

УДК 658.5.012.7

**А. А. Иванов,
А. К. Легоньков**

ООО «Компьютерные информационные технологии»

В. П. Молодцов, канд. техн. наук

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ В МЕТРОПОЛИТЕНАХ

В статье рассматриваются вопросы автоматического измерения параметров устройств контроля тональных рельсовых цепей, применяемых на перегонах и станциях метрополитенов при совместной работе с системой автоматического регулирования скорости движения поездов. Приводятся структура и технические характеристики устройств контролируемого пункта. Показано, что устройство контроля тональных рельсовых цепей многоканальное и устройство контроля сигналов автоматического регулирования скорости исполнены в соответствии с техническими требованиями для измерения, обработки и передачи оперативной информации по последовательному интерфейсу в составе иерархических или автономных систем измерения. Схемы подключения устройств к объектам для снятия параметров среднеквадратичных значений напряжений сигналов предназначены соответственно для тональных рельсовых цепей устройств контроля тональных рельсовых цепей и в цепях сигналов автоматического регулирования скорости устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости.

комплексная автоматизация; последовательный интерфейс; селективные измерения; среднеквадратичное значение напряжения; коммутационный разъем; конфигурационная память; селективный режим; клеммное поле релейного статива

Введение

Основой организации процесса перевозок пассажиров в метрополитенах является безотказная работа систем автоматики и телемеханики. Комплекс систем метрополитена выполняет задачи управления движением поездов на перегонах и станциях. Внедрение современных информационных технологий – одно из актуальных направлений в развитии систем диагностирования и мониторинга устройств сигнализации, централизации и блокировки и безопасности движения поездов в метрополитенах. Современные устройства аппаратно-программного комплекса диспетчерского контроля (АПК-ДК),

разработанные ООО «Компьютерные информационные технологии» наиболее полно отвечают требованиям технического контроля и диагностирования устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. При этом комплексная автоматизация должна обеспечивать необходимой оперативной информацией работников метро, повышение уровня безопасности движения поездов, сокращение эксплуатационных расходов. На участках метро в режиме реального времени должны контролироваться сигналы автоматического регулирования скорости поездов, выявляться сбои, отказы в работе устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, протоколироваться режимы их функционирования, прогнозироваться изменения состояния технических средств [1, 2]. Кроме того, необходимо анализировать предотказную поездную ситуацию и состояние устройств до момента восстановления их до нормального; выявлять предотказные состояния контролируемых объектов с помощью анализа статистики электрических параметров; фиксировать отказы в базе данных; определять ресурсы приборов на основе подсчета количества их отказов из базы данных [3].

Организация путевых и поездных устройств автоматической локомотивной сигнализации и автоматического регулирования скорости (АЛС-АРС), например в системе «Днепр», обеспечивается посредством канала связи с помощью рельсовых цепей [4]. По ряду эксплуатационных, технических и экономических преимуществ находят все более широкое применение на железных дорогах метрополитенов России тональные рельсовые цепи (ТРЦ).

Рельсовые цепи в составе системы АЛС-АРС, являющиеся датчиками информации о местонахождении поездов на линии с требуемой дискретностью длин отдельных ее участков, задействованы также в организации тракта передачи информационно-управляющих сигналов АРС от путевых устройств в поездные.

Совместное применение устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости (УКС-АРС) с модулями и устройствами системы диспетчерского контроля АПК-ДК позволяет выполнить селективное измерение среднеквадратичных значений (СКЗ) напряжения в цепях устройств формирования и передачу сигналов АРС по гальванически развязанным каналам [5, 6].

1 Структурная схема пункта контроля на станции метрополитена

Структурная схема системы пункта контроля одной из станций Московского метрополитена содержит программируемые контроллеры (рис. 1):

- УКС-АРС;
- устройства контроля тональных рельсовых цепей многоканальное (УКТРЦМ) [7];

