

ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ЕГО ГЛУБОКОЙ ИНТЕГРАЦИИ В ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ

Современная энергосистема представляется сложным человеко-машинным комплексом, важным влияющим показателем надежности которого остаются профессиональные качества управленческого, диспетчерского и оперативного персонала, тесно связанного с процессом непосредственного управления работой энергосистемы. В статье отражен передовой опыт в области повышения профессиональных навыков диспетчеров, показано влияние качества подготовки персонала на уровень аварийности, рассмотрены основные направления и структура тренажерной подготовки, предложены подходы к организации современных программ подготовки персонала в Республике Беларусь.

Часть 1.

Одним из ключевых качественных показателей работы энергосистемы (ЭС), характеризующих надежность электроснабжения потребителей, является аварийность. Очевидно, что разработка технических средств, методик и подходов, направленных на снижение аварийности, входит в число важнейших направлений развития ЭС.

Аварии в ЭС в зависимости от причин, которые их вызывают, подразделяются на:

1) аварии, вызванные случайными явлениями, такими как обледенение проводов ВЛ, грозовая и ветровая активность, природные катастрофы и прочие спонтанно возникающие условия, при которых происходит резкий скачок качественно-количественных параметров состояния окружающей среды до экстремальных значений;

2) аварии, спровоцированные отказами оборудования, аппаратуры или программно-аппаратных комплексов различного уровня и назначения (первичное и вторичное, силовое и измерительное, электрическое и механическое оборудование и т.д.);

3) аварии, обусловленные ошибочными действиями оперативного персонала, которые не являются прямым следствием злого умысла или халатности. Причинами таких действий могут стать недостаток квалификации, усталость, невнимательность, различные психологические факторы (например, несоответствие психотипа сотрудника требованиям к работе диспетчера и т.д.);

4) аварии, возникающие вследствие недобросовестного исполнения обязанностей, халатности, злого умысла или некомпетентных действий посторонних лиц;

5) аварии, вызванные комплексом причин 1–4.

Для предотвращения аварий, возникающих из-за причины 1, создаются различные информационные системы, внедряются методики и средства превентивного воздействия (например, применение плашки гололеда, грозозащитных тросов или усиленных проводов в соответствующих неблагоприятных условиях и т.д.).

Для снижения аварийности, вызванной отказами оборудования (причина 2)

С.В. СТУЛЬСКИЙ,
ведущий инженер
ООО «АВИТИСТ-ТЕХНОПЛУС»

Д.В. ДВОРКИН,
к.т.н., ведущий специалист отдела
развития энергетических систем
АО «Научно-технический центр
Единой энергетической системы
Развитие энергосистем»

В.Л. БУДОВСКИЙ,
д.т.н., директор Центра оценки
квалификаций АО «Научно-
технический центр Единой
энергетической системы
Противоаварийное управление»

В.В. САРАНЦЕВ,
к.т.н., директор ГУО «Центр
повышения квалификации
руководящих работников и
специалистов энергетики»

А.И. САВИЦКИЙ,
начальник отдела тренажерной
подготовки персонала
диспетчерской службы
ГПО «Белэнерго»

в силу его брака, возраста, износа и т.п., разработан комплекс процедур взаимного резервирования оборудования. Так, при неуспешном отключении выключателя для устранения короткого замыкания предусмотрено устройство резервирования отключения выключателя (УРОВ), гарантирующее его вывод из работы в случае повреждения. Аналогично в современных ЭС обеспечивается резервирование линий электропередачи, трансформаторов и различных источников питания. Количество случайных отказов также может быть снижено за счет правильной эксплуатации оборудования, его совершенствования и систематической диагностики.

Качественно воздействовать на снижение аварийности, вызванной причинами 4 и 5, нельзя, поскольку сложно ограничить число влияющих факторов, то есть даже теоретически невозможно застраховаться от случайных неблагоприятных событий. При этом большинство крупных аварий связано с целым комплексом причин, а менее значительные, как правило, обусловлены человеческим фактором.

Аварии по вине персонала (причина 3) не являются редкостью в энергосистеме. В качестве мер по предотвращению такого рода нарушений можно выделить:

- внедрение строго структурированной системы регулярной подготовки персонала, включающей теоретические и практические курсы повышения квалификации;

- внедрение рейтинговой системы, в которой четко дифференцируются корректные и некорректные действия оперативного персонала и последовательно применяются штрафные и поощрительные санкции.

