CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno de Evaluación
Módulo 3: Mantención de Variadores de Frecuencia
PFMEI-4-04/V.1[PE01-M03/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. Está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS, QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE. © Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Introducción 7

Instrumento de Evaluación de Proceso 8

Módulo III: Mantención de Variadores 9

de Frecuencia 9

1. Máquinas de corriente alterna 10

2. Electrónica de potencia 11

3. Variadores de frecuencia 12

Introducción

La evaluación corresponde a cualquier situación, recurso, procedimiento o instrumento que se utilice para obtener información sobre la marcha del proceso de formación. Permite conocer las competencias que fueron adquiridas por los participantes y que a futuro son las que le servirán en el mundo del trabajo.

El documento tiene una estructura similar al cuaderno del instructor, es decir, la misma división de módulos y contenidos.

Al interior de cada módulo el instructor encontrará un set de preguntas y sus respectivas respuestas.

Se sugiere realizar evaluaciones parciales de cada uno de los contenidos consignados en el Cuaderno del Instructor. Para tal efecto se recomienda seleccionar algunas preguntas para realizar los test y construir una pauta de evaluación para esto.

Se recomienda preparar a los participantes antes de la evaluación final del módulo y mediante el trabajo en las distintas sesiones, dar respuesta a las inquietudes que surjan durante el proceso de formación.

Cabe señalar que las actividades prácticas sugeridas en el Cuaderno del Instructor pueden ser utilizadas como evaluaciones de proceso de los contenidos vistos en cada módulo. Para el óptimo desarrollo de las actividades, el participante cuenta con un cuaderno de actividades, que posterior a su realización, serán verificadas y firmadas por el instructor y podrán ser parte del portafolio de evidencias de cada participante.

Instrumento de Evaluación de Proceso

Módulo III: Mantención de Variadores de Frecuencia

1. Máquinas de corriente alterna

Responda las siguientes preguntas.

1. ¿Por qué es necesario regular el voltaje y la frecuencia del estator al mismo tiempo en un motor de CA?
   Para mantener la corriente constante, independiente de la velocidad del motor.

2. ¿Porque un motor de inducción autoventilado controlado por variador de frecuencia se sobrecalentará si funciona a plena carga a bajas velocidades?
   Porque al tener menor velocidad pierde la capacidad de autoventilado y sin embargo el motor conserva su corriente nominal, a pesar de estar corriendo a baja velocidad.

3. Si se desea que un motor trabaje por encima de su velocidad nominal, pero su voltaje nominal no puede ser aumentado, ¿qué le sucede a su torque de salida si se aumenta la frecuencia? ¿Cómo se denomina esta zona de operación del motor?
   El motor cae en la zona de torque variable al aumentar la frecuencia por encima de su frecuencia base.

4. Brevemente explique qué sucede con la operación de un motor CA cuando su frecuencia varia repentinamente desde un valor alto a un valor bajo
   El motor se sobre sincroniza y se convierte en un generador asincrónico y puede requerir de un sistema de frenado (retardo dinámico).

5. ¿Cómo se puede invertir la marcha de un motor de CA cuando el motor está conectado a un variador de frecuencia?
   Una forma es cambiando el sentido de conmutación del inversor (semejante a intercambiar las fases pero sin desconectar y volver a conectar).

6. Explique las características que tiene que tener un motor para trabajar con un variador de frecuencia
   El principal requerimiento es contar con la aislación adecuada para el voltaje de la barra continua del VDF, lo demás son requerimientos estándar.

2. Electrónica de potencia

7. Dibuje la forma de onda de voltaje y corriente a la entrada de un puente inversor trifásico.

8. ¿Cuántos IGBTs se requieren en un inversor trifásico?
   Monofásico 4
   Trifásico 6

9. ¿Por qué la salida de un inversor trifásico se llama de seis pasos?
   Porque los seis interruptores (diodos, IGBT) funcionan en un ciclo de salida.

10. ¿Qué funciones de control realiza un inversor en un sistema PWM?
    Conecta y desconecta el motor a la barra de CC y Modula en ancho de pulso

11. Defina armónicos eléctricos
    Los armónicos eléctricos generan costes técnicos y económicos importantes. Son corrientes formadas por un componente fundamental de frecuencia 50 o 60 Hz, mas una serie de corrientes superpuestas de frecuencias, múltiplos de la fundamental.

12. Identifique las cuatro secciones de un variador de frecuencia
    Filtros de entrada, Rectificador de entrada, Filtro intermedio, Inversor, filtro de salida y circuitos de control.

3. Variadores de frecuencia

13. ¿Cuál es el rango mínimo-máximo posible de regulación de frecuencias disponibles en un variador de Frecuencia?
    En el caso del MM440 de 0 a 600 Hz y en general de 0 a 300 Hz.

14. ¿Por qué la frecuencia máxima de salida disponible en un variador de frecuencia no puede ser utilizada con un motor estándar?
    La alta velocidad no la soporta un motor estándar y esta se destruiría.

15. ¿Es posible programa velocidades fijas en un variador de frecuencia?
    Si, perfectamente, se puede hacer un control de variación continua o variación escalonada por pasos de frecuencia y con rampas controladas para el cambio.

16. ¿Cuándo se programa la curva V/F cuadrática de un VDF?
    Para aplicaciones escalares como ventiladores y bombas centrifugas

17. ¿En qué aplicaciones se debe inhibir la función invertir sentido de giro en un VDF?
    En los ventiladores y las bombas ya que al girar al revés se puede soltar el rodete, a aplicaciones como ventilación de minas es importante no invertir los giros de los ventiladores ya que pueden colapsar las galerías subterráneas.

18. ¿Cuándo se utilizan relés de entrada y salida en un VDF?
    En general depende del requerimiento del control, si los lazos son muy extendidos, es conveniente utilizar voltajes de mando industrial 110 o 220 VAC

19. ¿Cuándo se utilizan aisladores de corriente a corriente para las entradas y salidas análogas de un VDF?
    Solo si lo requiere el control y en algunos casos para incrementar la seguridad

20. ¿Qué función cumple el parámetro vigilancia du/dt máximo del circuito intermedio de un VDF y cuando se utiliza?
    Se utiliza para evitar sobretensiones de la barra de CC y cuando las cargas se desaceleran muy rápido.

21. ¿Porque la salida DC del circuito intermedio de un VDF no va conectada a tierra?
    Porque la salida de un rectificador es “FASE VIVA” ya sea el potencial positivo o negativo.

22. ¿Cómo se escoge un variador de frecuencia aplicado a una bomba?
El requerimiento depende de la función y el tipo de bomba. En el caso de una bomba centrifuga que solo impulsa agua limpia, solo requiere de un control escalar.

23. ¿Qué tipo de protecciones tiene incluidas un VDF?
Sobre corriente, sobre voltaje, sobre velocidad, I^2T

24. ¿Qué dispositivo se conecta a la entrada de un VDF para incorporar la protección de falla a tierra?
Protección 50/50G o diferencial de alta tolerancia.

25. ¿Para qué sirven el Chopper y la resistencia de frenado en un variador de frecuencia?
Para cerrar el lazo de corriente del motor cuando este se convierte en generado asincrónico y retardarlo.

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-MCMORAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD