

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ АППАРАТУРЫ КАНАЛОВ СВЯЗИ, ТЕЛЕМЕХАНИКИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ АКСТ «ЛИНИЯ-Ц»

ООО «Промэнерго» объявляет о завершении очередного этапа разработки Аппаратуры каналов связи, телемеханики и передачи данных АКСТ «ЛИНИЯ-Ц» (далее аппаратура) и предлагает провести модернизацию до финальной (по состоянию на 05.05.2015) версии.

1. Цели модернизации

1.1. Включение дополнительных аналоговых и цифровых каналов телефонии (ТФ), телемеханики (ТМ), передачи данных (ПД), увеличение пропускной способности уже существующих каналов без расширения рабочих частот аппаратуры:

– благодаря повышению эффективности использования полосы

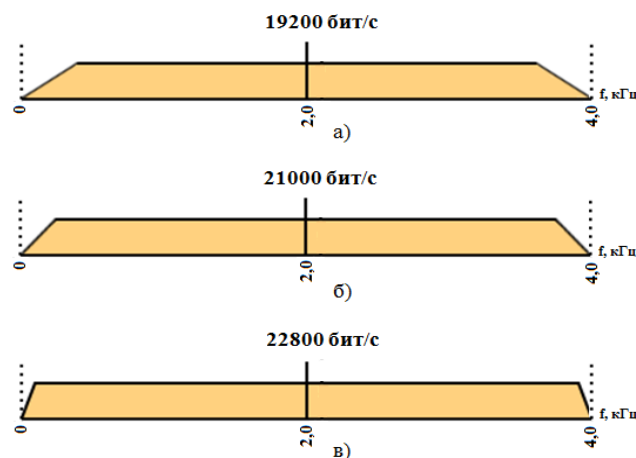


Рисунок 1 – Увеличение общей скорости синхронного модема в режиме 64-QAM при соотношении сигнал/помеха от 27 до 25 дБ:

а) аппаратура 2009 – 2013 годов выпуска

б) аппаратура 2013 – 2014 годов выпуска

в) аппаратура с 2015 года выпуска

Увеличение крутизны канальных фильтров позволило увеличить скорость, не расширяя полосу модема. Данное изменение выполнено исключительно программными средствами, без ухудшения характеристик канала. Попутно удалось снизить временную задержку до 50 мс (вместо заявленных 100 мс) для высокоскоростных каналов передачи данных.

– благодаря увеличению гибкости конфигурации

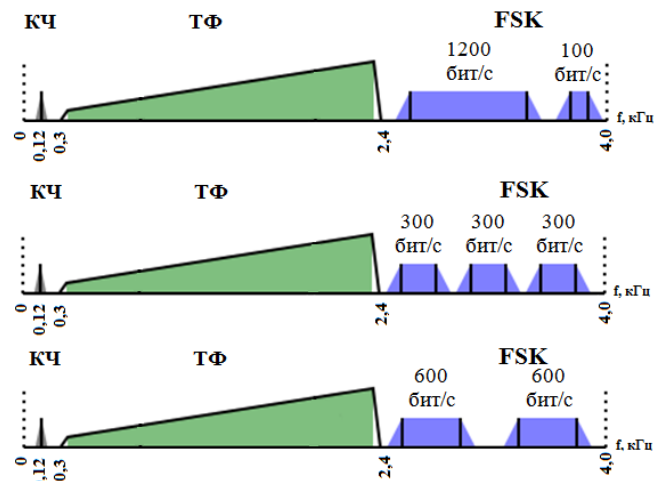


Рисунок 2 – Различные нетиповые конфигурации в аналоговом режиме КЧ+ТФ+ТМ

Введена возможность произвольного расположения сигналов контрольной частоты (КЧ), внешних и встроенных модемов (FSK, QAM) в одном канале тональной частоты (ТЧ). Размещение КЧ в свободной зоне от 0 до 0,3 кГц повышает эффективность использования надтональной части канала ТЧ, при этом усовершенствованные алгоритмы детектирования КЧ позволяют осуществлять автоматическую регулировку усиления (АРУ) приёмника с точностью 0,05 дБ.

Помимо типовых режимов FSK-модемов (3x100 бит/с, 3x200 бит/с, 100+2x300 бит/с, 1200 бит/с, 2400 бит/с) в одном канале ТЧ возможны различные комбинации до шести FSK-модемов произвольной скоростью от 30 до 2400 бит/с.

– **благодаря увеличению количества параллельно работающих интерфейсов**

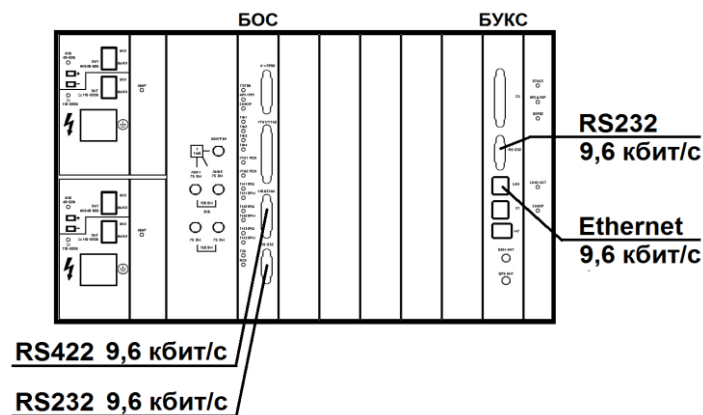


Рисунок 3 – Параллельная работа каналов по интерфейсам RS232, RS422, Ethernet в полосе 8 кГц при соотношении с/п 26 дБ)

Введена возможность одновременного функционирования 2-х каналов ПД в одном блоке обработки сигналов (БОС) через интерфейс стандартного разъёма RS232 (с возможностью аппаратного управления) и через интерфейс RS422 разъёма «МОДЕМЫ» (без аппаратного управления).

Введена возможность одновременного функционирования 2-х высокоскоростных каналов ПД, осуществляемых с помощью встроенных мультиплексоров блока БУКС (блок управления и контроля станцией), по интерфейсам RS232 (с возможностью аппаратного управления) и Ethernet.

Данные виды каналов работают независимо друг от друга, с любым комбинированием скоростей в пределах общей пропускной способности аппаратуры. Максимальные скорости на интерфейсах:

- 1) **57,6 кбит/с** через RS232 и RS422 БОС;
- 2) **230,4 кбит/с** через RS232 и **420 кбит/с** через Ethernet в БУКС.

– за счёт сокращения количества сигналов контрольных частот

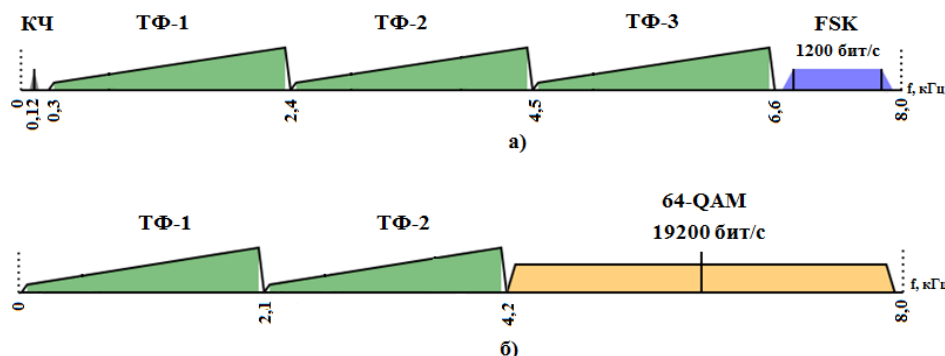


Рисунок 4 – Варианты распределения спектра трёхканального БОС
(а – с одной КЧ, б – без КЧ)

В аналоговом режиме для осуществления АРУ каналов ТЧ требуется дополнительный сигнал контрольной частоты. В типовых конфигурациях каждый канал ТЧ имеет собственный сигнал КЧ (канал с независимой АРУ). С целью экономии спектра количество КЧ можно сократить до одной. Для этого с помощью программной настройки в канале без КЧ (канал с зависимой АРУ) задаётся «привязка» АРУ к каналу, имеющему собственную КЧ. Таким образом, в канале без КЧ приём сигнала осуществляется с применением усиления, полученного по КЧ другого канала.

При наличии цифрового канала, осуществляемого с помощью встроенного синхронного модема, от сигналов КЧ можно отказаться вовсе. Поскольку синхронный модем всегда имеет независимую АРУ, которая осуществляется по его собственной несущей частоте. Таким образом, в любом аналоговом канале без КЧ путём программной «привязки» может осуществляться АРУ по уровню несущей частоты синхронного модема.

Возникающая вследствие неравномерности АЧХ разница входных уровней каналов с зависимой и независимой АРУ компенсируется ручным девяти полосным эквалайзером в пределах ± 6 дБ.

Механизм «привязки» АРУ применим в двух- и трёхканальных БОС. Его использование невозможно, если каналы с зависимой и независимой АРУ расположены в разных БОС.

1.2. Увеличение скорости цифровых каналов:

– благодаря усовершенствованию высокоскоростных режимов работы

Линейка скоростных режимов с 2013 года пополнена режимами 128-QAM и 256-QAM (таблица 1). Данные режимы успешно работают на линиях с низким затуханием и уровнем шума. Переключение скоростей производится в автоматическом режиме в зависимости от соотношения с/п.

– благодаря расширению максимальной полосы с 24 до 48 кГц

Для этого в аппаратуре, начиная с 2015 года, применяются синхронные модемы шириной 8 и 12 кГц. В частности, работа цифрового канала в полосе 48 кГц возможна в варианте аппаратуры с четырьмя модемами (четырьмя БОС) шириной по 12 кГц или с шестью модемами (шестью БОС) шириной по 8 кГц.

– путем снижения затрат скорости на мультиплексирование

В вариантах аппаратуры 2015 года выпуска общей рабочей полосой 8 или 12 кГц применение одного широкополосного синхронного модема (8-12 кГц), вместо нескольких по 4 кГц, позволяет сократить на 7% дополнительные издержки скорости, необходимые на обслуживание мультиплексирования данных.

1.3. Повышение устойчивости работы цифровых каналов (с превышением требований ТУ):

– благодаря низкоскоростным режимам работы при высоком шуме

Неблагоприятные погодные условия (дождь, туман, мокрый снег) могут вызвать значительное повышение уровня шума на линии, при котором будет невозможна передача информации на высоких скоростях. Введённые в 2013 году низкоскоростные режимы работы синхронного модема 4-QAM и 8-QAM обеспечивает функционирование высокоприоритетных каналов при соотношении с/п от 7 до 17 дБ (приведенному к полосе 4 кГц) общей скоростью, соответствующей таблице 1. Приоритеты каналов задаются в настройках.

На зашумлённых линиях, при достаточной ширине полосы в спектре, аппаратура обеспечивает высокое качество функционирования цифровых каналов. Например, при соотношении с/п 14 дБ (приведенному к полосе 4 кГц) в аппаратуре может быть обеспечена штатная работа одного стандартного канала передачи данных по интерфейсу RS232 шириной 8 кГц, скоростью 9,6 кбит/с и $K_{\text{ош}}$ не более 10^{-7} (см. в строке 1-й ступени адаптации таблицы 1 с учетом примечания 3).

Таблица 1 – Общая полезная скорость (V) передачи цифрового канала (ЦК) на различных ступенях адаптации

Ступень адаптации	Режим	Ширина ЦК, кГц	1,5	1,9	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	48	
		Кол-во модемов	1				2				3				4			
15	256-QAM	$a_{c/p}$, дБ	28	29	32	35	37	35	36	37	36	36	37	36	37	37	37	35
		V, кбит/с	11,26	14,27	30,03	60,06	90,09	112,6	139,1	168,9	197,1	224,0	253,4	278,2	307,4	337,8	337,8	337,8
14	256-QAM	$a_{c/p}$, дБ	26	27	30	33	35	33	34	35	34	34	35	34	35	35	35	33
		V, кбит/с	11,14	14,11	29,71	59,40	89,11	111,4	137,6	167,1	194,9	221,6	250,6	275,2	304,1	334,2	334,2	334,2
13	128-QAM	$a_{c/p}$, дБ	25	26	29	32	34	32	33	34	33	33	34	33	34	34	34	32
		V, кбит/с	9,84	12,46	26,22	52,44	78,66	98,33	121,5	147,5	172,1	195,6	221,2	242,9	268,4	295,0	295,0	295,0
12	128-QAM	$a_{c/p}$, дБ	23	24	27	30	32	30	31	32	31	31	32	31	32	32	32	30
		V, кбит/с	9,72	12,32	25,93	51,84	77,77	97,21	120,1	145,8	170,1	193,4	218,7	240,2	265,4	291,6	291,6	291,6
11	64-QAM	$a_{c/p}$, дБ	22	23	26	29	31	29	30	31	30	30	31	30	31	31	31	29
		V, кбит/с	8,41	10,65	22,41	44,82	67,23	84,04	103,8	126,1	147,1	167,2	189,1	207,6	229,4	252,1	252,1	252,1
10	64-QAM	$a_{c/p}$, дБ	20	21	24	27	29	27	28	29	28	28	29	28	29	29	29	27
		V, кбит/с	8,29	10,51	22,12	44,23	66,34	82,92	102,4	124,4	145,1	165,0	186,6	204,9	226,4	248,8	248,8	248,8
9	32-QAM	$a_{c/p}$, дБ	19	20	23	26	28	26	27	28	27	27	28	27	28	28	28	26
		V, кбит/с	6,98	8,84	18,60	37,20	55,81	69,75	86,17	104,6	122,1	138,8	157,0	172,3	190,4	209,3	209,3	209,3
8	32-QAM	$a_{c/p}$, дБ	17	18	21	24	26	24	25	26	25	25	26	25	26	26	26	24
		V, кбит/с	6,87	8,70	18,31	36,61	54,91	68,64	84,79	103,0	120,1	136,6	154,4	169,6	187,4	205,9	205,9	205,9
7	16-QAM	$a_{c/p}$, дБ	16	17	20	23	25	23	24	25	24	24	25	24	25	25	25	23
		V, кбит/с	5,55	7,03	14,79	29,58	44,38	55,47	68,52	83,21	97,06	110,4	124,8	137,0	151,4	166,4	166,4	166,4
6	16-QAM	$a_{c/p}$, дБ	14	15	18	21	23	21	22	23	22	22	23	22	23	23	23	21
		V, кбит/с	5,44	6,89	14,50	28,99	43,48	54,35	67,14	81,53	95,11	108,1	122,3	134,3	148,4	163,1	163,1	163,1
5	8-QAM	$a_{c/p}$, дБ	13	14	17	20	22	20	21	22	21	21	22	21	22	22	22	20
		V, кбит/с	4,12	5,22	10,98	21,96	32,95	41,18	50,87	61,78	72,06	81,93	92,67	101,7	112,4	123,6	123,6	123,6
4	8-QAM	$a_{c/p}$, дБ	11	12	15	18	20	18	19	20	19	19	20	19	20	20	20	18
		V, кбит/с	4,02	5,09	10,72	21,43	32,14	40,18	49,63	60,27	70,31	79,93	90,41	99,27	109,7	120,5	120,5	120,5
3	4-QAM	$a_{c/p}$, дБ	10	11	14	17	19	17	18	19	18	18	19	18	19	19	19	17
		V, кбит/с	2,69	3,41	7,17	14,35	21,52	26,90	33,23	40,35	47,07	53,51	60,52	66,45	73,43	80,69	80,69	80,69
2	4-QAM	$a_{c/p}$, дБ	8	9	12	15	17	15	16	17	16	16	17	16	17	17	17	15
		V, кбит/с	2,59	3,28	6,91	13,81	20,72	25,89	31,99	38,84	45,31	51,51	58,26	63,97	70,69	77,68	77,68	77,68
1	4-QAM	$a_{c/p}$, дБ	7	8	11	14	16	14	15	16	15	15	16	15	16	16	16	14
		V, кбит/с	1,71	2,16	4,55	9,11	13,66	17,08	21,09	25,61	29,88	33,97	38,42	42,19	46,62	51,23	51,23	51,23

