PROBLEMAS DE OPERACIÓN DE LOS ACCIONADORES DE MOTOR ASINCRÓNICO DE JAULA DE ARDILLA

IOURI ROJANKOVSKI
Centro de Investigaciones Científicas
Escuela Politécnica del Ejército, Valle de los Chillos, Ecuador

Resumen

Durante la operación de los motores asincrónicos se presentan problemas que como regla general exigen enfoques individuales de solución. Los mayores problemas son la gran corriente de arranque, las sobrecargas dinámicas y vibraciones, requerimientos específicos de mecanismos industriales. Los dispositivos conocidos de control de motores asincrónicos son o caros o pobremente adecuados para solucionar los problemas individuales. En base a los convertidores de tiristor tipo "soft starter" se puede hacer dispositivos con posibilidades funcionales vastas para el control de los motores asincrónicos de jaula de ardilla. Se presenta un breve resumen de los resultados de investigaciones en este dominio.

Abstract

Many problems appear during the operation of squirrel cage induction motors: great starting current, dynamic overloads and vibrations, specific requirements of industrial mechanisms. As a rule these problems require individual methods of attack. Well-known induction motor control devices are either too costly or poorly suited for attacking the individual problems of induction motor control. It is possible to create control devices with the wide functional possibilities on the base of thyristor soft starters. A brief overview of the investigation in this field of art is given in the article.

Av. El Progreso, s/n, ESPE, Apartado Postal 231-B, Sangolqui, Quito, Ecuador

1. Introducción

Los motores asincrónicos (MA) de jaula de ardilla están ampliamente difundidos en la práctica porque son baratos, simples en producción y no necesitan mantenimiento técnico calificado. Pero peculiaridades electromecánicas de los MA frecuentemente son causas de diferentes problemas de mantenimiento industrial. El desconocimiento de esas peculiaridades lleva al desgaste prematuro de motores eléctricos y otros elementos de la parte de fuerza de los accionadores.

Hay muchos ejemplos, cuando los MA duran tan solo unos cuantos meses, a pesar de que estaban supuestamente diseñados para el servicio de muchos años. Como regla eso ocurre porque los especialistas que elaboran y mantienen los accionadores de MA no conocen bien sus propiedades dinámicas y, por eso, no pueden prevenir las situaciones indeseables para el equipo eléctrico y mecánico. Los problemas mayores de operación de estos accionadores son la corriente grande de arranque, sobrecargas dinámicas y vibraciones, requerimientos específicos de los mecanismos industriales.

2. Corriente de arranque

Uno de los principales problemas de mantenimiento de los MA es la corriente de arranque demasiado alta. Habitualmente, esta es 5-7.5 veces mayor que la corriente nominal. En la Fig.1 se dan las curvas típicas para la corriente I_1 del estator y torque T en el eje del MA, que dependen del deslizamiento s del MA. Como se ve en la Fig.1, la corriente del estator se reduce visiblemente, después de que el motor acelera

hasta la velocidad grande (cerca a la nominal). Si por alguna causa, el motor acelera despacio, entonces, la alta corriente se consume de la red eléctrica durante mucho tiempo y pasa por los devanados del MA.

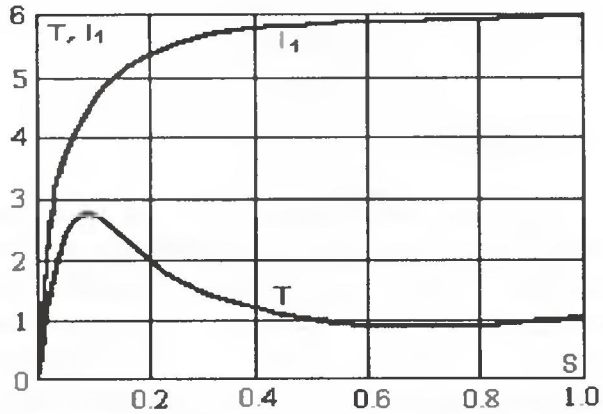

Fig.1.Características de la corriente y del torque del motor asincrónico

Esto puede ser el problema tremendamente difícil para los motores de potencia grande. Por ejemplo, si la potencia nominal del motor es 100 kW, entonces, para una tensión de 400 V entre líneas de la red la corriente nominal tiene un valor cercano a 200 A y la corriente de arranque es de 1.2 - 1.5 kA. Por ejemplo, en una de las grandes fábricas de Moscú en Rusia se utilizaron ventiladores de 100 kW de potencia para la ventilación y calefacción de los talleres. La puesta en marcha de estos ventiladores provocaba problemas tan grandes, que el personal de mantenimiento prefería no apagar los ventiladores por la noche, cuando la fábrica no trabajaba. Por supuesto, se gastaba inútilmente la energía eléctrica y el equipo eléctrico y mecánico se desgastaba prematuramente.

