

DOI: 10.34831/EP.2021.63.84.002

УДК 621.311

Комплекс обработки и анализа метеорологических данных в АО «СО ЕЭС» (АС «Метео»)

МАКОКЛЮЕВ Б. И., доктор техн. наук

АРТЕМЬЕВ А. А.

ООО «Энергостат»

115522, Москва, Каширское шоссе, 22, корп. 3

БАСОВ А. А., ГИЛЕВА С. С., ДАЦКО В. С.

АО «СО ЕЭС»

109074, Москва, Китайгородский пр., 7, стр. 3

office@energostat.ru



Б. И. Макоклюев



А. А. Артемьев



А. А. Басов



С. С. Гилева



В. С. Дацко

Для выполнения АО «СО ЕЭС» функций по планированию и оперативному управлению электроэнергетическим режимом ЕЭС России требуется значительный объём оперативно обновляемых метеорологических данных, влияющих на электропотребление. Описанный программный комплекс «Автоматизированная система (АС) «Метео» позволяет организовать хранение и обработку различных типов метеоданных, выполнять аналитические расчёты, формировать отчётные формы для ежедневной работы и за отчётные периоды.

Ключевые слова: метеорологические данные, температура, освещённость, облачность, сила ветра, электропотребление, балансы мощности и электроэнергии, коэффициенты влияния, фактические и прогнозные данные, отчётные формы.

Метеорологические данные, в том числе температура, освещённость, сила ветра и другие, существенно влияют на режимы работы электроэнергетических систем. Они в значительной степени определяют уровень электропотребления, режимы работы ГЭС, пропускную способность ЛЭП и трансформаторов и другие параметры режимов [1]. Комплекс АС «Метео» обеспечивает автоматизацию процесса обмена, хранения и обработки метеоданных, а также позволяет выполнять анализ влияния изменения погодных условий на объёмы потребления мощности и электроэнергии в энергосистеме [2, 3]. Основные задачи, решаемые комплексом:

- создание единой информационной базы метеоданных АО «СО ЕЭС» (далее — СО) для главного диспетчерского центра и филиалов СО ОДУ и РДУ;
- формирование нормативно-справочной информации (НСИ);
- загрузку метеоданных, получаемых от ФГБУ «Гидрометцентр России» (далее — ГМЦ), в СО;
- анализ полноты и достоверности получаемых метеоданных;
- расчёт коэффициентов влияния температуры, облачности на изменение потребления электрической энергии (мощности);
- статистическая обработка метеоданных, включающая оценку качества прогноза;

- оповещение специалистов СО об ожидаемых опасных метеорологических явлениях.

Комплекс АС «Метео» разработан в объектно-ориентированной среде и имеет функционально-модульную структуру с возможностью разработки, дополнения или замены отдельных модулей в целях расширения функциональных возможностей. Основные элементы трёхзвенной архитектуры комплекса:

- SQL-сервер базы данных (БД);
- «средний слой» — «сервер приложений» (реализующий основной функционал взаимодействия пользователя с системой);
- клиентское Web-приложение, выполняющееся на рабочей станции пользователя.

Комплекс АС «Метео» состоит из подсистем и компонентов:

- подсистема ведения НСИ;
- подсистема обмена данными с ГМЦ;
- подсистема просмотра и анализа метеоданных, включающая в себя расчётные функциональные модули;
- подсистема формирования отчётных форм в формате Microsoft Excel;
- модули обмена данными с другими программными комплексами, установленными в АО «СО ЕЭС», посредством унифицированных программных интерфейсов, реализованных в виде Web-сервиса.

Основой информационной структуры является объектная модель базы данных, включающая территориальное деление ЕЭС России на ОЭС, операционные зоны (ОЗ) РДУ, энергосистемы и отдельные энергорайоны. Структура информации формируется в объектной базе данных на основе специализированного классификатора объектов с элементами кодификации (коды классификатора производственных объектов (КПО), идентификаторы энергообъектов и т. п.). В ней хранятся данные НСИ, прогнозные и фактические метеоданные, поступающие в СО.

