



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA DE CONTROL DE
VELOCIDAD EN MÁQUINA LAVADORA INDUSTRIAL DE USO
TEXTIL.**

César Rodrigo Juárez Ochoa

Asesorado por el Ing. Leonel Haroldo Búcaro Pérez

Guatemala, octubre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD EN MÁQUINA LAVADORA INDUSTRIAL DE USO TEXTIL.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CÉSAR RODRIGO JUÁREZ OCHOA

ASESORADO POR EL ING. LEONEL HAROLDO BÚCARO PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lòpez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. José Luis Herrera Gálvez
EXAMINADOR	Ing. Juan Fernando Morales Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. Julio Roberto Urdiales Contreras
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD EN MÁQUINA LAVADORA INDUSTRIAL DE USO TEXTIL,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 13 de febrero de 2009.

César Rodrigo Juárez Ochoa.

Guatemala 24 de Julio del 2009

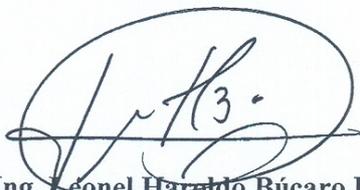
Ing. Otto Fernando Andrino González.
Coordinador de Área Electrotecnia
Escuela Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador:

Por este medio le informo que he asesorado el trabajo de graduación titulado:
“Innovación tecnológica en el sistema de control de velocidad en máquina lavadora industrial de uso textil” desarrollado por el estudiante **César Rodrigo Juárez Ochoa**, previo a optar al título de Ingeniero Electricista.

Con base en la revisión y corrección de dicho trabajo, considero que ha alcanzado los objetivos propuestos, por lo que el estudiante y asesor, nos hacemos responsables del contenido de este trabajo.

Atentamente,



Ing. Leonel Haroldo Búcaro Pérez

Colegiado # 6034

Asesor

Leonel Haroldo Búcaro P.
INGENIERO ELECTRONICO
COLEGIADO No. 6,034

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 35.2009

Guatemala, 16 de septiembre 2009.

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
"Innovación tecnológica en el sistema de control de velocidad en
máquina lavadora industrial de uso textil", del estudiante César
Rodrigo Juárez Ochoa, que cumple con los requisitos establecidos
para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Otto Fernando Andriano González
Coordinador Área de Electrotécnica



OFAG/sro

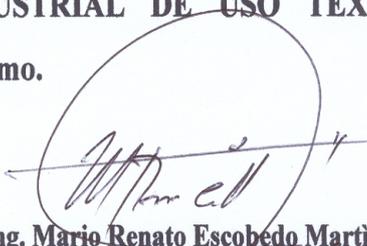
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 59. 2009.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; César Rodrigo Juárez Ochoa titulado: "INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD EN MÁQUINA LAVADORA INDUSTRIAL DE USO TEXTIL" procede a la autorización del mismo.


Ing. Mario Renato Escobedo Martínez



GUATEMALA, 21 DE SEPTIEMBRE 2009.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

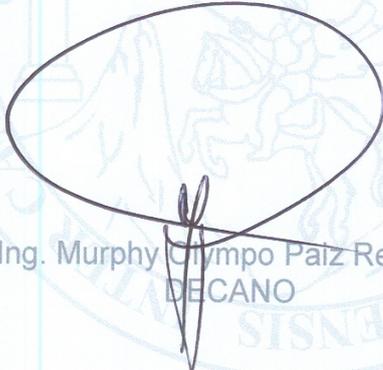


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 453.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD EN MÁQUINA LAVADORA INDUSTRIAL DE USO TEXTIL**, presentado por el estudiante universitario **César Rodrigo Juárez Ochoa**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, octubre de 2009

/gdech



DEDICATORIA A

DIOS: Creador Supremo, gracias por regalarme la vida y darme salud y sabiduría para culminar mi carrera.

MIS PADRES: César Juárez y Consuelo Ochoa de Juárez, por su amor y sacrificio. Que mi triunfo sea para ellos una muestra de sus enseñanzas y esfuerzos gracias, los amo.

MI ESPOSA: Berlina Celada González de Juárez, por ser una ayuda idónea, gracias por tu amor y comprensión, te amo.

MIS HIJOS: Danielita y Rodriguito, regalos que Dios me envió para hablarme de su amor.

MIS HERMANAS: Ligia Evelyn, Eunice Abigail y María Alejandra, con amor y agradecimiento por su apoyo incondicional.

