

**СУРАЙКИН А. И., ЛАБУТИН М. С., КУДРЯШОВ А. Д., СУРАЙКИН А. А.**  
**СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ РАЗРАБОТКИ МИКРОСХЕМЫ**  
**УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ**  
**ПО КАНАЛУ ИНТЕРФЕЙСА RS-485**

**Аннотация.** В статье приводятся результаты анализа работы интерфейса RS-485 и системотехника разработки приёмопередатчика для управления обменом данными в измерительном оборудовании. На основе системотехнического анализа предлагается схемотехническое решение для разработки микросхемы приёмопередатчика на основе биполярной технологии с ВИД-процессом.

**Ключевые слова:** приёмопередатчик, RS-485, ВИД-процесс, короткое замыкание.

**SURAYKIN A. I., LABUTIN M. S., KUDRYASHOV A. D., SURAYKIN A. A.**  
**SYSTEM ENGINEERING OF INTEGRATED CIRCUITS DESIGN**  
**FOR INTERFACE RS-485 CHANNEL TO CONTROL MEASURING EQUIPMENT**

**Abstract.** The article provides the results of the analysis of the RS-485 interface and the system engineering development of a transceiver circuit for the data exchange controlling in measuring equipment. Using system engineering analysis, the authors offer a circuit design solution for the development of a transceiver chip based on a bipolar VID process technology.

**Keywords:** transceiver, RS-485, VID process, short circuit.

Современное измерительное оборудование в той или иной мере технически оснащено средствами автоматизированного управления, включая, прежде всего, компьютерное. Способы обмена данными могут быть различными, включая и комбинированные. Это и локальные сети, USB-интерфейсы и интерфейсы RS-485/RS-422. Последовательными интерфейсами стандартов RS-485/RS-422 оснащены многие современные компьютерные системы промышленного назначения. Парк работающего оборудования, обменивающегося информацией по протоколам RS-485 или RS-422, огромен. Проектирование, серийное производство и применение интерфейсных микросхем подобного класса активно продолжается в новых разработках.

Стандарт RS-485 охватывает электрические и временные характеристики интерфейса. Это позволяет использовать стандарт RS-485 практически в любой системе обмена данными, что существенно расширяет сферу разработок. Однако, накладываются определенные требования к приёмопередатчикам – микросхемам, преобразующим дифференциальный сигнал витой пары в последовательный код. Тип приёмопередатчиков должен быть

дифференциальным, потенциальным. Изменение входных и выходных напряжений (рисунок 1) на линиях А и В:  $U_a$  ( $U_b$ ) от  $-7$  В до  $-12$  В ( $+7$  В до  $+12$  В) [1].

Требования, предъявляемые к выходному каскаду:

- выходной каскад представляет собой источник напряжения с малым выходным сопротивлением,  $|U_{\text{вых}}|=1,5:5,0$  В (не менее 1,5 В и не более 5,0 В);
- состояние логической «1»:  $U_a < U_b$  (гистерезис 200 мВ);
- состояние логического «0»:  $U_a > U_b$  (гистерезис 200 мВ);
- выходной каскад должен выдерживать режим короткого замыкания, иметь максимальный выходной ток 250 мА, скорость нарастания выходного сигнала 1,2 В/мкс и схему ограничения выходной мощности.

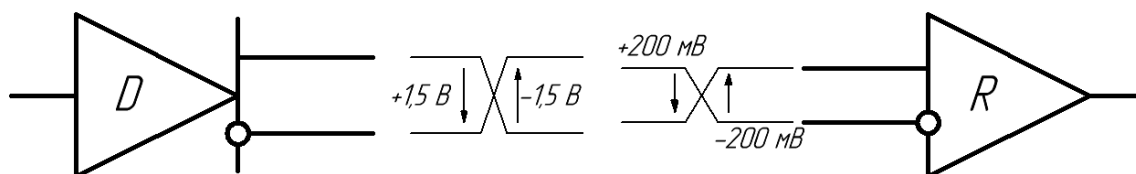


Рис. 1. Минимальные уровни сигнала шины RS-485.

