РАЗВИТИЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ РОССИИ

DEVELOPMENT OF RELAY PROTECTION IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM OF RUSSIA

УДК 621

Жраков Сергей Викторович, студент, Липецкий государственный технический университет, г. Липецк. E-mail zrakovs@gmail.com

Научный руководитель: Зацепина Виолетта Иосифовна, доктор технических наук, профессор кафедры "Электрооборудования".

Zhrakov Sergey Viktorovich, student, Lipetsk State Technical University, Lipetsk. E-mail zrakovs@gmail.com

Scientific adviser: Zatsepina Violetta Iosifovna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Equipment.

Аннотация. В статье анализируются особенности развития релейной защиты в электроэнергетической системе России. Приводятся сведения о текущем состоянии устройств релейной защиты и автоматики. Рассматриваются мировые тренды и основные направления развития релейной защиты, достоинства и недостатки внедрения микропроцессорных устройств в сравнении с устройствами других типов. Выявляются основные тенденции в развитии устройств релейной защиты и автоматики в российской электроэнергетической системе.

Annotation. The article analyzes the features of the development of relay protection in the electric power system of Russia. Information about the current state of relay protection and automation devices is provided. The world trends and main directions

of development of relay protection, advantages and disadvantages of the introduction of microprocessor devices in comparison with devices of other types are considered. The main trends in the development of relay protection and automation devices in the Russian electric power system are revealed.

Ключевые слова: релейная защита, РЗА, электроэнергетика, электроэнергетическая система, микропроцессорные устройства.

Key words: relay protection, relay protection and automation, electric power industry, electric power system, microprocessor devices.

Введение

При работе систем электроснабжения возможны сложные режимы работы и повреждения электрооборудования, приводящие к нарушениям в работе электросетей. Для обеспечения подходящих условий функционирования электрических сетей и предупреждения появления аварий используются устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), позволяющие оперативно реагировать на все изменения в работе электросети, отделяя исправное оборудование от повреждённого и, в случае необходимости, подключая резервный источник питания [1].

Обычно релейная защита строится так, чтобы по каналу связи осуществлялась передача минимума информации в виде разрешающих, отключающих либо блокирующих сигналов в 1 бит [2]. В силу повышенных требований к достоверности, надёжности и скорости передачи данных создание каналов связи для РЗА является достаточно сложной задачей. К устройствам РЗА предъявляется ряд основных требований:

- селективность, позволяющая отключать только повреждённый участок электросети;
- чувствительность, коэффициент которой достаточен для определённого вида защиты с учётом её назначения и типа повреждения;
- быстродействие, необходимое для снижения воздействия коротких замыканий на деятельность потребителей и предотвращения сбоев в

параллельной работе электростанций, выхода частей сети из синхронизма и повреждения изоляции электрооборудования;

• надёжность, под которой понимается способность к выполнению заложенных производителем функций в нормальных условиях эксплуатации.

Среди основных типов устройств РЗА выделяют токовые, дифференциальные и дистанционные.

Текущее состояние релейной защиты

Реле, использующиеся до 1940-х гг., были электромеханическими, после чего стали появляться электронные устройства, называемые статическими или твердотельными [3]. В конце 80-х гг. началось использование многофункциональных цифровых устройств для работы на мощных подстанциях. Их совершенствование позволило получить реле небольшого размера, обеспечивающее мониторинг, защиту, управление, коммуникацию, обработку событий и возмущения энергосистемы. Для улучшения реализации этих функций применяются продвинутые методы связи для инженерного испытания, манипулирования и обслуживания, доступные в режиме реального времени.

Основным компонентом в схеме защиты выступает информация, передаваемая посредством витой пары, коаксиального или оптоволоконного кабеля и беспроводной связи. Последний способ является наиболее перспективным и востребованным. Для цифрового измерения устройств используются алгоритм дистанционного реле и системы глобального позиционирования, причём последние отличаются повышенной надёжностью и точностью.

Последней тенденцией в разработке устройств РЗА является применение методов искусственного интеллекта, таких как логическое программирование, нечёткая логика, машинное обучение, онтологический инжиниринг и вероятностное рассуждение [4].