К НСИ относится следующая информация:

- перечень кодифицированных точек метеоизмерений, фактическая и прогнозная информация по которым поступает из ГМЦ;
- перечень расчётных территорий (ЕЭС России, ОЭС, ОЗ РДУ, энергосис-

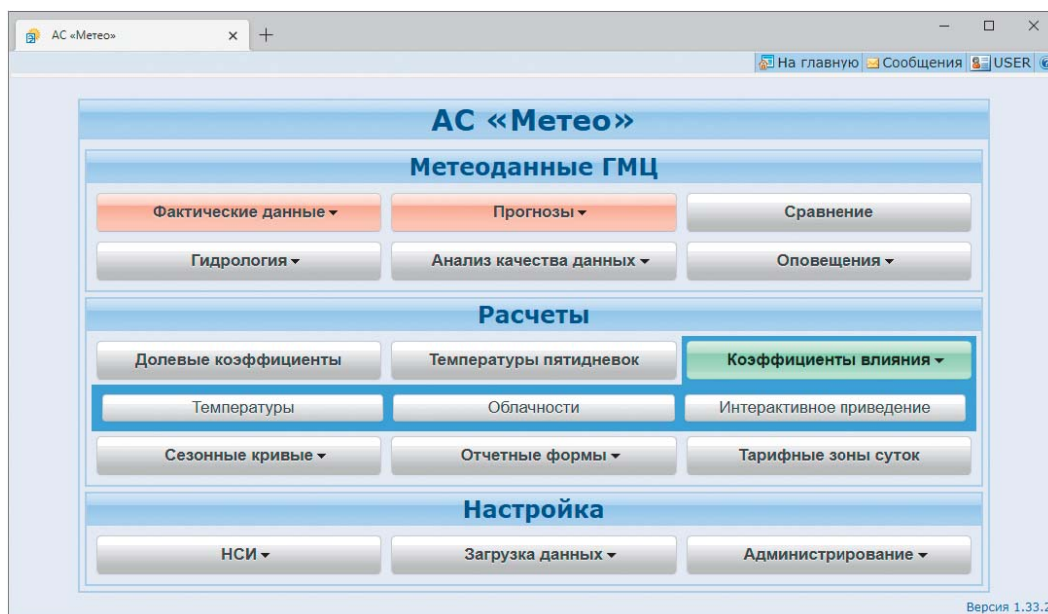


Рис. 1. Главное окно комплекса с основными разделами функций АС «Метео»

темы, отдельные энергорайоны), фактическая и прогнозная информация по которым рассчитывается на основе точек метеоизмерений и вложенных территорий;

- характеристики объектов метеоизмерений: полное и сокращённое наименование, коды ВМО¹, КПО, географические координаты — широта и долгота (град.), данные о территориальной и энергетической подчинённости объектов;

- долевые коэффициенты участия для расчёта усреднённых фактических и прогнозных метеоданных территорий энергосистем, ОЭС, синхронных зон ЕЭС на основе вложенных территорий и энергорайонов с точками метеоизмерений;

- температурные диапазоны (минимум и максимум) для любых субъектов РФ и энергообъединений, используемые в системе достоверизации и интерфейсе пользователя (в °C);

- климатические температурные нормы, предоставляемые институтом ВНИИГМИ (г. Обнинск) для территорий энергосистем (в °C);

- температура воздуха наиболее холодной (тёплой) пятидневки для любых объектов метеоизмерений по СНиП и представленная ГМЦ (в °C);

- экстремальные среднесуточные температуры воздуха энергосистем, представленные ГМЦ (в °C);

- таблицы кодирования для осадков, облачности, шкала опасности при чрезвычайных ситуациях и т. п.

