

ОШИБКИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В ЦИФРОВЫХ КАНАЛАХ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В. А. ЗАХАРОВ*, Т. Ю. ПОЗДЕЕВА*, А. Л. НЕВЗОРОВ**

*Уральский НИИ метрологии, Екатеринбург, Россия, e-mail: zakharov@uniim.ru

** «Инфо-Сети+», Екатеринбург, Россия, e-mail: aln@rest.ru

Приведены результаты экспериментального исследования достоверности передачи цифровой информации в канале связи в зависимости от уровня помех. Измерения выполнены для стандартного MODBUS-подобного протокола обмена, защищенного от искажений двухбайтной циклической контрольной суммой CRC. Оценены условия появления и значения ошибок информационного обмена в передаваемой информации.

Ключевые слова: ошибки информационного обмена, достоверность передачи измерительной информации, измерительная система.

The results of experimental study of reliability of the digital information transfer depending on the noise level in communication channel are presented. The measurements are carried out for the standard MODBUS-like exchange protocol protected from distortions by means of cyclic control CRC sum. The conditions of occurrence and the size of information exchange errors in transmitted information are estimated.

Key words: information exchange errors, reliability of measuring information transfer, measuring system.

В состав измерительного канала (ИК) измерительной системы в соответствии с [1] входят элементы трех типов: измерительные, вычислительные и связующие. Суперпозиция их метрологических характеристик в целом определяет метрологические характеристики ИК. При этом основной вклад вносят измерительный и вычислительный элементы, нормированию и контролю их параметров посвящены, например, [1 – 3]. Обычно предполагается [1, 2], что связующие элементы пренебре-

жимо мало влияют на погрешность ИК (так называемые ошибки информационного обмена) и их достаточно контролировать при проведении поверки. Более того, иногда полагают [4], что эти ошибки не только малы, но и носят систематический характер, т. е. не зависят от состояния канала передачи измерительной информации, а потому их можно контролировать при помощи специальной процедуры, основанной на использовании тестового файла заданного содержания, который имитирует информацию, передаваемую от первичного измерительного преобразователя на верхний уровень системы.

Вместе с тем известно [5], что достоверная передача измерительной информации при наличии помех, всегда присутствующих в реальном канале связи, возможна только при использовании специальных способов организации передаваемой информации (формат передаваемого кадра), обеспечивающих ее защиту от искажений. При этом важно отметить, что такая защита неидеальна [6]: для любого выбранного формата передаваемого кадра существует отличная от нуля вероятность появления необнаруженных ошибок, зависящая от уровня помех в канале связи и степени защищенности протокола обмена от искажений. Иначе говоря, при любом способе защиты передаваемой цифровой информации в реальном канале связи имеется вероятность получения измерительной информации, отличной от переданной, т. е. вероятность появления ошибок информационного обмена [2].

Ниже на примере стандартного протокола обмена, используемого для опроса счетчиков электрической энергии типа СЭТ-4ТМ.03, приведены результаты экспериментального исследования характера ошибок информационного обмена в зависимости от уровня помех в канале связи. Схема выполнения измерений показана на рисунке.

В соответствии с руководством по эксплуатации многофункциональный счетчик электрической энергии СЭТ-4ТМ.03, оснащенный интерфейсом RS-485, подключен к USB-порту ПЭВМ через серийный преобразователь интерфейсов ПИ-2. Амплитуда сигнала на выходе счетчика при передаче измерительной информации по интерфейсу RS-485, измеренная цифровым запоминающим осциллографом TPS2014, составляла $\pm (3 - 3,5)$ В.

