УДК 621.315.616

повышение стойкости электронных компонентов в системе индуктивного энергообеспечения имплантируемых медицинских приборов

*Гуров Константин Олегович, младший научный сотрудник1,  
constantinegurov@yandex.ru*

*1НИУ МИЭТ, г. Москва*

Аннотация: В работе описывается проблема выбора электронных компонентов в системе индуктивного энергообеспечения имплантируемых медицинских приборов. Проведено сравнение защитных (конформных) покрытий для снижения нагрева электронных компонентов и повышения их стойкости к агрессивной среде организма человека.

Ключевые слова: электронная компонентная база, защитные покрытия, индуктивная передача энергии, имплантируемые медицинские приборы.

Введение

Одним из перспективных методов энергообеспечения имплантируемых медицинских приборов (ИМП), например, нейростимулятора, визуального и слухового протезов, является беспроводная передачи энергии на основе индуктивной связи. Однако, в системе индуктивной передачи энергии (ИПЭ) к ИМП нагрев отдельных электронных компонентов, таких как конденсаторов и катушек индуктивности, может превышать 55°C на открытой плате, что приводит к уменьшению выходных характеристик до 40% [1]. В тоже время, согласно международному стандарту ISO 14708-1:2000, ткани вблизи внешних поверхностей ИМП не должны нагреваться более чем на 2°C от нормальной температуры тела пациента. Применение конденсаторов с температурным коэффициентом емкости типа NP0 в системе ИПЭ позволяет снизить нагрев более чем на 30%, а снижение нагрева катушек индуктивности можно обеспечить применением компонентов с низким эквивалентным последовательным сопротивлением (low ESR) [1], [2]. Для дополнительного снижения нагрева отдельных электронных компонентов в замкнутой имплантируемой системе ИПЭ к ИМП можно использовать защитные (конформные) покрытия, которые, в свою очередь, повышают диэлектрические свойства, химическую и механическую стойкость электрической схемы к агрессивной среде организма человека.

Сравнение защитных покрытий электронных компонентов

На выбор конформного покрытия влияют условия эксплуатации прибора, топология платы и используемые компоненты, электроизоляционная прочность покрытия, удобство обслуживания и ремонтопригодность. Условно можно выделить пять основных типов конформных покрытий: акриловое, эпоксидное, силиконовое, параксилиленовое и уретановое [3]. Стоит отметить, что акриловые покрытия условно можно отнести к покрытиям для общего применения, эпоксидные – для защиты от химических воздействий, силиконовые – для высокотемпературной защиты, а уретановые и параксилиленовые – для защиты от влаги и химических воздействий [3].

По результатам проведенного анализа, было установлено, что эпоксидные покрытия могут приводить к аллергическим реакциям организма человека, а также через данное покрытие может происходить диффузия водяного пара, который является источником выхода прибора из строя. Таким образом, для применения в системе ИПЭ к ИМП можно выделить уретановое и параксилиленовое конформное покрытие, поскольку такие покрытия обладают лучшими диалектическими свойствами, теплопроводностью, химической и механической стойкостью к агрессивной среде организма человека.

Для дополнительного повышения стойкости электронных компонентов в системе ИПЭ к ИПМ к внешним воздействующим факторам необходимо использовать внешний защитный корпус. В работе были сформулированы требования к свойствам защитного герметичного корпуса, которые соответствуют принятым международным стандартам для активных имплантируемых медицинских изделий. На основе данных требований были выбраны биоинертные материалы, такие как некоторые виды полимера, силикона, керамики и металла [4]. Было установлено, что оптимальными материалами для защитного внешнего корпуса системы ИПЭ к ИМП являются полимер, например, политетрафторэтилен, и металл, например, титан [5].

Выводы

В работе выполнено сравнение защитных (конформных) покрытий для снижения нагрева отдельных электронных компонентов в системе индуктивной передачи энергии (ИПЭ) к имплантируемым медицинским приборам (ИМП), а также повышения их стойкости к агрессивной среде организма человека. Установлено, что оптимальными защитным покрытиями для электронных компонентов в системе ИПЭ к ИМП являются уретановое и параксилиленовое конформные покрытия, а материалами для защитного внешнего корпуса являются политетрафторэтилен и титан.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках реализации крупного научного проекта (Соглашение № 075-15-2024-555 от 25.04.2024).

Список использованных источников

1. Селютина Е.В., Гуров К.О., Миндубаев Э.А., Данилов А.А., Влияние паразитных компонентов и нагрева конденсаторов на адаптивную подстройку усилителя мощности в системе индуктивного питания медицинских имплантатов // Известия ВУЗов. Электроника, 2024, T. 29, №1, С. 108-117.

2. Миндубаев Э.А., Гуров К.О., Элементная база для создания высокоэффективных систем беспроводной передачи энергии // Наноиндустрия, 2023, Т. 16, № S9-1 (119), С. 75-78.

3. Фил К., Шихов С., Конформные покрытия для жестких условий эксплуатации // Технологии в электронной промышленности, 2020, № 120, C. 26-32.

4. Joung Y-H., Development of implantable medical devices: from an engineering perspective // International neurourology journal, 2013, Vol. 17(3), P. 98-106.

5. Gurov K.O., Danilov A.A., Mindubaev E.A., Ryabchenko E.V., Surkov O.A., The Assembly’s Sheath For Inductive Powering Of Artificial Organs // The International Journal of Artificial Organs, 2019, Vol. 42(8), P. 428.

INCREASING THE DURABILITY OF ELECTRONIC COMPONENTS IN THE INDUCTIVE POWER SUPPLY SYSTEM OF IMPLANTABLE MEDICAL DEVICES

K.O.Gurov

Abstract: The work describes the problem of selecting electronic components for an inductive power supply system for implantable medical devices. A comparison of protective (conformal) coatings is made to reduce the heating of electronic components and increase their resistance to the aggressive environment of the human body.

Key words: electronic component base, protective conformal coatings, inductive power transfer, implantable medical devices