

Estimación del factor de acoplamiento en sistemas IPT mediante las relaciones dimensionales de transmisor y receptor

Alexis Narváez, Claudio Carretero y Jesús Acero

Grupo de Electrónica de Potencia y Microelectrónica (GEPM), I3A, Universidad de Zaragoza.

1

Introducción

En la actualidad, los sistemas de transferencia de energía inductiva, IPT, han evolucionado a pasos agigantados, principalmente por la inminente electrificación del transporte, [1]. Los dispositivos electrónicos que implementan esta tecnología brindan al usuario una mayor sensación de libertad y autonomía reduciendo el uso de cables de carga, [2]. La transmisión inalámbrica de energía a corta distancia se ha hecho muy popular entre los dispositivos portátiles de alta gama.

Para la transferencia de energía se necesita un bobinado transmisor y otro receptor, el cual atrapa las líneas de flujo magnético variable que crea el transmisor, [3]. Por ello, los bobinados son el elemento clave a optimizar, pues su rendimiento se ve directamente reflejado en la eficiencia global. Entre las figuras de mérito más importantes se encuentran el factor de calidad, Q , que es la relación entre la impedancia reactiva y la resistencia del bobinado y el coeficiente de acoplamiento, k , que proporciona una referencia del grado de acoplamiento entre ambos bobinados para efectuar la transferencia de energía, este factor es muy dependiente de la distancia entre los bobinados y geometría del sistema, [4].

Este estudio presenta la metodología usada para estimar la relación entre el factor de acoplamiento y la geometría del sistema de dos bobinados iguales y enfrentados, mediante simulación por elementos finitos. También, se presenta la validación experimental aplicada a dos bobinados de pequeñas dimensiones, y algunas conclusiones de los resultados obtenidos.

2

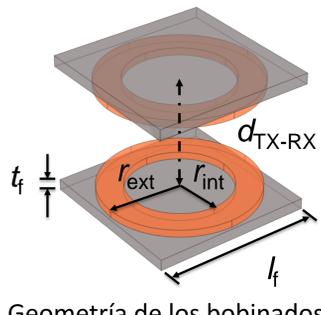
Metodología

Para estimar la relación entre el coeficiente de acoplamiento y la distancia entre los bobinados y la geometría del sistema, se plantea realizar un barrido paramétrico de dichas relaciones mediante modelos de elementos finitos. Sin pérdida de aplicabilidad ni generalidad, ambos bobinados son exactamente iguales y con desalineamiento nulo.

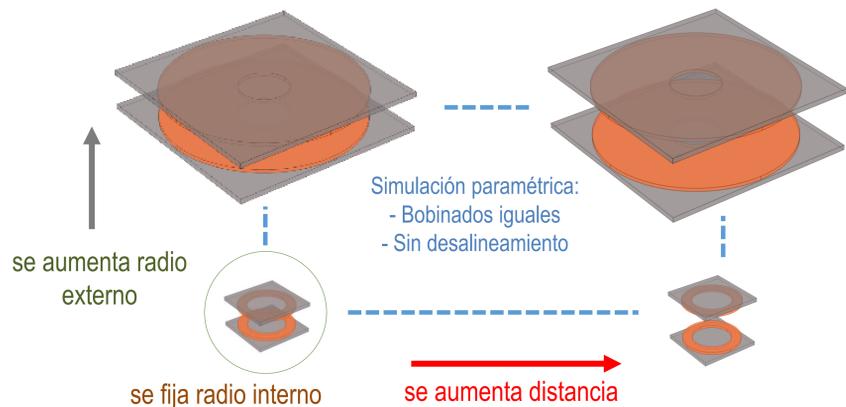
Para realizar un contraste experimental se usaron dos bobinados con las siguientes características: número de espiras $n = 9$, radio interno $r_{int} = 12.3 \text{ mm}$ y radio externo $r_{ext} = 30 \text{ mm}$. El concentrador de flujo se ha definido con forma cuadrada y dependiente del radio exterior del bobinado.

