

**ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ЭНЕРГЕТИКИ**  
Санкт-Петербург

**А.В. Лapidус**  
**ОБЗОР АВАРИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**



УДК 621.311  
ББК 31.27-082  
Л24

Одобрено педагогическим советом Негосударственного образовательного  
учреждения дополнительного профессионального образования  
"Центр подготовки кадров энергетики"

Рецензент  
кандидат технических наук Меркурьев А.Г.

Лapidус А.В.  
Обзор аварий в энергосистемах. Учебное пособие. – СПб,  
издание НОУЧ ДПО ЦПКЭ, 2020. 40 с.

Приведены показательные случаи технологических отказов, аварий и травматизма, которые могут служить примером того "как делать нельзя". Разобранные в книге ситуации имели место при непосредственном участии автора пособия и описаны живым образным языком.

Для специалистов в области энергетики и студентов энергетических специальностей.

Редактор  
к.т.н. Лapidус А.А.

©А.В.Лapidус  
©НОУЧ ДПО ЦПКЭ

Умные люди учатся на чужих ошибках.  
Глупые – на собственных, и поэтому  
постоянно «наступают на грабли»,  
оставленные их предшественниками.  
Особо глупые люди наступают на  
детские грабли.  
Неизвестный инспектор  
«Энерготехнадзора»

## **ВВЕДЕНИЕ**

Тема аварий и травматизма настолько неисчерпаема и вечна, что даже теоретически невозможно в одном труде описать все имевшие место аварии и случаи травматизма. Эта история продолжает и будет впредь писаться кровью и судьбами энергетиков. Практически ни один опытный специалист-производственник не избежал в своей служебной карьере тех или иных ошибок, приводящих к отказам или авариям в большей или меньшей степени. И это подтверждается народной мудростью: «не ошибается тот, кто ничего не делает». С другой стороны, подчас именно аварии, впрыскивая в душу человека крутой адреналин, способствуют процессу ускорения формирования опытного квалифицированного специалиста. Недаром другая народная мудрость гласит: «за одного битого двух небитых дают». Парадокс состоит в том, что при всем наносимом авариями ущербе они объективно являются двигателем технического прогресса, поскольку заставляют разрабатывать мероприятия, повышающие эксплуатационную надежность работы энергосистем. Вот почему так важно изучать и анализировать аварии минувших дней, – это лучшая школа становления профессионального мастера.

В этом обзоре я пытаюсь собрать и систематизировать те технологические отказы, аварии и случаи травматизма, в которых мне самому приходилось быть либо участником, либо свидетелем, либо членом или председателем комиссии по расследованию. Некоторые особо характер-

ные и интересные аварии взяты из публиковавшихся ранее сборников обзоров аварий.

По каждой аварии я постараюсь привести соответствующие выводы и предлагаемые мероприятия по недопущению их повторения.

Некоторые аварии приведены здесь просто как курьезные случаи, что-то вроде производственных баек, хотя все здесь описываемое – абсолютно реальные события.

Здесь же приводится разбор некоторых одиозных проектных ошибок.

### **Неудачная самосинхронизация**

Декабрь 1962 года. Поселок Алга Казахской ССР. ТЭЦ завода по производству серной кислоты.

Бригада наладчиков, в том числе и я, вела наладку схемы самосинхронизации турбогенератора мощностью 6 МВт. Особенностью ТЭЦ было использование в схемах РЗА, цепей управления и автоматики переменного оперативного тока от щита собственных нужд станции. По окончании наладки производитель работ решил произвести пробную самосинхронизацию. Делалось это экспромтом, без составления программы испытаний, без согласований и утверждения. Соответственно не проводились никакие подготовительные работы и не принимались меры предосторожности. В момент нажатия ключа управления в положение «ВКЛЮЧИТЬ» произошла глубокая посадка напряжения, погас свет и исчез оперативный ток в цепях управления генератора. Предпринятая производителем работ попытка отключить генератор оказалась невыполнимой вследствие потери оперативного тока.

Одновременно мы услышали громкий взрыв в районе машинного зала и увидели зарево возникшего пожара. Мы, члены бригады наладчиков и дежурная смена оперативного персонала, находившиеся в помещении щита управления, оказались отрезанными распространившимся пла-

менем от выхода из щитового помещения, в полной темноте, не имея возможности разобраться в причинах случившегося и как-то повлиять на развитие событий. Спустя примерно полчаса пожар сам по себе стал угасать, появилась возможность проникнуть в машинный зал и другие электротехнические помещения. Принесли откуда-то керосиновые лампы «Летучая мышь», и в их свете нам удалось разглядеть зону повреждения. В первую очередь мы бросились к генератору: он как ни в чем не бывало нормально работал в сети с незначительной нагрузкой. Густой дым шел из помещения щита собственных нужд 0,4кВ. Войдя в помещение, мы увидели фантасмагорическую картину: Все щиты 0,4кВ превратились в обугленные каркасы, кабели все сгорели, а с потолка свешивались застывшие сосульки-сталактиты из расплавленной меди. Расследование аварии оказалось затруднено отсутствием на месте испытаний осциллографа, пришлось ограничиться лишь качественным анализом произошедшего. В соответствии с теорией события развивались следующим образом: в момент несинхронного включения возникли качания между ЭДС генератора и напряжением сети 6кВ с амплитудой, намного превышающей номинальное напряжение сети. Щит СН 0,4кВ был старый, еще довоенного изготовления. Вместо автоматов в цепях всех присоединений были установлены силовые предохранители, зажимавшиеся во вставленном положении специальными рожковыми зажимами, имевшими форму буквы «Г». При правильно вставленном предохранителе металлические рукоятки этих рожков должны были располагаться строго по вертикали, то есть по оси предохранителя. В связи со значительной физической изношенностью щита часть рожков не доворачивалась до вертикального положения. При этом оказывалось сокращенным расстояние между фазами присоединения в месте установки предохранителей. При нормальном уровне напряжения это не играло существенной роли, но при возникших перенапряжениях произошло перекрытие межфазного промежутка и возникновение трехфазного КЗ с последующим выгоранием всего щита СН.

Из прошедшей аварии были сделаны следующие выводы:

1. Включение генератора методом самосинхронизации является тяжелым и опасным режимом, который следует применять только в крайних случаях при ликвидации аварий. В нормальных режимах применять этот метод не рекомендуется.
2. Подобного рода работы должны выполняться по согласованным и утвержденным программам, предусматривающим все необходимые подготовительные операции и страховочные мероприятия. При выполнении испытаний не была предусмотрена регистрация параметров генератора и сети в процессе самосинхронизации. Не было подготовлено аварийное освещение и не продуманы пути эвакуации персонала на случай аварии.
3. В схеме управления генератором не было предусмотрено резервирование переменного оперативного тока при погашении щита собственных нужд, а конструкция самого щита СН безнадежно устарела и требовала модернизации.

### **Неисправность термосигнализаторов трансформатора**

Май 1963 года. Поселок Алга Казахской ССР. ПС-110/35/6кВ «Алга». Трансформатор 40МВА после капитального ремонта со снятием выемной части в присутствии шеф-инженера завода-изготовителя вводился в работу. После включения трансформатора в работу постепенно стал выявляться нарастающий перекося показаний двух установленных на корпусе трансформатора термосигнализаторов, что вызвало подозрение в наличии местного нагрева обмоток или активной стали трансформатора. После устранения в ходе капитального ремонта дефекта, связанного с наличием виткового замыкания обмотки ВН, такое подозрение было вполне оправданным. Напрашивался вывод о том, что дефект в ходе ремонта не был полностью устранен. Для выявления местных нагревов было принято решение разложить на крышке трансформатора около десятка переносных

термометров в разных местах. Для этого требовалось кратковременно дважды отключить трансформатор, но это означало погашение потребителей. Поэтому наладчики, нарушив все правила эксплуатации и правила безопасности, выполнили эту операцию под напряжением. В результате оказалось, что все термометры показывали одинаковую температуру, что указывало на отсутствие местных нагревов. Причина перекоса показаний термосигнализаторов оказалась более прозаичной: просто во время ремонта трансформатора случайно был пережат капиллярный шланг одного из термосигнализаторов, что привело к прекращению доступа нагретого масла в корпус термосигнализатора. После замены термосигнализатора с новым шлангом показания приборов выровнялись. Случай вроде бы несложный, но найти истинную причину было не так-то и просто: место пережатия шланга было едва заметно, пришлось буквально по сантиметру облазить весь трансформатор.

### **Гори, гори, моя свеча!**

Лето 1965 года. На Гурьевском заводе по производству полиэтилена «Синтезспирт» при пуске одного из крупных цехов завода нужно было зажечь факел уходящих отработанных вредных газов. Для этого факела была построена железная труба высотой 70м. На самом вершине в жерле трубы была установлена обыкновенная автомобильная свеча напряжением 6В. К этой свече шел кабель от шкафа управления внизу, где стояло выпрямительное устройство. При нажатии кнопки в шкафу управления между контактами свечи должна была проскочить искра, которая и должна была зажечь факел. Но вот кнопку нажали, а факел не зажегся. Что делать? Возникла версия, что в свече не отрегулирован нормируемый зазор в миллиметрах. Для проверки один из наладчиков взобрался на трубу и проверил механическим щупом величину искрового зазора. Она оказалась в норме.

