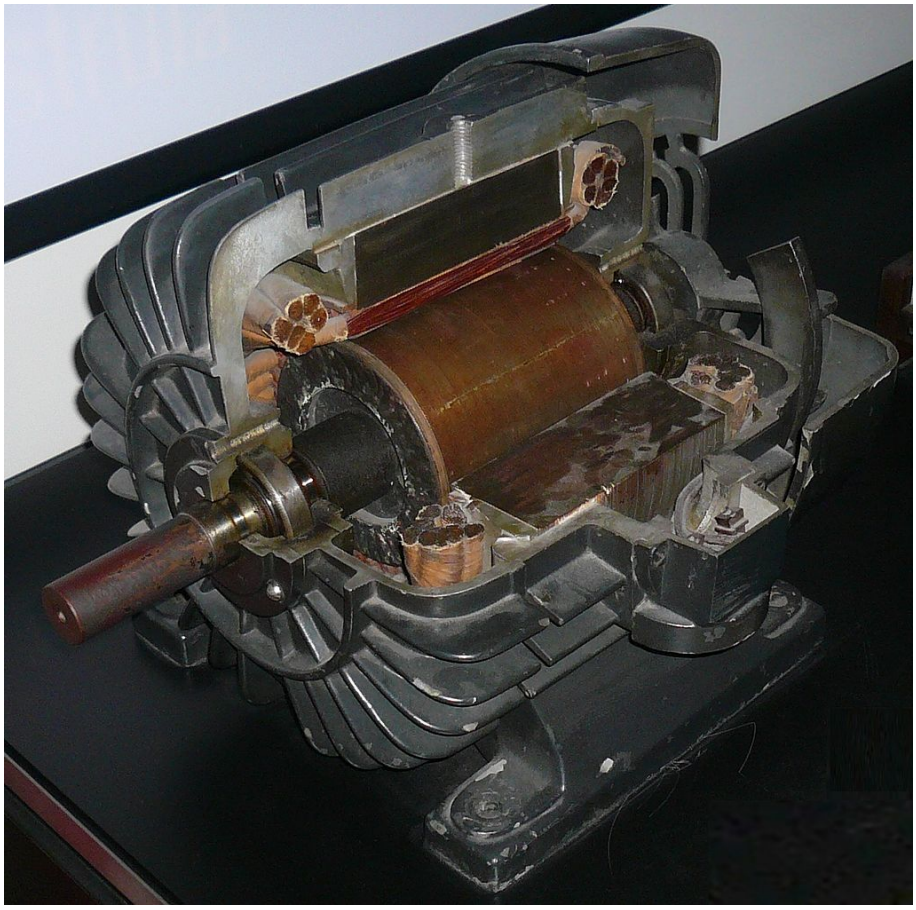
Eficiencia Energética en Redes Eléctricas de B.T, Arranque de Motores Asíncronos

JUSTIFICACIÓN

La generación de armónicos y su influencia en el resto de equipos, incluidos los dispositivos de compensación de energía reactiva, constituye un problema cada vez más frecuente, que ha de ser conocido por el técnico industrial.



OBJETIVOS

- Adquirir los conocimientos prácticos, apoyados por los fundamentos teóricos, necesarios para diseñar, operar y mantener instalaciones de accionamiento electromécanico basados en el motor de inducción.
- Diseñar y operar estas instalaciones con criterios de eficiencia energética, con especial atención a las técnicas horizontales en el uso de motores de inducción o asíncronos y a la compensación y mitigación de armónicos y energía reactiva.

CONTENIDOS

1. Introducción a la eficiencia energética

2. El motor asíncrono o de inducción

3. El motor síncrono

4. Métodos y sistemas de arranque del motor de inducción

5. Variación de velocidad

6. Accionamientos electromecánicos

7. Armónicos y perturbaciones. Power Quality (PQ)

8. Energía reactiva

9. Técnicas horizontales de eficiencia energética con motores de inducción

10. Conclusiones

11. Bibliografia

75 horas / 8 semanas	**Nivel de profundidad: Intermedio***	**Modalidad:** *e-learning*	**Ampliar información:** web: www.ingenierosformacion.com e-mail: secretaria@ingenierosformacion.com Tlf: 985 73 28 91

* Partiendo de la base de que los cursos están dirigidos a un perfil mínimo de Ingeniero

Presentación

El accionamiento mediante motores asíncronos o de inducción constituye con diferencia la mayor parte de los accionamientos electromecánicos presentes tanto en la industria como en el sector terciario e incluso residencial. El conjunto motor-accionamiento ha de ser estudiado conjuntamente, bajo el punto de vista electromecánico, para obtener de él el máximo rendimiento y seguridad operativa.