На основе опыта АО «Системный оператор Единой энергетической системы» (Россия) был сформирован стандарт [1], в котором изложены общие подходы к подготовке персонала и подробно описаны этапы обучения. Согласно документу, обучение – это «процесс целенаправленного формирования уровня квалификации персонала, необходимого для выполнения определенных видов работ». Стандарт также нормирует понятия поддержания и повышения квалификации персонала. В рамках данной статьи этапы обучения, поддер-

жания и повышения квалификации объединены общим термином «подготовка персонала».

Современные подходы к подготовке персонала

Целенаправленное обучение диспетчеров и иного оперативного персонала не является уникальным трендом XXI века, такая практика существовала уже в начале прошлого столетия [2]. В 20–30-е годы проводились так называемые аварийные игры [3]. И хотя инструментальная база таких форм подготовки на сегодняшний день устарела, их методическая основа по-прежнему является актуальной. Ее суть заключается в стремлении максимально правдоподобно смоделировать в реальном времени условия, в которых персонал находится в процессе работы.

Сегодня создать условия, близкие к реальным, позволяет применение технологий виртуальной и дополненной реальности, а также различных программно-вычислительных комплексов.

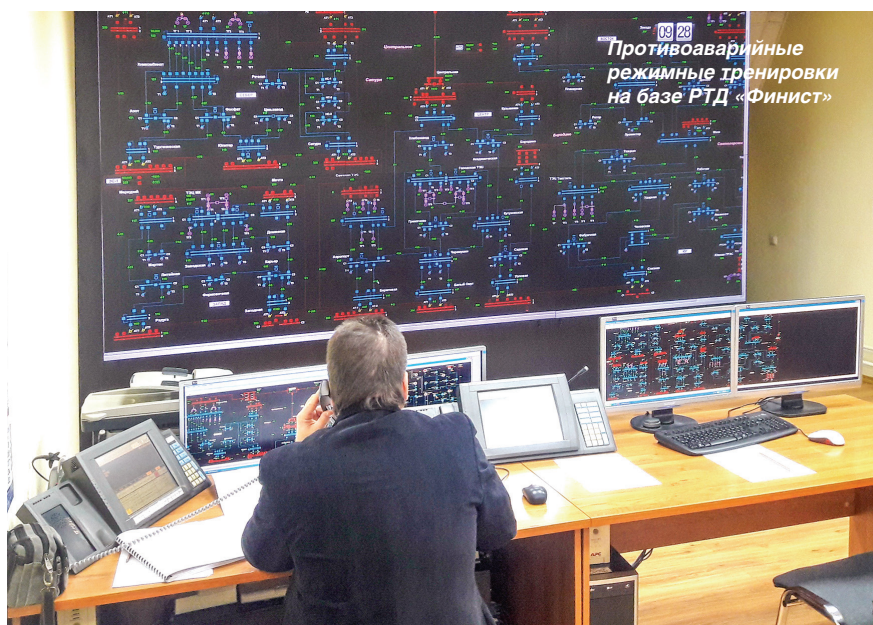
Технология виртуальной реальности (ВР) [4] уже на данном этапе своего развития обеспечивает эффект глубокого погружения и дает возможность отрабатывать действия оперативного персонала на высокоточных виртуальных моделях станций и подстанций. Технология дополненной реальности (ДР) [5] позволяет в процессе обучения сочетать реальную среду и дополнительные элементы, обеспечивая высокий уровень подготовки персонала.

Ключевым недостатком указанных технологий на сегодняшнем этапе является их неотработанность на практике. При использовании различных комплексов ДР и ВР спектры задач для отработки зачастую существенно разнятся. Кроме того, для диспетчера в реальности основными инструментами управления работой ЭС являются средства телефонной связи, компьютерные мониторы, мышь и клавиатура. В этих условиях шлемы ВР и ДР оказываются избыточными. В то же время они могут быть весьма эффективны при обучении оперативного персонала станций и подстанций.

