

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СЕНСОРНЫЙ RFID ТРАНСПОНДЕР С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗНЕСЕНИЕМ ЗОН ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИЕМА-ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Ю. Р. ПОБУДЕЙ, И. Д. МАРТЫНЕНКО, В. Б. КИРИЛЬЧУК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
(г. Минск, Республика Беларусь)*

E-mail: imartynenko082@gmail.com

Аннотация. Приводится идентификационно-сенсорная платформа на базе технологии радиочастотной идентификации с выносным сенсором для контроля локальных значений температуры. Разработанная платформа включает: считыватель со специализированным программным обеспечением, RFID-метку ближнего поля, интегрированную в основное тело антенны, температурный датчик, антенну и программное обеспечение для управления считывателем.

Abstract. Present article describes an identification and sensor platform based on radio frequency identification technology with a remote sensor for monitoring local temperature values. The developed platform contains an RFID tag, a temperature sensor, an antenna and software for controlling the reader.

Введение

В последние годы технология RFID стала чрезвычайно популярной в области сенсорных приложений. Эта технология широко используется в парадигме интернета вещей (IoT), где растет спрос на маломощные и недорогие беспроводные устройства. С этой точки зрения датчики RFID (или сенсорные RFID транспондеры (СТ)) отвечают различным потребностям Интернета вещей, поскольку они энергоэффективны, компактны и просты в использовании. Использование инновационных материалов и технологий производства в сочетании с постоянно совершенствующимися методами сбора данных делает датчики RFID еще более привлекательными для приложений IoT, где требуются сенсорные возможности [1]. Более того, каждый датчик RFID имеет свой идентификационный номер, что делает его уникальным, что делает сбор данных с датчика однозначным. Наконец, по сравнению с другими методами обнаружения и идентификации RFID чрезвычайно выгодны, поскольку они могут использоваться в условиях сложной электромагнитной обстановки и позволяют одновременно собирать данные с нескольких датчиков в режиме реального времени. Существует две конфигурации сенсорных транспондеров RFID, использующих микроэлектронный чип: электронный и электромагнитный [2]. Обе конфигурации содержат одни и те же функциональные блоки, но с принципиальным отличием в сенсорной части. В электронной конфигурации датчик взаимодействует с чипом, тогда как в электромагнитной конфигурации работа датчика основана на изменении частотной характеристики поля рассеяния СТ. В обоих случаях основное ограничение, определяющее максимальную дальность чтения сенсорной метки, определяется значением пороговой чувствительности (ПЧ) СТ (минимальная мощность несущего колебания, при которой СТ активируется для передачи информации). Особенностью электронных СТ является отделение функций регистрации параметра от функций передачи информации по беспроводной радиолинии связи. Передаваемая информация закодирована в цифровом виде, поэтому она практически не искажается окружающей средой. В частности, некоторые биты идентификационного кода могут использоваться для передачи значения регистрируемого параметра. Датчик может быть встроен в микросхему или подключен к внешнему микроконтроллеру, что позволяет получить расширенную архитектуру СТ. В обоих случаях ПЧ СТ является ключевым вопросом для достижения приемлемой дальности считывания. Если дальность считывания недостаточна используются, так называемые полупассивные СТ, в которых для питания цифровых блоков микросхемы дополнительно используется батарея. В этом случае СТ отправляет информацию считывателю только в случае запроса считывателем. В электромагнитных СТ функцию датчика выполняет его антенна, параметры которой (входной импеданс, коэффициент усиления, поляризационная характеристика и т.п.) изменяются при вариациях характеристик окружающей среды, что в свою очередь обуславливает изменение амплитудно-фазовых и поляризационных характеристик поля обратного рассеяния в частотной или/и поляризационной области. Параметры антенны могут существенно измениться по двум причинам: изменение электропроводности антенны или ее части; или из-за изменения диэлектрической проницаемости среды, окружающей антенну или ее части. В первом случае датчик классифицируется как резистивный, а во втором случае датчик можно классифицировать, как емкостной [3].