Подсистема приёма метеоданных из ГМЦ работает в автоматическом режиме. Данные передаются посредством

¹ ВМО — Всемирная метеорологическая организация.

XML-документов. Состав данных включает в себя:

- фактические данные по температуре, облачности и осадкам (поступают каждые 3 ч для всех объектов, кроме Москвы — для неё доступны ежечасные данные);

- фактические данные по скорости и направлению ветра;

- прогноз минимальной, максимальной и среднесуточной температуры на 5 сут вперёд;

- прогноз температуры, облачности и осадков на 5 сут вперёд;

- прогноз скорости и направления ветра на 2 сут вперёд;

- специализированная гидрологическая информация о сгонно-нагонных ветрах по Волжско-Камскому каскаду, о запасе воды в снежном покрове, о фактическом и прогнозном притоке воды к ГЭС в реках России.

Предусматривается механизм контроля соблюдения временных регламентов обмена данными, рассылка оповещений в случае нарушения временных регламентов, а также система журналирования событий и действий пользователя, позволяющая получить информацию обо всех принятых и не принятых в требуемый срок данных.

Метеоданные, загружаемые в комплекс, могут быть ошибочными, содержать выбросы и пропуски. Для достоверизации используется определённый набор методов:

- проверка полноты метеоданных для всех объектов задачи (на экране отображается список объектов, для которых отсутствуют метеоданные);

- проверка вхождения метеоданных в расчётный и/или заданный диапазон;

- проверка на превышение метеоданных относительно предыдущих су-

ток на расчётную и/или заданную величину отклонения;

- проверка дублирования информации;

- проверка аномальных сочетаний метеорологических явлений: осадки в ясную погоду, снегопад в тёплую и т. п.

В случае обнаружения ошибок, отсутствия информации по какому-либо объекту, при возникновении непредвиденных ситуаций, в ГМЦ отсылается сформированный ответный XML-документ с информацией об ошибках. Недостоверные значения автоматически помечаются особыми признаками в БД.

Для экспертного контроля достоверности метеоданных реализован просмотр данных в табличном и графическом виде с выделением недостоверных значений и текстовым описанием характера недостоверности (рис. 2).

При отсутствии данных по какому-либо объекту они могут быть загружены из резервного источника данных или замещены определёнными дорасчётными моделированными данными:

- интерполированными значениями, если период отсутствующих данных не превышает заданной величины, изменяемой в настройках (по умолчанию 12 ч);

- среднепогодными данными климатических норм для данного периода года с внутрисуточной детализацией, полученной на основе рассчитанных сезонных кривых;

- результатами поиска суток с идентичными метеоусловиями за аналогичный период предшествующих лет.

Выбор варианта замещения может быть проведён как автоматически, так и с участием пользователя, который по результатам сопоставления может выбрать более подходящий вариант.



Рис. 2. Пример интерфейсов отображения и контроля метеоданных

Для осуществления централизованного контроля за достоверностью данных также предусмотрен механизм создания заявок на коррекцию значений пользователями диспетчерских центров СО, которые затем исполняются администраторами комплекса.

После выполнения загрузки и достоверизации метеоданных ГМЦ по точкам метеоизмерений выполняется автоматический расчёт метеоданных по расчётным территориям (ЭС, ОЭС, СЗ). Расчёт выполняется для фактических и прогнозных значений температуры, облачности, осадков, скорости и направления ветра.

