

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



**PUESTA EN SERVICIO DE UN CONVERTIDOR ESTÁTICO
UTILIZADO EN EL CONTROL DE VELOCIDAD DE UN
SISTEMA DE IZAJE DE MINERAL**

Informe de Ingeniería
para optar el Título Profesional de
INGENIERO ELECTRICISTA

JOSE ANTONIO UNDA HINOJOSA

Promoción 1989 – II

Lima- Perú

2002

A mi querida madre,

Ernestina Hinojosa Alvarez

Quien me enseñó el significado del
amor, sacrificio y perseverancia.

**PUESTA EN SERVICIO DE UN CONVERTIDOR
ESTATICO UTILIZADO EN EL CONTROL DE
VELOCIDAD DE UN SISTEMA DE IZAJE DE
MINERAL**

SUMARIO

El presente trabajo se realizó en la unidad de negocios “Cerro de Pasco” de Centromin Perú S.A.. La labor principal fue poner en funcionamiento el convertidor estático para el control de velocidad de un motor DC de 875 KW, el cual acciona el sistema de izaje de todo el mineral que se extrae de la mina subsuelo.

El sistema de izaje originalmente fue diseñado con un sistema Ward Leonard, compuesto por un motor primo y un generador DC actualmente operativos. Por las reparaciones que tuvo el motor primo el sistema presenta limitaciones con la carga de izaje. Por tal motivo el año 1985 se instaló un convertidor estático como sistema alternativo y así mantener la capacidad de carga original, pero este sistema solo trabajó cuatro meses continuos desde su instalación por problemas en el control de velocidad y desde esa fecha estuvo fuera de servicio, haciéndose varios intentos para su reparación sin lograr resultados satisfactorios.

El incremento sostenido de la producción desde el año 1994 a la fecha, nos motivo a solicitar los servicios de la empresa ASEA (hizo el diseño y la instalación) para la recalibración del control y en conjunto poner en servicio el convertidor estático

Puesto en servicio el sistema estático se logra que el sistema de izaje trabaje a plena carga, obteniéndose los resultados esperados.

INDICE

CAPITULO I

GENERALIDADES

- 1.1 Generalidades
- 1.2 Ubicación
- 1.3 Método de trabajo
- 1.4 Alcances y limitaciones
- 1.5 Normas consultadas
- 1.6 Reconocimiento

CAPITULO II

DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL

- 2.1 Características del sistema de izaje
- 2.2 Sistema de control por Ward- Leonard
- 2.3 Sistema de control por convertidor estático
- 2.4 Capacidad de izaje actual
- 2.5 Capacidad de izaje propuesta

CAPITULO III:

DESCRIPCION DEL CONVERTIDOR ESTATICO

- 3.1 Descripción
- 3.2 Regulación de corriente
- 3.3 Regulación de velocidad

3.4 Control de β -límite y límite de corriente

3.5 Sistema de control

CAPITULO IV:

CALIBRACION DEL SISTEMA DE CONTROL

4.1 Calibración original

4.2 Inspección de los componentes y calibración a su punto de origen

4.3 Pruebas de vacío y con carga

4.4 Solución de problemas observados

CAPITULO V

EVALUACION ECONOMICA

5.1 Capacidad de izaje real

5.2 Comparación antes y después de la reparación

5.3 Inversión requerida

5.4 Evaluación económica

CONCLUSIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 Generalidades

La extracción de mineral en minas convencionales (subsuelo) es normalmente utilizando un sistema de izaje, los cuales utilizan tecnología de acuerdo a la antigüedad de la mina y a las reservas probables que justifiquen la inversión de cierto tipo de tecnología. Pero en cualquier caso, el sistema de izaje ya sea para la extracción de mineral como para el transporte de personal es prioritario para el funcionamiento de la mina. Esto quiere decir que los equipos mecánicos y eléctricos que conforman el sistema de izaje son también prioritarios, por lo que la disponibilidad de los equipos de izaje debe estar de acuerdo a las exigencias de las operaciones.

Es por eso que si algún equipo eléctrico o mecánico presenta limitaciones en su funcionamiento también estará limitando el desarrollo de las operaciones productivas.

1.2 Ubicación

El sistema de izaje del cual nos referimos corresponde a la wincha ASEA-SKIP, y se encuentra instalado en el pique Lourdes 1 de la mina Cerro de Pasco que pertenecía a CENTROMIN PERU S.A.. La mina esta situada a 4340 metros sobre el nivel del mar en la ciudad de Cerro de Pasco la que pertenece al departamento y provincia de Pasco. El acceso se da por un ramal pavimentado de la carretera central y por un ramal del ferrocarril central, el cual une con la línea principal en la Oroya, a

una distancia de 132 Km. Cerro de Pasco está a 306 Km de Lima por carretera y a 354 Km por ferrocarril.

Sus reservas probadas y probables son de 30017050 t. Produce minerales de cobre, plomo y zinc con contenido de plata.

Las operaciones del subsuelo dan un rendimiento de 71790 t.c.s. al mes. La producción es tratada en las concentradoras de Paragsha y de San Expedito, que tienen capacidad de procesamiento de 7000 y 370 t.c.s. por día respectivamente.

1.3 Método de trabajo

Para el desarrollo del trabajo se realizó la siguiente secuencia:

- 1°) **Recolección de datos.**- Se reunió toda la información de la Wincha ASEA, desde su instalación hasta la fecha que se malogró definitivamente. Los trabajos que se hicieron con anterioridad para su reparación eran muy inciertos porque la información fue escasa.
- 2°) **Inspección de las condiciones actuales.**- Se inspeccionó que el equipo se encuentre completo y no faltase ninguna parte. Luego se revisó el estado de la calibración del sistema del control.
- 3°) **Pruebas del equipo con la calibración original.**- Con la calibración del sistema de control en su punto de origen se procedió a hacer pruebas del equipo en régimen de vacío y con diferentes tipos de carga.
- 4°) **Recalibración del sistema de control.**- Detectados los problemas del sistema de control, se procedió a la recalibración en régimen de vacío y con carga.
- 5°) **Pruebas finales.**- Se realizó las pruebas finales con regímenes de carga reales y se dio los ajustes para concluir la calibración. También se obtuvo curvas del funcionamiento para tenerlo como datos históricos del equipo.

1.4 Alcances y limitaciones

Los alcances que se obtuvieron al realizar este trabajo fueron:

- Conocer el procedimiento de calibración del sistema de control, para así optimizar el funcionamiento del equipo.
- Mantener la capacidad de izaje del sistema.
- Dada la importancia del equipo, era necesario tener el sistema de control por convertidor operativo como algo alternativo.

La limitación que se encontró fue el no contar con información suficiente sobre las reparaciones realizadas anteriormente, como también catálogos incompletos sobre el sistema de control.

1.5 Normas consultadas

Para el desarrollo del presente trabajo se recurrió a información técnica otorgado por el fabricante (ASEA) junto con normas y procedimientos de calibración para las tarjetas de control.

1.6 Reconocimiento

Cabe señalar mi reconocimiento al Ing. Daniel Cueva, jefe general de Mantenimiento Eléctrico por encargarme dicho trabajo junto al Ing. Luis Manyari y al Ing. Edgard Marichal representante de ASEA-Belgica, y al personal de Wincha ASEA a cargo del Sr. Cosme Lino quienes prestaron toda su colaboración a las consultas realizadas para el desarrollo del trabajo.

CAPITULO II DIAGNOSTICO DEL SISTEMA ACTUAL

2.1 Características del sistema de izaje

Las principales características son:

Marca	:	ASEA
Tipo	:	Fricción
Año de Instalación	:	1965
Altura de Izaje	:	593 m.
Velocidad de Izaje	:	10.1 m/s
Aceleración	:	0.835 m/s ²
Número de Skip	:	2 ea
Carga Neta por Skip	:	6800 Kg
Peso Skip, accesorios y cables	:	6800 Kg.
Peso aprox. Amarre cable	:	6300 Kg
Total Carga	:	19900 Kg

La wincha ASEA de izaje de mineral esta instalada en el pique Lourdes, donde sus principales componentes (ver figura 2.1) son los siguientes:

Polea:

- Diámetro medio	:	2.18 m
- Velocidad rotación	:	87.9 rpm
- Perno de polea	:	6400 Kg
- Momento de inercia	:	12000 Kg-m ²

Reductor:

Momento de Inercia : 6200 Kg-m²

Motor:

Velocidad : 740 rpm

Momento de Inercia : 780 Kg-m²

Potencia : 875 Kw

Voltaje : 650 VDC

Corriente Nominal : 1420 ADC

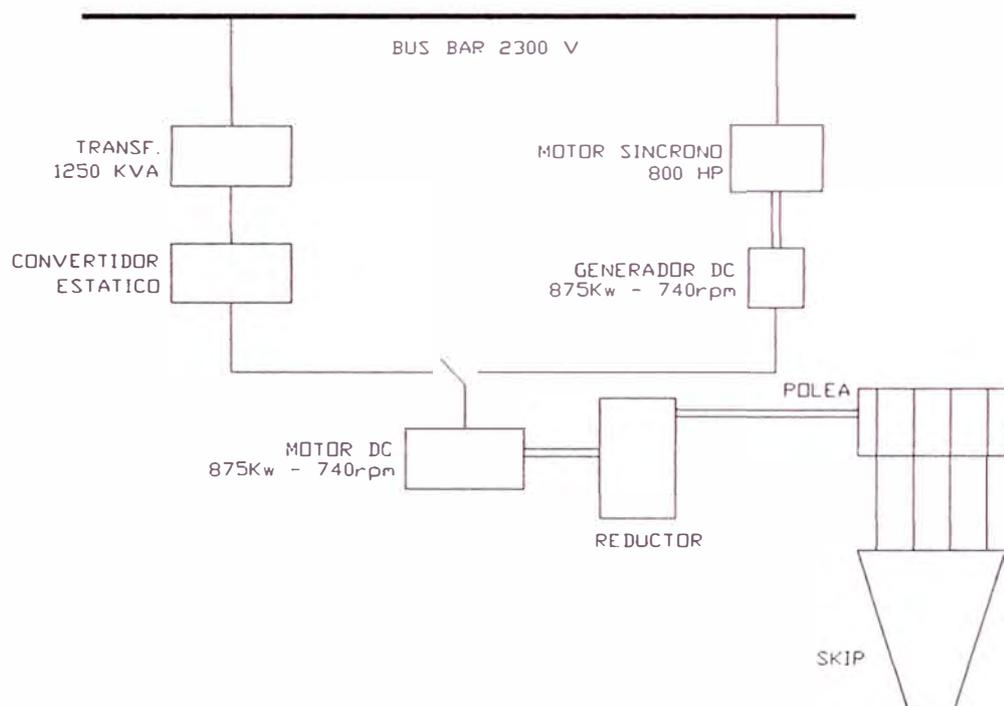


Figura 2.1

Accionamiento:

Sistema Ward-Leonard: Motor Sincrono : 900 Hp

Generador : 875 Kw

Sistema Estático: Convertidor Estático : YMNB

2.2 Sistema de control original

El diseño original del equipo se hizo considerando un sistema Ward-Leonard, compuesto por un Motor primo-Síncrono, Generador DC y Contactores Electromecánicos como elementos de control. El año 1976 el motor síncrono falló por rotura de eje, ocasionando el daño de 13 bobinas del estator y deformación del núcleo. El año 1978 volvió a fallar, perforándose el núcleo magnético, soplando una bobina.

A consecuencia de estas fallas el paquete magnético del motor no garantiza el funcionamiento a plena carga y mucho menos la operación continua. Por lo que se tomó las siguientes decisiones:

- Evitar sobrecargar el motor.
- Reducir la capacidad de carga de 7.5 tc. a un máximo de 6 tc. Para evitar sobrecalentamiento del motor primo.
- Adquirir un convertidor estático.

2.3 Sistema de control por convertidor estático

El Convertidor Estático se instaló en 1984 a consecuencia que el sistema Ward-Leonard no presentaba garantía para un funcionamiento a plena carga. Este convertidor también de marca ASEA fue instalado por el personal de dicha empresa, siendo un convertidor simple en base a tiristores tipo YMNB. Se utiliza puente de tiristores para el control de la corriente de armadura como para la corriente de campo; lamentablemente este sistema se malogró después de 750 horas de trabajo y desde entonces se encuentra fuera de operación.

Según la información conseguida, inicialmente se presentaba la falla de desfasaje entre la corriente de armadura y la de campo, luego comenzó a tener

problemas en el control de velocidad de la wincha, lo cual hacia peligroso su funcionamiento en los puntos finales del recorrido. Las pruebas que se hicieron fueron la calibración de las tarjetas en base al seteo original del fabricante, luego se probaron individualmente en la wincha de Casapalca donde funcionaba perfectamente; también se chequeo los tiristores y los componentes principales, sin embargo no se consiguió la falla, quedando el equipo parado hasta la fecha.

2.4 Capacidad actual de izaje

A través de un estudio realizado, se pudo determinar la capacidad real de izaje en la wincha ASEA con el sistema Ward-Leonard.

Días/ mes	HORAS PROGRAMADAS				
	16	17	18	19	20
	HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO DIARIO				
	12.27	13.04	13.81	14.57	15.34
tc/mes					
25	61851	65717	69582	73448	77314
26	64325	68345	72366	76386	80406
27	66799	70974	75149	79324	83499
28	69273	73603	77932	82262	86591
29	71747	76231	80715	85200	89684
30	74221	78860	83499	88138	92776
tms/mes					
25	54487	57892	61298	64703	68109
26	56667	60208	63750	67291	70833
27	58846	62524	66202	69880	73557
28	61025	64840	68654	72468	76282
29	63205	67155	71106	75056	79006
30	65384	69471	73557	77644	81731

Factores de evaluación

Util = factor de utilización	76.7 %
Velocidad de Izaje	32.00 skips/hora
Humedad (% de Agua)	2.98 %
Capacidad de Izaje	6.30 tc
Capacidad de Izaje	5.71 tm

$$tm = tc/1.1023$$

$$tc/mes = horas \times \acute{u}til \times velocidad \text{ de izaje} \times d\acute{a}as \times capacidad \text{ de izaje}$$

2.5 Capacidad de izaje propuesto

La capacidad de izaje propuesta esta basada en la necesidad de incrementar la producci3n de extracci3n de mineral de la mina-subsuelo.

Días/ mes	HORAS PROGRAMADAS DE TRABAJO DIARIO				
	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
	HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO DIARIO				
	13.60	14.45	15.30	16.15	17.00
tc/mes					
25	68544	72828	77112	81396	85680
26	71286	75741	80196	84652	89107
27	74028	78654	83281	87908	92534
28	76769	81567	86365	91164	95962
29	79511	84480	89450	94419	99389
30	82253	87394	92534	97675	102816
tms/mes					
25	60383	64157	67931	71705	75479
26	62799	66724	70648	74573	78498
27	65214	69290	73366	77442	81517
28	67629	71856	76083	80310	84537
29	70045	74422	78800	83178	87556
30	72460	76989	81517	86046	90575

Factores de evaluación

Util = factor de utilización	85.00 %
Velocidad de Izaje	32.00 skips/hora
Humedad	2.98 %
Capacidad de Izaje	6.30 tc
Capacidad de Izaje	5.71 tm

$$tm = tc/1.1023$$

$$tc/mes = horas \times \acute{u}til \times velocidad \text{ de izaje} \times d\acute{a}as \times capacidad \text{ de izaje}$$

CAPITULO III DESCRIPCION DEL CONVERTIDOR ESTATICO

3.1 Diseño

El control de velocidad se realiza a través de un convertidor simple tipo ASEA- YMNB. El cual esta comprendido por los siguientes bloques.

Regulador de corriente QALB 114.

Regulador de velocidad QALB113.

Regulador de Límites YXR139.

3.2 Regulador de corriente

El principio utiliza un lazo cerrado interno para la regulación de corriente y un lazo cerrado externo para la regulación de velocidad.

El diagrama básico para el circuito de regulación de corriente usado en un convertidor simple, es mostrado en la figura 3.1

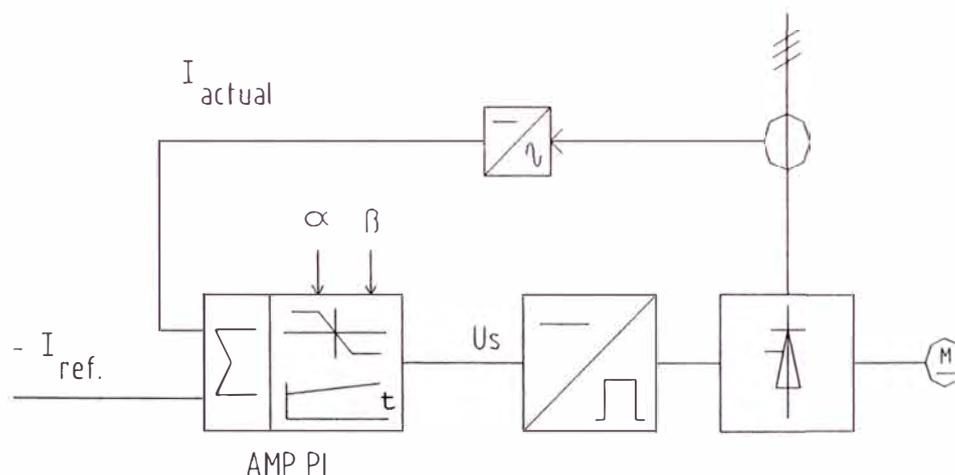


Figura 3.1

La función del sistema de regulación de corriente es asegurar que la salida de corriente del convertidor siga un valor predeterminado en todo momento. Esto se consigue comparando el valor medido de la corriente del motor con el valor seteado, permitiendo que la diferencia sea comparada a través de un amplificador PI. La señal de salida U_s (voltaje de control), del amplificador, es proporcional al voltaje del convertido cuando una corriente continua del motor es utilizada y es consecuentemente positiva con la rectificación y negativa con la inversión. U_s es convertida a pulsos de disparo por un generador de pulsos. Estos pulsos de disparo permiten la conducción del tiristor.