В схему измерений дополнительно включены четыре резистора R , имитирующие сопротивление линии связи счетчик – верхний уровень системы [2], и низкочастотный генератор шума Г2-59, от которого в линию связи поступает шумовой сигнал с гауссовым распределением

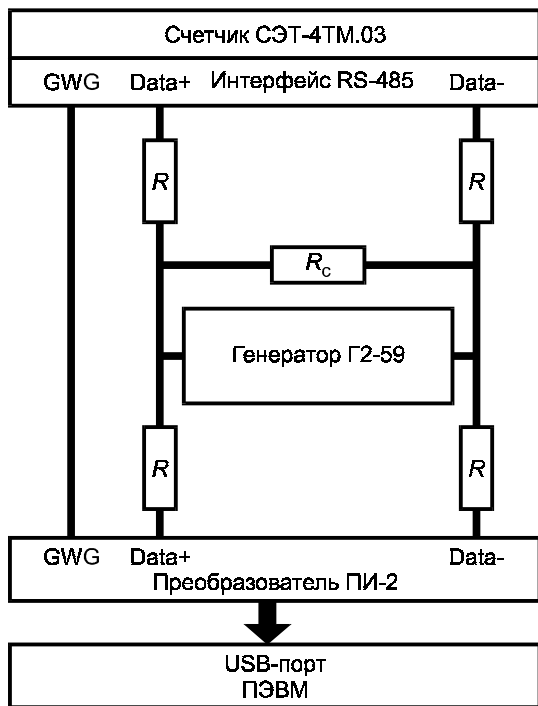


Схема измерений:

GWG — шина заземления; $Data\pm$ — шины передачи данных; R — резистор МЛТ-0,25, 24 Ом;
 R_c — резистор МЛТ-0,25, 100 Ом

счетчика в ПЭВМ установлена программа «Конфигуратор СЭТ-4ТМ», управляемая операционной системой Windows XP. Обмен измерительной информацией между счетчиком и ПЭВМ происходит при помощи MODBUS-подобного протокола обмена, защищенного от искажений с двухбайтной циклической контрольной суммой CRC (cyclic redundancy check).

В процессе измерений запрашивался один и тот же архив профиля нагрузки счетчика за выбранные сутки, содержащий информацию о времени конкретного получасового интервала и измеренных на каждом интервале значениях средней активной и реактивной мощности прямого и обратного направлений (A^+ , A^- , R^+ , R^-).

мгновенных значений напряжения и регулируемым в широких пределах уровнем выходного сигнала. Выход генератора шунтируется резистором R_c .

Входные цепи тока и напряжения счетчика подключены к многофункциональному калибратору переменного тока и напряжения РЕСУРС-К2, который обеспечивает функционирование счетчика в рабочем режиме и формирование архивов его памяти, в которых сохраняются, в частности, данные профиля нагрузки, используемые в настоящей работе для тестирования канала связи счетчик — ПЭВМ.

Для опроса данных профиля нагрузки счет-

Измерения проводили при контролируемом уровне помех в линии связи в трех частотных диапазонах низкочастотного шума от 2 Гц до 20, 100, 600 кГц, формируемого генератором Г2-59. При 150 циклах запроса профиля нагрузки счетчика результаты измерений для всех указанных диапазонов частот шума практически не различались между собой.

Установлено, что при достаточно большом отношении амплитуды сигнала U_c среднеквадратичному значению шума $U_{\text{ш}}$, т. е. $\alpha = U_c/U_{\text{ш}} > 35$ дБ, присутствие шума никак не влияло на достоверность передаваемой информации: отсутствовали потери передаваемых профилей мощности и значения мощности в принятых профилях были полностью идентичны переданным. Напряжение $U_{\text{ш}}$ измеряли встроенным в генератор Г2-59 цифровым вольтметром с использованием ступенчатого аттенюатора выходного сигнала, отградуированного в децибелах. Погрешность оценки α , определяемая как разность между действительным значением α и показаниями аттенюатора генератора, не превышала 5 дБ.

При $\alpha < 25...30$ дБ наличие шума в канале связи полностью исключает возможность передачи измерительной информации. В промежуточном диапазоне значений α наблюдались потери передаваемых профилей мощности и искажения информации. Из 150 запрашиваемых профилей мощности были потеряны (не приняты ПЭВМ) 44 профиля, а 6 профилей из принятых 106 содержали ошибки информационного обмена (см. таблицу). В таблице указаны номер принятого профиля; получасовой интервал времени, в котором были ошибки информационного обмена; отношение сигнал-шум α ; полоса частот Δf шума; тип измеренной мощности (активная, реактивная); переданное и принятое ее значения; абсолютная погрешность ΔP информационного обмена, определяемая как разность между принятым и переданным значениями в профиле нагрузки.