Дальнейший анализ выявил грубейшую проектную ошибку: шкаф управления зажиганием факела питался по кабелю длиной около 2км от подстанции, где был установлен понижающий трансформатор 380/12В. При такой большой протяженности кабеля вследствие падения напряжения на сопротивлении кабеля на вход шкафа управления вместо 12В поступало всего около 3В, в то время, как порог зажигания свечи составлял 6В. Вот и вся причина. Но от разгадки причины не стало легче. Факел-то нужно зажечь. А как? Вспомнили, что у охраны завода имеется сигнальная ракетница. Решили выстрелом ракеты зажечь уходящие газы. Расстреляли весь боезапас, но проблемы не решили, то ли стреляли мимо, то ли на такой скорости газ не успевал воспламениться. И тут вроде «рояля в кустах» возник какой-то пьяненький бомж, с любопытством поинтересовавшийся, чем это вы тут занимаетесь. Поняв суть проблемы, он неожиданно предложил свои услуги, но потребовал за этот подвиг бутылку водки. По его просьбе сбегали за длинной веревкой-канатом длиной около 150м. С этой веревкой он полез на трубу и закрепил середину веревки за выступающий прут арматуры, как за блок полиспаста. Спустившись на землю, он смастерил из промасленных тряпок своеобразный факел, привязал его к одному концу веревки, поджег и, потянув за другой конец веревки поднял этот горящий факел, как поднимают флаг, на самый верх трубы, и, о чудо, факел зажегся! Вот так народная смекалка рядового советского бомжа посрамила проектный институт, а заодно монтажников, наладчиков и эксплуатационников.

### **Посадка Воркутинской ТЭЦ-2 на ноль**

7 августа 1968 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. Из пяти установленных к тому времени на ВТЭЦ-2 генераторов в работе находилось три (ТГ-2, ТГ-3, ТГ-5). ТГ-4 находился в горячем резерве, а ТГ-1 был выведен в капитальный ремонт, который как раз в этот день завершался, и шли последние опробования всех систем и устройств



РЗА генератора и трансформатора. Август – пора отпусков, персонала не хватает, а объем работ – большой, поэтому работы по опробованию устройств РЗА происходили в жестком цейтноте: для опробования срабатывания газовой защиты трансформатора пришлось задержаться после работы на 1-2 часа. Работа по опробованию газовой защиты сводилась к тому, чтобы обыкновенным автомобильным насосом закачать воздух в корпус газового реле и добиться снижения уровня масла в нем сначала до срабатывания сигнального элемента, а затем и отключающего. Работа – простенькая, но беда в том, что своего насоса в электролаборатории не было, пришлось попросить насос в гараже ТЭЦ. Шофера – народ прижимистый, хороший насос пожалели дать каким-то там релейщикам, дали неисправный насос с дырявым шлангом. Все попытки закачать воздух в реле оказались тщетными, а время уходит, да и силы уже на исходе: качать насосом в быстром темпе – довольно утомительное занятие. К тому же, не видно, что делается внутри реле, и соответственно, невозможно точно определить причину несрабатывания его контактов: то ли воздух не поступает в реле, то ли контакты механически заклинило, то ли имеется обрыв в выходных цепях газовой защиты. Поэтому производитель работ дал команду своему помощнику продолжать качать воздух, а сам с контрольной лампой отправился на главный щит управления (ГЩУ), чтобы проверить, замыкаются ли контакты в выходной цепи газовой защиты. При этом он подошел к панели защит работающего блока N2, на который оперативный персонал не удосужился вывесить предупредительные и запрещающие плакаты, и подключил свою контрольную лампу в цепь выходного реле защит, действующих на отключение блока со всех сторон, что и произошло. Здесь была допущена грубая ошибка: использование контрольной лампы вместо штатного индикатора напряжения. Конечно, аварийное отключение блока – штука крайне неприятная, но не смертельная: при расторопных действиях оперативного персонала можно было быстро включить блок в работу снова, и это почти не сказалось бы на ра-

боте потребителей. Но на беду в тот день на смене находились самые слабые и крайне нерешительные оперативники. Начальник смены электроцеха просто растерялся и никак не мог трясущимися руками синхронизировать блок с сетью. После десятиминутных бесплодных попыток за дело взялся его помощник – дежурный ГЩУ, но и он действовал слишком робко. Дело в том, что по инструкции требовалось так подогнать частоты и напряжения двух синхронизируемых источников, чтобы стрелка синхроноскопа плавно без рывков с небольшой скоростью вращалась по часовой стрелке прибора несколько оборотов подряд в одном темпе, а добиться этого было в сложившейся ситуации невозможно: слишком разными по мощности и уровням напряжения оказались эти два источника – крошечная ТЭЦ-1 и мощная ТЭЦ-2. Стрелка синхроноскопа вращалась неравномерно, рывками, то ускоряясь, то замедляясь, то вообще меняя направление вращения. В данной ситуации нужно было рисковать и включить блок с небольшим толчком, в аварийной ситуации это был бы оправданный риск. Но никто не хотел рисковать, а время неумолимо шло, попытки синхронизироваться длились уже более 20 минут. И тут случилось, как бывает в футболе: если не забиваешь ты, то забивают тебе. В течение этих роковых 20 минут нарушился тепловой баланс ТЭЦ, и вскоре действием технологической защиты попуску вакуума в турбине аварийно отключился ТГ-3. Персонал турбинного цеха в панике бросился разворачивать находившийся в горячем резерве ТГ-4, но не успел этого сделать, как другой технологической защитой от угонных оборотов турбины аварийно отключился последний оставшийся в работе ТГ-5. Дело в том, что после отключения ТГ-3 произошло разделение по электрической первичной схеме ТЭЦ нагрузки сети 35кВ, где была в то время сосредоточена основная нагрузка всего Воркутинского энергоузла, и сети 110кВ, где нагрузка была мизерной, что и вызвало сброс нагрузки с ТГ-5 и разгон его турбины до уставки защиты от угона. В результате ВТЭЦ-2 села на «ноль» с потерей собственных нужд. ВТЭЦ-1, на которую внезап-

но навалилась вся нагрузка энергоузла, не смогла обеспечить такую мощность, и также села на «ноль» вследствие резкого снижения (лавины) частоты и напряжения. Связи с энергосистемой в то время Воркута не имела, она была изолированным энергоузлом. Это привело к полному останovu всех угольных шахт города. Шахтерам пришлось срочно эвакуироваться из шахт пешком, так как потеряли питание все подъемники. Теперь нужно было срочно принимать меры по подъему станции с «нуля».

Вообще-то, ликвидация аварии – это дело оперативного персонала. Я мог, сложа руки, просто наблюдать за процессом восстановления схемы и режима ТЭЦ, как заинтересованный зритель. Но, во-первых, меня, словно кипятком, жгло чувство собственной вины за содеянное, а во-вторых, я уже видел всю беспомощность и неподготовленность оперативного персонала, поэтому, не дожидаясь ничьих команд, я бегом побежал на береговую насосную в полукилометре от станции, где у нас была небольшая ГЭС с двумя генераторами небольшой мощности (по 1,5 мВт каждый), как раз и предназначенная для подъема станции с нуля. Мощности этих генераторов, конечно же, недостаточно для электроснабжения всей Воркуты, но вполне достаточно для разворота механизмов собственных нужд хотя бы одного блока ТЭЦ, что и требовалось в данной ситуации. По дороге на переходном мостике с главного щита управления в машзал меня перехватил поразительно быстро появившийся на станции капитан КГБ и, схватив за хлястик куртки, задал прямой, как гвоздь, вопрос: что это – злой умысел, или преступная халатность? От таких формулировок меня покорежило, но я отмахнулся от назойливого капитана, сказав, что сейчас некогда заниматься разбором полетов, а нужно ликвидировать аварию, а о злых умыслах поговорим позже. И побежал дальше. В турбинном цехе меня поразила неслыханная никогда звенящая тишина (обычно там всегда стоял неумолчный ровный рев турбин), а на улице не меньше поразило отсутствие дыма из трубы ТЭЦ.

Итак, подъем станции «с нуля» можно выполнить двумя способами: использовать единственную оставшуюся в работе на ВТЭЦ-1 противоугонную турбину для постепенного разворота генераторов ВТЭЦ-1 и подключения к ним сбалансированной нагрузки с последующей подачей напряжения на ВТЭЦ-2 для разворота ее собственных нужд, или вернуть два установленных на ВТЭЦ-2 гидрогенератора, и от них подать напряжение на собственные нужды ВТЭЦ-2. Оба способа были задействованы одновременно. С гидрогенераторами получилось сразу две неприятные накладки.