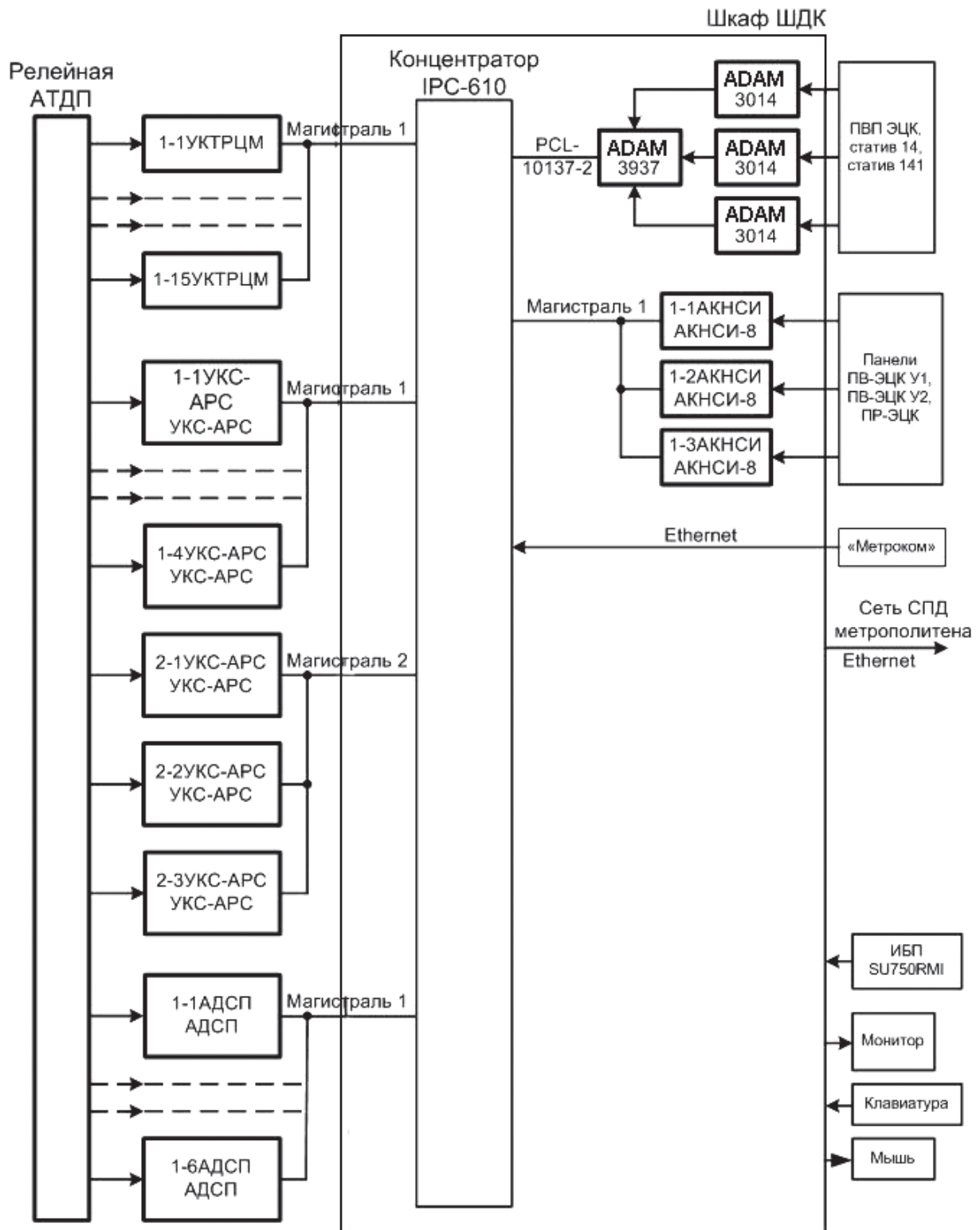


Рис. 1. Структурная схема контролируемого пункта АПК-ДК

- автоматы диагностики силовых параметров стрелочных электроприводов (АДСП) [8];
- автоматы контроля напряжений и сопротивлений изоляции (АКНСИ-8);
- модули нормализации сигналов с гальванической развязкой (ADAM-3014) и (ADAM-3937) [9];
- концентратор информации (КИ);
- сетевую карту Ethernet;
- вторичный источник бесперебойного питания (ИБП);
- монитор, клавиатуру и мышь.

АДСП выполняет:

- измерения СКЗ линейных напряжений трехфазной сети в цепях питания стрелок переменного тока;
- измерения СКЗ значений фазных токов в цепях питания трехфазной электрической нагрузки;
- вычисления на основе измеренных данных активной мощности, потребляемой двигателем во время перевода стрелки.

Прибором АДСП на основе измерения, обработки и учета активной мощности электрической нагрузки электроприводов решается задача контроля тягового усилия перевода стрелки [8].

Все возможные режимы работы как измерительных каналов, так и АДСП в целом задаются посредством подачи управляющих команд от ведущего контроллера-концентратора информации. В качестве физической связи АДСП с КИ используется стандартный последовательный интерфейс RS-485.

С помощью автоматов контроля напряжений и сопротивления изоляции АКНСИ-8 на станциях метро выполняются измерения напряжений и сопротивлений изоляции жил кабеля вводных панелей ПВ-ЭЦК, ПР-ЭЦК. АКНСИ-8, наряду с измерением параметров, осуществляют обработку и передачу оперативной информации в концентратор, а по запросу – на монитор в виде тестовой строки, содержащей восемь символьных представлений десятичных чисел [10].

Контроль напряжений источников электропитания панели ПВП-ЭЦК производится подключением контроллеров ADAM-3014 к концентратору с установленной в нем платой PCL-10137-2 через модуль ADAM-3937.

Концентратор информации пункта контроля предназначен для обработки сигналов, принимаемых от контроллеров УКТРЦМ, АКНСИ-8, ADAM, УКС-АРС, для обмена данными с ними. При взаимодействии КИ с системой электрической централизации метро происходит обмен информацией с отображением результатов на мониторе и пульте станции.

Комплекс устройств в интеграции систем УКС-АРС и АПК-ДК на пункте контроля позволяет осуществлять селективное измерение СКЗ напряжения в цепях устройств формирования и передачи сигналов АРС с использованием интерфейса по гальванически развязанным каналам.

2 Устройства контроля сигналов автоматического регулирования скорости

2.1 Структурная схема устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости

Структурная схема устройства УКС-АРС приводится на рис. 2. Модуль цифровой обработки состоит из узла процессора, энергонезависимой конфигурационной памяти (далее EEPROM), преобразователя напряжения 24 в 5 В, обеспечивающего гальваническую развязку УКС-АРС от внешнего источника питания, узла коммуникационного интерфейса RS-485 с собственным гальванически развязанным преобразователем напряжения 5 в 5 В. Модуль цифровой обработки обеспечивает фильтрацию и вычисление результатов измерения, прием команд от ведущего контроллера и выдачу результатов измерения в линию связи.

При включении питания или при получении команды «Сброс» УКС-АРС выполняет самодиагностирование исправности составных частей и целостности

