

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Интеллектуальная система комплексного мониторинга использования энергоресурсов и контроля уровня качества электрической энергии в условиях распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии *

Абрамович Б. Н., доктор техн. наук, Сычев Ю. А., канд. техн. наук
Национальный минерально-сырьевой университет “Горный”, Санкт-Петербург

Предложена структура интеллектуальной системы комплексного мониторинга использования энергоресурсов и контроля уровня качества электрической энергии. Система предназначена для применения в условиях распределенной генерации на базе альтернативных и возобновляемых источников энергии на предприятиях минерально-сырьевого комплекса. Выявлены факторы и закономерности, которые необходимо учитывать при ее использовании. Определены основные актуальные научно-технические задачи, решение которых необходимо для эффективного функционирования энергетических систем с распределенной генерацией на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии. Рекомендовано использовать в качестве источников распределенной генерации ветроэнергетические установки, солнечные электростанции и микротурбинные установки, работающие на попутном нефтяном газе.

Ключевые слова: распределенная генерация, мониторинг, электроснабжение, альтернативный, возобновляемый, система.

Технологии и принципы распределенной генерации за последние 20 лет во всем мире приобретают особую актуальность с учетом растущих требований к уровню энергосбережения и энергетической эффективности, а также к снижению энергетической составляющей в себестоимости промышленной продукции. Системы распределенной генерации сегодня являются наиболее эффективным дополнением к централизованным энергетическим сетям в случаях, если последние не способны обеспечить требуемый уровень надежности электроснабжения наиболее ответственных по критерию непрерывности технологического процесса потребителей. В [1] показано, что существующий уровень надежности централизованных энергосистем в РФ существенно ниже, чем за рубежом, и приведение его в соответствие с международными стандартами потребует значительных экономических инвестиций. А принимая во внимание наличие перспективных запасов минерального сырья в отдаленных районах Восточной Сибири и

Крайнего Севера, не охваченных централизованным электроснабжением либо охваченных им частично и без обеспечения требуемого уровня надежности, комплексное использование местных источников представляется целесообразным.

Во всем мире технологии распределенной генерации направлены на децентрализацию энергетических систем с максимальным использованием местных источников [2] и повышение эффективности энергообеспечения промышленных и бытовых объектов путем максимального приближения источника к потребителю в условиях отсутствия или значительного удаления от централизованных энергетических сетей [3, 4]. Предприятия минерально-сырьевого комплекса (МСК), занимающие значительный сегмент в экономике РФ, в большинстве своем расположены на территориях, не охваченных централизованным электроснабжением или охваченных им частично, но имеют в своем составе ответственных с точки зрения непрерывности технологического процесса территориально рассредоточенных потребителей. Поэтому технологии и принципы распределенной генерации наиболее целесообразно начинать полностью или частично внедрять именно на предприятиях МСК.

Основу распределенной генерации составляет комплексное использование различных

* Исследования проведены в рамках реализации Государственного задания № 13.707.2014/К на тему “Повышение конкурентоспособности предприятий минерально-сырьевого комплекса путем снижения энергетической составляющей в себестоимости продукции посредством распределенной генерации с комбинированным использованием альтернативных и возобновляемых источников энергии и суперконденсаторными накопительными модулями”.

альтернативных и возобновляемых источников энергии. В условиях МСК РФ согласно результатам многочисленных теоретических и экспериментальных исследований ими являются наиболее эффективные по критериям надежности, бесперебойности и энергосбережения попутный нефтяной газ, ветер и солнце. В [5] приводятся данные об уровне солнечной инсоляции и скорости ветра в различных регионах РФ, в том числе в местах расположения наиболее перспективных месторождений полезных ископаемых. Они подтверждают целесообразность совместного использования энергии ветра и солнца для повышения надежности энергообеспечения особо ответственных потребителей МСК РФ. Следует также отметить, что в настоящее время газотурбинные установки, работающие на попутном нефтяном газе, успешно применяются в качестве резервных источников на нефтепромыслах ОАО «Татнефть».

Для внедрения систем распределенной генерации в условиях МСК РФ необходимо решение следующих актуальных научно-технических задач:

эффективного мониторинга использования и управления расходом энергоресурсов (энергии солнца, ветра и попутного нефтяного газа);

повышения качества электроэнергии и обеспечения электромагнитной и электромеханической совместимости электрооборудования [2];

обеспечения эффективных режимов совместной работы альтернативных и возобновляемых источников энергии в рамках единого электротехнического комплекса [6];

реализации возможности параллельной работы местных источников с централизованной энергосистемой;

адаптации к характеру изменения графиков электрических нагрузок и режимов энергопотребления.

