

TRABAJO DE DIPLOMA



República de Cuba
Ministerio de Educación Superior

FACULTAD METALÚRGICA-ELECTROMECAÁNICA

Ingeniería Eléctrica

*Propuesta de Estructura Informativa para
Coordinación de Control de Accionamientos
Automatizados con Variador*

Diplomante

JARED RICHARD MOSS

Tutores

Dr . ARMIN MARIÑO PÉREZ

Ing. DANIEL MENDIOLA ELLIS

Moa – 2006

“Año de La Revolución Energética en Cuba”

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a:

Dios por permitirme llegar a la cumbre de mis esfuerzos

***Mis padres James y Colyn Moss por todo el
apoyo y cariño brindados***

***Mis hermanos Jeanine, Jamillah, Geletha, Jesica y Justin
por su apoyo desinteresado***

Pensamiento

“Solo en el cumplimiento triste y áspero del deber esta la verdadera gloria. Y aun ha de ser el deber cumplido en beneficio ajeno, porque si va en alguna esperanza de bien propio, por legítimo que parezca, o sea, ya se empaña y pierde fuerza mora. La fuerza esta en el sacrificio y el secreto del éxito es dedicarse entero a un fin”.

José Martí

Agradecimiento

A cada uno de mis amigos, por estar ahí en las buenas y malas, con quienes compartí mis mejores momentos en Cuba y que nunca voy a olvidar.

Agradezco también profundamente a mis tutores: Ing. Daniel Mendiola Ellis y han sido grandes personas, y que no han dudado en apoyarme cuando los he necesitado.

Gracias al Ing. Gilberto Acosta por su apoyo incondicional durante nuestra estancia en la empresa, a todo las técnicos e ingenieros del departamento eléctrico de la Emp. Pedro Sotto Alba, al Niche y René por su apoyo en todo el momento.

MUCHAS GRACIAS A TODOS

INDICE

	<i>página</i>
<i>Agradecimientos</i>	
<i>Dedicatoria</i>	
<i>Pensamiento</i>	
<i>Resumen</i>	
<i>Summary</i>	
Introducción	1
<u>CAPÍTULO I Acotación del problema y estado del arte</u>	5
1.1 Introducción	5
1.2 Descripción del objeto bajo estudio	8
1.3 Valoración sobre trabajos anteriores y el tratamiento sobre el tema	10
1.3.1 Regulación de la velocidad en motores de inducción	11
1.3.2 Métodos para variar la velocidad en los motores de inducción	13
1.4 Accionamiento Eléctrico en la planta y sus partes	14
1.4.1 Accionamiento eléctrico de una bomba	16
1.5 El variador de velocidad	17
1.6 Algunos aspectos sobre el control de velocidad en los accionamientos eléctricos	19
1.6.1 Fundamentos básicos del control de la velocidad por variación de la frecuencia	23
1.6.2 Control por variación de frecuencia utilizando un inversor de corriente	28
1.7 Sistema SCADA – CITECT	31
1.8 Formalización de las tareas y su proyección	33
<u>CAPÍTULO II Metodología de Análisis</u>	34
2.1 Introducción	34
2.2 Extracción y selección de fuentes de informaciones	34
2.2.1 Elementos de Teoría de control	34
2.2.2 Los principales factores a considerar para el diseño de un sistema de regulación de velocidad	36
2.2.3 Mejoramiento de la eficiencia desde esquema de control	36
2.3 Fundamentos tecnológicos de la regulación electrónica de velocidad en motores	38
2.4 Funcionamiento del motor a síncrono alimentado por convertidores de frecuencia	43
2.5 Estrategias de control en accionamiento	43
2.5.1 Parámetros para calcular y seguir a la eficiencia	44

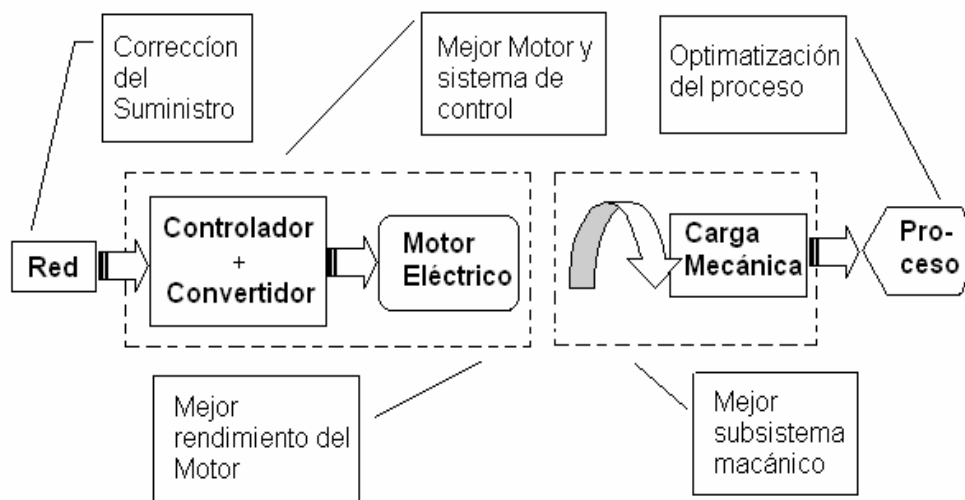
2.6 Instrumentación de campo. Funciones de control	46
2.7 Funciones de medición monitoreo y funciones de análisis	47
2.8 Obtención de información vía SCADA - CITECT	54
2.8.1 Muestreo, Almacenamiento y Recuperación de datos	55
2.8.2 Información necesaria a incorporar	58
<u>CAPÍTULO III Propuesta y evaluación de variantes</u>	62
3.1 Introducción	62
3.2 Eficiencia en el accionamiento	62
3.2.2 Eficiencia en las bombas centrifugas	63
3.3 Premisas estructurales	67
3.3.1 Propuesta de estructura	68
3.3.2 La creación de esta nueva estructura se basa en la existencia de varias premisas	69
3.4 Estructura	69
3.5 Facilidades a partir de esta estructura	70
3.5.1 Funciones de control	71
3.5.2 Aplicación de la estructura	73
3.6 Simulación y constucción de PWM	74
Conclusiones	80
Recomendaciones	82
Bibliografía	83
Anexos	85

INTRODUCCIÓN GENERAL

La incorporación de nuevos órdenes de información, control y nuevas medidas de optimización constituye objetos constantes de trabajo en cualquier proceso industrial y se verifica en todas las áreas, aunque se manifiesta con particular fuerza en las referidas a la energía, su calidad y control en cualquier manifestación.

Se estima que en el mundo más del 60% de la energía eléctrica generada es consumida por las máquinas eléctricas, por lo que al menos un 20% del ahorro de energía se ubica en el mejoramiento de los rendimientos de los motores y sistemas eléctricos, el otro 80% puede ser tomado de cada una de las partes del accionamiento eléctrico, incluyendo sus cargas mecánicas y el propio proceso.

[Rojas, L. 2003]



Sistema de accionamiento eléctrico. Oportunidades de mejoramiento

La aplicación de esta representación a distintos sistemas puede estudiarse para el logro de un mejor aprovechamiento en uso de la energía transferida desde la red de potencia trifásica en sus cuatros principales componentes.

- Fuente de suministro de potencia trifásica, usualmente los análisis parten de un sistema trifásico estable simétrico, con tensiones y corrientes sinusoidales y contenido de armónicos.
- Subsistema: Controlador + Convertidor + Motor Eléctrico, cuyo estudios utilizan por base resultados de simulación.
- Subsistema Mecánico, constituye la carga mecánica rotacional del accionamiento.
- Subsistema Proceso, nuestro caso la instalación bombeo de licor. Constituye alrededor del 35% de las oportunidades para mejorar el rendimiento de todo el sistema de accionamiento.

El análisis del rendimiento en base a las mediciones de potencias y sus pérdidas ofrece una idea integral el uso de la energía y posibilita la búsqueda de mejores herramientas para evaluar los parámetros y variables de los objetos Convertidor + Motor Eléctrico y Motor Eléctrico + Carga Mecánica.

Un accionamiento de bomba es muy típico en cualquier instalación industrial y en la nuestra es de vital importancia.

En muchos complejos industriales, los motores de inducción son controlados mediante convertidores de frecuencia con la técnica de control U/f, la cual se basa en el mantenimiento de una relación Volts – Hertz (U/f) apropiada para la demanda par exigido por la carga; estos accionamiento tienen flexibilidad de configuración para adaptarse a las necesidades de la carga pudiendo el usuario especificar la curva U/f deseada. Sin embargo, la mayoría de las veces no se conocen los criterios prácticos de ajuste de la curva U/f, lo que no permite explorar al máximo las posibilidades del accionamiento.

La procesadora industrial "Pedro Soto Alba" Moa Nickel S.A, para la conservación de los parámetros operacionales en los accionamientos eléctricos de los procesos metalúrgicos en la tecnología ácida de producción de níquel ha incorporado varias modificaciones modernizadoras entre las que se cuentan la introducción de redes de control y protección con soporte informático y la introducción de controladores basados en variadores de velocidad y autómatas programables, todo ello coordinado por un sistema de control supervisor y adquisición de datos. Estas modificaciones permiten automatizar las decisiones y a la vez crean las bases para nuevas medidas de optimización.

Situación Problemática

La introducción del sistema SCADA CITECT en los procesos industriales genera nuevos datos y relaciones tanto a nivel primario como de otro orden que constituyen recursos a explotar para optimizar las estructuras y los índices evaluativos existentes, así como generan interrogantes sobre el volumen y la utilización de almacenamiento, y de las relaciones entre los datos, también sobre la disponibilidad de secuencias históricas y las tendencias.

A partir de lo anterior se hace recurrente la indagación sobre en qué medida se utilizan los datos, cuánta información generan y como tributan a diversos índices que requieren seguimiento, tales como la efectividad del proceso, su eficiencia y calidad energética y los ritmos de las tendencias detectables.

