



12. GOST R 51709-2001. Avtotransportnye sredstva. Trebovaniya bezopasnosti k tekhnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki (s Izmeneniyami No. 1). Vved. 2002–01–01 [GOST R 51709-2001. Motor vehicles and their trailers. Safety requirements for technical conditions and methods of inspection (with Amendment N 1). Introduction date: 2002-01-01]. Moscow: Standartinform Publ., 2008.

13. O bezopasnosti kolesnykh transportnykh sredstv : tekhn. reglament Tamozhennogo soyuza TR TS 018-2011 [On the safety of wheeled vehicles: technical regulations of the Customs Union TR TS 018-2011]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320557> (Access date: 12.02.2019).

14. Kristi N.M. Metodicheskie rekomendatsii po proizvodstvu avtotekhnicheskoi ekspertizy [Guidelines for the production of autotechnical expertise]. Moscow: TsNIISE Publ., 1971. 242 p.

15. GOST 33078-2014 Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Metody izmereniya stsepleniya kolesa avtomobilya s pokrytiem. Vved. 2015–12–01 s pravom dosrochnogo primeneniya [GOST 33078-2014 Automobile roads of general use. Methods of measuring friction of vehicle wheel with the road surface. Introduction date 2015-12-01 with the right of early application]. Moscow: Standartinform Publ., 2016.

16. Khomenko A.P. et al. *Ustroystvo dlya upravleniya sostoyaniem ob"ekta zashchity patent na poleznuyu model'* [Device to control the state of the object of protection of the patent for useful model]. Pat. RF 56858 No. 2006113670/22 ; applied 21.04.2006, publ. 27.09.2006, Bull. No. 27.

17. Gozbenko V.E. et al. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchedom moshchnosti passazhiro i gruzopotokov [Methods of forecasting and optimization of the transport network taking into account the capacity of passenger and cargo flows]. Irkutsk, 2008. A manuscript deposited in VINII 17.04.2008, No. 330-V2008.

Информация об авторах

Authors

Соустова Лада Игоревна – старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт», Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, e-mail: LISoustova@sevsu.ru

Lada Igorevna Soustova – senior lecturer at the Subdepartment of Automobile Transport, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: LISoustova@sevsu.ru

Чуйко Иван Юрьевич – старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт», Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, e-mail: IUChui-ko@sevsu.ru

Ivan Yur'evich Chuiko – senior lecturer at the Subdepartment of Automobile Transport, Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: IUChuiko@sevsu.ru

Для цитирования

For citation

Соустова Л. И. Определение коэффициента сцепления колеса с дорогой расчетно-экспериментальным путем / Л. И. Соустова, И. Ю. Чуйко // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 68–77. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).68–77

Soustova L. I., Chuiko I. Yu. Opredelenie koeffitsienta stsepleniya kolesa s dorogoi raschetno-eksperimental'nym putem [Determining the ratio of the wheel grip with the road by means of a calculation and experiments]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019. Vol. 62, No. 2. Pp. 68–77. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).68–77

УДК 621.316.925

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).77–85

А. А. Лундалин¹, Е. Ю. Пузина^{1, 2}, И. А. Худоногов²

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

²Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 11 марта 2019 г.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ В РОССИЙСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Аннотация. В статье для разработки основных направлений развития устройств релейной защиты и автоматики применен структурно-функциональный метод. С этой целью использованы результаты статистического анализа данных о сроках эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики по различным типам элементной базы. Отмечена тенденция к увеличению доли устаревших электромеханических и микроэлектронных релейных защит, при этом процент случаев неправильного срабатывания по причине старения достигает четверти от общего числа неправильных срабатываний, а основной причиной является вина персонала подразделений, обслуживающих устройства релейной защиты и автоматики. Выявлена недостаточная оснащенность нормативно-технической литературой подразделений релейной защиты и автоматики и тенденция к отставанию во внедрении наиболее современных микропроцессорных защит. Анализ имеющихся данных указывает на острую необходимость как модернизации устройств релейной защиты и автоматики, так и определения актуальных направлений их развития, а также повышения качества подготовки обслуживающего персонала соответствующих подразделений и



служб, совершенствование нормативно-технической базы в области эксплуатации данных устройств, внедрения результатов научных исследований в области систем защиты и автоматики в российских электрических сетях.

Ключевые слова: релейная защита и автоматика, совершенствование нормативно-технической базы, комплексы релейной защиты и автоматики, инвестиционные программы.