Как следует из таблицы, ошибки информационного обмена (необнаруженные ошибки по терминологии [6]), появляются группами (два-три измеренных значения мощности за передаваемый кадр, содержащий 192 значения). Это, очевидно, связано со структурой помехи, обеспечивающей появление таких ошибок, несмотря на наличие циклической контрольной суммы протокола обмена CRC, предназначенной для защиты передаваемой информации от искажений. Ошибка не слишком мала и никак не связана с передаваемым отсчетом энергии.

Ошибки информационного обмена

Номер профиля	Интервал времени	α , дБ	Δf , кГц	Измеренное значение мощности, кВт (квар)			ΔP , кВт (квар)
				тип	переданное	принятое	
66	12:30— 13:00	31	0,002 — 20	A ⁺	0,0006	0	-0,0006
				A ⁻	0,0002	0	-0,0002
				R ⁺	0,0096	0	-0,0096
84	12:00— 12:30	31	0,002 — 100	A ⁺	0,0006	0	-0,0006
				A ⁻	0,0002	0	-0,0002
				R ⁺	0,0096	0	-0,0096
82 83 85	12:00— 12:30	31	0,002 — 100	A ⁺	0,0006	0	-0,0006
				A ⁻	0,0002	0	-0,0002
				R ⁺	0,0096	0	-0,0096
	12:30— 13:00			A ⁺	0,0002	0	-0,0002
				R ⁺	0,0032	0	-0,0032
106	12:00— 12:30	27	0,002 — 600	A ⁺	0,0006	0	-0,0006
				A ⁻	0,0002	0	-0,0002
				R ⁺	0,0096	0	-0,0096
	12:30— 13:00			A ⁺	0,0002	0	-0,0002
				R ⁺	0,0032	0	-0,0032

Ошибки наблюдаются в узком диапазоне $\alpha = 30...35$ дБ. При меньших α сигнал практически не проходит к приемнику из-за высокого уровня шума; при больших α защита передаваемой информации эффективно работает. Полученные ошибки явно превышают нормированные по [2] значения (не более двух единиц младшего разряда), что следует учитывать при контроле достоверности измерительной информации в цифровых системах.

Таким образом, в соответствии с [6] ошибки информационного обмена (необнаруженные ошибки) относятся к случайным, значение и вероятность появления которых зависят от отношения сигнал–шум в канале связи и структуры использованного протокола обмена. С учетом случайного характера этих ошибок их нельзя моделировать, как предлагается в [4], при помощи тестового файла заданного содержания, а следует оценивать экспериментально для каждого канала передачи цифровой информации измерительной системы. Процедура оценки этих ошибок должна строиться, исходя

из их случайного характера и значимости отношения сигнал–шум в канале связи. Значимость можно оценивать, как показано выше, по доле потерянных сообщений, которая составляет заметную часть от общего числа запросов измерительной информации в канале.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. **ГОСТ Р 8.596–2002. ГСИ.** Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.

2. **МИ 3000–2006. ГСИ.** Системы автоматизированные информационно-измерительные коммерческого учета электрической энергии. Типовая методика поверки.

3. **Р 50.2.077–2011. ГСИ.** Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка обеспечения защиты программного обеспечения.

4. **Шейнин Э. М.** О метрологии больших систем учета энергоресурсов // Измерительная техника. 2012. № 12. С. 55–58; **Sheinin E. M.** On the metrology of large energy resources accounting systems // Measurement Techniques. 2012 .V. 55. N 12. P. 1442–1446.

5. **Котов П. А.** Повышение достоверности передаваемой цифровой информации. М.: Связь, 1966.

6. **ГОСТ Р МЭК 870-5-1–95.** Устройства и системы телемеханики. Ч. 5. Протоколы передачи. Раздел 1. Форматы передаваемых кадров.

Дата принятия 25.05.2013 г.