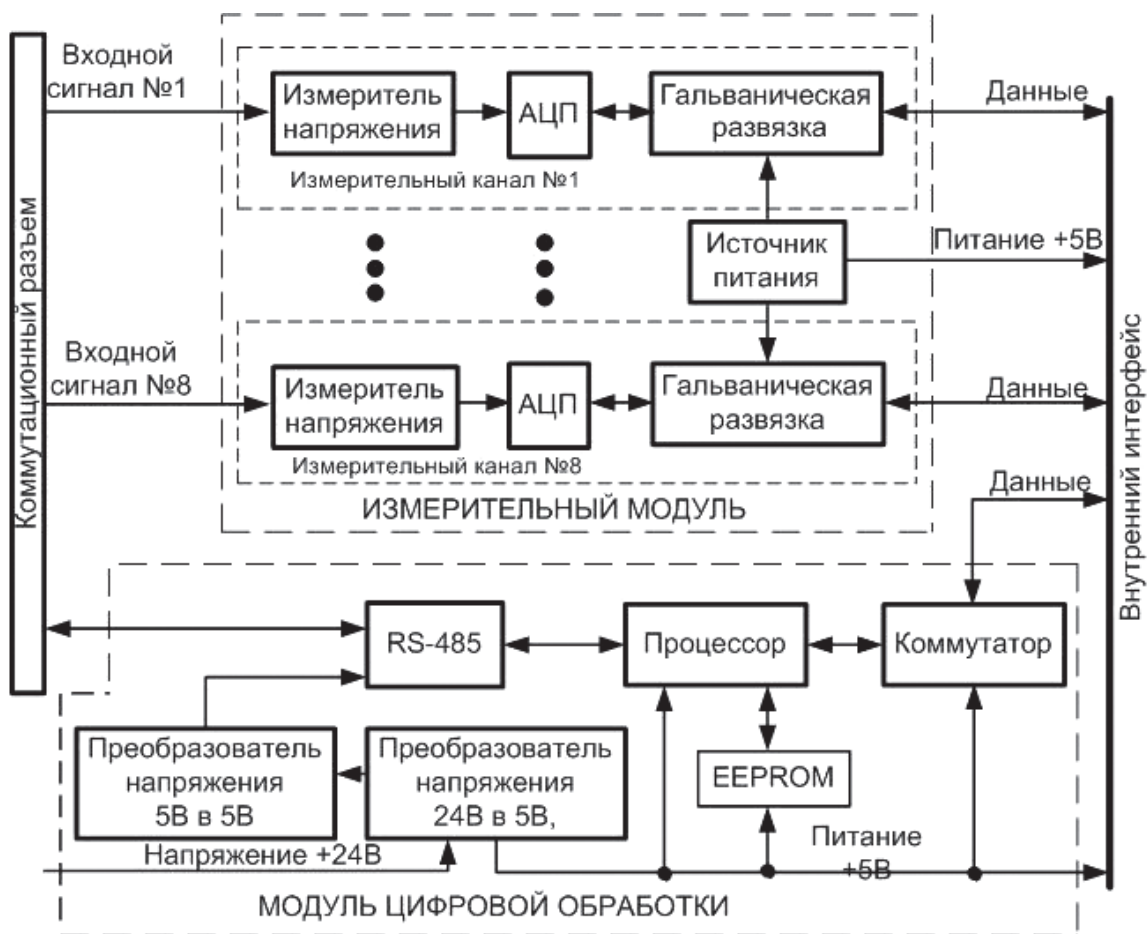


Рис. 2. Структурная схема УКС-АРС

данных в EEPROM. Результаты самодиагностирования и режимы работы УКС-АРС отображаются с помощью индикаторов на передней панели.

2.2 Конструктивное исполнение устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости

Конструкция УКС-АРС представляет собой жесткий каркас с четырьмя стойками для фиксации модуля измерения и модуля цифровой обработки, на задней панели которой устанавливается коммутационный разъем УКС-АРС типа РП10-42 Л (рис. 3). При креплении на стойки модули соединяются между собой интерфейсным разъемом. С помощью коммутационного разъема производится подключение УКС-АРС к источнику питания, входным сигнальным линиям, земляной шине и последовательному каналу передачи данных.

Часть контактов коммутационного разъема используется для задания сетевого адреса УКС-АРС и установки переключателей согласующих резисторов. С боковых сторон каркас закрывается двумя одинаковыми крышками, образуя таким образом единую коробчатую конструкцию.



Рис. 3. Внешний вид УКС-АРС (со стороны передней и задней панели)

2.3 Состояние индикаторов, индексов кодовых сигналов и команд, используемых при работе устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости

В табл. 1 показаны соответствия показаний индикаторов текущему состоянию УКС-АРС.

Таблица 1. Соответствие показаний индикаторов текущему состоянию УКС-АРС

Состояние индикатора			Состояние УКС-АРС
«Работа»	«Ошибка»	«Связь»	
Горит	Погашен	Погашен	УКС-АРС исправен, режим «Измерение», обмена с ведущим контроллером нет.
Горит	Погашен	Кратковременно мигает	УКС-АРС исправен, режим «Измерение», идет обмен с ведущим контроллером.
Кратковременно вспыхивает	Кратковременно вспыхивает	Кратковременно вспыхивает	Инициализация при включении питания или при приеме команды «Сброс».
Горит	Горит	Горит	УКС-АРС неисправен. Сбой программного обеспечения.
Погашен	Мигает	Безразлично	Ошибка контрольной суммы EEPROM.
Горит	Мигает	Безразлично	УКС-АРС исправен, режим «Настройка».

В табл. 2 приведены команды, используемые при работе УКС-АРС.

Таблица 2. Команды, используемые при работе УКС-АРС

Команда	Описание команды
\$ADM	Прочитать имя устройства.
\$ADF	Прочитать версию программного обеспечения.
\$ADRA	Прочитать код и СКЗ сигналов во всех измерительных каналах.
\$ADRCH	Прочитать СКЗ сигналов всех частот в заданном измерительном канале.
\$ADRST	Перезапустить устройство.
\$ADCAL	Перевести устройство в режим «Настройка».
\$ADCSC	Откорректировать контрольную сумму EEPROM. Команда доступна в режиме «Настройка».

Измеренные значения передаются в ответ на запрос КИ \$ADRA в виде текстовой строки, содержащей последовательность кодов и СКЗ сигналов для восьми каналов в десятичном виде. Первым передается значение для канала № 0, последним – для канала № 7. Для каждого канала значения передаются в формате:

“+ZZ+ [X]XX. XXX+ [Y]YY. YYY”,

где X, Y, Z – любые символы десятичной цифры (‘0’...’9’), при этом:

+ZZ – код комбинации сигналов для канала;

+ [X]XX. XXX и + [Y]YY. YYY – СКЗ двух сигналов с наибольшими амплитудами.

Поле ZZ формируется в соответствии с табл. 3, где частоте 75 Гц присвоен индекс 1, 125 Гц – 2, 175 Гц – 3, 225 Гц – 4, 275 Гц – 5, 325 Гц – 6. Соответственно возникают комбинации (они приведены в этой табл.): 01, 02, 03, 04, 05, 06 – для одиночных частот и 12, 13, 14, 15, 16, 23, 24, 25, 26, 34, 35, 36, 45, 46, 55 – для двух частот. При этом в коде для двух частот первый индекс всегда меньше второго, для комбинации 55 они равны и означают импульсный сигнал, комбинация 00 означает отсутствие сигналов. В то же время уровень XX соответствует 1-й частоте, YY – 2-й. Для одиночных частот (01, 02, 03, 04, 05, 06) первый индекс 0, соответственно уровень XX = 0.

Измеренные значения могут, кроме того, передаваться в ответ на запрос КИ \$ADRCN и содержать последовательность СКЗ сигналов для опрашиваемого канала в десятичном виде. Первым передается значение для сигнала с частотой 75 Гц, последним – для сигнала с частотой 325 Гц. Значения передаются в формате:

“+ [X] [X]XX. XXX”,

где X – любой символ десятичной цифры (‘0’...’9’), т. е. может быть +XXXX. XXX, +XXX. XXX, +XX. XXX.

Данные измеряются и передаются для шести частот (75, 125, 175, 225, 275, 325 Гц). В конце передаются два нулевых значения.

Детальное описание всех команд содержится в документе «Устройство контроля тональных рельсовых цепей многоканальное УКС-АРС. Руководство программиста» УКВФ.421451.013 РП.

2.4 Физический интерфейс связи устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости с концентратором информации

Для связи устройств УКС-АРС с КИ используется стандартный последовательный интерфейс RS-485 на скорости 9600 бит/с (8 бит, 1 стоповый, без проверки на четность) в полудуплексном режиме.

