11. Dogoda P.A., Krasovskiy V.V. Analiz sushchestvuyushchikh teoriy raboty rotatsionnogo rezhushchego apparata kosilki dlya skashivaniya sideratov v mezhduryad'yakh mnogoletnikh nasazhdeniy [Analysis of the existing theories of the rotary cutting unit for cutting in-row siderates grown alongside with perennial crops] // Nauchnyye trudy yuzhnogo filiala Natsional'nogo universiteta bioresursov i prirodopol'zovaniya Ukrainy "Krymskiy agrotekhnologicheskiy universitet". Seriya: tekhnicheskiye nauki. Simferopol', 2013; 153: 164-175. (In Rus.).

12. Goryachkin V.P. Sobraniye sochineniy v semi tomakh [Collection of works in seven volumes] / Ed. by N.D. Luchinskiy, V.A. Zheligovskiy, I.F. Vasilenko. Moscow, Sel'khozizdat, 1937. (In Rus.).

13. Trubilin Ye.I., Ablikov V.A. Mashiny dlya uborki sel'skokhozyaystvennykh kul'tur (konstruktsii, teoriya i raschet) [Machines for crop harvesting (designs, theory and calculation)]: Ucheb. pos. 2nd ed., reviewed and extended. KGAU, Krasnodar, 2010: 352. (In Rus.).

14. Arkhiptsev Yu.F., Kotelenets N.F. Asinkhronnyye elektrodvigateli [Asynchronous electric motors]. 2nd ed., Moscow, Energoatomzidat, 1986: 104. (In Rus.).

15. Turbin B.G., Lur'ye A.B. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny. Teoriya i tekhnologicheskiy raschet [Agricultural machines. Agricultural equipment. Theory and technological calculation]. L., Mashinostroyeniye, 1967: 578. (In Rus.).

16. Zenkevich S.L., Yushchenko A.S. Osnovy upravleniya manipulyatsionnymi robotami: Uchebnik dlya vuzov [Fundamentals of manipulation robots: Study manual for university students]. 2nd ed., reviewed and extended. Moscow, MGTU im. N.E. Baumana, 2004: 480. (In Rus.).

17. Sommer Ulli. Programmirovaniye mikrokontrollernykh plat Arduino/Freeduino [Programming of microcontroller cards Arduino Freeduino]. SPb.: BKHV-Peterburg. 2012: 256. (In Rus.).

18. Andreyev S.A., Starovoytov V.N. Opredeleniye ustoychivosti UKV-radiosvyazi na EVM [Computer-added determination of the stability of VHF radio communication]. *Modelirovaniye i upravleniye v bioinformatsionnykh tekhnologiyakh sel'skogo khozyaystva: Sbornik nauchnykh trudov MGAU im. V.P. Goryachkina*. Moscow, MGAU im. V.P. Goryachkina, 1997: 62-73. (In Rus.).

19. Radioperedayushchiye ustroystva: Uchebnik dlya vuzov [Radio transmitting devices: Study manual for university students] / V.V. Shakhgil'dyan, V.B. Kozyrev, A.A. Lyakhovkin et al.; ed. by V.V. Shakhgil'dyan. 3rd ed., reviewed and extended. Moscow, Radio i svyaz', 2003: 560. (In Rus.).

20. Khrustalev D.A. Akkumulyatory. Printsip deystviya i ustroystvo [Stiorage batteries. Principle of operation and design scheme]. Moscow, Izumrud, 2003: 224. (In Rus.).

The paper was received on March 14, 2018

УДК 631.371:621.31-048-35 **DOI 10.26897/1728-7936-2018-5-69-74**

СУХОВ АНДРЕЙ АНДРЕЕВИЧ, *аспирант*
E-mail: mail.Andrey_91@mail.ru

СТУШКИНА НАТАЛЬЯ АЛЕКСЕЕВНА, *канд. техн. наук, доцент*
E-mail: nstushkina@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