Una de las formas principales de limitar la corriente de arranque es la reducción de la tensión estatórica. Con más frecuencia, en la práctica se usan los siguientes métodos: el cambio "estrella - triángulo" para los devanados del estator o la aplicación de dispositivos de tiristor que son conocidos como "soft starters". Desgraciadamente, estos métodos no siempre pueden ser aplicados. Es sabido, que la corriente del MA disminuye proporcionalmente con la tensión y el torque depende del cuadrado de la tensión. Por ejemplo, en el cambio "estrella - triángulo" la corriente disminuye 1.7 veces y el torque 3 veces. Por eso, tal arranque no es posible para muchos mecanismos industriales, porque el torque de arranque es demasiado pequeño.

3. Sobrecargas dinámicas

La alta corriente no es el único problema de la puesta en marcha de los MA. Grandes sobrecargas dinámicas y vibraciones pueden presentarse, cuando el motor trabaja en regímenes transitorios. Estas sobrecargas y vibraciones se extienden por todas las partes del AE y pueden ser la causa del desgaste prematuro o de la rotura de los elementos mecánicos del accionador.

La fuente de la excitación de estas cargas puede ser tanto el motor mismo, como el mecanismo o la transmisión entre el motor y el mecanismo. En la Fig.2 se dan los oscilogramas característicos del torque y de la velocidad durante el arranque del MA, cuando los devanados del estator se conectan a la red eléctrica directamente (sin dispositivos de regulación). Estos oscilogramas son típicos para todos los esquemas de control de los MA con ayuda de contactores.

La oscilación del torque se provoca por los procesos transitorios electromagnéticos en los devanados del MA. Como en todos los circuitos eléctricos, en los devanados del estator se presentan componentes libres y forzadas de las corrientes. Éstos se transforman en los devanados rotóricos y actúan recíprocamente, creando las componentes libres y forzadas del torque electromagnético del MA. A causa de las propiedades específicas del MA, la componente libre principal del torque tiene el carácter periódico con una amortiguación baja para las velocidades pequeñas del MA.

Grandes problemas pueden presentarse cuando la transmisión mecánica tiene juegos o elementos elásticos. Los ventiladores anteriormente mencionados, estaban conectados con los motores mediante una transmisión por correa.

Durante los arranques, las correas frecuentemente se cortaban y, en los casos más complicados, se cortaba el eje del motor.

1) en la parte inicial del arranque las oscilaciones del torque tienen el aspecto parecido a las de la Fig.2. Estas oscilaciones no

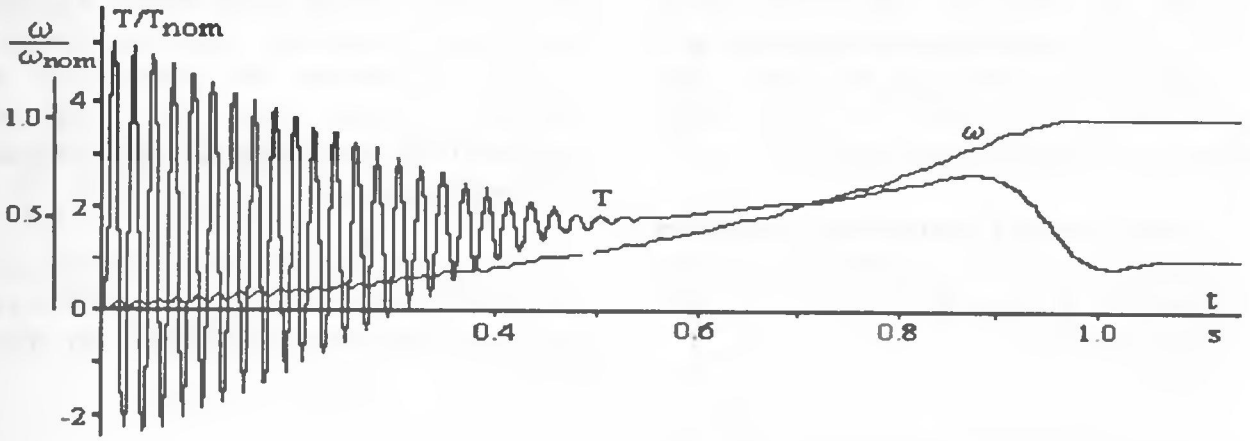

Fig.2. Oscillogramas del torque y de la velocidad durante del arranque del motor asincrónico

