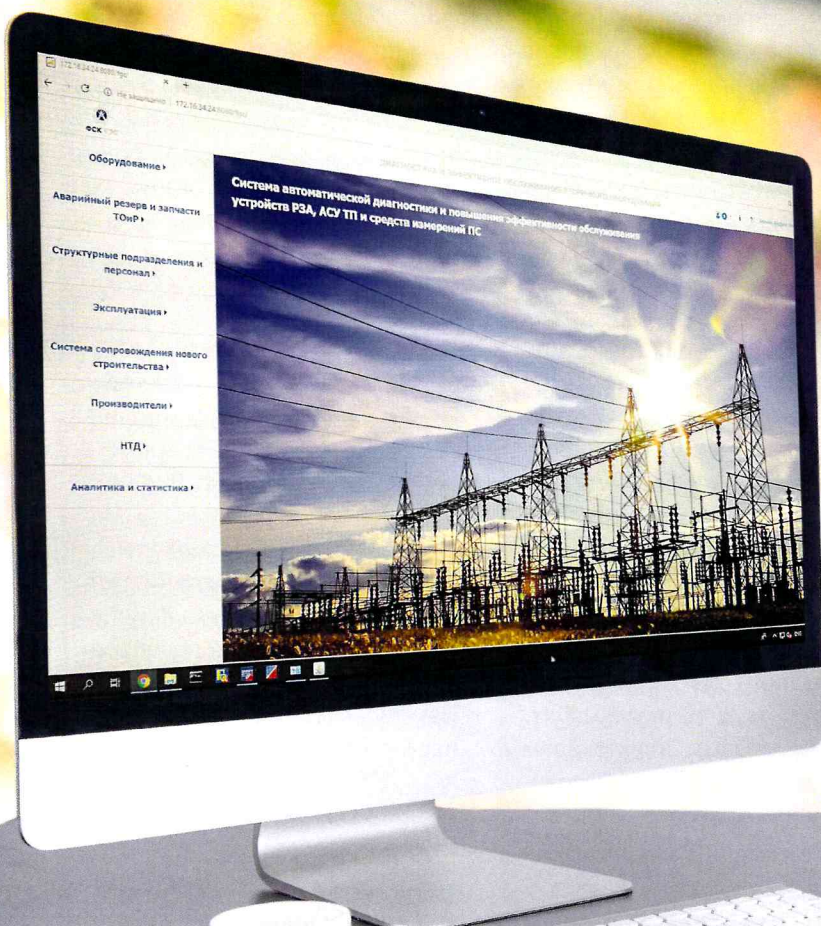


Система автоматической диагностики и повышения эффективности обслуживания устройств РЗА, АСУ ТП и средств измерений ПС



В статье приведено общее описание результатов НИОКР по разработке Системы автоматической диагностики и повышения эффективности обслуживания устройств РЗА, АСУ ТП и средств измерений ПС для нужд ПАО «ФСК ЕЭС».

А.С. Шеметов, ПАО «ФСК ЕЭС»;
А.А. Акинин, АО «НТЦ ФСК ЕЭС»;
О.В. Кириенко,
ООО «ЭнергопромАвтоматизация»

Современный процесс эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и средств измерения (СИ) включает в себя комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на поддержку профильного оборудования и систем

в режиме постоянной готовности к использованию по назначению. Речь идет об оперативном и техническом обслуживании устройств, поверке и калибровке СИ, анализе правильности функционирования.

Текущие процессы эксплуатации РЗА, АСУ ТП и СИ характеризуются следующими основными недостатками:

→ низкая доступность информации по результатам обслуживания РЗА, АСУ ТП и СИ, вызванная её хранением на бумажном носителе;

→ отсутствие механизмов оперативного доступа к актуальной эксплуатационной, нормативно-справочной и организационно-распорядительной документации по РЗА, АСУ ТП и СИ на всех уровнях иерархии при эксплуатации

объектов электросетевого хозяйства;

→ высокие временные затраты и информационные потери при передаче оперативной информации с подстанций на уровне ПМЭС, МЭС и ИА ПАО «ФСК ЕЭС»;

→ отсутствие информационного обеспечения для внедрения механизмов автоматического анализа аварийности элементов и устройств РЗА, АСУ ТП;

→ высокие временные и ресурсные затраты на анализ функционирования РЗА, АСУ ТП и СИ.