В условиях автоматизации процессов и применения все более высокотехнологичных энергопринимающих устройств особую актуальность приобрела задача надежного и бесперебойного электроснабжения объектов сельского хозяйства. Основной особенностью электроснабжения сельскохозяйственных потребителей является то, что на 1 км^2 площади приходится в среднем не более 15 кВт потребляемой мощности. В соответствии с этим превалирующая часть затрат (порядка 70%) на электроснабжение сельскохозяйственных потребителей приходится на строительство распределительных сетей 0,4-10 кВ. Во многих сельских сетях напряжение в сети с фазным напряжением 0,22 кВ колеблется на уровне от 0,18 до 0,26 кВ, что не соответствует требованиям ГОСТ-32144-2013. Данные за последние несколько лет показали, что общая присоединенная мощность энергопринимающих устройств в различных регионах России гораздо меньше мощности всех поданных заявок потребителями в сетевые организации. К решению проблемы можно привлечь самих потребителей электроэнергии. Рассмотрена возможность использования распределенной генерации, установленной в непосредственной близости от мест потребления электроэнергии. Расположение генерирующих мощностей в непосредственной близости от конечного потребителя позволяет снижать или, в некоторых случаях, полностью исключать из тарифа

на электроэнергию составляющую, приходящуюся на строительство и эксплуатацию магистральных и системообразующих сетей. Использование распределенной генерации позволит выбрать необходимые уровни надежности и качества электроснабжения потребителей, привлечь частные инвестиции в развитие электроэнергетики России. Это позволит снизить тарифы на электроэнергию для потребителей путем создания конкурентной среды не только для производителей, но и потребителей электроэнергии и формирования условий для оптимизации структуры и режимов работы генерации, распределительных сетей и потребителей.

Ключевые слова: электрические распределительные сети сельского назначения 0,4-10 кВ, централизованная генерация, распределенная генерация, тариф на электроэнергию, надёжность электроснабжения, качество электроэнергии.

Введение. В условиях автоматизации процессов и применения все более высокотехнологичных энергопринимающих устройств актуальна задача надежного и бесперебойного электроснабжения объектов сельского хозяйства. Для этого необходимо провести комплекс мероприятий, включающих в себя как технические, организационно-экономические аспекты, так и внедрение новых технологий, и надлежащее правовое регулирование.

К сетям электроснабжения потребителей сельской местности относятся сети напряжением менее 110 кВ, по которым поставляется электроэнергия в основном (свыше 50% расчетной нагрузки) сельскохозяйственным потребителям (в т.ч. на культурное обслуживание, производственные и коммунально-бытовые нужды и мелиорацию) [1].

Данные за последние несколько лет показали, что общая присоединенная мощность энергопринимающих устройств в различных регионах России гораздо меньше мощности всех поданных заявок потребителями в сетевые организации. Основными причинами являются: отсутствие технической возможности осуществления технологического присоединения (высокая степень износа электросетевого оборудования и недостаточно высокая скорость ввода новых генерирующих мощностей), высокая плата по договору об осуществлении технологического присоединения из-за дорогостоящих мероприятий по усилению существующих и строительству новых сетей электроснабжения, длительные сроки выполнения необходимых мероприятий [2].

Также к проблемам сельских распределительных сетей относится неудовлетворительное качество электроэнергии у конечных потребителей. Во многих сельских сетях напряжение в сети с фазным напряжением 0,22 кВ колеблется на уровне от 0,18 до 0,26 кВ при нормальном отклонении напряжения в точке поставки ±10% номинального или согласованного значения напряжения в течение 100% времени интервала в одну неделю [3].

Изначально, при формировании системы электроснабжения потребителей сельской местности, применялась радиальная топология как питающих, так и распределительных сетей. При этом сети напряжением 35 и 10 кВ выполнялись без использования устройства автоматического повторного включения и применения секционирования. Данное решение было обусловлено сравнительно небольшими плотностями нагрузок. Понижающие подстанции напряжением 35 кВ и ниже часто сооружались в однотрансформаторном исполнении, малой мощности, и на каждую из них приходилось свыше 200 км воздушных линий напряжением 10 кВ. В настоящее время в отдельных районах России данные схемы не изменились, что, в свою очередь, исключает возможность надежного электроснабжения сельских потребителей.

Решить все перечисленные проблемы силами электросетевых организаций практически невозможно в связи с огромными капиталовложениями как в реконструкцию существующих электроэнергетических сетей, так и в строительство новых трансформаторных подстанций 110/35 кВ и электростанций.

К решению проблем можно привлечь самих потребителей электроэнергии.

Цель работы – рассмотреть возможность применения распределенной генерации для электроснабжения сельских потребителей.

Материал и методы. В последние годы в России наметилась тенденция к развитию распределенной генерации. Возможность увеличения распределенной генерации обсуждали участники Всероссийской конференции «Развитие малой распределенной энергетики в России», организатором которой выступило ЗАО «Агентство по прогнозированию балансов в электроэнергетике».

