



УДК 621.396

**METHOD RESEARCH OF PCM EQUIPMENT
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ИКМ****Savochkin A.A. / Савочкин А.А.***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-1934-4300

SPIN: 4303-0857

Koptsev P.A. / Копцев П.А.*student / студент***Abdylgaziev O.R. / Абдулгазиев О.Р.***student / студент**Sevastopol State University, Sevastopol, Universitetskaya, 33, 299053**Севастопольский государственный университет,**Севастополь, ул. Университетская, 33, 299053*

Аннотация. В работе рассмотрена методика проведения исследований оборудования с уплотнением каналов ИКМ-30. Рассмотрены особенности реализации цикла формирования многоканального группового сигнала. Показаны особенности реализации физического кодирования АМІ и HDB-3. Даны рекомендации по исследованию характеристик телефонного канала и группового тракта. Методика может использоваться при практической проверке оборудования ИКМ и в ходе реализации лабораторного практикума для студентов соответствующих специальностей подготовки.

Ключевые слова: методика, система ИКМ, цифровой поток, спектр, затухание

Введение

Цифровая система передачи ИКМ-30 (СМВ-30) предназначена для преобразования сигналов 30-ти телефонных каналов в поток сигналов ИКМ со скоростью 2,048 Мбит/с (цифровой поток *E1*) в направлении передачи, и для восстановления сигналов 30 телефонных сигналов из цифрового потока сигналов в направлении приема. Оборудование СМВ-30 обеспечивает подключение: 30-ти двух- или четырехпроводных телефонных каналов; цифрового интерфейса *E1* со скоростью 2,048 Мбит/с (кабельный линейный участок, оборудование радиорелейной линии, устройство уплотнения ИКМ более высокого ранга); цифрового канала со скоростью 8 кбит/с и четырех цифровых каналов со скоростью 4 кбит/с для произвольного внешнего использования; внешнего тактового сигнала 2,048 МГц.

В субпанели СМВ-30 для передачи данных по цифровому интерфейсу *E1* используется трехуровневое кодирование АМІ или HDB-3. Код с инверсией альтернативного разряда (*Alternative mark inversion, АМІ*) является трехуровневым кодом, в котором нули кодируются отсутствием импульсов, а единицы — попеременно положительными и отрицательными импульсами. Однако в большинстве современных систем код АМІ не используется, поскольку этот формат линейного кодирования приводит к частым потерям синхронизации в случае длинных последовательностей нулей.

Формат линейного кодирования (*High Density Bipolar 3, HDB-3*) специально разработан для решения проблем синхронизации, возникающих в случае передачи длинных последовательностей нулей. В формате HDB-3 за



последовательностью из четырех нулей следует двухимпульсная вставка «плюс импульс — минус импульс». Оборудование на удаленном конце принимает поток $E1$ и заменяет двухимпульсные вставки на последовательность нулей, восстанавливая исходную последовательность данных. Код $HDB-3$ обеспечивает большую плотность импульсов в потоке, что дает лучшие параметры синхронизации по принимаемому сигналу.

1. Структура цикла сигнала

Структура временной последовательности цикла изображена на рис. 1. Цикл сигнала состоит из 32 канальных интервалов (30 канальных интервалов используются для передачи сигналов 30 телефонных каналов, 2 канальных интервала — для служебных сигналов). Во время каждого канального интервала передается двоичное число, состоящее из восьми разрядов $P1 \dots P8$.

