



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Desarrollo de modelo térmico para estudio de gestión
térmica de un motor de inducción de aplicación automotriz

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

AUTOR/A: Pereira Aquino, Betania Belén

Tutor/a: Olmeda González, Pablo Cesar

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:



Agradecimientos

A mis padres, porque sin ellos no estaría donde estoy ahora.

A mi hermana, por su apoyo y compañía.

A mis tutores, por acompañarme hasta aquí.

Y a mis amigos, por hacerme el camino más ameno.

Gracias.

RESUMEN

Actualmente, debido a la problemática ambiental, los coches eléctricos están ganando popularidad y se plantea que en un futuro cercano estos reemplacen los vehículos convencionales.

Con el fin de mejorar la eficiencia de estos vehículos, existe una creciente necesidad de investigar mejoras para el sistema de gestión térmica. Ésta es importante a nivel global en el vehículo para mantener los elementos que lo componen en sus condiciones óptimas de operación, algunos de ellos muy sensibles al cambio de temperatura, como es la batería.

Éste hecho podría utilizarse para estudiar el aprovechamiento del calor generador por el motor en el sistema de gestión térmica integral del vehículo, por ejemplo, para calentar dichas baterías en invierno.

El objetivo principal de este estudio es desarrollar un modelo térmico de un motor de inducción. Primero se desarrolló el modelo electromecánico del motor, con el cuál se puede calcular distintas variables de funcionamiento del motor para cualquier condición de operación. Además, con este modelo también se pueden estimar las pérdidas de calor del motor, que sirven como entrada del modelo térmico del motor eléctrico, con el cuál se puede estimar la temperatura en distintas ubicaciones del motor, así como los flujos de calor entre ellas. Estos modelos fueron validados mediante ensayos experimentales que se realizaron en un motor de inducción de 2.2 kW. Posteriormente, con estos modelos, se realizaron estudios de gestión térmica para un motor de inducción de aplicación automotriz.

Palabras clave:

Motor eléctrico, modelo nodal, modelo térmico, motor de inducción, pérdidas

ABSTRACT

Currently, due to environmental problems, electric cars are gaining popularity and it is proposed that in the near future they will replace conventional vehicles.

In order to improve the efficiency of these vehicles, there is a growing need to investigate improvements to the thermal management system. This is important at a global level in the vehicle to maintain the elements that compose it in their optimal operating conditions, some of them very sensitive to changes in temperature, such as the battery.

This fact could be used to study the use of the heat generated by the engine in the vehicle's integral thermal management system, for example, to heat these batteries in winter.

The main objective of this study is to develop a thermal model of an induction motor. First, the electromechanical model of the engine was developed, with which different operating variables of the engine can be calculated for any operating condition. In addition, with this model the heat losses of the motor can also be estimated, which serve as input for the thermal model of the electric motor, with which the temperature in different locations of the motor can be estimated, as well as the heat flows between them. These models were validated through experimental tests that were carried out on a 2.2 kW induction motor. Subsequently, with these models, thermal management studies were carried out for an induction motor for automotive application.

Keywords:

Electric motor, nodal model, thermal model, induction motor, losses

RESUM

Actualment, a causa de la problemàtica ambiental, els cotxes elèctrics estan guanyant popularitat i es planteja que en un futur proper aquests reemplacin els vehicles convencionals.

Per tal de millorar l'eficiència d'aquests vehicles, hi ha una necessitat creixent d'investigar millores per al sistema de gestió tèrmica. Aquesta és important a nivell global al vehicle per mantenir els elements que el componen en les seves condicions òptimes d'operació, alguns molt sensibles al canvi de temperatura, com és la bateria.

Aquest fet es podria utilitzar per estudiar l'aprofitament de la calor generadora pel motor al sistema de gestió tèrmica integral del vehicle, per exemple, per escalfar aquestes bateries a l'hivern.

L'objectiu principal d'aquest estudi és desenvolupar un model tèrmic d'un motor d'inducció. Primer es va desenvolupar el model electromecànic del motor, amb el qual es poden calcular diferents variables de funcionament del motor per a qualsevol condició d'operació. A més, amb aquest model també es poden estimar les pèrdues de calor del motor, que serveixen com a entrada del model tèrmic del motor elèctric, amb el qual es pot estimar la temperatura a diferents ubicacions del motor, així com els fluxos de calor entre elles. Aquests models van ser validats mitjançant assaigs experimentals que es van fer en un motor d'inducció de 2.2 kW. Posteriorment, amb aquests models, es van fer estudis de gestió tèrmica per a un motor d'inducció d'aplicació automotriu.

Paraules clau:

Motor elèctric, model nodal, model tèrmic, motor d'inducció, pèrdues





ESTRUCTURA DEL PROYECTO

- DOCUMENTO I. MEMORIA.
- DOCUMENTO II. PRESUPUESTO.
- DOCUMENTO III. ANEXOS.



ÍNDICE

1.	Introducción.....	17
1.1.	Motivos y antecedentes.....	17
1.2.	Alcance y objetivos del documento.....	18
2.	Marco teórico.....	19
2.1.	Motor eléctrico.....	19
2.1.1	Tipos de motores eléctricos.....	20
2.1.2.	Principio de funcionamiento del motor de inducción.....	20
2.2.	Transferencia de calor.....	21
2.2.1.	Conducción.....	22
2.2.2.	Convección.....	24
2.2.3.	Radiación.....	25
2.3.	Modelo nodal.....	26
2.4.	Circuito equivalente del motor eléctrico.....	29
3.	Modelado del motor de inducción en Matlab.....	30
3.1.	Trabajo experimental.....	30
3.1.1.	Ensayo de corriente continua.....	32
3.1.2.	Ensayo de vacío.....	33
3.1.3.	Ensayo de cortocircuito.....	36
3.2.	Validación del modelo electromagnético.....	37
3.3.	Validación del modelo nodal.....	39
4.	Aplicación del modelo en un motor eléctrico de automoción.....	46
4.1.	Caracterización del motor. Algoritmo predictivo de Rajput.....	46
4.2.	Utilización del modelo electromagnético.....	47
4.3.	Utilización del modelo térmico.....	48
5.	Conclusiones y trabajos futuros.....	50
5.1.	Conclusiones.....	50
5.2.	Trabajos futuros.....	51
6.	Bibliografía.....	52
1.	Presupuesto.....	56

1.1.	Justificación.	56
1.2.	Actividades	56
1.2.1.	Actividad 1. Búsqueda de información.....	56
1.2.2.	Actividad 2. Tratamiento de datos.	56
1.2.3.	Actividad 3. Ensayos en laboratorio con un motor de inducción.....	56
1.3.	Costes.	56
1.3.1.	Coste de amortización por materiales.	57
1.3.2.	Costes de licencias.....	58
1.3.3.	Coste de recursos humanos.	58
1.3.4.	Costes indirectos.	58
1.4.	Cálculo del presupuesto.	58
1.4.1.	Presupuesto por partida.....	58
1.4.2.	Resumen del presupuesto.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1. Diferencia entre coches híbrido y eléctrico.</i>	17
<i>Fig. 2. Partes de un motor de imán permanente en vista isométrica.</i>	19
<i>Fig. 3. Diagrama de transferencia de calor en un motor eléctrico.</i>	22
<i>Fig. 4. Transferencia de calor por conducción.</i>	23
<i>Fig. 5. Conducción de calor en una varilla con extremos a distinta temperatura.</i>	24
<i>Fig. 6. Proceso de convección.</i>	25
<i>Fig. 7. Conexión entre dos nodos contiguos.</i>	27
<i>Fig. 8. Nodos considerados para el estudio.</i>	28
<i>Fig. 9. Esquema por fase de un motor asíncrono polifásico.</i>	29
<i>Fig. 10. Circuito equivalente aproximado de motor de inducción.</i>	29
<i>Fig. 11. Placa de características del motor de inducción.</i>	30
<i>Fig. 12. Placa de características del servomotor.</i>	31
<i>Fig. 13. Montaje del motor para los ensayos.</i>	31
<i>Fig. 14. Esquema de montaje para los ensayos.</i>	32
<i>Fig. 15. Pérdidas mecánicas y pérdidas en el hierro en función de la tensión de alimentación.</i>	35
<i>Fig. 16. Pérdidas mecánicas y pérdidas en el hierro en función de la tensión de alimentación y su ecuación.</i>	35
<i>Fig. 17. Circuito equivalente en ensayo de cortocircuito.</i>	36
<i>Fig. 18. Partes del estator.</i>	40
<i>Fig. 19. Representación de la matriz de conductancias K en Matlab.</i>	44
<i>Fig. 20. Representación de la matriz de capacitancias C en Matlab.</i>	44
<i>Fig. 21. Representación del vector de condiciones de contorno en Matlab.</i>	44
<i>Fig. 22. Ubicación de los termopares en el motor de ensayo.</i>	45
<i>Fig. 23. Comparación de temperatura de la carcasa experimental y teórico en motor sin carga.</i>	45
<i>Fig. 24. Comparación de temperatura de la carcasa experimenta y teórica en motor al 50% de carga.</i>	46
<i>Fig. 25. Parámetros del motor de inducción TECO de 30 kW.</i>	47
<i>Fig. 26. Evolución de las temperaturas de los elementos más importantes del motor 30 kW.</i>	48
<i>Fig. 27. Ciclo RDE para dinámica de conducción suave.</i>	49

<i>Fig. 28. Perfil de velocidad de giro para el ciclo RDE suave.....</i>	<i>49</i>
<i>Fig. 29. Perfil de velocidad de par para el ciclo RDE suave.....</i>	<i>49</i>
<i>Fig. 30. Temperaturas en el motor de 30kW implementando el ciclo RDE suave.....</i>	<i>50</i>

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS DE PRECIOS

Tabla 1. Algunos valores de conductividad térmica.....	23
Tabla 2. Resultados del ensayo de corriente continua.	33
Tabla 3. Valores medidos en el ensayo de vacío.....	33
Tabla 4. Valores medidos en el ensayo de cortocircuito.....	36
Tabla 5. Valores obtenidos en todos los ensayos de caracterización.	37
Tabla 6. Valores teóricos y experimentales de Is para distintas condiciones de carga.	38
Tabla 7. Valores de circuito equivalente obtenidos mediante el algoritmo de Rajput.....	47
Tabla 8: Comparativa entre valores de intensidad motor 132 kW.	47
Tabla 9. Temperaturas de elementos del motor obtenidas en el estacionario.	48
Tabla 10. Importe partida 1.....	58
Tabla 11. Importe partida 2.....	59
Tabla 12. Importe partida 3.....	59
Tabla 13. Resumen del presupuesto.	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1)	21
Ecuación (2)	21
Ecuación (3)	23
Ecuación (4)	23
Ecuación (5)	25
Ecuación (6)	26
Ecuación (7)	27
Ecuación (8)	28
Ecuación (9)	28
Ecuación (10)	30
Ecuación (11)	32
Ecuación (12)	34
Ecuación (13)	34
Ecuación (14)	34
Ecuación (15)	35
Ecuación (16)	36
Ecuación (17)	37
Ecuación (18)	37
Ecuación (19)	37
Ecuación (20)	38
Ecuación (21)	38
Ecuación (22)	38
Ecuación (23)	39
Ecuación (24)	39
Ecuación (25)	39
Ecuación (26)	40
Ecuación (27)	40
Ecuación (28)	40
Ecuación (29)	40
Ecuación (30)	41

Ecuación (31)	41
Ecuación (32)	41
Ecuación (33)	42
Ecuación (34)	42
Ecuación (35)	42
Ecuación (36)	42
Ecuación (37)	42
Ecuación (38)	42
Ecuación (39)	42
Ecuación (40)	43
Ecuación (41)	43
Ecuación (42)	43
Ecuación (43)	43
Ecuación (44)	43
Ecuación (45)	57



DOCUMENTO I

MEMORIA

1. Introducción.

1.1. Motivos y antecedentes.

La contaminación atmosférica es un problema a nivel mundial provocado por la emisión de sustancias nocivas que causan efectos dañinos para el medio ambiente y la salud de las personas.

En cuanto al transporte, la gran parte de la energía que utiliza este sector procede del petróleo, por lo que es uno de los mayores responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así al cambio climático. El 70% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en este sector proceden de coches, camiones, furgonetas y autobuses [1].

Aunque se han establecido normativas en todo el mundo para regular las emisiones contaminantes, e incluso para impulsar el uso de alternativas más limpias, la concentración de contaminantes sigue siendo elevada, por lo que el desarrollo de alternativas al motor de combustión ha ido avanzando en los últimos años [1].

Actualmente, está aumentando el uso de los coches eléctricos e híbridos. La diferencia entre ambos es que el coche híbrido dispone de un motor de combustión y uno o más motores eléctricos y batería que, según la arquitectura del coche híbrido, un motor actuará como elemento motriz principal y el otro como apoyo dependiendo de las maniobras realizadas o la potencia requerida, mientras que el coche eléctrico sólo dispone de un motor eléctrico y batería. Estas diferencias en el vehículo afectarán a otras características suyas además del nivel de contaminación, como su velocidad o autonomía. En la Fig. 1 se puede ver un breve resumen de dichas diferencias.



Fig. 1. Diferencia entre coches híbrido y eléctrico [2].

La gestión térmica en el motor eléctrico es importante porque, además de que puede utilizarse para incrementar la vida útil de los componentes, si no se controlan las altas temperaturas, éstas pueden causar daños, por ejemplo, el motor a altas temperaturas sufre daños irreversibles o los frenos pueden no funcionar a su máximo potencial o incluso fallar durante el frenado [3].

Por todo esto, existe una creciente necesidad de investigar mejoras para el sistema de gestión térmica con el fin de mejorar la eficiencia de estos vehículos.

1.2. Alcance y objetivos del documento.

El objetivo de este Trabajo de final de máster (TFM) es realizar un estudio sobre los métodos de transferencia y generación de calor en un motor eléctrico. Actualmente, la tecnología en el sector automovilístico está ofreciendo más opciones en cuanto a propulsión del vehículo, dejando de lado la opción de motor de combustión interna y ofreciendo otras alternativas eléctricas como los vehículos híbridos nombrados anteriormente. En los motores eléctricos, la eficiencia en la conversión electromecánica disminuye significativamente cuando la temperatura aumenta, por lo que es importante tener en cuenta la gestión térmica del motor para mantener unas temperaturas seguras [4].

Para caracterizar el comportamiento térmico de un motor eléctrico, se realizará un modelo nodal simplificado utilizando la herramienta informática MATLAB, validándolo mediante la comparación con los resultados obtenidos en un ensayo en un motor de inducción de 2.2 kW. Con un correcto modelado del comportamiento térmico se tendrá la capacidad de simular fielmente el comportamiento del motor, y con esto se podrá hacer distintos estudios simulando diferentes condiciones de operación con el fin de mantener en condiciones seguras el motor de la manera más eficiente e incluso reutilizar el calor residual. Esto podrá aprovecharse además para poder desarrollar mejoras en el rendimiento del motor, tanto en el diseño del mismo como en la elección de materiales.

Por lo tanto, el alcance de este proyecto es la realización de un modelo térmico de un motor eléctrico válido para poder predecir la temperatura bajo distintas condiciones de operación.

2. Marco teórico.

2.1. Motor eléctrico.

Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, gracias a la acción de los campos magnéticos generados en las bobinas que se encuentran en su interior. El motor se compone principalmente del rotor y el estator, con un devanado electro-conductor en ambos componentes o un devanado en uno de ellos y un imán permanente en el otro. El estator está fijo, normalmente a la cubierta exterior, y el rotor está situado en el eje junto a los rodamientos, que transforma las fuerzas mecánicas en movimiento rotacional. Las fuerzas que se crean están basadas en la regla de la mano derecha (o también ley del sacacorchos), que dice que si situamos nuestra mano derecha de manera que el dedo de en medio siga la dirección en la que circula la corriente, el dedo índice indica la dirección en la que se crea el campo magnético, y el pulgar, el movimiento

[5].

A continuación, en la Fig. 2 se puede observar un motor y varios de sus componentes:

- Eje: Transfiere la fuerza mecánica del rotor al resto de componentes.
- Rotor: En él se encuentran los devanados conductores o imanes sobre los que actúan las fuerzas electromagnéticas para producir la fuerza mecánica. Está formado por láminas electromagnéticas separado por un material aislante para evitar calentamientos y pérdidas innecesarias por la circulación de corrientes parásitas. Se encuentra unido al eje del motor
- Estator: Similar al rotor, en él se alojan los devanados conductores que producen el campo electromagnético.
- Entrehierro: es la brecha ocupada por aire que existe entre el cilindro del rotor y el cilindro del estator.

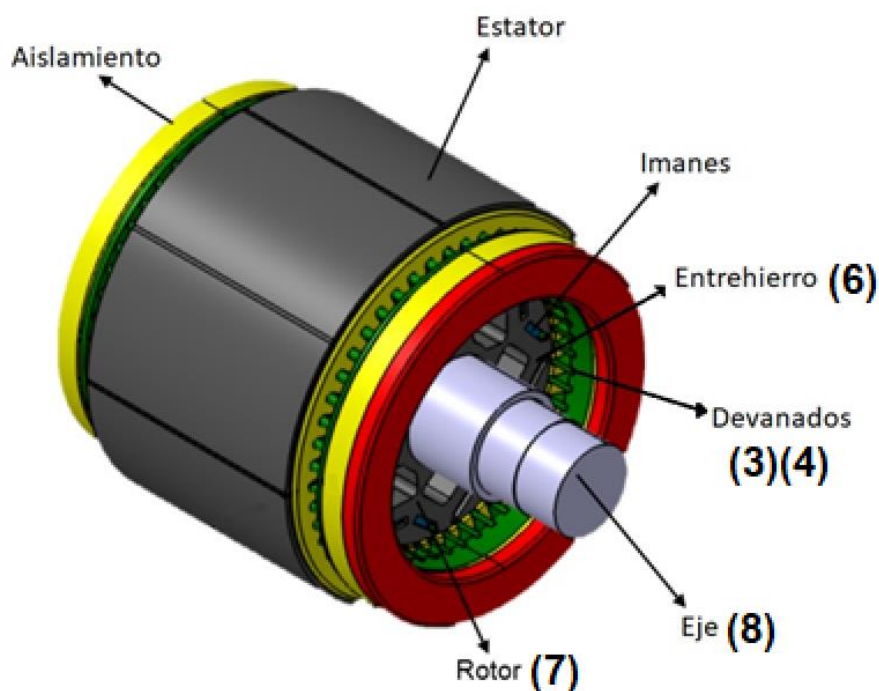


Fig. 2. Partes de un motor de imán permanente en vista isométrica [6].

2.1.1 Tipos de motores eléctricos.

Hay que tener en cuenta que hay distintos tipos de tecnologías de motores eléctricos. Estas diferentes tecnologías se agrupan en categorías que dependen del principio de funcionamiento de estos motores. Principalmente, se clasifican en dos grupos, los motores de corriente continua y los de corriente alterna. En este documento se tratará, principalmente, los del segundo grupo.

En los motores de corriente alterna, los devanados son activados por alimentación de corriente alterna, y dentro de esta categoría, diferenciamos los motores síncronos y los asíncronos (o de inducción).

Un motor síncrono es un motor cuya velocidad de rotor es igual a la del campo magnético, mientras que un motor asíncrono tiene una velocidad de rotación diferente.

En la categoría de motores síncronos destacamos el motor magnético permanente, que consiste en un motor que utiliza un rotor formado por imanes sobre los que actuará el campo magnético que crea el estator cuando circula corriente continua por él. De esta manera, se crea un movimiento de rotación bajo el impulso de fuerzas magnéticas. Las ventajas de este tipo de motor son su alto rendimiento, pues no tiene pérdidas en el rotor. Tampoco tienen contactos deslizantes como escobillas o colector, por lo que su mantenimiento es casi nulo; apenas hace ruido y la vibración es mínima. Gracias al reducido tamaño de su rotor, son poco pesados, reduciendo su inercia y permitiendo una respuesta dinámica rápida. La principal desventaja es que su coste es elevado en comparación con otros tipos de motores [7].

Los motores asíncronos o de inducción reciben este nombre debido a que el rotor gira a distinta velocidad que el campo magnético del estator. En función de cómo esté constituido el rotor, en esta categoría se distinguen el motor asíncrono de jaula de ardilla o de rotor bobinado.

El motor jaula de ardilla dispone de un rotor constituido por un conjunto de barras conductoras paralelas a la dirección axial y ordenadas en forma cilíndrica alrededor del eje. El par de arranque es bajo y la intensidad que absorben es elevada. La ventaja de este tipo de motores es que son compactos y de menor peso que los motores síncronos, son escalables y se puede controlar su velocidad variando la frecuencia de la corriente [8].

En cuanto al motor de rotor bobinado, éste está formado por unos anillos de cobre, denominados «anillos rozantes», que giran con el eje haciendo contacto entre éste y unas escobillas que van a permitir conectar los devanados rotóricos con el exterior. La ventaja del rotor bobinado es que permiten el arranque progresivo mediante resistencias rotóricas [9].

2.1.2. Principio de funcionamiento del motor de inducción.

Al ser los motores de corriente alterna asíncronos los que tienen un uso más generalizado debido a su fácil utilización, menor mantenimiento y bajo coste [10], y al ser el que se utilizará en el laboratorio para realizar los ensayos, esta tesis se centrará principalmente en este tipo de máquina. Estos motores son utilizados además en la industria automotriz. Marcas conocidas como Tesla apuestan por su uso [11].

El principio de funcionamiento de un motor asíncrono de inducción se basa en la acción del flujo magnético giratorio generado en el circuito del estator sobre la corriente inducida por el flujo

magnético en el circuito del rotor. El flujo magnético giratorio generado por el devanado del estator corta los conductores del rotor, generando así una fuerza electromotriz inducida. Suponiendo que el devanado del rotor está cerrado, debe entenderse que la corriente fluirá a través de sus conductores.

La velocidad de rotación del rotor en un motor de inducción asíncrono es siempre menor que la velocidad síncrona (velocidad del flujo magnético giratorio). Para generar una fuerza electromotriz en los conductores del rotor, debe haber un movimiento relativo entre los conductores y el flujo magnético giratorio. La diferencia entre la velocidad del flujo giratorio y la velocidad del rotor se llama deslizamiento [12].

Como las bobinas del estator son atravesadas por tres corrientes sinusoidales desfasadas 120º, se crea un campo magnético giratorio en el estator cuya velocidad de rotación o sincronismo viene dada por la siguiente expresión:

$$V_s = \frac{f \cdot 60}{p} \quad (1)$$

Donde:

f= frecuencia de la red eléctrica

p= número de pares de polos

Este campo magnético giratorio permitirá al rotor girar a menor velocidad. La relación entre estas dos velocidades viene dada por el deslizamiento, según la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V_s - V}{V_s} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde:

V_s= velocidad de sincronismo

V= velocidad del rotor

d= deslizamiento en tanto por cien

2.2. Transferencia de calor.

La transferencia de calor entre dos objetos es la tasa de cambio de energía entre dichos objetos debido al gradiente de temperatura entre ellos. Según las leyes de la termodinámica, para dos sistemas cerrados, la energía transferida a un sistema debe ser igual a la cedida por el otro sistema y, además, el calor sólo puede transmitirse cuando existe un gradiente de temperaturas. Por lo tanto, cuanto mayor sea el gradiente de temperaturas, mayor será la transferencia de calor.

Dicha transferencia de calor puede producirse por diferentes procesos, por conducción cuando dos elementos están en contacto y cerca uno del otro, como los rodamientos y el eje, por convección,

cuando el calor se transfiere entre dos elementos a través de un líquido o gas, como pasa entre el aire del entrehierro y los distintos elementos, o por radiación, que depende de la emisividad de los elementos.

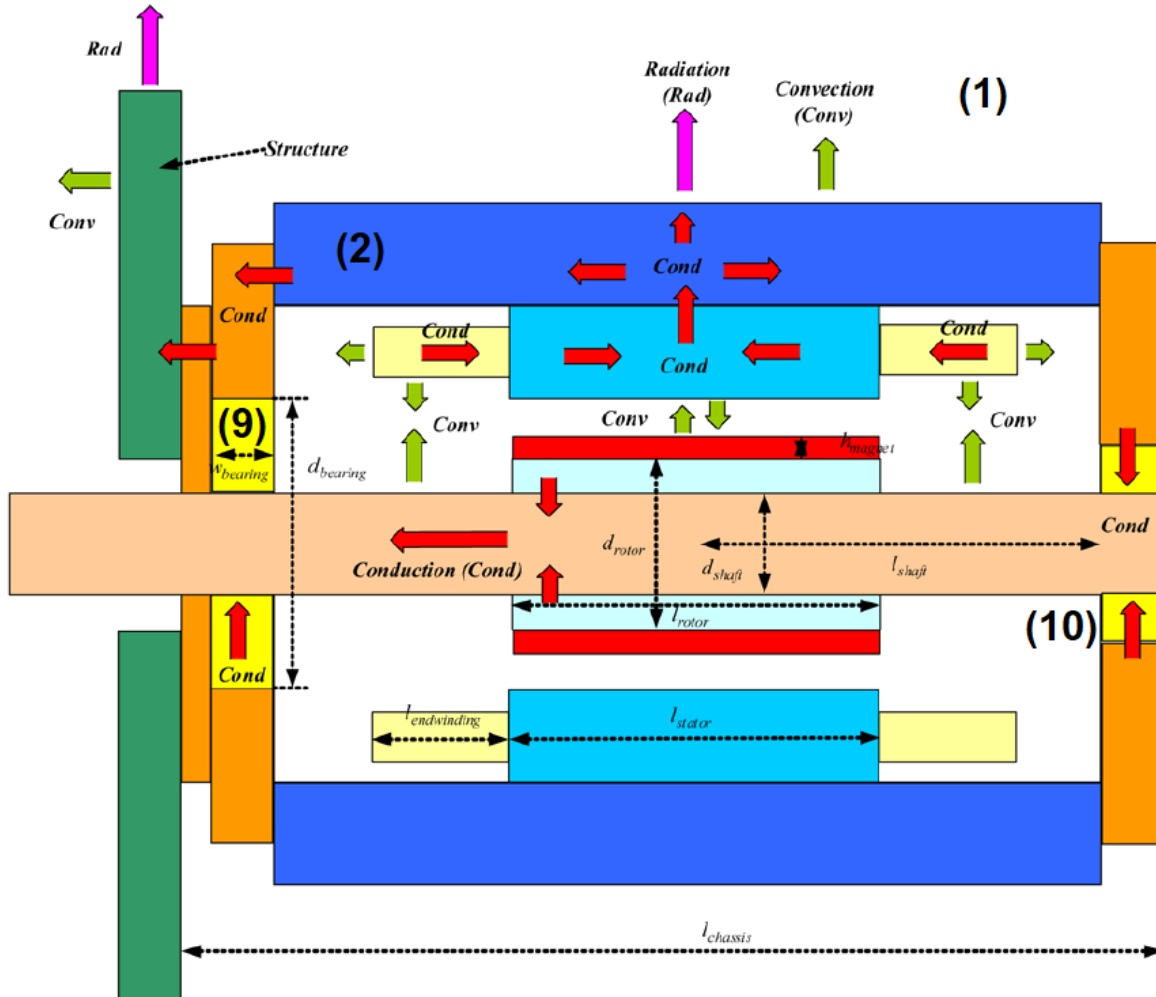


Fig. 3. Diagrama de transferencia de calor en un motor eléctrico [13].

En la Fig. 3 se puede apreciar el flujo de calor entre los distintos elementos ilustrados. Las flechas rojas (Cond) representan el transporte de calor debido a la conducción, las flechas verdes (Conv), el flujo de calor por convección, y el morado (Rad) debido a la radiación [13].

2.2.1. Conducción.

La conducción es el fenómeno de transferencia de calor entre moléculas mediante transferencia molecular, donde las partículas más energéticas entregan energía a las de menor energía interna adyacentes, por vibraciones en los sólidos o por vibración y traslación en fluidos.

Dicha conducción de calor se produce si hay una diferencia de temperatura entre dos regiones del medio conductor y con una dirección del flujo desde la temperatura más alta a la más baja.

Para un volumen de espesor Δx , con área de sección transversal A y cuyas caras opuestas se encuentra a diferentes temperaturas T_1 y T_2 con $T_2 > T_1$, como se ve en la Fig. 4, se encuentra que el calor ΔQ transferido en un tiempo Δt fluye de la parte caliente a la fría. Siendo H (en Watts) el calor transferido

por unidad de tiempo, la velocidad de transferencia de calor $H = \Delta Q / \Delta t$ viene dada por la ley de la conducción de calor de Fourier [14].

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (3)$$

Donde:

k = conductividad térmica del material, en W/m·K

dT/dx = gradiente de temperatura

La conductividad térmica es la magnitud que representa la capacidad con la cual un material conduce calor y produce una variación de temperatura. Un valor de k mayor indica que el material es un buen conductor, mientras que valores de k más pequeños indican que son materiales más aislantes. En la Tabla 1 se presentan algunos valores de k . El signo negativo indica que la conducción de calor es en dirección decreciente de la temperatura.

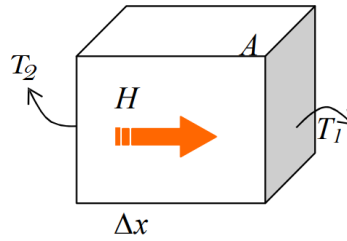


Fig. 4. Transferencia de calor por conducción [14].

En el caso de una barra uniforme de largo L , aislada térmicamente en todo su largo excepto en los extremos, los cuales tienen distintas temperaturas $T_H > T_C$, la ley de Fourier se puede expresar de la siguiente manera:

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{T_H - T_C}{L} \quad (4)$$

En la Fig. 5 se puede ver una explicación más gráfica de la ecuación (4). En la Tabla 1 se presentan algunos de los valores más comunes de conductividad térmica.

Metales, a 25°C		Gases, a 20°C		Otros materiales	
Sustancia	k (W/mK)	Sustancia	k (W/mK)	Sustancia	k (W/mK)
Aluminio	238	Aire	0.0234	Asbesto	0.08
Cobre	397	Helio	0.138	Concreto	0.8
Oro	314	Hidrógeno	0.172	Diamante	2300
Hierro	79.5	Nitrógeno	0.0234	Vidrio	0.84
Plomo	34.7	Oxígeno	0.0238	Hule	0.2
Plata	427			Madera	0.08 a 0.16
Latón	110			Corcho,	0.42
				Tejido humano	0.2
				Agua	0.56
				Hielo	2

Tabla 1. Algunos valores de conductividad térmica [14].

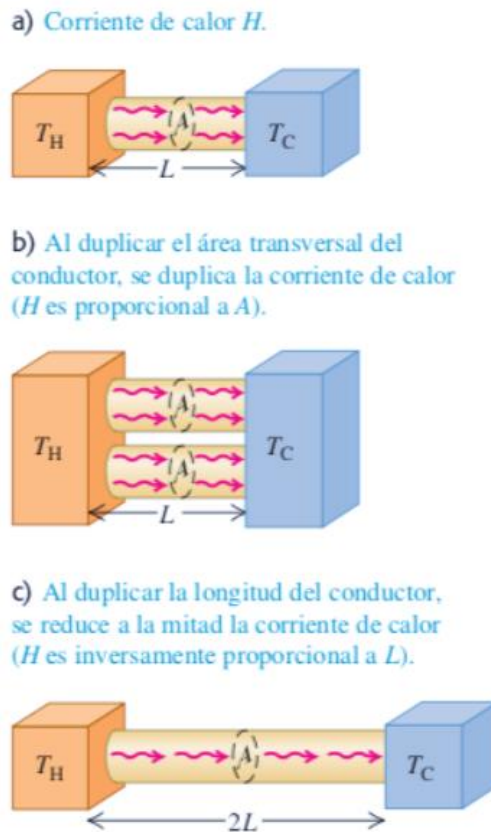


Fig. 5. Conducción de calor en una varilla con extremos a distinta temperatura [15].