В этих условиях повышение эффективности обслуживания информационно-технологических систем (РЗА, АСУ ТП и СИ) возможно при комплексном решении задач оптимизации и автоматизации производственных процессов средствами разработки и внедрения в ПАО «ФСК ЕЭС» иерархической распределённой информационно-технологической системы, обеспечивающей автоматизацию труда персонала, эксплуатирующего РЗА, АСУ ТП и СИ, а также формирования доступного централизованного электронного хранилища профильной документации. В настоящее время по заказу ПАО «ФСК ЕЭС» силами АО «НТЦ ФСК ЕЭС», ООО «ЭнергопромАвтоматизация», ООО «Релематика» выполняется научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа, целью которой является разработка системы автоматической диагностики и повышение эффективности обслуживания устройств РЗА, АСУ ТП и средств измерений ПС (далее — Система ПТК «Эксплуатация»).

Архитектура Системы

Система реализована на базе распределённой архитектуры с различными узлами приёма, хранения и обработки данных. Её

архитектура состоит из трех уровней (рисунок 1):

→ верхний уровень: сервер системы для ИА ПАО «ФСК ЕЭС»;

→ средний уровень: серверы системы для МЭС и ПМЭС;

→ нижний уровень: система сбора данных на подстанции (АРМ-Сервер).

Нижний, подстанционный уровень Системы предназначен для сбора исходных данных и получения первичной информации, необходимой для автоматизации бизнес-процессов. В его состав входит АРМ-Сервер. В зависимости от уровня автоматизации подстанции АРМ-Сервер осуществляет сбор данных либо в автоматическом режиме, либо в ручном, если автоматический сбор данных невозможен. Перечень и объём собираемой информации напрямую зависит от типа архитектуры ПС (типовая, нетиповая, смешанная, с АСУ ТП или без, и т.п.) и включает в себя:

→ осциллограммы и сигналы аварийных событий с устройств РЗА;

→ осциллограммы с регистратора аварийных событий ПС;

→ диагностические сигналы с устройств;

→ срезы значений аналоговых сигналов с устройств РЗА, АСУ ТП и СИ;

→ сигналы положения коммутационных аппаратов.

На основе данной информации на нижнем уровне автоматически производится формирование объединенных осциллограмм, анализ работы устройств РЗА, алгоритмическая обработка диагностических сигналов с последующим формированием событийной информации и оповещений пользователей всех уровней системы.

На нижнем уровне формируются база данных (БД) хранения технологических нарушений объекта, данные автоматического анализа работы устройств РЗА и т.п.

