии электрической сети, объединяющей децентрализованные комплексы с использованием технологий ВиЭС, посвящены многие исследования.

В работе научного коллектива из Бразильского Федерального университета Сеара [4] оптимальное месторасположение источников малой РГ в микросети определяется с учетом глобального индекса производительности, а в работе ученых из Иранского Исфаханского университета [5] такая задача решается с помощью бинарного оптимизационного алгоритма роя частиц. Оптимальное месторасположение и доля источников РГ в структуре ВиЭС проф. М. Р. Шарма предлагает определять на основе анализа индекса чувствительности по напряжению [6]. Задача оптимизации топологии ВиЭС решается научным коллективом из Жилинского университета (Словакия) на основе алгоритма роя ускоренных частиц в [7, 8], а научным коллективом из Шанхайского университета Цзяо Тун (Китай) на основе метода компромисса в [9]. Пио Алессандро Ломбарди и Кристоф Рудион предлагают решать эту задачу на основе оценки общих годовых затрат на эксплуатацию [10]. Проф. А. Ю. Абдельазиз и Ю. Г. Хегази для решений той же задачи с целью минимизации потерь мощности используют оптимизационные алгоритмы на основе модификации ВВ–ВС метода [11].

Представленные подходы к выбору оптимальной топологии электрической сети обладают рядом серьезных недостатков (большой объем исходных данных, необходимость тщательной настройки алгоритмов, сложность вычислений), ограничивающих их практическое использование при проектировании.

Для создания методологической базы объединения ДСЭ в единую электрическую сеть могут быть адаптированы методы, широко используемые при проектировании традиционных энергосистем высокого напряжения. Так, сложная структура электрической сети, объединяющей несколько ДСЭ, может быть представлена в виде графов [12]. Пример графа электрической сети, объединяющей три ДСЭ, приведен на рис. 1.

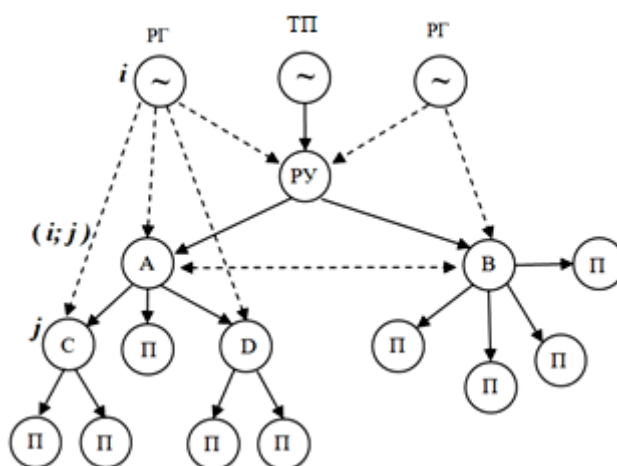


Рис. 1. Пример графа электрической сети, объединяющей ДСЭ:
 i, j – узлы графа; $(i; j)$ – ветвь графа между i -й и j -й вершинами

Узлами графа являются компоненты ДСЭ: распределительные устройства (РУ), распределительные пункты (А-Д), источники (РГ, ТП) и потребители электроэнергии (П). Узлы характеризуются мощностями источников и нагрузки. Ветви графа – линии электропередач.

Ветви характеризуются направлением передачи мощности, удельным сопротивлением, протяженностью, затратами на передачу электроэнергии. Пунктирными линиями на рис.1 показаны все возможные варианты объединения узлов ДСЭ с источниками питания и потребителями электроэнергии.

При объединении ДСЭ вначале следует установить заведомо нецелесообразные или малоэффективные пути передачи электроэнергии. Это производится путем оценки ветвей и узлов графа по ряду ограничивающих критериев. Для узлов обязательным является оценка отклонения напряжения. Ветви графа могут быть оценены по ряду критериев:

- пропускной способности ЛЭП;
- наибольшему целесообразному расстоянию передачи мощности с учетом потерь;
- наибольшему целесообразному расстоянию передачи мощности с учетом экономических затрат;
- другим критериям.