Распределенная генерация – генерация, присоединенная к распределительной сети на среднем (до 30 кВ) и низком (менее 1 кВ) напряжении (рис. 1).

Зарубежная практика изменения подсистемы производства электроэнергии на данный момент проявляется тенденцией внедрения большого числа малых источников электроэнергии, работающих на возобновляемых ресурсах (ветер, вода, солнце) [4-6]. На сегодняшний день в США функционируют порядка 12 млн установок распределенной генерации (единичной установленной мощностью до 60 МВт) общей мощностью более 220 ГВт, годовой прирост составляет около 5 ГВт [7]. Также на распределенную генерацию в странах Европейского союза приходится порядка 10% от суммарного объема производства электроэнергии.

Развитие малых распределенных электростанций в России имеет свои особенности. Этот процесс в большей степени связан с созданием собственных источников энергии на основе газопоршневых двигателей и газовых турбин. Сейчас в России функционируют более 50 тысяч объектов малой распределенной генерации, установленная мощность распределённой генерации составляет порядка 1,57% от общей установленной мощности (рис. 2).

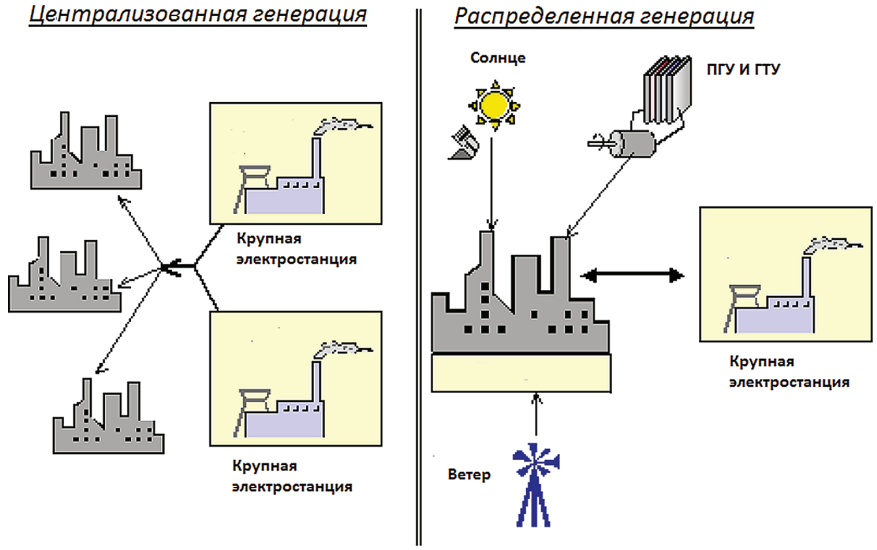


Рис. 1. Централизованная и распределенная генерация

Расположение генерирующих мощностей в непосредственной близости от конечного потребителя позволяет снижать или, в некоторых случаях, полностью исключать из тарифа на электроэнергию составляющую, приходящуюся на строительство и эксплуатацию магистральных и системообразующих сетей.

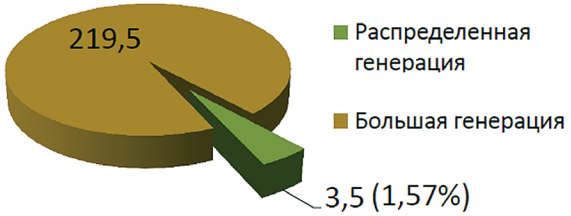


Рис. 2. Установленная мощность генерирующего оборудования в России, ГВт

Цена на электроэнергию уже неприемлема и в рамках инвестиционного сценария продолжает расти. Цена строительства по некоторым пунктам достигает 9 тыс. руб. за киловатт установленных мощностей. Кроме того, в большой энергетике нет достаточного количества частных инвестиций, основные средства идут от государства – 85% и выше.

Результаты и обсуждение.

Преимущества внедрения распределенной генерации:

1. Потребитель обеспечивает себя надежным электроснабжением энергопринимающих устройств независимо от состояния централизованной электроэнергетической сети, а также от её режима работы, так как источник малой генерации может работать изолированно.

2. Потребитель может извлечь экономическую выгоду от использования собственных источников генерации. Например, компания Tampa Electric, обеспечивающая электроэнергией и природным газом штат Флорида, ввела программу, позволяющую владельцам резервных генераторов, способным к ценозависимому снижению потребления в пиковые часы более чем на 25 кВт, ежемесячно получать оплату за каждый кВт снижения потребления путем включения резервных генераторов. Энергокомпания направляет сигнал потребителю, указывающий на необходимость снижения потребления. При этом у потребителя есть 30 мин на включение своих генерирующих мощностей.