Загруженные в базу данных архивы метеоданных позволяют выполнять различные аналитические расчётные функции. Результаты расчётов после анализа и подтверждения могут быть сохранены в базу данных и использоваться в дальнейшем при формировании отчётных форм, в системе проверки и достоверизации данных, а также другими программными комплексами. В состав расчётных функций входят:

- температура наиболее холодной (тёплой) пятидневки;
- сезонные кривые температуры и облачности;

- коэффициенты влияния температуры;
- коэффициентов влияния облачности;

Функция расчёта коэффициентов влияния температуры заключается в предварительном моделировании графика зависимости электропотребления от температуры с использованием кусочно-линейной функции. Это необходимо для определения температурных диапазонов, в которых зависимость изменений электропотребления от изменений температуры может с приемлемой точностью считаться линейной и коэффициент влияния температуры постоянен. При расчёте температурных коэффициентов возможна аналитическая работа специалиста-технолога СО по оптимизации температурных диапазонов. Средства интерфейса (рис. 3) позволяют также проводить такую оптимизацию автоматически. После анализа температурных диапазонов с коэффициентами влияния и подтверждения специалистом-технологом результаты расчётов сохраняются в базу данных. Данные коэффициенты влияния температуры в дальнейшем используются в расчётах (например, для сравнительного анализа уровня элек-

тропотребления в сопоставимых метеоусловиях), а также другими программными комплексами.

Расчёт коэффициентов влияния облачности проводится аналогичным образом. При этом для устранения температурного фактора выполняется предварительное приведение данных потребления к среднегодовой температуре. Для расчёта коэффициентов влияния облачности используются предварительно рассчитанные сезонные кривые. Рассчитанные коэффициенты также могут быть использованы другими программными комплексами для приведения потребления электроэнергии (мощности) к определённым метеоусловиям.

Оценка влияния метеофакторов может проводиться как на мгновенные значения потребления электрической мощности, так и на суммарные объёмы потребления электрической энергии. Соответствующие расчёты проводятся независимо друг от друга.

В комплексе АС «МЕТЕО» возможно формирование различных аналитических отчётных форм (рис. 4):

- формы для анализа статистических данных по температуре — вывод минимальных, максимальных и средних

