

OBJETIVOS Y CONTENIDO DE LA TESIS

Índice del Capítulo

PLANTEAMIENTO	III
OBJETIVOS DE LA TESIS	V
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS	VII
BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA.	IX

PLANTEAMIENTO

El título de la presente tesis doctoral es *“Balastos Electrónicos No Resonantes para Lámparas de Alta Intensidad de Descarga: Aportaciones en el Circuito de Arranque y en las Etapas de Calentamiento y Régimen Permanente”*.

La presente tesis doctoral se enmarca dentro de una de las líneas de investigación consolidadas por el Grupo de Electrónica Industrial (GEI), perteneciente al Área de Tecnología Electrónica (ATE) de la Universidad de Oviedo. La línea de investigación referida es la iluminación electrónica, es decir, el empleo de fuentes de alimentación electrónica en aplicaciones de iluminación. Se pretende así utilizar técnicas de alimentación, control, detección de fallos, etc., en balastos electrónicos de alimentación de todo tipo de lámparas.

Este trabajo pretende aportar algunas soluciones a los problemas derivados de anteriores tesis doctorales, relativas a iluminación electrónica, realizadas dentro del GEI. De esta experiencia del grupo de investigación, surgen determinadas líneas de desarrollo en los temas de iluminación y de alimentación de lámparas de descarga. Existen trabajos relativos al estudio de estabilidad de sistemas formados por balasto y lámpara ([3], [29]), estudios de topologías de potencia para aplicaciones de iluminación ([5], [6], [19]), o trabajos sobre calentamiento y arranque en la descarga ([30]). Estas tesis doctorales plantean que uno de los principales problemas en la iluminación electrónica es el de la aparición de resonancias acústicas.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es, entre otros, el estudio del fenómeno de resonancias acústicas, así como la búsqueda de técnicas de alimentación y control para evitar su aparición ([9], [10], [11], [12], [13], [14], [16], [17], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [31], [32], [33], [35], [36], [37]). Estas resonancias se producen en una lámpara de alta intensidad de descarga al ser alimentada en un margen determinado de frecuencias. El fenómeno mencionado provoca la inestabilidad del arco de descarga, empeora el funcionamiento de la lámpara, y en ocasiones puede derivar en la destrucción de la misma. Desgraciadamente, las frecuencias a las que se producen resonancias acústicas

son las que resultan más apropiadas para alimentar la lámpara, desde el punto de vista del sistema electrónico asociado [7], [11], [23], [28].

Además, existen otro tipo de problemas asociados a determinados requerimientos del funcionamiento de la lámpara, principalmente relacionados con los periodos de arranque y transitorio [1], [2], [4], [8], [10], [14], [13], [15], [18], [20], [21], [22], [34]. Por todo ello, se abre un interesante campo de investigación y realización de experimentos relacionados con los temas de iluminación electrónica con lámparas de alta intensidad de descarga.

OBJETIVOS DE LA TESIS

A continuación se detallan los principales objetivos de la presente tesis doctoral:

- ❑ ***Recopilación bibliográfica y estudio sobre el tema de resonancias acústicas en lámparas de alta intensidad de descarga*** (HID por sus siglas en inglés). Se realizará una descripción física del fenómeno, así como un estudio de los principales métodos de detección. Asimismo, se revisarán los principales métodos de alimentación propuestos, por diversos investigadores a nivel mundial, para la alimentación de lámparas que presenten este problema.
- ❑ ***Estudio y caracterización de distintas formas de onda en alta frecuencia*** desde el punto de vista de aparición, en lámparas de descarga, de resonancias acústicas. Se plantearán parámetros que determinen a priori la estabilidad del arco, de modo que sea posible el cálculo de límites y condiciones de diseño de equipos de alimentación de lámparas.
- ❑ ***Análisis, estudio, y diseño de nuevas topologías de potencia*** y de diversos métodos de control para cada topología. Se incidirá, específicamente, en aquellos parámetros que influyan en la aparición de resonancias acústicas en lámparas de descarga en régimen permanente.
- ❑ ***Estudio del comportamiento de estas topologías de potencia frente a la variación de las condiciones y características de la carga***. Se tendrán en cuenta tanto variaciones lentas de carga (envejecimiento de la lámpara) como variaciones más rápidas (periodo de calentamiento).
- ❑ ***Selección, de entre todas las estudiadas, de las topologías y métodos de control más adecuados*** para evitar la aparición de resonancias acústicas en lámparas de descarga.

- ❑ ***Construcción de prototipos de los inversores propuestos.*** Verificación de resultados en lámparas de descarga.
- ❑ ***Estudio y proposición de soluciones al problema de la etapa de calentamiento en lámparas de descarga.*** Análisis de métodos de alimentación que procuren un adecuado calentamiento de la lámpara hasta su funcionamiento en régimen permanente.
- ❑ ***Breve estudio del encendido de lámparas de descarga. Propuesta, análisis y diseño de arrancadores electrónicos para lámparas de descarga.***
- ❑ ***Construcción de prototipos y realización de experimentos del arrancador propuesto.***
- ❑ En resumen, se busca proporcionar herramientas de diseño para un balasto completo, libre del fenómeno de resonancias acústicas, que incluyen topologías, métodos de control, fase de calentamiento, encendido, etc.