2.2.2. Convección

La convección se define como la transferencia de calor en un líquido o gas debido al movimiento real de las partículas de calor dentro de él. Si este movimiento se debe a la fuerza de la gravedad, debido a la diferencia de densidad, se denomina convección natural, como por ejemplo, el ascenso del aire caliente. En este proceso, el flujo es causado por la flotabilidad debido a las diferencias de densidad provocadas por los cambios en la temperatura del fluido. A medida que aumenta la temperatura, la densidad disminuye.

Por el contrario, si el movimiento del fluido es producido por fuerzas externas, independientes de la temperatura del fluido, como por ejemplo, el aire de un ventilador o el agua movida por una bomba, se denomina convección forzada.

En general, la transferencia de calor por convección consta de dos mecanismos. Además de la transferencia de energía debido al movimiento molecular aleatorio (difusión), la energía también se transfiere a través del movimiento masivo o macroscópico del fluido.

La transferencia de calor mediante convección es un proceso muy complejo y no puede describirse con una ecuación sencilla, pero en la práctica, interesa determinar el intercambio de calor entre el fluido y la pared en contacto con él, que puede definirse mediante la ley de enfriamiento de Newton.

$$H = hA(T_A - T) \quad (5)$$

Donde:

h = coeficiente de convección en $W/m^2 \cdot K$

A = superficie que entrega calor con una temperatura T_A a un fluido con temperatura T , como se muestra en la Fig. 6

El flujo de calor es positivo ($H > 0$) si el calor se transfiere desde la superficie de área A al fluido ($T_A > T$) y negativo si se transfiere desde el fluido hasta la superficie ($T_A < T$) [14].

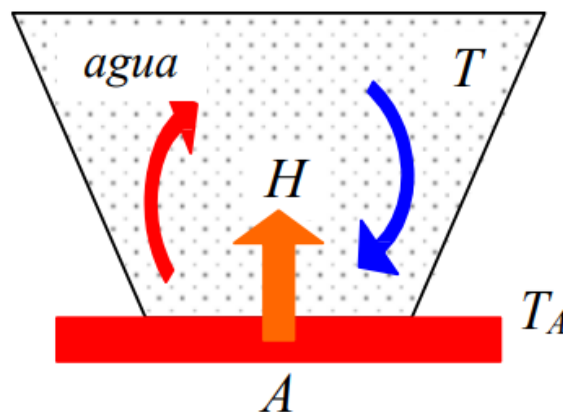


Fig. 6. Proceso de convección [14].

El coeficiente de convección h no es una propiedad intrínseca de cada material, sino que es un parámetro definido experimentalmente cuyo valor depende de variables que afectan al proceso de convección, como son la geometría de la superficie, las propiedades del fluido y la velocidad del mismo. Los valores de h vienen tabulados para los fluidos comúnmente encontrados y las situaciones de flujo que ocurren durante la transferencia de calor por convección [16].

2.2.3. Radiación

La radiación es el fenómeno del calentamiento relacionado con la recepción de fotones en los espectros térmicos y de microondas. Cualquier cuerpo con temperatura mayor que el cero absoluto emiten fotones cuyos niveles de energía son proporcionales a su temperatura, los cuales se convierten en calor cuando alcanzan otros objetos, según su capacidad para absorberlos.

La radiación no necesita un medio para la transferencia de calor, a diferencia de la conducción o la convección, en las que el medio de propagación del calor es vital.

La tasa de radiación de energía de una superficie es proporcional a su área superficial A , y aumenta con la temperatura, según la cuarta potencia de la temperatura absoluta. La tasa varía también según la naturaleza de la superficie; esta dependencia se describe con una cantidad e llamada emisividad: un número adimensional entre 0 y 1 que representa la relación entre la tasa de radiación de una superficie dada y la de un área igual de una superficie radiante ideal a la misma temperatura [15].

Así, el flujo de calor H , emitido debido a la radiación de un cuerpo de área superficial A que tiene una temperatura superficial T es:

$$H = Ae\sigma T^4 \quad (6)$$

Donde:

e = emisividad del cuerpo ($e=1$ para un cuerpo negro y $e=0$ para un espejo brillante)

σ = constante de Stephan-Boltzmann, de valor $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$

En el motor eléctrico, a pesar de haber superficies que alcanzan temperaturas altas (rotor, imanes, devanados...), los coeficientes de emisividad de los materiales de dichas superficies son muy bajas (0.01-0.1) debido a sus métodos de fabricación. Por lo tanto, los efectos de la radiación pueden ser ignorados en la simulación del motor

[5].

2.3. Modelo nodal.

Un modelo nodal es un modelo basado en el enfoque nodal, un método creado para la resolución de un circuito eléctrico haciendo uso de ecuaciones, que rápidamente fue adaptado a la resolución de problemas térmicos. La nodalización hace referencia al proceso de dividir un objeto en subelementos, donde cada elemento hace referencia a un nodo. Cualquier objeto puede ser dividido en nodos de manera subjetiva y arbitraria [17], pero es importante hacerlo de una forma en el que se facilite el cálculo.

Un método de discretización ampliamente utilizado para modelar sistemas térmicos es el denominado "modelo de redes térmicas". Una red térmica se define por un conjunto de nodos y conductancias, y es análoga a un modelo eléctrico, por lo tanto, existe una correspondencia entre la potencia, el flujo, resistencia, capacitancias, etc., entre estas redes térmicas y pueden aplicárseles leyes básicas como la ley de Ohm o la ley de Kirchoff.

La idea es dividir el objeto de estudio en nodos, unidos entre ellos por "resistencias". Este conjunto de nodos se denomina "red nodal" y, a mayor número de nodos, mayor precisión se obtendrá en los cálculos realizados a costa de un mayor costo computacional. En cada nodo definido se hará un balance de energía para calcular su temperatura.

La conexión entre dos nodos puede verse de la siguiente manera, según la Fig. 7.

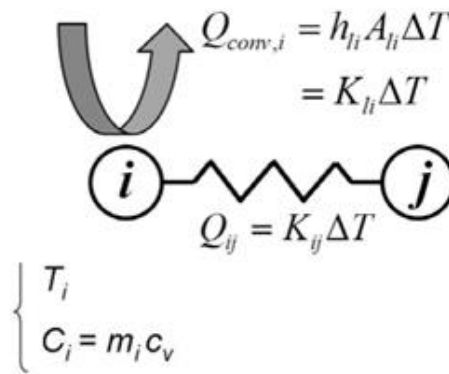


Fig. 7. Conexión entre dos nodos contiguos.

Cada nodo i transfiere energía al nodo contiguo j mediante convección ($Q_{conv,i}$) y conducción (Q_{ij}). Los valores K_{li} y K_{ij} se corresponden con la conductancia de convección y conducción respectivamente, mientras que T_i representa el valor de la temperatura del nodo en un instante concreto y C_i el valor de la masa por el calor específico [19]. Este balance de energía se puede expresar mediante una fórmula como se ve en la ecuación (7), donde el término antes de la igualdad hace referencia al nodo i y su diferencia de temperatura respecto al tiempo y los términos después de la igualdad hacen referencia, en orden, al calor transferido por conducción, el calor generado y el calor transferido por convección.

$$m_i c_v \frac{T_{t+\Delta t}^i - T_t^i}{\Delta t} = \sum_j K_{ij} (T_{t+\Delta t}^j - T_{t+\Delta t}^i) + \sum_k Q_{k \rightarrow i} + \sum_l h_{li} A_{li} (T^l - T_{t+\Delta t}^i) \quad (7)$$

En este estudio en particular, se ha realizado un sistema nodal compuesto por 10 nodos. Cada nodo representa un elemento que constituye o está asociado con el motor (por ejemplo, el ambiente). Para ello, fue necesario encontrar datos importantes en la literatura científica para realizar el modelo, especialmente sobre la transferencia de calor entre diferentes elementos. Aunque en un motor eléctrico están presentes los tres modos de transferencia de calor, como se ha dicho anteriormente, para el modelado sólo se tendrá en cuenta la conducción y la convección. Así, se hizo un listado de los elementos del motor donde se producen estos intercambios de energía y se seleccionaron los nodos suficientes para poder describir el intercambio de calor de manera correcta, sencilla y basándose en la bibliografía disponible. En las Fig. 2, Fig. 3 y Fig. 18 se han señalado con el mismo número del nodo las partes del motor a la que hacen referencia, que son el ambiente (1), la carcasa (2), la parte externa de los devanados, a partir de ahora, *endwinding* (3), devanados del estator (4), culata del estator (5), cavidad interna (6), rotor (7), el eje (8), y los rodamientos (9 y 10).

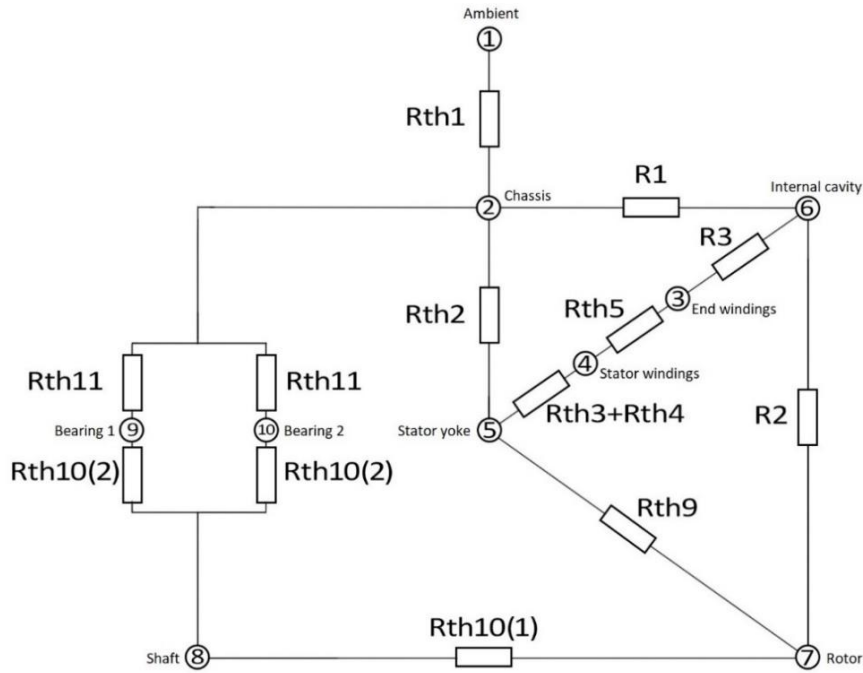


Fig. 8. Nodos considerados para el estudio.

Como se ve en la Fig. 8, se han definido 10 nodos, conectados entre ellos mediante “resistencias”, con valor de la inversa de la conductancia de convección o de conducción según el intercambio de calor que se produzcan entre ambos nodos conectados por dichas “resistencias”. De esta manera, la analogía con un esquema eléctrico facilita los cálculos y operaciones, pudiendo utilizar operaciones matriciales para trabajar con los nodos [18].

Para simplificar el modelado y los cálculos, se realiza un balance de energía en cada nodo de forma individual, según el primer principio de la termodinámica representado en la ecuación (8), donde se iguala el sumatorio de calor transferido por conducción, convección y generado de cada nodo a la inercia térmica de ese nodo.

$$\sum_j \frac{k_s A_{ij}}{d_{ij}} (T_j^t - T_i^t) + \sum_f h_f A_{if} (T_{ftuid}^t - T_i^t) + \sum Q_{gen,i}^t = \frac{\rho_s V_i C_p}{\Delta t} (T_i^t - T_i^{t-\Delta t}) \quad (8)$$

Reorganizando la ecuación (8), agrupando términos para los distintos nodos, se obtiene una ecuación en forma matricial que resulta en la ecuación (9), donde $[T^t]$ es el vector temperatura de cada nodo en un instante, $[K]$ es el vector de conductancias de conducción y convección, $[C]$ la matriz diagonal de capacidades, calculado como la masa del elemento al que hace referencia cada nodo por su capacidad calorífica, $[T^{bc}]$ es el vector temperatura en las condiciones de contorno, en el cuál también se incluyen los calores generados en forma de pérdidas y $[T^{t-\Delta t}]$ es el vector temperatura en el instante anterior al calculado.

$$[T^t] = ([K] - [C])^{-1} ([T^{bc}] - [C][T^{t-\Delta t}]) \quad (9)$$

2.4. Circuito equivalente del motor eléctrico.

El circuito equivalente de un motor trifásico de inducción es de utilidad para poder representar y entender mejor y con mayor sencillez un sistema electromagnético complejo, donde los parámetros del motor se agrupan en forma de resistencias e inductancias que modelan su comportamiento. En la Fig. 9 puede verse la analogía entre el motor y un circuito eléctrico.

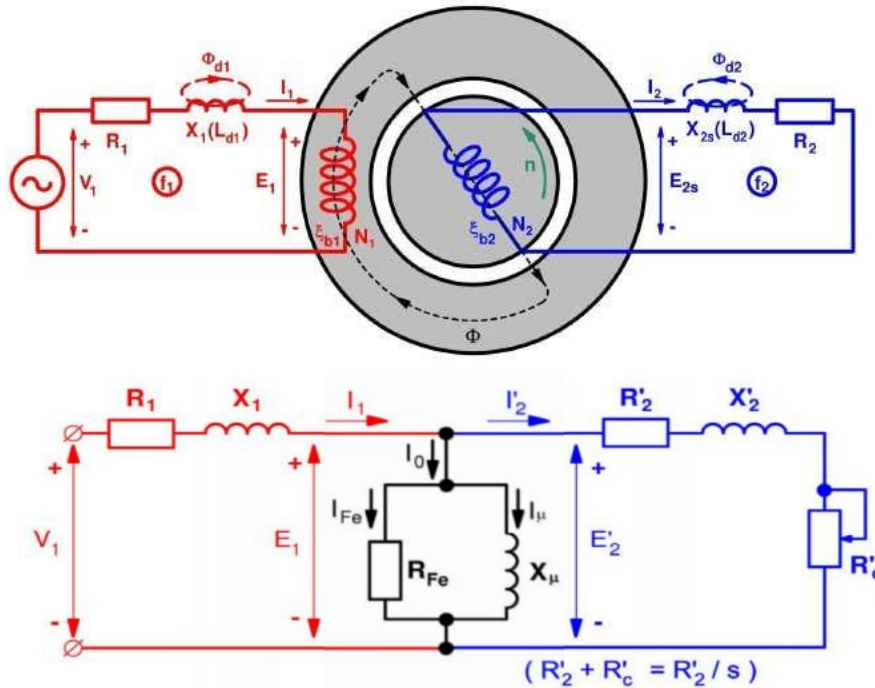


Fig. 9. Esquema por fase de un motor asíncrono polifásico [21].

El circuito equivalente nos permitirá, además, calcular el par, la potencia, pérdidas y rendimiento si se realiza una buena estimación de los parámetros del circuito mediante los ensayos de vacío, de cortocircuito y de corriente continua [20].

Así, el motor trifásico de inducción puede ser representado por el circuito equivalente que se muestra en la Fig. 10.

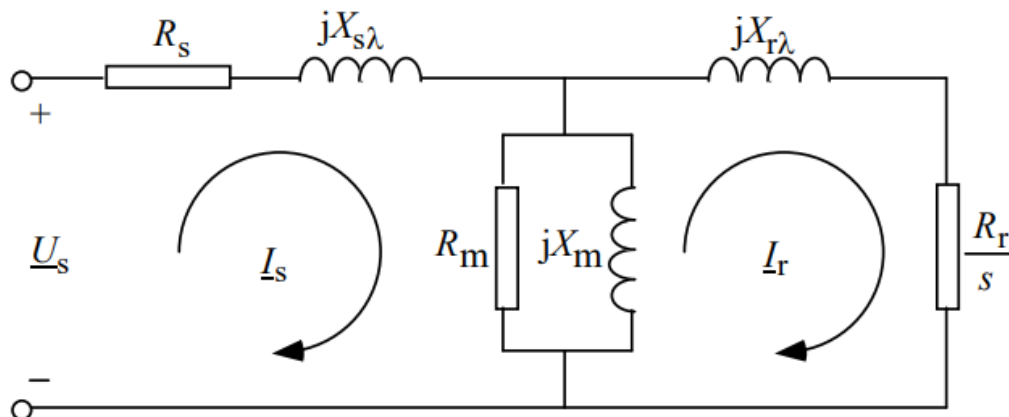


Fig. 10. Circuito equivalente aproximado de motor de inducción[18].

Donde:

- R_s = resistencia de estator por fase
- R_r = resistencia de rotor por fase
- X_m = reactancia magnetizante
- U_s = voltaje por fase
- S = deslizamiento
- R_m = resistencia de pérdidas en el hierro
- I_s = intensidad del estator
- I_r = intensidad del rotor
- $X_{s\lambda}$ = reactancia de fuga del estator
- $X_{r\lambda}$ = reactancia de fuga del rotor

Las dos corrientes del circuito equivalente pueden ser calculadas a partir de un sistema de ecuaciones complejo como se puede observar en la ecuación (10). Sin embargo, para poder resolver el sistema de ecuaciones, es necesario realizar previamente una caracterización del motor para obtener los valores de resistencias y reactancias. Estos valores se obtendrán mediante un trabajo experimental, que se explicará en el siguiente punto a continuación.

$$\begin{bmatrix} U_s \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + \frac{X_m^2 R_m}{R_m^2 + X_m^2} + j \left(\frac{R_m^2 X_m}{R_m^2 + X_m^2} + X_s \right) & - \left(\frac{X_m^2 R_m}{R_m^2 + X_m^2} + j \frac{R_m^2 X_m}{R_m^2 + X_m^2} \right) \\ - \left(\frac{X_m^2 R_m}{R_m^2 + X_m^2} + j \frac{R_m^2 X_m}{R_m^2 + X_m^2} \right) & \frac{R_r}{s} + \frac{X_m^2 R_m}{R_m^2 + X_m^2} + j \left(\frac{R_m^2 X_m}{R_m^2 + X_m^2} + X_r \right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_s \\ I_r \end{bmatrix} \quad (10)$$

3. Modelado del motor de inducción en Matlab.

3.1. Trabajo experimental

El motor a utilizar para los ensayos y la validación del modelo es un motor asíncrono de inducción de 2,2 kW del fabricante Siemens, cuyas características se ven en la Fig. 11. Para los ensayos de carga se dispone también de un servomotor brushless marca ABB, cuya placa de característica se ve en la Fig. 12. En la Fig. 13 se puede ver el montaje de los motores para realizar los ensayos.

V	Hz	A	kW	PF	NOM.EFF	rpm	IE-CL	CL
230 Δ	50	8.1	2.2	0.81	84.3	1455	IE2	K
400 Y	50	4.65	2.2	0.81	84.3	1455	IE2	K
460 Y	60	4.05	2.2	0.78	87.5	1760	IE2	K

Fig. 11. Placa de características del motor de inducción.



Fig. 12. Placa de características del servomotor.

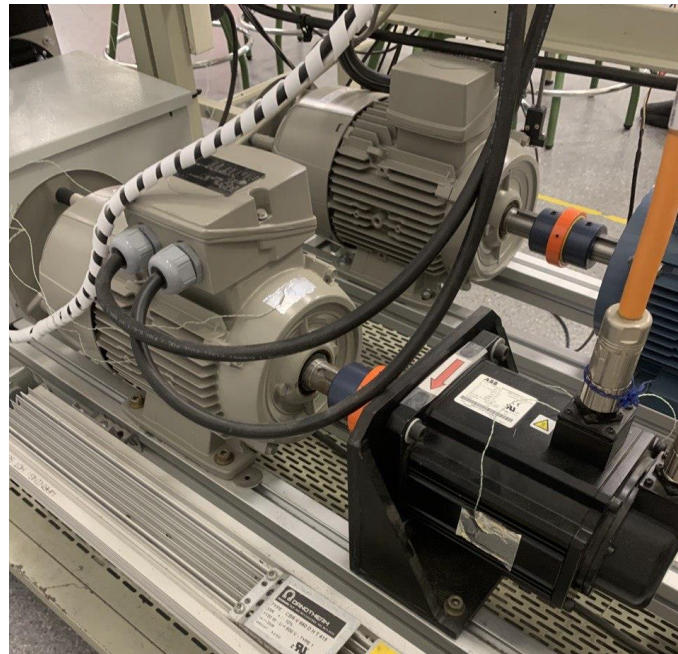


Fig. 13. Montaje del motor para los ensayos.

El montaje realizado para los ensayos se ha hecho según el esquema de la Fig. 14, donde el elemento (1) hace referencia al motor de inducción a ensayar, (2) es el servomotor, (3) es el analizador de potencia donde figura a tiempo real el voltaje, la potencia y las corrientes medidas por fase, (4) es el autotransformador con el que se regula el voltaje para el ensayo de vacío, (5) es el variador de frecuencia con el que se controla el freno, (6) es la resistencia de frenado, a través de la cual se disipa el calor generado y (7) es la alimentación del variador de frecuencia.

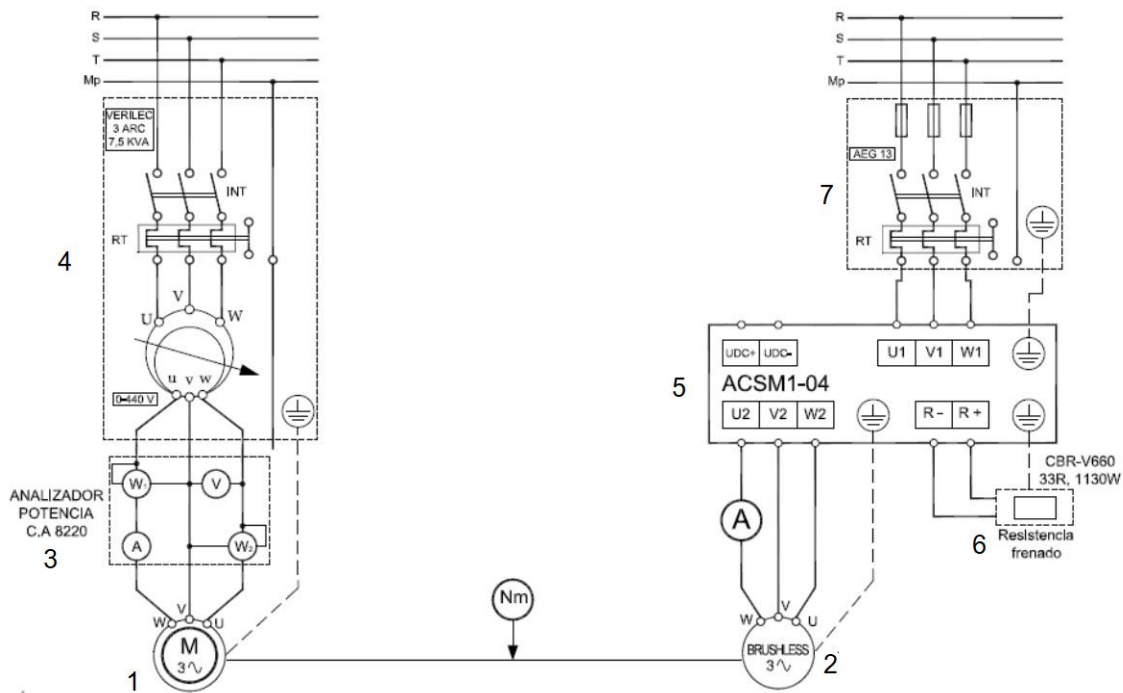


Fig. 14. Esquema de montaje para los ensayos [21].

3.1.1. Ensayo de corriente continua.

El ensayo de corriente continua nos permite obtener el valor de la resistencia del estator R_s . Para ello, se conectó el motor en configuración estrella. Es muy importante tener en cuenta el tipo de conexión del motor de inducción que se está ensayando para determinar correctamente la tensión e intensidad de devanado. Se conectó el motor con una fuente de tensión continua, alimentándolo a través de cada pareja de bornes, y con un voltímetro se midieron la intensidad y la tensión de cada devanado, dando los resultados de la *Tabla 2*.

A partir de las medidas de tensión e intensidad, con la Ley de Ohm se calculó la resistencia equivalente de cada par de bornes medidos. Se tomaron varias medidas para sacar un valor medio entre ellas. La resistencia estática R_s se calculó con la siguiente fórmula:

$$R_s = \frac{1}{2} \cdot R_{eq} \quad (11)$$

Donde:

R_s = resistencia del estator, en Ω

R_{eq} = resistencia equivalente, en Ω

El valor final que se obtuvo de la resistencia del estator fue de $R_s=2.88 \Omega$.

Ensayo Corriente DC					
Fases V-W					
U (V)	I (A)	Req (Ω)	Rs (Ω)	Media de Rs entre fases (Ω)	Valor medio Rs (Ω)
1,487	0,254	5,854	2,927	2,9	2,879
2,36	0,407	5,799	2,899	2,859	
4,53	0,783	5,785	2,893	2,878	
Fases U-W					
6,25	1,092	5,723	2,862		
9,12	1,592	5,728	2,864		
13,07	2,29	5,707	2,854		
Fases U-V					
6,83	1,187	5,754	2,877		
9,32	1,619	5,757	2,878		
11,76	2,04	5,765	2,882		
14,08	2,45	5,747	2,873		

Tabla 2. Resultados del ensayo de corriente continua.

3.1.2. Ensayo de vacío.

El ensayo de vacío del motor asíncrono permite determinar los parámetros R_{Fe} y X_{μ} de la rama paralelo del circuito equivalente del motor. Para este ensayo, se realizaron medidas con el motor funcionando a tensión nominal (400V) y a tensiones reducidas (300V, 200V y 100V), con el rotor libre. Se apuntó el valor de la tensión (V) medido en cada devanado, que tenía que coincidir (o aproximarse) con la tensión a la que se estaba realizando el ensayo y el valor de la intensidad (A), para obtener una media de las 3 medidas en ambos casos. Además, se midieron los valores de potencia activa total (W) y potencia reactiva total (VAR). Los valores obtenidos se pueden observar en la tabla siguiente.

	V (V)				I (A)				P (W)	Q (VAR)
	R	S	T	$\Sigma/3$	R	S	T	$\Sigma/3$	Total	Total
400V	402,1	399,4	398,5	400	2,61	2,738	2,602	2,65	0,228	1,834
300V	303,9	299,9	300,1	301,3	1,504	1,458	1,358	1,44	0,15	0,734
200V	203,7	200,6	199,5	201,267	0,944	0,94	0,84	0,908	0,116	0,296
100V	105,2	100,4	100	101,867	0,882	0,784	0,654	0,773	0,098	0,092

Tabla 3. Valores medidos en el ensayo de vacío.

A continuación, se calculó el valor de la reactancia magnetizante X_μ con la siguiente fórmula:

$$X_\mu = \frac{U_{est}^2}{\frac{Q_0}{3}} \quad (12)$$

Donde:

X_μ = reactancia magnetizante, en Ω

U_{est} = tensión de fase a tensión nominal, en V

Q_0 = potencia reactiva a tensión nominal, en VAr

Para el cálculo de P_{Fe} , se tuvo en cuenta la siguiente fórmula:

$$P_{mec} = P_0 - P_c - P_{fe} \quad (13)$$

Donde:

P_{mec} = pérdidas mecánicas, en W

P_0 = potencia absorbida en vacío, en W

P_c = pérdidas en el cobre, en W

P_{fe} = pérdidas en el hierro, en W

En la ecuación (13), el valor de P_0 se ha medido directamente en el ensayo. El valor de las pérdidas en el cobre se puede calcular una vez obtenido el valor de la resistencia del estator con la siguiente fórmula:

$$P_c = 3 \cdot R_s \cdot I_0^2 \quad (14)$$

Donde:

P_c = potencia en el cobre, en W

R_s = resistencia del estator, en Ω

I_0 = corriente de vacío, en A

De esta manera, de la ecuación (13) solamente quedan como incógnitas las pérdidas mecánicas y las pérdidas en el hierro.

Las pérdidas mecánicas son constantes y no dependen de la carga. La representación de la suma de las pérdidas en el hierro y mecánicas en función de la tensión de alimentación muestra una evolución de tipo parabólico, tal y como se muestra en la Fig. 15.

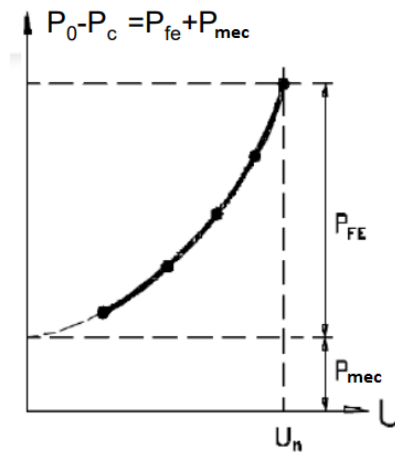


Fig. 15. Pérdidas mecánicas y pérdidas en el hierro en función de la tensión de alimentación

[21].

Por lo tanto, representando los valores de $P_0 - P_c$ en el eje x para cada valor de V en el eje y, se obtiene la ecuación de la parábola que quedaría como se observa en la Fig. 16.

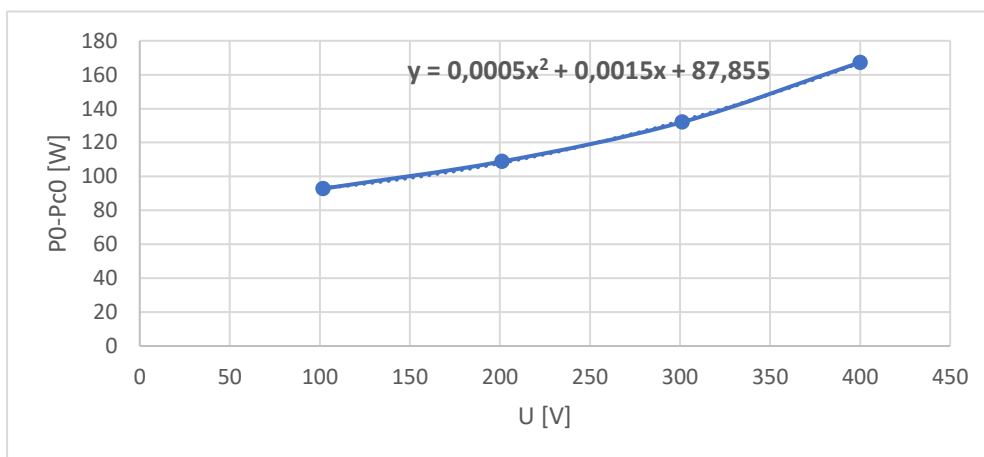


Fig. 16. Pérdidas mecánicas y pérdidas en el hierro en función de la tensión de alimentación y su ecuación.

Si se iguala el valor de x a 0, se obtiene el valor donde la recta parabólica corta con el eje y , que se corresponde con el valor de $P_{mec} = 87.855$ W. Una vez obtenido este valor, puede sustituirse en la ecuación (13) y se obtiene el valor de P_{fe} para cada tensión a la que se ha ensayado.

Una vez obtenido el valor de P_{fe} , se obtiene el valor de la resistencia de pérdidas en el hierro R_{fe} con la siguiente ecuación:

$$R_{fe} = \frac{U_{est}^2}{\frac{P_{fe}}{3}} \quad (15)$$

Donde:

R_{fe} = resistencia en el hierro, en Ω

U_{est} = tensión de fase a tensión nominal, en V

P_{fe} = pérdidas en el hierro, en W

El valor final que se obtuvo de la resistencia fue de $R_{fe} = 2019.12 \Omega$.

3.1.3. Ensayo de cortocircuito.

El ensayo de cortocircuito se realiza bloqueando el rotor, impidiéndole su giro, siendo la velocidad del rotor nulo y el deslizamiento igual a 1. Esto resulta en $R'_c=0$, simplificando el circuito como se puede observar en la Fig. 17. Además, al realizarse el ensayo a tensión reducida, la corriente de vacío I_0 es mucho menor a la corriente de cortocircuito I_{cc} , por lo que la rama en paralelo puede despreciarse.

