

## РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИНВЕРТОРОВ

**Ш. М. Атажиев**

*аспирант, Ташкентский государственный технический университет, г. Ташкент, Узбекистан,  
mr.shoh.mr@gmail.com*

Научный руководитель **И. У. Рахмонов**

*доктор технических наук, профессор, Ташкентский государственный технический университет,  
г. Ташкент, Узбекистан, ilider1987@yandex.ru*

В статье рассматривается применение роботизированных технологий для повышения надежности централизованных инверторов. Интеграция сенсоров, IoT, ИИ и цифровых двойников обеспечивает автоматизированный мониторинг, предиктивное обслуживание и оптимизацию режимов. Это снижает затраты, повышает безопасность и интегрирует инверторы в интеллектуальные энергосети, способствуя цифровой трансформации энергетики.

**Ключевые слова:** роботизированные технологии; централизованные инверторы; надежность; IoT; цифровизация; искусственный интеллект; цифровой двойник; Smart Grid.

## ROBOTIC TECHNOLOGIES IN ENSURING THE RELIABILITY OF CENTRALIZED INVERTERS

**Sh. M. Atazhiyev**

*PhD student, Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan, mr.shoh.mr@gmail.com*

Supervisor **I. U. Rakhmonov**

*doctor of technical sciences, professor, Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan,  
ilider1987@yandex.ru*

The article examines robotic technologies for enhancing the reliability of centralized inverters. Integration of sensors, IoT, AI, and digital twins enables automated monitoring, predictive maintenance, and optimization of modes. This reduces costs, increases safety, and integrates inverters into smart grids, supporting the digital transformation of energy.

**Keywords:** robotic technologies; centralized inverters; reliability; IoT; digitalization; artificial intelligence; digital twin; Smart Grid.

Централизованные инверторы играют ключевую роль в современных энергетических системах, обеспечивая преобразование постоянного тока в переменный и стабильное функционирование различных объектов энергетической инфраструктуры. Их надежность напрямую влияет на эффективность работы солнечных и ветровых электростанций, промышленных сетей и распределённых источников энергии. Однако в условиях увеличения нагрузок, роста масштабов генерации и сложных эксплуатационных условий традиционные методы технического обслуживания перестают обеспечивать должный уровень устойчивости. Возникают та-

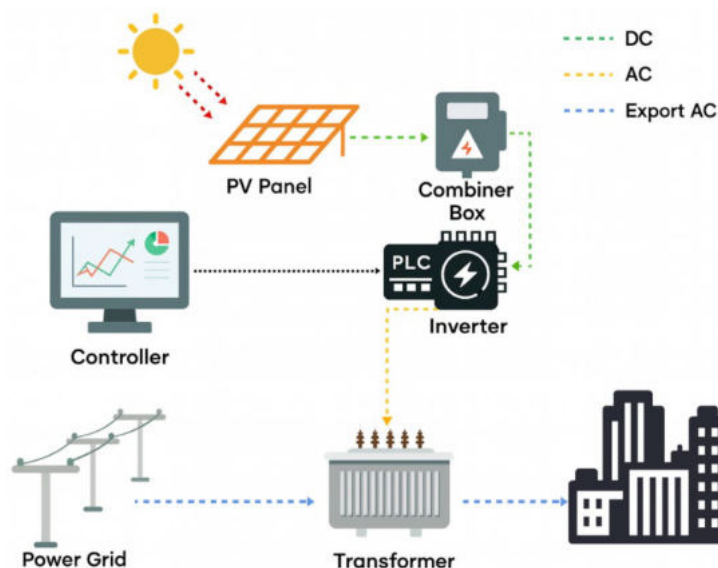
кие проблемы, как перегрев, старение силовых компонентов, нарушение алгоритмов управления и необходимость частого обслуживания. Всё это приводит к росту эксплуатационных затрат и увеличивает риск аварийных ситуаций. В этих условиях особую актуальность приобретает использование роботизированных технологий, способных не только автоматизировать процессы мониторинга и диагностики, но и повысить надежность и долговечность централизованных инверторов [2].