MIS AMIGOS: Francisco, Salomón, Adolfo, Raúl, René, Edwin, Pablo, Juan José, Alí y Leonel, gracias por su amistad y ayuda. Así como amigos y familiares que no mencione, gracias.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1. DESCRIPCIÓN DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

1.1. Fundamentos de las máquinas de corriente continua	1
1.2. Partes básicas de las máquinas de corriente continua	2
1.2.1. Inductor	2
1.2.2. Inducido	2
1.2.3. Escobillas	3
1.2.4. Entrehierro	3
1.2.5. Cojinetes	3
1.3. Motores de corriente continua	5
1.3.1. Clases de motores de corriente continua	5
1.3.1.1. Motores de corriente continua de imán permanente	6
1.3.1.1.1. Servomotores de corriente directa	7
1.3.1.1.2. Motores de corriente continua sin escobillas	7
1.3.1.2. Motores de corriente continua con campo devanado	8
1.3.1.2.1. Motores con excitación externa	9

1.3.1.2.2. Motor devanado en serie	10
1.3.1.2.3. Motor compound	11
1.4. Característica terminal de un motor c.c. con excitación externa	12
1.5. Control de velocidad de los motores de c.c. con excitación externa	14
1.5.1. Variación de la resistencia de campo.	15
1.5.2. Cambio de voltaje en el inducido	16
1.5.3. Inserción de una resistencia en serie con el circuito inducido	18
1.6. Cálculos prácticos de eficiencia en los motores de corriente continua	19
2. ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DEL ACTUAL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD	
2.1. Diagrama eléctrico general del sistema actual	23
2.2. Descripción del actual sistema de control	28
2.3. Limitaciones y problemas del sistema actual	33
3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD A INNOVAR	
3.1. Descripción del funcionamiento del convertidor de voltaje alterno a voltaje directo	37
3.1.1. Circuitos rectificadores	37
3.1.1.1. Rectificador trifásico de onda completa	37
3.1.1.2. Salida del rectificador de filtro	38
3.1.2. Componentes de la electrónica de potencia	39
3.1.2.1. El diodo	40
3.1.2.2. El tiristor de tres terminales	41
3.1.3. Rectificador	42
3.2. Cálculo y dimensionamiento del control de velocidad a implantar	43

3.2.1. Selección del convertidor	44
3.2.2. Fusibles de la parte de potencia	45
3.3. Especificaciones del control de velocidad	48
3.3.1. Borneras de excitación que se utilizaran en el convertidor	48
4. DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL	
4.1. Diagrama eléctrico general con sistema innovado	51
4.2. Análisis del funcionamiento	59
5. ANÁLISIS ECONÓMICO	63
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	73
BIBLIOGRAFÍA	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Partes de máquina corriente continua	4
2	Diagrama del circuito equivalente máquina corriente continua	12
3	Diagrama motor c.c. con excitación externa	13
4	Pendiente torsión-velocidad de motor c.c. con excitación externa	14
5	Gráfica efecto del control de velocidad por resistencia de campo	16
6	Diagrama control de voltaje en armadura de motor c.c.	17
7	Gráfica torsión-velocidad en motor c.c. por cambio de voltajes del inducido	18
8	Efecto del control de velocidad por resistencia de inducido	19
9	Diagrama eléctrico general con sistema actual	23
10	Vista general del autotransformador	30
11	Vista del sistema motriz del motor 1m21	30
12	Parte superior del autotransformador	31
13	Vista donde se observa como se deslizan los carbones	31
14	Parte frontal del autotransformador	32
15	Entrada de la tela en máquina lavadora textil	34
16	Vista lateral de máquina lavadora textil	34
17	Dos de ocho baños que forman la lavadora	35
18	Salida de la tela en la lavadora textil	35
19	Circuito rectificador trifásico de onda completa	38
20	Circuito trifásico de onda completa con filtro inductivo	39
21	Símbolo de un diodo	40
22	Característica voltaje-corriente de un diodo	40
23	Símbolo de un SCR	41
24	Característica voltaje-corriente de un SCR	41

25	Circuito rectificador trifásico que utiliza SCR	42
26	Ubicación de los fusibles externos	46
27	Diagrama de bloques convertidor TYPACT	50
28	Diagrama eléctrico general con sistema innovado	51
29	Servo potenciómetro A1M1 con su fuente de voltaje	60
30	Vista de las levas del servo potenciómetro	61
31	Cotización del convertidor TYPACT	67

TABLAS

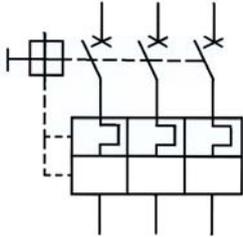
I	Capacidad de corriente de los tipos de convertidores	44
II	Valor de los fusibles externos aconsejables	47

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Corriente continua.
	Corriente alterna.
3  60Hz	Corriente alterna trifásica con neutro 60Hertz.
	Derivación con conexión eléctrica.
	Cruce sin conexión eléctrica.
	Protección a tierra.
	Luz de señalización.
	Fusible de 4 amperios



Paro de emergencia.



