CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno de Evaluación

Módulo 3: “Mantenimiento de motores y generadores eléctricos de equipos mina”

PFMEI-4-02/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; FreeportMcMoran 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 motores y generadores eléctricos de equipos mina 9

1. Máquinas eléctricas motores y generadores 10

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 motores y generadores eléctricos de equipos mina

1. Máquinas eléctricas motores y generadores

Responda las siguientes preguntas de contenido.

1. ¿En qué se focaliza la calidad de la alimentación en un motor?
   La calidad de la alimentación se focaliza en la condición del voltaje y la corriente en el circuito de un motor. Una pobre calidad de la alimentación afecta enormemente la operación e integridad de un motor eléctrico. Durante la operación el motor experimenta varios tipos de stress que pueden afectar diversos componentes. Variaciones o distorsiones en el voltaje resultan en incremento del stress térmico y del stress eléctrico del embobinado del estator y en algunos casos en los componentes del rotor.

2. ¿A qué se refiere el Circuito de Potencia?

   Se refiere a todos los conductores y conexiones que existen desde el primer punto de medición hasta las terminales del motor. El circuito puede incluir breakers, fusibles, contactores, cajas de conexiones, etc.

3. Defina aislamiento en máquinas eléctricas

   Se refiere a la condición del aislante entre el embobinado y la tierra. Para que los equipos eléctricos operen eficiente y seguramente, es importante que el flujo eléctrico se dé por los canales o circuitos establecidos y que no existan fugas entre las fases. El deterioro del sistema de aislamiento puede resultar en situaciones inseguras para el personal, al igual que altos gastos por la ineficiencia operativa.

4. Defina mantenimiento predictivo
   El mantenimiento predictivo permite hallar las causas de posibles fallos anticipándose a la avería. Se utilizan técnicas de termografía, análisis de lubricantes y de vibraciones.

5. Nombre los pasos del programa de mantenimiento predictivo
   - Detección: Reconocimiento del problema.
   - Análisis: Localización de la causa del problema.
   - Corrección: Encontrar el momento y forma de solucionar el problema.

6. Defina vibración de una maquina
   La vibración es el movimiento de vaivén de una máquina o elemento de ella en cualquier dirección del espacio desde su posición de equilibrio. La causa de la vibración reside en problemas mecánicos como son: desequilibrio de elementos rotativos; desalineación en acoplamientos; engranajes desgastados o dañados; rodamientos deteriorados; fuerzas aerodinámicas o hidráulicas, y problemas eléctricos.

7. ¿Qué es la velocidad de sincronismo? ¿Cómo se calcula?
La velocidad de sincronismo es la velocidad de giro del campo magnético giratorio producido por los bobinados de un sistema de tensiones trifásicos desfasados 120° distribuidos espacialmente alrededor del estator de un motor y viene dada por la expresión:

$$n = \frac{60 \times f}{P}$$

De donde:

n =Velocidad de giro del campo magnético en r.p.m

f = Frecuencia de la corriente eléctrica de alimentación de la máquina

P = Número de pares de polos magnéticos establecidos en el bobinado del estator

8. Nombre las partes de un motor de jaula de ardilla
Las partes del motor, son las siguientes:
- **Carcasa:** se construye de varias formas según el tamaño del motor; la base forma parte integral de la carcasa para que el motor descanse bien asentado sobre su estructura.
- **Caja de bornes:** Se emplea para conectar los terminales de las bobinas y concentrar los conductores de alimentación.
- **Escudos:** Sirven para cerrar el motor y sostener el eje del motor por medio de sus cojinetes. Se unen a la carcasa por medio de tornillos de fijación.
- **Eje:** Es la parte donde se sostienen los componentes del rotor y además sirve para la fijación de la polea en uno de sus extremos y el ventilador en el otro.
- **Ventilador:** Viene colocado en uno de los extremos del eje y mantiene refrigerado el motor para evitar su recalentamiento.
- **Rotor:** Es sólido montado sobre el eje y es en forma de jaula de ardilla, puede ser sencillo o doble.
- **Estator:** Está formado por su núcleo y bobinado. El núcleo es laminado hecho de chapas laminadas y viene ranurado para alojar las bobinas. Las bobinas cubren el ranurado del estator y deben estar bien aisladas para asegurar el perfecto funcionamiento del motor.

9. ¿Cuáles son las conexiones básicas del bobinado del estator de un motor trifásico?
Las conexiones básicas del bobinado del estator de un motor trifásico son en estrella o en triángulo, según las características del motor y el voltaje de la red.