Примечания:

- 1) Ширина модема регулируется в настройках от 1 до 12 кГц (линейка из 240 значений).
- 2) Соотношение с/п ($a_{c/p}$) определяется (нормируется) в полосе 4 кГц. Коэффициент ошибок ($K_{ош}$) не более 10^{-7} (кроме случая низкого соотношения с/п на первой ступени адаптации).
- 3) Общие затраты скорости на канал ПД по интерфейсу RS232 (RS422) снижены и составляют не более $\frac{3}{4}$ относительно скорости интерфейса.
- 4) Общие затраты на канал ТМ за счет специальных алгоритмов цифрового выравнивания только в четыре раза больше относительно скорости интерфейса.
- 5) На коротких малошумящих линиях по требованию заказчика возможна организация ЦК в режимах 512-QAM, 1024-QAM.

– **благодаря безошибочной, не требующей прерывания, смены скоростного режима работы**

При плавном изменении соотношения с/п смена скоростного режима производится без пересинхронизации и потери информации.

– **за счёт сокращения времени прерывания канала**

Время пересинхронизации без ухода АРУ (ранее 4 секунды) и время пересинхронизации с уходом АРУ (ранее 10 секунд) с помощью оптимизации алгоритмов цифровой обработки сигнала уменьшено **до 1 секунды**, существенно не возрастает при скачках затухания.

– **благодаря сохранению соединения при кратковременных помехах**

Синхронизация сохраняется при помехах длительностью менее 1 секунды.

– **благодаря новым более эффективным методам помехоустойчивого кодирования**

В аппаратуре реализовано кодирование методом блочного кода двух степеней эффективности, обеспечивающее полное исправление ошибок (при условии равномерного поступления):

1) с коэффициентом 10^{-3} , при дополнительных затратах полезной скорости не более 10%, при этом соотношение с/п в расчетах канала уменьшается на 2 дБ (скорости соответствуют четным ступеням адаптации в таблице 1);

2) с коэффициентом 10^{-2} , при дополнительных затратах полезной скорости не более 40%, при этом соотношение с/п в расчетах канала уменьшается на 3 дБ (скорости соответствуют первой ступени адаптации в таблице 1).

– **благодаря оптимальному распределению мощности цифрового канала, образованного широкополосными синхронными модемами (5-12 кГц)**

При использовании передачи данных с помощью синхронного модема в полосе более 4 кГц распределение мощности на этот канал производится по принципу «один модем – один канал». Например, в вариантах аппаратуры мощностью 80 Вт и шириной рабочей полосы 8 и 12 кГц на работу одного широкополосного модема выделяется вся мощность станции (номинальный выходной уровень канала 49 дБм). В сравнении с аналогичным двухканальным вариантом общая мощность распределяется между двумя модемами по 4 кГц (номинальный выходной уровень каждого канала 43 дБм). При этом модемы шириной 8 и 12 кГц более требовательны к соотношению с/п на 3-4 дБ (см. таблицу 1). Однако, благодаря разнице по выходным уровням 6 дБ, в одноканальном варианте показатели соотношения с/п в целом лучше на 2-3 дБ.

