



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Nombre de la empresa.

C.H. Ángel Albino Corzo “Peñitas”

Nombre del proyecto.

**Ahorro de energía en sistemas de achique mediante arrancadores
suaves**

Alumno.

Orozco de la Cruz Roberto Daniel

No. de control.

07270383

Especialidad.

Ingeniería eléctrica

Asesor externo.

Ing. Willebaldo Hernández Coutiño

Asesor interno.

Ing. Fidel Tovilla Hernández

Agosto-Diciembre 2011



Contenido

1. Introducción..... 3

1.1. Antecedentes. 3

1.2. Estado del arte 3

1.3. Justificación 4

1.4. Objetivo..... 4

1.5. Caracterización del área de trabajo..... 4

1.6. Problemas a resolver 5

1.7. Alcances y limitaciones..... 5

1.8. Metodología 5

2. Generalidades 7

3. Fundamento teórico. 23

3.1. Arranque suave..... 23

3.2. Sistemas de achique 29

3.3. Ahorro de energía. 33

4. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas..... 34

5. Desarrollo 40

5.1. Arrancador a tensión reducida k981 40

5.2. Selección del arrancador suave..... 43

6. Conclusiones y recomendaciones. 59

7. Referencias bibliográficas y virtuales 60



Ahorro de energía en sistemas de achique mediante arrancadores suaves.

1.Introducción

1.1. Antecedentes.

La central hidroeléctrica Ángel Albino Corzo “Peñitas”, constituye la cuarta y la última etapa del sistema hidroeléctrico Grijalva, construida durante el periodo de 1979 a 1986, con una capacidad instalada de 420 MW.

La central hidroeléctrica es superficial, cuenta con cuatro unidades de los MW cada una y fue construida de 1980 a 1987, año en que entro en operación. Las partes que componen la central son: casa de maquinas, vertedores, canal de desfogue, obra de toma.

Dentro de la casa de maquinas se contemplan tres secciones: playa de montaje, piso de turbinas y galería de inspección. En la sección de piso de turbinas podemos encontrar los sistemas de achique.

Actualmente debido a las necesidades del país y de los cambios producidos por las corrientes tecnológicas, científicas y económicas, México está obligado a adquirir la cultura de ahorrar y usar eficientemente la energía como factor primordial para el desarrollo.

Los sistemas de achique se encuentran ubicados en piso de turbinas, dicho sistema está conformado de 6 bombas de achique, tres de ellas son de 300 HP y las otras tres son de 50 HP.

1.2. Estado del arte

Actualmente se han desarrollado nuevas técnicas para el arranque de motores de inducción para el ahorro de energía, esta nueva tecnología se basa en tiristores que es lo que conforma el arrancador suave, mediante esto se hace un arranque suave y parada suave de los motores.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Lo que se propone como proyecto es el ahorro de energía en sistemas de achique mediante arrancadores suaves.

1.3. Justificación

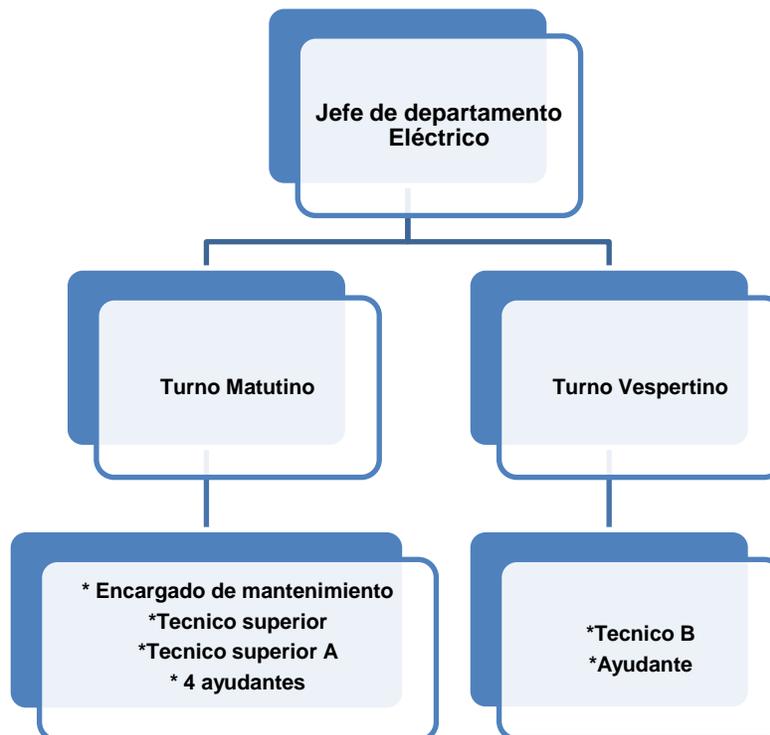
El presente proyecto vale la pena porque con el se podrán reducir tanto los picos de voltaje como los picos de corriente dando con esto un ahorro de energía ya que los sistemas de achique actualmente cuentan con arrancadores a tensión reducida.

1.4. Objetivo

Implementar arrancadores de tipo suave en los sistemas de achique para el ahorro de energía.

1.5. Caracterización del área de trabajo

El área de trabajo en la cual se participo fue el departamento eléctrico, en el que se trabajan dos turnos, matutino y vespertino, el departamento se desglosa de la siguiente manera:



Las actividades que realiza el departamento son para que la planta trabaje con mayor eficiencia ya que está regida bajo un plan de mantenimiento. Alguna de las actividades que se efectúan son las siguientes:



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

- Mantenimiento rutinario a las unidades generadoras.
- Mantenimiento a los motores eléctricos de la central.
- Mantenimiento al sistema de alumbrado.
- Mantenimiento a los transformadores.

La finalidad del mantenimiento en la central: es encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen falla. Dicho mantenimiento puede ser definido como una lista completa de actividades, todas ellas realizadas por los trabajadores del departamento. Para asegurar el correcto funcionamiento de la central.

1.6. Problemas a resolver

El problema a resolver es que durante los 25 años de puesta en servicio de los sistemas de achique, han tenido el mismo accionamiento, lo que se pretende hacer es que mediante la implementación de esta nueva tecnología de los arrancadores suaves se pueda ahorrar energía y disminuir el mantenimiento a los sistemas de achique.

1.7. Alcances y limitaciones.

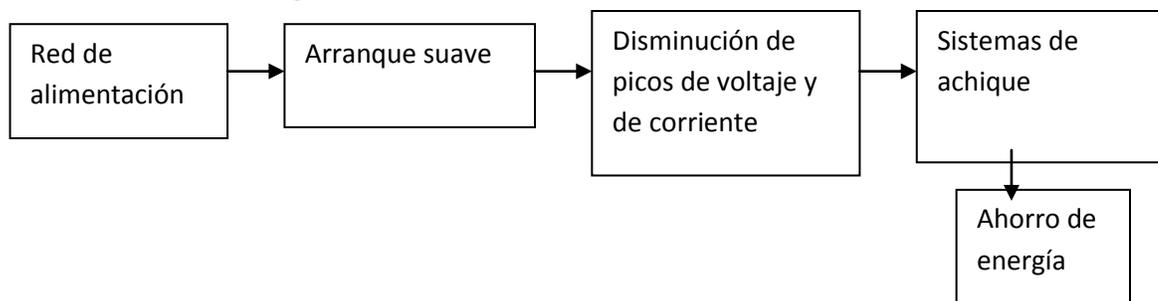
Alcances.

- Se le aplicara mantenimiento a las bombas de achique
- Se le dará mantenimiento a los gabinetes de arranque de las bombas de achique

Limitaciones.

- Se hará la propuesta debida, mas no se podrá implementar debido a el tiempo ya que los trabajadores se encontraran dando mantenimiento mayor a una de las unidades generadoras de la central

1.8. Metodología





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

1. Red alimentación. Es la alimentación la cual se le debe suministrar a cada bomba de achique ya sea 220/440 V.
2. Arrancadores suaves. Son los encargados de arrancar las bombas de achique.
3. Disminución de picos de voltaje y de corriente. Esta es la parte en la que el arrancador hizo su tarea y disminuyo sus picos de voltaje y de corriente.
4. Sistemas de achique. Está conformado de 6 bombas de achique, estas serán las accionadas por los arrancadores suaves.
5. Ahorro de energía. Esta es la parte en que lo implementado ha surtido efecto en el ahorro de energía en los sistemas de achique.



2. Generalidades

2.1. CENTRAL HIDROELÉCTRICA ÁNGEL ALBINO CORZO.

La Central Hidroeléctrica "PEÑITAS" es del tipo agua embalsada (caudal) se encuentra localizada en la margen izquierdo del Río Grijalva, y consta de las siguientes estructuras:

- Cortina.
- Vertedores.
- Obra de Toma.
- Casa de Maquinas.
- Canal de Desfogue.
- Dos subestaciones.

La Central Hidroeléctrica tiene como principal objetivo la generación de la energía eléctrica. Del Vaso de Almacenamiento se encauza a través de su Canal de Llamada, el agua que posteriormente será conducida a través de las Tuberías de Conducción, para operar las Unidades Generadoras, las cuales se encuentran ubicadas en la Casa de Maquina y posteriormente restituir al Río el gasto utilizado a través del canal de desfogue.

La capacidad instalada de la Central Hidroeléctrica es de 420 MW distribuida en 4 Turbinas tipo Kaplan de eje vertical, las cuales generan 105 MW cada una, con un gasto máximo de 360.00 m³/s Por unidad, para un total de 1,440 m³/s.

2.1.1.1. CORTINA.

La Obra de Contención o Cortina es una estructura que permite almacenar los volúmenes de agua de los escurrimientos generados por cuenta propia, por descarga de presas situadas aguas arriba, por escurrimientos que provienen de otras cuencas cuando hay interconexión y por la precipitación pluvial directa sobre el Vaso. Este almacenamiento sirve para generar energía por medio de equipos electromecánicos.

Esta estructura está formada por enrocamiento, con corazón impermeable central de arcilla y respaldo de materiales graduados, complementada con una plantilla inferior de concreto plástico de 418 m a lo largo del eje longitudinal, 0.80 m de espesor y una profundidad variable. El área de la cuenca hasta el sitio de la boquilla es de 35,701 Km² con un gasto medio anual por cuenca propia de 114.59 m³/s Cuenta con instrumentación instalada durante la construcción, Inclínometros, piezómetros, acelerógrafos, etc.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Desde el punto de vista geológico-tectónico la región en que se ubica la Cortina y el Vaso de Peñitas, estructuralmente está representada por un homo clinal de suave pendiente hacia el Golfo de México, cuya actividad tectónica tuvo sus últimos movimientos de importancia a principios del terciario dando origen a los plegamientos de Mono pelado y Maspac, aparte de estas dos estructuras solo tiene otros plegamientos de carácter local, lo que denota que esta zona se encuentra en un periodo de estabilidad tectónica, la cual se vio afectada hace 100,000 años, con el nacimiento del Volcán "Chichonal", este Volcán hizo erupción en abril de 1982 ocasionando sismos y aun es considerado en actividad, por lo que se considero esta zona como un factor principal para dar origen a la posibilidad de un evento sísmico y por su cercanía al sitio de construcción de la Presa, se considero para la determinación del factor de riesgo.

El Embalse está formado por una Presa de enrocamiento, con corazón impermeable de 53.00 m de altura, permitiendo un almacenamiento a los niveles: Máximo 95.50 MSNM y mínimo 85.00 MSNM teniendo como NAMO, el nivel 87.40 MSNM dentro de los tratamientos que se le dieron a la cortina para asegurar su impermeabilización, podemos destacar, la compactación dinámica. Este método se realizo por primera vez en el país, en el caso de esta obra se utilizo una masa de 37 toneladas que era levantada a una altura de 27 metros por medio de un trípode, para después dejarla caer hasta completar 20 golpes, con lo que se asegura la compactación de la zona, este trabajo se efectuó formando cuadrículas de 20 m con una cuadrícula intermedia compactada con un peso de 15 toneladas levantada por una grúa y utilizando el mismo procedimiento que en la primera fase, para mejoramiento de la cortina.

2.1.1.2. VERTEDORES.

El Vertedor u Obra de Excedencias de la Central Hidroeléctrica se encuentra localizado en la margen derecha del Río Grijalva, a 73.50 MSNM a cielo abierto, cuenta con 8 compuertas radiales para regulación, cuyo labio superior se encuentra en la elevación de 91.13 MSNM (Siendo este nivel tomado como NAME) sus estructuras son:

- Canal de Llamada.
- Zona de estructuras.
- Canal de Descargas.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

La Obra de Desvío tiene un ancho de 45 m en el Canal de Llamada reduciéndose a 35 m por una transición en la zona de estructuras y una longitud de 827 m.

La capacidad del Vertedor está aprovechada para controlar y regular la descarga de un gasto de $18,700 \text{ m}^3/\text{s}$.

La función de este vertedor es la de controlar la descarga de los volúmenes de agua que se consideren excedentes de la capacidad útil en el Vaso almacenador.

2.1.1.3. OBRA DE TOMA.

La obra de toma consta de 4 bocatomas y 8 compuertas de $10.10 \times 12.60 \text{ m}$ y 2 compuertas auxiliares de las mismas dimensiones, cada una accionada por un servomotor a pistón, alimentado por la central oleodinámica, compuestas por bombas de eje horizontal con sus dispositivos de seguridad y control.