Для выбора окончательной топологии электрической сети предложено сравнивать возможные топологии (возможные графы) по их структурно-топологическим свойствам. Для этого определен перечень структурно-топологических характеристик, расчет которых следует проводить для каждого графа [13]:

- связность структуры s (чем выше значение связности, тем потенциально более надежной является топология электрической сети);
- структурная избыточность R (наиболее экономичная топология должна иметь минимальное количество избыточных электрических связей);
- неравномерность распределения связей ε^2 (характеризует недоиспользование возможностей заданной топологии в достижении максимальной связности);
- структурная компактность Q (чем меньше Q , тем меньше разделяющих связей в топологии, и тем топология более компактна);
- степень централизации в структуре δ (высокое значение δ предъявляет повышенные требования к пропускной способности центрального элемента в топологии электрической сети).

Совокупный учет всех структурно-топологических характеристик предложено осуществлять посредством интегрального показателя оценки сравниваемых топологий с помощью метода взвешенных сумм критериев [14, 15] по выражению

$$K_j = \sum_{i=1}^M k_i P_{ij}, i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, N, \quad (1)$$

где N – количество сравниваемых топологий; M – количество сравниваемых структурно-топологических характеристик; P_{ij} – приведенная оценка i -й характеристики j -й топологии; k_i – средневзвешенный коэффициент ценности i -й характеристики, определяемый с помощью метода взвешенных сумм критериев.

С точки зрения структурно-топологического анализа наиболее оптимальной топологии электрической сети будет соответствовать максимальное значение критерия K_j .

Функционирование электрической сети, объединяющей ДСЭ, направлено на повышение эффективности электроснабжения за счет максимального использования всего потенциала распределенной генерации. Поэтому в качестве критерия, позволяющего оценить правильность выбора той или иной топологии электрической сети, может быть использована величина «освобожденной» мощности. Под «освобожденной» мощностью следует понимать мощность источников питания, которая после объединения ДСЭ может быть полезно использована в этой электрической сети (для питания новых потребителей) или передана в другую электрическую сеть (при наличии такой возможности). Для приведенного на рис. 1 графа «освобожденная» мощность может быть рассчитана по выражению

$$P_{\text{осв}} = P_{\text{ТП}}^{\text{до}} - P_{\text{ТП}}^{\text{после}} = \sum_{i=1}^m (P_{\Gamma_i} - \Delta P_{\Gamma_i}) = \sum_{i=1}^m \left(P_{\Gamma_i} - \frac{P_{\Gamma_i}^2}{U_{\text{НОМ}}^2} \cdot \sum_{j=1}^k (r_{0j} \cdot l_j) \right), \quad (2)$$

где $P_{\text{ТП}}^{\text{до}}$, $P_{\text{ТП}}^{\text{после}}$ – мощность, потребляемая от ТП до и после объединения ДСЭ в электрической сети; m – число узлов с избытком генерации; P_{Γ_i} – избыточная мощность i -го узла электрической сети; ΔP_{Γ_i} – потери при передаче мощности от i -го узла с избыточной генерацией.

Наибольшая эффективность будет достигнута при максимальном значении данного критерия, когда вся мощность, выработанная источниками РГ, будет использована потребителями или передана через ТП в другую электрическую сеть.

Теоретические результаты

Апробация предложенного подхода выполнена на примере ДСЭ удаленного поселка (рис. 2). Потребители получают питание от ТП 10/0,4 кВ. ДСЭ поселка планируется объединить с двумя ДСЭ, источниками питания которых являются газопоршневая установка (ГПУ) мощностью 100 кВт и ветроэлектрическая станция (ВЭС) мощностью 100 кВт. Суммарная установленная мощность потребителей после объединения ДСЭ составит 250 кВт. Требуется выбрать оптимальную топологию электрической сети, объединяющей ДСЭ.

