

Sistema inalámbrico de alimentación inductivo de baja potencia para transferencia de energía a gran distancia

Alexis Narváez, Claudio Carretero, Jesús Acero

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: alexisna@unizar.es

Resumen

La transferencia inalámbrica de energía está considerada entre las tecnologías emergentes más atractivas del siglo XXI. En este documento se exponen los fundamentos aplicados a un sistema de alimentación inalámbrico de baja potencia para operar a mayores distancias de las habituales. Se presenta el sistema IPT a nivel hardware y software, y su implementación sobre un prototipo funcional.

Introducción

La transferencia inalámbrica de energía, WPT, brinda una mayor sensación de libertad en dispositivos portátiles, y aunque los sistemas están aún lejos de ser energéticamente eficientes, son muy populares y han sido bien aceptados por el público en general. Los campos de estudio actuales se centran en mejorar la tolerancia al desalineamiento entre dispositivos, maximizar la distancia de transferencia energética, y también mejorar la eficiencia energética, [1]. En este documento se presenta un sistema de transferencia de energía por métodos inductivos, IPT, de baja potencia para alimentar un controlador portátil de una encimera de inducción, el cual se pretende que trabaje a mayores distancias de las habituales. Se presentan los fundamentos analizados para su implementación, la descripción del sistema a nivel de hardware y software, la aplicación real sobre un prototipo funcional, y, finalmente, algunas conclusiones extraídas del análisis realizado.

Fundamentos teóricos

En un sistema IPT, Fig. 1, el coeficiente de acoplamiento entre bobinados, k , es el factor clave para obtener una buena transferencia energética. Este parámetro depende principalmente de la geometría del sistema y decrece muy rápidamente conforme se alejan los bobinados transmisor y receptor. En [2] se presenta el valor de este coeficiente con respecto a la distancia, cuando se enfrentan dos bobinados de 45 mm y 22 mm de

diámetro externo e interno respectivamente. Esta geometría se corresponde con la de un bobinado referenciado en las especificaciones del estándar Qi , que además tiene establecida una frecuencia de resonancia, f_{res} , en torno a 100 kHz, [3].

Por otro lado, estudios previos han revelado algunas características interesantes de estos sistemas. En concreto la característica ganancia-frecuencia de un sistema IPT, Fig. 2 (a) y (b) presenta una zona delimitada por la frecuencia de resonancia, f_{res} , y otras zonas con ganancia cercana a la unidad, f_U , es decir, 0 dB. Estas zonas poseen una gran ventaja y es la cuasi-independencia de ganancia en tensión con respecto a la carga de salida del sistema.

Estas zonas dependen del factor de acoplamiento entre bobinados, ya que conforme estos se alejan, dichas zonas se acercan a la zona de la frecuencia de resonancia. Por lo tanto, es preciso fijar un rango de distancia de separación entre los bobinados, es decir, un valor máximo y mínimo del factor de acoplamiento.

Descripción del sistema IPT

Se ha establecido la distancia de separación de trabajo entre los dispositivos desde 12 mm a 24 mm. Según [2], la variación de k para este rango de distancias va desde 0.34 a 0.13. En la Fig. 2 se presenta la ganancia en tensión del sistema IPT obtenida para estas distancias y se puede apreciar que las frecuencias de ganancia unidad por encima de resonancia, f_{U2} , se encuentran en torno a 121 kHz y 108 kHz para 12 mm y 24 mm respectivamente.

A continuación, se describe el hardware y software implementado en el prototipado de este sistema IPT:

Hardware y Software

Para simplificar el control del sistema se plantea el trabajo a una frecuencia de conmutación, f_{sw} , constante en el transmisor. Si la f_{sw} se fija en la de ganancia unidad f_{U2} para 24 mm de distancia, cuando la distancia disminuya la zona tendrá ganancia en tensión superior a la unidad y sería necesario reducir

la tensión de salida. Del mismo modo, si la f_{sw} se establece en la frecuencia de ganancia unidad f_{U2} para 12 mm de distancia, cuando la distancia aumente la zona tendrá ganancia en tensión inferior a la unidad y sería necesario incrementar la tensión de salida.

Ya que el sistema IPT a implementar es de baja potencia, el valor de las tensiones de entrada y salida, se han establecido en 5 V. La potencia máxima de salida se ha fijado en $P_{OUT, max} = 3,5$ W, pues a 12 mm la ganancia entre las frecuencias de ganancia unidad es siempre superior a 0 dB, Fig. 2 (a).