В наибольшей степени для отработки умений и навыков диспетчерского персонала подходят программно-вычислительные комплексы (ПВК), которые способны моделировать процессы в ЭС и отображать результаты имитации в форме, идентичной реальной. В российской электроэнергетике накоплен значительный опыт использования подобных ПВК [6]. Среди них самыми востребованными являются следующие:

- **программный комплекс (ПК) «Веб-Эксперт»**. Предназначен для теоретической (в том числе дистанционной) подготовки, а также проверки знаний специалистов. В данном ПК может быть реализована электронная библиотека, а удобный интерфейс позволяет быстро и легко формировать базу тестовых заданий. На основе этого программного продукта для нужд АО «СО ЕЭС» была разработана система «Эксперт-Диспетчер», которая учитывает ИТ-инфраструктуру системного оператора, а также применяемые методики и технологии обучения. В данной системе, помимо технологии классического тестирования, реализован простейший тренажер переключений, который развивается и уже используется в АО «Научно-технический центр Противоаварийное управление» для независимой оценки квалификаций. Имеется также подсистема программирования задач, на базе которой можно строить простейшие тренировки по ликвидации отдельных нарушений нормального режима работы, позволяющие проверять умения диспетчера;

- **тренажер оперативных переключений (ТОП) «ТWR-12»**. Предназначен для проведения тренировок на тепловых или электрических мнемосхемах. Позволяет производить переключения на условных панелях или их фотокопиях. За счет взаимодействия с ОИКС СК-2007



и режимным тренажером диспетчера (РТД) «Финист» дает возможность использовать их развитие, максимально приближенные к реальным системы отображения информации и моделирования режима по результатам переключений;

– **ТОП «Модус»**. Многоуровневый ПВК, который поддерживает основные функции, присущие подобного рода тренажерам, а кроме того, содержит полноценную модель релейной защиты и автоматики и способен выполнять статический расчет электрического режима;

– **РТД «Финист»**. Позволяет моделировать статические и динамические процессы в ЭС, а также рассчитывать ее режим в зависимости от действий диспетчера.

Обоснование необходимости развития системы подготовки персонала

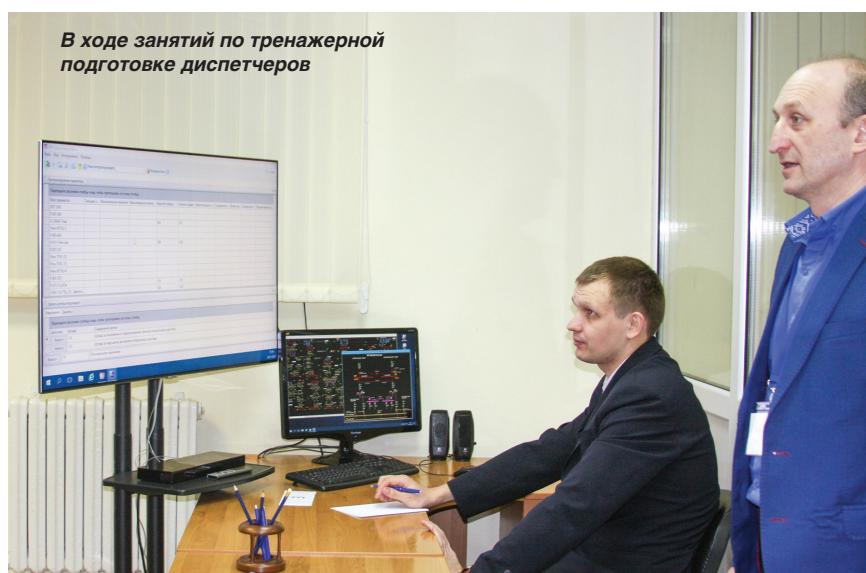
Одной из основных проблем подготовки персонала является невозможность установления прямой и четкой причинно-следственной связи между ошибками, совершаемыми оперативным персоналом объектов электроэнергетики или диспетчерским персоналом пунктов управления [7], и потенциальным экономическим ущербом, который могут повлечь эти ошибки. Хотя в целом очевидно, что ущерб снижается с ростом вероятности принятия правильного решения в процессе управления [8–10].

В настоящее время в России доля аварий, связанных с некорректными действиями персонала, находится на уровне:

- 16 % – при работе с электросетевым оборудованием;
- 9 % – при работе с генерирующим и тепломеханическим оборудованием;
- 7 % – при работе с устройствами РЗА [11].

При этом доля аварий из-за невыявленных причин может достигать 21 % [12]. Даже если предположить, что не более 2–3 ‰ из них вызваны человеческим фактором, напрашивается вывод, что итоговое число аварий, связанных с ошибками персонала, составляет не менее 10 % от общего количества.

Дополнительным стимулом к внедрению и совершенствованию системы подготовки персонала является то, что ошибочные действия персонала приводят к травмам и человеческим жертвам [13, 14]. Очевидно, что регулярное дополнительное обучение пер-



сонала позволяет снизить аварии по его вине, а значит, минимизировать число травм и жертв. Сохранение жизни и здоровья людей – аргумент, не требующий дополнительного технико-экономического обоснования.