A. A. Lundalin¹, E. Yu. Puzina^{1,2}, I. A. Khudonogov²

¹ Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, the Russian Federation

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

Received: March 11, 2019

GROWTH AREAS OF RELAY PROTECTION AND AUTOMATION IN RUSSIAN ELECTRICAL NETWORKS

Abstract. To develop the main growth areas of relay protection and automation devices, a structural and functional method is applied in this paper. For this purpose, the authors use the results of statistical analysis of data on the service life of the relay protection and automation devices for various types of element base. There is a tendency to increase the proportion of obsolete electromechanical and microelectronic relay protection, with the percentage of cases of incorrect operation due to aging reaching a quarter of the total number of incorrect operations. The main cause of incorrect operation is the fault of personnel units serving relay protection and automation. It had been revealed that the units of the relay protection and automation are not sufficiently supplemented with regulatory and technical literature. A tendency to lag has also been discovered while implementing the most modern microprocessor-based protection. The analysis of the available data points to the urgent need to both modernize relay protection and automation devices and define the actual directions of their development. It is also necessary to improve the quality of training of personnel of relay protection and automation units and services, improve the regulatory and technical base in the field of operation of these devices, and implement research results in the field of protection and automation systems in Russian electrical networks.

Keywords: relay protection and automation, improvement of the regulatory framework, introduction of relay protection, investment programs.

Введение

Основной задачей устройств релейной защиты и автоматики (УРЗА) является своевременное выявление аварийных и ненормальных режимов работы электрических сетей; воздействие на приводы выключателей с целью отключения поврежденного участка сети; замыкание цепей сигнализации для оповещения персонала, управляющего режимами работы электрических сетей и обслуживающего их; при необходимости, срабатывание устройств автоматики, таких как АВР, АПВ, АРВ и др. [1].

В связи с этим очевидно, что от правильного и надежного срабатывания УРЗА зависит бесперебойность электроснабжения всех потребителей электрической энергии.

Анализ современного состояния УРЗА в российских электрических сетях, представленный в ряде источников [2–6], свидетельствует о том, что на 2018 г. большая их часть организована на электромеханических реле – 76 %. Также велика в эксплуатации доля указанных устройств со сроком службы, значительно превышающим нормативный, а именно: 62 % защит на основе электромеханических реле и 38 % защит на основе микроэлектронных реле. Кроме того, существенная часть неправильных срабатываний УРЗА (до 24 % в год) вызвана их старением. Важно отметить, что

наибольшее количество случаев неправильного срабатывания УРЗА происходит по вине обслуживающего персонала – 32 %. Нормативно-техническое обеспечение УРЗА несколько отстает от внедрения в эксплуатацию современных типов систем защиты и автоматики, что не лучшим образом сказывается на их обслуживании. Темпы ввода в эксплуатацию современных высоконадежных типов микропроцессорных защит вместо устаревших версий УРЗА отстают от мировых тенденций.

Все перечисленные факты могут привести к возникновению как частных аварийных ситуаций на отдельных участках электрических сетей, так и крупных системных аварий.

Цель исследования, материал и методы исследования

Целью данной работы является определение основных направлений в развитии УРЗА и задач, которые необходимо решать в рамках каждого из направлений.

Основанием для выполнения исследований послужили статистические данные за 2014–2018 гг. о составе, состоянии и работоспособности действующих в российских электрических сетях УРЗА [2–6].

Для разработки основных направлений развития УРЗА применен структурно-функциональный метод.



Результаты исследования

С целью обеспечения надежного и безопасного функционирования российских электрических сетей, в частности УРЗА, в рамках анализируемого периода был принят ряд стратегических документов:

1. «Концепция развития релейной защиты и автоматики электросетевого комплекса ПАО «Россети»» [7].

2. Решением совета директоров ПАО «Россети» (протокол от 30 декабря 2016 г. № 250) в 2016 г. утверждена «Программа инновационного развития на период 2016–2020 годы с перспективой до 2025 года» [8].

3. В 2017 году разработана Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации на 2018–2022 годы и период до 2030 года [9].

Во всех указанных документах одной из основных стратегических целей в российских электрических сетях является модернизация и инновационное развитие УРЗА, которое должно происходить одновременно в нескольких направлениях:

– разработка и реализация инвестиционных программ для модернизации систем защиты и автоматики;

– совершенствование нормативно-технического обеспечения в области эксплуатации данных устройств и технологии их обслуживания;

– модернизация УРЗА;

– повышение качества подготовки обслуживающего персонала подразделений релейной защиты и автоматики (РЗА);

– разработка и внедрение комплексов РЗА, проведение научных исследований с целью создания инновационных УРЗА.

