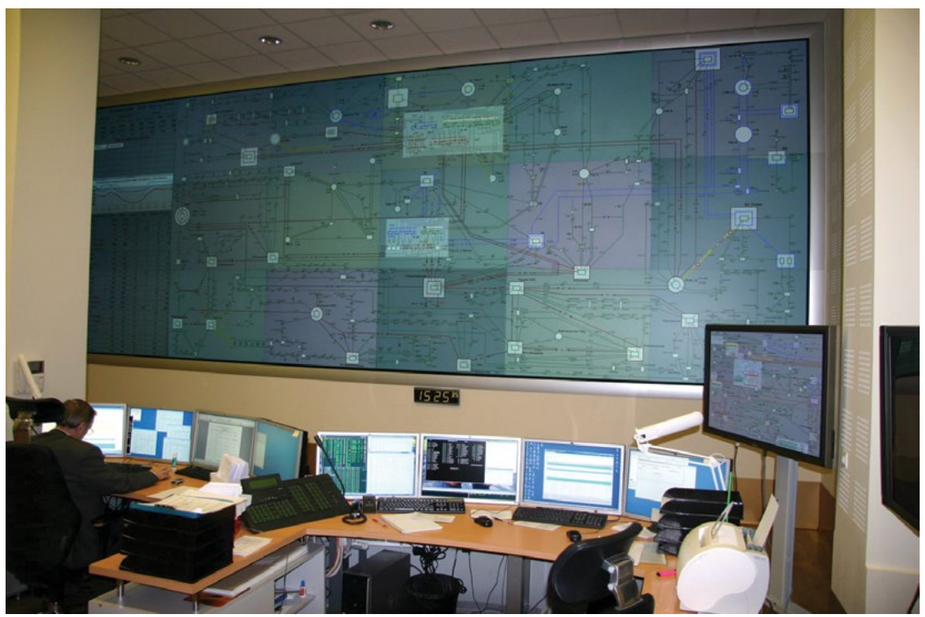
ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

АВТОР:

Л.С. ШТЕЙНБОК
ООО «ТЕЛЕКОН»

В диспетчерскую службу постоянно поступает огромный поток разнообразной информации, определяющий текущее состояние сети. Персонал службы должен быстро осознать, проанализировать всю эту информацию и принять адекватное решение. В этой связи возникает вопрос о таком способе представления поступающей информации, который минимизирует время принятия решения персоналом диспетчерс-ких служб.

Ключевые слова: системы технологического управления; мгновенная оценка оперативной ситуации; сжатие информации; иерархическое представление информации; интегральные образы ситуации; отображение динамики оперативной ситуации; активное привлечение внимания к изменению ситуации; стандарты инженерной психологии; опыт внедрения и эксплуатации.



Современный диспетчерский пункт энергосистемы. Отображение оперативной информации

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на бурное развитие информационных технологий, вопросам организации эффективного интерфейса человека и информационной среды традиционно не уделяется должного профессионального внимания. Эта проблема особенно актуальна для систем управления сложными технологическими процессами, для которых характерны огромные потоки непрерывно поступающей информации, одновременное отображение большого объема оперативной информации. Принципы организации интерфейса персонала и информационной среды являются критичными для так называемых систем управления быстрого реагирования, требующих в ряде случаев мгновенной оценки текущей оперативной ситуации и быстрой реакции оперативного персонала — это пункты оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике и пункты управления летательными аппаратами.

Первая серьезная попытка системного анализа взаимодействия персонала и систем отображения оперативной информации была предпринята после крупной аварии на атомной электростанции Three Mile Island (TMI) в 1979 г. [1]. В 1983 г. EPRI (Electric Power Research Institute, США) совместно с компанией Lockheed выпустили отчет о трехлетней исследовательской работе (шесть томов объемом более 1500 с.), в котором данная проблема была обозначена как «влияние человеческого фактора в системах управления».

Интерес автора к этой проблеме относится к началу 1960-х гг., когда дежурный персонал смены электростанции во время системных аварий, как правило, был не в состоянии оценить ситуацию и совершал ряд хаотических действий, пытаясь реагировать на ситуацию в условиях цейтнота и информационной неопределенности.

Исследовательские работы в данном направлении велись во ВНИИЭ в течение трех десятилетий, и к началу 1990-х гг. были разработаны теоретические основы ситуационной технологии отображения информации.

С появлением на пунктах управления видеостен (2000 г.) началось внедрение практических решений в ряде крупных диспетчерских пунктов электроэнергетики России и Украины. В основе разработки лежали информационно-технологические решения, обеспечивающие значительное ускорение оценки персоналом оперативной ситуации и эффективный информационный контроль текущего режима. Показательной иллюстрацией результата можно считать реплику дежурного диспетчера после одной из крупных системных аварий: «Я поднял голову — и все понял».

Относительно недавно вышла книга Л. Штейнбока «Ситуационная технология отображения информации. Теоретические и практические основы» [2] с подробным описанием разработанной технологии и опубликован ее сокращенный англоязычный вариант [3]. Оба варианта книги находятся в свободном доступе по ссылкам, приведенным в разделе «Литература» в конце данной статьи.

Кроме того, в журнале «Энергетик» готовится к выходу статья, в которой, помимо изложения основ технологии, дается анализ перспектив ее продвижения на рынке, причин отсутствия серьезных разработок в этом направлении. По просьбе редакции журнала «Энергия единой сети» в настоящей публикации основное внимание уделяется относительно подробному изложению характеристик созданной технологии.

Следует оговориться, что излагаемые решения рассматриваются лишь как один из примеров спектра многообразных возможностей.

Для достижения поставленной цели — обеспечения мгновенной оценки оперативной ситуации — был разработан комплекс технологических направлений.

1. Сжатие (обобщение) информации:

- иерархическое отображение информации;
- отображение интегральных образов ситуации;
- отображение обобщенного коммутационного состояния оборудования;
- отображение качественных характеристик основных параметров режима.

2. Повышение информативности отображения:

- эффективное отображение динамики основных показателей режима:
    - отображение коммутационной динамики;
    - отображение параметрической динамики;
- активное привлечение внимания к новой информации.

3. Обеспечение благоприятных условий видимости.

Следует оговориться, что каждое из перечисленных направлений рассматривается как неотъемлемая часть системного подхода, опирающегося на использование опыта и знаний на стыке разных областей: специфика отраслевой технологии электроэнергетики; опыт оперативно-диспетчерского управления; основы теории информации; методы сжатия информации; опыт организации информационных систем реального времени; основы инженерной психологии и эргономики.

ПРИМЕР СЕТЕВОГО УРОВНЯ ОТОБРАЖЕНИЯ

Рис. 1

ПРИМЕР ТОПОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОТОБРАЖЕНИЯ

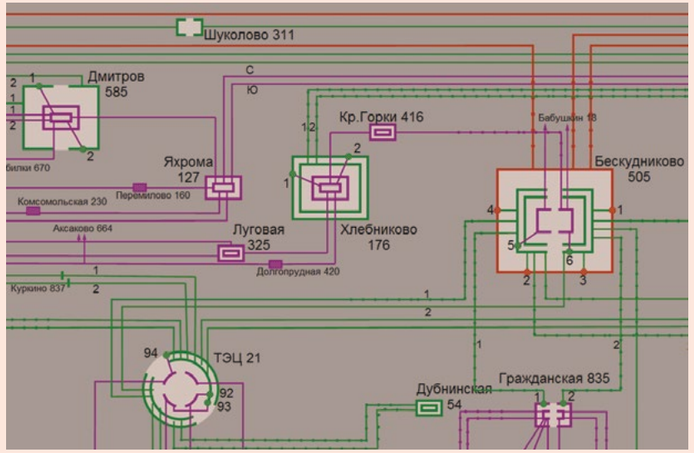


Рис. 2

СЖАТИЕ (ОБОБЩЕНИЕ) ИНФОРМАЦИИ

Предполагается, что в качестве основного поля отображения оперативного режима (ситуационного экрана) используется видеостена или *LCD*-панель. При отсутствии средств коллективного пользования для выполнения функций ситуационного экрана может быть выделен экран рабочего места.