Таким образом, необходимость внедрения систем подготовки персонала диспетчерских пунктов не должна обосновываться сугубо рыночными соображениями в условиях, когда ошибочные действия персонала влекут за собой коммерческие потери, высока доля аварий, вызванных человеческим фактором, и они приводят к травмам и несчастным случаям.

В этой ситуации разумным представляется формирование соответствующей нормативно-правовой базы на республиканском уровне или на уровне отдельного государственного либо отраслевого субъекта (системного оператора). Следует отметить, что в Беларуси, России и других странах СНГ уже введены нормативные акты, предписывающие организацию тренажерной подготовки диспетчерского персонала на предприятиях электроэнергетики [1, 15–17]. В частности, российский системный оператор более 15 лет использует хорошо зарекомендовавшую себя систему тренажерной подготовки персонала.

Ключевые направления и структура тренажерной подготовки персонала

Наиболее комплексно тренажерная подготовка персонала может быть описана тремя направлениями.

Теоретическое направление включает получение и проверку знаний норма-

тивно-технической документации (НТД), общих знаний по теории электрических цепей, а также решение теоретических режимных задач и теоретические режимные тренировки. Реализация этого направления требует внедрения ПК «Веб-Эксперт».

Основой *практического направления* являются тренировки по оперативным переключениям на базе ТОП «Модус» или ТОП «TWR-12» и противоаварийные режимные тренировки на базе РТД «Финист». Наиболее перспективной представляется разработка практического направления программы подготовки на основе анализа реальных аварий и ошибок персонала, а не только на основе абстрактных сценариев.

Третье направление – *введение рейтинговой системы*, которая способствует:

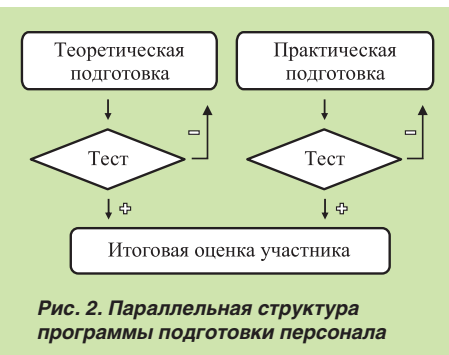
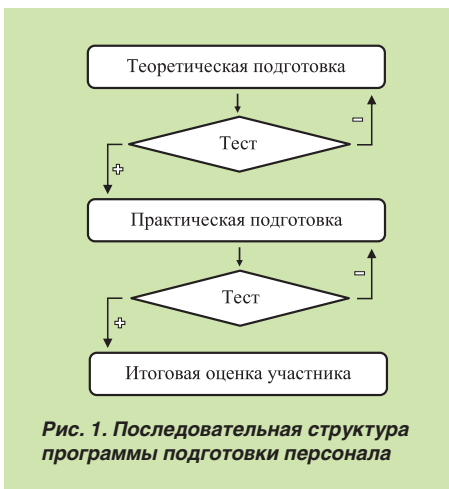
- развитию здоровой конкуренции между участниками;
- выявлению наиболее сильных и слабых профессиональных навыков каждого участника для последующей индивидуальной коррекции программы подготовки;
- формированию стимулирующей системы оплаты труда на основе успехов и достижений участников программы подготовки;
- исключению или максимальному ограничению незапланированной передачи информации о сценариях тренировок и содержании тестовых заданий между участниками программы подготовки с целью фиктивно повысить результаты, когда процедура тестирования и проверки знаний растянута во времени более чем на один день.

Следует подчеркнуть, что разработка адекватной рейтинговой системы – это

отдельная многофакторная и крайне трудная задача, которая в данной статье не рассматривается. Однако без развития этого направления эффективность теоретической и практической подготовки неизбежно снижается.

В зависимости от распределения во времени теоретического и практического направлений система подготовки персонала может иметь два варианта структуры – последовательную и параллельную.

При *последовательной структуре* вводится очередность программ подготовки по какому-либо принципу, например, сначала теоретическая подготовка, а затем практическая (рис. 1). При параллельной структуре (рис. 2) такая очередность отсутствует.



