

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ



УДК 681.5

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В.Р. Иванова, Л.В. Фетисов

Казанский государственный энергетический университет,
г. Казань, Россия

Резюме: в работе предлагается описание и разработка демонстрационного стенда «Автоматический ввод резервного питания» для возможности наглядного изучения и понимания многостороннего питания для обеспечения надежности электроснабжения потребителей.

Ключевые слова: схемы питания, автоматика, оборудование, стенд, выключатель, миниконтактор, защита потребителей.

DOI: 10.30724/1998-9903-2018-20-9-10-120-128

Для цитирования: Иванова В.Р., Фетисов Л.В. Разработка учебного стенда для эффективной и безопасной эксплуатации резервного электроснабжения на промышленных предприятиях // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2018. Т. 20. № 9-10. С. 120-128. DOI: 10.30724/1998-9903-2018-20-9-10-120-128.

DEVELOPMENT OF TRAINING BENCH FOR EFFECTIVE AND SAFE OPERATION OF BACKUP POWER AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

V.R. Ivanova¹, L.V. Fetisov²

Kazan state power engineering university, Kazan, Russia

Abstract: The paper suggests the description and development of the demonstration stand «Automatic switch of stand-by power supply» for possibility of visual study and understanding of the multi-purpose power supply to ensure the reliability of electricity supply to consumers.

Keywords: power supply circuits, automation, equipment, stand, switch, minicontactor, consumer protection.

For citation: V.R. Ivanova, L.V. Fetisov Development of training bench for effective and safe operation of standby power supply at industrial enterprises // Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS 2018. vol. 20. № 9-10. pp. 120-128. DOI:10.30724/1998-9903-2018-20-9-10-120-128.

В работе предлагается усовершенствованная схема автоматического ввода резерва для возможности реализации и использования в учебных заведениях, для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника».

Целью создания стенда является введение в учебный процесс усовершенствованного оборудования и наглядного обучения основам бесперебойного питания потребителей.

В настоящее время существует большое количество схем и вариантов исполнения автоматического ввода резерва (АВР), однако в образовательных учреждениях демонстрационные стенды, характеризующие АВР, выполнены на устаревшем оборудовании в плане технического исполнения. Поэтому создание новой схемы для реализации АВР на современном оборудовании стало актуальным.

На первом этапе реализации проекта был произведен аналитический обзор известных схем АВР и рассмотрены варианты организации автоматического включения резервного питания для выявления недостатков и преимуществ последних.

Все схемы автоматического ввода резервного питания делятся на

– схему с двумя независимыми вводами и объединенными на выходе в одну цепь нагрузки. В аварийном и нормальном режимах работы подключен один из питающих вводов;

– схему, имеющую два независимых ввода и два независимых выхода для подключения нагрузки, которые объединены на выходе секционным выключателем. В нормальном режиме подключены оба питающих ввода, в аварийном – один [1–5].

Несмотря на многообразие вариантов резервирования линий, можно выделить следующие организации автоматического ввода резервного питания.

1. Схема АВР с источником (линия или трансформатор), находящимся в резерве.

Схема состоит из двух независимых источников питания 1 и 2. В нормальном режиме используется источник 1, при его отказе происходит отключение магнитного пускателя ПМ1 и включается ПМ2, тем самым восстанавливая напряжение на шинах питания (рис. 1).

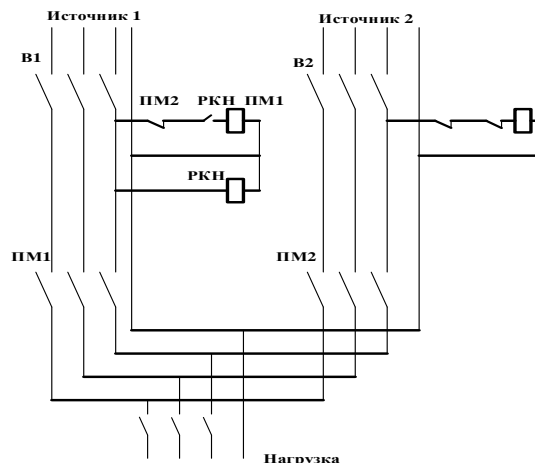


Рис. 1. Схема АВР с двумя источниками

2. Схема АВР с генератором, находящимся в резерве.