Objeto:

Proyecto Red Grupo Energía y Sistemas controlados con variador.

Problema:

La estructura existente en los procesos de proceso de datos para evaluar la eficiencia en los accionamientos con variador del sistema de bombeo de licor que relaciona las plantas de neutralización, lixiviación y sulfuros no permite reflejar las relaciones entre los índices de calidad del control y de la energía

Hipótesis:

La sugerencia para adopción de un formato de transferencia de información que permita dar seguimiento a la eficiencia de accionamientos de sistemas de bombeo de licor que usa como elemento base de control la variación de velocidad con variadores de frecuencia se hace necesaria y factible; además su análisis debe realizarse de acuerdo a su impacto sobre los índices de calidad de la energía y el control.

Objetivo:

Lograr una estructura de transferencia de información y seguimientos de sus fuentes para evaluar de forma paramétrica la calidad del control en accionamientos con variador y su influencia en el entorno que lo circunda.

Objetivos específicos:

Proponer un nuevo nivel de utilización de los datos de control según la data obtenida vía sistemas SCADA para accionamientos con variador de frecuencia. Cimentar la búsqueda y evaluación de índices de calidad que relacionen la efectividad de trabajo de los accionamientos con los índices de calidad de control y de energía.

Tareas:

Obtención de datos de medición y de control sobre el accionamiento con variador del bombeo de licor que conecta como un lazo de control las plantas de sulfuro, neutralización y lixiviación de la procesadora de mineral Moa Nickel. Propuesta de estructura de transferencia informativa contenedora de medidas evaluadoras de la eficiencia para su seguimiento y portadora de datos de control que actúe sobre accionamientos con variadores de frecuencia e interactúe en redes informáticas.

Tareas específicas:

- Descripción de interfaz de comunicación y parámetros de control y funcionamiento de variador, accionamiento y su entorno.
- Análisis del muestreo, seguimiento y reflejo en SCADA de datos de accionamientos con variador. Cuantificación, latencia y exportación.
- Analizar relaciones entre información de intercambio SCADA-variador y su posible algoritmización.
- Análisis de la eficiencia, cálculo y seguimiento para un accionamiento.

CAPÍTULO II

Metodología de Análisis

2.1 Introducción

Como parte importante en la caracterización del objeto de estudio, permite detectar de forma preliminar las diferentes características e interacciones que existen entre los múltiples elementos vinculados en la investigación a realizar.

El objetivo de este capítulo es establecer una metodología seguida, a partir de los elementos de control y su relación con las diferentes formas de variar la velocidad; basado en el análisis del funcionamiento de los motores, el variador utilizado etc.

2.2. Extracción y Selección de Fuentes de Información

El hardware del accionamiento sobre el tanque de licor con salida a la planta de sulfuros que constituye nuestro objeto de trabajo, descrito en el capítulo I, contiene interruptores SR469, Controladores Lógicos Programables (PLC o autómatas programables), y la instrumentación de campo a diferentes niveles.

Las funciones de automatización, control y manejo de potencia se reparten entre el hardware y el software, permitiendo la aplicación de métodos de ingeniería de control y la recogida y procesamientos de datos e información con diversos tipos de relaciones y patrones.

2.2.1 Elementos de Teoría de Control

Una gran parte de los equipos utilizados en la industria moderna funcionan a velocidades variables. En los mismos se requiere un control preciso de la velocidad para lograr una adecuada productividad, o garantizar la seguridad de personas y bienes. Los sistemas de control se clasifican en sistemas de lazo

abierto y a lazo cerrado. La distinción la determina la acción de control, que es la que activa al sistema para producir la salida. Un sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es independiente de la salida. Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la acción de control es en cierto modo dependiente de la salida.

Los sistemas de control a lazo abierto tienen dos rasgos sobresalientes:

1. La habilidad que éstos tienen para ejecutar una acción con exactitud está determinada por su calibración; es decir, establecer o restablecer una relación entre la entrada y la salida con la exactitud deseada.
2. Estos sistemas no tienen el problema de la inestabilidad.

Los sistemas de control de lazo cerrado se llaman comúnmente sistemas de control por realimentación, que permite que la salida (o cualquier otra variable controlada del sistema), sea comparada con la entrada al sistema (o con una entrada a cualquier componente interno del mismo con un subsistema) de manera tal que se pueda establecer una acción de control apropiada como función de la diferencia entre la entrada y la salida.

Los rasgos más importantes que la presencia de realimentación impone a un sistema son:

- Aumento de la exactitud. Por ejemplo, la habilidad para reproducir la entrada fielmente.
- Reducción de la sensibilidad de la salida, correspondiente a una determinada entrada, ante variaciones en las características del sistema.
- Efectos reducidos de la no linealidad y de la distorsión.
- Aumento del intervalo de frecuencias (de la entrada) en el cual el sistema responde satisfactoriamente (aumento del ancho de banda).
- Tendencia a la oscilación o a la inestabilidad.

Los reguladores son controladores que buscan mantener el valor de la salida en un punto dentro del entorno de un error prefijado.

2.2.2 Los principales factores a considerar para el diseño de un sistema de regulación de velocidad son:

- a) Límites o gama de regulación.
- b) Progresividad o flexibilidad de regulación.
- c) Rentabilidad económica.
- d) Estabilidad de funcionamiento a una velocidad dada.
- e) Sentido de la regulación (aumento o disminución con respecto a la velocidad nominal).
- f) Carga admisible a las diferentes velocidades.
- g) Tipo de carga (par constante, potencia constante, etcétera).
- h) Condiciones de arranque y frenado.

2.2.3 Mejoramiento de la eficiencia desde esquema de control

El rendimiento de los accionamientos de motores eléctricos ha estado enmarcado en función del estudio de las pérdidas en relación con la potencia de entrada del sistema, la velocidad, el torque, el flujo en el entrehierro, la corriente de estator, el factor de potencia y el cálculo por diferentes métodos del rendimiento del motor. [Hsu y otros, 1998] [Slaets, van Roy y Belmans, 2000].

Usualmente en los accionamiento eléctricos, los motores operan manteniendo el flujo en sus valores nominales o con radio de voltaje / frecuencia (V/Hz) sostenidamente constante para las condiciones de cargas de diseño, mereciendo un favorable trabajo con repuestas rápidas ante los transitorios del sistema. Pero cuando el accionamiento pasa a trabajar con cargas mas bajas o ligeras, estas aproximaciones causan perdidas en el núcleo o perdidas en el cobre de la maquina, comportándose en condiciones de rendimientos mucho menores.

Varios esquemas de control de motores eléctricos a lazo abierto y cerrado son implementados basándose en:

- a) Control del deslizamiento del motor
- b) Control del voltaje o corriente mediante una fuente inversora
- c) Control combinado de voltaje y frecuencia
- d) Control vectorial

- e) Control de la perturbación de la velocidad del rotor
- f) Minimización de la potencia de entrada para el máximo rendimiento

En la planta de sulfuros, no existen hasta el ahora lazos cerrados pero con el objetivo de mejorar el control además de la eficiencia y las condiciones de trabajo, se monto en fase de prueba en la pizarra de 480V, un variador de velocidad para la bomba de licor PU-3.

El variador de velocidad es el accionador principal en la planta de sulfuros porque se mantiene el nivel del tanque, a medida que el nivel del tanque se eleva. Entre sus características, es de 480V, mientras que el motor de la bomba de licor pertenece a la pizarra de 5kV (4.16kV), par lograr la conexión fue necesario instalar un transformador de 0.48/4.16kV. El sistema se protegió mediante el relé electrónico SR-469, el cual censa por la parte de alta y mandará a abrir el circuito por la parte de baja ante cualquier falla detectada.

El conjunto de automatización actual permite, vía información, la implementación de algoritmos para mantener y darle seguimiento al rendimiento del accionamiento en cualquier estado de carga mecánica del sistema, incluyendo medianas potencias. En [Rojas 2006] se propone un algoritmo difuso, esencialmente el control se efectúa con la mediciones de la potencia de entrada P_e (su valor de línea o desde la salida del rectificador), y entonces uno o más parámetros son variados desde el ajuste del AVA con radio constante del voltaje frecuencia (V/Hz), con bajos voltajes en proporción con bajas velocidades (rpm); nuestra apreciación esta en realizar lo mismo pero con el arreglo de atender mediante el algoritmo, las oscilaciones que aparecen desde la carga mecánica rotacional que ocasionan cambios a veces no cíclicos en el comportamiento de la maquina.

2.3 Fundamentos tecnológicos de la regulación electrónica de velocidad en motores

Un regulador electrónico de velocidad está formado por circuitos que incorporan transistores de potencia como el IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) o tiristores, **siendo el principio básico de funcionamiento transformar la energía eléctrica de frecuencia industrial en energía eléctrica de frecuencia variable.**

Esta variación de frecuencia se consigue mediante dos etapas en serie. Una etapa rectificadora que transforma la corriente alterna en continua, con toda la potencia en el llamado circuito intermedio y otra inversora que transforma la corriente continua en alterna, con una frecuencia y una tensión regulables, que dependerán de los valores de consigna. A esta segunda etapa también se le suele llamar ondulator.

Todo el conjunto del convertidor de frecuencia recibe el nombre de inversor.

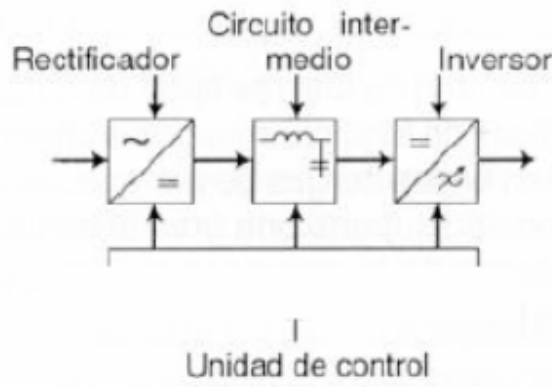


Figure 2.3.1 Parámetros del convertidor de frecuencia

El modo de trabajo puede ser manual o automático, según las necesidades del proceso, permitiendo hallar soluciones para obtener puntos de trabajo óptimos en todo tipo de procesos, pudiendo ser manejados por ordenador, PLC, señales digitales o de forma manual.

