

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АО «СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»
РОССЕТИ ФСК ЕЭС (ПАО «ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ ЕДИНОЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»)

ПАО «РОССЕТИ»

РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ МЕЖДУНАРОДНОГО СОВЕТА
ПО БОЛЬШИМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ
(РНК СИГРЭ)

БЛАГОТВОРИТЕЛЬНЫЙ ФОНД «НАДЕЖНАЯ СМЕНА»

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ – 2019



Материалы
X Международной молодёжной научно-технической конференции
16 – 20 сентября 2019 года

Том II

Иркутск
2019

УДК 621.31
ББК 31.2
Э45

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», к.т.н. Д.Ф. Губаев, советник директора Группы советников АО «СО ЕЭС», д.т.н. П.М. Ерохин, главный эксперт Департамента релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами ПАО «ФСК ЕЭС» А.А. Земцов, Р.Г., доцент кафедры «Электроснабжение и электротехника» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» Д.Н. Карамов, доцент кафедры «Информатика и информационно-управляющие системы» Н.С. Киселев, доцент кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», к.т.н. Мустафин, директор по информационно-управляющим системам - Начальник центра информационно-управляющих систем АО «НТЦ ФСК ЕЭС» Ю.И. Моржин, доцент кафедры «Электроснабжение и электротехника» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», к.т.н. В.А. Пионкевич, доцент кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», к.т.н. Ю.В. Писковицкий, заместитель начальника центра - начальник отдела разработки технологии «Цифровая подстанция» АО «НТЦ ФСК ЕЭС» С.Г. Попов, начальник отдела Департамента релейной защиты, метрологии и автоматизированных систем управления технологическими процессами ПАО «ФСК ЕЭС» М.И. Селезнев, доцент кафедры «Электрические станции, сети и системы» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», к.т.н. Д.С. Федосов, доцент кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» Р.М. Хазиахметов, доцент кафедры «Электроснабжение железных дорог» ФГБОУ ВО «ИРГУПС» к.т.н. А.В. Черепанов доцент кафедры «Электроснабжение и электротехника» ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», к.т.н. И.Н. Шушпанов,

Редакционная коллегия: К.В. Суслов (отв. редактор), Т.В. Сокольникова, И.А. Москвин

Э45

Электроэнергетика глазами молодежи: материалы X Международной научно-технической конференции, 16 – 21 сентября 2019, Иркутск. – В 3 т. Т 2. – Иркутск, Иркутский национальный исследовательский технический университет. – 290 с.

Опубликованы материалы X Международной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи» по научным направлениям «Управление электроэнергетическими режимами энергосистем» и «Режимы работы и оборудование электрических сетей и систем»: планирование электроэнергетических режимов; моделирование электроэнергетических систем для задач планирования, оперативно-диспетчерского и автоматического управления электроэнергетическим режимом энергосистемы; системные задачи для подготовки диспетчеров, организации проведения противоаварийных тренировок; высоковольтные линии электропередачи, электрические провода и кабели; режимы работы тепловых электростанций, гидроэлектростанций и атомных электростанций; силовые и измерительные трансформаторы; распределительные устройства станций и подстанций, коммутационное оборудование; устройства регулирования параметров электрического режима энергосистем; диагностирование электротехнического оборудования.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.31
ББК 31.2
Э45

© Министерство энергетики Российской Федерации,
© Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,
2019
© ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет», 2019
© Авторы, 2019

Секция №3

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ



Scientific sections №3

RELAY PROTECTION AND AUTOMATIC CONTROL

ВНЕДРЕНИЕ АДАПТИВНОЙ АВТОМАТИКИ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ

Кизин В.А.¹, Разумов Р.В.², Петров А.А.²

¹ Филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы Краснодарского края и Республики Адыгея (Адыгея)», Краснодар, Россия

E-mail: kizinva@kuban.so-ups.ru

² ООО НПП «ЭКРА»,

Чебоксары, Россия.