В качестве резервного источника в схеме используется генератор Г. При возникновении сбоя в питании от основной сети устройство АВР автоматически запускает генератор Г и отключает ПМ1, и после выхода генератора Г на рабочий режим включает ПМ2 (рис. 2).

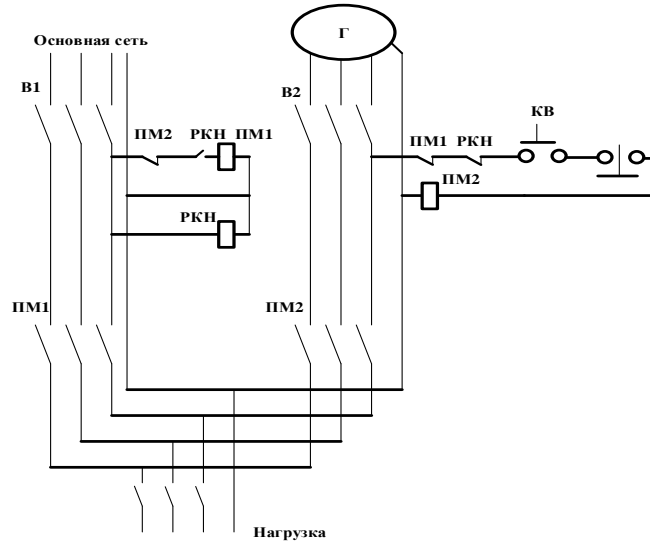


Рис. 2. Схема АВР с генератором, находящимся в резерве

3. Схема АВР с секционированием (рис. 3).

На рис. 3 оба источника ВВОД1 и ВВОД2 работают одновременно при отключенном секционном выключателе QF3. При выходе из строя одного из источников отключается вводной выключатель отказавшего источника и включается секционный выключатель QF3.

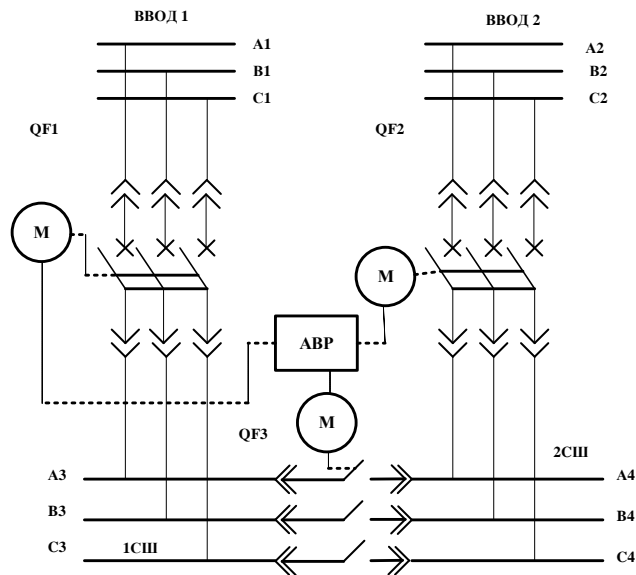


Рис. 3. Схема АВР с секционированием

4. Схемы быстродействующих АВР (БАВР) (рис. 4).

Микропроцессорные устройства БАВР являются одним из основных элементов построения системы гарантированного электроснабжения потребителей, относящихся к первой категории. Данные устройства позволяют быстро зафиксировать факт нарушения энергоснабжения, определить его характер и сформировать управляющие воздействия на коммутационные аппараты. Использование БАВР, совместно со специализированными быстродействующими вводными и секционными выключателями, позволяет уменьшить экономический ущерб от нарушения электроснабжения за счет сохранения непрерывности технологического процесса и уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, связанных с возможным недопустимым снижением производительности или полной остановкой ответственных механизмов за счет уменьшения времени перехода на резервный источник питания.