Таким образом, конечным потребителям электроэнергии предоставляется возможность выступать в том числе в качестве производителей и продавцов. Данная программа позволяет использовать резервные генераторы не только в случае возникновения аварии в питающей сети, приводящей к невозможности получать электроэнергию централизовано, но и загружать их в часы пиковой загрузки энергосистемы, когда цены на потребляемую электроэнергию наиболее высокие, получая тем самым положительный экономический эффект.

3. Сбор распределенных мощностей в единый центр управления создаст потенциальный объем генерации. Поэтому с высокой вероятностью управление большим количеством локальных генераторов, установленных у отдельных потребителей электроэнергии, станет перспективным направлением развития специализированных компаний.

Сложности внедрения распределенной генерации:

1. Необходимость подключения к централизованной сети электроснабжения для резервирования и возможности обеспечения электроэнергией потребителя в случае выхода из строя генерирующего оборудования или возникновения ситуаций, в которых будет невозможно использовать собственные источники питания. Таким образом, подключение распределенной сети электростанций приводит к изменению направлений передачи потоков мощ-

ности в установившихся режимах, создает условия для двухстороннего питания места повреждения в случаях возникновения аварийных ситуаций.

2. Повышение требований к автоматизации и технологиям управления распределительными сетями [8].

3. Подключение к единой энергосистеме большого количества распределённой генерации во многом зависит от суммарной мощности нагрузки и генерации и их соотношения, а также от состояния сети. При значительной мощности всех присоединяемых распределенных генераторов возникают трудности с расчетом электрических режимов и диспетчеризацией. Также особенностью газопоршневых двигателей являются сравнительно малые постоянные инерции и более простые системы регулирования, чем у генераторов большой мощности, что усложняет обеспечение устойчивости электроэнергетической системы.

4. При присоединении распределенной генерации к единой электроэнергетической сети возникают проблемы с обеспечением устойчивости, что приводит к необходимости развития и реконструкции систем релейной защиты и автоматики. Диапазоны рабочих токов защищаемых объектов расширяются, это может стать причиной таких проблем функционирования существующей системы релейной защиты, как:

– снижение чувствительности защиты, установленной со стороны внешней сети;

– увеличение времени отключения КЗ (при каскадных действиях РЗ);

– излишние срабатывания защиты.

5. Для нормального функционирования большого количества распределённой генерации в составе единой централизованной системы электроснабжения, кроме возможности дистанционной передачи информации о режимных параметрах, должна быть организована возможность дистанционного управления режимом работы каждого генератора в отдельности. Из единого диспетчерского центра в режиме реального времени должен осуществляться мониторинг состояния сети и нагрузки в энергосистеме. На основании информации о состоянии сети и равновесных ценах на электроэнергию, а также сбытовых надбавках и транспортной составляющей в тарифе на электроэнергию для конечных потребителей будет приниматься решение о загрузке тех или иных генераторов малой мощности.

6. Само измерение потребляемой и производимой электроэнергии для владельцев распределенной генерации представляет проблему. В случае использования двунаправленных приборов учета электроэнергии брать в расчет нетто-результат для определения объема превышения потребленной электроэнергии над произведённой или наоборот и на основании этого объема осуществлять расчет по стандартным розничным тарифам не представляется возможным. Это вызвано как различием цены на электроэнергию в разные часы суток, так и тем, что цена покупки, как правило, превышает цену продажи электроэнергии, так как включает в себя в том числе оплату сбытовых надбавок, содержания электросетевого хозяйства и потерь электроэнергии в сетях, услуг инфраструктурных организаций и пр. Вследствие чего потребитель, владеющий генератором малой мощности, будет получать оплату услуг, которые он по факту не оказывает.

Выводы

1. Внедрение распределенной генерации в схемы электроснабжения сельских потребителей позволит:

– выбирать необходимые уровни надежности и качества энергоснабжения;

– снизить затраты на транспорт электроэнергии (транспортная составляющая в тарифе на электроэнергию достигает порядка 70%);

– снизить тарифы на электроэнергию для потребителей путем создания конкурентной среды не только для производителей, но и потребителей электроэнергии и формирования условий для оптимизации структуры и режимов работы генерации, распределительных сетей и потребителей;

– привлечь частные инвестиции в развитие электроэнергетики России.

