

является получение дополнительных радиочастот. Следовательно, необходимо переходить от систем с закрепленными радиоканалами к системам с коммутацией радиоканалов, к которым относятся и транкинги.

В докладе показано, что специфика железнодорожной радиосвязи определяется техническими условиями по ее применению и особенностями конкретного транспортного технологического процесса. При создании интегрированной системы связи с подвижными абонентами железной дороги, включающей в себя оперативно-технологическую, аварийно-технологическую и пассажирскую радиосвязи, целесообразно сравнить базовые варианты ее построения на основе существующей и перспективной аппаратуры.

В качестве базовых вариантов организации связи с подвижными абонентами в предлагаемом докладе рассмотрены четыре системы. Это существующие – поездная радиосвязь (ПРС) и РОРС, а также перспективные – транкинговая радиотелефонная и сотовая связи. Базовые варианты организации оперативно-технологической, аварийно-технологической и пассажирской радиосвязи сравнивались по следующим основным характеристикам:

- доступность тракта связи со стороны исходящего абонента;
- акустическое качество принимаемой речи;
- надежность канала радиосвязи;
- время развертывания средств радиосвязи в аварийных ситуациях;
- эффективность использования радиоканалов;
- капитальные вложения на строительство новых или модернизацию эксплуатируемых средств радиосвязи;

– эксплуатационные расходы.

Показатели оценивались в условных единицах от 0 до 1. Проведенный рейтинговый анализ базовых вариантов систем радиосвязи показал, что применение транкинговой радиосвязи на Белорусской железной дороге позволит уменьшить время развертывания связи с местом производства работ, улучшить доступность и повысить оперативность связи, а следовательно, сократить время выполнения аварийно-восстановительных работ при авариях и катастрофах. Это, в свою очередь, даст возможность обеспечить требуемую надежность графика движения поездов и в целом улучшить показатели работы железной дороги.

Технико-технологические и экономические преобразования последних лет привели к развитию в Республике Беларусь, странах Европы и СНГ рынка мобильной ведомственной радиосвязи, на котором активно действуют многочисленные поставщики разнообразных систем и услуг радиосвязи, соответствующих различным стандартам. Для служебной связи железных дорог на этом рынке представляет интерес сектор транкинговой радиосвязи, который насыщен предложениями конкурирующих между собой стандартов. Анализ процессов внедрения транкинговых систем на железных дорогах России и стран СНГ показал, что там устанавливаются прежде всего аналоговые транкинговые системы, причем предпочтение отдается системам стандарта МРТ 1327.

В докладе приводятся результаты сравнения технико-эксплуатационных характеристик различных систем транкинговой радиосвязи.

С учетом требований технологических процессов железнодорожного транспорта к организации радиосвязи, количества и контингента предполагаемых пользователей сделан вывод о том, что на Белорусской железной дороге для организации аварийно-технологической транкинговой радиосвязи на первом этапе развития можно рекомендовать аппаратуру аналогового стандарта МРТ 1327, а в последующем – одного из цифровых стандартов: TETRA или TetraPol.

УДК 656.254.153

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТРАКТОВ УЧАСТКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛЕФОННЫХ СВЯЗЕЙ

В. Г. ШЕВЧУК, О. В. БОНДАРЕВА, О. В. МЕЛЬНИЧЕНКО, В. Н. СМЕРНОВ

Белорусский государственный университет транспорта

В системе информационного обеспечения технологических процессов железнодорожного транспорта особо важное место занимают технологические телефонные связи (ТТС). Следует отметить,

что электроакустические характеристики влияют на скорость передачи информации по цепям участковых ТТС. Так, при классе цепи IV или Р понимание принимающим (входящим) абонентом информации, переданной исходящим абонентом, достигается благодаря дополнительным усилиям (форсирование речи, переспросы и др.).

Время с момента появления необходимости в передаче информации до окончания передачи ее по цепи ТТС может включать в себя следующие составляющие:

t_1 – время, которое затрачивает исходящий абонент на подход к средству связи (коммутатору технологической связи, промежуточному пункту, телефонному аппарату);

t_2 – время, которое затрачивает исходящий абонент на ожидание освобождения средства связи другим абонентом при коллективном использовании средства связи;

t_3 – время, которое затрачивает исходящий абонент для того, чтобы убедиться в свободности цепи технологической связи;

t_4 – время ожидания освобождения цепи ТТС в случае ее занятия другими абонентами;

$t_{\text{тех}}$ – техническое время установления тракта связи (посылка и прием вызова, необходимая коммутация, сигнализация и пр.);

t_5 – время, которое затрачивает входящий абонент на подход к средству связи;

$t_{\text{инф}}$ – время передачи полезной информации;

t_6 – время увеличения $t_{\text{инф}}$ из-за переспросов при недостаточной надежности тракта связи;

t_7 – время увеличения $t_{\text{инф}}$ из-за переспросов при недостаточном акустическом качестве тракта связи.