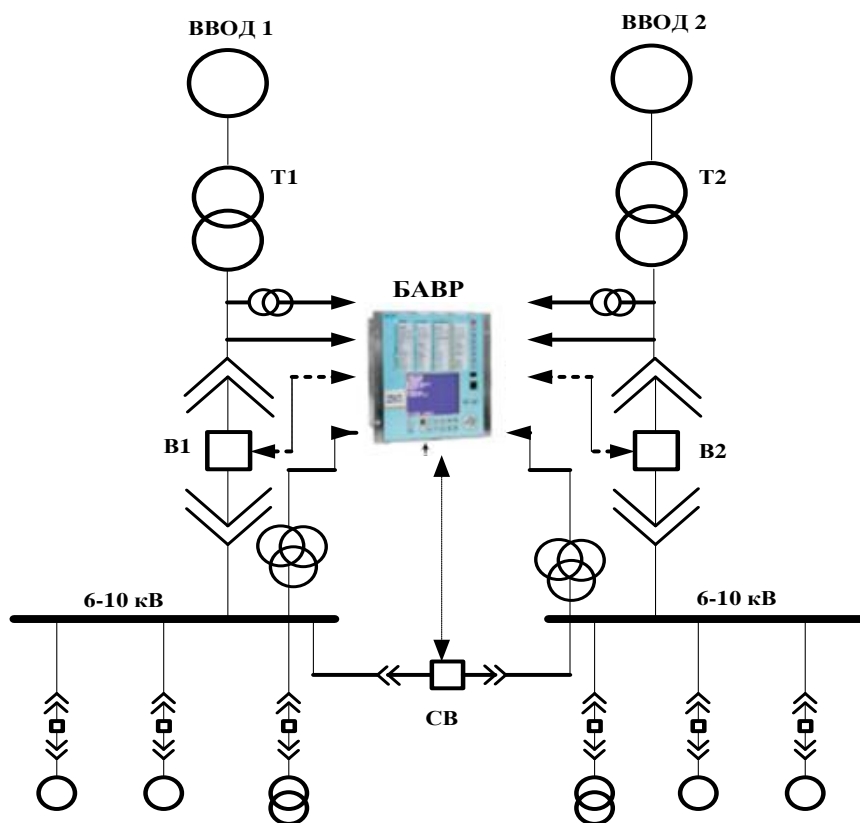


Рис. 4. Схема быстродействующих АВР (БАВР)

В лабораторной установке реализован вариант АВР при наличии двух источников питания и нормально отключенного секционного выключателя. Элементы блока АВР размещены в корпусе стенда. На рис. 5 показана принципиальная электрическая схема.

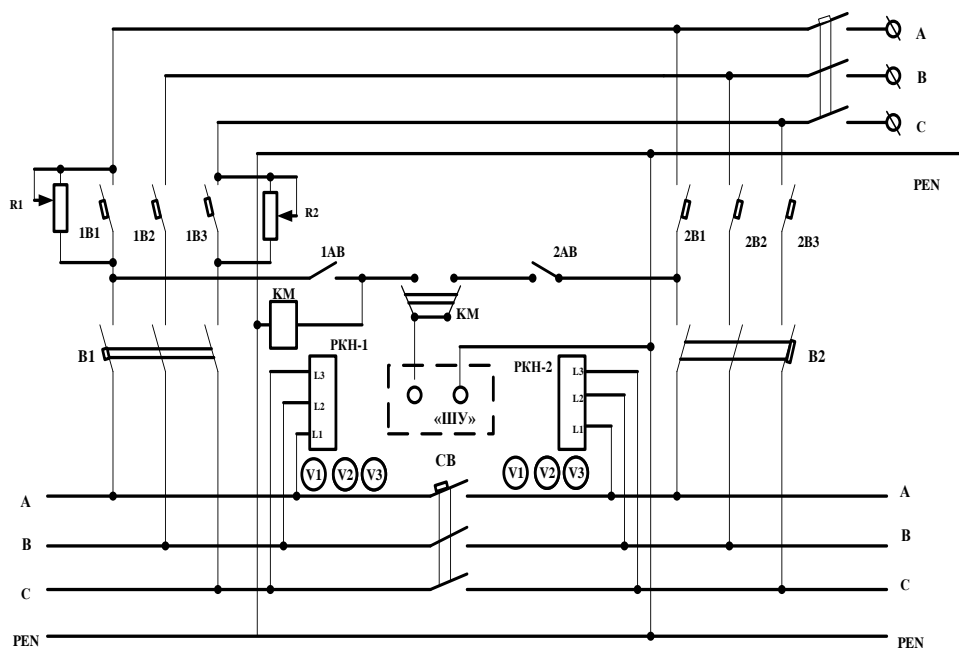


Рис. 5. Принципиальная схема АВР

Стенд разработан и выполнен для наглядного изучения работы автоматических выключателей при опробованиях схемы АВР, путем интерактивного изучения функции переключения с основной линии питания на резервную и наоборот, с резервной – на основную, а также для повышения интереса у учащихся к образовательному процессу. Коммутационные аппараты имеют возможность установки механической блокировки.