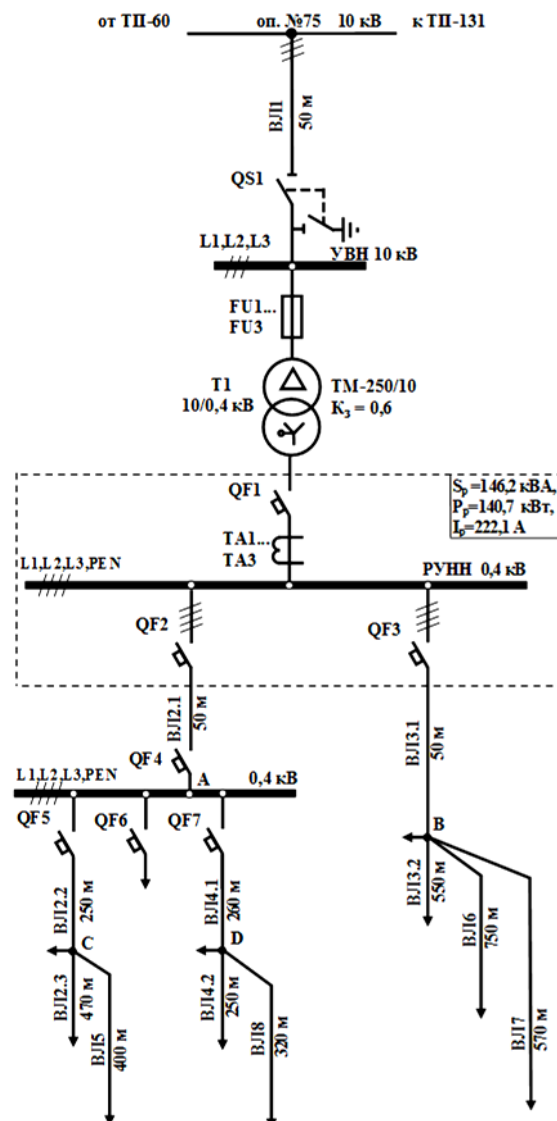


Рис. 2. Однолинейная электрическая схема ДСЭ удаленного поселка

Граф электрической сети соответствует графу на рис. 1. После анализа узлов и ветвей графа по ограничивающим критериям сформировано 13 вариантов топологий электрической сети. Выполнен расчет структурно-топологических характеристик (C , R , ε^2 , Q , Z) и по (1) рассчитана их совокупная оценка. Результаты расчета для топологий с наибольшими значениями K_j приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты структурно-топологического анализа

Топология	C	R	ε^2	Q	δ	K_j
8	59	0	33,8	136	1,60	0,949
9	50	0	37,8	103	1,43	0,958
11	59	0	33,8	136	1,60	0,949
12	50	0	37,8	103	1,43	0,958

Графы электрической сети для топологий K_j показаны на рис. 3.

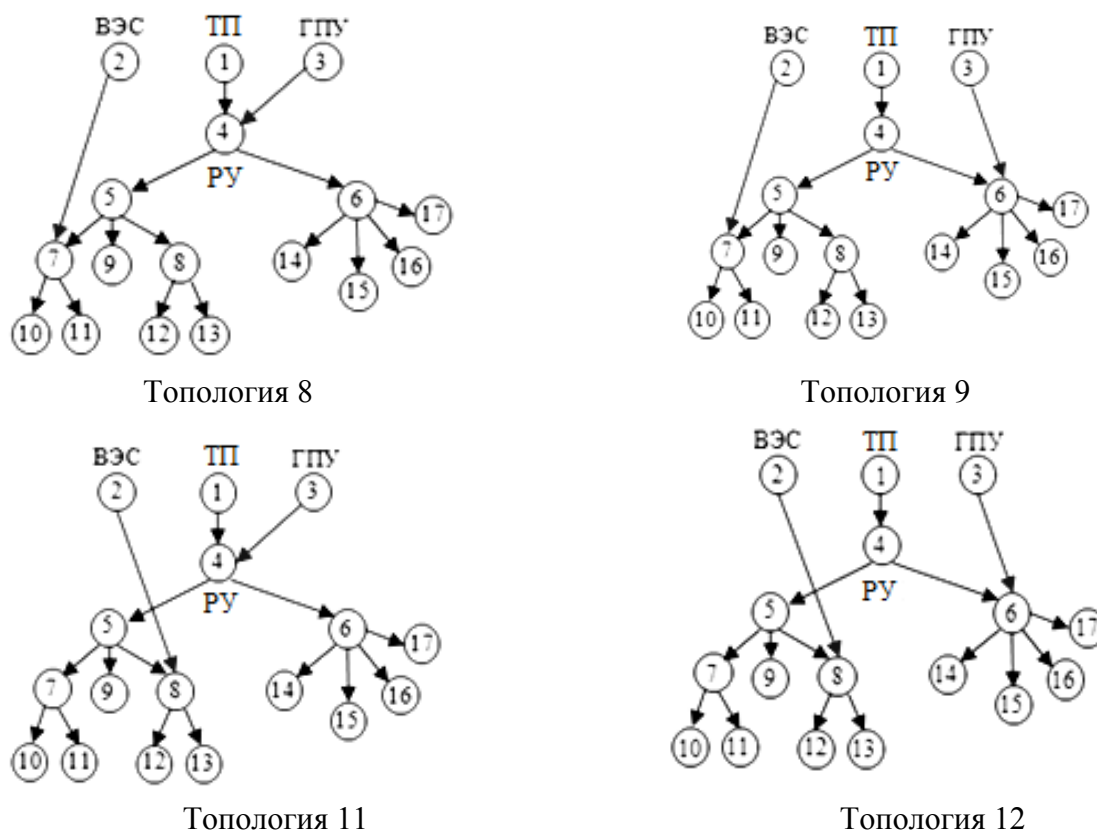


Рис. 3. Топологии электрической сети, объединяющей ДСЭ, с наилучшими результатами структурно-топологического анализа

Проверка корректности полученных теоретических результатов проводилась путем оценки величины «освобожденной» мощности для каждой из 13 топологий по (2).