E-mail: razumov_rv@ekra.ru, petrov_a@ekra.ru.

Аннотация

Состояние вопроса: Отключение нагрузки действием противоаварийной автоматики является необходимым управляющим воздействием в энергетических районах с дефицитом выработки активной мощности. Своевременное отключение нагрузки помогает сохранить статическую устойчивость, динамическую устойчивость, предотвращает перегруз элементов сети по току, предотвращает снижение напряжения и частоты. Реализация отключения нагрузки осуществляется через специальную автоматику отключения нагрузки, которая не учитывает характер изменения нагрузки в отключаемых присоединениях. Внедрение специальной автоматики отключения нагрузки на микропроцессорной базе с реализацией алгоритма автоматической настройки ступеней отключения нагрузки позволит повысить эффективность противоаварийного управления.

Материалы и методы: Идея внедрения алгоритма автоматической настройки ступеней отключения нагрузки основывается на опыте эксплуатации существующих устройств противоаварийной автоматики и анализе случаев их работы.

Результаты: Выполнено обоснование необходимости внедрения алгоритма автоматической настройки ступеней отключения нагрузки. Разработан алгоритм и предложены пути его внедрения в ЕЭС России.

Выводы: Результаты работы могут быть применены для вновь вводимых микропроцессорных устройств специальной автоматики отключения нагрузки, а также при модернизации существующих устройств с целью повышения эффективности их работы.

Ключевые слова: Специальная автоматика отключения нагрузки, алгоритм автоматической настройки ступеней отключения нагрузки.

IMPLEMENTATION OF ADAPTIVE AUTOMATIC LOAD CUT-OFF

Vladimir Kizin¹, Roman Razumov², Aleksey Petrov²

¹ Branch of SC "SO UES", "Regional dispatch control grid of Krasnodar Territory and the Republic of Adygea (Adygea)", Krasnodar, Russia

E-mail: kizinva@kuban.so-ups.ru.

² EKRA Research and Production Enterprise Ltd,

Cheboksary, Russia E-mail: razumov_rv@ekra.ru, petrov_a@ekra.ru.

Abstract

Background: The load shedding by automatic emergency control is the necessary control action in power system region with active power deficiency. On time load shedding allows to maintain steady-state and transient stabilities, prevent the current magnitude overload of networks elements, voltage and frequency reduction. The load shedding implementation is carried out by special developed automatic load shedding which has a number of technical and structural disadvantages. The introduction of microprocessor-based special developed automatic load shedding and realization the algorithm of automatic adjustment steps of load shedding allow improving the efficiency of emergency control.

Materials and Methods: The idea of implementation the algorithm of automatic adjustment the steps of load shedding is based on the operation experience and analysis of emergency control operation.

Results: The rationale of implementation the algorithm of automatic adjustment the steps of load shedding is described. The algorithm is developed and ways of its realization for UPS of Russia are suggested.

Conclusions: : The research results could be applied to newly introduced microprocessor-based devices of special developed automatic load shedding, as well as to upgrade existing devices to improve their operation.

Key words: special developed automatic load shedding, algorithm of automatic adjustment the steps of load shedding.

I. ВВЕДЕНИЕ

Единая энергетическая система (ЕЭС) России охватывает практически всю территорию страны и

является крупнейшим в мире централизованно управляемым энергообъединением. Большая протяженность линий электропередач (ЛЭП), а также не равномерность распределения объектов генерации и

потребления электрической энергии привело к тому, что ЕЭС России является энергообъединением со слабыми межсистемными связями. В связи с этим надежность и живучесть энергосистемы будет обеспечиваться путем широкого использования устройств противоаварийной автоматики (ПА).