La mayoría de los fabricantes incluyen dentro del propio convertidor protecciones para el motor, contra sobreintensidad, sobretensión, fallas contra desequilibrios, defectos a tierra, etc, además de procesos de arranque y

frenados suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundaría en un aumento de la vida del motor y las instalaciones.

Es sabido que el uso de convertidores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones. Además aportan los siguientes beneficios:

- Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.
- Se puede programar un arranque suave, parada y freno (funciones de arrancador progresivo).
- Amplio rango de velocidad, par y potencia. (continuas y discretas).
- Bucles de velocidad.
- Puede controlar varios motores.
- Factor de potencia unitario.
- Respuesta dinámica comparable con los drivers de DC.
- Capacidad de by-pass ante fallos del variador.
- Protección integrada del motor.
- Marcha paso a paso (comando JOG).

Con respecto a la velocidad los convertidores suelen permitir dos tipos de control:

Control manual de velocidad. La velocidad puede ser establecida o modificada manualmente (display de operador). Posibilidad de variación en el sentido de giro.

Control automático de velocidad. Utilizando realimentación se puede ajustar la velocidad automáticamente. Esta solución es la ideal para su instalación en aplicaciones en las que la velocidad demandada varía de forma continua.

Rectificadores controlados de tensión variable

El puente trifásico de onda completa o de Graetz es el más empleado desde el punto de vista industrial, ya que tiene las siguientes ventajas:

1. Cargamos simétricamente línea trifásica.
2. Se absorben menos armónicos de intensidad en la línea trifásica.

3. La tensión continua es de rizado con menor amplitud y por tanto los filtros para alisado son menores.
4. Las prestaciones dinámicas son mayores, ya que con seis pulsos se puede variar el ángulo de encendido seis veces por periodo.

El Circuito Intermedio.

La etapa central es el denominado circuito intermedio de continua y que puede funcionar como fuente de tensión o intensidad para la etapa final del ondulator, según la disposición que se adopte. A veces al ondulator se le llama inversor tal como aparece en la figura, aunque es más correcto llamar inversor a todo el conjunto (rectificador, circuito intermedio y ondulator).

La función del circuito intermedio es alimentar la tercera etapa, es decir al ondulator, y esto puede hacerlo funcionando como fuente de tensión, en cuyo caso se colocaría un condensador electrostático entre los terminales (+) y (-) para mantener constante la tensión y daría lugar a un inversor con circuito intermedio de tensión. Cuando el circuito intermedio funciona como fuente de intensidad para el ondulator, se pone una inductancia en serie con una de sus ramas, su función es mantener constante la intensidad, y estaríamos hablando de un inversor con circuito intermedio de intensidad.

Según la configuración que se adopte las características del inversor son distintas y condiciona cuestiones tales como: armónicos, resistencia de frenado, gama de potencias, accionamiento para un solo motor o varios a la vez, etc.

Ondulator.

El ondulator es un conmutador electrónico que comunica alternativamente la tensión o intensidad continua del circuito intermedio sobre las fases del motor de CA conectado a sus salidas. La disposición más común es el puente trifásico de Graetz (figura 2), está formado por semiconductores controlados sean tiristores, GTO, IGBT o MOSFET. De los anteriores el que más se está utilizando para motores industriales es el IGBT.

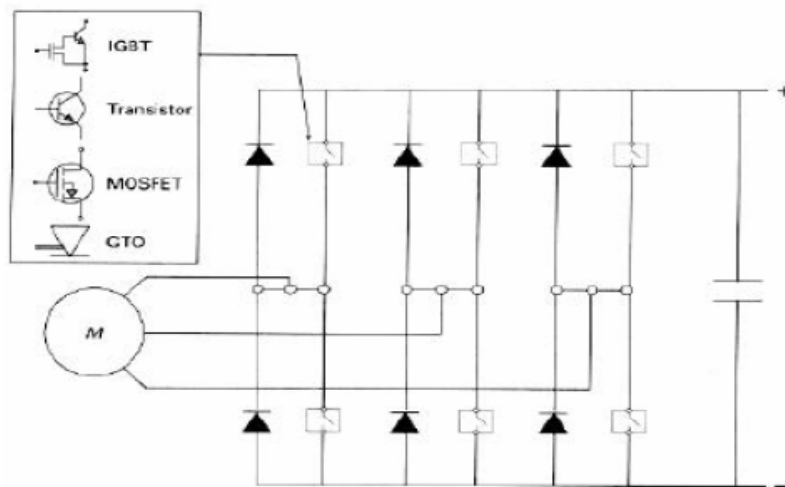


Figure 2.3.2 Puente trifásico de Graetz

En función del sistema de conmutación lograremos que las ondas de tensión a la salida hagan que las corrientes absorbidas se acerquen al sistema trifásico senoidal.

Hay distintas formas de regular la tensión de salida del inversor como son:

- ✓ Variar el valor de la tensión en el circuito intermedio.
- ✓ Variar la tensión de salida en función de la proporción entre los tiempos de conexión y desconexión de los semiconductores de potencia mediante la técnica de regulación PWM (iniciales de **M**odulación del **A**ncho de **P**ulso, en inglés). Además de regular la salida, este método tiene la ventaja de generar una onda de tensión de salida que mejora notablemente la onda de intensidad absorbida por el motor, lo cual hace que el motor funcione como si estuviera alimentado por tensiones senoidales de la red.

2.4 Funcionamiento del motor asíncrono alimentado por convertidores de frecuencia.

Los inversores con circuito intermedio de tensión son los más usados en aplicaciones prácticas. Un inversor se elige en función de parámetros tales como:

- ✓ Accionar a un solo motor o varios.
- ✓ Banda necesaria de regulación y su precisión.
- ✓ Consecuencias sobre la red eléctrica del convertidor adoptado.
- ✓. ¿Tiene sentido económico prever un retorno de energía? (Frenado regenerativo).
- ✓ Velocidad de respuesta para adaptarse a los cambios de consigna.

Para aprovechar al máximo el motor hay que controlarlo de modo que el flujo se aproxime lo más posible al nominal para el cual ha sido diseñado. Cuando el motor está regulado con flujo constante e igual al nominal presenta unas curvas características como las siguientes:

Los convertidores de frecuencia electrónicos se dividen:

- Convertidores directos (CA-CA).
- Convertidores indirectos (CA-CD-CA).

Los convertidores indirectos se dividen:

- Inversores sinusoidales de voltajes (VSI en inglés).
- Inversores sinusoidales de corrientes (CSI en inglés).

Los convertidores de tensión se dividen según la modulación del inversor:

- Modulación por amplitud del pulso (PAM).
- Modulación por ancho del pulso (PWM).

2.5 Estrategias de Control en Accionamientos

Existen algunas de ellos, y pueden coexistir en un mismo accionamiento.

Control escalar:

- Control tensión – frecuencia (U/f)
- Control de la corriente del estator de la frecuencia del deslizamiento (o simplemente del deslizamiento).

Control Vectorial:

- Control por Campo Orientado (FOC).
 - Método indirecto.
 - Método directo.
- Control sin sensores.
- Control directo del torque.

La principal diferencia con los otros métodos de control anteriores es que el DTC no existe un modulador PWM separado, sino que la posición de los interruptores del convertidor de potencia es determinada directamente por el estado electromagnético del motor. Para ello es necesario disponer de un modelo muy exacto del motor junto con una elevadísima capacidad de cálculo.

2.5.1 Parámetros para calcular o seguir a la eficiencia

Estos parámetros constituyen las bases de la teoría

- De Carga
- De Alimentación
- Tiempo en que se toma la mediciones
- La secuencias de arranque y parada
- Parámetros normales y del variador
- Criterio de estimación y las tendencias

De ellos se derivan:

- Las posibles curvas de eficiencia
- Parámetros de Calidad

A nivel de sistema existe el variador y además otros elementos e interrelaciones por lo que la verificación de estas funciones se realiza a través de Interruptores de Control y Transferencia de la series SB y SR de la firma GE.

Las acciones de gestión y control se distribuyen en:

- Acciones básicas de campo o Nivel 1: Dispositivos que realizan las funciones de control y protección, medición y operaciones locales o maniobras.
- Enlaces de comunicación entre niveles.

- Control central de planta o Nivel 2: Este controlador recoge la información generada por los dispositivos de campo y realiza funciones de protección y control que involucran más de una unidad de campo básica y sirve como elemento de interfaz con centros de control remotos.

En el nivel 1 las unidades pueden usarse independientemente como dispositivos de protección y control sin integración al sistema.

Un sistema distribuido tiene las siguientes características:

- Funciones de Protección.
- Funciones de activación de protección, lectura de mediciones, registro de eventos y oscilografía de datos generados al nivel 1.
- Operaciones de Apertura y Cierre del equipamiento de conmutación.
- Realización de funciones de control secuencial.
- Realización de funciones de chequeo de sincronismo.
- Desactivación de carreras eléctricas o bloqueos de relees.
- Adquisición de datos leídos en tiempo real.
- Transferencia y Comunicación de datos y funciones al nivel 2 y al sistema SCADA.

Y ejecuta funciones de registro, alarma y sincronización.

Los módulos reciben entradas para medición y monitorización y ejecutan algoritmos de control programados, así como generan las salidas que operan los dispositivos de conmutación, señalización e intercierres.

Otras funciones:

Control: Compensación capacitiva, intercierres

Medición: Corriente, Tensiones, Potencia, Factor de Potencia, Frecuencia

Monitoreo: Interruptores, Eventos, Carreras (trips)

Análisis: Carga, Tiempo, Tendencia.