El control de voltaje (U_s) puede ser limitado, permitiendo limitar el rango de control del convertidor. La limitación del voltaje positivo (α -min.) es usado para el voltaje máximo del motor. El límite negativo puede ser controlado externamente (por los límites del regulador YXR139) y es usado para dar una variable β -límite.

El valor real es obtenido midiendo la corriente en el lado AC del convertidor con la ayuda de un transformador de corriente para luego ser rectificadas.

El diagrama del circuito básico para el regulador de corriente es mostrado en la figura 3.2

3.2.1 Valores de corriente a regular.

El regulador P.I. consiste de un amplificador A1 con conexiones de retroalimentación. El amplificador A2 nos facilita regular 3 valores diferentes de corriente. La suma de resistencia para el punto 27B es de dos resistencias en serie, de 33 kohm y 68 kohm.

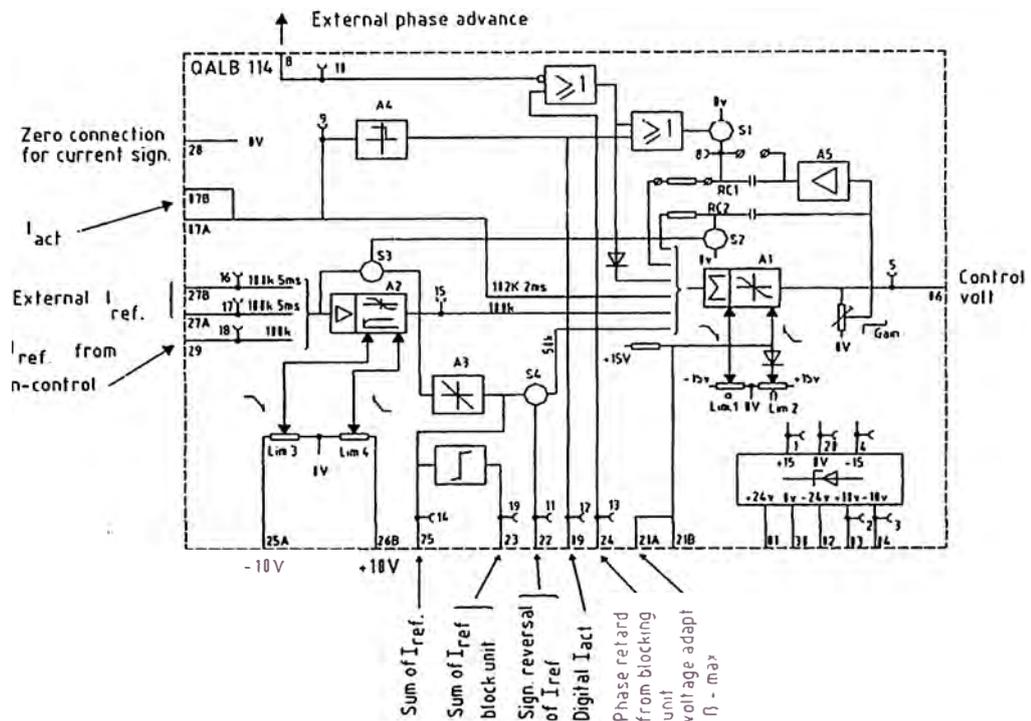


Figura 3.2

3.2.2 Limitación de la derivación de corriente.

A2 es también usado para limitar la derivada de la corriente del motor. R67 y C69 que están situado encima de A2, determinan la derivada. El calculo es de la siguiente manera:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{0.7}{R67 \cdot C69 \cdot U_n} \quad (\text{veces } I_n / s)$$

Donde U_n es el valor actual en voltios que corresponde a la corriente del motor I_n . El equipo es entregado con $R67 = 4.7 \text{ Kohm}$ y $C69 = 1\mu\text{F}$ con $U_n = 5 \text{ V}$, da como resultado 30 veces I_n/s . R67 y C69 son localizados en la tarjeta y son fácilmente renovables. R67 debe ser siempre menor o igual a 22 Kohm.

3.2.3 Cambios de señal para los valores seteados de corriente

A3 es usado junto con S4 para cambiar los valores seteados de corriente (I) en los convertidores dobles. + 1 en la entrada 22 da un valor negativo para I y

corresponde al valor de torque en la dirección directa. En el convertidor simple en la entrada 22 debe ser conectado + 24 V.

El valor seteado para I controla el dispositivo de bloqueo vía un circuito de resolución de diodo (salida 23), así la conmutación ocurre y cierra a cero. El valor total de corriente puede ser sentido en la salida 25. La carga de ser como siempre simétrica a cero.

3.2.4 Adaptación en simultaneo con la corriente

Ocurre una caída en la amplificación del lazo de regulación de corriente en simultaneo con la corriente DC, debido a la necesidad de un cambio grande de la posición de los pulsos de disparo en el convertidor para obtener un cambio dado en el voltaje de salida. El regulador de corriente ha sido equipado con un circuito adaptado para compensar esta reducción en amplificación. El circuito adaptado continuamente incrementa la amplificación al paso con el incremento en la corriente DC.

La conexión de la retroalimentación vía el regulador de corriente A1 consiste de dos circuitos RC, RC1 y RC2. RC1 puede ser desconectado por medio del contacto S1, el cual por otro lado es controlado por la corriente biestable A4. S1 es abierto durante el tiempo requerido para un pulso de corriente y RC1 y RC2 son consecuentemente, conectados en paralelo (A5 actúa como un voltaje seguidor, solo para permitir una corriente alta a la salida cuando S1 es cerrado). Cuando ocurre un bache de corriente, S1 cierra y RC2 es la única retroalimentación vía A1. RC1 tiene un capacitor tan grande y un resistor tan pequeño como RC2. Por ese lado, el valor principal de la amplificación por A1 es grande, la más grande de la parte del periodo durante el cual ocurre una caída de corriente. La amplificación puede ser armonizada para motores individuales por medio de un switch, "Gain" con seis posiciones: 1;

2.5; 5; 10; 20; 40. En suma, el tiempo constante puede ser incrementado por la inserción de un capacitor en RC1.

3.2.5 Incremento y reducción mediante el control de fase

El propósito de este control es reducir la corriente en el convertidor y que el regulador de corriente de un voltaje de salida negativo. Esto ocurre de dos modos, retirando el incremento externo(+ 24 V) de la salida 08, o también reduciendo la señal (+15 V) del dispositivo de bloqueo en la salida 24. S1, S2, y S3 cierran juntos y una corriente positiva es transmitida simultáneamente al regulador PI, es así como el voltaje de control es negativo.

Cuando S3 cierra, A2 es reducida hasta cero (< 0.7 V). El voltaje residual es necesario para el dispositivo de bloqueo y ser capaz de sensar la señal del valor predeterminado para I en la condición reducida.

3.2.6 Límites

Lim 1, limita el voltaje de control en la dirección positiva y Lim 2 limita el voltaje de control en dirección negativa. En este sentido, el voltaje de salida del convertidor es limitado en el rango rectificado (α -limit) con Lim 1 y en el rango inversor (β -limit) con Lim 2.

Lim 2 puede además, ser controlado externamente. Esto es para obtener una variable β -limit y adaptarlo como voltaje de salida en conjunto con la corriente inversa. El voltaje adaptado asegura que el voltaje de control tenga un nivel correcto cuando el convertidor es desbloqueado después de una corriente inversa. Lim 3 y Lim 4, limitan los valores preestablecidos para la corriente desde el amplificador aditivo A2.

3.3 Regulación de velocidad

3.3.1 Utilizando tacómetro

El diagrama del circuito básico para la regulación de velocidad con un tacómetro, es presentado en la figura 3.3

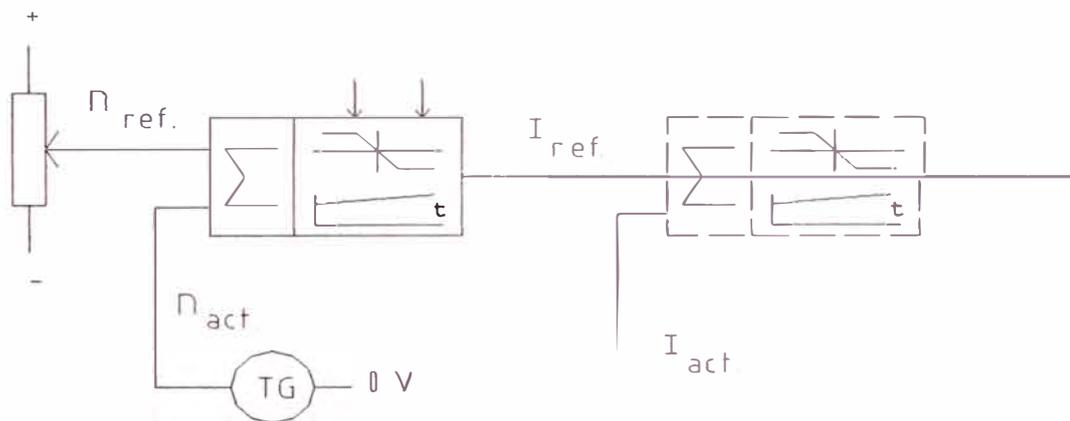


Figura 3.3

La función del sistema de regulación de velocidad es proveer una velocidad al motor siguiendo un valor predeterminado y prácticamente independiente de interferencias tales como cambios de carga, voltajes, o cambios de temperatura.

La regulación de velocidad es basada sobre un sistema con regulación de corriente interna donde la regulación velocidad comprende una regulación con superposición (ver figura 3.3). El valor predeterminado para la velocidad (n_{ref}) y el valor actual (n_{actual}) son comparados entonces la diferencia es admitida por un regulador PI. La señal de salida del regulador PI viene a ser el valor predeterminado para el sistema regulador de corriente. Limitando el voltaje de salida del regulador de velocidad se limita el valor predeterminado para la corriente y de ese modo la corriente del motor.

En suma, el regulador de velocidad esta provisto de un amplificador intermedio y un circuito derivador para la velocidad actual. El amplificador intermedio es usado para un indicador de velocidad cero, protección de excesiva velocidad, para un instrumento de velocidad, etc. El circuito derivador es usado para reducir el tiempo de regulación por disturbios de carga y amortiguar los sobrepulsos.

3.3.2 Utilizando valores de voltaje

En cuanto a la circuiteria concierne, la regulación de voltaje difiere de la regulación con tacómetro en la medida que el tacómetro es remplazado por un dispositivo de medición de voltaje. Esta medida es del voltaje del motor o del EMF.

3.3.3 Regulador de velocidad QALB 113

El diagrama del circuito básico para el regulador de velocidad se muestra en la figura 3.4

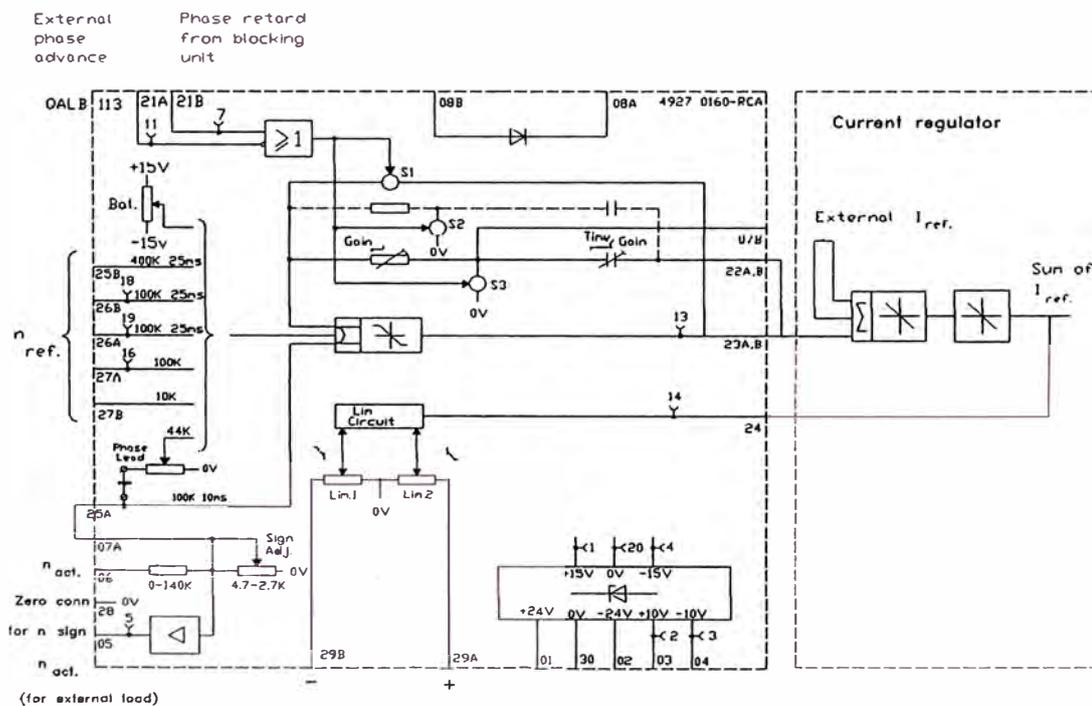


Figura 3.4

3.3.3.1 Ingreso de valores predeterminados

Las entradas 26A, 26B, y 25B son usados como valores predeterminados externos para la velocidad, donde ellos son completamente filtrados. 25B es, en suma, cargado con 10 Kohm y en la tarjeta impresa existe espacio para similar carga en los puntos 26A y 26B.

Las entradas 27A y 27B son en principio sin filtrar y existe el riesgo de interferencia, el cual debe ser considerado cuando se usan. Ellos son normalmente usado en un sistema regulador de velocidad con superposición. La adición de un resistor para 27B (10 Kohm) es mantenido en sus bornes.

3.3.3.2 Entradas de valores reales

El tacómetro es conectado a un divisor de voltaje en la salida 06. El voltaje es dividido hasta que el nivel máximo de la señal en la salida 07A sea de 10 V. 07A es normalmente conectado a 25a, donde la resistencia total es de 100 Kohm y la constante de tiempo del filtro de 10 ms. El capacitor del filtro esta soldado en los terminales.

Un circuito derivado, es el cual donde el grado de derivación es continuamente ajustable por medio de un potenciómetro, ascendentemente hasta que la resistencia total sea de 44 Kohm y un tiempo de filtrado de 5 ms, es también conectado a 25A. El capacitor se suelda en los terminales y tiene un valor de 0.68 uF. Esto da una derivación máxima de $w = 50$ líneas/s.

El divisor de voltaje para la velocidad actual consiste de 9 resistores conectados en paralelo por medio de puntos de soldadura y numerados del 1 al 10. Una regulación brusca se obtiene desconectando un adecuado numero de resistencias y un ajuste fino se hace por medio del potenciómetro de "Sign. Adj.". La

desconexión de resistencia puede realizarse de acuerdo a la siguiente tabla. Teniendo en cuenta que 10 V y 07A corresponden a la máxima velocidad.

Desconectar Entre	U_{TG} max	U_{TG} min
--	10	10
10-9	15	13
10-8	19	15
10-7	25	18
10-6	36	24
10-5	52	32
10-4	80	47
10-3	131	74
10-2	207	114
10-1	337	183

UTG = Voltaje de salida del tacogenerador

Un amplificador intermedio es disponible para cargas externas tales como el indicador de velocidad cero, protección por excesiva velocidad. La amplificación es de 1/1, la constante de tiempo del filtro es 5 ms. Y la carga capacitiva es mayor o igual a 2 Kohm.

3.3.3.3 Conexiones de retroalimentación

El regulador de velocidad tiene características de un control PI donde “Gain” y “Time/gain” pueden ser variados por medio de perillas. “Gain” tiene las posiciones 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 veces (con 100 Kohm de resistencia de entrada). La resistencia para la posición 200 es localizada en los terminales soldados, de modo que un valor opcional puede ser obtenido para la amplificación. “Time/gain” tiene las posiciones 0, 0.5, 0.2, 0.1, 0.05, 0.02, 0.01, 0.005.

Existe un espacio disponible para un circuito RC, que puede ser conectado en paralelo con el circuito regular.

3.3.3.4 Balanceo

El potenciómetro de ajuste fino es instalado para el balanceo del amplificador, así se puede obtener 0 V en la salida en simultaneo con los 0 V de la entrada.

3.3.3.5 Aumento y reducción por control de fase

El propósito de este control de fase es tener valores predeterminados para la corriente de cero voltios. Esto es realizado sacando el incremento externo (+24 V) desde la salida 21A o por medio de reducción de la señal (+15 V) del dispositivo de bloqueo en la salida 21B. Con esto S1, S2 y S3 cierran en simultaneo. La reducción por control de fase desde el dispositivo de bloqueo no es normalmente usado ya que los valores predeterminados no externos para la corriente pueden entonces ser totalizados por el regulador de corriente.

3.3.3.6 Límites

El regulador de velocidad es normalmente conectado de modo que el circuito limitador sensa el valor predeterminado total para I de acuerdo a la figura 3.4 así evita el juego en la regulación. En este sentido la salida del regulador de velocidad asumirá un valor, el cual es el valor predeterminado total para I menos su valor predeterminado externo, en simultaneo con sus límites.

Ya que el valor predeterminado para la corriente es negativo en dirección directa, la corriente límite para la dirección directa es seteado con voltaje positivo en 29A, y para la dirección inversa, el voltaje seteado es voltaje negativo en 29B. Lim. 1 y Lim. 2 son usados para setear los límites de corriente en simultaneo con la unidad

de control YXR140A. En otro caso Lim. 1 y Lim. 2 deben estar en la posición máximo y los límites de corriente deben ser seteados variando los voltajes en 29A y 29B por medio del regulador de límites YXR139.