Разработка и реализация инвестиционных программ для модернизации парка устройств релейной защиты и автоматики

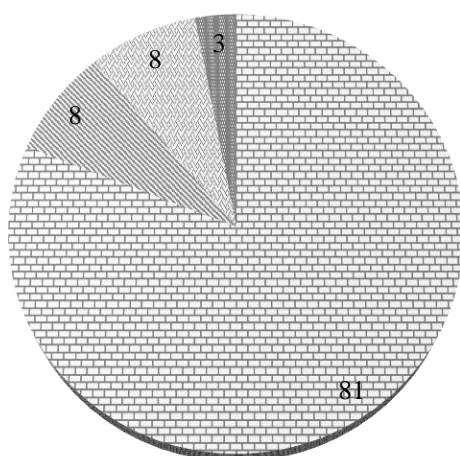
Решением правления ПАО «Россети» (выписка из протокола от 06 ноября 2018 г. № 778пр/1) внесены изменения в типовые Сценарные условия формирования инвестиционных программ ПАО «Россети» в части включения мероприятий по модернизации устройств и комплексов РЗА в первый приоритет. С целью реализации данной задачи разработаны целевые программы, в которых выполнено плановое распределение затрат на их внедрение [10]. Основную долю инвестиций (81 %) решено вложить в модернизацию УРЗА (рис. 1).

Совершенствование нормативно-технического обеспечения в области эксплуатации систем защиты и автоматики

С целью обеспечения единых нормативных требований к эксплуатации УРЗА постоянно проводится работа в области разработки и совершенствования стандартов, определяющих технические требования, правила технического обслуживания, методические указания по расчету различных УРЗА. Так, к концу 2017 г. разработаны и пересмотрены 20 нормативно-технических документов.

В 2017–2018 гг. при участии дочерних и зависимых обществ ПАО «Россети» разработано и утверждено шесть нормативно-технических документов:

1. СТО 34.01-4.1-005-2017 «Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и



- ▣ Модернизация устройств релейной защиты и автоматики
- ▤ Замена микроэлектронных устройств релейной защиты и автоматики
- ▥ Создание (модернизация) противоаварийной автоматики
- ▧ Оснащение защитами от дуговых замыканий

Рис. 1. Распределение затрат по реализации целевых программ на 2016–2020 гг., %



сигнализации электросетевого комплекса» [11].

2. СТО 34.01-4.1-002-2017 «Регистраторы аварийных событий. Технические требования» [12].

3. СТО 34.01-4.1-004-2018 «ВЧ аппаратура для РЗА. Технические требования к ВЧ аппаратуре разных производителей для обеспечения совместной работы в одном ВЧ канале» [13].

4. СТО 34.01-4.1-006-2018 «Автоматизированное рабочее место специалиста службы релейной защиты и автоматики. Пользовательские интерфейсы. Общие требования» [14].

5. СТО 34.01-4.1-007-2018 «Технические требования к автоматизированному мониторингу устройств РЗА, в том числе работающих по стандарту МЭК 61850» [15].

6. СТО 34.01-4.1-008-2018 «Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики. Методические указания по расчету надежности» [16].

В отношении трех проектов СТО имеется положительное заключение заочного заседания координационного совета по развитию системы нормативно-технического обеспечения ПАО «Россети»:

– «Каналы связи для РЗА. Технические решения»;

– «Дистанционное управление устройствами РЗА при оперативных переключениях. Технические решения».

– «Методические указания по эксплуатации микропроцессорных технологических защит».

В рамках исполнения распоряжения ПАО «Россети» № 141р от 28 марта 2018 г. до конца 2019 г. предусмотрена разработка и пересмотр еще 27 нормативно-технических документов по направлению РЗА [3].

Модернизация устройств релейной защиты и автоматики

С целью обеспечения высокой надежности работы УРЗА необходимо выполнить три основных условия:

– обеспечить высокую работоспособность эксплуатируемых УРЗА;

– выполнить по мере необходимости замену устройств защиты и автоматики, имеющих высокую степень физического старения;

– внедрять аттестованные микропроцессорные устройства релейной защиты [7].

Выделены следующие ключевые тенденции формирования комплексных систем защиты и автоматики:

– разработка и применение типовых проектов систем защиты и автоматики;

– широкое внедрение УРЗА российского производства;

– внедрение систем автоматизации переключений в цепях защиты и автоматики;

– применение испытанных терминалов защиты и автоматики с имеющимися апробированными настройками;

– выпуск стандартов по информационной безопасности, дистанционному управлению и мониторингу систем защиты и автоматики [7].

Для материального обеспечения указанных условий разработан ряд целевых программ по модернизации систем защиты и автоматики [3] (Распоряжение от 25 апреля 2018 г. № 198р), которые включают следующие основные направления:

1. Внедрение, модернизация УРЗА. Основанием служит превышение нормативного срока службы элетро-магнитного реле в два и более раза. По данному направлению определен целевой показатель, согласно которому необходимо до 2022 г. обеспечить снижение уровня износа электрических сетей в распределительных сетях до 50 %.

2. Замена УРЗА на микроэлектронной базе. Основанием служит прекращение выпуска оборудования и запасных частей. По данному направлению определены такие целевые показатели, как выполнение замены панелей РЗА, реализованных на микроэлектронной базе, на ПС 110 кВ и выше до 2022 г. и на ПС 35 кВ и выше (включая оставшиеся ПС 110 кВ и выше) до 2027 г.