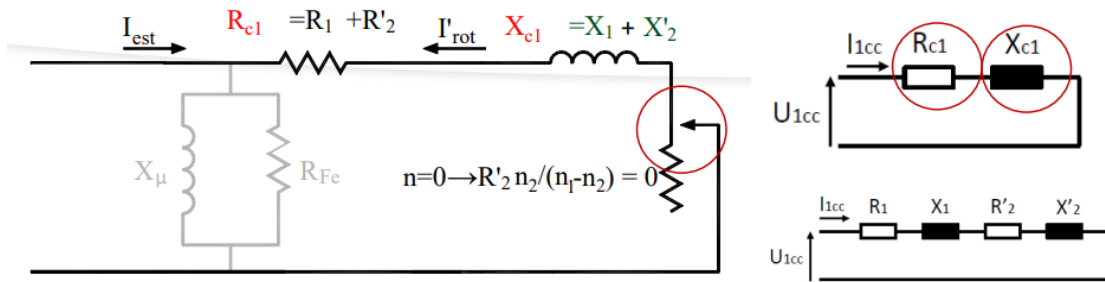


Fig. 17. Circuito equivalente en ensayo de cortocircuito

[21].

Se mide la tensión y la intensidad de cada fase, sacando un valor medio de los tres medidos en cada caso. Además, se toman medidas de la potencia activa y reactiva totales. Los valores obtenidos de la medición se pueden observar en la Tabla 4.

Ensayos CC									
V (V)				I (A)				P (kW)	Q (kVAr)
R	S	T	$\Sigma/3$	R	S	T	$\Sigma/3$	Total	Total
86,6	80,9	81,4	82,967	4,71	4,608	4,336	4,551	0,3	0,58

Tabla 4. Valores medidos en el ensayo de cortocircuito.

A continuación, con las medidas obtenidas, se calcula la resistencia de cortocircuito R_{cc} , la reactancia de cortocircuito X_{cc} , la resistencia del rotor R_r , la reactancia del rotor X_r y la reactancia del estator X_s según las siguientes ecuaciones, respectivamente.

$$R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 \cdot I_{cc}^2} \quad (16)$$

Donde:

R_{cc} = resistencia de cortocircuito, en Ω

P_{cc} = potencia activa de cortocircuito, en W

I_{cc} = intensidad de cortocircuito, en A

$$X_{cc} = \frac{Q_{cc}}{3 \cdot I_{cc}^2} \quad (17)$$

Donde:

X_{cc} = reactancia de cortocircuito, en Ω

Q_{cc} = potencia reactiva de cortocircuito, en VAR

I_{cc} = intensidad de cortocircuito, en A

$$R_r = R_{cc} - R_s \quad (18)$$

Donde:

R_r = resistencia del rotor, en Ω

R_{cc} = resistencia de cortocircuito, en Ω

R_s = resistencia del estator, en Ω

$$X_r = X_s = \frac{X_{cc}}{2} \quad (19)$$

Donde:

X_r = reactancia del rotor, en Ω

X_s = reactancia del estator, en Ω

X_{cc} = reactancia de cortocircuito, en Ω

A continuación, se resumen los valores obtenidos en todos los ensayos de caracterización.

Resumen (ohm)	
Rs	2,879
Xs	4,665
Rr	1,948
Xr	4,667
Rfe/Rm	2019,122
Xm	87,241

Tabla 5. Valores obtenidos en todos los ensayos de caracterización.

3.2. Validación del modelo electromagnético.

Haciendo uso del software matemático MATLAB, se realizó un modelo electromecánico para obtener los valores de I_s e I_r . Dicho modelo se puede ver con mayor detalle en el Anexo I de este documento, pero, básicamente, se realizó una programación para poder resolver la ecuación (10). Una vez obtenidos los valores necesarios en los ensayos de caracterización, se introdujeron dichos datos en el

modelo y se procedió a resolver la operación matricial de la ecuación (10) para distintas condiciones de carga (0%, 34%, 50% y 100%)

Con el motor utilizado para los ensayos de caracterización se realizaron medidas estacionarias para esas mismas condiciones de carga, a 400 V y 50 Hz de frecuencia, y se apuntaron los valores de corriente del estator. Estos valores obtenidos de manera experimental se compararon con los obtenidos mediante el modelo, que se plasmaron en la Tabla 6.

Como el error máximo entre el valor experimental y el teórico fue del 6%, se consideró un porcentaje de error aceptable y se dio por válido el modelo electromagnético.

	0%	34%	50%	100%
Experimental	2,67	3,11	3,52	5,24
Modelo	2,52	2,96	3,37	5,15
error	-6%	-5%	-4%	-2%

Tabla 6. Valores teóricos y experimentales de I_s para distintas condiciones de carga.

Una vez validado el modelo electromagnético, se pueden estimar los valores de las corrientes I_s e I_r y, posteriormente, las distintas pérdidas del motor. Las pérdidas estimables a partir de las corrientes y tensiones del circuito equivalentes son las de las ecuaciones a continuación.

$$P_{Fe} = \frac{3U_m^2}{R_m} \quad (20)$$

Donde:

P_{fe} = pérdidas en el hierro, en W

U_m = tensión en la rama magnetizante, en V

R_m = resistencia en el hierro, en Ω

$$P_{cus} = 3 \cdot R_s \cdot I_s^2 \quad (21)$$

Donde:

P_{cus} = pérdida en el cobre en el estator, en W

R_s = resistencia del estator, en Ω

I_s = corriente del estator, en A

$$P_{cur} = 3 \cdot R_r \cdot I_r^2 \quad (22)$$

Donde:

P_{cur} = pérdida en el cobre en el rotor, en W

R_r = resistencia del rotor, en Ω

I_r = corriente del rotor, en A

3.3. Validación del modelo nodal.

Además del modelo electromagnético, también se realizó en MATLAB un modelo nodal térmico para estimar la evolución de las temperaturas en diferentes puntos característicos del motor de inducción. Para la programación del mismo fue necesario leer varios documentos, artículos y tesis sobre el tema, pero la fuente más utilizada ha sido la tesis de Kylander [18].

Como se ha nombrado anteriormente y señalado en la Fig. 8, se consideraron 10 nodos para el estudio: el ambiente (1), la carcasa (2), *endwinding* (3), devanados del estator (4), culata del estator (5), cavidad interna (6), rotor (7), el eje (8), y los rodamientos (9 y 10).

Además de las pérdidas, cuyos valores ya pueden ser estimados con el modelo electromagnético, para el modelo nodal fueron necesarios datos como la geometría del motor y las propiedades de los materiales de los principales elementos a considerar. Además, para poder programar las diferentes matrices de la ecuación (9), fue necesario calcular y definir ciertos coeficientes.

Respecto a la matriz de conductancias K, sus coeficientes se obtuvieron mediante el cálculo de las resistencias térmicas según dos posibles expresiones, dependiendo de si el método de transferencia de calor era conducción o convección. Como se aclaró anteriormente, las transferencias por radiación fueron despreciadas. Cada coeficiente de K se calculó con la ecuación (23), donde R_{th} es la resistencia térmica.

$$K = \frac{1}{R_{th}} \quad (23)$$

Los intercambios de calor mediante conducción entre dos nodos se calcularon según la siguiente ecuación.

$$R_{th} = \frac{1}{A\lambda} \quad (24)$$

Donde:

A= área de contacto entre los elementos a los que hacen referencia los nodos, en m²

λ = conductividad térmica, en W/mK

Análogamente, para los intercambios de calor mediante convección, se utilizó la siguiente ecuación.

$$R_{th} = \frac{1}{Ah} \quad (25)$$

Donde:

A= área de contacto entre los elementos a los que hacen referencia los nodos, en m²

h= coeficiente térmico de convección, en W/mK

La expresión del coeficiente de convección varía dependiendo de los elementos entre los que se produce el intercambio de energía, por lo que fue necesario encontrar varias expresiones para definirlo correctamente. Así, basándose en la tesis de Kylander, se utilizaron las siguientes fórmulas para definir

los coeficientes entre el rotor [22], la cavidad interna [22] y el *endwinding*, que dependen de la velocidad tangencial del rotor u_r .

$$h_{endwinding} = 6.5 + 5.25u_r^{0.6} \quad (26)$$

$$h_{rotor} = 16.5u_r^{0.65} \quad (27)$$

$$h_{internalair} = 15 + 6.75u_r^{0.65} \quad (28)$$

Para calcular el coeficiente del chasis, se hizo uso de la siguiente expresión dependiente de la velocidad angular ω , también basándose en la tesis de Kylander.

$$h_{chassis} = 6.7 + 0.9\omega^{0.8} \quad (29)$$

Una vez definidos estos coeficientes, se procedió a definir las resistencias que no seguían estrictamente la fórmula de la ecuación (24) o (25). Cabe destacar que, en general, se añadieron coeficientes de corrección a ciertos elementos durante el modelado para que los resultados se ajustaran mejor a los resultados experimentales.

Antes de empezar a definir estas resistencias más particulares, en la Fig. 18 se puede observar a qué parte del estator hacen referencia la culata, los dientes y los huecos, conceptos que se utilizarán más adelante.

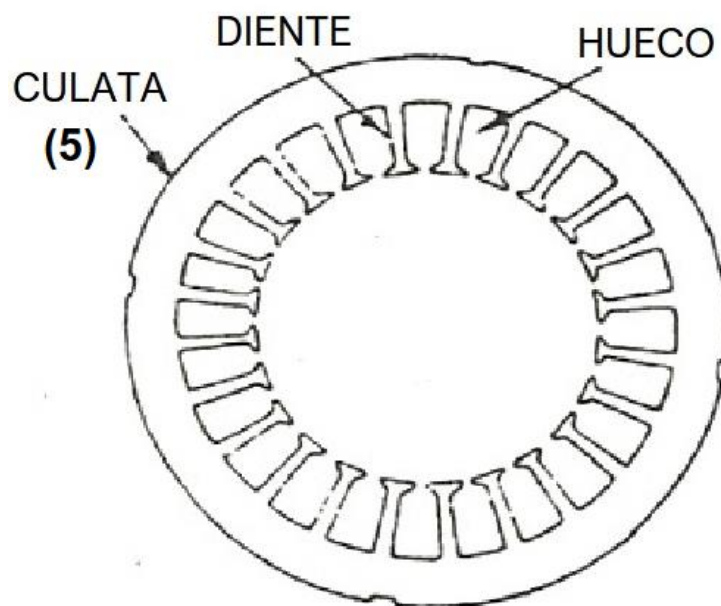


Fig. 18. Partes del estator.

Los elementos de la culata del estator son cilindros huecos con una resistencia térmica en la dirección radial, por lo que su resistencia se definió según la ecuación (30). Se tomará la mitad de su valor para definir la conductancia entre el chasis y la culata del estator K_{52} .

$$R_{th2} = \frac{\ln r_2 - \ln r_1}{2\pi\lambda l} \quad (30)$$

Donde:

- r_2 = radio exterior del estator, en m
- r_1 = radio definido por la parte superior de los huecos del estator, en m
- λ = coeficiente térmico de convección, en W/mK
- l = longitud del núcleo del estator, en m

Para la definición de la resistencia entre los rodamientos y el chasis, se utilizó la fórmula de conducción entre cilindros, quedando la ecuación final de la resistencia como se observa en la ecuación (31). Como en el caso anterior, se tomará la mitad del valor de la resistencia para definir la conductancia entre los rodamientos y el chasis, K_{92} y K_{102} .

$$R_{th11} = \frac{\ln r_{eb} - \ln r_{mb}}{2\pi\lambda l_b} + \frac{\ln r_{mch} - \ln r_{eb}}{2\pi\lambda l_{ch}} \quad (31)$$

Donde:

- r_{eb} = radio exterior del rodamiento, en m
- r_{mb} = radio medio del rodamiento, en m
- r_{mch} = radio medio del chasis, en m
- λ_b = coeficiente térmico de convección, en W/mK
- l_b = espesor del rodamiento, en m
- l_{ch} = espesor del chasis, en m

Para la resistencia entre los devanados del estator y el *endwinding*, Kylander propuso la siguiente ecuación.

$$R_{th5} = \frac{l}{Q_s A_{cu} \lambda} \quad (32)$$

Donde:

- l = distancia entre nodos, equivalente a la longitud media de media vuelta, en m
- Q_s = número de huecos del estator
- A_{cu} = área total de cobre en un hueco, en m²
- λ = conductividad térmica, en W/mK

En cuanto a la resistencia entre los devanados y la culata del estator, se hizo uso de las expresiones desarrolladas por Soderberg [23], que simplificó la figura de los huecos del estator a la de un rectángulo, de manera que las ecuaciones obtenidas fueron una buena aproximación que podía ser representada mediante resistencias térmicas. Primeramente, se definieron las resistencias térmicas

unidimensionales del material de los huecos por unidad de longitud, correspondientes a las ecuaciones (33) y (34).

$$R_{x0} = \frac{b}{h\lambda_s} \quad (33)$$

$$R_{y0} = \frac{h}{b\lambda_s} \quad (34)$$

Donde:

h= altura del hueco del estator, en m

b= ancho del hueco del estator, en m

λ_s = conductividad térmica del hueco del estator, en W/mK

Las resistencias térmicas unidimensionales resultantes del aislamiento del hueco del estator y la película de aire por unidad de longitud son las ecuaciones siguientes.

$$R_{ix} = \frac{d_i}{h\lambda_i} + \frac{d_a}{h\lambda_a} \quad (35)$$

$$R_{iy} = \frac{d_i}{b\lambda_i} + \frac{d_a}{b\lambda_a} \quad (36)$$

Donde:

d_i = espesor del aislamiento del hueco, en m

d_a = espesor de la capa de aire equivalente, en m

λ_i = conductividad térmica del aislamiento del hueco del estator, en W/mK

λ_a = conductividad térmica de la capa de aire equivalente, en W/mK

Reordenando las expresiones de Sodenberg, se obtienen los valores de R_x y R_y , las cuáles se utilizarán para obtener una de las dos variables que formará la resistencia entre los devanados y la culata del estator.

$$R_x = 0.5 \left(R_{ix} + \frac{R_{x0}}{6} \right) \quad (37)$$

$$R_y = 0.5 \left(R_{iy} + \frac{R_{y0}}{6} \right) \quad (38)$$

Con la ecuación (39), y teniendo en cuenta que la variable l es la longitud del núcleo del estator se puede calcular dicha resistencia.

$$R_{th4} = \frac{R_x R_y}{Q_s l (R_x + R_y)} \left(1 - \frac{R_{x0} R_{y0}}{720 R_x R_y} \right) \quad (39)$$

Teniendo en cuenta que R_{th3} es igual a la resistencia R_{th2} , ya se dispone de todas las variables necesarias para definir la conductancia entre la culata y los devanados del estator, que se expresa según la ecuación (40)

$$K_{54} = \frac{1}{R_{th3} + R_{th4}} \quad (40)$$

La conductancia entre el rotor y la culata del estator se obtiene según la ecuación (40).

$$K_{57} = \frac{1}{R_{th3} + R_{th9}} \quad (41)$$

Donde R_{th9} se define según la ecuación (42).

$$R_{th9} = \frac{1}{2\pi r_{\delta} l \alpha} \quad (42)$$

Donde:

r_{δ} = radio del entrehierro, en m

l = longitud del núcleo del estator, en m

α = coeficiente de transferencia de calor entre el rotor y el estator, en W/mK

La resistencia entre el eje y el rotor es debida tanto a la resistencia térmica a través del rotor como a la resistencia de contacto térmico en la unión de ambos. Según Kylander, la resistencia entre estos dos elementos puede definirse según la ecuación (43).

$$R_{th10}(1) = \frac{\ln r_2 - \ln r_1}{2\pi \lambda l} \quad (43)$$

Donde:

r_2 = radio exterior del rotor, en m

r_1 = radio interior del rotor, en m

λ = conductividad térmica del material del núcleo del rotor, en W/mK

l = longitud del núcleo del estator, en m

Para el cálculo de la resistencia entre los rodamientos y el eje, se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$R_{th10}(2) = \frac{l}{2\pi r^2 \lambda} + \frac{\ln r_{mb} - \ln r_{ib}}{2\pi \lambda l_b} \quad (44)$$

Donde:

l = distancia entre el centro del rotor y los rodamientos, en m

λ = conductividad térmica del material del eje, en W/mK

- r= radio del eje, en m
- r_{mb} = radio medio del rodamiento, en m
- r_{ib} = radio interior del rodamiento, en m
- l_b = espesor del rodamiento, en m

Así, con todas las expresiones calculadas hasta ahora, es posible completar la matriz de conductancias K, quedando finalmente como se ve en la Fig. 19. Hay que tener en cuenta que la mayoría de coeficientes son iguales a cero, ya que no se produce intercambio de energía entre todos los nodos.

```
K=[...
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
K12(t) -(K12(t)+K52(t)+K62(t)+K92(t)+K102(t)) 0 0 K52(t) K62(t) 0 0 K92(t) K102(t)
0 0 -(K43(t)+K63(t)) K43(t) 0 K63(t) 0 0 0 0
0 0 K34(t) -(K34(t)+K54(t)) K54(t) 0 0 0 0 0
0 K25(t) 0 K45(t) -(K25(t)+K45(t)+K75(t)) 0 K75(t) 0 0 0
0 K26(t) K36(t) 0 0 -(K26(t)+K36(t)+K76(t)) K76(t) 0 0 0
0 0 0 0 K57(t) K67(t) -(K57(t)+K67(t)+K87(t)) K87(t) 0 0
0 0 0 0 0 K78(t) -(K98(t)+ K78(t)+ K108(t)) K98(t) K108(t)
0 K29(t) 0 0 0 0 0 K89(t) -(K29(t)+K89(t)) 0
0 K210(t) 0 0 0 0 0 K810(t) 0 -(K210(t)+K810(t))];
```

Fig. 19. Representación de la matriz de conductancias K en Matlab.

Como se ha nombrado anteriormente, la matriz de capacitancias C es una matriz diagonal donde cada término se corresponde con el resultado de la multiplicación entre la masa media del elemento al que hace referencia cada nodo por la capacidad térmica del material del que está compuesto. En la Fig. 20 se puede ver la forma final de la matriz C.

```
C=[...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 (m_chassis*heat_capacity_aluminium) 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 (m_endwinding*heat_capacity_copper) 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 (m_statorwinding*heat_capacity_copper) 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 (m_statoryoke*heat_capacity_iron) 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 (m_internalcavity*heat_capacity_air) 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 (m_rotor*heat_capacity_iron) 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 (m_shaft*heat_capacity_iron) 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 (m_bearing*heat_capacity_iron) 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 (m_bearing*heat_capacity_iron)];
```

Fig. 20. Representación de la matriz de capacitancias C en Matlab.

El vector $[T^{bc}]$ contempla tanto las condiciones de contorno (p.e., la temperatura ambiente) como las fuentes de creación de calor, es decir, las pérdidas del motor. Este vector se ve representado en Matlab según la Fig. 21., donde Pstew y Pstw hacen referencia a las pérdidas en el cobre, Psti a las pérdidas en el hierro, Prtm a las pérdidas magnéticas y Pb a las pérdidas por fricción en los rodamientos.

$$T_{BC} = [T_{amb}; 0; -P_{stew}(t); -P_{stw}(t); -P_{sti}(t); 0; -P_{rtm}(t); 0; -P_b(t); -P_b(t)]$$

Fig. 21. Representación del vector de condiciones de contorno en Matlab.

Por último, quedaría por definir el vector temperatura en la iteración anterior, $[T^{t-\Delta t}]$. Para inicializar el programa, es necesario introducir la temperatura ambiente, que es la temperatura a la que están todos los elementos en la primera iteración.

La obtención de temperaturas en el laboratorio fue limitado, ya que no fue posible tomar temperaturas en todos los elementos a los que hacía referencias los nodos. Se ubicaron en total 5 termopares en la carcasa del motor tal como muestra la Fig. 22. Los dos termopares que no se aprecian en la imagen fueron colocados uno en el ambiente y el otro diametralmente opuesto al termopar 1.

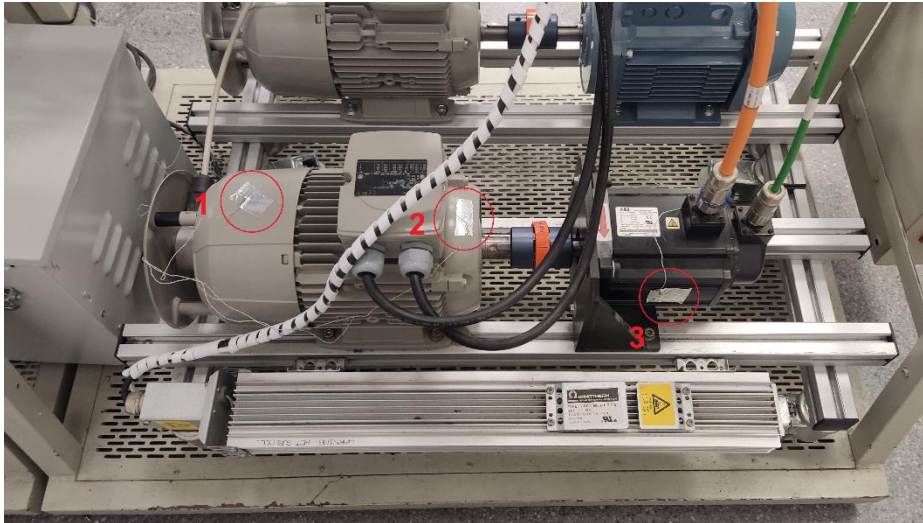


Fig. 22. Ubicación de los termopares en el motor de ensayo.

Se comparó la temperatura de la carcasa con la obtenida con el modelo, tanto en un ensayo sin carga como en un ensayo con carga al 50%. La comparación en ambos casos se pueden observar en las siguientes figuras.

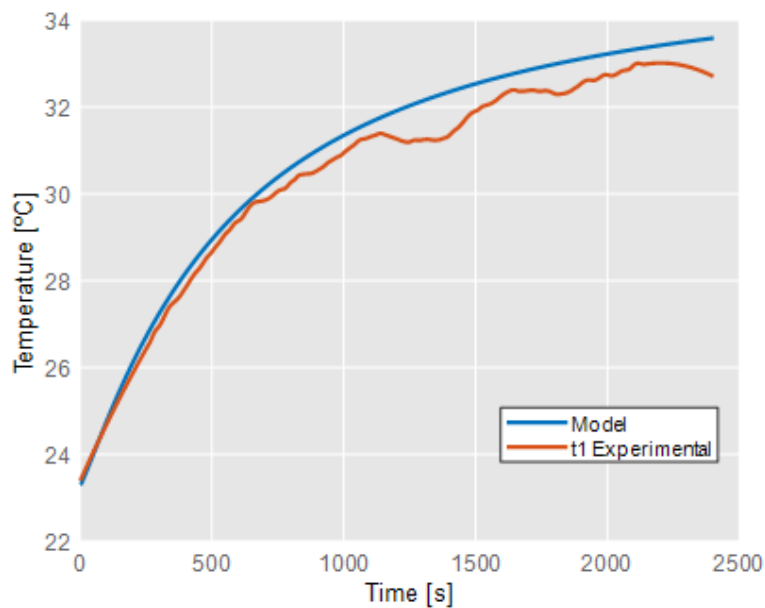


Fig. 23. Comparación de temperatura de la carcasa experimental y teórico en motor sin carga.

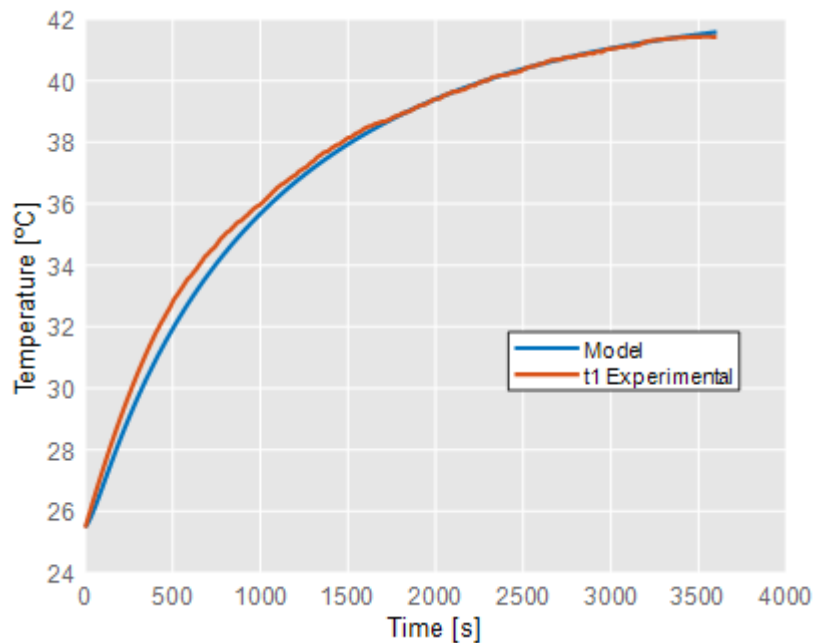


Fig. 24. Comparación de temperatura de la carcasa experimental y teórica en motor al 50% de carga.

La variación de temperatura experimental en el ensayo sin carga se presentó debido a un problema en la medida a causa de un ruido inesperado. Este ruido no afectó de la misma manera al segundo ensayo y, debido a que en ningún caso el error fue mayor al 1%, se consideró el modelo validado.

4. Aplicación del modelo en un motor eléctrico de automoción.

Una vez validado el modelo electromagnético y el modelo nodal, se probarán estos modelos con los datos de un motor eléctrico de inducción de 30 kW para ver la distribución de temperaturas en el motor durante su funcionamiento habitual. Para replicar un comportamiento realista del motor, se utilizarán ciclos de conducción facilitados y desarrollados por el CMT.

4.1. Caracterización del motor. Algoritmo predictivo de Rajput.

La hoja de especificaciones utilizada para la aplicación del modelo es la de un motor de inducción TECO de la serie AESV2E/AESV3E de 30 kW, cuyos datos se pueden encontrar más adelante en el Anexo II.

Para poder obtener los valores del circuito equivalente, se ha hecho uso del algoritmo de Rajput [24]. Rajput propone un método en el que combina parámetros nominales del motor y variables desconocidas del circuito equivalente para crear expresiones adimensionales basándose en el teorema de Thevenin. Su método, que proporciona resultados precisos con un cálculo relativamente rápido, fue validado mediante la aplicación en tres motores AC distintos, por lo que se consideró lo suficientemente fiable para su uso.

En la Fig. 25 se pueden observar los datos del motor utilizados para obtener los valores de los elementos del circuito equivalente, los cuáles se pueden observar en la Tabla 7.

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N·m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
40	30	2945	200L	92.0	92.2	91.3	86.3	90.5	89.5	86.0	71.5	52.0	440	97.13	210	150	300	0.521	276
		1470	200L	92.3	92.9	92.9	90.6	87.5	84.5	77.0	56.0	53.6	420	194.6	230	180	300	1.217	266
		980	225M	91.7	92.4	92.2	88.9	86.0	83.0	76.0	55.5	54.9	365	291.9	210	190	285	2.442	343
		735	250M	92.0	92.0	92.0	88.0	74.5	68.0	58.0	36.0	63.2	350	389.2	210	170	245	4.565	475

Fig. 25. Parámetros del motor de inducción TECO de 30 kW

Elemento	Valor (Ω)
R1	0,3862
R2	0,2294
X1	1,0574
X2	1,0574
Xm	51,81

Tabla 7. Valores de circuito equivalente obtenidos mediante el algoritmo de Rajput.

4.2. Utilización del modelo electromecánico.

Una vez obtenido los valores de los elementos del circuito equivalente, se introdujeron en el modelo electromecánico realizado anteriormente en Matlab, modificando también los datos de entrada para introducir los del nuevo motor eléctrico. Así, se ensayó en un estacionario introduciendo los valores para la condición de operación nominal del motor.

De esta manera se obtuvo el valor de $I_s=28.49$ A e $I_r=26.92$ A. Se confirmó, además, que los valores obtenidos del circuito equivalente eran los correctos, ya que el valor obtenido de la intensidad del estator era aproximado a la intensidad nominal. Hay que tener en cuenta que el valor obtenido con el programa se multiplicó por $\sqrt{3}$, ya que el valor que figura en la placa de especificaciones de los motores son valores de línea y, al estar conectado en estrella, es necesaria hacer la conversión del valor de intensidad de fase obtenido con el modelo a intensidad de línea.

Así, comparando ambos valores de intensidad como se observa en la Tabla 8, el error relativo obtenido fue del 5%, por lo que se consideró válido el uso del algoritmo de Rajput, ya que con los parámetros equivalentes estimados se pudo reproducir correctamente el comportamiento electromecánico del motor.

Inominal	52 A
Is (fase)	28,5 A
Is (línea)	49,36 A
Error	5%

Tabla 8: Comparativa entre valores de intensidad motor 30 kW.

4.3. Utilización del modelo térmico.

A continuación, se pasó a utilizar el modelo térmico en el motor de 30 kW. La simulación se realizó en condiciones de operación nominal del motor, con temperatura inicial de todos los elementos igual a la temperatura ambiente, 20°C. Los nodos definidos anteriormente llegaron a las temperaturas reflejadas en la Tabla 9. En la Fig. 26 se puede observar cómo avanza la temperatura en la carcasa, el *endwinding*, el estator y el rotor durante el transitorio. El resultado se considera correcto, ya que en ningún punto se sobrepasa el límite de temperatura establecido para la clase de aislamiento de este motor, que se corresponde con la clase F con una temperatura máxima de 155°C

Elemento	Temperatura (°C)
Ambiente	20
Carcasa	38,37
<i>Endwinding</i>	66,14
Devanado del estator	61,21
Culata del estator	39,9
Cavidad interna	46,88
Rotor	65,22
Eje	64,65
Rodamiento 1	61
Rodamiento 2	61

Tabla 9. Temperaturas de elementos del motor obtenidas en el estacionario.

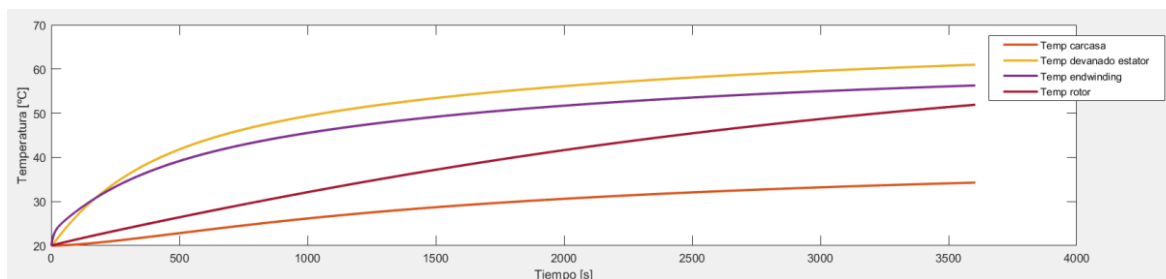


Fig. 26. Evolución de las temperaturas de los elementos más importantes del motor 30 kW

Por último, se realizó la simulación utilizando un ciclo RDE. Un ciclo RDE es un perfil de velocidades trazado en una gráfica de velocidad-tiempo que representa una forma típica de conducción teniendo en cuenta varias características, desde geográficas hasta características del tráfico y tecnología del vehículo utilizado [24]. En este caso, se utilizó un ciclo RDE desarrollado por el departamento del CMT para una dinámica de conducción suave, basado en el protocolo WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) cuyo perfil se puede ver en la Fig. 27.