El cierre de la compuerta se produce en un tiempo de 20 s y el tiempo total de izaje es de 18 min. Una vez cumplido el permisivo de tubería llena. Consta también de 8 rejillas metálicas, de sección rectangular de $9.00 \times 19.50 \text{ m}$, y dan paso al agua mediante túneles de concreto.

El Canal de Llamada de Obra de Toma tiene un ancho promedio de 110 m y una longitud de 358 m la Tubería de Conducción tiene una longitud aproximada de 34 m, con un ancho de 20 m, y una altura de 12 m; tiene una pila central con un espesor de 2 m. Las Tuberías de Conducción son de concreto armado.

El mecanismo de Obra de Toma, tiene la finalidad de permitir u obstruir el flujo de agua hacia la turbina, ya sea dentro de procedimientos de operación, en caso de fallas que requieran el cierre de compuertas en emergencia y en caso de mantenimientos programados y no programados ya sea a la Turbina o los propios mecanismos de Obra de Toma.

Los órganos de seguridad de la Obra de Toma son las compuertas rodantes de cierre rápido, operadas por vástagos y servomotores hidráulicos. Cada una de las cuatro turbinas de la Central tiene su condición de Toma bipartida y es protegida por dos compuertas (Compuerta de Servicio), normalmente abiertas en posición de espera, disponibles para cerrar por gravedad en agua muerta o bajo cualquier condición de flujo previsto. Aguas arriba de las compuertas de servicio, se pueden bajar las compuertas de protección y mantenimiento (Compuertas Auxiliares) operadas por una grúa pórtico especial.

Reten de contención de Obra de toma. Consiste en una estructura flotante sobre el embalse, localizado en la entrada del canal de llamada de Obra de Toma; formada por pares de tambos vacíos cerrados herméticamente para evitar su



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

hundimiento, sujetos a tres líneas de cables acero de $\frac{1}{2}$ pulgada mismas que están enclavados en sus extremos en atraques de concreto, y a lo largo del mismo se tensan con cables de acero fijados en muertos de concretos en el fondo del agua, complementándose dicha estructura con malla ciclón de 2 m de ancho para evitar el paso de la basura y paralizada al interior de Obra de Toma.

2.1.1.4. CASA DE MAQUINAS.

La Casa de Maquinas es de cámara abierta, tipo exterior, con carcasa de concreto armado, para alojar 4 Turbinas Kaplan, que están desplantadas en la elevación 21.00 MSNM, con una longitud aproximada de 106 m y un ancho de 21 m y una altura máxima de 60 m, el volumen de concreto colado es de 84,833 m³. Y en su interior aloja los siguientes componentes:

- Transformadores de potencia.
- Grúas.
- Generadores eléctricos.
- Turbinas.
- Sistema de excitación.
- Sala de control.

TRANSFORMADORES DE POTENCIA

La C.H. Peñitas cuenta con: 4 transformadores trifásicos 13.8/230 KV conectados en delta/estrella, con capacidad de 115 MVA cada uno, tipo de enfriamiento oa/foa/foa marca prolec. 2 transformadores trifásicos 115/13.8 KV conectados en delta/estrella, con capacidad de 6.25 MVA cada uno, tipo de enfriamiento oa/fa marca iem e iesa respectivamente.

Los 4 transformadores se encuentran ubicados en la elevación 60.0 MSNM Estando instalados en la parte exterior frontal de casa de maquinas, cada uno de estos transformadores corresponde a una unidad generadora, estando separados entre sí por mamparas de concreto.

Estos equipos reciben el potencial de 13.8 KV. Por el lado de baja tensión atreves del bus de fase aislada y elevan el voltaje a 230 KV. Por el lado de alta tensión energizando a los buses 1 y 2, por medio de cables aéreos.

Características:

Son de tipo columna, los cuales tienen una conexión estrella con neutro aterrizado en el lado de alta tensión y una conexión delta en el lado de baja tensión, con voltaje nominado 13.8/230 KV. Con una frecuencia de 60 HZ. El tipo de enfriamiento es 0a/f0a/f0a, tiene un cambiador de derivaciones para operarse sin carga, con seguro portacandado e indicador de posiciones, consta de 5 posiciones las cuales nos sirven para variar el voltaje de salida por encima de los 230 KV y por debajo de este valor.

El aislamiento permite operación continua al 112% de la corriente sin afectar su tiempo estimado de vida con una sobre elevación aproximada de 65°C.

El tipo de preservación del aceite aislante es un tanque conservador con bolsa separadora de nitrilo y frascos de secadores de silica-gel.

La silica-gel es un óxido de silicio, el cual tiene la propiedad de absorber la humedad del aire, teniendo una capacidad de absorción de agua, del orden del 20% de su propio peso.

La silica-gel seca tiene un color azul, pero húmeda es rosa, estos colores se aprecian a través del cristal del frasco de secador, por lo que es muy importante observar al realizar inspección del transformador.



Transformadores de potencia

GRÚAS.

La casa de maquinas cuenta con dos grúas viajeras de 30/180 toneladas cada una, accionadas por motores de 480 V, para efectuar maniobras pesadas en cuanto al mantenimiento, las cuales pueden ser:

- Mantenimiento a las turbinas.
- Mantenimiento a los generadores.
- Introducir material o aparatos de gran peso.

De las cuales se desglosan gran cantidad de equipos pesados como son motores, bombas, tanques de aceite, tuberías pesadas, etc.

Básicamente las grúas nos sirven de apoyo en el desarmado de cualquier unidad generadora para retirar las piezas pesadas de los diferentes niveles de la casa de maquinas y llevarlas a la playa de montaje.



Grúa viajera

GENERADORES ELÉCTRICOS.

Los generadores con los que cuenta la C.H. peñitas son 4 con turbinas del tipo Kaplan con una capacidad generadora de 105 MW cada una, obteniendo un total de 420 MW, mas una unidad auxiliar con turbina del tipo Francis con una capacidad de 1,220 KW. Las cuales se describirá más detalladamente en el siguiente capítulo.

TURBINAS.

La Central Hidroeléctrica cuenta con cuatro Turbinas principales, y una Auxiliar, las cuales representan el elemento principal de la central, y tienen como función principal aprovechar la energía cinética y potencial del agua, el cual al pasar por los elementos de la turbina, ésta transforma la energía cinética y potencial del agua en energía mecánica, para que a su vez esta energía mecánica sea transformada posteriormente en energía eléctrica mediante el generador.

TURBINA PRINCIPAL

TABLA 2.2.4.1 DATOS TÉCNICOS CARACTERÍSTICOS	
Tipo	Kaplan vertical 5K37
Caída (H)	35.27 - 30.89 m
Caudal (Q)	334 - 349 m ³ /s
Potencial de la turbina (p)	108.33 - 98.716 MW
Velocidad de régimen(Nn)	112.5 RPM
Velocidad de embalsamiento (Np)	291 RPM
Masa inerte (GD ²)	18,778 tm ²
Trabajo de regulación del servomotor	94,824 Kgm. (carrera 835 mm)
Trabajo de regulación del rodete (ArR)	137,344 Kgm. (carrera 257 mm)
crecimiento máximo de la presión	36 % H

Componentes principales de la Turbina.

- **La Carcasa Espiral o Caracol.**

Tiene la función de conducir y distribuir el flujo de agua proveniente de los conductos de presión dirigida hacia el antedistribuidor, de tal manera que se tenga la misma presión de agua alrededor de la turbina. La Carcasa Espiral está compuesta por 12 paletas fijas predirectrices, las cuales transmiten la carga axial de tracción y su perfil corresponde al perfil hidráulico del modelo. Las paletas fijas son atornilladas al anillo superior durante el montaje y posteriormente soldadas.

La medición de la presión se hace a través de 8 tomas colocadas sobre el techo de la carcasa espiral, conectadas a un manómetro localizado en el tablero de control. Después de la carcasa espiral el agua fluye por el Distribuidor que está compuesto por 24 álabes móviles directrices. Tienen la función de regular el



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

caudal de la turbina y caudal de la turbina y cerrarla. Los álabes son fundidos como mono bloque y se apoyan con dos bujes auto lubricados.

- **El Rodete.**

Transfiere la energía del agua, al momento torsión sobre el árbol, aprovechado en el alternador para la producción de la energía eléctrica. El Rodete se compone del cubo en el cual se halla ubicado tanto los pernos de los alabes, formados hidráulicamente el mecanismo, el cual va girando estos álabes, según la exigencia de la regulación los álabes son fabricados de acero fundido inoxidable del tipo 13.6% Cr. El ala del álabe esta unida con el perno por tornillos ajustadas el rodete pesa 140 toneladas con una altura de 6 m y un diámetro 6.6 m Cuando el agua de servicio ha entregado su energía al rodete, fluye a través del tubo de succión hacia la galería de Desfogue. El diámetro de entrada del cono es de 6.7907 m Y de salida 8.612 m la longitud es de 5.427 m el espesor de la pared 15 mm. Bajo un ángulo de 45°.

El sello de flecha de la Turbina se realiza mediante una junta axial de anillos deslizante, el anillo de deslizamiento bipartido que gira de la flecha lleva un blindaje inoxidable sobre el cual deslizan los segmentos de anillos de carbón que están colocados en el porta-anillos de sellos, bipartido que pueden moverse en sentido axial.

- **Flechas.**

Son dos flechas, las cuales tienen la función de transmitir el movimiento rotacional del rodete hacia el rotor del Generador, siendo diseñadas suficientemente para la transmisión del máximo momento de torsión la longitud de la flecha del lado de Rodete tiene una longitud de 4.793 m y la longitud de lado de rotor es de 5.667 m el diámetro.

Sobre el eje, respectivamente en su cercanía y sobre el caballete portador de la chumacera combinada se hallan colocados los aparatos y equipos para medición.

- a.- Dispositivo para medir empuje axial.
- b.- Dispositivos para medir corrientes circulares.
- c.- Dispositivos para detectar vibraciones radiales.
- d.- Dispositivo para detectar vibraciones de torsión.
- e.- Dispositivo para detectar la velocidad de la flecha.



- **Chumaceras.**

La chumacera de guía superior esta combinada con la chumacera de carga. Como otro lugar de apoyo, hay una chumacera guía en la parte superior del generador denominada chumacera guía generador. La chumacera consta de 12 segmentos radiales con una dimensión de 300 x 300 mm. Los cuales guían el eje sobre el diámetro de 1.5 m teniendo una tolerancia de 0.2 - 0.3 mm.

La lubricación de los segmentos de la chumacera es mediante aceite, siendo refrigerado éste mediante enfriadores de agua. El volumen de aceite es de 700 litros.

La chumacera combinada está compuesta por segmentos axiales y radiales, funcionando como chumacera de carga y chumacera guía superior Turbina respectivamente. Sobre la chumacera de carga (chumacera axial) se transmiten todas las cargas desde el rotor, las cuales son transmitidas a su vez a la tapa de la Turbina y los alabes del ante distribuidor y de ahí a la cimentación de la obra. La capacidad de carga de la chumacera axial es de 1800 toneladas. Estando formada por 12 segmentos de acero forjado con revestimiento de metal-blanco. Los segmentos están colocados sobre un inter-anillo elástico de acero, el cual está colocado sobre el cuerpo de la chumacera.

La chumacera radial (chumacera guía superior turbina) soporta las fuerzas radiales de la turbina, y está formada por 24 segmentos radiales de acero forjado con revestimiento de metal-blanco. Tiene una capacidad de carga radial máxima de 128 toneladas. La lubricación de las dos chumaceras es mediante aceite, teniendo un volumen en el recipiente de 6000 litros.

- **Sistema de bombeo.**

El sistema de bombeo de agua infiltrada tiene la función de achicar las fugas de agua que se acumulan en la parte de la turbina proveniente del sello de carbones, de los alabes del distribuidor o de las válvulas de aireación. Las fugas de agua mencionadas anteriormente, se acumulan en el lugar más bajo del adaptador de la tapa de la turbina y de ahí mediante un interruptor flotante de conexión, el cual acciona a una motobomba de este modo es achicada el agua infiltrada descargando al desfogue.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

- **Regulador de velocidad.**

El mecanismo de regulación de velocidad en una turbina hidráulica, tiene la función de mantener la velocidad constante en la unidad, ajustándola a la velocidad de diseño. Debido a las posibles fallas que causen un des balanceo en la reacción potencia-apertura del distribuidor, la velocidad de la turbina tiende a variar, por lo que, para evitar estas variaciones, el mecanismo de regulación de velocidad ajusta a través de dos servomotores la apertura del distribuidor y álabes del rodete, controlando así en función de las condiciones de operación la velocidad de trabajo de la turbina.

El regulador de velocidad se divide en dos: la parte eléctrica y la parte hidráulica. El esquema de regulación de velocidad de las turbinas Kaplan de la central hidroeléctrica Peñitas está concebido para soportar una unidad de procesamiento de error de velocidad del tipo Proporcional - Integral - Derivativo con error permanente por desviación de frecuencia, así como un procesador de error en potencia activa del tipo Integral y un sistema de control de apertura del rodete con corrección por volumen de gradiente hidrostático con los cuales se determina la apertura del distribuidor y apertura de rodete en una acción combinada destinada a obtener una máxima eficiencia para diferentes cargas de potencia activa así como para diferentes caídas de agua o sea diferentes valores de gradiente hidrostático. La flecha superior transmite el movimiento desde la flecha principal de la turbina hasta el rotor del generador. Está formado de acero forzado, normalizado y maquinado en toda su superficie, la parte inferior es forjada para formar una brida para conexión al eje principal.