Исследование критерия «освобожденной мощности»

Для оценки величины «освобожденной» мощности в программном комплексе PSCAD разработана имитационная компьютерная модель рассматриваемой электрической сети. Общий вид PSCAD-модели показан на рис. 4.

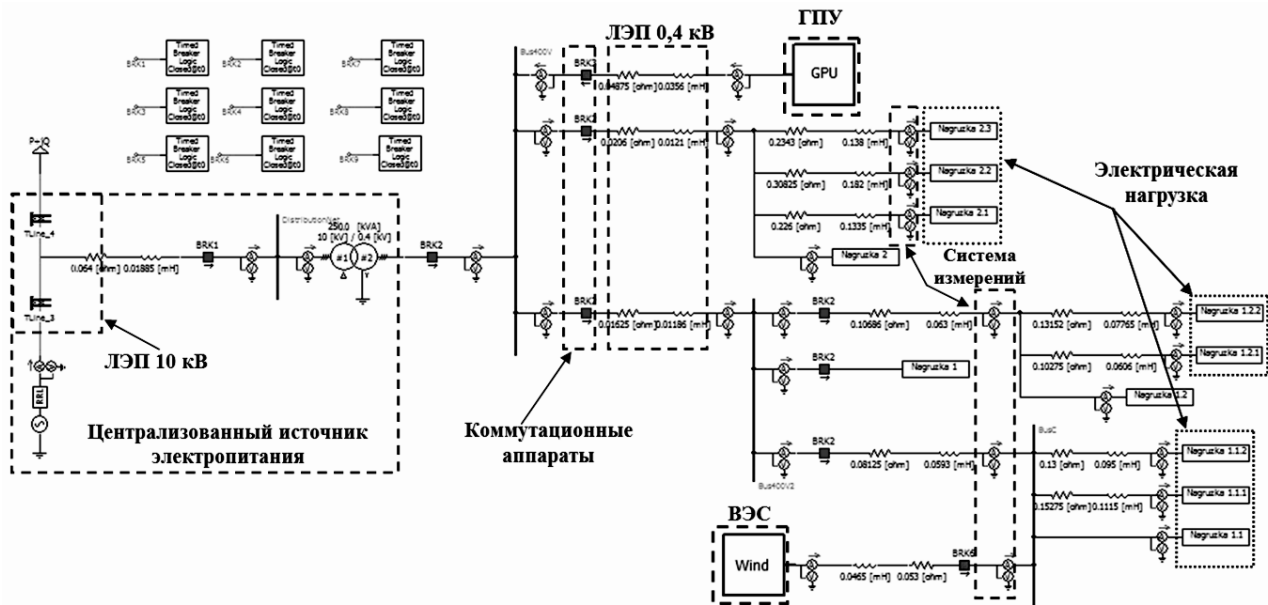


Рис. 4. Общий вид PSCAD-модели электрической сети, объединяющей ДСЭ

В состав PSCAD-модели входят: ВЭС мощностью 100 кВт; ГПУ мощностью 100 кВт; трансформаторная подстанция (ТМ-250/10/0,4), получающая питание от более мощного по сравнению с ГПУ и ВЭС источника (централизованный источник питания); ЛЭП 0,4 и 10 кВ; электрическая нагрузка суммарной мощностью 140,7 кВт; коммутационные аппараты; система измерений. Входные данные – параметры источников питания, ЛЭП и нагрузки.