3.4 Control del límite- β y límite de Corriente

La corriente más grande, es él límite mas alto que se requiere junto con la inversión para poder tratar con la conmutación entre varios tiristores al mismo tiempo, el máximo valor de voltaje del convertidor en el modo inversor, viene a ser más pequeño que él límite máximo de β . En algunos casos, un límite menor de corriente puede ser permitido en la inversión y un límite relativamente bajo de β puede ser seleccionado y un alto EMF puede ser permitido para el motor. El límite β permite al control de EMF una moderada reducción de EMF tanto que la correspondiente corriente para él límite de corriente por rectificación puede ser conmutada. En este sentido, el convertidor puede entregar corriente máxima durante una gran parte del rango de trabajo, por ejemplo, cuando los límites de corriente son reconectados con cero EMF.

3.4.1 Descripción general

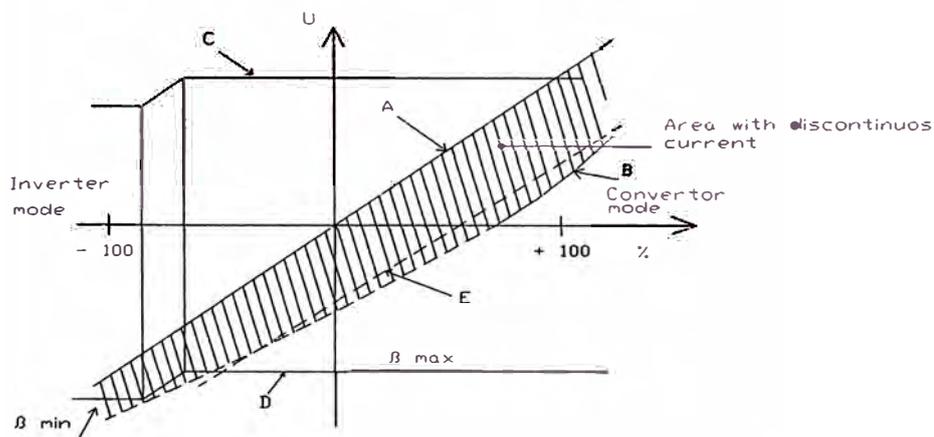


Figura 3.5

A = control de voltaje (señal de salida del regulador de corriente) en simultaneo con la corriente continua.

B = límite del control del voltaje para corriente cero.

C = límite del valor seteado de corriente (límite de corriente).

D = límite de modulación negativa del regulador de corriente (límite β).

E = límite de modulación negativa del regulador de corriente (voltaje asumido).

El límite β puede ser controlado en una manera indirecta por medio de una limitación negativa del voltaje de control (voltaje de salida del regulador de corriente). Consecuentemente, el ingreso del límite negativo del regulador de corriente es controlado vía el regulador de límite YXR139 mediante un voltaje función del EMF. El regulador de corriente entonces recibe una curva de limitación D de acuerdo a la figura 3.5, ocasionando que el límite β sea controlado entre el valor bajo de β mínimo y el valor máximo de β máximo, al mismo tiempo el límite de corriente es controlado en concordancia con la curva C.

3.4.2 Regulador de límites YXR139

3.4.2.1 Generador EMF

El EMF normalmente no es medido directamente. En lugar de ello, al valor de velocidad actual (divisor de voltaje hasta 10 V.) es utilizado. Para que esto sea posible aun en unión con la derivación del campo, una limitación del valor de la velocidad actual debe ser hecho a la velocidad mínima cuando la excitación del campo comienza. Esto es realizado en el amplificador A1 el cual es reversible con respecto a la señal. La señal es controlada desde la unidad de bloqueo, así la señal de salida desde A1 es siempre positiva en simultaneo con la rectificación y negativa con la inversión, independientemente de si SR11 o SR21 conducen.

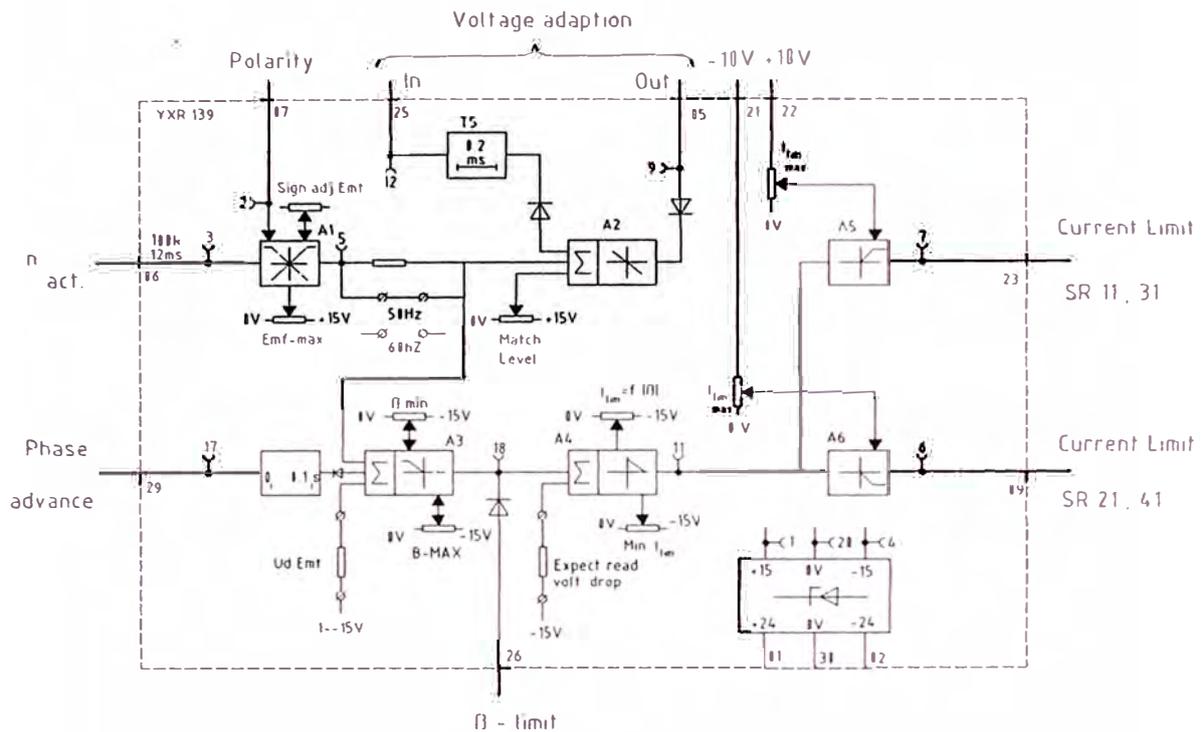


Figura 3.6

3.4.2.2 Generador del límite β

El generador del límite β consiste de un amplificador proporcional A3 el cual es controlado por A1 y es limitado en la dirección y negativa por β_{\min} . y β_{\max} . respectivamente. La señal de salida (26) de este sigue la curva D aproximadamente en concordancia con la figura invertida. La parte con declive de la curva D debe tender a una cierta distancia de la curva, si es posible forzar que la corriente baje y así regular por medio de una corriente baja dentro del rango discontinuo.

La distancia entre estas curvas (U_d -EMF) puede ser fijada por medio de una resistencia soldada en los terminales.

Desde que la curva A en la figura 3.5 tiene alguna diferencia en la pendiente para 50 Hz y 60 Hz respectivamente, se debe hacer una corrección para ello. Para 60 Hz, se tiene que retirar el puente colocado en la resistencia situada después del amplificador A1.

En el caso que el límite β sea extremadamente grande, existe un riesgo que la corriente no llegue exactamente a cero cuando el EMF es cero a pesar que la corriente del regulador sea realmente reducida por el control de fase. Consecuentemente, el incremento de la señal externa es recibido en la salida 29 y procede a sincronizar el circuito, 0.1 seg. Después el incremento de la señal a sido relevado, A3 es modulado hacia β_{\min} , independientemente de EMF.

El voltaje del límite β es tomado en la salida 26 y es conectado en el ingreso de la limitación negativa del regulador de corriente o en el caso del control secuencial, corresponde al ingreso de la secuencia.

3.4.2.3 Unidad de medición del límite de corriente

La unidad de medición del límite de corriente, A4; sensa el voltaje límite β desde A3 y la forma de la curva C de acuerdo a la figura 3.5 La pendiente de la curva C, por ejemplo la amplificación en A4 es seteadado por medio del potenciómetro " $I_{\lim}=f(\beta)$ " y es determinado por los puentes de la red principal. El límite de corriente para la inversión completa es recibida por medio del límite negativo de A4 vía el potenciómetro "Min I_{\lim} ". Desde que el límite β es obtenido limitando el regulador de corriente es justamente dependiendo del voltaje, el límite β obtenido con él mas bajo voltaje debe ser asumido. La unidad de medición del límite de corriente debe ser compensada por una reducción de voltaje y esta compensación, "caída de voltaje deseado" es ubicada en los terminales para usarlo en conjunto con el ajuste optimo.

El valor seteadado para la corriente en el caso de dirección directa, SR11, es negativo, y para dirección opuesta, SR21 positivo. Las limitaciones en los circuitos del regulador de velocidad son señales inversas. Entonces son requeridos límites de voltaje, positivo para dirección directa y negativo para inversa. La desconexión del

voltaje positivo y negativo ocurre en A4 y A6 respectivamente. El límite de corriente máximo para la rectificación es seteado individualmente para la dirección directa e inversa por medio de los potenciómetros " $I_{lim-max}$ " y " $-I_{lim-max}$ " respectivamente.

3.5 Control de velocidad optimizando el torque

3.5.1 Descripción

El sistema de control se muestra en el diagrama de bloques de la figura 3.7. El control de velocidad del motor DC es alimentado por un convertidor de tiristores tipo YMN. El torque inverso del motor se obtiene invirtiendo el campo al motor. El circuito de excitación al campo es alimentado desde un convertidor tipo YHHF.

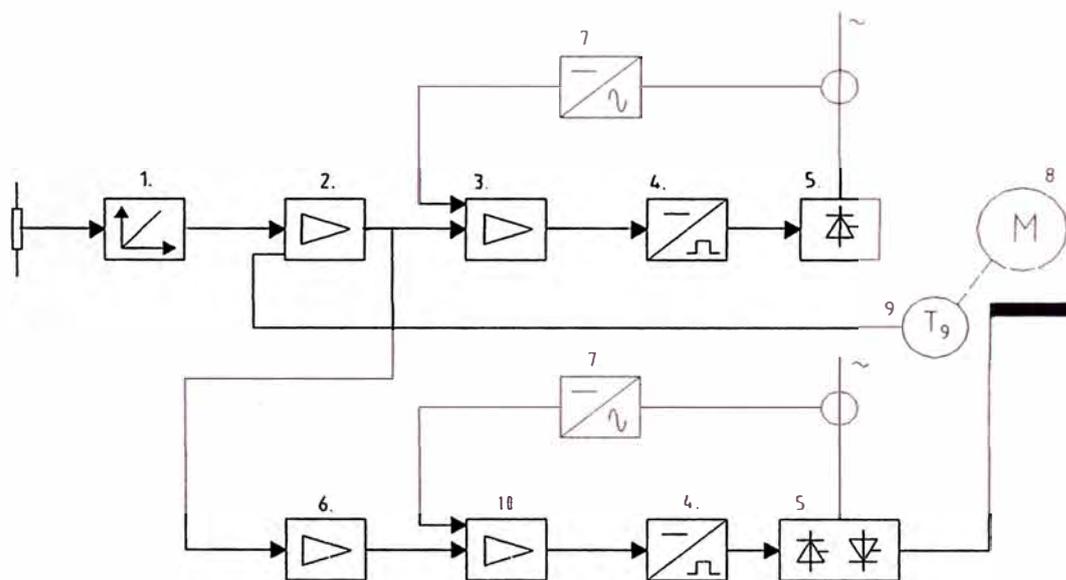


Figura 3.7 Diagrama de Bloques del control de velocidad

- 1 Unidad de referencia de la velocidad
- 2 Regulador de velocidad
- 3 Regulador de corriente de armadura
- 4 Unidad de pulsos de disparo

- 5 Unidad del convertidor
- 6 Regulador del opti-torque
- 7 Traductor de señal
- 8 Motor DC
- 9 Tacogenerador
- 10 Regulador de corriente de campo

3.5.2 Unidad de referencia de la velocidad

La rampa lineal de la unidad de referencia para la aceleración y retardación es diseñada para los valores de tiempo entre 0.5 – 1000 sec.. La referencia al final es redondeada para asegurar un cambio suave sobre la aceleración y desaceleración a velocidad constante. La unidad incorpora circuitos para generar y regular voltaje de referencia y la función rampa.

La señales de entrada al generador de la función rampa (figura 3.8) son voltajes generados internamente con la posibilidad que la polaridad se invierta.

Todas esas referencias son provistas por un relay y un potenciómetro. Cinco de esas entradas (medio, máximo, sobrevelocidad, velocidad de inspección, pre-ajuste) pueden ser suministradas por los relays Auto o Manual y pueden alternadamente ser conectadas como una referencia del generador de la función rampa. En operación manual es posible calibrar la referencia con un potenciómetro conectado en la tarjeta de control.

3.5.3 Control de velocidad

La figura 3.9 nos muestra el circuito del control de velocidad y nos va servir de referencia para la explicación.

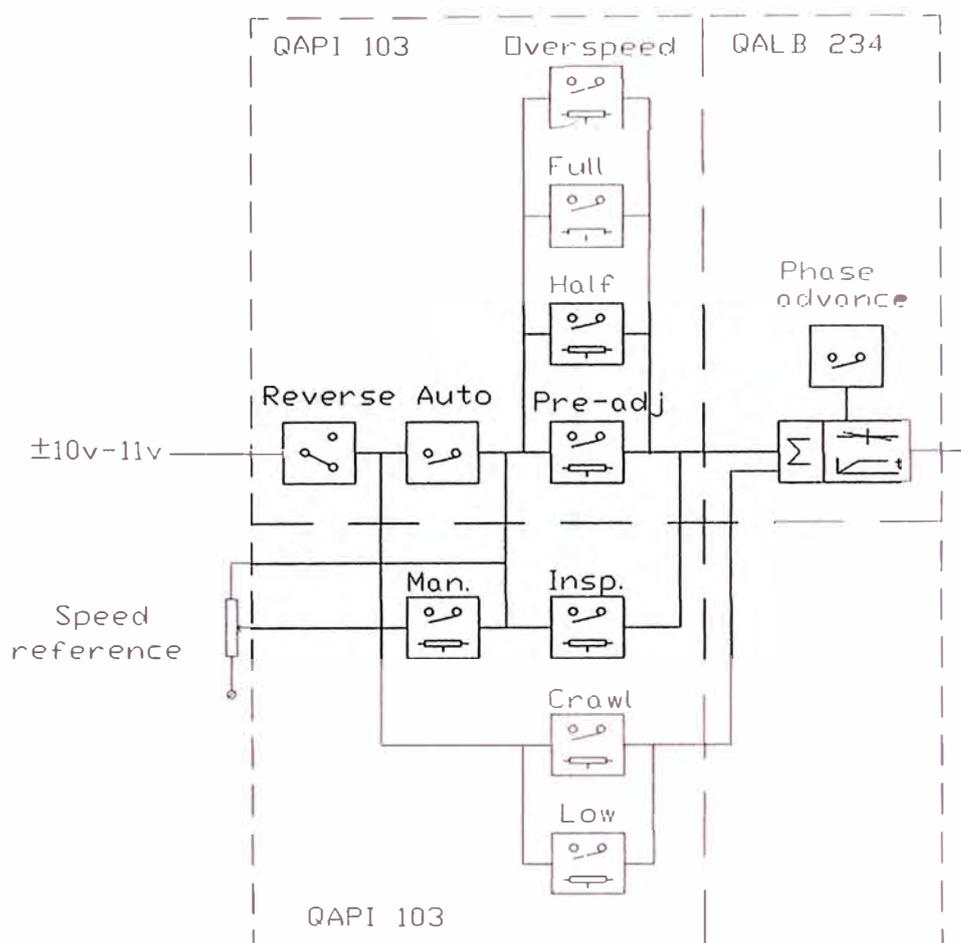


Figura 3.8 Unidad de voltaje de referencia

3.5.3.1 Sistema opti-torque

El regulador de velocidad tiene una acción PI. La señal de salida de la unidad de referencia es comparada con la señal del tacogenerador la cual representa el valor actual de velocidad.

El control del error obtenido por ese medio constituye la señal de ingreso al amplificador del control de velocidad. Las señales de salida son los valores deseados para la corriente de armadura y campo del motor. El máximo valor de salida es ajustable, lo cual significa que la corriente de armadura es automáticamente limitada. En el rango del control con el torque cerca de cero (rango del opti-torque) la corriente de excitación del campo es fuertemente reducida y la unidad de inversión del campo es preparada para invertir la dirección de corriente en un corto tiempo, tan pronto como la demanda del torque esta disminuyendo.

