

4. [Электронный ресурс]– режим доступа: [http://energomir.biz/alternativnaya-energetika/veter/gorizontalnyj-vetrogenerator.html]
5. [Электронный ресурс]– режим доступа: [Исследование аэродинамики и энергетических характеристик ротора Савониуса / Бубенчиков А.А [и др.]/Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – декабрь – С. 28-34.]
6. [Электронный ресурс]– режим доступа: [http://vetrodvig.ru/vetrogenerator-vertikalnyj-vetrogenerator-s-vertikalnoj-osyu-vrashheniya/]
7. Фатеев Е.М. «Ветро двигатели и ветроустановки». – М.: ОГИЗ–Сельхозгиз, 1948

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИАГЕНТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УСТАНОВКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Э.К. Шуманский, Ю.Н. Булатов
Братский государственный университет

Введение. Единая электроэнергетическая система (ЕЭС) России является сложным динамическим объектом, управление которым требует применения сложных автоматических систем. В настоящее время управление ЕЭС России построено по иерархическому принципу с центральной управляющей системой во главе. Такая система организации и управления ЕЭС нуждается в модернизации, хотя бы потому, что полностью централизованное управление становится неэффективным из-за наличия огромных потоков информации и больших временных затрат на её передачу в центр для принятия управленческого решения. Особенно актуален данный вопрос в случае применения большого количества источников малой генерации.

Системы управления ЕЭС включают в себя подсистемы, обладающие разными функциональными характеристиками и взаимодействующие с разными специалистами, удаленными друг от друга. Поэтому некоторые элементы организационного управления должны быть переданы от центра к периферии с чётким разграничением прав и информационного доступа [1].

Для решения обозначенных проблем в условиях возрастающих требований к надёжности, энергоэффективности и к качеству электроэнергии необходим переход отечественной электроэнергетики на новое качество управления путём создания интеллектуальной электроэнергетической системы (ЭЭС) с активно-адаптивной сетью (ИЭЭС ААС), представляющей собой клиентоориентированную ЭЭС нового поколения. Такая система должна обеспечить доступность использования ресурса, надёжное, качественное и эффективное обслуживание потребителей электроэнергии за счёт гибкого взаимодействия всех её субъектов на основе современных технологических средств и единой интеллектуальной иерархической системы управления [2, 3].

Важными элементами ИЭЭС ААС являются установки распределённой генерации (РГ), в том числе реализованные на основе нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Высокая энергоэффективность применения установок РГ в системах электроснабжения может быть достигнута благодаря использованию современных интеллектуальных систем управления, например, выполненных на основе мультиагентного подхода [4...6].

Ниже рассматривается мультиагентный подход и возможная структура мультиагентной системы управления (МАСУ) установками РГ, применяемых в системах электроснабжения.

Мультиагентный подход. В основе мультиагентного подхода лежит понятие мобильного программного агента, который реализован и функционирует как самостоятельная специализированная компьютерная программа или элемент искусственного интеллекта. Изначально, до появления соответствующих информационных технологий, в качестве агента выступал человек, которому делегировалась часть полномочий, как в выполнении конкретных функций, так и в принятии решений. На смену таким системам, копирующим централизованную иерархию, быстро пришли распределённые системы, в которых знания и ресурсы распределялись между достаточно самостоятельными агентами, но сохранялся общий орган командного управления, принимающий решения в критических или конфликтных ситуациях. Дальнейшим шагом в этом направлении стала парадигма полностью децентрализованных систем, в которых управление происходит только за счёт локальных взаимодействий между агентами.

Суть современных мультиагентных технологий заключается в принципиально новом методе решения задач. В отличие от классического способа, когда проводится поиск некоторого определённого алгоритма, позволяющего найти наилучшее решение проблемы, в мультиагентных системах решение получается автоматически в результате взаимодействия множества самостоятельных целенаправленных модулей – агентов, в качестве которых может выступать как аппаратная, так и программная сущность.

К основным признакам программного агента можно отнести следующее [1, 3, 7]:

- автономность, заключающаяся в том, что агенты, хотя бы частично, являются независимыми;
- ограниченность представления: у каждого из агентов нет полной информации об объекте управления и внешней среде, т.к. объект является сложным и полное знание о нём не имеет практического значения для агента;
- децентрализация: отсутствуют агенты, осуществляющие управление всем объектом.

