

2. BHiveSense: An integrated information system architecture for sustainable remote monitoring and management of apiaries based on IoT and microservices / C. Duarte, M. José, M. Henrique [et al.] // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 2023, 9 (3).
3. Power marketing and distribution network remote visual control system based on big data architecture / Z. Xueqin, W. Xudong, D. Jing [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, 2021, 2030 (1).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ НАГРУЗОЧНЫХ ШКАФОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Цзя Шусян

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Погуляев

Рассмотрены результаты исследований нагрузочных шкафов дизельных генераторов за последние годы, сравниваются технические требования различных современных нагрузочных устройств, проведен сравнительный анализ их применений, представлены рекомендации по нагрузочному тестированию резервных дизельных генераторов.

Ключевые слова: дизельный генератор; нагрузочный шкаф; нагрузочное тестирование.

Нагрузочный шкаф представляет собой сложное устройство, объединяющее функции управления, регулирования, измерения и защиты, которое может осуществлять нагрузочное тестирование и обслуживание генераторов, источников бесперебойного питания (ИБП), электротранспортных устройств и других компонентов за счет совместной работы таких элементов, как симуляторы нагрузки, контроллеры, дисплеи и датчики, обеспечивая надежную поддержку для стабильности и надежности этих устройств в различных условиях эксплуатации. Для дизельных генераторов при нагрузке ниже 50 % или в режиме холостого хода обязательно возникает легкая нагрузка, что приводит к недостаточному сгоранию топлива, образованию углерода, снижению общей эффективности машины, что в итоге может привести к сбоям при запуске, недостаточной мощности, чрезмерному расходу топлива, преждевременному ремонту цилиндров и даже к выходу из строя [1]. Чтобы избежать этих проблем, нагрузочный шкаф создает нагрузочный ток, имитируя работу генератора в реальных сложных условиях в режиме холостого хода, предоставляя эффективные средства для тестирования и обслуживания генераторных установок, а также проверяя характеристики генератора без прерывания фактической нагрузки.

Система тестирования дизельных генераторов в основном проводит тесты статической стабильности, динамической стабильности, тесты на переходные отклики, тесты на энергоэффективность, тесты на автоматическое переключение, тесты на усталостный ресурс и другие [1]. Как показано в таблице, в реальной работе для удовлетворения различных сценариев применения и требований к тестированию были разработаны различные типы нагрузочных шкафов для дизельных генераторов.

Резистивный нагрузочный шкаф, шкаф нагрузки с резисторами и индукторами и шкаф нагрузки с резисторами, конденсаторами и индукторами – это три распространенных типа для нагрузочного тестирования дизельных генераторов. Их основные различия заключаются в составе нагрузочных элементов и типах нагрузки, которые они могут моделировать. Резистивный нагрузочный шкаф в основном выполняет моделирование реальной нагрузки с помощью резистивных элементов,

предназначенных для имитации чисто резистивной нагрузки. Хотя его конструкция проста и управление удобно, он не может оценить производительность генератора в условиях сложной нагрузки.

Типы нагрузочных шкафов, подходящие для различных сценариев применения и их сравнение

Тип	Функции и характеристики	Сценарии применения
Резистивный нагрузочный шкаф	Симулирует реальную нагрузку с помощью резистивных элементов, имеет простую структуру и низкую стоимость	Подходит для базового нагрузочного тестирования в случаях, когда требования к коэффициенту мощности не высоки
Шкаф нагрузки с резисторами и индукторами	Сочетает резистивные и индуктивные элементы, симулирует резистивную и индуктивную нагрузку	Подходит для сценариев, где необходимо симулировать нагрузки, такие как освещение и электродвигатели
Шкаф нагрузки с резисторами, конденсаторами и индукторами	Интегрированные резистивные, конденсаторные и индуктивные элементы, способные моделировать сложные нагрузки	Подходит для комплексной оценки производительности, особенно в сценариях, где необходимо моделировать различные характеристики нагрузки
Умный контрольный нагрузочный шкаф	Оснащен современными контроллерами, дисплеями и датчиками, которые могут автоматически регулировать величину нагрузки	Подходит для высокоточных и автоматизированных тестовых испытаний, исследовательских испытаний