Произведен расчет мощности, потребляемой от ТП ($P_{ТП}$), для сценария совместной работы ВЭС и ГПУ ($P_{ВЭС,ГПУ}$) при величине нагрузки 70% от установленной мощности. На основе выражения (2) выполнен расчет величины «освобожденной» мощности ($P_{осв}$). Результаты расчета для четырех лучших топологий (табл. 1) приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета критерия «освобожденной» мощности

Параметр	Топология			
	8	9	11	12
$P_{ТП}$, кВт	189,7			
$P_{ВЭС,ГПУ}$, кВт	50,2	51,5	50,7	52,0
$P_{осв}$, кВт	139,5	138,2	139,0	137,7

Полученные результаты в целом совпали с результатами структурно-топологического анализа (табл. 1). Наибольшая величина критерия соответствует топологии 8. Данная топология принята для дальнейших исследований.

На PSCAD-модели для топологии 8 проведены исследования пяти режимов работы:

- режим 1 - питание нагрузки только от РЭС;
- режим 2 - питание нагрузки от РЭС и ВЭС;
- режим 3 - питание нагрузки от РЭС и ГПУ;
- режим 4 - питание нагрузки от РЭС, ВЭС и ГПУ;
- режим 5 - питание нагрузки от ВЭС и ГПУ (изолированный режим).

В каждом режиме имитировались четыре сценария работы, соответствующие изменению потребляемой мощности нагрузки 30, 50, 70 и 100% от установленной.

Параметры режимов, измеренные на шинах наиболее удаленного потребителя при максимальной нагрузке, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры режима при 100%-ной нагрузке на шинах удаленного потребителя

Номер режима	Ток I , А	Напряжение U , В	Отклонение напряжения от номинального δU , %
Режим 1	48,44	350,6	7,73
Режим 2	50,49	365,7	3,76
Режим 3	48,93	355	6,57
Режим 4	51,05	369,7	2,71
Режим 5	40,45	292,8	22,9

Величина отклонения напряжения во всех режимах поддерживается в диапазоне, удовлетворяющем ГОСТ 32144-2013 [21], и не превышает 7,7 %. При включении источников РГ на совместную работу с ТП уровень напряжения у потребителей повышается на 5%. При максимальной нагрузке в режиме 5 (изолированный режим) наблюдается резкое снижение величины напряжения, выходящее за пределы допустимых значений, что связано с дефицитом генерации от ВЭС и ГПУ. При снижении мощности нагрузки до 50% от установленной значение напряжения возрастает и входит в допустимый диапазон. Данный факт свидетельствует о необходимости контроля мощности нагрузки при нарушении питания от ТП.

Выполнена оценка потокораспределения при изменении соотношения мощности, генерируемой источниками РГ и потребляемой нагрузкой. В табл. 4 приведены значения мощности в контрольных точках в режиме совместной работы ТП и источников РГ при различной нагрузке.

Таблица 5

Параметры режима совместной работы ТП, ВЭС и ГПУ

Точка измерения	Мощность в режиме P , кВт		
	100%-ная нагрузка	50%-ная нагрузка	30%-ная нагрузка
Шины 10 кВ ТП	116,3	5,517	-42,46
Шины 0,4 кВ ТП	113,8	4,751	-43,34
Точка А	103,1	39,65	11,35
Точка В	104,1	58,54	39,69
Точка С	23,5	-7,41	-21,49
Точка D	67,04	37,28	23,38

При снижении мощности нагрузки до 50% от установленной наблюдается изменение направления потока мощности на участке подключения ВЭС. При сокращении нагрузки до 30% избыток мощности может быть передан через ТП в обратном направлении.

Режим выдачи избытка генерации от источников РГ через ТП является наиболее интересным и наименее изученным. Для данного режима актуален анализ показателей качества электроэнергии (ПКЭ) на шинах потребителей.

Анализ показателей качества электроэнергии

Анализ ПКЭ в режиме выдачи излишков генерации от источников РГ через ТП выполнен путем физического моделирования режима на лабораторном стенде «виртуальной электростанции», разработанном на кафедре «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника».

Однолинейная электрическая схема и внешний вид стенда представлены на рис. 5 и рис. 6 соответственно и подробно описаны в [16].