En el presente curso se ofrece una visión teórica y práctica del funcionamiento del motor asíncrono, las soluciones para su arranque y variación de frecuencia, las

implicaciones del tipo de par resistente mecánico, y las implicaciones que el accionamiento tiene sobre la red eléctrica de suministro, con especial incidencia en la generación de armónicos y el factor de potencia.

En el actual contexto global de limitación de los recursos energéticos, la eficiencia del accionamiento ha de ser un objetivo primordial a la hora de efectuar el estudio del funcionamiento del motor de inducción. En el presente curso se prestará especial atención a las soluciones que impliquen una mejora de la eficiencia energética del accionamiento electromecánico.

El presente curso tiene una orientación eminente práctica, pero es necesario exponer los contenidos teóricos que soportan y explican los usos y técnicas industriales utilizadas habitualmente por el ingeniero de proyectos o mantenimiento.

Modalidad

Modalidad e-learning.

El curso se impartirá integralmente vía Internet en la Plataforma de Formación (https://www.ingenierosformacion.com).

Carga lectiva

75 horas

Duración

8 semanas

Fechas

Apertura matrícula	Cierre matrícula	Comienzo curso	Fin de curso
2 de Diciembre de 2021	29 de Diciembre de 2021	27 de Diciembre de 2021	20 de Febrero de 2022

Precio

Reseña del cálculo de precios

Precio base: 300€.

A este precio base se le podrán aplicar los siguientes descuentos y/o el incremento por Formación Bonificada (ver más abajo en el apartado "Formación Bonificada"):

Descuentos exclusivos para **Colegiados**

Descuento	Descripción
Colegiados y Precolegiados: descuento de 150€	Este descuento del 50% se aplica a todos los Colegiados y precolegiados en cualquiera de los colegios pertenecientes a una entidad adherida y miembros de AERRAAITI, **siempre que contraten el curso a título individual**.
Programa de Becas para Colegiados: descuento de 225€	Todos aquellos Colegiados de Colegios de graduados en ingeniería rama industrial e ingenieros técnicos industriales **que estén adheridos a la plataforma** o miembros de AERRAAITI, podrán acogerse al mismo si cumplen las condiciones del programa de becas, teniendo **un 25% de descuento adicional** acumulado con el descuento para Colegiados, **totalizando un 75% de descuento**. Los cursos de Inglés y Alemán, "Mediación para Ingenieros" y "El Sistema Judicial en España" no entran dentro del Programa de Becas. Asimismo, las becas son incompatibles con las promociones especiales.
Acreditación DPC: descuento de 7.5€	Aquellos **colegiados que dispongan de la acreditación DPC en vigor** de cualquier nivel, se les aplicará un 5% adicional de descuento sobre el coste de la matrícula del curso. NOTA: Este descuento no es acumulable con el descuento del Programa de Becas.

Descuentos para empresas

Aquellas empresas que deseen beneficiarse de descuentos para los cursos de sus trabajadores podrán firmar **sin coste alguno** el convenio de colaboración con COGITI. Dicho convenio proporciona un **descuento de 75€ (25% sobre el precio base)** para alumnos de la empresa que no sean Colegiados, y **de 150€ (50% sobre el precio base) para los alumnos que sean Colegiados**.

Estos descuentos son exclusivos para empleados de empresas y no son compatibles con los descuentos descritos en los apartados anteriores.

Las empresas de la Asociación Tecniberia disfrutan de forma implícita de este convenio.