2. Нормативный срок службы для большинства сетевого оборудования составляет 35 лет. На сегодняшний день более 30% эксплуатируемого оборудования старше нормативного срока. При этом с 2020 по 2035 г. для поддержания сетевого комплекса в состоянии, соответствующем настоящему времени, потребуется заменить порядка 40% оборудования, а для вывода из эксплуатации всего оборудования старше 35 лет – заменить более 70% электросетевого хозяйства. Таким образом, в условиях необходимости обновления сетевого оборудования на современное применение распределённой генерации становится более актуальным.

3. Применение распределенной генерации для электроснабжения сельских потребителей требует пересмотра традиционных подходов к проектированию питающих и распределительных сетей, которые должны позволять нормально функционировать большому количеству генераторов малой мощности, присоединённых на уровнях напряжения менее 35 кВ [9].

Требуется разработка новой программы развития электроэнергетики, которая будет основываться на внедрении инновационных подходов построения электросетевого комплекса, соответствующих современным потребностям как социального, так и общественного развития и при этом учитывающих основные направления научно-технического прогресса. На сегодняшний день подходом построения энергетики в целом и электросетевого комплекса в частности, отвечающим заявленным требованиям, является технология Smart Grid (SMART – Self Monitoring Analysisand Reporting Technology – технология самодиагностики, анализа и отчета, GRID (англ.) – энергосеть) [10].

4. Развитие распределённой генерации и обновление электросетевого комплекса являются дополняющими друг друга областями. Возможность подключения к единой электроэнергетической сети распределенной генерации открывает множе-

ство возможностей для владельцев генераторов. При этом сетевые организации также будут передавать излишки электроэнергии, производимой распределенной генерацией, по своим сетям. В свою очередь, сбытовые организации могут рассматривать распределённую генерацию как привлекательное направление для инвестиций.

Библиографический список

1. Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей / Д.Л. Файбисович, И.Г. Карапетян, И.М. Шапиро. М.: ЭНАС, 2012. 376 с.

2. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 № 861 (ред. от 18.04.2018) // Собрание законодательства РФ. 27.12.2004. № 52. Ч. 2. Ст. 5525.

3. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.

4. Samper M.E., Vargas A., Rivera S. Fuzzy assessment of electricity generation costs applied to distributed generation. comparison with retail electricity supply costs // 2008 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2008; 13-15 Aug. DOI: 10.1109/TDC-LA.2008.4641771.

5. Jenkins N., Ekanayake J., Strbac G. Integration of distributed generation in electricity system planning. Distributed Generation, 2010; 142-147. DOI: 10.1049/PBRN001E_ch.

6. Liu Zhijian, Yan Jun, Song Qi. Optimal power flow research on distributed network considering distributed generation. China International Conference on Electricity Distribution (CICED), 2016. DOI: 10.1109/CICED.2016.7576148.

7. Ромеро-Агуэро Х. Какое будущее ожидает энергетические системы? // Transmission & Distribution World. Russian Edition. 2015. № 2 (29). С. 38-42. URL: http://eepir.ru/component/flippingbook/book/28/1.html?page=38.

8. Родионова М. Открытый семинар «Технические аспекты внедрения собственной генерации: организация процесса решения проблемных технических вопросов». РНКСИГРЭ // Электроэнергия. Передача и распределение. 2015. № 3 (30). С. 114-119.

9. Кобец Б.В., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. М.: ИАЦ Энергия, 2010. 208 с.

10. Глущенко П.В. Активно-адаптивные электросети: интеллектуальный мультиагентный диагностико-прогнозирующий комплекс и интеллектуальный алгоритм мультиагента решений диагностического мониторинга // Управление экономическими системами: Электронный научный журнал. 2014. № 8 (68). С. 1.