Основная часть ситуационного экрана используется для отображения схемы и состояния режима сети и оборудования, меньшая — для отображения общих данных режима.

На основной части ситуационного экрана отображается общая информация о режиме сети, в том числе значение и динамика (при необходимости) частоты, образы ситуации, сигналы аварийных событий с указанием актуальных энергообъектов. Здесь также могут быть размещены списки событий, таблица основных параметров режима по регионам с индикацией нарушений установленных предельных значений.

ИЕРАРХИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Иерархическое представление информации позволяет существенно сэкономить динамическое пространство, сконцентрировать внимание в первую очередь на важнейших элементах ситуации и повысить информативность отображения.

Такое представление информации предусматривает несколько уровней отображения состояния сети и оборудования:

- сетевой уровень;
- топологический уровень;
- коммутационный уровень;
- объектный уровень.

Сетевой уровень (1) используется для отображения состояния основных узлов сети, межузловых связей и важнейших событий с представлением энергообъектов в виде условных динамических символов.

На рис. 1 представлен пример изображения обобщенных данных режима сети основного уровня напряжения (500 кВ) объединенной энергосистемы с отображением в «сечениях» перетоков активной мощности. Этот формат постоянно отображается в разделе, выделенном для общих данных режима. На рис. 1 левее видна часть поля ситуационного экрана, на которой представлены элементы общей мнемосхемы сети, находящейся в управлении/ведении этого пункта управления.

Базой **топологического уровня** (2) является отображение на общей схеме сети энергообъектов в виде символов топологической схемы систем шин (СШ).

На рис. 2 приведен пример изображения на топологическом уровне фрагмента схемы сети региональной энергосистемы, где энергообъекты отображаются в форме концентрических символов.

Для оптимального использования динамического пространства выбрано следующее начертание символов энергообъектов: круг — электростанции, прямоугольник — подстанции. При этом учитывается, что число символов подстанций на схеме сети обычно в 5–10 раз превышает число символов электростанций. Такой вариант дает экономию 10–20 % пространства по вертикали — наиболее критичному при размещении большого числа энергообъектов.

Элементы начертания символа определяются коммутационным состоянием межшинных и межсекционных связей.

Топология энергообъектов представлена в виде коммутационного состояния шин основных уровней напряжения и трансформаторных связей.

Коммутационный уровень (3) включает отображение на общей схеме сети энергообъекта в виде упрощенной схемы с указанием коммутационного состояния основного оборудования.

На рис. 3 показан пример схемы (в составе мнемосхемы сети) подстанции «Восточная» с указанием коммутационного состояния СШ, ЛЭП, трансформаторов связи.

Коммутационный уровень используется в основном для важнейших узловых энергообъектов сети и дает возможность получить необходимую дополнительную информацию о состоянии оборудования.

Для указанных энергообъектов при возникновении определенных событий в сети предусматривается автоматический переход с топологического на коммутационный уровень без потери наглядности отображения общей схемы сети. Поэтому для размещения схемы энергообъекта на коммутационном уровне в соответствующих местах

ПРИМЕР КОММУТАЦИОННОГО УРОВНЯ ОТОБРАЖЕНИЯ

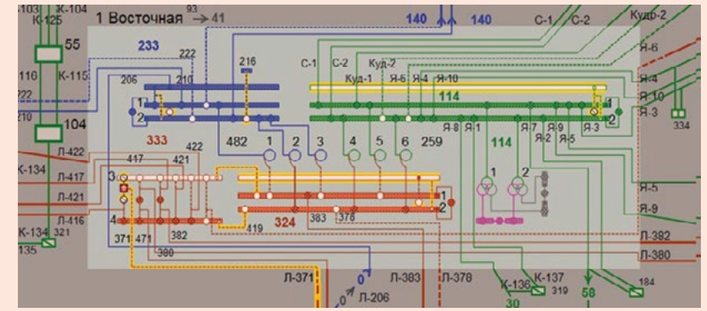


Рис. 3

ПРИМЕР ОБЪЕКТНОГО УРОВНЯ ОТОБРАЖЕНИЯ

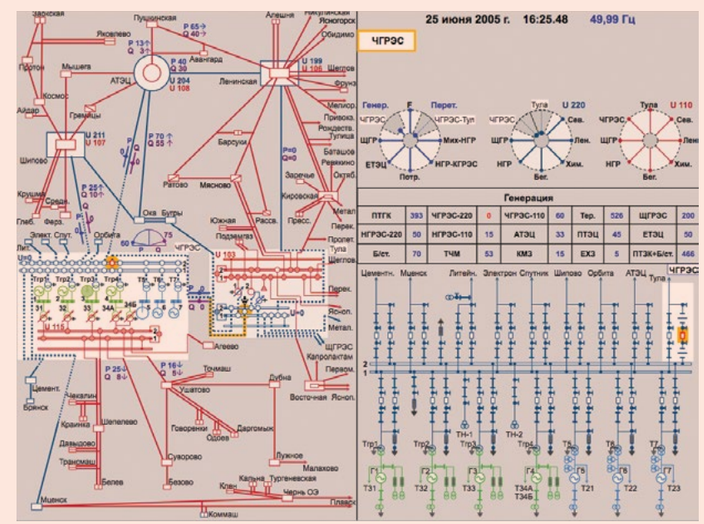


Рис.4

УРОВНИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА ИНФОРМАЦИИ

Уровни иерархии представления	Отображаемая информация		
	общая характеристика	информация, характерная для данного уровня	
Сетевой (1)	Обобщенная конфигурация сети	Состояние важнейших энергообъектов и связей, параметрические данные сечений	
Топологический (2)	Топология в узлах. Информация о событиях и состояниях в привязке к мнемосхеме сети	Топология энергообъектов — состояние СШ и трансформаторных связей. Плакатики событий	Состояние ЛЭП. Параметры режима. Информационные признаки. Состояние средств РЗА. Диспетчерские пометки
Коммутационный (3)	Обобщенные коммутационные состояния ЛЭП и оборудования в узлах	Состояние оборудования на упрощенной схеме энергообъекта	
Объектный (4)	Подробная схема энергообъекта	Детальная информация о схеме, параметрах, состоянии и характеристиках оборудования энергообъекта	

Таблица 1

схемы сети резервируется дополнительное пространство.

Объектный (традиционный) уровень (4) предусматривает отображение коммутационной схемы энергообъекта (или его фрагмента) и реализуется, как правило, на экранах рабочих мест. При необходимости актуальный энергообъект (или его фрагмент) возможно отображать по запросу в разделе ситуационного экрана, выделенного для отображения общих данных режима.

На рис. 4 в нижней части правого раздела (раздела общих данных) показана коммутационная схема подстанции ГРЭС.