Interruptor automático de máxima intensidad.



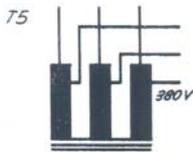
Diodo.



Diodo controlado de silicio (SCR).



Transformador de 440V a 220V.



Autotransformador trifásico.



Control operado por motor.



Rectificador trifásico a dos fases.



Resistencia.



Resistencia con regulación de cursor.



Interruptor bipolar pulsante.



Contacto normalmente cerrado.



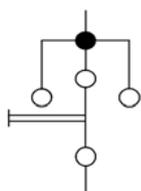
Contacto normalmente abierto.



Interruptor de límite normalmente cerrado.



Contacto de protección térmica.



Contacto cerrado en interruptor multipolar.



Contacto abierto en interruptor multipolar.



Protección térmica.



Contactor electromecánico.



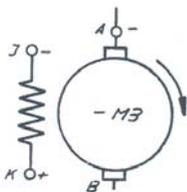
Contactor electromecánico con retardo de accionamiento.



Medidor de voltaje.



Medidor de corriente.



Motor de corriente continua.



Generador DC tacométrico.

GLOSARIO

Autotransformador:	Transformador de potencia, que su construcción es un devanado continuo con diversas tomas en el secundario.
Bobinas:	Sinónimo de devanado.
Campo magnético:	Es una región en el espacio en la cual una carga eléctrica puntual se desplaza a una velocidad y sufre los efectos de la inducción magnética o densidad de flujo magnético.
Contactos auxiliares:	Contactos adicionales además de los contactos del circuito principal, que funcionan con el movimiento de estos últimos.
Contactador eléctrico:	Relé de servicio utilizado para control de circuitos eléctricos de potencia.
Corto circuito:	Valor de corriente muy grande que puede provocar daños físicos en el equipo eléctrico. Esta condición se presenta cuando existe alguna falla en el sistema.
Corriente alterna:	Es la que cambia de polaridad y amplitud en el tiempo.
Corriente continua:	Es la que permanece con polaridad y amplitud constante.

Corriente eléctrica:	Flujo de electrones que circula a través de un conductor eléctrico.
Devanados:	Se le denomina devanado a los agrupamientos en espiras de un conductor eléctrico.
Diagrama de circuito:	Dibujo que utiliza los símbolos normalizados, de la disposición de interconexiones de los conductores y componentes de un dispositivo eléctrico o electrónico de una instalación.
Espiras:	Vueltas de conductor eléctrico que se utiliza en un motor para producir un campo magnético giratorio.
Fuerza contraelectromotriz:	(FCEM) Es una fuerza que se produce en todos los devanados, es debido a que toda carga eléctrica tiende a oponerse a la causa que le dio origen (FEM). Su medida es en voltios.
Fuerza electromotriz:	(FEM) A la energía proveniente de cualquier fuente o dispositivo que suministre corriente eléctrica. Tiene que existir una diferencia de potencial entre dos polos (positivo y negativo) de dicha fuente. Su unidad de medida es en voltios.
Flujo magnético:	(\emptyset) Es la cantidad total de líneas creadas por un campo magnético. La unidad que se utiliza para medir es el weber.

Inducción magnética:	(B) Es el flujo magnético por unidad de área de una sección normal a la dirección de flujo. Su unidad de medida es el Tesla.
Interruptor:	Dispositivo eléctrico utilizado para interrumpir el flujo de corriente a través de un aparato o instrumento particular, ya sea automática o manualmente.
Magnetismo:	Fenómeno por el que los materiales ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales.
Motor:	Máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, utilizando las fuerzas ejercidas por campos magnéticos creados por la circulación de corriente a través de conductores.
Relevador:	Dispositivo eléctrico que sirve para proteger equipos contra fallas.
Resistencia:	Oposición que un dispositivo o material presenta al flujo de corriente. Su unidad de medida es el Ohm.
Resistencia variable:	Es la resistencia construida de modo que su valor de resistencia se puede variar sin interrumpir el circuito al cual esta conectado. Se le denomina también como reóstato.

Sobrecorriente:

Valor de corriente que es superior al valor nominal en equipos de protección. Es el parámetro que hace operar dispositivos de protección.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se centra en la innovación del sistema que gobierna la velocidad motriz en una máquina lavadora que se utiliza en la industria textil.

Desde el punto de vista constructivo, el sistema de control de velocidad que se tiene es un autotransformador. Se le denomina así, ya que tiene la cualidad de variar su voltaje de salida, teniendo en cuenta que el voltaje de alimentación es constante. Esta variación de voltaje de salida se logra por medio de un sistema electromecánico que se mueve linealmente sobre los devanados del auto transformador. Cabe mencionar que este voltaje variable es el que rectificado alimentará el voltaje de armadura de los motores.