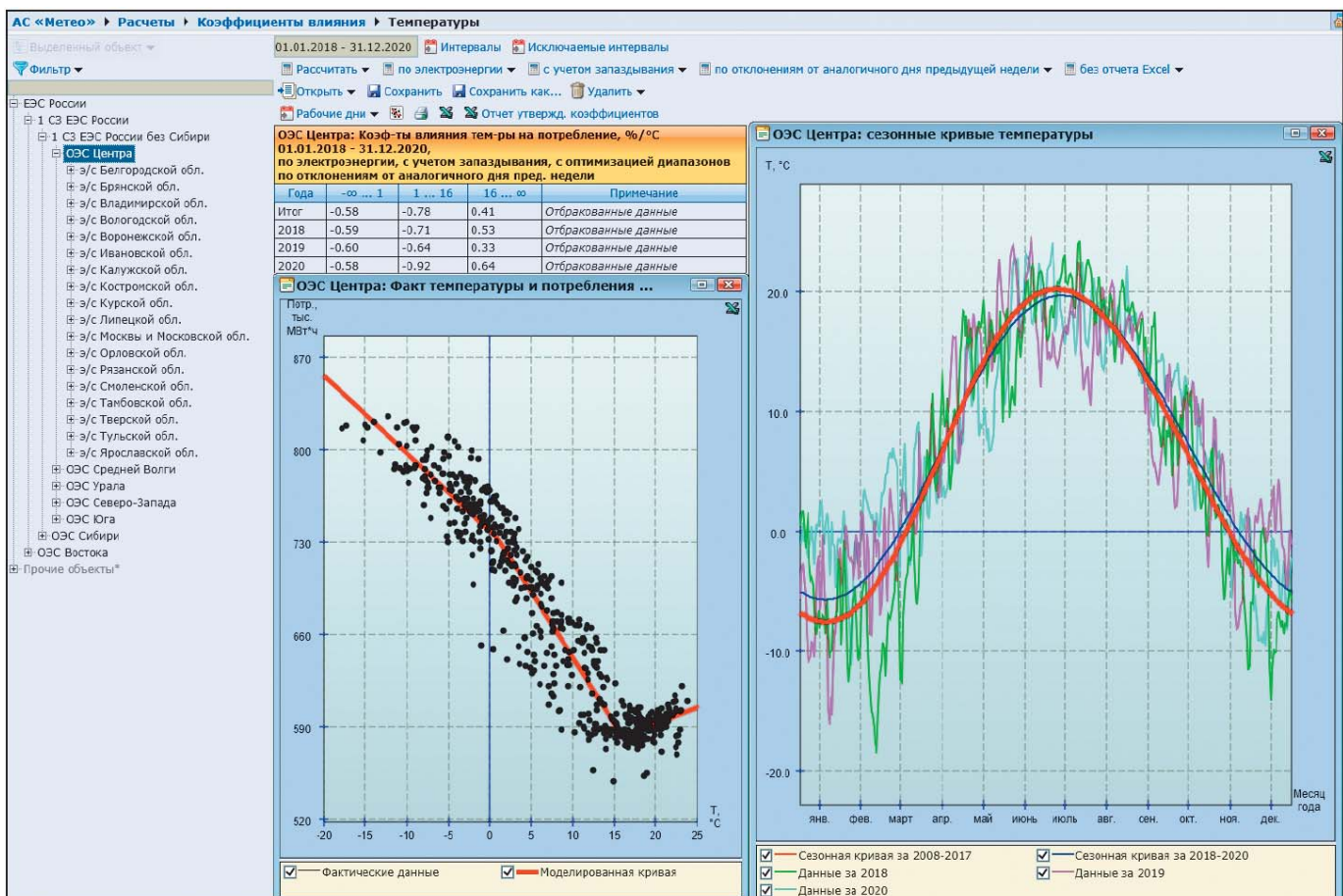


Рис. 3. Расчёт коэффициентов влияния температуры и сезонных кривых

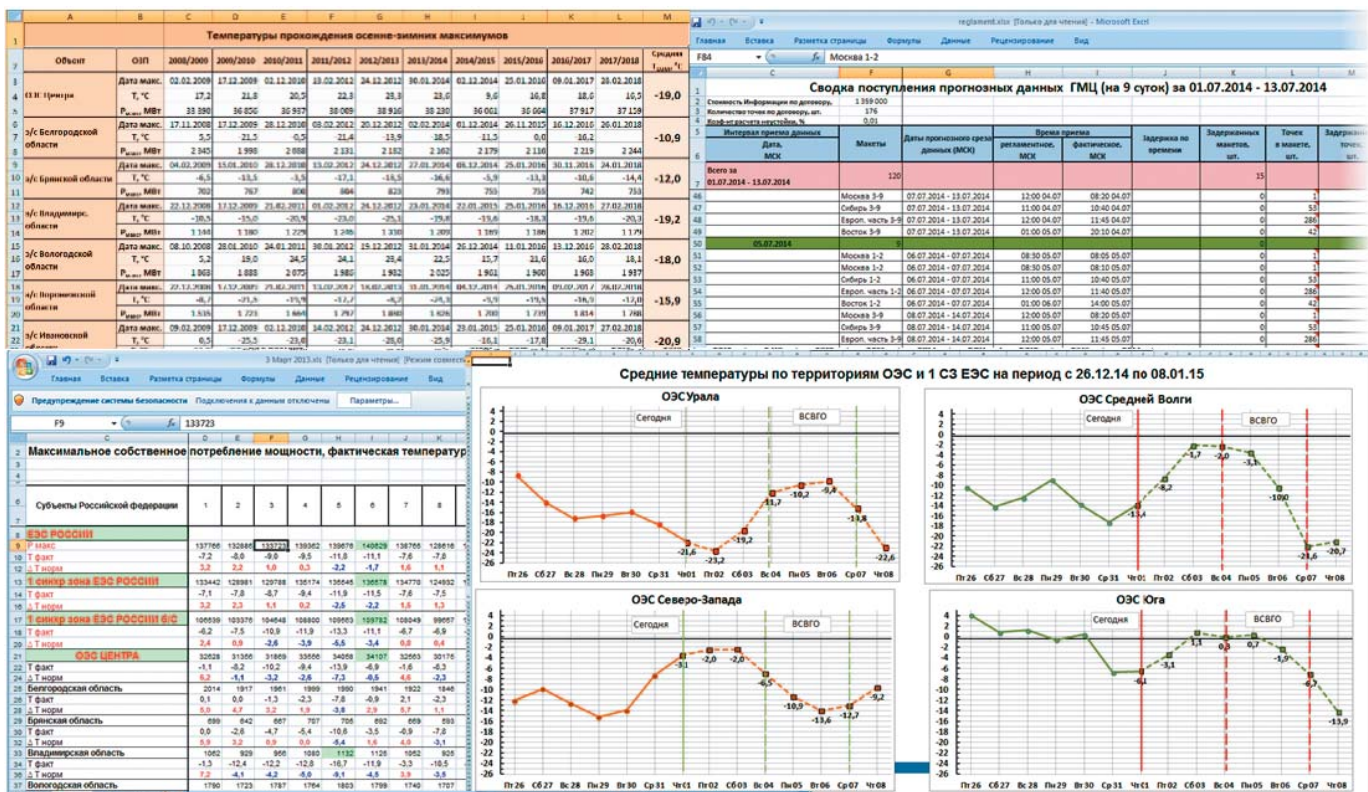


Рис. 4. Примеры отчётных форм АС «Метео»

температур за различные периоды, в том числе и в графическом виде. Сравнение температур с климатической нормой, данными за предыдущие годы и сезонными кривыми;

- **температуры пятидневок** — вывод рассчитанных за выбранный период температуры наиболее холодных/тёплых пятидневок, температуры наиболее холодной/тёплой пятидневки по данным института ВНИИГМИ г. Обнинска, температуры наиболее холодной/тёплой пятидневки из материалов СНиП;

- **формы для анализа данных, поступающих от ГМЦ** — вывод фактических и прогнозных данных температуры по состоянию на выбранную дату в табличном и графическом виде, оценка качества (оправдываемости) прогноза;

- **формы для анализа влияния метеофакторов на электропотребление:**

- **статистика электропотребления** — вывод основных характеристик электропотребления и температуры, в том числе минимум, максимум и среднее значение электропотребления и температуры, температуры на момент минимума/максимума электропотребления, коэффициенты неравномерности и заполнения суточных графиков электропотребления;

- **приведение электропотребления** — вывод результатов расчёта приведения максимума (среднего) потребления мощности или электроэнергии с температурных условий расчётного периода к температурным условиям базового периода;

