

# АППАРАТУРА ВЧ-СВЯЗИ

## ПО ВОЗДУШНЫМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ ЛЭП 35–1115 кВ

**З**авод "Нептун" организован в Одессе в историческое время – в 1944 году – для производства аппаратуры ВЧ-связи, релейной защиты и противоаварийной автоматики. И уже более 60 лет на предприятии разрабатывается и производится аппаратура для отраслей электроэнергетики, железнодорожного транспорта и машиностроения.

С 2005 года завод "Нептун" вошел в состав Корпорации "СОЮЗ", что позволило заводу обрести былую мощь, наращивать производственные обороты и расширять номенклатуру выпускаемой продукции.

На сегодняшний день завод выпускает следующее оборудование:

- АВС-ЦМ – аппаратура ВЧ-связи, цифровая, модернизированная;
- АВС-1, АВС-3 – аппаратура ВЧ-связи, аналоговая;
- АВС-Ц-ПД – аппаратура ВЧ-связи для передачи данных, сигналов контроля и управления, аналоговая аппаратура с вторичной оцифровкой;
- АВС-РС – аппаратура ВЧ-связи для распределительных сетей;
- АНС – аппаратура НЧ-связи;
- ПВЗ – пост ВЧ-защиты;
- АКПА-В – аппаратура каналов противоаварийной автоматики;
- ДК-2,3 – фильтр разделительный;
- ФПМ – фильтр присоединения;
- ЭНУ-0,5-40 – элемент настройки;
- шкафы РЗА – шкафы релейной защиты и автоматики;
- электрошкафы.

Завод "Нептун" также выполняет комплекс услуг, включая проектирование каналов связи, комплексные поставки оборудования и пусконаладочные работы по его вводу в эксплу-

атацию, и заказы на изготовление ремонтных комплектов и запчастей для ранее выпущенных изделий.

Совместно с НПФ "Модем" (Санкт-Петербург) на заводе разработана цифровая аппаратура нового поколения для ВЧ-связи по воздушным высоковольтным линиям электропередачи (ЛЭП) – АВС-ЦМ.



Рис. 1 Аппаратура ВЧ связи по ЛЭП – АВС1-ЦМ

Таблица 1. Пропускная способность аппаратуры ABC-ЦМ

| Наименование аппаратуры ВЧ-связи | Полоса частот, кГц | Количество и виды каналов   |
|----------------------------------|--------------------|---|
| ABC1-ЦМ                          | 4                  | 5 в цифровом режиме работы, в том числе 2 – телефонных (ТЛФ), 2 – телемеханика (ТМ) и 1 – межмашинный обмен (ММО) |
| ABC2-ЦМ                          | 8                  | 10, в том числе 4 – ТЛФ, 4 – ТМ и 2 – ММО   |
| ABC3-ЦМ                          | 12                 | 15, в том числе 6 – ТЛФ, 6 – ТМ и 3 – ММО   |

Аппаратура ABC-ЦМ – новый этап в развитии оборудования передачи информации по воздушным высоковольтным линиям электропередачи (ЛЭП 35–1150 кВ) в диапазоне частот 24–1000 кГц. Благодаря применению сигнальных процессоров, цифровых микросхем на основе ПЛИС и современной элементной базы приемо-передающий тракт и цифровая обработка сигналов реализованы программно-аппаратным путем.

Аппаратура предназначена для организации в электроэнергетике следующих внутриведомственных дуплексных каналов:

- телефонной связи,
- телемеханики для передачи сигналов контроля и управления энергетическими объектами,
- передачи данных в режиме межмашинного обмена (ММО).

Аппаратура обеспечивает режимы работы по международному стандарту МЭК 60495:

- цифровой – с временным разделением каналов (ВРК) на основе временного уплотнения – технология TDM (Time Division Multiplexing – мультиплексирование с ВРК),
- аналоговый (используется в случае некондиции ВЧ-тракта) – с частотным разделением каналов (ЧРК) на основе частотного уплотнения – технология FDM (Frequency Division Multiplexing – мультиплексирование с ЧРК).