В зависимости от типа энергорайона определяются управляющие воздействия (УВ) устройств ПА. В районах с избытком активной мощности необходимо снижать мощность электростанций. В “дефицитных” районах используется УВ на отключение нагрузки (ОН). Специальная автоматика отключения нагрузки (САОН) является устройством противоаварийной автоматики реализующим УВ на ОН. Отключение нагрузки потребителей электрической энергии применяется для предотвращения нарушения устойчивости, ограничения снижения частоты и напряжения, ликвидации перегрузки контролируемых сечений, ЛЭП и оборудования [1].

II. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА САОН

Электромеханическое устройство САОН представляет собой шкаф с набором промежуточных реле (РП) (Рис. 1). Воздействие на эти реле осуществляется от устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК) или непосредственно от ПА. Внутри шкафа формируются шинки управления (ШУ), по которым передается воздействие на выключатели присоединений. В настоящее время широкое применение в энергосистеме Краснодарского края получили САОН с тремя очередями отключения нагрузки. Отключение нагрузки выполняется с запретом автоматического повторного включения (АПВ) и автоматического ввода резерва отключенных связей (АВР) [1].

III. ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ САОН

Опыт эксплуатации показывает переменный характер величины нагрузки, введенной под действие САОН. Причины, влияющие на изменение отключаемой нагрузки следующие:

- присоединения выводятся в ремонт;
- присоединения имеют величину нагрузки меньше, чем заявляет собственник энергообъекта;
- присоединения имеют нестабильную по времени и величине нагрузку. Примером может служить двигательная нагрузка, которая используется несколько часов в сутки согласно технологическому процессу производства.

Все эти факторы нельзя точно учесть в процессе расчетов электрических режимов и формирования задания по настройке комплексов ПА на реализацию противоаварийного управления.

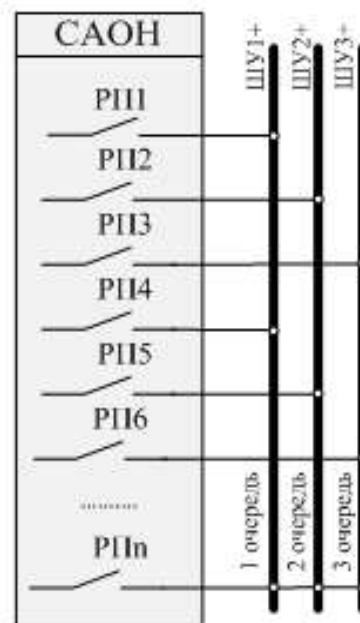


Рис.1. Упрощенная схема САОН

IV. ХАРАКТЕРИСТИКА НАГРУЗКИ

Потребление электрической энергии является переменной величиной, зависящей от ряда факторов: время года, время суток, погодных условий, графика работы крупных предприятий и др. Изменение нагрузки непрерывный во времени процесс имеющий характеристику близкую в общем случае к синусоиде, с цикличным чередованием максимума и минимума потребления электрической энергии.

Рассмотрим графики нагрузки (Рис.2) за неделю на двух электрических подстанций (ПС) участвующих в противоаварийном управлении, на которых установлены САОН.

На графиках (Рис.2) точки А соответствуют дневному максимуму нагрузок, а точки В – вечернему. Между двумя максимумами в точках Б наблюдается спад нагрузки. Ночной минимум нагрузок соответствует точкам Г.

Авария в энергосистеме, ликвидация которой требует отключения нагрузки, может случиться в любой отрезок времени. При реализации УВ на ОН по средствам существующих САОН объем отключенной нагрузки будет разным, что в итоге может привести к излишнему отключению потребителей электроэнергетики.

В современных комплексах ПА заложены десятки команд на реализацию УВ от разных устройств ПА. Каждая команда должна отключать только тот объем нагрузки, который будет иметь максимальный регулирующий эффект при минимальном отключении потребителей. Но такое отключение потребителей невозможно при использовании САОН, реализующей ОН без контроля нагрузки в отключаемых присоединениях.