10. ¿Para qué se utiliza un motor de dos velocidades?
Estos motores tienen uno o dos bobinados, según sea la naturaleza de la corriente, la relación de velocidades y las potencias.

11. ¿Cómo es el motor con rotor bobinado?
    Es un motor que tiene estator igual al de jaula de ardilla y el rotor viene bobinado en estrella cuyos terminales van conectados a tres anillos colectores rozantes fijados en el eje del motor. Los anillos colectores se conectan a un control de velocidad conformado por resistencias rotatorias y hace el oficio de arrancador.

12. ¿Qué informa la placa del motor? ¿Qué se puede calcular con los datos?
    La placa del motor informa la tensión, la corriente, el número de fases, la frecuencia, el factor de potencia, la velocidad en rpm y la potencia de entrada y salida y se puede calcular su eficiencia, deslizamiento y el torque.

13. ¿Cómo se invierte el giro del motor?
    El sentido de rotación de un motor trifásico se invierte intercambiando dos fases cualesquiera en los terminales del motor.

14. ¿Cuáles son los arranques de un motor?
    - Arranque directo: El arranque de los motores de baja potencia se hace directamente conectando el estator a la red por medio de un interruptor tripolar.
    - Arranque estrella triángulo: Consiste en arrancar el motor en estrella que se consume menos corriente y luego pasarlo a conexión triángulo cuando la velocidad sea la nominal. Se realiza en dos tiempos.
    - Arranque por resistencias: En el momento del arranque se insertan resistencias en serie en cada fase del estator. Luego se ponen en corto circuito tan pronto como la velocidad sea normal.
    - Arranque por autotransformador: El autotransformador comprende varias tomas intermedias y el arranque se realiza en tres tiempos.

15. Nombre los factores a considerar para instalar un equipo de control para un motor
    Arranque, parada, inversión de rotación, marcha, control de velocidad, seguridad del operador (dispositivos pilotos), protección contra daños, mantenimiento de los dispositivos de arranque (fusibles, interruptores, cortacircuitos).

16. ¿Qué son los contactores?
    Los contactores son interruptores magnéticos se usan para controlar un motor. Se usan los siguientes dispositivos:
    a) Interruptor de flotador: Para controlar el nivel de un tanque abriendo o cerrando unos contactos que puede accionar una bomba. También para abrir o cerrar una válvula para controlar un fluido.
    b) Interruptor de presión: Controla la presión de los fluidos. Permite arrancar un compresor de aire de acuerdo a la demanda de presión de aire que exista.
    c) Temporizador: Para controlar un periodo de tiempo diferido de cerrado o abierto.
    d) Termostato: Interruptor que funciona por la acción de la T.
    e) Interruptor de límite: Se usan para parar máquinas, equipo y productos en proceso, durante el curso.

17. ¿Qué son los Relevadores magnéticos?
Los relevadores magnéticos se utilizan como dispositivos auxiliares en los circuitos de control para interrupción, en las bobinas de los arrancadores grandes y para controlar motores pequeños u otras cargas tales como calefactores eléctricos, luces piloto o señales audibles.

18. ¿Que son y que controlan las estaciones de botones?

Es un dispositivo que controla un motor al oprimir un botón. Los contactos del botón son generalmente dobles, de tal manera, que al oprimir el botón se cierra un contacto pero se abre otro. La estación de botones se puede montar directamente junto al controlador o a cierta distancia de éste si se desea. La corriente que interrumpe una estación de botones es pequeña. La estación de botones puede controlar el arranque y parada de un motor, marcha hacia delante, marcha hacia atrás, rápido o lento.

19. ¿Qué se debe seleccionar para instalar un motor?

Para instalar un motor se debe seleccionar:

- El fusible.
- El térmico del contactor.
- El calibre de los conductores.
- El tamaño del conduit.
- El interruptor de seguridad.

20. ¿Cómo se seleccionan los conductores?

Los conductores deben tener una capacidad de corriente no inferior al 125% de la corriente a plena carga.
No AWG: 14, 12, 10, 8, 6, 4, 3, 2, 1, 0, 2/0, 3/0, 4/0.
AMPER: 15, 20, 30, 40, 55, 70, 80, 95, 110, 125, 145, 165, 195.

21. Que es un cicloconvertidor?
Es un microcontrolador y genera los pulsos de disparo a los tiristores de la etapa de potencia. Este cicloinversor está diseñado para reducir la frecuencia de la red a aproximadamente 20Hz.

22. ¿Qué es el alternador?
El alternador y la dinamo, son generadores de corriente que transforman la energía mecánica que recibe en su árbol en energía eléctrica que se recoge en sus bornes.