TURBINA AUXILIAR.

TABLA 2.2.4.2 DATOS TÉCNICOS DE LA TURBINA AUXILIAR	
Válvula de mariposa (entrada)	Ø 1200 mm
Válvula de mariposa (salida)	Ø 1400 mm
Caída (h)	34.15 – 29.4 m
Velocidad nominal (Vn)	514.3 RPM
Gasto (q)	3.99 – 4.83 M ³ /s
Movimiento volante: Volante turbina	600 Kgm ²
Rotor generador	7000 Kgm ²
Diámetro del rodete	860/900mm
Peso neto partes giratorias	1050 Kg.
Longitud de la flecha	1050 mm
Presión de prueba de los circuitos de agua de enfriamiento	7 Kg/cm ²
Gasto de agua de enfriamiento Por chumacera carga guía	90 lt/min.

Componentes principales de la turbina auxiliar.

- **Carcasa espiral.**

Es el que conduce el agua sobre el perímetro de las paletas distribuidoras. Está hecha de acero fundido con un diámetro de entrada de 1050 mm con bases de cimentación, agujero de inspección, conexiones para desagüé y manómetros. El arco de las paletas de la carcasa espiral, con las paletas pre distribuidoras fijas es de acero fundido de una sola pieza. Sobre él están soldados los dos segmentos de chapa de 10 mm de espesor, de las cuales forman la carcasa espiral. Esta provista de manómetros de contacto en la válvula de cierre.

- **Distribuidor.**

Es el conjunto formado por anillos de soporte inferior y superior, y los alabes directrices o paletas reguladoras. En las cuales van colocados los bujes para la colocación de los pernos de los alabes directrices. Los bujes son de acero inoxidable recubiertos con material lubricante.

- **Rodete.**

Es el elemento rotativo de la turbina, cuya función es de convertir la energía cinética del agua, energía mecánica. Es una pieza fundida en acero inoxidable de una sola pieza. Está formado por 17 alabes, el cubo del rodete es taladrado por



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

cinco orificios de un \varnothing 24mm para el aligeramiento de la carcasa hidráulica axial dirigiéndose hacia el tubo de aspiración.

- **Mecanismo de regulación.**

El mecanismo regulador se compone de las palancas reguladoras montadas sobre los pernos de los alabes del distribuidor y unidos por ayuda de las espigas. Los vástagos unen el aro regulador con la palanca por ayuda de los pernos, las piezas giratorias son auto lubricadas.

- **Chumacera carga guía combinada.**

Es una combinación de dos chumaceras que se localiza abajo del generador y cuya función es soportar toda la masa de la turbina y del generador. Incluyendo la flecha o eje y soporta los esfuerzos axiales y radiales resultantes.

- **Volante.**

Sobre el árbol esta forjada la brida para la sujeción de la rueda volante, lo cual está compuesta de disco y llanta de acero fundido en una sola pieza. Su funcionamiento es garantizar la masa de inercia necesaria para el funcionamiento de la unidad.

- **Tubo de succión.**

Es un conducto de forma divergente, que recibe el agua que descarga en el rodete de la turbina, recuperando la misma parte de su energía cinética.

SISTEMA DE EXCITACIÓN.

En una maquina generadora de CA tenemos que su funcionamiento consiste básicamente en la interacción de dos devanados, uno llamado devanado del estator o devanado de armadura y otro llamado devanado de rotor o devanado de campo. En la Central Peñitas, las maquinas tienen una capacidad de 105 MVA a 13.8 KV por lo que el devanado del estator maneja 4.81 KA y 60 HZ cuando la maquina se encuentra rodando a 112.5 RPM en el rotor tenemos otro devanado llamado devanado de campo el cual maneja hasta 1,165 A de CD.

De todo lo anterior tenemos que la corriente en el devanado del estator se logra por la inducción del campo magnético generado por la corriente del devanado de campo cuando el rotor gira y las líneas de campo magnético cortan los conductores del devanado del estator, de lo anterior tenemos que el voltaje y la

CA en las terminales del estator dependen directamente de la CD en el devanado del rotor o devanado de campo cuando la velocidad de este se mantiene constante.

Las Unidades Generadoras ASEA instaladas en la C.H. Peñitas, están diseñadas para operar con un Sistema de Excitación basado en un arreglo de control de corriente de campo controlado por tiristores del tipo, denominado FMTB el cual provee de un sistema completo para el control, supervisión y regulación de la excitación de la Unidad Generadora.

TABLA 2.2.4.3 DATOS DEL TRANSFORMADOR DE EXCITACIÓN	
Tipo de excitación	Estática.
Voltaje de excitación	350 V
Corriente de excitación	1,200 A

El sistema de excitación es alimentado por un transformador de 13.8 KV/920 V.



Sistemas de excitación

SALA DE CONTROL.

Es el centro de operación de la Central y se localiza en el nivel piso de excitadores en la elevación 60.00 MSNM en esta Sala se localiza el Control automático por medio de estaciones de trabajo (computadoras) desde donde se efectúan las maniobras de apertura y cierre de compuertas de Obra de Toma, arranque, paro y sincronización al Sistema Interconectado Nacional de las Unidades generadoras con las que cuenta la Central; así como control de motobombas y compresoras de regulación. Es alimentada por una sala de baterías las cuales contiene bancos de 250, 48 y 24 VCD situada en el mismo nivel pero aisladas por precaución a explosiones de estas mismas.

2.1.2.CANAL DE DESFOGUE.

La Obra de Desfogue es por donde el agua turbinada se reintegra al Río por un canal excavado a cielo abierto que parte de la Elevación 30.7 m y mediante una rampa de 66 m, hasta la Elevación de 49 MSNM misma que se mantiene en una longitud de 346 m hasta el lecho del río. El Desfogue de cada Unidad tiene dos tipos de secciones.

La primera sección es un túnel de forma abocinada, con una longitud aproximada de 18.6 m y un ancho de 17.6 m; tiene una pila central de 2 m de espesor y a la salida del abocinamiento tiene instalada dos compuertas respectivamente en cada Unidad. La segunda sección es en forma de canal, con una longitud aproximada de 429 m y un ancho de 102 m, con taludes recubiertos con concreto y bermas a la Elevación de 55 y 65 MSNM para estabilizar el talud izquierdo del canal de desfogue, y en el talud derecho a la elevación 59.5 MSNM el volumen de concreto es de 43,600 m³. El nivel medio de Desfogue para 4 unidades es de 54 MSNM y el nivel medio de desfogue para una unidad es de 52.00 MSNM.



Desfogues



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

2.1.3.SUBESTACIONES.

Las SE'S 115 y 230 KV se localizan en la margen izquierda de la central, se componen de 2 plataformas, la primera de servicios propios y auxiliares 115/13.8/0.48 KV en la elevación 90.35 m, equipados con 2 bahías que interconectan en 115 KV con las subestaciones de malpaso I y Mezcalapa, la segunda elevadora 13.8/230 KV. Con la elevación 80.35 m con un arreglo de interruptor y medio, equipada con 5 bahías que interconectan en 230 KV, con las subestaciones malpaso II y kilometro 20, con 2 bahías cada una y a la subestación cárdenas II con una bahía.

Las SE'S operan con 7 líneas de transmisión que llegan y salen, siendo estas las siguientes:

TABLA 2.2.6.1 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN		
Nomenclatura	Voltaje	Obvs
Pea-93970	230 Kv	Peñitas-Cárdenas II
Pea-93910	230 Kv	Peñitas-klv
Pea 93930	230 Kv	Peñitas-Malpaso II
Pea-93940	230 Kv	Peñitas-Malpaso II
Pea-93920	230 Kv	Peñitas- klv
Pea-73900	115 Kv	Peñitas-Mezcalapa
Pea-73910	115 Kv	Peñitas-Malpaso I

2.1.4.ALIMENTACIÓN DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA.

Una subestación de 115 KV se encarga de la alimentación de servicios propios y auxiliares de la planta.

Esta tiene un arreglo de bus sencillo, con cuchillas de by pass para dejar fuera, en caso necesario tanto al interruptor de línea como al interruptor de banco (ver diagrama unifilar 115 KV).

Dicha subestación está alimentada por dos líneas de transmisión que llegan de las subestaciones malpaso y atreves de la LT 73910 y Mezcalapa a través de la LT 73900, mismos que llegan al bus principal y este alimenta a dos transformadores de potencia trifásicos con relación 115/13.8 KV con nomenclatura TSE-1 y TSE-2 respectivamente, las características eléctricas de estos transformadores son las mismas, por lo que se describirá una la cual es la siguiente:



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

TABLA 2.3.1 TRANSFORMADORES DE SERVICIOS	
Capacidad	5/6.25 MVA
Tipo de enfriamiento	oa/fa
Relación de voltaje	115/13.8 KV
Conexión	delta/estrella
Marca	IEM

Los 4 transformadores de la central peñitas alimentan al bus principal de 13.8 KV en la cual se tienen 6 bahías, 3 circuitos alimentados por el TSE-1 y 3 por el TSE-2 distribuido de la siguiente manera:

Bahía no.1 circuito 4010 alimenta al campamento y poblado de plan de Ayala.

Bahía no.2 circuito 4020 alimenta a vertedores.

Bahía no.3 y 4 circuitos 4030 y 4040 que alimentan a dos transformadores tipo seco 13.8/0.48 KV, capacidad de 2,500KVA Para que estos a su vez alimenten al tablero de servicios generales que se encuentra en casa de maquinas, alimentando a los buses de 480 V (denominados bus par y bus non), de estos sale la tensión para alimentar la subestación compacta (ver diagramas de servicios generales).

Bahía no.5 circuito 4050 alimenta a vertedores (respaldo)

Bahía no.6 circuito 4060 nuevo Juan de Grijalva (el tapón).



3. Fundamento teórico.

3.1. Arranque suave.

Funciones y características

- Selección de parámetros de fábrica para aplicaciones típicas.
- Auto sintonización de parámetros para aplicaciones específicas
- Ahorro de energía mediante la optimización del factor de potencia.
- Rangos de potencia estándar para aplicaciones típicas como bombas centrífugas, ventiladores y cargas de alta inercia.
- Proporcionan una rampa de inicio para los motores de inducción para controlar voltaje y torque al arranque.
- Crea un arranque suave a los motores, y reduce picos de corriente.

Al arrancador suave ofrece una operación controlada y libre de impacto para el motor.

Un arranque libre de impacto significa:

- Menor desgaste y ruptura de partes mecánicas
- Mayor vida de las bandas
- Menor mantenimiento de engranes y mayor vida de estos.
- Menor remplazo de rodamientos
- Eliminación de flechas degolladas en los motores.
- Eliminación de coples hidráulicos y clutches o embragues centrífugos

El paro suave del motor significa:

- Eliminación del golpe de ariete en bombas
- Menor remplazo de sellos, válvulas y ductos
- Menor mantenimiento a los sistemas de bombeo

Ahorro de energía de operación.

- Una operación mecánica mejorada permite ciclos de arranque y paros más frecuentes.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

- El arranque y paro puede ser ahora sincronizado con el proceso o ciclo de trabajo para eliminar operación continua y apagar los motores cuando estos no se necesiten.

Optimización del uso de la energía

- El censado de las señales de voltaje y corriente permite el monitoreo en tiempo real del factor de potencia.
- En cargas más ligeras de lo normal o voltaje mayor al nominal de la línea se sacrifica el factor de potencia al saturar magnéticamente al motor (no toda la energía magnética disponible es convertida a energía mecánica aprovechable)
- El motor con saturación magnética sufre de altas pérdidas en el núcleo, (hasta un 4% de las pérdidas totales)
- La función de optimización puede reducir las pérdidas en el núcleo hasta un 50% (un total del 2% de las pérdidas totales)
- La optimización de la energía colocara al motor con baja carga en el punto de operación adecuado

Ahorro en costos por demanda de energía

- Los arrancadores suaves reducen las corrientes de arranque en todo tipo de cargas que funcionan con motores trifásicos de inducción

Aplicaciones de los arrancadores suaves

- Reemplazo de arrancadores de autotransformador
- Sustitución de arrancadores estrella-delta

El problema de los arranques bruscos y violentos ha acompañado a los motores eléctricos a lo largo de toda su historia. Aunque se han intentado diversas soluciones, ninguna de ellas ha conseguido resolver las dificultades sin provocar la aparición de nuevos problemas, intrínsecos a la solución. Solo con la introducción de los arrancadores suaves se pudo disponer por fin de un dispositivo sin ninguno de los inconvenientes de dichos “primeros intentos”. Ahora el arranque suave se ha dado un nuevo paso adelante. Combinando la moderna electrónica de potencia y los circuitos de alta eficiencia, se han desarrollado una gama de nuevos arrancadores suaves que ofrece un mejor control electrónico de la intensidad y la tensión durante el arranque del motor, además de otras nuevas características de diseño.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

El problema del arranque de motores, cuesta a la industria millones de dólares cada año: incontables maquinas de corriente alterna repartidas por las fabricas de todo el mundo –utilizadas para accionar ventiladores, trituradoras, agitadores, bombas, transportadores, etc.- son sometidas diariamente a esfuerzos innecesarios por puntas de carga no deseadas.