Por la importancia que tiene la máquina lavadora dentro del proceso de la manufacturación textil, es necesario que esté en óptimas condiciones. Tomando en cuenta que el sistema actual de velocidad está provocando fallas en la línea de producción, es necesaria la modificación del sistema.

Esto se logra por medio de innovar el sistema, por un convertidor AC/DC. Conociendo los valores generales de: potencia nominal, corriente nominal y voltaje de servicio, se determina el tipo de convertidor ideal para el buen funcionamiento de la máquina, así como el montaje y valor de los fusibles externos aconsejables para protección del convertidor.

Con los diagramas eléctricos de la máquina y el diagrama del convertidor, se determinan los bornes en los cuales se tiene que interconectar el sistema de potencia y de control, tomando en cuenta que el operador de la máquina mantendrá las mismas características o puntos de operación. Al estar instalado el

nuevo sistema que controla la velocidad se realizan pruebas del funcionamiento eléctrico motriz sin carga y después se aplicará la carga.

OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar un proyecto que permita la adecuada innovación tecnológica en un sistema de control de velocidad para optimizar el rendimiento en la maquina lavadora industrial. Logrando que el proceso de lavado en la tela sea confiable y de calidad.

ESPECÍFICOS:

1. Obtener mejor rendimiento en la producción de la máquina lavadora.
2. Minimizar el tiempo de mantenimiento en la máquina lavadora.
3. Implantar sistema de control con tecnología avanzada en la máquina lavadora.
4. Mejorar la línea de producción en el área de tintorería.
5. Actualizar el sistema de control y mando regulador de velocidad.

6. Realizar la innovación del sistema de control en otras máquinas dentro de la industria textil, teniendo un precedente ya estudiado y realizado.

INTRODUCCIÓN

En el mundo de la industria, uno de los puntos básicos para la producción, consiste en tener en buen estado de operación las distintas máquinas que se encuentran en las fábricas.

La lavadora industrial de uso textil, desde el punto de vista de producción, se puede decir que es la más importante en el proceso textil, ya que si se programa "x" cantidad de metros de tela para lavar, es necesario que lo haga a una velocidad constante y no provocar paros durante este periodo. La tela se lava para extraer agentes químicos en el proceso anterior y se requiere que trabaje a la misma velocidad para que la cantidad "x" de tela que se está lavando termine este proceso bajo las mismas condiciones de lavado. Para que procesos sucesivos como el teñido se tengan las mismas condiciones de calidad y tonalidad de la tela.

Con este trabajo se pretende corregir la falla técnica que presenta la máquina con mayor frecuencia y descartarla por una modificación en el sistema, y lo más importante, garantizar la eficiencia en la producción de la máquina lavadora.

1. DESCRIPCIÓN DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.

La corriente continua presenta grandes ventajas, entre la cuales está su capacidad para ser almacenada de una forma relativamente sencilla. Esto, junto a una serie de características peculiares de los motores de corriente continua, y de aplicaciones de procesos electrolíticos y tracción eléctrica, entre otros, hacen que existan diversas instalaciones que trabajan basándose en la corriente continua.

Los generadores de corriente continua son las mismas máquinas que transforman la energía mecánica en eléctrica. No existe diferencia real entre un generador y un motor, a excepción del sentido de flujo de potencia. Los generadores se clasifican de acuerdo con la forma en que se provee el flujo de campo, y estos son de excitación independiente, derivación, serie, excitación compuesta acumulativa y compuesta diferencial, y además difieren de sus características terminales (voltaje, corriente) y por lo tanto en el tipo de utilización.

1.1 Fundamentos de las máquinas de corriente continua

Las máquinas de corriente continua son generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica de corriente continua, y motores que convierten energía eléctrica de corriente continua en energía mecánica. La mayoría de las máquinas de corriente continua son semejantes a las máquinas de corriente alterna, ya que en su interior tienen corriente y voltajes de corriente alterna. Las máquinas de corriente continua tienen corriente continua solo en el circuito exterior debido a la existencia de un mecanismo que convierte los voltajes internos de corriente alterna en voltajes de corriente continua en los terminales. Este mecanismo se llama colector, y por ello las máquinas de corriente continua se conocen también como máquinas con colector.

1.2 Partes básicas de las máquinas de corriente continua reales

La máquina de corriente continua consta básicamente de las partes siguientes:

1.2.1 Inductor: Es la parte de la máquina destinada a producir un campo magnético, necesario para que se produzcan corrientes inducidas, que se desarrollan en el inducido.

