

Tesis Doctorales Propuestas

1.- CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LOS EFECTOS PRODUCIDOS POR LOS ARMÓNICOS SOBRE LOS MOTORES ASÍNCRONOS Y SUS SISTEMAS DE CONTROL (Asignada)

Doctorando: Filipe Tadeu Soares Oliveira

INTRODUCCION

La magnitud de los problemas que causan las tensiones armónicas en los motores asíncronos depende del valor de las tasas de las componentes armónicas -es decir, del grado de deformación de la onda- y de la sensibilidad de dichos motores a este tipo de perturbaciones, especialmente a determinados armónicos específicos.

OBJETIVOS

Se trata de medir y analizar los efectos que ocasionan diferentes niveles de armónicos en el funcionamiento, tanto permanente como transitorio, de los motores asíncronos y sus sistemas de control y ver los efectos que ocasionan los armónicos sobre las pérdidas y consiguiente elevación de la temperatura de estas máquinas.

TAREAS

Tarea 1. Recopilación de la información. Se trata de recopilar toda la información que a nivel de libros, revistas, ponencias en congresos y publicaciones internas, se haya podido generar sobre este tema hasta el momento, para con todo ello poder conocer el estado del arte.

Tarea 2. Estudio del incremento de pérdidas. Se trata de medir las pérdidas debidas a los armónicos e interarmónicos en motores de inducción de distintas potencias, cuando estos se alimentan mediante una fuente de potencia con forma de onda programable y en distintas situaciones de carga. Para ello se ha de añadir componentes armónicas e interarmónicas a la fundamental.

PROCEDIMIENTO.- Para la medida de las pérdidas se dispondrá de un sistema de medida basado en PC con una tarjeta de adquisición de datos de gran precisión o bien un equipo comercial adecuado. La realización de las pruebas en carga, exigen un freno con un sistema de control de par.

Tarea 3. Estudio sobre la pérdida de vida útil. Utilizando motores preparados para este fin, se va a estudiar el efecto que produce la presencia de armónicos en la tensión de alimentación del motor sobre la temperatura de funcionamiento y con toda la información obtenida se pueden extraer conclusiones sobre su efecto en la

vida útil de los mismos. Para la medida del calentamiento en la superficie exterior de la máquina para de alguna manera poderla extrapolar, se dispondrá de una cámara termográfica ya que los clásicos termopares serían inviables para realizar medidas a gran escala.

Tarea 4 Vibraciones. Se estudiarán en profundidad las vibraciones ocasionadas por los armónicos, especialmente los armónicos de orden 5º y sus múltiplos que provocarán, de acuerdo con la teoría ampliamente conocida, pares antagonistas. Se procederá a analizar los modos naturales de vibración de estos motores.

