

А.В. НИКОЛЕНКО, студент гр. ЭММ-42 (НГТУ)
Научный руководитель В. М. КАВЕШНИКОВ, к.т.н., доцент (НГТУ)
г. Новосибирск

КРЫШНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ: ОТ МИКРОГЕНЕРАЦИИ К ВЫЗОВАМ ДЛЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Электроэнергетическая система (энергосистема) – это совокупность установок и устройств, связанных общностью режима для непрерывного процесса производства, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии.

На электростанциях, подстанциях и других энергетических объектах, собственные нужды (СН) обычно обеспечиваются электроэнергией с высоким уровнем надежности, соответствующим первой и второй категориям.

Категории электроприемников сформулированы следующим образом.

К I категории относятся наиболее важные потребители, для которых прекращение подачи электроэнергии может привести к опасности для жизни или здоровья людей, значительным финансовым потерям или сбоям в непрерывных производственных процессах. Для таких потребителей наличие резервного источника питания обязательно.

II категория включает в себя потребителей, перерыв в электроснабжении которых вызывает остановку производственных линий, нарушения в работе оборудования и создает существенные неудобства для населения. Резервное питание для этой категории рекомендуется, причем предпочтительно использование двух независимых, взаимозаменяемых источников.

III категория включает в себя все остальные электроприемники, для которых наличие резервного источника питания не является обязательным. Однако, в некоторых особо важных случаях, таких как системы охранной и пожарной сигнализации, резервирование может быть целесообразным.

Такое условное разделение позволяет рационально организовать электроснабжение, учитывая уровень значимости нагрузки и требования к надежности сети [1].

Для обеспечения данного требования применяется одно из следующих устройств [2].

Автоматический ввод резерва (АВР) – устройство, которое осуществляет автоматическое включение резервных источников питания. При нарушениях параметров в основной сети устройство АВР осуществляет

переключение нагрузки на резерв. Резервным источником при этом может выступать ЛЭП, дизель-генераторная установка или бензиновый генератор, накопитель энергии [3].

Быстродействующий автоматический ввод резерва (БАВР) – система противоаварийной автоматики. В функции БАВР входит обеспечение двухстороннего действия на коммутацию выключателей основной и резервной сети и на включение секционного выключателя. Работа системы быстродействующего автоматического ввода резерва возможна для различных типов аварийных ситуаций. С одной стороны, это могут быть разные типы коротких замыканий, с другой – отключение питающей сети.

Источник бесперебойного питания (ИБП) представляет собой комплексное устройство, обеспечивающее непрерывное электропитание подключенных устройств при перебоях в основной сети. Принцип работы ИБП основан на преобразовании входного переменного напряжения в постоянное с зарядкой встроенных аккумуляторов и последующем обратном преобразовании постоянного тока в переменный посредством инвертора. Основная функция ИБП – защита от кратковременных отключений, перегрузок и скачков напряжения. ИБП широко применяются для обеспечения надежности электропитания в бытовой, офисной и промышленной технике, обеспечивая необходимое время работы в автономном режиме.

Провалы и всплески напряжения, кратковременные прерывания, гармонические искажения и фазовая асимметрия тока вызывают сбои, ускоренный износ оборудования и значительные экономические потери [4]. Для устранения этих проблем широко применяются динамические компенсаторы искажения напряжения (ДКИН) – силовые электронные устройства, которые в режиме реального времени стабилизируют параметры питающей сети и обеспечивают бесперебойное питание потребителей. Основные функции ДКИН включают подавление высших гармоник, компенсацию реактивной мощности и коррекцию формы напряжения до максимально приближенной к синусоидальной, что значительно повышает качество электроснабжения в сетях переменного тока.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики (таблица 1).