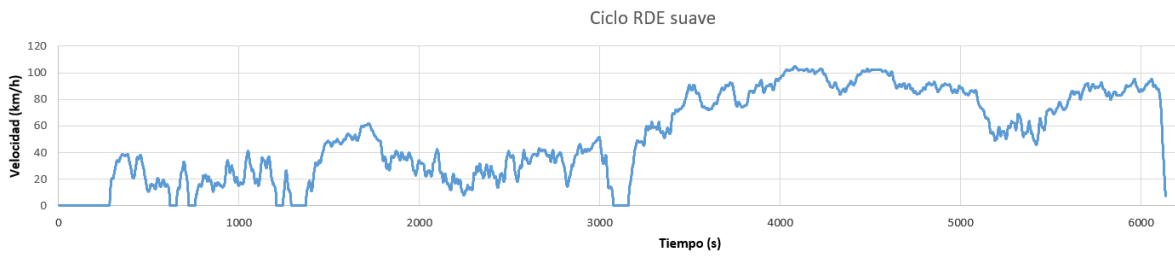


Fig. 27. Ciclo RDE para dinámica de conducción suave.

Una de los motivos por los que se ha escogido un motor de 30 kW para aplicar los modelos diseñados es que las potencias máximas a las que se llega en el motor eléctrico ensayado para este ciclo de conducción son del orden de 25 kW. Este ciclo RDE se implantó para un vehículo híbrido específico, del cual, conociendo su transmisión y definiendo las estrategias de gestión energética, se pudo conocer sus condiciones de operación. Las entradas principales para el modelo han sido el par y la velocidad de giro, cuyos perfiles para este ciclo RDE suave se pueden observar en la Fig. 28 y Fig. 29.

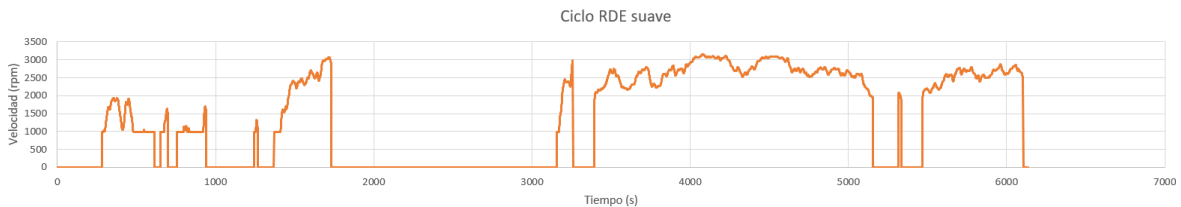


Fig. 28. Perfil de velocidad de giro para el ciclo RDE suave.

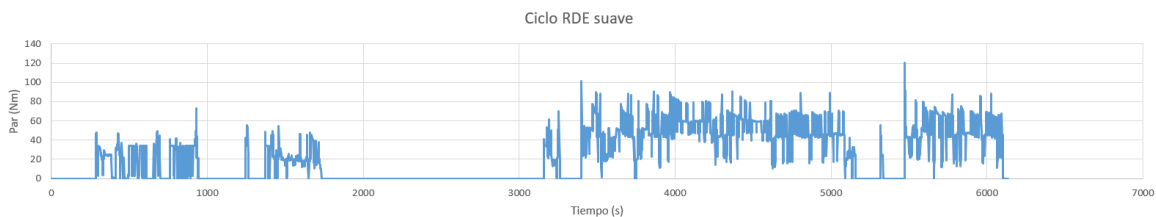


Fig. 29. Perfil de velocidad de par para el ciclo RDE suave.

Más que una aplicación para validar los modelos electromecánico y nodal, se realiza la aplicación con el ciclo RDE para enseñar una metodología a seguir, ya que ha habido muchas limitaciones a la hora de aplicarlo: no hay medidas experimentales realizadas con dicho motor con la que poder comparar resultados y no se pudo tomar todas las medidas física reales del motor, lo que repercute en el modelo nodal.

Teniendo en cuenta esto, en la Fig. 30 se observan las temperaturas que se obtuvieron en los distintos elementos del motor. Las líneas de las temperaturas son como se esperaban; las que se corresponden con los *endwindings* son las que presentan más picos y variaciones, debido a que al tener menos masa y capacitancia, tienen cambios más bruscos de temperatura, sin embargo, el resto de elementos presentan una tendencia más suave.

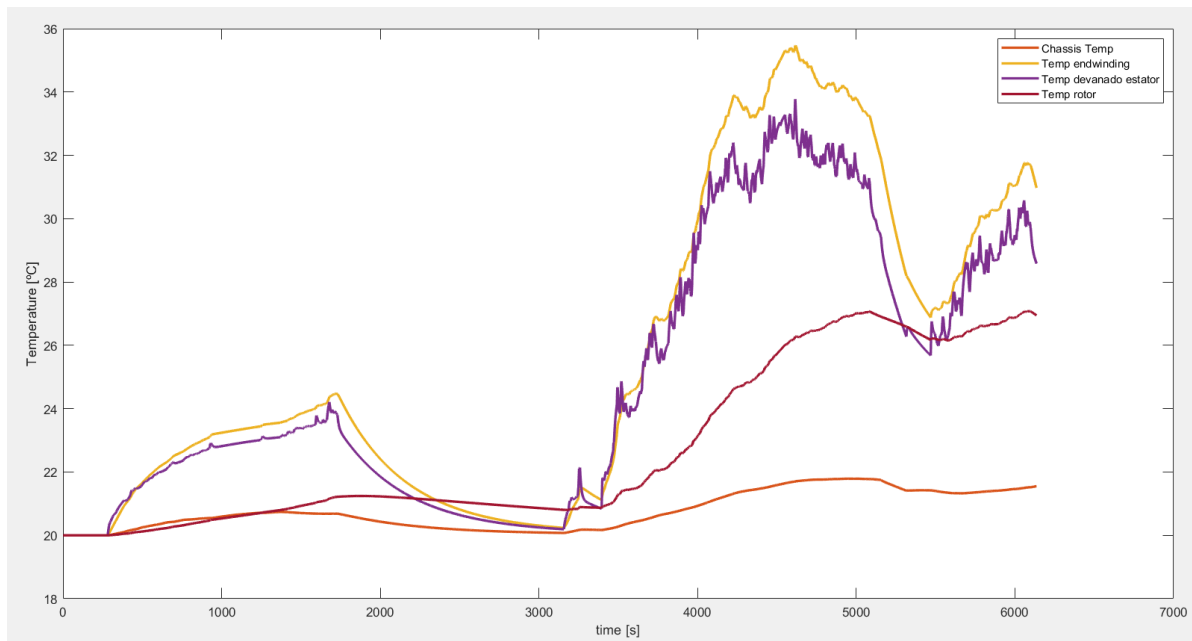


Fig. 30. Temperaturas en el motor de 30kW implementando el ciclo RDE suave.

5. Conclusiones y trabajos futuros.

5.1. Conclusiones.

El objetivo principal de este trabajo ha sido diseñar un modelo térmico completo que contemple tanto el modelo electromecánico como el modelo nodal térmico. Para ello, se tuvo que seguir una metodología: primeramente, se realizó un trabajo experimental para caracterizar el motor de ensayo. Una vez obtenidos dichos datos, se introdujeron en el modelo para poder comparar las medidas de corrientes experimentales y teóricas a distintos niveles de carga. Con un error máximo del 6%, se dio el modelo por validado. Posteriormente, se tomaron medidas de temperatura para validar el modelo nodal. Con un error inferior al 1°C de temperatura, se consideró un error aceptable y el modelo nodal térmico también se dio por validado, por lo que se consideró el objetivo del proyecto cumplido.

Las temperaturas obtenidas con el modelo fueron las esperadas, las más altas las de los devanados, ya que ahí se produce el calor que se disipa al ambiente y la más baja, la de la carcasa.

Siguiendo con la metodología del trabajo, se utilizó un algoritmo predictivo para estimar los parámetros de caracterización de un motor del que disponíamos la hoja de especificaciones para aplicar en él los modelos electromecánico y térmico.

Además, se configuró el modelo para poder utilizar un ciclo de conducción en él, que, como se explicó anteriormente, son ciclos estandarizados utilizados para homologar y certificar motores. Es importante que nuestro modelo los integre, ya que de esta manera se puede verificar el comportamiento electromecánico y térmico del motor durante un ciclo real. Por otra parte, la implementación del ciclo RDE implica un mayor costo computacional debido a que las condiciones de operación van variando en cada instante de tiempo.

Debido a las limitaciones de falta de información de medidas geométricas y resultados de ensayos realizados en un motor, no fue posible validar la implementación del ciclo RDE en un motor de mayores

dimensiones, sin embargo, la metodología propuesta está bien definida y una vez obtenidas las medidas experimentales, será posible utilizarla y calibrar el modelo si es necesario.

A nivel personal, la realización de este proyecto ha sido una experiencia positiva, ya que he podido ahondar en un tema en el que no tenía mucha experiencia, y el resultado final del mismo ha sido satisfactorio.

5.2. Trabajos futuros.

Aunque se han cumplido los objetivos de este proyecto, es posible realizar una ampliación del mismo.

Primeramente, si es posible obtener resultados de ensayos en otros motores, se podría validar los modelos para un motor más grande y de mayor potencia.

Por otra parte, se podría estudiar la integración de este modelo a otros como inversores o baterías para poder simular el funcionamiento de un vehículo completo. Como en el departamento del CMT ya se están realizando dichos modelos, pero haciendo uso de otros programas, como son Simulink o VEMOD (un software desarrollado también en el CMT), se podría modificar este modelo al mismo lenguaje para facilitar la interacción con ellos.

También sería interesante profundizar en la gestión térmica integral del vehículo, implementando un circuito hidráulico de refrigeración del motor, aprovechando el calor residual para transmitirlo a otros elementos que lo necesiten.

6. Bibliografía

- [1] European Environment Agency. (05 de marzo de 2020). Transporte. Obtenido de Agencia Europea de Medio Ambiente: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/transport/intro>
- [2] ABC Reportajes. (9 de octubre de 2020). *Cinco claves para saber si te conviene un coche eléctrico*. Obtenido de ABC: https://static4.abc.es/media/motor/2019/10/09/grafico-electricos-hibridos_xoptimizadax-keCD-U303140315637cU-510x300@abc.jpg
- [3] Funk Motorsport Limited. (2017). Why is heat management so important? Retrieved from Funk Motorsport: <https://funkmotorsport.com/why-is-heat-management-so-important/>
- [4] Montone, D. (2017). *Temperature effects on motor performance*. Haydon Kerk Motion Solutions/ Pittman Motors. Retrieved from <https://www.haydonkerkpittman.com/learningzone/whitepapers/temperature-effects-on-dc-motor-performance>
- [5] Jayanath Vivek, A. (2019). *Internal Thermal Analysis of Electric Machines*. School of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology Göteborg, Sweden.
- [6] Kumar, A. (2018). *Electric motor internal heat convection modelling and analysis*. Gothenburg, Sweden: Department of Mechanics and Maritime Sciences. Chalmers University of Technology.
- [7] Carreño Hernández, J. (2022). Comparativa de motores AC implementados sobre un vehículo eléctrico de batería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Universidad Politécnica de Valencia.
- [8] Zapata, F. (6 de Enero de 2021). *Motor jaula de ardilla*. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/motor-jaula-de-ardilla>
- [9] Vaello Sancho, J. (18 de Junio de 2020). *Formación para la industria 4.0*. Obtenido de Automatismo Industrial: <https://automatismoidustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/motores/1-3-3-motores-asincronos/1-3-3-2-tipos-de-motores-asincronos/>
- [10] Bañón Martín, J. (2016). *Caracterización, obtención y validación del modelo dinámico de un motor de inducción con rotor devanado para su utilización como DFIG*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Cartagena.
- [11] Lezama González, J. (22 de Junio de 2022). *Qué es un motor asíncrono: la gran apuesta de Tesla y el futuro de los coches eléctricos*. Obtenido de Diariomotor: <https://www.diariomotor.com/que-es/motor-asincrono/>
- [12] Pedrosa, J. (2010). *Instalaciones eléctricas básicas, grado medio*. McGraw-Hill Education.
- [13] Demetriades, G. D., Zelaya de la Parra, H., Andersson, E., & Olsson, H. (Febrero de 2010). A Real-Time Thermal Model of a Permanent-Magnet. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS*, 25.

- [14] Conesa, J. (6 de Noviembre de 2015). *Mecanismos de transferencia de calor*. Obtenido de Ingenieríaquímica.net: <https://www.ingenieriaquimica.net/recursos/384-mecanismos-de-transferencia-decalor>
- [15] Valenzuela Zúñiga, D. (2016). *TRANSFERENCIA DE CALOR*. Obtenido de Fisic: <https://www.fisic.ch/contenidos/termodin%C3%A1mica/trasferencia-del-calor/>
- [16] Connor, N. (07 de Enero de 2020). *¿Qué es el coeficiente de transferencia de calor por convección? Definición*. Obtenido de Thermal Engineering: <https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-coeficiente-de-transferencia-de-calor-por-conveccion-definicion>
- [17] Kačenka, A., Fodorean, D., Vintiloiu, I., & Pop, A. (2019). Lumped Parameter Thermal Modeling of Permanent. Electric vehicles international conference & show. Bucarest, Rumania.
- [18] Kylander, G. (Febrero de 1995). *Thermal modelling of small cage induction motors*. School of Electrical and Computer Engineering Chalmers University of Technology Göteborg, Sweden.
- [19] González Beltrán, F. (2021). *Modelado 0D/1D del comportamiento termo-hidráulico de pilas combustible*. Universidad Politécnica de Valencia.
- [20] Blog Fravedsa. (2014, Diciembre 23). *Ingeniería Eléctrica*. Retrieved from Circuito equivalente monofásico del motor trifásico de inducción: <http://ingenieriaelectricafravedsa.blogspot.com/2014/12/circuito-equivalente-motor-asincrono.html>
- [21] Vargas Salgado, C. (2021). *PRÁCTICA 4: Ensayo de vacío y cortocircuito. Característica par-velocidad. Motor de inducción*. Universidad Politécnica de Valencia.
- [22] Kotrba, V. (1993). *Cooling and ventilation of an electrical machine*. Helsinki, Finland: Helsinki University of Technology, Laboratory
- [23] Soderberg, C. (1931). *Steady flow of heat in large turbine-generators*. Transactions of the AIEE.
- [24] González-Oropesa, R. (2004). *Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte*. Laboratorio de Control de Emisiones, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.





DOCUMENTO II

PRESUPUESTO

1. Presupuesto.

1.1. Justificación.

A continuación, se desglosará de manera detallada los costes debido a las actividades llevadas a cabo para este proyecto. Las actividades desarrolladas pueden dividirse en 3 etapas. La primera, búsqueda de bibliografía relevante para la realización del proyecto, la segunda, ensayos con un motor de inducción en el laboratorio del DIE para obtención de datos y la última, diseño, validación e implementación del modelo realizado.

1.2. Actividades

Las tareas llevadas a cabo para la satisfactoria realización de la tesis son las siguientes enumeradas a continuación.

1.2.1. Actividad 1. Búsqueda de información.

Para empezar con el proyecto, el alumno tuvo que realizar una búsqueda de información para poder familiarizarse con el tema a desarrollar e informarse sobre estudios similares realizados hasta el momento, además de realizar un repaso de temario estudiado durante la carrera que podría resultar útil. Así, durante el desarrollo de esta actividad se realizó lo siguiente:

- Búsqueda de bibliografía útil para el desarrollo del proyecto.
- Lectura de estudios similares realizados.
- Repaso de conceptos y estudio de los fundamentos relacionados con los motores eléctricos.

1.2.2. Actividad 2. Tratamiento de datos.

Esta actividad incluye tanto el desarrollo del código en MATLAB del modelo térmico del motor eléctrico como la validación del mismo utilizando un ciclo de conducción:

- Desarrollo de códigos en MATLAB.
- Recopilación y organización en Excel de datos obtenidos en ensayos.
- Validación del modelo obtenido en MATLAB y aplicación del mismo a un caso de estudio.

1.2.3. Actividad 3. Ensayos en laboratorio con un motor de inducción.

Por último, una de las tres actividades fundamentales es la realización de ensayos en laboratorio para obtención de datos. Esto se realiza paralelamente con la actividad 2 y sirve para validar el modelo realizado en MATLAB. Esta actividad incluye:

- Montaje del banco de trabajo.
- Conexión y configuración de los elementos a utilizar.
- Obtención de datos.

1.3. Costes.

Cada actividad de este proyecto ha tenido un coste asociado de distinta naturaleza, que puede clasificarse en los siguientes tipos:

- Costes de amortización de los materiales.
- Costes de licencias.

- Costes de recursos humanos.
- Costes indirectos.

1.3.1. Coste de amortización por materiales.

Este coste hace referencia a todo el equipo utilizado por los desarrolladores del proyecto, tanto para los ensayos como para el tratamiento de datos y redacción de la memoria. Para valorar el uso de los distintos materiales, se ha tenido en cuenta la siguiente fórmula:

$$P = \frac{V_a}{n \cdot h} \quad (45)$$

Donde:

P= precio de amortización del material, en €/h

V_a= valor de adquisición del equipo, en €

n= número de años de amortización, en años

h= horas de uso año, en h/año

A partir de esta fórmula, se calcula los costes del material utilizado:

- Portátil del alumno.

Ordenador portátil LG de valor de 1500€, con un período de amortización de 5 años. Teniendo en cuenta que sólo se utiliza para trabajo a jornada completa, se considera 40 horas/semana, 46 semanas/año, lo que viene siendo 1840 horas/año, así, el precio quedaría de la siguiente manera:

$$P = \frac{1500}{5 \cdot 1840} = 0.163€/h$$

- Ordenador del tutor.

Ordenador de sobremesa utilizado por el tutor, doctorando de Ingeniería Mecánica, con un valor de 800€, un período de amortización de 5 años y con las mismas horas de uso que el portátil del alumno.

$$P = \frac{800}{5 \cdot 1840} = 0.087€/h$$

- Banco de trabajo del motor eléctrico.

Banco de trabajo del departamento del DIE, compuesto de un motor de inducción (300€), un servomotor (800€), un analizador de potencia (1000€), un autotransformador (560€), un variador de frecuencia (600€) y accesorios (200€), de valor aproximado del conjunto de 3460€ y un período de amortización de 15 años. Teniendo en cuenta que el banco de trabajo se utiliza en período lectivo 2 horas/día, 3 días/semana, un total de 37 semanas/año, lo que viene siendo 222 horas/año, el precio quedaría de la siguiente manera:

$$P = \frac{3460}{15 \cdot 222} = 1.039€/h$$

1.3.2. Costes de licencias.

Este coste hace referencia a las licencias de los softwares utilizados, calculados también con la ecuación (1). Para todas las licencias, se tomará un año el tiempo de amortización, teniendo en cuenta que las licencias se renuevan anualmente, y horas de uso las equivalente a la de una jornada completa de trabajo.

Así, los costes asociados a esta categoría serían las siguientes:

- Microsoft Office 365, con un valor de licencia anual de 87€.

$$P = \frac{87}{1840} = 0.047\text{€/h}$$

- Matlab, con un valor de licencia anual de 840€.

$$P = \frac{840}{1840} = 0.457\text{€/h}$$

1.3.3. Coste de recursos humanos.

Los costes asociados al personal que ha colaborado en este proyecto es el siguiente:

- Alumna de máster en prácticas, con un coste de 20€/hora.
- Doctorando en Ingeniería Mecánica (tutor), con un coste de 35€/hora.
- Doctor en Ingeniería Industrial (tutor), con un coste de 50€/h.
- Doctor en Ingeniería Eléctrica (responsable laboratorio), con un coste de 50€/h.

1.3.4. Costes indirectos.

Estos costes hacen referencia a los gastos variables originados de la realización de proyecto y que no se puede contemplar en las demás categorías, como son los gastos por desplazamiento, comida, electricidad, etc., y son aproximadamente el 5% del coste directo del proyecto.

1.4. Cálculo del presupuesto.

A continuación, se desglosará el presupuesto por partidas (actividades) y se expondrá un resumen del presupuesto.

1.4.1. Presupuesto por partida.

Partida 1.

Descripción	Unidades(h)	Tasa horaria (€/h)	Importe (€)
Alumna de máster	175	20	3.500,00 €
Doctorando en Ingeniería Mecánica	100	35	3.500,00 €
Doctor en Ingeniería Industrial	80	50	4.000,00 €
Portátil del alumno	140	0,163	22,82 €
Ordenador del tutor	100	0,087	8,70 €
		Total	11.031,52 €

Tabla 10. Importe partida 1.

Partida 2.

Descripción	Unidades(h)	Tasa horaria (€/h)	Importe (€)
Alumna de máster	70	20	1.400,00 €
Doctorando en Ingeniería Mecánica	35	35	1.225,00 €
Doctor en Ingeniería Industrial	20	50	3,26 €
Portátil del alumno	70	0,163	6,09 €
Ordenador del tutor	35	0,087	3,05 €
Microsoft Office 365	20	0,047	0,94 €
Matlab	70	0,457	31,99 €
		Total	2.670,33 €

Tabla 11. Importe partida 2.

Partida 3.

Descripción	Unidades(h)	Tasa horaria (€/h)	Importe (€)
Alumna de máster	55	20	1.100,00 €
Doctorando en Ingeniería Mecánica	21	35	735,00 €
Doctor en Ingeniería Eléctrica	4	50	200,00 €
Banco de trabajo	20	1,039	20,78 €
Ordenador del tutor	2	0,087	0,17 €
Microsoft Office 365	2	0,047	0,09 €
		Total	2.056,05 €

Tabla 12. Importe partida 3.

1.4.2. Resumen del presupuesto.

Como se observa el cálculo en la tabla 4, una vez obtenido el precio por partidas, hay que considerar los costes indirectos del 5% para obtener el PEM ($PEM = CD + CI$), los gastos generales (13% del PEM) y el beneficio industrial (6% del PEM), cuyas sumas con el PEM conforman el PEC ($PEC = PEM + GG + BI$), y el 21% de IVA, que sumado al PEC conforma el importe del Presupuesto de ejecución por contrata con IVA, que asciende a la cantidad de **VEINTITRESMIL OCHOCIENTOS VEINTICUATRO EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS**.

Descripción	Importe (€)
Partida 1	11.031,52 €
Partida 2	2.670,33 €
Partida 3	2.056,05 €
Costes directos	15.757,89 €
Costes indirectos (5%)	787,89 €
Presupuesto de ejecución material (PEM)	16.545,79 €
Gastos generales (13%)	2.150,95 €
Beneficio Industrial (6%)	992,75 €
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)	19.689,49 €
IVA (21%)	4.134,79 €
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA	23.824,28 €

Tabla 13. Resumen del presupuesto.





DOCUMENTO III

ANEXOS



ANEXO I

Programación MATLAB.

ANEXO I.I

Modelo electromecánico y nodal térmico.

```
clear all

close all
clc

%the program asks the ambient temperature
disp('choose an ambient temperature, 20 degree default');
Tamb=input('ambient temperature\n');
Tamb=Tamb+273;           %convert temperature in degrees to kelvin

%% Caracterización del ciclo y cálculo de pérdidas
%lectura de datos
filename = 'RDE_Soft.xls';
data = xlsread(filename);
time_array = data(:,1);
T_array = data(:,4);
N_array = data(:,3);

poles=2;
f_array=poles*N_array/120;
time=time_array;
U_array= 400*ones(1,length(time));

%%
% Caracterizacion motor 30kW
Rs= 0.3862;
Rr=0.2294;
Xr=1.0574;
Xs=1.0574;
Xcc=Xr+Xs;
Rfe=5000.29;
Xm=51.81;
entrehierro=inv(1/Rfe+1/complex(0,Xm));
Zentrehierro=abs(entrehierro);

%Inicializacion
pfe_array= zeros(size(time));
pcus_array= zeros(size(time));
pcur_array= zeros(size(time));
reviewer=46543513;

% calculo validacion modelo electromecanico
for i= 1:length(time)
    ts= T_array(i);
    U= U_array(i);
    f= f_array(i);

    Vth=U*(Xm/(Xs+Xm));
    Rth=Rs*(Xm/(Xs+Xm))^2;
    Xth=Xs;

    errora= 0.01;
    ns= ((120*f)/(2))*2*pi/60;

    error=100;
    n=0.0000001;
    if reviewer ~= ts
```

```

        if f==0
            Is=0;
            Ir=0;
            T=0;
            Pmec=0;
            veh_spdtrm_inst=0;
            s=1;
        else
            for s= n:0.0000001:0.9999

                b=[U;0];
                A=[complex(Rs+real(entrehierro),imag(entrehierro)+Xs)-
                    complex(real(entrehierro),imag(entrehierro));-
                    complex(real(entrehierro),imag(entrehierro))
                    complex(Rr/s+real(entrehierro),imag(entrehierro)+Xr)];
                x=inv(A)*b;
                rho=abs(x);
                Is=rho(1);
                Ir=rho(2);
                wm=ns*(1-s);
                veh_spdtrm_inst= ((120*f/2)*(1-s));
                Pmec=87.855;
                Tmec=Pmec/(veh_spdtrm_inst*(2*pi/60));
                Tmec=0;
                T=(3*Vth^2/ns)*((Rr/s)/((Rth+Rr/s)^2+Xcc^2));
                error= 100*abs((T-(ts+Tmec)))/(ts+Tmec);
                if T>ts
                    break
                end
            end
        end
        end
        veh_spdtrm(i)=veh_spdtrm_inst;
        T_est(i)=T;
        Ufe=(Is-Ir)*Zentrehierro;
        s_array(i)=s;
        Ir_array(i)=Ir;
        Is_array(i)=Is;
        pfe_array(i)=3*(Ufe^2)/Rfe;
        pcus_array(i)=3*Rs*(Is^2);
        pcur_array(i)=3*Rr*(Ir^2);
        pb_array(i)=Pmec/2;
        reviewer=ts;

    end
    Ptot=pfe_array+pcus_array+pcur_array+pb_array';

%% Driving Cycle

d5= 0.22288; % stator inner diameter (m)
air_gap= 0; % air gap (m)
rotor_radio=(d5/2)-air_gap; % rotor radio (m)
temps=1:length(time); %cycle time calculation
veh_spdtrm = veh_spdtrm*(2*pi/60); % speed [rad/s]
veh_tm = 1000; % speed [rpm]
ur = veh_spdtrm*rotor_radio; % tangencial speed [m/s]

```

```

%% SIMPLIFIED HEAT LOSSES DISTRIBUTION
Pstew=pcus_array/2;           %copper loss
Pstw= pcus_array/2;
Psti= pfe_array;             % Iron loss
Prtm= pcur_array;           % Magnet loss
Pb= pb_array/2;             %friction loss in the ball bearing

%% motor 30 kW
d1= 0.055;                   % diámetro int rotor (m)
d2= 0.22488;                 % diámetro ext rotor (m)
ar_ag=(d2/2)-(air_gap/2);    % average radius of the air
gap (m)
l_rotor= 0.339;              % largo rotor (m)
e_disco= 0;                  % ancho disco (m)
l_core= l_rotor-e_disco*2;    % largo rotor sin disco (m)
e_b1= 0.031;                 % ancho rodamiento 1 (m)
e_b2= 0.031;                 % ancho rodamiento 2 (m)
e_b= (e_b1+e_b2)/2;          % ancho medio rodamiento (m)
de_b1= 0.13;                 % diámetro ext rodamiento 1
(m)
de_b2= 0.13;                 % diámetro ext rodamiento 2
(m)
de_b= (de_b1+de_b2)/2;       % diámetro ext medio
rodamiento (m)
di_b1= 0.06;                 % diámetro int rodamiento 1
(m)
di_b2= 0.06;                 % diámetro int rodamiento 2
(m)
di_b= (di_b1+di_b2)/2;       % diámetro int medio
rodamiento (m)
dm_b=(de_b+di_b)/2;          % diámetro medio rodamiento
(m)
distance_rodamiento_rotor= 0.04455; % distancia rodamiento-rotor
(m)
e_chassis= 0.005;            % espesor carcasa (m)
d3= 0.354;                   % diámetro int carcasa (m)
d31= d3+2*e_chassis;         % diámetro ext carcasa (m)
l_ch= 0.66;                   % longitud carcasa (m)
l_s= 0.339;                   % longitud estator (m)
distance_chassis_stator= 0.128955; % distancia ext carcasa- int
estator (m)
w_slot= 0.007;               % ancho slot (m)
n_slot= 36;                   % número slot estator
a_cu= 9.905E-05;              % copper area in a slot (m2)
ss_a= a_cu;                   % stator slot area (m2)
l_ov= 0.0537;                 % average lenght of the
overhangs (m)
l_ht= 0.19046;                % average lenght of half a
turn (m)
d4= 0.0945;                   % diámetro int endwinding
(m)
l_ew= 0.393;                  % largo endwinding (m)
e_ew= 0.01415;                % ancho endwinding (m)
d6= d3;                        % diámetro ext estátor
(m)

```

```

m_chassis_stator= 176.103; % peso carcasa y estator
(kg)
m_rotor_shaft= 99.897; % peso rotor y eje (kg)

area_contactchassis_ambient=1.2*2*pi*(d31/2)*l_ch+2*(pi*(d31/2)^2-pi*(d1/2)^2);
area_contactchassis_statoryoke=2*pi*d3/2*l_core;
area_contactstatorwinding_yoke=l_ht*(a_cu/pi)^0.5*2*pi*n_slot;
area_contactendwinding_statorwind=a_cu*n_slot*2;
area_contactendwinding_internalcavity=pi*l_ov*(d1+d2)/2;
area_contactrotorassembly_internalcavity=2*pi*d4/2*l_core;
area_contactrotorassembly_statoryoke=area_contactrotorassembly_internalcavity/2;
area_contactbearing_chassis=2*pi*(de_b1*e_b/2);
area_contactshaft_bearing=2*2*pi*d3*(e_b/2);
area_internalcavity_chassis=2*pi*d3*(l_ch-l_s)/2;
area_rotor_shaft =pi*d1*l_core;

v_chassis= pi*((d31/2)^2-(d3/2)^2)*l_ch; % chassis volume (m3)
v_endwinding= 2*pi*(((d4+2*e_ew)^2-d4^2)/4)*l_ew*0.7; % endwinding volume (m3)
v_statorwinding= a_cu*n_slot*l_ht*0.7; % statorwinding volume
(m3)
v_statoryoke= ((pi*((d6^2-d5^2)/4))-ss_a*n_slot)*l_core; % stator yoke volume
(m3)
v_rotor= (pi*((d2^2-d1^2)/4))*l_core; % rotor volume (m3)
v_shaft= (pi*(d1^2/4)*l_ch); % shaft volume (m3)
v_bearing= (pi*((de_b^2-di_b^2)/4)*e_b); % bearing volume (m3)
v_airgap=(pi*((d6+2*e_chassis)^2/4)*l_ch)-v_chassis-v_endwinding-v_statorwinding-
v_statoryoke-v_rotor-v_shaft-v_bearing;

% density (kg/m3)
density_copper = 8966;
density_iron = 7877;
density_aluminium = 2700.787;
density_air = 1.28;
d_chassis= density_aluminium;
d_endwinding= density_copper;
d_statorwinding= density_copper;
d_core= density_iron;
d_shaft= density_iron;
d_bearing= density_iron;

m_chassis=d_chassis*v_chassis; %chassis mass (kg)
m_endwinding=d_endwinding*v_endwinding; %end winding mass (kg)
m_endwinding=m_endwinding;
m_statorwinding=d_statorwinding*v_statorwinding; %stator winding mass (kg)
m_statoryoke=d_core*v_statoryoke; %stator yoke mass (kg)
m_rotor=d_core*v_rotor; %rotor mass (kg)
m_rotor=m_rotor;
m_shaft=v_shaft*d_shaft; %shaft mass (kg)
m_shaft=m_shaft;
m_bearing=v_bearing*d_bearing; %bearing mass (kg)
m_internalcavity=v_airgap*density_air; %cavity mass= air (kg)
m_internalcavity= m_internalcavity;
m=m_chassis+m_endwinding+m_statorwinding+m_statoryoke+m_rotor+m_shaft+2*m_bearing;

%specific heat capacity (J/KG.k)