Мультиагентные технологии – это новый способ решения сложных задач автоматического управления, использующий принципы самоорганизации и эволюции, присущие живым организмам. Всё большее применение эти технологии находят в электроэнергетике.

Характеристика мультиагентной системы управления установками РГ. Система управления на основе мультиагентных технологий может со-

стоять из объектов управления с множеством входных и выходных параметров. В этом случае агенты будут получать информацию о параметрах объектов и их состоянии с помощью датчиков, обрабатывая которую, смогут воздействовать на регуляторы и исполнительные элементы системы, изменяя режимы работы объектов управления и всей системы в целом [5, 6]. Обобщенная структура МАСУ установками РГ в системе электроснабжения может быть представлена в виде схемы, показанной на рис. 1. Следует учитывать, что количество и функции агентов могут изменяться в зависимости от выбранного типа установок РГ (ветрогенератор, солнечная батарея или др.).



Рис.1. Обобщённая структурная схема МАСУ установками РГ

Отдельные агенты предлагаемой системы управления могут выполнять следующие функции:

1. *Агент принятия решений* корректирует режим работы установок РГ за счет прямого взаимодействия с агентами задания режима работы и агентами диагностирования агрегатов установок РГ.
2. *Агент задания режима работы* принимает команды от агента принятия решений и воздействует на механизм управления установки РГ, а также принимает сообщения от агента диагностирования, если параметры агрегата выходят за пределы нормы.
3. *Агент диагностирования* производит непрерывную диагностику агрегата установки РГ и посылает соответствующие сообщения агенту принятия решений и агенту задания режима работы в случае выхода диагностируемых параметров за допустимые пределы.
4. *Агент моделирования* необходим для выполнения функций идентификации и моделирования с целью определения оптимальных параметров системы управления агрегатами установки РГ и их проверки на модели для изучения возможных сценариев развития режима работы объекта управления.
5. *Агент настройки управления* использует данные, полученные от агента моделирования, для оптимизации настройки системы автоматического управления объектом в конкретном режиме его работы.

Агенты отдельных установок РГ при необходимости могут взаимодействовать между собой через агента принятия решений.

Рассмотренная система может быть использована для оптимизации режима работы и управления выделенной частью системы электроснабжения с широким применением установок РГ. В ЭЭС может быть несколько таких выделенных управляемых кластеров. Однако решение поставленных задач ИЭЭС ААС требует проведения тщательного исследования на модели ЭЭС с установками РГ и мультиагентной системой управления.

Заключение. Проведенный литературный обзор позволяет сделать вывод о перспективности применения мультиагентного подхода в качестве одного из методов решения поставленной задачи по модернизации ЕЭС России. Решение задачи управления многочисленными установками распределённой генерации, в том числе работающими на основе экологически чистых возобновляемых энергоресурсах, может быть достигнуто благодаря применению мультиагентной системы управления, построенной на основе предлагаемой обобщённой структуры с набором описанных функций агентов, входящих в её состав.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью / под ред. Фортова В.Е. и Макарова А.А. – М.: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС», 2012. – 235 с.
2. Управление развитием крупномасштабных систем // С.Н. Васильев, А.А. Макаров, Н.И. Воропай и др. под ред. А.Д. Цвиркуна. – М.: Физматлит, 2012. – 496 с.
3. Morzhin Yu.I., Shakaryan Yu.G., Kuchеров Yu.N. et al. Smart Grid Concept for Unified National Electrical Network of Russia // CD. Preprints of proceedings of IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe 2011, Manchester Dec. 5–7 2011. Manchester, GB: IEEE, The University of Manchester, 2011. Panel session 5D. pp. 1–5.
4. Miiller J., Fisher K. Application Impact of Multiagent Systems and Technologies: A Survey // In Agent-Oriented Software Engineering book series. Springer. 2013. pp. 1-26.
5. Булатов Ю.Н., Крюков А.В. Мультиагентная система управления установками распределённой генерации // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2015. – №11-12. – С. 97-107.
6. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Куцый А.П. Мультиагентный подход к управлению режимами систем электроснабжения железных дорог // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 4. – С. 108–126.
7. Бугайченко Д.Ю., Соловьев И.П. Абстрактная архитектура интеллектуального агента и методы ее реализации // Системное программирование. – 2005. – №1. – С. 36–67.

Научный руководитель: Ю.Н. Булатов, к.т.н., доцент, Братский государственный университет.