

## Мероприятия повышения надежности оборудования автоматизированного технологического управления в электросетевом комплексе

**Сергей В. Вендин**, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, Белгород, Россия

**Артем Ю. Мамонтов**, ПАО «МРСК Центра» – «Белгородэнерго», Белгород, Россия

**Николай О. Шаршуков**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия



Сергей В. Вендин



Артем Ю. Мамонтов



Николай О. Шаршуков

**Резюме.** В электросетевой комплекс постепенно интегрируется оборудование автоматизированного технологического управления. Автоматизированное технологическое управление в электроэнергетике – это способность регулировать положение коммутационных аппаратов, наблюдать их текущее состояние, а также выводить на дисплей числовые данные по токам, напряжениям и т.д. Нарушение работы автоматизированных средств диспетчерского управления (АСДУ) несет в себе дефекты функционирования оборудования электроэнергетических систем и сетей. От аварийных отказов АСДУ нестабилен мониторинг состояния электросети, невыполнимо регулирование коммутационными аппаратами. Из-за отсутствия возможности оперативного удаленного управления энергоустановками, поставщик услуг электроэнергии не может гарантировать бесперебойное электроснабжение. В статье представлен анализ действующего оборудования АСДУ, эксплуатируемого в распределительных сетях на электрических подстанциях, показаны преимущества и недостатки образцов, предложены методы повышения надежности работы оборудования в условиях электросетевого распределительного комплекса 35-110 кВ. Предложен вариант паспортизации оборудования АСДУ. Энергетические объекты, содержащие средства диспетчерского технологического управления (СДТУ), предлагается обеспечивать технологической документацией. Документация хранится на участках обслуживания в бумажном виде и на ИТ-портале в виде сканированных копий. Обеспечение энергетических объектов соответствующей документацией повышает эффективность труда инженерно-технического персонала при эксплуатационных проверках и аварийно-восстановительных работах. Помимо обязательного перечня документов на подстанции (документация оперативного, оперативно-ремонтного, РЗиА-персонала), предлагается оснастить подстанции схемами оборудования СДТУ. Данный вид оптимизации сокращает сроки и минимизирует ошибки при проведении регламентных и ремонтных работ средств автоматизированного диспетчерского и технологического управления на объектах электроэнергетического комплекса. Появляется возможность дистанционного управления восстановлением работоспособности системы (электропитание, перезагрузка датчиков, контроллеров, устройств сбора и передачи данных и так далее). Повышается эффективность проведения эксплуатационных проверок инженерно-техническим персоналом. Отсутствие аварийных ситуаций ведет к бесперебойной подаче электроэнергии для всех категорий потребителей, повышая общую привлекательность электроэнергетической отрасли для инвесторов, поэтому безаварийная работа оборудования – это очевидный фактор развития российских технологий, а также соответствие положению ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе.

**Ключевые слова:** автоматизированные средства диспетчерского управления, телемеханика, надежность электроснабжения, распределительные сети, электросетевой комплекс.

**Формат цитирования:** Вендин С.В., Мамонтов А.Ю., Шаршуков Н.О. Мероприятия повышения надежности оборудования автоматизированного технологического управления в электросетевом комплексе // Надежность. 2017. Т. 17, № 1. С. 11-16. DOI: 10.21683/1729-2646-2017-17-1-11-16

### Введение.

#### Цель и задачи исследования

Современное оборудование АСДУ – это многоуровневый программно-аппаратный комплекс, насыщенный технологическим «железом» и адаптированным к нему программным обеспечением. На данный момент решения АСДУ интегрированы в железнодорожную,

металлургическую, атомную и электроэнергетическую промышленность. Использование комплексов АСДУ ведет к оперативному удаленному управлению электроустановками и мониторингу их состояния [1].