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS

En el **capítulo 1** se plantea una *introducción general al tema de iluminación electrónica de lámparas de alta intensidad de descarga*. Se prestará especial atención a las lámparas que presenten mayores problemas ante resonancias acústicas.

En el **capítulo 2** se presenta un *estudio sobre resonancias acústicas en lámparas de descarga*. En primer lugar se analiza el fenómeno desde un punto de vista físico y termodinámico. A continuación, se aplican las conclusiones del estudio a las lámparas de alta intensidad de descarga, a fin de ver qué parámetros de las mismas (potencia nominal, tamaño del tubo de descarga, etc.) influyen más en la aparición de resonancias acústicas. Finalmente se realiza un estudio del estado del arte en cuanto a sistemas electrónicos de alimentación que intentan evitar el problema de las resonancias en lámparas HID.

En el **capítulo 3** se analizan distintas *formas de onda de alimentación de alta frecuencia desde el punto de vista de excitación de resonancias acústicas*. Para ello se hace uso de las conclusiones obtenidas del capítulo anterior. De este modo se obtienen, para una determinada forma de onda, unos límites en los parámetros que la definen, de manera que pueda diseñarse adecuadamente el inversor que vaya a alimentar la lámpara HID.

A continuación, en el **capítulo 4**, se repasan brevemente conceptos de *estabilidad del sistema balasto-lámpara*, para especificar requerimientos adicionales al inversor a diseñar.

A partir de los capítulos 3 y 4, es posible *analizar inversores electrónicos que alimenten lámparas de descarga*. En el **capítulo 5** se realiza este análisis, prestando atención, por un lado, a la estabilidad del sistema, y por otra parte, a la forma de onda de potencia entregada a la lámpara. Tras analizar una serie de inversores y de métodos de control, se proponen unas topologías que teóricamente cumplen los requisitos establecidos para una adecuada alimentación de lámparas HID.

En el **capítulo 6** se lleva a cabo una *descripción de los prototipos que se han implementado basándose en las topologías seleccionadas* en el capítulo 5. También se describen las lámparas utilizadas en los experimentos. Además, se detallan los procedimientos utilizados para realización ensayos de validación de estas topologías. Se presentan los resultados obtenidos.

El **capítulo 7** propone un *nuevo tipo de arrancadores para lámparas de descarga*. Se presenta un método de diseño del arrancador, así como un prototipo construido y unos resultados obtenidos.

Finalmente, en el **capítulo 8**, se relacionan las conclusiones finales de la tesis, así como las futuras líneas de desarrollo del tema. En éste capítulo se destacan también las aportaciones realizadas en la presente tesis doctoral.

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA.