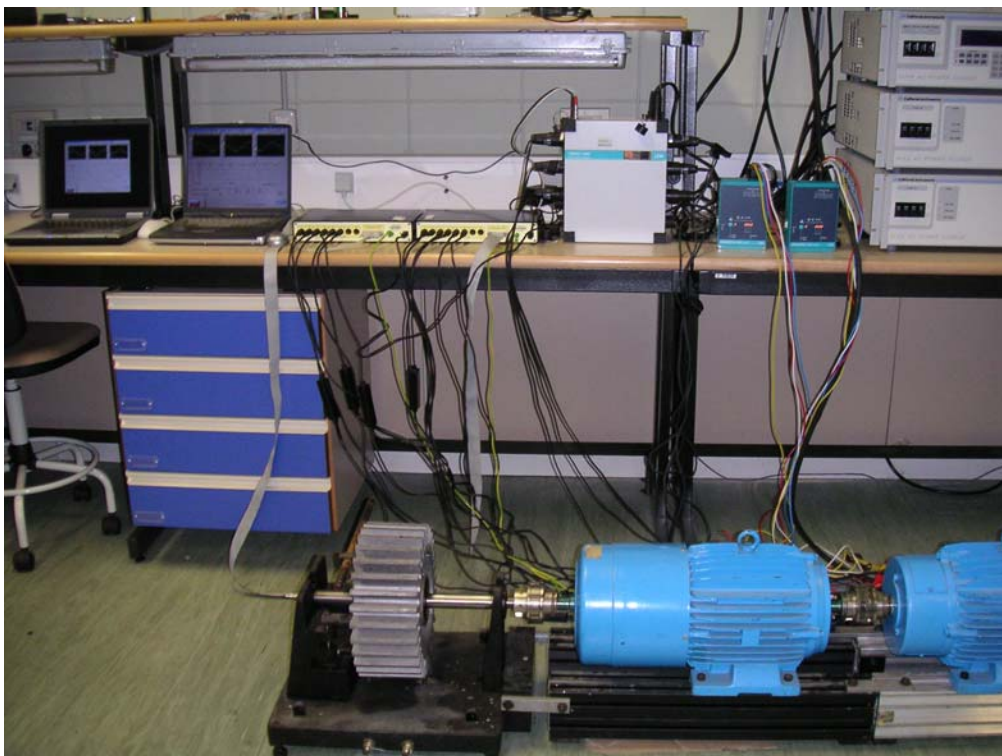
Tarea 5 Efecto de los armónicos sobre los sistemas de control. Se trata de ver como afectan diferentes tasas de distorsión armónica al comportamiento de los sistemas de control de par y velocidad de los motores asíncronos.

Tarea 6 Análisis de los efectos térmicos y dinámicos. Utilizando el software apropiado, MATLAB/SIMULINK, Power SIM, programas de elementos finitos, etc, se tratará de analizar los efectos térmicos y dinámicos que ocasionan los armónicos en los motores asíncronos y sus sistemas de control.

Tarea 7 Conclusiones y trabajos futuros. Con toda la información recopilada, integrada y adaptada convenientemente, que conformará el cuerpo de la tesis, se procederá a la elaboración de las correspondientes conclusiones y se plantearán los posibles trabajos futuros que sería oportuno realizar en este campo.

BANCO DE ENSAYOS

Se tratará de establecer una plataforma de ensayos a base al equipamiento disponible en la actualidad, que en parte aparece en la figura, el cual se irá complementando con otro que será preciso adquirir.



VINCULACIÓN DE LA TESIS CON OTROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

La tesis se enmarca dentro de los trabajos a llevar a cabo dentro del proyecto de investigación del Ministerio de Educación y Ciencia de España: "CALIDAD DE LA ONDA DE TENSION. MEDIDA E ANALISIS DE LAS PERTURBACIONES ELECTROMAGNÉTICAS. FILTROS Y OTRAS MEDIDAS CORRECTORAS (ENE 2007-68032-C04-01)", en el cual el doctorando participa como investigador del mismo.

TIEMPO DE DURACIÓN

El tiempo estimado de duración de la tesis es de dos años contado desde diciembre de 2007. Este plazo establecido para el desarrollo de la tesis sería contando con una dedicación exclusiva del doctorando a partir de estos momentos.

2.- CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LOS MOTORES SÍNCRONOS DE IMANES PERMANENTES DE TIPO INTERIOR. COMPORTAMIENTO DEL MOTOR EN RÉGIMEN DINÁMICO Y ANTE LA PRESENCIA DE ARMÓNICOS Y DESEQUILIBRIOS

Introducción.

El incremento de la disponibilidad de materiales magnéticos que permitan construir imanes permanentes con la suficiente fuerza coercitiva, de forma que no se desmagneticen por efecto de la reacción de inducido durante el período de arranque y aceleración y la utilización generalizada de los convertidores estáticos, ha proporcionado la oportunidad de desarrollar motores síncronos de imanes permanentes de elevadas características de velocidad y rendimiento conjuntamente con un tamaño reducido si se compara con un motor de inducción de igual potencia.