Персонал, обслуживающий электроустановки, сталкивается с проблемой частых аварийных отказов оборудования по совокупности смежных причин. Тем самым, возникают условия, определяющие цель иссле-

дования: обеспечение мероприятий, способствующих работе оборудования АСДУ в нормальном режиме. Исходя из цели, в статье освещено решение следующего комплекса задач.

1. Произвести анализ средств АСДУ, используемых в электроэнергетическом распределительном сетевом комплексе 35-110 кВ, выявить преимущества и недостатки образцов.

2. Провести анализ основных причин аварийности оборудования.

3. Предложить мероприятия, повышающие надежность технической эксплуатации указанного оборудования.

## 1. Анализ средств АСДУ, преимущества и недостатки

В электросетевом комплексе используются несколько программно-аппаратных решений АСДУ, предназначенных для сбора текущих положений выключателей, а также для их управления.

Эксплуатируемые АСДУ-комплексы

1.1. «КОМПАС 1.1.» – контролируемый пункт телемеханики, участвующий в сборе и обработке данных. «КОМПАС» – модульный комплекс, состоящий из блока питания, модулей приема телеизмерений (ТИ), теле-сигнализации (ТС) и отправки команд телеуправления (ТУ). Обладает небольшим объемом сигналов телесигнализации ТС и текущих телеизмерений ТИ (от 8 до 64) и до 32 команд телеуправления.

Состав «КОМПАС»:

- КТМС-М – модемный и адресный модуль. Используется для связи с устройствами передачи данных;
- КУКП-3 – модуль, предназначенный для обработки полученных данных телемеханики, также оснащенный разъемом для приема сигналов ТИ;
- МВТС-М – модуль, предназначенный для обработки полученных данных телесигнализации, оснащенный разъемом для приема сигналов ТС;
- МВТУ – модуль, предназначенный для обработки команд ТУ, также оснащенный разъемом для приема сигналов ТУ с блока релейных повторителей (БРП).

В сетях 35-110 кВ контролируемый пункт (КП) связан с устройствами верхнего уровня посредством высокочастотной связи по воздушной линии. Существенным недостатком КП является техническое отсутствие синхронизации работы с современными каналами связи (GPRS, 3G, 4G), что исключает возможность дистанционного подключения и работы с устройством КП.

Схема построения модулей «КОМПАС» показана на рисунке 1.

Применение «КОМПАС» на объектах электроэнергетики не всегда оправдано, так как из-за вывода в ремонт воздушной линии, обрыва, выхода из строя тракта высокочастотного оборудования оборудование «КОМПАС» не может передавать данные на верхний уровень, исключается возможность мониторинга и

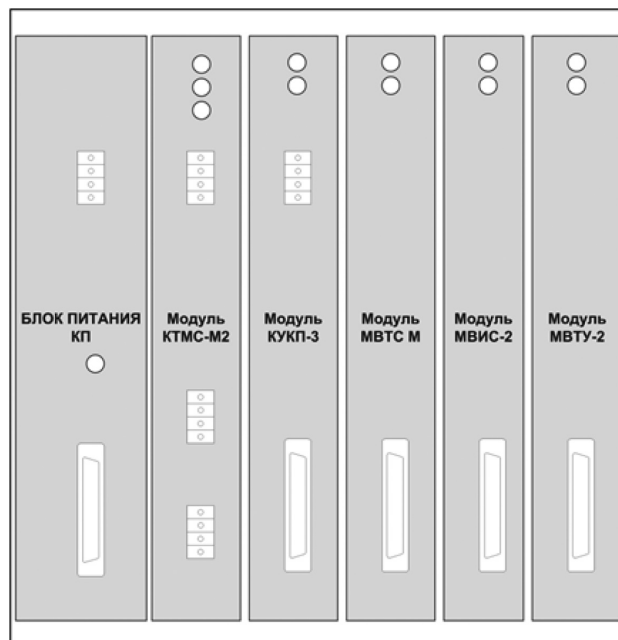


Рисунок 1 – Схема расположения модулей в контролируемом пункте «КОМПАС»

управления коммутационными аппаратами. Канальное резервирование для «КОМПАС» (в тестируемых условиях) не предусматривается. По своей конфигурации, заявленным техническим условиям объектов электроэнергетики, КОМПАС 1.1. – физически устаревшее оборудование, чаще заменяемое на новые, высокотехнологичные решения.

