

УДК 681.5

## ГИБКИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО БУДУЩЕГО

Резаева М.А. (Университет ИТМО), Семенов Д.В. (Университет ИТМО), Храмцов К.В.  
(Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., доцент Демидова Г.Л.  
(Университет ИТМО)

**Введение.** В связи с растущим спросом на чистую и возобновляемую энергию использование распределенных энергетических систем (РЭС) становится все более популярным. РЭС обычно состоит из нескольких возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и ветряные турбины, которые вырабатывают электроэнергию, которую можно возвращать обратно в сеть или накапливать с использованием аккумуляторных систем. К другим компонентам относятся электромобили и потребители, потребляющие энергию из микрогрида. Задача РЭС заключается в разработке эффективных алгоритмов управления, которые могут управлять сложной системой, обеспечивая надежное и стабильное энергоснабжение при минимальных затратах.

**Основная часть.** Работа посвящена обзору алгоритмов управления на базе мультиагентного подхода для РЭС и обзора алгоритмов работы источников и приемников в микрогридах. Одним из ключевых компонентов РЭС являются *солнечные панели*. Солнечные батареи генерируют электричество с помощью фотогальванических элементов, которые преобразуют солнечный свет в электричество. Фотоэлектрические системы обычно подключаются к инвертору мощности, который преобразует электричество постоянного тока в электричество переменного тока, которое можно подавать обратно в сеть. Алгоритмы управления солнечными панелями включают отслеживание точки максимальной мощности (MPPT), чтобы гарантировать, что панели вырабатывают электроэнергию с максимальной эффективностью, а также управление напряжением и частотой для поддержания стабильной выходной мощности. Еще одним компонентом РЭС являются *ветряные турбины*. Ветряные турбины вырабатывают электричество, преобразуя кинетическую энергию ветра в электричество с помощью генератора. Алгоритмы управления ветряными турбинами включают управление шагом, которое регулирует угол наклона лопастей турбины для оптимизации выработки энергии, и управление рысканием, которое гарантирует, что турбина обращена в направлении ветра. *Сеть* является важным компонентом РЭС, поскольку она обеспечивает обмен электроэнергией между микрогридом и энергосистемой в целом. Алгоритмы управления сетью включают в себя управление потоком мощности, обеспечивающее балансировку потока электроэнергии, а также управление напряжением и частотой, обеспечивающее стабильную выходную мощность. *Аккумуляторные батареи* используются в РЭС для хранения избыточной энергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками в периоды низкого спроса на энергию. Алгоритмы управления батареями включают контроль состояния заряда (SOC), который регулирует количество энергии, хранящейся в батарее, и системы управления батареями (BMS), обеспечивающие безопасную и эффективную работу батареи. *Электромобили* становятся все более популярным компонентом РЭС. Электромобили могут выступать в качестве накопителей энергии, заряжаясь при наличии избыточной энергии и разряжаясь при необходимости. Алгоритмы управления для электромобилей включают управление зарядкой и разрядкой, которое регулирует количество энергии, используемой для зарядки или разрядки, и управление транспортным средством-сетью, которое позволяет обмениваться энергией между электромобилем и сетью. *Потребители* являются последним компонентом РЭС, и их потребность в энергии может быть непредсказуемой. Алгоритмы управления для

потребителей включают в себя реагирование на спрос, которое побуждает потребителей снижать потребление энергии в периоды пикового спроса, и сброс нагрузки, который автоматически отключает некритические нагрузки в периоды высокого спроса.

**Выводы.** В результате проведенного исследования показано, что алгоритмы управления играют решающую роль в работе гибкой распределенной энергетической системы, обеспечивая эффективное и надежное энергоснабжение при минимальных затратах. Успешная реализация алгоритмов управления возобновляемыми источниками энергии, накопителями и потребителями может помочь в достижении устойчивого энергетического будущего.

#### **Список использованных источников:**

1. Z. Rafique, H. M. Khalid and S. M. Muyeen, "Communication Systems in Distributed Generation: A Bibliographical Review and Frameworks," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 207226-207239, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3037196.

2. T. Strasser et al., "A Review of Architectures and Concepts for Intelligence in Future Electric Energy Systems," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 62, no. 4, pp. 2424-2438, April 2015, doi: 10.1109/TIE.2014.2361486.

3. X. Li and S. Wang, "Energy management and operational control methods for grid battery energy storage systems," in *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, vol. 7, no. 5, pp. 1026-1040, Sept. 2021, doi: 10.17775/CSEEJPES.2019.00160.

4. M. F. Zia, M. Benbouzid, E. Elbouchikhi, S. M. Muyeen, K. Techato and J. M. Guerrero, "Microgrid Transactive Energy: Review, Architectures, Distributed Ledger Technologies, and Market Analysis," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 19410-19432, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2968402.