En [4] y [5] se presenta un sistema IPT que trabaja en la zona de ganancia unidad a frecuencias muy superiores a 100 kHz y la electrónica asociada, estos modelos se han usado como ejemplo para la implementación real en un prototipo. En el diagrama mostrado en la Fig. 3, se plantea la implementación de etapas electrónicas auxiliares de entrada y salida las cuales ayudarán al acondicionamiento de la tensión de alimentación y la entregada por el sistema. También se observan las etapas necesarias en un sistema IPT como son: la etapa DC/AC conectada al tanque resonante del transmisor y la etapa AC/DC conectada a la salida del tanque resonante del receptor. El inversor acondiciona la tensión continua de alimentación para que el bobinado transmisor genere el campo magnético variable, y este sea capturado por el bobinado receptor. Cuantas más líneas de flujo magnético sean capturadas por el bobinado receptor se efectuará una mejor transferencia de energía. Por otro lado, la etapa AC/DC del receptor acondiciona la tensión alterna a una tensión continua rectificada.

En el prototipo, la comunicación unidireccional para el envío de información relevante para el control se implementó mediante Bluetooth®, la etapa auxiliar de entrada es una elevadora de tensión y la de salida es una reductora de tensión, el inversor es un puente

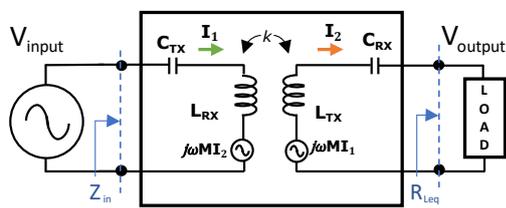


Fig. 1 Sistema IPT simplificado.



Fig. 3 Diagrama electrónico implementado.

completo y el rectificador es de onda completa. En la Fig. 4 se muestra el prototipo en funcionamiento, conectada a su salida una pantalla TFT como carga.

Conclusiones

A partir del análisis presentado, se pueden extraer las siguientes conclusiones: el sistema puede funcionar de manera adecuada, fijando un rango de distancia entre dispositivos transmisor y receptor, trabajando en la zona de ganancia unidad más restrictiva del sistema, pues es una zona estable. El sistema de alimentación inductivo es una opción totalmente viable de implementar y presenta muchas ventajas para dispositivos de baja potencia ya que no es necesario el uso de cables ni conectores, aunque es preciso un adecuado desarrollo de la tecnología para que sea robusto ante el amplio abanico de situaciones de trabajo como mayores desalineamientos o ángulos de inclinación.

REFERENCIAS

- [1] D. Kim, A. Abu-Siada, and A. Sutinjo, "State-of-the-art literature review of WPT: Current limitations and solutions on IPT," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 154, pp. 493–502, 2018, doi: 10.1016/j.epr.2017.09.018.
- [2] A. A. Narvaez, C. Carretero, J. Acero, and J. M. Burdio, "An Inductive Power Transfer System Case Study: Large Gap in Low Power Wireless Power Supply," *IEEE Int. Symp. Ind. Electron.*, vol. 2020-June, pp. 649–654, 2020, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152433.
- [3] Wireless Power Consortium, "The Qi wireless power transfer system power class 0 specification: part 4: Reference designs," no. 1.2.3, pp. 1–336, 2017.
- [4] O. Knecht and J. W. Kolar, "Performance Evaluation of Series-Compensated IPT Systems for Transcutaneous Energy Transfer," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 34, no. 1, pp. 438–451, 2019, doi: 10.1109/TPEL.2018.2822722.
- [5] O. Knecht, R. Bosshard, and J. W. Kolar, "High-Efficiency Transcutaneous Heart Support Systems," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 30, no. 11, pp. 6221–6236, 2015, doi: 10.1109/TPEL.2015.2396194.

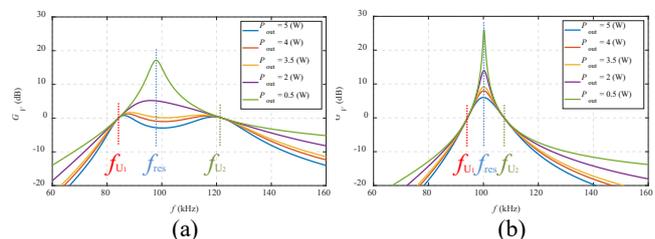


Fig. 2 Ganancia en tensión del sistema IPT: a) 12 mm, b) 24 mm.

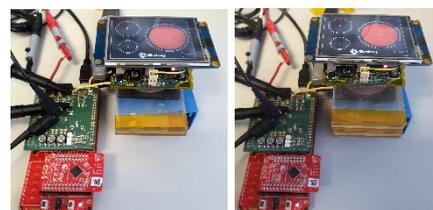


Fig. 4 Prototipo funcionando a 12 mm y a 24 mm.