При формировании схемы выбран предельно экономичный вариант представления коммутационных аппаратов. На схеме показан вариант выделения присоединения, выведенного в ремонт, и изменения состояния выключателя.

Из перечисленных иерархических уровней отображения к наиболее представительным следует отнести топологический. Именно топологический уровень позволяет при значительной экономии динамического поля отображения получить основную информацию о коммутационном состоянии СШ, ЛЭП и трансформаторных связей.

На топологическом уровне с учетом относительно невысокого уровня детализации информации наиболее широко используются плакатики событий. Однако символы событий могут нести дополнительную информацию и на коммутационном уровне.

Что касается сетевого уровня, то здесь возможности включения плакатиков событий в схему сети определяются располагаемым динамическим пространством.

В табл. 1 представлен состав информации на различных уровнях иерархии отображения.

ОТОБРАЖЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ СИТУАЦИИ

С учетом огромного объема информации, отображаемой на общей мнемосхеме сети, крайне важно независимое эффективное представление интегральных образов оперативной ситуации. Разработанные проекты ориентируются на использование параметрических образов ситуации. В интегральном образе ситуации представлена информация как о характере ситуации в целом, так и о состоянии основных режимно связанных компонентов.

На рис. 5 показан пример отображения многопараметрических образов ситуации:

- режима по мощности — включает данные мощности основных электростанций энергосистемы, перетоков активной мощности по основным ЛЭП, данные потребления и частоты;
- режима по напряжению 220 кВ — данные в контрольных пунктах сети 220 кВ;
- режима по напряжению 110 кВ — данные в контрольных пунктах сети 110 кВ.

Первый образ основан на качественной индикации параметров режима по мощности, второй и третий дают информацию о различного рода нарушениях напряжений в контрольных пунктах сети: нарушениях верхнего и нижнего аварийных пределов;

нарушениях верхнего и нижнего предупредительных пределов; снижении напряжения до предельно допустимого уровня; обесточении. Отклонение от нормального режима характеризуется изменением размера векторов и искажением окружности. Состав изменившихся параметров и относительный уровень их изменения определяют различную форму искажения окружности, что обусловливает специфику соответствующей оперативной ситуации.

ОТОБРАЖЕНИЕ ОБОБЩЕННОГО КОММУТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

В отличие от традиционных решений, ориентированных на отображение состояний коммутационных аппаратов, в ситуационной технологии за основу принимается отображение состояния оборудования.

На рис. 6 показан пример отображения коммутационного состояния ЛЭП (используется на сетевом, топологическом и коммутационном уровнях представления). На рис. 7 показаны примеры отображения коммутационного состояния присоединения (так называемого эквивалентного коммутационного аппарата) оборудования для схем с одной и двумя СШ. Данный тип отображения используется на коммутационном уровне представления.

На рис. 8 показан пример отображения коммутационного состояния СШ и трансформаторных связей на топологическом уровне.

Набор отображаемых состояний оборудования включает реальные диспетчерские понятия:

- включено («Вкл.»); для ЛЭП и СШ также отображается состояние «Включено, но обесточено»; при этом в момент обесточения ЛЭП или СШ при отсутствии на них коммутационных переключений появляется и мигает светлая подложка; на приведенных рисунках показано состояние после квитирования;
- включилось («Вкл-лось») — с миганием подложки в течение определенного интервала времени (для символа присоединения — с резким увеличением размера символа и появлением его жирной окантовки);

ПРИМЕР ОТОБРАЖЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ СИТУАЦИИ

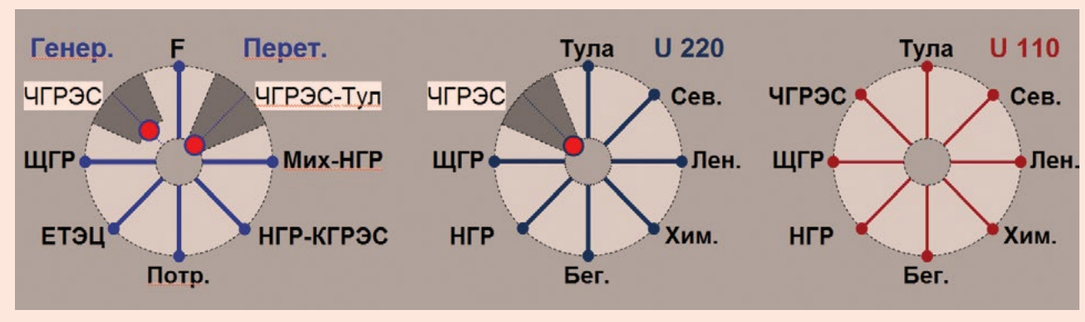


Рис. 5

ПРИМЕР ОТОБРАЖЕНИЯ КОММУТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЙ ЛЭП

Рис. 6

ПРИМЕР ОТОБРАЖЕНИЯ КОММУТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ К СШ

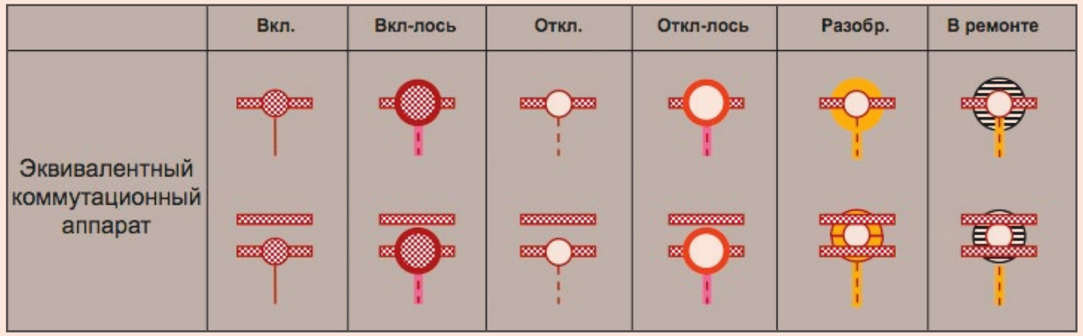


Рис. 7

– отключено («Откл.»); на приведенных рисунках показано состояние после квитирования;

– отключилось («Откл-лось»); для ЛЭП — с миганием подложки в течение определенного интервала времени, для символа присоединения — с резким увеличением размера символа и появлением его жирной красной окантовки;

– разобрано («Разобр.»);

– в ремонте («В ремонте»); при этом для ЛЭП отображаются также варианты связанных технологических состояний: «Заземлено», «Заземлено с учетом наведенного напряжения», «Заземлено и допущены бригады», «Заземлено с учетом наведенного напряжения и допущены бригады», «Охранное напряжение (Охр. U)».

Коммутационные состояния, показанные на рис. 6–8, формируются как логическая функция состояний всех коммутационных аппаратов (выключателей, разъединителей, заземляющих ножей) оборудования, а также наличия или отсутствия напряжения.

Все библиотеки логики учитывают наборы типовых схем, используемых в электроэнергетике, количество которых для каждой библиотеки обычно не превышает 20.

При возникновении нетипичной схемы библиотеки описаний расширяются в процессе разработки конкретного информационного проекта. Опыт внедрения показывает, что число нетипичных схем обычно не превышает 4–5.

Логический результат получают с помощью универсального топологического процессора [4] либо (при его отсутствии) с помощью табличного набора логики состояний.