Обычно в летний период гидрогенераторы постоянно работали, вырабатывая почти бесплатную электроэнергию. Но тут по закону подлости как раз накануне описываемой аварии в реке Воркуте утонул ребенок, и спасательные службы попросили руководство ТЭЦ остановить гидрогенераторы, чтобы снизить уровень реки в нижнем бьефе для облегчения поисков тела утопленника. Поэтому пришлось терять драгоценное время на подъем щитов и разворот гидрогенераторов. Вторая накладка заключалась в том, что упомянутые щиты поднимались электродвигателем переменного тока, которого как раз в это момент и не было. Имелась еще возможность поднять щиты вручную с помощью ручной лебедки, вращая рукоятку лебедки наподобие колодезного ворота. Различие состояло лишь в том, что тащить наверх предстояло не ведро с водой, а многотонную конструкцию щитов, преграждавших доступ воде к лопаткам турбин. Мастер ЭТЛ и главный инженер ВТЭЦ-2, первыми добежавшие до ГЭС, 20 минут крутили рукоятку лебедки до судорог в мышцах рук. Когда щиты были подняты вверх до упора, нужно было перевести механическую защелку блокировки с ручного на электрическое управление. Но поскольку у них не было до сих пор такого опыта (эта операция выполнялась впервые в жизни), то они несколько замешкались с этой защелкой, в результате чего щиты с грохотом в течение 3 секунд снова упали вниз. И им пришлось возобновить свой «сизифов труд» по подъему щитов. К счастью, к

этому времени подоспел и присоединился к ним дежурный электромонтер, и уже втроем снова подняли щиты и, наконец, зафиксировали их в поднятом положении. Теперь осталось запустить оба гидрогенератора, что уже было привычным делом. К тому времени развернулась и ВТЭЦ-1, и они стали синхронизировать гидрогенераторы ВТЭЦ-2 с турбогенераторами ВТЭЦ-1. Картина с поведением стрелки синхроноскопа повторилась аналогично тому, как это было с блоком N2, но тут уже было не до соблюдения требований инструкции. Генераторы включили со значительным толчком (в народе это называется «синхронизировались шапкой»), но генераторы успешно втянулись в синхронизм, и далее операции по восстановлению собственных нужд ТЭЦ, развороту генераторов и набору нагрузки пошли в штатном режиме. Воркута была без электроэнергии в общей сложности около двух часов. Если бы так же решительно действовали начальник смены электроцеха и его помощник с синхронизацией блока N2, то не было бы развития аварии, ТЭЦ не села бы на «ноль», и не пришлось бы поднимать ее с «нуля». По результатам расследования этой аварии был сделан важный вывод о необходимости разработки и ввода в работу делительной автоматики по частоте, действующей при глубоком снижении частоты на выделение одного генератора ТЭЦ в режим питания собственных нужд и сбалансированной нагрузки, что и было сделано.

### **Принцип падающего домино.**

29 декабря 1969 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. Из пяти установленных в то время на ТЭЦ котлоагрегатов в работе находились 4. Котел N1 находился в текущем ремонте. В этот день была необычная для Воркуты оттепель, почти нулевая температура. Оперативному персоналу котлотурбинного цеха (КТЦ) стало жарко работать в котельном отделении, и они открыли оконные «фонари» (своего рода форточки, только очень большого размера) для поступления в цех свежего воздуха. День прошел нормально. В 16 часов произошла смена персо-

нала, при этом дневная смена забыла уведомить вечернюю об открытых «фонарях». К вечеру снова похолодало. Вечерняя смена, произведя при приемке смены осмотр оборудования, уютно устроилась на дежурство в помещении теплового щита станции. Ближе к полуночи, когда мороз достиг минус 30 градусов, в самой холодной части котельного отделения (в районе временного торца, то есть в зоне котла N5) под воздействием морозного воздуха перемерзли импульсные трубы киповских приборов. В результате отказа технологической сигнализации произошел выпуск пара из барабана котла, и технологической защитой котел был аварийно отключен. При этом на нем сработали предохранительные клапаны (барботеры), стравившие излишнее давление пара в атмосферу. Конструктивно выхлопные трубы барботеров направлены как раз на открытые оконные «фонари». Под давлением в десятки атмосфер остекление «фонарей» посыпалось, и раскрытая зона, через которую в котельное отделение поступал морозный воздух, резко увеличилась. Пока оперативный персонал котлотурбинного цеха бегал вокруг котла N5, пытаясь спасти котел. Начали активно перемерзать импульсные трубки киповских приборов на котле N4. Развитие аварии пошло по принципу падающего домино. Аналогичная ситуация сложилась на котле N4, он также отключился действием защиты по выпуску пара из барабана котла, также сработали барботеры на нем, и также посыпалось остекление следующего оконного проема. Дальше аналогично отключился и котел N3. В работе остался единственный котел N2. Его спасло то, что он находился в другом котельном отделении, отделенном от замерзшего тепловым щитом, и в этом отделении не открывали оконные «фонари». По аварийной тревоге был поднят на ноги весь ремонтный персонал ТЭЦ, и всю ночь люди самоотверженно на ледяном ветру заколачивали разрушенные оконные проемы листами фанеры. Станцию удалось вывести на нормальный режим работы только через сутки. Сообщили об аварии и директору ТЭЦ, но он, видимо, спросонья не оценил в полной мере масштаба случившегося, и даже не соизволил

приехать на станцию (ликвидацией аварии руководил главный инженер). Более того, он еще и пытался ввести в заблуждение первого секретаря горкома КПСС, успокаивая того, что на станции все в порядке. По итогам этой аварии директор ТЭЦ был снят с работы и исключен из рядов КПСС. Ну, с директором все понятно, – он свое заслужил. Странно только, почему никак не было наказано руководство той смены КТЦ, которая проявила столь непростительную забывчивость и не сообщила своим сменщикам об открытых «фонарях». Не менее виновны и сменщики, не заметившие при приемке смены нарушения герметичности цеха.

### **Повреждение генератора N4 ВТЭЦ-2**

Август 1971 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. Опять пора отпусков (а отпуска у северян длинные!). Опять на ТЭЦ острая нехватка ремонтного персонала. Уходит в отпуск и начальник электроцеха, возложив временное исполнение своих обязанностей на меня. Я не успеваю еще приступить к исполнению оных обязанностей, как ночью меня будит тревожный звонок со станции: действием двух основных защит (продольной и поперечной дифференциальных защит) отключился турбогенератор N4 мощностью 63МВт. По приезде на ТЭЦ узнаю, что новый директор ТЭЦ, которому доложили об отключении генератора, приказал повторно включить генератор в работу. Оперативный персонал пытался объяснить директору, что правила технической эксплуатации запрещают включать повторно генератор, отключенный действием двух основных защит. Директор своей властью настоял на своем требовании. Генератор вновь отключился действием все тех же двух основных защит. И снова директор командует повторять попытки включения генератора. И все с тем же плачевным результатом. Когда генератор вывели в ремонт и вскрыли передние щиты, взорам комиссии по расследованию предстала огромная выгоревшая дыра в лобовых частях обмотки статора генератора диаметром более полуметра. Если бы не тупой фанатизм директора, зло-

употребившего своей властью, размер повреждения мог бы быть значительно меньше. Воркута к этому моменту продолжала оставаться изолированным энергоузлом, поэтому потеря 60МВт генерирующей мощности явилась для города серьезным уроном, тем более, что это грозило затянуться на длительный период аварийного ремонта. По обычным меркам ремонтные работы по восстановлению такого повреждения требовали не менее месяца напряженной работы полностью укомплектованного ремонтного персонала станции с привлечением специализированной ремонтной организации. У нас в момент аварии не было ни этого времени в запасе, ни своего, ни привлеченного ремонтного персонала. С персоналом было особенно плохо: начальник цеха, старший мастер и оба мастера ремонтной бригады были в отпуске, значительная часть слесарей этой бригады также были в отпусках. Единственным специалистом на ТЭЦ, который квалифицированно мог разбираться в вопросах ремонта генератора был электрослесарь 6 разряда ремонтной бригады. Специализированная ремонтная организация «Ленэнергоремонт» только что накануне аварии в полном составе выехала из Воркуты по окончании очередного ремонта другого генератора. На наше счастье двое работников «Ленэнергоремонта», в том числе так нужный нам специалист по аргонной сварке, совершенно случайно задержались в Воркуте (они накануне по окончании ремонта так напились, что не в состоянии были уехать вместе со всеми своими коллегами). Нам пришлось принять экстренные меры: были организованы три сводные ремонтные бригады для непрерывной работы в три смены. В состав этих бригад вошли совершенно неподготовленные люди: связисты, релейщики, метрологи, киповцы, шофера и т.п. Руководить этими бригадами должны были поочередно я и упомянутый слесарь 6 разряда. Привлекли к ремонтным работам и двух задержавшихся забулдыг из «Ленэнергоремонта», которых использовали для выполнения сварочных работ. Трудность заключалась в том, что по ходу выполнения ремонтных работ людей нужно было одновременно еще и учить, как вы-



полнять эту работу, а лично мне приходилось еще и самому срочно учиться азам ремонта генератора, поскольку я был релейщиком, и никогда не занимался вопросами ремонта генераторов. Еще тяжелее приходилось электрослесарю 6 разряда, которому приходилось самому напряженно работать по 12 часов в сутки и еще 2-3 часа дополнительно уделять внимание моему ликбезу. В таком ритме, не уходя со станции (спали прямо на рабочих местах), мы отремонтировали генератор всего за 9 суток. Это был настоящий подвиг. Самое удивительное, что нам удалось с первой попытки правильно собрать генератор после ремонта, не допустив утечек водорода через неплотности в системе уплотнений, что не всегда удается даже квалифицированным ремонтникам.