Максимальный ток потребления демонстрационного стенда, который работает от сети переменного тока промышленной частоты 50 Гц с действующим значением напряжения 380 В, составляет 6 А. Питающий кабель подключен к трехполюсному автоматическому выключателю на 6 А, установленному с правого торца демонстрационного стенда. На лицевой стороне стенда представлены реальные образцы автоматических выключателей, указательных и промежуточных реле, реле тока, миниконтактор, ключ управления АВР, световые сигнализаторы положения силовых выключателей; присутствуют логические элементы и основные компоненты цифровой электроники. Последние – это регуляторы напряжения, индикаторы напряжения. Также изображена мнемосхема самого стенда. На рис. 6, а показан стенд на этапе сборки комплектующих, а на рис. 6, б – внешний вид готового стенда с мнемосхемой.

Функциональные возможности стенда:

1. Регулирование выходного напряжения на ВВОДЕ 1 в диапазоне от 30 до 230 В.
2. Возможность имитации перекоса или потери напряжения на обоих вводах.
3. Возможность подачи тока от 0 до 10 А для проверки срабатывания токовой защиты.
4. Возможность имитации работы реле с помощью кнопки.



Рис. 6, а. Фотография стенда на этапе сборки



Рис. 6, б. Фотография внешнего вида демонстрационного стенда с двумя системами шин

Оборудование выбиралось по функциональности. Например, автоматические выключатели вводов и секционного выключателя выбирались только с электроприводом – такая конструкция упрощает составление схемы; не требуется отдельно использовать кнопки управления, так как на электроприводе установлен рычаг переключения автоматического выключателя и встроенный переключатель положения. Помимо этого, при разработке схемы АВР была выполнена модернизация автоматического выключателя с электроприводом, суть которой состоит в увеличении количества контактов за счет использования промежуточного реле РЭК 77/4. Для возможности имитировать токовую

защиту и проведения лабораторных работ подобрано статическое реле РСТ-80-1, на котором можно выставить и проверить настройку заданных параметров.

Описание выбранного оборудования

1. Автоматические выключатели ВА47-29 предназначены для использования в одно- или трехфазной электрической сети 220 – 380 В в системе электроснабжения с заземленной нейтралью частотой 50 Гц. Автоматические выключатели ВА47-29 рекомендуются к применению в вводно-распределительных устройствах для жилых и общественных зданий. На стенде используется автоматический выключатель типа ВА47-29М для включения общего питания.

2. Миниактор МКН (КМ)-10911. Главным критерием выбора миниактора стали габаритные размеры элемента и наличие указателя положения контактора. Основные характеристики МКН:

- а) номинальное напряжение катушки управления 230 В;
- б) диапазон напряжения управления:
 - срабатывание – (0,85 ÷ 1,1) U_c;
 - отпускание – (0,2 ÷ 0,75) U_c;
- в) компактная конструкция подвижной части магнитной и контактной систем обеспечивает высокое быстродействие и частоту коммутаций до 3600 циклов включения/отключения в час, что важно при использовании контакторов в автоматизированном технологическом оборудовании;
- г) возможность установки на МКН модуля дополнительных контактов;
- д) возможность установки МКН на *DIN*-рейку;
- ж) горизонтальное расположение магнитной системы дает возможность устанавливать и эксплуатировать МКН как на вертикальной, так и на горизонтальной плоскостях без ухудшения коммутационных свойств.