```

```

heat_capacity_copper=385;
heat_capacity_iron=460;
heat_capacity_aluminium=960;
heat_capacity_air=1010;

%thermoconductivity
thermconductivity_copper=413;
thermconductivity_iron=94;
thermconductivity_aluminium=237;
thermconductivity_air=26;

t = 1;
%initial temperature
temperature=[Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb];
delta_temperature=[Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb;Tamb];

    c_ambient(:,t)=Tamb; % NODE 1
    c_chassis(:,t)=Tamb; % NODE 2
    c_endwinding(:,t)=Tamb; % NODE 3
    c_statorwinding(:,t)=Tamb; % NODE 4
    c_statoryoke(:,t)=Tamb; % NODE 5
    c_internalcavity(:,t)=Tamb; % NODE 6
    c_rotorassembly(:,t)=Tamb; % NODE 7
    c_shaft(:,t)=Tamb; % NODE 8
    c_bearing1(:,t)=Tamb; % NODE 9
    c_bearing2(:,t)=Tamb; % NODE 10

k1= 0.45;
k2= 1;
k3= 1;
di= 0.0004;
da= 0.0003; %thickness of the equivalent air film
base= 0.0052;
altura= 0.0266;
lambda_a= 0.03;
lambda_i= 0.2;
lambda_s= 0.2;
Rix = (di/(altura*lambda_i))+ (da/(altura*lambda_a));
Riy = (di/(base*lambda_i))+ (da/(base*lambda_a));
Rx0 = base/(altura*lambda_s);
Ry0 = altura/(base*lambda_s);
Rx =0.5*(Rix+Rx0/6);
Ry =0.5*(Riy+Ry0/6);
%%
%main program
%matrix processing

for t=2:length(time)
    Ra1=1000;
    nu1(t)=(0.825+(0.387*Ra1^(1/6)))/((1+(0.492/0.707)^(9/16))^(8/27))^2;

    hchassis(t)=(6.7+0.96*abs(veh_spdtrm(t))^0.8); % conveccion aire
    hchassis(t)=300; % conveccion liquido
    hinternalair(t)=15+(6.75)*(abs(ur(t))^0.65);
    hendwind(t)=6.5+(5.25)*(abs(ur(t))^0.6);

```

```

hrotor(t)=(16.5)*(abs(ur(t))^0.65);

if hrotor(t)== 0
    hrotor(t) = 5;
end

h_statorwinding=395;           % W/m*K Conductancias
h_rotorcage=234;
h_frame=150;
h_shaft=51;
h_core=38;
h_air=0.0243;
h_bearing=80;

%calculate different terms of matrices K = 1/R
K12(t)=(area_contactchassis_ambient*hchassis(t)); %Rth1
K52(t)=1/(0.5*(log(d6/2)-log(((d2+d6)/2)/2)))/(2*pi*h_core*l_core)); %Rth2
K62(t)=(area_internalcavity_chassis*(hinternalair(t))); %R1
K92(t)=1/(0.5*(((log(de_b/2)-log(((dm_b)/2)))/(2*pi*h_bearing*e_b)+
((log((d31+d3)/2)/2)-log((de_b)/2))/(2*pi*hchassis(t)*e_chassis))))); %Rth11
K102(t)=K92(t);
K43(t)= 12*n_slot*a_cu*h_statorwinding/(l_ht); %Rth5
K63(t)=(2*area_contactendwinding_internalcavity*hendwind(t)); %R3
Rth4(t)=(Rx*Ry/(n_slot*l_core*(Rx+Ry)))*(1-Rx0*Ry0/(720*Rx*Ry));
Rth3(t)= 1/K52(t);
K54(t)= 1/((Rth3(t)+Rth4(t)));
Rth9(t)= 1/(2*pi*ar_ag*l_core*54);
if hrotor(t)==0
    K75(t)=0;
    K76(t)=0;
else
    K75(t)= 1/((Rth9(t)+Rth3(t))); %Rth9
    R2(t)= 0.5/(pi*((d2/2)^2-(d1/2)^2)*hrotor(t)); %REVISAR
    K76(t)=1/(R2(t));
end

K98(t)= 1/(0.5*(log(dm_b/2)-log(((di_b)/2)))/(2*pi*h_shaft*l_core)+
((0.5*l_ov/(pi*h_shaft*(d1/2)^2)))); %Rth10(2)
K108(t)=K98(t);
K78(t) = 1/(((log(d2/2)-log(d1/2))/(2*pi*h_core*l_core))); %Rth10(1)
K34(t)=K43(t);
K45(t)=K54(t);
K25(t)=K52(t);
K26(t)=K62(t);
K36(t)=K63(t);
K57(t)=K75(t);
K67(t)=K76(t);
K29(t)=K92(t);
K89(t)=K98(t);
K87(t)= K78(t);
K210(t)=K102(t);
K810(t)=K108(t);

%matrix
K=[...
    1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```



```

K12(t) -(K12(t)+K52(t)+K62(t)+K92(t)+K102(t)) 0 0 K52(t) K62(t) 0 0 K92(t)
K102(t)
0 0 -(K43(t)+K63(t)) K43(t) 0 K63(t) 0 0 0 0
0 0 K34(t) -(K34(t)+K54(t)) K54(t) 0 0 0 0 0
0 K25(t) 0 K45(t) -(K25(t)+K45(t)+K75(t)) 0 K75(t) 0 0 0
0 K26(t) K36(t) 0 0 -(K26(t)+K36(t)+K76(t)) K76(t) 0 0 0
0 0 0 0 K57(t) K67(t) -(K57(t)+K67(t)+K87(t)) K87(t) 0 0
0 0 0 0 0 K78(t) -(K98(t)+ K78(t)+ K108(t)) K98(t) K108(t)
0 K29(t) 0 0 0 0 0 K89(t) -(K29(t)+K89(t)) 0
0 K210(t) 0 0 0 0 0 K810(t) 0 -(K210(t)+K810(t));

```

```

C=[...
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 (m_chassis*heat_capacity_aluminium) 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 (m_endwinding*heat_capacity_copper) 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 (m_statorwinding*heat_capacity_copper) 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 (m_statoryoke*heat_capacity_iron) 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 (m_internalcavity*heat_capacity_air) 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 (m_rotor*heat_capacity_iron) 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 (m_shaft*heat_capacity_iron) 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 (m_bearing*heat_capacity_iron) 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 (m_bearing*heat_capacity_iron)];

```

```
T_BC=[Tamb;0;-Pstew(t);-Pstw(t);-Psti(t);0;-Prtm(t);0;-Pb(t);-Pb(t)];
```

```
%calculates different temperatures
```

```

temperature=(inv(K - C))*(T_BC - C*delta_temperature);
delta_temperature=temperature;
ajustement(:,t)=temperature;
ajustement2(:,t)=T_BC;

```

```
%obtaining different temperatures of different elements
```

```

c_ambient(:,t)=temperature(1);
c_chassis(:,t)=temperature(2);
c_endwinding(:,t)=temperature(3);
c_statorwinding(:,t)=temperature(4);
c_statoryoke(:,t)=temperature(5);
c_internalcavity(:,t)=temperature(6);
c_rotorassembly(:,t)=temperature(7);
c_shaft(:,t)=temperature(8);
c_bearing1(:,t)=temperature(9);
c_bearing2(:,t)=temperature(10);

```

```
end
```

```
%%
```

```

vector_T = inv(K)*T_BC-273;
vector_T = [vector_T(2) vector_T(3) vector_T(7)]
%display
c_ambient=c_ambient-273;
c_chassis=c_chassis-273;
c_endwinding=c_endwinding-273;
c_statorwinding=c_statorwinding-273;
c_statoryoke=c_statoryoke-273;
c_internalcavity=c_internalcavity-273;

```

```
c_rotorassembly=c_rotorassembly-273;  
c_shaft=c_shaft-273;  
c_bearing1=c_bearing1-273;  
c_bearing2=c_bearing2-273;  
  
%display different temperatures of different elements  
figure  
plot(temps(1:length(time)),c_ambient(1:length(time))) % Ambient  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_chassis(1:length(time))) % Chassis  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_endwinding(1:length(time))) % Endwinding  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_statorwinding(1:length(time))) % Statorwinding  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_statoryoke(1:length(time))) % Stator yoke  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_internalcavity(1:length(time))) % Internal cavity  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_rotorassembly(1:length(time))) % Rotor assembly  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_shaft(1:length(time))) % Shaft  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_bearing1(1:length(time))) % Bearing1  
hold on  
plot(temps(1:length(time)),c_bearing2(1:length(time))) % Bearing2  
  
%grid on  
xlabel('time [s]')  
ylabel('Temperature [°C]')  
legend('Amb Temp','Chassis Temp','EndWin. Temp'...  
      , 'Stator Wind. Temp', 'Stator Yoke Temp', 'In. Cavity Temp'...  
      , 'Rotor Assembly', 'Shaft', 'Bearing1', 'Bearing2');
```



ANEXO I.II

Algoritmo predictivo de Rajput.

```

% motor 30
V=400; %voltaje
f=50; %frecuencia
Pn=30; %potencia
Tn=97.13; %par nominal
nn=2945; %velocidad nominal en rpm
poles=2;
ns=3000; %velocidad de giro de sincronismo
In=52; %corriente nominal
Ist=440; %corriente en par máximo o arranque
Eff100=92; %eficiencia a 100%carga
Eff75=92.2; %eficiencia a 75% carga
Eff50=91.3; %eficiencia a 50% carga
Eff=[Eff50 Eff75 Eff100];
PF=0.9; %factor de potencia
Mk=3; %relación entre par máximo y par nominal
Mst=2.1; %relación entre par de arranque y par nominal
connection=1;

if connection==1 % Triangulo
    Uph=V;
    Iph=In/sqrt(3);
end
if connection==0 % Estrella
    Uph=V/sqrt(3);
    Iph=In;
end

Zn=Uph/Iph;

ns=2*f*60/poles;

Tmax=Mk*Tn;
Sn=(ns-nn)/ns;
Sk=Sn*(Mk+sqrt(Mk^2-1));
ws=ns*pi/30;
Beta=(2*Tmax*ws)/(3*Uph*(Iph));

k=1;
for Y1=0.8:0.01:0.99
    A=((1/(Sk^2))+1/(Sn^2))-(Beta^2)/((Y1^2)*(Sk^2));
    B=2*(((Y1^2)/Sn)-(Beta^2)/Sk);
    C=-(Beta^2)*(Y1^2);
    Y2=(-B+sqrt(B^2-4*A*C))/(2*A);
    Y3=0.5*sqrt((Y2/Sk)^2-Y1^4);
    R1=(Zn*Y1)/sqrt((Y2/Sk)^2+(Y2/Sn)^2+2*(Y1^2)*(Y2/Sn));
    R2=R1*Y2;
    X=R1*Y3;
    X1=X;
    X2=X;
    Xm=X*Y1/(1-Y1);
    Zin_r=R1+(Sn*R2*Xm^2)/(R2^2+Sn^2*(X2+Xm)^2);
    Zin_im=X1+(Xm*(R2^2+Sn^2*X2*(X2+Xm)))/(R2^2+Sn^2*(X2+Xm)^2);

```