Аппаратура выпускается в однополосном варианте (ABC1-ЦМ), но может быть поставлена с дополнительными блоками, увеличивающими количество каналов в два (ABC2-ЦМ) и три (ABC3-ЦМ) раза. Варианты исполнения аппаратуры, полосы рабочих частот и виды каналов приведены в табл.1. На рис.1 представлен одноканальный вариант – ABC1-ЦМ, которая в полосе 4 кГц в цифровом режиме работы (ВРК) обеспечивает два канала телефонной связи, два канала телемеханики и один канал для передачи данных со скоростью от 6,4 до 19,2 Кбит/с, при этом обеспечивается адаптация по скорости передачи цифрового потока в зависимости от соотношения сигнал/помеха в ВЧ-тракте с реализацией приоритетов по каналам телефон (ТЛФ), телемеханика (ТМ), межмашинный обмен (ММО, АПД).

В режиме ЧРК (аналоговый режим) обеспечивается один канал передачи и приема сигнала в полосе 0,3–3,7 кГц и два канала ТМ. В аппаратуре имеется устройство автоматической связи абонентов. В полосе 8 кГц (ABC2-ЦМ) и 12 кГц (ABC3-ЦМ) количество каналов увеличивается в два и три раза соответственно. При дуплексной связи с ЧРК (FDD – Frequency

Division Duplex) передача и прием осуществляются на разных полосах частот. Возможна работа как на сближенных (сомкнутых), так и на разнесенных номинальных полосах частот передачи (Tx) и приема (Rx).

Задание режима работы аппаратуры и конфигурирование выполняются программно или джамперами. Имеется энергонезависимая память для хранения конфигурации и списка до 10000 событий, связанных с ее эксплуатацией.

От организации "Ростест-Москва" аппаратура имеет сертификат соответствия требованиям по ЭМС и ТБ. На аппаратуру выданы экспертные заключения ОАО "ФСК ЕЭС", Минтопэнерго Украины и концерна Белэнерго (Беларусь) о возможности ее использования для организации каналов в сетях 35–750 кВ.

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЧ-ТРАКТА

Параметры и характеристики соответствуют или превосходят требования международного стандарта МЭК 60495:

- программируемый диапазон рабочих частот ВЧ-канала: 24–1000 кГц;
- ширина полосы частот ВЧ-канала: 4, 8 и 12 кГц;
- тип модуляции в канале: АМОБП (прямой цифровой синтез) и КАМ (квадратурная амплитудная модуляция);
- максимальная мощность: ABC1-ЦМ – 46 дБм (40 Вт), ABC2-ЦМ – 40 дБм и ABC3-ЦМ – 37 дБм;
- входное и выходное сопротивление: 75 Ом (несимметричное) и 150 Ом (симметричное);
- допустимое затухание ВЧ-канала: теоретическое – 56 дБ, практический предел (с учетом помех и искажений ВЧ-канала) – 40 дБ;
- чувствительность приемника (минимальный уровень пилот-сигнала на ВЧ-входе) – минус 26 дБм;
- разнесенный и совмещенный разнос частот: по МЭК 60495;
- избирательность:  $\geq 0,3$  кГц от границ канала – 80 дБ и  $\geq 4$  кГц от границ канала – 90 дБ;
- автоматическая регулировка коэффициента усиления: 40 дБ;
- пилот-сигнал в полосе 4 кГц: в аналоговом режиме – 3900 Гц, в цифровом режиме – 100 и 3900 Гц со служебным КАМ-сигналом;

**Таблица 2.** Отношение сигнал/шум в режиме TDM

|                                |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|
| Общий цифровой поток, Кбит/с   | 6,4  | 9,6  | 12,8 | 16,0 | 19,2 |
| Отношение сигнал/шум (SNR), дБ | 18,0 | 21,0 | 22,0 | 26,0 | 28,0 |

- отношение сигнал/шум в режиме мультиплексирования с ВРК (TDM) при вероятности ошибки  $10^{-6}$ : в соответствии с табл.2.

