

А. И. Вантеев

**ОБСЛУЖИВАНИЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ:
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2021

УДК 621.311.4
ББК 31.277
В17

Рецензенты:

*Лаврентьев В. М., инженер-электрик, заслуженный энергетик РФ;
Головырцев А. А., главный специалист службы диагностики МЭС Урала*

Вантеев, А. И.

В17 Обслуживание электрических подстанций: теория и практика : учебное пособие / А. И. Вантеев. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 368 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0538-6

Предложены основные сведения о принципах работы оборудования электрических подстанций, эффективных и безопасных приемах и методах оперативного обслуживания электроустановок. Рассмотрено большое количество случаев технологических нарушений и травматизма при работе с энергообъектами. Материал подготовлен на основе многолетнего опыта работы автора в сфере энергетики.

Для оперативного электротехнического персонала любых промышленных и иных предприятий, студентов электроэнергетических специальностей, а также лиц, контролирующих оперативные переключения, диспетчеров сетевых предприятий и центров управления сетями.

УДК 621.311.4
ББК 31.277

ISBN 978-5-9729-0538-6 © Вантеев А. И., 2021
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Как показывает многолетний опыт работы автора в различных электросетевых предприятиях Минэнерго, в том числе и в электросетях Мордовского участка Средне-Волжского предприятия МЭС Волги ПАО «ФСК ЕЭС» в качестве инженера-инспектора, а также опыт преподавания правил оперативной работы в учебно-курсовом комбинате «Энергетик» филиала ПАО «МРСК Волги» – «Мордовэнерго» и обучения электротехнического персонала, в том числе электромонтеров по ремонту и обслуживанию электрооборудования, для предприятий различных отраслей народного хозяйства в Саранском Доме науки и техники – уровень подготовки персонала и, в частности, оперативного персонала подстанций (ПС), то есть первичного звена оперативного управления в электросетях, оставляет желать лучшего. Мало того, что работа оперативного персонала в энергетике стала непривлекательной для квалифицированных претендентов на роль дежурных электромонтеров (ДЭМ) из-за специфики оперативной работы, высоких требований и относительно невысокой оплаты труда, так еще и заниматься с новым работником на ПС практически некому, кроме мастера ПС (так обычно обстоят дела на ПС 220 кВ, каких в электроэнергетике РФ большое количество). А мастер занят хозяйственными делами, к тому же у него зачастую нет опыта преподавания. Кандидат в ДЭМы на целые месяцы фактически предоставлен самому себе. Заниматься самостоятельно способны далеко не все. Кроме того, на местах не везде есть не-

обходимая информация. При проведении вводного инструктажа во время работы инженером-инспектором я всегда настраивал кандидатов в ДЭМы следующим образом: «Спрашивайте, задавайте вопросы тем, кто уже работает, „кадровым работникам“». Один и тот же вопрос задавайте нескольким. У каждого будет свой взгляд, а вам необходимо сформировать на основе услышанного единое мнение».

Электроэнергетика – это строго регламентированная область трудовой деятельности. На выполнение практически любого рабочего действия персонала есть Правила, Инструкции, Указания, Циркуляры и т. п. Но, несмотря на все эти строгости, количество ошибок персонала (в первую очередь оперативного) остается весьма высоким. Грубейшие ошибки оперативного персонала проявляются, как правило, сразу же: включение заземляющих ножей на напряжение или подача напряжения на заземленные токоведущие части. Если ошибка не проявилась сразу, то она обязательно проявится при следующих переключениях или в виде ложного отключения (отказа отключения). Пример: на одной из ПС при замене выключателя (В) линии 110 кВ без перерыва питания обходным выключателем (ОВ) были сделаны ошибки при выполнении операций с переключающими устройствами на панелях УРЗА. Через неделю при возврате ВЛ на свой В во время запараллеливания своего (линейного) В с ОВ линейный В отключился из-за неправильного действия защит линии. Ошибки ремонтного персонала могут проявиться через много месяцев: например, плохо затянутое контактное соединение может со временем привести к нагреванию контакта, вплоть до свечения; или плохо затянутое уплотнение может привести к протечке масла.

Попробуем разобраться в причинах большого количества ошибок оперативного персонала. После реформирования энергетики на электросетевых объектах Федеральной сетевой компании (ФСК) – подстанциях (ПС) остался в основном только

оперативный персонал – дежурные электромонтеры (ДЭМ) с единоличным дежурством в смене на ПС 220 кВ и дежурством в смене вместе с дежурным инженером (ДИ) на ПС 330 кВ и выше. Естественно, количество ПС 220 кВ значительно превышает количество всех ПС 330 кВ и выше, вместе взятых. Отсюда следует, что оперативный персонал ПС ФСК состоит в основном из ДЭМов, тем более что они в качестве вторых лиц входят и в состав дежурного персонала ПС 330 кВ и выше. А с учетом ПС межрегиональных сетевых компаний (МРСК) и вообще подавляющее большинство оперативного персонала первичного звена оперативно-диспетчерского управления в энергетике (в электрических сетях) – это ДЭМы. Именно для них в первую очередь и предназначен предлагаемый материал.

Пожалуй, единственной книгой, в которой сведения для персонала, обслуживающего электроподстанции, были собраны воедино, оказалась замечательная книга Филатова А. А. [2]. Она вышла в свет в 1990 г. и переиздана практически без изменений в 2012 году [3].

Данная книга фактически является дополнением названного выше издания и его развитием с уклоном в практическую сторону. В отличие от книги [2], написанной в академическом стиле, это пособие изложено простым языком в форме, близкой к диалоговой. Можно сказать, что достаточно большой объем сложного материала представлен в доступном для понимания виде. Красной нитью в книге проходит утверждение о том, что для грамотного обслуживания оборудования необходимо понимание происходящих в нем процессов. Именно на обеспечение понимания оперативным персоналом процессов, происходящих при работе оборудования, и нацелен материал данной книги. Она фактически является переработанным и дополненным изданием ранее выпущенной книги автора «Моя профессия ДЭМ ПС» [1].