Las principales aplicaciones del motor síncrono de imanes permanentes, que se derivan de sus características particulares, han sido ampliamente descritas en la literatura existente, (Donsión M. y Ferro M., 1990), centrándose de forma particular, en todos aquellos accionamientos que requieran la combinación de varios motores enlazados, que han de mantenerse de forma estricta a la misma velocidad. Su aplicación ha sido especialmente ventajosa en la industria textil, (Binns K. y otros, 1978; Rahman M., 1980), y en la del vidrio, cuyas particularidades han sido las más detalladamente tratadas, (Jordan E., 1977).

Más recientemente, se ha señalado su utilidad en plantas de fibra sintética, (Miyashita K. y otros, 1980; Ishizaki A. y Yamamoto Y., 1986; Siemens 1991), así como en dispositivos servomotores de elevadas prestaciones y alto rendimiento para máquinas herramientas, (Sneyers B. y otros, 1985). En general, el motor síncrono de imanes permanentes, según sus versiones, se manifiesta especialmente apto para aplicaciones con altos requerimientos dinámicos, máquinas herramientas

de control numérico, sistemas de localización, robots y actuadores en general, donde asociado a las técnicas de control de velocidad y posición apropiadas, se configura como principal alternativa a los tradicionales motores de corriente continua, (Parasiliti F. y Poffet P., 1989; Abdel-Kader F. y Osheba S., 1990; Consoli A. y Raciti A., 1991; Teck-Seng L., Jabbar M. y Rahman M., 1990).

Objetivos.

En la presente tesis se plantean los objetivos que se indican a continuación:

- 1- Planteamiento de un modelo en régimen transitorio, expresado en valores reducidos, en términos de reactancias, que contemple los efectos de saturación en la máquina, en particular sobre el eje transversal, y cuyas variables de estado eléctrico sean los flujos, no las corrientes.
- 2- Desarrollo de los programas de ordenador correspondientes al modelo anterior, que partiendo de los parámetros más característicos de la máquina, algunos de ellos susceptibles de medida en el laboratorio, permitan la simulación de las particulares magnitudes de la misma: velocidad, componentes medias y pulsatorias del par, par de frenado asociado a los imanes permanentes, etc.
- 3- Adaptación del software descrito en el punto anterior a los equipos de medida y cálculo disponibles en el Departamento de Ingeniería Eléctrica de la E.T.S.I.I. de Vigo
- 4- Aplicación de programas comerciales de análisis por elementos finitos en 2D y 3D.
- 5- Análisis del comportamiento del motor ante la presencia de armónicos en la red de alimentación del mismo (distorsión armónica).
- 6- Análisis del comportamiento del motor ante la presencia de desequilibrios en la red de alimentación.
- 7- Obtención de las reactancias síncronas del motor, que dado el tipo de excitación a base de imanes permanentes, hace necesaria la utilización de procedimientos especiales de medida y cálculo
- 8- Partiendo del análisis e interpretación de los resultados derivados de las reactancias síncronas, comprobar el efecto de acoplamiento magnético entre los ejes directo y transversal, proponiendo y validando un modelo que contemple este efecto.
- 9- Planteamiento y comprobación de un circuito equivalente de la máquina para el estudio de las pérdidas en el hierro.
- 10- Comprobación de los resultados en el laboratorio utilizando para ello un motor síncrono disponible en el laboratorio.
- 11- Análisis de la influencia de los diferentes parámetros del MSIP sobre diferentes sistemas de regulación de velocidad y control de par.
- 12- Conclusiones y trabajos futuros.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. Abdelaziz M., Jufer M. - 1983.** "Modèle Magnétique et Électrique des Machines Synchrones à Aimants Permanents". Proc. IEEE, Vol sev/vse 74, PP 1339-1343.
- 2. Abdelaziz M.- 1983.** "Permanent Magnet Synchronous Machines". Tesis Doctoral, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.

- 3. Abdelaziz M., Jufer M. - 1981.** "Steady State and Transient Characteristics of a Permanent Magnet Synchronous Generator with Claw-Shaped Rotor", I.E.E. Conference Publication No. 202, pp 129-132.
- 4. Adkins B., Ronald G. H. - 1975.** "The General Theory of Alternating Current Machines, Applications to Practical Problems". Chapman and Hall Ltd. London.
- 5. Barret P. - 1982.** "Régimes Transitoires des Machines Tournantes Électriques". Collection de la Direction des Études et Recherches d'Électricité de France. Editions Eyrolles, Paris.
- 6. Binns K. J. y otros - 1978.** "Hybrid Permanent-Magnet Synchronous Motors". Proc. IEEE, Vol 125 n.3, PP. 203-208.