3. Автоматический выключатель тип ВА88–32 предназначен для отключения тока при коротких замыканиях, перегрузке, недопустимых снижениях напряжения. Находит применение в жилом и гражданском строительстве, производственных объектах, на подстанциях и распределительных пунктах. При выборе данного устройства руководствовались следующими критериями: удобство монтажа за счет свободного пространственного расположения без изменения номинальных характеристик и работоспособности выключателя; компактность; возможность замены старых автоматических выключателей; корпус выполнен из устойчивого к деформациям материала; возможность самостоятельной установки вспомогательных устройств для ВА88-32 (расцепитель минимального напряжения РМ32/33, дополнительные контакты ДК32/33, аварийные контакты АК32/33) путем вставки их в специальные ниши, причем наличие двойной изоляции исключает риск контакта с активными частями, что повышает безопасность обслуживания.

4. Для дистанционного включения и отключения в автоматическом режиме автоматического выключателя ВА88–32 выбран электропривод ЭП-32/33. ЭП-32/33 допускает возможность перехода на ручное управление выключателем при отсутствии напряжения в цепи управления.

5. Для увеличения количества контактов у автоматического выключателя и электропривода в схему было введено промежуточное реле РЭК 77/4. Данные реле промежуточные электромагнитные серии РЭК 77/4 применяются в цепях управления электроприводами переменного тока напряжением до 240 В частоты 50 Гц и в цепях постоянного тока напряжением до 220 В. Реле комплектуются розетками РРМ 77/4 и предназначены для крепления на *DIN* – рейку шириной 35 мм.

6. Для световой сигнализации была выбрана световая арматура со светодиодной матрицей AD-22DS (LED), назначение которой – индикация состояния электрических цепей и рабочего состояния оборудования стенда (цвет свечения белый, синий, красный,

зеленый). Преимущества: большой срок службы; безинерционность; отсутствие нагревания источников света и вторичной оптики; большой световой поток по сравнению с аналогами.

7. Для имитации токовой защиты в схеме выбрано статическое реле РСТ-80-1. Рассматриваемое реле предназначено для применения в схемах релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем в цепях переменного тока частотой 50 Гц. Реле устойчивы к воздействию помех в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51317.4. Функциональные возможности реле: токовая отсечка, обеспечивающая быстрое срабатывание (не более 0,1) при превышении током величины, равной уставке тока отсечки; максимальная токовая защита (МТЗ), обеспечивающая срабатывание с зависимой или независимой от тока выдержкой времени.

С помощью данного стенда можно имитировать следующие виды работ:

1. Автоматическое включение резервного питания при наличии двух независимых источников электроэнергии.
 2. Посадка и провалы напряжения в системе электроснабжения, работа АВР как защита потребителей.
 3. Блокировка АВР при коротком замыкании на землю.
- Лабораторный практикум находится на этапе разработки.

Литература

1. Performance evaluation and operation of Auto Load transfer switch/ Diponkar Paul, Md. Shariful Islam, Syed Khalid Rahman, Md. Saiful Islam, Mir Mohiuddin //International Journal of Renewable and Sustainable Energy. 2013. 2(6). P. 205–211.
2. Галеев Э.Г. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики линий электропередач / Э.Г. Галеев, И.Ю. Иванов, И.Л. Кузьмин и др. СПб.: ПЭИПК, 2016. 198 с.
3. Optimal Charging and Discharging Scheme of Battery Energy Storage System in Active Distribution Network /Author(s): ZHU Zefeng, ZHAO Jinquan, WEI Wenhui, LIN Changnian, YU Yiping, Journal: Automation of Electric Power Systems. Year: 2016. Issue: 20. Pages: 47–54.
4. Сычев Ю.А. Многоступенчатая система автоматического ввода резерва в электрических сетях предприятий минерально-сырьевого комплекса / Ю.А. Сычев, А.В. Федоров, Р.Ю. Зимин // Современная наука и практика. 2016. № 9. С. 22–26.
5. Турсунбекова Л.С. Обеспечение бесперебойного электроснабжения / Л.С. Турсунбекова // Наука и инновационные технологии // 2017. Т.3, № 2. С. 102–104.
6. Пат. № 2326481 РФ. Способ автоматического включения резервного электропитания потребителей и устройство для его осуществления / Цырук С.А., Гамазин С.И., Пупин В.М., Козлов В.Н., Павлов А.О. 07.11.2006.
7. Пат. № 2624921 РФ. Устройство автоматического включения резерва / Винограденко А.М., Будко П.А., Веселовский А.П., Литвинов А.И., Гладкова К.О., Тищенко Л.М. 12.07.2016.
8. Коробейников Б.А. Быстродействующий автоматический ввод резерва в системах электроснабжения сахарных заводов / Б.А. Коробейников, А.И. Ищенко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2008. №1. С. 86–88.
9. Кулакевич А.Н. Автоматический ввод резерва – надежный способ бесперебойного электроснабжения / А.Н. Кулакевич, Б.В. Клименко // Електротехніка і Електромеханіка. Изд. Національний технічний університет «Харьковский политехнический институт». 2010. № 1. С. 55–60.
10. Крюков Ю.А. Разработка интеллектуальной релейной защиты в сочетании с быстродействующим автоматическим вводом резерва / Ю.А. Крюков, Е.Ф. Киров, О.Е. Наумов, В.В. Иванов // Энергобезопасность и энергосбережение. 2016. № 1. С. 9–13.