Следует отметить, что в обоих случаях механизм преобразования воздействует на радиочастотное поле рассеянной волны, поэтому сенсорные транспондеры называются электромагнитными. Во многих приложениях необходимо регистрировать параметры состояния среды, ограничивающей или существенно ослабляющей электромагнитное поле радиолинии связи (металлические поверхности, жидкости и т.п.). В этом случае

непосредственное погружение электромагнитных СТ в контролируемую среду или объект резко снижает дальность действия канала передачи информации или становится невозможным. В этом случае требуется разработка методов построения электромагнитных СТ с возможностью пространственного разнесения зон измерения параметров среды и приема-передачи информации.

Конфигурация беспроводной идентификационно-сенсорной платформы с пространственным разнесением зон измерения физических параметров среды и приема-передачи информации

В настоящее время радиотехнические системы малого радиуса действия, обеспечивающие возможность измерения физических параметров среды и объектов и их передачи по беспроводной радиолинии связи УВЧ диапазона с помощью соответствующего стандартам ультравысокочастотного RFID-считывателя и пассивных или полупассивных сенсорных транспондеров получили наименование беспроводных идентификационных и сенсорных платформ (WISP - Wireless Identification and Sensing Platform) [4].

На рисунке 1 приведена базовая конфигурация WISP с возможностью пространственного разнесения зон измерения физических параметров среды и приема-передачи информации. Сенсорный транспондер содержит приемопередающую антенну в область максимума распределения магнитного поля которой установлена RFID метка ближнего поля (МБП). Метка ближнего поля обеспечивает формирование и передачу идентификационных данных в считыватель посредством модуляции обратного рассеяния.

В область максимума электрического поля антенны СТ, через отрезок коаксиального кабеля, выполняющего роль трансформатора импедансов (ТИ), подключен выносной датчик регистрируемого параметра среды. Датчик и ТИ образуют зонд. Внешний вид макетного образца практической реализации ТИ с датчиком приведен на рис. 2

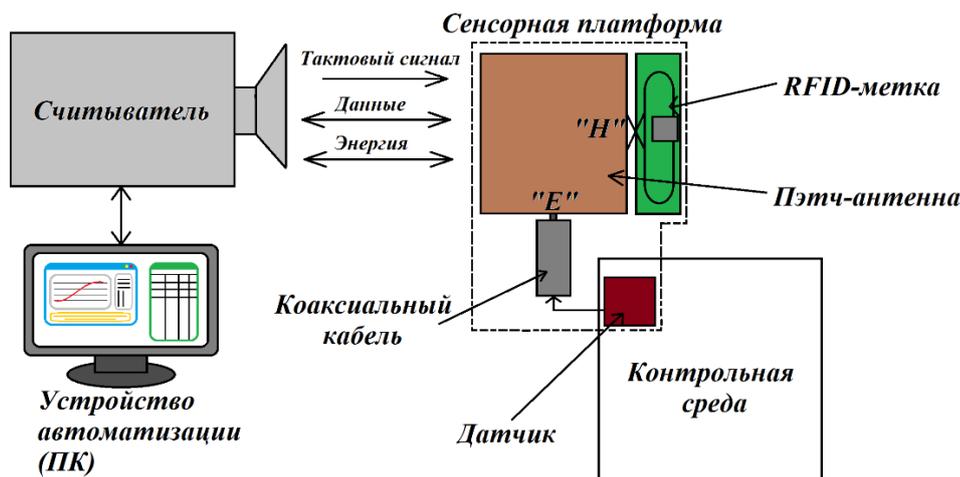


Рис. 1. Конфигурация беспроводной идентификационно-сенсорной платформы с пространственным разнесением зон измерения физических параметров среды и приема-передачи информации



Рис.2. Внешний вид трансформатора импедансов с выносным датчиком регистрируемого параметра среды

Принцип работы сенсорного транспондера с выносным датчиком

На рис. 3 приведена эквивалентная схема зонда. Датчик характеризуется импедансом Z_H , а трансформатор импедансов - волновым сопротивлением отрезка линии передачи Z_B и длиной l . Входной импеданс зонда $Z_{вх}$ является нагрузкой антенны сенсорного транспондера.