Таблица сравнительных характеристик устройств АВР, БАВР, ИБП и ДКИН показывает, что каждое из них предназначено для решения различных задач в системе электроснабжения с учетом скорости реакции и специфики нагрузки. АВР обеспечивает базовое переключение на резервный источник с временем срабатывания от сотен миллисекунд до секунд, что подходит для нескоростных нагрузок, но допускает значительные провалы питания. БАВР отличается более высокой скоростью переключения (около 50 мс), обеспечивая защиту критически важных систем, особенно с электродвигателями, при этом снижая риск повреждения оборудования. ИБП предназначен для полного резервирования питания с автономной работой

на аккумуляторах, с временем отклика порядка 6–10 мс, что гарантирует непрерывность электропитания в случае отключений. ДКИН же обеспечивают молниеносную компенсацию провалов и искажений напряжения менее чем за 5 мс, поддерживая высокое качество электроэнергии для чувствительных к качеству нагрузок за счет использования накопителей энергии и силовой электроники. Такое разнообразие позволяет выбирать оптимальные решения в зависимости от критичности нагрузки и требований к надежности электроснабжения [5].

Таблица 1

Сравнение АВР, БАВР, ИБП и ДКИН

Критерий	АВР	БАВР	ИБП	ДКИН
Цель	Переключение питания на резервный источник при отключении	Быстрое переключение на резерв в десятки мс	Обеспечение непрерывного питания при отключении сети	Компенсация провалов и искажений напряжения в режиме реального времени
Метод компенсации	Переключение нагрузки	Быстрая коммутация с защитой от синфазного включения	Питание от аккумуляторов во время отключения сети	Компенсация с помощью накопителей + преобразователь силового напряжения
Длительность компенсации	Зависит от резервного источника	Зависит от резервного источника	От нескольких минут до часов	До 3 секунд, возможно больше при неполной нагрузке
Особенности	Простота, возможны провалы питания	Минимизация времени и тока включения, защита оборудования	Полная автономия, необходимость обслуживания аккумуляторов	Высокая эффективность, предотвращение искажений и провалов, долговечность накопителей

Список литературы:

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Текст]: Изд. 7-е, перераб. и доп. – М. : Изд-во Минэнерго России, 2003. – 648 с.
2. Червоненко, А. П. Оптимизация процесса имитационного моделирования электротехнических комплексов = Optimizing the simulation process of electrical complexes / А. П. Червоненко, Н. С. Попов, Е. А. Домашин. – Текст : непосредственный // Вопросы электротехнологии = Journal of electrotechnics : науч.-техн. журн. – 2025. – № 3 (48). – С. 48–53.

3. Габдрахимов, А. А. Быстродействующий автоматический ввод резерва / А. А. Габдрахимов // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: Материалы Национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых и специалистов, посвященной 20-летию создания кафедры электроэнергетики: в 2-х томах, Тюмень, 18–20 декабря 2019 года / Ответственный редактор: А. Н. Халин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2019. – С. 235-237. – EDN IONJJO.

4. Определение критериев эффективности функционирования автономной гибридной энергетической установки в системе электроснабжения железнодорожного транспорта / Д. В. Армеев, Е. А. Домахин, С. В. Митрофанов, Н. С. Попов. - Текст : непосредственный // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике : материалы 13 Всерос. науч.-техн. конф., Чебоксары, 3 июня 2022 г. – Чебоксары : Изд-во ЧГУ им. И. Н. Ульянова, 2022. – С. 308–310. - 350 экз. - ISBN 978-5-7677-3483-2.

5. Оценка параметров накопителей электроэнергии для тяговых подстанций / Д. А. Котин, А. Г. Русина, Е. А. Домахин, Н. С. Попов, Н. Г. Кирьянова, П. В. Матренин. – DOI 10.24160/1993-6982-2022-5-11-19. – Текст: непосредственный // Вестник МЭИ : теорет. и науч.-практ. журн. – 2022. – № 5. – С. 11–19.

Информация об авторах:

Николенко Анастасия Витальевна, студент гр. ЭММ-42, НГТУ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, nasta-nikolenko@yandex.ru

Кавешников Владимир Михайлович, к.т.н., доцент НГТУ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, д. 20, kaveshnikov@corp.nstu.ru