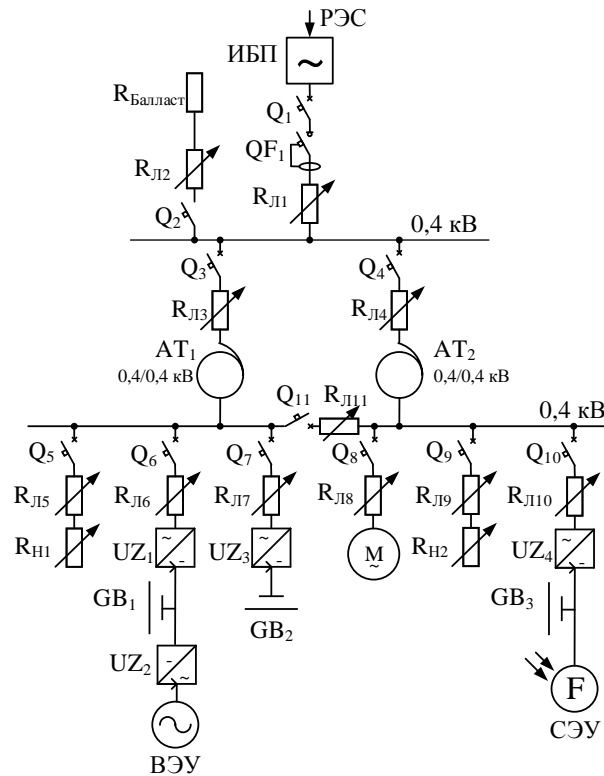


Рис. 5. Однолинейная схема лабораторного стенда:

1 – источник питания; 2 – регулировочный трансформатор; 3 – распределительное устройство;
 4 – активная нагрузка; 5 – имитатор ветроэлектрической установки; 6 – накопитель электроэнергии;
 7 – двигательная нагрузка; 8 – имитатор солнечной электростанции;
 9 – контроллер системы управления

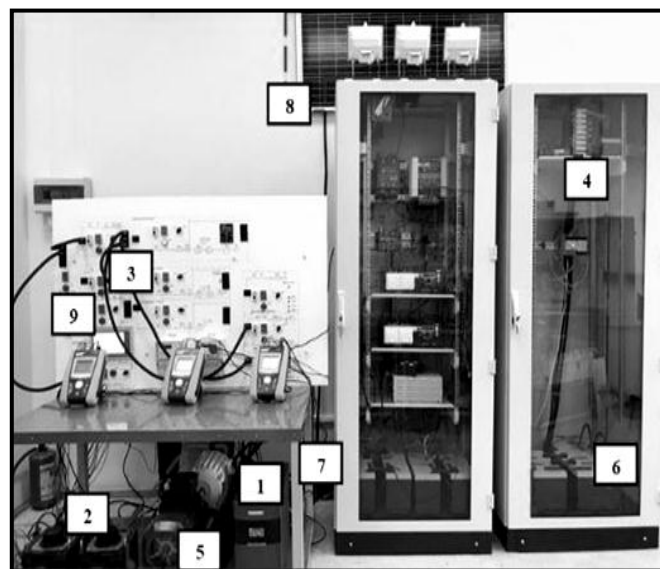


Рис. 6. Внешний вид лабораторного стенда

В основе стенда лежат масштабные модели элементов системы электроснабжения, приведенной на рис. 2. В соответствии с теоремой подобия Кирпичева-Гухмана [17], были пересчитаны параметры системы с коэффициентом масштабируемости, равном 100.

Лабораторный стенд выполнен в однофазном исполнении напряжением 220 В (50 Гц) суммарной установленной мощностью 8,5 кВт [16] и включает девять функциональных блоков (рис. 5).

С помощью лабораторного стенда проведены исследования совместной работы источников РГ (ветроэлектрическая установка и солнечная электростанция) с ТП при динамическом изменении нагрузки и изменении величины генерации источников РГ. Полученные осциллограммы тока и напряжения приведены на рис. 7.