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЧ-ТРАКТА

1. Цифровой режим с ВРК для полосы частот 4 кГц:
  - общее число мультиплексируемых абонентских каналов: 5 (см. табл.1);
  - скорости передачи интегрального потока данных: 19,2; 16,0; 12,8; 9,6; 6,4 Кбит/с;
  - адаптация в канале по скорости передачи: в зависимости от уровня помех (см. табл.2);
  - цифровые телефонные каналы поддерживаются вокодером G.729D ITU-T;
  - общее время до готовности цифрового канала после включения полукомплекта аппаратуры:  $\leq 60$  с;
  - время задержки ( $T_x - R_x$ ) не более 140 мс;
  - время восстановления цифрового канала после скачка коэффициента передачи линии на 6 дБ:  $\leq 20$  с.

### 2. Аналоговый режим с ЧРК:

- общее число каналов для полосы 4 кГц: 3 (1 ТЛФ и 2 ТМ);
- полоса пропускания (программируемая) фильтра речи: 1,8–3,4 кГц с шагом 0,2 кГц;
- уровень собственного шума на выходе телефонного окончания: минус 55 дБм0п.

### Телефонные абонентские окончания в режимах ВРК и ЧРК:

- четырехпроводное (номинальный уровень передачи: минус 13 дБн, номинальный уровень приема: +4,3 дБн) или соответственно (-3,5 дБн, -3,5 дБн) с сигнализацией вызова от внешней АДАСЭ (аппаратуры дальней автоматической связи энергосистем);
- двухпроводное с режимами: "точка-точка", "удаленный абонент" (ТА, АТС, ПС\*, ПС АТС), ДК\*\* ПС (ДК), ДК ПС (ПС ТА, ПС АТС), встроенное АДАСЭ (по заказу).

3. Автоматический эквалайзер – в цифровом режиме передачи компенсирует неравномерности АЧХ до 6 дБ с ГВЗ\*\*\* до 1 мс.

### 4. Переговорно-вызывной интерфейс (служебный канал):

- подключает стандартный двухпроводный телефонный аппарат;
- обеспечивает связь в направлениях "ближний полукомплект – дальний полукомплект", "абонент – ближний полукомплект" и "абонент – дальний полукомплект";

- содержит встроенный генератор контрольных частот 1200 и 1600 Гц с сигнализацией.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ВСТРОЕННЫХ МОДЕМОВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ И МЕЖМАШИННОГО ОБМЕНА

### Цифровой режим (ВРК):

- количество модемов ТМ – 1 или 2;
- скорость передачи – 100, 200, 300, 600, 1200 бод (в асинхронном режиме до 9600 бод);
- уровень характеристических искажений – 3%;
- интерфейс физического уровня – RS232C, удлинитель (конвектор) RS232C-RS485/RS422;
- скорость межмашинного обмена – 19,2–1,2 Кбит/с (в зависимости от использования речевых каналов и канала ТМ);
- способ обмена с компьютером – асинхронный, стык RS232, удлинитель RS232C-RS485/RS422 – конвектор.

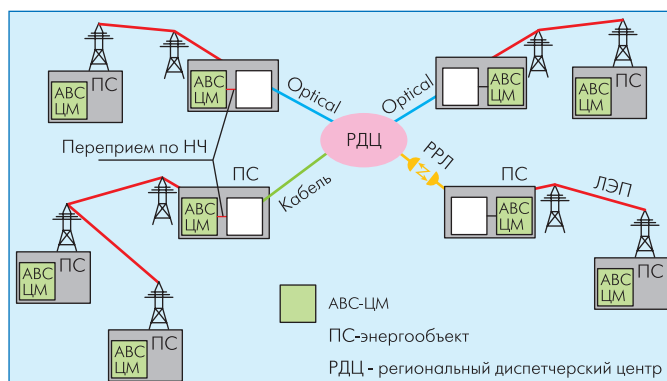
### Аналоговый режим (ЧРК):

- количество модемов ТМ – 1 или 2;
- скорости передачи данных ТМ с сохранением речевого канала: 100, 200, 300, 600, 1200, 2400 бод;
- характеристики модуляции на скоростях 100, 200 бод – в соответствии с Рекомендациями R37, R38 ITU-T;
- уровень характеристических искажений на скоростях передачи: 100 бод – 0,15%, 200 бод – 0,25%, 300 бод – 0,3%, 600 бод – 0,4%, 1200 бод – 0,6%.