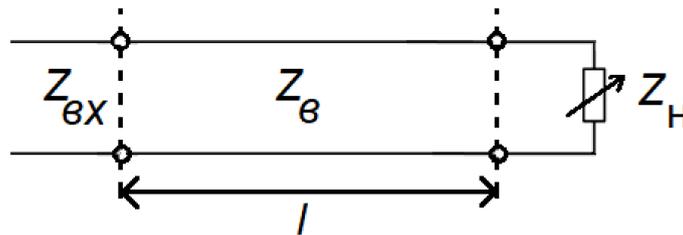


Рис. 3. Эквивалентная схема трансформирующей линии передачи и датчика

Без учета потерь в линии передачи входной импеданс можно определить по формуле определяется по формуле [5]:

$$Z_{вх} = Z_B \frac{Z_H + Z_B \operatorname{tg}(\beta l)}{Z_B + Z_H \operatorname{tg}(\beta l)}, \quad (1)$$

где l – длина линии передачи;

β – постоянная распространения в линии передачи.

Из (1) следует, что при изменении импеданса датчика изменяется входной импеданс зонда, следовательно, нагрузка антенны транспондера.

Рассмотрим случаи, когда длина трансформирующей линии равна $l = \lambda/2$ или $l = \lambda/4$.

Так как $\beta = 2\pi/\lambda$, то $\beta l = \pi$ при $l = \lambda/2$. Этот вариант обеспечивает равенство импеданса полуволнового отрезка линии передачи величине комплексного сопротивления подключенной нагрузки.

При подключении трансформаторной линии длины $l = \lambda/4$ аргумент тангенса примет вид $\beta l = \pi/2$, тогда т. к. в формуле 1 тангенс $\operatorname{tg}(\beta l)$ принимает значение, стремящееся к бесконечности, после некоторых преобразований можно получить формулу 3.

$$Z_B = \sqrt{Z_{вх} Z_H} \quad (3)$$

Таким образом, получаем возможность реализовать два основных варианта включения выносного датчика: через отрезки линии передачи кратные половине дли волны или нечетные четверть волновые отрезки. два разных импеданса можно согласовать четвертьволновым отрезком трансформаторной линии или отрезок.

Заключение

Использование метода трансформации импеданса датчика позволяет реализовать сенсорные транспондеры для WISP-платформ с пространственным разнесением зон измерения физических параметров среды и приема-передачи информации.

Список использованных источников

1. K. Sohraby, D. Minoli, T. Znati «Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols, and Applications», Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey , 2007, 328 p.
2. Abubakar Sharif, Jun Ouyang, Kamran Arshad, Muhammad Ali Imran, and Qammer H. Abbasi. Passive UHF RFID Tag Antennas-Based Sensing for Internet of Things Paradigm Backscattering and RF Sensing for Future Wireless Communication, First Edition. Edited by Qammer H. Abbasi, Hasan T. Abbas, Akram Alomainy, and Muhammad Ali Imran. 2021 John Wiley & Sons Ltd. Published 2021 by John Wiley & Sons Ltd. pp.133-155
3. Cui, L.; Zhang, Z.; Gao, N.; Meng, Z.; Li, Z. Radio Frequency Identification and Sensing Techniques and Their Applications—A Review of the State-of-the-Art. Sensors 2019, 19, 4012. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed][Green Version].
4. Smith J. Wireless Identification and Sensing Platform Version 6.0 / [et al.] // SenSys '22, 2022. – P. 899-900.
5. Электродинамика и распространение радиоволн / А. А. Кураев, Т. Л. Попкова, А. К. Сеницын. – Мн. : Бестпринт, 2004. – 357 с.