



А.Ю. Николаенко, Д.А. Булыкин

## СЧИТЫВАТЕЛЬ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НА БАЗЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ

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

Железнодорожный транспорт играет огромную роль в развитии и функционировании товарного рынка любой страны, обеспечении передвижения ее населения. Значение железнодорожного транспорта в России основополагающее, ведь страна отличается большими расстояниями. Для обрабатывающей и добывающей промышленности, а также для сельскохозяйственных предприятий железнодорожный транспорт один из наиболее эффективных и дешевых видов доставки.

Системы радиочастотной идентификации (РФИД) являются эффективным инструментом для создания систем слежения за локомотивами, пассажирскими и грузовыми вагонами, а также за их составными частями, например, колесными парами. Применение РФИД оказывается очень полезным в логистике. На основе РФИД решаются такие задачи, как обнаружение положения вагонов, определение направления движения состава. Эффективно решается задача складского учета.

РФИД система позволяет отслеживать перемещение железнодорожного транспорта за счет определения прохождения поездом контрольных участков, оснащенных РФИД-оборудованием. Данное решение подразумевает крепление РФИД-меток на железнодорожных вагонах и поездах, и РФИД-считывателей на контрольных точках вдоль путей (рисунок 3).

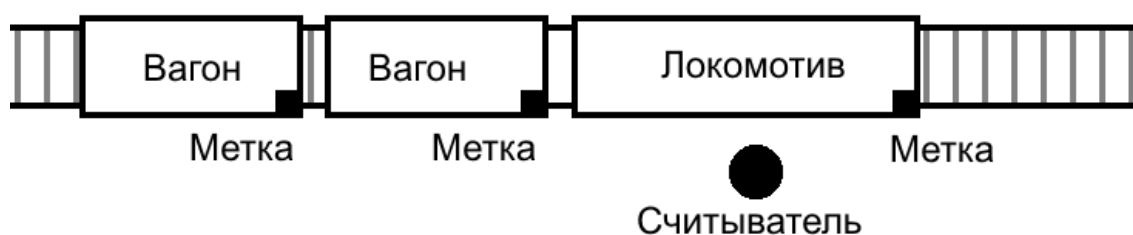


Рисунок 3. Применение РФИД технологий для идентификации вагонов

Список возможных сфер применения РФИД, связанных с работой железнодорожного транспорта:

- Автоматическая регистрация подвижного состава в зоне контроля (локомотивов, вагонов и пр.).
- Автоматическое определение направления движения состава (или отдельного локомотива/дрезины).
- Производственный учет любых подвижных объектов ж/д.

Основные отличительные особенности компонентов РФИД, для применения в области ж/д транспорта:



- Сканирование RFID-метки с расстояния – дальность действия от нескольких сантиметров до 20 метров для пассивных RFID меток.
- Отсутствие необходимости контакта RFID-метки со считывателем или прямой видимости.
- Неограниченный срок эксплуатации пассивных RFID меток.
- Оборудование должно иметь широкий температурный диапазон работы: от -40 до +85С.

Одним из основных направлений развития пассивных RFID-систем является увеличение дальности считывания RFID-метки. При решении данной задачи 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, 1], 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 объектов 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 работах [2, 4]. Данный подход не требует компенсации несущего сигнала считывателя. Схема считывателя RFID системы на базе ААЦ представлена на рисунке 6.