1.2. «МТК-30.КП» – наиболее популярная и надежная модель исполнения телемеханики в электроэнергетических распределительных сетях. Широкое распространение МТК-30.КП получил из-за своей универсальности, надежности, множеству подключаемых периферийных устройств и возможностью резервирования. Комплекс МТК-30.КП предназначен для работы в составе систем телемеханики, обеспечивающих сбор информации в составе АСДУ. Устройство имеет распределенную структуру, состоит из совокупности модулей, связанных между собой шинами на основе интерфейсов RS 485, CAN и Ethernet; сопрягается с несколькими каналами связи с использованием интерфейсов RS-232 посредством специализированного многоканального адаптера, интерфейсов Ethernet.

Состав «МТК-30.КП»

Состав и количество модулей определяют функциональность и информационную емкость устройства МТК-30.КП. В его состав входят следующие основные модули:

- устройство сбора и передачи данных;
- модули ввода дискретных сигналов (ТС);
- модули ввода текущих телеизмерений (ТИ);
- конвертеры интерфейсов;
- модули телеуправления (ТУ);
- цифровой измерительный преобразователь (RS 485/232).

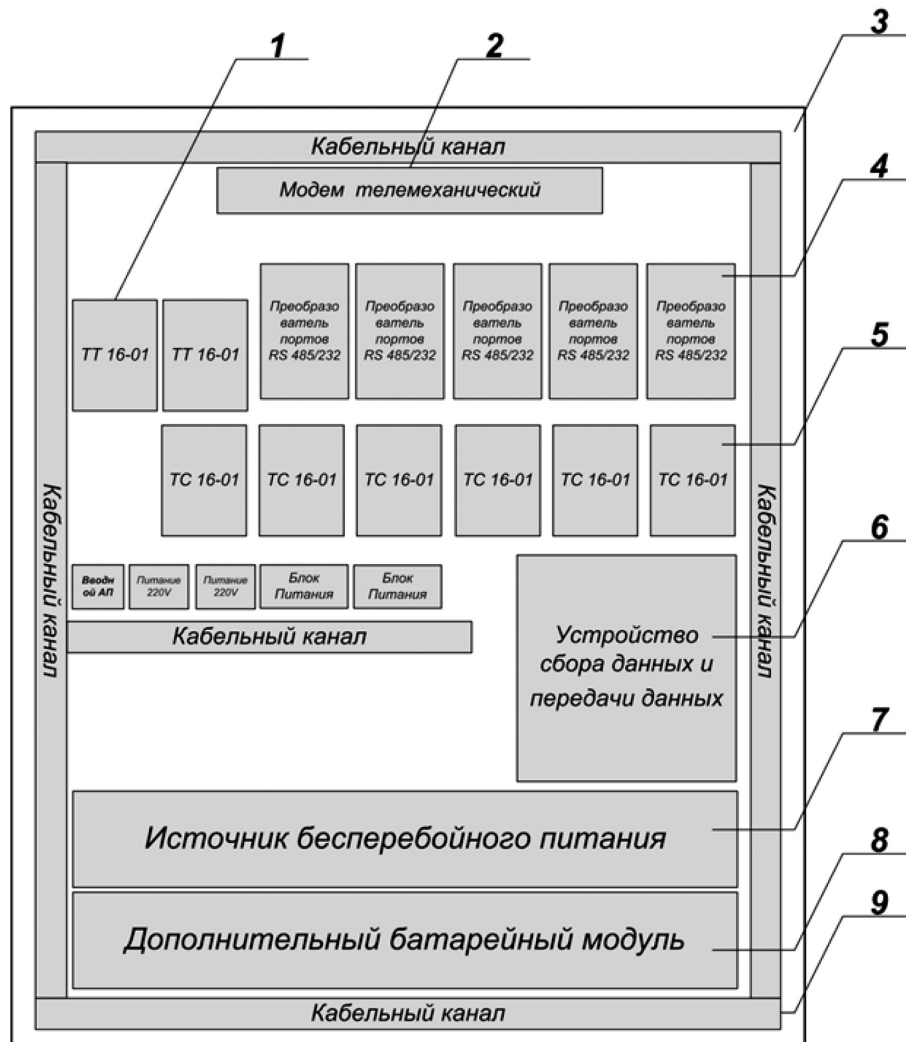


Рисунок 2 – Схема расположения модулей в контролируемом пункте «МТК-30»

На рисунке 2 показана схема компоновки модулей телемеханики. По мере технических условий комплектация может быть увеличена.

1. Модуль текущих телеизмерений (ТИ) 2. Модем для связи с устройством передачи данных 3. Шкаф телемеханики 4. Преобразователь интерфейсов 5. Модуль телесигнализации (ТС) 6. Головной компьютер 7. Модуль резервного электропитания 8. Дополнительный батарейный модуль 9. Силовые и информационные кабельные каналы