Требования, предъявляемые к входному каскаду:

- входной каскад представляет собой дифференциальный вход с высоким входным сопротивлением и пороговой характеристикой от  $-200$  мВ до  $+200$  мВ;
- допустимый диапазон входных напряжений  $U_{ag}$  ( $U_{bg}$ ) относительно земли (GND) от  $-7$  В до  $+12$  В;
- входной сигнал представлен дифференциальным напряжением ( $U_i$   $+0,2$  В и более);

Большинство современных микросхем выполнено по КМОП-технологиям, что позволяет снизить потребляемую мощность (потребление тока микросхемы до 1 мА). Но необходимо учитывать и ряд недостатков, связанных с этой технологией. Это, прежде всего низкая (по сравнению с элементной базой, изготовленной по биполярной технологии) помехоустойчивость и надёжность работы в условиях воздействия электромагнитных помех (особенно в условиях промышленных предприятий), чувствительность к воздействию статических потенциалов (особенно в зимний период) [2]. Это делает применение КМОП-микросхем не столько универсальным, как хотелось бы. Учитывая всё вышесказанное, отметим, что применение биполярных технологий для разработки элементной базы интерфейсных устройств является актуальной задачей. Разработка и изготовление биполярных ИС не заменяет КМОП – ИС, а как бы дополняет номенклатуру микросхем в

части применения в наиболее жёстких, критичных условиях, где применение КМОП – ИС не всегда отвечает требованиям надёжности.

Из достаточного большого набора вариантов эпитаксиально-планарных биполярных технологий, наибольший интерес представляет процесс с применением вертикальной изолирующей диффузии (ВИД-процесс). Этот процесс позволяет наряду с традиционными вертикальными  $n$ - $p$ - $n$ -транзисторами (дрейфовыми) изготавливать вертикальные  $p$ - $n$ - $p$ -транзисторы (диффузионные). Такое решение позволяет добиться требуемого быстродействия управляющей схемы.

На рисунке 2 представлена структура  $n$ - $p$ - $n$ - и  $p$ - $n$ - $p$ -транзисторов, выполненных на основе эпитаксиального биполярного ВИД-процесса.

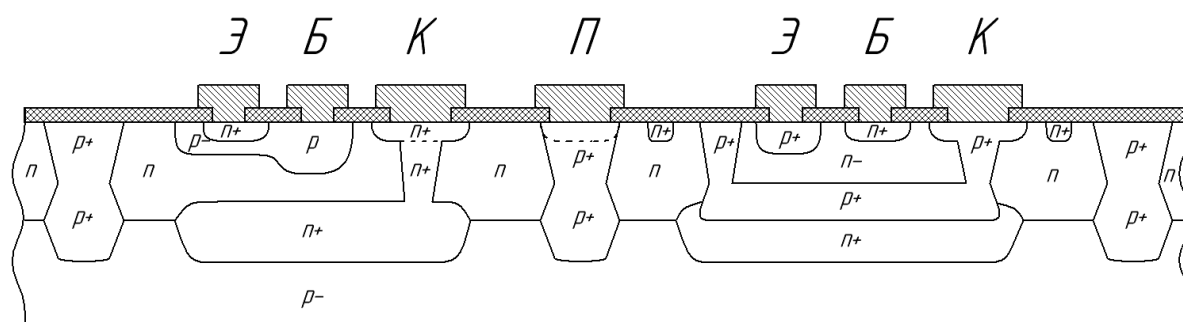


Рис. 2. Структура транзисторов ( $n$ - $p$ - $n$  и  $p$ - $n$ - $p$ ) на основе эпитаксиального биполярного ВИД-процесса.

Структурная схема приёмопередатчика представлена на рис. 3. Устройство состоит из основных блоков: компаратора передатчика (transmitter), компаратора приемника (receiver), блоков разрешения/запрета передачи выходных усилительных каскадов. Подключение структурных блоков реализовано так, что приёмопередатчик способен работать в полудуплексном режиме, то есть поочерёдно - либо передает сигнал, либо его принимает.

### ***Компьютерное моделирование и расчёт основных режимов работы микросхемы приёмопередатчика.***

Моделирование проводилось в САПР TINA-TI [3]. Синтез схемы был осуществлён на основе иерархического принципа. Схема приведена на рисунке 4. Были промоделированы как отдельные функциональные блоки (1 уровень иерархии), так и полная схема (2-й уровень иерархии).

Результаты моделирования представлены в виде временных диаграмм на рисунках 5 и 6.