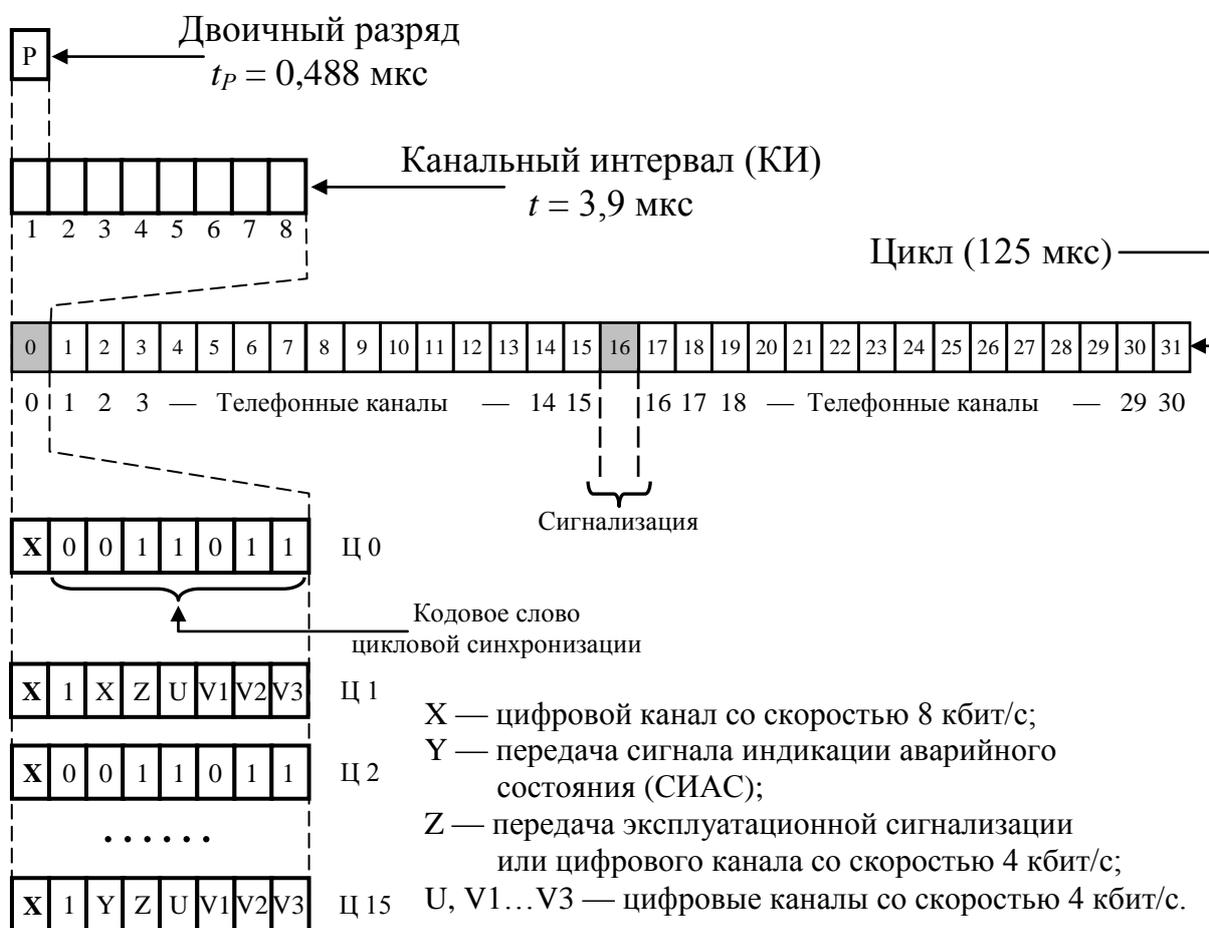


Рис.1. Структура организации цикла ИКМ-30

Цикловая синхронизация в соответствии с рекомендацией $G.732$ должна осуществляться передачей и приемом определенных последовательностей сигналов в начальном канальном интервале КИ0. Цикловая синхронизация производится при помощи синхрокомбинации 0011011, передаваемой в разрядах $P2 \dots P8$ интервала КИ0 соответственно через цикл (в нечетных циклах), и единицы, передаваемой в разряде $P2$ интервала КИ0 четных циклов, как показано на рис. 1. Частота следования сигнала цикловой синхронизации равна 4 кГц. Позиция разряда $P1$ в КИ0 всех циклов может быть использована



для передачи дискретной информации со скоростью 8 кбит/с.

Канальный интервал КИ16 предназначен для передачи сигналов управления и взаимодействия (СУВ) и сигналов сверхцикловой синхронизации. В КИ16 нулевого цикла (Ц0) на позициях P1...P4 передается сигнал сверхцикловой синхронизации вида (0000) с частотой следования 0,5 кГц. В КИ16 остальных циклов (Ц1...Ц15) на позициях P1, P2, P5, P6 передаются сигналы управления и взаимодействия (два сигнала СУВ на один телефонный канал). В КИ16 первого цикла (Ц1) организуются каналы СУВ первого (позиции P1, P2) и шестнадцатого (позиции P5, P6) телефонных каналов; в КИ16 второго цикла (Ц2) организуются каналы СУВ второго (позиции P1, P2) и семнадцатого (позиции P5, P6) телефонных каналов и т.д.