Преимуществом использования комплексов является возможное резервирование всех составных частей. Если по совокупности причин один из модулей или головной компьютер выходит из строя, то возможно подключению второго модуля, работающего параллельно с первым. В программном обеспечении (ПО) наблюдается приведение к единым стандартам и алгоритмам работы. Под создаваемые условия редактируется программный код работы микропроцессорной техники. Совершенствуются системы организации мониторинга (SCADA) и режимов работы специалистов, минимизируется возможность аварийных отказов. Для обмена данных

между устройствами АСДУ используются волоконно-оптические линии связи и беспроводные технологии.

Существует еще ряд программно-аппаратных решений АСДУ (ЭКОМ ТМ от ООО «Прософт Системы»; Syndis SO-5 от ООО «НПП Микроника», Россия-Польша), эксплуатируемых в электроэнергетике. Большинство из них аналогичны по техническим параметрам устройству МТК-30.КП и для реализации выполнения задач повышения надежности их обзор не существен.

## 2. Анализ основных причин аварийности оборудования

Развитие технического оснащения предусматривает совершенствование мероприятий технического обслуживания, диагностики. Возрастают требования к персоналу, выполняющему наладочные работы сложных автоматизированных систем [2]. Перед вводом в эксплуатацию оборудование проходит многочисленные испытания на имитационных стендах. Со стремлением к энергетической эффективности и невмешательства