При подключении УКС-АРС к сети передачи данных посредством интерфейса RS-485 необходимо пользоваться рекомендациями по данному стандарту. Для работы с линией связи длиной более 10 м необходимо согласование волнового сопротивления на ее концах. При отсутствии согласования линии искажается форма сигнала, что может привести к потерям сообщений в сети или к неработоспособности сети в целом.

Если устройство установлено на конце линии, то между цепями RTH1 и RTL1 необходимо установить согласующие резисторы сопротивлением 120 Ом. Сопротивление должно соответствовать волновому сопротивлению примененного кабеля. Согласующие резисторы можно установить на ответном разъеме навесным монтажом или подключить расположенный внутри УКС-АРС согласующий резистор, установив перемычки между контактами RTH2 – RTH1 и RTL2 – RTL1 (рис. 4). Согласующие резисторы должны быть включены на обоих концах линии связи.



Рис. 4. Вид ответной части разъема с перемычками, подключающими внутренний согласующий резистор

Каждое УКС-АРС имеет свой уникальный номер, который задается путем установки перемычек на ответной части основного разъема между контактами ADR0 – ADR5 и контактом ADR-NL. Если перемычки не установлены, то устройство получает сетевой адрес «0». При установке перемычки между одним из контактов ADR0 – ADR5 и контактом ADR-NL соответствующая линия ADR_x приводится в состояние логической единицы. Сетевой адрес устройства определяется по формуле:

$$32 \cdot \text{ADR}_5 + 16 \cdot \text{ADR}_4 + 8 \cdot \text{ADR}_3 + 4 \cdot \text{ADR}_2 + 2 \cdot \text{ADR}_1 + \text{ADR}_0,$$

где ADR_x = 1 – перемычка ADR_x установлена; ADR_x = 0 – перемычка ADR_x не установлена.

2.5 Технические характеристики диагностического прибора

Питание УКС-АРС осуществляется постоянным напряжением от 18 до 30 В или переменным напряжением от 16 до 24 В, частотой 50±0,5 Гц.

УКС-АРС изготавливается в климатическом исполнении УХЛ4 по ГОСТ 15150–69 и предназначено для круглосуточной эксплуатации в условиях, характеризующих группу 3 по ГОСТ 22261–94.

УКС-АРС содержит восемь каналов одновременного селективного измерения СКЗ непрерывного переменного напряжения и амплитудно-моду-

лированного переменного напряжения с частотой модуляции от 0,28 до 0,7 Гц. Вид модулирующего сигнала – прямоугольный со скважностью 2.

Каждый канал определяет во входном сигнале сложной формы наличие сигналов с известной частотой, производит независимое измерение их СКЗ напряжения, а по сочетанию присутствующих сигналов определяет индекс кодового сигнала.

Частоты селекции, Гц: 75 ± 3 ; 125 ± 3 ; 175 ± 3 ; 225 ± 3 ; 275 ± 3 ; 325 ± 3 .

Управление режимами работы УКС-АРС осуществляется посредством подачи управляющих команд от ведущего контроллера (концентратора информации).

Для связи с ведущим контроллером используется интерфейс RS-485 с параметрами: скорость передачи 9600 бит/с, формат данных – 8 бит данных, 1 стоповый бит, без контроля четности, режим – полудуплексный.

Сетевой адрес УКС-АРС находится в диапазоне от 0×00 до 0×3F (от 0 до 63) и задается установкой переключателей между контактами ADR0 – ADR5 и контактом ADR-NL на розетке коммуникационного разъема.

Диапазон измерения напряжения СКЗ от 5 до 150 В.

Чувствительность – 3 В.

Предел допустимой основной погрешности измерения немодулированного напряжения, %:

$$0,9 + 0,1 U_{\max} / U_x,$$

где U_{\max} – верхнее значение диапазона измерения; U_x – измеренное значение.

Предел допустимой основной погрешности измерения амплитудно-модулированного напряжения, %: $2,4 + 0,1 U_{\max} / U_x$.

Предел допустимой дополнительной погрешности измерения, вызванной изменением температуры окружающего воздуха в диапазоне от 0 до 50 °С, от основной погрешности на каждые 10 °С $\pm 0,5$.

Предел допустимой дополнительной погрешности измерения, вызванной воздействием постоянных магнитных полей и (или) переменных магнитных полей сетевой частоты с напряженностью не более 300 А/м, от основной погрешности $\pm 0,5$.

Потребляемая мощность – не более 2,5 ВА.

Время установления рабочего режима после включения напряжения питания – не более 15 с.

Время установления результата измерения с пределами погрешностей, приведенными выше, после скачкообразного изменения уровня сигнала от минимума до максимума или от максимума до минимума – не более 1 с.

Входное сопротивление измерительных каналов – не менее 1100 кОм.

Уровень подавления помехи в виде сигнала соседней частоты в селективном режиме – не менее 40 дБ.

Уровень подавления помехи промышленной частоты 50 Гц и ее гармоник – не менее 60 дБ.

Уровень подавления синфазной помехи – не менее 60 дБ.

Изоляция между входами измерительных каналов выдерживает испытательное напряжение постоянного тока – не более 2000 В.

Изоляция между входами измерительных каналов и силовыми линиями питания выдерживает испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц – не более 2000 В.

Изоляция между сигнальными линиями последовательного интерфейса и силовыми линиями питания выдерживает испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц – не более 1000 В.

Габаритные размеры – не более 51×124×230 мм.

Масса – не более 1,2 кг.

Средняя наработка на отказ – не менее 45 000 ч.

Срок службы – не менее 15 лет.

3 Устройство контроля тональных рельсовых цепей многоканальное

3.1 Состав и назначение устройства

УКТРЦМ осуществляет измерение СКЗ напряжения сигналов ТРЦ на входах путевых приемников, выходах путевых генераторов и путевых фильтров в селективном и широкополосном режимах и на выходах (нагрузках) путевых приемников по восьми гальванически развязанным каналам.

УКТРЦМ предназначено для применения в системах технического диагностирования ТРЦ на магистральном железнодорожном транспорте и в метрополитенах [11].

В зависимости от назначения УКТРЦМ имеет четыре модификации: УКТРЦМ-00, УКТРЦМ-01, УКТРЦМ-03, УКТРЦМ-04.

УКТРЦМ-00 используется для измерения СКЗ переменного напряжения в широкополосном (включая постоянное напряжение) и селективном режимах: на входах путевых приемников ПП, ПРЦ4 Л, УКТРЦМ-01 – в широкополосном режиме на выходах путевых генераторов ГПЗ, ГПЗ1, ГП4, ГП41 и на выходах (нагрузках) путевых приемников ПП, ПРЦ4 Л, а в селективном режиме на выходах путевых генераторов ГПЗ, ГПЗ1, ГП4, ГП41.