Автор не ставит своей задачей дать читателю сведения обо всех существующих видах и элементах оборудования, применяемого на ПС и в других электроустановках. Да это и невозможно, так как элементная база и типоразмеры оборудования и устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) непрерывно развиваются и совершенствуются, появляются и новые виды электрооборудования. Причем совершенствуются не только виды оборудования, но и принципы и технические решения, используемые для ПС и других электроустановок. Например, в XX веке в России был принят изолированный режим нейтрали для электроустановок классов по напряжению 6, 10 и 35 кВ. Сейчас это далеко не так бесспорно, как ранее. Режимы заземления нейтрали для электроустановок различных классов по напряжению, преимущества и недостатки принятых решений будут рассмотрены далее.

Автор считает, что главное – это указать персоналу объектов направление для изучения своих объектов, показать подходы к пониманию процессов.

В представленных материалах нет специального разделения по сферам их применения, например, вот эта глава для ДЭМов ПС 35–220 кВ, эта – для ИТР предприятий электроэнергетики, а эта – для электротехнического персонала предприятий других отраслей. Думаю, что каждый читатель сам выберет то, что ему ближе и нужнее для работы на обслуживаемом оборудовании.

Надеюсь, что каждый прочитавший эту книгу найдет для себя что-то новое, интересное, полезное. Все сведения излагаются в объемах, достаточных для грамотного обслуживания оперативным и оперативно-ремонтным персоналом своих объектов, причем желающие получить углубленные сведения также найдут их в этой книге.

ГЛАВА 1

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

1.1. О ТРЕБОВАНИЯХ К ОПЕРАТИВНОМУ ПЕРСОНАЛУ ЭЛЕКТРОСЕТЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИКИ И СПЕЦИФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ ЕГО РАБОТЫ

Как показывает многолетний опыт работы в электросетях, в том числе и в электросетях Мордовского участка Средне-Волжского предприятия ОАО ФСК ЕЭС в качестве инженера-инспектора, а также опыт преподавания основ оперативной работы в учебно-курсовом комбинате (УКК) «Энергетик», уровень подготовки оперативного персонала подстанций (ПС) – первичного звена оперативного управления в электросетях – *оставляет желать лучшего*. В электроэнергетике на выполнение практически любого рабочего действия персонала есть правила, инструкции, указания, циркуляры и т. п. Все настолько «заорганизовано», что существуют даже рекомендации, как разрабатывать различные инструкции. Но, несмотря на все эти строгости, количество ошибок персонала (в первую очередь, оперативного) остается весьма высоким.

С учетом ПС межрегиональных сетевых компаний (МРСК), большинство работников первичного звена оперативно-диспетчерского управления в энергетике (работников объектов в электрических сетях) – это *дежурные электромонтеры* (ДЭМы).

Что это за специальность – дежурный электромонтер подстанции (ДЭМ ПС)? С одной стороны, это рабочая специальность, но, с другой стороны, для ДЭМов пишутся должностные инструкции, как для инженерно-технических работников. То есть эта специальность занимает промежуточное положение между рабочей и инженерно-технической, очевидно, ввиду высокой степени ответственности. От принимаемых ДЭМом решений и его действий зависят жизни людей и электроснабжение городов, районов, областей. Кто такой этот ДЭМ? Желательно, чтобы он имел *специальное высшее* или *средне-техническое* образование, но достаточным является и просто *общее среднее* образование с обучением (в большинстве случаев не более чем по 80-часовой программе) в учебно-курсовом комбинате (УКК). Затем следует дальнейшая подготовка к новой должности, в том числе стажировка, проверка знаний и т. д. в соответствии с Правилами работы с персоналом (ПРП) [4].

В зависимости от уровня первоначальной подготовки и личностных качеств обучающегося, от его любознательности и добросовестности на все до «вступления в строй» – выхода на самостоятельное дежурство уходит до года и даже более. То есть, чтобы «довести нового человека до кондиции» уходит, в зависимости от степени подготовленности кандидата и его личностных качеств, *до 13–14 месяцев*.

Сложившаяся в последние десятилетия ситуация привела к тому, что эта первичная ступень иерархии оперативно-диспетчерского управления в энергетике стала *непривлекательной* для квалифицированного персонала. Одной из причин являются высокие требования к кандидатам в ДЭМы. Вопрос принятия на работу в качестве ДЭМа на ПС 220 кВ ФСК стал решаться уже на «генеральском уровне» – на уровне генеральных директоров филиалов Федеральной сетевой

компании – Магистральных электрических сетей. Ежегодная аттестация работников проводится очень строго и иногда является даже способом борьбы с неугодными лицами. Автору известно немало случаев, когда проходящие подготовку (стажировку) ДЭМы уходили, не закончив ее. Были даже случаи увольнений по собственному желанию уже работающих ДЭМов из-за строгостей при проверке знаний. Уходили туда, где проще, туда, где «длиннее рубль» (часто в коммерцию).

Кстати, понятия «аттестация» и «проверка знаний» – это не совсем одно и то же. Эти понятия путаются даже в приказах Ростехнадзора. Проверка знаний – это проверка того, «что у человека в голове», а аттестация – это проверка того, *как человек отработал* какой-то период и можно ли ему доверить эту работу на период до следующей аттестации. Разумеется, аттестация включает в себя и проверку знаний, то есть аттестация является более широким понятием, чем проверка знаний.

Первые главы этой книги предназначены в первую очередь для ДЭМов ПС как первичного звена оперативно-диспетчерского управления в энергетике и могут быть полезны также и для дежурных инженеров (ДИ) ПС, а также для лиц, контролирующих оперативные переключения. Цель автора – в ненавязчивой форме напомнить оперативному персоналу некоторые основные правила, которые нужно соблюдать при подготовке к оперативным переключениям и при их проведении. Кроме того, в книге приведены основные сведения относительно оборудования и устройств релейной защиты и автоматики, рассмотрено большое количество практических случаев из обзоров технологических нарушений, обзоров травматизма и из личного опыта автора.

Существуют **два принципиально разных подхода** к уровню подготовки оперативного персонала:

1. Одни считают, что оперативному персоналу *не нужно знать ничего, кроме правил и инструкций* относительно его рабочего места. Сторонники этой точки зрения говорят: «Имеются инструкции, в них все изложено, следуйте их указаниям, и вы всегда будете правы». Такую позицию разделяют многие руководители. Можно сказать, что нормативно-техническая документация (НТД) практически не оставляет для ДЭМ никаких вариантов для самостоятельной инициативы (*вероятно, потому, что в способности ДЭМ к самостоятельным действиям уже и не верят*). К тому же сейчас стало более важным не обидеть кого-либо из многочисленных вышестоящих уровней управления нарушением регламента – задержкой сообщения о случившемся, чем заниматься ликвидацией ненормальных режимов.