С учетом возможных проблем получения данных о состоянии отдельных коммутационных аппаратов при недостаточном объеме средств автоматической доставки информации (или в случае их ремонта) предусматривается простейшая функция задания в базе данных вручную состояния оборудования и соответственно группового задания актуальных коммутационных аппаратов. При этом не исключается возможность индивидуального задания состояния коммутационных аппаратов в базе данных.

ОТОБРАЖЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

Отображение тенденции и значения основных параметров

Важной особенностью разработанной технологии является переключение основного внимания с традиционной цифровой индикации на отображение качественных показателей (тенденции и ориентировочной величины изменений) параметров и показателей режима.

В общем случае в соответствии с положениями инженерной психологии возможны три типа параметрической индикации: цифровая, качественная и контрольная.

В табл. 2 приведены используемые форматы отображения и их основное назначение.

Для быстрой оценки как общей ситуации, так и конкретных особенностей режима основное внимание необходимо сосредоточить на качественной и контрольной индикации.

Их сочетание позволяет эффективно отразить следующие параметрические состояния режима:

– стабильное состояние — изменение в пределах 10–15 % рабочего диапазона;

– существенное изменение — изменение более 10–15 % рабочего диапазона;

– нарушение нормального или аварийно-допустимого режима определяется областью допустимых значений.

В табл. 3 приведены примеры сочетания различных видов и форм параметрической индикации с учетом возможности квитирования информации о нарушении заданных пределов. В первых двух строках показан пример одновременного отображения предыдущего и текущего состояний параметра, в последней строке — пример кратковременного (в течение нескольких минут) отображения на схеме сети мини-графика изменения перетока мощности по ЛЭП при возникновении резкого изменения режима. При этом цифровые значения могут отображаться постоянно, вообще не отображаться либо отображаться при существенном изменении параметра.

При отображении параметров (первые две строки) в момент нарушения режима (3-й и 5-й столбцы) символ качественного показателя параметра увеличивается и становится красным, появляется жирная, соответственно желтая или красная, окантовка вокруг цифрового значения, поле значения резко просветляется, возникает мигание символа качественного показателя за определенный промежуток времени.

При квитировании (автоматическом или вручную) нарушения (6-й или 8-й столбцы) символ качественного показателя становится черным, толщина окантовки цифрового значения уменьшается, поле значения становится менее светлым; при этом для сохранения внимания к существующему нарушению уровень просветления отличается от уровня нормального состояния.

Во всех случаях в целях контроля динамики изменения параметра сохраняется индикация предыдущего качественного показателя.

Отображение информационных признаков

В отличие от западных SCADA, в которых рядом с параметром предусмотрено отображение большого числа информационных признаков, в разработанной технологии используется всего четыре обобщенных признака:

– Признак первичного источника информации:

ПРИМЕР ОТОБРАЖЕНИЯ КОММУТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ СШ И ТРАНСФОРМАТОРНЫХ СВЯЗЕЙ НА ТОПОЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ

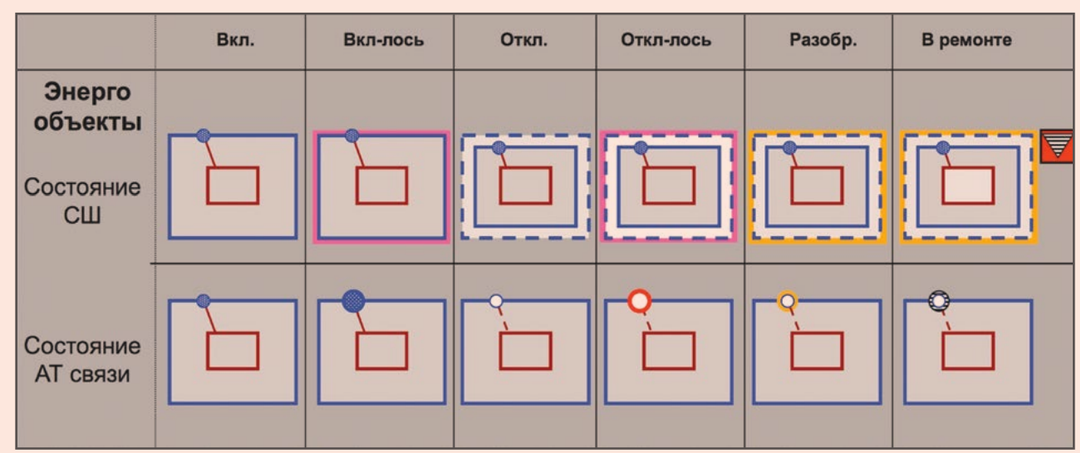


Рис. 8

ФОРМАТЫ ОТОБРАЖАЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

Типы параметрической индикации	Формат отображения	Основное назначение
Цифровая	Цифровое значение	Значение параметра в цифровой форме
Качественная	Столбиковые индикаторы	Отображение относительных значений однотипных параметров, например, нагрузки электростанций
	Линейные и круговые индикаторы	Отображение существенного изменения параметров режима, например перетоков мощности, нагрузки электростанций и генераторов
	Графический индикатор (мини-график)	Отображение резкого изменения важнейших параметров режима
Контрольная	Символ изменения состояния	Отображение нарушений области заданных значений

Таблица 2

- получено от датчика (от систем передачи или обработки в реальном времени);
- задано вручную («Р» в поле признака).

– Признак вторичного источника информации («&» в поле признака); к вторичному источнику информации можно, в частности, отнести:
  - резервный источник информации, например, датчик другого конца ЛЭП;
  - программу достоверизации;
  - программу оценки состояния;
  - массив суточной ведомости;
  - базу данных заявок.

– Признак нарушения достоверности («?» в поле признака).

– Признак нарушения поступления информации («Х» в поле признака), в частности:
  - нарушения регулярности обновления информации;
  - отсутствия поступления информации.

В данном решении важно, что в целях экономии пространства отображения для символа признака предусматривается резервирование только одного знакоместа. Признаки источника информации могут быть сформированы по результатам работы программных приложений как данного, так и других уровней управления. Признак нарушения работы источника информации может относиться как к одному информационному элементу, так и ко всему энергообъекту, например, при неисправности (выводе из работы) устройства телемеханики. Перечисленные информационные признаки отображаются в поле признака рядом с состоянием параметра или оборудования. Получить детальную информацию о причинах появления перечисленных признаков можно по запросу, например, через контекстное меню.

Появление информационных признаков включает, по аналогии с отображением основной информации, три фазы отображения:

– появление толстой мигающей окантовки с активным просветлением поля признака;

– квитирование, которое может быть автоматическим по истечении определенного интервала времени;

– сохранение тонкой окантовки и некоторого просветления поля признака после квитирования.

В табл. 4 показаны актуальные состояния основных информационных признаков.