### **Анекдот**

Лето 1972 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. По команде диспетчера по типовому бланку переключений выполнялись операции по выводу в ремонт ВЛ-110кВ, отходящей от шин ЗРУ-110кВ ВТЭЦ-2. Операции выполнялись двумя лицами: НСЭ и старшим ДЭМ-ом. После отключения выключателя ВЛ в соответствии с бланком переключений предстояло отключить шинный разъединитель, для чего оперативники направились на 2 этаж ЗРУ-110кВ в коридор шинных разъединителей. Чтобы как-то скрасить скучную процедуру рутинных переключений НСЭ начал рассказывать ДЭМ-у довольно длинный анекдот. Дойдя до требуемой ячейки ЗРУ-110кВ, оперативники спохватились, что, увлекшись анекдотом, забыли взять с собой стоявшую у входа в ЗРУ удлинительную трубу-рычаг, надеваемую на рукоятку привода разъединителя для облегчения механических усилий при операции с разъединителем. Старший ДЭМ возвратился ко входу в ЗРУ за трубой, а НСЭ, не прекращая рассказывать анекдот, медленно пошел вслед ДЭМ-у, чтобы увеличивающееся расстояние между ними не мешало слушать анекдот. В тот момент, когда ДЭМ дошел до двери и взял трубу, НСЭ остановился, по-

сколькx дальнейшее сокращение расстояния уже не имело смысла. По иронии судьбы он остановился в точности напротив привода разъединителя, но уже совершенно другого, находящегося в работе, присоединения. Старший ДЭМ, повернутый во время своего дефиле к двери ЗРУ спиной к НСЭ, естественно, не видел, что тот передвигался за ним следом и изменил свое месторасположение. Развернувшись в обратный путь, он увидел неподвижно стоящего на месте НСЭ, и это не вызвало у него никаких сомнений. А анекдот, оказавшийся чересчур длинным, все продолжал звучать, и не оставил оперативникам возможности осмотреться и обсудить предстоящую операцию. Привычным жестом чисто механически, так сказать, на «автопилоте» старший ДЭМ надел трубу на рукоятку шинного разъединителя и ... отключил работающую ВЛ-110кВ под нагрузкой. Тут и конец анекдоту.

### **Проектная ошибка**

Лето 1972 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. При внешнем КЗ в месте подключения силового кабеля 6кВ к электродвигателю мельничного вентилятора излишним действием дифзащиты блока отключился блок ТГ – трансформатор N5. Блок N5 был введен в эксплуатацию за несколько месяцев до данного технологического нарушения. На этом блоке впервые на ВТЭЦ-2 в схеме дифзащиты блока было применено реле ДЗТ-11 с торможением. Поэтому при расследовании нарушения возникло подозрение, что наладочная организация неправильно подключила тормозную обмотку реле. Послеаварийная проверка ДЗТ, произведенная с участием представителей наладочной организации, показала, что схема вторичных токовых цепей ДЗТ собрана правильно. Причина излишнего действия ДЗТ в ходе работы комиссии по расследованию технологического нарушения не была выяснена, что и было зафиксировано в акте расследования. Но вопрос остался открытым. Тогда персонал ЭТЛ стал анализировать проектные расчеты по выбору сечения контрольных

кабелей во всех плечах ДЗТ. И тут выяснилась интересная картина: для сторон 110кВ и 6кВ блока выбор сечения контрольных кабелей был обоснован расчетом, а для ответвления на собственные нужды расчет не производился. По этому поводу в пояснительной записке проекта было легкомысленно сказано, что в плече ответвления на СН условия по нагрузке токовых цепей наиболее легкие, поэтому без расчета в этом плече был выбран алюминиевый контрольный кабель минимального сечения 2,5 кв. мм. На самом деле, именно в этом плече условия оказались наиболее тяжелыми, поскольку при КЗ за реактором ответвления на СН по ответвлению протекал суммарный ток КЗ от генератора и от внешней электрической сети энергосистемы. И когда персонал ЭТЛ произвел свой собственный расчет по предложенной в проекте методике, то получилось, что при выбранном коэффициенте трансформации трансформаторов тока в плече ответвления на СН требовался медный кабель сечением 16 кв.мм. А это уже даже не контрольный, а силовой кабель получается. Пришлось заменить проектный ТТ на ТТ с другим коэффициентом трансформации, и даже в этом случае пришлось проложить медный контрольный кабель сечением 6кв.мм, а заодно и изменить количество тормозных витков обмотки реле ДЗТ-11. После этого случаев излишней работы ДЗТ при КЗ в сети СН не происходило.

### **Паду ли я, стрелой пронзенный?**

4 декабря 1973 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. Канун праздничного дня 5 декабря – Дня Сталинской конституции. На Воркутинской ТЭЦ-2 велись интенсивные работы по монтажу, наладке и вводу в эксплуатацию нового энергоблока №6. Пуск блока был намечен, как обычно в советские времена, к праздничной дате, то есть к Новому году. Начальник электроцеха ВТЭЦ-2, человек тщеславный, амбициозный и карьерист до мозга костей, решил по собственной инициативе отметить День Конституции промежуточной производственной по-

бедой: постановкой под рабочее напряжение вновь смонтированного КРУ-6кВ СН блока. Эта «гениальная» мысль пришла ему в голову в конце предпраздничного рабочего дня, когда все работники уже разошлись по домам, и остались только мастера и руководители ремонтных бригад электроцеха. Для того, чтобы поставить КРУ-6кВ под напряжение, нужно было предварительно произвести высоковольтные испытания ошиновки КРУ. Но наладчики уже разошлись по домам, а из состава ЭТЛ ТЭЦ на рабочем месте остался один начальник ЭТЛ (собственно, это был я). Он был нормальным специалистом, и заявил, что испытания должны производиться по наряду не менее, чем двумя лицами. «Так в чем же дело? Включи в наряд мастера ремонтной бригады, вот тебе и будет второй член бригады». «Да, но он не имеет допуска к производству высоковольтных испытаний!». «Подумаешь, какие нежности! Давай, делай, что тебе велят». Конечно, правилами безопасности предусмотрено, что запрещается выполнять команды вышестоящего персонала, если они нарушают правила ТБ и могут явиться источником аварии или несчастного случая. Но попробуй в реальной жизни выступить против воли непосредственного начальника! И начальник ЭТЛ послушно пошел выписывать наряд и оформлять допуск по наряду. Эта процедура заняла около получаса. Начальник смены электроцеха, к которому начальник ЭТЛ пришел допускаться, тоже был нормальным специалистом. Он сразу понял, что ему подсовывают фиктивный наряд с членом бригады, не имеющим права допуска к испытаниям. Кроме того, он заявил, что новое КРУ-6кВ СН еще не принято в эксплуатацию, поэтому у НСЭ нет полномочий осуществлять допуск в электроустановку, принадлежащую в данный момент монтажно-наладочной организации. Начальник ЭТЛ пошел в КРУ-6кВ доложить начальнику электроцеха о том, что его не допускают к испытаниям, но в КРУ-6кВ никого не застал. В ожидании, пока появится начальник электроцеха, начальник ЭТЛ, чтобы зря не терять время принялся выполнять подготовительные работы по сборке испытательной схемы. И когда

схема была почти полностью собрана, он полез внутрь одной из открытых ячеек 6кВ, чтобы посмотреть, куда удобнее подключить к шинам 6кВ провод от высоковольтной установки. В этот момент кто-то сзади энергично потянул его за полу телогрейки. начальник ЭТЛ в недоумении оглянулся и увидел перекошенное от страха лицо мастера ремонтной бригады, того самого, который был незаконно включен в состав бригады по наряду. Как выяснилось из объяснений последнего, начальник электроцеха, сгорая от нетерпения и проклиная начальника ЭТЛ за медлительность, принял решение не проводить испытания, а подать рабочее напряжение на шины КРУ-6кВ, понадеявшись на русский «авось». Сказано – сделано. Дуракам – счастье: шины выдержали рабочее напряжение. Вдохновленный этим успехом, начальник электроцеха, не теряя времени, дал очередную команду: включить один из электродвигателей СН и проверить, правильно ли подключен силовой кабель к нему. Так и сделали, и после включения электродвигателя начальник электроцеха со всей своей свитой мастеров отправился в котельное отделение смотреть, в какую сторону вращается электродвигатель. При этом он напрочь забыл о начальнике ЭТЛ и отданном ему распоряжении произвести высоковольтные испытания, не отдал команды запереть дверки всех ячеек 6кВ и вывесить предупредительные плакаты «Стой – напряжение!», не запер входную дверь в помещение КРУ-6кВ и не выставил наблюдающего, чтобы предупредить о том, что на шины уже подано рабочее напряжение. Фактически своими непредуманными действиями, преследуя карьерные цели, начальник электроцеха обрек начальника ЭТЛ (то есть меня) на неминуемую смерть, и только случайное появление в КРУ-6кВ мастера ремонтной бригады предотвратило трагедию.

### **Шаловливые ручки**

Лето 1973 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. В ЗРУ-35кВ производились наладочные работы по вводу в эксплуатацию

схемы ДЗШ-35. Начальник ЭТЛ с мастером ЭТЛ и электромонтером-стажером РЗА поочередно в каждой ячейке ЗРУ-35кВ снимали векторные диаграммы токовых цепей ДЗШ-35 под нагрузкой. Очередь дошла до ячейки ШСВ-35кВ. В этой ячейке потребовалось повышенное внимание при снятии и последующем анализе векторных диаграмм, поскольку токовые цепи ШСВ-35кВ включены в два дифференциала ДЗШ-35 встречно друг другу. Требовалось проверить правильность полярности включения токовых цепей, поэтому все внимание начальника и мастера ЭТЛ было приковано к прибору ВАФ-85. В это время неожиданно произошло отключение ШСВ-35кВ. Поскольку работа производилась внутри шкафа привода выключателя типа МКП-35, такое внезапное отключение могло привести к травме рук работающих. Поэтому возмущенные релейщики, прервав работу, побежали на главный щит управления разбираться с оперативным персоналом. А навстречу им уже бежал начальник смены электроцеха, чтобы разобраться с релейщиками. Совместно стали выяснять причину отключения выключателя. Вернувшись в ячейку ШСВ-35кВ, увидели оставшегося там электромонтера-стажера, который был включен в состав бригады в целях обучения. В правой руке у него был зажат рычажок ручного отключения ШСВ, и он по инерции продолжал водить им влево-вправо. «Что ты наделал?» – спросили его. «Я ничего не делал. Мне было скучно смотреть на вашу работу, и я от нечего делать вертел туда-сюда вот эту железячку». Оказывается, он уже давно нарушал ТБ с рычагом ручного отключения выключателя, не зная его предназначения, но до поры до времени он это делал в пределах нерабочего люфта этого рычага. А в один «прекрасный» момент он нажал на рычаг чуть сильнее и, выбрав люфт, отключил выключатель. Вот так отсутствие инструктажа и шаловливые ручки довели дело до аварийного отключения.