2.6 Instrumentación de campo. Funciones de Control

Operaciones e entrecierres

- El nombre que identifica la operación

- Condiciones de Operación
- Condiciones de Fallas
- Condiciones de Éxito
- Tiempo de Sostén
- Tiempo de Activación
- Tiempo de Falla

Configuración de entradas y salidas

Puede realizarse por software, excepto en las carreras y recierres

Se permiten los siguientes parámetros:

- Entradas lógicas a monitorear
- Funciones lógicas de temporización
- Contactos de salidas para iniciar las operaciones definidas
- Contactos físicos para las salidas lógicas, definidos desde señales internas y entradas digitales.

La cantidad de entradas y salidas disponibles y las posibilidades de configuración son diferentes para cada equipamiento.

Herramientas de análisis para diferentes aplicaciones.

- Diagramas de barra
- Accesos a información
- Estado, Mediciones, Alarmas, Eventos, Oscilografía para cada conjunto completo (subestación).
- Cálculos y muestra de favores y componentes simétricas.
- Realización de operaciones (remotas).
- Configuración de estados, mediciones, eventos, etc.
- Configuración de bases de datos, macro operaciones e intercierres interzonas.
- Generación de bases de datos para el conjunto (nivel planta o subestación)

2.7 Funciones de Medición, Monitoreo y Funciones de Análisis

Estas funciones se distribuyen en una red MODBUS y enlaza al SCADA – CITECT, a los interruptores electrónicos Multilin y la red Ethernet.

Funciones de Medición

- Corrientes de Fase y Neutro
- Secuencia Negativa
- Potencia Activa y Reactiva
- Factor de Potencia
- Frecuencia
- etc.

Demanda . (Perfil de Carga). Maximetros.

Archivo de Monitoreo de Demanda .

Identification: ABCDEF 05-10-2006 17:57:46

Date	Time	Ia	Ib	Ic	Ia average	Ic average	Ic average
05 / 10	12 : 30	0.19	0.21	0.20	0.19	0.21	0.19
05 / 10	12 : 45	0.50	0.51	0.49	0.27	0.27	0.26
05 / 10	13 : 00	0.49	0.50	0.50	0.30	0.31	0.31

05 / 10	13 : 15	0.30	0.31	0.30	0.29	0.29	0.29
05 / 10	13 : 30	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28
05 / 10	13 : 45	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29	0.29
05 / 10	14 : 00	0.30	0.31	0.30	0.29	0.29	0.29
05 / 10	14 : 15	0.30	0.31	0.30	0.29	0.29	0.29
05 / 10	14 : 30	0.40	0.40	0.39	0.29	0.29	0.28
05 / 10	14 : 45	0.20	0.22	0.20	0.19	0.20	0.19
05 / 10	15 : 00	0.20	0.21	0.20	0.18	0.19	0.16
05 / 10	15 : 15	0.29	0.30	0.29	0.21	0.21	0.20
05 / 10	15 : 30	0.30	0.30	0.30	0.27	0.28	0.27
05 / 10	15 : 45	0.21	0.22	0.20	0.19	0.21	0.19
05 / 10	16 : 00	0.25	0.26	0.23	0.18	0.19	0.17
05 / 10	16 : 15	0.22	0.22	0.21	0.21	0.20	0.20
05 / 10	16 : 30	0.22	0.22	0.21	0.20	0.21	0.20
05 / 10	16 : 45	0.22	0.22	0.21	0.20	0.20	0.20

Funciones de Análisis

Funciones de registro, eventos y oscilográficas hasta 1 ms y hasta 24 horas.

Independencia de las funciones de protección

Eventos son generados por el modulo de protección y tienen la siguiente estructura.

Nombre del Evento

Fecha y Hora

Corrientes y Tensiones presentes

Estado del módulo generador del evento

Tratamiento de Alarmas

Funciones de generación y tratamiento de alarmas

Alarmas son las condiciones o estados de operación relevantes al sistema, según defina el usuario y se tienen hasta 32 tipos diferentes y tienen hasta 4 estados:

Alarma activa o inactiva y reconocida o no reconocida

Señalización

nn, id, m

freq.

nrazón

sssss1, endmuestra1

sssss2, endmuestra2

sssss2, endmuestra2

mm/dd/yy, hh:mm:ss.ssssss

mm/dd/yy, hh:mm:ss.ssssss

Data archivo type

where :

Identif.: Identificación, Texto.

número: Identificación, número.

TT: Número de canals in data archivo.

nnA: Número de análogo canals in data archivo.

nnD: Número de digital canals in data archivo.

nn: Canal Número.

id: Canal identificador.

p: Fase identificador.

cccccc: Circuito/siendo monitoreado.

uu: Unidades (kV, MVA, etc.)

a: Número Real para la siguiente ecuación:

b: Número Real para la siguiente ecuación.

Valor real grabado = a x Número entero en archivo dato + b skew: Número Real a tener en cuenta entre diferentes canales en la mismo número de muestra ero.

min: Número Entero valor, mínimo de la canal correspondiente.

max: Número Entero, valor máximo de la correspondiente canal.

m: Estado normal de cada canal (solo para canales digital).

freq.: Frecuencia del sistema (60)

razón: Número de diferente razón muestreo usada in data archivo.
sssss1: Razón de Muestreo.
endmuestra1: Último Número muestra tomada a la razón de muestreo
sssss1.
sssss2: Razón de muestreo a 2.
endmuestra2: Último Número de muestra tomada a razón muestreo
sssss2. etc.
sssssn: Razón de Muestreo n.
endmuestran: Último Número muestra tomada a la razón de muestreo
sssssn.
mm: Mes
dd: Día
yy: Año
mm: Minutos.
ss.ssssss: Segundos.
Tipo de Archivo de Datos: ASCII o Binario

Hardware Funciones de Control.

Configuración de Salidas.

El Panel de Control Estado es un comprimido de más de 160 señales de control las que contienen toda la información relacionado al módulo de control.

Grupo de Señales de Control 1

1. Programa de Inicialización
2. Cambio de Activación
3. Contadores de Modificación
9. Sincronización temporal
16. Alarma de fuente de alimentación

Grupo de Señales de Control 2

- 17. Control Bloqueo
- 18. Control Listo
- 19. Control Operativo
- 20. Control, Recierre en progreso
- 21. Control, Bajo Tensión
- 22. Control, Baja frecuencia
- 23. Indefinida
- 25. Espera de condiciones de operation
- 28. Temporizador de Control
- 30. Espera por condiciones de éxito.
- 31. Operación completa
- 32. Operación Incumpla

Grupo de Señales de Control 3

- 33. Control Entrada Bloqueada
- 34. Control Entrada Desbloqueada
- 37.52 Cerrada
- 38.52 Error de Estado

Grupo de Señales de Control 4

- 50.89B Estado Error

Grupo de Señales de Control 5

- 69.89E-A
- 70.89E-B
- 71 Entrada Digital 7

Grupo de Señales de Control 6

- 81. Control Fallo de Tensión
- 82. Señalización de Falla de Tensión

- 83. Alarma SF6
- 86. Condiciones de Cierre Negada
- 87. PT Corrida de Protección Secundaria
- 88 .Entrada Digital 24

Grupo de Señales de Control 7

- 97. Condición de Operación -1
- 98. Condición de Falla -1

Grupo de Señales de Control 8

Grupo de Señales de Control 9

- 129. Va < 50% VN
- 132. VbB < 50% VN

Grupo de Señales de Control 10

Configuración de Eventos

Se pueden definir 48 eventos en el módulo de control de un sistema DDS

Cada evento contiene la siguiente información:

- Texto de Identificación
- Marca de reconocimiento de alarma
- Estado de la señal generadora del evento (activa o inactiva)
- Hora y Fecha.

Como ejemplo:

52 Cerrado
52 Estado Error
52 Falla de Apertura
52 Falla de Cierre
Recepción de Clave

Transmisión de Clave
Registro de oscilografía en progreso
Recreador Externo en servicio
Pole Disagreement Trip

CONDICIÓN DE OPERACIÓN (INTERLOCKINGS)

Hasta 4 diferentes condiciones de operación puede ser definida por cada acción de control (abrir / cerrar interruptores de circuito, etc).

La cuarta condición de operación se suma para determinar si la acción de control puede ser realizada o no. Al menos una de las cuatro condiciones definida debe ser cumplida por la acción de control a ser realizada.

Como ejemplo, se asume la siguiente condición de operación para cerrar el interruptor del circuito.

- El interruptor de circuito debe estar abierto.
- El módulo de protección activo
- La tierra de conmutación debe estar abierta

Esta puede ser definida usando compuertas AND en la siguiente forma

52 Abierto **AND** Protección en servicio **AND** 89E Abierta

ACCIÓN DE CONTROL = CERRAR CIRCUITO INTERRUPTOR

CONDICIONES TECNICAS

Generales

Frecuencia:	60 Hz, selectable
Modo Medición:	RMS valor de la componente fundamental
Algoritmo de Medición:	DFT a 16 muestras por ciclo
Filtro:	Filtro Antialiasing incluido
Promedio:	Media Móvil de 16 valores
Medición Harmonica:	No disponible
Tiempo de estado estacionario:	10 s
Escala de Medida:	Seleccionable
Límites de Tensión	

2.8 Obtención de Información vía SCADA - CITECT

El método para relacionar los aspectos para evaluar el estado del accionamiento y calcular su eficiencia, y estimar su comportamiento, en la fábrica se realiza directamente a través de la interface de pantalla del CITECT.

En la figura 2.8.1 observamos el conjunto de variables correspondiente a la arquitectura de control para una firma de gran presencia en el sistema de información y control de la instalación.



Figure 2.8.1. Elementos de control y ventana agregada al CITEC.