Вероятность того, что та или иная составляющая отсутствует, т. е. $t_i = 0$, обозначим через q_i . А вероятность того, что составляющая времени t_i существует, – p_i .

С вероятностью q_5 входящий абонент может находиться непосредственно у средства связи, при этом $t_5 = 0$. А с вероятностью p_5 он может находиться не у средства связи, при этом t_5 существует.

Время передачи полезной информации $t_{\text{инф}}$ может с вероятностями p_6 и p_7 увеличиваться из-за переспросов, соответственно, на t_6 и t_7 при недостаточных надежности и акустическом качестве тракта связи. С вероятностями q_6 и q_7 это происходить не будет.

Более наглядными являются деревья графов составляющих времени передачи информации по трактам связи на цепях участковых ТТС.

Из-за наличия или отсутствия той или иной составляющей имеется возможность установления тракта связи РС – ПП на диспетчерской цепи разными путями a, b . Число состояний системы N определяется по формуле

$$N = nm,$$

где n – число входов системы; m – число выходов системы.

Поскольку $n = 1$ и $m = 8$, то существует 8 вариантов установления тракта связи РС – ПП.

Для трактов ПП – РС $n = 2$ и $m = 8$, следовательно, существует $N = 2 \cdot 8 = 16$ вариантов установления тракта. Для трактов ПП – ПП на цепях постанционной связи $n = 4$ и $m = 16$, следовательно, существует $N = 4 \cdot 16 = 64$ варианта установления тракта.

Вероятность прохождения тракта связи по той или иной ветви деревьев графов можно представить как произведение вероятностей существования составляющих времени занятия цепи:

$$P(a_1b_1) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot q_7$$

$$P(a_1b_2) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot p_7$$

$$P(a_1b_3) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot p_6 \cdot q_7$$

$$P(a_1b_{10}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot p_7$$

$$P(a_1b_{11}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot q_5 \cdot p_6 \cdot q_7$$

$$P(a_1b_{12}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot q_5 \cdot p_6 \cdot p_7$$

$$P(a_1b_{13}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot q_6 \cdot q_7$$

$$P(a_1b_{14}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot q_6 \cdot p_7$$

$$P(a_1b_{15}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot q_7$$

$$P(a_1b_{16}) = q_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7$$

$$P(a_2b_1) = p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot q_7$$

$$P(a_2b_2) = p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot q_6 \cdot p_7$$

$$P(a_2b_3) = p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot p_6 \cdot q_7$$

$$P(a_2b_4) = p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot q_5 \cdot p_6 \cdot p_7$$

$$P(a_2b_5) = p_1 \cdot q_2 \cdot p_3 \cdot q_4 \cdot p_5 \cdot q_6 \cdot q_7$$

$$P(a_4b_{13}) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot q_6 \cdot q_7$$

$$P(a_4b_{14}) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot q_6 \cdot p_7$$

$$P(a_4b_{15}) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot q_7$$

$$P(a_4b_{16}) = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 \cdot p_5 \cdot p_6 \cdot p_7$$

Наиболее вероятный путь для графа можно определить, приняв вероятность q_7 за переменную, как подвергаемую изменениям. Значение q_7 может изменяться от 0 до 1 и показывает, с какой вероятностью будет увеличиваться t_7 из-за уменьшения акустического качества тракта связи. Остальные вероятности будем считать неизменными, вследствие чего получим следующие результаты:

Соединение РС – ПП. При $0 < q_7 < 0,5$ наиболее вероятным оказался путь a_1b_5 , при $q_7 > 0,5$ – путь a_1b_1 .

Соединение ПП – РС. При $0 < q_7 < 0,5$ наиболее вероятный путь a_1b_3 , при $q_7 > 0,5$ – путь a_1b_1 .

Соединение ПП – ПП. При $0 < q_7 < 0,5$ – путь a_1b_{11} , при $q_7 > 0,5$ – путь a_1b_1 .

Абоненты цепей ТТС, как правило, не отказываются от установления соединения. Тогда среднее время установления соединения

$$t_c = \sum_{k=1}^7 [q_k \cap p_k] t_i + t_{\text{тех}}$$

Эффективность функционирования цепи ТТС E определяется как математическое ожидание случайной величины характеристики ее состояния, т. е.

$$E = \sum_{i=1}^N P(a_n b_m) \frac{t_{\text{инф}}}{t_{\text{инф}} + t_c},$$

где N – число вариантов установления тракта связи по цепи ТТС.

Величина E определяет наиболее вероятное состояние рассматриваемой цепи, и чем больше эта величина, тем меньше непроизводительно теряется абонентами времени в процессе передачи сообщений. При $E = 1$ непроизводительные затраты времени равны нулю и цепь ТТС абсолютно эффективна. При $E = 0$ передача информации по цепи не происходит.