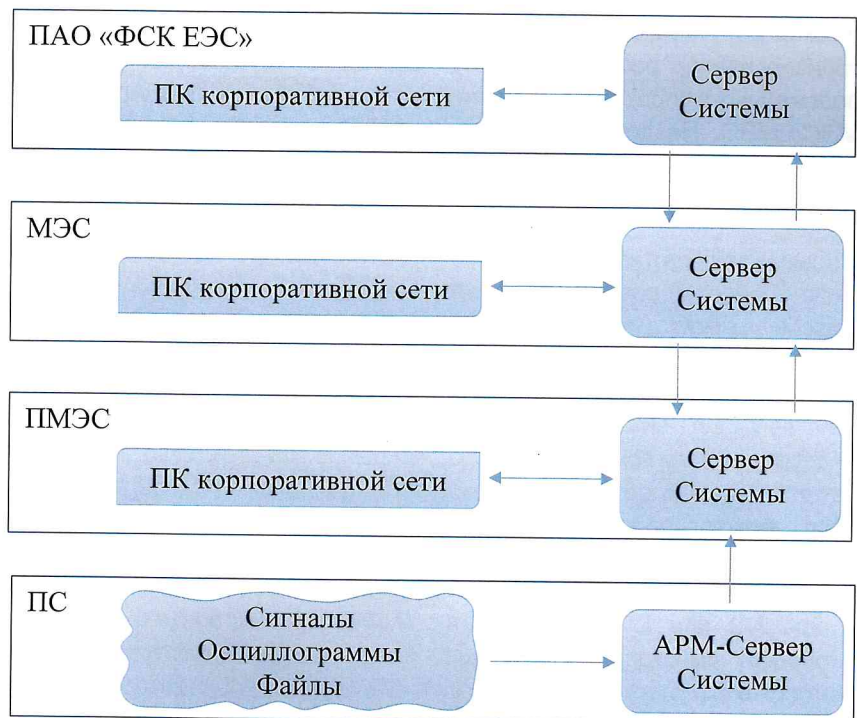


Рисунок 1. Принципиальная архитектура Системы

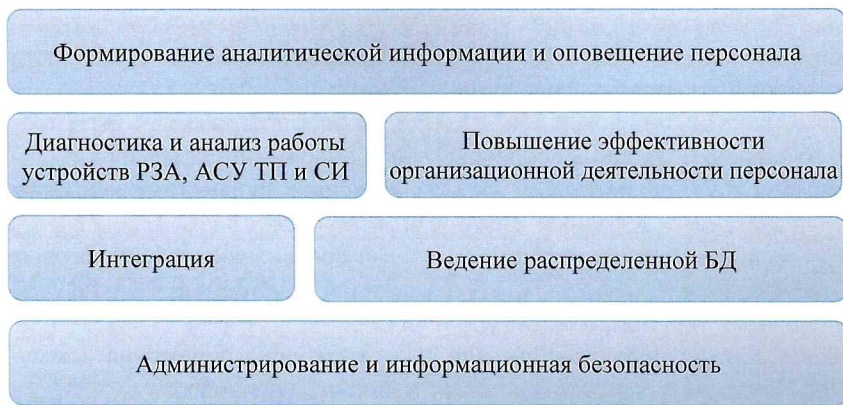


Рисунок 2. Укрупнённая функциональная структура Системы

Информация с АРМ-Сервера передается на средний уровень Системы, используя существующие каналы связи. При необходимости информация может передаваться со среднего уровня на нижний, например, в случае потери, репликации данных.

На среднем уровне устанавливается серверное оборудование Системы, на котором установлена БД среднего уровня. Доступ к информации, хранящейся на сервере Системы, выполняется с помощью Web-интерфейса с авторизованных рабочих ПК, расположенных в корпоративной сети МЭС/ПМЭС. На среднем уровне

доступен ввод данных в Систему в части ведения БД.

На серверах среднего уровня содержится база данных по объектам, входящим в зону ответственности филиала ПМЭС/МЭС. Информация может передаваться как снизу вверх — с уровня ПМЭС на уровень МЭС, так и в обратном направлении. Таким образом, исключается возможность потери данных на одном из уровней Системы.

На верхнем уровне Системы используется существующее серверное оборудование. На него устанавливается БД. Архитектура БД и ПО Системы верхнего

уровня аналогичная той, что выполнена на нижнем и среднем уровнях.

На сервере верхнего уровня содержится полная база данных Системы, которая состоит из БД верхнего уровня и репликации БД среднего уровня. Информация может передаваться как снизу вверх — со среднего уровня на верхний), так и в обратном направлении. Синхронизация данных между уровнями Системы выполняется как периодически, так и по событию изменения данных.

Таким образом выполняется резервирование данных для всех уровней Системы.

Функциональная структура Системы

Укрупненная функциональная структура Системы состоит из следующих групп подсистем (рисунок 2):

→ Группа «Ведение распределенной БД» включает в себя ряд подсистем, которые содержат реестр устройств подстанции, информацию по учёту ЗИП, нормативно-справочной информации (НСИ), а также об управлении организационной деятельностью.

→ Группа «Диагностика и анализ работы устройств РЗА, АСУ ТП и СИ» состоит из подсистем автоматизированного анализа функционирования устройств и регистрации, а также анализа неисправностей и отказов. [1–5]

→ Группа «Повышение эффективности организационной деятельности персонала» включает в себя подсистему управления работами по МК, техническому обслуживанию и ремонтам, а также подсистему сопровождения строящихся и реконструируемых объектов [6–8].