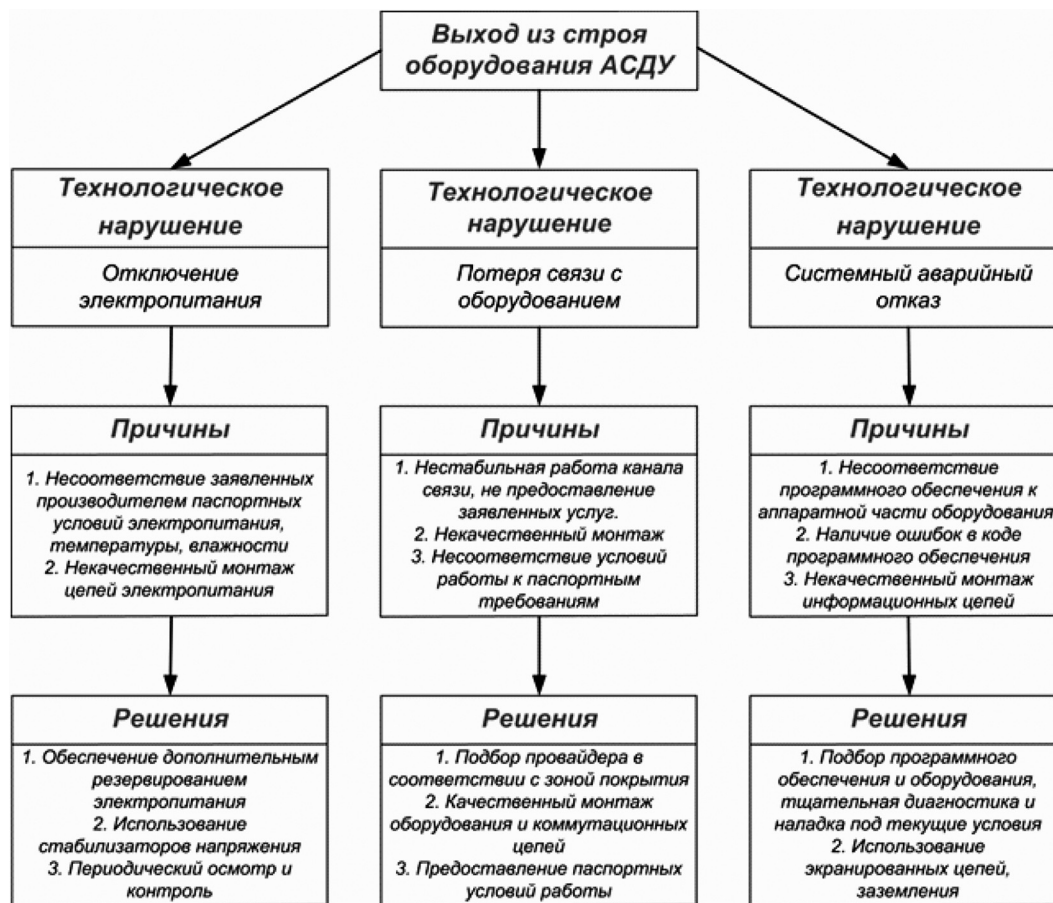


Рисунок 3 – Блок-схема технологических нарушений, причин и решений проблем выхода из строя оборудования АСДУ

персонала в технологический процесс, вероятность возникновения аварийных отказов все равно остается высокой. Ниже показана блок-схема (рисунок 3), указывающая виды технологических нарушений, их причины и возможные методы устранения.

### 3. Мероприятия, повышающие надежность технической эксплуатации указанного оборудования

#### 3.1. Организационно-технические работы

##### 3.1.1. Обеспечение дополнительным резервированием

Исходя из указанных в обзоре комплексов, возникает вывод об обеспечении резервированием средств АСДУ [3]. Обеспечение резервированием не только в вопросах электропитания, но и для коммутаторов, преобразователей, устройств сбора и передачи данных (УСПД). Каждая единица в тракте оборудования структурирована и при выходе из строя одной части системы, пропадает связь со всеми объектами телеуправления и телесигнализации. При параллельной работе двух устройств вероятность отказа сокращается, и энергетический

объект при выходе из строя одного или нескольких модулей находится в зоне диспетчерской видимости и управляемости.

##### 3.1.2. Использование стабилизаторов напряжения

Стабилизатор напряжения способен обеспечивать качественные характеристики электроэнергии в сети и сделать работу блоков питания оборудования АСДУ надежной и стабильной. При возведении современных электрических подстанций для электропитания АСДУ используются источники бесперебойного электропитания (ИБЭП) «Штиль PS220-14/48-40» со значительным набором аккумуляторных батарей и стабилизатором напряжения, что предотвращает возможность возникновения ненормального режима и выхода из строя блоков питания оборудования АСДУ. Напряжение подается согласно предписанным паспортным данным оборудования.