- 7. Binns K. J., Jabbar M. A.- 1976.** "Dynamic Performance of a Permanent-Magnet Synchronous Motor", IEE Conf. on Small Electrical Machines, Publication n. 136 March, PP. 78-81.
- 8. Cahill B.E., Adkins M. A. - 1962.** "The Permanent-Magnet Synchronous Motor". Proc. IEE, Vol 109, part A, n. 48, PP. 483-491.
- 9. Carnahan B. y otros - 1979.** "Cálculo Numérico. Métodos, Aplicaciones". Ed. Rueda. Madrid, PP. 384-394.
- 10. Cornell E.P. - 1983.** "Permanent Magnets A.C. Motors". Drives Motors and Controls Conference, Leeds, England. October 1983 PP. 102-107.
- 11. Donsión M. P., Ferro M. F., Antunes L. - 1988.** "Estudio del Comportamiento en Régimen Permanente y Transitorio de los Motores Síncronos de Imanes Permanentes...". Técnica Industrial, n. 191, Oct-Dic. Premio "Sevilla", "TI"-88.
- 12. Douglas J. F.- 1959.** "Current Loci of Permanent-Magnet Synchronous Motors: An Extension of Blondel Theory". AIEE Paper 59-135, April, PP. 76-78.
- 13. Ferro M. F., Donsión M. P. - 1988.** "Aplicación de la Transformada de Park al modelado de los Motores Síncronos de Imanes Permanentes...". Comunicación en las "XIII Jornadas Hispano-Lusas de Matemáticas", Valladolid, Septiembre 1988.
- 14. Ferro M. F. - 1989.** "Características y Análisis de los Motores Síncronos de Imanes Permanentes". Ciclo de Conferencias de Ingeniería Eléctrica, Unión Eléctrica-Fenosa y Area de Ingeniería Eléctrica. E. T. S. Ing. Industriales de Vigo. Marzo, 1989.
- 15. Ginsberg D. y Misenheimer L. - 1953.** "Design Calculations for Permanent-Magnet Generators". AIEE Paper 53-9, April, PP. 96-103.
- 16. Hanrahan D. y Toffolo D. - 1957.** "Permanent Magnet Generators Part I-Theory". AIEE, Paper 57-763, December, PP. 1098-1103.
- 17. Hershberger D. - 1953.** "Design Considerations of Fractional Horsepower Size Permanent-Magnet Motors and Generators". AIEE, Paper 53-151, June, PP. 581-585.
- 18. Honsinger V.B. - 1982.** "The Fields and Parameters of Interior Type AC Permanent Magnet Machines". IEEE Trans. Vol. PAS-101, n. 4 April. PP. 867-875.

19. Honsinger V.B.- 1980. "Performance of Polyphase Permanent Magnet Machines". IEEE Transactions, Vol. Pas-99, n.4, July/Aug. PP. 1510-1518.

20. Honsinger V.B.-1980. "Permanent Magnet Machines: Asynchronous Operation". IEEE Trans. Vol. PAS-99, n.4 July/Aug. PP. 1503-1509.

3.- COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE DIFERENTES DISPOSITIVOS FACTS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE ONDA EN SISTEMAS CON HORNOS DE ARCO

Introducción

En su expresión más general, el concepto FACTS se basa en la incorporación de dispositivos y métodos de electrónica de potencia en el lado de alta tensión de la red, para hacerla electrónicamente controlable. FACTS parece una forma de capitalizar los grandes avances que han tenido lugar en el área de electrónica de potencia de alta tensión y elevada corriente con el objetivo de incrementar el control de los flujos de potencia en el lado de alta tensión de la red, tanto durante el funcionamiento en régimen permanente como en condiciones transitorias.