```
        cos_phy=Zin_r/sqrt(Zin_r^2+Zin_im^2);  
        parametros(k,:)=[Y1 Y2 Y3 R1 R2 X Xm cos_phy];  
        k=k+1;  
end  
[M,I] = min(abs(parametros(:,8)-PF));  
% disp(parametros(I,:))  
Y1=parametros(I,1);  
Y2=parametros(I,2);  
Y3=parametros(I,3);  
R1=parametros(I,4);  
R2=parametros(I,5);  
X=parametros(I,6);  
Xm=parametros(I,7);  
X1=X;  
X2=X;
```



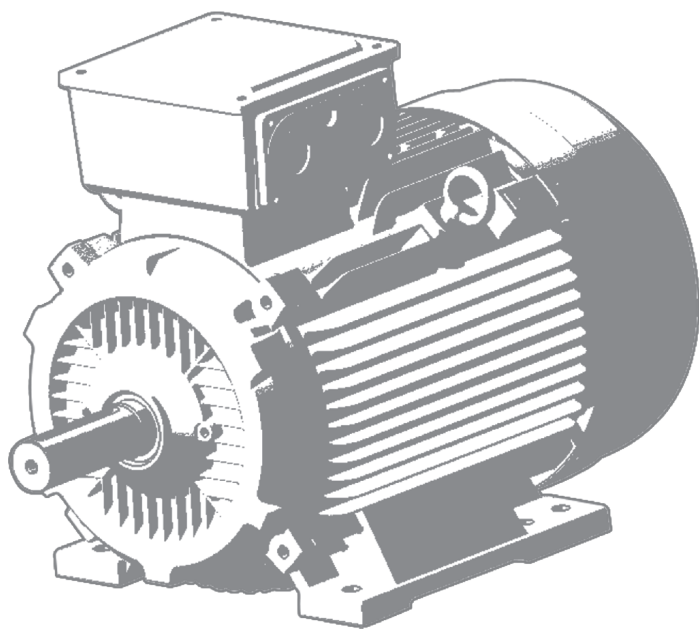
ANEXO II

Fichas técnicas.

Standard Motor Catalogue

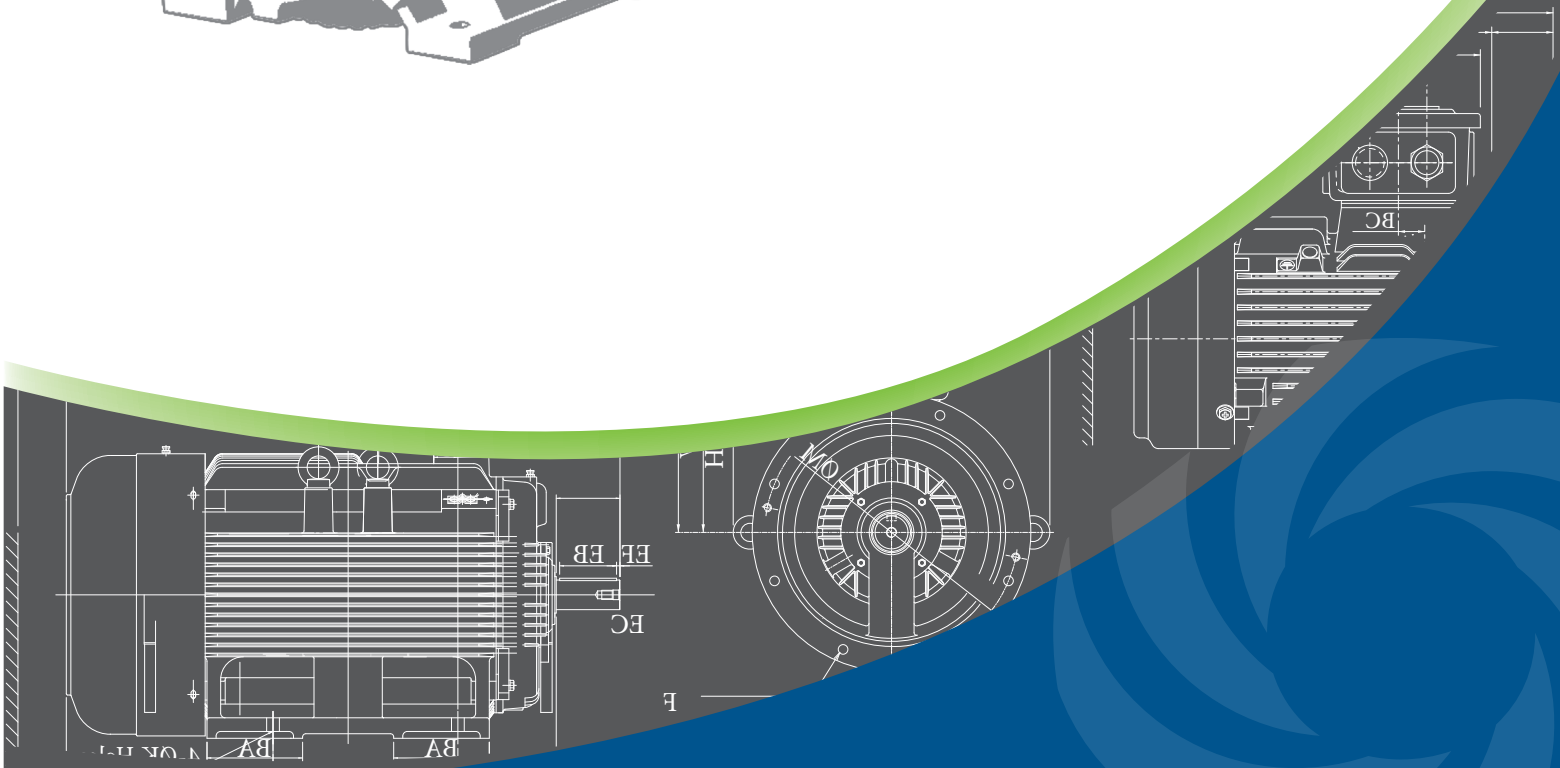
AESV2E / AESU2E Series

AESV3E / AESU3E Series



TECO
e-motion

IE2 | IE3





TECO Group

Growth-Challenge-Unlimited Exploration

TECO, a famous globalize enterprise group, share the third in global industrial motor of the world; and it has successfully diversified into a highly competitive development conglomerate with worldwide business operations including heavy electrical, home appliance, electronics, IT system, telecommunications equipments, financial investment from the motor giant enterprises. TECO Group currently has nearly hundred oversea affiliates and subsidiaries, and the total global employee amount is over tens of thousands. It has a wide range technology cooperation with many world famous enterprise, such as GE, Japan Yaskawas, the U.S. Westinghouse, Siemens of Germany, Japan, Hitachi, Mitsubishi and so on, its business territory has been extended to Asia, America, Europe, Australia, and became known as a well-known World Group, TECO had become an international brand.

TECO History

- 1956** Company foundation and start of production in the first TECO factory in San-Chung, Taiwan
- 1965** Production capacity increased by opening new factory in Shin-Chuan, Taiwan
- 1966** Start of close technical co-operation with Hitachi, Yaskawa and Taiyo.
- 1979** Further production capacity increase by opening a factory in Chung Li, Taiwan Plant I (Heavy Motor Plant)
- 1987** Opened Chung Li Plant II for serial motor production (Small Motor Plant)
- 1987** Started Joint venture with Westinghouse Motor Company, USA, one of the leading motor manufacturers in North America
- 1991** Foundation of TECO Perai, Penang Provence, Malaysia, to serve the local market with low voltage motors
- 1995** 100% take over of Westinghouse motor business by TECO
- 1995** Foundation of TECO Westinghouse Motor Company
- 2000** Opened TECO factory for low voltage motors in Suzhou, Jiangsu Provence, China
- 2003** Opened TECO factory for low and medium voltage motors in Wuxi, China
- 2005** Opened third TECO factory in Nanchang, Jjiangxi Provence, China
- 2006** Opened factory in Huyen Long Thanh, Tinh dong Nai Provence, Vietnam to increase local business
- 2008** Opened TECO repair and assembling plant in Dammam, Kingdom of Saudi Arabia, on joint venture basis
- 2008** Established TECO fuan in Fujian Provence, China, with a decision for construction of a new plant
- 2010** Starting the prodcution of aluminum motors and semi finished aluminum parts at TECO Fuan factory in Fujian Provence, China.
- 2012** Established India Branch Company.
- 2013** Established Turkey Branch Company.
- 2014** Established bonded warehouse in Netherlands.



Performance Characteristics

Max. r.p.m

Safe running speed for the squirrel-cage induction motors. Unless otherwise the name plate specifies, all the squirrel-cage, 3 phase, induction motors lower than 1000V and smaller than 315 Frame Size can safely run continuously at the speed in the table below.

The safe Max. r.p.m. for the squirrel-cage, 3 phase induction motors of 1000V or lower.

Frame Size	2 Pole	4 Pole	6 Pole
≤ 100	5200	3600	2400
112	5200	3600	2400
132	4500	2700	2400
160	4500	2700	2400
180	4500	2700	2400
200	4500	2300	1800
225	3600	2300	1800
250	3600	2300	1800
280	3600	2300	1800
315	3600	2300	1800

Note: When the motors run above the rated speed, for example, using in speed controller, the noise and vibration will increase. In this situation, the motors are required to be corrected to satisfy the acceleration ability above the rated speed. Besides, the bearing lifetime will decrease. Pay attention to the time for adding the oil and grease to insure its lifetime.

Grease Life (Horizontal installation)

Frame Size	Pole	Grease lifetime up to CT 40°C
Grease for permanent lubrication bearing		
80~225	2, 4, 6	20000 hours (B3 mounting)
Grease for regreasable bearing		
250~280	2	3000 hours
250~280	4, 6	8000 hours
315~355	2	2000 hours
315~355	4, 6	4000 hours

Note:

1. If the coolant temperature is increase by 10K, the grease lifetime and regreasing interval are halved.
2. 2000 hours apply to horizontally installed motors with coupling transmission.

Mounting Arrangement (IM code)

Foot Mounted		Flange Mounted		Foot / Flange Mounted	
IM 1001 (IM B3)		IM 3001 (IM B5)		IM 2001 (IM B35)	
IM 1051 (IM B6)		IM 3011 (IM V1)		IM 2011 (IM V15)	
IM 1061 (IM B7)		IM 3031 (IM V3)		IM 2031 (IM V36)	
IM 1071 (IM B8)		IM 3601 (IM B14)		IM 2101 (IM B34)	
IM 1011 (IM V5)		IM 3611 (IM V18)		IM 2111	
IM 1031 (IM V6)		IM 3631 (IM V19)		IM 2131	

It is important to nominate the “IM” code at enquiry and order stage to ensure that drain holes are in the correct position and bearing arrangement is checked for suitability if the “IM” code differs from standard.

Standard Mounting Arrangement

TECO Stock Motors - Standard Mounting Arrangement and Terminal Box Position				
Mounting	IM Code	(IM Code)	Terminal box position (viewed from drive end)	Cable entry direction
Foot	IM1001	IMB3	Right	From below
Flange	IM3011	IMV1	As needed (motor can be rotated)	From flange end
Foot & Flange	IM2001	IMB35	Right	From below

SPECIFICATION TABLE

IE2 EFFICIENCY 3-PHASE INDUCTION MOTORS

TYPE: AESV2E, AESU2E

	ITEM	STANDARD SPECIFICATION
RATING	Kind of Motors	Squirrel - Cage Induction Motors (SCIM) .
	Design Standards	IEC 60034, IEC 60072 .
	Voltages	230V, 400V, 690V, 265V, 460V .
	Frequency	50Hz or 60Hz .
	Output Range	0.37 kW ~ 315 kW (50Hz) or 0.43 kW ~ 362 kW (60Hz) .
	R.P.M. (Syn.)	3000 ~ 750 R.P.M. (2 ~ 8 Poles) or 3600 ~ 900 R.P.M. (2 ~ 8 Poles) .
	Time Duty	Continuous. S1 , S.F. : 1.0 .
	Frame Nos.	80M ~ 315D .
	Protection Enclosure	Totally Enclosed (IP 55) .
	Cooling Method	Self External Fan, Surface Cooling (IC 411) .
APPLICATION	Mounting	Horizontal Foot Mounted B3 (IM 1001) . Horizontal Flange Mounted B5 (IM 3001) . Horizontal Foot And Flange Mounted B35 (IM 2001) . Vertical Flange Mounted , Shaft Down V1 (IM 3011) .
	Environment Conditions	Place : Shadow, Non-Hazardous. Ambient Temperature : -20 ~ 40°C . Relative Humidity : Less Than 90%RH (Non-Condensation) . Altitude : Less Than 1,000 Meters .
	Power Source Conditions	Voltage : ±10%, Frequency : ±5%, and 10% Max. of Combined Voltage and Frequency. But Frequency Variation Does Not Exceed ±5% .
	Method of Starting	Full Voltage Direct On Line or Y - Δ Starting .
	Drive Method	Coupling Or Belt Servie Are Available For All Range Depends On Bearing Capacity. Bearing Capacity Refers To Radial Bearing Load .
APPLICATION	Direction of Rotation	CW According to IEC Definition, Suitable For Bi - Directional Operation .
	Bearing	Bracket Mounting , Vacuum De - Gassed High Quality Open Bearings for Frame Nos. 180M ~ 315D, Grease Pre - Packed Shielded Rolling Bearings for the Others .
	Lead Terminal	Solderless Lug Terminals .
	Terminal Box	Cast iron, Can be Rotated Each 90° With Conduit Hole for Cable Entrance. The Terminal Box is Usually Placed on The Top of The Frame and The Cables Could be Connected from Four Possible Directions .
	Stator Insulation	Class F Insulation System .
	Painting	Phenolic Rust Proof Base Plus Lacquer Surface Finished Painting in Pebble - Gray Color (Munsell 5Y 7.5/1) (RAL 7032) .
	Bolt Thread	ISO Metric System (Strength Catagory 8.8T) .
PERFORMANCE	Grounding Terminal	Two Terminals . One inside The Terminal Box, Another One On The Outside Of The Frame .
	Test Procedure	IEC 60034-2-1:2007 And Full Voltage Measuring Starting Performance .
	Winding Temperature Rise	Not to Exceed 80 Rise by Resistance Method at S.F 1.0 Operation .
	Over Speed	120% Syn. R.P.M. for 2 Min .
	Over Torque	160% Rated Torque for 15 Sec .



IE2

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV2E / AESU2E

TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0

400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	KW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N*m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
0.5	0.37	915	80M	65.5	63.8	57.9	40.5	65.0	55.5	44.0	31.0	1.25	5	3.856	230	215	260	0.009	17.5
0.75	0.55	1425	80M	78.1	78.0	75.1	64.1	72.5	62.0	47.5	30.0	1.40	8	3.680	290	260	305	0.010	17.5
		900	80M	68.5	68.8	64.9	50.2	67.0	57.0	44.0	29.0	1.73	7	5.827	225	220	250	0.012	19.5
1	0.75	2850	80M	77.4	78.0	76.3	64.3	85.5	78.5	66.0	44.5	1.64	9	2.509	215	180	280	0.005	17.0
		1415	80M	79.6	79.5	76.9	66.3	73.5	63.5	49.5	31.0	1.85	11	5.054	300	330	325	0.013	20.5
		935	90S	75.9	76.4	73.9	63.8	69.5	60.0	46.5	29.5	2.05	10	7.649	210	185	260	0.019	25.5
		695	100L	71.8	71.0	68.0	54.0	65.0	56.0	43.5	28.0	2.32	10	10.29	210	175	235	0.046	37.5
1.5	1.1	2875	80M	79.6	80.0	78.3	68.5	85.5	79.0	67.0	45.0	2.33	17	3.648	255	200	305	0.007	19.5
		1445	90S	81.4	81.4	78.9	69.8	76.0	67.0	53.0	33.5	2.57	19	7.259	270	205	325	0.017	25.0
		930	90L	78.1	78.8	76.9	68.2	71.5	62.0	48.5	30.5	2.84	14	11.28	215	190	260	0.026	30.0
		690	100L	74.7	75.0	73.0	61.5	67.5	58.5	45.5	28.0	3.15	14	15.20	210	175	230	0.059	44.5
2	1.5	2880	90S	81.3	81.8	80.3	73.5	86.5	80.5	69.0	48.0	3.08	24	4.966	260	245	325	0.011	24.5
		1435	90L	82.8	83.7	82.6	75.7	81.0	73.0	59.5	38.0	3.23	23	9.967	250	180	300	0.022	28.0
		950	100L	79.8	80.5	78.8	68.5	70.5	61.5	48.5	30.0	3.85	19	15.06	170	140	240	0.048	39.0
		700	112M	76.8	77.0	75.5	63.0	66.0	57.0	45.0	28.0	4.27	18	20.43	200	150	225	0.071	49.5
3	2.2	2875	90L	83.2	84.3	83.4	77.9	87.5	82.0	70.5	48.5	4.36	35	7.297	285	240	335	0.014	28.0
		1450	100L	84.3	85.0	84.1	76.1	81.5	74.0	61.0	39.0	4.62	33	14.47	210	170	300	0.041	37.0
		950	112M	81.8	82.4	81.1	72.6	75.0	66.5	53.0	33.5	5.18	34	22.08	280	255	300	0.071	49.0
		710	132S	79.4	82.0	79.5	69.0	64.5	55.0	42.0	25.0	6.20	31	29.55	240	235	300	0.138	65.5
4	3	2895	100L	84.6	85.9	85.7	80.4	88.0	83.0	73.0	50.0	5.82	49	9.88	245	225	310	0.022	37.6
		1445	100L	85.5	85.9	84.8	77.3	82.0	75.0	62.5	40.0	6.18	44	19.80	210	170	300	0.050	40.0
		960	132S	83.3	84.1	83.2	76.8	78.0	71.0	58.0	37.0	6.66	37	29.80	190	165	300	0.103	61.0
		700	132M	81.3	83.0	81.5	72.0	69.0	59.5	46.0	28.0	7.72	37	40.87	215	210	270	0.162	71.0
5.5	4	2880	112M	85.8	86.9	86.6	81.4	91.0	88.0	81.0	61.5	7.39	63	13.24	235	240	335	0.042	49.0
		1450	112M	86.6	87.6	87.5	83.2	85.0	80.5	71.0	48.0	7.84	58	26.30	220	200	300	0.083	54.0
		960	132M	84.6	85.6	85.1	79.3	79.0	72.5	60.0	38.5	8.64	53	39.73	210	180	300	0.131	69.0
		715	160M	83.0	84.0	82.0	73.5	71.5	63.0	51.0	31.0	9.73	55	53.34	185	160	270	0.343	110
7.5	5.5	2925	132S	87.0	87.2	86.2	81.0	86.0	82.5	74.5	55.5	10.6	82	17.93	240	180	300	0.063	68.0
		1455	132S	87.7	88.7	88.6	84.5	85.5	80.5	70.0	47.0	10.6	81	36.04	255	210	305	0.123	72.0
		960	132M	86.0	86.9	86.5	81.2	79.5	72.5	60.5	38.5	11.6	78	54.63	230	195	300	0.188	81.0
		715	160M	84.5	84.0	82.5	74.0	71.0	63.0	51.0	31.0	13.2	70	73.35	185	160	265	0.343	111

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV2E / AESU2E

IE2

TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0 400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N·m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
10	7.5	2920	132S	88.1	88.3	87.8	83.3	82.5	77.5	68.0	46.5	14.9	98	24.49	250	230	275	0.075	72.5
		1460	132M	88.7	89.6	89.5	85.3	84.0	78.5	67.0	44.5	14.5	112	48.98	275	200	305	0.142	79.0
		960	160M	87.2	88.2	87.7	82.4	82.0	77.0	66.5	44.5	15.1	105	74.50	210	195	260	0.363	110
		720	160L	86.0	86.0	84.0	76.0	70.0	61.0	49.0	30.0	18.0	105	99.33	210	180	300	0.586	146
15	11	2950	160M	89.4	89.3	88.1	82.5	90.5	87.5	80.5	61.5	19.6	172	35.56	230	180	305	0.154	110
		1465	160M	89.8	90.6	90.7	87.1	86.5	83.0	74.5	52.5	20.4	160	71.60	220	180	300	0.296	121
		965	160L	88.7	89.2	88.6	83.2	81.5	76.0	65.0	42.5	22.0	170	108.7	245	205	300	0.558	138
		720	180L	87.7	87.5	87.0	80.0	70.0	62.0	56.0	34.0	25.9	140	145.7	210	160	230	1.019	182
20	15	2930	160M	90.3	91.0	91.2	88.1	93.5	92.5	89.0	74.0	25.6	225	48.82	245	165	280	0.192	120
		1470	160L	90.6	91.3	91.2	88.1	86.5	82.5	73.5	51.5	27.6	220	97.30	220	185	300	0.427	138
		975	180L	89.7	90.4	90.2	86.7	82.5	77.5	67.5	46.0	29.3	220	146.7	210	195	300	1.337	205
		720	200L	89.0	90.0	91.0	87.0	77.0	71.5	64.5	41.0	31.6	165	198.7	185	140	205	1.749	275
25	18.5	2925	160L	90.9	91.5	91.7	88.6	93.0	91.5	88.0	73.0	31.6	290	60.31	260	185	310	0.237	137
		1475	180M	91.2	91.7	91.6	88.7	85.5	83.0	76.5	57.0	34.2	230	119.6	200	185	300	0.654	180
		975	200L	90.4	91.0	90.9	87.7	79.5	75.0	65.5	43.5	37.2	260	180.0	215	195	300	1.604	263
		735	225S	91.5	92.0	91.0	86.0	72.0	65.5	58.0	35.5	40.5	220	240.0	210	185	235	2.675	345
30	22	2930	180M	91.3	91.2	90.5	85.8	91.5	90.0	85.5	71.0	38.0	295	71.60	215	185	300	0.283	178
		1470	180L	91.6	92.4	92.2	89.3	85.5	83.5	77.5	58.0	40.5	270	142.7	195	155	250	0.770	199
		980	200L	90.9	91.4	91.8	88.0	81.0	77.5	68.5	44.0	43.1	300	214.1	210	180	255	1.912	283
		735	225M	92.0	92.0	92.0	88.0	74.5	69.0	63.0	39.5	46.3	240	285.4	210	170	215	3.023	367
40	30	2945	200L	92.0	92.2	91.3	86.3	90.5	89.5	86.0	71.5	52.0	440	97.13	210	150	300	0.521	276
		1470	200L	92.3	92.9	92.9	90.6	87.5	84.5	77.0	56.0	53.6	420	194.6	230	180	300	1.217	266
		980	225M	91.7	92.4	92.2	88.9	86.0	83.0	76.0	55.5	54.9	365	291.9	210	190	285	2.442	343
		735	250M	92.0	92.0	92.0	88.0	74.5	68.0	58.0	36.0	63.2	350	389.2	210	170	245	4.565	475
50	37	2945	200L	92.5	92.9	92.7	89.1	91.5	90.5	87.5	75.0	63.1	585	119.8	175	130	260	0.663	302
		1475	225S	92.7	93.3	93.3	90.3	87.5	86.0	80.0	61.5	65.8	430	239.2	220	175	260	1.649	333
		980	250M	92.2	92.3	91.7	87.2	86.5	83.0	74.0	50.5	67.0	455	360.0	210	185	275	3.373	458
		736	280S	92.2	92.3	91.5	88.2	81.0	77.0	67.5	45.8	71.5	455	480.1	150	130	270	8.400	645
60	45	2965	225M	92.9	92.5	91.3	85.9	91.0	88.5	82.5	64.5	76.8	710	144.7	170	140	300	1.074	333
		1480	225M	93.1	93.3	92.9	89.8	86.0	82.5	75.0	53.5	81.1	580	289.9	210	170	300	1.979	368
		985	280S	92.9	92.9	92.2	89.0	84.0	79.5	69.5	46.5	83.2	555	436.3	205	185	295	6.400	580
		736	280M	92.6	92.6	92.1	89.2	81.0	78.0	68.0	47.0	86.6	540	583.9	150	130	270	9.600	690
75	55	2970	250M	93.2	93.2	92.6	88.6	92.5	91.5	88.0	74.0	92.1	730	176.6	165	150	300	1.343	456
		1485	250M	93.5	93.7	93.3	90.0	87.5	85.0	79.0	59.5	97.0	780	353.2	245	180	300	3.621	492
		985	280M	93.1	93.1	92.6	90.0	83.5	79.5	70.0	47.0	102.1	690	533.2	210	185	275	7.600	660
		738	315S	93.0	93.0	92.3	89.4	79.0	75.0	63.5	42.0	108.1	660	711.7	170	150	250	16.00	900



IE2

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV2E / AESU2E

TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0 400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	KW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N*m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
100	75	2970	280S	93.8	93.8	93.2	89.0	88.5	85.5	77.0	53.5	130.4	990	241.2	210	190	315	2.000	565
		1482	280S	94.0	94.0	93.5	91.8	87.5	86.0	78.5	57.5	131.6	890	483.3	200	180	280	5.200	620
		985	315S	93.7	93.7	93.1	88.8	83.5	80.5	70.0	47.5	138.4	850	727.2	200	180	260	10.80	870
		738	315M	93.7	93.8	93.5	90.4	79.0	75.0	64.5	42.0	146.2	885	970.5	170	150	250	21.20	1,060
125	90	2970	280M	94.1	94.1	93.6	90.4	89.0	86.5	80.0	55.0	155.1	1260	289.4	225	205	310	2.400	615
		1482	280M	94.2	94.2	93.6	91.8	87.5	86.0	79.0	58.0	157.6	1090	580.0	200	180	280	6.400	690
		987	315M	94.0	94.0	93.5	91.0	84.0	80.5	70.5	48.0	164.5	1070	870.8	200	180	260	12.80	970
		740	315L	94.0	94.0	93.6	90.4	80.0	76.0	65.5	44.0	172.7	1050	1161	170	150	250	24.40	1,180
150	110	2975	315S	94.3	94.3	93.7	90.5	88.0	84.0	76.5	54.0	191.3	1520	353.1	205	185	320	3.600	840
		1482	315S	94.5	94.5	93.8	91.8	88.0	85.5	79.0	58.5	190.9	1400	708.8	205	185	280	8.80	940
		988	315L	94.3	94.3	93.8	91.0	85.0	82.0	73.0	48.0	198.1	1370	1063	205	185	270	16.40	1,070
		740	315L	94.5	94.5	94.1	91.0	80.0	76.0	65.5	44.0	210.0	1300	1420	180	160	260	30.80	1,320
175	132	2975	315M	94.6	94.6	93.8	90.6	89.5	87.0	80.0	58.0	225.0	1800	423.7	220	200	320	4.400	920
		1485	315M	94.7	94.7	94.0	91.8	88.0	86.0	80.0	58.5	228.6	1620	848.9	205	185	290	10.00	1,020
		988	315L	94.6	94.6	94.0	91.2	85.0	82.0	73.0	48.0	236.9	1500	1276	205	185	275	18.40	1,250
		741	315D	94.6	94.6	94.1	91.0	80.2	76.3	65.0	43.0	251.1	1606	1701	140	120	270	34.80	1,700
215	160	2975	315M	94.8	94.8	94.2	91.0	90.5	88.5	84.0	65.0	269.2	2175	513.6	225	205	330	5.600	1,000
		1485	315M	94.9	94.9	94.3	92.0	88.5	87.0	80.5	60.5	275.0	1900	1029	200	180	285	11.60	1,100
		988	315L	94.8	94.8	94.1	91.2	85.0	82.0	74.0	48.5	286.6	1880	1547	210	190	275	23.20	1,340
		741	315D	94.8	94.8	94.2	91.2	80.0	75.5	64.0	41.5	304.5	2035	2062	140	120	275	40.80	1,800
270	200	2975	315L	95.0	95.0	94.2	91.2	91.0	90.5	88.5	74.5	333.9	2620	642.0	230	215	315	7.200	1,200
		1485	315L	95.1	95.1	94.3	92.2	89.0	87.5	82.0	62.0	341.1	2400	1286	200	180	285	14.40	1,280
		988	315D	95.0	95.0	94.2	91.2	85.5	84.0	76.0	55.0	355.4	2540	1933	210	190	280	38.80	1,665
		741	315D	95.0	95.0	94.3	91.5	80.5	76.2	65.8	42.0	377.5	2445	2578	140	120	270	47.20	1,950
335	250	2977	315D	95.0	95.0	94.3	91.5	91.5	91.0	88.5	76.0	415.1	3110	802.0	180	160	300	10.00	1,600
		1485	315D	95.1	95.1	94.4	92.4	90.0	89.0	84.5	69.0	421.6	3150	1608	210	185	280	25.20	1,650
		988	315D	95.0	95.0	94.3	91.5	86.5	85.0	78.5	58.0	439.1	3040	2416	200	180	270	46.40	1,840
420	315	2977	315D	95.0	95.0	94.3	91.7	92.5	92.0	90.0	76.5	517.4	3760	1010	170	150	290	12.00	1,760
		1485	315D	95.1	95.1	94.4	92.5	90.5	89.5	86.0	70.0	528.3	3670	2026	210	190	260	31.20	1,860

- Note :
1. The above are typical values based on test according to IEC 60034-2-1.
 2. Tolerance according to IEC 60034-1.
 3. Efficiency, power factor, speed and torque are the same for other voltages.
Current values vary inversely with voltage.
 4. 0.55 kW and below, 315 kW up, and all 8 Pole rating : Efficiency per TECO performance standard.
 5. Data subject to change without notice.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV2E / AESU2E
**TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY,
S.F. 1.0 50HZ 400V WINDING USED ON 60HZ 460V PLUS B RISE**
400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE			ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg	
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N•m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT			BREAK DOWN %FLT
0.58	0.43	1115	80M	67.5	66.2	60.4	44.3	62.5	53.0	41.5	28.0	1.28	5	3.683	230	215	260	0.009	17.5
0.84	0.63	1730	80M	81.2	79.8	76.1	63.8	71.5	62.5	48.5	31.0	1.36	10	3.478	315	280	345	0.010	17.5
		1110	80M	72.5	72.5	68.5	54.5	67.5	58.0	43.5	28.5	1.62	7	5.420	230	225	265	0.012	19.5
1.15	0.86	3450	80M	80.7	81.0	79.0	69.4	84.5	79.0	67.0	47.0	1.58	11	2.381	280	215	300	0.005	17.0
		1715	80M	82.5	81.1	77.9	67.8	70.0	60.5	46.5	29.5	1.87	13	4.789	305	280	350	0.013	20.5
		1140	90S	80.0	78.9	75.9	64.5	70.0	60.5	47.5	30.0	1.93	10	7.204	205	185	270	0.019	25.5
		850	100L	75.0	75.5	73.0	61.0	64.5	55.0	43.0	27.0	2.23	11	9.662	200	165	250	0.046	37.5
1.7	1.27	3465	80M	82.5	82.5	81.0	72.2	85.5	80.0	69.0	48.5	2.26	17	3.500	315	240	325	0.007	19.5
		1740	90S	84.0	83.6	81.0	70.9	77.5	69.5	56.0	36.0	2.45	20	6.970	275	220	335	0.017	25.0
		1140	90L	81.0	80.5	78.0	67.5	71.0	62.0	49.0	31.0	2.77	15	10.64	205	185	270	0.026	30.0
		845	100L	77.5	79.0	78.0	67.0	67.0	58.5	46.0	28.0	3.07	14	14.35	200	160	235	0.059	44.5
2.32	1.73	3475	90S	84.0	84.5	83.2	76.5	85.0	79.0	67.5	48.0	3.04	25	4.754	210	205	300	0.011	24.5
		1730	90L	84.0	84.7	83.7	76.9	80.0	73.5	61.0	40.0	3.23	24	9.550	250	160	300	0.022	28.0
		1155	100L	82.5	82.6	80.5	70.5	71.0	63.0	50.5	31.5	3.71	20	14.30	180	160	260	0.048	39.0
		850	112M	76.5	77.0	76.0	64.5	64.5	56.0	43.5	27.0	4.40	21	19.44	190	110	240	0.071	49.5
3.39	2.53	3480	90L	85.5	85.9	84.6	78.1	86.0	80.5	69.5	50.0	4.32	39	6.943	320	220	330	0.014	28.0
		1755	100L	87.5	87.3	86.5	79.2	81.0	74.0	61.5	33.0	4.48	34	13.77	205	155	300	0.041	37.0
		1155	112M	85.0	85.5	84.3	76.2	73.0	65.0	52.0	31.5	5.12	35	20.92	295	285	310	0.071	49.0
		855	132S	82.5	82.0	79.0	68.5	64.5	55.0	42.5	26.0	5.97	32	28.26	230	215	290	0.138	65.5
4.62	3.45	3490	100L	87.5	87.1	86.6	80.4	88.0	84.0	75.0	55.0	5.62	47	9.441	220	215	355	0.022	37.6
		1745	100L	87.5	87.9	87.4	80.9	82.0	76.0	64.0	41.0	6.04	46	18.88	200	140	300	0.050	40.0
		1165	132S	87.5	87.2	85.9	78.7	78.0	71.5	59.5	38.0	6.34	38	28.28	180	155	285	0.103	61.0
		850	132M	83.0	83.5	82.0	73.0	69.0	60.0	47.0	29.0	7.56	37	38.76	205	190	250	0.162	71.0
6.17	4.6	3485	112M	87.5	87.2	86.1	79.0	91.0	88.0	81.5	63.5	7.25	59	12.61	310	240	345	0.042	49.0
		1750	112M	89.5	89.5	88.8	83.4	84.0	79.0	69.0	47.5	7.68	60	25.10	215	195	325	0.083	54.0
		1165	132M	89.0	88.7	87.9	81.7	78.0	72.0	60.0	38.0	8.32	52	37.71	200	155	290	0.131	69.0
		865	160M	86.0	86.5	86.5	80.0	73.0	64.0	51.0	31.0	9.20	53	50.79	200	170	280	0.343	110
8.49	6.33	3525	132S	88.5	88.2	86.7	79.7	86.5	83.5	76.0	57.5	10.4	79	17.15	210	190	300	0.063	68.0
		1760	132S	89.5	89.8	88.9	83.2	83.5	78.0	66.5	44.0	10.6	85	34.35	270	205	300	0.123	72.0
		1165	132M	89.5	89.4	88.5	82.5	79.5	73.5	62.0	39.5	11.2	72	51.89	200	165	300	0.188	81.0
		865	160M	86.5	87.0	87.0	80.5	71.0	62.5	49.0	29.0	12.9	71	69.89	200	175	270	0.343	111



IE2

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV2E / AESU2E

**TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY,
S.F. 1.0 50HZ 400V WINDING USED ON 60HZ 460V PLUS B RISE**

400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	KW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N*m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
11.5	8.6	3525	132S	89.5	89.7	88.9	83.6	86.5	84.0	76.5	57.5	13.9	95	23.30	215	180	265	0.075	72.5
		1755	132M	89.5	89.9	89.4	84.6	85.0	80.5	70.5	47.5	14.2	114	46.80	265	200	300	0.142	79.0
		1160	160M	89.5	89.7	89.0	83.4	82.5	78.5	69.5	46.5	14.6	83	70.80	215	180	255	0.363	110
		870	160L	88.0	88.5	87.0	80.0	74.0	66.0	53.0	32.0	16.6	105	94.40	210	205	350	0.586	146
17	12.7	3545	160M	90.2	90.0	88.5	81.9	91.0	89.0	83.5	66.0	19.4	161	34.21	240	190	300	0.154	110
		1765	160M	91.0	91.5	91.5	87.4	86.5	83.5	76.0	55.5	20.3	142	68.72	240	205	300	0.296	121