El inductor consta de las partes siguientes:

Pieza polar: Es la parte de circuito magnético situada entre la culata y el entrehierro, incluyendo el núcleo y la expansión polar.

Núcleo: Es la parte del circuito magnético rodeada por el devanado inductor.

Devanado inductor: Es el conjunto de espiras destinado a producir el flujo magnético, al ser recorrido por la corriente eléctrica.

Expansión polar: Es la parte de la pieza polar próxima al inducido y que bordea el entrehierro.

Polo auxiliar o de comunicación: Es un polo magnético suplementario, positivo o no, de devanado y destinado a mejorar la conmutación. Suelen emplearse en las máquinas de mediana y gran potencia.

Culata: Es una pieza de sustancia ferromagnética, no rodeada por devanados, y destinada a unir los polos de la máquina.

1.2.2 Inducido: Es la parte giratoria de la máquina, también llamado rotor.

El inducido consta de las siguientes partes:

Devanado inducido: Es el devanado conectado al circuito exterior de la máquina y en el que tiene lugar la conversión principal de la energía.

Colector: Es el conjunto de láminas conductoras (delgas), aisladas unas de otras, pero conectadas a las secciones de corriente continua del devanado y sobre las cuales frotan las escobillas.

Núcleo del inducido: Es una pieza cilíndrica montada sobre el cuerpo (o estrella) fijado al eje, formada por núcleo de chapas magnéticas. Las chapas disponen de unas ranuras para alojar el devanado inducido.

1.2.3 Escobillas: Son piezas conductoras destinadas a asegurar, por contacto deslizante, la conexión eléctrica de un órgano móvil con un órgano fijo.

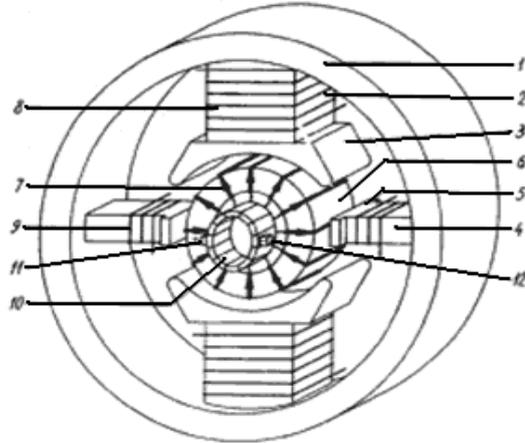
1.2.4 Entrehierro: Es el espacio comprendido entre las expansiones polares y el inducido; suele ser normalmente de 1 a 3mm, lo imprescindible para evitar el rozamiento entre la parte fija y la móvil.

1.2.5 Cojinetes: Son las piezas que sirven de apoyo y fijación del eje del inducido.

Esquema de una máquina de corriente continua: (Ver figura 1)

1. Culata
2. Núcleo polar
3. Pieza polar
4. Núcleo de polo auxiliar
5. Pieza polar de polo auxiliar
6. Inducido
7. Arrollado del inducido
8. Arrollado de excitación
9. Arrollado de conmutación
10. Colector
11. Escobillas positivas
12. Escobillas negativas

Figura 1. Partes de máquina de corriente continua



Las partes 1 a la 5 forman el inductor. En conjunto las partes 2 y 3 se designan por polo inductor.

La parte 6 constituye el inducido, al que va arrollado un conductor de cobre formando el arrollamiento del inducido.

Alrededor de los núcleos polares, va arrollado, en forma de hélice, el arrollamiento de excitación (8). Análogamente cada núcleo de los polos de conmutación lleva un arrollamiento de conmutación (9). La parte (10) representa el conmutador o colector, que esta constituido por varias láminas aisladas entre si, formando un cuerpo cilíndrico.

El arrollamiento del inducido esta unido por conductores con las láminas del colector; inducido y colector giran conjuntamente. Sobre la superficie del colector rozan unos contactos a presión mediante unos muelles (11 Y 12). Dichas piezas de contacto se llaman escobillas. El espacio libre entre las piezas polares y el inducido se llama entrehierro.

1.3 Motores de corriente continua

Los motores de corriente continua se usan en una amplia variedad de aplicaciones industriales en virtud de la facilidad con la que se puede controlar la velocidad. La característica velocidad-par se puede hacer variar para casi cualquier forma útil. Es posible la operación continua sobre un rango de velocidades de 8:1. En tanto que los motores de corriente alterna tienden a pararse, los motores de corriente continua pueden entregar más de cinco veces el par nominal (si lo permite la alimentación de energía eléctrica). Se puede realizar la operación en reversa sin conmutar la energía eléctrica.