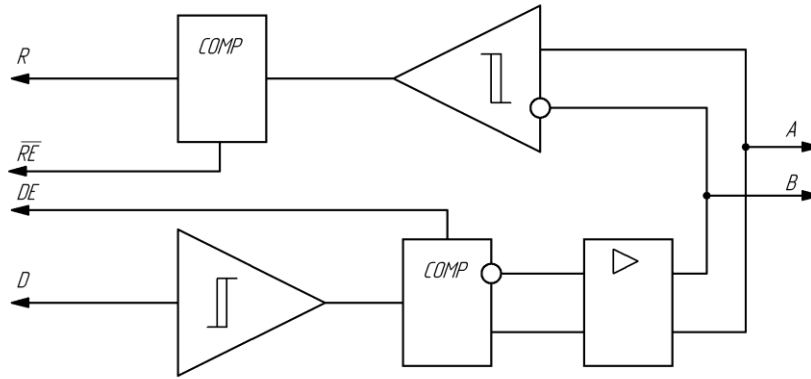


Рис. 3. Структурная схема приёмопередатчика.

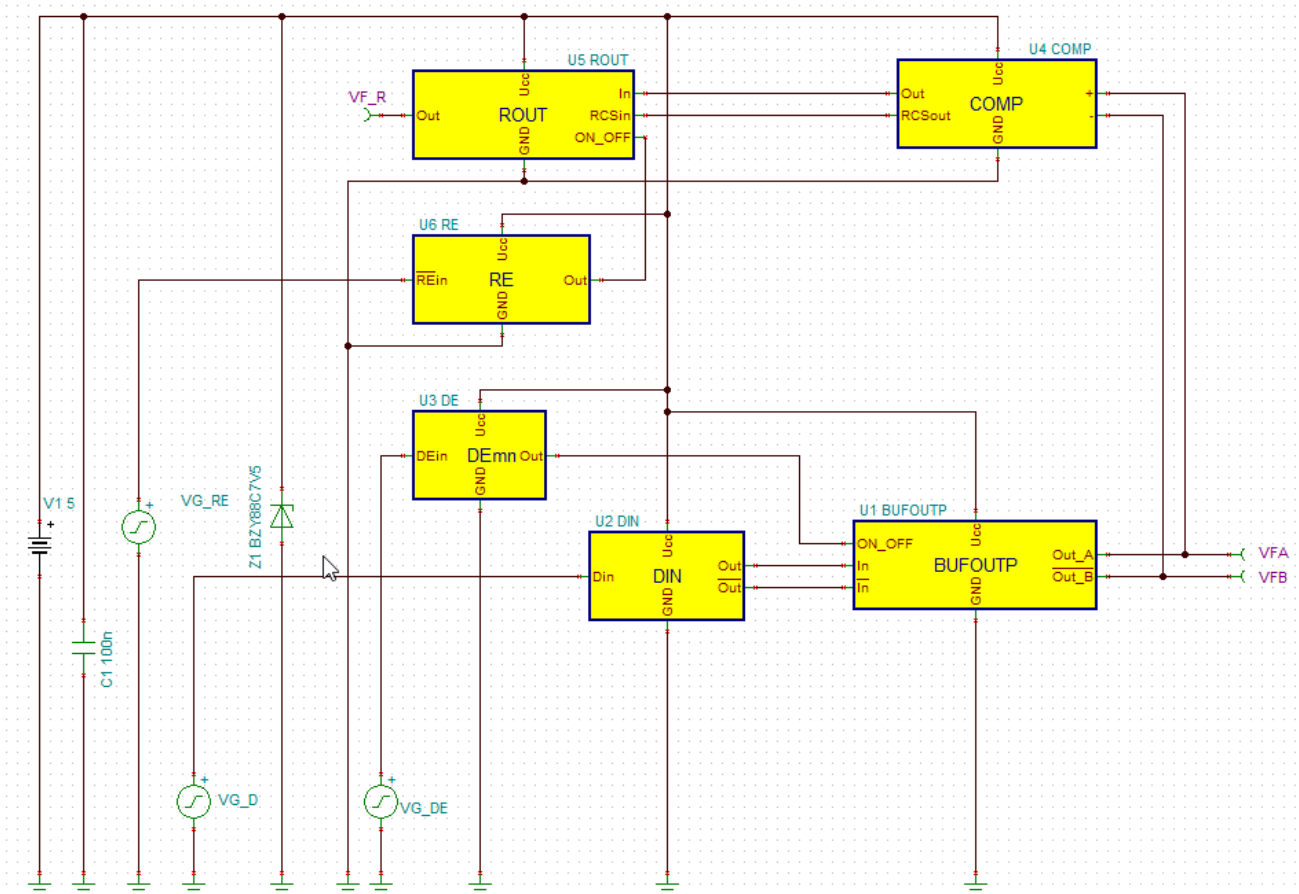


Рис. 4. Схема макромодели приёмопередатчика в САПР TINA-TI.