## **Сожженная борода (еще одна проектная ошибка)**

Весна 1974 года. Заместитель начальника электроцеха (ЗНЭЦ) Воркутинской ТЭЦ-2 производил осмотр вновь введенного в эксплуатацию КРУ 6 кВ собственных нужд станции. В одной из ячеек ему показалось, что заземляющий нож не зафиксирован в отключенном положении, и он решил доотключить его. В связи с тем, что это было первое КРУ с выкатными тележками такой конструкции на ВТЭЦ-2, у оперативного персонала еще не было опыта в знании особенностей конструктивного исполнения коммутационных аппаратов. А особенность состояла в том, что для включения заземляющего ножа его рукоятку следовало потянуть на себя, а для отключения – от себя. Это было непривычно для нашего оперативного персонала. Поэтому ЗНЭЦ поступил по старинке и дернул рукоятку на себя, и тем самым включил заземляющий нож на находящиеся под напряжением шины. Произошло КЗ, и возникшей дугой сожгло знаменитую окладистую бороду ЗНЭЦ-а, которую он любовно отращивал долгие годы. Но бог с ней, с бородой. Гораздо хуже, что он после этого полгода лечился от тяжелейших ожогов лица, груди и рук, причем два месяца провел в реанимации ожогового центра. А этому способствовало то, что релейная защита трансформатора собственных нужд отказала в действии, и КЗ продолжалось несколько десятков секунд, пока оперативный персонал не отключил трансформатор вручную. Расследование показало, что максимальная токовая защита трансформатора была выполнена с пуском минимального напряжения, причем вследствие проектной ошибки контроль напряжения осуществлялся не на шинах РУСН-6кВ, а на шинах ЗРУ-35кВ, от которых питался злополучный трансформатор. Поскольку сопротивление трансформатора достаточно велико, напряжение на шинах 35кВ при КЗ на шинах 6кВ снизилось недостаточно глубоко, и не достигло уставки, разрешающей сработать МТЗ. Просто удивительно, что ЗНЭЦ

вообще остался жив при таком длительном сожжении на костре проектной инквизиции.

### **Отказ АВР РУСН-0,4кВ (и еще одна проектная ошибка)**

1974 года. На Воркутинской ТЭЦ-2 по утвержденному графику ежеквартально проводилось опробование АВР-0,4кВ. Неоднократно было замечено, что при опробовании это устройство частенько отказывало. Происходили отказы и при аварийном отключении рабочей секции РУСН-0,4кВ. Причем при опробовании происходила странная вещь: первые два-три опробования были неуспешными, а последующие опробования – успешными. При тщательном расследовании этого явления выяснилась очередная проектная ошибка, даже сразу две ошибки. Первая ошибка – выходное реле АВР РУСН-0,4кВ было установлено на главном щите управления (ГЩУ) на расстоянии около 300м от источника питания оперативного тока, что приводило к пониженному уровню подводимого к реле напряжения срабатывания. Вторая ошибка – это реле было выполнено на базе реле управления РЭВ-830 открытого исполнения. Контакты этого реле постоянно были разомкнуты и, естественно, окислялись и покрывались пылью. Когда происходило весьма редкое срабатывание при опробовании или при реальном КЗ, контакты недостаточно сильно вжимались и были не в состоянии пробить плену окиси и пыли, и только после двух-трех кратного срабатывания реле начинало работать более-менее нормально. После того, как это реле заменили на обычное закрытое кожухом реле РП-25 и перенесли его в помещение РУСН-0,4кВ поближе к источнику оперативного тока, устройство АВР стало работать, как швейцарские часы.



## **Склероз наладчика**

Лето 1974 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. При вводе в работу ШСВ-35кВ после его длительного ремонта произошел отказ во включении выключателя. Вызванный оперативным персоналом начальник ЭТЛ с удивлением обнаружил на панели управления ШСВ-35кВ множество отключенных концов контрольных кабелей и какие-то подключенные к рядам зажимов панели посторонние провода, которые тянулись к стоявшему тут же на полу переносному устройству для проверки защит. Самым удивительным оказалось то, что это проверочное устройство оказалось включенным, и стрелки измерительных приборов фиксировали наличие поданного в схему панели управления ШСВ-35 напряжения и тока. И тут начальник ЭТЛ вспомнил, что недели за две до этого ему позвонили из наладочного управления и попросили разыскать наладчика, производившего как раз наладку схемы ШСВ-35кВ, и передать ему, чтобы он немедленно выезжал в Ленинград на курсы повышения квалификации. Видимо, этот наладчик настолько буквально воспринял это слово «немедленно», что бросил все, даже не отключив проверочное устройство и не разобрав схему измерений, и укатил на учебу. Просто удивительно, как схема управления ШСВ столько времени простояла под напряжением и током, и ничего в ней не сгорело. Еще удивительнее, как оперативный персонал, готовя ШСВ-35кВ к включению, не осмотрел рабочие места панелей управления и защит ШСВ.

## **Непредумышленная диверсия**

Зима 1974 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. Электрослесарь-приборист цеха тепловой автоматики (ЦТАИ) допустился на центральном тепловом щите (ЦТЩ) для выполнения по распоряжению работ по замене измерительных приборов в схемах пылепитателей одного из котлов станции. Работы производились с задней стороны панели управления пылепитателями, установленной здесь же на тепловом щите.

Не подозревающий никакого подвоха дежурный ЦТЩ спокойно оформил допуск и занялся своими оперативными делами. Постепенно дежурный стал отмечать по щитовым приборам непонятное снижение нагрузки котла. Когда нагрузка снизилась до предела, угрожающего погасанием котла, дежурный забил тревогу, стал судорожно искать причину такого снижения нагрузки, и в числе многочисленных поисковых действий решил проверить, чем же занимается электрослесарь ЦТАИ. Сценка оказалась трагикомичной. Чтобы понять происшедшее, следует дать небольшое пояснение. На каждом котле установлено по 8 пылепитателей, приводимых в движение электродвигателями постоянного тока. Приборы (амперметры), которые намеревался менять электрослесарь ЦТАИ, включены последовательно в цепь якоря электродвигателя. Электрослесарь, не зная принципа действия электродвигателя постоянного тока, решил для экономии времени сначала отключить и демонтировать все старые амперметры, а затем установить на место поочередно новые. Ему и в голову не пришло, что, отключая каждый прибор, он тем самым разрывал цепь якоря электродвигателя и отключал его. С каждым отключенным пылепитателем производительность котла снижалась примерно на 12%. Сначала это не сильно бросалось в глаза, но где-то на четвертом-пятом пылепитателе приобрело угрожающий характер. Незадачливый «диверсант» был схвачен с поличным и отстранен от работы, а приборы немедленно подключили на место и тем самым восстановили нормальную нагрузку котла...

### **За чистоту русского языка**

Осень 1974 года. Город Воркута Коми АССР. Воркутинская ТЭЦ-2. Плановая заявка на проверку схемы телеуправления-телесигнализации береговой насосной была по режиму работы станции разрешена в выходные дни. Работу производил мастер ЭТЛ единолично. Береговая насосная располагалась в отдельно стоящем здании на расстоянии 700м от главного корпуса станции. Необходимость выполнения работ в выходные дни дик-

товалась тем, что на береговой насосной находились наиболее ответственные механизмы собственных нужд станции – циркуляционные насосы (6шт), случайное отключение которых в рабочие дни было чрезвычайно опасно. Теоретически считалось, что одновременное отключение всех циркуляционных насосов всего на три секунды может привести к срыву вакуума и останову всех турбин ТЭЦ, то есть к посадке станции на «ноль». Мастер ЭТЛ был очень дотошный и педантичный человек, к тому же склонный к разного рода экспериментам. В схеме телеуправления была предусмотрена блокировка, не позволяющая производить дистанционное управление более, чем одним присоединением одновременно. Персонал ЭТЛ никогда до этого не проверял работоспособность этой блокировки по принципу «от греха подальше». Мастер решил нарушить традицию и опробовать эту блокировку. Он намеренно подготовил цепи одновременного отключения всех присоединений береговой насосной (6 циркуляционных насосов, две линии питания береговой насосной, СМВ-6кВ и два гидрогенератора) и нажал общую кнопку «Выполнить операцию отключения». К ужасу мастера, блокировка не сработала и все подготовленные команды оказались исполнены, то есть одновременно отключились все присоединения береговой насосной. Как выяснилось позже при расследовании, реле блокировки старого типа ЭП-103 оказалось наиболее изношенным из всех элементов схемы телеуправления, так как оно единственное срабатывало при каждой операции телеуправления. Это привело к тому, что поверхность якоря реле, имевшего к тому же вертикальное расположение, была настолько отшлифована многочисленными ударами об электромагнит катушки реле, что при очередном срабатывании происходило диффузионное сцепление поверхностей якоря и электромагнита катушки реле (это похоже на действие обычного магнита), настолько сильное, что даже при отсутствии тока в катушке реле блокировки оставалось замкнутым и создавало цепь на одновременное отключение всех присоединений. Это еще усугубилось механическим износом возвратной

пружины, ослабленной за время длительной эксплуатации. Мастер, увидев содеянное, немедленно бросился на щит управления, чтобы вручную включить все отключенные присоединения. На это у него ушло около 2 минут. Памятуя о роковых трех секундах теоретической посадки станции на «ноль», мастер с повинной головой позвонил на главный щит станции и вяло поинтересовался как идет процесс подъема станции с «нуля». На том конце провода его звонок восприняли как бред сумасшедшего. Оказывается, ничего страшного не произошло, никто ничего и не заметил. Видимо, за счет большой длины циркуляционных водоводов процесс срыва вакуума реально происходил гораздо медленнее, чем в теории. В понедельник утром, придя на работу, мастер удивил всех своих коллег необычным поступком. Дело в том, что коллектив ЭТЛ в целях борьбы с нецензурными выражениями постановил при каждом употреблении ненормативной лексики бросать в самодельную копилку 5 копеек. Накопленные деньги предназначались на приобретение инструмента для работы. Так вот в то утро мастер, производивший проверку схемы телеуправления, молча и без комментариев положил в копилку три рубля, внося тем самым значительный вклад в борьбу за чистоту русского языка.

