

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION

Los motores de inducción representan aproximadamente el 68% del consumo de energía eléctrica en el sector industrial a nivel global. En los Estados Unidos y la Unión Europea, este se encuentra entre el 65 y 75%, mientras que en Canadá llega alcanzar el 80%. Por otro lado, es común que los motores eléctricos trabajen en regímenes de baja eficiencia, ya sea porque se encuentran operando a un factor de carga inferior al 60% o en redes eléctricas con problemas de calidad de la energía o han sido reparados y ya no cumplan los estándares iniciales.

Por esta alta significación del consumo eléctrico de los motores en el consumo industrial en específico y global, es necesario monitorear en tiempo real y en condiciones reales de operación, la eficiencia de los motores eléctricos, para de esta forma, gestionar el consumo de energía eléctrica y contabilizar las pérdidas de energía y económicas por la operación ineficiente, detectar problemas operacionales y tomar las acciones correctivas necesarias.

Para la determinación de la eficiencia de un motor eléctrico se necesita medir la potencia de salida, sin embargo, en condiciones operacionales reales, la medición directa de este parámetro con la tecnología existente o aplicando las normas IEEE Std-112-2004 e IEC Std-60034-2-1 es intrusiva y costosa, ya que se necesita interrumpir o cambiar las condiciones de operación, se requieren dispositivos como los torquímetros, fuentes de suministro de tensión y frecuencia variable o, se requieren realizar pruebas en vacío o de rotor bloqueado.

Como alternativa, en el estado de la técnica se han desarrollado varios métodos de estimación de la potencia mecánica y la eficiencia del motor entre los que se encuentran el método de placa, el método del deslizamiento, el método de la corriente, el método del momento y métodos de optimización; algunos de los cuales han sido implementados en distintos dispositivos. Sin embargo, estos métodos no estiman la potencia mecánica a partir de parámetros mecánicos del motor, sino que emplean variables eléctricas y aproximaciones, que generan errores considerables en la estimación de la eficiencia cuando el motor opera a baja carga o en presencia de armónicos y desequilibrios de tensión.

La presente invención proporciona un dispositivo no invasivo que mide la eficiencia de motores eléctricos en condiciones operacionales reales en cualquier régimen de operación.

El dispositivo emplea sensores que miden, de manera no invasiva y directa, la potencia eléctrica, la velocidad en el eje, las fuerzas a lo largo de los tornillos de anclaje del motor y, con el procesamiento de estas variables, se obtiene la potencia eléctrica, el momento en el eje, la potencia mecánica y la eficiencia en tiempo real.

Estos resultados se pueden presentar de forma gráfica y numérica en paneles de medición, computadoras y dispositivos inteligentes como tabletas y teléfonos.

El dispositivo permite gestionar el consumo de energía eléctrica y la entrega de energía mecánica de los motores y contabilizar las pérdidas de energía y sus costos por la operación ineficiente, detectar problemas operacionales que afectan su vida útil, establecer estrategias de mantenimiento, o realizar estudios de factibilidad de sustitución de motores.

El dispositivo de la presente invención comprende sensores para la medición de la potencia eléctrica; sensor óptico de la velocidad del eje del motor; sensor para la medición de la deformación longitudinal de los tornillos de anclaje; un dispositivo universal de adquisición de datos para convertir las señales analógicas en señales digitales para su posterior procesamiento en una Unidad de Procesamiento de Datos (UPD); una Unidad de Procesamiento de Datos (UPD) que realiza el cálculo instantáneo del momento en el eje, la potencia mecánica, el factor de carga y la eficiencia, mediante las siguientes ecuaciones:

$$T_{mec} = R1 \cdot \left(L_t + \frac{L1}{L_t} \right) \quad (1)$$

donde: R1 es la fuerza longitudinal en los tornillos de anclaje (N), L1 es la distancia entre el borde la base del motor y el eje del segundo tornillo (m), L1 es la distancia entre el borde la base del motor y el eje del primer tornillo (mm) y T_{mec} el momento mecánico en (Nm),

$$P_{mec} = \frac{T_{mec} \cdot n}{9549} \quad , \text{ kW} \quad (2)$$

donde: n es la velocidad en el eje (rpm) y P_{mec} la potencia mecánica (kW),

$$F_c = \frac{P_{mec}}{P_n} \cdot 100 \quad (3)$$

donde: P_n es la potencia nominal (kW) y F_c el factor de carga (%),

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{elec}} \cdot 100 \quad (4)$$

donde: P_{elec} es la Potencia eléctrica (kW) y η la eficiencia (%); un módulo de almacenamiento y transmisión de datos en formato TXT, XLS, o de forma gráfica para almacenar, obtener y transmitir los resultados mediante una memoria, sistema inalámbrico y Ethernet.

Para el funcionamiento del dispositivo, se instalan los sensores eléctricos para la medición de la potencia eléctrica en los conductores de alimentación del motor. Esto se puede realizar en el centro de control del motor o después del variador de frecuencia, en caso de empleo de estos equipos. Luego, se realiza la instalación del sensor óptico de velocidad del eje del motor en la parte exterior de la tapa trasera y la instalación del sensor de medición de la deformación longitudinal de los tornillos de anclaje del motor.