На рисунке 5 представлены временные диаграммы работы схемы в режиме передатчика. У разрешающего сигнала активный уровень - высокий. Информационный сигнал преобразуется в дифференциальный сигнал, поступающий на витую пару в течение времени, пока на входе DE установлен высокий уровень (логическая «1»).

На рисунке 6 представлены диаграммы работы схемы в режиме приёмника. Дифференциальный сигнал с витой пары, преобразуется в цифровой сигнал амплитудой 5 В. Разрешающий сигнал у приёмника инверсный (активный – «0»).

Специфика моделирования приёмопередатчика заключалась в том, что все функциональные узлы, представленные в виде иерархических блоков, были первоначально разработаны на уровне принципиальных электрических схем. Этот факт максимально приближал разрабатываемое устройство к прототипу и к минимуму сводил погрешность получаемых характеристик [4].

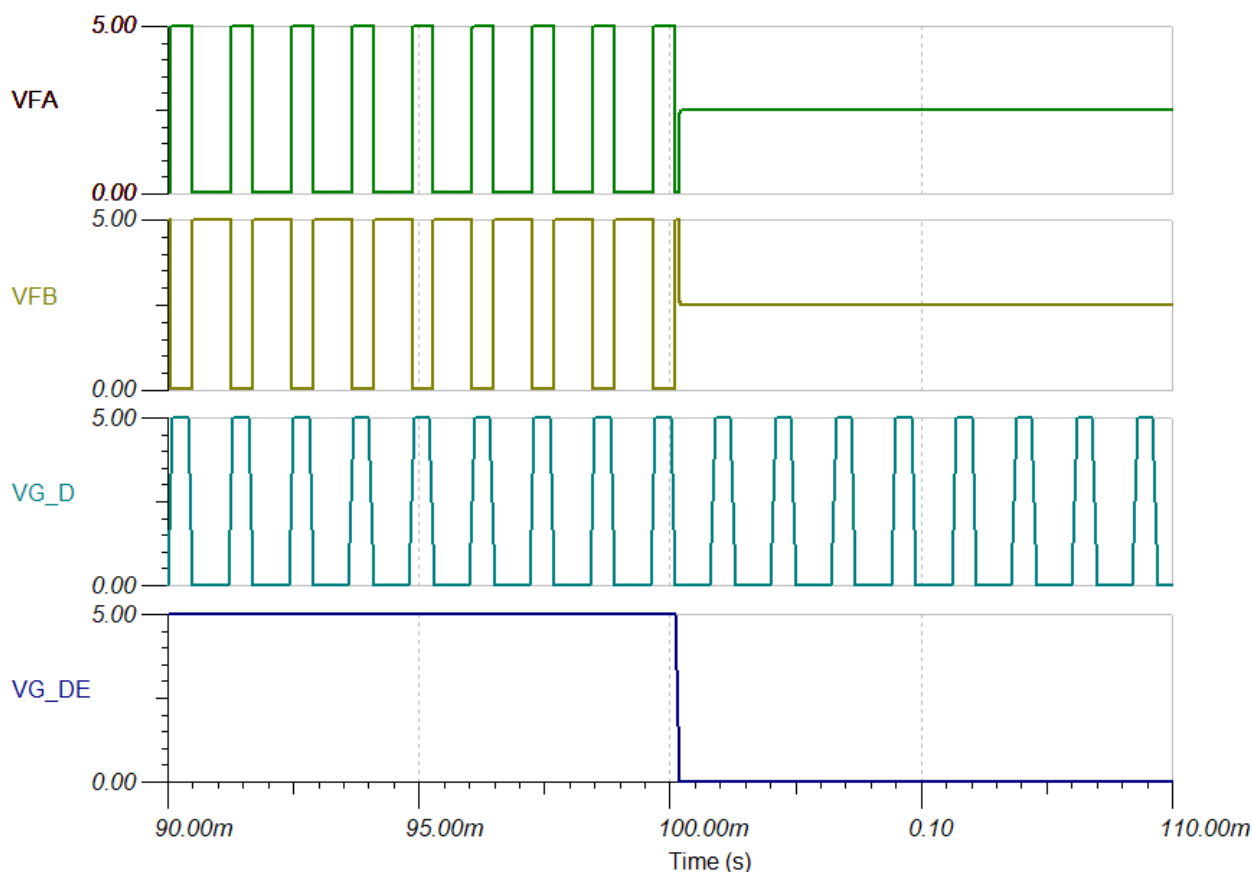


Рис. 5. Временные диаграммы работы схемы приёмопередатчика в режиме передатчика.

