

## RESUMEN

La presente invención es un dispositivo que permite medir directamente en tiempo real, el momento mecánico, la potencia mecánica, y la eficiencia de motores eléctricos operando en condiciones industriales. El dispositivo de medición directa y en tiempo real de la eficiencia en motores eléctricos (1000) 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 en 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).

15

20

25

## DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DIRECTA Y EN TIEMPO REAL DE LA EFICIENCIA EN MOTORES ELÉCTRICOS

### OBJETO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención consiste en un dispositivo que permita medir directamente en tiempo real, el momento mecánico, la potencia mecánica, y la eficiencia de motores eléctricos operando en condiciones industriales.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- 10 Las normas IEEE Std-112-2004 y IEC Std-60034-2-1-2007, son las normas internacionales de referencia para la determinación de las características electromecánicas de los motores de inducción, incluyendo el momento mecánico, la potencia mecánica, la eficiencia y las pérdidas segregadas. Sin embargo, los métodos establecidos en estas normas no son aplicables en condiciones de campo pues se requieren realizar pruebas en vacío, de rotor bloqueado, en ellas se exigen fuentes específicas de frecuencia y tensión variable,
- 15 regulación de la temperatura, y se necesitan dinamómetros que son muy costosos y diseñados especialmente para bancos de ensayos.

- Los métodos de placa, de catálogo, deslizamiento y de la corriente, son métodos aproximados de estimación de la potencia mecánica y la eficiencia de los motores de inducción que consideran que la eficiencia es constante e igual a la potencia nominal para
- 20 todos los rangos de operación y, que el comportamiento de la velocidad y la corriente son directamente proporcionales con el comportamiento de la carga. Estas consideraciones no son reales y se alejan de la realidad sobre todo cuando el motor opera a cargas parciales, en presencia de armónicos y desequilibrio de tensión o cuando se alimenta con variadores de frecuencias.

- 25 En Hasanuzzaman, M., Rahim, N. A., Saidur, R., & Kazi, S. N. (2011). Energy savings and emissions reductions for rewinding and replacement of industrial motor. *Energy*, 36(1), 233-240, se estima la potencia mecánica, el factor de carga y la eficiencia, a partir de la curva de Eficiencia vs. Factor de carga del motor obtenido de los datos de catálogo. La principal deficiencia de este método es que esta curva se obtiene en condiciones de laboratorio a
- 30 tensión nominal, lo que difiere considerablemente de las condiciones reales de operación, donde es común la presencia de armónicos o desequilibrio de tensión. El software *MotorMaster+* combina estos métodos y fue utilizado en el programa de ahorro energético "*Motor Challenge*" aplicado en los Estados Unidos entre los años 1995 a 1999. El programa es notable por su flexibilidad, baja invasividad y fácil uso. Sin embargo, no considera el
- 35 efecto de la distorsión armónica y el desbalance en la tensión de alimentación, ni permite el procesamiento de los datos en tiempo real, pues funciona al introducir los resultados manualmente con datos puntuales.

También existen herramientas que emplean el método del circuito equivalente: Método Ontario Hydro Modified F (OHMF), Método Nameplate Equivalent-Circuit (ORMEL96), Método Rockwell Motor-Efficiency Wizard (RMEW), Método Locked Rotor y Método Standstill Frequency Response. Estos son métodos aproximados de estimación de la potencia mecánica y la eficiencia. El circuito equivalente que emplea estas herramientas se corresponde con las condiciones de alimentaciones sinusoidales y balanceadas, por lo tanto, para regímenes de alimentación con armónicos y desequilibrio de tensión o con alimentación con variadores de frecuencias, que son frecuentes en condiciones industriales, los resultados son inexactos. Además, los métodos Ontario Hydro Modified F (OHMF), Dell'Aquila, A., Salvatore, L., & Savino, M. (1984). A new test method for determination of induction motor efficiency. *IEEE transactions on power apparatus and systems*, (10), 2961-2973 y Standstill Frequency Response, requieren pruebas a plena carga, en vacío y a rotor bloqueado, que son muy intrusivos. El método indicado en El-Ibiary, Y. (2003). An accurate low-cost method for determining electric motors' efficiency for the purpose of plant energy management. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 39(4), 1205-1210, requiere la reactancia de dispersión del estator que es muy difícil de obtener en pruebas en condiciones de campo. En el método expuesto Kueck, J. D., Olszewski, M., Casada, D. A., Hsu, J., Otaduy, P. J., & Tolbert, L. M. (1996). Assessment of methods for estimating motor efficiency and load under field conditions. *ORNL*, los parámetros del circuito equivalente se obtienen de los datos de placa, los cuales se corresponden solamente con las condiciones nominales de operación, que difieren en la mayoría de los casos de las condiciones reales.