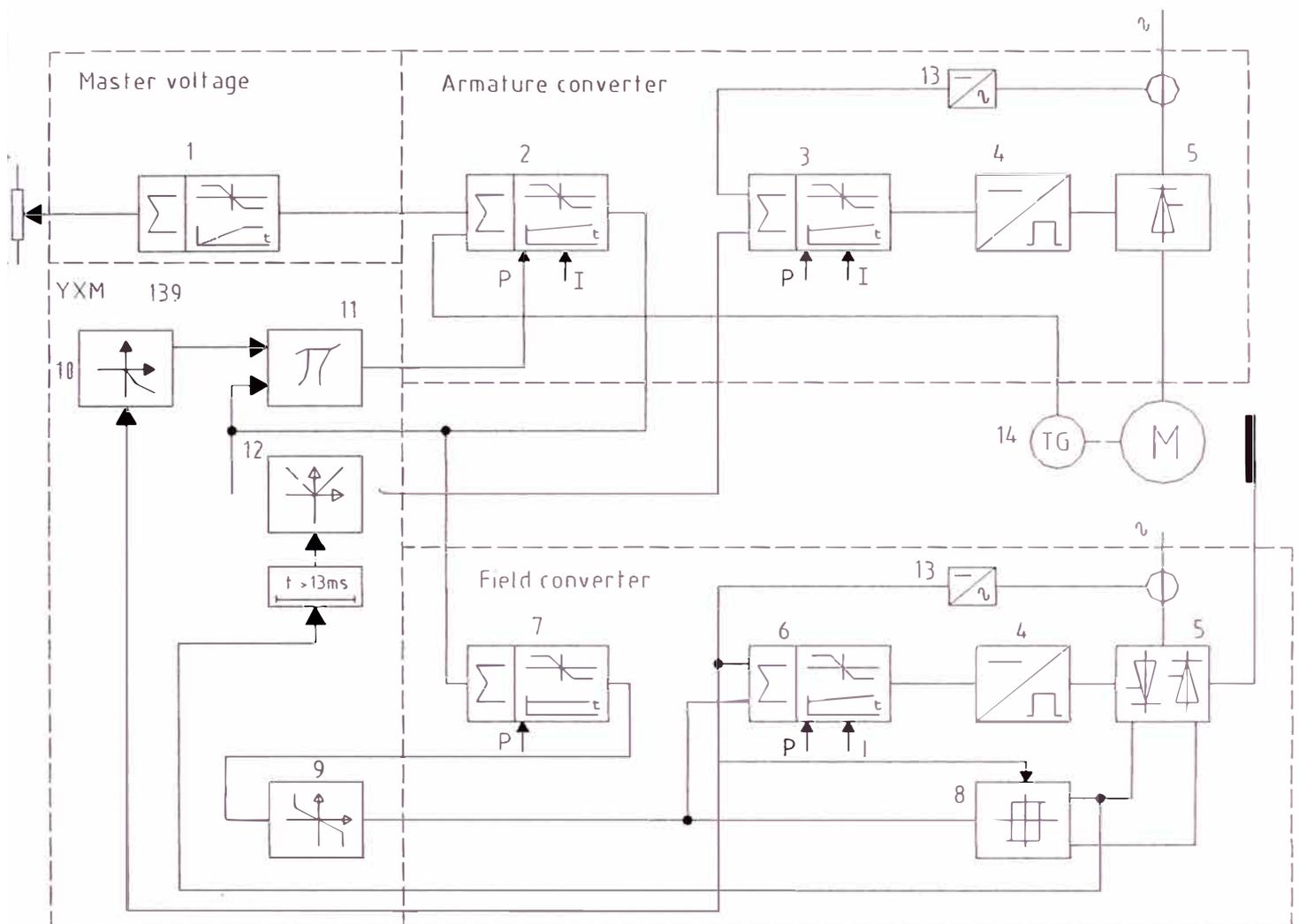


Figura 3.9: Circuito de control de velocidad

- 1 Unidad de referencia de velocidad
- 2 Regulador de velocidad
- 3 Regulador de corriente de armadura
- 4 Unidad de pulsos de disparos
- 5 Convertidor
- 6 Regulador de corriente de campo
- 7 Regulador del opti-torque
- 8 Unidad de bloqueo
- 9 Generador de función ($\phi \rightarrow I_f$)
- 10 Generador de función ($I_f \rightarrow \phi$)
- 11 Multiplicador
- 12 Unidad controladora de valor absoluto
- 13 Señal de transductor
- 14 Tacogenerador

3.5.3.2 Supresión del regulador

Cuando el voltaje de la unidad de referencia empieza a decrecer por retardación, la salida del regulador de velocidad cambia de signo. Esto es sentido por la unidad de bloqueo en el convertidor de campo (8), el cual es invertido cuando la corriente de campo indica cero. Después de un tiempo (10 ms) el control de pulso se bloquea, la supresión del convertidor de campo es retirado.

El regulador de velocidad es cortado durante el tiempo que se bloquea el control de pulso. La dirección del nuevo torque requiere un cambio de signo del valor deseado para el regulador de corriente de armadura. El cambio de signo se realiza en una unidad controladora de valor absoluto (12). El cambio de esta unidad es controlado por la indicación de corriente de campo cero y con un retardo ≥ 10 ms. El tiempo de retardo es necesario porque la corriente de campo y el campo del motor no cambian de signo al mismo tiempo (constante de tiempo de la corriente de Eddy). Esta constante de tiempo puede ser cambiada variando el condensador C26 de la tarjeta YXM 139. Durante el tiempo de retardo el valor deseado por la corriente de armadura es prevenido a través de niveles certeros, regulables con la resistencia R55 de YXN 139.

3.5.3.3 Regulador de la ganancia de velocidad

Para obtener un lazo constante de ganancia en el lazo del control de velocidad para diferentes valores de corriente de campo, la parte proporcional del regulador de velocidad es compensada. Esto es hecho con un generador de función (10) y un multiplicador (11).

La calibración del generador de función es una aproximación de las características de excitación del motor. La señal de entrada es la corriente actual de

campo y la salida es como la figura 3.10. El punto de corte es ajustado con un potenciómetro. La constante de tiempo del filtro de entrada podría ser igual a la constante de tiempo de la corriente de Eddy del motor. Esta es ajustable con el capacitor C27.

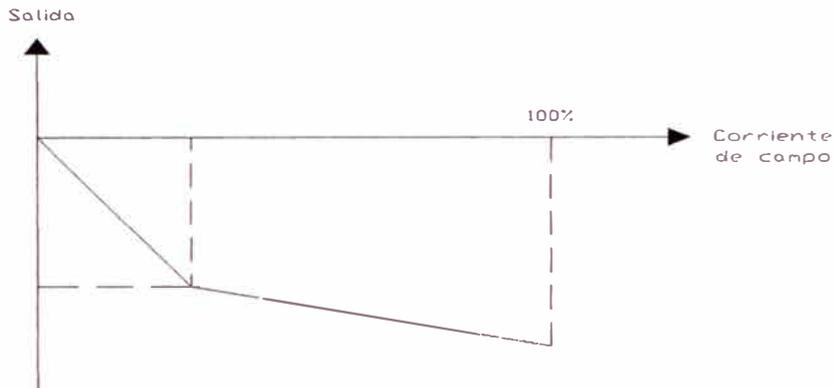


Figura 3.10 Generador de función (10)

Las señales de entrada al multiplicador (11) son las salidas del regulador de velocidad y las salidas del generador de función. La parte proporcional del regulador de velocidad es controlado por la salida del multiplicador. Con esta disposición la ganancia del regulador sería adaptada por el nivel de excitación. Dinámicamente el sistema compensaría un bajo nivel de excitación incrementando la corriente de armadura.

3.5.3.4 Control de la corriente de campo

El valor deseado para la corriente de campo sigue la salida del regulador de velocidad a través de un amplificador proporcional (7) con ganancia regulable y limitando la corriente de campo. El amplificador es seguido por un generador de función el cual da la curva deseada para la excitación para una referencia de corriente de campo. La curva característica se muestra en la figura 3.11. El punto de corte es ajustable con un potenciómetro.

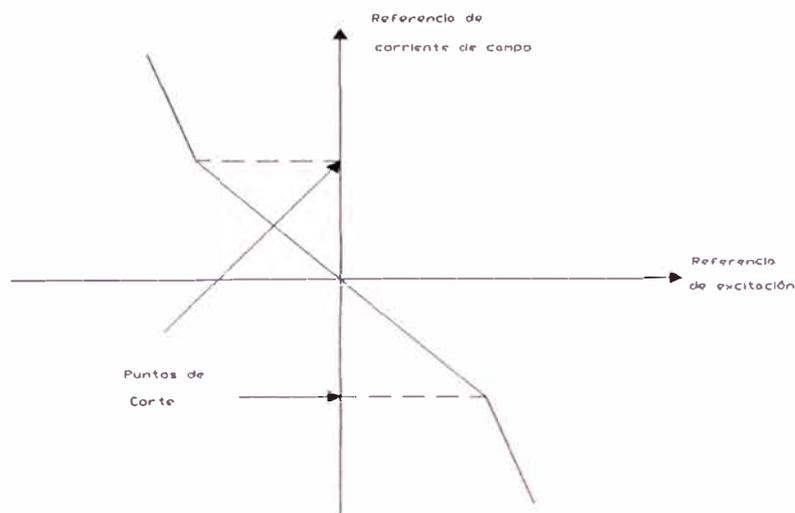


Figura 3.11 Generador de función (9)

3.5.3.5 Pre-ajuste del torque de arranque en modo manual

Este pre-ajuste es utilizado en ciertos casos cuando es importante que el arranque sea suave y no brusco o con saltos. Esto ocurre cuando el desbalance es alto y la referencia de velocidad esta en un nivel bajo.

El operador de la wincha puede, antes que los frenos abran, regular la corriente del motor a un nivel y polaridad correcto con un potenciómetro para balancear la carga actual.

Durante esta operación el regulador de velocidad es conectado como un amplificador proporcional.

3.5.3.6 Disminución suave de la corriente durante la parada

Antes de suprimir la velocidad y la corriente del motor después de una parada, la corriente del motor es disminuida a un tiempo constante. Esto es hecho para evitar oscilaciones debidas a cambios rápidos en el torque del motor.

En el circuito de control esto se realiza con la descarga del circuito RC conectado al potenciómetro del limitador de corriente en el amplificador de velocidad.

3.5.4 Protecciones

3.5.4.1 Disparo por mínima corriente de campo

La unidad inversora de campo YXM 139 es diseñada con un circuito que previene el disparo por mínimo campo cuando este se invierte. Sabemos que la corriente de armadura puede alcanzar niveles altos antes que la corriente de campo llegue al mínimo nivel de disparo después de una inversión, existiendo un tiempo de retardo de la señal de corriente de armadura. El tiempo de retardo puede ser cambiado variando los condensadores C37/C38 de YXM 139, ver figura 3.12

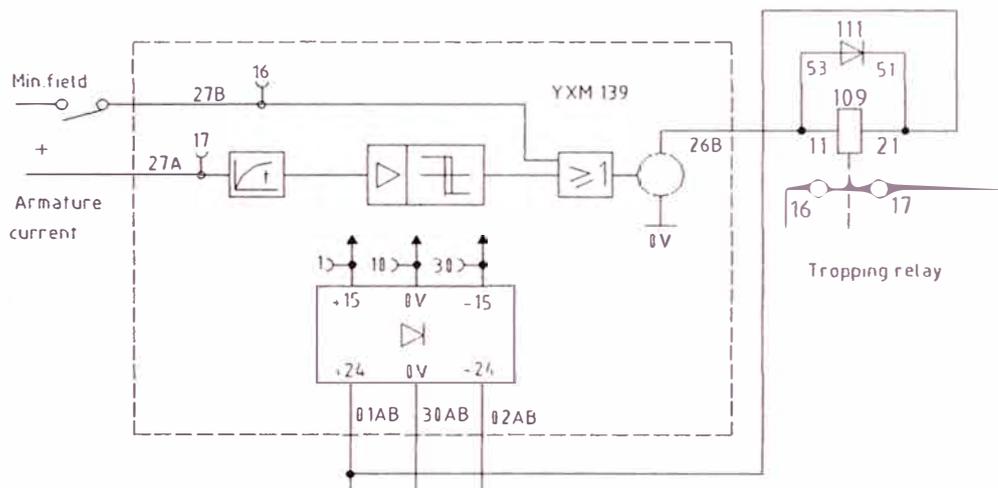


Figura 3.12 Circuito de disparo por mínimo campo

3.5.4.2 Protección por pérdida de torque

La señal de referencia de velocidad es comparada con la señal de velocidad actual del tacogenerador. La diferencia de ambas señales es amplificada por el amplificador A1. La salida de A1 controla un nivel del FLIP-FLOP (A2), el cual cambia de estado si la diferencia excede el nivel de entrada. La señal de disparo es conectada a un relay a través de un circuito temporizado (A3). El circuito

temporizado tiene por objeto que la señal de disparo tenga cierta duración para causar la apertura del sistema.

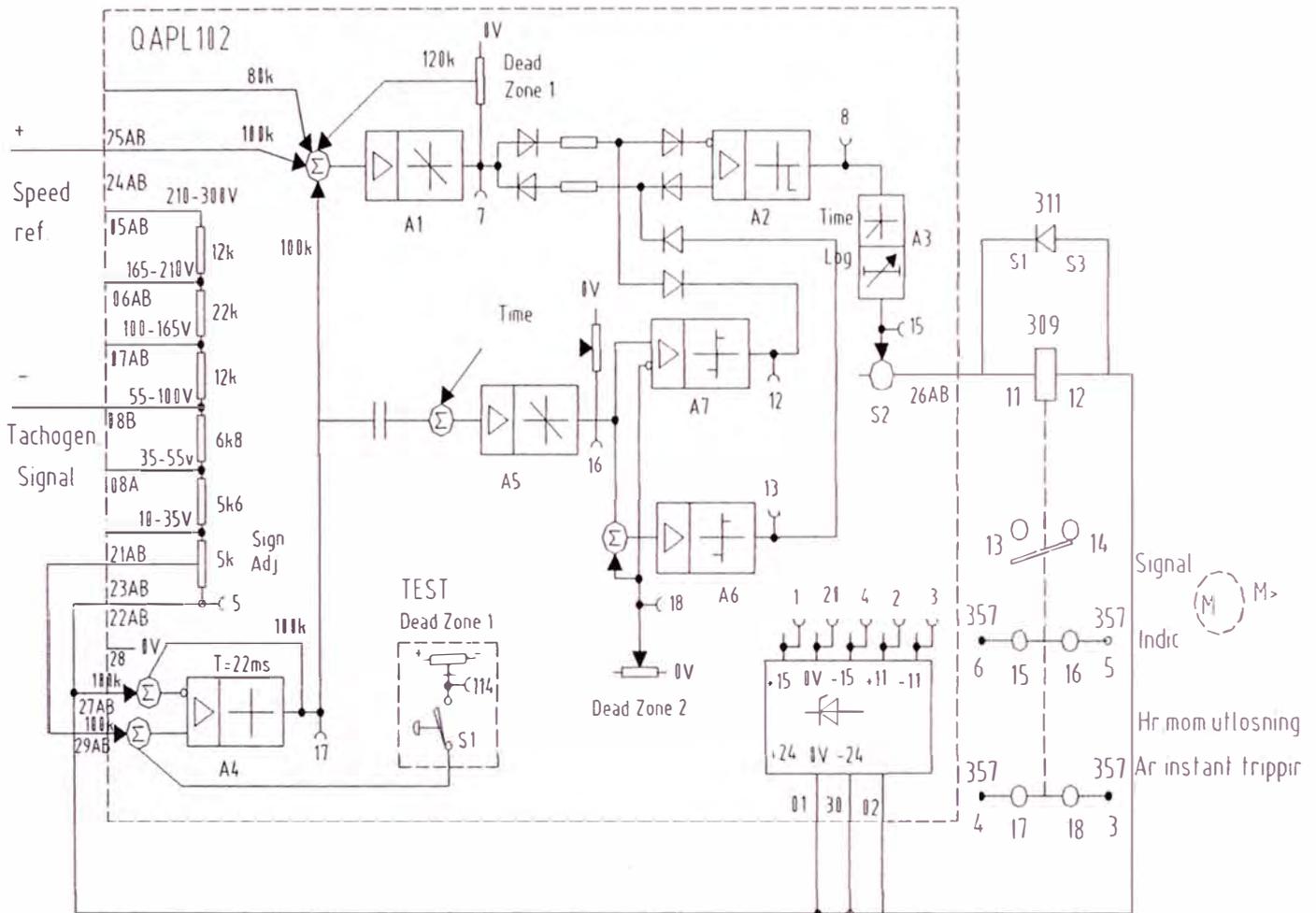


Figura 3.13 Unidad de protección por pérdida de torque

Para evitar que no ocurra el disparo durante el arranque o parada existe un circuito de bloqueo conectado al nivel del FLIP-FLOP (A2). La derivada de la señal del tacómetro es formada en A5 y la salida es conectada a dos niveles de FLIP-FLOP (A6-A7). El bloqueo ocurre en los casos que se muestra en la figura 3.14.

El disparo es bloqueado en el tramo A-B mientras que la derivada de la velocidad actual sea tan grande que el nivel preestablecido (Dead Zone 2). En el tramo B-C y después del punto C no hay bloqueo.