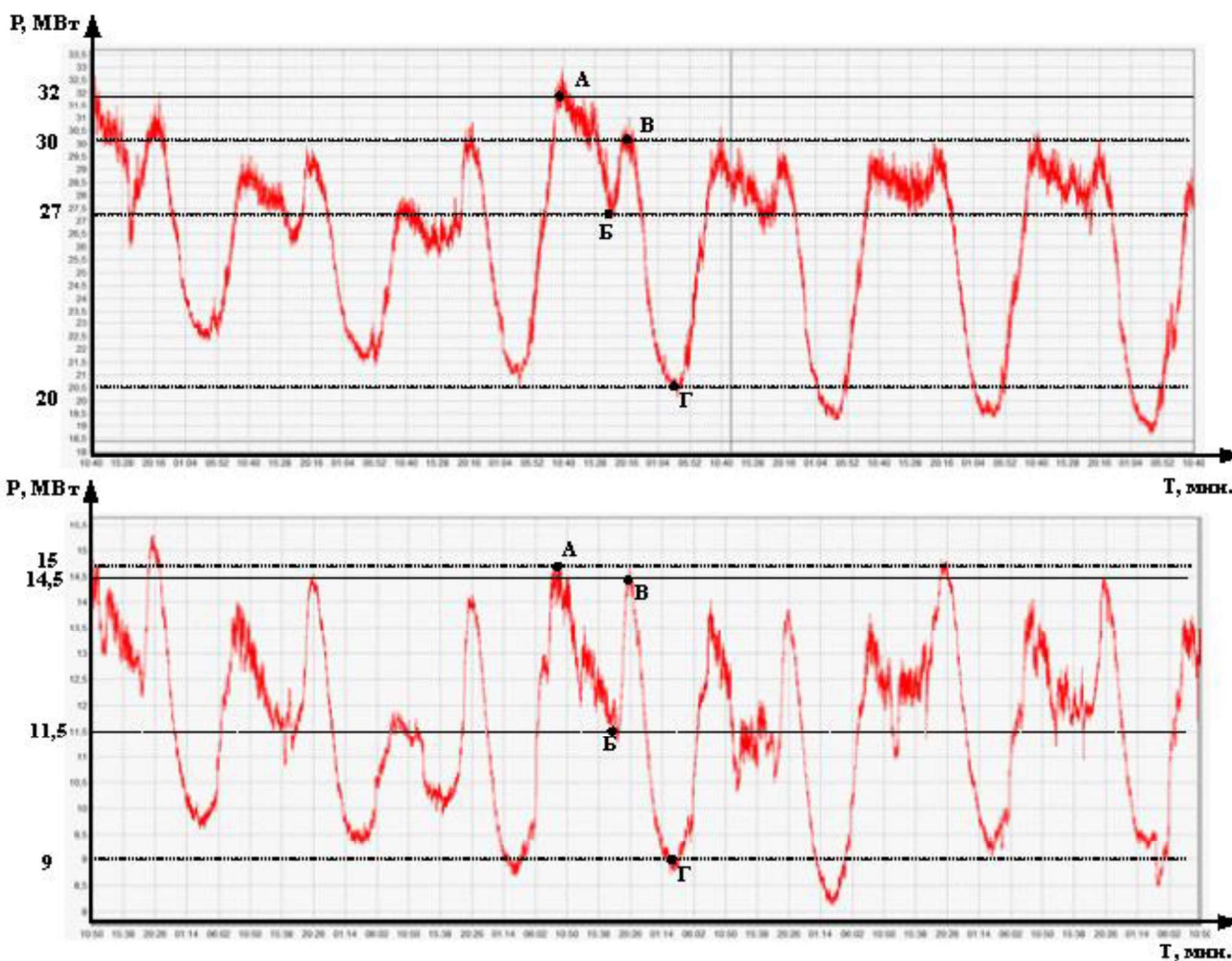


Рис.2. Графики нагрузки на двух ПС за одну неделю

V. РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ СТУПЕНЕЙ САОН НА БАЗЕ ТЕРМИНАЛОВ СЕРИИ ШЭЭ 22Х 0632 ПРОИЗВОДСТВА ООО НПП «ЭКРА»