Se determinan las dimensiones de la carcasa del motor de forma directa o a través de los datos de catálogo y la potencia nominal del motor mediante los datos de placa para calcular el factor de carga. Se realiza el inicio de los registros. Posteriormente, se hace la conversión de las señales de la potencia eléctrica, la velocidad del eje y la deformación torsional de la carcasa, de analógica a digital (A/D), mediante el dispositivo universal de adquisición de datos. Se introducen en la UPD los datos medidos y de las dimensiones del motor y su potencia nominal. El dispositivo procesa los datos aplicando las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) y obtiene los resultados en tiempo real del momento mecánico, la potencia mecánica, el factor de carga y la eficiencia. Los datos de entrada y salida de la UPD se transmiten a un módulo que permite el registro, almacenamiento, extracción y transmisión de los datos, mediante una memoria interna, memoria USB, sistema inalámbrico y Ethernet. En el módulo de transmisión y almacenamiento de datos, se presentan y almacenan en formato TXT, XLS o de forma gráfica, el registro en el tiempo de la potencia eléctrica, la velocidad, el momento mecánico en el eje, la potencia mecánica, el factor de carga y la eficiencia del motor, el gráfico de eficiencia vs. factor de carga y del momento mecánico vs. la velocidad del motor durante el arranque y en estado estacionario.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura No. 1. Muestra el dispositivo de medición directa y en tiempo real de la eficiencia en motores eléctricos (1000).

Figura No. 2. Muestra el diagrama de bloques del dispositivo de medición directa y en tiempo real de la eficiencia en motores eléctricos (1000).

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En las Figuras No.1 y No.2 se muestra el dispositivo de medición directa y en tiempo real de la eficiencia en motores eléctricos (1000) que se compone del motor eléctrico (100), el sensor de potencia eléctrica (200), el sensor óptico de velocidad (400) de rotación del eje (500), el sensor de fuerza longitudinal de los tornillos de anclaje (600) del motor (100), un instrumento universal de adquisición de datos (800), una unidad de procesamiento de datos (900) y un módulo de transmisión y almacenamiento de datos (950).

El sensor de potencia eléctrica (200) se conecta en la caja de conexión eléctrica (300) del motor (100). El sensor óptico de velocidad (400) de rotación del eje (500) se instala en la parte trasera o lateral del motor (100), donde sea visible el eje (500) del motor (100). El sensor de deformación fuerza longitudinal en los tornillos de anclaje (600) se conecta entre la cabeza del tornillo y la base (700) del motor (100).

El sensor de potencia eléctrica (200) mide la potencia eléctrica consumida por el motor (100) durante su operación. El sensor óptico de velocidad (400) de rotación del eje (500) mide la velocidad de rotación del motor (100) durante su operación y, el sensor de deformación longitudinal de los tornillos de anclaje (600) del motor (100), mide la deformación que ocurre en los tornillos de anclaje del motor (100) con la base (700),

como resultado de la fuerza de reacción del motor (100) durante su operación. Todas estas mediciones se realizan de forma no invasiva y en tiempo real.

Las señales medidas de la potencia eléctrica (P_e), la velocidad en el eje (n) y la fuerza longitudinal de los tornillos de anclaje (f_d), se transmiten al instrumento universal de adquisición de datos (800), con el fin de convertir las señales analógicas medidas en señales digitales. Las señales digitales de la potencia eléctrica (P_e), la velocidad en el eje (n) y la deformación longitudinal de los tornillos de anclaje (f_d), son transmitidas a una unidad de procesamiento de datos (UPD) (900). Estos datos y la potencia nominal del motor (100), que se digita manualmente en la (UPD) (900), son procesados usando las ecuaciones (1), (2), (3) y (4).

$$T_{mec} = R1 \cdot \left(L_t + \frac{L1}{L_t} \right) \quad (1)$$

donde: $R1$ es la fuerza longitudinal en los tornillos de anclaje (N), $L1$ es la distancia entre el borde la base del motor y el eje del segundo tornillo (m), L_t es la distancia entre el borde la base del motor y el eje del primer tornillo (mm) y T_{mec} el momento mecánico en (Nm),

$$P_{mec} = \frac{T_{mec} \cdot n}{9549} \quad (2)$$

donde: n es la velocidad en el eje (rpm) y P_{mec} la potencia mecánica (kW),

$$F_c = \frac{P_{mec}}{P_n} \cdot 100 \quad (3)$$

donde: P_n es la potencia nominal (kW) y F_c el factor de carga (%),

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{elec}} \cdot 100 \quad (4)$$

donde: P_{elec} es la Potencia eléctrica (kW) y η la eficiencia (%).

Los datos del momento mecánico, potencia mecánica, factor de carga y eficiencia operacional del motor (100) obtenidos en la UPD (900), y los datos de potencia eléctrica, velocidad y fuerza de deformación medidos, son transmitidos a una tarjeta compuesta por un módulo de transmisión y almacenamiento de datos (950).

Los datos del módulo de transmisión y almacenamiento de datos (950), se almacenan en una memoria y se transmiten a través de una red de datos cableada o inalámbrica para visualizarse en cualquier medio digital como computadoras, tabletas, teléfonos digitales u otros.