Este arranque brusco y violento de los motores de corriente alterna equivale a un peaje que hay que pagar de diversas formas.

Entre ellas mencionemos las siguientes:

- Problemas eléctricos debido a las tensiones y corrientes transitorias producidas en los arrancadores en línea directos o estrella/triangulo. Estos fenómenos transitorios pueden sobrecargar la red de alimentación local y producir variables inaceptables de la tensión, con interferencias en otros equipos eléctricos conectados a la misma red.
- Problemas mecánicos que someten a grandes esfuerzos a toda la cadena de accionamiento, desde el motor hasta el equipo accionado.
- Problemas operativos, tales como la elevación brusca de la presión en las tuberías, daños en los productos transportados por las cintas y marcha poco confortable de las escaleras mecánicas.

Las consecuencias económicas son considerables: cada problema técnico o avería tiene un coste en forma de reparaciones y pérdida de producción. Este último factor es el que predomina en la industria.

- **Arrancador estrella/triangulo**

Una de las primeras soluciones para este problema fue el arrancador estrella triangulo.

Durante el arranque, este sistema conecta a los devanados del estator del motor en una configuración en estrella entre la fase y el neutro de la red de alimentación, reduciendo así la tensión del motor- y por tanto la intensidad en el mismo 1- según el factor $1/\sqrt{3}$. En cuanto se supera el momento principal de inercia, los devanados del motor se conectan en una configuración de triangulo entre fases de la red con el fin de que el mostro alcance su tensión y potencia máximas. Sin embargo, este arrancador no elimina los fenómenos transitorios mecánico y eléctricos no deseados, ya que solo los reduce ligeramente y los distribuye entre los puntos a lo largo del tiempo: la conmutación original y el cambio subsiguiente entre estrella/ triangulo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Lo dicho es válido en condiciones normales, pero en otras circunstancias el cambio de estrella a triángulo puede tener, desafortunadamente, peores efectos que al arranque directo en línea.

Es definitivamente, el arrancador estrella/triángulo es para este problema de solución sencilla, pero también bastante limitada.

- **Motor de anillos rozantes**

Otra de las primeras soluciones fue el motor de anillos rozantes. Este motor se pone en marcha mediante un reóstato de arranque conectado al circuito del rotor por medio de un dispositivo de anillos rozantes. De esta forma puede reducirse la intensidad de arranque aunque el par del motor permanece en el nivel necesario para poner en marcha la carga.

Durante el progreso de la puesta en marcha, y a medida que el motor va ganando velocidad, la resistencia del rotor se reduce gradualmente. Cuando el reóstato se desconecta totalmente del circuito el motor puede girar a máxima velocidad. En ese momento se cortocircuitan los devanados del motor, de forma que el motor empieza a funcionar como un motor normal de jaula de ardilla.

La ventaja del motor de anillos rozantes es que se puede obtener un par elevado con una corriente de arranque limitada. Esta solución es especialmente apropiada para las aplicaciones que tienen una gran carga desde el principio como es el caso, por ejemplo, de las trituradoras y molinos. Su desventaja es la mayor complejidad electromecánica –escobillas, anillos rozantes, resistencias y contactores -, que incrementa los costes (inclusive los de mantenimiento) y reduce la fiabilidad.

- **Convertidor de frecuencia**

El convertidor de frecuencia es técnicamente superior a las dos soluciones anteriores, ya que permite controlar con precisión todas las variables pertinentes, es decir, la velocidad, el par y la potencia, durante todas las fases del ciclo de funcionamiento del motor, desde la puesta en marcha hasta la parada, pasando por el funcionamiento normal. Otra ventaja es el que el equipo de control es estático, es decir, no tiene partes móviles. La fiabilidad es por lo tanto alta y las necesidades de mantenimiento son pequeñas.

Sin embargo, el convertidor de frecuencia tiene la desventaja de que necesita una gran inversión inicial, lo cual lo descarta para muchas aplicaciones, especialmente para aquellas en que no es estrictamente necesario el control regulador durante el funcionamiento normal.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Pero a pesar de ello, los convertidores de frecuencia han ganado terreno, ya que se ha perfeccionado la tecnología y han bajado los precios. En la actualidad han sustituido prácticamente al motor de anillos rozantes.

Arrancador suave

El arrancador suave, que llegó al mercado entre finales de los setenta y principios de los ochenta, tiene en común con el convertidor de frecuencia al ser un dispositivo electrónico basado en tiristores. Puede decirse que en cuanto a la finalidad y precio ocupa el espacio que existe entre los arrancadores estrella/triángulo y los convertidores de frecuencia. Con los arrancadores suaves se puede controlar la tensión del motor de forma que esta aumente gradualmente durante la puesta en marcha, lo que naturalmente limita la intensidad de arranque. Esto significa que el motor se pone en marcha suavemente y que los esfuerzos mecánicos y eléctricos se reducen al mínimo. El dispositivo puede ser utilizado para obtener una parada suave.

Dado que los circuitos del arrancador son electrónicos, es relativamente fácil complementar su función básica con diversas indicaciones de seguridad y fallo con el fin de mejorar la protección del motor y facilitar la localización de averías. Ejemplo de ello son la protección contra los fallos de fase, sobre intensidades y sobrecalentamiento, así como las indicaciones de funcionamiento normal, tensión máxima del motor y determinados fallos.

Todos los ajustes, por ejemplo de la pendiente de rampa y de la tensión inicial, pueden ser efectuados fácilmente desde la parte frontal de la unidad.

Como consecuencia de todo lo mencionado, el arrancador suave satisface sobradamente el requisito principal, que es conseguir un arranque suave de los motores eléctricos, y ofrece además ventajas adicionales, tales como su alta fiabilidad, su menor necesidad de mantenimiento y su facilidad de ajuste.

Sin embargo, una limitación del arrancador suave es que no siempre es posible utilizarlo para aplicaciones de accionamiento que requieren desde el principio un par elevado de motor. Esta limitación procede de que el dispositivo realiza su trabajo elevando la tensión del motor hasta su valor máximo (y durante la parada, reduciéndolo hasta el nivel de interrupción prefijado). Dado que el par es proporcional al cuadrado de la tensión, el motor conectado no podrá alcanzar el par máximo desde el principio. Por eso el arrancador suave es más apropiado para motores que se arrancan de forma fácil y ligera, por ejemplo, los motores de bombas, ventiladores, transportadores y ascensores.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Los arrancadores suaves consisten en un arreglo de dos tiristores conectados en anti paralelo en cada fase, para poder controlar gradualmente el voltaje eficaz de alimentación al motor, consiguiendo un arranque suave del motor, sin picos de corriente, ni transitorios de voltaje por conmutación de contactores, reduciendo el esfuerzo en los equipos accionados y sus transmisiones.

Tiene ajuste para pico de torque y cuenta con contactores para desconectar los SCR' una vez conectados y cuando censan que la corriente demandada es muy baja, activan una función denominada "ahorro de energía" y alimentan la mínima corriente al motor, con lo que el consumo se reduce.

Alguna de las características de estos equipos es:

- Valores de ajuste de corriente de arranque del 100% al 400%
- Control de torque de arranque
- Aceleración y desaceleración suave
- Frenado controlado por rampa de tiempo
- Arranque controlado por rampa de tiempo
- Protección por sobrecarga ajustable de 50% a 400% de la corriente nominal

Las ventajas que se obtienen en los equipos son:

- Proporciona arranque y frenado suave.
- Evita picos de corriente y potencia
- Reduce sobre – esfuerzos en equipos motrices y mecánicos asociados
- Proporciona ahorros de energía en ciertas aplicaciones



3.2. Sistemas de achique

- **Uso de los sistemas de achique**

La finalidad del sistema de drenaje y achique es la de captar las filtraciones y escurrimientos de agua, tanto de las maquinas como la construcción misma y canalizar hacia el cárcamo de bombeo, de manera tal, que se evite los daños que pueda causar el agua en los diferentes equipos y las posibles inundaciones, ya sea por cuestiones climatológicas (lluvia) o por fugas mayores en los elementos de conducción de agua de las unidades.

El cárcamo de bombeo tiene una capacidad de diseño calculada de tal manera, que se tenga la seguridad en cuanto a la capacidad de almacenamiento de agua y la capacidad de bombeo de la misma, descargando esta agua hacia el canal de desfogue, tomando en cuenta también el desagüe (vaciado) de la conducción principal de agua como la carcasa espiral y la toma de agua cuando sea necesario realizar esta operación.

- **Localización**

Para el drenaje de los escurrimientos y filtraciones de agua, se conectan a la galería de drenaje, 12 tuberías con un diámetro de descarga de 200 mm., lo mismo que la descarga directa de la carcasa espiral cuya descarga es directamente hacia la galería de drenaje, la cual se encuentra en la elevación 24.00 m.s.n.m. debajo de los conductos de aspiración de las unidades.

Para la capacitación de aguas pluviales, se cuenta con un cárcamo de servicio para aguas pluviales localizado en la elevación 56.00 m.s.n.m.

El cárcamo de bombeo principal se encuentra localizado en el margen derecha de la casa de máquina, el cual el fondo está en la elevación 20.00 m.s.n.m. operando las bombas mediante los electroniveles instalados en el cárcamo de bombeo hasta la elevación de 34.00 m.s.n.m.

Las bombas de achique están localizadas en la margen derecha de casa de maquinas en la elevación 54.50 m.s.n.m., teniendo la descarga hacia el desfogue en la dirección de la unidad numero 1 elevación 56.50 m.s.n.m.

El nivel de derrame del agua de la galería de drenaje hacia el cárcamo de bombeo está en la elevación 22.50 m.s.n.m.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

- **Descripción y funcionamiento**

Una vez canalizada el agua de escurrimientos, filtraciones y descarga de la carcasa espiral hacia el cárcamo de bombeo a través de la galería de drenaje, el agua es expulsada hacia desfogue mediante 6 motobombas acopladas a una tubería de descarga común.

La operación de las bombas mediante electroniveles instalados en el cárcamo de bombeo.

Las 6 bombas están acopladas a un ángulo de 45° respecto al cabezal de descarga, siendo 3 bombas chicas con una tubería de descarga de 153 mm. De diámetro y 203 mm. A la succión, las 3 bombas grandes tienen un diámetro de 355 mm. En la tubería de descarga y lo mismo en la succión, descargando en el cabezal común con un diámetro de 610 mm.

El cabezal tiene a la descarga una válvula check y una derivación hacia el cárcamo de bombeo para el vaciado en una tubería de 305 mm. De diámetro con una válvula de compuerta y una de alivio.

Tanto las bombas de 50 hp como las de 300 hp tienen a la descarga una junta dresser, una válvula eliminadora de aire y de vacío, válvula de control de bombas, válvula de compuerta y una válvula de alivio de presión.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

- **Datos característicos del equipo.**

Para el achique del cárcamo de bombeo se tienen 3 bombas chicas y 3 bombas grandes con las siguientes características.

Concepto	Bomba chica	Bomba grande
Marca	Fairbanks Morse, S.A.	Fairbanks Morse, S.A.
Gasto	62 lts/seg	360 lts/seg
Eficiencia total	70%	74%
Potencia	50 hp	300 hp
Carga dinámica total	41.2 m	43 m
Velocidad de operación	1770 rpm	1170 rpm
Tipo	Centrifuga vertical	Centrifuga vertical
Numero de pasos	2	2
Peso	2,440 kg	9,370 kg
Concepto	Bomba chica	Bomba grande
Marca	Fairbanks Morse, S.A.	Fairbanks Morse S.A.
Potencia	37.3 kw	223.8 kw
Tipo de armazón	A.P.G	A.P.G
Velocidad (plena carga)	1770 rpm	1170 rpm
Tensión	220/440 v	440 v
Fases	3	3
Frecuencia	60 Hz	60 Hz
Peso	320 kg	1315 kg

- **Parámetros de operación.**

Las bombas operan mediante electroniveles instalados en el cárcamo de bombeo de la siguiente manera en forma automática.

Entrada en operación:

Elevación 22.90; arranca una de las bombas de 50 hp

Elevación 23.00; arranca otra de las bombas de 50 hp

Elevación 23.15; arranca una de las bombas de 300 hp

Elevación 23.30; arranca otra de las bombas de 300 hp

Elevación 34.00; señal de alarma y arrancan las bombas de reserva, una de 50 hp y otra de 300 hp

Paro:

Elevación 22.00; paran las bombas de 300 hp

Elevación 21.50; paran las bombas 50 hp



Bombas de achique



3.3. Ahorro de energía.

El ahorro de energía es el esfuerzo por reducir la cantidad de energía para usos industriales y domésticos. En otros tiempos, la energía era abundante, sobre todo la madera, el carbón mineral y el vegetal. Pero como todavía hoy se siguen usando estas y otras más, la consecuencia de esto es que los recursos para generar la energía son tanto muy costosos, como en otros casos ya escasean.

Actualmente se hacen programas de mantenimiento detallado, para el mejor rendimiento de los motores eléctricos, se implementan nuevos dispositivos que son capaces de reducir los picos de corriente y de voltaje como lo son los arrancadores suaves.

