

Перспективы внедрения гексагональных распределительных электрических сетей

Е.Н. Соснина, И.А. Липужин, Е.В. Крюков

В настоящее время в большинстве стран мира, а также в России активно разрабатываются и внедряются интеллектуальные технологии и выпускаются отдельные компоненты, необходимые для создания надежных и эффективных интеллектуальных энергетических систем [1,2]. Реализация технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» в новых условиях инновационной экономики становится ключевым фактором повышения конкурентоспособности страны и гарантией устойчивого экономического роста [3,4].

Интеллектуализация распределительных электрических сетей (РЭС) позволит перейти на новый уровень автоматизации сети (таблица №1) [5,6]. Вновь создаваемые интеллектуальные РЭС среднего напряжения целесообразно выполнять на напряжении 20 кВ [7].

Таблица № 1

Сравнение интеллектуальной и традиционной распределительной сети

№ п/п	Критерий	Интеллектуальная сеть	Традиционная сеть
1	Централизованное автоматическое управление энергопотреблением	есть	нет
2	Система контроля качества электроэнергии	есть	незначительно
3	Система контроля технологических параметров	повсеместно	не развита
4	Автоматизированная система учета электропотребления	повсеместно	недостаточно
6	Системы контроля и управления надежностью электроснабжением	есть	нет
7	Система оценки текущего состояния сети	активная	пассивная

Концепцию интеллектуальных РЭС позволит реализовать равномерно-распределенная электрическая сеть гексагонального типа (рис.1,б), топология которой разработана учеными Нижегородского ГТУ им. Р.Е. Алексеева [8]. Конфигурация сети зависит от площади территории и плотности нагрузок. В вершинах гексагональной распределительной электрической сети (ГРЭС) располагаются узлы нагрузки (УН), имеющие три луча (рис. 1,а): питающий, транзитный и резервный.