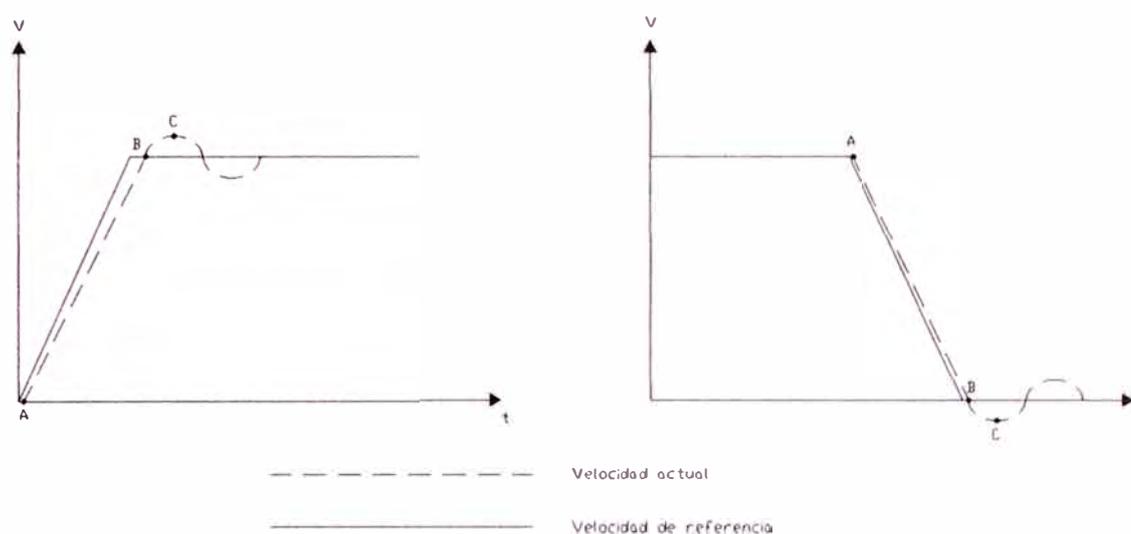


Figura 3.14: Bloqueo del disparo por pérdida de torque

3.5.5 Calibraciones

3.5.5.1 Unidad de referencia de velocidad

Existen tres circuitos con las siguientes calibraciones

Posición	Señal	Valor	Regulación	Señal Equivalente	Punto de Prueba
D18.101	Overspeed	10 m/s	Sign. Adj. 1	9.41 V	T 13
	Full speed	8.5 m/s	Sign. Adj. 2	8.00 V	T 12
	Half speed	3 m/s	Sign. Adj. 3	2.82 V	T 17
	Pre-adjust	1 m/s	Sign. Adj. 4	0.94 V	T 16
			+10 - +11 V	10.00 V	T 2
		-10 - -11 V	-10.00 V	T 3	
D18.105	Insp. Speed	0.3 m/s	Sign. Adj. 2	0.28 V	T 12
	Creep Speed	0.5 m/s	Sign. Adj. 3	0.47 V	T 17
	Low Speed	0.1 m/s	Sign. Adj. 4	0.10 V	T 16
			+10 - +11 V	10.00 V	T 2
			-10 - -11 V	-10.00 V	T 3
	Field weakening		Sign. Adj. 1		T 13
D18.109	QALB 234 Los swithes S1, S2, S3 en posición X1. La relación deseada de aceleración/desaceleración se regula con Int. Speed 1/Int. Speed 2				

3.5.5.3 Convertidor de corriente de campo

El control de la corriente de campo tiene una característica PI. Estudiar las respuestas del regulador de corriente con un registrador. Las pruebas podrían hacerse cada 5-10 % de la corriente de campo hasta un nivel del 60%. Verificar que el límite del voltaje de control (α -límite) no este regulado tan bajo para prevenir el voltaje elevado. Si es así, el tiempo de subida sería largo.

El regulador de voltaje en el convertidor de campo es usado como regulador del "OPTI-TORQUE". La calibración de este podría ser proporcional, como es "Time/Gain = 0". El ajuste de la ganancia se hará de tal modo que el 100% de la corriente de campo es obtenida cuando la corriente de armadura sea el 30% de la corriente del motor. Los límites deberán ser calibrados de acuerdo a la corriente nominal de campo.

Cuando el motor esta operando con sobrevelocidad es necesario que disminuya el campo para prevenir que el motor tenga exceso de voltaje. La disminución del campo se hace calibrando el potenciómetro "Sign. Adj. 1" en QAPI 103, posición .105 en la unidad de referencia de velocidad. (ver anexo A1-8)

3.5.5.4 Convertidor de corriente de armadura

Es recomendable hacer las pruebas del control de velocidad en el motor sin estar los cables de izaje, antes de realizar las calibraciones finas. Esta primera prueba es una revisión para que cada componente trabaje apropiadamente y pueda obtenerse una calibración preliminar en los reguladores.

La optimización del control de corriente de armadura es realizada de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Los límites de corriente deben ser regulados en la tarjeta YXR 139 (ver anexo A1-9). El nivel máximo de corriente se hará de acuerdo al diagrama del ciclo de izaje. El seteo del relay de sobrecarga estará de acuerdo a la corriente nominal del motor.

El ajuste de la retroalimentación del tacogenerador será de modo tal que la velocidad máxima es obtenida con 8V de voltaje de referencia. El ajuste fino del control de velocidad se realizara solo cuando estén instalados el cable de izaje junto con los valdes.

Las cargas eventuales en los valdes serán retiradas para conseguir un desequilibrio correcto. El regulador de velocidad será ajustado tal que un mínimo “movimiento inverso” correspondiendo a una “sobreoscilación” de velocidad al momento de arranque en subida y bajada a velocidad de arrastre. El objetivo de este ajuste es que el “movimiento inverso” sea eliminado y que la “sobreoscilación” se limite alrededor del 30%.

Es obvio que la velocidad seguirá la referencia de la unidad de rampa en aceleración y retardación. Esto usualmente no es un problema en variadores de velocidad con tiristores. Los tiempos de retardo de fase y la aplicación del freno serán reguladas de tal forma que la parada normal de la wincha sea suave sin golpes fuertes en los engranajes o acoplamientos.

3.5.5.5 Protección por pérdida de torque

Escoger el punto de conexión ver figura 3.13 en el divisor de voltaje del tacómetro. Regular el potenciómetro “Sign. Adj.” (Ver figura 3.13) de tal forma que a plena velocidad corresponda 8.0 V en el punto de prueba T 17. Regular “Dead Zone 1” a un nivel que de disparo si la diferencia entre la referencia de velocidad y la

señal del tacómetro sea tanto como 0.5-0.8 m/s. “Time-Lag” y “Dead Zone 2” serán regulados de tal forma que los disparos no justificados sean prevenidos.

CAPITULO IV CALIBRACION DEL SISTEMA DE CONTROL

4.1 Calibración original

En este capítulo mencionaremos la calibración realizada en el año 1985, cuando se puso en servicio el sistema del convertidor estático.

- Dispositivos de control del gabinete E:

E71:1 0.5 s

E71:2 2 a 3 s

E71:3 1 s

E71:5 3 s

E71:8 0.5 s

E58:3 15 s

A61:1 130 °C

- Convertidor DC:

E38.105 4-5 0 ohm.

- E38.101 R4 Calibrado en fabrica, corresponde
100%=3000A.

- R5 No usado.

- D5.1 0.473 A (min.)

- F32.QAGO 220 Bal De fabrica

- F32.QAGO.220 Gain Min.

- F32.114 1.75x400 V=700 V (U>>)

- Cubículo YK1:

M28.125 - RXETL 2 : Pos. 3

M28.105 – YXZ106 : Coarse = Pos. 1

Fine = 5.5

Cooling air $t^{\circ} = 30^{\circ}\text{C}$

Overcurrent = Pos. 1.15

D10.325 : Set en 80%

D10.525 : Set en 80%

D10. 519 : Level = 1

Hyst. = 0.4

D10.701 - RXIG 2 : Set en 1.5x25 mA

D18.149 : Level = 1

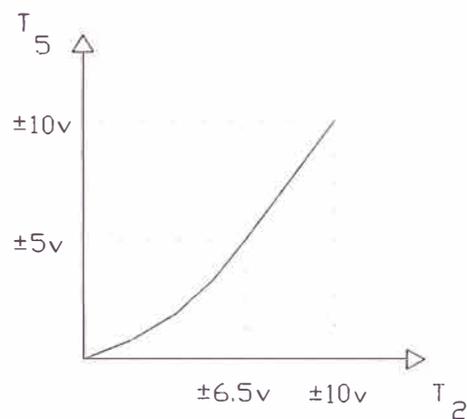
Hyst. = 0.4

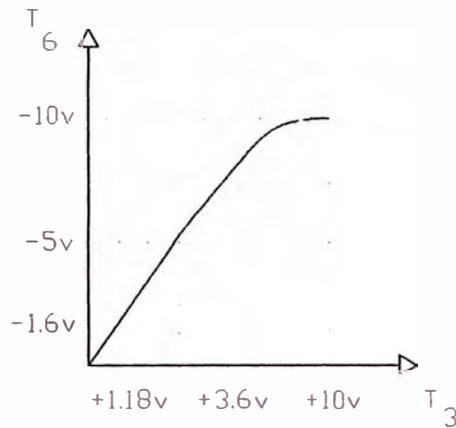
D18.155 : Level = 6.3

Hyst. = 0.2

E22.101 – YXR 139 :

$\phi \rightarrow i_F$



$i_F \rightarrow \phi$


D18.101 – QAPI 103 :

Sig. Adj.1 – Ov. Sp. = 84 V $U_{TGmotor}$ (\cong 11.6 m/s) (10 V)

Sig. Adj.2 – F. Sp. = 73 V $U_{TGmotor}$ (\cong 10.1 m/s) (8.7 V)

Sig. Adj.3 – R. Sp. = 17.5 V $U_{TGmotor}$ (\cong 2.45 m/s) (2.08 V)

Sig. Adj.4 – no usado

$T_2 = 10.67$ V Pot. +10 V

$T_3 = -10.67$ V Pot. -10 V

D18.109 – QALB 234 :

Sig. Adj. = 0.15

Bal 1 = de Fabrica

S1 : X1

S2 : X1

S3 : X3

Int Sp 1 = Pos. 13

dec. = 1 m/s Up/Down

Int Sp 2 = Pos. 12

ace. = 1 m/s Up/Down

E22.133 – QAPL 102 :

Test dead zone 1 : - para $T_{17} = \text{Min. } \pm 0.86 \text{ V}$

$T_{14} = \text{Min. } \pm 1.7 \text{ V (1 m/s)}$

Dead Zone 1 = Calibrar para disparo de valores $\neq 1 \text{ m/s}$

Time = Para alguna rampa como QALB 234 dar $\frac{1}{2}$ vuelta hor.

Dead zone 2 = Para $T_{18} = -2.5 \text{ V}$

Time Lag. = Para aprox. 2 s.

Sign. Adj. = Para 10.1 m/s $\rightarrow U_{TGmotor} = 73 \text{ V}$

Sig. Adj. $\rightarrow 8.7 \text{ V}$ en T_{17}

E26.149 QALB 113

Bal = De Fabrica

Phase Lead = 8

Sign. Adj. = Para 10.1 m/s $\rightarrow U_{TGmotor} = 73 \text{ V}$

Sig. Adj. $\rightarrow 8.7 \text{ V}$ en 07 A de QALB.113

Gain = 2.0

T/G = 0.5

Lim.1= Para $T_{13max} = 7.66 \text{ V (2300 A)}$ cuando $T_{6YXR139} = -8.56$

Lim.2= Para $T_{13max} = -7.66 \text{ V(2300 A)}$ cuando $T_{7YXR139} = +8.56$

E26.157 YXR 139

$n_0 = 10.1 \text{ m/s (8.7 V)}$

$n_{max} = 11.6 \text{ m/s (10 V)}$

$EMF_{max} = 650 \text{ V}$

$V_{v01} = 650 \text{ V}$

$I_{dmaxVR} = 1500 \text{ A}$

$$I_{dmaxLR} = 2500 \text{ A}$$

$$+I_{lim \max} = 2300 \text{ A}$$

$$\bullet I_{lim \max} = 2300 \text{ A}$$

$$10V \Leftrightarrow 3000 \text{ A}$$

$$\beta_{max} = 39^\circ$$

$$\beta_{min} = 30^\circ$$

E26.135 YXI 103 : Pot. R27 \rightarrow Para $T_6 = 7.7 \text{ V}$

E26.145 QALB 114 :

Lim 3 = set al max.

Lim 4 = set al max.

Lim 1 = Pos. 1.1

Lim 2 = Pos. 0.9 (para $V_{T5min} = -10.09 \text{ V}$)

Gain = 2.5

YHA1 F22 : $I_R = 4.4 \text{ A}$

D10.143 : set en 200 ms

D10.149 : set en 10 s

DC-Breaker : $I > 3000 \text{ A}$

• Cubiculo KB1- Puntos de chequeo de velocidad :

D1.149 = 3 Kohm

D1.155 Para $V_{TGrope} = 75 \text{ V}$ (10 m/s) \rightarrow 10 V en T_{17} de D1.101

D9.125 Para $V_{TGrope} = 75 \text{ V}$ (10 m/s) \rightarrow 10 V en T_{17} de D9.113

D9.137 = 3.5 s

D9.337 = 1 s

D1.101 Sp.ch.pt. N° 1 : Level = 8.5 , Hyst = 0.1 (8.5 m/s)

D1.125 Sp.ch.pt. N° 2 : Level = 6 , Hyst = 0.1 (6 m/s)

D5.101 Sp.ch.pt. N° 3 : Level = 3 , Hyst = 0.1 (3 m/s)

D9.101 Para 11.5 V : Level = 11.0 , Hyst = 1.2 Relé de sobrevelocidad

D9.113 Para 0.1 V : Level = 1 , Hyst = 0.12 Baja velocidad de subida

D9.313 Para 0.1 V : Level = 1 , Hyst = 0.12 Baja velocidad de bajada

4.2 Inspección de los componentes y calibración a su punto de origen

4.2.1 Fuentes de alimentación

Se encontró en la fuente de alimentación del excitador los fusibles no adecuados al diseño original, los fusibles deben ser de alta velocidad tipo NH. Se cambio los fusibles M7.2 y 51 (ver anexo A1-4).

4.2.2 Tarjetas de control

TARJETA YXT 107

Se observó que el circuito impreso presentaba ciertos daños, probablemente al tratar de repararlo o por recalentamiento. Se encontró un cable desoldado (N° 507) y cortado. Se rastreó el otro extremo y correspondía al terminal T27 de la tarjeta, por lo que se empalmó y se colocó en su lugar. Según el diagrama anexo A1-10, este terminal corresponde al 0 V de la fuente de la tarjeta. Luego se calibró la tarjeta de acuerdo a su punto de original.

TARJETA YXN 111C

Esta tarjeta no se encontró instalada en el convertidor. Se instaló una tarjeta reparada la cual había sido probada en otro convertidor similar. Se revisó los componentes de la tarjeta de acuerdo al diagrama anexo A1-10.

TARJETA YXX147

Esta tarjeta tampoco estaba instalada, se instaló una tarjeta que había sido

probada en otro convertidor similar. Se revisó los componentes de la tarjeta de acuerdo al diagrama anexo A1-10.

TARJETA YMR 139

Se calibró los potenciómetros de acuerdo a la calibración original para la función $\phi \rightarrow i_f$ y $i_f \rightarrow \phi$. Ver diagrama anexo A1-5.

TARJETA QALB 113.

Se encontró desconectado el puente entre los terminales 26B y 27A y Phase lead del capacitor, ver figura 4.7. Este puente estaba considerado en el diseño por lo que volvió a colocar y se calibró de acuerdo al original.

TARJETA YXE 135.

Sin modificaciones.

TARJETA YXI 103

Se calibró de acuerdo al seteo original el potenciómetro R27, de tal manera que la tensión en $T_6 = 7.7$ V

TARJETAS QAPI 103.101, QAPI 103.105, QALB 234, QAPL 102, YXZ 106, QALB 114.

Se reguló de acuerdo a la calibración original.

4.3 Pruebas de vacío y con carga

4.3.1 Prueba de la unidad de rampa

La unidad de rampa para el control de velocidad se origina en la tarjeta QALB 234, existe dos modos de operación: automático y manual, para el primero hay que hacer un puente entre los terminales B50.X24/139 y B50X24/130, ver diagrama anexo A1-6 y A1-7. Para el modo manual hay que hacer un puente entre los terminales B50.X24/139 y B50.X24/135, ver diagrama anexo A1-6 y A1-8; para

ambos caso se registra la unidad de rampa entre los terminales T18 y T20 de la tarjeta QALB 234, ver diagrama anexo A1-7. Los gráficos que se obtuvieron se observan en la figura 4.1

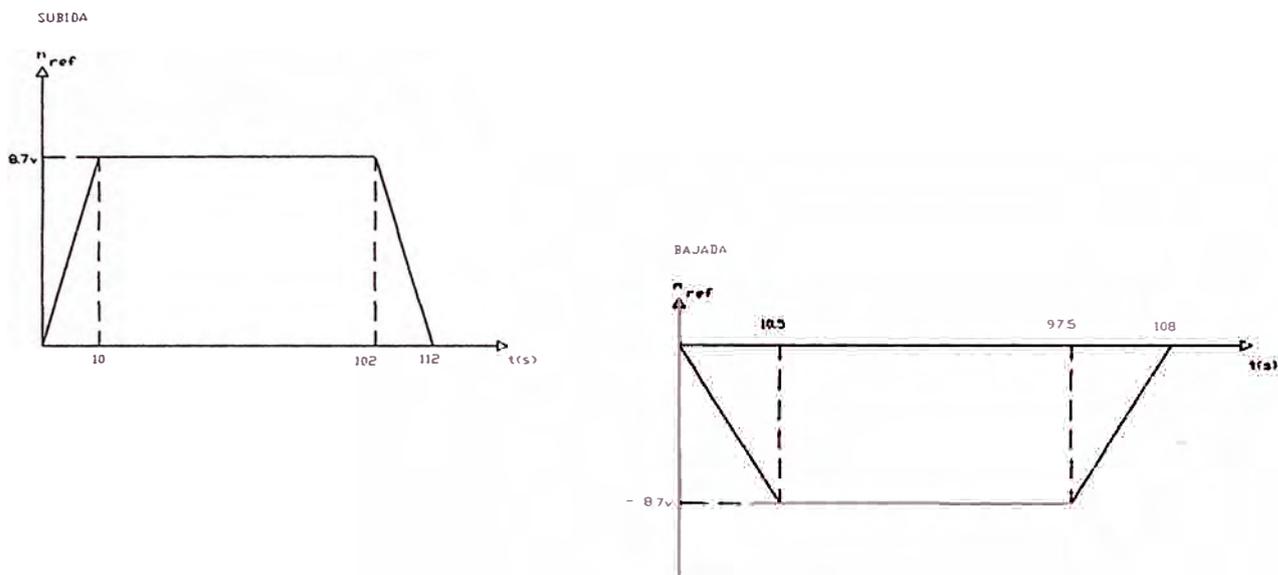


Figura .4.1

4.3.2 Prueba de la corriente de excitación

El control de la corriente de campo se hace en el esquema 226, para simular esta corriente necesitamos una carga (las bobinas de campo del motor DC), levantar los carbones del motor para evitar retorno de cualquier corriente inducida, simular que el equipo esta en condiciones normales y eliminar la protección que impidan que el control de campo actúe.

Para simular que el equipo este en condiciones normales se hace un puente entre los terminales B50.X24/120 y B50.X24/139 del esquema anexo A1-6.

