

УДК 621.37, 537.86, 621.396.67

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТА ПИТАНИЯ ТИПОРАЗМЕРА АА С ФУНКЦИЕЙ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ

Черноморов Д.А. (ИТМО) Демешко Е.Д.(ИТМО) Минеев А.А.(ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Дмитриев А.А.
(ИТМО)

Университет ИТМО

chernomorov.danil@gmail.com egor.demeshko@metalab.ifmo.ru

andrei.mineev@metalab.ifmo.ru alexey.dmitriev@metalab.ifmo.ru

Введение

Развитие технологий беспроводной передачи энергии (БПЭ) является важным направлением в современной электронике и энергетике [1]. БПЭ решает проблемы, связанные с использованием проводов и разъёмов, повышая удобство пользования устройствами, такими как смартфоны, умные часы и медицинские имплантаты. Особое внимание уделяется магнитному резонансному способу передачи энергии, который обеспечивает высокую эффективность на расстоянии нескольких сантиметров и стандартизирован протоколом Qi [2]. Однако дополнительные внешние приёмники для устройств, изначально не оснащенных приёмниками, есть только для устройств с USB-разъёмом, что исключает их применение в приборах, использующих стандартные батареи, например, АА. Это делает актуальной разработку универсальных беспроводных батарей, совместимых с Qi, для расширения сферы применения БПЭ.

Основная часть

В рамках работы предлагается конструкция аккумуляторного элемента, поддерживающего беспроводную зарядку по стандарту Qi. Разрабатываемое устройство имеет габариты и выходное напряжение полностью соответствующее батарее стандарта АА, что позволяет использовать его без модификации питаемых приборов.

Конструкция батареи выполнена в виде цилиндрического корпуса диаметром 14,5 мм и длиной 50 мм, внутри которого размещены приёмная катушка, плата приёмника, преобразовательные модули и литий-ионный аккумуляторный элемент. Ключевым элементом конструкции является изогнутая приёмная катушка, размещённая вдоль внутренней поверхности корпуса. Такое решение обеспечивает сохранение стандартных размеров батареи при одновременной реализации магнитно-резонансной передачи энергии на частоте 100–200 кГц [3]. Приёмная катушка образует вместе с четырьмя параллельно включенными конденсаторами емкостью 68 нФ последовательный резонансный контур, настроенный на рабочую частоту передатчика стандарта Qi.

Переменное напряжение, индуцируемое в катушке, выпрямляется и преобразуется в постоянное напряжение. Далее с помощью понижающего DC-DC преобразователя формируется напряжение 5 В, необходимое для работы контроллера заряда литий-ионного аккумулятора. Напряжение аккумулятора подаётся на понижающий DC-DC преобразователь, формирующий выходное напряжение 1,5 В на контактах батареи. Таким образом обеспечивается энергетическая совместимость как с зарядной станцией, так и с питаемым устройством.

Ключевым элементом системы является цифровая реализация протокола Qi v. 1.3 Baseline. Управление осуществляется микроконтроллером, выполняющим функции формирования управляющих пакетов, измерения напряжения и тока на выходе выпрямителя и обеспечения алгоритма регулирования мощности. В процессе

инициализации осуществляется передача пакетов Signal Strength, Identification и Configuration, необходимых для установления фазы передачи мощности с зарядной станцией. После подтверждения соединения реализуется периодическая передача пакетов Control Error и RP8, содержащих информацию об отклонении напряжения и величине принятой мощности, соответственно. Передача управляющих пакетов к зарядной станции реализуется путём управляемого подключения дополнительных ёмкостей к входному резонансному контуру через транзисторные ключи. Изменение импеданса приводит к модуляции потребляемого тока со стороны передатчика, что обеспечивает передачу информации.

Работоспособность предложенной конструкции подтверждена численным моделированием распределения магнитного поля и коэффициентов передачи между передающей и приёмной катушками. Исследовано влияние радиуса кривизны катушки, расстояния между катушками и угла поворота батареи относительно передатчика. Показано, что изогнутая приёмная катушка с радиусом кривизны 7 мм (соответствующим размеру AA батареи) обеспечивает эффективную магнитную связь, сопоставимую с плоскими приёмниками, применяемыми в стандартных устройствах. Экспериментальные испытания прототипа подтвердили возможность устойчивого установления соединения с зарядной станцией Qi и корректной зарядки встроенного аккумулятора.

Выводы

Разработан и исследован элемент питания типоразмера AA с функцией беспроводной зарядки по стандарту Qi. Экспериментально подтверждена работоспособность прототипа, способного заряжаться от стандартной Qi-станции и выдавать напряжение 1.5 В, соответствующее AA батарее. Полученные результаты подтверждают возможность создания универсальных источников питания с интегрированной беспроводной зарядкой.

Практическое применение разработки возможно в пультах дистанционного управления, компьютерных мышах, игрушках, переносных измерительных и медицинских приборах и других устройствах. Перспективы дальнейшего развития связаны с увеличением энергоёмкости элемента, повышением плотности компоновки электроники и расширением функциональности в соответствии со стандартом Qi.

Литература

1. Imura T. Wireless power transfer : using magnetic and electric resonance coupling techniques / T. Imura. — Singapore : Springer, 2020.
2. Qi specification v. 1.3 [Электронный ресурс]. — Wireless Power Consortium, 2021. — Режим доступа: <https://www.wirelesspowerconsortium.com> (дата обращения: 27.02.2026).
3. Kurs A., Karalis A., Moffatt R., Joannopoulos J. D., Fisher P., Soljačić M. Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances // Science. — 2007. — Vol. 317, No. 5834. — P. 83–86.