Последовательная структура предполагает, что неудовлетворительные результаты тестирования после прохождения теоретического этапа являются основанием для недопуска к последующим практическим занятиям с необходимостью вторичного прохождения теоретической подготовки и повторного тестирования, что отражается на оценке участника (ES). Важно отметить, что эта особенность последовательной системы подготовки является наиболее спорной с точки зрения практического внедрения.

Независимо от выбора структуры системы подготовки количество неудачных попыток тестирования отражается на итоговой оценке участника программы:

$$ES = \sum_{i=1}^n k_i - \sum_{j=1}^m k_j, \quad (1)$$

где $k_i = [\text{ед}]$ – i -я успешная попытка тестирования любого вида; $k_j = [\text{ед}]$ – j -я неуспешная попытка тестирования любого вида; n – число успешных попыток тестирования; m – число неуспешных попыток тестирования.

На основании полученного значения ES можно сделать косвенный вывод об усвоении материала:

$$ES = \begin{cases} > 0, & m < n, \\ 0, & m = n, \\ < 0, & m > n. \end{cases} \quad (2.1)$$

$$(2.2)$$

$$(2.3)$$

Результат (2.1) свидетельствует об удовлетворительном уровне освоения материала. Результат (2.2) может говорить о том, что участник программы был вынужден пройти вторичное тестирование и ему требуется дополнительное обучение. Результат (2.3) указывает на неудовлетворительный уровень подготовки, а также может означать, что вторичное и последующие тестирования были пройдены участником либо с нарушениями, либо за счет большого числа попыток при ограниченном числе возможных вариантов (случайный результат).

Важно подчеркнуть, что успешное прохождение каждого этапа зависит от разных влияющих факторов, из чего следует неравнозначность этапов тестирования и их оценок. Так, высший балл за теоретическую подготовку (наиболее простой этап обучения) не эквивалентен высшему баллу за итоговую диспетчерскую тренировку (наиболее трудный этап). Это справедливо и для соотношения негативных оценок за различные этапы, а также положительных и негативных оценок. К примеру, если в рамках теоретического этапа по результатам тестирования получена максимальная оценка, а в ходе практической подготовки – минимальная (решения (2.1) или (2.2)), то заключение об общей положительной оценке некорректно.

Для правильной интерпретации результатов следует вводить весовые поправочные коэффициенты c_i и c_j , которые должны учитывать индивидуальную сложность каждого этапа подготовки и соответствующего ему тестирования. В таком случае выражение (1) принимает вид:

$$ES = \sum_{i=1}^n k_i \cdot c_i - \sum_{j=1}^m k_j \cdot c_j. \quad (3)$$

Сравнивая последовательную и параллельную системы подготовки персонала, можно выделить их положительные и отрицательные стороны.

Достоинством последовательной системы подготовки является четко соблюдаемая этапность, что позволяет точнее определять причины недостаточного усвоения материала, а в наиболее благоприятном случае – сразу выявлять области знаний и навыков, над закреплением которых следует работать наиболее интенсивно. Вместе с тем имеется риск незапланированной утечки информации о сценариях тренировок и содержании тестовых заданий. Это связано с тем, что участники неизбежно контактируют друг с другом как в рамках программы подготовки, так и при исполнении своих обязанностей, а кроме того проходят отдельные этапы подготовки с разной скоростью и в разное время. Безусловно, это может негативно сказаться на общем качестве обучения.

На основании более чем пятнадцатилетнего опыта в АО «СО ЕЭС» сложилась практика применения параллельной системы подготовки персонала, которая позволяет участнику одновременно подкреплять полученный теоретический материал практикой и наоборот, то есть способствует закреплению необходимых знаний и навыков в условиях их постоянной синергии. Недостатком параллельной системы является необходимость дополнительного резервирования персонала при формировании диспетчерских смен и оперативных бригад. Если участник после нескольких попыток прохождения теоретического этапа проявляет признаки профессиональной некомпетентности, в результате чего не может полностью пройти программу подготовки и получить итоговую оценку, он должен быть отстранен от выполнения своих обязанностей и заменен другим сотрудником. В условиях ограниченного количества штатного персонала организация такого резервирования становится нетривиальной задачей.

Список литературы

1. Профессиональная подготовка, поддержание и повышение квалификации: СТО 59012820.03.100.30-002-2009 [Электронный ресурс]. – Введ. 06.11.2009. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200102858>.