Muchas de las ideas y experiencias sobre las cuales se asientan los equipamientos FACTS, se desarrollaron durante un amplio período de muchas décadas. Entre estas, se encuentra la experiencia que se ha obtenido con el transporte HVDC y la compensación electrónica de potencia reactiva. No obstante, FACTS, como filosofía integrada, es un concepto que ha producido sus frutos durante los ochenta en el EPRI.

Las soluciones que se adopten para mejorar la calidad de la energía (PQ-Power Quality) en el lado de la carga son de gran importancia cuando los procesos de producción se vuelven más complicados y requieren un alto nivel de responsabilidad, la cual incluye aspectos tales como proporcionar energía sin interrupciones, sin distorsión armónica y con una regulación de tensión dentro de un margen muy pequeño. Los dispositivos que pueden cumplir con estos requerimientos son los "Custom Power"; un concepto que podríamos incluir entre los FACTS, pero que es diferente debido a su uso final. De hecho las topologías que emplean son idénticas a las de los dispositivos FACTS con ligeras modificaciones y adaptaciones a los niveles de tensión, por lo tanto se orientan más al uso en redes de distribución de baja y media tensión, reemplazando a veces a los filtros activos.

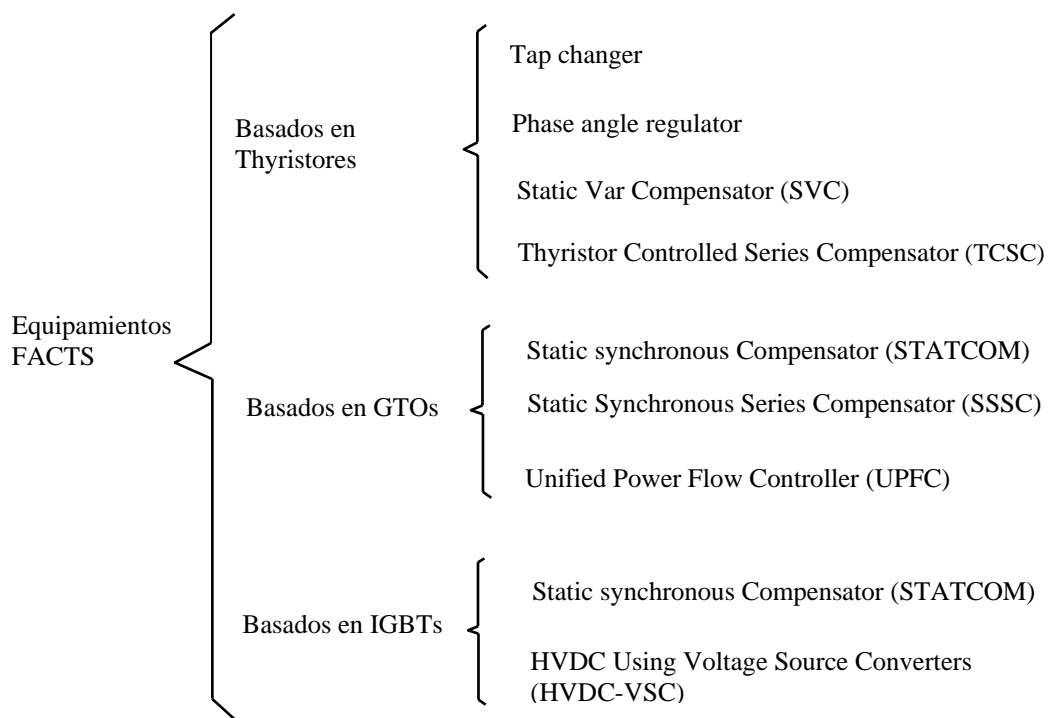
Los desarrollos recientes en los sistemas eléctricos de potencia tales como la desregularización, acceso abierto y cogeneración están creando escenarios de congestión en la transmisión y forzando las interrupciones. Además construir nuevas líneas de transmisión es una solución prácticamente imposible debido a problemas ambientales y otras consideraciones, por ello es necesario desarrollar nuevas propuestas para el funcionamiento y control de los sistemas de potencia para soportar las sobrecargas y para un eficiente y fiable funcionamiento. "Flexible AC Transmission Systems" (FACTS), con el subyacente concepto de un control independiente del flujo de potencias active y reactiva, ofrece una alternativa atractiva para alcanzar estos objetivos.