En la Fig.3 se dan los resultados de simulación computarizada del sistema electromecánico, que se compone del ventilador, de la transmisión por correa y del MA. En este dibujo T - es el torque electromagnético del MA; Ttc - es el torque elástico de la transmisión por correa; ω - es la velocidad del MA; ωv- es la velocidad del ventilador. Está claro de la Fig.3, que durante el arranque hay dos zonas con cargas dinámicas oscilatorias:

se pasan por los elementos mecánicos, porque tienen una frecuencia bastante alta para este caso (cerca de 50 Hz para los países europeos y cerca de 60 Hz para los americanos);

2) en la velocidad alta se presenta la resonancia mecánica, cuando las frecuencias propias del torque electromagnético del MA coinciden con las de la parte mecánica del accionador. La parte mecánica que provoca estas oscilaciones consta de dos masas inerciales (del motor y del

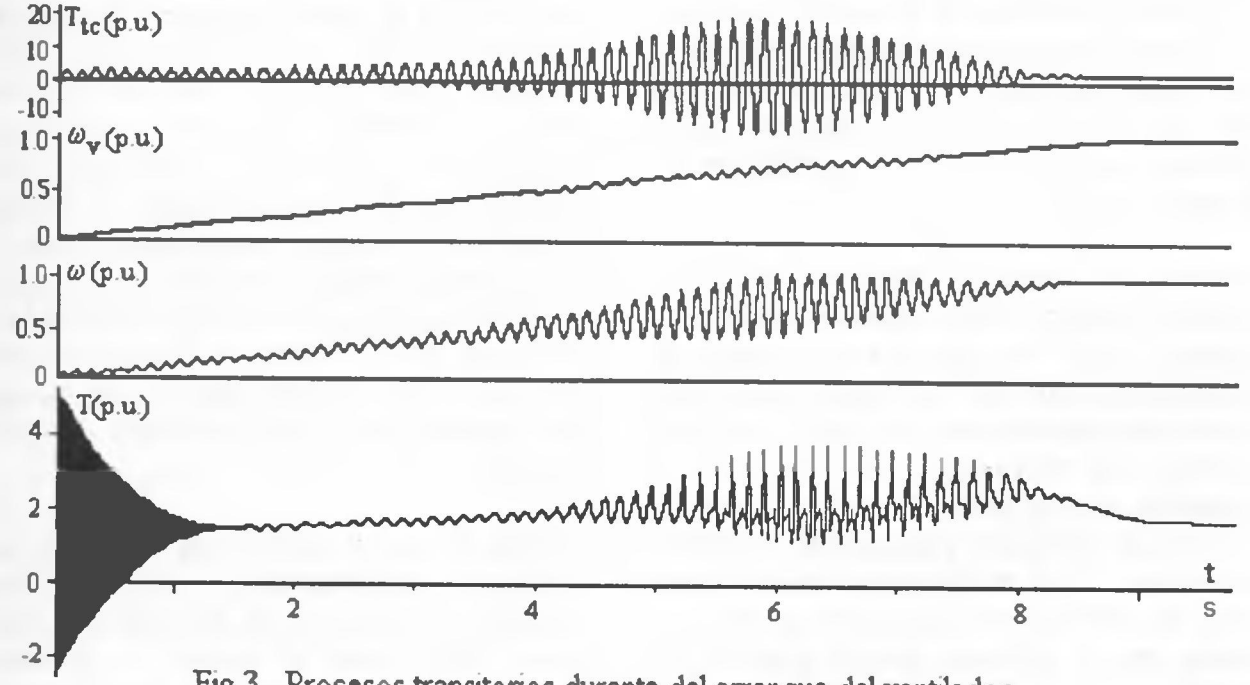

Fig.3. Procesos transitorios durante del arranque del ventilador con el motor asincrónico y la transmisión por correa

ventilador), unidas mediante la transmisión elástica. Habitualmente, esta frecuencia tiene valor de unos hertzios. Está claro de la Fig.3, que las cargas dinámicas de la segunda zona se extienden por todos los elementos del accionador y ellas son particularmente grandes en la transmisión por correa que es 5 veces más grande en comparación con las cargas dinámicas en el eje del motor mismo.