Критерием потери цикловой синхронизации является прием с ошибкой трех или четырех цикловых синхрокомбинаций подряд. Среднее время обнаружения потери цикловой синхронизации не должно превышать 3 мс. Частота следования циклов передачи равна частоте дискретизации

$$F_{ц} = f_{д} = 8 \text{ кГц} (T_{ц} = 125 \text{ мкс}).$$

Частота следования канальных интервалов определяется по формуле

$$F_{к} = F_{ц} \cdot N_{к} = 8 \cdot 32 = 256 \text{ кГц} (T_{к} = 3,9 \text{ мкс}),$$

где $N_{к} = 32$ — число канальных интервалов.

Частота следования разрядных интервалов $F_{р}$ равна тактовой частоте цифрового потока

$$F_{р} = f_{т} = F_{ц} \cdot N_{к} \cdot m = 8 \cdot 32 \cdot 8 = 2048 \text{ кГц} (T_{р} = 0,5 \text{ мкс}),$$

где $m = 8$ — разрядность используемого кода.

Каждые 16 циклов Ц0...Ц15 объединяются в сверхцикл. Частота следования сверхциклов

$$F_{сц} = F_{ц}/16 = 0,5 \text{ кГц}.$$

Использование канального интервала КИ0 позволяет создать цифровой канал внешнего использования со скоростью 8 кбит/с. При этом разряды P2...P8 каждого цикла четного номера содержат кодовое слово цикловой синхронизации 0011011, а в циклах нечетного номера: P2=1, P3 — разряд сигнала индикации аварийного состояния (СИАС), 0 — рабочее состояние, 1 — аварийное состояние; P4 — передача эксплуатационной сигнализации, либо организации цифрового канала со скоростью 4 кбит/с; P5...P8 — цифровые каналы со скоростью 4 кбит/с (см. рис. 1).

2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из двух комплектов оборудования СМВ-30 (ИКМ-30), размещенных в одной стойке. По терминологии производителя комплект оборудования СМВ-30 называется субпанелью. Упрощенная структурная схема лабораторной установки изображена на рис. 2. Система ИКМ-30 подключена к порту радиорелейной линии, например, типа *MINI-LINK E*. Допускается непосредственное соединение комплектов оборудования ИКМ-30 соединительным кабелем. В качестве источника сигналов используется генератор типа ГЗ-102. Контрольное оборудование — милливольтметр ВЗ-41 и электронный осциллограф *Tektronix TDS1001B*.

