



традиционными векторными ААЦ, основанными на принципе понижения частоты измерений.

В отличие от существующих решений, считыватель на базе описанного векторного автоматического СВЧ измерителя не подавляет паразитные сигналы отражения от антенны и проникающий со стороны передатчика блокирующий сигнал, а производит их прямое аддитивное преобразование, после чего производится измерение параметров информационного сигнала - амплитуды и фазы. Данный подход не предполагает точного знания ККО антенны, поэтому не зависит от температуры и факторов наличия металлических объектов или жидкостей вблизи антенны. Таким образом, можно достичь увеличения дальности считывания RFID систем без применения методов компенсации несущего сигнала считывателя.

Литература

1. A passive circulator for RFID application with high isolation using a directional coupler. Wan-Kyu Kim et al. Proceedings of the 36-th European Microwave Conference, 2006, UK, pp. 196-199.
2. An integrated RFID reader. Aminghasem Safarian et al. IEEE International Solid-State Circuits Conference, 2007, pp. 218.
3. L'vov, A.A. A Novel Vector Network Analyzer Using Combined Multiport Reflectometer / A.A. L'vov, A.Y. Nikolaenko, P.A. L'vov // In Proceedings of Microwave and Radio Electronics Week MAREW 2015, 14th Conference on Microwave Techniques COMITE 2015, April 22-23, Pardubice, Czech Republic, pp. 183-186.
4. L'vov, A.A. A New Technique for Microwave Circuit Parameter Measurement / A.A. L'vov, K.V. Semenov // The Automatic RF Techniques Group Conference Digest, ARFTG 47th, San Francisco, U.S.A., 1996. – P. 188-195.
5. Линник, Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник. – М.: ГИФМЛ, 1958. – 334 с.

А.Ю. Николаенко, Д.Н. Соколов

КАЛИБРОВКА КОМБИНИРОВАННОГО МНОГОПОЛЮСНОГО РЕФЛЕКТОМЕТРА СИСТЕМЫ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

(Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.)

Автомобильный транспорт представляет собой наиболее гибкий и массовый вид транспорта. Сфера применения автотранспорта широка. Он выполняет большую часть коротких внутрирайонных перевозок, доставляет грузы к станциям железных дорог и речным пристаням и развозит их к потребителям. У автомобильного транспорта есть ряд важных отличий от других транспортных отраслей. Основная часть автомобильного парка страны эксплуатируется в не-



транспортных организациях. При этом сеть автомобильных дорог наряду с парком коммерческих автомобилей используется также автомобилями, находящимися в личном пользовании граждан.

Везде, где есть необходимость отслеживать перемещение автотранспорта, контролировать его доступ на объект или оценивать эффективность использования транспортных средств, остро стоит проблема человеческого фактора. Он становится одной из главных проблем в процессе автоматизации, поскольку приводит к ошибкам, задержкам и сбоям.

Применение RFID-систем позволит решить данную проблему:

- на предприятиях (чтобы контролировать въезд\выезд транспорта или время пребывания в различных зонах на территории, собирать полезную статистику для оптимизации бизнес-процессов);
- на парковках, в автопарках (чтобы контролировать въезд\выезд транспорта, увеличить пропускную способность за счёт уменьшения простоя автомобилей связанных с человеческим фактором);
- на складах, в логистических центрах (контролировать въезд, время пребывания, выезд автотранспорта с рабочих зон погрузки);
- в дилерских центрах (чтобы контролировать время простоя в ремонте, время проведенное на стоянке, частота мойки автомобилей и др.);
- на платных автодорогах (для ускорения учета транспорта, пользующегося дорогой);
- в транспортных компаниях (регистрация транспорта на всех точках маршрута позволит получать оперативную информацию о движении грузов).

Принцип работы шлагбаума, оснащенного RFID системой, состоит в следующем. Транспортное средство оснащается миниатюрным устройством – RFID-меткой. RFID-метка может иметь различный форм-фактор. Наиболее популярными являются три модели: RFID-наклейка на лобовое стекло, RFID-карта, RFID-метка в прочном пластиковом корпусе для наружного крепления. Вблизи контрольно-пропускного пункта монтируется оборудование: RFID-считыватель и RFID-антенны. Дальность регистрации меток настраивается и может достигать 16-18 метров. При попадании RFID-метки в зону действия антенны система проверяет метку по схеме свой/чужой, далее проверяются права доступа (также проверяется время, день недели). При успешном прохождении всех проверок система выдает сигнал на шлагбаум, ворота или другой барьер.

При решении задачи увеличения дальности считывания RFID-метки возникает ряд проблем, одной из которых является снижение влияния блокирования отраженного RFID-меткой сигнала несущей передатчика в приемнике считывателя. В настоящее время для развязки отраженного от RFID-метки сигнала и несущего сигнала считывателя применяют различные технические решения [1, 2], при этом качество развязки зависит от комплексного коэффициента отражения (ККО) антенны считывателя. Но поскольку ККО антенны определяется параметрами окружающей среды, он может меняться, например, из-за изменения температуры, под влиянием факторов наличия металлических объ-



ектов или жидкостей вблизи антенны. Это существенно снижает дальность считывания информации с RFID-метки и может являться источником ошибок идентификации RFID-меток. Поэтому необходимы новые пути решения данной проблемы.