Este ejemplo muestra como es importante saber y arreglar los parámetros dinámicos de los elementos del accionador para evitar los casos peligrosos parecidos.

4. Requerimientos específicos de los mecanismos industriales

Los accionadores de máquina eléctrica se usan prácticamente en todas las ramas de la industria para diferentes mecanismos. Desde el punto de vista de procesos tecnológicos, los regímenes de trabajo de los accionadores son muy diferentes [1].

Ya fue mencionado, que el arranque del ventilador con la transmisión por correa está acompañado con sobrecargas peligrosas. Por eso, se debe usar tales dispositivos de arranque que puedan eliminarlas o, al menos, reducirlas. A causa del arranque prolongado de ventiladores, aparece el peligro de recalentamiento del MA. Es deseable que los dispositivos de arranque puedan disminuir las pérdidas en los devanados del MA.

Existen mecanismos que necesitan torque de arranque elevado pero muy efímero. Un ejemplo de tal mecanismo es el molino de tambor para pulverizar diferentes materiales. Cuando el molino esta cargado y no gira, entonces, los materiales y las bolas, que los pulverizan, caen al fondo del tambor y agrandan el torque de resistencia y el momento de inercia del molino. Si el molino gira, los materiales están en movimiento permanente y, por eso, ejercen menor influencia para la rotación del molino.

En diferentes mezcladores es útil que el motor trabaje algún tiempo con baja velocidad para aglandar la masa condensada. En las sierras de disco, que se usan para aserrar madera, piedra y otros materiales de construcción, es deseable tener la posibilidad de reversión del MA para liberar el disco, cuando éste se atranca. Algunos mecanismos industriales necesitan frenado rápido para aumentar su productividad o seguridad. Algunas veces, hace falta un movimiento de paso a paso para posicionar la herramienta de trabajo.

Se puede continuar la lista de los problemas que surgen en el mantenimiento de los MA, pero ya está claro que estos problemas son muy diferentes.

5. Medios de mejoramiento del mando de los accionadores de motor asincrónico

Los esquemas de control comunes mediante contactores y relés dan muy pocas posibilidades para controlar el proceso de transformación de la energía en los MA. Por eso, una parte de energía no sólo se pierde inútilmente, sino destruye los elementos eléctricos y mecánicos de los accionadores.

En los países industriales del mundo, muchas compañías electrotécnicas producen convertidores de frecuencia para los motores de corriente alterna. Estos dispositivos están destinados para ajustar la velocidad de los motores en límites vastos de regulación y régimen de servicio continuo. Los convertidores de frecuencia tienen tan buenas posibilidades técnicas, que pueden resolver prácticamente cualquier problema de control del accionador, incluyendo todos los mencionados. Pero estos convertidores son frecuamente más costosos que los motores mismos y, por eso, no son económicos en los regímenes de corta duración.

Además de los convertidores de frecuencia, las compañías electrotécnicas producen los antedichos dispositivos de arranque tipo "soft starter". Ellos tienen el circuito de principio muy simple (Fig.4), menores dimensiones y costos que los convertidores de frecuencia. Desgraciadamente, los "soft starters" tienen

muy pocas funciones de control: el arranque con limitación de corriente y aceleración del motor, disminución de la corriente reactiva para la carga incompleta y la protección del equipo eléctrico.

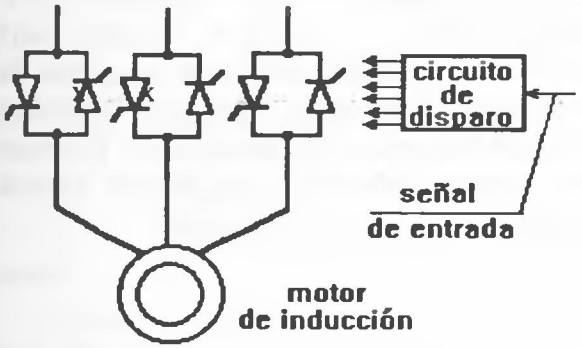

Fig.4. Circuito principal del "soft starter"

Durante los últimos años en el Instituto Energético de Moscú, se han realizado investigaciones con el objeto de aumentar las posibilidades funcionales de los "soft star-ters". Se obtuvieron resultados esperanzadores. Las investigaciones mostraron que en la base del circuito de fuerza invariable y los algoritmos de control no tradicionales (realizados con ayuda de microprocesadores), es posible formar muchos regímenes de trabajo del MA que eran posibles solo empleando los convertidores de frecuencia.