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ

ЭФФЕКТИВНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ДИНАМИКИ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЖИМА

Традиционно на диспетчерском щите отображаются состояние выключателей и цифровые значения параметров режима — мощности электростанций, перетоки активной мощности по основным связям, напряжения

ПРИМЕРЫ ИНДИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

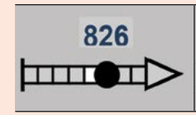
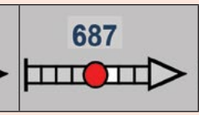
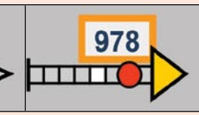
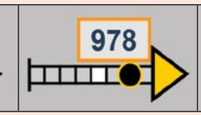
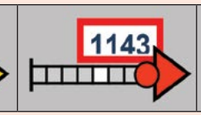
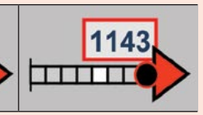
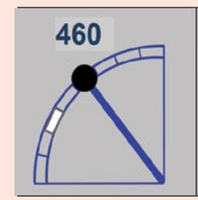
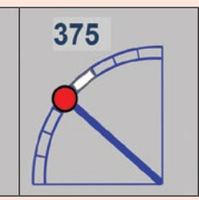
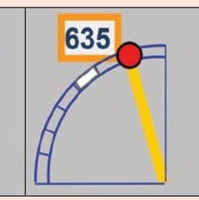
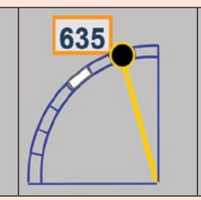
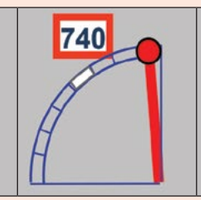
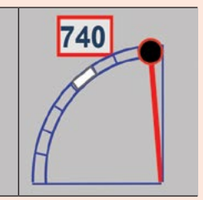
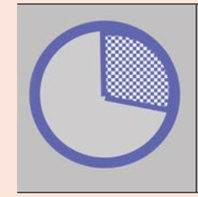
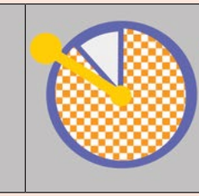
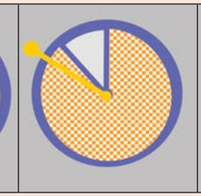
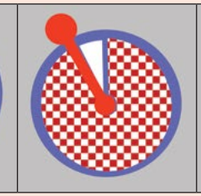
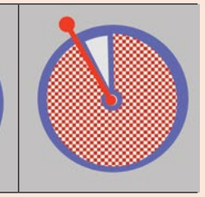
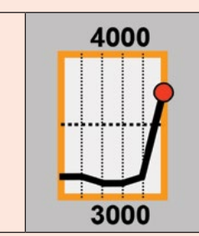
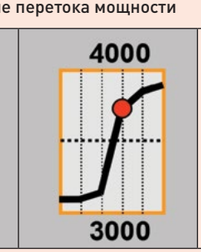
Стаб.	Измен	Наруш. Н	Наруш. Н-к	Наруш. А	Наруш. А-к
Переток мощности					
					
Мощность электростанции					
					
Мощность генератора					
					
Резкое изменение перетока мощности					
					

Таблица 3

в контрольных пунктах сети. Однако такие методы отображения информации не позволяют быстро оценить динамику оперативной ситуации.

Надежность контроля и управления технологическими процессами непосредственно связана с возможностью быстрого восприятия существенного изменения ситуации.

Принципиально важное значение имеет совместное отражение коммутационной и параметрической динамики.

Отображение коммутационной динамики

Отображение коммутационной динамики на примерах рис. 6 (коммутационные состояния ЛЭП), рис. 7 (коммутационные состояния связей оборудования с СШ), рис. 8 (коммутационные состояния СШ и трансформаторных связей) позволяет быстро опознать возникшие изменения, определить состав объектов, затронутых нарушением.

Отображение коммутационной динамики на примере фрагмента схемы

СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРИЗНАКА

Информационные признаки		
Описание состояния	Возникн.	Квитир
Недостоверность	582 ?	582 ?
Нарушение обновления	582 X	582 X
Вторичный источник информации	582 &	582 &
Ручной ввод	582 P	582 P

Таблица 4

сети (рис. 9) иллюстрирует возможность мгновенного опознания отключившегося оборудования аварийного энергообъекта. На фрагменте схемы сети показаны данные ситуации, возникшей при коротком замыкании на ЛЭП и отказе выключателя.

Отключение СШ-1 и СШ-2 сопровождается одновременным появлением на схеме энергообъекта нескольких форматов:

- пунктирной линии символов СШ;
- подложки символов СШ;
- плакатиков событий с наименованием «СШ-1» и «СШ-2»;
- символа снижения напряжения.

Аналогично отключение генератора Г-5 сопровождается одновременным появлением следующих символов:

- плакатика события с наименованием «Г-5»;
- символа комбинированного представления активной и реактивной мощностей электростанции с индикацией уровня их снижения и текущих значений.

При этом каждый плакатик выделяется толстой красной окантовкой, миганием этой окантовки, красным крестом на наименовании, просветлением поля плакатика относительно фона.

Одновременно вся область энергообъекта выделяется светлой подложкой, а в разделе общих данных появляется мигающий плакатик события с кратким наименованием энергообъекта и миганием толстой красной окантовки.

В общем случае в зависимости от располагаемого динамического пространства и особенностей режима можно использовать и другие эффективные методы отображения коммутационной динамики:

- выделение отключившегося участка схемы сети;
- выделение топологически слабых сетевых связей — как межобъектных, так и внутриобъектных;
- отображение событий, связанных с разделением схемы энергообъекта, как между различными уровнями напряжения, так и в пределах одного уровня напряжения.

Отображение параметрической динамики

Эффективное отображение параметрической динамики возможно при одновременном предъявлении факта, величины и тенденции изменения параметра. Отображение этих характеристик логично связано с аналоговой формой представления информации и качественной индикацией.

На рис. 10 показаны примеры различных форм отображения параметрической динамики:

- резкого изменения активной и реактивной мощности электростанции;
- резкого изменения перетока активной мощности по ЛЭП с двумя вариантами представления:
  - в верхней строке — качественный индикатор перетока мощности, с отображением символа превышения допустимого значения;
  - в нижней строке — динамика резкого снижения перетока мощности в форме мини-графика;
- резкого изменения генерации на электростанции и перетока активной мощности по ЛЭП — в составе интегрального образа ситуации;

- перегрузки трансформатора с указанием ее относительной величины и допустимого времени — отображается рядом с символом соответствующего трансформатора.

На рис. 10 показано три актуальных состояния — текущее, резкое изменение и квитирование.

Эффективным методом представления динамики важнейших параметров можно считать мини-график (вторая строка рис. 10). Он может появляться в момент внезапного резкого изменения режима ЛЭП, электрических станций, подстанций. На мини-графике отображаются данные параметра за несколько минут, начиная с момента его резкого изменения, актуальная шкала изменения параметра, а также его текущее значение в цифровой форме. Возможно также отображение другой характерной информации — точек максимума, моментов отклонения от нормы и т. п.

Отображение мини-графика продолжается в течение ограниченного интервала времени с поминутным сдвигом влево начальной временной точки. Длительность отображения мини-графика в значительной степени связана с временем стабилизации значения параметра и обычно не превышает 5–7 мин.

АКТИВНОЕ ПРИВЛЕЧЕНИЕ ВНИМАНИЯ К НОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

В разработанной технологии для повышения скорости оценки оперативной ситуации используются различные методы активного привлечения внимания к новой информации.

Эти методы проиллюстрированы рис. 6–10, табл. 3, 4 и частично изложены в соответствующих комментариях. Остановимся на некоторых общих положениях.