УКТРЦМ-03 позволяет получить данные измерений СКЗ переменного напряжения, в широкополосном или селективном режимах, на выходах

путевых фильтров тональных рельсовых цепей, а УКТРЦМ-04 – на входах путевых приемников УПП1 (шунт 1 Ом).

Кроме того, УКТРЦМ-00, -01, -03, -04 могут использоваться для измерения постоянного и переменного напряжений.

Питание КТРЦМ осуществляется постоянным напряжением от 18 до 30 В или переменным напряжением от 16 до 24 В, частотой $50 \pm 0,5$ Гц.

УКТРЦМ изготавливается в климатическом исполнении УХЛ4 по ГОСТ 15150–69 и предназначено для круглосуточной эксплуатации в условиях, характеризующих группу 3 по ГОСТ 22261–94.

3.2 Технические характеристики тональных рельсовых цепей

УКТРЦМ содержит восемь каналов измерения СКЗ постоянного напряжения, непрерывного переменного напряжения и амплитудно-модулированного переменного напряжения с частотой модуляции $8 \pm 0,13$ или $12 \pm 0,22$ Гц. Вид модулирующего сигнала – прямоугольный или синусоидальный. Коэффициент модуляции – от 0 до 1. Максимальная скважность модулирующих импульсов – 6.

Полоса пропускания в широкополосном режиме – от 0 до 7000 Гц.

Частоты настройки каналов в селективном режиме для исполнений –00, –01, –03, Гц: 420 ± 2 ; 480 ± 2 ; 580 ± 2 ; 720 ± 2 ; 780 ± 2 ; 4545 ± 10 ; 5000 ± 10 ; 5555 ± 10 .

Частоты настройки каналов в селективном режиме для исполнений –04, Гц: 425 ± 2 ; 475 ± 2 ; 575 ± 2 ; 725 ± 2 ; 775 ± 2 .

Полоса пропускания в режиме измерения переменного тока – от 380 до 7000 Гц.

Каждый канал измерения напряжения в процессе эксплуатации, независимо от других каналов, имеет возможность программирования на работу в широкополосном или селективном режиме, с настройкой на одну из частот, используемых в метро (425, 475, 575, 725, 775 Гц) в комбинации с одной из частот модулирующего сигнала.

В селективном режиме УКТРЦМ обеспечивает измерения СКЗ амплитудно-модулированного напряжения с частотами модуляции $8 \pm 0,13$ и $12 \times 0,22$ Гц.

Управление режимами работы УКТРЦМ осуществляется посредством подачи управляющих команд от ведущего контроллера (концентратора информации).

Для связи с ведущим контроллером используется интерфейс RS-485 с параметрами: скорость передачи 9600 бит/с, формат данных – 8 бит данных, 1 стоповый бит, без контроля четности, режим – полудуплексный.

Сетевой адрес УКТРЦМ находится в диапазоне от 0x00 до 0x3F (от 0 до 63) и задается установкой переключателей между контактами ADR0 – ADR5 и контактом ADR-NL на розетке коммуникационного разъема.

Диапазон измерения напряжения, В:

УКТРЦМ-00 – от 0,05 до 2;

УКТРЦМ-01 – от 0,2 до 12;

УКТРЦМ-03 – от 3 до 130.

УКТРЦМ-04 – от 0,001 до 0,04.

Предел допустимой основной погрешности измерения напряжения постоянного тока в широкополосном режиме, %:

$$0,9 + 0,1 U_{\max}/U_x,$$

где U_{\max} – верхнее значение диапазона измерения; U_x – измеренное значение.

Предел допустимой основной погрешности измерения немодулированного напряжения в селективном и широкополосном режимах (в диапазоне частот от 20 до 7000 Гц), %: $0,9 + 0,1 U_{\max}/U_x$.

Предел допустимой основной погрешности измерения амплитудно-модулированного напряжения в селективном и широкополосном режимах (в диапазоне частот от 20 до 7000 Гц), %: $2,4 + 0,1 U_{\max}/U_x$.

Предел допустимой дополнительной погрешности измерения, вызванной изменением температуры окружающего воздуха в диапазоне от 0 до 50 °С от основной погрешности на каждые 10 °С – не более $\pm 0,5\%$.

Предел допустимой дополнительной погрешности измерения, вызванной воздействием постоянных магнитных полей и (или) переменных магнитных полей сетевой частоты с напряженностью не более 300 А/м – не более $\pm 0,5\%$ основной.

Потребляемая мощность – не более 2,5 ВА.

Время установления рабочего режима после включения напряжения питания – не более 15 с.

Время установления результата измерения с погрешностью, %, $0,9 + 0,1 \times U_{\max}/U_x$ после скачкообразного изменения уровня сигнала от минимума до максимума или от максимума до минимума – не более 10 с.

Входное сопротивление измерительных каналов – не менее 90 кОм.

Уровень подавления помехи в виде сигнала соседней частоты в селективном режиме – не менее 40 дБ.

Уровень подавления помехи промышленной частоты 50 Гц и ее третьей гармоники в селективном режиме – не менее 60 дБ.

Уровень подавления помех частотой 25, 75, 175, 300 Гц в селективном режиме при настройке на все частоты – не менее 60 дБ.

Уровень подавления синфазной помехи в широкополосном режиме – не менее 60 дБ.

Изоляция между входами измерительных каналов выдерживает испытательное напряжение постоянного тока не более 2000 В.

Изоляция между входами измерительных каналов и силовыми линиями питания выдерживает испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц не более 2000 В.

Изоляция между сигнальными линиями последовательного интерфейса и силовыми линиями питания выдерживает испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц не более 1000 В.

Габаритные размеры – не более 51×124×230 мм.

Масса – не более 1,2 кг.

Средняя наработка на отказ – не менее 45 000 ч.

Срок службы – не менее 15 лет.

3.3 Конструкция и состав устройств контроля тональных рельсовых цепей

Конструкция УКТРЦМ представляет собой жесткий каркас с четырьмя стойками для фиксации модулей измерения и цифровой обработки (см. рис. 3). На задней панели каркаса установлен коммутационный разъем РП10-42 Л, с помощью которого производится подключение УКТРЦМ к источнику питания, входным сигнальным линиям, земляной шине и последовательному каналу передачи данных. Часть контактов коммутационного разъема задействованы для задания сетевого адреса УКТРЦМ и установки перемычек согласующих резисторов.