### **Презумпция невиновности**

Декабрь 1976 года. Ухтинские электрические сети. ПС-220кВ «Ухта». 30 декабря во время неожиданной оттепели до плюс трех–пяти градусов на фоне появления «земли» в цепях оперативного постоянного тока произошло одновременное отключение всех четырех выключателей в схеме ОРУ-220кВ, собранной по схеме «Четырехугольника». Одновременно аварийно отключился вводной автомат щита постоянного тока. ОРУ-220кВ ПС-220кВ «Ухта» полностью обесточилось с одновременным разрывом транзита сети 220кВ энергосистемы. Аварийное отключение оказалось настолько серьезным по последствиям и настолько непонятным по причинам возникновения, что у дежурной подстанции прямо на рабо-

чем месте случился инсульт. Поскольку при расследовании причина отключения не была найдена, во всем происшедшем обвинили персонал РЗА, который в это время работал на подстанции. Руководство энергосистемы было уверено, что это рукотворная авария. Все попытки релейщиков воззвать к презумпции невиновности оказались бесплодными. Как сказано в фильме «Оптимистическая трагедия» «презумпция невиновности – это предрассудок буржуазного суда». У релейщиков появилась версия о том, что такого рода отключение могло произойти только при замыкании на землю в цепях постоянного оперативного тока в двух точках, но проверить и подтвердить эту версию уже не представлялось возможным, так как оттепель длилась недолго, уже на следующий день ударил мороз, и изоляция в цепях постоянного тока полностью восстановилась. Подтвердить эту версию удалось только в мае следующего года, когда ситуация повторилась, и релейщики нашли обе точки замыкания на землю, полностью объясняющие именно такой характер повреждения. К сожалению, «поезд ушел», и отменить незаслуженное суровое наказание задним числом уже никто не мог.

### **Всплывающие «блины»**

Весна 1977 года. На ПС 220 кВ «Ухта» в течение одного дня с интервалами в несколько десятков минут поочередно взорвались три выключателя МКП-110 кВ. При расследовании этих загадочных взрывов выяснилась следующая картина. Баки поврежденных выключателей по окончании очередных капитальных ремонтов были залиты некачественным маслом, содержащим повышенное содержание воды и грязного шлама. Вода в течение эксплуатации по законам физики, как более тяжелое вещество, осела на дно, а вместе с ней осел и грязный шлам. Зимой, вследствие отсутствия обогрева баков (нарушение требований ПТЭ), эта адская смесь замерзла и примерзла к днищу бака в качестве мины замедленного действия. С наступлением теплых солнечных дней эти ледяные

«блины» поочередно стали отрываться от дна и всплывать, перекрывая силовые контакты выключателя на корпус бака, что и привело к возникновению КЗ внутри бака и взрыву последнего.

### **Баллада о «героическом» пуске 1 энергоблока Печорской ГРЭС**

В канун Нового 1979г планировался пуск энергоблока N1 вновь строящейся Печорской ГРЭС. Эта операция по старой советской традиции была намечена на 31 декабря, чтобы отчитаться, что блок пущен еще в 1978 года. Тут была еще и другая подоплека: все опасались, что в случае, если блок N1 не будет пущен в 1978г, то на 1979г не будут выделены средства на монтаж блока N2. Поэтому все страшно торопились и готовы были пойти на любые авантюры. Так оно и получилось.

В практике нормальной эксплуатации принято, во-первых, никаких серьезных операций и переключений не планировать на праздничные дни. Во-вторых, категорически запрещаются все переключения при низких температурах наружного воздуха (а в ту злосчастную новогоднюю ночь столбик термометра опустился до отметки минус 55 градусов, да еще с сильным порывистым ветром). К тому же, схема временного электропитания строительной площадки ГРЭС была заведомо ненадежной, не было резервного питания, питающие трансформаторы постоянно перегружались и часто аварийно отключались защитами от обычной строительной нагрузки. А тут предстояло включать мощные электродвигатели собственных нужд станции с большими пусковыми токами, да еще на это накладывалась повышенная по случаю новогоднего праздника бытовая нагрузка. Тем не менее, аккуратно в новогоднюю ночь начались пусковые операции. Растопили котел, толкнули турбину и стали выводить ее на номинальные обороты (3000 об/мин). И тут случилось то, что и должно было случиться: при пятидесятиградусном морозе натянулся и оборвался провод ВЛ-10кВ, питающей единственный трансформатор стройки. Все мгновенно погасло, на

ГРЭС наступила крошечная тьма, все электродвигатели собственных нужд остановились, соответственно пошла на останов турбина и погас котел. Необъяснимое чудо, как при этом не сожгли подшипники турбины? Обычно при останове турбины охлаждение подшипников обеспечивается специальным маслонасосом переменного тока. На аварийный случай исчезновения переменного тока предусмотрен аварийный маслонасос постоянного тока, питающийся от аккумуляторной батареи. Но в том-то и вся петрушка, что эта батарея еще не была смонтирована, поэтому аварийный останов турбины происходил без охлаждения подшипников. По теории они должны были начисто сгореть, но почему-то уцелели. Все операции по останову блока и ликвидации аварии происходили в панике, на которую накладывались крошечная темнота и стремительно снижающаяся температура воздуха и воды. Единственное, что быстро успели сделать, – это спустить воду и пар из трубопроводов в здании ГРЭС, иначе все трубы полопались бы, и ГРЭС пришлось бы фактически строить заново. Но с бытовой сетью отопления этого не успели сделать. В результате сначала резко поднялось давление в теплосети, и начались гидроудары, вследствие которых в наиболее слабых местах начали лопаться трубы и батареи центрального отопления в квартирах жилых домов. Затем по мере остывания и замерзания оставшейся в трубах и батареях воды, они еще раз полопались практически повсеместно уже от холода, и вся система отопления надолго вышла из строя. Произошла настоящая социальная катастрофа. Сотни людей, расслабленные праздничными возлияниями, мгновенно остались без света, тепла и крова. Наутро в квартирах самым теплым местом были внутренности холодильников, а на всех новогодних столах жителей поселков энергетиков был один и тот же «натюрморт»: покрытые инеем остатки праздничных яств и застывшие ледяные столбики водки и прочих напитков, освобожденные от лопнувшей бутылочной упаковки. Многие люди в эту ночь сильно обморозились. У многих с лица лоскутами свисала отмороженная кожа. Среди части населения началась

паника. Многие люди бросали все нажитое и первым же поездом уезжали навсегда из Печоры. Целый месяц ушел на восстановление социальной инфраструктуры поселка энергетиков. И только в конце января работы по пуску блока возобновились с новой силой. Казалось бы, уже один раз «наступили на грабли», можно было бы оглядеться, действовать осмотрительно, работать строго по графику и без недоделок, избегая никому не нужного авантюризма и риска. Но строителям и партийному руководству опять не удается: нужно как можно скорее отрапортовать, что «ток, медленно набирая скорость, потек по проводам». И вот примерно за год до реальной готовности блока принимается в высшей степени авантюрное решение о комплексном пуске блока N1 по усеченной схеме с включением в сеть и комплексным опробованием в течение 72 часов (таково требование ПТЭ к вводу нового энергоблока) с выдачей номинальной мощности 200МВт в энергосистему. А откуда взять такую нагрузку, если еще не смонтировано основное электрооборудование? К моменту пуска блока отсутствовала почти вся первичная схема электрических соединений блока:

- не было еще блочного трансформатора мощностью 250 МВА (он еще даже не поступил на площадку ПГРЭС с завода),

- не был закончен монтаж открытого распределительного устройства 220кВ (ОРУ-220кВ) (это означает, что мощность генератора некуда было выдавать),

- не была смонтирована аккумуляторная батарея блока (это значит, что на блоке полностью отсутствовал постоянный оперативный ток, необходимый для питания схем управления, релейной защиты, электроавтоматики, технологических защит и тепловой автоматики, предупредительной и аварийной сигнализации, не могли работать аварийные маслonaсосы постоянного тока),

- не была электрифицирована ни одна из нескольких сотен задвижек в тепловой схеме станции,



- не было нанесено напыление тепловой изоляции на корпус турбины,
- не была достроена основная дымовая труба высотой 250м (вместо нее была смонтирована временная металлическая труба высотой всего 60м, в народе метко окрещенная «окурком»).