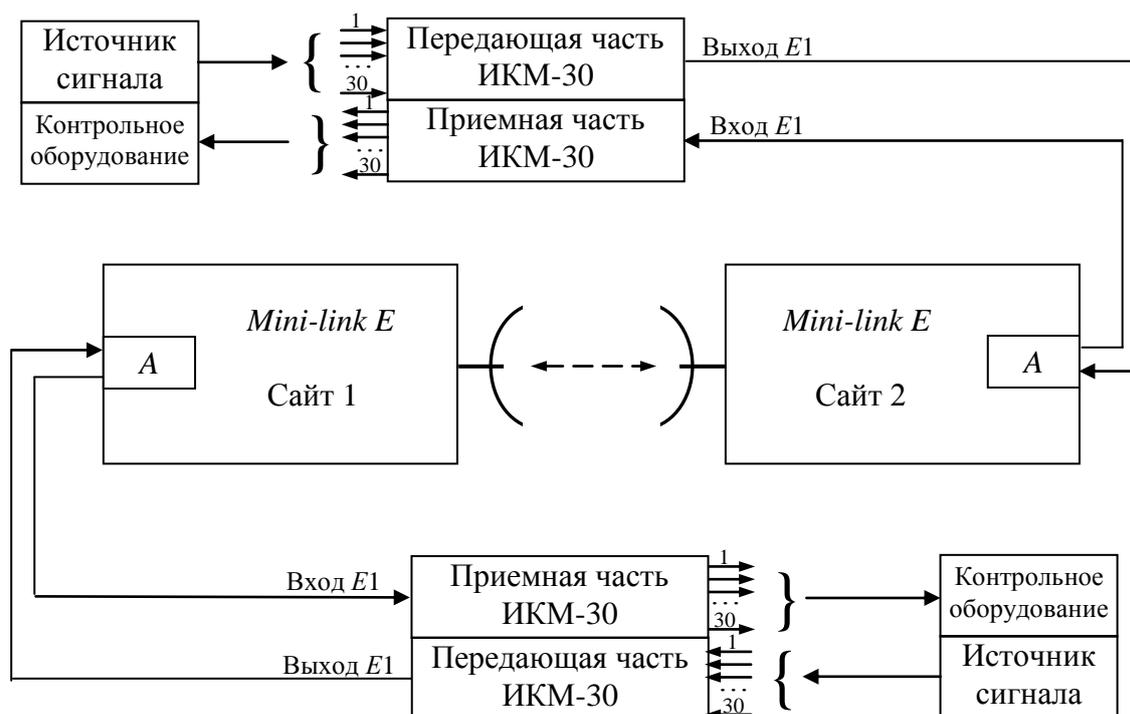


Рис. 2. Структурная схема лабораторной установки

3. Порядок выполнения исследований свойств телефонного канала

Практическая часть исследований выполняется на оборудовании ИКМ. Выбор варианта исследования производится для одного из 30-ти каналов путем подачи тестового сигнала частотой от 600 до 2500 Гц. Порядок исследования:

1) Выполнить подключение измерительного оборудования к заданному телефонному каналу. После включения оборудования определить максимальную амплитуду входного канального сигнала U_{max} , при которой отсутствуют заметные искажения сигнала на выходе системы. Исследование проводить на указанной в задании частоте тестового сигнала, контроль формы сигнала производить на выходе блока с помощью электронного осциллографа.

2) Выполнить измерение амплитудной характеристики сквозного канала. Последовательно увеличивая амплитуду входного сигнала от 0 до U_{max} с равным шагом, выполнить измерение для 8...10 точек для линейного участка характеристики, и для 2...3 точек вне линейного участка амплитудной характеристики канала. Амплитуду входного сигнала контролировать с помощью милливольтметра, а амплитуду выходного сигнала контролировать с помощью показаний на экране осциллографа. При обработке результатов измерений учесть, что на экране осциллографа индицируется удвоенное значение максимальной амплитуды сигнала (U_p — U_p).

3) Исследовать частотную характеристику телефонного канала в диапазоне частот до 4 кГц и определить полосу пропускания канала по уровню 0,707 относительно максимального значения (не менее 10-и точек).

4) Определить величину затухания на крайних частотах полосы пропускания телефонного канала относительно затухания на частоте 800 Гц.

5) Определить вид спектра выходного сигнала при заданной частоте



сигнала. Сохранить электронную копию изображения спектра на *USB* носитель для последующего детального рассмотрения.

4. Исследование характеристик группового канала

1) Подключить осциллограф к выходу группового оборудования передающей части субпанели СМВ-30.

2) Зафиксировать вид временной диаграммы группового сигнала. Определить основные временные характеристики потока *E1* (период следования импульсов, длительность импульсов).

3) Зафиксировать вид спектра группового сигнала. Оценить ширину спектра потока *E1* по уровню -3 дБ и по уровню -10 дБ.

Заключение

Разработанная методика позволяет проводить исследование характеристик оборудования с временным разделением каналов, что представляет практический интерес в ходе регламентного обслуживания систем, так и при организации обучения технического персонала соответствующей специализации. Достоинством методики является необходимость использования минимального набора измерительного оборудования для проведения исследований и простота реализации методики.

Литература

1. Savochkin, A.A. Study of the modern society requirements in telecommunication services / A.A. Savochkin, V.V. Chugunov, S.Y. Kovalenko, M.S. Kozub, V.I. Prots, D.A. Savochkin // В сборнике: CriMiCo 2011 - 2011 21st International Crimean Conference: Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings 2011. — С. 475-476.

2. Savochkin, A.A. Adaptation of university fixed telephony to IP technologies / A.A. Savochkin, S.Y. Kovalenko, M.S. Kozub, V.I. Prots, D.A. Savochkin, V.V. Chugunov // В сборнике: CriMiCo 2011 - 2011 21st International Crimean Conference: Microwave and Telecommunication Technology, Conference Proceedings 2011. — С. 477-478.