2.8.1 Muestreo, Almacenamiento y Recuperación de Datos

Para la utilización de la información de los instrumentos de campo se recogen los datos de las variables con un tiempo de muestreo variable y distribuido entre la instrumentación de campo y el CITECT. Los tiempos de muestreo se ubican en el orden de los 15 – 25 mS y para su almacenamiento se ajustan según el área y el recurso involucrado, tenemos memoria de almacenamiento en los interruptores electrónicos, en los servidores CITECT y las memorias de proceso y mediante los sistemas de compresión.

La vista de las tendencias genera información pero debe notarse que no existe medida de utilización, luego se necesita decisión sobre mezclar estos datos para lograr su utilización a diferentes niveles.

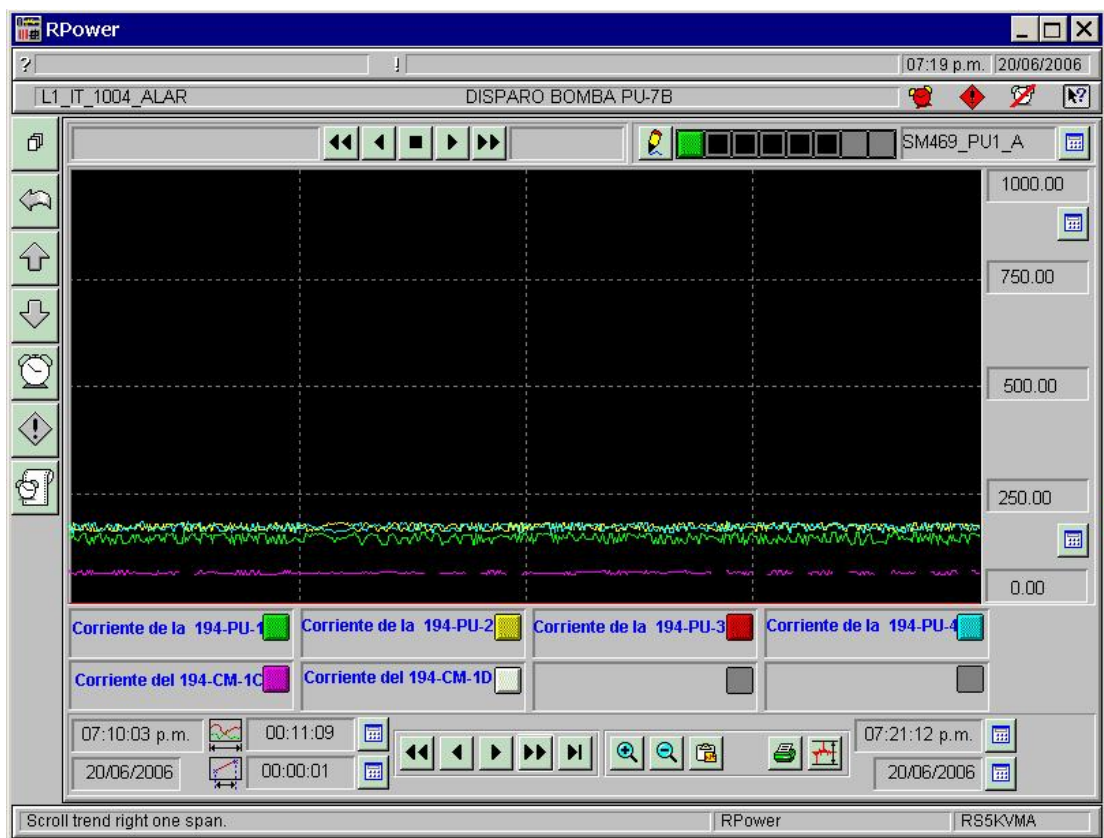


Figure 2.8.2. Series de tendencias de corriente en las bombas.

La figura 2.8.2 muestra que como elemento a seguir en las partes superiores de las pantallas parpadean las alarmas que luego se incorporan en los reportes.

La estructura de información incorpora para su estudio las marcas de tiempo real y es posible su edición para obtener relaciones de nivel superior, con algoritmos de cálculo para procesamiento off-line. Muestra las Indicaciones de los puntos de consigna y los valores que relacionan la acción de los controladores y las variables que alimentan la memoria del SCADA.

Pueden obtenerse como se distribuyen las acciones sobre los intervalos y como impactan en las tendencias.

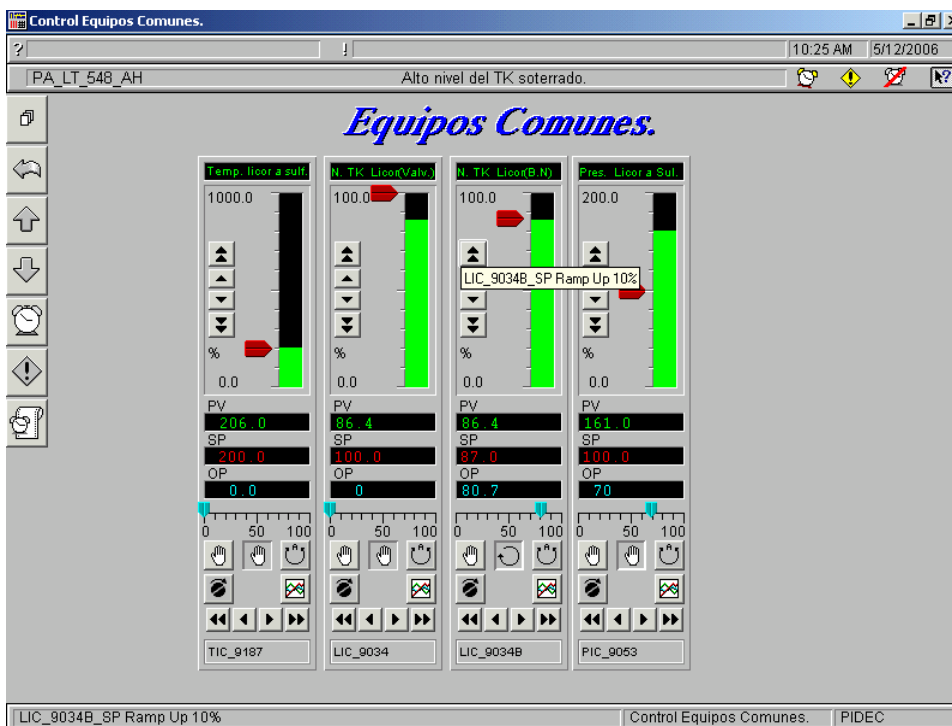


Figure 2.8.3. Equipos comunes reflejados en CITECT.



Figure 2.8.4. Tendencias del nivel del tanque, temperatura y presión.

2.8.2 Información Necesaria a incorporar

Las figuras muestran una dinámica baja respecto a los cálculos de eficiencia, la parametrización de tendencias y los valores de control o error, tampoco se tiene reflejo del trabajo del variador, las relaciones de distribución de velocidad entre las bombas que succionan el flujo de salida del tanque de licor. Falta eficiencia, tendencias de control y relaciones con nivel y variador

Otros datos vinculables son:

Tener en cuenta los datos de temperatura

Reportes de modelo térmico

Reportes de tendencias según cálculos y muestreo

En qué medida el variador mantiene armónicos, eficiencia y ciclos tecnológicos (su tiempo de respuesta y su influencia en el control o leyes activas o de respuesta)

Reportes Eléctricos

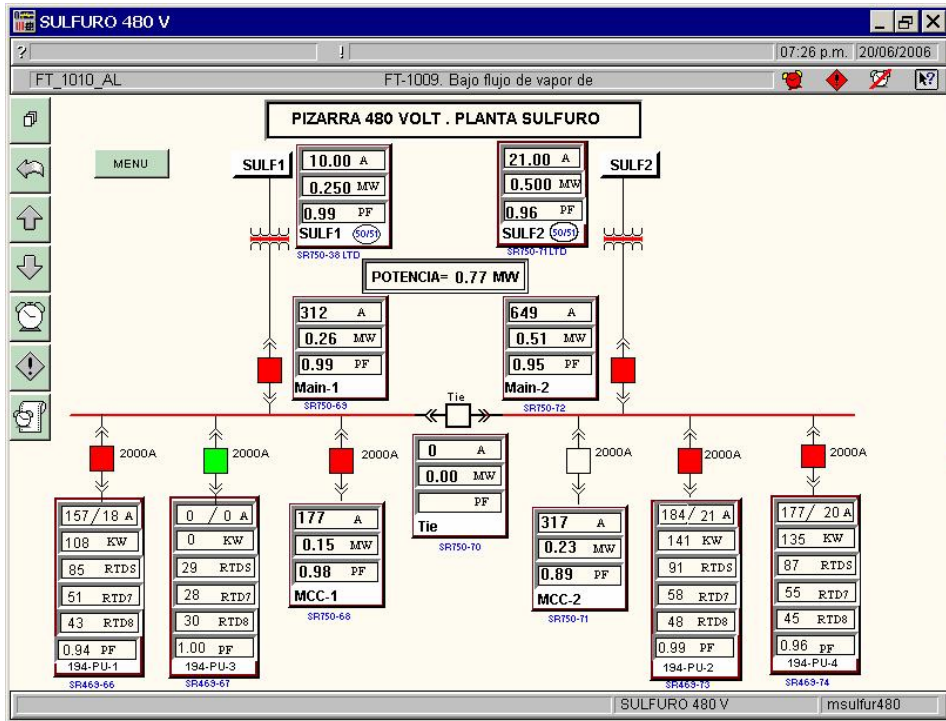


Figure 2.8.5. Pizarra 480 V Planta Sulfuro.

De acuerdo a las notificaciones y la documentación de los interruptores electrónicos SR469 y SR750, estos pueden ser aplicados con condiciones sobre cargas cíclicas y con variadores de frecuencia (VFD).

La comunicación con estos interruptores repite acciones de protección y control, monitoreo y medición y comunicación por red.