В противовес этому подходу приведу пример из середины 60-х годов, когда приемное кольцо Московских ПС 500 кВ получало более трети электроэнергии по линиям передачи 500 кВ Волжская ГЭС им. Ленина – Москва и Волжская ГЭС им. 22 Партсъезда – Москва (соответственно, Куйбышевская и Волгоградская передачи). В те годы самым серьезным инцидентом считался т. н. *разрыв передачи*. При разрыве была возможность потери синхронизма между разъединившимися частями. На одном из переключательных пунктов Волгоградской передачи сложилась ситуация, при которой дежурный инженер, женщина, в условиях нарушения связи *самостоятельно* приняла решение для локализации места повреждения и предотвращения угрозы возгорания соседнего оборудования пойти на временный разрыв передачи. После локализации она грамотно, проверив синхронизм, замкнула передачу. На селекторном совещании после инцидента ее сначала осуждали, но впоследствии в приказе было отмечено, что она

приняла единственно возможное правильное решение. На эту же тему можно привести слова из циркуляра морского военного министерства России от 1913 года: «Никакая инструкция *не может перечислить* всех обязанностей должностного лица и дать ему впредь соответствующие указания, поэтому, господа морские офицеры, пользуясь имеющимися знаниями и опытом, принимайте все меры для оправдания своего назначения». Принципы этого циркуляра актуальны и сегодня, в том числе для оперативных дежурных в электроэнергетике.

2. Другой подход можно выразить следующим утверждением: *нельзя грамотно эксплуатировать оборудование, не понимая* происходящих в нем процессов. Автор придерживается именно этой, второй точки зрения и в первую очередь потому, что понимание облегчает запоминание. Простейший пример – одиннадцатизначный номер мобильного телефона: понимая структуру образования номера, запомнить его гораздо легче, чем одиннадцать разрозненных цифр. Ни один человек, не обладающий феноменальной памятью, не в состоянии запомнить и держать в памяти весь объем необходимой для ДЭМа информации, если только она не построена по очень четкой и стройной системе. Автору в своей жизни довелось встретить человека с феноменальной памятью лишь один раз (это был поэт). И это исключение только подтверждает правило. Для того чтобы обычный человек мог запомнить большой объем информации, она должна быть *очень хорошо организована*. Понимание здесь играет исключительную роль, так как понимание, как уже говорилось, значительно облегчает запоминание.

Конечно же, я не противопоставляю перечисленные подходы к объему подготовки оперативного персонала. Можно

ли сказать, что первый подход неправильный? Это не так, современный уровень инструкций достаточно высок, в них содержатся сведения практически на все случаи, которые могут произойти в работе. Но эти сведения изложены сухим, казенным языком (система стандартизации, принятая в еще 60-х годах прошлого века, полностью воплотилась в нормативно-технической документации для энергетиков – раздел, подраздел, пункт, подпункт – и все «одним цветом»). Не зря ПТБ [5] прозвали «усыпительной книгой»: читать ее нелегко, быстро клонит в сон.

Существует поговорка: «Во всякой инструкции есть вещи очень важные, просто важные, неважные и ненужные». Это, конечно, шутка, но в ней есть доля правды: все *важное* в инструкции должно бросаться в глаза, выделяться шрифтом, цветом и т. п., чтобы оперативный персонал мог, даже в условиях недостатка времени, быстро найти ответ на интересующий вопрос. Кроме того, известно, что графическая информация (рисунки, графики, диаграммы) воспринимается сознанием и запоминается значительно быстрее и легче, чем текстовая. Если текст больше дополнять поясняющими схемами, рисунками, графиками, то информативность документов только выигрывает.

Разумеется, истина, как всегда, посередине. Нужно выполнять все предписываемые нормативно-техническими документами требования, но на основе ясного, осознанного, четкого их понимания. Правила [5] требуют, чтобы персонал V группы по электробезопасности понимал *не только сами Правила, но и то, чем вызван* тот или иной пункт Правил. Считаю, что это требование необходимо относить и к оперативному персоналу группы IV – ДЭМам ПС, как самым грамотным из всех рабочих специальностей в электроэнергетике. Читая Правила, можно сделать вывод, что *не все пункты* и далеко

не для всех изучающих Правила прозрачны для понимания. Снова возвращаюсь к тому, что именно понимание облегчает запоминание.

Еще одна и, пожалуй, самая *главная причина ошибок* оперативного персонала кроется в характере его работы: в нужное время, в нужном месте он должен выполнить нужные действия. Если не считать текущих дел, связанных с плановыми переключениями по заявкам, подготовкой рабочих мест и допусками бригад, то работа оперативного персонала проходит в ждущем режиме: может не происходить ничего внезапного в течение нескольких смен, недель и месяцев работы. Но рано или поздно наступает тот момент, когда персонал будет обязан в короткое время – «*в импульсе*» – проявить все свои знания и навыки: не растеряться, оценить ситуацию, принять правильное решение по локализации повреждения и восстановлению схемы. Но знания и профессиональные навыки, которые не применяются постоянно, со временем утрачиваются и весьма быстро: они могут за недели и месяцы вынужденного неприменения выветриться напрочь. Именно так и происходит, если человек не занимается самоподготовкой, не поддерживает в себе готовность к отработке необходимых действий. Чтобы не дать застигнуть себя врасплох, необходима постоянная работа по поддержанию способностей и сохранению навыков.

Конечно же, к этому призывают и Правила работы с персоналом [4]. Но основная роль здесь принадлежит самому человеку. Вот к этому-то способны далеко не все. В условиях дефицита квалифицированных кадров нередки случаи, когда стажера кое-как *дотягивают* до самостоятельного дежурства, и на этом вся работа с ним практически заканчивается. А сам он к освоению чего-либо самостоятельно, к периодической работе с правилами, инструкциями и другими нормативно-техническими документами неспособен, да и не

стремится к этому. Таким образом, нередки и недостаточная натренированность и связанная с этим недостаточная подготовленность персонала к выполнению оперативных переключений. Например, в приказе по инциденту, происшедшему зимой 2007–2008 гг. на одной из подстанций 220 кВ Поволжья, был отмечен факт *неготовности* дежурного электромонтера к операции по включению отделителя 220 кВ. Ему, проработавшему самостоятельно к тому моменту уже *полтора года*, такую операцию *ни разу не приходилось выполнять* ни в период подготовки, ни во время самостоятельной работы, и он не знал, как это делается.