Кроме этого, иерархическое построение макромодели приёмопередатчика устройства позволило провести расчёт большинства режимов работы схемы как в рабочем диапазоне питающего напряжения, так и в рабочем диапазоне температуры окружающей среды.

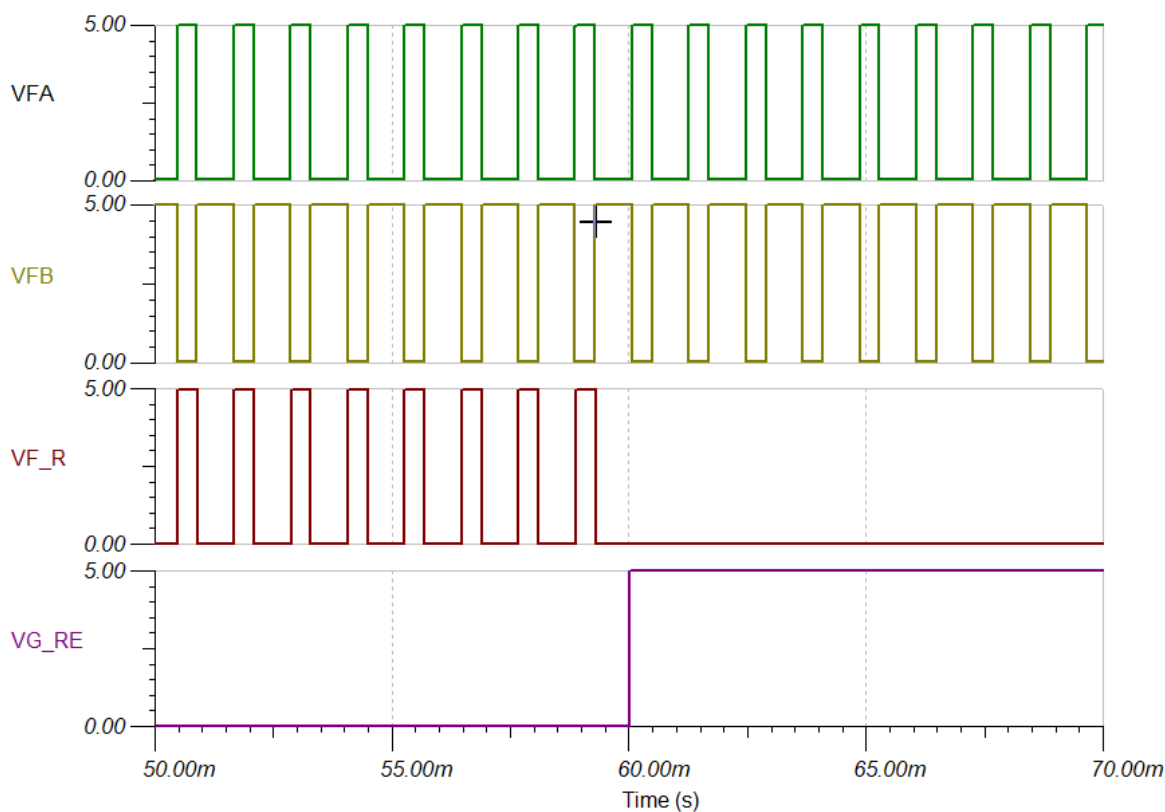


Рис. 6. Временные диаграммы работы схемы приёмопередатчика в режиме приемника.

При разработке подобных микросхем необходимо учитывать не только требования по параметрам выходных и входных каскадов (выходной ток, нагрузка, скорость передачи), но и по наличию защиты короткого замыкания (КЗ), включая другие ограничители тока нагрузки.

В сети, на базе RS-485 возможно короткое замыкание тогда, когда передатчик подключается к линии, в которой присутствует потенциал низкого или высокого уровня. Чаще всего такая ситуация встречается при одновременной передаче двух или более передатчиков. Выходные Транзисторы VT1 и VT4 будут открыты (рис. 7), и без наличия дополнительной защиты через них будет идти ток короткого замыкания, который будет ограничен только незначительными сопротивлениями самих транзисторов и проводника. Исход в такой ситуации один – выгорание транзисторов.