На передней панели расположены индикаторы «Работа», «Связь», «Ошибка», обеспечивающие индикацию режимов работы УКТРЦМ.

3.4 Структурная схема устройства

Схема содержит модули измерения и цифровой обработки, аналогичные показанным на рис. 2. Каждый измерительный канал модуля измерения состоит из измерителя напряжения в линии с дифференциальным входом, аналогово-цифрового преобразователя и узла гальванической развязки.

Модуль цифровой обработки состоит из узла процессора, энергонезависимой конфигурационной памяти (далее EEPROM), преобразователя напряжения 24 в 5 В, обеспечивающего гальваническую развязку УКТРЦМ от внешнего источника питания, узла коммуникационного интерфейса RS-485 с собственным гальванически развязанным преобразователем напряжения 5 в 5 В. Модуль цифровой обработки обеспечивает фильтрацию и вычисле-

ние результатов измерения, прием команд от ведущего контроллера и выдачу результатов измерения в линию связи.

При включении питания или при получении команды «Сброс» УКТРЦМ проводит самодиагностирование исправности составных частей и целостности данных в EEPROM. Результаты самодиагностирования и режимы работы УКТРЦМ отображаются с помощью индикаторов на передней панели.

В табл. 3 приведены соответствия показаний индикаторов текущему состоянию УКТРЦМ.

Таблица 3. Показания индикаторов текущему состоянию УКТРЦМ

Состояние индикатора		Состояние УКТРЦМ	
«Работа»	«Ошибка»	«Связь»	
Горит	Погашен	Погашен	УКТРЦМ исправен, режим «Измерение», обмена с ведущим контроллером нет
Горит	Погашен	Кратковременно мигает*	УКТРЦМ исправен, режим «Измерение», идет обмен с ведущим контроллером
Однократно вспыхивает	Однократно вспыхивает	Однократно вспыхивает	Инициализация при включении питания или при приеме команды «Сброс»
Горит	Горит	Горит	УКТРЦМ не исправен. Сбой программного обеспечения
Погашен	Периодически мигает**	Безразлично	Ошибка контрольной суммы EEPROM

* Время включенного состояния 0,1 с, время выключенного состояния 0,9 с.

** Время включенного состояния 0,5 с, время выключенного состояния 0,5 с.

Режимы работы измерительных каналов УКТРЦМ задаются посредством команд от ведущего контроллера (концентратора информации). Измерительные каналы производят измерение напряжения входного сигнала в одном из четырех режимах работы – широкополосном (режим «ШП»), селективном на одной из рабочих частот, измерение переменного тока и измерение постоянного тока.

В табл. 4 приведены режимы работы УКТРЦМ и соответствующий им программный идентификатор. Исполнение УКТРЦМ устанавливается производителем на этапе первичной калибровки специальной командой.

Режимы работы каналов фиксируются в EEPROM и активизируются после рестарта УКТРЦМ.

Измеренные значения передаются в ответ на запрос концентратора информации в виде текстовой строки, содержащей восемь символьных представлений десятичного числа вида

+XX. XXX +XX. XXX +XX. XXX +XX. XXX +XX. XXX +XX. XXX
 +XX. XXX +XX. XXXсс,

где X – произвольные десятичные цифры; сс – шестнадцатеричная контрольная сумма.

Таблица 4. Режимы работы УКТРЦМ

Исполнение УКТРЦМ	Диапазон рабочих напряжений, В	Программный идентификатор режима работы			
		Селективный режим	Широкополосный режим	Режим постоянного тока	Режим переменного тока
00	От 0,05 до 2	0	3	8	9
01	От 0,2 до 12	1	2	6	7
03	От 3 до 130	4	5	0A	0B
04	От 0,001 до 0,04	0C	0D	0E	0F

Детальное описание всех команд содержится в документе «Устройство контроля тональных рельсовых цепей многоканальное УКТРЦМ. Руководство программиста» УКВФ.421451.005 РП.

3.5 Физический интерфейс связи устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости с концентратором информации

В качестве физического интерфейса связи УКТРЦМ с ведущим контроллером (концентратором информации) использован стандартный последовательный интерфейс RS-485. Связь осуществляется на скорости 9600 бит/с (8 бит, 1 стоповый, без проверки четности) в полудуплексном режиме.

Каждый УКТРЦМ имеет уникальный номер, который задается путем установки переключателей на ответной части основного разъема между контактами ADR0 – ADR5 и контактом ADR-NL. Если переключатели не установлены, то устройство получает сетевой адрес «0». При установке переключателя между одним из контактов ADR0 – ADR5 и контактом ADR-NL соответствующая линия ADRx устанавливается в состояние логической единицы. Сетевой адрес устройства определяется по формуле:

$$32 \cdot \text{ADR5} + 16 \cdot \text{ADR4} + 8 \cdot \text{ADR3} + 4 \cdot \text{ADR2} + 2 \cdot \text{ADR1} + \text{ADR0},$$

где ADRx = 1 – переключатель ADRx установлен; ADRx = 0 – переключатель ADRx не установлен.

При подключении УКТРЦМ к сети передачи данных посредством интерфейса RS-485 необходимо пользоваться общими рекомендациями по данному стандарту. При работе с линией связи длиной более 10 м необходимо согласование волнового сопротивления на ее концах. При отсутствии согласования линии искажается форма сигнала, что может привести к потерям сообщений в сети или к неработоспособности сети целиком. Если устройство установлено на конце линии, то между цепями RTH1 и RTL1 необходимо установить согласующие резисторы сопротивлением 120 Ом. Сопротивление должно соответствовать волновому сопротивлению примененного кабеля. Согласующие резисторы можно установить на ответном разъеме навесным монтажом или подключить установленный внутри УКТРЦМ согласующий резистор, установив перемычки между контактами RTH2 – RTH1 и RTL2 – RTL1 (см. рис. 4). Согласующие резисторы должны быть включены на обоих концах линии связи.

3.6 Подключение устройств контроля сигналов автоматического регулирования скорости или контроля тональных рельсовых цепей к контролируемым цепям

Устройства УКС-АРС и УКТРЦМ устанавливаются на рамах или клеммных полях релейных статов. Конструктивное исполнение устройства обеспечивает распределенный вариант построения измерительной подсистемы с размещением устройства в непосредственной близости от контролируемых аналоговых сигналов.

Для обеспечения безопасного подключения устройств к контролируемым цепям необходимо использовать защитные резисторы на входах каналов измерения С2–29 В-2,0–6,81 кОм \pm 0,1 %. Схема подключения устройства к контролируемым цепям приведена на рис. 5. Питание УКС-АРС и УКТРЦМ осуществляется от стационарной батареи с напряжением от 18 до 30 В либо от вторичной обмотки сетевого трансформатора с выходным напряжением от 16 до 24 В. Полярность питающего напряжения безразлична.