Работа в ждущем режиме расхолаживает людей, а поддерживать в себе готовность к действиям способны далеко не все, хотя к этому призывают и Правила работы с персоналом, и необходимость контроля за уровнем подготовки и самоподготовки со стороны руководителей. А из руководителей дежурный электромонтер ПС 220 кВ видит только мастера (начальника ПС). Другие специалисты и инспекторы стали посещать объекты гораздо реже, чем это было ранее, ввиду сокращения единиц транспорта и лимитирования горюче-смазочных материалов, да и сокращения количества специалистов и инспекторов тоже. Здесь все зависит от личностных качеств самого электромонтера. Необходимо воспитывать стремление поддерживать уровень знаний хотя бы тем, что, например, в эту смену повторить такой-то раздел или главу, в следующую смену – другую главу (раздел) и так далее, пусть понемногу. У летчиков есть поговорка: «Быстрые действия в воздухе – это результат долгой подготовки на земле». Эта поговорка может быть применена и к работе оперативного персонала: быстрые и правильные действия во время ликвидации технологических нарушений и аварий есть результат долгой подготовки в спокойных условиях. Одной из важнейших составля-

ющих для оправдания назначения ДЭМ (см. цитату из циркуляра морского военного министерства, приведенную ранее) является способность к быстрой и грамотной оценке ненормальной ситуации и принятию верного решения. По выражению одного из специалистов центральной службы релейной защиты и автоматики (ЦСРЗА) бывшего Управления дальних электропередач (УДП): «Нам платят не за то, что мы делаем непрерывно, а за то, что мы *можем сделать*».

К сожалению, современный подход практически целиком сводится к тому, что нужно *отзвониться* всем по регламенту сообщений и *ждать* получения от них советов или команд. На самом же деле нужно сообщить о происшествии всего двоим (для оперативного персонала ПС 220 кВ и ниже): непосредственному вышестоящему оперативному руководителю (причем после хотя бы *первичной оценки ситуации* и по возможности *с предложениями* по дальнейшим действиям) и непосредственному административному руководителю (сообщение должно быть кратким), чтобы попросить его передать информацию далее наверх и в инспекцию. При этом, если будут отвлекать звонки других людей, нужно, не вступая в пространные объяснения, извиниться и вежливо пояснить, что обстановка аварийная, поэтому говорить вы пока больше не можете. Встречаются, например, такие ошибки: сообщают непосредственному вышестоящему оперативному руководителю (диспетчеру): «Сработала аварийная и предупредительная сигнализация, отключились выключатели (перечисление), выпали блинкера (перечисление), загорелись световые табло (перечисление)». Не стоит забывать, что диспетчер – тоже человек, воспринять перечисление ему нелегко, к тому же ему приходится воспринимать сообщение на слух. Поэтому информацию ему, да и наверх, административному руководителю, надо выдавать *обработанную*: «От таких-то защит отклю-

чилось такое-то оборудование; автоматическое повторное включение неуспешное (или успешное); предлагаю (или хочу) сделать то-то и так-то».

Очень важно не только помнить, что и как нужно сделать в нужный момент, но и обеспечить наличие на местах всего необходимого для выполнения действий: на инвентарных местах должны быть и средства электрозащиты, и штанги (рычаги-трубы для управления разъединителями), и инструмент, и приспособления, например, рукоятка для включения отделителя, отключения короткозамыкателя и т. п. Нужно, чтобы нормативно-техническая документация была построена таким образом, чтобы оперативный персонал мог в любой момент, в том числе и при недостатке времени (в цейтноте), быстро найти ответ на интересующий вопрос. Все перечисленное уже называется *культурой эксплуатации*.

Оперативная электромагнитная блокировка и раньше работала далеко не везде, а сейчас (после реформирования электросетей), несмотря на ежегодные приказы по разработке и выполнению графиков ее восстановления и другие директивные материалы по этому поводу, работоспособность блокировки стала еще более нестабильной. Этому способствует и ухудшающееся состояние большинства разъединителей, их блок-контактов и кабелей электромагнитной блокировки. Электромагнитная блокировка фактически превратилась в «компьютер для мотыги». На курсах для оперативного персонала ПС в УКК «Энергетик» на мой специальный вопрос, что нужно брать с собой, выходя на ОРУ для оперативных переключений, слушатели ни разу не догадались внести в перечень ключ электромагнитной блокировки. Это говорит о том, что *блокировка работает очень плохо и про нее практически и не вспоминают*. Хотя очень многое зависит от отношения к делу. Мне известен случай, когда соседняя с РЭУ «Мордов-

энерго» энергосистема подала заявку на вывод в ремонт линии связи 110 кВ, указав в качестве причины вывода *наладку электромагнитной блокировки* на линейном присоединении соседней с «Мордовэнерго» ПС 220/110/10 кВ. Правда, было это еще в начале 90-х, до реформирования.

Оперативному персоналу надо не только взять с собой ключ электромагнитной блокировки, но и перед выходом на переключения проверить его, а для этого на ПС должна быть *проверочная розетка*. Вопросы действий персонала при неисправностях блокировки хорошо изложены в Инструкции по переключениям в электроустановках [6].

Существует неписанный «свод законов» для оперативной работы. Они в разных электросетевых предприятиях несколько различаются, но основные из них почти везде одинаковы, их можно перечислить:

- **не приступай** к операциям, **не ознакомившись со схемой**;
- **читай надписи**, они сделаны для тебя, а не для инспектора;
- **не торопись**, но делай все быстро;
- **не деблокируй, пока не убедишься**, что прав ты, а не блокировка;
- **незаземленная** часть электроустановки выше 1000 В считается **находящейся под напряжением**;
- **помни о защите и автоматике**: они могут спасти тебя, но могут и подвести;
- **если что было, говори как было**.