2. Бондаренко, А.Ф. Подготовка диспетчерского персонала в историческом аспекте / А.Ф. Бондаренко, В.П. Будовский // Электрические станции. – 2015. – № 1. – С. 38–44.
3. Егоров, Б.П. Аварийные игры диспетчеров / Б.П. Егоров // Электрические станции. – 1932. – № 8. – С. 413–414.
4. Насыров, Р.Р., Сулейманов, И.Р., Чуркин, А.И. Тренажер оперативного и эксплуатационного персонала на основе моделей виртуальной реальности трансформаторной подстанции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38263439>.
5. Тренд: виртуальная реальность в энергетике // Цифровая подстанция Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://digitalsubstation.com/blog/2017/10/28/trend-vr-nbsp-v-nbsp-energetike>.
6. Аракелян, Э.К. Проблемы разработки и использования всережимных компьютерных тренажеров в теплоэнергетике / Э.К. Аракелян, В.А. Рубашкин // Новое в российской электроэнергетике. – 2019. – № 6. – С. 6–11.
7. Магид, С.И. Тренажерная подготовка персонала энергетики / С.И. Магид, Е.Н. Архипова. – М.: Энергобезопасность, 2017. – 158 с.: ил.
8. Загретдинов, И.Ш. Тренажерная it-подготовка персонала – основа экономической и безаварийной работы предприятий электроэнергетики России /

И.Ш. Загретдинов, С.И. Магид // Энергетика и промышленность России. – 2004. – № 10 (50). – С. 14–20.

9. Архипова, Е.Н. Технические средства обучения оперативного и обслуживающего персонала современной электроэнергетики / Е.Н. Архипова [и др.] // Надежность и безопасность энергетики. – 2012. – № 19. – С. 31–47.
10. Мищеряков, С.В. Тренажерная подготовка в электроэнергетике. Мифы и реальность / С.В. Мищеряков, В.А. Рубашкин // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 1. – С. 25–28.
11. Лишуды, А.В. Участие в расследовании аварий, сбор информации об авариях и иных технологических нарушениях, анализ причин аварийности. Участие в контроле за техническим состоянием объектов электроэнергетики // Материалы конференции по ознакомлению субъектов электроэнергетики с технологической деятельностью АО «СО ЕЭС». 23 октября 2018 года, г. Москва [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://so-ups.ru/fileadmin/files/company/events/2018/konf_5_231018_prez_05_inv.pdf.
12. Информация об аварийности в электросетях и генерации // Официальный сайт Министерства энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/267>.
13. Дорофеев, Н.П., Титов, В.Л., Степанов, Б.М. Анализ причин несчастных

случаев на энергоустановках с 1 января 2001 по 1 мая 2005 года // РосТепло.ру. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=655.

14. Доклад о правоприменительной практике контрольно-надзорной деятельности за 9 месяцев 2018 года, утвержденный ФСЭТАН от 24.12.2018 // ТехЭксперт. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/552041008>.
15. Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901756350>.
16. Методические рекомендации по тренажерной подготовке в электроэнергетике государств участников СНГ, утвержденные решением Электроэнергетического совета СНГ, прот. № 51, 04.11.2017 // Официальный сайт Исполнительного комитета ЭЭС СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energo-cis.ru>.
17. Правила проведения противоаварийных тренировок персонала электрических станций и сетей государственного производственного объединения электроэнергетики (ГПО) «Белэнерго»: СТП 09110.03.234-08 // Энергодокумент. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energodoc.by/document/view?id=2208>.

AVITIST
TECHNOPLUS

ЭНЕРГИЯ ПРАВИЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

ИНЖИНИРИНГ

- Проектирование и разработка технических решений
- Поставка оборудования и ПО
- Изготовление оборудования (щитов, пультов)
- Монтаж и пусконаладка систем
- Сервисное обслуживание

СИСТЕМЫ
ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
(АСУ, АСДУ (ОИК, ИАСДУ))

АСУ ТП, СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ,
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕТЕЛЕЙ

СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
и УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

ЕДИНЫЕ ПЛАТФОРМЫ АНАЛИЗА
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ТРЕНАЖЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
для ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПОДСТАНЦИЙ

КОНСАЛТИНГ

- Оценка возможностей
- Конструирование моделей управления и концепции систем
- Мониторинг и аудит проектов



УНП 193368112

Комплексные решения для модернизации оперативных диспетчерских центров



220069, г. Минск,
пр-т Дзержинского, 3Б, оф. 54



+375 17 363 03 10



www.avitist.by

АВИТИСТ-ТЕХНОПЛЮС
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНЫЙ ИНТЕГРАТОР