→ Группа «Формирование аналитической информации и опове-

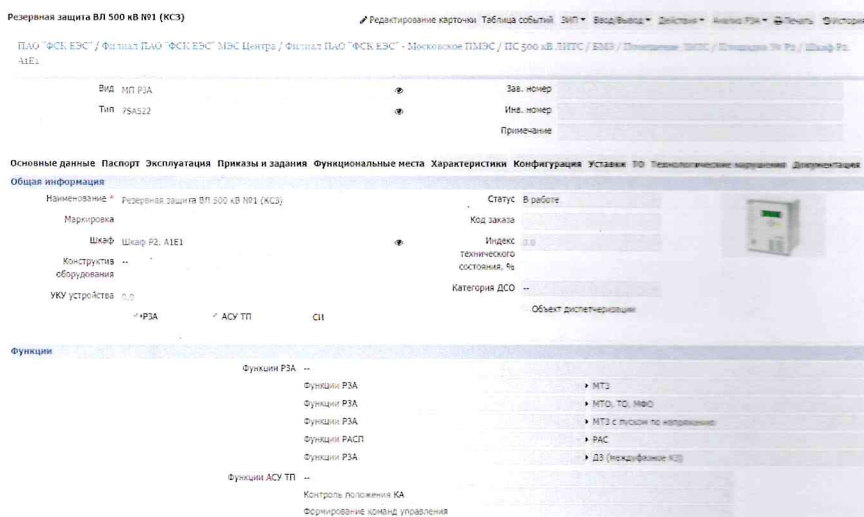


Рисунок 3. Фрагмент реестра устройства РЗА

Перечень работ по ТОиР РЗА

№	МЭСТ	ПМЭСТ	ПСТ	Вид работ	Оборудование	Плановая дата начала работ	Плановая дата окончания работ	Исполнитель от ФСКТ	Статус
60871	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 220 кВ Выставочная	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 1 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Ярославская	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано
60872	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 1 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Хотьково I цель с отпайкой на ПС Желтиково	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано
60873	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 1 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена II цель	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано
60874	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 2 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Хотьково I цель с отпайкой на ПС Желтиково	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано
60875	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 1 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена I цель	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано
60876	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 2 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена II цель	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано
60877	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 2 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена I цель	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано
60878	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 220 кВ Выставочная	K1 (первый профилактический контроль)	ДФЗ, КСЗ 2 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Ярославская	14.10.2019	15.10.2019		Запланировано

Рисунок 4. Фрагмент табличной формы работ по ТОиР РЗА

Многолетний график ТО РЗА

№	МЭСТ	ПМЭСТ	ПСТ	Класс напряжения	Шкаф	Терминал	Вид устройств	2019	2020	2021	2022	2023
12041	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василеостровская	330 кВ	Шкаф Р52, РАС "Присоединенный 110кВ"	ПУ 16/32	НП РАС					
12085	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василеостровская	330 кВ	Шкаф Р2, Защита 2с и дифференциальная защита шинного Эк. ВЛ 330 кВ 281	Комплект 1 основной защиты Р 330 (ДЗР, ТЗНТ)	НП РЗА					
12423	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василеостровская	330 кВ	Шкаф Р10, Основная защита КЛ 330 кВ Северная - Василеостровская	ОМТ КЛ 330 кВ Северная - Василеостровская	НП РЗА					
12424	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василеостровская	330 кВ	Шкаф Р10, Основная защита КЛ 330 кВ Северная - Василеостровская	Р1, Комплект 1 основной защиты КЛ 330 кВ Северная - Василеостровская	НП РЗА					
14706	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 220 кВ Выставочная	500 кВ	Шкаф Р123, 123	ДФЗ, КСЗ 1 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Ярославская	НП РЗА					
14704	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 220 кВ Выставочная	500 кВ	Шкаф Р123, 123	ДФЗ, КСЗ 2 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Ярославская	НП РЗА					
14891	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	500 кВ	Шкаф Р2, ДФЗ, КСЗ ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена II цель	ДФЗ, КСЗ 1 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена II цель	НП РЗА					
14889	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ Ярцево	500 кВ	Шкаф Р2, ДФЗ, КСЗ ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена II цель	ДФЗ, КСЗ 2 комплект ВЛ 110 кВ Ярцево - Сиена II цель	НП РЗА					

Рисунок 5. Фрагмент табличной формы многолетнего графика ТО РЗА

щение персонала» состоит из подсистем ведения и расчёта ключевых показателей эффективности (КПЭ), формирования отчётов, журналирования и оповещения.

→ В группе «Интеграция со смежными подсистемами» реализован обмен с корпоративными информационными системам ПАО «ФСК ЕЭС»: АСУ ТОиР, АСУ РЭО, АСУ «Метрология», АСУ ИИиК «Инциденты», Госреестр СИ. Дополнительно реализуется анализ технологического процесса по ЛВС ПС и интеграция с системой автоматического проектирования.