По поводу последнего «закона». В настоящее время все ПС оснащены различного рода фиксирующими приборами и регистраторами аварийных событий, которые фиксируют

как электрические параметры сети, так и факты срабатывания различных устройств РЗА вплоть до фиксации выпавших флажков указательных реле (блинкеров). Скрыть или исказить информацию в свою пользу становится невозможным, и лучше этим и не заниматься, иначе будет только хуже.

На одной из ПС ФСК ЕЭС произошел такой инцидент. Во время вытирания пыли с крышек приборов РЗА ДЭМ случайно сорвал крышку реле, оказавшимся выходным реле линейных защит одной из ВЛ 110 кВ. ВЛ отключилась с успешным АПВ, а при установке крышки реле на место произошло еще одно задевание за контакты и отключение ВЛ. Только отсутствие каких-либо признаков КЗ в сети по показаниям фиксирующих приборов заставило ДЭМа признаться в причине двух отключений ВЛ.

Аналогичный случай произошел на другой ПС 220 кВ. Во время ночной грозы вместе с ударом молнии отключилась ВЛ 10 кВ. ДЭМу, пришедшему в помещение щита управления и не сориентировавшемуся в обстановке, показалось, что мигают сигнальные лампы всех выключателей 110 кВ. Он стал «квитуировать» все ключи и полностью погасил ОРУ 110 кВ. Впоследствии он очень долго уверял, что был факт срабатывания дифзащиты шин 110 кВ. Отсутствие на фиксирующих приборах признаков КЗ в сети 110 кВ в этот момент принудило его в конце концов сознаться в рукотворном инциденте. Здесь он нарушил еще одну заповедь: «Не навреди!»

Существует немало простых приемов, облегчающих работу оперативного персонала, в том числе и при возникновении нестандартных ситуаций (это отдельная тема, см. подраздел о практических советах для ДЭМ).

Актуальные вопросы и проблемы в электроэнергетике возникли не сегодня и не вчера. Они плодились, множились

и копились десятилетиями, и рассматривать их в отрыве от исторических процессов, которые происходили в стране и отрасли, нельзя. Проблемы в электроэнергетике возникают и с электрооборудованием, и с персоналом.

Чтобы правильно понимать какое-либо явление, необходимо рассматривать его в контексте истории его развития. Поэтому далее мы рассмотрим исторические вехи, через которые проходили страна в целом и электроэнергетическая отрасль в частности. Эти события напрямую повлияли и на состояние оборудования, и на состояние персонала, причем по всем позициям – не в лучшую сторону. Конечно, мы будем рассматривать историю не начиная с планов ГОЭЛРО, а только то, что происходило сравнительно недавно, с конца эпохи развитого социализма, то есть с первой половины 80-х годов. Это было время бурного развития энергетики, строились электростанции, развивались электрические сети (хотя по уровню оплаты труда в СССР электроэнергетика была в те времена где-то около 30-го места). Затем началась перестройка, падение уровня производства, стала расти безработица, Минэнерго было преобразовано в Минтопэнерго. В конце 80-х и самом начале 90-х годов имел место кратковременный взлет энергетики, правительство приняло курс на ее приоритетное развитие. Но потом началась ваучеризация, приватизация и акционирование, далее пошла скупка акций.

Ни один из руководителей известных мне электросетевых предприятий не собрал своих сотрудников, не объяснил, что это такое, какова реальная цена акций. Народ шарахался из стороны в сторону: там-то приехали, покупают акции по такой-то цене; нет, пойдете туда, там приехал автобус с целым взводом охраны, покупают по большей цене. В результате акции оказались в руках группы экономистов-управленцев во главе с будущим председателем РАО ЕЭС. Дальше пошло так

называемое «реформирование» с целью получения из отрасли максимальной прибыли. Возникла нехватка энергоресурсов, а то, что стали творить с потребителями, можно назвать не иначе как издевательством: пошли периодические отключения веерные, отключения точечные...

Влияние всех происходящих в стране и отрасли событий на персонал также оказалось негативным. Снижился уровень эксплуатации, начались длительные задержки зарплаты, появился бартер, произошел отток квалифицированных кадров. Затем ситуация понемногу стабилизировалась (на дне ямы). Но реформирование продолжалось. Деление энергетики по региональному признаку (на региональные энергетические управления, РЭУ) было заменено делением по функциональному признаку: появились предприятия генерации, транспорта, распределения и сбыта. В соответствии с этим принципом вместо основных структурных звеньев энергетики – энергосистем, имеющих четко выраженный региональный признак, возникли территориальные генерирующие компании (ТГК), федеральная сетевая компания (ФСК) с филиалами (МЭС), межрегиональные сетевые компании (МРСК), компания «Энергобаланс». Последняя должна была представлять рынок электроэнергии: предполагалось, что можно покупать электроэнергию хоть у какой-либо далекой ГЭС, где электроэнергия дешевая, нужно только заплатить за ее доставку (покрыть транспортные издержки). Затем из ФСК выделились предприятия технического обслуживания и ремонта (ТОИР), то есть электросетевые предприятия разделились на эксплуатирующие и ремонтирующие. Предприятия ТОИР «отпочковались» от эксплуатирующих предприятий и предназначались для выполнения ремонтных работ на своих предприятиях. Все это, по замыслам реформаторов, должно было привести к уменьшению стоимости электроэнергии.

В Мордовском филиале Средне-Волжского предприятия (СВП) Магистральных электрических сетей (МЭС) Волги выделение ТОИР происходило таким образом: собрали людей в актовом зале учебного комбината «Энергетик», развесили таблицы, графики, диаграммы: как хлынут инвестиции, как заработает рынок, как будут снижаться тарифы. Все получилось с точностью до наоборот. Как только созданся ТОИР, отпочковавшийся от сетевого предприятия и предназначенный для выполнения ремонтов в первую очередь на этом предприятии, так моментально интересы вновь созданных организаций разошлись и предприятия стали чужими друг другу. Любые работы, даже устранение дефектов, стали выполняться только на основе договоров. У предприятия эксплуатации финансирование обслуживания оборудования сократили, ТОИР стал искать работы на стороне, в любых других местах. Недостатков у такого решения было много, мои соображения на этот счет в сокращенном виде были опубликованы в [7].