Для защиты схемы от КЗ, – включают резисторы – датчики тока для каждого транзистора выходного буфера. При этом, схемотехническое решение обеспечивает защиту выходного каскада как от короткого замыкания на общую («нулевую») шину, так и на шину питания. Суть решения заключается в следующем: добавленные в систему резисторы отслеживают момент нарастания тока и, когда падение напряжения на резисторе становится равным порогу срабатывания транзистора (рис. 8), включается транзистор цепи защиты, который выключает выходной транзистор [5].

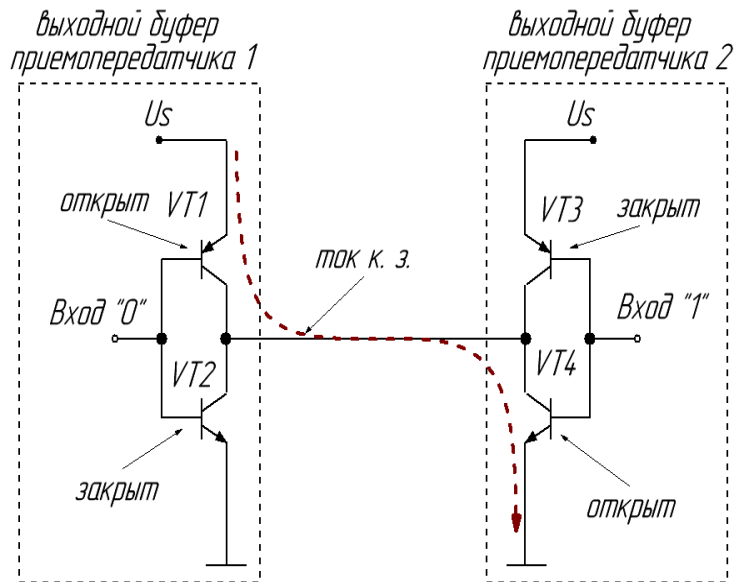


Рис. 7. Ситуация короткого замыкания.

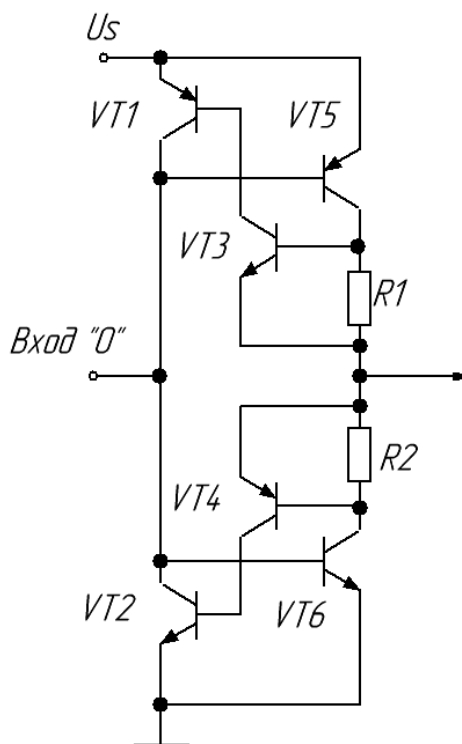


Рис. 8. Схематехническое решение защиты от короткого замыкания.

Разработка и изготовление микросхем, обеспечивающих поддержку интерфейса типа RS-485, позволит вывести нестандартное измерительное оборудование на новый качественный уровень. Это возможность реализации компьютерного управления с автоматизацией процесса измерения. Кроме этого, появляется возможность накопления

данных измерения с последующей статистической обработкой, что позволяет оперативно принимать правильные корректирующие действия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техническая инф. о сети RS-485 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ti.com> (дата обращения: 10.09.2022).
2. Техническая инф. по ИС SN65HVD3082E [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ti.com/SN65HVD3082E> (дата обращения: 10.09.2022).
3. Техническая инф. по САПР TINA-TI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ti.com/tool/TINA-TI> (дата обращения: 10.09.2022).
4. Сурайкин А. И., Сурайкин А. А., Кудряшов А. Д., Лабутин М. С. Экономичный импульсный источник питания универсального применения // Радиоэлектронная техника. Межвузовский сборник научных трудов / ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»; Ульяновский филиал Института радиотехники электроники им. В. А. Котельникова Российской Академии наук. – Ульяновск, 2021. – С. 26–32.
5. Техническая инф. о сети RS-485 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ti.com> (дата обращения: 10.09.2022).