##### 3.1.3. Периодический осмотр и контроль оборудования. Качественный монтаж и наладка оборудования согласно требованиям, предписанным заводом-изготовителем

Обязательно соответствие работ плановым графикам. Обеспечение контроля над оборудованием для обнаружения возникающих дефектов. Предоставление внешних

условий для оборудования: температуры, влажности, предписанной заводом изготовителем. Проявление повышенной бдительности к безопасности автоматизированного оборудования, паролевой политике и доступу к программно-аппаратному комплексу на энергетическом объекте во избежание аварийных или террористических ситуаций. При проведении осмотров, должное внимание уделять устаревающему оборудованию, особенно чувствительному к переменам наружной температуры, давлению воздуха, влажности. Формированию контактных дефектов подвержена наружная часть ВЧ-тракта связи по воздушной линии (ВЧ-заградитель, конденсатор связи, клеммники), поэтому обязателен регламентный осмотр вторичных цепей. Для монтажа и наладочных работ необходимо привлекать известные компании, специализирующиеся на монтажной деятельности и имеющие рекомендации российских и зарубежных заказчиков. У персонала, проводящего монтаж, наладку, техническое обслуживание и эксплуатационные проверки АСДУ, желательно наличие сертификатов, выданных заводом изготовителем (Cisco, ProSoft и других), допускающих к обслуживанию данного наименования оборудования.

### 3.1.4. Подбор провайдера в соответствии с зоной покрытия оператора

Услуги передачи данных по беспроводным каналам связи (GPRS; 2G; 3G; 4G) чаще всего предоставляются поставщиком телекоммуникационных услуг мобильной связи. Каналы могут являться основными для ряда категорий оборудования, где затруднено или не представляет целесообразности создание проводных широкополосных каналов. Например, аппаратура АСКУЭ, телемеханизированные реклоузеры обмениваются данными с сервером посредством указанных каналов связи [4, 5]. Применение беспроводных каналов (GPRS; 2G; 3G; 4G) характерно для интеграции в существующее технологическое решение АСДУ, имеющее возможность синхронизации с указанным каналом связи и добавление его в качестве резервного, работающего параллельно с основным. В случае использования беспроводных каналов связи, возникает проблема при заключении договоров на предоставление услуг передачи данных для оборудования, находящегося в малонаселенной местности, где отсутствуют мачтовые сооружения с приемо-передающими модулями телекоммуникационных операторов. Поэтому для оптимизации этой задачи при заключении договора, необходимо предоставлять географические координаты технологического объекта, на котором будет эксплуатироваться данный вид связи. В случае неуверенного приема в местности эксплуатируемого оборудования, допускается выбрать другого поставщика услуг передачи данных [4, 5].

### 3.2. Паспортизация объектов СДТУ

Энергетические объекты, содержащие СДТУ, предлагается обеспечивать технологической документацией. Документация хранится на участках обслуживания в бумажном виде и на ИТ-портале в виде сканированных

копий. Обеспечение энергетических объектов соответствующей документацией повышает эффективность труда инженерно-технического персонала при эксплуатационных проверках и аварийно-восстановительных работах. Помимо обязательного перечня документов на подстанции (документация оперативного, оперативно-ремонтного, РЗиА-персонала), предлагается оснастить подстанции схемами оборудования СДТУ.

**В перечне документации на каждый объект предлагается систематизировать набор документации на следующие категории:**

1. Общие сведения об оборудовании. Комплект качественных фотографий оборудования СДТУ, общая схема расположения оборудования СДТУ, перечень эксплуатируемого оборудования с указанием серийных/инвентарных номеров, дат замены АКБ, калибровки источников бесперебойного питания (ИБП) и других.

2. Документы АСДУ. Однолинейная принципиальная схема электропитания оборудования (на каждый шкаф АСДУ), схема расположения оборудования с указанием наименований (на каждый шкаф АСДУ), схема сигналов телеметрической информации данного объекта, структурная схема объектов АСДУ указанием IP-адресов. Также в данном разделе хранятся копии документов о добавлении новых объектов телесигнализации и телеуправления, протоколов эксплуатационной проверки.