Авторы публикации

Иванова Виля Равильевна – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» (ЭЭ) Казанского государственного

энергетического университета (КГЭУ).

Фетисов Леонид Валерьевич – канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» (ЭЭ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).

References

1. Performance evaluation and operation of Auto Load transfer switch/ Diponkar Paul, Md. Shariful Islam, Syed Khalid Rahman, Md. Saiful Islam, Mir Mohiuddin //International Journal of Renewable and Sustainable Energy 2013; 2(6): 205–211.
2. Galeev E.G. Microprocessor devices for relay protection and automation of power lines / E.G. Galeev, I.Yu. Ivanov, I.L. Kuzmin and others. SPb.: PEIPK, 2016. 198 p.
3. Optimal Charging and Discharging Scheme of Battery Energy Storage System in Active Distribution Network /Author(s): ZHU Zefeng, ZHAO Jinquan, WEI Wenhui, LIN Changnian, YU Yiping, Journal: Automation of Electric Power Systems. Year: 2016. Issue: 20. Pages: 47–54.
4. Sychev Yu. A. A multi-stage system of automatic reserve input in electric networks of enterprises of the mineral-raw complex / Yu.A. Sychev, A.V.Fedorov, R.Yu. Zimin // Modern Science and Practice. 2016. № 9. P. 2 –26.
5. Tursunbekova L.S. Provision of uninterrupted power supply / L.S. Tursunbekova // Science and innovative technologies // 2017. V.3, No. 2. P.102–104.
6. Patent for invention of the Russian Federation № 2326481. The method of automatic switching on backup power supply of consumers and the device for its implementation // Patent RF / Tsyruk S.A., Gamazin S.I., Pupin V.M., Kozlov V.N., Pavlov A.O. 07.11.2006.
7. Patent for invention of the Russian Federation № 2624921. Automatic switch-on device // Patent of the Russian Federation / Vinogradenko A.M., Budko P.A., Veselovsky A.P., Litvinov A.I., Gladkova K.O., Tischenko L.M. July 12, 2016.
8. Korobeinikov B.A. High-speed automatic input of the reserve in the power supply systems of sugar plants / B.A. Korobeinikov, A.I. Ischenko // News of Higher Educational Establishments. Food technology. 2008. № 1. P. 86–88.
9. Kulakevich A.N. Automatic input of a reserve is a reliable method of uninterrupted power supply / A.N. Kulakevich, B.V. Klimenko // Elektrotehnika i Elektromehika, 2010. № 1. Ed. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute". P. 55–60.
10. Kryukov Yu.A. Development of intelligent relay protection in combination with high-speed automatic input of the reserve / Yu. A. Kryukov, E.F. Kirov, O.E. Naumov, V.V. Ivanov // Energy security and energy saving. 2016. № 1. P. 9–13.

Authors of the publication

Viliya R. Ivanova– PhD (Techn.) Sci., associate professor, department "Electrical Equipment and Electricity of Enterprises, Organizations and Institutions", Kazan state power engineering university.

Leonid V. Fetisov – PhD (Techn.) Sci., associate professor, department "Electrical Equipment and Electricity of Enterprises, Organizations and Institutions", Kazan state power engineering university.

Поступила в редакцию

17 июля 2018 г.