3. Savochkin, A.A. Investigation of ip-telephony systems over the internet in laboratory workshop / A.A. Savochkin, O.R. Abdulgaziev, P.A. Koptsev // В сборнике: Достижения и перспективы инноваций и технологий материалы VII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Под редакцией Т. Г. Клепиковой, А.Г. Михайловой. 2018. — С. 189-193.

4. Савочкин, А.А. Исследование систем IP телефонии через интернет / А.А. Савочкин, П.А. Копцев, О.Р. Абдулгази́ев // В сборнике: Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций "РТ-2017" Материалы 13-й международной молодежной научно-технической конференции. Под ред. А.А. Савочкина. 2017. — С. 100.

5. Савочкин, А.А. Исследование сетевых возможностей радиорелейной линии "MINI-LINK НС" в лабораторном практикуме / А.А. Савочкин, Д.Р. Колесников, С.С. Опалейко // В сборнике: Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций "РТ-2017" Материалы 13-й



международной молодежной научно-технической конференции. Под ред. А.А. Савочкина. 2017. — С. 255.

References:

1. Savochkin, A.A. Study of the modern society requirements in telecommunication services / A.A. Savochkin, V.V. Chugunov, S.Y. Kovalenko, M.S. Kozub, V.I. Prots, D.A. Savochkin // Conference Proceedings: CriMiCo 2011 - 21st International Crimean Conference: Microwave and Telecommunication Technology, 2011. — P. 475-476.
2. Savochkin, A.A. Adaptation of university fixed telephony to IP technologies / A.A. Savochkin, S.Y. Kovalenko, M.S. Kozub, V.I. Prots, D.A. Savochkin, V.V. Chugunov // Conference Proceedings: CriMiCo 2011 - 21st International Crimean Conference: Microwave and Telecommunication Technology, 2011. — P. 477-478.
3. Savochkin, A.A. Investigation of IP-telephony systems over the internet in laboratory workshop / A.A. Savochkin, O.R. Abdulgaziev, P.A. Koptsev // Proceedings of VII All-Russian Science-Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists: Recent achievements and prospects of innovations and technologies. Ed. T.G. Klepikova, A.G. Mikhaylova. 2018. — P. 189-193.
4. Savochkin, A.A. The study of IP telephony systems through the Internet / A.A. Savochkin, P.A. Koptsev, O.R. Abdulgaziev // Materials of the 13-th International Young Scientist Conference Modern Issues in Radioelectronics and Telecommunications «RT - 2017». Ed. A.A. Savochkin. 2017. — P. 100.
5. Savochkin, A.A. Study of network capabilities of radio relay line "MINI-LINK HC" in laboratory practice / A.A. Savochin, D.R. Kolesnikov, S.S. Opaleyko // Materials of the 13-th International Young Scientist Conference Modern Issues in Radioelectronics and Telecommunications «RT - 2017». Ed. A.A. Savochkin. 2017. — P. 255.

Abstract. *In this paper, the method of conducting research on equipment with compaction of PCM-30 channels is considered. The features of the implementation of the multi-channel group signal generation cycle are considered. The signal cycle consists of 32 channel intervals (30 channel intervals are used for transmitting signals from 30 telephone channels, and 2 channel intervals are used for service signals). During each channel interval, a binary number consisting of eight digits P1...P8 is transmitted. Cyclic synchronization in accordance with the recommendation G. 732 should be carried out by transmitting and receiving certain sequences of signals in the initial channel interval CIO.*

The criterion for loss of cyclic synchronization is receiving three or four consecutive cyclic synchro-combinations with an error. The average time for detecting a loss of loop synchronization should not exceed 3 ms. The PCM-30 system is connected to a radio relay line port, such as MINI-LINK E. direct connection of PCM-30 equipment sets with a connecting cable is allowed. A generator is used as a signal source. Features of implementation of physical encoding of AMI and HDB-3 are shown. The practical part of the research is performed on the PCM equipment. The study option is selected for one of the 30 channels by sending a test signal with a frequency from 600 to 2500 Hz. Recommendations for studying the characteristics of the telephone channel and the group path are given. The method can be used for practical testing of PCM equipment and during the implementation of a laboratory workshop for students of the relevant training specialties.

Key words: *technique, PCM system, digital stream, spectrum, attenuation.*

Научный руководитель: к.т.н., доцент Савочкин А.А.

Статья отправлена: 26.01.2020.

© Копцев П.А., Абдулгази́ев О.Р., Савочкин А.А.