3. Оснащение до 2027 г. КРУ 6-20 кВ быстродействующими защитами от дуговых коротких замыканий. Основанием служит пункт 5.4.19. Правил технической эксплуатации. По данному направлению определены целевые показатели

по оснащению силовыми трансформаторами мощностью 16 МВА и более ЗДЗ ПС 110 кВ и выше до 2025 г., ЗДЗ ПС 35 кВ и выше (включая ПС 110 кВ и выше) до 2027 г. и ЗДЗ ячейки РП 6-20 кВ до 2030 г.

Сформирован целый комплекс требований к системам защиты и автоматики, применяемым на новых или реконструируемых объектах электроэнергетики:

1. Необходимо внедрение микропроцессорных устройств защиты и автоматики.

2. С целью постепенной цифровизации электроэнергетики используемые УРЗА необходимо оснастить оптическими или электрическими интерфейсами.

3. Наличие возможности удаленного обслуживания используемых УРЗА.



4. Внедрение шкафов и терминалов УРЗА с оптимальным набором функций, которые можно использовать по мере необходимости для конкретных участков электрических сетей.

5. Оснащение систем защиты и автоматики устройствами свободно программируемой логики для осуществления индивидуальных логических функций.

6. Для удобства применения в конкретной электроустановке и замены при необходимости только отдельных поврежденных узлов системы защиты и автоматики необходимо конструировать УРЗА, исходя из блочно-модульного принципа построения.

7. Оборудование шкафов и терминалов УРЗА дополнительными устройствами для выполнения функций самодиагностики.

8. Обеспечение возможности встраивания систем защиты и автоматики в автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) объектов электроэнергетики на базе стандартных протоколов.

9. Оснащение системы защиты и автоматики всеми необходимыми техническими и методическими документами: паспортами, руководством по эксплуатации, методическими указаниями по расчету уставок срабатывания, выбору параметров настройки и техническому обслуживанию.

10. Гарантия свободного доступа ко всей необходимой технической документации путем ее размещения на официальном сайте производителя при условии ее обновления [7].

Совершенствование технологии обслуживания систем релейной защиты и автоматики

В 2017 г. в ПАО «Россети» утверждено положение «О единой технической политике в электросетевом комплексе» [17], согласно которому сформированы основные принципы совершенствования технологии обслуживания систем РЗА.

Система технического и оперативного обслуживания указанных устройств должна предусматривать:

- использование эффективных методов проверки УРЗА для своевременного выявления и замены узлов, элементов, подверженных неисправностям всего жизненного цикла устройства, а также с целью продления сроков эксплуатации;

- совмещение периодического технического обслуживания и обслуживания «по состоянию» с установлением обоснованных межремонтных интервалов;

- применение дистанционного контроля (мониторинга) состояния и правильности работы

УРЗА, систем их самодиагностики.

С целью автоматизации процесса технического обслуживания РЗА необходима реализация следующих задач:

- формирование графиков технического обслуживания УРЗА и контроль его исполнения;

- автоматизация проверок УРЗА при проведении технического обслуживания;

- расчет токов короткого замыкания, выбор уставок, конфигурирования УРЗА;

- создание и сопровождение электронной базы данных УРЗА;

- формирование электронной технической библиотеки, в том числе хранение исполнительной и нормативно-технической документации (НТД) по РЗА.

Повышение качества подготовки обслуживающего персонала подразделений релейной защиты и автоматики

Комплектование служб РЗА высококвалифицированными специалистами, прошедших специализированное обучение и имеющих право самостоятельного проведения технического обслуживания соответствующих УРЗА должно быть одной из приоритетных задач общества в области обеспечения надежной работы электросетевого комплекса в целом [17, 18].

Для перехода на техническое обслуживание в зависимости от состояния РЗА персонал дополнительно к стандартным требованиям должен в процессе повышения квалификации теоретически обучаться и приобретать следующие навыки:

- анализ полученной с УРЗА информации в нормальном режиме и при технологических нарушениях;

- выполнение комплексной обработки информации о состоянии устройства;

- анализ процессов, происходящих в токовых цепях и цепях напряжения;

- организация необходимых внеплановых проверок УРЗА;

- разработка мероприятий по устранению причин неправильного срабатывания УРЗА;

- анализ аварийных процессов по осциллограммам;

- оценка изменений действующих значений токов и напряжений, их симметричных составляющих;

- учет векторных диаграмм основных рабочих величин, контролируемых УРЗА;

- работа со специализированным программным обеспечением для расчета токов короткого



замыкания и необходимых режимов ненормальной работы электрических сетей.

Переход на новую схему технического обслуживания цифровых устройств, а именно, удаленный мониторинг функционирования УРЗА требует развития у персонала новых компетенций в данной области, умений и знаний, в частности, навыков формирования экспресс-протокола по итогам удаленного мониторинга.