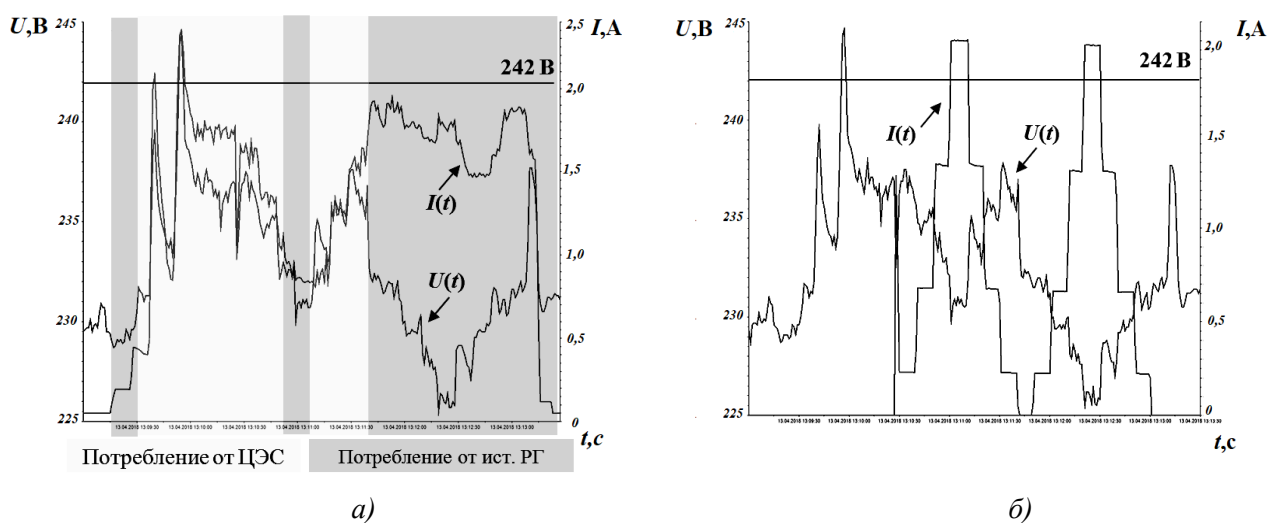


Рис. 7. Осциллограммы тока и напряжения при динамическом изменении нагрузки при совместной работе источников РГ и ТП:
а – на выводах НН трансформатора; *б* – на нагрузке

Результаты исследований показали, что совместная работа двух источников на основе ВИЭ с ТП сопровождается отклонением напряжения на шинах потребителей в 11,4%, что превышает установленный предел по ГОСТ 32144-2013. Включение инвертора в режиме выдачи мощности в «сеть» сопровождается кратковременным возрастанием тока в системе до 70% от тока установившегося режима. Установлено, что величина возрастания тока зависит от внутренних настроек преобразователя и не зависит от параметров внешней сети.

Проведенные с помощью лабораторного стенда исследования показали, что в электрической сети при совместной работе источников РГ и ТП потребители обеспечиваются электроэнергией требуемого качества. Однако в начальный момент выдачи в электрическую сеть мощности от РГ возможны отклонения напряжения выше предельно допустимых значений и возрастание тока. Учет данных факторов необходим при выборе линий электропередач, выборе и настройке аппаратов защиты и автоматики.

Заключение

В статье представлены результаты исследования электрической сети, объединяющей децентрализованные системы электроснабжения с использованием технологий «виртуальной электростанции». Рассмотрены вопросы определения оптимальной топологии такой электрической сети. Основная идея заключается в оценке эффективности и надежности топологии электрической сети с помощью структурно-топологического анализа ее графа. Совокупный учет структурно-топологических характеристик графа (связность структуры, структурная избыточность и др.) предложено осуществлять посредством интегрального показателя оценки методом взвешенных сумм критериев.

В качестве объектов исследования рассмотрены три децентрализованные системы электроснабжения, получающие питание от трансформаторной подстанции, газопоршневой установки и ветроэлектрической станции. Построен граф электрической сети, объединяющей три децентрализованные системы. Для 13 возможных вариантов топологий рассчитаны структурно-топологические характеристики. Выделены четыре варианта топологии с наибольшей величиной интегрального показателя оценки.

Корректность полученных теоретических результатов проверена имитационным компьютерным моделированием. На PSCAD-модели для каждого варианта топологии исследуемой сети выполнена оценка величины «освобожденной» мощности. Результаты имитационного моделирования в целом совпали с теоретическими.

Для режима передачи избытка мощности от источников распределенной генерации на лабораторном стенде проведен анализ качества электроэнергии на шинах потребителей. Проведенные исследования показали, что при проектировании подобных систем необходимо учитывать алгоритмы работы преобразовательного оборудования и производить первичную настройку преобразователей перед подключением источников распределенной генерации к системе. При работе инверторов в режиме выдачи в «Сеть» наблюдались кратковременное увеличение тока до 70% от установившегося значения и отклонения напряжения на 5–20% выше допустимых значений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственное задание №13.2078.2017/4.6 от 31.05.2017 г.).