En esta prueba se observa principalmente la forma de onda y los límites de la corriente de campo tanto en subida como en bajada. Los puntos de prueba son entre los terminales T16 y T27 del esquema anexo A1-4 y se muestra en la figura 4.2

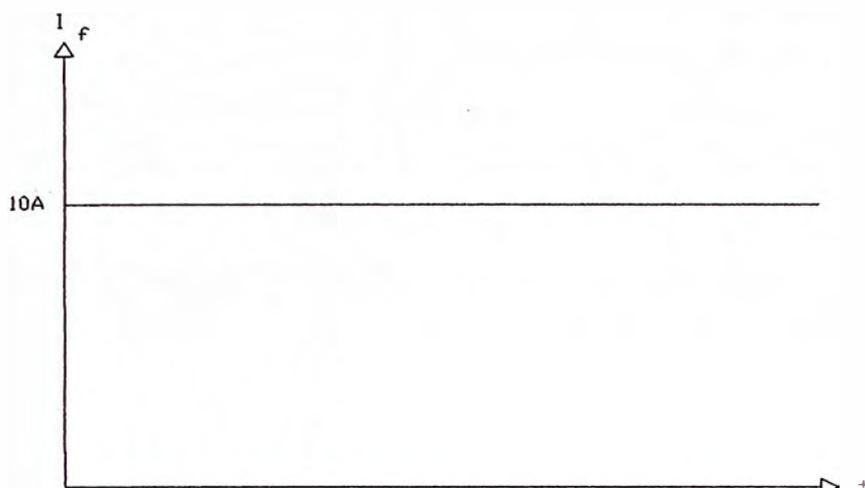


figura.4.2

4.3.3 Señal del tacogenerador para el control de velocidad

La señal del tacogenerador para el control de velocidad se puede medir entre los puntos B50.X.24/12 y B50.X24/13 del esquema anexo A1-9.

Obteniéndose los siguientes valores:

Subida: $0 \rightarrow -71.4 \text{ V}$

Bajada: $0 \rightarrow +72.8 \text{ V}$

Observándose en el osciloscopio un rizado de aproximadamente 10%, lo cual es demasiado como señal de referencia para el control de velocidad. Se puede observar en la figura 4.3

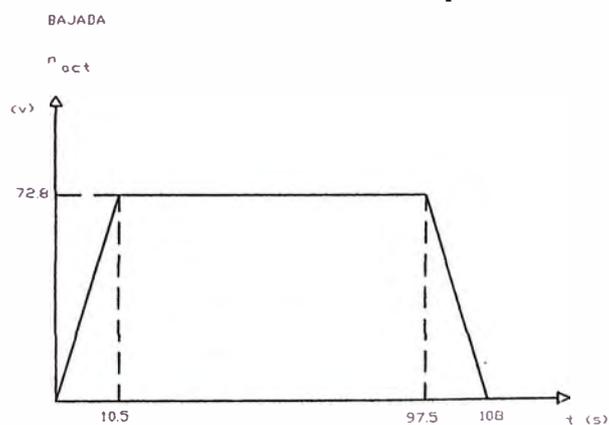
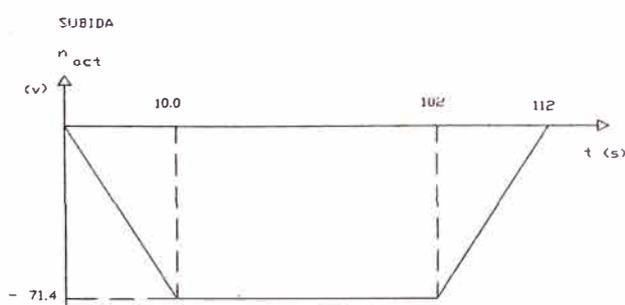




Figura.4.3

4.3.4 Prueba de la wincha de izaje

Se prueba la wincha con los Skips vacíos, tomando los siguientes puntos de prueba para su registro:

- Señal de referencia, unidad de rampa. Punto de prueba T18 de la tarjeta QALB 234, diagrama anexo A1-7.
- Señal del tacogenerador. Punto de prueba T05 de la tarjeta QALB 113, diagrama anexo A1-9.
- Señal de conducción de tiristores para bajada. Punto de prueba T19 de la tarjeta YXT 107, diagrama anexo A1-10.
- Señal de conducción de tiristores para subida. Punto de prueba T20 de la tarjeta YXT 107, diagrama anexo A1-10.
- Señal de corriente del motor. Punto de prueba T9 de la tarjeta QALB 114, diagrama anexo A1-9.

- Señal de corriente de campo. Punto de prueba T16 de la tarjeta YXT 107, diagrama anexo A1-10.
- Señales de control de fase, corriente de campo y armadura.

Observándose bastante oscilación de la corriente de campo y armadura como se muestra en los registros de la figura No 4.4

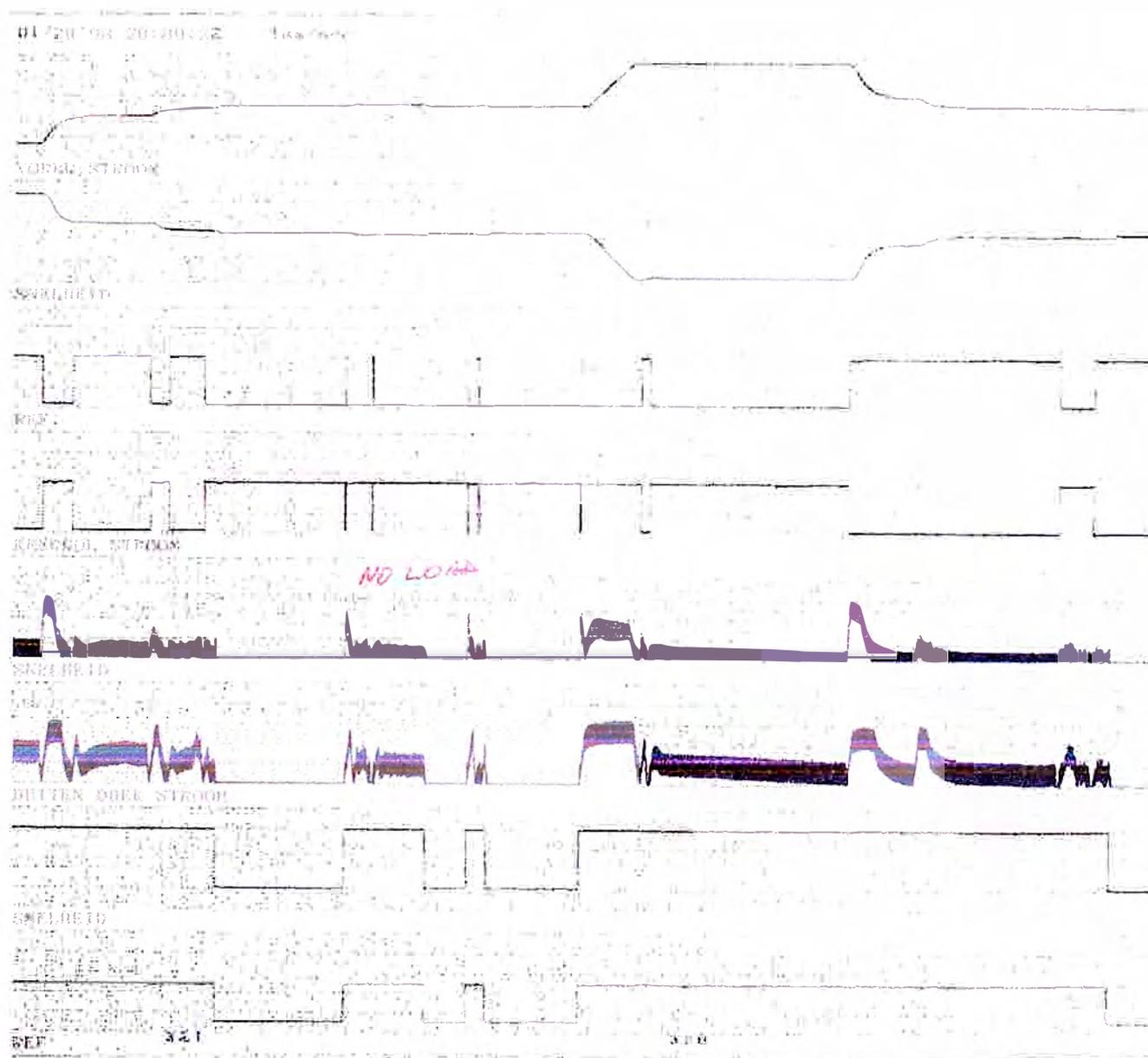


Figura 4.4

Luego se prueba la wincha con carga, observándose menos oscilación a medida que se aumenta la carga en los Skips, como se muestra en la figura No 4.5

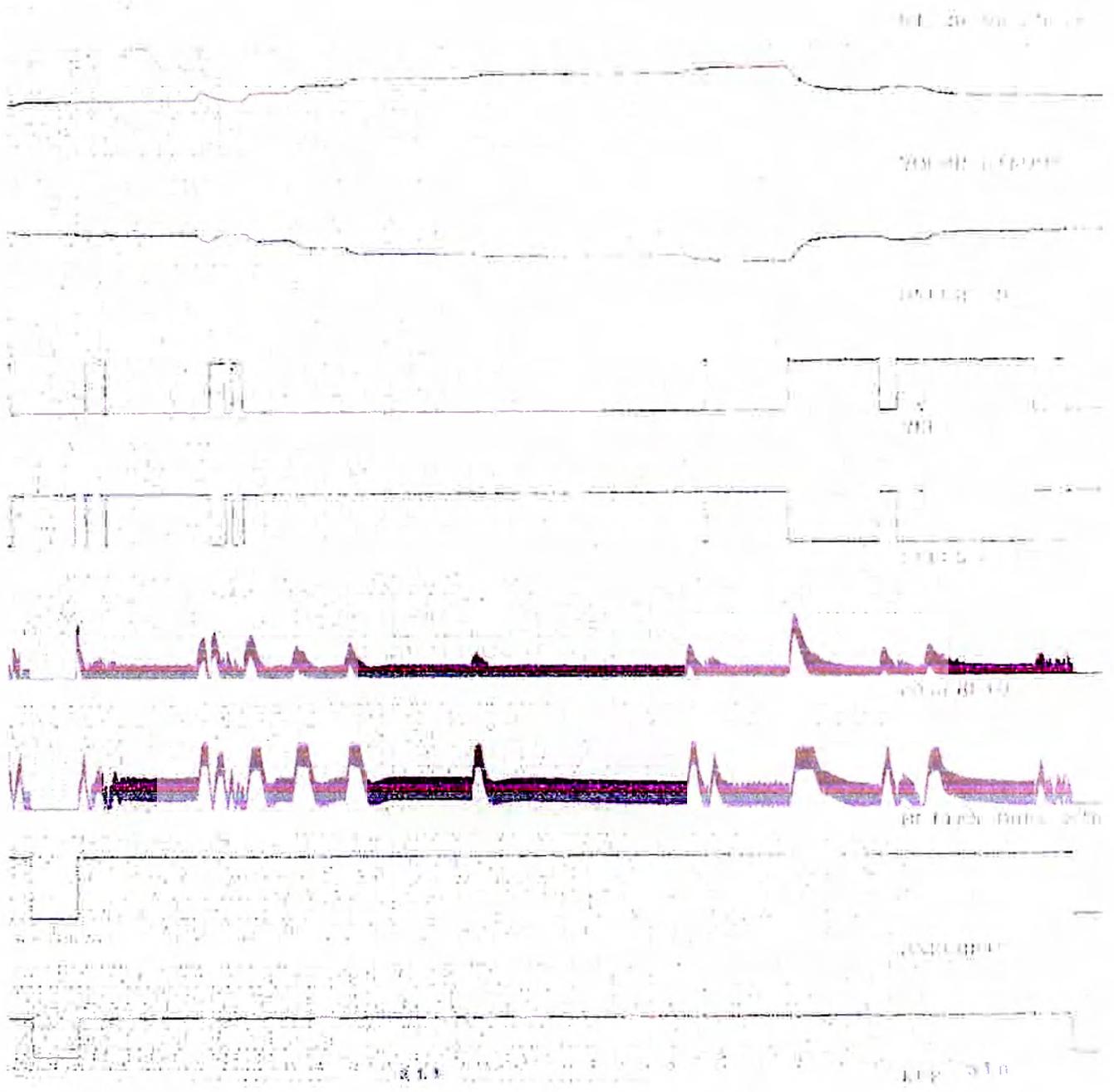


Figura.4.5

4.4 Solución de problemas

Los problemas que se encontraron fueron principalmente el excesivo rizado de la señal del tacogenerador y la oscilación de la corriente de armadura y de campo.

4.4.1 Señal del tacogenerador

La perturbación que se observó en la señal del tacogenerador se debió a dos causas:

1º) Al juego axial del eje del motor al cual estaba acoplado el tacogenerador.

Averiguando sobre el tipo de acoplamiento se observó que este había sido cambiado por uno similar de tipo resortes pero que no tenía la misma elasticidad, por lo que se decidió aumentar el número de resortes al acoplamiento, ósea en lugar de llevar 3 resortes se preparó uno de 4 resortes; logrando así evitar que se transmita el juego axial del eje del motor. Ver figura 4.6.

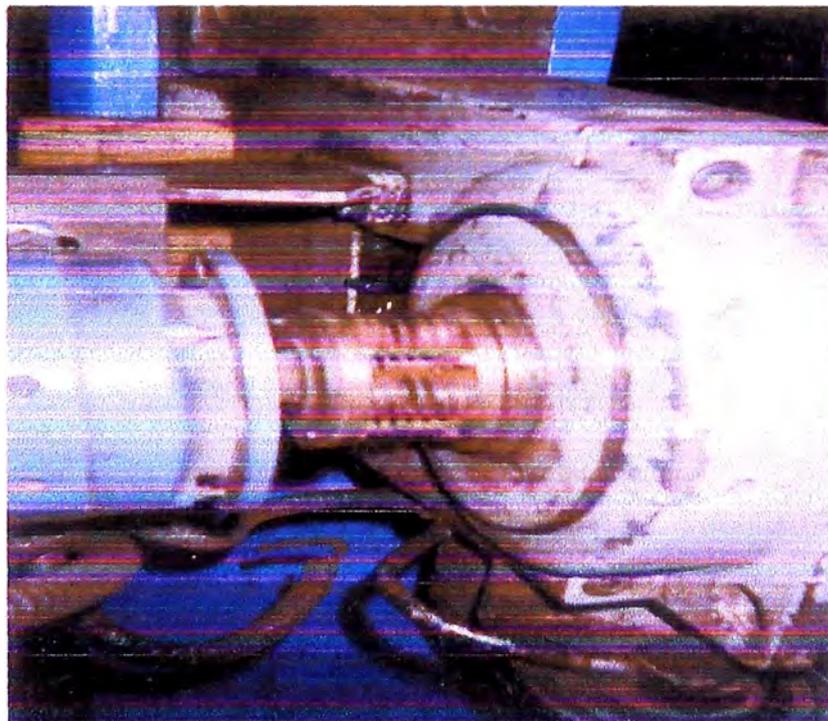


Figura 4.6 : Acoplamiento del tacogenerador

2º) El rizado observado de aproximadamente 10% de la señal continua se atenúo instalando un condensador de $10\mu\text{f}$ en la entrada de la tarjeta QALB113 ver figura 4.7.

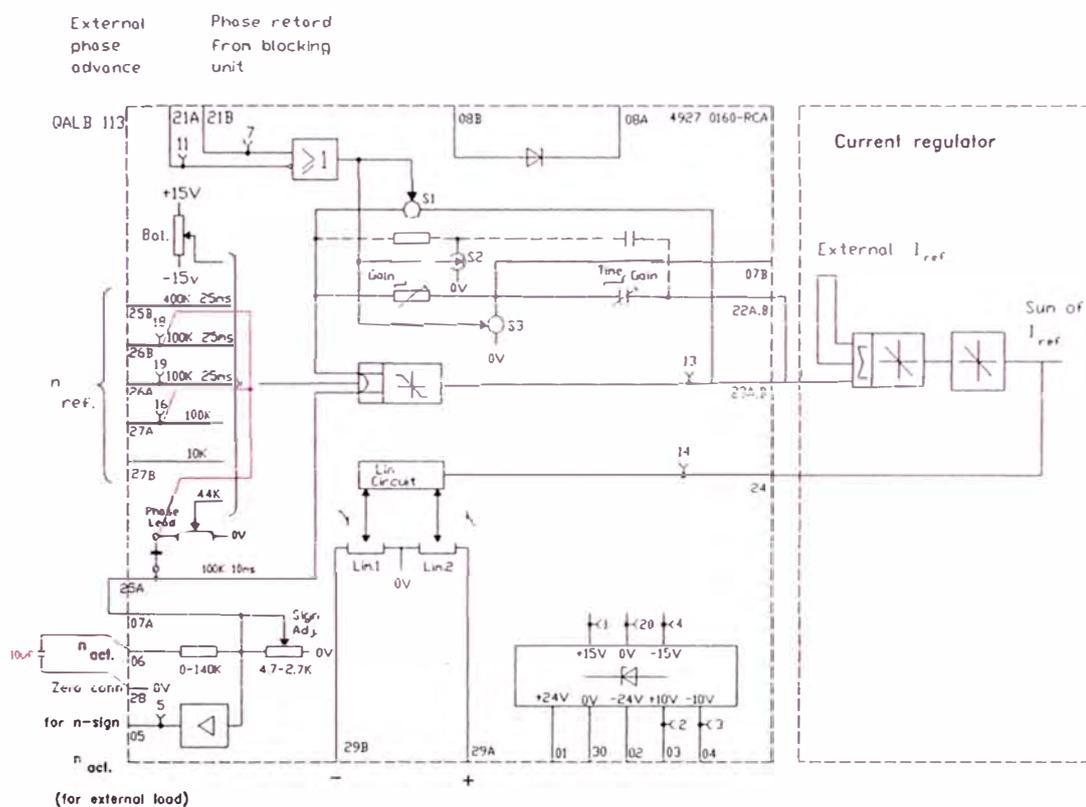


Figura 4.7: Tarjeta donde se instaló el condensador

4.4.2 Oscilación de la corriente de armadura y de campo

Cuando se probó la wincha sin carga se observó bastante oscilación en la corriente de armadura y de campo, al probar con carga la oscilación disminuye dependiendo de la carga, siendo menor la oscilación cuando la carga aumenta.