Настройка измерительных каналов производится при изготовлении устройств УКС-АРС, УКТРЦМ и в дополнительных настройках не нуждается.

Подключение обоих устройств к линии связи последовательного интерфейса необходимо осуществлять «в разрез» линии, без отводов, что обеспечивает отсутствие помех и отражений в сегменте. При монтаже необходимо соблюдать полярность сигнала, соединяя одноименные сигналы линии связи витой парой. Экран кабеля линии связи подключается к контакту «DZ» разъема.

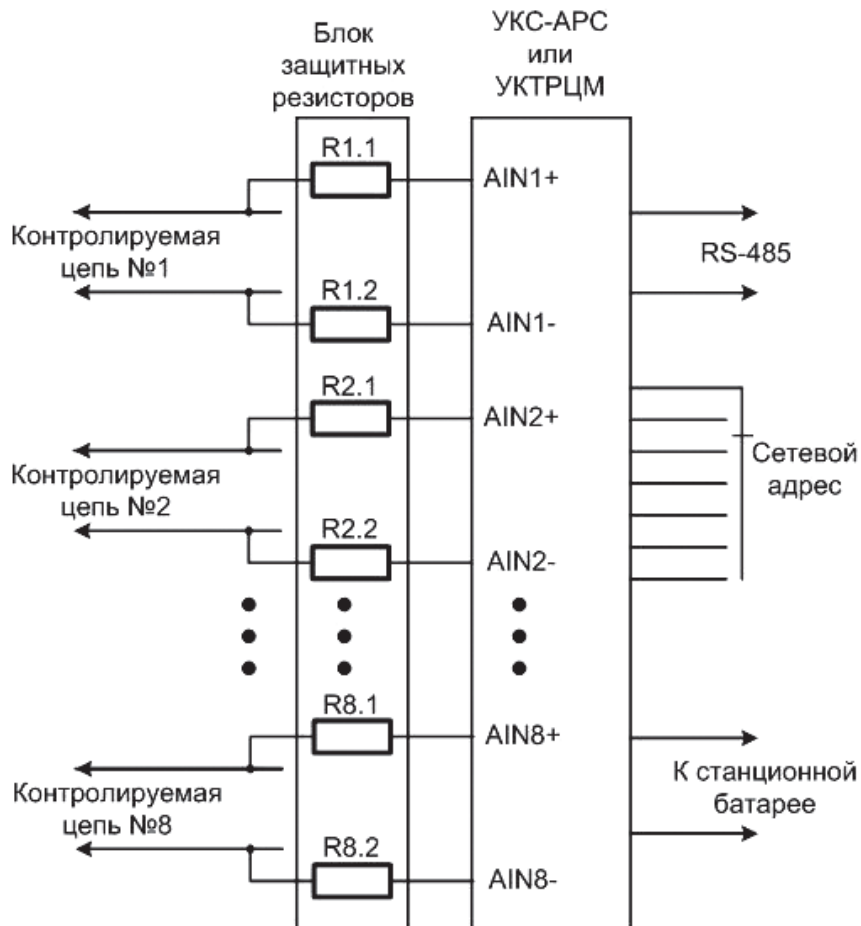


Рис. 5. Подключение УКС-АРС или УКТРЦМ к контролируемым цепям

Адрес УКС-АРС и УКТРЦМ в сети передачи данных задается путем установки переключателей на контактах разъема.

Система УКС-АРС при включении питания, после проведения внутреннего тестирования переходит в режим селективного измерения СКЗ напряжений. Все восемь каналов устройства непрерывно выполняют измерения своих входных напряжений. УКТРЦМ при первом включении находится в состоянии измерения напряжения частотой 420 Гц с частотой модуляции 8 Гц, а затем все восемь каналов устройства непрерывно выполняют измерения своих входных напряжений.

Для считывания показаний устройств УКТРЦМ и УКС-АРС используются символьные команды. Описание всех команд содержится соответственно в документах «Устройство контроля тональных рельсовых цепей многоканальное УКТРЦМ. Руководство программиста» УКВФ.421451.005 РП и «Устройство контроля сигналов автоматического регулирования скорости УКС-АРС. Руководство программиста» УКВФ.421451.013 РП. В обоих устройствах нет органов управления, требующих вмешательства оператора при эксплуатации.

Заключение

Реализованные функции автоматического измерения параметров устройств и централизации результатов их диагностирования дают возможность совершенствовать технологию технической эксплуатации устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в дистанциях метрополитена. В соответствии с существующим в настоящее время уровнем развития средств АПК-ДК и предусмотренными в статье решениями должна измениться технология обслуживания внедряемых комплексов устройств и систем согласно инструкциям по техническому обслуживанию устройств автоматики и телемеханики [12].

Объектами диагностирования устройств железнодорожной автоматики и телемеханики являются рельсовые цепи, стрелки, светофоры, устройства электропитания, УКС-АРС, кабельные сети и системы метрополитена АБ, ЭЦ, ДЦ и др. Для действующих релейных, внедряемых релейно-процессорных и микропроцессорных устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики совместно с устройствами АПК-ДК вопрос об оборудовании средствами технического диагностирования и мониторинга должен решаться при выполнении комплексных проектов модернизации на линиях метрополитена.

Библиографический список

1. Ефанов Д. В. Техническое диагностирование и мониторинг устройств автоматики в метрополитенах / Д. В. Ефанов // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 3. – С. 4–8.
2. Басалаев Е. Контроль параметров устройств автоматики в Петербургском метрополитене / Е. Басалаев, Б. Горбунов, Д. Ефанов // Control Engineering Россия. – 2014. – № 2. – С. 54–57.
3. Нестеров В. В. Информационные технологии для автоматизации обслуживания / В. В. Нестеров, М. В. Долгов, Д. С. Першин, А. В. Кожевников // Автоматика, связь, информатика. – 2004. – № 6. – С. 32–33.
4. Логинов Г. И. Устройства автоматики, телемеханики движения поездов на метрополитене : материалы для подготовки дежурных по посту централизации Московского метрополитена / Г. И. Логинов. – М., 2006. – 144 с.
5. Устройство контроля сигналов автоматического регулирования скорости УКС-АРС : руководство по эксплуатации УКВФ 421451.013. – Новосибирск, 2014. – 17 с.
6. Молодцов В. П. Системы диспетчерского контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / В. П. Молодцов, А. А. Иванов. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 140 с.