- **температуры ОЗМ и ПЭВТ** — расчёт температуры прохождения осенне-зимнего максимума (ОЗМ) электропотребления и экстремально высоких температур (ПЭВТ).

Формирование отчётов проводится по требованию пользователя. Некоторые отчётные формы формируются автоматически ежедневно и публикуются на внутреннем сайте Информационно-справочной системы СО.

В настоящее время комплекс АС «Метео» в течение 9 лет находится в промышленной эксплуатации в АО «СО ЕЭС» и используется в главном диспетчерском центре и филиалах ОДУ и РДУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Макоклюев Б. И.* Анализ и планирование электропотребления. — М.: Энергоатомиздат, 2008. — 296 с.
2. *Артемьев А. А.* Разработка и внедрение комплекса обработки метеоданных СО ЕЭС (АС «Метео») / А. А. Артемьев, А. В. Антонов, А. С. Полижаров и др. // Сб. докл. III междунар. науч.-техн. конф. «Электроэнергетика глазами молодёжи». Екатеринбург, 2012. С. 123 – 127.
3. *Макоклюев Б. И.* Влияние метеофакторов на режимы потребления электроэнергии энергосистем / Б. И. Макоклюев, А. В. Антонов, А. С. Полижаров и др. // В сб. тр. конф. «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики». Вып. 65. — Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. С. 405 – 414.