Окончательной точкой, доказавшей несостоятельность ТОИР и заставившей эту структуру на рубеже 2009–2010 годов уйти в небытие стала Саяно-Шушенская катастрофа, произошедшая в августе 2009 года. Состояние отрасли, сложившееся после реформирования, сразу после этого события описал в открытом письме бывший заместитель министра энергетики В. В. Кудрявый [8].

Вскоре ушла также в небытие и структура «Энергобаланса», создававшая видимость рынка сбыта электроэнергии (рынка как не было, так и нет). Если в ФСК еще имелось финансирование развития (проводили реконструкции ПС, замену по частям электрооборудования), то структура МРСК испытывала значительные финансовые трудности и в середине 2012 года потеряла финансовую независимость. И от реформирования, призванного создать отдельные предприятия генерации,

транспорта, распределения и сбыта, остались как самостоятельные структуры только ТГК, ФСК и МРСК.

1.2. ОБ ОБМЕНЕ ОПЫТОМ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Одним из поводов для разговора на эту тему послужил выход в свет публикации [9].

В ней правильно говорится, что решение важнейших задач производственной деятельности электроэнергетики – обеспечение надежной и безопасной работы объектов эксплуатации, проведение единой технической политики в области противоаварийной работы – невозможно без правильного учета и своевременного и качественного расследования технологических нарушений, разработки и осуществления мероприятий по их предупреждению и устранению. Однако в этой публикации говорится в основном об обезличенном, статистическом подходе к рассмотрению вопроса. Конечно же, для узких специалистов представляет интерес и статистический анализ по видам оборудования, но для оперативного персонала объектов электроэнергетики гораздо важнее не обезличенный анализ, а выявление всех обстоятельств, начиная с доаварийного режима, всех сопутствующих причин возникновения технологических нарушений и аварий (в большинстве случаев они присутствуют в виде целого «букета»), а также того, как проявил себя оперативный персонал, какие он принимал решения для ликвидации технологических нарушений и аварий и как он их выполнял.

После проведения в первой половине нулевых годов XXI века реформирования электроэнергетики в ней вместо основных структурных звеньев – энергосистем, имеющих

четко выраженный региональный признак, появились территориальные генерирующие компании (ТГК) и электросетевые компании: предприятия магистральных электрических сетей (ПМЭС) Федеральной сетевой компании (ФСК) и электросетевые предприятия межрегиональных сетевых компаний (МРСК). При этом в каждом регионе энергосистемы поделились на объекты ТГК, объекты ФСК и объекты МРСК. Можно сказать, что реформирование воздвигло вертикальные стены между объектами различных структур. Предприятия практически замкнулись сами в себе и обособились. Аналогично обособились даже предприятия в рамках одной структуры, например ФСК, и практически исчез обмен опытом.

Приведу пример такого обособления. На территории, окруженной единым забором, находились подстанция (ПС) 220 кВ и электросетевое предприятие, которому она принадлежала. После реформирования ПС 220 кВ отошла к ФСК, а электросетевое предприятие – к МРСК. Бывшая когда-то единой территория была разделена забором со своей охраной в каждой части, с воротами, запираемыми *двумя замками*: с каждой стороны *своим замком со своим ключом!!!* Пример вопиющий, но в пределах РФ, вероятно, не единственный.

В последние годы наблюдается нехорошая тенденция: расследование инцидентов (и случаев травматизма тоже) становится все более *узкокорпоративным* и то, что должно было бы стать поучительным для всей отрасли, практически засекречивается в пределах одного объекта. О каком обмене опытом может идти речь при таком подходе?! К тому же руководители сетевых предприятий сейчас очень болезненно воспринимают любое упоминание об их предприятиях в профессиональных периодических изданиях, особенно

в связи с инцидентами, вызванными ошибками персонала или возгораниями. Результаты расследования и анализы технологических нарушений превращаются в обезличенные статистические сведения, *не играющие никакой воспитательной роли*, оперативный персонал их практически не читает.

На предприятиях магистральных электрических сетей (ПМЭС) и предприятиях МРСК более половины производственного персонала составляет персонал оперативный. Это те, кто ведет режим электроустановок, ведет оперативные переговоры с выше- и нижестоящим оперативным персоналом, производит оперативные переключения, допускает к работе ремонтные бригады и ликвидирует возникающие ненормальные и аварийные режимы. Под ликвидацией ненормальных и аварийных режимов для оперативного персонала понимается не полное восстановление повредившегося оборудования и доаварийного режима, а локализация повреждения и восстановление энергоснабжения всех потребителей, которых возможно включить. Оперативное управление в энергетике построено по принципу пирамиды, на вершине которой находится центральное диспетчерское управление Единой энергетической системой страны (системный оператор), а внизу – дежурные инженеры (ДИ) и дежурные электромонтеры (ДЭМ), непосредственно воздействующие на органы управления энергообъектов. Такой способ организации управления предусматривает принцип единоначалия. От качества работы персонала, «стоящего у руля» энергообъектов, в большой степени зависит надежность энергоснабжения всего народного хозяйства. В [10] были показаны причины того, почему качество работы первичного звена оперативного персонала – ДЭМов, да и ДИ тоже – оставляет желать лучшего.

Большое значение в повышении уровня подготовки оперативного персонала имеет «разбор полетов» персонала других объектов, на которых произошли технологические нарушения, то есть их анализ, выявление причин возникновения нарушений, оценка действий персонала с его ошибками и хорошими сторонами работы. Вот этот-то *обмен опытом*, необходимый для того, чтобы не повторять чужих ошибок, учиться на них и предупреждать аналогичные нарушения на своих объектах, в электроэнергетике постепенно *сошел на нет*. Один из самых ярких примеров – результат расследования пожара на ПС 500 кВ «Арзамасская», произошедшего летом 2010 года, когда на объекте, оборудованном системой автоматического пожаротушения, *сгорела дотла* автотрансформаторная группа 500/220 кВ (ее мощность такова, что через нее можно было бы запитать целую область). Пожар продолжался в течение пяти часов и был потушен силами пожарных расчетов, собранных со всей южной половины Нижегородской области (см. ниже фотографии, взятые из открытых интернет-источников).