1.4. Расширение и усовершенствование сервисных функций

Сервисная часть аппаратуры может быть дополнена и улучшена с помощью осуществления новых функций:

- организация постоянно действующего речевого канала связи для технического обслуживания аппаратуры (без выделения отдельной полосы в спектре, путем включения его поверх основного канала в настройках);
- непрерывный контроль основных характеристик цифровых каналов (общая скорость, соотношение с/п, $K_{\text{ом}}$);
- включение дополнительных технологических каналов или увеличение их пропускной способности без ущерба основным каналам (для ускоренной работы службы удалённого управления);
- регистрация вызовов (включая набор номера) встроенного устройства телефонной автоматики (УТА) в энергонезависимую память;
- автоматическая сигнализация перегрузки усилителей мощности;
- мониторинг любых параметров аппаратуры с отображением результатов в виде

- графиков;
- поддержка протокола SNMP (Simple Network Management Protocol) и МЭК 60870-5-104 для встраивания аппаратуры в автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУ ТП);
- синхронизация времени по протоколу РТР (Precision Time Protocol) или раздача точного времени другим устройствам локальной вычислительной сети (при этом собственное время синхронизируется от GPS). Точность синхронизации в обоих режимах составляет ¼ мс.

1.5. Повышение ремонтпригодности различных комплектов аппаратуры эксплуатирующей организации

Приведение всех комплектов аппаратуры АКСТ «ЛИНИЯ-Ц» до одинаковой степени модернизации, гарантирующее программно-аппаратную совместимость составных частей, позволяет упростить техническое обслуживание, освобождает от необходимости использования нескольких комплектов запасных частей (ЗИП).

2. Организация работ

Все нововведения успешно прошли типовые испытания и применяются в серийном производстве.

Услуга включает в себя модернизацию одного комплекта станций и прилагаемых к нему запасных блоков и плат (комплект ЗИП) Заказчика.

Организация работ производится по двум схемам:

- 1) на производственных площадях ООО «Промэнерго»;
- 2) на объектах эксплуатации Заказчика (специально обученным персоналом ООО «Промэнерго»).

Этапы работ приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Этапы работ по схеме 1 (на производственных площадях ООО «Промэнерго»)

Содержание работы	Исполнитель
1 Демонтаж и отправка аппаратуры в ООО «Промэнерго»	Эксплуатирующая организация
2 Выполнение работ по модернизации, проведение приёмо-сдаточных испытаний аппаратуры	ООО «Промэнерго»
3 Отправка аппаратуры в адрес эксплуатирующей организации	ООО «Промэнерго»
4 Пусконаладочные работы по рекомендациям ООО «Промэнерго», приёмка каналов с занесением результатов в электрический паспорт каналов	Эксплуатирующая организация или ООО «Промэнерго» (по договоренности сторон)
5 Составление акта выполненных работ	Эксплуатирующая организация и ООО «Промэнерго»

Таблица 3 – Этапы работ по схеме 2 (на объектах эксплуатации)

Содержание работы	Исполнитель
1. Подготовка комплектующих и расходных материалов для проведения работ	ООО «Промэнерго»
2. Выполнение работ по модернизации согласно рекомендации ООО «Промэнерго», проведение приёмки каналов с занесением результатов в	ООО «Промэнерго»

электрический паспорт каналов	
3. Составление акта выполненных работ	Эксплуатирующая организация и ООО «Промэнерго»

Для инициирования работ по модернизации Заказчиком в адрес ООО «Промэнерго» направляется Заявка, в которой указывается заводской номер аппаратуры и цели модернизации. При необходимости, модернизация может быть выполнена в полном объеме (полная модернизация).

После получения Заявки в ООО «Промэнерго» производится сбор сведений о текущем состоянии аппаратуры, по окончании которого проводится технический анализ: рассматривается возможность проведения модернизации, определяется содержание и оптимальная схема организации работ. Некоторые операции возможны только в производственных условиях.

При положительных результатах анализа с Заказчиком согласуются:

- схема организации работ;
- исполнитель пусконаладочных работ (при использовании схемы 1);
- стоимость работ;
- сроки и условия выполнения работ.

По окончании согласования с Заказчиком заключается Договор.

Стоимость работ определяется вариантом исполнения, годом выпуска аппаратуры и содержанием работ.

После модернизации Заказчик получает право на гарантийное обслуживание аппаратуры в течение 6 месяцев с момента ввода в эксплуатацию, в случае если основной гарантийный срок завершен.

Аппаратура, которая поступила в производство позднее июня 2015 года в данном этапе модернизации не нуждается.