Идея заключается в использовании возможности микропроцессорного САОН самостоятельно определять состав отключаемых присоединений для каждого конкретного УВ. Для этого нужно контролировать мощность нагрузки на каждом присоединении и иметь возможность индивидуального управления каждым выключателем, введенным под действие САОН. Реализация данного решения возможна на существующих терминалах САОН серии ШЭЭ 22Х 0632 путем переконфигурации их внутренней логики и добавления аналоговых входов по току и напряжению, либо получения ТИ от цифровых датчиков мощности, а также на вновь строящихся и реконструируемых объектах.

Предлагается внутреннюю логику работы САОН организовать на основе алгоритма автоматической настройки ступеней отключения нагрузки (АНС ОН, или “интеллектуальный САОН”) (Рис. 3). Указанный алгоритм состоит из отдельных ступеней. Количество ступеней алгоритма АНС ОН работы определяется количеством возможных управляющих воздействий, т.е. по количеству команд ОН входящих на вход терминала от УПАСК. Алгоритм АНС ОН подберет оптимальный набор

отключаемых присоединений для каждой команды УПАСК, исходя из реальной токовой нагрузки. В логике алгоритма будет указана приоритетность используемых для отключения присоединений на основании категоричности потребителей электроэнергии. Первоочередно будут реализовываться ступени с отключением потребителей 3-й категории, затем 2-й категории и 1-й категории соответственно.

Рассмотрим алгоритм работы АНС ОН на примере одной ступени САОН с одинаковым приоритетом отключения присоединений (Рис. 3). Алгоритм с определенным интервалом времени осуществляет контроль мощности нагрузки на присоединениях, введенных под действие САОН. Затем, с учетом категоричности потребителей, алгоритм подбирает набор присоединений с величиной мощности близкой величине мощности установки ($P_{уст}$), т.е. подбирает наиболее точное УВ на ОН. Если нагрузка на выбранных присоединениях $P_{ст.факт}$ меньше $P_{уст}$, автоматика повторно возвращается к анализу телеизмерений и подбору нового состава присоединений. В случае, когда $P_{ст.факт}$ больше или равно $P_{уст}$, автоматика запоминает выбранный состав присоединений и подготавливает выходные цепи на их отключение. Функция работает по предаварийным данным, как следствие, а на момент получения команды

на ОН в логике САОН уже подготовлены решения с учетом текущего состояния.