Казалось бы, кому могла прийти в голову мысль пускать блок с такой «готовностью»? Но голь на выдумки хитра, и вот принимаются «гениальные» решения:

- В связи с отсутствием блочного трансформатора и неготовностью ОРУ-220кВ выдать мощность генератора по временной схеме через трансформатор собственных нужд и секцию РУСН-6кВ, далее через временный силовой кабель выйти на установленную у торца главного корпуса временную передвижную подстанцию КТПБ-35/6кВ с выходом на одну из ВЛ-35кВ Печорских электрических сетей. Учитывая суммарную мощность всех электродвигателей собственных нужд станции (6-8 МВт) и установленную мощность КТПБ (6,3 МВт), блок мог при такой схеме нести максимальную нагрузку не более 12-14МВт вместо проектных 200МВт (а это грубое нарушение порядка проведения комплексных испытаний);

- Вместо аккумуляторной батареи в качестве постоянного оперативного тока были спаяны в «мостик» 4 диода, а для включения соленоидов выключателей использовались силовые диоды с радиаторами охлаждения. Выключатели поочередно включались и оставались без защиты, управления и сигнализации. Только основные защиты блока имели довольно хлипкое питание от самодельных выпрямительных мостиков;

- Была дополнительно смонтирована временная схема для синхронизации блока с секцией РУСН-6кВ, не предусмотренная проектом;

- Цепи защит блока были переделаны в соответствии с усеченной первичной схемой;

- У каждой задвижки тепловой схемы, а также у аварийных кнопок отключения выключателей были расставлены присланные специально для

этого солдаты из местного стройбата с инструкцией – крутить задвижки или нажимать кнопки по командам оперативного персонала (это вместо устройств защиты и автоматики, здесь явно действовал принцип: «Два солдата из стройбата заменяют экскаватор»).

И вот, смех смехом, но 5 февраля 1979г такой «пуск» блока состоялся. Наладчики и эксплуатационники-релейщики в полном объеме провели пусковые испытания защит генератора и включили его в сеть. Самое интересное, что после включения блока в сеть невозможно было по приборам определить величину взятой генератором нагрузки. Нагрузка была настолько мала, что световые зайчики измерительных приборов не достигли даже первой оцифрованной отметки, а лишь нехотя едва отошли от нулевой отметки. Блок был оставлен в работе на 72-часовую обкатку. Примерно через час по мере нагревания не заизолированной турбины загорелись строительные леса, сооруженные вокруг корпуса турбины, необходимые как раз для нанесения отсутствовавшей тепловой изоляции (ее просто не успели нанести к моменту пуска блока). Пришлось остановить блок, проработавший вместо 72 часов всего 1,5 часа со смехотворно мизерной нагрузкой. И только в ноябре 1979г, после того как были устранены все недоделки, состоялся настоящий, действительно комплексный пуск блока N1, правда, и в этот раз не в полном объеме – на резервном возбуждении (основное тиристорное возбуждение ввели в работу только в 1982г).

### **Беспощадное зубило**

Лето 1982 года. На Печорской ГРЭС по окончании капитального ремонта с выемкой ротора был включен в работу турбогенератор N1 (ТГВ-200), и буквально через несколько секунд был аварийно отключен действием основной дифзащиты блока. При вскрытии генератора обнаружилось, что лобовые части обмотки статора во многих местах буквально разрублены каким-то острым предметом. «Виновник» диверсии был

быстро найден: это оказалось обычное слесарное зубило, забытое или утерянное ремонтниками в корпусе генератора. При возбуждении вращающегося генератора под действием электромагнитного поля зубило начало беспорядочно вращаться в тесном пространстве между неподвижным статором и вращающимся ротором и рубить лобовые части обмотки статора. Пришлось продлить ремонт генератора еще на месяц и переразделять все лобовые части.

### **Это был не мой чемодан**

Весна 1983 года. После очередного ремонта рабочего трансформатора собственных нужд Печорской ГРЭС с доливкой трансформаторного масла после его включения в работу стал выделяться воздух из свежезалитого масла (это обычное явление после доливки масла) со срабатыванием газового реле трансформатора с действием на сигнал. Начальник электроцеха дал команду дежурному электромонтеру выпустить воздух из газового реле без отключения трансформатора, а заодно велел выпустить воздух и из струйного реле бака РПН (устройства регулирования напряжения трансформатора под нагрузкой). При выполнении этой команды трансформатор аварийно отключился. Аналогичное событие произошло и на следующий день с участием уже другого дежурного электромонтера. Здесь следует отметить, что начальник электроцеха отдал заведомо невыполнимую и технически неграмотную команду о необходимости выпуска воздуха из струйного реле. По принципу действия струйное реле не реагирует на появление воздуха в масле, сопровождающееся снижением уровня масла (оно реагирует только на изменение скорости протекания масла) и, соответственно, не имеет специального краника для выпуска воздуха. Единственный оперативный элемент в этом реле – это кнопка для опробования действия реле при его наладке. Совершенно очевидно, что оба дежурных, не зная назначения и принципа действия струйного реле, нажали эту кнопку и тем самым отключили

трансформатор. Но в своих объяснительных записках они начисто отрицали эти действия и уверяли, что вообще не поднимались на крышку работающего трансформатора, так как знали, что это запрещено правилами технической эксплуатации. Кстати, и из газового реле они должны были выпускать воздух только после отключения трансформатора, тут они тоже нарушили правила. Начальник электроцеха поддержал лжецов и обвинил персонал ЭТЛ в ложном срабатывании струйного реле. Их откровенная ложь была очень изящно разоблачена релейщиками достаточно убедительным образом. Дело в том, что если струйное реле срабатывает самопроизвольно (правильно или ложно, это не имеет значения), то оно блокируется в сработанном состоянии (становится на механическую защелку). В этом случае невозможно повторно включить в работу трансформатор без предварительного квитирования струйного реле, для чего все-таки нужно было подняться на крышку трансформатора. А вот если струйное реле сработало принудительно нажатием кнопки опробования, то оно не блокируется и возвращается в исходное состояние готовности к повторным срабатываниям. Только через год один из дежурных признался в допущенной ошибке, а другой так и не нашел в себе мужества признать это.

### **Ни сна, ни отдыха измученной душе**

Зима 1984 года. Печорская ГРЭС. После очередного капитального ремонта энергоблока №4 проводились пусковые тепломеханические испытания турбины и электрические испытания блока генератор-трансформатор. В первую очередь проводятся тепломеханические испытания, и только после их окончания блок передается в распоряжение релейщиков для проведения электрических испытаний. Но поскольку обычно неизвестно, сколько времени займут тепловые испытания (это зависит от множества чисто технологических причин, тут уж как пойдет), к моменту толчка турбины и набора номинальных оборотов вызывается и

бригада релейщиков, которая дежурит в готовности N1. Обычно, если все идет без заминки, то такие тепловые испытания длятся около 3-4 часов. А последующие электрические испытания длятся порядка 12-16 часов. Поэтому релейщики обычно стараются выйти на испытания свежим, отдохнувшим составом. Но это не всегда удается. Бывает, что, прибыв на станцию за час до разворота турбогенератора, из-за непредвиденных неполадок в тепловой части приходится ждать этого разворота еще многие часы, в течение которых никого не отпускают по домам отдохнуть. Так получилось и в этот раз. Турбинисты провозились с турбиной 16 часов. А затем начались всевозможные осложнения и у релейщиков в ходе электрических испытаний, к тому же пришлось делать вынужденные перерывы в работе из-за время от времени возникающих неисправностей в турбине. В результате испытания затянулись почти на двое суток без отдыха

Наконец, испытания были успешно завершены, блок синхронизирован с сетью и включен в работу, и все участники испытаний, смертельно уставшие сверх всяких пределов, отправились по домам спать. Это было в полночь. А в два часа ночи поступила неожиданная команда «свистать всех наверх»: блок N4 при наборе нагрузки аварийно отключился действием резервной защиты от несимметричных КЗ (фильтр-реле обратной последовательности типа РТФ-6М). Через полчаса все участники испытаний, не выспавшиеся и измученные, снова в полном составе собрались на релейном щите генератора. Главный инженер требует немедленно остановить турбину и вскрыть генератор для поиска места повреждения. Релейщики просят оставить вращающийся и возбужденный генератор хотя бы на несколько минут для поиска причин работы защиты. Ведь совершенно ясно, что раз сработала только резервная защита от внешних КЗ, а основные защиты не работали, значит, наверняка, генератор не поврежден, а защита скорее всего сработала ложно. И в таком случае незачем вскрывать генератор. Тем более, что на это потребуются не одни сутки. Тем более, что буквально пару часов назад эта защита была испытана,

и все было исправно. В ходе экспресс-анализа и опроса всех участников испытаний выясняется, что один из участников испытаний, не успевший выполнить порученное ему измерение изоляции токовых цепей защит до начала испытаний, решил наверстать упущенное по окончании испытаний, никому об этом не сообщив. А ведь существует жесткое правило, что после испытаний никакие вмешательства в схему релейной защиты не допустимы. Мало этого, он еще не учел, что реле РТФ-6М выполнено на микроэлектронной элементной базе, и не допускает приложения к нему повышенного напряжения. По нормам изоляцию такого реле следует измерять мегаомметром на напряжение не более 500В, а он произвел измерение мегаомметром на напряжение 2500В. Это и послужило причиной пробоя изоляции токовых цепей реле. Таким образом, оказалось, что блок включили в сеть уже с поврежденной защитой, не догадываясь об этом. Немедленного отключения не произошло по простой причине: в момент включения генератора в сеть нагрузка на нем была еще очень мала и недостаточна для срабатывания защиты, а когда через два часа нагрузку стали поднимать, вот тут-то мина и сработала. Быстро заменили поврежденное реле и включили блок в сеть, избежав длительного внепланового ремонта.