Formación Bonificada

Si se quisiera realizar el curso usando los créditos que todas las empresas disponen para formación y que gestiona la Fundación Estatal para la Formación en el Empleo (antigua Tripartita) a los precios resultantes de los apartados anteriores **se les aplicará un incremento de 75€ independientemente de la entidad a la que se le encomiende la gestión para la bonificación de cara a la Aplicación Informática de la FUNDAE**, por las exigencias técnicas y administrativas que exige la formación bonificada (Formación programada por las empresas) y la responsabilidad que tienen las empresas organizadoras e impartidoras, emanada de la ley 30/2015, por la que se regula el Sistema de Formación Profesional para el empleo en el ámbito laboral.

Mínimo de alumnos

Para que la acción formativa pueda llevarse a cabo se necesitará un número mínimo de **10** alumnos.

La matrícula se cerrará cuando se hayan alcanzado un número de **80** alumnos.

Nivel de profundidad

Nivel de profundidad 2

(Partiendo de la base de que todos los cursos están dirigidos a un perfil mínimo de Ingeniero, se valorará el curso que presenta con niveles de 1 a 3 de forma que el 1 significará que el curso es de carácter básico, 2 el curso es de carácter medio y 3 el curso es de carácter avanzado.)

Perfil de Destinatarios

No es necesario tener ninguna formación específica para acceder al curso, pero las acciones formativas que componen nuestra plataforma están orientadas a la formación continua de los Ingenieros Técnicos Industriales o Graduados en Ingeniería Rama Industrial o en general cualquier ingeniero por lo que es recomendable poseer cualquiera de estas titulaciones para completar con éxito el curso.

Profesionales de los sectores industriales, pequeña y mediana empresa, de las áreas de mantenimiento, ingeniería y explotación que deseen profundizar sus conocimientos sobre el diseño, uso y mantenimiento de accionamientos mediante motores de inducción o asíncronos.

Requisitos previos necesarios: Formación básica en electricidad y máquinas eléctricas

Requisitos previos recomendados: Conocimientos de máquinas eléctricas y accionamientos industriales

Justificación

El uso de la máquina de inducción o motor asíncrono es la base del accionamiento rotativo en la industria actual.

En las últimas décadas, la emergencia y universalización de los accionamientos variables basados en la electrónica de potencia ha provocado la aparición de una nueva problemática en las instalaciones industriales. La generación de armónicos y su influencia en el resto de equipos, incluidos los dispositivos de compensación de energía reactiva, constituye un problema cada vez más frecuente, que ha de ser conocido por el técnico industrial.

Por otro lado, en un contexto de limitación de los recursos energéticos, el diseño y uso de instalaciones eficientes, es una necesidad absoluta en todos los campos de la actividad industrial.

Considerando el elevado porcentaje de energía consumida en accionamientos mediante motores asíncronos, el estudio de estos fenómenos está plenamente justificado.

Objetivos

Adquirir los conocimientos prácticos, apoyados por los fundamentos teóricos, necesarios para diseñar, operar y mantener instalaciones de accionamiento electromécanico basados en el motor de inducción, las técnicas de arranque y variación de velocidad, con atención a los fenómenos y efectos electromagnéticos que estos accionamientos generan en las redes de distribución, tales como la generación de armónicos y energía reactiva, que han de ser evaluados y compensados.

Diseñar y operar estas instalaciones con criterios de eficiencia energética, con especial atención a las técnicas horizontales en el uso de motores de inducción o asíncronos y a la compensación y mitigación de armónicos y energía reactiva.

Docente

Luis Miguel Muñiz González

Ingeniero Técnico Industrial Eléctrico (Universidad de Oviedo), Licenciado de la Marina Mercante (Universidad de Cantabria) e Ingeniero de Organización industrial (Universidad de Vic), con más de 27 años de experiencia profesional en mantenimiento eléctrico y mecánico en minería, siderurgia e industria alimentaria además de técnico comercial y jefe de taller eléctrico.

Profesor asociado de la Universidad de Cantabria, en distintos periodos en los departamentos de Ingeniería Eléctrica y Energética y en el de Ingeniería Estructural y Mecánica (actualmente), ha impartido docencia en diversos grados de ingeniería (industrial, marina, marítima, minas, energía y telecomunicaciones).

Desde 2007 dirige la empresa de ingeniería ATIM S.L., de la que es fundador, ubicada en Cantabria, especializada en ingeniería industrial eléctrica, energética y de procesos. Entre otros. ha proyectado y dirigido obras energéticas de hasta 20 MVA y de generación eléctrica hasta 10 MVA.