El Método de segregación de pérdidas, es un método aproximado de estimación de la potencia mecánica obtenida a partir de sustraer la potencia eléctrica consumida de cada una de las pérdidas por separado. La principal dificultad de este método es, que cada una de las pérdidas se consideran como una proporción constante de la potencia nominal para todo tipo de motor, régimen de carga o condición de alimentación de tensión, lo cual no se cumple en operación a cargas parciales o en presencia de armónicos o desequilibrio de tensión. En Bhurtun, C., Jahmeerbacus, I., & Bussooa, D. (2012, August). Real-time efficiency estimation of an electric motor. In *Industrial and Commercial Use of Energy Conference (ICUE), 2012 Proceedings of the 9th* (pp. 1-4). IEEE., se emplea este método para la estimación de la eficiencia en tiempo real, sin embargo, además de las dificultades señaladas, el método solo se aplica a un modelo de motor de corriente continua, lo que limita su uso.

El Método del momento en el entrehierro se basa en la determinación del momento electromagnético o en el entrehierro. Se ha aplicado para la estimación del momento mecánico, la potencia mecánica y la eficiencia del motor, o para mecanismos de optimización de la eficiencia en motores sincrónicos. El momento en el entrehierro es un método aproximado, pues es diferente al momento mecánico. Además, la aplicación de este método puede traer errores considerables en los resultados, pues, para la determinación del momento mecánico y la potencia mecánica, se consideran constantes

los valores de las pérdidas adicionales, las pérdidas de núcleo y las pérdidas mecánicas, sin embargo, las proporciones de estas pérdidas varían según las características del motor, la variación de la carga, o cuando se alimenta con armónicos y desequilibrio de tensión.

5 El Método de optimización, es un método de estimación aproximado basado en técnicas heurísticas de búsqueda evolutiva, conocidas como algoritmos bio inspirados. El método se emplea para la estimación de los parámetros de circuito equivalente y con estos se calcula la potencia mecánica, la eficiencia y las pérdidas. El método tiene como desventajas que la exactitud de los resultados depende del modelo del circuito equivalente empleado, del comportamiento de los parámetros en función de la temperatura de operación y, en el caso  
10 del análisis de la operación en presencia de armónicos, se necesitan medir muchas variables eléctricas, entre estas, el espectro de armónicos de tensión y corriente. Otra desventaja del método es que los algoritmos son complejos, por lo tanto, se requiere de procesadores de gran capacidad y se dificulta la obtención de los resultados en tiempo real.

La Patente US 8.010.318 divulga un sistema y método para determinar de manera no  
15 intrusiva la eficiencia del motor eléctrico que incluye un procesador programado para determinar, mientras el motor está en funcionamiento, una pluralidad de corrientes de entrada del estator, datos de entrada eléctrica, velocidad del rotor, un valor de resistencia del estator y una eficiencia del motor basado en la velocidad del rotor determinada, el valor de la resistencia del estator, la pluralidad de corrientes de entrada del estator y los datos  
20 de entrada eléctrica. La determinación de la velocidad del rotor se basa en una de las potencias de entrada y en la pluralidad de corrientes de entrada del estator. La determinación del valor de la resistencia del estator se basa en la potencia nominal o una combinación de la pluralidad de corrientes de entrada del estator y los datos de entrada eléctrica. Los datos de entrada eléctrica incluyen la potencia de entrada y una pluralidad de  
25 tensiones de entrada del estator.

El método realizado en la patente anterior puede traer errores considerables en los resultados, pues para la determinación del momento mecánico y la potencia mecánica, se consideran constantes los valores de las pérdidas adicionales, las pérdidas de núcleo y las pérdidas mecánicas, sin embargo, las proporciones de estas pérdidas varían según las  
30 características del motor, la variación de la carga, o cuando se alimenta con armónicos y desequilibrio de tensión.

El modelo de utilidad CN 204269782U proporciona un dispositivo para la medición en línea de la pérdida y la eficiencia operativa de un motor asíncrono trifásico. El dispositivo comprende un sensor de factor de potencia, un convertidor de frecuencia de control  
35 vectorial, un controlador programable y una interfaz hombre-máquina con pantalla táctil, donde el controlador programable obtiene información de datos del sensor de factor de potencia y el convertidor de frecuencia de control vectorial a través de un puerto de comunicación RS-485, y envía señales en tiempo real a la interfaz hombre-máquina de

pantalla táctil para visualización, almacenamiento, consulta y similares a través de un puerto de comunicación RS-232.