7. Устройство контроля тональных рельсовых цепей многоканальное УКТРЦМ : руководство по эксплуатации УКВФ 421451.005. – Новосибирск, 2008. – 15 с.
8. Автомат диагностики силовых параметров стрелочного электропривода АДСП : руководство по эксплуатации УКВФ. 421451.009. – Новосибирск, 2011. – 22 с.
9. ТМП-1139499777. Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля. Система технического диагностирования и мониторинга АПК-ДК (СТДМ). – СПб. : ООО «Компьютерные информационные технологии», 2011. – 180 с.
10. Сапожников Вл. В. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учебник для вузов ж.-д. транспорта / Вл. В. Сапожников, Н. П. Ковалев, В. А. Кононов, А. М. Костроминов, Б. С. Сергеев ; под ред. проф. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2005. – 453 с.
11. Ефанов Д. В. Мониторинг параметров рельсовых цепей тональной частоты / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Транспорт Урала. – 2013. – № 1. – С. 36–42.
12. Федорчук А. Е. Микропроцессорные технологии управления, диагностирования и технического обслуживания / А. Е. Федорчук, А. А. Сепетый. – 2004. – № 6. – С. 27–29.

Alexander A. Ivanov,

Andrey K. Legon'kov

Limited liability company «Komp'uternye informatsionnye tekhnologii»

Vitaly P. Molodtsov

«Automation and remote control on railways» department

Petersburg state transport university

Technical diagnostics of subway automation and remote control devices

The article addresses the problems of automatic measurement of parameters of audio frequency track circuits control devices, that are used on spans and stations of the subway in co-operation with automatic regulation of the train traffic speed system. The article provides the structure and technical characteristics of the controlled station devices. It shows that multichannel audio frequency track circuits control device (UKTRTsM) and automatic speed signals control device (UKS-ARS) are produced in accordance with technical requirements for measuring, processing and transmission of operational information using the serial interface within hierarchical or independent measuring systems. The schemes of connecting devices to the facilities for taking parameters of root-mean-square voltage signals are used respectively for audio frequency track circuits UKTRTsM and automatic speed signal circuits UKS-ARS.

complex automation; serial interface; selective measurements; root-mean-square voltage; switch connector; configurational memory; selective mode; terminal field of relay rack frame

References

1. Efanov D. V. (2014). Technical diagnostics and monitoring of subway automation devices [Tekhnicheskoye diagnostirovaniye i monitoring ustroystv avtomatiki v metropolitenakh], Industrial automation (Avtomatizatsiya v promyshlennosti), issue 3, pp. 4–8.
2. Basalaev E. V., Gorbunov B. L., Efanov D. V. (2014). Parameters check for Petersburg subway automation devices [Kontrol' parametrov ustroystv avtomatiki v Peterburgskom metropolitene], Control Engineering, issue 2, pp. 54–57.
3. Nesterov V. V., Dolgov M. V., Pershin D. S., Kozhevnikov A. V. (2004). Information technologies for service automation [Informatsionnyye tekhnologii dlya avtomatizatsii obsluzhivaniya], Automation, communication, information science (Avtomatika, svyaz', informatika), issue 6, pp. 32–33.
4. Loginov G. I. (2006). Subway train automation and remote control devices, Materials for preparation of operators on duty at signal posts in Moscow Metro [Ustroystva avtomatiki, telemekhaniki dvizheniya poyezdov na metropolitene, Materialy dlya podgotovki dezhurnykh po postu tsentralizatsii Moskovskogo metropolitena], Moscow, 144 p.
5. Signal checking device for automated speed control UKS-ARS: operation manual UKVF 421451.013 (2014) [Ustroystvo kontrolya signalov avtomaticheskogo regulirovaniya skorosti UKS-ARS, rukovodstvo po ekspluatatsii UKVF 421451.013], Novosibirsk, 17 p.
6. Molodtsov V. P., Ivanov A. A. (2010). Dispatching control and railway automation and remote control monitoring systems [Sistemy dispetcherskogo kontrolya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki], textbook, St. Petersburg, Petersburg State Transport University (Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya), 140 p.
7. Multi-channel audio frequency track circuit control device UKTRTsM, operation manual UKVF 421451.005 (2008) [Ustroystvo kontrolya tonal'nykh rel'sovykh tsepey mnogokanal'noye UKTRTsM, rukovodstvo po ekspluatatsii UKVF 421451.005], Novosibirsk, 15 p.
8. Diagnostics automata for power parameters of point electric motor ADSP: operation manual UKVF. 421451.009 (2011) [Avtomat diagnostiki silovykh parametrov strelochnogo elektroprivoda ADSP, rukovodstvo po ekspluatatsii UKVF. 421451.009], Novosibirsk, 22 p.
9. TMP-1139499777 Hardware and software dispatching complex. Technical diagnostics and monitoring system APK-DK (STDM) (2011) [Apparatno-programmnyy kompleks dispetcherskogo kontrolya. Sistema tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa APK-DK (STDM)], St. Petersburg, Ltd. Computer information technologies (OOO «Komp'yuternyye informatsionnyye tekhnologii), 180 p.
10. Sapozhnikov V. I., Kovalev N. P., Kononov V. A., Kostrominov A. M., Sergeev B. S. (2005). Electric power supply of railway automation, remote control and communication devices [Elektropitaniye ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki, telemekhaniki i svyazi]. Textbook for higher educational railway transport institutions; under the editorship of V. I. Sapozhnikov, Moscow, Route (Marshrut), 453 p.

11. Efanov D. V., Bogdanov N. A. (2013). Monitoring of audio-frequency track circuits parameters [Monitoring parametrov rel'sovykh tsepey tonal'noy chastoty], Ural Transport (Transport Urala), issue 1, pp. 36–42.
12. Fedorchuk A. E., Sepety A. A. (2004). Microprocessor-based technologies of control, diagnostics and maintenance [Mikroprotsessornyye tekhnologii upravleniya, diagnostirovaniya i tekhnicheskogo obsluzhivaniya], issue 6, pp. 27–29.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Д. В. Ефановым
Поступила в редакцию 17.09.2015, принята к публикации 09.12.2015*

ИВАНОВ Александр Алексеевич – главный инженер ООО «Компьютерные информационные технологии».

e-mail: sdum@inbox.ru

ЛЕГОНЬКОВ Андрей Кириллович – начальник технического отдела ООО «Компьютерные информационные технологии».

e-mail: sdum@inbox.ru

МОЛОДЦОВ Виталий Прокопьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

e-mail: moviemlu@rambler.ru

© Иванов А. А., Легоньков А. К., Молодцов В. П., 2016