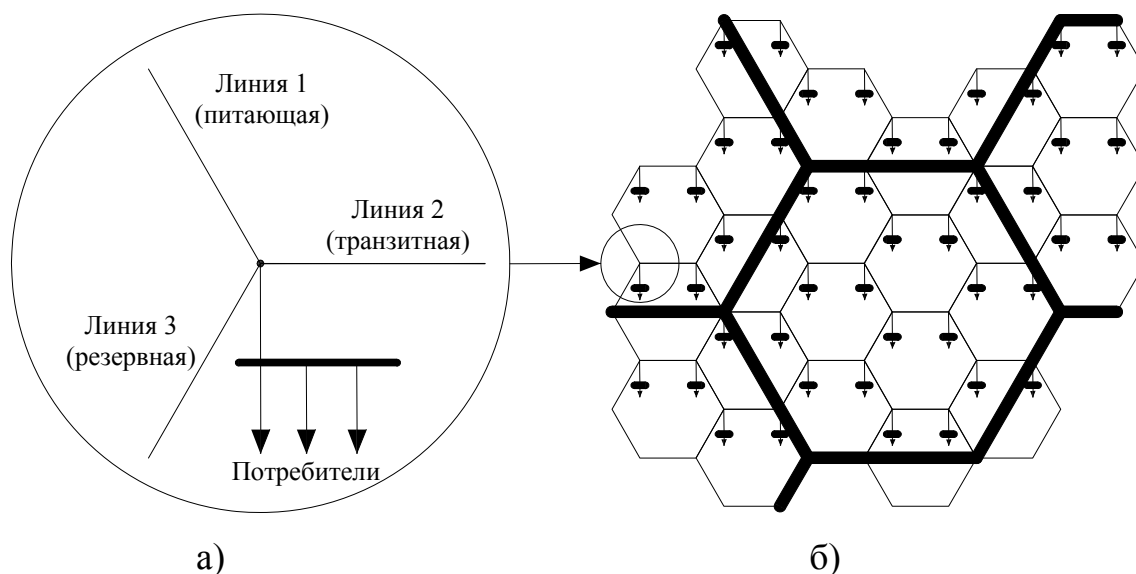


Рис.1. - Принцип формирования распределительной сети и узлов нагрузки

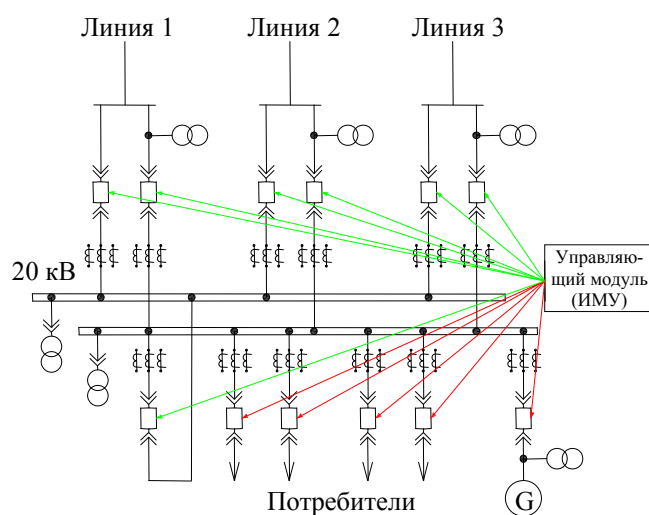


Рис. 2 – Типовая схема универсального узла нагрузки (распределительного пункта РП 20 кВ)

Предложена типовая схема универсального УН ГРЭС (рис. 2). Основным элементом УН является интегрированный модуль управления (ИМУ). ИМУ позволяет реализовать функции управления, защиты, хранения и передачи информации и др. [9].

С технико-экономической точки зрения основными преимуществами предложенной гексагональной сети являются:

1. Полная автоматизация управления электроснабжением.
2. Реализация принципа распределенной генерации.
3. Снижение уровня потерь при транспорте электроэнергии в РЭС.
4. Повышение уровня надежности.
5. Предлагаемая конфигурация сети может реализовываться поэтапно.

Потери при транспорте электрической энергии ΔW оценочно можно определить по формуле:

$$\Delta W = \Delta P \cdot t = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot t = \frac{S^2}{U_{\text{ном}}^2} \cdot R \cdot t, \quad (1)$$

где ΔP – потери активной мощности; t – длительность интервала передачи электроэнергии; S – передаваемая полная мощность; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, R – активное сопротивление участка сети.

Существующие РЭС в крупных городах в своем большинстве функционируют на напряжении 10 кВ, в то время как предложенная сеть использует напряжение 20 кВ. Тогда потери электроэнергии при переходе к напряжению 20 кВ снизятся в k раз:

$$k = \frac{\Delta W_{10}}{\Delta W_{20}} = \frac{\frac{S^2}{10^2} \cdot R \cdot t}{\frac{S^2}{20^2} \cdot R \cdot t} = \frac{20^2}{10^2} = \frac{400}{100} = 4, \quad (2)$$

где ΔW_{10} – потери электроэнергии при номинальном напряжении 10 кВ; ΔW_{20} – потери электроэнергии при напряжении 20 кВ.

Определим, во сколько m раз увеличится надежность системы, по сравнению с традиционной сетью. Под надежностью понимается вероятность безотказной работы [10]. Предположим, что q – вероятность выхода из строя одной питающей линии. Тогда надежность электроснабжения потребителя, получающего питание по этой линии:

$$R_1 = 1 - q . \quad (3)$$

В случае применения ГРЭС, когда к каждому УН подходит три линии (рис. 1,а), с учетом того, что события q независимые, вероятность отключения потребителя $p(A)$ определяется по выражению:

$$p(A) = \prod_{i=1}^3 q_i = q^3 , \quad (4)$$

Тогда вероятность того, что не откажет хотя бы одна линия - $p(B)$:

$$p(B) = 1 - p(A) = 1 - q^3 . \quad (5)$$

Искомая величина m :

$$m = \frac{p(B)}{R_1} = \frac{1 - q^3}{1 - q} . \quad (6)$$

Повышение уровня надежности m зависит от величины q . На рис. 3 приведены зависимости m от q для трехлучевого УН ГРЭС в сравнении с традиционным РП, имеющим два источника питания с автоматическим вводом резерва (АВР) на секционном выключателе (СВ) (кривая 1), и без АВР на СВ (кривая 2).

Вероятность выхода из строя питающей линии q зависит от надежности отдельных элементов УН электрической сети (выключателей, кабельных линий, трансформаторов и др.). Чем сложнее рассматриваемая система, чем больше в ней элементов, тем больше величина q , и тем больше значение m .

В традиционной РЭС электроснабжение потребителей, как правило, осуществляется от двух источников питания, причем каждый потребитель получает питание по своей линии. При выходе из строя питающей линии, потребители третьей и второй категории (при отсутствии АВР) отключаются. В данном случае можно применить формулу (6).