Por ejemplo, en la Fig.5 se dan las características estáticas del MA para dos diferentes algoritmos de impulso. Estas características están presentados con las lineas llenas. Con las líneas punteadas están dadas las características habituales del MA (vea la Fig.1).

En el primer caso (Fig.5,a) se forman las características que permiten el trabajo del MA en las velocidades reducidas [2]. En el segundo (Fig.5,b), las características del accionador tienen el aspecto favorable para el arranque, porque es posible recibir el torque de arranque elevado con la corriente del arranque reducida [3].

Otros algoritmos permiten formar las características para regímenes de frenado [3], de rotación lenta en dos direcciones [2], de paso a paso [2]. Evidentemente, la calidad de rotación del MA con el control de impulso es peor que cuando toca empleo los convertidores de frecuencia. Pero como regla, las altas exigencias para la calidad del movimiento no se plantean en los regímenes de corta duración.

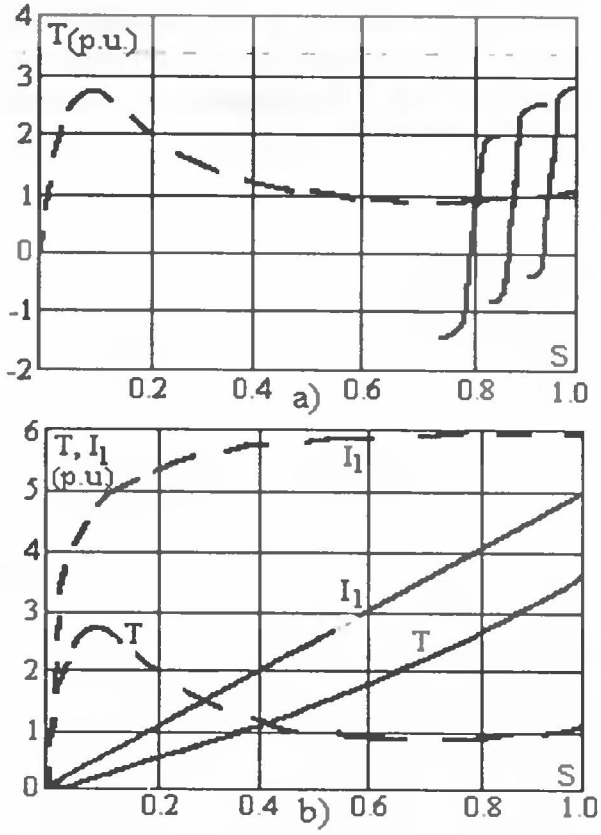

Fig.5. Características del accionador de motor asincrónico con el convertidor tipo "soft starter" y algoritmos de control de impulso

6. Conclusiones

Durante la operación de los accionadores de motor asincrónico se presentan muchos problemas específicos que tienen que ser enfocados individualmente en cada caso.

Los medios conocidos y dispositivos de serie o son caros, o son inadecuados para solucionar los problemas concretos.

En la base de los dispositivos tipo "soft starter" se puede hacer dispositivos con amplias posibilidades funcionales para solucionar los diferentes problemas de control de los

accionadores de motor asincrónico de jaula de ardilla en regímenes de corta duración.

7. Referencias

[1]. Anisimov V.A., Gornov A.O., Rozhankovsky Y.V. Problemas de mejoramiento de efectividad de los acciodores de motor asincrónico. Boletín de la Academia de Ciencias del U.R.S.S. Energética y transporte, N5, 1990 (en Ruso).

[2]. Masandilov L.B., Rozhankovsky Y.V., Kadar I. Two fequency and step mode operation of induction motors controlled by inverse-parallel thyristor pairs. 5-th Power Electronics Conference. Budapest, Hungary, 1985 (en Ingles).

[3]. Anisimov V.A., Gornov A.O., Rozhankovsky Y.V., Fatih N. Thyristor switch and control device with new properties for induction motor drive. West-East Technology Bridge International Conference end Exhibition on Power Electronics and Motion Control. Warsaw, Poland, 1994 (en Ingles).