Предлагается новый подход к построению считывателя СВЧ RFID системы, основанный на использовании автоматического анализатора цепей (ААЦ) описанного в работе [3]. Данный подход не требует компенсации несущего сигнала считывателя. Схема считывателя RFID системы на базе ААЦ представлена на рисунке 6.

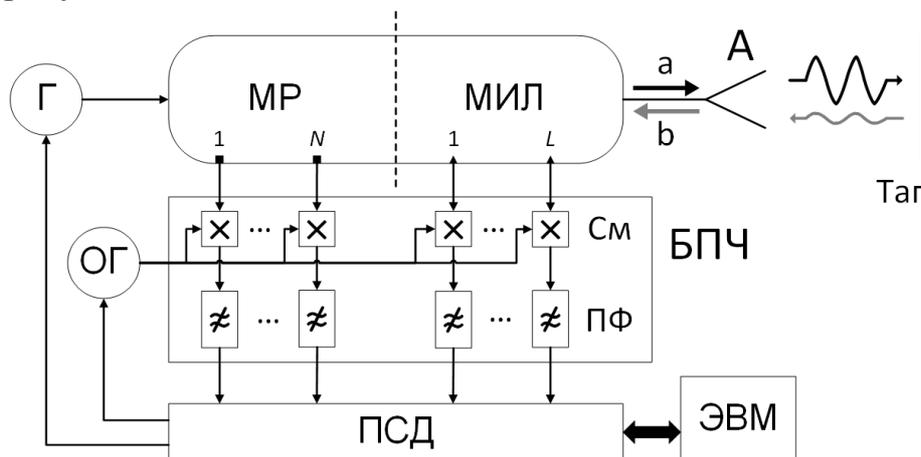


Рисунок 6. Схема RFID считывателя на базе многоканального ВВ

На рисунке 6 обозначено: Γ , $ОГ$ – основной и опорный СВЧ генераторы; $МР$ – многополюсный рефлектометр; 1, 2, ..., N – измерительные плечи; $МИЛ$ – многозондовая измерительная линия; 1, 2, ..., L – зонды МИЛ; A – антенна; C – смесители; $ПФ$ – полосовые фильтры; $БПЧ$ – блок понижения частоты; $ПСД$ – плата сбора данных Tag – RFID-метка, a – несущий сигнал, b – отраженный меткой сигнал.

Процедура оценивания комплексных амплитуд падающей и отраженной волн заключается в оптимальной обработке сигналов с выходов блока понижения частоты по методу максимального правдоподобия [3]. Причем все операции, выполняемые с исходными данными являются линейными, вплоть до самого последнего шага.

В работах [4, 5, 6] показано, что ААЦ на основе МИЛ может быть откалиброван по набору неточно известных нагрузок. Подобная процедура предложена для калибровки ААЦ, использующих комбинированный многополюсный рефлектометр (КМР). Так вторая часть измерителя, представляющая собой МИЛ, предназначена для калибровки МР. Основная идея предлагаемого алгоритма калибровки рассматриваемого векторного измерителя заключается в первоначальной оценке амплитуд падающих и отраженных волн, используя только сигналы с измерительных плеч со слабой связью, для которых справедлива модель МИЛ. Процедура калибровки измерителя на основе КМР подробно описана в работе [7].

В работе было проведено статистическое имитационное моделирование процесса обработки считывателем, построенным на базе комбинированного



многополюсного рефлектометра, последовательности двоичных данных радиометки. В рамках моделирования вычислялся коэффициент ошибок по битам. Передаваемые и принимаемые сигналы отображались в виде сигнальных созвездий.

