

Sistema portátil de calentamiento por inducción para la desinfección de prótesis implantadas

Ignacio Álvarez-Gariburo¹, Héctor Sarnago¹, Óscar Lucía¹, Jesús Acero¹ y José Miguel Burdío¹

¹ Afiliación: Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GEPM)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: ialvarez@unizar.es

Resumen

Los implantes protésicos, como las prótesis de rodilla o cadera, han mejorado notablemente el bienestar de los ciudadanos con problemas de articulación. Sin embargo, estos procedimientos siguen planteando importantes retos, siendo las infecciones recurrentes uno de los más difíciles. En este contexto, se ha estudiado la hipertermia como alternativa eficaz a los antibióticos para la erradicación del biofilm. Entre las diferentes alternativas de calentamiento, el calentamiento por inducción surge como la idónea para esta aplicación debido a su naturaleza sin contacto y a las aleaciones metálicas utilizadas en las prótesis. En este trabajo se detalla el diseño de un sistema de calentamiento por inducción portátil para la desinfección de prótesis implantadas.

Introducción

Las superficies de las prótesis son propensas al desarrollo de biopelículas microbianas resistentes [1]. Éstas pueden crear infecciones recurrentes que, en muchos casos, requieren la retirada de la prótesis original. En la actualidad, los antibióticos administrados junto con la limpieza quirúrgica son los principales y únicos tratamientos disponibles, con una eficacia limitada debido a las características altamente resistentes del biofilm. En este contexto, se ha estudiado la hipertermia como alternativa eficaz a los antibióticos para la erradicación del biofilm. Entre las diferentes alternativas de calentamiento, el calentamiento por inducción [2] surge como la idónea para esta aplicación debido a su naturaleza sin contacto y a las aleaciones metálicas utilizadas en las prótesis. Esto permite calentar directamente la superficie a tratar con un impacto mínimo en los tejidos circundantes y evitando los riesgos asociados al contacto. Por este motivo, se ha estudiado el calentamiento por inducción para la erradicación de biopelículas [3]. Más concretamente, se ha

identificado como un método prometedor para eliminar el biofilm en prótesis. En este contexto, este artículo detalla el diseño de un sistema portátil de calentamiento por inducción para la desinfección de prótesis implantadas.

Convertidor propuesto

A pesar de que el calentamiento por inducción se ha identificado como una técnica de hipertermia prometedora, y se está aplicando en otras aplicaciones biomédicas como la hipertermia por nanopartículas [4, 5], no existe ningún dispositivo comercial en el mercado con las prestaciones y el tamaño requeridos, y compatible con el escenario quirúrgico.

En este contexto, este trabajo propone el desarrollo de un nuevo dispositivo médico caracterizado por ser altamente eficiente, desde el punto de vista electrónico y electromagnético, lo que permite una implementación portátil sellada que califica al dispositivo propuesto para uso quirúrgico, siendo el primer dispositivo de calentamiento por inducción destinado a uso quirúrgico. La Fig. 1 muestra una representación del dispositivo propuesto.



Figura 1. Dispositivo portable propuesto.

La Fig. 3 muestra una simulación por elementos finitos (FEM) de un modelo de la prótesis objetivo que se va a calentar. Esta simulación muestra la distribución de temperatura preliminar utilizando el convertidor de potencia y el diseño de bobina propuesto.

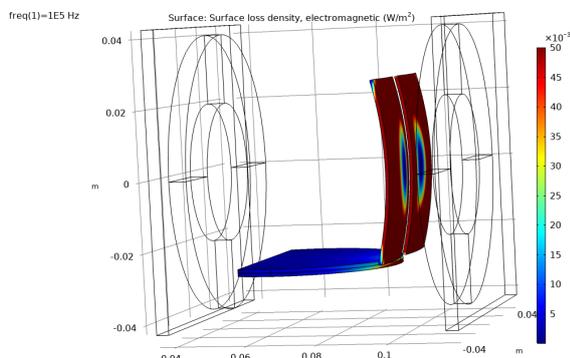


Figura 3. Análisis por elementos finitos del calentamiento de una prótesis de rodilla.