Alrededor del 70% del consumo de la energía eléctrica generada se debe al funcionamiento de los motores eléctricos. Incontables ejemplos de su aplicación, se tienen en la industria, el comercio, los servicios y el hogar.

Es significativo que el hecho de que los motores eléctricos, suministran en su mayor parte, la energía que mueve los accionamientos industriales, por lo que la operación y conservación de los motores en la industria, representan uno de los campos más fértiles de oportunidades en el ahorro de energía, que se traducen en una reducción en los costos de producción y en una mayor competitividad.

El ahorro de energía comienza desde la selección apropiada de los motores hasta sus accionamientos. Siempre hay uno adecuado a las necesidades que se tienen, tanto en lo que respecta a su tipo por condiciones ambientales de operación, por condiciones ambientales de operación, por condiciones de arranque o regulación de velocidad, así como por su tamaño o potencia. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia.

4. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

- Toma de datos de placa

Datos de placa de las primeras 3 bombas de achique de 50 hp



Como podemos ver tienen los siguientes datos:

Tensión	220/440 V
Potencia	50 Hp
Potencia en kw	37.3 kw
Amperes por línea	124/62 A
R.P.M.	1200 R.P.M.

Datos de placa de las últimas tres bombas de achique de 300 Hp.





INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tensión	440 V
Potencia	300 Hp
Potencia en kw	224 kw
Amperes por línea	342 A
R.P.M.	1200 R.P.M.

- Mantenimiento a las bombas de achique

Lo primero que se hace antes de darle mantenimiento, es recibir la orden de trabajo, para dejar fuera de servicio a los sistemas de achique, ya que se trabajara en ellos.

Se deja fuera la alimentación de fuerza del motor y cortocircuitan las salidas del contactor o arrancador.

Desconectar el motor marcando correctamente las terminales que corresponden a L1, L2 y L3.

Se procede a desensamblar el motor, separando la carcasa, rotor y estator, de tal forma que puedan observarse perfectamente las condiciones en que se encuentran cada una de sus partes en forma separada.

Se realiza la inspección al estator, revisando con atención y cuidado el devanado del estator a fin de localizar huellas de calentamiento, flámeos, conductores abiertos, golpes, desprendimiento de barniz, de rebabas de cualquier tipo, cuerpos extraños, revisión de papel aislantes, amarres en buen estado, para constatar que no existe problema en el devanado y que está en condiciones operativas.

Se revisa con ayuda de una lupa las ranuras del estator para localizar posibles indicios de rozamiento o anomalías en el estator.

Se revisan las tapas del motor, checando que no presenten problemas de fractura o desgaste.

Se inspecciona el rotor, revisando que no tenga fracturas, se inspecciona las aspas de ventilación, en caso de fractura de las aspas se procederá a realizar el cambio.

Revisar los baleros girándolos con la mano y se observa que el balero gire libremente sin atascarse, debiendo escucharse también un sonido suave que



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Bomba 2

capacidad 50 Hp

Voltaje 220/440

marca Fairbanks Morse

Voltaje de prueba 500 Vcd

Tiempo	Medición
15 seg	162 MΩ
30 seg	173 MΩ
45 seg	178 MΩ
1 min	182 MΩ
2 min	191 MΩ
3 min	196 MΩ
4 min	199 MΩ
5 min	201 MΩ

Bomba 3

capacidad 50 Hp

Voltaje 220/440

marca Fairbanks Morse

Voltaje de prueba 500 Vcd

Tiempo	Medición
15 seg	200 MΩ
30 seg	207 MΩ
45 seg	211 MΩ
1 min	213 MΩ
2 min	218 MΩ
3 min	221 MΩ
4 min	222 MΩ
5 min	223 MΩ



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Bomba 4

capacidad 300 Hp

Voltaje 440 V

marca Fairbanks Morse

Voltaje de prueba 500 Vcd

Tiempo	Medición
15 seg	87.4 MΩ
30 seg	90.8 MΩ
45 seg	91.8 MΩ
1 min	92.2 MΩ
2 min	92.1 MΩ
3 min	91.6 MΩ
4 min	90.9 MΩ
5 min	90.4 MΩ

Bomba 5

capacidad 300 Hp

Voltaje 440 V

marca Fairbanks Morse

Voltaje de prueba 500 Vcd

Tiempo	Medición
15 seg	154 MΩ
30 seg	173 MΩ
45 seg	188 MΩ
1 min	194 MΩ
2 min	210 MΩ
3 min	214 MΩ
4 min	215 MΩ
5 min	215 MΩ



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Bomba 6

capacidad 300 Hp

Voltaje 440 V

marca Fairbanks Morse

Voltaje de prueba 500 Vcd

Tiempo	Medición
15 seg	129 MΩ
30 seg	150 MΩ
45 seg	163 MΩ
1 min	172 MΩ
2 min	187 MΩ
3 min	190 MΩ
4 min	191 MΩ
5 min	191 MΩ

- Mantenimiento a los gabinetes de los arrancadores a tensión reducida

El mantenimiento que se le aplica a los gabinetes de los arrancados fue limpieza, el cual se hace con la aspiradora, con una brocha y franela, también se hace reapriete de conexiones.



5. Desarrollo

En esta sección del desarrollo podremos ver entre otras cosas la comparativa entre el tipo de arrancador con el cual cuentan los sistemas de achique y el arrancador suave que se propondrá.

5.1. Arrancador a tensión reducida k981

5.1.1. Descripción

Para el arranque de motores trifásicos hasta 300 H.P. a 440V con autotransformador, no reversibles, con bobinas de accionamientos por C.A. hasta 400V, 60Hz en caja de usos generales.

5.1.2. Aplicación

Los arrancadores automáticos a tensión reducida k981 tipo autotransformador se utilizan para el arranque de motores con rotor de jaula de ardilla, para potencia hasta 150 C.P. a 220 V y 300 C.P. a 440 V, 60Hz. Arrancadores de mayor potencia se fabrican solo bajo pedidos especiales, (hasta 500 C.P. en 440 V). Estos arrancadores limitan la corriente en la etapa de arranque, evitando alcanzar corrientes que puedan causar fluctuaciones perjudiciales en la línea de alimentación.

Con el arrancador a tensión reducida tipo autotransformador, se reduce la tensión en los bornes del motor según la relación de transformación del autotransformador. Por lo general, se utilizan autotransformadores con derivaciones de 50, 65 y 80% a la tensión nominal.

La intensidad de corriente consumida por el motor en la etapa de arranque disminuye en la misma proporción que la tensión en bornes del motor, es decir, según la relación de transformación del autotransformador. La capacidad del secundario del autotransformador se puede al no tomar en cuenta la corriente de excitación y las pérdidas de tensión en el autotransformador igualar nuevamente a su capacidad primaria obtenida de la red. De lo anterior resulta: al reducir la corriente tomada de la red cuadráticamente con la disminución de la tensión, es decir, en la misma proporción que el momento de rotación del motor.

5.1.3. Ejecución

Los arrancadores k981 se componen de tres contactores, un relevador de tiempo, un relevador bimetálico tripolar de sobrecarga y un autotransformador con 3 derivaciones a 50, 65 y 80% de tensión nominal (los arrancadores vienen de fábrica conectados en la derivación de 65%). Si se desea, se suministran los



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

arrancadores K981 equipados también con un disyuntor para protección contra cortocircuito. Según el par de arranque necesario, se secciona, una vez para siempre, entre las 3 derivaciones previstas en el autotransformador. Los arrancadores se suministran en una caja metálica para usos generales, con 2 botones “arrancar” y “para” y un lámpara indicadora de sobrecarga en la puerta.

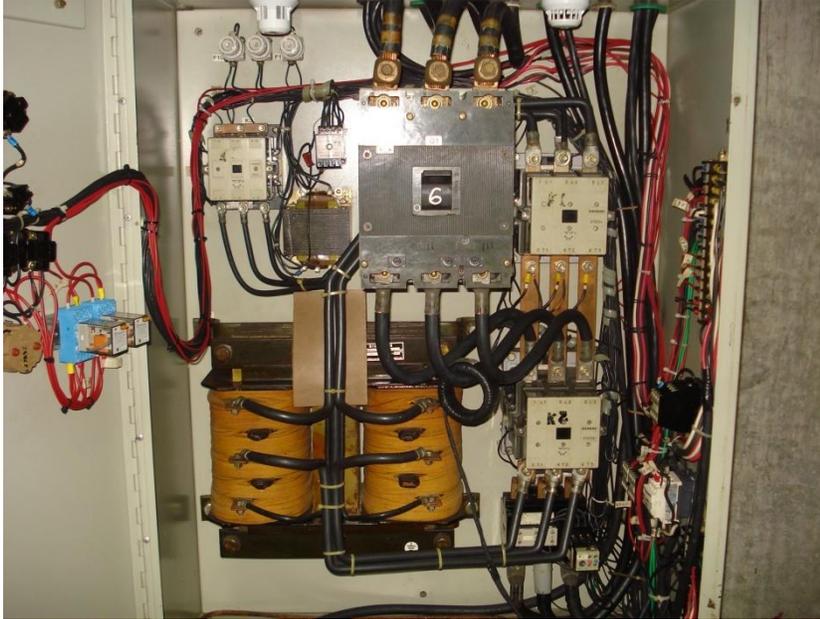
5.1.4. Accionamiento.

Los arrancadores automáticos a tensión reducida se puede accionar por pulsadores, montados en la puerta de la caja, o se operan a control remoto mediante aparatos instalados por separado, como son, pulsadores, interruptores, termostatos, flotadores, etc. Solamente se necesita oprimir el botón “arrancar” para que el motor empiece a girar. Para garantizar una aceleración suave sin brusquedad y sin intervención del operador, el paso de tensión reducida a tensión de línea se efectúa automáticamente mediante relevador de tiempo definido. Los arrancadores se suministran con conexiones para accionamiento por pulsadores (contacto corta duración). Para accionamiento por interruptor (contacto permanente), la conexión debe modificarse.

5.1.5. Protección de motores

Para la protección de motores contra sobrecarga, los arrancadores K981 se suministran con relevadores bimetalicos tripolares, que adicionalmente a la protección de sobrecarga en las 3 fases ofrecen compensación de temperatura ambiente y la protección contra falla de fase con retardo. Los arrancadores se suministran con alambrado para accionamiento por medio de pulsadores incorporados, y con relevador bimetalicos “sin auto bloqueo”. Si el arrancador va a ser accionado por medio de un interruptor (contacto permanente, por ejemplo termostato, interruptor de presión, flotador, etc.), hay que emplear el relevador bimetalico “con auto bloqueo”. Para la protección contra cortocircuito se deben de instalar siempre antes del arrancador fusibles apropiados o utilizar la ejecución de interruptor.

En la siguiente figura podemos ver el gabinete completo de los arrancadores K981 con autotransformador



Arrancador K981



5.2. Selección del arrancador suave.

Selección del tipo de arrancador suave

Para la selección del tipo de arrancador suave que le aplicara a las bombas de achique se debe tomar en cuenta los datos de placa que tiene cada una.

En este caso las primeras tres bombas cuentan con los mismos datos de placa, los datos más importantes a tomar en cuenta son:

Voltaje de operación: 220/440 V

Potencia en Hp: 50 Hp

Potencia en kW: 37.3 kW

Corriente nominal: 124/62 A

Dados estos datos, utilizamos el catalogo “SIRIUS Arrancadores suaves” de la marca SIEMENS nos referenciamos en la tabla de arrancadores suaves 3RW40

Temperatura ambiente 40 °C				Temperatura ambiente 50 °C				Tamaño de E	C	Nº de pedido	
Inten. corriente de servicio I_e	Potencias de motores trifásicos con tensión de servicio U_e			Inten. corriente de servicio I_e	Potencias de motores trifásicos con tensión de servicio U_e						
A	230 V	400 V	500 V	A	200 V	230 V	460 V	575 V			
	kW	kW	kW		hp	hp	hp	hp			
Conexión estándar, tensión de servicio asignada 200 ... 460 V											
134	37	75	-	117	30	40	75	-	S6	B	3RW40 55-□BB□4
162	45	90	-	145	40	50	100	-		B	3RW40 56-□BB□4
230	75	132	-	205	60	75	150	-	S12	B	3RW40 73-□BB□4
280	90	160	-	248	75	100	200	-		B	3RW40 74-□BB□4
356	110	200	-	315	100	125	250	-		B	3RW40 75-□BB□4
432	132	250	-	385	125	150	300	-		B	3RW40 76-□BB□4
Conexión estándar, tensión de servicio asignada 400 ... 600 V											
134	-	75	90	117	-	-	75	100	S6	B	3RW40 55-□BB□5
162	-	90	110	145	-	-	100	150		B	3RW40 56-□BB□5
230	-	132	160	205	-	-	150	200	S12	B	3RW40 73-□BB□5
280	-	160	200	248	-	-	200	250		B	3RW40 74-□BB□5
356	-	200	250	315	-	-	250	300		B	3RW40 75-□BB□5
432	-	250	315	385	-	-	300	400		B	3RW40 76-□BB□5

El arrancador 3RW40 56 cumple con los requisitos para el arranque de nuestras bombas de achique de 50 Hp

Para las siguientes tres bombas de achique tenemos los siguientes datos:

Voltaje de operación: 440 V



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Potencia en Hp: 300 Hp

Potencia en kW: 224 kW

Corriente nominal: 342 A

De la misma manera como seleccionamos el arrancador suave para las bombas de achique de 50 Hp, hacemos con las de 300 Hp, nos vamos a la tabla de arrancadores suaves del catalogo SIRIUS.