- [1] Alonso M., Díaz J., Blanco C., Nuño F., Martínez J., Rico M., "Sistema de alimentación, supervisión y control de equipos de iluminación electrónica fluorescente", Congreso Internacional de Electrónica de Potencia. 1992
- [2] Alonso M., Díaz J., Blanco C., Villegas P., Rico M., "A Smart-Lighting Emergency System for Fluorescent Lamps", European Conference on Power Electronics and Applications. 1993.
- [3] Alonso, J. M. "Alimentación de Lámparas de Alta Intensidad de Descarga: Aportaciones en la Optimización del Sistema Electrónico", Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 1994.
- [4] Alonso, J. M.; Díaz, J.; Blanco, C.; Rico-Secades, M.; "A Smart-Lighting Emergency Ballast for Fluorescent Lamps Based on Microcontrollers", IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition. 1993.
- [5] Calleja Rodríguez, A. J., "Balastos Electrónicos de Una Sola Etapa con Alto Factor de Potencia: Nuevos Métodos de Control y Aportación de Nuevas Topologías Optimizadas", Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 2000
- [6] Cardesín Miranda, Jesús, "Aplicación del Convertidor Reductor a la Corrección del Factor de Potencia en Estructuras Conversoras de Dos Etapas", Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 2002.
- [7] Corominas, E. L.; Rico-Secades, M.; "A New Family of One Switch Topologies for Low Input Voltage Fluorescent Ballasts: Tapped-Inductor-Inverters Selection Criteria and Design Methodology", IEEE, APEC 2000.
- [8] Deng E., Cuk S. "Negative Incremental Impedance and Stability of Fluorescent Lamps", IEEE Applied Power Electronics Conference. 1997.
- [9] Denneman, J. W., "Acoustic Resonances in High Frequency Operated Low Wattage Metal Halide Lamps", Philips Journal of Research Vol 38, Nos. 4 / 5, 1983
- [10] Elembaas, W, "High Pressure Mercury Vapor Lamps and Their Applications". Philips Technical Library, 1965.
- [11] Faehnrich, H. J.; Rausch, E; "Electronic Ballasts for Metal Halide Lamps", Journal of the Illuminating Engineering Society, Summer 1988
- [12] Fromm, D.C., "New Developments in Na-Sc Metal Halide Lamps", IES of North America Annual Conference Technical Papers, 1993, pp- 381-392
- [13] Gibson R. G "Dimming of Metal Halide Lamps", Journal of the Illuminating Engineering Society. Summer 1994.
- [14] Groot, J. de; Vliet, J. van, "The High Pressure Sodium Lamp", Philips Technical Library, 1986.
- [15] Hammer, E. E "Cathode Fall Voltage Relationship with Fluorescent Lamps", Journal of the Illuminating Engineering Society. 1995.
- [16] Koshimura, Y. "Stable High Frequency Operation of High Intensity Discharge Lamps and Their Ballast Design", , CIE 20th Session, 1983.
- [17] Laskai, L.; Enjeti, P.; Pitel, I.; "White-Noise Modulation of High-Frequency High-Intensity Discharge Lamp Ballasts", IAS 1994.
- [18] Leyh T.O., Fancher S.C. "Fluorescent Lamp High Frequency Reference Ballast Operation and Starting", Journal of the Illuminating Engineering Society. Summer 1997
- [19] López Corominas, E. "Alimentación de Lámparas Fluorescentes Compactas desde Muy Baja Tensión: Aportaciones a la Optimización del Sistema Electrónico", Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, Marzo 1999.
- [20] Meyer, C.; Nienhuis, H.; "Discharge Lamps", Philips Technical Library, 1988
- [21] Moo C. S., Chuang Y.C., Huang Y.H., Chen H.N. " Modeling of Fluorescent Lamps for Dimmable Electronic Ballasts", , IEEE Industry Applications Society Conference. Octubre 1996
- [22] Nishimura, H.; Fukuhara, N.; Uchihashi, U.; Fukuhara, M.; "A Study of HID Lamp Life when Operated by Electronic Ballasts", IESNA 1994.
- [23] Nishimura, H.; Nagase, H.; Uchihashi, U.; Shiomi, T.; Fukuhara, M.; "A New Electronic Ballast for HID Lamps", IESNA 1987
- [24] Olsen, J.; Moskowitz, W.; "Time Resolved Measurements of HID Lamp Acoustic Frequency Spectra", IAS 1998

- [25] Olsen, J.; Moskowitz, W.P.; "Optical Measurement of Acoustic Resonance Frequencies in HID Lamps", IAS 1997
- [26] Peng, H.; Ratanapanachote, S.; Enjeti, P.; Laskai, L.; Pitel, I.; "Evaluation of Acoustic Resonance in Metal Halide (MH) Lamps And an Approach to Detect its Occurrence", IAS 1997
- [27] Ponce, M.; López, A.; Correa, J.; Arau, J.; Alonso, J. M.; "Electronic Ballast for HID Lamps with High Frequency Square Waveform to Avoid Acoustic Resonances", IEEE 2001.
- [28] Raschm E.; Statnic, E.; "Behavior of Metal Halide Lamps with Conventional and Electronic Ballasts", Journal of IES, Summer 1991.
- [29] Ribas Bueno, Javier, "Control Optimizado de Balastos Electrónicos. Modelado Estático y Dinámico de inversores Resonantes y Lámparas de Descarga", Tesis Doctoral, Javier Ribas Bueno, Universidad de Oviedo, 2001
- [30] Rodríguez Valdés, Felipe, "Circuitos de Encendido en Balastos Electrónicos para Lámparas de Alta Intensidad de Descarga: Análisis, Optimización y Diseño", Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, Junio 2001
- [31] Schafer, R.; Stormberg, H.P.; "Investigations of the Fundamental Longitudinal Acoustic Resonance of High Pressure Discharge Lamps", Journal of Applied Physics, 53(5), May 1982.
- [32] Schulz, M; Ingard, U., "Acoustic Kink Instability in an Argon Discharge", The Physics of Fluids, Vol 10, No. 5, May 1967
- [33] Wada, S; Okada, A; Morii, S; "Study of HID Lamps with Reduced Acoustic Resonances", Journal of the Illuminating Engineering Society, 1987
- [34] Watanabe Y., "Dependency of Cathode Temperature on Operation Frequencies in Fluorescent Lamps", Journal of the Illuminating Engineering Society. 1995
- [35] Witting, H. L., "Acoustic Resonances in Cylindrical High-Pressure Arc Discharges", Journal of Applied Physics 49(5), May 1978
- [36] Yan, W.; Ho, Y. K. E.; Hui, S. Y. R.; "Investigation on Methods of Eliminating Acoustic Resonance in Small Wattage High-Intensity-Discharge (HID) Lamps", IEEE 2000
- [37] Zhou, J.; Ma, L.; Qian, Z.; "A Novel Method for Testing Acoustic Resonance of HID Lamps", APEC 1999.