El principio de control con la calibración original (ver anexo A1-1) también presentaba cierta oscilación cuando el sistema estaba sin carga, por el hecho que

utilizaba como señal de control al flujo ϕ para la tarjeta QALB 113 y esta señal depende directamente de la corriente de campo I_f , cuya magnitud es mínima cuando esta sin carga el skip.

Es posible que la excesiva oscilación del control de las corrientes se deba a que la respuesta dinámica de las tarjetas ha cambiado debido a las reparaciones realizadas, como en el caso de las tarjetas QALB 113, YXT 107, YXN 111C.

Para solucionar este problema nosotros observamos que el punto mas critico de control es cuando el sistema esta sin carga, es decir con 0 Tn, por lo tanto ; para evitar la oscilación en el sistema de control debemos tener una alta ganancia durante el arranque, y lograr una buena señal a la salida de la tarjeta YXM 139. Entonces una solución es usar como señal de entrada para la función Π de la tarjeta YXM 139 la señal de referencia usada para el regulador de velocidad en lugar de la corriente de campo (ver anexo A1-2). Para lograr esto utilizamos una segunda tarjeta QALB 234, donde tenemos los amplificadores necesarios de acuerdo a la figura 4.8:

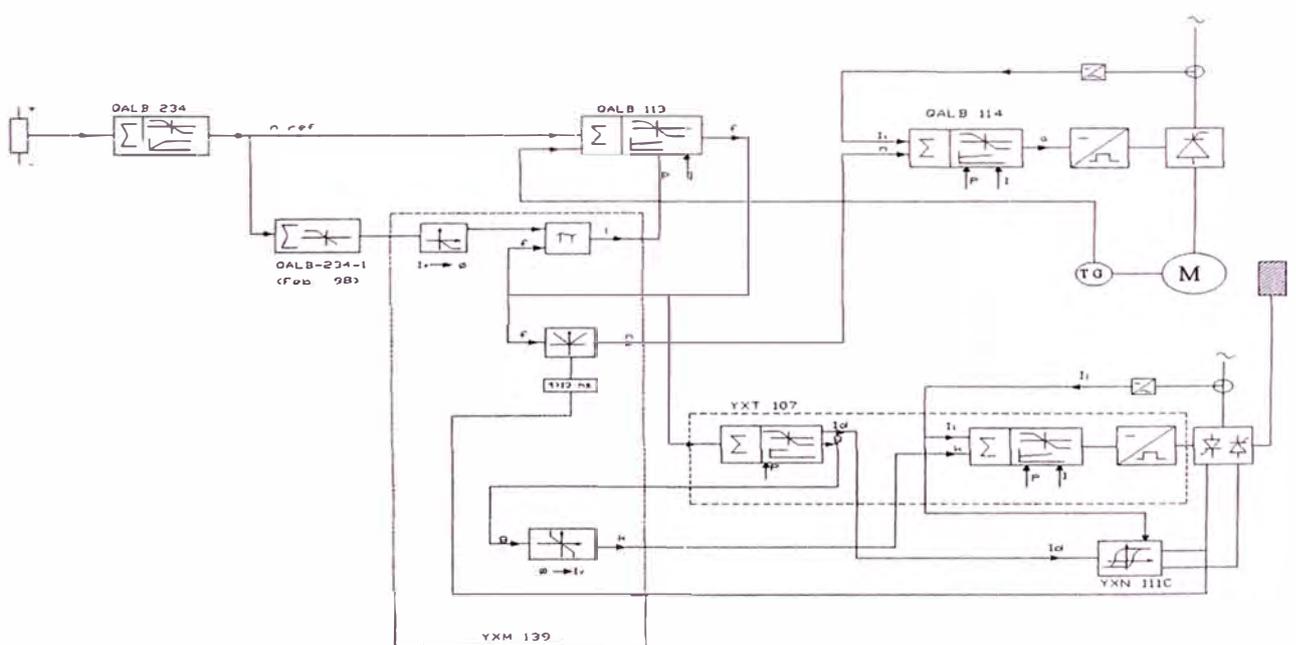


Figura 4.8

De tal manera que tan pronto la señal de referencia n_{ref} incremente su valor, la señal a la salida de la tarjeta YXM 139 lo hará en mayor proporción.

Para la regulación de SigAdj en posición 0.4 se obtiene los siguientes valores:

$$N_{ref} = 0 \quad \rightarrow \quad T_{08(YXM139)} = -0.6 \text{ V}$$

$$N_{ref} = +/- 1 \quad \rightarrow \quad T_{08(YXM139)} = -10 \text{ V}$$

Probando el equipo sin carga, ya no se presento problemas de oscilación y es posible incrementar la ganancia en el regulador de velocidad QALB 113. Con carga se calibra el regulador de velocidad incrementándose la ganancia y los siguientes parámetros:

$$\text{Gain} = 5$$

$$T/G = 0.5$$

$$\text{Phase Lead} = 1.8$$

$$\text{Sig. Adj.} = 10.1 \text{ m/s (} V_{TG_{max}} = 73 \text{ V)}$$

$$\text{lim 1 para } T_{13_{max}} = 8.33 \text{ V (2500A) Cuando } T_{6YXR139} = -9.3 \text{ V}$$

$$\text{lim 2 para } T_{13_{max}} = -8.33 \text{ V (2500A) Cuando } T_{7YXR139} = +9.3 \text{ V}$$

Volviendo a probar con carga, ya no se presenta oscilación de corriente de campo ni de armadura, pero se observa falla de perdida de torque durante la desaceleración con carga de 3 a 5 toneladas. Este problema se presenta porque durante la primera retardación el motor opera en modo regenerativo por mucho tiempo ocasionando una segunda inversión innecesaria durante la segunda retardación. Observar la figura N°4.9 para comparar la diferencia con el comportamiento con carga de 6 TN.

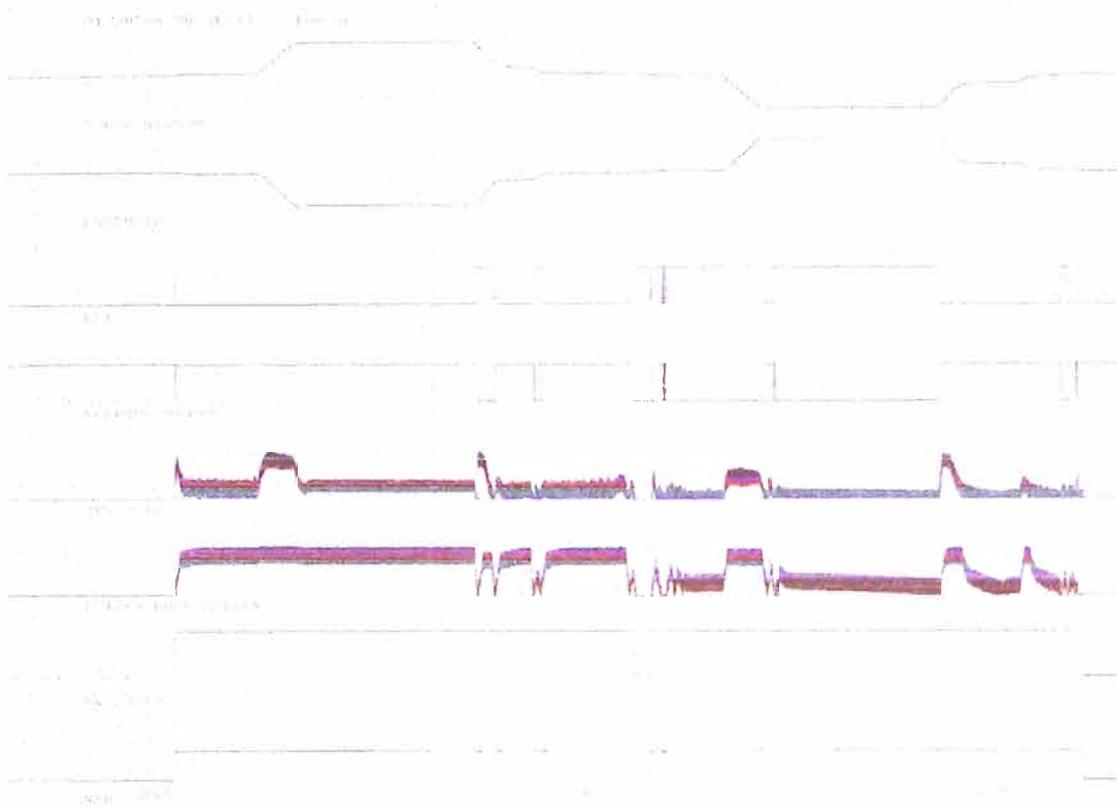


Figura N° 4.9: Carga 3,4,5 TN

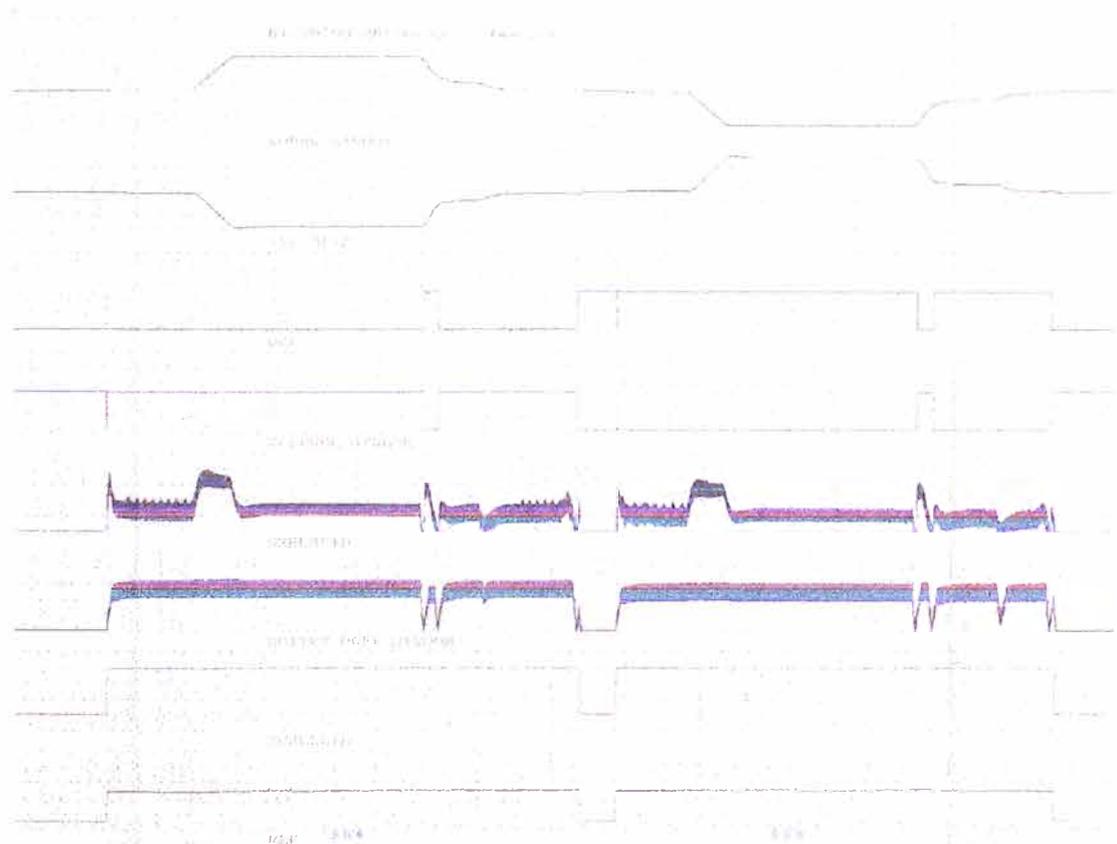


Figura N°4.10: Carga 6 TN

Para compensar esta diferencia de comportamiento, regulamos la tarjeta QALB 234; que corresponde a la unidad de referencia de velocidad: (ver diagrama anexo A1-7)

- Se retiro la resistencia de 82K que estaba instalado a la entrada 07B y se incremento la Sign Adj a 0.3, para obtener una rampa en S.
- Con el fin de evitar sobrevelocidad al momento de descarga, se reduce el tiempo de desaceleración en los potenciómetros:

Int speed 1 = 7

Int speed 2 = 10

Se prueba con carga de 2, 3, 4, 5, y 6 (ver figura 4.11) Toneladas observándose buen funcionamiento donde la reinversión ocurre tempranamente antes de la siguiente señal de referencia de velocidad. En la figura 4.12 se puede observar la nueva curva de la unidad de referencia.

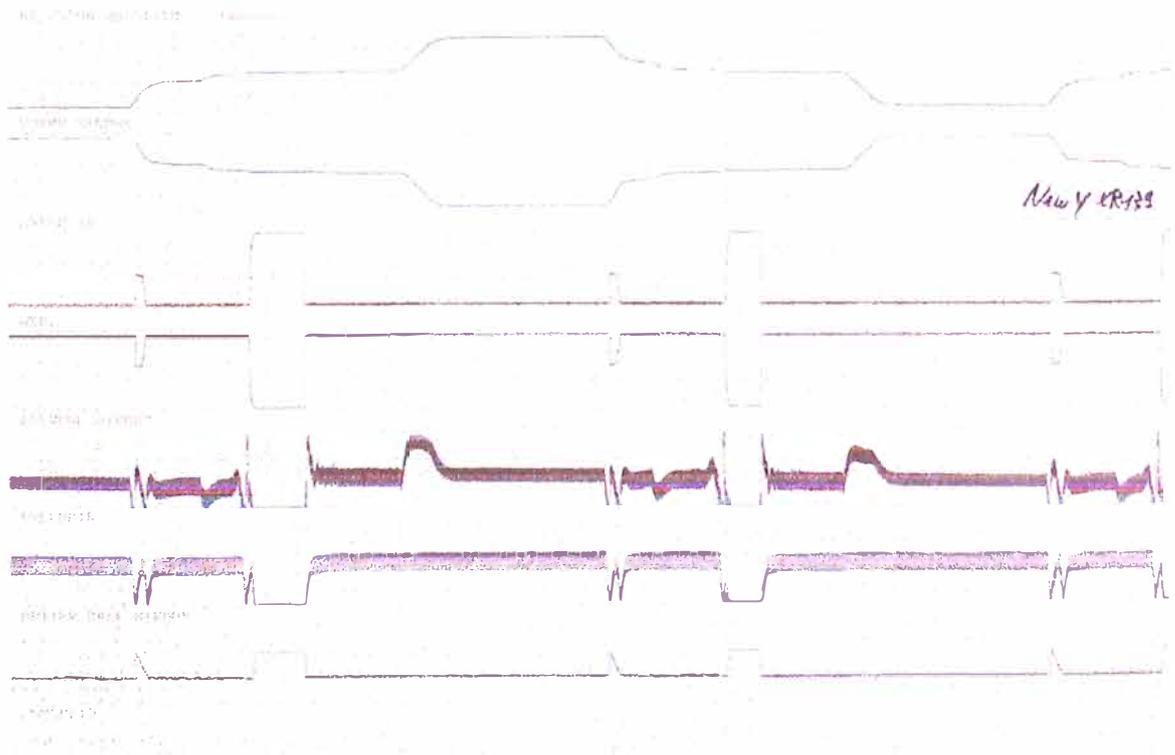


Figura 4.11: Prueba con carga



Figura N° 4.12: Nueva unidad de rampa

CAPITULO V EVALUACION ECONOMICA

5.1 Capacidad de izaje real

Después de la reparación, se cambio la balanza del sistema de carga de los Skips, con la finalidad de conocer y controlar con más precisión la carga de izaje. Calibramos la balanza para una carga de 6.8 TN métricas, observándose que los parámetros de corriente así como el periodo de izaje no exceden los valores nominales. Por lo tanto se comprueba que el sistema esta preparado para izar su capacidad de diseño.

5.2 Comparación de izaje – antes y después de la reparación

Con los datos del capítulo 2.4, comparamos la capacidad actual (Sistema Convertidor Estático) de izaje con la capacidad antigua del Sistema Ward Leonard.

Factores de Evaluación:

FACTORES	SIST. WARD LEONARD	SIST. CONVERTIDOR
Util = Factor de Utilización	76.7 %	76.7 %
Velocidad de Izaje	32 skip/hr	32 skip/hr
Humedad (% de agua)	2.98 %	2.98 %
Capacidad de Izaje	5.71 Tn	6.8 Tn

Determinación de Incremento de Capacidad de Izaje

	WARD LEONARD	CONVERTIDOR	INCREMENTO
DIAS/MES	Horas Programadas = 20 Horas Efectivos =15.34	Horas Programadas = 20 Horas Efectivas = 15.34	
	Tm/mes	Tm/mes	Tm/mes
25	70139	83450	13311
26	72944	86787	13843
27	75750	90125	14375
28	78555	93463	14908
29	81361	96801	15440
30	84166	100139	15973
	Tms/mes	Tms/mes	Tms/mes
25	68109	81035	12926
26	70833	84276	13443
27	73557	87517	13960
28	76282	90758	14476
29	79006	94000	14994
30	81731	97241	15510

5.3 Inversión requerida

DESCRIPCION	INVERSION U.S.\$
14 Días Normales	13440.00
01 Día Sábado	960.00
01 Día Domingo	1120.00
Pasajes Aéreo y Otros	8400.00
Set de Tarjetas Electrónicas nuevas	114950.00
TOTAL INVERSIÓN	138870.00

5.4 Evaluación económica

La evaluación económica mide la rentabilidad inherente al proyecto sin importar el financiamiento externo, es decir, mide su mérito productivo intrínseco. La base para esta evaluación gira en torno al valor del dinero en el tiempo.