Соответственно, в области совершенствования подготовки персонала РЗА необходимо:

- разработать инструкции по организации работ, связанных с удаленным мониторингом функционирования УРЗА;
- проводить целевые курсы повышения квалификации;
- получить допуск на проведение мониторинга УРЗА;
- определить способы мотивации персонала в зависимости от квалификации и наличия допусков.

При этом существует мнение о необходимости создания всероссийской организации релейщиков [12], которая, в частности, будет принимать активное участие в повышении квалификации персонала РЗА

Разработка и внедрение комплексов релейной защиты и автоматики

Разработка комплексов РЗА с гибкой функциональной структурой может быть выполнена с использованием различных подходов к определению состава МП терминалов, распределению функций РЗА по терминалам, а также с применением различных методов резервирования.

При формировании комплексов РЗА необходимо реализовывать определенные принципы:

1. Децентрализованный принцип работающих в отношении комплексов релейной защиты (РЗ), локальной противоаварийной автоматики (ПА) электросетевого комплекса (ЕЭС) России.
2. Централизованный принцип, реализующийся в программно-технических комплексах централизованной противоаварийной автоматики (ПТКЦПА), системах автоматического регулирования частоты и перетоков активной мощности (ПАКЦС / ЦКСАРЧМ).
3. Комбинированный принцип, предусматривающий возможность работы комплексов РЗА в централизованном и децентрализованном режиме (ЦСПА, ЦС / ЦКСАРЧМ).
4. Максимальная эффективность (адаптивность) управления в нормальных и аварийных режимах работы ЕЭС России обеспечивается централизованными комплексами РЗА, «живучесть» энергосистемы – децентрализованными комплексами.

5. Функциональное и аппаратное резервирование комплексов РЗА, включающее основные и резервные защиты, функционирующие на разных принципах, принципы «ближнего» и «дальнего» резервирования, а также аппаратное резервирование.

6. Принцип аппаратного разделения на объектах электроэнергетики комплексов РЗА и АСУТП, обеспечение их взаимодействия только на информационном уровне.

7. Не совмещение в одном устройстве функций РЗ и локальной ПА, функционирование которой резервируют возможный отказ РЗ.

8. Предотвращение возможности отказа комплексов РЗА по общей причине.

9. Проектирование и ввод в эксплуатацию УРЗА, прошедших аттестацию и сертификацию алгоритмов.

10. Типизация проектных решений по РЗА.

11. Единые требования по техническому обслуживанию комплексов РЗА [13].

Разработка комплексов РЗА с гибкой функциональной структурой и свободным распределением функций между устройствами позволяет существенно снизить стоимость капитальных и операционных затрат [14].

Проведение научных исследований с целью разработки и внедрения инновационных систем защиты и автоматики

Согласно информации, содержащейся в отчете о деятельности Подкомитета В5 Российского национального комитета Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (CIGRE) «Релейная защита и автоматика» за 2017 г. [19], а также в других источниках [20, 21], можно выделить следующие актуальные тенденции в области научных исследований по системам РЗА в российских электрических сетях:

1. Формирование стратегических направлений развития систем защиты и автоматики для российских «Smart Grid» сетей.

2. Выполнение и внедрение результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области систем защиты и автоматики в соответствии с требованиями, сформированными в проекте «Разработка и внедрение цифровых электрических подстанций и станций на вновь строящихся и реконструируемых объектах энергетики», которому в январе 2018 г. официально присвоен статус национального проекта [22].

3. Развитие систем защиты и автоматики в области возобновляемой электроэнергетики с возобновляемыми источниками энергии и электрических сетях распределенной генерации.



4. Разработка и внедрение систем защиты и автоматики, обладающих способностью автоматически изменять алгоритм работы при сдвигах (сбоях), происходящих в электрической сети или отказах самих УРЗА.

5. Совершенствование технологии эксплуатации систем защиты и автоматики.

6. Развитие нормативного технического и методического обеспечения по настройке, отладке и дальнейшей эксплуатации систем защиты и автоматики.

7. Создание и ввод в эксплуатацию комплексных систем мониторинга, защиты и управления на базе научно-технической платформы синхронизированных векторных измерений (WAMPACS).

8. Разработка технических решений по обеспечению информационной безопасности систем РЗА.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. По результатам качественной оценки технического состояния оборудования в ПАО «Россети» доля устаревших УРЗА на 2017–2018 гг. составляет 52 %. При этом наибольшее число неправильных срабатываний УРЗА происходит из-за старения оборудования – 24 % [10].

2. В ПАО «Россети» показатель правильной работы УРЗА за 2014–2018 гг. колебался в диапазоне 99,55–99,48 %.

3. Основными организационными причинами неправильного срабатывания УРЗА являются дефекты (недостатки) конструкции – 15 % и продление срока службы – 14 % [10].