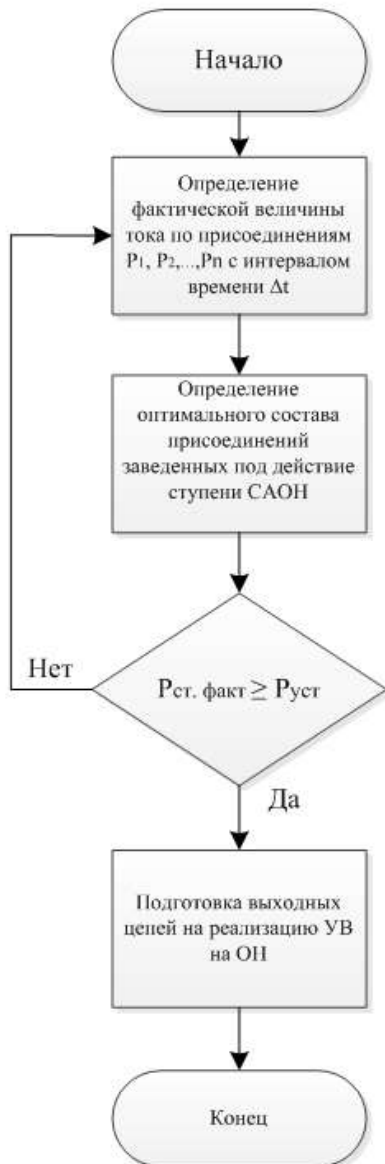


Рис.3. Структурная схема алгоритма АНС ОН ступени САОН

VI. ЭТАПЫ ВНЕДРЕНИЯ

В настоящее время у ООО НПП «ЭКРА» уже существует практика внедрения САОН с алгоритмом по выбору отключаемых присоединений на подстанциях ЕЭС России (ПС Коршуниха, ПС Лена, ПС Кирина, ПС Рудногорская и т.д.), а также входит в функционал устройств ЧДА генерирующих станций с выделением станций на сбалансированный энергорайон с последующей балансировкой по фактической мощности (Омская ТЭЦ-4, Нижнекамская ТЭЦ, Казанские ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 и т.д.).

Внедрение САОН с алгоритмом АНС ОН является долгосрочным процессом, требующим системного подхода. Предлагается реализацию алгоритма АНС ОН осуществлять следующими этапами:

1 этап. Разработка нормативной документации и требований к реализации САОН с алгоритмом АНС ОН.

2 этап. Проведение анализа энергетических объектов, на которых установлены микропроцессорные терминалы САОН, с целью оценки возможности реализации алгоритмом АНС ОН. В некоторых случаях для реализации алгоритма потребуется только установка новой версии программного обеспечения.

3 этап. Реализация алгоритма АНС ОН на новых или модернизированных ПС.

4 этап. Выявление наиболее значимых, с точки зрения противоаварийного управления, подстанций и проведения на них модернизации САОН.

5 этап. Плановое внедрение САОН с алгоритмом АНС ОН на модернизируемых и реконструируемых энергообъектах.

Для внедрения предложенного алгоритма работы САОН в Кубанской энергосистеме и его адаптации под существующие задачи требуется разработка единой концепции настройки САОН, а также изучения практического опыта эксплуатации подобных устройств в ЕЭС России.

VII. ВЫВОДЫ

Внедрение микропроцессорных устройств САОН с алгоритмом АНС ОН позволит решить ряд актуальных задач:

1) Работа САОН начнет выполняться селективно. Команды ПА будут отключать только тот объем нагрузки, который будет иметь максимальный регулирующий эффект при минимизации отключения потребителей, с возможностью задания приоритетности отключения нагрузки.

2) Возможность создания современных комплексов ПА, имеющих обратную связь с устройствами САОН, что позволит устройствам ПА оптимизировать объем УВ.

3) Возможность организации передачи части нереализованных УВ интеллектуальному комплексу САОН на соседнем объекте.

4) Для диспетчерских центров появится возможность более точно контролировать объемы нагрузки, участвующей в противоаварийном управлении. Станет доступным быстрый сбор информации после работы ПА. В настоящее время информация по отключению потребителей поступает в диспетчерский центр в течении нескольких дней.

5) Возможность интеграции системы под удаленное управление из диспетчерского центра (с целью ручного включения/отключения потребителей).

6) Предложенный алгоритм можно модернизировать под задачи включения нагрузки и реализовать функцию централизованного обратного включения нагрузки (ЦОВН) после работы ПА. По факту получения команды ЦОВН будет осуществляться плановое включение потребителей согласно их приоритетности, что позволит избежать резкого скачка нагрузки.

Список литературы

- [1] ГОСТ Р 55105-2012. Оперативно-диспетчерское управление. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем, 2012.
- [2] ООО НПП «ЭКРА», каталог противоаварийной автоматики – Режим доступа: <https://www.ekra.ru/produkcija/protivoavarijnaya-avtomatika/shkafy-pa-s-funkciyami-otklyucheniya-potrebiteley/585-shee-22h-0632.html>