		1165	160L	90.2	90.5	89.8	84.7	82.0	76.5	66.0	44.0	21.6	151	104.1	260	215	275	0.558	138
		870	180L	88.0	88.5	88.5	83.0	73.0	67.0	54.5	33.0	24.8	142	139.4	200	170	240	1.019	182
23	17.3	3535	160M	91.0	91.5	90.9	85.8	92.5	91.5	88.0	76.0	25.8	197	46.74	265	255	360	0.192	120
		1765	160L	92.4	92.5	92.5	89.6	87.0	83.5	75.5	54.0	27.0	205	93.61	255	200	300	0.427	138
		1175	180L	91.7	91.5	91.4	87.1	83.5	80.5	72.5	50.5	28.4	192	140.6	245	215	295	1.337	205
		870	200L	89.5	91.0	91.0	87.5	81.0	78.0	69.0	47.5	30.0	164	189.9	190	180	265	1.749	275
28.5	21.3	3535	160L	91.0	91.5	91.0	86.7	92.5	91.5	88.0	76.0	31.8	253	57.54	275	270	370	0.237	137
		1765	180M	92.4	92.6	92.3	89.0	85.5	83.5	77.5	59.5	33.8	215	115.2	200	195	300	0.654	180
		1175	200L	91.7	92.4	92.2	88.7	80.5	77.5	69.0	47.0	36.2	219	173.1	240	220	300	1.604	263
		880	225S	92.0	92.5	92.0	87.5	76.5	72.0	61.5	40.0	38.0	196	231.2	200	140	235	2.675	345
34	25.3	3540	180M	91.0	90.9	89.8	84.2	91.5	90.5	87.0	74.0	38.1	284	68.25	210	190	325	0.283	178
		1770	180L	92.4	93.0	92.7	89.1	85.0	83.5	78.0	58.5	40.4	238	136.5	200	195	300	0.770	199
		1175	200L	91.7	92.4	92.3	89.1	81.5	78.0	70.0	48.0	42.5	260	205.6	240	195	265	1.912	283
		880	225M	92.0	92.5	92.0	88.0	78.0	75.0	66.0	45.0	44.3	208	274.6	180	150	250	3.023	367
46	34.5	3545	200L	92.4	91.6	90.2	84.2	90.5	90.0	86.5	74.5	51.8	404	92.94	220	150	300	0.521	276
		1770	200L	93.0	93.5	93.3	90.4	88.0	86.0	80.0	59.0	52.9	416	186.1	270	240	310	1.217	266
		1180	225M	93.0	93.5	93.2	89.6	86.0	83.5	77.0	56.0	54.1	303	279.2	200	160	245	2.442	343
		885	250M	93.0	93.0	93.0	89.0	79.0	74.5	64.5	41.0	58.9	295	372.3	180	130	225	4.565	475
57	42.6	3550	200L	93.0	92.9	92.0	87.2	91.0	90.0	87.0	75.5	63.2	420	114.6	210	160	265	0.663	302
		1775	225S	93.6	93.5	92.7	88.4	86.5	84.5	78.5	59.5	66.0	410	229.2	205	190	330	1.649	333
		1185	250M	93.6	93.2	92.3	87.7	86.5	84.0	76.5	53.0	66.0	375	343.3	190	145	260	3.373	458
		885	280S	92.8	92.8	92.0	88.0	81.5	78.5	70.0	48.0	70.7	455	459.7	125	105	240	8.400	645
69.5	52	3565	225M	93.0	92.8	91.6	86.1	93.0	92.0	88.0	63.5	75.5	643	139.3	180	180	330	1.074	333
		1780	225M	94.1	93.9	93.2	89.2	86.5	84.0	77.0	56.0	80.2	552	279.0	240	205	320	1.979	368
		1186	280S	93.8	93.6	92.7	89.5	85.0	82.0	73.0	50.0	81.9	550	418.7	185	170	280	6.400	580
		885	280M	93.0	92.8	92.2	88.1	82.0	79.0	71.0	49.0	85.6	550	561.1	120	100	230	9.600	690
84.5	63	3550	250M	93.0	93.1	92.2	87.7	92.0	91.5	88.0	74.5	92.4	650	169.5	160	160	300	1.343	456
		1780	250M	94.1	94.1	93.4	89.8	87.5	85.5	80.0	61.0	96.0	687	338.0	240	180	270	3.621	492
		1186	280M	93.8	93.8	93.5	90.5	86.0	83.0	75.0	52.0	98.0	680	507.3	190	165	280	7.600	660
		887	315S	93.1	93.0	92.5	89.0	81.5	79.0	71.0	50.0	104	518	678.3	130	110	220	16.00	900

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV2E / AESU2E
**TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY,
S.F. 1.0 50HZ 400V WINDING USED ON 60HZ 460V PLUS B RISE**
400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N*m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
115	86	3570	280S	93.7*	93.6	93.5	90.5	88.5	86.0	79.0	58.0	130	980	230.1	190	165	300	2.000	565
		1780	280S	94.5	94.5	93.8	91.5	88.0	87.0	81.0	61.5	130	880	461.4	200	175	280	5.200	620
		1186	315S	94.2	94.3	94.0	91.0	84.0	81.0	72.5	51.0	136	825	692.5	200	175	240	10.80	870
		885	315M	93.7	93.7	92.8	89.5	81.5	79.5	70.0	51.0	141	750	928.0	130	110	220	21.20	1,060
140	104	3570	280M	94.6	94.5	94.0	91.5	89.0	88.0	82.0	62.0	155	1250	278.2	200	175	300	2.400	615
		1782	280M	94.6*	94.6	93.8	91.5	88.5	88.5	83.0	66.0	156	1080	557.4	200	175	260	6.400	690
		1185	315M	94.3*	94.4	94.0	91.8	85.0	82.0	74.5	52.5	163	1030	838.1	190	170	240	12.80	970
		886	315L	94.2	94.1	93.2	90.1	81.5	79.5	72.0	51.5	170	920	1121	135	115	220	24.40	1,180
170	127	3575	315S	94.6	94.3	93.6	90.5	89.0	87.0	80.5	60.0	189	1490	339.3	185	165	290	3.600	840
		1785	315S	95.0	94.8	94.0	91.5	88.5	87.0	81.0	62.5	190	1380	679.5	200	175	280	8.800	940
		1185	315M	95.0	94.8	94.2	91.5	86.0	84.0	77.0	56.0	195	1280	1024	200	175	240	16.40	1,070
		888	315L	94.5	94.4	93.6	90.8	81.5	79.5	72.0	51.5	207	1250	1366	140	120	220	30.80	1,320
204	152	3575	315M	95.0	94.8	94.3	91.5	90.5	88.5	83.5	65.5	222	1780	406.0	200	175	300	4.400	920
		1785	315M	95.0	95.0	94.3	92.2	89.0	87.5	82.0	64.0	226	1590	813.2	200	175	280	10.00	1,020
		1185	315L	95.0	95.0	94.3	92.4	86.0	84.0	76.0	55.0	234	1590	1225	210	185	240	18.40	1,250
		888	315D	94.8	94.8	94.0	91.0	81.5	79.0	70.0	48.0	247	1540	1635	95	75	240	34.80	1,700
247	184	3575	315M	95.2*	95.1	94.5	92.0	91.5	90.5	87.0	72.0	265	2160	491.5	205	180	280	5.600	1,000
		1785	315M	95.0*	95.0	94.6	92.5	89.5	88.0	83.0	65.0	272	1940	984.4	200	175	280	11.60	1,100
		1186	315L	95.0	95.0	94.5	92.5	86.0	84.0	77.5	57.0	283	1860	1482	220	195	255	23.20	1,340
		888	315D	95.0	94.9	94.5	91.0	81.5	78.5	70.0	46.0	298	1932	1979	95	75	250	40.80	1,800
308	230	3572	315L	95.4	95.0	93.6	89.8	92.0	91.5	89.0	77.0	329	2620	614.9	225	200	275	7.200	1,200
		1785	315L	95.4	95.3	94.2	91.5	89.5	88.5	84.0	68.0	338	2410	1231	210	185	275	14.40	1,280
		1185	315D	95.1	95.0	94.2	91.5	86.5	85.0	80.0	64.0	351	2450	1854	200	175	250	38.80	1,800
		888	315D	95.1	95.1	94.5	91.5	82.0	79.0	72.0	48.0	370	2310	2474	100	80	240	47.20	1,950
385	288	3573	315D	95.5	95.2	94.0	90.5	92.0	91.5	89.5	77.0	411	2930	769.8	140	120	260	10.00	1,700
		1785	315D	95.5	95.3	94.4	91.8	90.0	89.5	85.0	70.0	421	3085	1541	200	175	250	25.20	1,800
		1185	315D	95.2	95.2	94.4	92.0	87.0	85.5	80.5	64.0	436	3070	2321	205	180	250	46.40	1,900
485	362	3575	315D	95.6	95.4	94.2	90.5	92.0	91.5	89.5	77.0	517	4125	967.0	160	140	300	12.00	1,820
		1785	315D	95.5	95.3	94.4	91.8	90.0	89.5	85.5	71.0	529	3800	1937	200	175	250	31.20	1,920

Note : 1. The above are typical values based on test according to IEC 60034-2-1:2007.

2. Tolerance according to IEC 60034-1.

 3. Efficiency, power factor, speed and torque are the same for other voltages.
Current values vary inversely with voltage.

4. (*) Efficiency, per TECO performance standard (Not IE2).

5. 0.63 kW and below, and all 8 Pole rating : Efficiency per TECO performance standard.

6. Data subject to change without notice.

IE2

IE3

DIMENSION

Horizontal Foot Mounting B3 (IM 1001)

TYPE: AESV2E, AESV3E

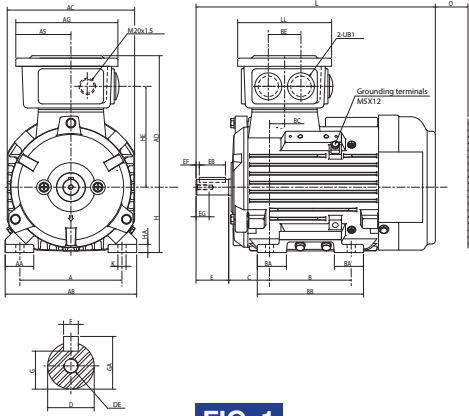


FIG. 1

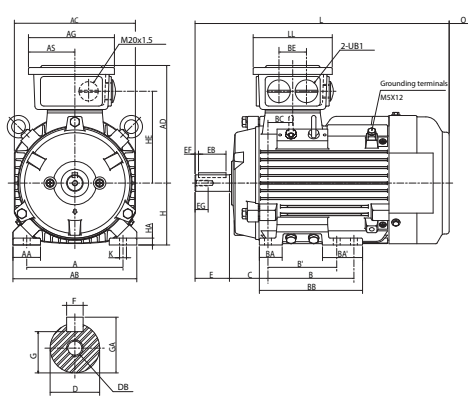


FIG. 2

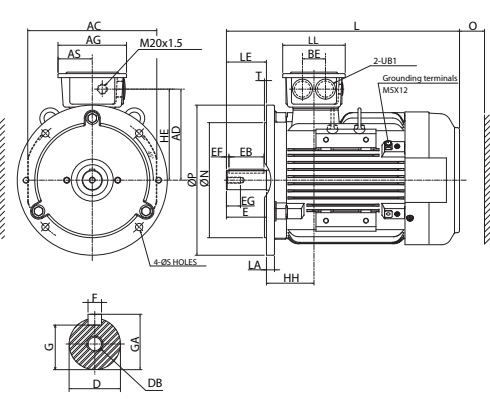


FIG. 3

Dimension in mm

Output (kW)				FRAME SIZE	FIG. NO.	A	AA	AB	AC	AD	AG	AS	B	B'	BA	BA'	BB	BC	BE	C	H		
2P	4P	6P	8P																				
0.75	0.55	0.37	—	80M	1	125	35	161	156	161	125	67.5	100	—	35.5	35.5	130	18.5	40	50	80		
1.1	0.75	0.55	—			140	40	180	176	171	125	67.5	100	—	33	33	125	36	40	56	90		
1.5	1.1	0.75	—	90L	2	140	40	180	176	171	125	67.5	125	100	33	58	150	36	40	56	90		
2.2	1.5	1.1	—			160	40	200	196	191	147	78.5	140	—	43.5	43.5	176	21	50	63	100		
3	2.2	1.5	0.75	100L	2	160	40	200	196	191	147	78.5	140	—	43.5	43.5	176	21	50	63	100		
—	3	—	1.1			190	50	235	218	198.5	147	78.5	140	—	45.5	45.5	176	28	50	70	112		
4	4	2.2	1.5	112M	2	190	50	235	218	198.5	147	78.5	140	—	45.5	45.5	176	28	50	70	112		
5.5	5.5	3	2.2	132S	3	216	63.5	259	258	216	147	78.5	140	—	59	59	184	6	50	89	132		
7.5	—	—	—			216	63.5	259	258	216	147	78.5	178	140	59	97	222	6	50	89	132		
—	7.5	4	3	132M	3	216	63.5	259	258	216	147	78.5	178	140	59	97	222	6	50	89	132		
—	—	5.5	—			254	71	300	317	271	193	91.5	210	—	46	46	256	38	89	108	160		
11	15	11	7.5	4	5.5	160M	4	254	71	300	317	271	193	91.5	254	210	46	90	300	38	89	108	160
18.5	15	11	7.5	160L	279	72		330	354	297	193	91.5	241	—	57	57	292	34	89	121	180		
22	18.5	—	—	180M	5	279	72	330	354	297	193	91.5	279	241	57	95	330	34	89	121	180		
—	22	15	11	180L		318	88	378	398	330	231	110.5	305	—	70	70	365	53	106	133	200		
30	37	30	18.5	22	15	200L	6	318	88	378	398	330	231	110.5	305	—	70	70	365	53	106	133	200
—	37	—	18.5	225SC	356	94		416	449	356	231	110.5	286	—	70	70	350	30.5	106	149	225		
45	—	—	—	225MA	356	94		416	449	356	231	110.5	311	286	70	95	375	30.5	106	149	225		
—	45	30	22	225MC	356	94		416	449	356	231	110.5	311	286	70	95	375	30.5	106	149	225		
55	—	—	—	250MA	406	112		480	498	398	255	122.5	349	—	84	84	425	45.5	119	168	250		
—	55	37	30	250MC	406	112		480	498	398	255	122.5	349	—	84	84	425	45.5	119	168	250		

- Note :
1. Tolerance of shaft end diameter D: Under $\psi 19 \sim \psi 28 : j6$.
 2. Tolerance of shaft center high H : +0, -0.5.
 3. Tolerance of shaft end diameter D : $\psi 38 : k6$.
 4. Tolerance of shaft center high H : +0, -0.5.

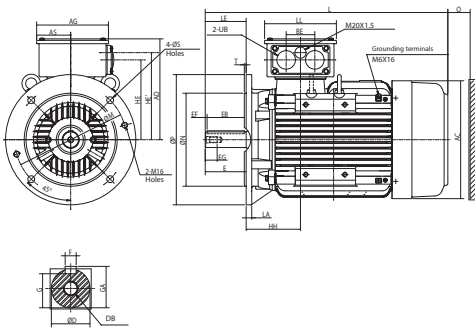


FIG. 4

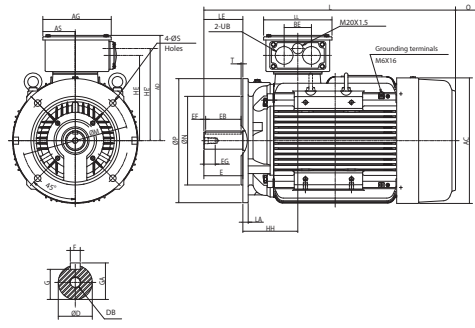


FIG. 5

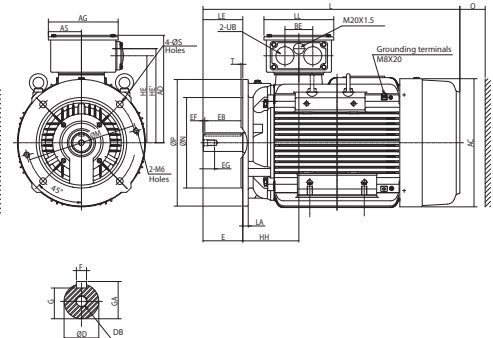


FIG. 6

Dimension in mm

HA	HE	HE'	K	L	LL	O	UB1	SHAFT EXTENSION								BEARING		
								D	E	EB	EF	EG	F	G	GA	DB	DRIVE END	OPPOSITE DRIVE END
10	123.5	—	10	293	115	40	M25X1.5	19	40	32	4	16	6	15.5	21.5	M6	6204ZCC3	6204ZCC3
10	133.5	—	10	344.5	115	40	M25X1.5	24	50	40	5	19	8	20	27	M8	6205ZCC3	6205ZCC3
10	133.5	—	10	369.5	115	40	M25X1.5	24	50	40	5	19	8	20	27	M8	6205ZCC3	6205ZCC3
12	157	—	12	392	125	50	M25X1.5	28	60	50	5	22	8	24	31	M10	6206ZCC3	6206ZCC3
13	164.5	—	12	412.5	125	50	M32X1.5	28	60	50	5	22	8	24	31	M10	6306ZCC3	6306ZCC3
16	182	—	12	466	125	50	M32X1.5	38	80	70	5	28	10	33	41	M12	6308ZCC3	6306ZCC3
16	182	—	12	504	125	50	M32X1.5	38	80	70	5	28	10	33	41	M12	6308ZCC3	6306ZCC3
215	234.5	18	14.5	608	193	60	M40 x 1.5	42	110	100	5	36	12	37	45	M16	6309ZCC3	6307ZCC3
215	234.5	18	14.5	652	193	60	M40 x 1.5	42	110	100	5	36	12	37	45	M16	6309ZCC3	6307ZCC3
241	260.5	20	14.5	672	193	70	M40 x 1.5	48	110	100	5	36	14	42.5	51.5	M16	6311C3	6310C3
241	260.5	20	14.5	710	193	70	M40 x 1.5	48	110	100	5	36	14	42.5	51.5	M16	6311C3	6310C3
24	262	289	18.5	770	231	80	M50 x 1.5	55	110	100	5	42	16	49	59	M20	6312C3	6212C3
28	288	315	18.5	816	231	90	M50 x 1.5	60	140	125	7.5	42	18	53	64	M20	6313C3	6213C3
28	288	315	18.5	811	231	90	M50 x 1.5	55	110	100	5	42	16	49	59	M20	6312C3	6212C3
28	288	315	18.5	841	231	90	M50 x 1.5	60	140	125	7.5	42	18	53	64	M20	6313C3	6213C3
30	322	349	24	921	255	105	M63 x 1.5	60	140	125	7.5	42	18	53	64	M20	6313C3	6313C3
30	322	349	24	921	255	105	M63 x 1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6315C3	6313C3

- Note : 5. Tolerance of shaft end diameter D : Under $\psi 42 \sim \psi 48$: k6.
 6. Tolerance of shaft center high H : +0, -0.5.
 7. Tolerance of shaft end diameter D : Under $\psi 55 \sim \psi 65$: m6.
 8. Tolerance of shaft center high H : +0, -0.5.

DIMENSION
Horizontal Foot Mounting B3 (IM 1001)
TYPE: AESV2E, AESV3E

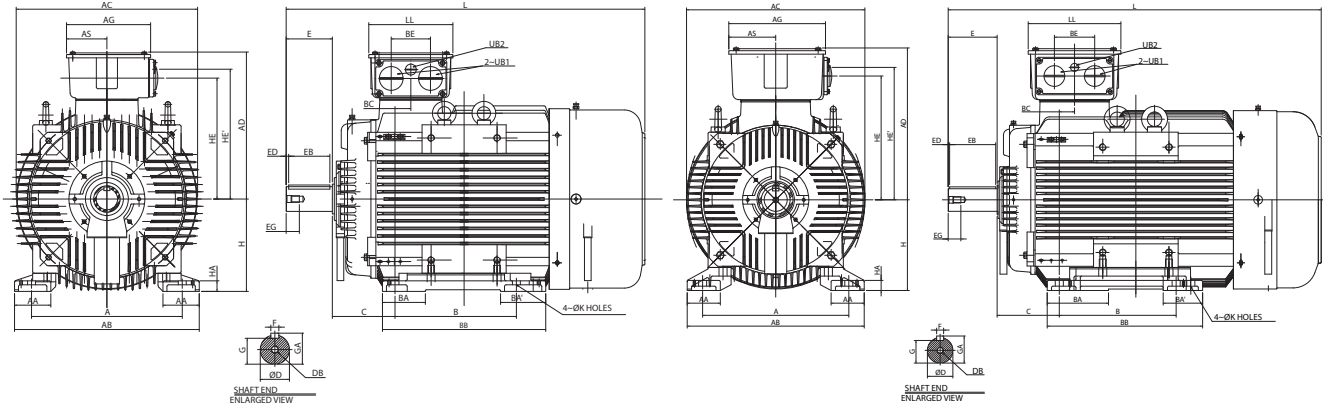


FIG. 7

FIG. 8

Dimension in mm

Output (kW)				FRAME SIZE	FIG. NO.	A	AA	AB	AC	AD	AG	AS	B	B'	BA	BA'	BB	BC	BE	C	H	HA
2P	4P	6P	8P																			
75	—	—	—	280SA	7	457	110	560	550	446	255	122.5	368	—	130	130	445	48	119	190	280	32
—	75	45	37	280SB		457	110	560	550	446	255	122.5	368	—	130	130	445	48	119	190	280	32
—	75	45	37	280SC		457	110	560	550	446	255	122.5	368	—	130	130	445	48	119	190	280	32
90	—	—	—	280MA		457	110	560	550	446	255	122.5	419	—	130	137	495	48	119	190	280	32
—	90	55	45	280MB		457	110	560	550	446	255	122.5	419	—	130	137	495	48	119	190	280	32
—	90	55	45	280MC		457	110	560	550	446	255	122.5	419	—	130	137	495	48	119	190	280	32
110	—	—	—	315SA	8	508	115	615	620	527	336	163	406	—	150	150	508	53	140	216	315	35
—	110	75	55	315SB		508	115	615	620	527	336	163	406	—	150	150	508	53	140	216	315	35
—	110	75	55	315SC		508	115	615	620	527	336	163	406	—	150	150	508	53	140	216	315	35
132 160	—	—	—	315MA		508	115	615	620	527	336	163	457	—	213	137	540	53	140	216	315	35
—	132 160	90 110	75	315MB		508	115	615	620	527	336	163	457	—	213	137	540	53	140	216	315	35
—	132 160	90 110	75	315MC		508	115	615	620	527	336	163	457	—	213	137	540	53	140	216	315	35
200	—	—	—	315LA	9	508	150	650	620	527	336	163	508	—	180	205	730	53	140	216	315	45
—	200	132 160	90 110	315LB		508	150	650	620	527	336	163	508	—	180	205	730	53	140	216	315	45
—	200	132 160	90 110	315LC		508	150	650	620	527	336	163	508	—	180	205	730	53	140	216	315	45
250 315	—	—	—	315DA	10	508	150	650	682	590	412	189	900	—	255	255	1080	68	180	216	315	45
—	250 315	200 250	132 160 200	315DB		508	150	650	682	590	412	189	900	—	255	255	1080	68	180	216	315	45
—	250 315	200 250	132 160 200	315DC		508	150	650	682	590	412	189	900	—	255	255	1080	68	180	216	315	45

- Note :
1. Tolerance of Shaft End Diameter D : m6
 2. Tolerance of Shaft Center Height H : +0, -1
 3. Tolerance of Key Width F : h9
 4. Tolerance of Shaft End Diameter D : m6
 5. Tolerance of Shaft Center Height H : +0, -1
 6. Tolerance of Key Width F : h9

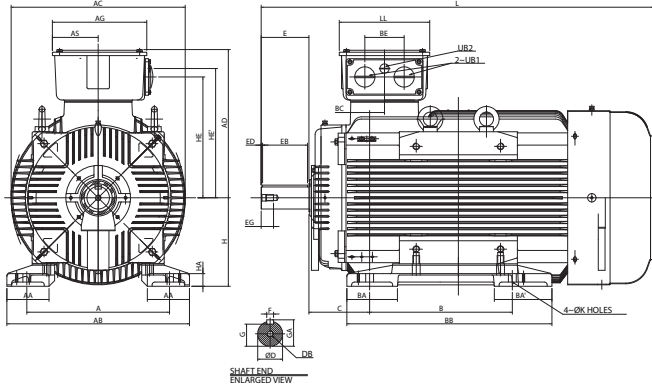


FIG. 9

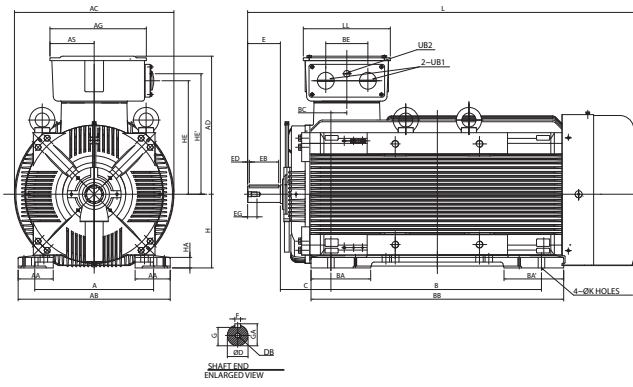
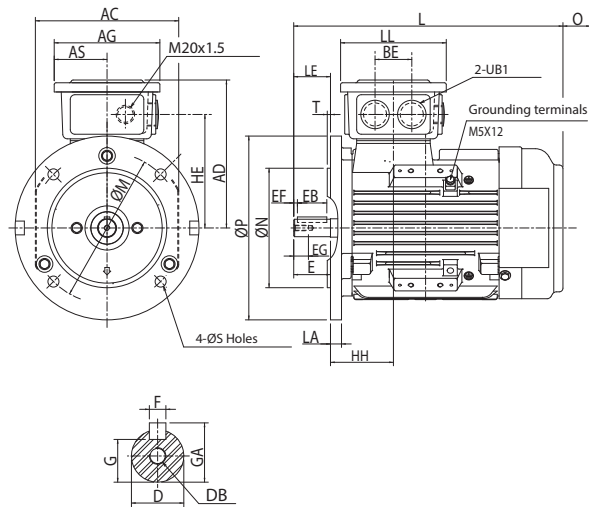


FIG. 10

Dimension in mm

HE	HE'	K	L	LL	O	UB1	UB2	SHAFT EXTENSION								BEARING		
								D	E	EB	ED	EG	F	G	GA	DB	DRIVE END	OPPOSITE DRIVE END
367	394	24	1037	255	140	M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
367	394	24	1037	255	140	M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	6318C3	6316C3
367	394	24	1037	255	140	M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	NU318	6316C3
367	394	24	1087.5	255	140	M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
367	394	24	1087.5	255	140	M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	6318C3	6316C3
367	394	24	1087.5	255	140	M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	NU318	6316C3
430	460	28	1216	322	180	M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
430	460	28	1246	322	180	M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	6320C3	6316C3
430	460	28	1246	322	180	M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	NU320	6316C3
430	460	28	1266	322	180	M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
430	460	28	1296	322	180	M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	6320C3	6316C3
430	460	28	1296	322	180	M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	NU320	6316C3
430	460	28	1366	322	180	M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
430	460	28	1396	322	180	M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	6320C3	6316C3
430	460	28	1396	322	180	M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	NU320	6316C3
485	515	28	1674	372	200	M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6316C3
485	515	28	1704	372	200	M63X1.5	M20X1.5	85	170	160	5.0	42	22	76	90	M20	6322C3	6322C3
485	515	28	1704	372	200	M63X1.5	M20X1.5	95	170	160	5.0	50	25	86	100	M24	NU322	6322C3

- Note :
- 7. Tolerance of Shaft End Diameter D : m6
 - 8. Tolerance of Shaft Center Height H : +0, -1
 - 9. Tolerance of Key Width F : h9
 - 11. Tolerance of Shaft End Diameter D : m6
 - 12. Tolerance of Shaft Center Height H : +0, -1
 - 13. Tolerance of Key Width F : h9

DIMENSION
Horizontal Flange Mounting B5 (IM 3001)
Vertical Flange Mounted, Shaft Down V1 (IM 3011)
TYPE: AESU2E, AESU3E
Totally Enclosed Fan-Cooled Type, Squirrel-Cage Rotor.

FIG. 1
Dimension in mm

Output (kW)				FRAME SIZE	FIG. NO.	FLANGE DIMENSION							AC	AD	AG	AS	BE	HE
2P	4P	6P	8P			LA	LE	M	N	P	S	T						
0.75	0.55	0.37	—	80M	1	12	40	165	130	200	12	3.5	156	161	125	67.5	40	123.5
1.1	0.75	0.55	—			12	40	165	130	200	12	3.5	156	161	125	67.5	40	123.5
1.5	1.1	0.75	—	90S	2	12	50	165	130	200	12	3.5	176	171	125	67.5	40	133.5
2.2	1.5	1.1	—	90L		12	50	165	130	200	12	3.5	176	171	125	67.5	40	133.5
3	2.2	1.5	0.75	100L		16	60	215	180	250	14.5	4	196	191	147	78.5	50	157
—	3	—	1.1			16	60	215	180	250	14.5	4	196	191	147	78.5	50	157
4	4	2.2	1.5	112M	15	60	215	180	250	14.5	4	218	198.5	147	78.5	50	164.5	
5.5	5.5	3	2.2	132S	3	16	80	265	230	300	14.5	4	258	216	147	78.5	50	182
7.5	—	—	—			16	80	265	230	300	14.5	4	258	216	147	78.5	50	182
—	7.5	4	3	132M		16	80	265	230	300	14.5	4	258	216	147	78.5	50	182
—	—	5.5	—			16	80	265	230	300	14.5	4	258	216	147	78.5	50	182

- Note :
1. Tolerance of Shaft End Diameter D : j6
 2. Tolerance of N : j6
 3. Tolerance of shaft end diameter D : $\psi 38:k6$.
 4. Tolerance of N : j6.

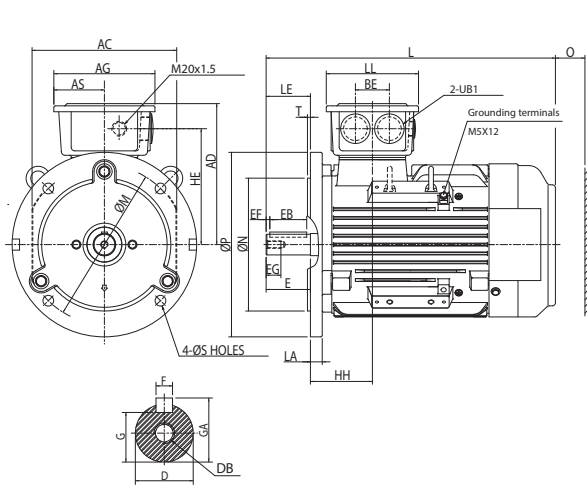


FIG. 2

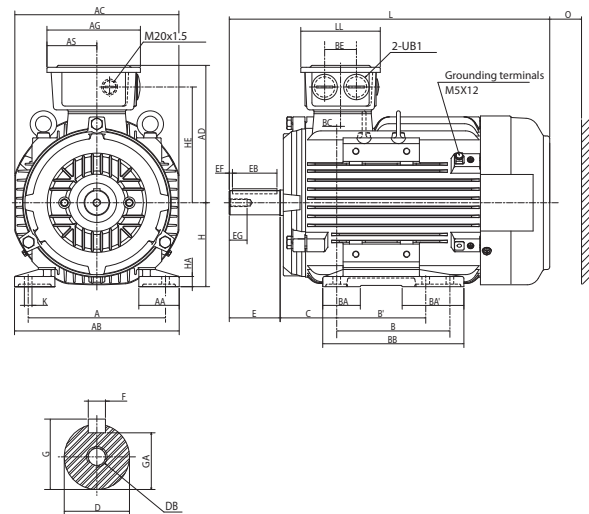


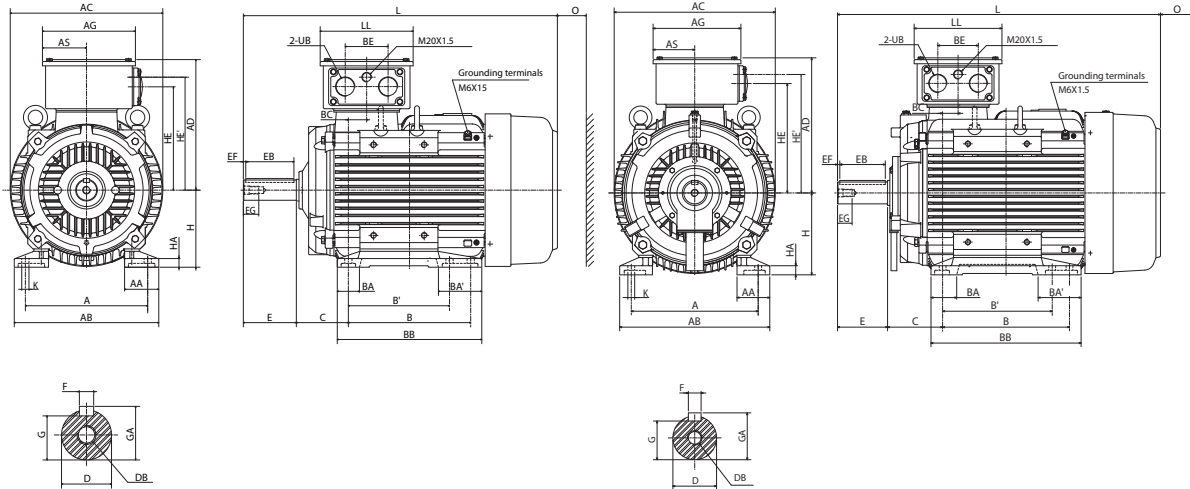
FIG. 3

Dimension in mm

HH	L	LL	O	UB1	SHAFT EXTENSION									BEARING	
					D	E	EB	EF	EG	F	G	GA	DB	DRIVE END	OPPOSITE
68.5	293	115	40	M25X1.5	19	40	32	4	16	6	15.5	21.5	M6	6204ZCC3	6204ZCC3
92	344.5	115	40	M25X1.5	24	50	40	5	19	8	20	27	M8	6205ZCC3	6205ZCC3
92	369.5	115	40	M32X1.5	24	50	40	5	19	8	20	27	M8	6205ZCC3	6205ZCC3
84	392	125	50	M32X1.5	28	60	50	5	22	8	24	31	M10	6206ZCC3	6206ZCC3
98	412.5	125	50	M25X1.5	28	60	50	5	22	8	24	31	M10	6306ZCC3	6306ZCC3
95	466	125	50	M32X1.5	38	80	70	5	28	10	33	41	M12	6308ZCC3	6306ZCC3
95	504	125	50	M32X1.5	38	80	70	5	28	10	33	41	M12	6308ZCC3	6306ZCC3

IE2

IE3

DIMENSION**Horizontal Flange Mounting B5 (IM 3001)****Vertical Flange Mounted, Shaft Down V1 (IM 3011)****TYPE: AESU2E, AESU3E****FIG. 4****FIG. 5**

Dimension in mm

Output (kW)				FRAME SIZE	FIG. NO.	FLANGE DIMENSION							AC	AD	AG	AS	BE	HE	HE'
2P	4P	6P	8P			LA	LE	M	N	P	S	T							
11 15	11	7.5	4 5.5	160M	4	15	110	300	250	350	18.5	5	317	271	193	91.5	89	215	234.5
18.5	15	11	7.5	160L		15	110	300	250	350	18.5	5	317	271	193	91.5	89	215	234.5
22	18.5	—	—	180M	5	15	110	300	250	350	18.5	5	354	297	193	91.5	89	241	260.5
—	22	15	11	180L		15	110	300	250	350	18.5	5	354	297	193	91.5	89	241	260.5
30 37	30	18.5 22	15	200L	6	17	110	350	300	400	18.5	5	398	330	231	110.5	106	262	289
—	37	—	18.5	225SC	7	20	140	400	350	450	18.5	5	449	356	231	110.5	106	288	315
45	—	—	—	225MA		20	110	400	350	450	18.5	5	449	356	231	110.5	106	288	315
—	45	30	22	225MC		20	140	400	350	450	18.5	5	449	356	231	110.5	106	288	315
55	—	—	—	250MA		22	140	500	450	550	18.5	5	498	398	255	122.5	119	322	349
—	55	37	30	250MC		22	140	500	450	550	18.5	5	498	398	255	122.5	119	322	349

- Note :
1. Tolerance of shaft end diameter D : Under $\psi 42 \sim \psi 48$: k6.
 2. Tolerance of N : j6.
 3. Tolerance of shaft end diameter D : Under $\psi 55 \sim \psi 65$: m6.
 4. Tolerance of N : j6.

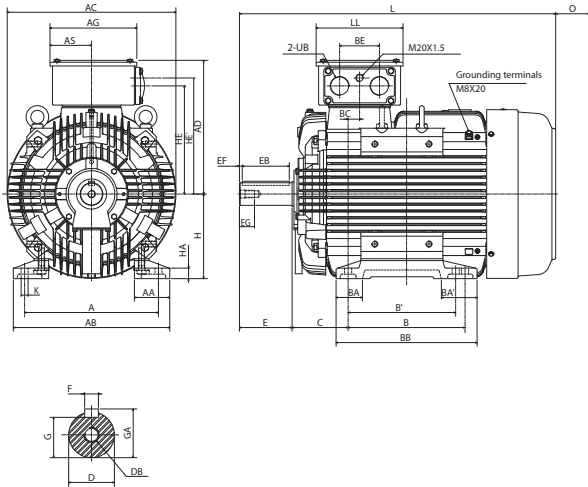


FIG. 6

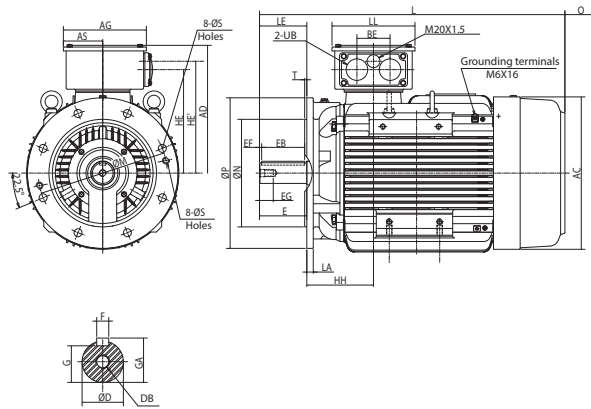


FIG. 7

Dimension in mm

HH	L	LL	O	UB	SHAFT EXTENSION								BEARING		
					D	E	EB	EF	EG	F	G	GA	DB	DRIVE END	OPPOSITE DRIVE END
146	608	193	60	M40 x 1.5	42	110	100	5	32	12	37.0	45.0	M16	6309ZC3	6307ZC3
146	652	193	60	M40 x 1.5	42	110	100	5	32	12	37.0	45.0	M16	6309ZC3	6307ZC3
155	672	193	70	M40 x 1.5	48	110	100	5	32	14	42.5	51.5	M16	6311C3	6310C3
155	710	193	70	M40 x 1.5	48	110	100	5	32	14	42.5	51.5	M16	6311C3	6310C3
193	770	231	80	M50 x 1.5	55	110	100	5.0	42	16	49	59	M20	6312C3	6212C3
179.5	816	231	90	M50 x 1.5	60	140	125	7.5	42	18	53	64	M20	6313C3	6213C3
179.5	811	231	90	M50 x 1.5	55	110	100	5.0	42	16	49	59	M20	6312C3	6212C3
179.5	841	231	90	M50 x 1.5	60	140	125	7.5	42	18	53	64	M20	6313C3	6213C3
213.5	921	255	105	M63 x 1.5	60	140	125	7.5	42	18	53	64	M20	6313C3	6313C3
213.5	921	255	105	M63 x 1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6315C3	6313C3

DIMENSION
Horizontal Flange Mounting B5 (IM 3001)
Vertical Flange Mounted, Shaft Down V1 (IM 3011)
TYPE: AESU2E, AESU3E

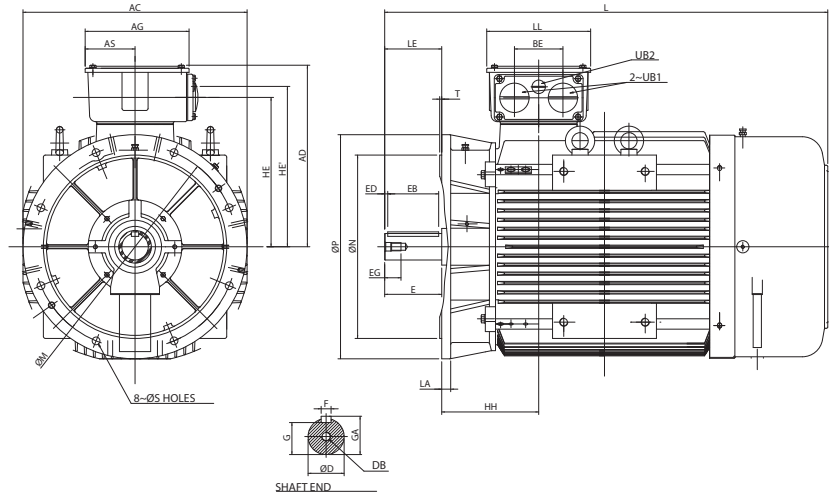


FIG. 8

Dimension in mm

Output (kW)				FRAME SIZE	FIG. NO.	FLANGE DIMENSION								AC	AD	AG	AS	BE	HE	HE'	HH	L	LL	O
2P	4P	6P	8P			LA	LE	M	N	P	S	T												
75	—	—	—	280SA	8	22	140	500	450	550	18.5	5	550	446	255	122.5	119	367	394	238	1037.5	255	140	
—	75	45	37	280SB		22	140	500	450	550	18.5	5	550	446	255	122.5	119	367	394	238	1037.5	255	140	
—	75	45	37	280SC		22	140	500	450	550	18.5	5	550	446	255	122.5	119	367	394	238	1037.5	255	140	
90	—	—	—	280MA		22	140	500	450	550	18.5	5	550	446	255	122.5	119	367	394	238	1087.5	255	140	
—	90	55	45	280MB		22	140	500	450	550	18.5	5	550	446	255	122.5	119	367	394	238	1087.5	255	140	
—	90	55	45	280MC		22	140	500	450	550	18.5	5	550	446	255	122.5	119	367	394	238	1087.5	255	140	
110	—	—	—	315SA	9	25	140	600	550	660	24	6	660	527	336	163	140	430	460	269	1216	322	180	
—	110	75	55	315SB		25	170	600	550	660	24	6	660	527	336	163	140	430	460	269	1246	322	180	
—	110	75	55	315SC		25	170	600	550	660	24	6	660	527	336	163	140	430	460	269	1246	322	180	
132 160	—	—	—	315MA		25	140	600	550	660	24	6	660	527	336	163	140	430	460	269	1266	322	180	
—	132 160	90 110	75	315MB		25	170	600	550	660	24	6	660	527	336	163	140	430	460	269	1296	322	180	
—	132 160	90 110	75	315MC		25	170	600	550	660	24	6	660	527	336	163	140	430	460	269	1296	322	180	

- Note :
1. Tolerance of Shaft End Diameter D : m6
 2. Tolerance of Key Width F : h9
 3. Tolerance of Shaft End Diameter D : m6
 4. Tolerance of Key Width F : h9

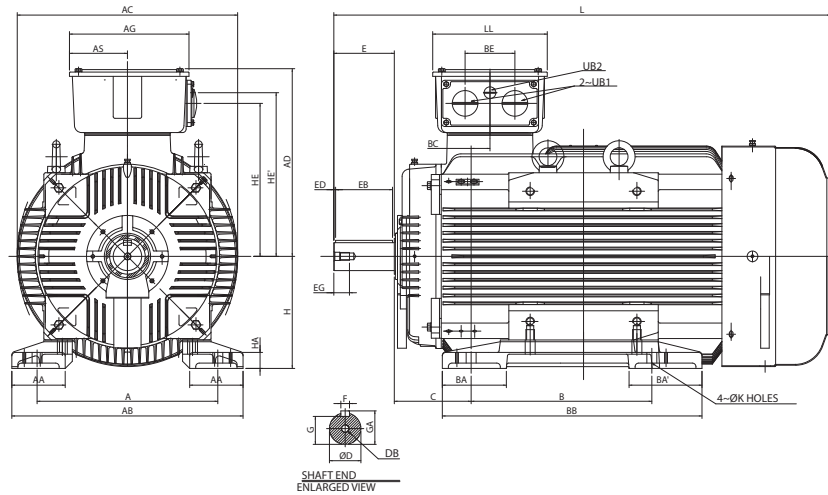


FIG. 9

Dimension in mm

UB1	UB2	SHAFT EXTENSION									BEARING	
		D	E	EB	ED	EG	F	G	GA	DB	DRIVE END	OPPOSITE DRIVE END
M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	6318C3	6316C3
M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	NU318	6316C3
M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	6318C3	6316C3
M63X1.5	M20X1.5	75	140	125	7.5	42	20	67.5	79.5	M20	NU318	6316C3
M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	6320C3	6316C3
M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	NU320	6316C3
M63X1.5	M20X1.5	65	140	125	7.5	42	18	58	69	M20	6316C3	6314C3
M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	6320C3	6316C3
M63X1.5	M20X1.5	80	170	160	5	42	22	71	85	M20	NU320	6316C3

SPECIFICATION TABLE

IE3 EFFICIENCY 3-PHASE INDUCTION MOTORS

TYPE: AESV3E, AESU3E

	ITEM	STANDARD SPECIFICATION
RATING	Kind of Motors	Squirrel - Cage Induction Motors (SCIM) .
	Design Standards	IEC 60034, IEC 60072 .
	Voltages	230V, 265V, 400V, 460V, 690V .
	Frequency	50Hz or 60Hz .
	Output Range	0.37 kW ~ 315 kW (50Hz) or 0.43 kW ~ 362 kW (60Hz) .
	R.P.M. (Syn.)	3000 ~ 750 R.P.M. (2 ~ 8 Poles) or 3600 ~ 900 R.P.M. (2 ~ 8 Poles) .
	Time Duty	Continuous. S1 , S.F. : 1.0 .
	Frame Nos.	80M ~ 315D .
	Protection Enclosure	Totally Enclosed (IP 55) .
	Cooling Method	Self External Fan, Surface Cooling (IC 411) .
APPLICATION	Mounting	Horizontal Foot Mounted B3 (IM 1001) . Horizontal Flange Mounted B5 (IM 3001) . Horizontal Foot And Flange Mounted B35 (IM 2001) . Vertical Flange Mounted , Shaft Down V1 (IM 3011) .
	Environment Conditions	Place : Shadow, Non-Hazardous. Ambient Temperature : -20 ~ 40°C . Relative Humidity : Less Than 90%RH (Non-Condensation) . Altitude : Less Than 1,000 Meters .
	Power Source Conditions	Voltage : ±10%, Frequency : ±5%, and 10% Max. of Combined Voltage and Frequency. But Frequency Variation Does Not Exceed ±5% .