Temperatura ambiente 40 °C				Temperatura ambiente 50 °C				Tamaño	C de E	Nº de pedido
Inten. corriente de servicio I_{e}	Potencias de motores trifásicos con tensión de servicio U_{e}			Inten. corriente de servicio I_{e}	Potencias de motores trifásicos con tensión de servicio U_{e}					
	230 V	400 V	500 V		200 V	230 V	460 V	575 V		
A	kW	kW	kW	A	hp	hp	hp	hp		
Conexión estándar, tensión de servicio asignada 200 ... 460 V										
134	37	75	-	117	30	40	75	-	S6	B 3RW40 55-□BB□4
162	45	90	-	145	40	50	100	-	B	3RW40 56-□BB□4
230	75	132	-	205	60	75	150	-	S12	B 3RW40 73-□BB□4
280	90	160	-	248	75	100	200	-	B	3RW40 74-□BB□4
356	110	200	-	315	100	125	250	-	B	3RW40 75-□BB□4
432	132	250	-	385	125	150	300	-	B	3RW40 76-□BB□4
Conexión estándar, tensión de servicio asignada 400 ... 600 V										
134	-	75	90	117	-	-	75	100	S6	B 3RW40 55-□BB□5
162	-	90	110	145	-	-	100	150	B	3RW40 56-□BB□5
230	-	132	160	205	-	-	150	200	S12	B 3RW40 73-□BB□5
280	-	160	200	248	-	-	200	250	B	3RW40 74-□BB□5
356	-	200	250	315	-	-	250	300	B	3RW40 75-□BB□5
432	-	250	315	385	-	-	300	400	B	3RW40 76-□BB□5

Aquí el arrancador 3RW40 76 cumplió con los requisitos para el arranque suave de las bombas de achique de 300 Hp

SIRIUS 3RW40

El SIRIUS 3RW40 es el arrancador suave que más destaca entre los arrancadores suaves estándar. Con su innovadora técnica de control, actualmente no solo es el único arrancador suave del mundo de control bifásico en el rango de potencia de 5.5 kW (con 440V) a 250 kW (con 440V), sino que también es la solución más pequeña gracias a su diseño especialmente compacto. Así, facilita una disposición en el armario eléctrico transparente y en menos espacio y por ende, es más que



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

un complemento con control básico dentro de nuestra gama de arrancadores suaves SIRIUS 3RW30.

Configuración del 3RW40

Por medio de un potenciómetro rotatorio, como el SIRIUS 3RW30, se puede configurar fácilmente la tensión.

Ámbitos de aplicación

Los arrancadores suaves se utilizan para arrancar motores de inducción con par y corriente reducidos.

Los arrancadores suaves SIRIUS 3R40 se utilizan en casos de aplicación normal y sencilla,.

Los arrancadores suaves SIRIUS se utilizan para reducir la corriente y el par

Debido a su construcción sencilla y robusta ya que su empleo requiere poco mantenimiento, los motores de inducción se utilizan mucho en el sector terciario, en la industria y en instalaciones simples.

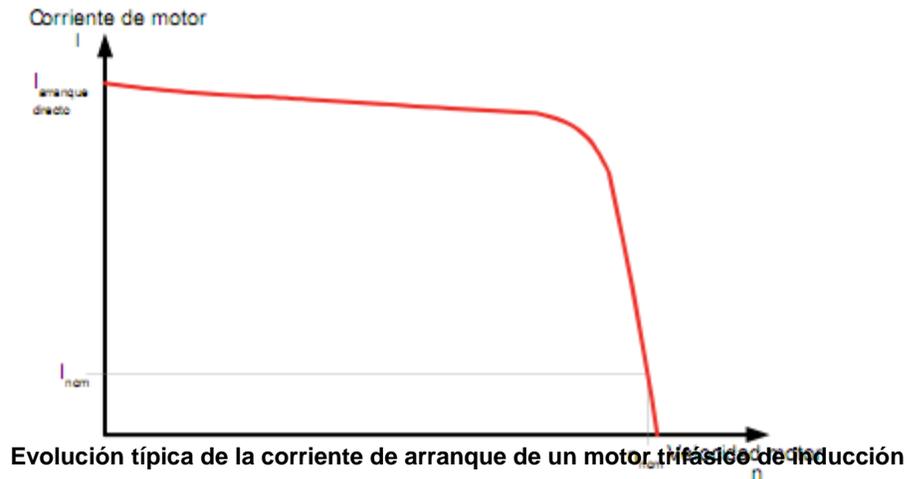
Corriente de arranque

Los motores de inducción tienen elevada corriente de arranque directo. Según la variante del motor, pueden ser de 3 a 15 veces mayores que la intensidad de corriente asignada de empleo. Típicamente se puede asumir un valor de 7 a 8 veces el de la intensidad asignada del motor.

Inconveniente.

Esto implica el siguiente inconveniente:

- Una mayor carga de la red de alimentación eléctrica. Esto significa que la red de alimentación debe dimensionarse para un mayor consumo durante el arranque del motor.



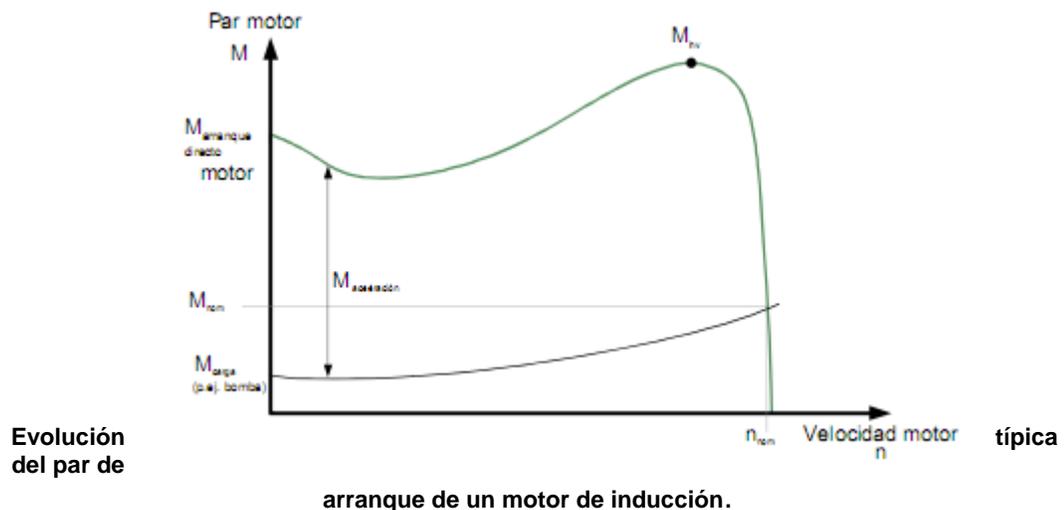
Par de arranque

Para el arranque y el par de vuelco se puede asumir normalmente un valor entre 2 y 4 veces mayor que el par asignado. Para la maquina accionada, esto significa que las fuerzas de arranque y acelerados que aparecen en comparación con el servicio nominal producen una mayor carga mecánica en la maquina y el material transportado.

Inconvenientes

Esto implica los siguientes inconvenientes:

- La mecánica de la maquina está sometida a un mayor esfuerzo;
- Los costos derivados del desgaste y mantenimiento de la aplicación aumentan.



Los arrancadores suaves 3RW40 permiten adaptar la evolución de la corriente y del par durante el arranque a las exigencias de la aplicación de forma óptima.

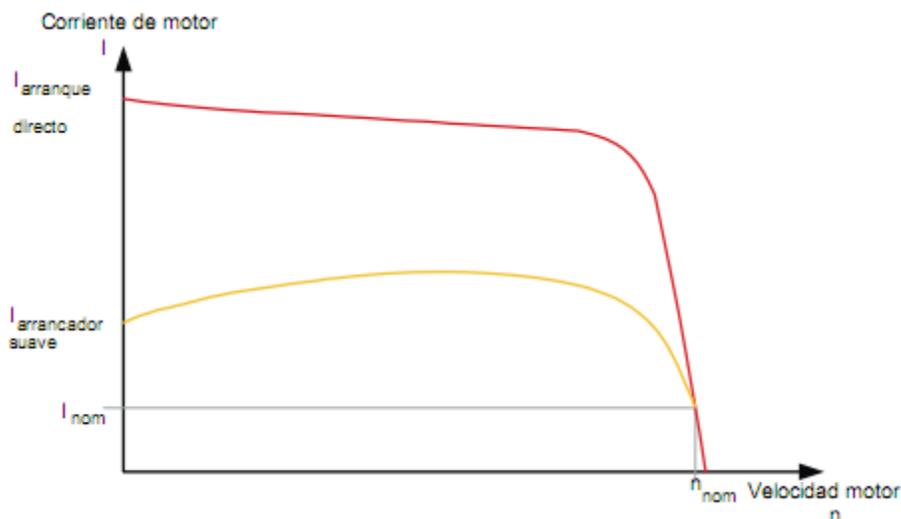
MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ARRANCADORES SUAVES 3RW40

Los arrancadores suaves 3RW40 disponen de dos tiristores conectados en antiparalelo en dos de las tres fases. Se trata en cada caso de dos tiristores en antiparalelo. La corriente en la tercera fase no controlada es una suma de las corrientes de las fases controladas.

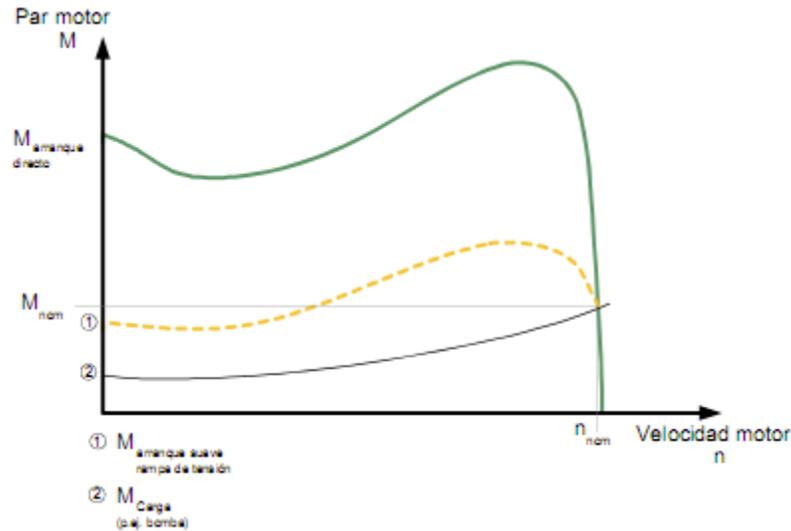
Variando el recorte de fase, el valor eficaz de la tensión del motor aumenta dentro de un tiempo de arranque seleccionable desde una tensión de arranque ajustable hasta la tensión asignada del motor.

La intensidad del motor tiene un comportamiento proporción la a la tensión aplicada al motor. De este modo, la corriente de arranque se reduce en el mismo factor que la tensión aplicada al motor.

Los siguientes gráficos muestran la evolución de la corriente y del par de arranque de un motor de inducción en combinación con un arrancador suave.



Evolución de la corriente de arranque de inducción durante el arranque con el arrancador suave 3RW40



Evolución del par reducido del motor de inducción durante el arranque

Arranque suave/parada suave

Esto significa que, gracias al motor al control que ejerce el arrancador suave electrónico sobre la tensión del motor, también se regulan la corriente de arranque consumida y el par de arranque generado en el motor durante el proceso de arranque.

Durante el proceso de parada se aplica el mismo principio. Esto permite que el par generado en el motor se reduzca lentamente, con lo que se puede conseguir una parada más suave de la aplicación (la función de parada suave solo es posible con 3rw40).

A diferencia del arranque y la parada regulados por frecuencia de un convertidor de frecuencia, la frecuencia permanece constante durante el proceso y corresponde a la de la red.

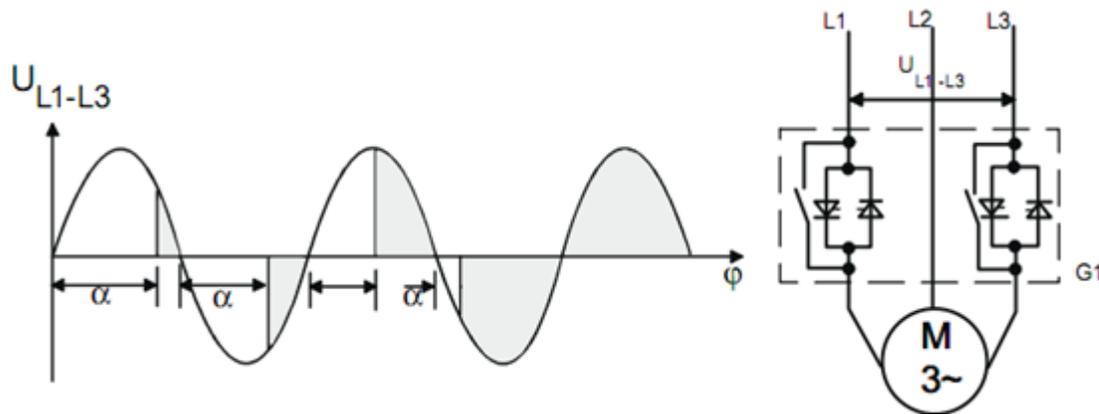
Modo de bypass

Tras un correcto arranque del motor, los tiristores quedan funcionando con ángulo de disparo 0, con lo que en los bornes del motor esta aplicada la tensión completa de red. Puesto que durante el funcionamiento no es necesaria regular la tensión del motor, los tiristores se puntean mediante contactos de bypass integrados en el interior y dimensionados para corrientes AC1. Con ello se reduce el calor de escape generado durante el modo continuo debido a las pérdidas del tiristor. Se minimiza así el calentamiento alrededor de la apartamentada.