La solicitud de patente US 2016/0268947 describe un método de análisis de la eficiencia del motor para un inversor de motor. El método se puede realizar a través de un dispositivo de visualización de eficiencia de operación del motor en tiempo real. En base a la señal de corriente primaria medida y la tensión proporcionada por el dispositivo de accionamiento, el dispositivo puede estimar datos relacionados, tales como la eficiencia en tiempo real, la velocidad de rotación, el par y la resistencia del estator, por medio de varios algoritmos. Además, el dispositivo está diseñado para ser aplicado a la mayoría de los motores; por lo tanto, los usuarios pueden administrar la eficiencia de todos los motores de la fábrica sin la necesidad de detener las máquinas o el proceso de fabricación.

Estas tres invenciones usan el momento en el entrehierro, el cual es un método aproximado, con las deficiencias explicadas anteriormente.

Por su parte, la patente US 5.661.386 muestra un método y aparato para evaluar la eficiencia de un motor en servicio. Las características de funcionamiento del motor en servicio se miden a distancia. Las características de operación se aplican entonces a un circuito equivalente para motores eléctricos. Finalmente, el circuito equivalente se evalúa para determinar las características de rendimiento de dicho motor en servicio. En base a la evaluación, un individuo puede determinar la velocidad del rotor, la potencia de salida, la eficiencia y el toque del motor en servicio. Además, un individuo puede confirmar los cálculos comparando los valores medidos con los valores obtenidos como resultado de la evaluación del circuito equivalente del motor.

El dispositivo de esta patente se basa en el método del circuito equivalente, que es un método de estimación aproximado y que no considera las pérdidas adicionales ni mecánicas, determina los parámetros a partir de datos nominales y no considera el modelo del circuito para régimen de operación con armónicos y desequilibrio de tensión, por lo tanto, en estas condiciones los errores se incrementan.

Por lo anterior, es evidente la necesidad de un método o herramienta que permita medir directamente en tiempo real, el momento mecánico, la potencia mecánica, y la eficiencia de motores eléctricos operando en condiciones industriales.

## **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.

5 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.

10 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.

15 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  
20 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.

25 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.

30 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.

35 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:

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

- 5 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),

$$10 \quad F_c = \frac{P_{mec}}{P_n} \cdot 100 \quad (3)$$

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  $\eta$  la eficiencia (%); un módulo de almacenamiento y transmisión de datos en formato TXT, XLS, o de forma gráfica para almacenar, obtener y

15 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
- 20 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
- 25 la potencia eléctrica, la velocidad del eje y la deformación torsional de la carcasa, de análoga 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
- 30 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).

10 **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).

20 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).

25 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.

35 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).

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

- 5 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), Lt 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),

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

- 10 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  $\eta$  la eficiencia (%).

- 15 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).

- 20 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.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición directa y en tiempo real de la eficiencia en motores eléctricos (1000), **caracterizado porque:**

• Comprende un motor eléctrico (100), un sensor de potencia eléctrica (200), un sensor óptico de velocidad (400) de rotación del eje (500), un sensor de deformación 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).

• Comprende un sensor de potencia eléctrica (200) que 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 longitudinal de los tornillos de anclaje (600) se conecta entre la cabeza del tornillo y la base (700) del motor (100).

2. Procedimiento de medición directa y en tiempo real de la eficiencia en motores eléctricos mediante el dispositivo de medición directa y en tiempo real de la eficiencia en motores eléctricos (1000), **caracterizado porque:**

• 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 fuerza 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 (Pe), la velocidad en el eje (n) y la deformación longitudinal de los tornillos de anclaje (fd), son transmitidas al instrumento universal de adquisición de datos (800), para realizar la conversión de las señales analógicas medidas a señales digitales. Las señales digitales de la potencia eléctrica (Pe), la velocidad en el eje (n) y la deformación longitudinal de los tornillos de anclaje (fd), son transmitidas a una unidad de procesamiento de datos (UPD) (900). Estos datos y la potencia nominal del motor (100), digitada manualmente en la (UPD) (900), son procesados usando las ecuaciones (1), (2), (3) y (4).

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

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), Lt 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  $\eta$  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 anteriormente, son transmitidos a una tarjeta compuesta por un módulo de transmisión y almacenamiento de datos (950).
- Los datos de salida 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 su visualización en un dispositivo de visualización digital.