DOI: 10.34831/EP.2021.69.24.003
УДК 621.315

Перспективы применения ВЧ-каналов связи различного назначения с учётом направлений развития сетей связи в электроэнергетике

**МЕРКУЛОВ А. Г., канд. техн. наук
ОО «Сименс» Алматы, Казахстан
anton.merkulov@siemens.com**

Проведён анализ существующего состояния техники систем ВЧ-связи, показаны перспективные направления её развития, в частности ВЧ-системы связи и долгосрочного мониторинга ЛЭП на основе модемов с DMT-модуляцией. Рассмотрены варианты использования ВЧ-каналов связи с учётом различных направлений развития сетей связи электроэнергетики.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ВЧ-связь, модемы, мониторинг линии электропередачи, дефицит частот.

Всеобщая направленность на цифровизацию экономики в высокой степени отражается на основополагающей отрасли любого государства — электроэнергетике. Строительство цифровых подстанций, переход к управлению несколькими физически удалёнными подстанциями как одним объектом, построение интеллектуальных сетей Smart Grid требует создания надёжных каналов связи, способных передавать различные виды информации.

В сетях связи современных электроэнергетических предприятий используются различные виды телекоммуникаций. Основным направлением развития сетей является построение волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) с различным мультиплексирующим оборудованием. Происходит активный переход от технологии синхронной цифровой иерархии SDH к сетям с коммутацией пакетов на основе технологий MPLS-TP и IP-MPLS и скоростями передачи информации десятки гигабит в секунду.

В данной статье речь пойдёт о традиционном для электрических сетей виде телекоммуникаций — высокочастотной (ВЧ) связи по линиям электропередачи (ЛЭП) 35 кВ и выше. Несмотря на почтенный возраст почти в 100 лет, ВЧ-связь применяется достаточно широко и в настоящее время. Актуален вопрос перспектив использования ВЧ-каналов при столь бурном развитии широкополосных сетей. Можно ли найти место столетней технологии в современной электроэнергетике в последующие десятилетия? Для того, чтобы ответить на эти вопросы необходимо, с одной стороны, провести анализ существующего состояния техники систем ВЧ-связи, показать перспективные направления её развития, а с другой — рассмотреть ос-

новные варианты развития сетей связи в современной электроэнергетике.

Технологические этапы развития систем ВЧ-связи

Рассмотрим технологические этапы развития оборудования ВЧ-связи, чтобы показать, как данный вид телекоммуникации развивался на протяжении длительного периода времени. На рис. 1 приведена временная диаграмма, отражающая этапы внедрения в технику ВЧ-связи новой аппаратной и технологической базы.

Свое начало техника ВЧ-связи в том виде, в котором мы привыкли видеть её в настоящее время, получила ещё в 1930-х годах прошлого столетия. Системы того времени основывались на ламповых технологиях. В конце 1960-х — начале 1970-х годов начался переход к использованию транзисторов. С середины 1990-х годов в оборудовании ВЧ-связи стали широко применяться цифровые сигнальные процессоры (ЦСП).

Применение ламповых и транзисторных технологий позволяло передавать информационные сигналы с применением аналоговых видов модуляции, таких как амплитудная модуляция с одной боковой полосой и частотная манипуляция. Напомним, что по типу используемых видов модуляции, такие каналы принято называть аналоговыми (АВЧ), в них используется частотное разделение сигналов.

В середине 2000-х годов многие специалисты в области электроэнергетики предвидели закат техники ВЧ-связи как вида телекоммуникаций вследствие удешевления производства и возможности подвески грозозащитного троса со встроенным оптическим волокном (ОКГТ). Высокочастотные каналы связи рассматривались как изжившие себя.