Los contactos de bypass se protegen durante el funcionamiento con un sistema electrónico de extinción de arco integrado. Esto impide daños por la apretura de

los contactos de puenteo si se producen fallas derivadas, por ejemplo de una interrupción breve de la tensión de control, sacudidas mecánicas o piezas defectuosas por agotamiento de su vida útil en el mecanismo de bobina o el resorte de contacto principal.

La grafica muestra el modo de funcionamiento de los arrancadores suaves 3rw40:



Control por recorte de fase y esquema de un arrancador suave con control bifásico y contactos de bypass

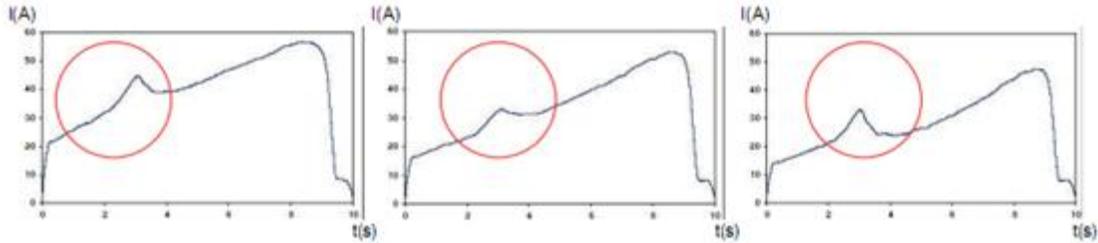
Modo de funcionamiento de arrancadores suaves de control bifásico

Los arrancadores suaves 3RW40 son arrancadores suaves de control bifásico. Esto significa que hay dos tiristores conectados en antiparalelo en las fases L1 y L3 respectivamente. La fase L2 se lleva como fase no controlada a través del arrancador solo mediante una conexión de cobre.

En los arrancadores suaves con control bifásico, la corriente resultante de la superposición de las dos fases controladas fluye por la fase no controlada. Las ventajas del control bifásico son un tamaño más reducido frente a por ejemplo una solución trifásica y el ahorro en costos de aparatos.

Los efectos físicos negativos del control bifásico durante el proceso de arranque son la aparición de componentes de corriente continua, ocasionadas por el recorte de fase, y la superposición de componentes de corriente continua, ocasionadas

por el recorte de fase, y la superposición de las corrientes de fase, que pueden producir una generación de ruidos más intensos en el motor. Para evitar las componentes de corriente continua durante el proceso de arranque, “siemens” ha desarrollado el método de control “polarity balancing”

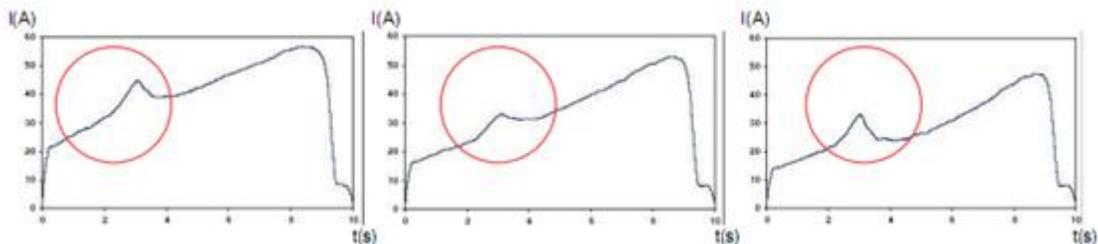


Evolucion de la corriente y aparicion de componentes de corriente continua en las 3 fases sin el metodo de control “polarity balancing”

Polarity balancing

Polarity balancing elimina estas componentes de corriente continua durante la fase de arranque de manera confiable. Genera un arranque de motor que es homogéneo en cuanto a velocidad, par e incremento de corriente.

Al mismo tiempo, la calidad acústica del proceso de arranque es casi igual a la proporcionada por un control trifásico. Esto es posible gracias al equilibrado o aproximación dinámica progresiva de las empujadas de corriente de diferente polaridad durante el arranque del motor.



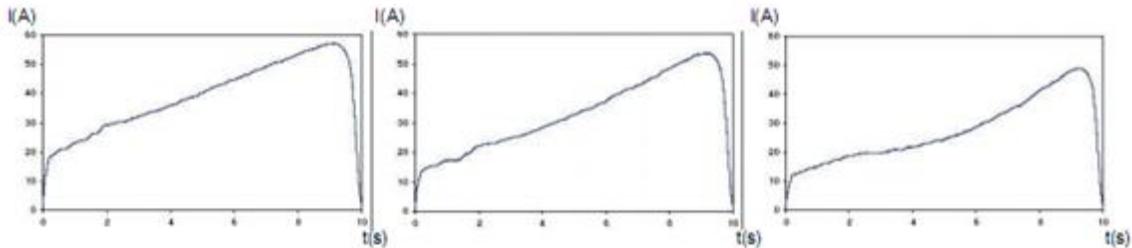
Evolución de la corriente en las 3 fases sin componentes de corriente continua con el método de control “polarity balancing”

Desbalance de corrientes de arranque

Por razones físicas, la corriente es diferente durante el arranque con control bifásico, ya que la corriente de la fase no controlada resulta de la suma de las corrientes de las dos fases controladas.

El desbalance puede ascender aproximadamente al 30%-40% durante el arranque (relación de la corriente menor a la corriente mayor en las 3 fases).

Esto puede modificarse pero generalmente no es crítico. Podría provocar, por ejemplo la fusión de un fusible con un dimensionado justo en la fase no controlada. Los dimensionados de fusibles recomendados se encuentran en las “tablas consecuentes”



Diferente valor de las corrientes de arranque

Campos y criterios de selección

Los arrancadores suaves SIRIUS 3RW40 son una alternativa a los arrancadores directos y los arrancadores estrella triángulo.

Las ventajas más importantes son:

- Arranque suave
- Parada suave
- Conmutación sin interrupciones ni picos de intensidad dañinos para la red
- Fácil montaje y puesta en marcha
- Diseño compacto y de tamaño reducido

Aplicaciones

Ejemplos de aplicaciones:

- Cinta transportadora
- Transporte de rodillos
- Compresor
- Ventilador
- Bomba
- Bomba hidráulica
- Agitador
- Sierra circular/sierra de cinta

Ventajas



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Bombas centrifugas

- Prevención de golpes de ariete
- Aumento de la vida útil de las tuberías

Tipos de arranque

Gracias a la gran cantidad de aplicaciones y la funcionalidad de los arrancadores suaves SIRIUS 3RW40, puede seleccionarse entre diferentes funciones de arranque. El arranque del motor puede ajustarse de forma óptima según la aplicación y el uso concreto.

Rampa de tensión

El arranque suave se consigue con los arrancadores suaves SIRIUS 3RW40 mediante una rampa de tensión. La tensión en los bornes del motor aumenta dentro de un tiempo de arranque ajustable desde una tensión de arranque parametrizable hasta la tensión de red.

Tensión de arranque

La tensión de arranque determina el par de arranque del motor. Una tensión de arranque menor produce un par de arranque menos y una corriente de arranque menor. La tensión de arranque debe elegirse lo suficientemente alta como para que le motor arranque inmediatamente y de forma suave tras el comando marcha al arrancador suave.

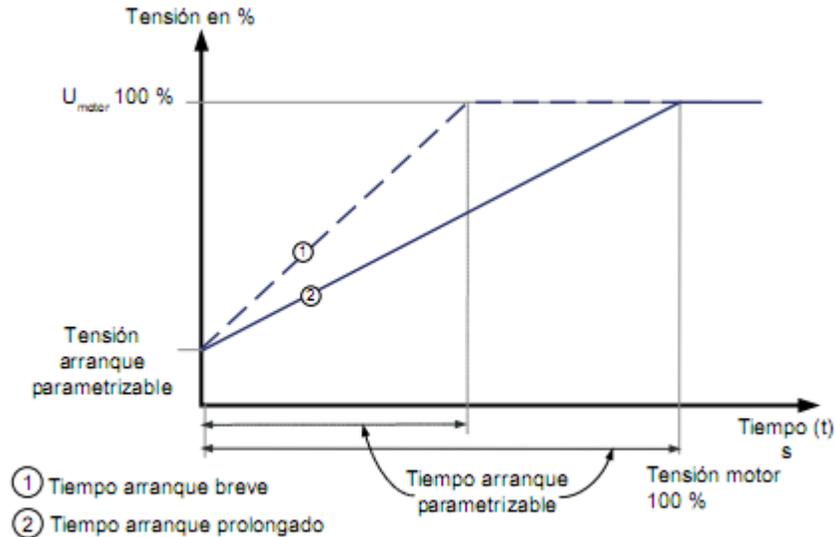
Tiempo de rampa

El tiempo de rampa ajustado determina cuanto tiempo tarda en aumentar la tensión del motor desde la tensión de arranque ajustada hasta la tensión de red. Esto influye en el par acelerador del motor, que acciona la carga durante el proceso de arranque. Un tiempo de rampa mayor provoca una reducción del par acelerador en el proceso de arranque del motor. Con ello se produce un arranque del motor más largo y más suave. La duración del tiempo de rampa debe elegirse de modo que el motor alcance su velocidad nominal dentro de este tiempo. Si se elige un tiempo demasiado corto, con un tiempo de rampa que finaliza antes de hacerlos el arranque del motor, aparece en este momento una corriente de arranque muy elevada que puede alcanzar el valor de la corriente de arranque directo a esta velocidad.

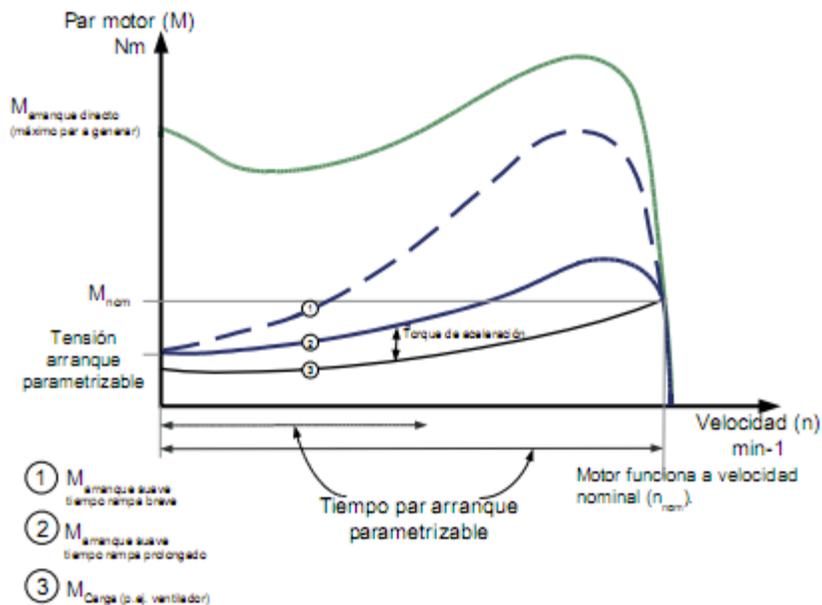
El arrancador suave SIRIUS 3RW40 limita el valor de corriente ajustado en el potenciómetro limitador de corriente. En cuanto se ha alcanzado adicionalmente el

valor de limitación de corriente se interrumpe la rampa de tensión o el tiempo de rampa y el motor se acaba de arrancar usando la corriente límite. En este caso es posible que los tiempos de arranque del motor sea superior al tiempo de rampa máximo parametrizable de 20 segundos.

El arrancador suave SIRIUS 3RW40 dispone de protección intrínseca, una función de limitación de corriente y una función que detecta cuando se ha completado el arranque.