Así se manejan modelos térmicos de motores, curvas de sobrecarga ajustables, características de arranque, compensación de temperatura, y polarización de desbalances.

Las categorías de protección son tres: carreras, alarmas y bloqueos.

Algunas características pueden ser modificadas y algunos subgrupos no requieren cambios:

- Mensajes de tiempo de ciclos
- Mensajes de tiempos
- Periodos cálculo de carga promedio del motor
- Posición Disparo de Trazo de Memoria
- Separadores de Trazo de Memoria
- Intervalo de Actualización de Displays
- Intervalo de Filtro de Carga del Motor.

La base de premediación es 16.7 ms por ciclo promediado, aunque puede variar de acuerdo al estado, las secuencias y las prioridades.

La base de actualización por niveles de transición programados es 1 s, según los inicios y sincronismos entre eventos, temporizaciones y completitud.

Una de las alarmas útiles reviste la detección de pérdidas de excitación y salida del paso de pérdida de carga o cavitación de la bomba, y que se extiende al la detección de problemas relacionados con procesos.

Teniendo en cuenta los métodos de activación de torque, mediciones de demanda, corrientes y reactivos.

Los datos registrados en la memoria de los interruptores permiten recomponer las secuencias y recompensar o precompensar énfasis o insuficiencias de las variables.

El ciclo de mediciones o intervalo de actualización de los registros de memoria de los interruptores puede variar, aunque deban respetarse la completitud de las secuencias y las transiciones.

CAPÍTULO III

Propuesta y Evaluación de Variantes

3.1 Introducción

Se busca establecer una vía metodológica de evaluación de eficiencia en accionamientos eléctricos que incluyan control por frecuencia variable y su relación con la calidad de la energía asociada con las transformaciones inherentes a estos procesos.

Se perfila la posibilidad de incorporar recursos para tabular, calcular, interpolar, y extrapolar índices de carga, de modulación, gasto energético, calidad de la energía y el control en un accionamiento eléctrico automatizado tipificado para entornos industriales. Estos perfiles permitirían la configuración, mantenimiento e integración adaptada o inteligente de accionamientos, la conformación de flujos energéticos y su especificación en diferentes ambientes, así como la implementación de formas cooperativas entre lazos de control en plantas con mira local o global como forma básica de balanceo de cargas de trabajo.

Se toma como portador de factibilidad la existencia de estructuras informativas con impacto operativo.

Eficiencia – Distorsión Armónica – PWM – Perfil de Calidad

PWM

carga \cos index eficiencia paramétrica.

Análisis de casos.

3.2 Eficiencia en el accionamiento

Para valorar la eficiencia en el accionamiento eléctrico se valoraría primero cada elemento del sistema.

El sistema lo constituye un accionamiento de motor de inducción que acciona una bomba centrífuga encargada de transportar licor y como elemento fundamental un variador de velocidad que regula la velocidad del mismo, a este

variador se le acopla un transformador elevador para elevar el voltaje a la entrada del motor.

3.2.1 Eficiencia en las bombas centrífugas

La eficiencia en las bombas centrífugas es la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada en el eje de la máquina. La diferencia entre las dos constituye las pérdidas de potencia dentro de la bomba. Estas pérdidas están agrupadas dentro de tres tipos: hidráulica, mecánica y volumétrica.

Eficiencia hidráulica

La altura de presión o carga requerida por el impelente o rodete de trabajo para transferir un volumen determinado de flujo está dado como:

$$H_t = H + h \quad (3.2.1)$$

donde:

H – es la altura de presión actual, [m]

Entonces las pérdidas hidráulicas en la máquina son tomadas en cuenta en la eficiencia hidráulica como:

$$\eta_h = \frac{H}{H + h} \quad (3.2.2)$$

$$\eta_h = \frac{H_t - h}{H_t} = 1 - \frac{h}{H_t} \quad (3.2.3)$$

Esta eficiencia se ve afectada por la configuración del flujo que pasa por la turbo – máquina, determinada usualmente por las imperfecciones de diseño y las rugosidades de la superficie del cuerpo del impelente, lo cual define la suavidad del flujo en el área, y este va correr a través del difusor en su mejor operación.

Eficiencia mecánica

La potencia generada en la entrada de la bomba centrífuga, en los alabes del impelente puede ser calculada por la expresión:

$$N_i = (Q + \Delta Q).g.(H + h) \quad (3.2.4)$$

La potencia de salida es la que se desarrolla a la salida de la turbo – máquina y se puede determinar por medio de la expresión:

$$N_s = Q.g.H \quad (3.2.5)$$

Eficiencia volumétrica

Se determina por la formula.

$$\eta_v = \frac{Q}{Q + \Delta Q} = 1 - \frac{1}{\Delta Q} \quad (3.2.6)$$

Eficiencia en los motores de inducción

La eficiencia en estos motores esta dada por la relación entre la potencia de salida P_s ó potencia mecánica en su árbol y la relación entre la potencia de entrada ó eléctrica P_e , que puede ser tomada en los terminales del estator o desde el eslabón de corriente directa del inversor sinusoidal de tensión (VSI a PWM).

$$\eta = \frac{P_s}{P_e} \quad (3.2.7)$$

Usualmente para este cálculo se toman en formato rms ó muestreadas digitalmente:

- Velocidad de rotación
- Corriente por un transductor
- Tensión
- Potencia de entrada
- Resistencia del devanado del estator
- Temperatura del devanado
- Torque en el árbol del motor

Varios autores han desarrollado algunos métodos de cómo determinar la eficiencia, entre los más usados está:

- Método de los valores nominales, que consiste en el cálculo mediante:

$$\eta = \frac{P_s}{P_{nom}} = \frac{P_{med}}{\sqrt{3}U_n I_n \cos \varphi} \quad (3.2.8)$$

donde:

P_{nom} - es la potencia nominal de chapa del motor [kW].

P_{med} - es el valor de la potencia medida en rms [kW].

U_{nom} - es el valor de la tensión nominal de chapa del motor [V].

I_{nom} - es el valor de la corriente nominal de chapa del motor [A].

- Método del deslizamiento, que consiste en determinar la potencia de salida por:

$$P_s = \frac{S_{med}}{S_{nom}} * P_{snom} \quad (3.2.9)$$

donde:

S_{med} , S_{nom} - es el deslizamiento medido y nominal del motor [%].

P_{snom} - es la potencia de salida nominal del motor [kW].

- Método de la corriente, que se realiza calculando la potencia de salida con la medición de la corriente medida y la marcha al vacío:

$$P_s = \frac{I_{med}}{I_{nom}} * P_{snom} \quad (3.2.10)$$

$$P_s = \frac{(I_{med} - I_{mv})}{(I_{nom} - I_{mv})} * P_{snom} \quad (3.2.11)$$

donde:

I_{med} - es la corriente medida en rms [A].

I_{mv} - es la corriente de marcha al vacío en rms [A].

- Método estadístico, basado en archivar el recorrido histórico de las pérdidas en el motor, considerando por ejemplo un porcentaje de aquellas pérdidas que habitualmente no pueden ser calculadas. Para un grupo de motores típicos se calcula la eficiencia como:

$$\eta = 1 - \frac{\Delta p}{P_e} \quad (3.2.12)$$

- Método del circuito equivalente, tiene en cuenta el cálculo partiendo de las componentes del circuito eléctrico equivalente del motor de inducción, tomando los valores de las resistencias, reactancias e inductancias a una determinada temperatura de trabajo de la máquina.

- Método de las pérdidas incluidas, que tienen en cuenta todo tipo de pérdidas, ya sea de origen electromagnético como mecánico.
- Método del torque o momento de carga, es uno de los más difundido porque relaciona tanto la potencia electromagnética, el numero de revoluciones y las perdidas totales:

$$\eta = \frac{\left[\left(M_{em} \cdot \frac{2\pi \cdot n_r}{60} \right) - \Delta p_{friccion} - \Delta p_{carga} \right]}{P_e} \quad (3.2.13)$$

donde:

n_r – numero de revoluciones del motor, [rpm].

$\Delta p_{friccion}$ - son las perdidas por fricción en el motor eléctrico, [W].

Δp_{carga} - son las perdidas producto de la carga, [W].

3.3 Premisas estructurales

Del epígrafe 2.5 tenemos que, en lo fundamental los parámetros para calcular o seguir a la eficiencia y constituyen las bases de nuestras afirmaciones teóricas.

- De Alimentación
- Tiempo en que se toman las mediciones
- Variador
- Criterio de estimación y las tendencias

De ellos se derivan:

- Las posibles curvas de eficiencia
- Parámetros de Calidad y los puntos de referencia para optimización

Las acciones las verificaremos tomando de los interruptores de control y protección, se pondrán acciones de gestión distribuidas en:

- Acciones básicas redistribuidas de campo, que realizan las funciones de control y protección, medición y operaciones locales o maniobras.
- Formar núcleo estructural para cálculo y comunicación con capacidad informativa
- Funciones de Protección
- Lectura, Registro y Almacenamiento de mediciones, eventos y oscilografía de datos.
- Operaciones de Apertura y Cierre del equipamiento de conmutación
- Realización de funciones de control secuencial y de chequeo de sincronismo
- Desactivación de carreras eléctricas o bloqueos de reles
- Transferencia y Comunicación de datos y funciones al nivel 2 y al sistema SCADA., alarma y sincronización.

Los módulos reciben entradas para medición y monitorización y ejecutan algoritmos de control programados, así como generan las salidas que operan los dispositivos de conmutación, señalización e intercierres.

Otras funciones:

- a) Control: Compensación capacitiva, intercierres
- b) Medición: Corriente, Tensiones, Potencia, Factor de Potencia, Frecuencia.
- c) Monitoreo: Interruptores, Eventos, Carreras (trips).
- d) Análisis: Carga, Tiempo, Tendencia.