→ Подсистема «Администрирование и информационная безопасность» реализует ролевой доступ к БД Системы посредством авторизации. Ведёт разграниченный доступ к информации и фиксирует изменения состояний информации в Системе [9].

Программная реализация

Система разработана на базе программного продукта NPT Platform. Её архитектура обеспечивает возможность вертикального и горизонтального резервирования. Имеет клиент-серверную структуру, где

в качестве клиентской части выступает Web-браузер (Google Chrome, Yandex-браузер, Opera, Mozilla Firefox).

Далее по тексту приведено частичное описание пользовательского интерфейса на примере РЗА.

В Системе организовано категорирование оборудования подстанций по принципу отношений того или иного вида устройства к РЗА, АСУ ТП или СИ. Сформированные карточки устройств в Системе имеют схожие форматы по наполнению в реестре (рисунок 3): древовидная структура

Многолетний график калибровки

МЭСТ	ПМЭСТ	ПСТ	Класс напряжения Т	Вид измерений Т	Вид устройства Т	Тип Т	Ответственное подразделение Т	2019	2020	2021	2022
Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Урала	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Южно-Уральское ПМЭС	ПС 500 кВ Златоуст	500 кВ	34 - Электрические щитовые и магнитные	Амперметр	340792	--				
Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василевская	330 кВ	34 - Электрические щитовые и магнитные	Трансформатор	JK ELK 013	--				
Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василевская	330 кВ	30 - Параметры давления, вакуума	Манометр технический показывающий	МТН-4М	--				
Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василевская	330 кВ	30 - Параметры давления, вакуума	Манометр образцовый (галановый)	МО 160	--				
Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Урала	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Южно-Уральское ПМЭС	ПС 500 кВ Златоуст	500 кВ	34 - Электрические щитовые и магнитные	Амперметр	340792	--				
Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василевская	330 кВ	34 - Электрические щитовые и магнитные	Трансформатор	ТОП-СШ-35	--				
Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Северо-Запада	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Ленинградское ПМЭС	ПС 330 кВ Василевская	330 кВ		ММП	PH130EN Plus	--				

Рисунок 6. Фрагмент табличной формы многолетнего графика калибровки СИ

Перечень технологических нарушений

№	МЭСТ	ПМЭСТ	ПСТ	Вид объекта Т	Оценка работы АПВТ	Дата, время начала Т	Дата, время окончания Т	Количество осциллограмм	Причина	Вид повреждения Т	Поврежденные фазы	Описание события, причина работы РЗА	Изолирована часть системы	Обесточены потребители	Недоотпуск, МВт	Расстояние до места повреждения на ВЛ	Наименование
102916	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ ЛИТС	ВЛ 500 кВ №1	не оценено	29.04.2019 13:29:22	29.04.2019 13:29:23	3	Движение короткое замыкание на землю	ВС			нет				Технологическое 2019-04-29T13:12
102838	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ ЛИТС	ВЛ 500 кВ №1	не оценено	29.04.2019 13:27:07	29.04.2019 13:27:09	1	не определено	не определено			нет				Технологическое 2019-04-29T13:12
102654	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ ЛИТС	ВЛ 500 кВ №1	не оценено	29.04.2019 13:11:22	29.04.2019 13:11:23	2	Симметричное преобразование короткое замыкание	ВС			нет				Технологическое 2019-04-29T13:10
102576	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ ЛИТС	ВЛ 500 кВ №1	не оценено	29.04.2019 13:09:43	29.04.2019 13:09:45	1	не определено	не определено			нет				Технологическое 2019-04-29T13:10
102303	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" МЭС Центра	Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" - Московское ПМЭС	ПС 500 кВ ЛИТС	ВЛ 500 кВ №1	не оценено	29.04.2019 12:54:00	29.04.2019 12:54:04	3	Движение короткое замыкание на землю	ВС			нет				Технологическое 2019-04-29T13:15

Рисунок 7. Фрагмент табличной формы перечня технологических нарушений

иерархического перечня объектов, описание занесенного в реестр устройства с отображением общей информации по нему, функции устройства, его внешний вид; кроме этого, представлен ряд информационных вкладок, связанных с этим устройством (паспорт, эксплуатация, уставки, технологические нарушения, конфигурация и пр.).