При внедрении систем распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии (в случае полной или частичной независимости от централизованных энергосистем) для обеспечения эффективных методов мониторинга использования энергоресурсов и контроля уровня качества электрической энергии необходимо объединить в единый комплекс различные функции, каждая из которых направлена на фиксирование заданного набора показателей.

Реализация двух ключевых функций — мониторинга и управления — осуществляется

техническими средствами из области информационных технологий, ориентированных на создание и применение автоматизированных систем поддержки принятия решений на основе комплексного анализа ситуаций и прогнозирования состояния сложных динамических систем в нестационарных и неоднородных средах [7]. Для систем распределенной генерации на основе альтернативных и возобновляемых источников энергии сложной многомерной ситуацией является совокупность режимов энергообеспечения от какого-либо одного или нескольких источников энергии и энергопотребления какой-либо одной или нескольких функциональных групп электроприемников с учетом электромагнитной обстановки, уровня качества электрической энергии, электромагнитной и электромеханической совместимости электрооборудования, текущей структуры энергетической системы.

В условиях предприятий МСК РФ помимо указанных особенностей значимую роль играет степень ответственности по критерию устойчивости и обеспечения непрерывности технологического процесса потребителей при кратковременных перерывах энергоснабжения, что определяет требуемый уровень надежности и бесперебойности энергообеспечения от различных источников [6]. Исходя из этого, требуется создание классификатора потребителей МСК [8] по длительно допустимому времени перерыва энергообеспечения, при котором не произойдет срыв технологического процесса. Он необходим для обеспечения ситуационного управления совместной работой альтернативных и возобновляемых источников энергии и параллельной работой с централизованной энергосистемой.

Таким образом, при разработке интеллектуальной системы комплексного мониторинга использования энергоресурсов и контроля уровня качества электрической энергии в условиях распределенной генерации требуется в первую очередь учитывать степень значимости конкретных технических факторов в процессе генерации, распределения, преобразования и потребления электрической энергии от различных источников. Наиболее важными факторами являются: значение расставляемой мощности каждого из используемых источников энергии, наличие особо ответственных потребителей по критерию устойчивости технологического процесса, характеристики и параметры режима энергопотребления (графики нагрузки, уровень несимметричности тока и напряжения).