Статья поступила 23.04.2018

MODERNIZATION OF POWER SUPPLY SYSTEMS OF RURAL CONSUMERS BY INTRODUCING DISTRIBUTED GENERATION

ANDREY A. SUKHOV, *PhD student*
E-mail: mail.Andrey_91@mail.ru

NATALIA A. STUSHKINA, *PhD (Eng), Associate Professor*
E-mail: nstushkina@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 127550, Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, Russian Federation

Recently, in the conditions of the automation of processes and wider application of high-tech power receiving devices, the task of ensuring reliable and uninterrupted power supply of agricultural facilities has become especially relevant. The main feature of farm power supply is the low density of loads (not exceeding 15 kW/km^2). This predetermines significant costs of the construction of 0.4 and 10 kV distribution grids, which account for 70% of the total costs of rural power supply. In many rural grids, the voltage in a grid with a phase voltage of 0.22 kV fluctuates at the level of 0.18 kV, which does not correspond to the requirements of GOST-32144-2013. The past few years have shown that the total connected capacity of power receiving devices in different regions of Russia is much less than the power of all applications submitted by consumers to utility organizations. To solve the problems listed above, it is possible to attract the consumers of electricity themselves. The paper considers the importance of using distributed generation installed in the immediate proximity to the areas of power consumption. The location of generating facilities in close proximity to the end user allows reducing, or, in some cases, completely excluding the component related to the construction and operation of transmission and backbone networks from electricity tariffs. The use of distributed generation will make it possible to select the necessary levels of reliability and the quality of power supply for consumers, to attract private investments into the development of Russia's electric power industry. This will allow reducing electricity tariffs for consumers by establishing a competitive environment not only for producers but also

for power consumers and making conditions for optimizing the structure and operating modes of generation, distribution grids and consumers.

Key words: rural power distribution grids of 0.4-10 kV, centralized generation, distributed generation, electricity tariff, reliability of power supply, quality of electricity.

References

1. Faybisovich D.L. Spravochnik po proyektirovaniyu elektricheskikh setey [Handbook on the design of electrical networks] / D.L. Faybisovich, I.G. Karapetyan, I.M. Shapiro. Moscow, ENAS, 2012: 376. (In Rus.).

2. Postanovleniye Pravitel'stva RF ot 27.12.2004 No. 861 (red. ot 18.04.2018) [Resolution of the Government of the Russian Federation No. 861 of 27 December 2004 (as amended on 18.04.2018)]. *Sobraniye zakonodatel'stva RF*, 27.12.2004. No. 52. Chapter 2. Art. 5525. (In Rus.).

3. GOST 32144-2013 Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya [GOST 32144-2013 Electrical energy. Electromagnetic compatibility of technical means. Quality standards of electric energy in general-purpose power supply systems]. Moscow, Standartinform, 2014: 16. (In Rus.).

4. Samper M.E., Vargas A., Rivera S. Fuzzy assessment of electricity generation costs applied to distributed generation. comparison with retail electricity supply costs // 2008 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2008: Aug. 13-15. DOI: 10.1109/TDC-LA.2008.4641771.

5. Jenkins N., Ekanayake J., Strbac G. Integration of distributed generation in electricity system planning. Distributed Generation, 2010: 142-147. DOI: 10.1049/PBRN001E_ch.

6. Liu Zhijian, Yan Jun, Song Qi. Optimal power flow research on distributed network considering distributed generation. China International Conference on Electricity Distribution (CICED), 2016. DOI: 10.1109/CICED.2016.7576148.

7. Romero-Aguero Kh. Kakoye budushcheye ozhidayet energeticheskiye sistemy? [What is the future of energy systems?]. *Transmission & Distribution World. Russian Edition*, 2015; 2 (29): 38-42. URL: http://eepir.ru/component/flippingbook/book/28/1.html?page=38.

8. Rodionova M. Otkrytyy seminar "Tekhnicheskiye aspekty vnedreniya sobstvennoy generatsii: organizatsiya protsessa resheniya problemnykh tekhnicheskikh voprosov" [Open seminar "Technical aspects of the implementation of independent power generation: organization of solving problematic technical issues]. RNKSIGRE. *Elektroenergiya. Peredacha i raspredeleniye*, 2015; 3 (30): 114-119. (In Rus.).

9. Kobets B.V., Volkova I.O. Innovatsionnoye razvitiye elektroenergetiki na baze kontseptsii Smart Grid [Innovative development of electric power industry based on the concept of Smart Grid]. Moscow, IATS Energiya, 2010: 208. (In Rus.).

10. Glushchenko P.V. Aktivno-adaptivnyye elektroseti: intellektual'nyy mul'tiagentnyy diagnostiko-prognoziruyushchiy kompleks i intellektual'nyy algoritm mul'tiagenta resheniy diagnosticheskogo monitoringa [Active-adaptive power networks: an intelligent multi-agent diagnostic-predictive complex and an intelligent multi-agent algorithm for diagnostic monitoring solutions]. *Upravleniye ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal*, 2014; 8(68): 1. (In Rus.).

The paper was received on April 23, 2018