4. Объекты ПАО «Россети» представляют особое технологическое и стратегическое значение для жизнедеятельности страны. Для их восстановления и развития требуются серьезные инвестиции. В связи с этим решением Правления

ПАО «Россети» (выписка из протокола от 06 ноября 2018 г. № 778пр/1) внесены изменения в Типовые сценарные условия формирования инвестиционных программ дочерних и зависимых обществ ПАО «Россети» в части включения мероприятий по модернизации устройств и комплексов РЗА в приоритет.

5. В настоящее время недопустимо высокая доля импортозамещения в УРЗА, достигающая по отдельным позициям 50–70 %. Поэтому техническая политика, стратегия развития систем защиты и автоматики должны быть ориентированы на внедрение отечественной продукции.

6. Для обеспечения необходимого технического уровня средств РЗА требуется выполнять по мере необходимости замену УРЗА, имеющих высокую степень физического старения, и внедрять аттестованные микропроцессорные устройства релейной защиты.

7. Совершенствование систем защиты и автоматики должно идти по пути разработки терминалов, оснащенных устройствами самодиагностики и мониторинга их состояния.

8. Разработка комплексов РЗА с гибкой функциональной структурой и свободным распределением функций между устройствами позволяет существенно снизить стоимость капитальных и операционных затрат.

9. Научные исследования должны осуществляться в соответствии с направлениями национального проекта «Разработка и внедрение цифровых электрических подстанций и станций на вновь строящихся и реконструируемых объектах энергетики» [22].

Внедрение предложенных направлений развития систем релейной защиты и автоматики обеспечит надежное функционирование и бесперебойное электроснабжение потребителей электроэнергетики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фигурнов Е.П. Релейная защита. М. : Желдориздат, 2002. 720 с.
2. Годовой отчет ПАО «Россети» за 2017 г. : утв. Советом директоров ПАО «Россети» 29.05.2018 от 30.05.2018 №310.
3. Кириленков В.С. О текущем состоянии и планах развития релейной защиты и автоматики в ДЗО ПАО «Россети». М. : ОАО Россеть, 2018. 15 с. URL: <http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/12/Prezentatsiya-RZA-Kirilenkov.pdf>. (Дата обращения: 16.02.2019).
4. Вергазов С.Ю. Развитие релейной защиты и автоматики в электросетевом комплексе группы компаний «Россети». М. : ОАО Россеть, 2016. 15 с. URL: http://cigre.ru/research_commitets/ik_rus/b5_rus/novosti/trebovaniya/2.pdf. (Дата обращения: 16.12.2018).
5. ГОСТ Р 56865–2016 Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Релейная защита и автоматика. Технический учет и анализ функционирования. Общие требования. Введ. 2016–09–01. М. : Стандартинформ, 2016.
6. Протокол совместного заседания секции «Управления режимами энергосистем РЗА» и секции «Проблемы надежности и эффективности релейной защиты и средства автоматического системного управления в ЕЭС России» НП «НТС ЕЭС» от 01.11.2017 г.



7. Концепция развития РЗА электросетевого комплекса 2015 г. URL: https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/vipiska_prilogenie.pdf. (Дата обращения: 16.12.2018).
8. Программа инновационного развития на период 2016–2020 годы с перспективой до 2025 года : утв. Советом директоров ПАО «Россети» от 30.12.2016 № 250.
9. Об утверждении Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации : распоряжение Правительства РФ от 03.04.2013. №511-р.
10. Решение Правления ПАО «Россети» : выписка из протокола от 06.11.2018 №778пр/1.
11. СТО 34.01-4.1-005-2017 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации электросетевого комплекса.
12. СТО 34.01-4.1-002-2017 Регистраторы аварийных событий. Технические требования.
13. СТО 34.01-4.1-004-2018 ВЧ аппаратура для РЗА. Технические требования к ВЧ аппаратуре разных производителей для обеспечения совместной работы в одном ВЧ канале.
14. СТО 34.01-4.1-006-2018 Автоматизированное рабочее место специалиста службы релейной защиты и автоматики. Пользовательские интерфейсы. Общие требования.
15. СТО 34.01-4.1-007-2018 Технические требования к автоматизированному мониторингу устройств РЗА, в том числе работающих по стандарту МЭК 61850.
16. СТО 34.01-4.1-008-2018 Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики. Методические указания по расчёту надёжности.
17. Положение ПАО Россети о единой технической политике в электросетевом комплексе : утв. Советом директоров ПАО Россети : протокол от 23.10.2013 № 138).
18. Удрис А.П. Кадровая и научно-техническая политика – основа обеспечения надёжности функционирования РЗА // Релейщик. 2008. №1. С. 56–58.
19. Отчет о деятельности Подкомитета В5 РНК СИГРЭ «Релейная защита и автоматика» за 2017 г. URL: <http://cigre.ru/activity/conference/relayprotect5/>. (Дата обращения: 16.12.2018).
20. Жуков А.В. Перспективы развития системы РЗА в ЕЭС России // Релейная защита и автоматика энергосистем – 2017 : Междунар. конф. URL: http://www.rza-expo.ru/ru/konferentsiya/programma_ (Дата обращения: 16.12.2018).
21. Долгосрочная программа развития ПАО Россети : утв. Советом директоров ПАО Россети от 19.12.2014 № 174.
22. Протокол заседания президиума Научно-технического совета ПАО Россети : утв. зам. председателя НТС Е.А. Ольхович от 28.12.2017 г. № 6.