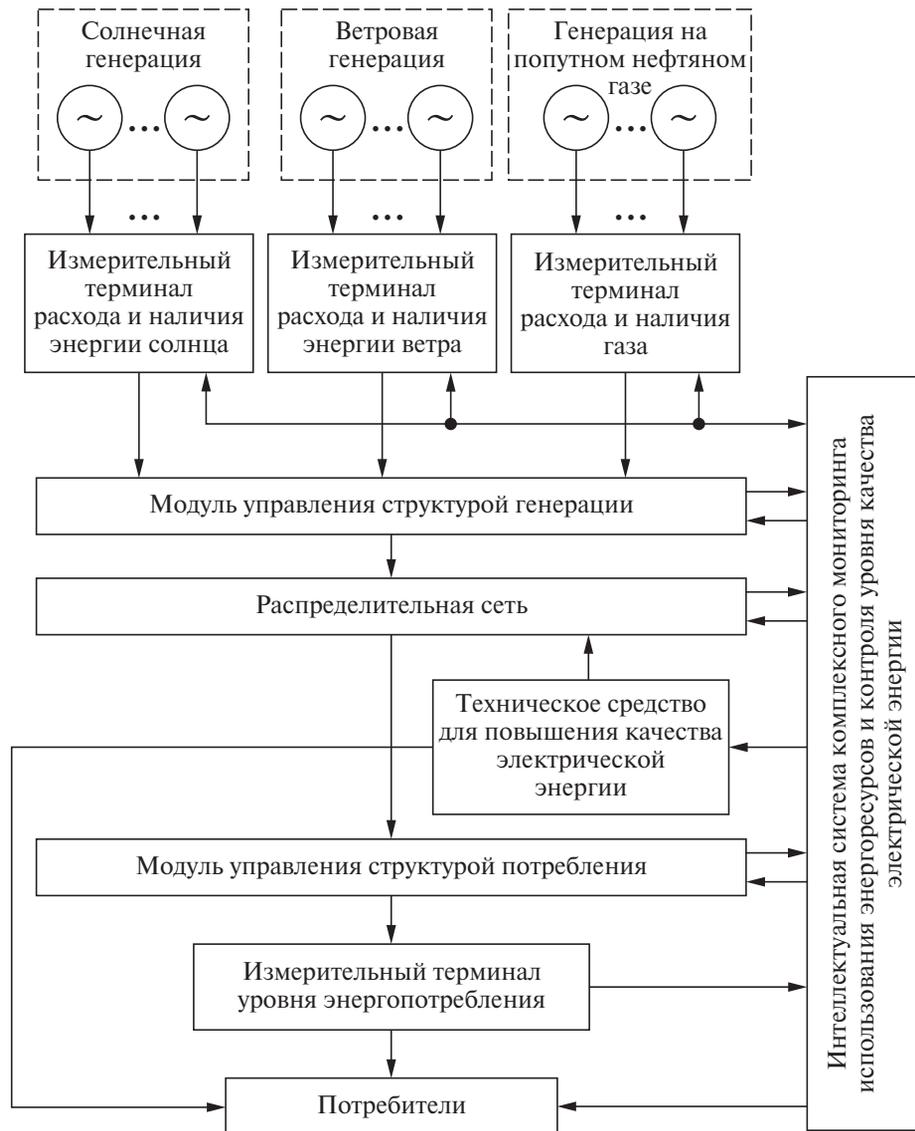


Рис. 1

В процессе контроля и мониторинга уровня и режима потребления энергоресурсов также необходимо учитывать степень и характер влияния явных и скрытых закономерностей в энергетической системе с распределенной генерацией на режимы энергопотребления и энергообеспечения. Результаты многочисленных теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в энергосистемах территориально рассредоточенных объектов МСК РФ, показали, что наиболее существенными являются:

характер режимов энергообеспечения и энергопотребления в зависимости от уровня высших гармоник тока и напряжения в распределительной сети;

зависимость режима энергопотребления от значения и характера изменения напряжения в электрической сети;

влияние значения и длительности провалов напряжения на эффективное функционирование потребителей и устойчивость режимов энергообеспечения и энергопотребления;

пусковые характеристики электродвигателей различных типов в составе потребителей при разных режимах энергообеспечения;

влияние различных повреждений в энергосистеме на устойчивость режимов энергопотребления и энергообеспечения.

На рис. 1 приведена обобщенная структура энергетической системы с распределенной генерацией и предлагаемой интеллектуальной системой комплексного мониторинга использования энергоресурсов, контролирующей три основных процесса: генерацию, распределение и потребление. На всех стадиях необходимы сбор и анализ информации о значимых факторах, явных и скрытых закономерностях, их



Рис. 2

влиянии на энергетические процессы, что позволяет в режиме реального времени формировать информационно-управляющие воздействия [8] для отдельных элементов системы распределенной генерации исходя из текущих режимов энергопотребления и энергообеспечения.

Рассматриваемая интеллектуальная система в процессе функционирования выполняет три основные операции: сбор информации о режимах энергопотребления и энергообеспечения, анализ развития ситуации на основе полученной информации с формированием прогнозной модели энергосистемы и формирование информационно-управляющего воздействия.

Режимы энергопотребления и энергообеспечения характеризуются совокупностью основных параметров, которые необходимо контролировать во избежание аварийных ситуаций и перерывов электроснабжения различной длительности. В условиях территориально рассредоточенных объектов МСК этими параметрами являются: показатели графиков электрических нагрузок, значение и длительность провалов и отклонений напря-

жения, показатели качества электрической энергии, располагаемая мощность от различных источников энергии.

Анализ полученных данных и формирование на их базе прогнозной оценки состояния энергосистемы [8] включают в себя выявление явных и скрытых закономерностей, оценку значимости факторов, выбор наиболее оптимальной по выбранному критерию структуры энергосистемы, определение основного источника энергии для текущих режимов энергообеспечения и энергопотребления. В условиях МСК необходимо проводить анализ влияния формы кривых и уровней напряжения и тока на устойчивость работы электрооборудования и потребителей электроэнергии [10], электромагнитную совместимость элементов энергосистемы, эффективность энергообеспечения от микротурбин (работающих на попутном нефтяном газе), солнечных батарей и ветроэнергетических установок в зависимости от совокупности технических и климатических условий, структуры электроснабжения, соотношения ответственных и неответственных по критерию непре-

рывности технологического процесса потребителей.

Информационно-управляющее воздействие для основных элементов энергосистемы формируется на основе современных алгоритмов с помощью теории фазовых преобразований, нечеткой логики, методов прогнозирования.