Эффективность функционирования цепей ТТС обычно оценивается в тех случаях, когда нет ограничения на время доставки информации. Поскольку технологические процессы железнодорожного транспорта имеют ярко выраженный оперативный характер, к цепям ТТС предъявляются требования доставки информации в минимальные сроки.

Оперативность связи по диспетчерским цепям ТТС Q с учетом трафика оценивается

$$Q = \frac{1 + nY}{\sum_{k=0}^n \frac{n!}{(n-k)!} Y^k},$$

где n – число промежуточных пунктов в цепи ТТС; k – число вызовов в ЧНН; Y – трафик, создаваемый одним ПП в ЧНН, Эрл.

Например, если трафик составляет 1,5 мин-зан в ЧНН, а требуемая оперативность Q должна быть не ниже 0,9, число абонентов диспетчерской цепи ТТС в этом случае не должно быть больше 20.

Увеличение числа промежуточных пунктов в цепи ТТС возможно либо при снижении требуемого уровня оперативности Q , либо при меньшем значении трафика в ЧНН. Так, при трафике 1,0 мин-зан и $Q \geq 0,9$ максимальное число промпунктов, включенных в цепь ТТС, увеличивается до 25.

При объединении диспетчерских кругов и как следствие этого увеличении числа промпунктов значительно уменьшается оперативность связи, что неприемлемо для диспетчерских видов связи. Выходом из создавшегося положения может послужить переход от аналоговых цепей ТТС к цифровым.

В докладе показано, что в настоящее время более эффективно на цепях ТТС применять специализированные АТСЦ с выделенными для каждого вида диспетчерской связи цифровыми каналами.

УДК 656.254.16

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ

В. Г. ШЕВЧУК, М. С. КОСТЕНОК

Белорусский государственный университет транспорта

В. А. МАХНАЧ

Белорусская железная дорога

На Белорусской железной дороге применяется симплексная система поездной радиосвязи (ПРС), построенная по радиопроводному принципу с установкой стационарных радиостанций на всех промежуточных пунктах, где имеется постоянное дежурство работников службы движения. Применяются стационарные радиостанции РС-6.3 и 43РТС-А2-ЧМ, возимые РВ-1, 42РТС-А2-ЧМ, РК-1Б, распорядительные станции СР-34, СР-234 (при использовании стационарных радиостанций 43РТС-А2-ЧМ в качестве распорядительной станции используется РСР).

Поездной диспетчер, в пределах своего диспетчерского участка, должен иметь устойчивую радиосвязь с машинистами находящихся на участке поездов. Железнодорожный путь является сосредоточением различного рода металлических и железобетонных конструкций и пролегает, как правило, по территории с повышенным уровнем индустриальных помех. Земляные выемки и путепроводы являются экранами для электромагнитной волны, направляющие линии иногда далеко отходят от оси пути. К тому же распределение напряжённости электромагнитного поля вдоль железнодорожного пути имеет волнообразный характер. В виду всех этих причин уровень сигнала на входе приёмника может изменяться до 40 дБ при перемещении локомотива на расстояние до 100 м.

Для контроля уровня сигнала и выявления зон неуверенного приёма раз в год, а на грузонапряжённых участках два раза в год, качество радиосвязи проверяет вагон-лаборатория автоматики, телемеханики и связи, в котором оборудовано рабочее место по измерению параметров ПРС. Для определения уровня сигнала используется селективный микровольтметр SMV-11, для измерения девиации – измеритель модуляции вычислительный СКЗ-45, а для измерения частоты вызывных сигналов – частотомер электронно-счётный ЧЗ-63.

При движении вагона по перегону оператор связи, в зависимости от местоположения вагона-лаборатории, время от времени запрашивает по радиостанции дежурных по станциям, прилегающим к перегону. Установив связь с ДСП или ДНЦ, он оценивает качество связи на слух по разборчивости речи и производит измерение контролируемых параметров с помощью измерительной аппаратуры. Результаты измерений заносятся в протокол.

Как правило, эту операцию должны выполнять два человека, так как за непродолжительное время проведения сеанса радиосвязи необходимо снять показания с четырёх отсчётных устройств.

Периодичность измерений параметров поездной радиосвязи на Белорусской железной дороге устанавливается приказом от 16.02.1995г., №15Н.

Результаты измерений оформляются протоколом произвольной формы. В протоколе должны быть указаны:

- пикет, на котором производилось измерение;
 - уровень сигнала на этом пикете;
 - значение девиации «голосом», частоты и девиации вызывного сигнала стационарной радиостанции. Протокол результатов измерений представляется в службу сигнализации и связи.
- Вагон-лаборатория автоматики, телемеханики и связи проводит измерение параметров ПРС в следующих случаях:

- 1) в соответствии с годовым графиком объездов;
- 2) при замене одного типа оборудования на другой;
- 3) по заявке ШЧ;
- 4) по указанию службы Ш.