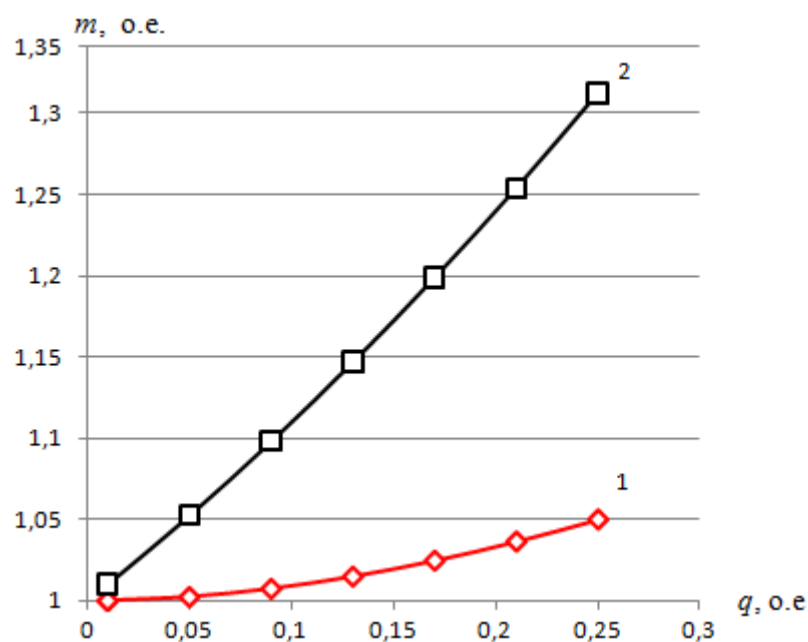


Рис. 3 – Зависимость повышения уровня надежности трехлучевого УН ГРЭС от величины вероятности выхода из строя питающей линии

Вероятность выхода из строя питающей линии q определяется по статистическим данным и является функцией времени t . Причем $q = f(t)$ является убывающей функцией и может принимать значения от 0 до 1. Учитывая, значительный износ электрооборудования существующих распределительных сетей (до 70%) [11], можно рассчитывать на увеличение уровня надежности до 30% (рис. 3, кривая 2).

Выводы:

Равномерно-распределенные сети гексагонального типа позволят построить энергетику на базе Smart Grid и решить существующие проблемы: низкое качество электроэнергии, недостатки резервов мощности, высокую плотность нагрузок и высокие потери электроэнергии. Реализация проекта должна быть осуществлена поэтапно: от пилотного проекта до внедрения в крупных городах. В каждом конкретном случае должны быть проведены технико-экономические расчеты, позволяющие оценить эффективность внедрения гексагональных сетей. *Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (гос. контракт №14.516.11.0104 от 14.10.2013).*

Литература:

1. Задорожний А.В., Огороков Р.В. Основные эффекты реализации технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» [Текст] // Вестник ИГЭУ, 2013. – №2. – С. 78-84.

2. Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses/files/documents/smart_grid_projects_in_europe_lessons_learned_and_current_developments.pdf (доступ свободный) Дата обращения 02.09.2013г. – Яз. англ.

3. Гибадуллин А.А. Модернизация электроэнергетики [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/797> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

4. Боровик А.С. Концептуальные основы модернизации региональной экономики [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/389> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Бердников Р.Н., Бушуев В.В., Васильев С.Н., и др. Концепция интеллектуальной энергетической системы России с активно-адаптивной сетью [Текст] / М.: ФСК ЕЭС, 2012. – 236 с.

6. Smart Grid Today: UC San Diego gears up for «smart microgrid» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.Poweranalytics.com/company/pdf/ucsd_smart_grid.pdf (доступ свободный) Дата обращения 01.09.2013г. – Яз. англ.

7. Соснина Е.Н., Липужин И.А. Внедрение сетей напряжением 20 кВ для распределительных электрических сетей России [Текст] // Сборник трудов XIII международ. научн.-практ. конф. «Федоровские чтения - 2013», М.: Изд. дом МЭИ, 2013. – С. 159-163.

8. Пат. №2484571 РФ, МПК7 H02J 4/00. Система передачи электрической энергии [Текст] / Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А.: заявитель и

патентообладатель ФГБОУ ВПО НГТУ. – № 2011154308/07; заявл. 28.12.2011; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16. – 10 с.: ил.

9. Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н., Лоскутов А.А.. Новый подход к построению электрических распределительных сетей России [Текст] // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова, 2011. – №3. – С. 148-152.

10. Папков, Б.В. Надежность и эффективность электроснабжения [Текст]: Учебн. пособие / Б.В. Папков, Д.Ю. Пашали – Уфа, 2005. – 380 с.

11. Износ распределительных сетей составляет 70% - В.Путин [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://mekelektro.ru/novosti/iznos_raspreditelnyh_setej_sostavlyayet_70_vputin/ (доступ свободный) Дата обращения 12.10.2013г. – Яз. рус.