23. Nombre las diferencias entre el alternador y la dinamo
El alternador se diferencia por poder girar a grandes revoluciones sin deterioro en sus elementos móviles, cosa que no ocurría en la dinamo, cuya velocidad máxima quedaba limitada por efecto de su colector y de sus escobillas. Con el alternador se consigue una mayor potencia útil para un mismo volumen y peso que en la dinamo.

24. ¿Por cuantos elementos está constituido un alternador?
Un alternador está constituido por los siguientes elementos:
- Un conjunto inductor formado en el rotor o inductor del alternador.
- Un conjunto inducido formado en el estator.
- Un conjunto puente rectificador.
- Carcasa y demás elementos complementarios de la máquina.

25. ¿Para que el alternador precisa un equipo rectificador?
Se precisa un equipo rectificador cuando se requiere corriente continua de un alternador que produce corriente alterna.
Está formado por varios diodos de silicio, puede ir montado directamente en la carcasa lado anillos rozantes o en un soporte en forma de corona circular cortada, conexionados a cada una de las fases del estator, formando un puente rectificador, obteniendo a la salida del mismo una corriente continua.

26. 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.

27. ¿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.

28. ¿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.

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

30. ¿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.

31. ¿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

32. ¿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

33. ¿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.

34. ¿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.

35. ¿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.

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

37. ¿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.

38. ¿Porque se debe efectuar un de rating del variador de frecuencia autoventilado cuando trabaja sobre los 1000 metros sobre el nivel del mar?
Porque el diseño calcula ventilación al nivel del mar.

39. ¿Qué factores se deben tomar en cuenta para efectuar un de rating del variador de frecuencia además de la altitud de la instalación?
La potencia a del equipo y el voltaje

40. ¿Qué función cumple la inductancia de entrada del variador de frecuencia?
Evitar la generación de armónicos por las corrientes no lineales que generan

41. ¿Qué función cumplen la inductancia de salida de un variador de frecuencia?
Suavizar la corriente del motor y mantener un flujo homogéneo de la mecánica.

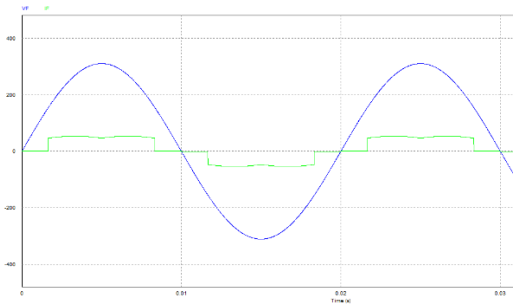
42. ¿Qué tipo de fusibles utiliza un variador de frecuencia?
    En general la electrónica de potencia se protege con fusibles rápidos para semiconductores

43. Brevemente explique una forma de suministrar una alimentación de frecuencia variable y voltaje variable, que no sea a través del uso de componentes de electrónica de potencia.
    Conectar un alternador con primo motor que pueda variar de cero a la velocidad de la frecuencia máxima en paralelo con el motor y entregar

44. 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.

45. Brevemente explique la función de la sección de potencia CC
    Toma energía de frecuencia constante o continua y la filtra para disponer energía al inversor.

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



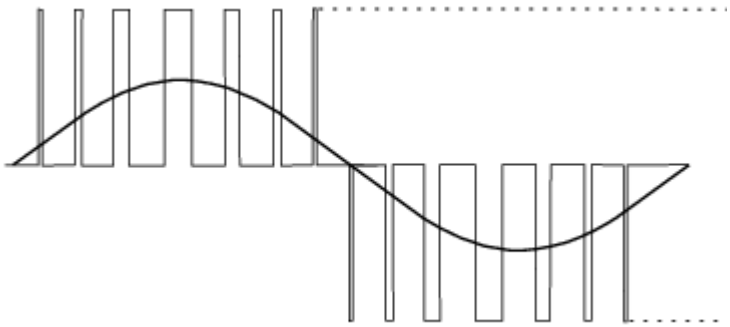
47. ¿Cuántos IGBTs se requieren en un inversor trifásico?
    - Monofásico 4
    - Trifásico 6

48. ¿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

49. En un sistema VVI ¿Cuál es la sección responsable de regular la amplitud del voltaje de salida? ¿Cuál es la sección responsable de regular la frecuencia del voltaje de salida?
    En puente controlado de entrada regula el voltaje y el de salida regula la frecuencia.

50. ¿Cuáles son las diferencias básicas entre los sistemas VVI y CSI?
El filtro intermedio uno es condensador (filtro de voltaje) y el otro es un reactor (filtro de corriente.

51. Dibuje la forma de onda de salida de un control por modulación por ancho de pulso PWM



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