Индикация возникновения события

При возникновении события, связанного с коммутационными отключениями, обеспечивается надежное привлечение внимания персонала к новой информации:

- пространство энергообъекта, на котором произошло событие, частично просветляется;
- появляется плакатик события с просветлением высокой яркости;
- выделяется новое коммутационное состояние оборудования, в частности, на коммутационном (3) уровне отображения поле символа присоединения при отключении оборудования резко увеличивается и просветляется;
- символ события выделяется толстой красной окантовкой;
- окантовка символа события мигает в течение заданного интервала времени;
- помимо появления на пространстве актуального энергообъекта перечисленных выше элементов, в зоне сигналов раздела общих данных возникает ярко просветленный плакатик с наименованием энергообъекта и мигающей толстой красной окантовкой.

Мигание и квитирование

Для адекватной оценки изменения оперативной ситуации используется четкое различение событий: новых, старых, квитированных и не квитированных.

ИЛЛЮСТРАЦИЯ ОТОБРАЖЕНИЯ КОММУТАЦИОННОЙ ДИНАМИКИ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЛЭП И ОТКАЗЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

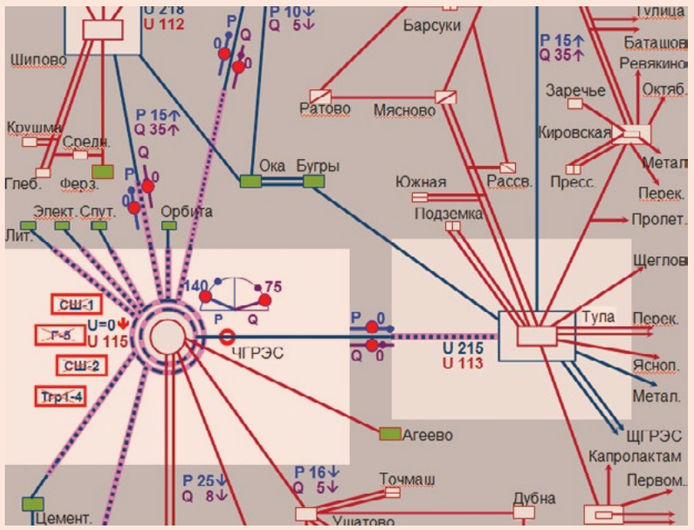


Рис. 9

ПРИМЕР ОТОБРАЖЕНИЯ ДИНАМИКИ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

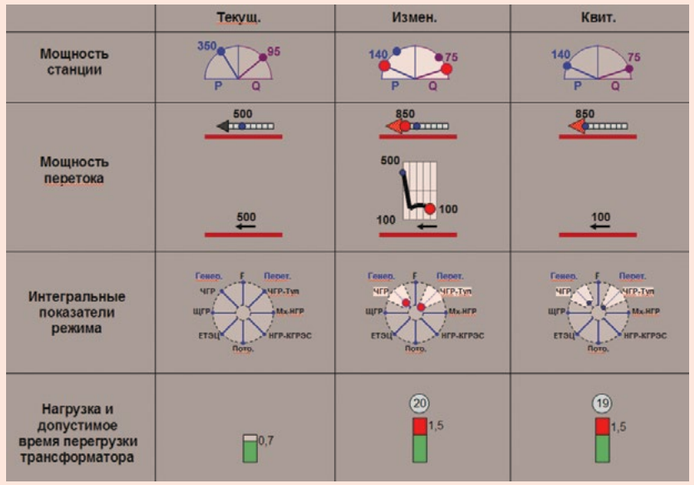


Рис. 10

При разработке проекта формируется определенная система приоритетов, которая позволяет отличить события новые (наступившие в течение последних 10–30 с) от ранее возникших событий, которые были квитированы или по тем или иным причинам не были квитированы. Кроме того, формируются две группы событий — требующие ручного квитирования и квитируемые автоматически.

В разработанной технологии используются три фазы выделения плакатика события или изменения коммутационного состояния оборудования:

- начало мигания — для привлечения внимания к новым событиям;
- автоматическое прекращение мигания через определенный промежуток времени (10–30 с) и переход символа события в новое состояние для последующего надежного опознания персоналом вновь возникших изменений;
- квитирование — прекращение выделения события.

Кроме того, после квитирования происходит:

- исчезновение плакатика событий, за исключением случаев продолжения нарушения аварийного или предупредительного пределов;
- продолжение индикации плакатика события с уменьшением толщины его окантовки и уровня просветления подложки при продолжающемся нарушении аварийного или предупредительного предела.

При этом для каждого символа предусматривается возможность выбора:

- принципа квитирования — общего, группового и индивидуального;
- интервала мигания — в рамках соответствующей группы событий.

Принятая частота мигания элементов — 1 Гц. После квитирования мигание прекращается, за исключением случая перегрузки трансформатора, когда мигание окантовки символа события может быть продолжено с частотой 0,2 Гц.

Дублирование информации о событии

Для ускорения восприятия важнейших событий используются различные методы информационной избыточности отображения:

- одновременное отображение для одного события нескольких информационных форматов;
- одновременное использование нескольких признаков кодирования в одном информационном формате;
- одновременное отображение информации о событии в различных разделах ситуационного экрана;
- дублирование данных ситуационного характера на различных иерархических уровнях представления информации.

Отдельные примеры информационной избыточности приведены ниже.

Одновременное отображение нескольких информационных форматов. Яркий пример применения данного метода был показан на рис. 9, когда для отображения события, связанного с неуспешным отключением короткого замыкания на ЛЭП, используются следующие информационные форматы:

- пунктирные линии символов отключившихся ЛЭП и СШ;
- подложки изменения состояния ЛЭП и СШ;

- плакатики событий с наименованием отключившегося оборудования;
- символ обесточения СШ;
- символ снижения активной и реактивной мощностей электростанции;
- выделение всей области данного энергообъекта светлой подложкой.

Одновременное использование нескольких признаков кодирования в одном информационном формате. Примером применения данного метода можно считать одновременное использование на рис. 9 для плакатика события следующих информационных признаков:

- выделение плакатика толстой красной окантовкой;
- мигание окантовки плакатика;
- просветление поля плакатика относительно фона;
- появление в поле плакатика красного креста на наименовании.

Одновременное отображения информации о событии в различных разделах ситуационного экрана. Иллюстрацией использования данного метода можно считать одновременное отображение информации о событии:

- на мнемосхеме сети — в поле актуального энергообъекта;
- в разделе общих данных — в поле сигналов, где появляется плакатик события с наименованием актуального энергообъекта.

Дублирование данных ситуационного характера на различных иерархических уровнях представления информации. Пример дублирования данных ситуационного характера на различных иерархических уровнях представления информации был показан на рис. 1, где дано одновременное отображение:

- общей мнемосхемы сети — на топологическом (2) уровне;
- сети основного уровня напряжения — на сетевом (1) уровне.

На сетевом уровне может быть представлен только системообразующий вариант схемы сети с отображением динамики режима узловых энергообъектов и эквивалентной схемы сети. Информационный смысл такого дублирования заключается в предоставлении дежурному персоналу двух временных уровней оценки оперативной ситуации: на первом уровне (за доли секунды) — по схеме системообразующей сети; за более длительный интервал времени (до 2–3 с) — по информации на общей мнемосхеме сети.

События, отображаемые на схеме системообразующей сети, и дополнительные сигналы, отображаемые практически рядом в разделе общих данных, позволяют мгновенно опознать объекты, затронутые нарушением, и быстро переключиться на область актуальных энергообъектов, отображаемых на общей мнемосхеме сети.