На рис. 1.1 – 1.3:

1 – вертикальные участки трубопроводов (стояки) пожаротушения с форсунками. На каждой фазе АТ их около десяти;

2 – остов ввода 500 кВ. Фарфор лопнул, масло вытекло, остов переломился;

3 – противопожарные перегородки между фазами. В этой аварии они не помогли, так как пожар начался почти одновременно на всех трех фазах;

4 – расширитель фазы «В»; АТ повис боком;

5 – агрегат охлаждения АТ.

На рис. 1.4 показана работа пожарных расчетов.



Рис. 1.1. Пожар на ПС 500 кВ «Арзамасская», 2010 год (1)



Рис. 1.2. Пожар на ПС 500 кВ «Арзамасская», 2010 год (2)

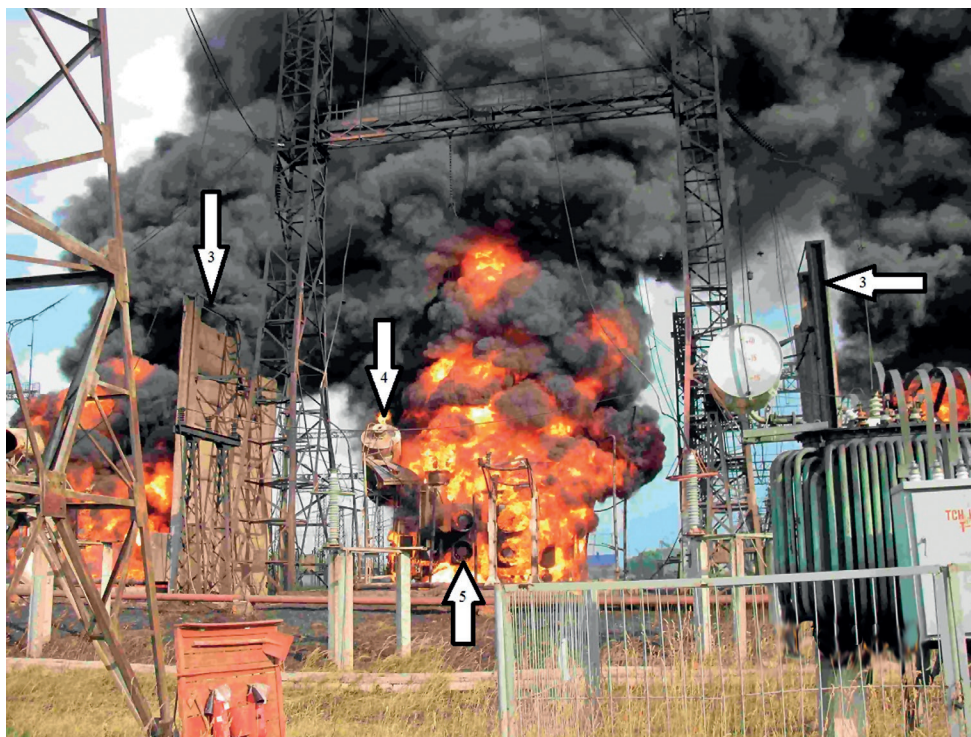


Рис. 1.3. Пожар на ПС 500 кВ «Арзамасская», 2010 год (3)



Рис. 1.4. Пожар на ПС 500 кВ «Арзамасская», 2010 год (4)

Длительное (десятки секунд) неустранимое КЗ на стороне 10 кВ АТ-2 (трехфазная группа АОДЦТН 3 × 167 МВА, 500/220/10 кВ, 1985 г. выпуска, Запорожский трансформаторный завод, введена в работу в 1986 г.) привело к возгоранию обмотки 10 кВ на всех трех фазах АТ. Собственные нужды и оперативный ток потеряны (анализ причин отсутствует). Пожар привел к возникновению КЗ в сети 220 и 500 кВ. КЗ погашено резервными защитами противоположных концов всех воздушных линий связи вплоть до 500 кВ. ПС 500 кВ «Арзамасская» оказалось полностью обесточенной.

Анализа причин, по которым ни защиты, ни автоматика пожаротушения не сработали и повреждение *одного присоединения* (фактически локальное повреждение) привело к *полному погашению* объекта с *потерей собственных нужд и оперативного тока*, в материале для проработки результатов расследования по инциденту приведено не было. Конечно же, на месте работала комиссия, но в результатах расследования, рассылаемых для проработки с персоналом на другие объекты, анализ всего комплекса причин аварии не приводился, что вызвало, мягко говоря, *недоумение* персонала многих объектов. Материалы-то по инцидентам и авариям для проработки с персоналом других объектов рассылаются, но результаты расследований не обретают должной формы. По приведенной аварии можно было бы сформулировать примерно такую рекомендацию: «Товарищи, вот там-то трансформатор сгорел, так уж вы со своими трансформаторами будьте как-нибудь поаккуратнее!». Ничего хорошего в узкокорпоративном подходе *нет и быть не может*, потому что так можно многократно наступать на одни и те же грабли.

Ну и, наконец, можно задаться риторическим вопросом: а нужно ли было оно, это реформирование? Для чего нужно

было столько наломать дров? Волонтаризм управленцев-экономистов крайне негативно сказался и на технике (оборудовании), и на людях, что привело к целой череде аварий, подобных которым не было в советской энергетике. Из наиболее крупных аварий можно назвать системную аварию 2005 года. В начале лета, в отличную погоду (не в результате природных катаклизмов, не в зимний максимум нагрузок), в начале рабочего дня, когда все руководящие работники, весь ремонтный персонал был на рабочих местах, из-за возгорания трансформатора тока 110 кВ на ПС 500 кВ «Чагино» – одной из ПС приемного кольца Московских ПС 500 кВ *очень локальный инцидент* постепенно перерос в *системную аварию* с погашением огромного количества энергообъектов центра европейской части ЕЭС. Об этом ярко рассказывает в своем открытом письме бывший заместитель министра энергетики Кудрявый В. В. [8].

Показавшие свою несостоятельность предприятия ТОИР и компания «Энергобаланс» были расформированы. Компания МРСК потеряла свою независимость. Но ломать проще, чем строить. Восстановление дореформенного положения происходит небыстро и непросто.