	Method of Starting	Full Voltage Direct On Line or Y - Δ Starting .
	Drive Method	Belt Service , However , 2 Pole 22 kW and Up Coupling Service is the Way .
	Direction of Rotation	Bi-Directional .
	Bearing	Bracket Mounting , Vacuum De - Gassed High Quality Open Bearings for Frame Nos. 180M ~ 315D, Grease Pre - Packed Shielded Rolling Bearings for the Others .
	Lead Terminal	Solderless Lug Terminals .
	Terminal Box	Cast iron, Can be Rotated Each 90° With Conduit Hole for Cable Entrance . The Terminal Box is Usually Placed on The Top of The Frame and The Cables Could be Let Out from Four Possible Directions .
	Stator Insulation	Class F Insulation System .
	Painting	Phenolic Rust Proof Base Plus Lacquer Surface Finished Painting in Pebble - Gray Color (Munsell 5Y 7.5/1) (RAL 7032) .
	Bolt Thread	ISO Metric System (Strength Catagory 8.8T) .
	Grounding Terminal	Two Terminals . One at inside of Terminal Box and Another One At Outside Of Frame .
PERFORMANCE	Test Procedure	IEC 60034-2-1 And Full Voltage Measuring Starting Performance .
	Winding Temperature Rise	Not to Exceed 80°C Rise by Resistance Method at S.F 1.0 Operation .
	Over Speed	120% Syn. R.P.M. for 2 Min .
	Over Torque	160% Rated Torque for 15 Sec .

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV3E / AESU3E

IE3

TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0

400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N•m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
0.5	0.37	920	80M	70.0	69.0	64.8	49.9	65.0	54.5	41.5	27.5	1.17	5	3.835	230	210	250	0.010	18.0
0.75	0.55	1430	80M	79.0	77.9	74.7	62.8	69.0	58.5	44.5	27.5	1.46	9	3.667	300	270	320	0.010	17.5
		905	80M	70.0	69.7	66.2	52.1	69.0	58.0	44.5	29.0	1.64	6	5.795	210	195	250	0.012	19.5
1	0.75	2875	80M	80.7	78.3	75.1	63.0	84.5	78.0	66.5	46.5	1.59	12	2.487	280	275	335	0.006	17.5
		1410	80M	82.5	81.8	79.7	71.6	73.5	64.0	50.0	31.5	1.79	11	5.072	315	290	335	0.013	20.5
		935	90S	78.9	80.6	79.4	72.3	71.0	62.5	49.0	30.5	1.93	9	7.649	210	190	250	0.022	27.5
1.5	1.1	2870	80M	82.7	83.0	81.3	73.8	85.0	78.5	66.5	45.0	2.26	18	3.655	300	295	350	0.007	19.5
		1430	90S	84.1	84.4	83.2	76.5	79.5	71.5	57.5	36.5	2.37	17	7.335	255	205	300	0.019	26.0
		930	90L	81.0	81.2	80.5	74.4	72.0	63.5	50.0	31.0	2.72	13	11.28	210	185	240	0.026	30.0
2	1.5	2850	90S	84.2	85.4	85.8	81.0	90.5	87.0	78.0	57.5	2.84	22	5.019	220	210	300	0.012	25.0
		1435	90L	85.3	84.1	82.2	74.3	75.0	65.5	51.5	31.5	3.38	26	9.967	300	235	335	0.023	28.0
		950	100L	82.5	82.9	81.5	73.9	72.5	65.0	52.0	33.0	3.62	18	15.06	210	175	250	0.058	41.0
3	2.2	2860	90L	85.9	86.7	86.8	82.2	89.5	85.0	75.5	53.5	4.13	35	7.335	245	235	315	0.014	28.0
		1450	100L	86.7	87.3	86.9	80.2	81.0	73.5	60.5	37.5	4.52	33	14.47	210	160	300	0.045	38.0
		960	112M	84.3	84.3	82.2	74.0	67.0	59.0	47.0	29.0	5.62	29	21.85	190	180	280	0.083	52.5
4	3	2855	100L	87.1	88.3	88.4	84.9	90.0	86.5	78.5	58.5	5.52	48	10.02	325	310	355	0.025	38.0
		1455	100L	87.7	87.7	86.2	78.9	78.0	70.5	57.5	36.5	6.33	49	19.66	250	240	335	0.052	40.5
		970	132S	85.6	86.1	85.1	79.9	79.5	73.0	60.0	38.0	6.36	41	29.49	195	170	300	0.154	74.0
5.5	4	2875	112M	88.1	89.0	88.9	85.5	91.0	87.5	80.0	61.0	7.20	69	13.27	270	250	360	0.046	50.0
		1445	112M	88.6	88.4	87.9	83.0	82.0	76.5	65.5	43.5	7.95	57	26.40	245	205	300	0.083	54.0
		970	132M	86.8	87.2	86.3	81.5	79.5	72.5	60.0	37.5	8.37	57	39.32	200	185	310	0.205	84.0
7.5	5.5	2930	132S	89.2	89.8	89.5	85.5	88.5	86.0	79.5	58.0	10.1	80	17.90	210	205	340	0.075	70.5
		1455	132S	89.6	90.4	90.3	86.9	85.5	81.0	70.5	49.0	10.4	77	36.04	240	200	300	0.132	74.5
		970	132M	88.0	88.0	86.2	79.4	73.5	65.5	52.0	31.5	12.3	88	54.07	210	205	345	0.216	87.0
10	7.5	2920	132S	90.1	90.9	90.8	87.7	87.0	84.5	77.5	58.5	13.8	100	24.49	210	195	315	0.081	75.0
		1460	132M	90.4	90.9	90.6	87.2	84.5	79.5	69.0	46.0	14.2	110	48.98	270	225	330	0.172	85.0
		970	160M	90.0	91.0	90.0	85.0	79.0	73.0	61.0	39.0	15.2	110	73.73	235	210	300	0.483	110
15	11	2935	160M	91.5	92.5	92.5	89.5	90.0	89.0	83.5	69.5	19.3	150	35.74	230	185	300	0.183	110
		1460	160M	91.4	92.0	91.5	88.0	84.0	80.0	70.0	49.0	20.7	160	71.84	230	185	300	0.366	133
		970	160L	90.3	91.0	90.5	86.0	78.0	72.0	60.5	38.0	22.5	170	108.1	295	255	300	0.628	138
20	15	2935	160M	91.9	92.0	92.0	88.0	89.0	85.5	77.5	57.5	26.5	230	48.73	275	230	330	0.205	120
		1460	160L	92.1	92.5	92.5	89.0	84.5	81.0	71.0	49.0	27.8	225	97.97	250	195	300	0.460	138
		970	180L	91.2	92.0	92.0	89.5	82.0	78.0	68.0	46.0	29.0	200	147.5	215	165	255	1.337	205
25	18.5	2930	160L	92.4	93.0	93.0	91.0	90.0	89.5	84.0	67.5	32.1	260	60.21	245	200	300	0.237	137
		1475	180M	92.6	94.0	93.0	90.0	81.5	77.0	69.5	46.0	35.4	270	119.6	215	160	280	0.704	183
		975	200L	92.0	93.0	93.0	90.0	80.5	76.0	66.5	44.0	36.1	260	180.9	220	185	265	1.829	263
30	22	2940	180M	93.0	93.0	93.0	89.0	87.0	85.0	77.0	53.0	39.2	300	71.35	225	180	300	0.283	178
		1475	180L	93.0	93.5	93.0	90.0	81.0	77.0	71.0	46.5	42.2	315	142.2	210	145	275	0.789	199
		975	200L	92.2	93.0	93.5	91.0	81.5	77.0	68.0	45.0	42.3	305	215.2	210	185	265	2.078	283



IE3

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV3E / AESU3E

TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0

400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	KW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N•m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
40	30	2950	200L	93.3	93.5	92.5	91.5	90.0	90.0	86.5	74.0	51.6	400	96.97	200	145	300	0.602	276
		1470	200L	94.1	95.0	95.0	93.0	86.0	84.5	77.0	56.0	53.5	445	194.6	250	205	300	1.451	266
		980	225M	93.0	94.0	94.0	91.0	83.5	80.0	76.5	53.0	55.8	335	291.9	210	160	240	3.023	343
50	37	2955	200L	94.0	95.0	94.5	92.5	91.0	90.5	87.0	75.0	62.4	510	119.4	210	145	300	0.753	302
		1480	225S	94.1	95.0	94.5	92.0	85.5	82.0	73.0	50.0	66.4	505	238.4	210	175	300	1.896	333
		980	250M	93.3	94.0	94.0	91.0	85.0	81.5	75.0	52.0	67.3	490	360.0	230	200	280	4.194	458
60	45	2960	225M	94.0	94.0	93.5	90.0	91.0	91.0	88.0	70.5	75.9	615	145.0	170	140	300	1.187	333
		1480	225M	94.5	95.0	94.5	92.0	84.5	79.5	70.0	47.0	81.3	600	289.9	210	175	300	1.979	368
		980	280S	93.7	93.7	93.0	90.5	85.0	82.0	73.5	52.0	81.6	530	438.5	140	125	230	7.600	675
75	55	2970	250M	95.0	95.0	95.0	92.0	91.5	90.0	86.5	72.0	91.3	735	176.6	165	130	315	1.544	456
		1485	250M	95.0	95.0	94.5	91.0	87.5	84.5	77.0	55.0	95.5	750	353.2	210	185	295	3.911	492
		980	280M	94.1	94.0	93.5	90.5	85.0	82.0	74.0	52.0	99.3	640	536.0	150	125	240	9.600	745
100	75	2965	280S	94.7	94.5	93.0	90.0	91.0	90.0	85.5	68.0	125.6	910	241.6	150	130	240	2.400	705
		1480	280S	95.0	95.0	94.2	91.8	89.0	87.5	82.0	63.0	128.0	910	482.6	160	135	250	6.400	710
		985	315S	94.6	94.5	93.7	90.5	84.5	81.5	73.0	51.0	135.4	900	727.2	160	135	240	14.80	985
125	90	2970	280M	95.0	95.0	94.6	91.5	90.5	89.0	83.0	63.5	151.1	1100	289.4	150	135	240	2.800	740
		1480	280M	95.2	95.0	94.5	91.5	88.5	87.0	81.0	61.5	154.2	1100	580.7	180	150	250	7.200	755
		985	315M	94.9	94.9	94.2	91.5	85.0	82.5	75.0	53.0	161.0	1030	872.6	160	130	230	16.80	1,055
150	110	2970	315S	95.2	95.0	94.3	90.5	90.5	89.0	85.0	67.5	184.3	1335	353.7	150	125	240	4.800	970
		1480	315S	95.4	95.2	94.8	92.0	88.5	86.5	81.0	60.5	188.1	1360	709.8	160	135	250	11.60	1,080
		985	315M	95.1	95.0	94.5	91.5	84.0	80.0	70.5	48.5	198.8	1380	1066	170	140	250	20.40	1,170
175	132	2970	315M	95.4	95.2	94.8	92.0	91.0	90.5	88.0	74.0	219.5	1500	424.4	130	120	230	5.200	1,025
		1480	315M	95.6	95.5	94.8	92.0	88.5	87.5	85.0	70.0	225.2	1500	851.8	150	125	230	12.40	1,100
		985	315L	95.4	95.4	95.0	92.8	87.0	85.5	78.5	57.2	229.6	1500	1280	130	140	230	21.20	1,345
215	160	2975	315M	95.6	95.5	94.8	92.0	92.0	91.0	87.5	72.0	262.6	1890	513.6	130	125	240	5.200	1,075
		1482	315M	95.8	95.8	95.0	92.5	90.0	89.0	83.5	65.0	267.9	1850	1031	125	105	230	12.00	1,220
		985	315L	95.6	95.6	95.0	93.8	87.0	85.0	78.0	56.5	277.7	1860	1551	130	110	230	23.20	1,435
270	200	2975	315L	95.8	95.8	95.5	92.6	92.0	91.5	90.0	77.0	327.5	2320	642.0	130	100	240	6.800	1,270
		1482	315L	96.0	95.8	95.3	93.2	90.0	89.5	85.0	67.0	334.1	2270	1289	130	105	230	15.20	1,400
		985	315D	95.8	95.8	95.4	93.5	88.0	86.5	80.0	60.0	342.4	2450	1939	150	130	240	43.60	1,930
335	250	2975	315D	95.8	95.8	94.8	91.5	91.5	91.0	88.5	76.0	411.7	2850	802.5	140	120	250	10.40	1,765
		1485	315D	96.0	95.8	95.0	92.6	91.0	90.0	88.0	75.0	413.1	2950	1608	130	125	240	29.20	1,990
		985	315D	95.8	96.0	95.5	94.2	88.0	86.0	80.5	60.0	428.0	3040	2424	150	130	230	46.00	2,010
420	315	2970	315D	95.8	95.5	94.7	91.5	92.0	91.5	90.5	80.0	515.9	3760	1013	130	105	240	11.60	1,885
		1485	315D	96.0	96.0	95.5	93.5	91.5	91.0	89.0	75.5	517.6	3800	2026	120	100	240	34.00	2,110

- Note :
1. The above are typical values based on test according to IEC 60034-2-1.
 2. Tolerance according to IEC 60034-1.
 3. Efficiency, power factor, speed and torque are the same for other voltages.
Current values vary inversely with voltage.
 4. 0.55 kW and below : Efficiency per TECO performance standard.
 5. Data subject to change without notice.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV3E / AESU3E
**TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0
S.F. 1.0 50HZ 400V WINDING USED ON SF1.15 60HZ 460V**
460V

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N•m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
0.58	0.43	1120	80M	76.0	76.4	73.1	59.5	64.5	55.0	42.5	27.0	1.10	5	3.667	225	220	255	0.010	18.0
0.84	0.63	1725	80M	80.0	78.8	74.3	61.3	70.0	62.5	48.0	30.5	1.41	9	3.488	325	295	355	0.010	17.5
		1110	80M	76.0	76.4	73.5	60.2	66.5	57.0	44.0	28.0	1.56	7	5.420	210	205	240	0.012	19.5
1.15	0.86	3480	80M	81.6	80.5	76.7	65.1	84.0	78.0	67.0	48.0	1.57	14	2.360	295	285	370	0.006	17.5
		1710	80M	84.0	83.6	81.4	73.6	74.0	65.0	51.0	32.0	1.74	12	4.803	370	340	355	0.013	20.5
1.7	1.27	3470	80M	84.0	83.9	81.6	72.9	85.5	79.5	68.0	47.0	2.22	19	3.495	320	310	365	0.007	19.5
		1730	90S	85.5	86.1	84.6	78.0	78.0	70.5	57.5	37.5	2.39	17	7.011	250	195	300	0.019	26.0
		1130	90L	82.5	83.3	82.6	77.3	72.0	64.0	50.5	31.5	2.68	13	10.73	185	165	235	0.026	30.0
2.32	1.73	3455	90S	85.5	86.7	86.5	81.5	90.0	86.0	77.5	58.0	2.82	23	4.782	295	210	300	0.012	25.0
		1735	90L	85.5	85.7	83.9	76.9	75.5	67.0	53.0	33.0	3.36	25	9.522	280	220	330	0.023	28.0
		1150	100L	84.0	84.2	82.7	75.5	73.0	65.5	53.0	34.0	3.54	18	14.37	200	155	240	0.058	41.0
3.39	2.53	3460	90L	86.5	87.4	87.0	82.3	89.5	85.5	76.5	55.0	4.10	38	6.983	320	235	315	0.014	28.0
		1760	100L	88.5	88.1	86.9	79.2	74.5	65.5	52.0	32.0	4.82	41	13.73	245	195	350	0.045	38.0
		1155	112M	86.5	86.5	84.7	77.5	67.5	60.0	48.0	30.0	5.44	28	20.92	165	160	270	0.083	52.5
4.62	3.45	3450	100L	88.5	89.4	89.2	84.6	90.0	87.5	80.0	51.5	5.44	47	9.550	295	285	335	0.025	38.0
		1750	100L	88.5	88.5	87.1	80.7	79.5	72.5	60.0	38.5	6.15	50	18.83	225	220	340	0.052	40.5
		1165	132S	89.5	89.5	88.1	82.7	77.0	70.0	57.5	37.0	6.28	41	28.28	190	165	300	0.154	74.0
6.17	4.6	3470	112M	89.5	90.2	89.9	85.7	91.5	88.5	81.5	62.5	7.05	68	12.66	255	250	325	0.046	50.0
		1740	112M	88.5	89.2	88.8	84.3	82.0	77.5	67.0	45.5	7.96	57	25.25	220	175	300	0.083	54.0
		1170	132M	90.2	90.4	88.9	83.8	77.5	70.5	57.5	37.0	8.26	61	37.55	210	170	300	0.205	84.0
8.49	6.33	3530	132S	89.5	89.7	88.9	84.2	87.5	85.0	78.5	60.0	10.1	79	17.13	210	205	300	0.075	70.5
		1755	132S	91.7	92.1	91.9	88.0	85.5	81.0	71.0	48.5	10.1	78	34.45	255	205	330	0.132	74.5
		1170	132M	90.2	90.0	88.6	82.6	74.5	67.0	53.5	33.0	11.8	87	51.67	210	185	330	0.216	87.0
11.5	8.6	3520	132S	90.2	90.7	90.2	86.8	87.5	85.5	79.0	62.0	13.7	100	23.33	210	200	300	0.081	75.0
		1760	132M	91.7	92.2	91.9	88.7	85.5	81.0	71.0	49.0	13.8	113	46.66	285	235	350	0.172	85.0
		1170	160M	91.0	91.5	91.0	86.4	80.0	75.0	64.5	42.5	14.8	110	70.20	235	210	300	0.483	110
17	12.7	3525	160M	91.0	91.0	90.1	85.0	92.0	91.0	87.5	75.0	19.0	155	34.41	215	190	300	0.183	110
		1760	160M	92.4	93.0	92.9	90.1	87.0	84.0	76.0	55.0	19.8	165	68.91	255	240	355	0.366	133
		1170	160L	91.7	92.0	91.7	87.4	81.0	76.0	65.5	42.0	21.5	171	103.7	245	220	300	0.628	138
23	17.3	3535	160M	91.7	92.0	91.5	87.3	91.0	89.0	84.0	66.0	26.0	225	46.74	305	255	340	0.205	120
		1755	160L	93.0	93.5	93.4	90.9	87.0	84.0	76.0	55.0	26.8	225	94.14	285	280	385	0.460	138
		1165	180L	91.7	92.3	92.6	89.7	83.5	80.5	73.0	51.0	28.4	205	141.8	225	200	280	1.337	205
28.5	21.3	3525	160L	91.7	92.4	92.3	89.0	93.0	90.5	86.5	72.0	31.3	265	57.71	255	210	300	0.237	137
		1770	180M	93.6	94.0	93.5	90.1	82.5	79.0	71.0	49.5	34.6	265	114.9	230	225	355	0.704	183
		1175	200L	93.0	93.4	93.3	90.0	82.0	78.0	69.5	48.0	35.1	270	173.1	255	195	260	1.829	263
34	25.3	3540	180M	91.7	92.0	91.3	87.7	90.5	86.0	79.0	60.0	38.3	311	68.25	250	200	300	0.283	178
		1770	180L	93.6	94.0	93.5	90.3	82.0	79.0	71.0	49.0	41.4	310	136.5	235	230	355	0.789	199
		1175	200L	93.0	93.5	93.5	90.5	82.0	79.0	71.0	49.0	41.6	320	205.6	245	190	250	2.078	283



IE3

ELECTRICAL CHARACTERISTICS - AESV3E / AESU3E

**TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0
S.F. 1.0 50HZ 400V WINDING USED ON SF1.15 60HZ 460V**

460V

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD2 kg-m2	APPROX. WEIGHT kg
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N·m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
46	34.5	3545	200L	93.0	92.9	92.0	87.5	91.0	90.5	88.0	78.0	51.2	400	92.94	200	160	220	0.602	276
		1770	200L	94.1*	94.5	94.3	92.3	89.0	87.0	81.5	64.5	51.7	410	186.1	210	195	300	1.451	266
		1175	225M	93.0*	93.7	93.7	90.6	87.0	86.0	81.0	61.0	53.5	340	280.4	175	120	210	3.023	343
57	42.6	3550	200L	93.6	93.8	93.6	90.2	91.0	91.0	88.0	78.0	62.8	510	114.6	205	150	255	0.753	302
		1780	225S	94.5*	94.7	94.1	90.4	86.0	83.0	75.5	54.0	65.8	510	228.6	210	190	310	1.896	333
		1180	250M	94.1*	94.3	94.0	90.7	87.5	86.0	80.0	59.0	64.9	500	344.8	220	195	250	4.194	458
69.5	51.8	3560	225M	93.6	93.6	92.8	88.4	93.0	93.0	92.5	80.0	74.7	620	139.0	180	175	300	1.187	333
		1775	225M	94.5*	94.5	94.1	90.9	86.0	83.5	76.5	55.5	80.0	620	278.7	235	200	295	1.979	368
		1185	280S	94.5	94.5	93.5	90.5	85.0	83.0	76.0	55.0	80.9	500	417.5	150	125	260	7.600	675
84.5	63	3565	250M	93.6	93.9	93.3	90.8	92.5	92.0	88.5	75.5	91.3	740	168.8	210	160	300	1.544	456
		1780	250M	95.0*	95.0	94.2	90.6	88.0	85.5	78.5	57.0	94.6	755	338.0	240	205	300	3.911	492
		1185	280M	94.6	94.5	93.5	90.6	85.2	83.0	76.0	55.0	98.1	632	507.7	160	135	270	9.600	745
115	86	3570	280S	94.5*	94.5	93.8	90.8	91.0	90.0	86.0	69.0	125.5	870	230.1	120	100	300	2.400	705
		1780	280S	95.4	95.4	94.2	91.0	89.5	88.5	84.0	67.0	126.4	870	461.4	170	145	260	6.400	710
		1185	315S	95.0	95.0	93.6	90.8	85.5	83.0	76.5	55.5	132.9	900	693.1	180	155	260	14.80	985
140	104	3570	280M	95.0	95.0	94.4	91.0	91.0	90.0	85.0	68.0	151.0	1130	278.2	140	115	310	2.800	740
		1780	280M	95.4*	95.4	94.5	91.5	89.5	88.5	84.0	67.0	152.9	1100	558.0	180	155	260	7.200	755
		1185	315M	95.2*	95.0	94.0	91.0	85.5	84.0	77.5	57.0	160.4	1100	838.1	180	155	240	16.80	1,055
170	127	3575	315S	95.2	95.2	94.5	91.0	91.0	90.0	85.5	69.0	184.0	1340	339.3	130	105	300	4.800	970
		1785	315S	95.8	95.7	94.5	91.5	89.5	88.5	82.5	64.5	185.9	1390	679.5	180	155	280	11.60	1,080
		1188	315M	95.8	95.8	94.2	91.5	85.5	83.0	76.0	54.0	194.6	1390	1021	210	185	270	20.40	1,170
204	152	3575	315M	95.6	95.5	94.8	91.5	91.5	91.0	88.0	74.0	218.1	1490	406	130	105	280	5.200	1,025
		1783	315M	95.8*	95.5	94.5	91.5	89.5	89.0	86.0	72.0	222.5	1385	814	150	125	230	12.40	1,100
		1188	315L	95.8	95.8	94.5	91.5	87.5	85.5	80.0	60.5	227.6	1480	1222	110	115	230	21.20	1,345
247	184	3577	315M	95.8	95.6	94.5	91.5	92.0	91.5	88.5	75.0	262.0	1835	491	110	115	270	5.200	1,075
		1785	315M	96.2	96.0	94.6	92.0	90.5	90.0	86.0	70.0	265.3	1840	984	110	115	240	12.00	1,220
		1188	315L	95.9	96.0	94.6	92.0	87.5	86.0	80.0	60.5	275.2	1805	1479	110	115	230	23.20	1,435
308	230	3578	315L	95.8	95.6	94.5	91.5	92.5	92.0	90.5	80.0	325.8	2250	613.9	110	115	250	6.800	1,270
		1788	315L	96.2	96.0	94.8	92.0	91.0	90.5	87.0	72.0	329.8	2210	1228	110	115	230	15.20	1,400
		1188	315D	96.0	96.0	94.8	92.0	88.0	86.5	81.0	61.0	341.7	2435	1849	130	138	240	43.60	1,930
385	288	3578	315D	95.8	95.6	94.5	91.5	92.5	92.0	91.0	81.0	407.9	2950	768.7	110	115	260	10.40	1,765
		1788	315D	96.2	96.0	95.0	92.2	91.5	91.0	89.0	75.0	410.7	3060	1538	110	115	240	29.20	1,990
		1188	315D	96.0	96.0	95.0	92.2	88.0	87.0	81.5	62.0	427.9	3060	2315	120	126	230	46.00	2,010
485	362	3578	315D	96.0	95.8	94.6	91.5	93.0	92.5	91.5	82.0	508.9	3740	966	110	115	260	11.60	1,885
		1788	315D	96.0*	95.8	95.0	92.2	92.0	91.5	89.5	77.0	514.5	3835	1934	110	115	250	34.00	2,110

- Note : 1. The above are typical values based on test according to IEC 60034-2-1.
 2. Tolerance according to IEC 60034-1.
 3. Efficiency, power factor, speed and torque are the same for other voltages.
 Current values vary inversely with voltage.
 4. (*) Efficiency, per TECO performance standard (Not IE3).
 5. 0.63 kW and below : Efficiency per TECO performance standard.
 6. Data subject to change without notice.

HEAD OFFICE

TECO Electric & Machinery Co., Ltd
10F No.3-1, Yuan Cyu st.
Nan-kang Taipei 115
Taiwan ROC
TEL: +886 2 6615 9111
www.teco.com.tw/fa

UNITED STATES

TECO-Westinghouse Motor Company
5100 N IH-35
Round Rock Texas 78681 USA
Tel: +1 512 225 4141
+1 800 451 8798
Fax: +1 512 244 5512
Toll Free: +1 800 451 8798
www.tecowestinghouse.com

CANADA

TECO-Westinghouse Motors Inc. (Canada)
18060-109 Avenue, Edmonton, Alberta
T5S 2K2 Canada
Tel: +1 (780) 444 8933
Fax: +1 (780) 486 4575
24 HR Emergency ph:
+1 (780) 994 8964
Toll Free: +1 800 661 4023
Fax Toll Free: +1 888 USE TWMI
E-mail: webm@twmi.com
www.twmi.com

MEXICO

TECO Westinghouse Motor Company
S.A. de C.V.
Circuito Mexiamora Poniente No. 321
Col. Puerto Interior,
Parque Santa Fe CP 36275
Silao, Guanajuato., México
Tel: +52 (472) 748 9016 al 20
E-mail: ventas@tecowestinghouse.com

NETHERLANDS

Teco Electric & Machinery B.V.
Rivium 3e Straat 17
2909 LH Capelle a/d IJssel
The Netherlands
Tel: +31 (0)10 266 6633
Fax: +31 (0) 10 202 6415
E-mail:enquiries@teco-group.eu
www.teco-group.eu

UNITED KINGDOM

TECO ELECTRIC EUROPE LTD
7 Dakota Avenue, Salford M50 2PU
United Kingdom
Tel: +44 161 877 8025
Fax: +44 161 877 8030
www.teco-group.eu

GERMANY

TECO Electric and Machinery GmbH
Poststrasse 6
37441 Bad Sachsa, Germany
Tel: +49 (0) 5523 95340
Fax: +49 (0) 5523 9534 24
E-mail: postmaster@teco-westinghouse.de
www.teco-group.eu

SPAIN

C/Apostol Santiago, 38, 1 -1,
28017 Madrid
Spain
Tel: +34 91 326 30 91
Fax: +34 91 326 30 91
www.teco-group.eu

MIDDLE EAST

Teco Middle East Electric & Machinery Co., Ltd.
2nd Industrial City, Dammam
PO Box #708, Dammam 31421
Kingdom of Saudi Arabia
Tel: +966 3 812 3939
Fax: +966 3 812 4823
Email: sales@teco-me.com

SAUDI ARABIA

Al Quraishi Electrical Services of S.A.
Al Quraishi Center, King Khalid Street,
P.O.Box 7386, Dammam-31462
Tel: +966 3 857-2537
Fax: +966 3 857-2541
Email : dannya@aqesa.com
www.aqesa.com

IRA N, AZERBAIJAN & ARMENIA

ATLAS DIBA Engineering & Trade Co.
No.3, Fakouri St., South Kadj Ave.
Golha Sq., Fatemi, Tehran, Iran
Tel: +98 21 88 33 03 81-3
Fax: +98 21 88 33 03 84
Email : info@atlasdibaco.com
www.atlasdibaco.com

EGYPT

Amosl & Co.
38 Mossadak Street Dokki, Giza, Egypt
Tel: +202 333 79 744
Fax: +202 376 20 307

TUNISIA and ALGERIA

AFRICA COMPANY
Route de Tunis km 1,
rue Hassan hosni Abdelwaheb - Imm Dammak,
Mezzanine Sfax 3002 - Tunisia
Tel: +216-74436585, +216-74436585
Fax: +216-74436587

TURKEY

TECO Elektrik Turkey A.S.
Yesilkoy Mah. Ataturk Caddesi No:12/1
EGS Business Park; B1 Blok 3. Kat; Daire No:
173-174
34149 - Bakirkoy/ Istanbul TURKEY
Phone: +90 212 465 4540
Fax: +90 212 465 4599
Mobile : +90 553 461 4848

SOUTH AFRICA

TECO Electric & Machinery Co. Ltd
E-mail: manish@teco.com.tw

AUSTRALIA

Teco Australia Pty Ltd.
335-337 Woodpark Road
Smithfield NSW 2164 Australia
Tel: +61 2 9765 8118
Fax: 61-2-9604-9330
E-mail: emd@teco.com.au
www.teco.com.au

NEW ZEALAND

Teco New Zealand Pty Ltd.
Unit 3, 477 Great South Road
Penrose Auckland New Zealand
Tel: +64 9 526 8480
Fax: 64 9-526-8484
E-mail: philr@teco.co.nz

JAPAN

Sankyo Co., Ltd.
26th fl. World Trading Center Bldg.
2-4-1 Hamamatsucho Minato-ku
Tokyo Japan 105-6126
Tel: +81 3 3435 9729
Fax: +81 3 3578 8381
E-mail: s.mabuchi@teco-japan.com
Website:www.teco-japan.com

SINGAPORE

Teco Electric & Machinery(PTE)Ltd.
18 chin Bee Drive
Singapore 619865
Tel: +65 6 265 4622
E-mail: ds@teco.com.sg
www.teco.com.sg

INDONESIA

P.T. Teco Multiguna Elektro
JL Bandengan Utara No. 83/1-2-3
Jakarta Utara-14440 Indonesia
Tel: +62 21 662 2201
Fax: 62-21-6697029

INDIA

TECO Electric & Machinery Co., Ltd.
New Delhi Office
Phone: 91-11-22314654
Mobile: 91-9873390999
Contact: Vijay Sankar
E-mail: vijay@teco.com.sg

CHINA

Shanghai Office
Rm 321 Building No.6
Lane 1279 Zhongshan W. Rd.
Shanghai, P.R.C
Tel: +86 21 5116 8255
Fax: +86 21 6278 8761

Wuxi Teco Electric & Machinery Co., Ltd
No. 9 South of Changjiang Road,
New Zone, Wuxi
Jiangsu Province, P.R.C.
Tel: +86 510 8534 2005
Fax: +86 510 8534 2001
www.wuxiteco.com

Jiangxi Teco Electric & Machinery Co., Ltd
189 Dongyuan Rd. Hi-Tech Zone, Nanchang
Jiangxi Province, P.R.C.
Tel: +86 791 819 5999
Fax: +86 791 816 7730

SUZHOU TECO Electric & Machinery Co., Ltd
No.1 Changjiang W.Rd.
South-Dam Industrial Park,
Liuhe Town,Taicang City,
Suzhou,Jiangsu Province, P.R.C.
Tel: +86 512 5361 9901
Fax: +86 512 5396 1058

FUJIAN TECO PRECISION CO.,LTD
Xiayang, Jizhao, Zhanggang village,
Saiqi Economical & Development Zone,
Fuan, Fujian, P.R.C.
TEL: +86 593 633 0300
FAX: +86 593 633 0303

HONG KONG

Tecoston Industrail Development
(HK) Co., Ltd
Rm 3712 Hong Kong Plaza
186-191 Connaught Rd. West
Hong Kong
Tel: +852 2858 3220
E-mail: techokg@netvigator.com

MALAYSIA

Plo 52, Jalan Firma 2/1,
Kawasan Perindustrian Tebrau 1,
81100 Johor Bahru, Johor, Malaysia
Tel: (60) 7-3518862 / (60) 7-3548008
Fax: (60) 7-3546107
E-mail: sales@teco.com.my

THAILAND

Teco Electric & Machinery
(Thai) Co., Ltd.
128/1 Soi Watsrivarenoi
Moo 7 Bangna-Trad Road Km 18
Bangchalong Bangplee
Samuthprakarn 10540 Thailand
Tel: +662-3371311-20
Fax: +662-337-1630-1

VIETNAM

Teco (Vietnam) Electric & Machinery Co.,Ltd.
KON LONG Thanh,Huyen Long Thanh
Tinh Dong Nai, Vietnam
Tel: +84 61 3514151
Fax: +84 61 351 4110

PHILIPPINES

Trade One, Incorporated
No. 56 Aragon Street San Francisco
Del Monte 1100 Quezon City Metro Manila,
Philippines
Tel: (632) 371-3032
Fax: (632) 371-1175
www.tradeoneinc.com