1.3.1 Clases de motores de corriente continua

Se pueden dividir dentro de dos grandes tipos:

1. Motores de imán permanente, entre ellos:

- Motor de corriente continua sin escobilla.
- Servomotores.

2. Los motores de corriente continua de campo devanado, los que a su vez se clasifican como:

- Motor c.c. con excitación externa y el motor de c.c. en derivación. Un motor con excitación externa es aquel cuyo circuito de campo lo abastece una fuente de alimentación constante, mientras que el motor en derivación es aquel cuyo circuito de campo obtiene su potencia directamente a través de los terminales del inducido del motor.

- Motor devanado en serie, en donde el que el devanado del campo esta conectado en serie con la armadura.

- Motor en compound, en el que se tiene un devanado del campo en serie y otro en paralelo.

1.3.1.1 Motores de corriente continua de imán permanente

Existen motores de imán (PM, permanent magnet), en tamaños de fracciones de caballo y de números pequeños enteros de caballos. Tienen varias ventajas respecto a los de tipo de campo devanado. No se necesitan las alimentaciones de energía eléctrica para excitación ni el devanado asociado. Se mejora la confiabilidad, ya que no existen bobinas excitadoras del campo que fallen y no hay probabilidades que se presente una sobre velocidad debida a pérdida del campo. Se mejoran la eficiencia y el enfriamiento por la eliminación de pérdida de potencia en un campo excitador. Así mismo, la característica par contra corriente se aproxima más a lo lineal. Un motor permanente (PM) se puede usar en donde se requiere un motor completo encerrado para un ciclo de servicio de excitación continua.

Las desventajas son la falta de control del campo y de características especiales velocidad-par. Las sobrecargas pueden causar desmagnetización parcial que cambia las características de velocidad y de par del motor, hasta que se restablece por completo la magnetización. En general, un motor PM de número entero de caballos es un poco más grande y más caro que un motor equivalente con devanado en derivación, pero el costo total del sistema puede ser menor.

1.3.1.1.1 Servomotores de corriente directa

Son motores de alto rendimiento que por lo general se usan como motores primarios en computadoras, maquinaria controlada numéricamente u otras aplicaciones en donde el arranque y la detención se deben hacer con rapidez y exactitud. Los servomotores son de peso ligero, y tienen armaduras de baja inercia que responden con rapidez a los cambios de voltaje de excitación. Además, la inductancia muy baja de la armadura en estos motores de lugar a una baja constante eléctrica de tiempo (lo normal es entre 0.005 y 1.5 mS) que agudiza todavía más la respuesta del motor a las señales de comando. Los servomotores incluyen motores de imán permanente, circuito impreso y bobina móvil. El rotor o inducido de un motor consta de una coraza cilíndrica de bobinas de alambre de cobre o de aluminio. El alambre gira en un campo magnético en el espacio anular entre las piezas polares magnéticas y un núcleo estacionario de hierro. El campo producido por imanes de fundición de Alnico cuyo eje magnético es radial. Alnico es aleación de cobalto, aluminio, níquel, hierro y cobre, su uso principal es en aplicaciones magnéticas. El motor puede tener dos, cuatro o seis polos.

1.3.1.1.2 Motores de corriente continua sin escobillas

Los motores de corriente continua sin escobillas tienen una armadura estacionaria y una estructura rotatoria del campo, exactamente en forma opuesta a como están dispuestos esos elementos en los motores

convencionales de corriente directa. Esta construcción aumenta la rapidez de disipación del calor y reduce la inercia del rotor. Imanes permanentes suministran el flujo magnético para el campo. La corriente directa hacia la armadura de conmuta con transistores, en vez de las escobillas y las delgas del colector de los motores convencionales de corriente directa.

Es normal que las armaduras de los motores de corriente continua sin escobillas contengan de dos a seis bobinas, en tanto que las armaduras de los motores convencionales de corriente continua contienen de 10 a 50. Los motores sin escobillas tienen menos bobinas porque se requieren dos o cuatro transistores para conmutar cada bobina del motor. Esta disposición se vuelve cada vez más costosa e ineficiente a medida que aumenta el número de devanados.

Los transistores que controlan cada devanado de un motor sin escobillas de corriente continua se activan y desactivan a ángulos específicos del rotor. Los transistores suministran pulsos de corriente a los devanados de la armadura, los cuales son semejantes a los que suministra un conmutador. La secuencia de conmutación se dispone para producir un flujo magnético rotatorio en el entrehierro, que permanece formando un ángulo fijo con el flujo magnético producido por los imanes permanentes del rotor. El par producido por el motor sin escobillas de corriente continua es directamente proporcional a la corriente de la armadura.