Ситуация тех лет привела, к сожалению, к потере традиций, складывающихся десятилетиями. Также потере традиций способствует и сокращение опытных работников по достижении пенсионного возраста (называемое лукавыми словами *«оптимизация персонала»*), нарушение преемственности поколений. Ну а в свете событий последних лет хорошее в общем-то слово *оптимизация*, ставшее в результате чиновничьего беспредела синонимом экономии любой ценой, перешло в разряд ненавистных для населения. Если раньше было развито наставничество, новичка прикрепляли к опытному работнику, и тот передавал новичку свои знания и навыки, то

сейчас ситуация другая. Опытному работнику, подходящему к пенсионному возрасту, стало невыгодно делиться знаниями, потому что в таком случае сразу по достижении пенсионного возраста он окажется не нужен и его тут же отправят на пенсию, а прожить только на пенсию сейчас очень и очень непросто.

ГЛАВА 2

ОБ ОСНОВАХ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТЫ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ

В этой главе будут рассмотрены основы оперативной работы, а также будет приведен ряд имевших место на практике инцидентов, вызванных, конечно же, какими-то недостатками в работе электрооборудования. Но нас они будут интересовать как проявления, фиксируемые оперативным персоналом. В 2018 году вышли новые Правила переключений в электроустановках [11]. То, что вы, уважаемые читатели, увидите в этой главе далее, не противоречит новым правилам и соответствует им.

2.1. ОБ ОБЩИХ ПРАВИЛАХ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

При наличии телефонной связи всем переключениям предшествуют *оперативные переговоры*. Существует определенный набор четких стандартных фраз оперативных переговоров. В начале любого оперативного разговора необходимо представиться, затем обязательно должна быть словесная *фиксация времени*, например: «Дежурный ПС [название ПС] такой-то [фамилия]; время такое-то», далее содержание сообщения. Изложение должно быть ясным по содержанию, кратким, с использованием стандартных фраз и принятых диспет-

черских наименований. Результатом разговора может быть сообщение или распоряжение (команда). В любом случае тот, кто получает команду или сообщение, должен *повторить принятое*, а тот, кто передал, должен *подтвердить*, что сообщение или команда *приняты правильно*. Пример оперативных переговоров:

Диспетчер: Диспетчер ЦУС [фамилия], время 18:15, дежурному ПС [название], [фамилия]. Вывести АПВ и отключить выключатель ВЛ 110 кВ «Южная-1».

ДЭМ: Понял Вас, [имя, отчество диспетчера], время 18:15, вывожу АПВ и отключаю выключатель ВЛ 110 кВ «Южная-1».

Диспетчер: Верно, выполняйте.

ДЭМ: Выполняю (или: «Есть»).

С этого момента команда считается для диспетчера *отданной*, а для ДЭМа – *принятой и подлежащей обязательному выполнению*.

После выполнения:

ДЭМ: Дежурный ПС [название], время 18:25, по Вашей команде от 18:15 вывел АПВ и отключил выключатель ВЛ 110 кВ «Южная-1».

Диспетчер: Время 18:25, считаю, что на ПС [название] выведено АПВ и отключен выключатель ВЛ 110 кВ «Южная-1».

ДЭМ: Да, поняли правильно.

С этого момента команда считается выполненной.

Приведу в качестве *обязательных к произнесению* фразы при закрытии линейного наряда и сдаче линейной бригадой допуска диспетчеру:

Ответственный руководитель работ или производитель работ по линейному наряду: ...работа по наряду № [номер] на ВЛ [название] закончена, люди выведены, заземления на месте работ сняты, ВЛ [название] можно ставить под напряжение.

Диспетчер: [повторяет принятое сообщение], время [часов, минут], с этого момента считайте ВЛ [название] находящейся под напряжением.

Распоряжение диспетчера по вопросам, входящим в его компетенцию, *обязательно для выполнения*. Например, в энергодиспетчерских службах РЖД распоряжения диспетчера называются *приказами* (а, как известно, приказы не обсуждаются). Если распоряжение диспетчера представляется ДЭМу ошибочным, ДЭМ немедленно ставит диспетчера в известность об этом. Если диспетчер подтверждает распоряжение, ДЭМ его выполняет. Но распоряжения диспетчера, содержащие нарушение правил техники безопасности, и распоряжения, которые могут привести к повреждению оборудования, потере питания собственных нужд или обесточению потребителей 1 категории, выполнять не следует. В этом случае ДЭМ обязан отказаться от выполнения распоряжения, сообщить об этом диспетчеру и своему административному руководителю и сделать запись об отказе с указанием причины отказа в своем оперативном журнале. Но это уже, как говорится, крайний случай. Автор не встречал среди диспетчеров таких, которые сказали бы: «Выполняйте, я выше сижу и дальше вижу!» Случаи ошибок встречались, но диспетчеры, как правило, соглашались с доводами ДЭМов и меняли свои распоряжения.

Оборудование каждой ПС должно быть распределено по способу диспетчерского управления и у ДЭМа должны быть утвержденные перечни.

Каждая единица оборудования находится в оперативном управлении, как правило, одного диспетчера – таким образом, должен соблюдаться *принцип единоначалия*. Это же оборудование может находиться в оперативном ведении нескольких операторов – влиять на режим нескольких операционных зон (*операционная зона* – это территория, в границах которой расположены объекты электроэнергетики и энергопринимающие установки потребителей электрической энергии, управление взаимосвязанными технологическими режимами работы которых осуществляет соответствующий диспетчерский центр).

Переключения могут быть плановыми, внеплановыми, неотложными и аварийными. В любом случае переключениям сопутствует заявка: плановая, внеплановая (слово «внеплановая» означает, что данная заявляемая работа идет вне месячного плана), неотложная или аварийная. Причем плановые, внеплановые и неотложные заявки оформляются до переключений, а аварийные – после автоматических отключений и определения повреждений оборудования. Плановая, внеплановая и неотложная заявки проходят *процедуру согласования* с операторами, у которых оборудование находится в оперативном ведении, и подаются на рассмотрение тому оператору, у которого оборудование находится в оперативном управлении. Плановые, внеплановые и неотложные заявки рассматриваются режимной службой и службой РЗА и подписываются руководством центра диспетчерского управления, в который они поданы. Неотложные и аварийные заявки могут разрешаться непосредственно диспетчером данной смены.

Независимо от наличия разрешенной плановой, внеплановой или неотложной заявки перед началом переключений ДЭМ *запрашивает у диспетчера разрешение* на выполнение операций («разрешите начать операции по заявке...») и *уведомляет оперативные службы*, у которых выводимое оборудование