Централизованные инверторы играют стратегически важную роль в современных энергетических системах, так как обеспечивают преобразование постоянного тока в переменный и стабильную работу распределённых источников и сетей, однако их эксплуатация сопровождается целым комплексом технических и организационных проблем. Среди наиболее распространённых трудностей выделяются перегрев и термическая деградация силовых модулей и электронных компонентов при высоких нагрузках, что приводит к ускоренному старению и снижению надёжности оборудования; резкие скачки напряжения и токовые перегрузки, способные вызвать повреждения силовой электроники и снизить эффективность преобразования; механический износ вентиляторов охлаждения и других узлов, имеющих ограниченный срок службы и требующих регулярной замены; а также ограниченные возможности традиционной диагностики, которая основана преимущественно на периодических проверках и не позволяет выявлять скрытые дефекты на ранних стадиях. Все эти факторы в совокупности ведут к увеличению эксплуатационных затрат, обусловленных необходимостью ручного мониторинга и частых ремонтов, а также существенно снижают экономическую эффективность и устойчивость энергосистем. Учитывая данные вызовы, особую актуальность приобретает внедрение роботизированных технологий, позволяющих автоматизировать мониторинг ключевых параметров, повысить точность диагностики, реализовать предиктивное обслуживание и тем самым снизить риск аварийных отказов, продлить срок службы оборудования и повысить общую надёжность централизованных инверторов в условиях цифровизации энергетики [3].

Централизованный инвертор является ключевым элементом гибридных энергосистем, обеспечивая преобразование постоянного тока (DC), поступающего от возобновляемых источников энергии, в переменный ток (AC), используемый для питания потребителей и передачи в энергосеть. Потоки энергии от фотоэлектрических панелей проходят через комбайнер-бокс, где осуществляется их объединение и базовая защита, после чего направляются в инвертор (рисунок) [1].

Современные решения предусматривают оснащение инверторов роботизированными системами мониторинга и диагностики, позволяющими в автоматическом режиме контролировать критические параметры (температуру силовых модулей, токовые и напряженческие нагрузки), выявлять потенциальные аномалии и предотвращать сбои. Далее преобразованная энергия через трансформатор интегрируется в распределительные сети, а взаимодействие с контроллером через цифровые каналы связи обеспечивает предиктивную аналитику и оптимизацию рабочих режимов. Применение роботизированных технологий существенно повышает надежность работы инверторных систем, продлевает срок службы оборудования и снижает эксплуатационные затраты, что имеет особое значение для крупных солнечных и гибридных электростанций, где отказ инвертора может привести к масштабным энергетическим и финансовым потерям [4].

Роботизированные технологии становятся важнейшим инструментом обеспечения надежности централизованных инверторов в условиях цифровизации энергетики. Их внедрение позволяет перейти от традиционного обслуживания, основанного на периодических проверках, к интеллектуальным методам мониторинга и предиктивного анализа. Благодаря использованию сенсоров, IoT-платформ, искусственного интеллекта и цифровых двойников становится возможным выявлять неисправности на ранних стадиях, оптимизировать режимы работы и продлевать срок службы оборудования.



Архитектура работы централизованного инвертора в гибридной энергосистеме с элементами роботизированного мониторинга.

Источник: [1]

Кроме того, роботизированные системы снижают эксплуатационные затраты и повышают безопасность, позволяя выполнять обслуживание в сложных или опасных условиях. В перспективе такие технологии будут интегрированы в интеллектуальные энергосети (Smart Grid), обеспечивая устойчивость, эффективность и экологичность энергетических систем будущего. Таким образом, роботизированные технологии формируют стратегическую основу для повышения надежности централизованных инверторов и способствуют ускоренной цифровой трансформации энергетики.

### Библиографические ссылки

1. Ju Hyeon Lee, Jiho Shin, Jung Taek Seo. Solar Power Plant Network Packet-Based Anomaly Detection System for Cybersecurity // *Computers, Materials & Continua*. 2023. № 77(1). P. 757–779.
2. Хошимов Ф. А., Курбанов Н. Н., Реймов К. М., Омонов Ф. Б. Динамический анализ факторов, влияющих на надежность инверторов в крупномасштабных солнечных электростанциях // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. 2025. Т. 27, № 3. С. 110–122.
3. Рахмонов И. У., Расулов А. Н., Атаджиев Ш. М., Узакбаев К. А. Метод оперативной диагностики для предотвращения технической деградации в централизованных инверторах // *Вектор научной мысли*. 2025. № 8(25). С. 35–54.
4. Wang Jian, Raxmonov I. U., Atajiyev Sh. M. Long-Term Performance Analysis Of Centralized Inverters And Key Factors Influencing Their Reliability // *Energiya va resurs tejash muammolari*. 2025. № 88. С. 525–530.