Например, в исследовании Риготте использовался резистивный нагрузочный шкаф для сравнения единичного потребления и энергетической эффективности различных биодизелей и дизельного топлива при различных условиях нагрузки, и было установлено, что с увеличением резистивной нагрузки значение энергетической эффективности биодизеля становится ближе к значению дизельного топлива [2]. Шкаф нагрузки с резисторами и конденсаторами и шкаф нагрузки с резисторами, конденсаторами и индукторами основаны на резистивном нагрузочном шкафу, к которому добавлены элементы конденсаторов и индукторов для моделирования емкостной и индуктивной нагрузки, что позволяет оценить работу двигателя при емкостной нагрузке (например, повышение напряжения, изменение коэффициента мощности и т. д.) и производительность в условиях сложной нагрузки (включая пусковую нагрузку, нагрузку от электродвигателя и емкостную нагрузку и т. д.). Оба варианта более подходят для комплексной оценки производительности двигателя, но при этом производственные затраты, эксплуатационные и обслуживающие расходы также выше.

В последние годы, чтобы соответствовать более высоким требованиям к точности и автоматизации тестирования, исследование и развитие умных контрольных нагрузочных шкафов становятся все более актуальными.

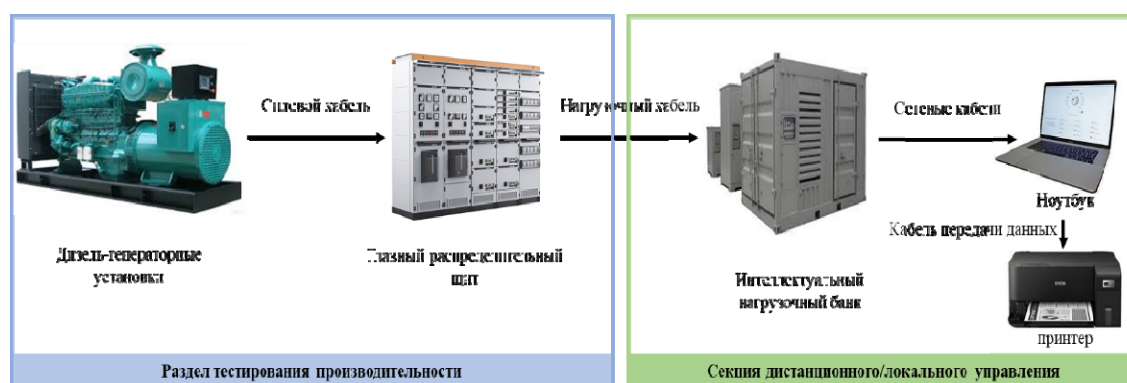


Рис. 1. Схема умного контрольного нагрузочного шкафа

Как показано на рис. 1, благодаря интеграции современных коммуникационных технологий, технологий автоматического управления и силовой электроники, умный контрольный нагрузочный шкаф может осуществлять автоматическую регулировку и оптимизацию нагрузки с помощью встроенного микропроцессора и интеллектуальных алгоритмов, а также поддерживать удаленный мониторинг и управление, позволяя пользователям в любое время получать информацию о состоянии работы оборудования через интернет или специализированное программное обеспечение для мониторинга. Исследования показывают, что внедрение цифровых технологий может значительно повысить точность и оперативность мониторинга таких показателей, как расход топлива. Однако реализация интеллектуальных систем по-прежнему зависит от высокоточных датчиков и более продвинутых алгоритмов обработки данных, что также приводит к более высоким затратам на разработку и производство умных контрольных нагрузочных шкафов, а также к более строгим условиям адаптации к окружающей среде. В настоящее время с учетом продвижения возобновляемых источников энергии и строительства умных электросетей, спрос на эффективные и энергосберегающие нагрузочные шкафы будет продолжать расти, что также будет способствовать развитию будущего мобильных нагрузочных шкафов для дизельных генераторов в направлении интеллектуализации, интеграции, экологичности и индивидуализации. Через технологические инновации и расширение рынка будут предоставлены более эффективные, точные, безопасные и экологически чистые решения для тестирования производительности генераторов [3].

Литература

1. A systematic review on power system resilience from the perspective of generation, network, and load[J] / C. Wang, P. Ju, F. Wu [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022, 167: 112567.
2. Energy efficiency of engine-generator set using biofuels under varied loads[J] / M. R. Rigotte, D. Secco H. A. Rosa [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – N 79. – P. 520–524.
3. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2022. – № 3 (90). – С. 96–103.