1.3.1.2 Motores de corriente continua con campo devanado

La construcción de esta categoría de motores es prácticamente idéntica a la de los generadores de corriente directa; con un pequeño ajuste, la misma máquina de corriente continua se puede operar como generador o como motor de corriente directa.

Los motores de corriente continua de imán permanente tienen campos alimentados por imanes permanentes que crean dos o más polos en la

armadura, al pasar flujo magnético a través de ella. El flujo magnético hace que se cree un par en la armadura que conduce corriente. Este flujo permanece básicamente constante a todas las velocidades del motor: las curvas velocidad-par y corriente-par son lineales.

1.3.1.2.1 Motores con excitación externa.

Es el tipo de motor de corriente continua cuya velocidad no disminuye más que ligeramente cuando el par aumenta. Cuando la tensión de suministro a un motor se supone constante, no hay diferencia práctica en el comportamiento con el de motor en derivación. A menos que se especifique otra cosa.

La ecuación para el circuito del inducido de estos motores es:

$$V_t = E_a + (I_a R_a)$$

En los motores de corriente continua y específicamente los de velocidad prácticamente constante, como los shunt, la variación de velocidad producida cuando funciona en carga y en vacío da una base de criterio para definir sus características de funcionamiento.

Excepcionalmente, la reacción del inducido debería ser suficientemente grande para que la característica de velocidad fuera ascendente al aumentar la carga. Los Polos de conmutación han mejorado la conmutación de los dínamos de tal manera que es posible usar un entrehierro más estrecho que antiguamente.

Como la armadura de un motor gira en un campo magnético, se genera una f.e.m. en los conductores que se opone a la dirección de la corriente y se le conoce como fuerza contraelectromotriz. La f.e.m. aplicada debe ser bastante grande como para vencer la fuerza contraelectromotriz y también para enviar la corriente de la armadura a través del R_m , la resistencia del devanado de la armadura y las escobillas.

$$E_a = E_b + I_a R_m \text{ (volts)}$$

Donde E_a = f.e.m aplicada y E_b = fuerza contraelectromotriz. Puesto que la fuerza contraelectromotriz a la velocidad cero, es decir, en el arranque, es idénticamente cero y como por lo general la resistencia de la armadura es pequeña, es obvio, en vista de la ecuación anterior, que a menos que se tomen medidas para reducir el voltaje aplicado, circulara una corriente excesiva en el motor durante ese arranque. Lo normal es que se usen dispositivos de arranque que consisten en resistores variables en serie, para limitar la corriente de arranque de los motores. En la figura 2 se ilustra el circuito equivalente de un motor c.c. con excitación externa.

1.3.1.2.2 Motor de devanado en serie:

Es el motor cuya velocidad disminuye sensiblemente cuando el par aumenta y cuya velocidad en vacío no tiene límite teóricamente.

Los motores con excitación en serie son aquellos en los que el inductor está conectado en serie con el inducido. El inductor tiene un número relativamente pequeño de espiras de hilo, que debe ser de sección suficiente para que se pase por él la corriente de régimen que requiere el inducido.

En los motores serie, el flujo depende totalmente de la intensidad de la corriente del inducido. Si el hierro del motor se mantiene a saturación, el flujo será casi directamente proporcional a dicha intensidad.

La velocidad y par de los motores devanados en serie, el flujo aumenta en proporción a la corriente en la armadura, si no fuera porque el circuito magnético se satura al aumentar la corriente. Con el aumento de carga, la velocidad cae a medida que aumenta esa carga. Si la carga en un motor

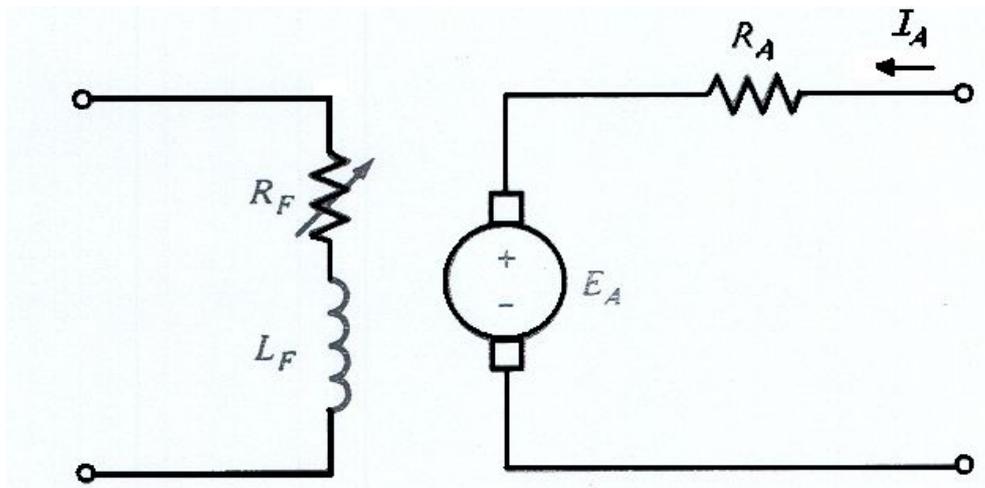
devanado en serie se hace pequeña, la velocidad aumenta mucho, de modo que un motor de este tipo siempre debe conectarse a la carga a través de un engranaje reductor o directamente. Si se conectará mediante banda y esta se rompiera, la velocidad del motor se dispararía y el motor probablemente estallaría.