Acredita formación docente por la Universidad de Cantabria, dentro de su programa de formación del profesorado, y como Formador de Formadores en la empresa privada.
Además de su experiencia en docencia reglada (Estudios universitarios y certificados de profesionalidad en el área eléctrica), ha impartido cursos específicos en el área eléctrica y energética en empresas de Asturias, Cantabria y País Vasco. También ha sido director y ponente en varios cursos de verano de la Universidad de Cantabria.
Su actividad investigadora y científica se concreta en 2 patentes, 2 ponencias en congresos científicos internacionales, 2 nacionales, 2 artículos y un capítulo de libro.

Contenido

1. Introducción a la eficiencia energética

- 1.1. E?ciencia intrínseca de las instalaciones eléctricas
- 1.2. E?ciencia en accionamientos electromecánicos.

2. El motor asíncrono o de inducción

- 2.1. Principio de funcionamiento
  - 2.1.1. El motor de inducción de Tesla
  - 2.1.2. La base teórica del funcionamiento del motor de inducción
  - 2.1.3. El campo giratorio y el deslizamiento
  - 2.1.4. Par y deslizamiento
  - 2.1.5. La curva de funcionamiento del motor asíncrono
  - 2.1.6. La máquina asíncrona como generador y como freno
- 2.2. Descripción general del motor asíncrono
  - 2.2.1. Motores de rotor bobinado y rotor en jaula de ardilla
  - 2.2.2. Construcción del rotor en jaula de ardilla
  - 2.2.3. Construcción del rotor bobinado
  - 2.2.4. Construcción del estátor
  - 2.2.5. El motor de doble jaula de ardilla
  - 2.2.6. Motores especiales. Dahlander y de doble devanado
  - 2.2.7. La placa de conexión
  - 2.2.8. Conexión del motor de inducción
  - 2.2.9. Elementos mecánicos del motor
  - 2.2.10. Averías mecánicas más habituales y sus posibles soluciones
  - 2.2.11. Tipología de motores. Accesorios y complementos
  - 2.2.12. Normalización. Tamaños normalizados y formas constructivas
  - 2.2.13. El motor monofásico
  - 2.2.14. Clase de aislamiento
  - 2.2.15. Clase de servicio
  - 2.2.16. Equipos no normalizados
- 2.3. Parámetros eléctricos y características fundamentales
  - 2.3.1. La placa de características
  - 2.3.2. Tensión nominal
  - 2.3.3. Intensidad nominal
  - 2.3.4. Velocidad nominal y número de polos
  - 2.3.5. Rendimiento y pérdidas en el motor de inducción
  - 2.3.6. Potencia y par nominal
- 2.4. Funcionamiento a frecuencia variable
- 2.5. Funcionamiento a tensión variable
- 2.6. El ?ujo magnético
  - 2.6.1. Zona de funcionamiento de par constante
  - 2.6.2. Zona de funcionamiento a potencia constante
- 2.7. Protección de motores asíncronos

3. El motor síncrono

- 3.1. Construcción del motor síncrono. Principio y modos de funcionamiento
- 3.2. Técnicas emergentes en el uso de motores síncronos

4. Métodos y sistemas de arranque del motor de inducción

- 4.1. Par de arranque. Intensidad de arranque. Influencia de la tensión.
- 4.2. Arranque directo
- 4.3. Inversión de giro
- 4.4. Arranque de motores de doble jaula de ardilla
- 4.5. Arranque estrella-triángulo
- 4.6. Arranque por resistencias estatóricas. Arranque por autotransformador
- 4.7. Arranque por resistencias rotóricas
- 4.8. Árbol o eje eléctrico
- 4.9. Introducción a la electrónica de potencia
  - 4.9.1. Diodo rectificador
  - 4.9.2. Tiristor o rectificador controlado
  - 4.9.3. Tiristor de apagado por puerta GTO
  - 4.9.4. Transistor bipolar de unión (BJT)
  - 4.9.5. Transistor MOSFET
  - 4.9.6. Transistor bipolar de puesta aislada (IGBT)
  - 4.9.7. Principales equipos convertidores de potencia
- 4.10. Arranque directo por tiristores
- 4.11. Arranque por tiristores en raíz de 3
- 4.12. Arranque con variador de velocidad