REFERENCES

1. Figurnov E.P. Releynaya zashchita [Relay protection]. Moscow: Zheldorizdat Publ., 2002. 720 p.
2. Godovoi otchet PАО «Rosseti» za 2017 g. : utv. Sovetom direktorov PАО «Rosseti» 29.05.2018 ot 30.05.2018 No.310 [Annual Report of PJSC ROSSETI for 2017: approved by the Board of Directors of PJSC ROSSETI dated May 29, 2017 dated May 30, 2017. No. 310].
3. Kirilenkov V.S. O tekushchem sostoyanii i planakh razvitiya releinoi zashchity i avtomatiki v DZO PАО «Rosseti» [On the current status and plans for the development of relay protection and automation in the subsidiaries and dependent companies of PJSC ROSSETI]. Moscow: OAO Rosset' Publ., 2018. 15 p. URL: <http://digitalsubstation.com/wp-content/uploads/2018/12/Prezentatsiya-RZA-Kirilenkov.pdf>. (Access date: 16.02.2019).
4. Vergazov S.Yu. Razvitie releinoi zashchity i avtomatiki v elektrosетevom komplekse gruppy kompanii «Rosseti» [Development of relay protection and automation in the electrical grid complex of the Rosseti group of companies]. Moscow: OAO Rosset' Publ., 2016. 15 p. URL: http://cigre.ru/research_commitets/ik_rus/b5_rus/novosti/trebovaniya/2.pdf. (Access date: 16.12.2018).
5. GOST R 56865–2016 Edinaya energeticheskaya sistema i izolirovanno rabotayushchie energosistemy. Operativno-dispatcherskoe upravlenie. Releynaya zashchita i avtomatika. Tekhnicheskii uchet i analiz funktsionirovaniya. Obshchie trebovaniya. Vved. 2016–09–01 [GOST R 56865–2016 Unified energy system and isolated energy systems. Operational dispatch management. Relay protection and automation. Technical accounting and performance analysis. General requirements. Introd. 2016–09–01.]. Moscow: Standartinform Publ., 2016.
6. Protokol sovmejnogo zasedaniya sektsii «Upravleniya rezhimami energosistem RZiA» i sektsii «Problemy nadezhnosti i effektivnosti releinoi zashchity i sredstva avtomaticheskogo sistemnogo upravleniya v EES Rossii» NP «NTS EES» ot 01.11.2017 g [Minutes of the joint meeting of the section "Management of power systems of the RZiA" and section "Problems of reliability and effectiveness of relay protection and automatic system control in the UES of Russia" NP "NTS UES" dated 11/01/2017].
7. Kontseptsiya razvitiya RZA elektrosетevogo kompleksa 2015 g [The concept of the development of RZA of the power grid complex in 2015]. URL: https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/vipiska_prilogenie.pdf. (Access date: 16.12.2018).
8. Programma innovatsionnogo razvitiya na period 2016–2020 gody s perspektivoi do 2025 goda : utv. Sovetom direktorov PАО «Rosseti» ot 30.12.2016 No. 250 [The program of innovative development for the period 2016-2020 with a perspective to 2025: approved. The Board of Directors of PJSC ROSSETI No. 250 dated December 30, 2016].
9. Ob utverzhdenii Strategii razvitiya elektrosетevogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii : rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 03.04.2013. No.511-r [On approval of the Strategy for the Development of the Electric Grid Complex of the Russian Federation: Executive Order of the Government of the Russian Federation of April 3, 2013. No. 511-p].
10. Reshenie Pravleniya PАО «Rosseti» : vypiska iz protokola ot 06.11.2018 No.778pr/1 [Decision of the Management Board of PJSC ROSSETI: extract from the protocol dated November 6, 2017 No. 778pr / 1].