### **Посадка на ноль Печорской ГРЭС**

Зима 1994 года. На Печорской ГРЭС при температуре наружного воздуха ниже минус 30 градусов сломался болт, крепящий спуск от ВЧ-заградителя отходящей ВЛ 220 кВ к конденсатору связи, в результате чего шлейф этого спуска оборвался и замкнул на металлическую стойку линейного портала ОРУ-220 кВ. Возникшее однофазное КЗ было ликвидировано действием основной быстродействующей защитой ВЛ-220 кВ – дифференциально-фазной защитой ДФЗ-201. Но поскольку это КЗ оказалось в непосредственной близости от шин 220 кВ ГРЭС, по фактору фиксации снижения напряжения прямой последовательности на шинах ГРЭС

ниже 0,6 номинального значения сработала противоаварийная автоматика предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ), которая в соответствии с заданными уставками совершенно правильно произвела кратковременную импульсную разгрузку всех работавших блоков и дополнительно отключила от шин 220 кВ энергоблок N2 (в исходном доаварийном режиме на ГРЭС находились в работе три турбогенератора). Пытаясь восстановить нормальную схему станции путем обратного включения в сеть отключенного генератора, начальник смены электроцеха (НСЭЦ) по необъяснимой причине не решился воспользоваться устройством автосинхронизатора, а решил синхронизировать генератор вручную методом точной синхронизации. Вследствие большой разности частот генератора и сети 220 кВ (разность частот превышала 1,5 Гц) стрелка синхроскопа перестала вращаться, при этом по закону подлости остановилась на красной метке шкалы прибора. НСЭЦ понял это как признак совпадения частот и включил выключатель блока, естественно, несинхронно. В результате такого включения возникли мощные несинхронные качания, на которые повторно отреагировала противоаварийная автоматика АПНУ, которая повторно выдала команду на отключение только что включенного генератора и на кратковременную импульсную разгрузку остальных блоков. Блок N2 действием АПНУ отключился, а вот импульсная разгрузка двух других блоков не произошла по следующей причине: оказывается, завод-изготовитель турбин, считая импульсную разгрузку вредным для системы регулирования турбины разрушающим фактором, ограничил в заводской инструкции допустимое количество срабатываний импульсной разгрузки подряд. Во исполнение этих заводских требований проектный институт предусмотрел автоматическое блокирование исполнительных механизмов импульсной разгрузки турбин в сработавшем состоянии. Таким образом, для того, чтобы привести схему импульсной разгрузки турбины в состояние повторной готовности, необходимо деблокировать эту схему вручную нажатием специальной кнопки деблокирования. Самое

интересное, что эта кнопка установлена на панели неоперативного контура блочного щита управления (БЩУ), куда доступ дежурному машинисту блока запрещен, то есть получается, что повторное срабатывание импульсной разгрузки оказалось просто нереальным. Вследствие отказа импульсной разгрузки баланс генерации и нагрузки в энергосистеме не сложился, что привело к возникновению асинхронного хода уже по линиям 220кВ системного транзита, который был ликвидирован действием устройства ликвидации асинхронного режима (АЛАР) на ПС-220 кВ «Ухта». При этом энергосистема разделилась на две несинхронные изолированные части. Тем временем, вследствие нарушенного баланса станции в тепловой схеме действием технологической защиты по упуску вакуума отключился еще один блок. В работе остался один блок с нагрузкой северной части энергосистемы и отключенный от сети 220 кВ, но работающий на собственные нужды блок N2. НСЭЦ повторно пытается синхронизировать эти два блока между собой (связи с энергосистемой уже нет). И опять допускает ту же ошибку: принимает неподвижное состояние стрелки синхроскопа на красной отметке за признак совпадения частот и напряжений, и опять несинхронно включает блок N1. При этом оба блока отключились: один – действием все той же противоаварийной автоматики, а другой – действием технологической защиты от угона с потерей всех собственных нужд станции. Здесь была допущена и ошибка диспетчера энергосистемы, который самоустранился от восстановления нормального режима и не включил системный транзит до того, как НСЭЦ пытался столкнуть лбами два единственных оставшихся на ГРЭС блока.

### **Вредная обходная система шин**

1994 – 1997 годы. На протяжении 3-4 лет на Воркутинской ТЭЦ-2 5-6 раз в зимнее время происходили однотипные аварии с погашением шин ЗРУ-110 кВ. Обусловлено это конструктивными особенностями здания ЗРУ-110 кВ. Как правило, в течение всей зимы температуры внутри



здания ЗРУ-110 кВ и снаружи примерно одинаковы и держатся в среднем на уровне минус 20-30 градусов. Но во время пурги температура наружного воздуха обычно повышается почти до нуля градусов, а температура внутри здания вследствие тепловой инерции остается достаточно морозной. Вследствие возникающей разницы в температурах через неплотности проходных вводов линий 110 кВ за счет наличия присосов теплый воздух снаружи засасывается внутрь здания и влага из воздуха конденсируется на внутренних выводах проходных вводов. В результате возникает КЗ на этих вводах, которые находятся в зоне действия ДЗШ-110 кВ. При этом гасится одна из 4 секций 110кВ (две системы шин ЗРУ-110 кВ секционированы). Но это не все. На внутренней стороне наружной стены здания непосредственно над проходными вводами расположены шинные разъединители обходной системы шин 110 кВ, соединенные с проходными вводами гибкой ошиновкой. При этом дуга КЗ через эти шинные разъединители (даже, если они отключены) попадает на обходную систему шин, расположенную под потолком здания над проходными вводами. А обходная система шин в свою очередь (она по проекту выполняет двойную функцию: и как ОСШ, и как ошиновка совмещенного секционного и обходного выключателя) входит в зону действия ДЗШ-110 другой секции. Поэтому при таком КЗ, как правило, отключаются действием ДЗШ сразу две секции 110 кВ. Наиболее тяжелые последствия возникают в том случае, если отключаются две секции, расположенные наискосок друг от друга. В этом случае ЗРУ-110 кВ делится на две несинхронно работающие части. Самое интересное в этом деле то, что при всем очевидном вреде, наносимым неудачным конструктивным изготовлением ОСШ-110 кВ, реальной пользы от нее – никакой! Во-первых, она смонтирована только в пределах расширяемой части ЗРУ, то есть охватывает только половину присоединений, причем меньшую половину. Во-вторых, и это более существенно: проектировщики «забыли» предусмотреть перевод токовых цепей защит линий и блоков на трансформаторы тока ОВ-110, а

заодно и не предусмотрели установку на ОСШ-110 трансформатора напряжения, необходимого для обеспечения функции АПВ ВЛ. По этой причине ОСВ-110 никогда в реальной практике не использовался в качестве обходного выключателя, то есть существующая обходная система шин по сути является паразитной и одновременно является опасным источником серьезных аварий. В качестве противоаварийного мероприятия на станции произвели демонтаж всех шинных разъединителей обходной системы шин, однако это недостаточно эффективное мероприятие, так как дуга КЗ может достать до обходной системы шин и по воздушному промежутку. Радикальным мероприятием является полный демонтаж обходной системы шин и перенос ОСВ-110 в другую ячейку (между двумя смежными секциями шин, а сейчас он расположен в торце здания ЗРУ, поэтому ОСШ фактически используется как ошиновка секционного выключателя). Однако, это очень дорогое удовольствие, поэтому воз и ныне там.

Описанное здесь КЗ на проходных вводах в случае, если это происходит на проходных вводах блочного трансформатора, приводит к еще одному крайне неприятному развитию аварии. Дело в том, что в указанные проходные вводы встроены трансформаторы тока как ДЗШ-110, так и дифзащиты блока. Поэтому при КЗ на вводах одновременно работают обе эти защиты. При этом блок генератор-трансформатор с поврежденным проходным вводом отключается действием дифзащиты блока, а действием ДЗШ-110 дополнительно отключается резервный трансформатор собственных нужд. В результате происходит отказ АВР РУСН-6кВ и, как следствие, гасится ни в чем не повинный котел, электродвигатели механизмов которого присоединены к потерявшей питание секции РУСН-6кВ. А обусловлено это очередной ошибкой проекта, не предусмотревшего перекрестное резервирование питания СН станции.

Учебное пособие

*Анатолий Викторович  
Липидус*

## **ОБЗОР АВАРИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ**

Издание НОУЧ ДПО ЦПКЭ. Тел. (812)959-98-43, (812)297-18-01

E-mail: [metodist@cpk-energo.ru](mailto:metodist@cpk-energo.ru), Internet: [www.cpk-energo.ru](http://www.cpk-energo.ru)

Подписано к печати 10.03.2020. Формат 60×90/16

Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Печ.л.1,63

Тираж 1000 экз.



## **Анатолий Викторович Лapidус**

Родился в 1938 году в семье медиков. В 1961 году закончил Львовский Политехнический институт по специальности «Электрические станции, сети и системы». Трудовую деятельность начал в Казахстане наладчиком электрооборудования. Позже переехал в республику Коми, где работал на Воркутинской ТЭЦ-2, далее – в центральной службе релейной защиты и автоматики в Ухте. Принимал участие в строительстве, пуске и эксплуатации Печорской ГРЭС. С 1987 года возглавлял центральную службу релейной защиты и автоматики «Комиэнерго». Работал начальником службы РЗА «Коми РДУ». Более 50 лет рабочего стажа в электроэнергетике. Имеет звания и награды: отличник энергетики СССР, заслуженный работник Минтопэнерго, заслуженный работник РАО «ЕЭС России», медаль ордена «За заслуги перед Отечеством» 2 степени.