Все описанные методы активного привлечения внимания к новой информации резко увеличивают скорость восприятия и оценки оперативной ситуации. Очевидно, что возможно использование и других эффективных способов привлечения внимания к актуальной информации.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ВИДИМОСТИ

Наряду с регулированием объема и состава отображаемой информации и активным привлечением внимания к новой информации важное значение для надежности и скорости восприятия информации имеет обеспечение благоприятных условий видимости.

Такие условия определяются положениями инженерной психологии и эргономики, которые, в частности, включают:

- размеры символов и углы размещения актуальной информации;
- использование цвета и яркости изображения;

ТОЛЩИНА ЛИНИИ В ММ, СООТВЕТСТВУЮЩАЯ 1′ ПРИ РАЗЛИЧНОМ РАССТОЯНИИ НАБЛЮДЕНИЯ

Расстояние наблюдения, м	0,5	0,7	1	2	3	3,5	4	5	6	7	8
Толщина линии, соответствующая 1′, мм	0,145	0,2	0,29	0,58	0,87	1,0176	1,163	1,453	1,744	2,035	2,325

Таблица 5

– выбор фона изображения;

– основные характеристики эргономики рабочего места;

– требования к организации освещения.

Достаточно подробная информация по данному спектру вопросов изложена в книге Л. Штейнбока [2].

РАЗМЕРЫ СИМВОЛОВ И УГЛЫ РАЗМЕЩЕНИЯ АКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Конструкция, размещение и состав средств представления информации и рабочих мест персонала должны обеспечивать выполнение конкретных требований к параметрам видимости, определяемых положениями инженерной психологии и эргономики.

В частности, необходимо учитывать, что минимальное значение разрешающей способности глаза составляет примерно 1′ («′» — угловая минута). Практическое понимание этой величины дает приведенное в табл. 5 значение толщины линии (в мм), соответствующее 1′ при различном расстоянии наблюдения (в м).

В табл. 6 приведены некоторые существенные характеристики наблюдения, обеспечивающие высокую надежность считывания информации.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦВЕТА И ЯРКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Скорость восприятия данных о текущей ситуации в значительной мере зависит от принятых критериев использования цвета, яркости и фона изображения. Исключается выделение цветом пространства изображения. Цвет применяется в основном для выделения линий, окантовок различных пространственных форматов: событий, подложек и т. п. Для четкого различения и быстрого восприятия возникающих изменений количество используемых цветов в одном формате отображения должно быть ограничено 5–6, а количество уровней яркости — 3.

ВЫБОР ФОНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

При выборе фона изображения учитывается, что скорость и надежность восприятия информации максимальна при отображении темного изображения на светлом фоне.

Распространенное использование черного фона в информационных системах технологического управления не учитывает тот факт, что инженерная психология не рекомендует применение черного фона для информации длительного пользования из-за возникновения психического дискомфорта.

При выборе светлого фона учитывается проблема «светового давления» светлого поля экранов значительной площади (видеостен, больших мониторов). Проблема «светового давления» практически снимается при выборе серого фона средней плотности. Фон локальной области экрана может быть на 2–3 ступени светлее общего поля. При выборе данного варианта обеспечивается приемлемый уровень контраста с фоном для цветных символов оборудования различных уровней напряжения и черного цвета наименований.

Такой подход позволяет обеспечить высокий уровень надежности считывания информации и исключить «давление» на глаза большого светового пространства. В ночное время уровень яркости средне-серого фона может быть дополнительно снижен (автоматически или по инициативе персонала).

Перед окончательным выбором фона и цвета элементов изображения рекомендуется провести тестирование различных вариантов на видеостене и экранах рабочих мест с учетом их характеристик.

НЕКОТОРЫЕ СУЩЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАБЛЮДЕНИЯ

№ п/п	Наименование средства или показателя	Размер пикселя, мм	Типовое расстояние наблюдения, м	Оптимальные показатели
1.	Видеокуб диагональю 67″ - разрешение SXGA+ (1400 × 1050) - разрешение XGA (1024 × 768)	1,0 1,4	5–7	
2.	Толщина любой линии			1,5′–2′
3.	Простейший технологический символ			30′–40′
4.	Высота алфавитно-цифрового символа - в большинстве случаев - при незнакомом тексте			15′ 20′–22′
5.	Ширина поля ясного зрения			до 36°
6.	Угол между линией зрения и поверхностью видеостены - рекомендуемый - допустимый			>60° >45°
7.	Рекомендуемые углы размещения актуальной информации - по вертикали - по горизонтали			(–30°)–(+20°) (–30°)–(+30°)

Таблица 6

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭРГОНОМИКИ РАБОЧЕГО МЕСТА

Основные положения эргономики рабочего места включают следующие ориентировочные показатели:

– высота дисплейного пульта — 120 см;

– высота столешницы — 66–71 см;

– высота и глубина ниши для колен — 62 и 45 см;

– расстояние наблюдения экрана с диагональю 19–22″ — 70–75 см;

– угол установки экрана — 15°, при опасности возникновения бликов возможно уменьшение указанной величины.

ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ ОСВЕЩЕНИЯ

Важное значение для деятельности оперативного персонала имеет выполнение определенных требований к организации освещения в помещении:

– обеспечение равномерного рассеянного освещения;

– использование в помещении рассеивающих, а не отражающих поверхностей;

– исключение ярких световых источников в пределах 60° центрального поля зрения;

– исключение ярких поверхностей в рабочем поле зрения;

– исключение одинаковых углов освещения и наблюдения по отношению к отражающим поверхностям.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РАЗРАБОТАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Опыт разработки и внедрения информационных проектов показал, что успешность результата внедрения в значительной мере связана с необходимостью учета организационных, профессиональных и «человеческих» особенностей персонала:

– уровня инициативности и амбициозности руководящего персонала пункта управления и диспетчерской службы;

– уровня «продвинутости» диспетчерского персонала, его готовности к новым информационным решениям, принятию определенных изменений информационного интерфейса, непосредственному участию в работах по внедрению новой технологии и дальнейшему ее применению;

– возможности формирования активной группы технической поддержки внедрения, включающей специалистов широкого профиля, обладающих знаниями и опытом в сферах технологии управления, технических и программных средств, технологии передачи информации, инженерной психологии и эргономики.

ИЗ СТАНДАРТА АО «СО ЕЭС» «ПРАВИЛА ОТОБРАЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ»

Коммутационный уровень отображения — способ отображения энергообъектов на схемах энергосистем в виде упрощенной коммутационной схемы. Упрощение достигается путем представления состояния последовательности коммутационных аппаратов, определяющих соединение между собой шин и электрооборудования, в виде одной условной эквивалентной коммутационной связи, при этом системы шин и присоединенное электрооборудование отображаются без упрощения.

Семь проектов было внедрено в условиях приемлемой площади динамического пространства видеостен. Только на одном диспетчерском пункте возникла проблема отображения запрошенного количества энергообъектов на коммутационном (3) уровне. Острота ситуации была связана с необычно большим объемом мнемосхемы сети (количество энергообъектов — более 400, межобъектных связей — около 1000) при недостаточной для такой схемы площади видеостены (28 кубов при диагонали 67″).

В дальнейшем были рассмотрены механизмы более продвинутого топологического отображения и выделения актуальной информации.