3.3.1 Propuesta de Estructura

La estructura se ordena para tener:

- ✓ Relaciones con parámetros de tres plantas.
- ✓ Una pantalla según alarmas, grupos de alarmas e intervalos de muestreo y cálculo de seguimiento de la eficiencia, determina los índices de monitoreo.
- ✓ Algoritmos de cálculo, en fórmulas llamadas para alimentar la pantalla y se nutre de los puntos de consigna y las relaciones de segundo orden.

- ✓ Índice de metalazo y su algoritmo de dependencias (tendencias).
- ✓ Capacidad informativa.
- ✓ Derivaciones desde el accionamiento, fundamentalmente el índice de modulación como secuencia, los arranques y paradas en periodo que marquen diferenciales altos y amenazas al control térmico desde el relay de protección.
- ✓ Recursos para trazas secuenciales de mantenimiento o experimentación.

3.3.2 La creación de esta nueva estructura se basa en la existencia de varias premisas:

- Ya existen criterios sobre muestreo.
- Existe variedad contextual (control, perturbación, demanda).
- El sistema SCADA – CITECT contiene un reflejo comprimido para indagar sobre velocidad de respuesta, magnitud de impacto y velocidad de reflejo.
- Existen protocolos preliminares.
- Existen normas para interpretación de control y energía.
- Se cuenta con “espacios” para la incorporación algorítmica (sobre cálculos de estados, secuencias y regímenes) de criterios, cálculo de índices y leyes de perturbación.

3.4 Estructura

Debe permitir en forma de reporte, mezclar la presentación de datos y la adición de cálculos de parámetros que definen relaciones no operacionales directas, es decir, la eficiencia del accionamiento, la distribución de la variación de velocidad, y las tendencias sobre factores tecnológicos locales y secuenciales. Todo ello tendrá representación para periodos de muestreo variable para su estudio comparativo, pero debe constituir un Archivo y Representación solicitable y exportable CITECT que contiene:

:

Componente	Funciones Objetivo
Datos de Protección	Tiempo, Ponderación, Relación con la Eficiencia (conexión de cálculo habilitada)
Tabla de Activos	Relaciones lógica y funcional completas Cálculos y Proceso sobre Eficiencia
Indicadores de Apertura / Cierre	Simultaneidades y conectivo a función externa (distribución de velocidades)
Secuencias funcionales de control	Modulación, Ahorro y Calidad de la Energía en intervalos o por tendencia
Funciones de Chequeo de Sincronismo	Vínculos Interplantas Vínculos Intraniveles de Automatización
Desactivación de Carreras Eléctricas	Ponderación de Incidencias de los bloqueos de Relé y Cantidad de Reinicializaciones
Transferencias SCADA e Inteligencia	Estados Sistémicos, Conexión Intercontrol y Canales de Información
Registro, Alarma	Registros Compartidos y Sincronización
Compensación	Variación de Energía Reactiva y Estacionareidad de bloqueos en cadena. Algoritmo

Tabla 3.4.1. Componentes comparativos.

3.5 Facilidades a partir de esta estructura

Mediciones funcionales. Experimentos informativos.

Propuesta de interacción con SCADA. Formulación de criterios

Información derivada. Inferencia tendencial. Interacciones y Eficiencia

Costos y Cantidad de Información. Acciones derivadas.

Características de velocidad, eficiencia y de control

3.5.1 Funciones de Control

En el desarrollo de algoritmos es natural que las operaciones se cataloguen por su naturaleza y por el número de estados que involucran, luego a partir de esto se plantean la elaboración de secuencias, y se maneja su realizabilidad a partir de la necesidad de su completamiento y luego se decide el hardware que la procesa, su interrumpibilidad y su comunicabilidad como funciones de control interna o compartida se define su estructura espacial y temporal.

El accionamiento en el tanque de licor establece la existencia de:

1. 2 Tensiones de alimentación con sus pizarras respectivas
2. Un transformador
3. 2 Interruptores
4. 1 Variador
5. 1 Tanque
6. 1 Punto de consigna
7. 4 Bombas
8. 4 Motores que accionan gobernados por un variador

La eficiencia del accionar sobre esta instalación vista desde la planta de sulfuros se refleja en la interfase CITECT

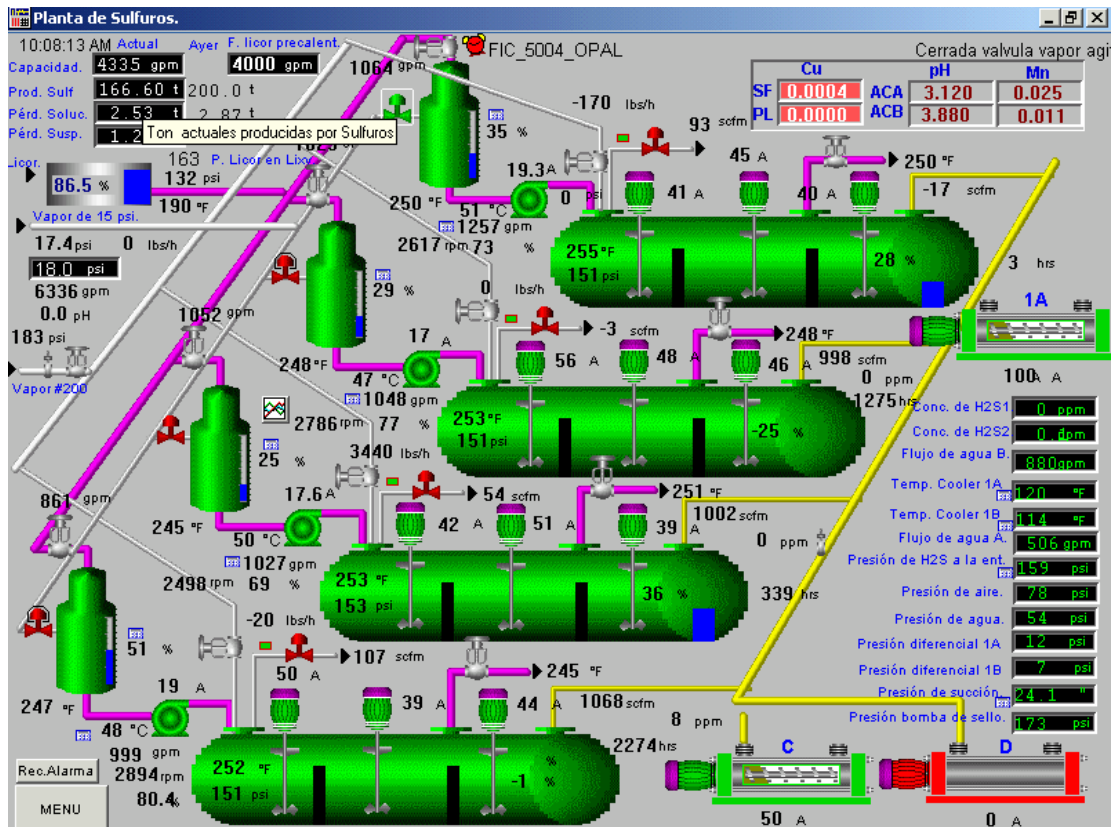


Figura 3.5.3. Planta de sulfuro reflejada en la pantalla CITECT.

Por simple inspección, las variables bajo observación tienen:

Velocidad

% de trabajo del variador

Caudal / Flujo

Temperatura

Corriente

Corriente Nominal

Parámetros AutoClave: Licor, Vapor, H₂S

Se necesita establecer tiempos comunes, composición de acciones y secuencias y reflejo en registros.

La coordinación para estas tareas apoyadas en la base de datos de CITECT, la utilización de estimadores permite detectar para control:

9. arranques, duración de tendencias, cantidades regulares de acciones
10. alarmas con demora y por clase
11. comportamiento térmico
12. magnitudes con correlación
13. exactitud y tolerancia de las consignas
14. cantidad simultánea de alarmas
15. tendencias simples y sincrónicas
16. acciones parametrizadas de control simples o secuencias

La propuesta anterior se ha planteado de forma densa pero se piensa en un modo progresivo para su implementación.

3.5.2 Aplicación de la Estructura

Para el Tanque de Licor sería:

Sobrecorrientes y Medidas de Demanda
Intervalo de Frecuencias de operación
Relación Flujo, Altura y tiempo activo de bombas
Acciones respuesta a Corridas y Bloqueos
Nivel de tanque y tiempo de flujo a frecuencia fija
Bloqueos por periodo
Relación comparativa Nivel vs Diapasón de frecuencias de operación
Últimas Alarmas y Eventos Registrados en Intervalo
Cálculos de Valores de Compensación, Parámetros de Filtrado y Eficiencia

Table 3.5.1. Parámetros del tanque de licor.

3.6 Simulación y Construcción del PWM

La simulación de cada circuito que se desea elaborar debe de ser detallada siguiendo una secuencia de pasos para desarrollarla.

Pasos:

1. Usando la librería [Sim Power Systems del Matlab]

- Agregar el modelo de circuito
- Agregar Puente Universal con parámetros como:

Power device	electronic	IGBT/Diodes
Snubber		
	Rs	1e5
	Cs	inf
	Ron	1e-3
Forward voltages		
	Vf	0 V
	Vfd	0 V
Tail		
	Tf	1e-6 s
	Tt	1e-6 s

Observaciones

- a) Note que el circuito snubber es enteramente la caja de diálogo del puente universas (Universal Bridge). Como el valor del capacitor Cs del snubber es Inf (corto circuitos), es puramente resistivo. Generalmente, los puentes IGBT no usan snubbers; sin embargo, debido a que cada elemento en Sim Power Systems está modelado como fuente de corriente, se tiene que suministrar vías paralelas sobre cada IGBT para permitir la conexión a circuitos inductivos (estator de máquinas asincrónicas).
- b) La alta resistencia del snubber no afecta el rendimiento del circuito.