Также в Системе формируются табличные формы, в которых отображаются:

- перечень работ по ТОиР РЗА (рисунок 4);
- графики технического обслуживания устройств РЗА (рисунок 5)

и график поверки/калибровки СИ (рисунок 6);

→ перечень технологических нарушений (рисунок 7).

Данные по технологическому нарушению формируются в Системе на основе срабатывания устройств РЗА, установленных на присоединениях, где возникло аварийное возмущение. В табличной форме (рисунок 7), по столбцам, представлены данные о времени, месте, виде повреждения и прочим дополнительным параметрам. Каждому технологическому нарушению присваивается номер и наименование. Система имеет возможность сортировки техно-

логических нарушений по присвоенным им параметрам.

Выявленные технологические нарушения подвергаются первичному анализу с последующей оценкой действия работы устройств РЗА.

Заключение

Разработанная Система является одной из составляющих модели жизненного цикла РЗА, наравне с комплексами приёмки в эксплуатацию и проектирования, в рамках реализации целевой модели цифровой трансформации ПС. В настоящее время осуществляется пилотное внедрение Системы на объектах ПАО «ФСК ЕЭС», что является базо-

вым процессом для сбора и хранения данных по эксплуатации информационно-технологических систем. Полученные результаты применения алгоритмов оценки и прогнозирования состояния оборудования, предполагается использовать при разработке концепции «обслуживания по состоянию».

Описанные материалы носят общий характер. Коллектив авторов планирует публикацию серии статей, описывающих частный реализованный функционал, обеспечивающий автоматизацию производственной деятельности по направлениям РЗА, АСУ ТП и СИ.

Автор



Шеметов Андрей Сергеевич родился 9 октября 1973 г. В 1995 г. окончил Ивановский государственный университет. В настоящее время работает заместителем начальника департамента релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами ПАО «ФСК ЕЭС». Руководит НИОКР «Разработка электронного каталога типовых проектных решений для проектирования и конфигурирования оборудования системы защиты, управления ПС, включая решения по цифровым ПС с применением наилучших доступных технологий». Является автором 5 опубликованных научных трудов и статей.

Автор



Акинин Андрей Александрович родился 28 июня 1979 г. В 2002 г. окончил Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет), факультет «Автоматика и электроника» по специальности «Электроника и автоматика физических установок». В 2006 г. защитил диссертацию в Ивановском государственном энергетическом университете им. В.И. Ленина. Получил ученую степень кандидата технических наук. Работает в должности заместителя начальника отдела разработки технологии «Цифровая подстанция» Центра информационно-управляющих систем АО «НТЦ ФСК ЕЭС».

Автор



Кириенко Олег Владимирович с отличием окончил Санкт-Петербургский государственный политехнический университет по специальности «Электроэнергетика», получил ученую степень «Магистр техники и технологии». Является автором многих научных работ, посвященных стандарту МЭК 61850. В настоящее время занимает должность руководителя департамента инновационных разработок в ГК «ЭнергопромАвтоматизация».

ЛИТЕРАТУРА

1. СТО 34.01–4.1–005–2017 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации на объектах электросетевого комплекса.
2. СТО 56947007–25.040.40.236–2016 Правила технической эксплуатации АСУ ТП ПС ЕНЭС. Общие технические требования.
3. 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.
4. СТО 34.01–4.1–007–2018 Технические требования к автоматизированному мониторингу устройств РЗА, в том числе работающих по стандарту МЭК 61850.
5. РД 34.35.516–89 Инструкция по учёту и оценке работы релейной защиты и автоматики электрической части энергосистем.
6. Типовое положение о взаимоотношениях и распределении функций (служб) отделов РЗА ПАО «ФСК ЕЭС».
7. Регламент подготовки и допуска к самостоятельной работе по обслуживанию устройств РЗА и ПА специалистов РЗА ПАО «ФСК ЕЭС».
8. Положение о порядке подачи и обработки диспетчерских заявок на вывод в ремонт ЛЭП, оборудования и устройств для производства ремонтных работ и реконструкции на объектах ПАО «ФСК ЕЭС» (утверждено распоряжением ПАО «ФСК ЕЭС» от 24.05.2012 № 349 р).
9. Распоряжение от 30.08.2016 № 367 ОАО «ФСК ЕЭС» «Об утверждении минимально необходимых организационных и технических требований к обеспечению информационной безопасности автоматизированных Систем технологического управления, используемых для функционирования электросетевого комплекса ОАО «ФСК ЕЭС».