## ПРОГРАММА ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ИНТЕРФЕЙСА

Компьютер должен иметь операционную систему Windows 98, 2000 или XP. Интерфейс физического уровня – RS232C. Интерфейс должен обеспечить выполнение следующих основных функций:

- программное конфигурирование аппаратуры с выбором аналогового или цифрового режима передачи;
- вывод, отображение и документирование событий из энергонезависимой памяти аппаратуры;
- ведение файла конфигурации и событий;
- измерение характеристик канала связи на ближнем и удаленном полукомплекте (функция удаленного доступа);
- тестирование канала для измерения коэффициента ошибок;
- контроль и диагностика работоспособности аппаратуры;



**Рис.2** Схема типового применения ABC-ЦМ для ВЧ-связи по воздушным высоковольтным ЛЭП

\* Передающая станция или подстанция.

\*\* Диспетчерский канал.

\*\*\* Групповое время задержки.

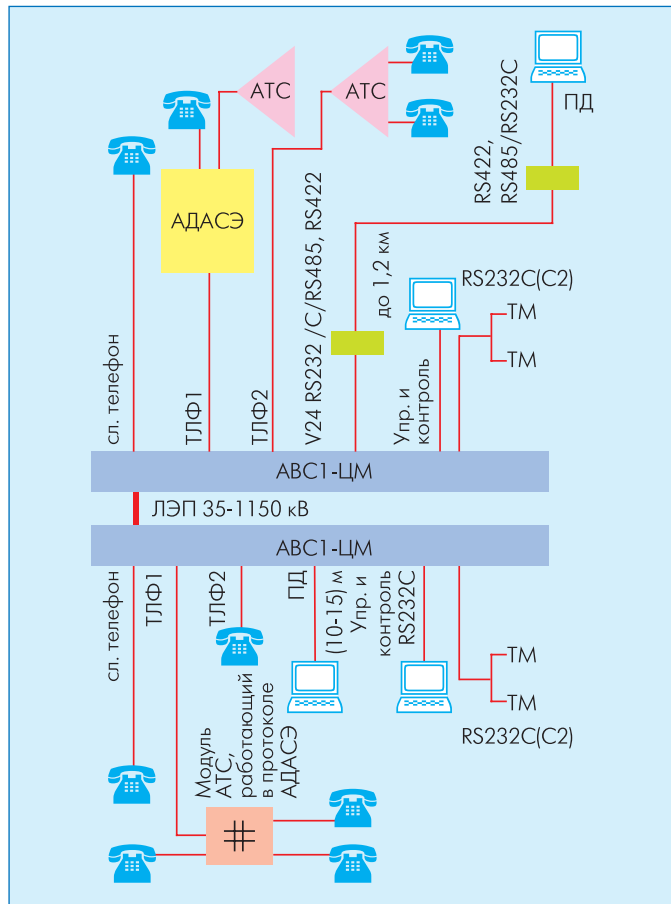


Рис.3 Пример применения аппаратуры ABC1-ЦМ

- использование пароля для доступа к аппаратуре и каналу. Схема типового применения аппаратуры ВЧ-связи ABC-ЦМ по ЛЭП показана на рис.2.

Аппаратуру ABC-ЦМ можно применять при работе как с кабельными и радиорелейными системами, так и с оптическими системами благодаря возможности переприема по НЧ.

На рис.3 показано возможное (один из вариантов) применение аппаратуры ABC1-ЦМ. Данная конфигурация для полосы 4 кГц и в режиме ВРК (цифровой режим) обеспечивает одновременно:

- 2 телефонных канала, как в 2-проводном, так и в 4-проводном варианте,
- 2 канала телемеханики со скоростью передачи данных до 1200 бод\*,
- 1 канал для передачи данных со скоростью до 19,2 Кбит/с.

Кроме того, имеется отдельный служебный телефон и отдельный разъем для управления и контроля системы с компьютера.

Конфигурации систем ВЧ-связи очень разнообразны и, естественно, они зависят от конкретной решаемой задачи. Отметим, что уже известно более 190 вариантов конфигураций. ○

\* Бод = бит/с лишь при двоичном кодировании. Если в модемах используется КАМ, то одним изменением уровня сигнала может кодироваться до 16 бит информации. Тогда при 1200 бод скорость передачи информации может составлять 4800 бит/с благодаря тому, что в каждом временном интервале передается 4 бита (прим. ред.).