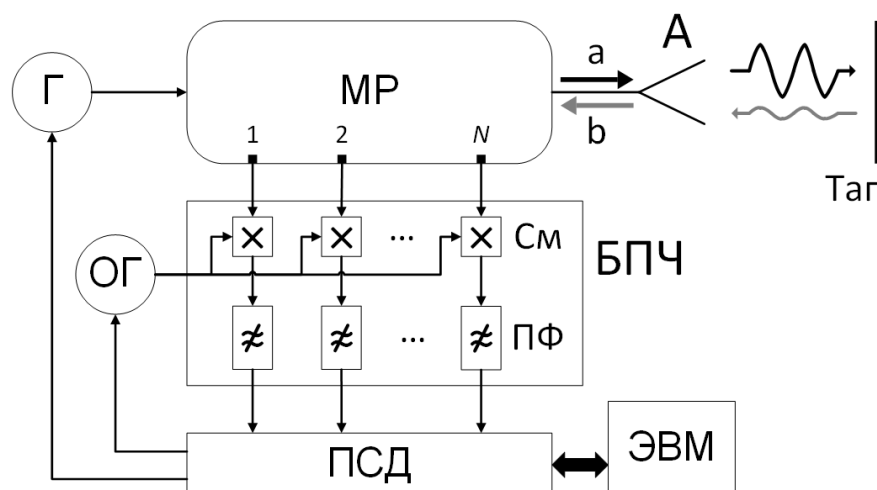


Рисунок 4. Схема RFID считывателя на базе многоканального ВВ

На рисунке 6 обозначено:  $\Gamma$ ,  $ОГ$  – основной и опорный СВЧ генераторы;  $MP$  – многополюсный рефлектометр; 1, 2, ...,  $N$  – измерительные плечи  $MP$ ;  $A$  – антенна;  $См$  – 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 [5] и подробно описана в работе [2]. Причем все операции, выполняемые с исходными данными являются линейными, вплоть до самого последнего шага.

В данной работе проведено статистическое имитационное моделирование процессов измерения с помощью описанного векторного измерителя с четырьмя датчиками МР. В рамках моделирования производилось оценивание параметров исследуемых нагрузок по дискретным отсчетам на выходах измерительных каналов по методу наименьших квадратов. Исследовалась точность измерения, характеризуемая средней квадратической ошибкой в зависимости от отношения сигнал/шум на выходах измерительных плеч ААЦ. Отношение сигнал/шум равнялось  $b^2/\sigma^2$ , где  $\sigma^2$  – дисперсия погрешностей измерений  $\xi_{jk}$ . Моделирование проводилось для различных значений коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВн) исследуемой нагрузки. Для каждого заданного значения отношения сигнал/шум и КСВн проводилось по 10000 модельных экспериментов по оцениванию модуля и фазы ККО.

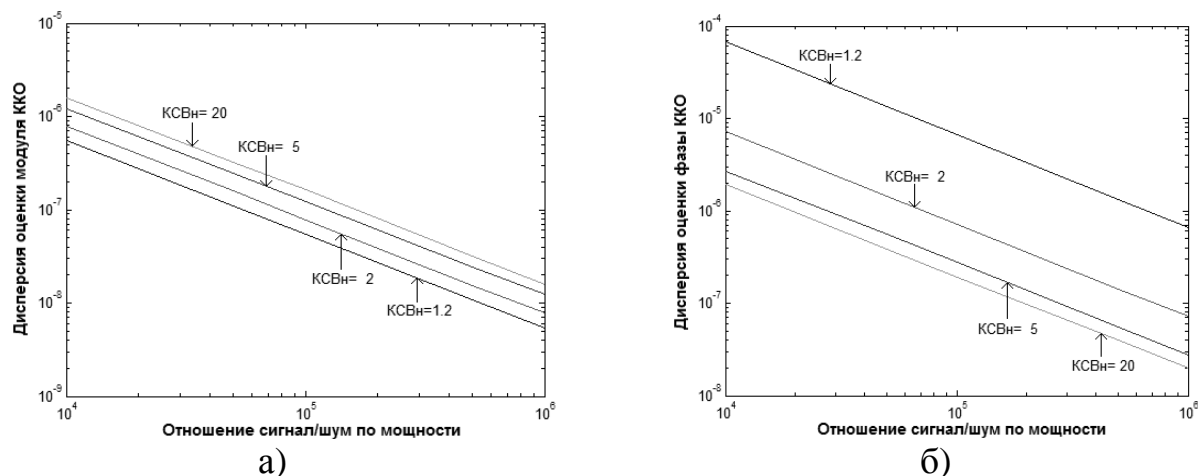


Рисунок 5. Зависимость дисперсии погрешности оценивания модуля (а) и фазы (б) ККО от отношения сигнал/шум по мощности

На рисунке 5 показаны некоторые результаты, где приведены зависимости дисперсии погрешности оценивания модуля и фазы ККО от отношения сигнал/шум на выходе датчиков для различных значений КСВн измеряемых нагрузок. Как видно из графиков, систематические погрешности измерения отсутствуют. Это подтверждает теоретический вывод о высокой потенциальной точности предлагаемого ААЦ.

Представленный в работе [2] оптимальный алгоритм измерения параметров СВЧ-нагрузок заключается в оптимальной обработке сигналов с выходов блока понижения частоты по ММП. Показано, что в случае распределения ошибок по гауссову закону решение уравнений обеспечивает эффективные и оптимальные оценки параметров, подлежащих измерению. Необходимый объём высокоточного оборудования значительно сокращается, по сравнению с



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-