3. Документы телекоммуникационного оборудования (ТК). Однолинейная принципиальная схема электропитания оборудования (на каждый шкаф ТК), схема расположения оборудования с указанием наименований (на каждый шкаф ТК), структурные схемы каналов передачи данных. Также предлагается дополнять данный раздел копиями проверок резервирования каналов связи.

4. Документы автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ). Однолинейная принципиальная схема электропитания оборудования (на каждый шкаф АСКУЭ), схема расположения оборудования с указанием наименований (на каждый шкаф АСКУЭ). Схема подключения приборов учета на вводах, отходящих линиях и принимаемых данных (активная и реактивная мощность).

5. Документы охранно-технологического видеонаблюдения (ОТВ). Однолинейная принципиальная схема электропитания оборудования (на каждый шкаф ОТВ), схема расположения оборудования с указанием наименований (на каждый шкаф ОТВ). Схема расположения, электропитания камер видеонаблюдения.

6. Документы части электропитания и заземления СДТУ. В данном разделе предлагается размещать документацию по электропитанию оборудования СДТУ на объекте, протоколы испытания заземляющих шин на объекте.

Данный вид оптимизации сокращает сроки и минимизирует ошибки при проведении регламентных и ремонтных работ средств автоматизированного диспетчерского и технологического оборудования на объектах электроэнергетического комплекса. Появляется

возможность дистанционного управления восстановлением работоспособности системы (электропитание, перезагрузка датчиков, контроллеров, устройств сбора и передачи данных и так далее). Повышается эффективность проведения эксплуатационных проверок инженерно-техническим персоналом.

## Выводы

В статье выполнен обзор преимуществ и недостатков оборудования АСДУ, эксплуатируемого на подстанциях класса напряжения 35-110 кВ. Проведен анализ технологических нарушений, причин возникновения и методов решения возникающих отказов. Предложены методы эффективной эксплуатации оборудования АСДУ. Отсутствие аварийных ситуаций ведет к бесперебойной подаче электроэнергии для всех категорий потребителей, повышая общую привлекательность электроэнергетической отрасли для инвесторов, поэтому безаварийная работа оборудования – это очевидный фактор развития российских технологий, а также соответствие положению ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе.

## Библиографический список

1. Положение ОАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. Утверждено Советом директоров ОАО «Россети» (протокол № 138 от 23.10.2013).
2. Мамонтов А.Ю. Компьютерная программа расчета параметров животноводческой фермы с биостанцией [Текст] / А.А. Виноградов, А.Ю. Мамонтов, А.В. Каплин // Промышленная энергетика – 2016. – №5. – С. 46-49.
3. Мамонтов А.Ю. Газовая турбина и газопоршневой двигатель в системах электроснабжения агропро-

мышленных предприятий [Текст] / А.А. Виноградов, В.В. Недосеков, А.Ю. Мамонтов, Н.О. Шаршуков // Энергобезопасность и энергосбережение – 2016. – №2. – С. 31-35.

4. Глинкин Е.И. / Информационно-измерительная система электросетевой компании [Текст] / Е.И. Глинкин, С.И. Чичёв, В.Ф. Калинин – М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 156 с.

5. Чичёв С. И. Модернизация автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии региональной сетевой компании [Текст] / С. И. Чичёв // Энергобезопасность и энергосбережение – 2010. – №2. – С. 20-24.

6. Лившиц И. И. Оценка защищённости объектов топливно-энергетического комплекса [Текст] / И. И. Лившиц // Энергобезопасность и энергосбережение – 2015. – №5. – С. 5-11.

## Сведения об авторах

**Сергей В. Вендин** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина. 308503, Россия, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1

**Артем Ю. Мамонтов** – инженер ПАО «МРСК Центра» – «Белгородэнерго». 308012, Россия, Белгород, ул. Преображенская, 42

**Николай О. Шаршуков** – студент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия

Поступила 29.06.2016