5. Variación de velocidad

- 5.1. El variador de velocidad. Componentes
- 5.2. El rectificador. Tipos
- 5.3. La etapa intermedia
  - 5.3.1. Condensadores
  - 5.3.2. El Chopper de frenado
  - 5.3.3. Resistencias de frenado
- 5.4. Sistema de control y panel de operación HMI (Human Machine Interface)
  - 5.4.1. El ondulador. Introducción a la tecnología PWM
  - 5.4.2. Modos de operación y comunicación del variador
- 5.5. Compatibilidad electromagnética. Las protecciones en el variador de velocidad

    - 5.5.1. Filtración de entrada
    - 5.5.2. Atenuación del ruido
    - 5.5.3. La influencia de la longitud del cable. El uso de cables apantallados
    - 5.5.4. Protecciones en accionamientos con variador de velocidad
- 5.6. Modos de control de velocidad con variadores
    - 5.6.1. Control escalar V/F
    - 5.6.2. Control vectorial en lazo abierto
    - 5.6.3. Control vectorial en lazo cerrado
    - 5.6.4. Control DTC
- 5.7. Parametrización del variador de velocidad.
    - 5.7.1. Parámetros de configuración del motor
    - 5.7.2. Parámetros de mando y modo de marcha
    - 5.7.3. Parámetros de consigna de la velocidad.
    - 5.7.4. Parámetros de modo de arranque y parada
    - 5.7.5. Parámetros de lectura de variables eléctricas de funcionamiento.
    - 5.7.6. Parámetros especiales. Control de marcha en vacío de bombas.
    - 5.7.7. Parámetros especiales. Control de resonancias electromecánicas y electrónicas.
    - 5.7.8. Alarmas y fallos.
- 5.8. Variadores y regeneración de energía
    - 5.8.1. El variador conectado en régimen generador.
    - 5.8.2. Variadores regenerativos.
    - 5.8.3. Configuraciones con bus de continua.
    - 5.8.4. Configuraciones con resistencias de frenado.
- 5.9. Variación de velocidad por variación de la tensión de alimentación
- 5.10. Variadores de velocidad y arrancadores mecánicos.

6. Accionamientos electromecánicos

- 6.1. Condiciones de estabilidad de un accionamiento.
- 6.2. Componentes del par resistente de un accionamiento
    - 6.2.1. Componente constante de un par resistente
    - 6.2.2. Componente lineal de un par resistente
    - 6.2.3. Componente cuadrática de un par resistente
    - 6.2.4. Componente proporcional inversa
    - 6.2.5. La componente inercial
    - 6.2.6. Par de despegue
- 6.3. Ejemplos de par resistente
    - 6.3.1. Ventilador
    - 6.3.2. Bomba hidráulica centrífuga
    - 6.3.3. Bomba hidráulica positiva
    - 6.3.4. Elevación
    - 6.3.5. Cinta transportadora

7. Armónicos y perturbaciones. Power Quality (PQ)

- 7.1. Generalidades y fundamentos teóricos
- 7.2. Fuentes de generación de armónicos
- 7.3. Efectos de los armónicos
- 7.4. La compensación de armónicos
    - 7.4.1. Filtración pasiva
    - 7.4.2. Filtración activa
    - 7.4.3. Filtración híbrida
- 7.5. La compensación del factor de potencia en presencia de armónicos

8. Energía reactiva

- 8.1. El triángulo de potencia y el factor de potencia
- 8.2. La energía reactiva
- 8.3. Compensación de la energía reactiva. La compensación de energía reactiva como medio para lograr una instalación eléctrica más eficiente
- 8.4. Estrategias de compensación de energía reactiva
    - 8.4.1. Compensación única en cabecera de la instalación
    - 8.4.2. Compensación distribuida en planta
    - 8.4.3. Compensación individual fija de transformadores y motores
    - 8.4.4. Compensación en alta y baja tensión
- 8.5. Baterías de condensadores y armónicos