Многолетний опыт эксплуатации разработанной технологии есть в трех

корпорациях электроэнергетики: шесть проектов в двух корпорациях России и один проект на Украине. Из них три проекта были внедрены по инициативе непосредственно руководящего персонала пунктов управления, а один — в значительной мере благодаря мягкой настойчивости руководства корпорации. Впрочем, после замены этого руководства центрам управления, на которых новая технология успешно эксплуатировалась в течение 7–8 лет, поступило административное указание возвратиться к использованию традиционных решений.

Отдельный случай — Украина, где персонал не только внедрил своими силами новую технологию на крупном диспетчерском пункте, преодолев проблемы западных комплексов SCADA по включению в их состав нестандартных решений, но и готов принять эту технологию в качестве основы технической политики для корпорации электроэнергетики, которую они представляют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наш опыт показал, что системный подход к решению проблемы представления информации в условиях огромных объемов данных, поступающих в темпе процесса, обеспечил возможность мгновенного анализа персоналом оперативной ситуации.

Хотелось бы предостеречь читателей от недооценки кажущихся иногда малозначимыми отдельных изложенных положений. Эти «малозначимые» положения реально выполняют роль элементов общей конструкции, и пренебрежение ими может свести на нет достижение основной поставленной цели.

К сожалению, понимание этого обычно свойственно лишь крайне узкому кругу системных специалистов, которые в силу соответствующего образа мышления и уровня образования могут реально оценить значимость отдельных элементов «конструкции».

Как упоминалось в начальной части данного изложения, даже постановка задачи для таких сложных систем технологического управления, как электроэнергетика и пилотируемые системы, требует участия системных специалистов, имеющих теоретический и практический опыт на стыке разных областей знаний (основы отраслевой технологии, особенности оперативно-технологического управления, основы теории информации, методы сжатия информации, организация информационных систем реального времени, основы инженерной психологии и эргономики).

Однако найти таких специалистов крайне сложно, да и программы высших учебных заведений не предусматривают подготовку специалистов подобного рода.

Именно непониманием путей решения задачи и проблемой крайнего дефицита системных специалистов широкого профиля можно объяснить отсутствие аналогичных разработок даже в развитых странах (США, Япония, страны ЕС), несмотря на регулярные серьезные аварии в электроэнергетике.

В заключение следует перечислить основные особенности разработанной технологии.

1. Переход от информационно перегруженного поля ситуационного экрана к резко ограниченным объемам одновременно отображаемой информации в результате использования:

– иерархического принципа предъявления информации;

– различных форм обобщенного представления информации.

2. Переход от отображения отдельных параметров к комплексному представлению характеристик ситуации:

– отображению многопараметрических образов ситуации;

– представлению информационно дополняемых экранных форм (мнемосхема, график, столбиковая диаграмма, образ ситуации) при ограничении информации в составе каждой формы.

3. Переход от статичного представления параметрической информации к активному отражению динамики процесса — тенденции (направлению и скорости) изменения.

4. Переход от традиционного принципа визуального («ручного») сканирования ситуационного экрана к технологии активного привлечения внимания к новой существенной информации.

5. Следование основным положениям инженерной психологии и эргономики.

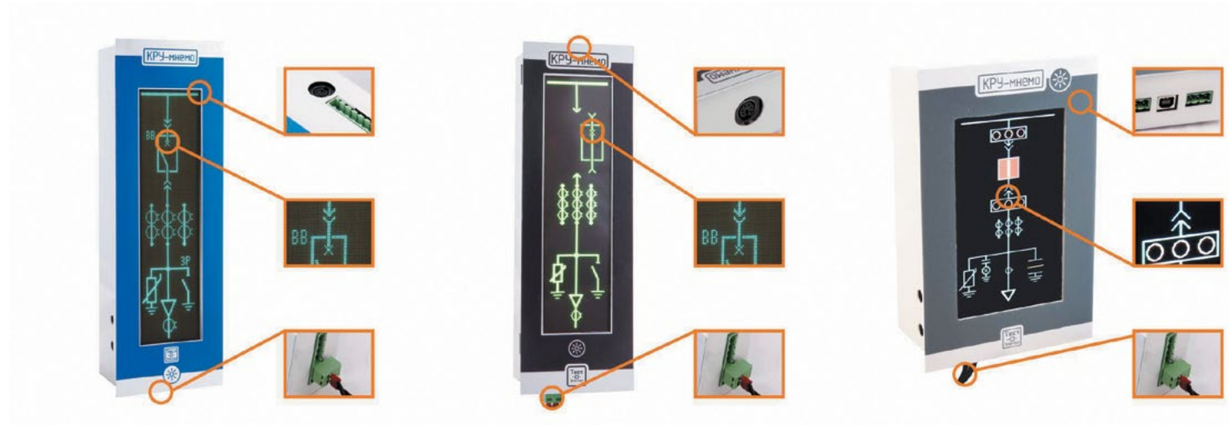
ЛИТЕРАТУРА

1. Human Factor Review of Electric Power Dispatch Control Centers EL-1960. V. 2, 4, 6. EPRI, Palo Alto, California, 1983.
2. Штейнбок Л. Ситуационная технология отображения информации. Теоретические и практические основы. М.: Научные технологии, 2017. 262 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1iSPDNrq2hNsq2eQg8ZWh1E-vi7J_uhSU/view?usp=sharing.
3. Shteinbok L. Situational Technology of Displaying Information. M.: Scientific technologies, 2018. 208 p. URL: https://drive.google.com/file/d/1y7CEWVu7_6wbzINbFZK6xT_s9PnuxtF2/view?usp=sharing.
4. Универсальный топологический процессор для систем интеллектуального управления электрическими сетями (УНИТОП). Свидет. о гос. регистр. программы для ЭВМ № 2011613357. Зарегистр. 29.04.2011./Правообладатель: ООО «Децима» (RU). Авторы: Тумаков А.В., Головинский И. А., Лондер М. И., Дьяченко М.Ю.

Тест Электро

«Cost-effective» решение для индикации и контроля ячейки от НПП ТестЭлектро на базе модулей КРУ-Мнемо

КРУ МНЕМО-2 КРУ МНЕМО-4 КРУ МНЕМО-5



Модуль центрального процессора и модуль визуализации, совмещённые в одном блоке:
- линейка дисплеев от 4,3 до 10 дюймов;
- опрос широкого спектра периферийных модулей;
- гибкая реализация всех необходимых алгоритмов блокировок и управления аппаратами главной цепи ячейки;
- встроенный конфигурируемый журнал событий и трендов параметров.

Линейка периферийных модулей ввода/вывода для связи с линейным оборудованием ячейки на шине CAN:
- модули дискретного ввода для стандартов 24В и 220В в рамках требований ФСК ЕЭС;
- модули дискретного вывода типа «твердотельное реле» и «сухой контакт»;
- эффективная компоновка набора дискретных входов/выходов в одном корпусе в нескольких форм-факторах под требования проекта.

Собственная периферия специального назначения на шине CAN:
- система контроля высокого напряжения с функцией фазирования;
- система бесконтактного многоканального температурного контроля высоковольтных соединений;

Дополнительная периферия под заказ:
- аналоговый ввод/вывод;
- датчики физических величин на шину CAN;
- инфракрасный матричный видеосенсор для тепловизионного контроля.

www.testelektro.ru

443026, г. Самара, Красноглинское шоссе, 1А, а/я 7278
тел.: **+7 (846) 312 7361, факс: +7 (846) 265 6578** e-mail: **pochta@testelektro.ru**

реклама