Parámetros de simulación

Número de espiras, n	9
Radio interno, r_{int}	12,3 mm
Distancia bobinados, d_{TX-RX}	$d_{TX-RX}/r_{int} = [0,5 \dots 2]$
Radio externo, r_{ext}	$r_{ext}/r_{int} = [1,5 \dots 4]$
Lado ferrita, l_f	$2 r_{ext} + 1 \text{ mm}$
Espesor ferrita, t_f	2,5 mm



Geometría de los bobinados



Propuesta de parametrización y simulación

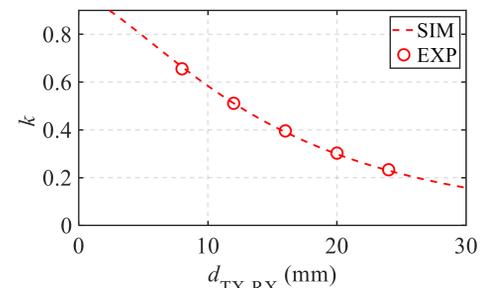
3

Comparativa de resultados experimentales y de simulación

La caracterización en pequeña señal de los bobinados escogidos se realiza a $f_c = 100 \text{ kHz}$, en el rango de frecuencias de trabajo habituales en sistemas IPT.

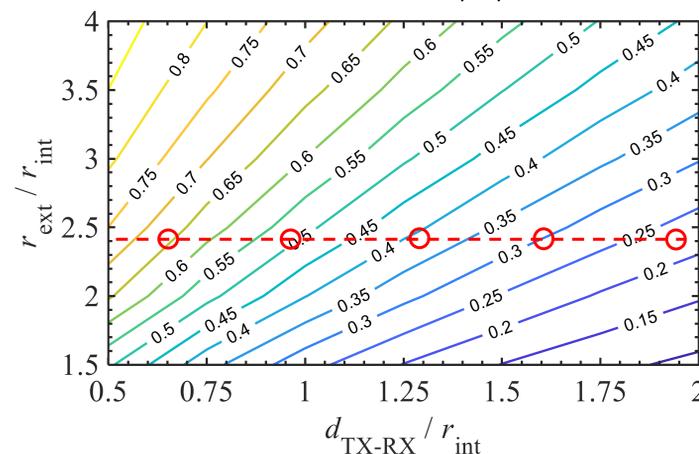


Bobinados



Acoplamiento entre los bobinados

La gráfica adimensional muestra el coeficiente de acoplamiento obtenida a partir de la simulación paramétrica de relaciones geométricas, y también los resultados de la caracterización en pequeña señal.



Gráfica de contorno adimensional del coeficiente de acoplamiento

4

Conclusiones

Este estudio muestra una correcta estimación del valor del coeficiente de acoplamiento entre dos bobinados iguales y enfrentados, tomando en cuenta la distancia y la relación de sus radios, a través de una gráfica adimensional, que puede ayudar en fases tempranas de diseño de bobinados planos. Se observa que los mayores, y, por tanto, un mejor valor del factor de acoplamiento se consigue a cortas distancias y con bobinados grandes, pero estos bobinados poseen contornos con una pendiente más pronunciada, lo cual los hace más sensible al incremento de distancia. En bobinados con una relación de radios pequeña, el valor del factor de acoplamiento no decrece tan rápidamente como en el caso anterior por las pendientes menos pronunciadas de los contornos.

Referencias

- [1] A. Ahmad, M. S. Alam, and R. Chabaan, "A Comprehensive Review of Wireless Charging Technologies for Electric Vehicles," *IEEE Trans. Transp. Electrifi.*, vol. 4, no. 1, pp. 38–63, 2017, doi: 10.1109/TTE.2017.2771619.
- [2] T. Campi, S. Cruciani, F. Maradei, A. Montalto, F. Musumeci, and M. Feliziani, "Centralized High Power Supply System for Implanted Medical Devices Using Wireless Power Transfer Technology," *IEEE Trans. Med. Robot. Bionics*, vol. 3, no. 4, pp. 992–1001, 2021.
- [3] C. Carretero, "Coupling Power Losses in Inductive Power Transfer Systems With Litz-Wire Coils," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 64, no. 6, pp. 4474–4482, 2017.
- [4] J. Acero, I. Lope, C. Carretero, and J. M. Burdio, "Analysis of Winding Loss and optimization of Inductive Power Transfer Coils," *IEEE Int. Symp. Ind. Electron.*, vol. 2020-June, pp. 1435–1441, 2020.