9. Técnicas horizontales de eficiencia energética con motores de inducción

- 9.1. Selección adecuada del calibre del motor
- 9.2. Selección de motores de alta eficiencia
- 9.3. Accionamientos de velocidad variable en bombas centrífugas
    - 9.3.1. Comportamiento de la bomba variando el caudal a velocidad fija
    - 9.3.2. Comportamiento de la bomba a velocidad variable
- 9.4. Accionamientos de velocidad variable en ventiladores
    - 9.4.1. Funcionamiento a velocidad fija
    - 9.4.2. Funcionamiento a velocidad variable
    - 9.4.3. Ventiladores trabajando en paralelo
- 9.5. Accionamientos de velocidad variable en compresores
    - 9.5.1. Funcionamiento a carga variable
    - 9.5.2. Funcionamiento a velocidad variable

10. Conclusiones

11. Bibliografia

Desarrollo

El curso se desarrollará en el campus virtual de la plataforma de formación e-learning. (https://www.ingenierosformacion.com/campus/)

El día de inicio del curso los alumnos que hayan formalizado la prematrícula en la plataforma (www.ingenierosformacion.com) y hayan hecho efectivo el pago de la misma (bien por pasarela de pago, con tarjeta, directamente en el momento de la matriculación o bien por transferencia o ingreso bancario en el número de cuenta que se indica en la misma), podrán acceder al curso por medio de la plataforma, con las claves que utilizaron para registrarse como usuarios. Desde su perfil en “Mis Matrículas” podrán ver el enlace de acceso al curso.

Al ser la formación e-learning, los alumnos seguirán los distintos temas que se proponen en el curso al ritmo que ellos puedan, y en las horas que mejor se adapten a su horario.

NO se exigirá a los alumnos que estén las horas lectivas propuestas para el curso, aunque el número de horas lectivas indicado en cada curso es el recomendable para alcanzar los objetivos del curso y la adquisición de los conocimientos previstos, cada alumno va siguiendo a su ritmo los contenidos, de igual forma NO se cortará el acceso a la plataforma a aquellos alumnos que superen las horas propuestas para el curso. Sí se tendrá en cuenta que el alumno haya visto todos los contenidos o al menos la gran mayoría (más del 75 %) de los mismos durante el periodo que dura el curso, así como realizado con éxito las tareas o ejercicios, trabajos que se le vayan proponiendo durante el curso.

El alumno, además de ir estudiando los contenidos de los distintos temas, podrá participar en el foro del curso dejando sus dudas o sugerencias o intercambiando opiniones técnicas con otros alumnos, así como respondiendo aquellas que hayan dejado otros compañeros. Asimismo podrá hacer las consultas que estime oportunas al tutor del curso para que se las responda a través de la herramienta de mensajería que posee la plataforma y preferentemente en el mismo foro. Recomendamos encarecidamente el uso del foro por parte de todos los alumnos.

Para la obtención del certificado de aprovechamiento del curso el alumno tendrá que superar los objetivos mínimos marcados por el docente (superación de cuestionarios de evaluación, casos prácticos, participación, etc…).

De igual forma, los alumnos, deberán realizar la encuesta de satisfacción que nos ayudará en la mejora de la calidad de las acciones formativas que proponemos en la plataforma de formación. La encuesta estará accesible en el apartado “Mis matrículas” en la plataforma, a partir de la finalización del curso.

Matrícula

Para ampliar información mandar mail a secretaria@ingenierosformacion.com o llamando por teléfono al número 985 73 28 91.

Formación Bonificada

La formación bonificada está dirigida a trabajadores de empresas que estén **contratados por cuenta ajena**, es decir, trabajadores de empresas que, en el momento del comienzo de la acción formativa, coticen a la Seguridad Social por el Régimen General.

Están **excluidos** los autónomos, los funcionarios y el personal laboral al servicio de las Administraciones públicas.

Para beneficiarse de la Formación bonificada la empresa tiene que encontrarse al corriente en el cumplimiento de sus obligaciones tributarias y de la Seguridad Social.

Para aclarar cualquier duda relacionada con nuestros cursos o sobre la bonificación de la FUNDAE, pueden dirigirse a la página web de la plataforma **FORMACIÓN BONIFICADA** donde podrán ver la información de una manera mas detallada, así como descargarse los documentos necesarios para la obtención de esta bonificación.

También pueden ponerse en contacto con nosotros, en el teléfono 985 73 28 91 o en la dirección de correo electrónico empresas@ingenierosformacion.com.