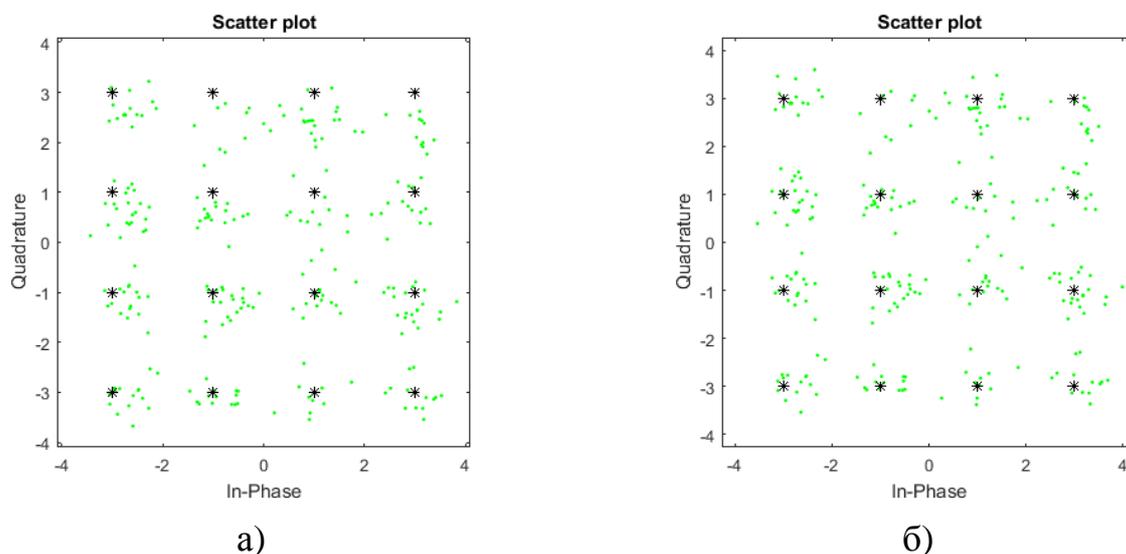


Рисунок 7. Сигнальные созвездия КАМ 16

Система связи состояла из модулятора, канала связи, комбинированного многополюсного рефлектометра с четырьмя датчиками МР и тремя датчиками МИЛ и демодулятора. Собственные константы МР определялись в процессе калибровки. Отношение сигнал/шум равнялось b^2/σ^2 , где σ^2 – дисперсия погрешностей измерений ξ_{jk} . Длина битовой последовательности 1024 бита. Модуляция отраженного от антенны радиометки сигнала производилась методом квадратичных амплитуд (КАМ 16). В канале связи к модулированному сигналу добавлялся белый гауссовский шум. Отношение сигнал/шум (SNR) канала связи вычислялся по формуле:

$$\text{SNR} = 10 + 10 \lg k,$$

где k – количество битов в символе.

На рисунке 7 представлены сигнальные созвездия КАМ 16, полученные для различных отношений сигнал/шум по мощности на выходах измерительных плеч КМР (40 дБ, 50 дБ). Из-за наличия шума канала связи и шума в моделях сигналов [7] диаграмма рассеяния имеет вид пятен, расположенных в точках используемого сигнального созвездия. Из 1024 битов последовательности ошибочно были приняты 15 и 5 бит в случае отношения сигнал/шум 40 и 50 дБ, соответственно. Коэффициент ошибок по битам равнялся 0,0146 и 0,00488. С увеличением отношения сигнал/шум каналов измерителя коэффициент ошибок по битам уменьшается. В случае отношения сигнал/шум канала связи 20 дБ ошибки по битам отсутствуют.

Предлагаемый подход к построению РФИД считывателей, в совокупности с разработанными алгоритмами измерения и калибровки рассмотренного измерителя, позволяет с высокой точностью оценивать модуль и фазу отраженного от РФИД-метки сигнала. Данный подход не предполагает точного знания



ККО антенны, поэтому не зависит от температуры и факторов наличия металлических объектов или жидкостей вблизи антенны.

Литература

1. An integrated RFID reader. Aminghasem Safarian et al. IEEE International Solid-State Circuits Conference, 2007, pp. 218.
2. A UHF Mobile RFID reader IC with self-leakage canceller. Jeiyong Lee et al. IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium, 2007, pp. 273-276.
3. L'vov, A.A. A Novel Vector Network Analyzer Using Combined Multiport Reflectometer / A.A. L'vov, A.Y. Nikolaenko, P.A. L'vov // In Proceedings of Microwave and Radio Electronics Week MAREW 2015, 14th Conference on Microwave Techniques COMITE 2015, April 22-23, Pardubice, Czech Republic, pp. 183-186.
4. Львов А.А. Метод калибровки автоматической многозондовой измерительной линии / А.А. Львов, К.В. Семёнов // Измерительная техника, 1999, №4. – С. 34-39.
5. Львов А.А. Прямой метод решения нелинейных задач калибровки измерителей в системах управления прецизионными обрабатывающими центрами / А.А. Львов, К.В. Семёнов // Межвуз. научн. сб. Саратов. гос. техн. ун-т. Саратов, 1998. – С. 147-162.
6. Львов А.А. Прямой метод решения нелинейных задач дистанционного зондирования механических поверхностей / А.А. Львов, К.В. Семёнов // Межвуз. научн. сб. «Проектирование и техническая диагностика автоматизированных комплексов». – Саратов. гос. техн. ун-т., Саратов, 1998. – С. 77-81.
7. Николаенко, А.Ю. Применение RFID ридеров на базе автоматических анализаторов цепей в системе сортировки и укладки для сборочных линий / А.Ю. Николаенко, А.А. Львов // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество», в 2 т. / под.ред. Н.К. Юркова. - Пенза: ПГУ, 2016, Т. 1, – С. 239-242.

Н.А. Остроглазов, А.А. Елистратов

ВЕБ-СИСТЕМА ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ «IT & ТРАНСПОРТ»

(Самарский университет)

Введение

С развитием информационных и телекоммуникационных технологий, участие в различных дистанционных конкурсах в рамках дошкольного, школьного, университетского обучения становится неотъемлемой частью образовательного процесса. Кроме мероприятий, проводимых в рамках образовательного учреждения, появилась возможность участия в международных конкурсах, при проведении которых присутствие самого участника не является необходимым.