В качестве практического примера начального внедрения распределенной генерации можно привести использование солнечных батарей для питания систем управления и маломощных приводов задвижек и клапанов на нефтепромыслах Канады [11]. Исходя из него, можно сделать вывод о том, что для каждого предприятия МСК РФ в первую очередь необходимо разработать классификатор потребителей по уровню энергопотребления и степени ответственности за устойчивость технологического процесса. Например, питание систем технологической автоматики с низким уровнем энергопотребления и высоким уровнем ответственности целесообразно резервировать от солнечных батарей. Для аварийного завершения работы мощных технологических установок при отказе централизованного электроснабжения следует использовать микротурбинные установки, работающие на попутном нефтяном газе [6]. Электроприемники средней мощности эффективнее резервировать от ветроэнергетических установок. Таким образом, практическая реализация обобщенной структуры на рис. 1 будет для каждого конкретного предприятия МСК разной и в первую очередь зависеть от количественного соотношения электроприемников различной мощности и уровня ответственности.

На рис. 2 дана обобщенная структура предлагаемой интеллектуальной системы комплексного мониторинга использования энергоресурсов и контроля уровня качества электрической энергии. В ней реализуются все отмеченные выше основные этапы контроля и мониторинга в условиях распределенной генерации для объектов МСК. В зависимости от специфики технологических объектов эта структура может быть дополнена необходимыми элементами и подсистемами.

Таким образом, в условиях развития систем распределенной генерации и комплексного внедрения альтернативных и возобновляемых источников энергии (энергия ветра, солнца, попутного нефтяного газа) актуально создание эффективной интеллектуальной системы комплексного мониторинга использования энергоресурсов и контроля уровня каче-

ства электрической энергии. Это один из ключевых факторов повышения уровня энергосбережения и энергетической эффективности.

Список литературы

1. **Овсейчук В. А.** Надежность и качество электроснабжения потребителей. Обоснование нормирования. — *Новости электротехники*, 2013, № 3 (81).
2. **Martinez-Velasco J. A., Martin-Arnedo J.** Distributed Generation Impact on Voltage Sags in Distribution Networks (9th International Conference “Electrical Power Quality and Utilization”). Barcelona, 9 – 11 October 2007.
3. **Paska J.** Distributed Generation and Renewable Energy Sources in Poland (9th International Conference “Electrical Power Quality and Utilization”). Barcelona, 9 – 11 October 2007.
4. **Van Gerwent R.** Distributed Generation and Renewables. — Copper Development Association — Institution of Engineering and Technology Endorsed Training Provider, KEMA Nederland B. V. November 2006.
5. **Бельский А. А., Яковлева Э. В.** Обоснование возможности использования возобновляемых источников энергии для энергоснабжения объектов минерально-сырьевого комплекса. — *Международный научный журнал “Альтернативная энергетика и экология”*, 2013, № 2 (120).
6. **Турьшева А. В.** Электроснабжение объектов нефтегазодобычи отдаленных районов с использованием автономных источников. — В кн.: *Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения* (Тр. 11-й междунар. науч.-практ. конф.). Воркута: Изд-во ФГБОУ ВПО “Воркутинский горный институт”, 2013.
7. **Система** гарантированного электроснабжения предприятий минерально-сырьевого комплекса с использованием альтернативных и возобновляемых источников энергии / **Б. Н. Абрамович, Ю. А. Сычев, Д. А. Устинов, А. В. Федоров.** — *Промышленная энергетика*, 2013, № 1.
8. **Хачатурян В. А.** Основы применения интеллектуального анализа данных в задачах управления электроснабжением предприятия. — *Записки Горного института*, 2001, т. 151.
9. **Абрамович Б. Н., Сычев Ю. А., Устинов Д. А.** Внедрение технологий интеллектуальных электрических сетей на нефтедобывающих предприятиях. — *Электронный научный журнал “Нефтегазовое дело”*, 2011, № 6.
10. **Абрамович Б. Н., Полищук В. В., Сычев Ю. А.** Система контроля и повышения качества электрической энергии в сетях предприятий минерально-сырьевого комплекса. — *Горное оборудование и электромеханика*, 2009, № 9.
11. **Gallucci M.** Clean Energy Manufacturers Spared from Rising Petro-Dollar Job Losses Canada’s clean economy has so far been spared the damaging effects of “Dutch disease” caused by oil sands exports. How long can it last? — *Inside Climate News*, mar 22, 2012.