Основные направления развития устройств РЗА

При модернизации устройств РЗА учитываются долгосрочные тренды мирового технологического развития отрасли, функциональное развитие релейной защиты и технологий её эксплуатации и развитие программно-аппаратных инструментов на базе IT-технологий [5]. К основным направлениям совершенствования устройств РЗВ относят создание автоматизированных управленческих систем и современных многофункциональных защит с использованием элементной базы микропроцессорной электроники, предполагающее реализацию необходимых защит в сетях 110-750 кВ и 0,4/6-35 кВ, системах автоматизированного управления и учёта электроэнергии [6]:

Основным мировым трендом развития электроэнергетической системы является переход к технологиям Smart Grid, направленным на формирование полностью саморегулируемой, интегрированной и самовосстанавливающейся сети электропитания, имеющей топологию, содержащую все источники передачи, генерации и распределения и контролирующей работу единой информационно-управленческой сети систем и устройств [7]. Smart Grid предусматривает широкое использование IT-технологий, позволяющих передавать данные в реальном времени и обеспечивать надёжность энергосети посредством повышения энергоэффективности, снижения пиковых требований и интеграции с возобновляемыми источниками энергии. Постепенный переход к активно-адаптивной сети сказывается на функциях устройств РЗА, поскольку из-за значительного увеличения числа режимов их параметры должны автоматически самонастраиваться.

Другим важным трендом развития электроэнергетических систем является развитие генерации средней и малой мощности с подключением этих источников к сети [5]. Подключение источников малой генерации к распределительным сетям приводит к значительным изменениям условий функционирования РЗА:

- сближение характеристик аварийных и рабочих режимов;
- появление режимов, обеспечивающих многостороннее питание фрагмента повреждения;

• увеличение числа коммуникационных состояний и режимов сети;

• появление опасности выхода режимов работы электростанций и генераторов из синхронизма, потери устойчивости и энергоснабжения потребителей.

Особенности внедрения микропроцессорных устройств

Оборудование РЗА массово переводится с электромеханических реле на цифровую элементную базу, что не приводит к принципиальному изменению релейной защиты, но позволяет расширить её функциональные возможности, снижает стоимость и упрощает эксплуатацию [8].

Основные характеристики микропроцессорных устройств значительно превышают показатели электромеханических и полупроводниковых, что отражено в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ типов устройств РЗА [9]

Тип реле / Характеристика	**Электромеханическое**	**Полупроводниковое**	**Микропроцессорное**
Чувствительность и точность	Хорошая	Очень хорошая	Отличная
Сбои в операционной системе	Почти невозможно	Возможно	Возможно
Продолжительность жизни	Длинная	Короткая	Короткая
Потенциал дискриминации	Низкий	Хороший	Отличный
Надёжность	Высокая	Хорошая	Умеренная
Мониторинг состояния	Нет	Нет	Да
Передача данных	Нет	Нет	Да
Многофункциональность	Нет	Ограниченно	Да
Нарушение иммунитета	Высокое	Низкое	Очень низкое
Дистанционное управление	Нет	Нет	Да
Нагрузка КТ	Высокая	Низкая	Низкая
Измерение	Нет	Нет	Да
Диапазон настроек	Ограниченный	Широкий	Очень широкий

Настройка параметров	Сложная	Простая	Очень простая
Самодиагностика	Нет	Нет	Да
Размер	Громоздкий	Малый	Компактный
Архивирование событий	Нет	Нет	Да
Визуальная индикация	Контрольные цели	СИД	ЖКД

По сравнению с традиционными типами реле микропроцессорные модели имеют следующие достоинства [9]:

1. Надёжность, обеспечиваемая перманентным автоматическим контролем исправности и диагностикой.
2. Запоминание и осциллографирование параметров во время аварийных процессов.
3. Возможность применения более совершенных и специфичных алгоритмов управления, настройки, наладки и эксплуатации.
4. Высокая степень защищённости от внешних электростатических и электромагнитных помех.
5. Интеграция систем автоматического и оперативного управления, позволяющая создавать терминал в пределах единого защищаемого объекта.
6. Высокие технические характеристики: потребляемая мощность – 0,1-0,5 ВА, коэффициент возврата измерительных органов – 0,96-0,97, аппаратная погрешность – 2-5 % [8].

Заключение

Основной тенденцией развития РЗА является переход от электромеханических устройств к микропроцессорным, что обусловлено их многофункциональностью, компактностью, гибкостью, коммуникацией и низкой ценой. В сегменте низковольтных устройств повышается интерес к электронным реле защиты, позволяющим не только защитить, но и автоматизировать оборудование. В категории среднего напряжения наблюдается активная замена электрических схем логическими цифровыми, переход на цифровую передачу дискретных сигналов и измерений между устройствами РЗА по протоколу связи МЭК 618509.2, являющемуся одним из ключевых двигателей этой технологии.

Общей для всех отраслей промышленности является ориентация на дистанционное управление и мониторинг оборудования и сервисы, основанные на облачных технологиях. На качественно новом уровне развиваются автоматизация, диспетчеризация и мониторинг состояния оборудования благодаря получению значительного объёма цифровых данных и аппаратной возможности гибкого и широкого анализа этих данных с удобной визуализацией. В результате развития цифровых технологий существенно повышается безопасность эксплуатации оборудования и надёжность его работы посредством развитого контроля и широкой автоматизации, а благодаря реализации функций РЗА на более высоком уровне сокращается воздействие аварийных режимов функционирования сети на общую работоспособность электрооборудования.