- c) Con la librería Machines copie la [Asynchronous Machine](#) SI Units block, así como la [Machine Measurement Demux](#).
- d) Parametrice la Asynchronous Machine. Active por ejemplo; Potencia Nominal a $3 \cdot 746$ VA y el voltaje nominal line- to - line U_n a 220 V para implementar una máquina de 3 HP, 60 Hz con dos pares de polos. Su velocidad nominal es por tanto ligeramente más baja que la velocidad sincrónica de 1800 rpm, o $\omega_s = 188.5$ rad/s.
- e) Note que los tres terminales del rotor a, b, y c son accesibles ahora.
- f) Durante la operación del motor deben cortocircuitarse juntos. Aunque puede usarse el rotor tipo Jaula de Ardilla, luego de este cambio ya se eliminará el acceso.
- g) Abra el menú bloque Demux block. Cuando se conecte a la salida de medición de la máquina permite acceder a señales internas. Primero selecciones maquinas asincrónicas y manténgase con las señales ABC (corrientes del estator), velocidad del rotor ω_m , y el torque electromagnético.

2. Controlando el Puente Inversor con un Generador de Pulsos

El generador de pulsos está disponible en la librería de extras de **powerlib**:

- Abrir la librería de bloques de control Extras/Discrete Control blocks y copiar el Discrete 3-Phase PWM Generator block. Este bloque se usa para puentes de dos niveles y tres niveles. El convertidor opera en lazo abierto y las señales de modulación PWM son generadas internamente. Conecte la salida P1 a la entrada de pulsos del Puente universal
- Abrir la caja de diálogos del bloque Discrete Three-Phase PWM Generator block y activar los parámetros como sigue:.

Type (Tipo)	2 level
Mode of operation (Modo de operación)	Un-synchronized
Carrier frequency (frecuencia portadora)	18*60Hz (1080 Hz)
Internal generation of modulating signals (generación interna de señales de modulación)	selected
Modulation index m (Indice de modulación m)	0.9
Output voltage frequency (Frecuencia de la tensión de salida)	60 Hz
Output voltage phase	0 degrees
Sample time	10e-6 s

Observaciones

- a) Use el menú **Edit --> Look Under Mask** del modelo para apreciar como está implementado el PWM. Este sistema de control está hecho enteramente con bloques Simulink. El bloque ha sido discretizado de modo que los pulsos cambien a múltiplos del tiempo de paso especificado. Un tiempo de paso de 10 μ s corresponde a +/- 0.54% del período de conmutación a 1080 Hz.

3. Muestra de Señales y Medición de la Corriente y Tensión Fundamentales.

- Adicionar los bloques de medición de la componente fundamental (60 Hz) empotrado en el voltaje rebanado chopped Vab y la corriente de la fase A. Agregue el bloque Fourier de la librería Extras/Discrete Measurements de **powerlib**.
- Con la caja de diálogos del bloque discreto Fourier block chequee que los parámetros son como sigue:

Fundamental frequency	60 Hz
f1	
Harmonic number	1
Initial input	[0 0]
Sample time	10e-6 s

- Conecte el bloque a la salida del sensor de tensión Vab.
- Duplique el bloque Discrete Fourier block. Par medir la corriente de la fase A, seleccione el primer elemento de la salida is_abc del bloque ASM Measurement Demux block.
- Copie un bloque Selector desde la librería Signals & Systems de Simulink.
- Abra su menu y active el **Elemento** a 1. Conecte la salida del Selector al Segundo bloque Discrete Fourier block y su entrada a la salida is_abc del bloque Machines Measurement Demux block
- Por ultimo, agregue scopes al modelo. Copie el bloque Scope en su circuito. Este scope se usa para mostrar las tensiones, corrientes, velocidad y torque electromagnético instantáneos del motor. Active los siguientes parámetros en el menu **Scope Properties --> General** del bloque scope.

Number of axes	4
(Número de ejes)	
Time range	0.05 s
(Rango de tiempo)	

Tick labels (Etiquetas Tick)	bottom axis only
---	---------------------

- Conecte las cuatro entradas y las cuatro etiquetas a las líneas de conexión, se activarán al comenzar la simulación.

Para permitir nuevos procesamientos de las señales mostradas en el osciloscopio, se tiene que almacenar en una variable. En el menu **Scope Parameters/Data history** del scope, active los siguientes parámetros:

Limit data point to last (Punto limite de datos al ultimo)	deselected
---	------------

Save data to workspace (salvar datos al espacio de trabajo)	selected
--	----------

variable name (Nombre de variable)	ASM
---	-----

Format (Formato)	Structure with time
-----------------------------------	------------------------

Luego de la simulación, las cuatro señales mostradas en el scope estarán disponibles en un arreglo de estructura llamada ASM..

4. Simulando el Excitador PWM del Motor con un Algoritmo de Integración Continua.

Abra el menú **Simulation --> Simulation parameters** Seleccione el algoritmo de integración ode23t. Active la tolerancia relativa a $1e-4$, la tolerancia absoluta y el paso máximo a auto (absolute tolerance and the Max step size), y el tiempo de parada (stop time) a 1 s. Arranque la simulación y observe los resultados.

El motor arranca y alcanza su velocidad de estado estacionario de 181 rad/s (1728 rpm) después de 0.5 s. Al arranque, la magnitud de la corriente pico a 60 Hz alcanza 90 A (64 A RMS) mientras que el valor estacionario es 10.5 A (7.4 A RMS).

CONCLUSIONES

Las tareas desarrolladas permitieron reconocer

1. La posibilidad y necesidad de mejorar la utilización de los datos alrededor del control de velocidad por medio de variadores de frecuencia.
2. La insuficiencia para canalizar información efectiva de las estructuras de presentación y análisis de datos en el SCADA para los accionamientos y dispositivos de control relacionados con el tanque de licor para sulfuros en la empresa Moa Níckel S.A. "Pedro Soto Alba"

A partir de ellas se logró:

1. Una propuesta de estructura que relaciona niveles, dispositivos y procesos concurrentes sobre la transferencia de licor para sulfuros.
2. Establecer nexos primitivos entre la programación interna del variador (modulación) y las transferencias paramétricas de datos interprocesos adyacentes.
3. Se compiló en el informe datos y funciones para control, protección y análisis de tendencias de variables eléctricas y no eléctricas.
4. Se estableció un principio para nuclear criterios sobre formalización de funciones para evaluar la calidad del control y la energía mediante índices a partir del desempeño de sistemas que usan variadores de frecuencia.
5. Se cumplieron las tareas descriptivas, de análisis de datos y experimentos de muestreo que involucran un variador de velocidad por variación de frecuencia, comprobándose la posibilidad de seguimiento de la eficiencia y la implementabilidad algorítmica de evaluación de relaciones entre datos a nivel diferente al primario.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la formalización de la estructura y su incorporación como interfaz activa al SCADA-CITECT de la empresa.
2. Profundizar sobre los aspectos de calidad y seguimiento de eficiencia por las posibilidades de ahorro de energía y sus implicaciones.

Describir y Determinar:

1. Parámetros que se miden sobre el accionamiento en cada parte, i.e mecánica, eléctrica, control.
2. cálculo de la eficiencia
3. variabilidad de los puntos de consigna, e.g, intervalo de frecuencia, márgenes de flujo y consumo, partes involucradas (variador, plc, control, pwm, convertidor, otros motores)

Responder como se reflejan los datos sobre el accionamiento en el SCADA activo

1. Memoria (tiempo de cálculo, de respuesta, de almacenamiento)
2. Muestras de parámetros (tiempo de medición, variables directas e indirectas que participan en la eficiencia)
3. Cumplimiento de tareas y su secuencias

Para qué debe servir la estructura informativa:

1. Carácter predictivo y muestral de seguimiento (based on ARMA process, ...)
2. Aporte de conocimiento para decisiones y computabilidad de análisis según interacciones con el proceso (masa, energía y cruces),

descomposición de varianza sobre tiempo para ayuda en el diagnóstico de interacciones (propósito control)

3. Base de método de evaluación de rendimiento

- a. Conocimiento extensivo a priori
- b. Modelos empíricos para analizar la estructura predictiva de los datos

Objetos individuales:

accionamiento, muestro, carga, alimentación, variador, algoritmo, parámetros medidos, secuencias /tendencias seguidas y estimadas, cálculo de eficiencia, parámetros de control, parámetros de calidad.

Tareas:

interfaz (pasiva, actual)

muestreo, seguimiento y reflejo en memoria (correspondencia con el cálculo)

cuantificación, latencia y exportación de datos

eficiencia, control, seguimiento, frecuencia de cálculo, de variación, de control

Simulación:

Algoritmización de transferencia, seguimiento de índices y eficiencia

(generadores de datos – información y sus características)

Mediciones y consecuencias

Parámetros, procedimientos y estructura

conclusiones sobre relaciones de eficiencia, seguimiento e impacto (existencia de ciclos, interarmónicos, correspondencia estado – eficiencia – gasto)

Experimentos sobre la máquina, algoritmos y estados

proyectos sobre variadores:

SCADA

trabajo de puesto de monitoreo y control

estructura comunicativa maximizadora de información sobre estado

intervalos, afectaciones notables, variaciones más probables, algoritmo y parámetros, aportes secundarios y su nivel (armónicos, estabilidad), salida a diagnóstico y seguimiento.

equipos de medición. Fuentes de información y reglas de emisión de control (regulación y coordinación)

Premisas:

Hipótesis de muestreo

Variedad contextual (control, perturbación, demanda)

reflejo comprimido, velocidad de respuesta, magnitud de impacto, velocidad de reflejo, volumen de proyección (¿por qué se escogen y cómo?)

estructura (protocolo)

interpretación – control, energía

incorporación algorítmica (estados, regímenes)

incorporación de criterios

extensión al cálculo de índices

red, radial o ley de perturbación

Metodología de evaluación de accionamiento

. Funcionamiento y eficiencia

. Calidad e impacto sobre energía (SCADA, Base de datos)

Recomendaciones