Resultados experimentales

El convertidor propuesto ha sido implementado utilizando una topología de puente completo con dispositivos de potencia MOSFETs de carburo de silicio (SiC) para obtener una gran eficiencia y densidad de potencia. El control de la etapa se ha realizado con un el microcontrolador MSP430 de Texas Instruments. En la Fig. 5, se muestran las formas de onda para la máxima y la mínima potencia de salida. La potencia aplicada se controla con el desfase entre las dos ramas del puente.

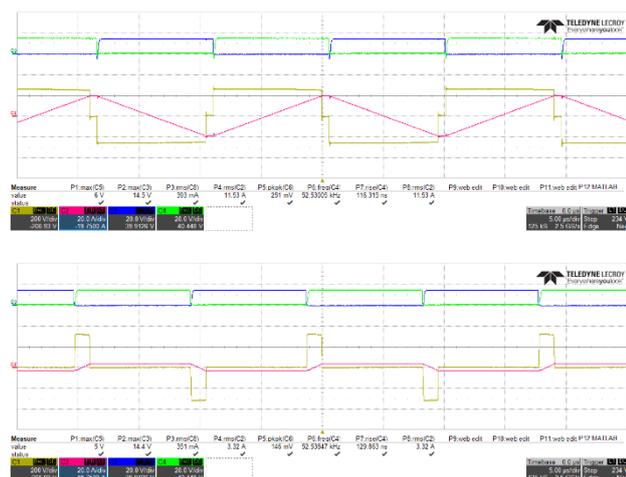


Figura 4. Resultados preliminares

Conclusiones

En este artículo se propone un dispositivo de calentamiento por inducción portátil para la desinfección de prótesis implantadas. El diseño se basa en una implementación de puente completo que cuenta con dispositivos de carburo de silicio para una implementación de alta eficiencia y alta densidad de potencia. Debido a su alto rendimiento, el dispositivo puede sumergirse en un polímero conductor térmico para obtener una implementación completamente sellada lista para su uso en procedimientos quirúrgicos.

REFERENCIAS

- [1] H. O. Gbejuade, A. M. Lovering, and J. C. Webb, "The role of microbial biofilms in prosthetic joint infections," *Acta Orthop*, vol. 86, no. 2, pp. 147-158, 2015, doi: 10.3109/17453674.2014.966290.
- [2] O. Lucía, P. Maussion, E. Dede, and J. M. Burdío, "Induction heating technology and its applications: Past developments, current technology, and future challenges," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, no. 5, pp. 2509-2520, May 2014, doi: 10.1109/TIE.2013.2281162.
- [3] B. G. Pijls, I. M. J. G. Sanders, E. J. Kuijper, and R. G. H. H. Nelissen, "Synergy between induction heating, antibiotics, and N-acetylcysteine eradicates *Staphylococcus aureus* from biofilm," *International Journal of Hyperthermia*, vol. 37, no. 1, pp. 130-136, 2020/01/01 2020, doi: 10.1080/02656736.2019.1710269.
- [4] C. Gomez-Polo, S. Larumbe, J. I. Perez-Landazabal, and J. M. Pastor, "Analysis of heating effects (magnetic hyperthermia) in FeCrSiBCuNb amorphous and nanocrystalline wires," *Journal of Applied Physics*, vol. 111, no. 7, pp. 07A314-07A314-3, 2012, doi: 10.1063/1.3672850.
- [5] H. Sarnago, O. Lucia, and J. M. Burdío, "High frequency and power density gallium nitride based inverter for magneto fluid hyperthermia," in *IEEE Annual Conference of the Industrial Electronics Society*, 2016, pp. 5222-5225, doi: 10.1109/IECON.2016.7794026.