Para la evaluación económica consideremos los siguientes parámetros:

1. Capacidad incremento de (ver cap. 5.2)	12 926 tms/m
2. Inversión Total	138870 U.S. \$
3. Valor Mineral	35 U.S. \$/tms
4. Costo de Minado	24.5 U.S. 4/tms

Luego de efectuado la evaluación, el proyecto arrojó un VAN de U.S. \$ 149,750 utilizando una tasa de descuento del 15% y un TIR 50% (ver anexo A3), para un aumento de producción de 1000 tms/m.

La evaluación económica muestra que la inversión en este proyecto es rentable sin considerar financiamiento externo.

CONCLUSIONES

1. La capacidad de izaje de la wincha estaba reducida en un 20% de su nominal, funcionando con el sistema Ward Leonard.
2. Se encontró varias tarjetas de control descalibradas, debido a que diferentes técnicos trataron de reparar sin tener la información adecuada.
3. Para poder observar y analizar las fallas que presentaba el sistema de control, se tuvo que recalibrar el punto de inicio o de diseño a todas las tarjetas del sistema.
4. Se encontró principalmente un problema en el sistema de control, que fue la demasiada oscilación de la corriente de campo y armadura, siendo crítico en régimen de vacío.
5. Las causas de oscilación de corrientes fueron por dos motivos:
 - Excesivo rizado en la señal del tacogenerador
 - Señal de corriente de campo demasiado bajo

La primera se corrigió mejorando el acoplamiento del tacogenerador e instalando un filtro a la salida del mismo.

La segunda se corrige reemplazando la señal de corriente de campo por la señal de referencia utilizada para el regulador de velocidad.
6. Con la finalidad de evitar sobrevelocidad durante la desaceleración y una segunda inversión innecesaria, se atenúa la desaceleración dando un comportamiento no lineal y obteniéndose una curva en S.

7. La evaluación económica muestra que la inversión realizada es fácilmente recuperada y factible de seguir invirtiendo en la confiabilidad del equipo.
8. Es recomendable reemplazar todos los relés de lógica secuencial y temporizado por un sistema de PLC por ser más económico y diagnosticable en caso de falla.

ANEXOS

A1. Esquemas eléctricos

A2. Hoja de calculo VAN-TIR

A3. Aspectos teóricos

A2. HOJA DE CALCULO VAN-TIR

UNIDAD DE NEGOCIOS CERRO DE PASCO

DEPARTAMENTO: TALLER ELECTRICO
 PROYECTO: WINCHA ASEA REPARACION
 RESPONSABLE: Ing. A. UNDA

INVERSION:	138,870 FOB
Gastos Importación	0 "29,1%"
Subtotal	138,870
Imprevistos (10%)	13,887
INVERSION NUEVA	152,757
Inversion anterior	7,827
TOTAL INVERSION	160,584

	S/.	US\$	T.C.
AHORRO MENSUAL:	36,750	10,500	3.5
AHORRO ANUAL:	441,000	126,000	

EVALUACION ECONOMICA EN US\$

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS (AHORRO)		126,000	126,000	126,000	126,000	126,000
DEPRECIACIÓN		-32,117	-32,117	-32,117	-32,117	-32,117
RENTA BRUTA		93,883	93,883	93,883	93,883	93,883
Particip. Trabaj. 8%		-7,511	-7,511	-7,511	-7,511	-7,511
RENTA IMPONIBLE		86,373	86,373	86,373	86,373	86,373
Impuesto Renta 30%		-25,912	-25,912	-25,912	-25,912	-25,912
RENTA NETA		60,461	60,461	60,461	60,461	60,461
+ DEPRECIACION		32,117	32,117	32,117	32,117	32,117
- INVERSION	-160,584					
FLUJO DE FONDOS	-160,584	92,578	92,578	92,578	92,578	92,578
VAN (15%)	149,750					
TIR	50%					
Periodo recuperación	2 años					

ANEXO A3: ASPECTOS TEORICOS

Sistemas de control de corriente y velocidad

A3.1 Generalidades

Un puente de tiristores y su respectiva unidad de disparo nos pueden proporcionar un voltaje variable. El control con tiristores nos da un control rápido con bajas pérdidas. Las corrientes picos son bien bajas durante el bloqueo al pasar al estado OFF y la caída de tensión como la corriente a través de los tiristores es pequeña. El control de voltaje directo con un convertidor de tiristores es recomendable para sistemas de control con varios pasos.

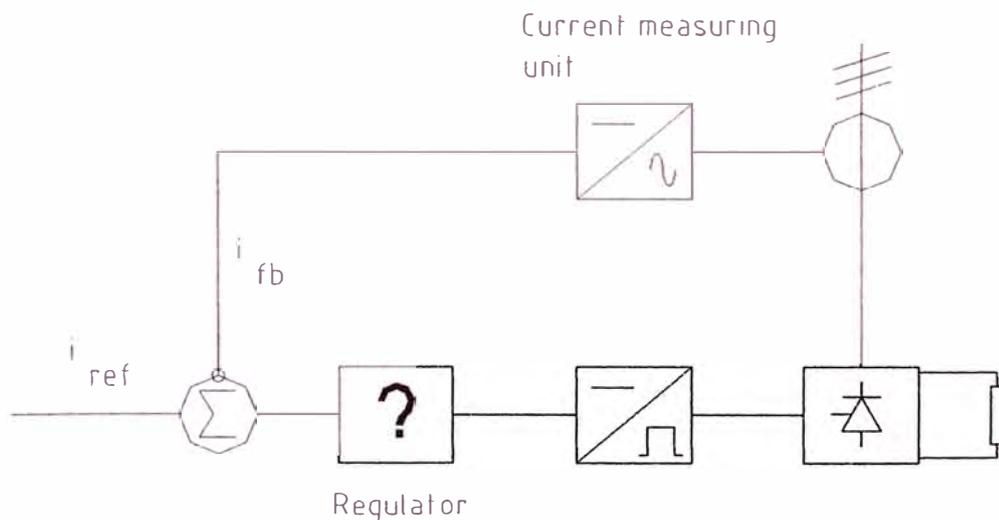


Figura A3.1

El sistema de control puede tener un esquema similar al mostrado en la figura A3.1. Asumiendo que la corriente de entrada I_{ref} es una corriente predeterminada del sistema de control la cual ingresa al regulador y este proporciona una señal de voltaje a la unidad de disparo de pulsos. La corriente es medida, retroalimentada (I_{fb}) y

sustraida con la corriente de referencia. Cuando las señales son iguales, entonces obtenemos un valor final y el sistema puede estabilizarse asimismo.

Este es nuestro punto de partida y ahora debemos preocuparnos que tipo de regulador debemos reemplazar por el símbolo de interrogación. Para nuestro caso debe tener los siguientes requerimientos:

- Alta velocidad
- Alta variación de pasos.

Esto significa que si el objetivo es obtener 100A a través de la carga, se puede lograr rápidamente y exactamente los 100A no 99A ni 100.5A.

A3.2 Regulador

Primero definiremos el termino función de transferencia (F):

$$F = \frac{e_0}{e_1}$$

Donde e_1 y e_0 puede ser corriente, voltaje, posición etc.

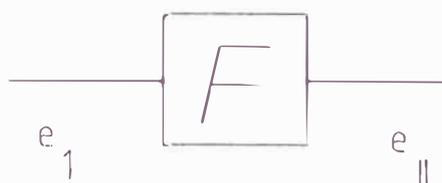


Figura A3.2

En nuestro caso requerimos de un regulador con una adecuada función de transferencia. Para conseguir un regulador donde la función de transferencia puede ser fácilmente variada es con el uso de un amplificador operacional.

A3.2.1 Amplificador operacional

A3.2.1.1 Retroalimentación

Un amplificador operacional es un amplificador d.c. con una alta ganancia (aprox. 1000-100000). La máxima salida de voltaje es siempre $\pm 10V$.

El voltaje de entrada requerido para obtener todo el voltaje de salida con una ganancia de $F=100000$ será:

$$e_1 = \frac{e_0}{F} = \frac{10}{100000} = 0,1 \text{ mV}$$

Otra propiedad del amplificador es que la impedancia de entrada es alta, del orden de los cientos de $k\Omega$. Si la impedancia de entrada es $100 \text{ k}\Omega$ la corriente i_s del amplificador será:

$$i_s = \frac{e_1}{R_{in}} = \frac{0,1 \text{ mV}}{100 \text{ Kohm}} = 1 \text{ nA}$$

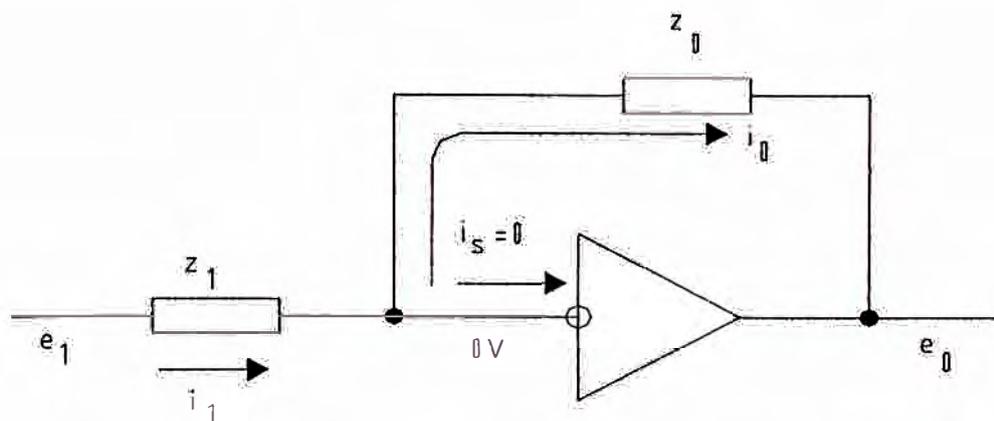


Figura A3.3

Si un amplificador operacional es conectado como se muestra en la figura A3.3 la función de transferencia puede ser calculada como sigue. El círculo en la señal de entrada del amplificador indica que la señal de entrada es invertida.

Como el voltaje de entrada para un amplificador puede ser considerado 0 para cálculos prácticos, entonces el voltaje e_1 es aplicado totalmente a la impedancia Z_1 .

Por lo tanto e_1 puede expresarse de la siguiente forma:

$$e_1 = i_1 \cdot Z_1$$

Por la misma razón:

$$e_0 = i_0 \cdot Z_0$$

La función de transferencia puede entonces ser expresada:

$$F = \frac{e_0}{e_1} = \frac{i_0 \cdot Z_0}{i_1 \cdot Z_1}$$

Como explicamos anteriormente la corriente i_s en un amplificador operacional es muy pequeña y para casos de cálculos prácticos puede ser considerada 0. Dando como resultado que i_0 e i_1 son iguales, por lo tanto la ecuación se simplifica a:

$$F = \frac{Z_0}{Z_1}$$

Donde Z_0 y Z_1 son valores de impedancia.

Esta es una ecuación estándar para el calculo de ganancia en un circuito con amplificador operacional. Donde variando las impedancias podemos obtener diversas funciones de transferencia.

A3.2.1.2 Limites

Es siempre necesario limitar los voltajes de salida de un amplificador operacional. La figura A3.4 muestra el diseño utilizado para los circuitos limitadores.

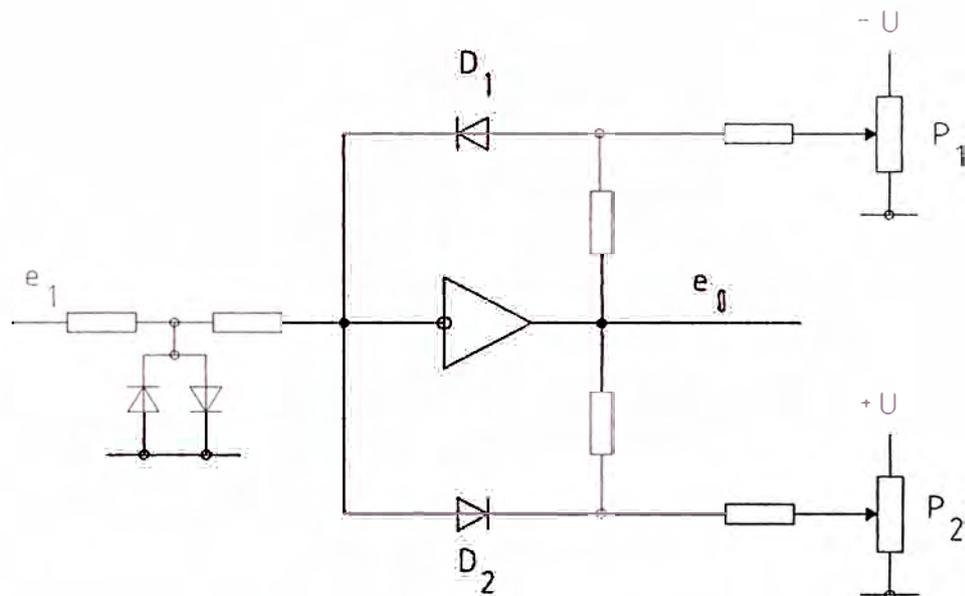


Figura A3.4

El voltaje de salida e_0 puede incrementarse positivamente tan grande como el voltaje anodico del diodo D_1 y menor que el voltaje directo del diodo. Si este nivel es excedido el diodo conduce y el voltaje de salida será conectado a la entrada del amplificador. La retroalimentación resulta en un damping porque la señal de entrada es invertida, la cual limita el voltaje de salida. Variando el voltaje negativo desde el potenciómetro P_1 , el nivel limite puede ser ajustado. Un voltaje negativo grande

desde P_1 significa que e_0 puede alcanzar un valor alto antes que D_1 comience a conducir y de ese modo retroalimenta por la entrada.

El resultado será similar si e_0 llega a ser suficientemente negativo hasta que D_2 comienza a conducir.

A.3.3 Protección del convertidor

La protección por mínima corriente de campo y pérdida de torque se menciona en la sección 3.5.4. Podemos mencionar otras protecciones básicas que tiene nuestro convertidor.

A.3.3.1 Protección por sobrecarga del convertidor

La regulación del relé de sobrecarga debe calcularse de la siguiente manera:

$$I_R = \frac{I_{dN}}{n} \cdot 0,816$$

Donde:

I_R = regulación (relé de corriente, A)

I_{dN} = corriente continua nominal de la carga A

n = relación de los transformadores de corriente (véase la tabla adjunta)

La tabla muestra la relación de los transformadores de corriente de los convertidores.

Corriente nominal continua del convertidor A	n
16,25	100/3
33,50	200/3
65,100	400/3

145,200	300
295,400	600
390,600	800
390,675,725	1000
590,950	1200
780,1200	1600

La protección está diseñada de forma que puede elegirse entre el rearme manual y el automático.

A3.3.2 Protección por falta de ventilador del convertidor

Todo convertidor tiene ventilación forzada para la disipación del calor generado durante la conducción de los tiristores, para lo cual se instala un sensor de flujo de aire que activa una alarma ó disparo a falta de flujo. Esta protección está correctamente regulada durante la entrega y se tiene que verificar su funcionamiento.

A3.3.3 Protección de sobrecarga del motor del ventilador

La protección debe estar regulada de acuerdo con la corriente nominal del motor, como se indica en la placa de datos.

A3.3.4 Protección de sobreintensidad para el convertidor.

Durante la entrega, la protección de sobreintensidad instantánea está regulada a 1,5; lo que da una activación de la corriente de carga I_d cuando es igual a 115% de la corriente máxima límite I_{dm} .

Si se desea otra regulación, calcule de la siguiente manera:

$$X = \frac{I_d}{I_{dm}} \cdot 1,3$$

Donde:

X = regulación del relé en divisiones

I_d = corriente de carga en la que el relé debe activarse

I_{dm} = corriente límite máxima del convertidor

A3.3.5 Relé de corriente de excitación mínima

Existen convertidores que tienen accesible el botón de regulación de la corriente de excitación y otros no lo tienen. En ambos casos el relé debe estar aproximadamente al 75% de la corriente nominal de excitación.

A3.3.6 Protección de sobretensión

La protección consiste de un relé electromecánico que está conectado a la tensión de entrada. La calibración apropiada es aproximadamente 110% de la tensión máxima de entrada

A3.3.7 Protección de mínima tensión

La protección debe estar regulada a un valor que esté justo por debajo de la tensión de alimentación mínima que se pueda presentar.

Sin embargo, este valor no debe ser inferior al 65% de la tensión de alimentación nominal.

A3.3.8 Protección de sobrevelocidad

Esta protección reacciona ante una señal taquimétrica o ante una señal del módulo de medición de tensión.

Con una regulación del 100%, la protección reacciona ante una señal de aproximadamente 12 V.

Una regulación adecuada es aproximadamente 110% del valor máximo de la señal taquimétrica.

OBSERVACIÓN: La escala del relé no está prevista para una regulación precisa.

El nivel de activación debe verificarse.

Regule la histéresis del relé al mínimo.

A3.3.9 Protección por falla a tierra

La protección contra el contacto a tierra debe ajustarse a la mayor sensibilidad posible, sin riesgo de indicación innecesaria.

La sensibilidad siempre debe estar ajustada en el relé que está ubicado en el módulo de medición de corriente del convertidor.

BIBLIOGRAFIA

1. Instruction Comissioning Mine Hoist
ASEA -AS100-126E
2. Principle Description of the Electrical Equipment for Skip Hoist
ASEA – FAS 5762.1032
3. Tirak – Convertors YMN A,B,C and YON A,B,C
ASEA – YT 299.104E
4. Elementary Static Converter Theory
ASEA – YT-0000-303 E
5. System for DC Motor Drivers
ASEA – YL-299-102 E
6. Reference Systems
ASEA – YL-266002-DT
7. Control System for Mine Hoist
ASEA – Christer Larsson
8. Electronic Design, Circuits and Systems
C.J. Savart, Jr. Martin Roden y Gardan Carpenter