La utilización de convertidores estáticos de potencia en las redes de electricidad tiene el potencial de incrementar la capacidad de transmisión de las líneas eléctricas y mejorar la calidad de suministro de la energía eléctrica. Los dispositivos utilizados para conseguir esto, son los FACTS (Flexible Alternating Current Transmission Systems). La tecnología FACTS tiene una colección de controladores que se pueden usar individualmente o de forma coordinada con otros controles instalados en la red, permitiendo así un mayor beneficio en las características de control de las redes.

Los controladores FACTS ofrecen la gran oportunidad de regular la transmisión de corriente alterna (AC), incrementando o disminuyendo el flujo de potencia en líneas específicas y respondiendo casi instantáneamente a los problemas de estabilidad. La potencialidad de esta tecnología se basa en la posibilidad de controlar el flujo de potencia y la capacidad de conectar redes que no están adecuadamente interconectadas, dando la posibilidad de la venta de energía entre agentes distantes.

La nueva realidad de hacer que la red de potencia se controle electrónicamente, ha venido a modificar la forma de pensar y, también, los procedimientos que se tenían en la planificación y funcionamiento de las redes de transporte y distribución en muchas partes del mundo. Las fuerzas que conducen estas tendencias son la desregulación de los mercados mundiales de electricidad, el desarrollo de los procesos productivos que requieren fuentes de energía libres de perturbaciones (por ejemplo, fabricación de laminas de plástico o de semiconductores), y requerimientos medioambientales. Asimismo, es preciso enfatizar la importancia que supone una eficiente transmisión y consumo de electricidad, lo cual a veces aconseja tomar ciertas medidas como pueden ser, por ejemplo, la instalación de líneas de transporte adicionales.

A continuación, se puede ver una clasificación de los equipamientos FACTS en función del tipo de dispositivo semiconductor que generalmente se utiliza:



HORNOS DE ARCO

Los hornos de arco de fusión y de afino, son los elementos de mayor consumo de energía eléctrica de la acería y, además, los más perturbadores. A pesar de que el circuito eléctrico del horno es relativamente simple, el funcionamiento del mismo es bastante complejo. Ello se debe a la presencia del arco, el cual tiene un comportamiento no lineal lo que origina que las ondas de tensión y corriente sean no sinusoidales.

Se puede decir que el valor instantáneo de la tensión de arco en un horno depende únicamente de la altura del arco, es decir, la longitud del arco establecido entre el electrodo de grafito y la chatarra. Esta altura cambia continuamente y con gran rapidez, y estos cambios son casuales y totalmente imprevisibles y no pueden ser evitados por el sistema de regulación de los electrodos.

Los arcos además cambian continuamente de posición, es decir, cambian los puntos sobre los que se establece en el material de fusión, con lo que cambia el ángulo formado por los tres electrodos.

Entre los efectos de los hornos de arco de corriente alterna sobre la red eléctrica podemos destacar la generación de armónicos, interarmónicos, efecto flicker y desequilibrios de tensión.

Objetivos

En los hornos de arco, además de los elementos que nos permiten conducir la energía eléctrica hasta el arco, hay otros elementos que son necesarios para mejorar el comportamiento del horno, aumentando su rendimiento y disminuyendo su acción perturbadora sobre la red. Estos dispositivos son sistemas de compensación dinámica, como pueden ser entre otros los SVC, STATCOM y UPFC. En esta tesis, se trata de analizar, entre todos los dispositivos disponibles en el mercado, cuales permiten realizar una mejor compensación y, a su vez, proponer mejoras en estos dispositivos o diseños alternativos que supongan una mayor efectividad en la acción correctora y un mejor rendimiento del sistema.

Dr. Manuel Pérez Donsión