Список литературы

1. Надеин В.Ф. Релейная защита и автоматика в системах электроснабжения: учеб. пособие / В.Ф. Надеин, С.В. Петухов, В.В. Радюшин. – Архангельск: Изд-во САФУ, 2015. – 98 с.
2. Дони Н.А. Развитие систем связи в электроэнергетике для защиты и автоматизации / Н.А. Дони, А.И. Левиуш, Р.В. Разумов, А.В. Иванов // Энергия единой сети. – 2019. – № 4 (46). – С. 54-72.
3. Кузьмин А.И. Применение современных устройств релейной защиты и автоматики в городских электрических сетях: выпуск. квалиф. работа: 13.04.02 / А.И. Кузьмин; Тольят. гос. ун-т. – Тольятти, 2018. – 126 с.
4. Могиленко А.В. Искусственный интеллект: методы, технологии, применение в энергетике. Аналитический обзор // Автоматизация и IT в энергетике. – 2019. – № 7 (120). – С. 22-29.
5. Гвоздев Д. Концепция развития релейной защиты и автоматики электросетевого комплекса ПАО «Россети» / Д. Гвоздев, М. Линт, В. Уколов, С. Вергазов // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2015. – № 4 (31). – С. 106-110.

6. Базыль И.М., Верижников А.В. Тенденции развития микропроцессорных устройств релейной защиты // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 12. – С. 186-189.
7. Шендрик С.А. Стратегия управления режимами работы Smart Grid на основе возобновляемых источников энергии / С.А. Шендрик, С.А. Тимчук, В.В. Шендрик, О.В. Бойко, Ю.В. Парфененко, Ж.З. Уалиев // Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства. – 2018. - № 196. – С. 74-76.
8. Агафонов Н.А. Особенности и проблемы проектирования микропроцессорных систем управления, автоматики и защиты электроэнергетических систем / Н.А. Агафонов, А.И. Агафонов, Т.Ю. Бростилова, К.О. Кильдюшкин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2019. – № 3 (51). – С. 69-78.
9. Ахметшин Э.Р. Перспективы развития микропроцессорного реле защиты // Проблемы науки. – 2018. – № 1 (25). – С. 23-26.

Bibliography

1. Nadein V.F. Relay protection and automation in power supply systems: textbook. allowance / V.F. Nadein, S.V. Petukhov, V.V. Radyushin. - Arkhangelsk: Publishing house of NArFU, 2015 .-- 98 p.
2. Doni N.A. Development of communication systems in electric power industry for protection and automation / N.A. Doni, A.I. Leviush, R.V. Razumov, A.V. Ivanov // Energy of a unified network. - 2019. - No. 4 (46). - S. 54-72.
3. Kuzmin A.I. Application of modern relay protection and automation devices in urban electrical networks: issue. qualif. work: 13.04.02 / A.I. Kuzmin; Togliat. state un-t. - Togliatti, 2018 .-- 126 p.
4. Mogilenko A.V. Artificial intelligence: methods, technologies, energy applications. Analytical review // Automation and IT in power engineering. - 2019. - No. 7 (120). - S. 22-29.
5. Gvozdev D., Concept of the development of relay protection and automation of the power grid complex of PJSC "Rosseti" / D. Gvozdev, M. Lint, V. Ukolov, S.

Vergazov // Electricity. Transmission and distribution. - 2015. - No. 4 (31). - S. 106-110.

6. Bazyl I.M., Verizhnikov A.V. Trends in the development of microprocessor relay protection devices // Bulletin of the Tula State University. Technical science. - 2018. - No. 12. - P. 186-189.
7. Shendrik S.A. A strategy for managing the operating modes of Smart Grid based on renewable energy sources. Shendrik, S.A. Timchuk, V.V. Shendrik, O.V. Boyko, Yu.V. Parfenenko, J. 3. Ualiev // Bulletin of the Kharkov National Technical University of Agriculture. - 2018. - No. 196. - P. 74-76.
8. Agafonov N.A. Features and problems of designing microprocessor control systems, automation and protection of electric power systems / N.A. Agafonov, A.I. Agafonov, T.Yu. Brostilov, K.O. Kildyushkin // News of higher educational institutions. Volga region. Technical science. - 2019. - No. 3 (51). - S. 69-78.
9. Akhmetshin E.R. Prospects for the development of microprocessor protection relays // Problems of Science. - 2018. - No. 1 (25). - S. 23-26.