Библиографический список

1. **Sosnina, E.** Stability Investigation of the Virtual Power Plants Electrical Systems / E. Sosnina [et al.] // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – V. 10. – № 24. – P. 44363–44368.
2. План мероприятий («дорожная карта») «Энерджинет» Национальной технологической инициативы. [Электронный ресурс] URL: http://www.rvc.ru/nti/roadmaps/dk_energynet_new.pdf
3. **Barbosa, J.A.** Decentralised Energy Management System to Virtual Power Plants / J.A. Barbosa [et al.] // International Conference on Renewable Energies and Power Quality. – Granada (Spain). – 2010.
4. **Bahrami, S.** Optimal Placement of Distributed Generation Units for Constructing Virtual Power Plant Using Binary Particle Swarm Optimization Algorithm / S. Bahrami, A. Imari // Electrical & Electronic Systems. – 2014. – V. 3, Issue 2.
5. **Gopiya, N.S.** Optimal Allocation of Distributed Generation in Distribution System for Loss Reduction / N.S. Gopiya, D.K. Khatod, M.P. Sharma // IPCSIT. – 2012. – V. 28. – P. 42–46.
6. **Ivanecký J.** Accelerated Particle Swarm Optimization for Controlling Virtual Power Plant Consisting of Renewable Energy Sources / J. Ivanecký, D. Hropko, M. Kováč // Journal of Energy and Power Engineering. – 2013. – V. 7. – P. 1408–1414.
7. **Hropko D.** Optimal Dispatch of Renewable Energy Sources Included in Virtual Power Plant Using Accelerated Particle Swarm Optimization / D. Hropko, J. Ivanecký, J. Turček // ELEKTRO. – Rajec Teplice. – 2012. – P. 196–200.
8. **Gong, J.** Multiple Objective Compromised Method for Power Management in Virtual Power Plants / J. Gong, D. Xie, C. Jiang, Y. Zhang // Energies. – 2011. – № 4. – P. 700–716.
9. **Lombardi, P.** Optimal Operation of a Virtual Power Plant / P. Lombardi, M. Powalko, K. Rudion // Power & Energy Society General Meeting. – Calgary (Canada). – 2009. – P. 1–6.
10. **Othman M.M.** Operation of Virtual Power Plant in Unbalanced Distribution Networks / M.M. Othman, Y.G. Hegazy, A.Y. Abdelaziz // Electric Power Components and Systems. – 2016. – V. 44 (14). – P. 1620–1630.
11. **Воропай Н.И.** Теория систем для электроэнергетиков: учеб. пособие / Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2010. – 271 с.
12. **Sosnina, E.,** Optimization of Virtual Power Plant with a Distributed Generation / E. Sosnina, A. Shalukho, A. Kechkin // MATEC Web of Conferences. – 2017. – V. 141. – № 01057. [Электронный ресурс] URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201714101057>.
13. **Соснина, Е.Н.** Оптимизация электротехнического комплекса виртуальной электростанции с источниками распределенной генерации / Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, А.Ю. Кечкин // Фёдоровские чтения – 2017: материалы междунар. научно-практич. конф. – М.: Изд. дом МЭИ, 2017. – С. 312–320.
14. **Гудков, П.А.** Методы сравнительного анализа: учеб. пособие / П.А. Гудков. – Пенза, 2008. – 81 с.
15. **Соснина, Е.Н.** Разработка лабораторного стенда для изучения режимов функционирования

- виртуальной электростанции / Е.Н. Соснина [и др.] // Актуальные проблемы электроэнергетики: сб. ст. – Нижний Новгород: НГТУ Р.Е. Алексева, 2017. – С. 137–143.
16. **Веников, В.А.** Теория подобия и моделирования: учеб. пособие для вузов / В.А. Веников. – М.: Высш. шк., 1976. – 60 с.

*Дата поступления
в редакцию 30.06.2018*

E. N. Sosnina, A.V. Shalukho, I.A. Lipuzhin, A. Yu. Kechkin, A. A. Voroshilov

EFFICIENCY IMPROVEMENT OF DECENTRALIZED ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS

Department of Electric Power Engineering, Power Supply and Power Electronics
(Nizhny Novgorod, Russian Federation),
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The problem of the effectiveness of decentralized power supply systems (DPSS) can be solved by combining them on the basis of virtual power plant technologies. The article is devoted to the choice of the optimal topology of an electrical network linking several DPSS.

Methodology: An approach based on graph theory and structural topological analysis is proposed. A study of the possible topologies of the electric network was made using the example of combining three DPSS and optimal variant of topology was chosen taking into account the proposed criteria. The correctness of the proposed approach is verified on the PSCAD-model of this system.

Novelty / value: The issues of the quality of electricity during the linking of DPSS were considered. Recommendations are formulated for designing the corresponding systems.

Key words: virtual power plant, decentralized power supply system, distributed generation, optimal topology, simulation computer model, laboratory stand.