Principio de funcionamiento de la rampa de tensión



Principio de funcionamiento de la rampa de tensión, evolución de par

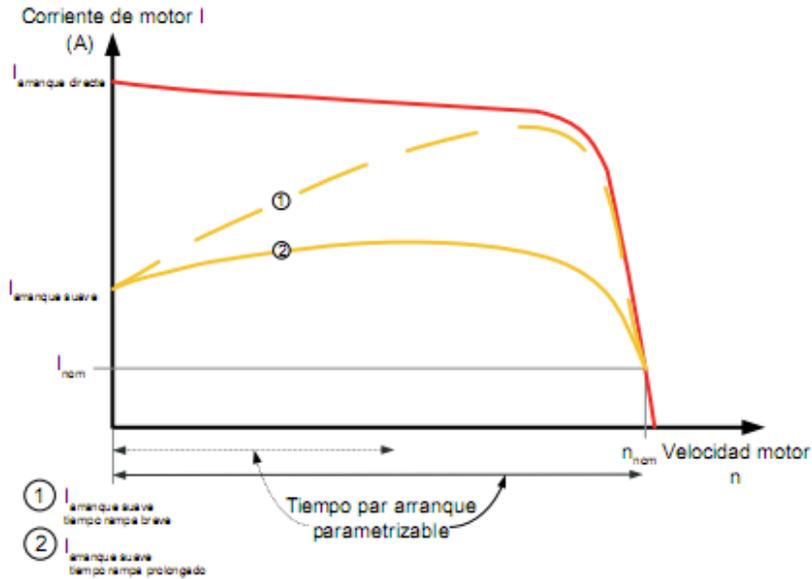
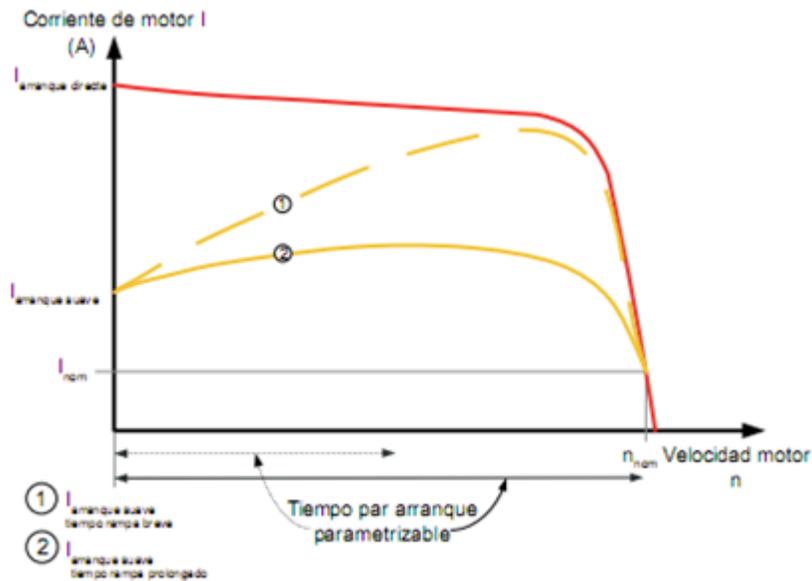


Imagen 5-3 Principio de funcionamiento de la rampa de tensión, evolución de corriente de arranque



Principio de funcionamiento de la rampa de tensión, evolución de corriente de arranque

Aplicaciones típicas de la rampa de tensión

El principio de funcionamiento de la rampa de tensión puede utilizarse en todas las aplicaciones por ejemplo bombas de agua.

Limitación de corriente y detección de arranque completado

El arrancador suave SIRIUS 3RW40 mide la corriente de fase (del motor) continuamente un transformador de corriente integrado.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

Durante el proceso de arranque, la corriente que fluye por el motor se puede limitar activamente mediante el arrancador suave. La función de limitación de corriente se superpone a la función de rampa de tensión. Esto significa que en cuanto se ha alcanzado un valor límite de corriente parametrizado, se interrumpe la rampa de tensión y el motor se acaba de arrancar usando la corriente límite. En los arrancadores suaves SIRIUS 3RW40, la limitación de corriente siempre está activa. Si el potenciómetro limitador de corriente está en el tope de la derecha (máximo), la corriente de arranque se limita un factor 5 de la intensidad asignada del motor ajustada.

Valor de limitación de corriente

El valor de limitación de corriente se ajusta a la corriente deseada durante el arranque como factor de la intensidad asignada del motor. Debido al desbalanceo de corriente durante el arranque, la corriente ajustada se corresponde con la medida aritmética para las tres fases.

Ejemplo.

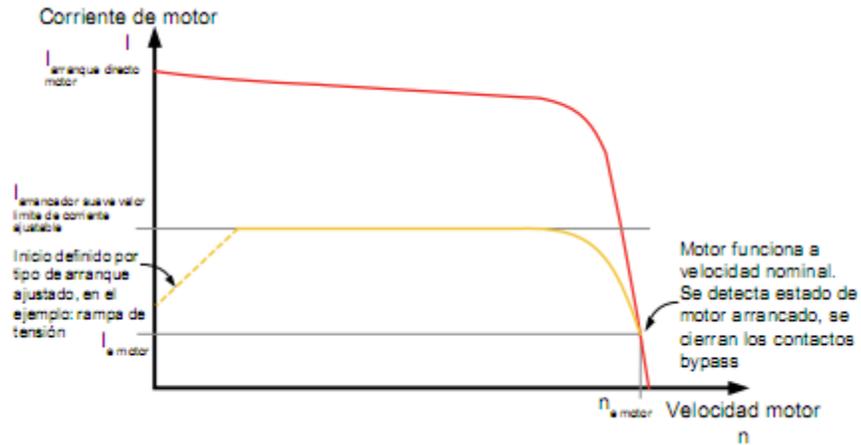
Si el valor de limitación de corriente está ajustado a 100 A, las corrientes pueden ser de unos 80 A en L1, unos 120 A en L2 y aproximadamente 100 A en L3.

Cuando se alcanza el valor de limitación de corriente ajustado, el arrancador suave reduce o regula la tensión del motor hasta que la corriente no rebase el valor de limitación de corriente ajustado. El valor de limitación de corriente ajustado debe seleccionarse procurando que el par generado en el motor sea suficiente para que el accionamiento alcance el servicio asignado. En este caso puede estimarse como valor típico entre el triple y el cuádruple de la intensidad asignada de empleo (I_e) del motor.

Para garantizar la protección intrínseca del aparato, la limitación de corriente siempre está activa. El potenciómetro limitador de corriente está en el tope de la derecha (máximo), la corriente de arranque se limita a un factor de 5 de la intensidad asignada del motor ajustada.

Detección de arranque completado

El arrancador suave SIRIUS 3RW40 dispone de una función interna de detección del arranque completado. Si se detecta que el proceso de arranque del motor se ha completado, se aumenta la tensión en el motor inmediatamente al 100% de la tensión de red. Los contactos de bypass internos se cierran, y los tiristores se puentean.

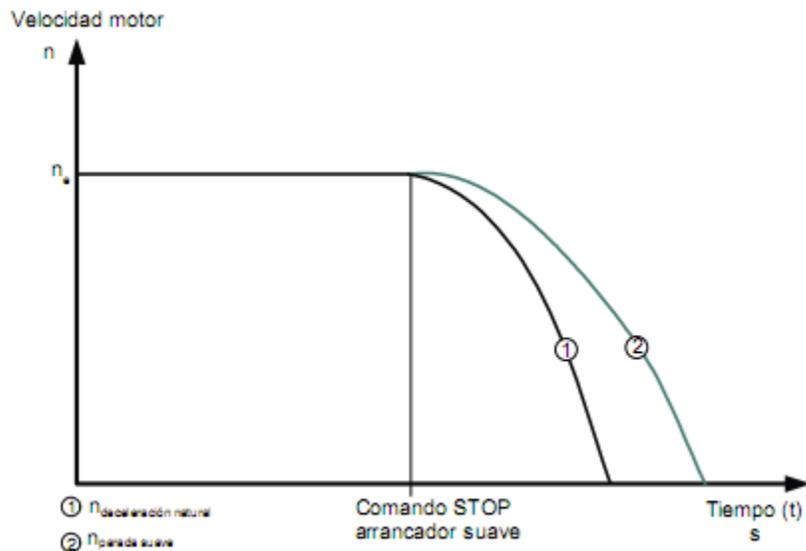


Limitación de corriente con arrancador suave

Tipos de parada

Gracias a la gran cantidad de aplicaciones de los arrancadores suaves SIRIUS, puede seleccionarse entre diferentes tipos de parada. La parada del motor puede ajustarse de forma óptima según la aplicación y el uso concreto.

Si durante el proceso de parada se recibe un comando marcha, el proceso de parada se interrumpe y el motor vuelve a arrancarse con el tipo de arranque ajustado.





Parada libre

En parada libre el arrancador suave corta la energía suministrada al motor cuando desaparece el comando CON a la entrada del primero. El motor sigue girando de forma natural hasta su parada, impulsando solamente por la inercia (masa giratoria) del rotor y la carga. Esto se denomina parada natural o parada libre. Una masa giratoria mayor implica una parada libre más prolongada.

Parada suave

Con la parada suave se prolonga la parada libre o natural de la carga. Esta función se ajusta cuando se desea impedir que la carga se detenga bruscamente. Es típico en aplicaciones con momentos de inercia pequeños o par antagonista elevado.

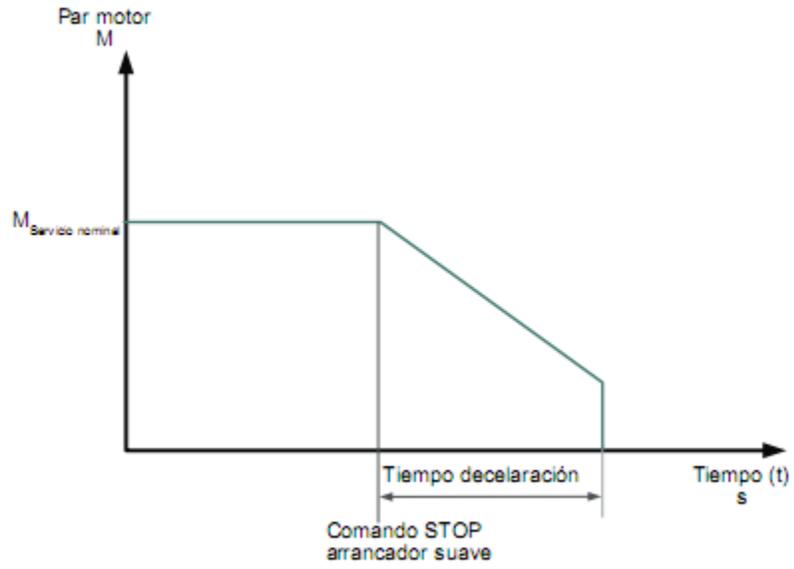
Tiempo de parada

En el arrancador suave se puede determinar mediante el “tiempo de parada” del potenciómetro cuanto tiempo debe seguir alimentándose el motor tras desaparecer el comando CON. Dentro de este tiempo de parada, el par generado en el motor se reduce mediante una función de rampa de tensión y la aplicación se detiene con suavidad.

En el caso de las aplicaciones con bombas puede producirse el denominado golpe de ariete debido a la desconexión abrupta del accionamiento, como es habitual, por ejemplo, con el arranque estrella- triángulo o directo. Este golpe de ariete es producido por la interrupción brusca del flujo y las consiguientes fluctuaciones de presión en la bomba. Produce ruidos y golpes mecánicos en el sistema de tuberías y en las compuertas y válvulas allí situadas.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



Tiempo de parada SIRIUS 3RW40

6. Conclusiones y recomendaciones.

El arrancador suave ofrece una operación controlada y libre de impacto para el motor. El paro suave del motor significa:

- Eliminación del golpe de ariete del motor
- Menor remplazo de sellos, válvulas y ductos.
- Menor mantenimiento a los sistemas de bombeo

En cuanto a el ahorro de energía una operación mecánica mejorada permite ciclos de arranque y paros más frecuentes. El arranque y paro puede ser ahora sincronizado con el proceso o ciclo de trabajo para eliminar operación continua y apagar los motores cuando estos no se necesiten.

La optimización del uso de la energía, el censado de las señales de voltaje y corriente permite el monitoreo en tiempo real del factor de potencia. En cargas más ligeras de lo normal o voltaje mayor al nominal de línea se sacrifica el factor de potencia al saturar magnéticamente al motor (no toda la energía magnética disponible es convertida a energía mecánica aprovechable).

La función de optimización puede reducir las pérdidas en el núcleo hasta un 50% (un total del 2% de las pérdidas totales). La optimización de la energía colocara al motor con baja carga en el punto de operación adecuado. Los arrancadores suaves reducen la corriente de arranque en todo tipo de cargas que funcionan con motores trifásicos de inducción.

Recomendaciones

En cuanto al arranque suave de los sistemas de achique de la central Hidroeléctrica Ángel Albino Corzo “peñitas” podemos recomendar que se utilicen arrancadores de marca Siemens 3RW40.

Para las primeras 3 bombas de achique de 50 HP se recomiendan los arrancadores 3Rw40 56 BB ya que cumple con los requisitos para el arranque de dichos motores.

Para las últimas tres bombas de achique de 300 Hp se recomienda arrancadores SIRIUS 3RW40 76BB de la misma forma como vimos en la selección del arrancador cumple con los requisitos para el arranque de dichos motores.



7. Referencias bibliográficas y virtuales

- Catalogo LAM, SIRIUS arrancadores suaves 3RW, SIEMENS
- Manual de arrancadores suaves SIRIUS 3RW40 SIEMENS
- Manual de arrancadores a tensión reducida K981 SIEMENS
- Manual de operación de los sistemas de achique, C.H. Angel Albino Corzo
- Recomendaciones para el ahorro de energía en motores eléctricos, documento PDF.