11. STO 34.01-4.1-005-2017 Pravila tekhnicheskogo obsluzhivaniya ustroystv releinoi zashchity, avtomatiki, distantsionnogo upravleniya i signalizatsii elektrosetevogo kompleksa [STO 34.01-4.1-005-2017 Rules for the maintenance of devices for relay protection, automation, remote control and signaling of the electric grid complex].
12. STO 34.01-4.1-002-2017 Registratory avariinykh sobytii. Tekhnicheskie trebovaniya [STO 34.01-4.1-002-2017 Registrars of emergency events. Technical requirements].
13. STO 34.01-4.1-004-2018 VCh apparatura dlya RZA. Tekhnicheskie trebovaniya k VCh apparature raznykh proizvoitelei dlya obespecheniya sovmestnoi raboty v odnom VCh kanale [STO 34.01-4.1-004-2018 HF equipment for relay protection and automation. Technical requirements for HF equipment from different manufacturers to ensure collaboration in the same HF channel].
14. STO 34.01-4.1-006-2018 Avtomatizirovannoe rabochee mesto spetsialista sluzhby releinoi zashchity i avtomatiki. Pol'zovatel'skie interfeisy. Obshchie trebovaniya [STO 34.01-4.1-006-2018 Automated workplace of a specialist of the service of relay protection and automation. User Interfaces. General requirements].
15. STO 34.01-4.1-007-2018 Tekhnicheskie trebovaniya k avtomatizirovannomu monitoringu ustroystv RZA, v tom chisle rabotayushchikh po standartu MEK 61850 [STO 34.01-4.1-007-2018 Technical requirements for automated monitoring of relay protection and automation devices, including those working in accordance with IEC 61850].
16. STO 34.01-4.1-008-2018 Mikroprotsessornye ustroystva releinoi zashchity i avtomatiki. Metodicheskie ukazaniya po raschetu nadezhnosti [SRT 34.01-4.1-008-2018 Microprocessor devices of relay protection and automation. Guidelines for the calculation of reliability].
17. Polozhenie PAO Rosseti o edinoi tekhnicheskoi politike v elektrosetevom komplekse : utv. Sovetom direktorov PAO Rosseti : protokol ot 23.10.2013 No. 138) [The position of PJSC Rosseti on a unified technical policy in the electric grid complex: approved. The Board of Directors of PJSC Rosseti: Minutes No. 138 of October 23, 2013)].
18. Udris A.P. Kadrovaya i nauchno-tekhnicheskaya politika – osnova obespecheniya nadezhnosti funktsionirovaniya RZA [Personnel and scientific and technical policy - the basis for ensuring the reliability of the functioning of the RPA]. *Releishchik [Protection engineer]*, 2008. No.1. Pp. 56–58.
19. Otchet o deyatelnosti Podkomiteta V5 RNK SIGRE «Releinaya zashchita i avtomatika» za 2017 g [Report on the activities of Subcommittee B5 of the NNI CIGRE “Relay Protection and Automation” for 2017]. URL: <http://cigre.ru/activity/conference/relayprotect5/>. (Access date: 16.12.2018).
20. Zhukov A.V. Perspektivy razvitiya sistemy RZA v EES Rossii [Prospects for the Development of Relay Protection and Automatic Equipment in UES of Russia]. *Releinaya zashchita i avtomatika energosistem – 2017 : Mezhdunar. konf. [Relay Protection and Automation of Power Systems - 2017: Intern. conf.]*. URL: <http://www.rza-expo.ru/ru/konferentsiya/programma>. (Access date: 16.12.2018).
21. Dolgosrochnaya programma razvitiya PAO Rosseti : utv. Sovetom direktorov PAO Rosseti ot 19.12.2014 No. 174 [A long-term development program of Rosseti PJSC: approved by the Board of Directors of PJSC Rosseti dated December 19, 2014 No. 174.].
22. Protokol zasedaniya prezidiuma Nauchno-tekhnicheskogo soveta PAO Rosseti : utv. zam. predsedatelya NTS E.A. Ol'khovich ot 28.12.2017 g. No. 6 [Minutes of the meeting of the Presidium of the Scientific and Technical Council of PJSC ROSSETI: approved by E.A. Olkhovich, Deputy Chairman of the NTS from 12.28.2017, No. 6].

Информация об авторах

Лундалин Антон Александрович – магистрант, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: anton.lundalin@yandex.ru

Пузина Елена Юрьевна – к. т. н., доцент кафедры электроснабжения и электротехники, Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, e-mail: lena-rus05@mail.ru

Худоногов Игорь Анатольевич – д. т. н., профессор кафедры электроэнергетики транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Hudonogovi@mail.ru

Authors

Anton Aleksandrovich Lundalin – Master’s student, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: anton.lundalin@yandex.ru

Elena Yur'evna Puzina – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Power Supply and Electrical Engineering, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: lena-rus05@mail.ru;

Igor' Anatol'evich Khudonogov – Doctor of Technical Science, Professor at the Subdepartment of Electric Power Industry of Transport, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Hudonogovi@mail.ru

Для цитирования

Лундалин А. А. Направления развития релейной защиты и автоматизации в российских электрических сетях / А. А. Лундалин, Е. Ю. Пузина, И. А. Худоногов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 77–85. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).77–85

For citation

Lundalin A. A., Puzina E. Yu., Khudonogov I. A. Napravleniya razvitiya releinoi zashchity i avtomatiki v rossiiskikh elektricheskikh setyakh [Growth areas of relay protection and automation in Russian electrical networks]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2019. Vol. 62, No. 2. Pp. 77–85. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).77–85