Para una carga dada y, por lo tanto, para una corriente dada, la velocidad de un motor de devanado en serie se puede incrementar al poner en derivación en serie, o bien, al poner en cortocircuito algunas de las vueltas en serie, de modo que se reduzca el flujo magnético. La velocidad se puede reducir al introducir una resistencia en serie con la armadura.

1.3.2.3 Motor compound

Es el motor cuya velocidad disminuye cuando el par aumenta y cuya velocidad en vacío es limitada. Las características del motor compound están comprendidas entre las del motor de derivación y las del motor en serie. Los tipos de motor compound son los mismos que para los generadores, resumiéndose el aditivo y el diferencial. El motor compound es un término medio entre los motores devanados en serie y los de en derivación. En virtud de la existencia del devanado en serie, que ayuda al devanado en derivación, el flujo magnético por polo aumenta con la carga, de modo que el par se incrementa con mayor rapidez y la velocidad disminuye más rápidamente que si no estuviera conectado el devanado en serie; pero el motor no se puede desbocar con cargas ligeras, por la presencia de la excitación en derivación. La velocidad de un motor en compound se puede ajustar por medio de reóstatos en la armadura y el campo, como en el caso de la máquina de excitación externa.

Figura 2. Circuito equivalente del motor cc.

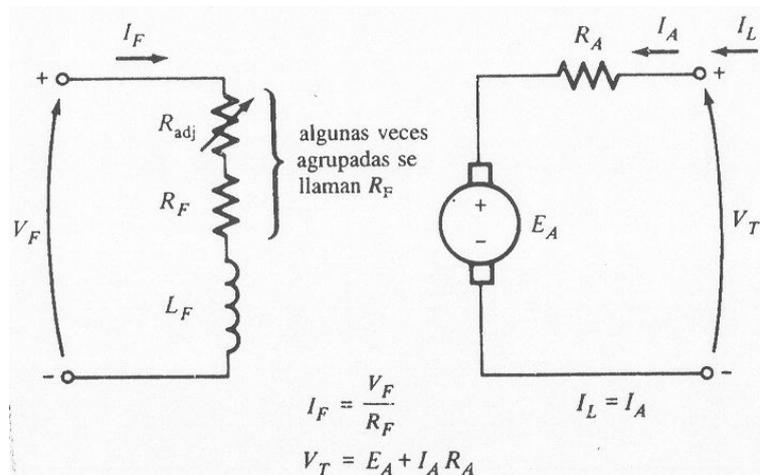


Haré énfasis en los motores de excitación externa, ya que son los que posee el sistema motriz de esta lavadora textil.

1.4 Característica terminal de un motor de c.c. con excitación externa

¿Cómo responde un motor de c.c. en derivación ante una carga? Suponga que se aumenta la carga sobre el motor; entonces el momento de torsión de la carga (T_{carga}) excederá el momento de torsión inducido (T_{ind}) en la máquina. Y el motor comenzará a disminuir la marcha. Cuando disminuye la marcha del motor, su voltaje generado disminuye ($E_a = K\phi\omega \downarrow$), y en consecuencia la corriente del inducido en el motor $I_a = (V_t - E_a) / R_a$ aumenta. A medida que se eleva la corriente de inducido, el momento de torsión inducido en el motor aumenta ($T_{\text{ind}} = K\phi I_a \uparrow$) y finalmente el momento de torsión inducido igualará al momento de torsión de la carga a una menor velocidad mecánica de rotación (ω).

Figura 3. Motor cc. con excitación externa



Observando la figura 3 deducimos que:

$$V_t = E_a + I_a R_a$$

El voltaje inducido $E_a = K\phi\omega$, por tanto

$$V_t = K\phi\omega + I_a R_a$$

Puesto que $T_{ind} = K\phi I_a$, la corriente la puede expresarse como

$$I_a = T_{ind} / K\phi$$

Al combinar las ecuaciones se obtiene

$$V_t = K\phi\omega + [(T_{ind} / K\phi) R_a]$$

Finalmente, al resolver para la velocidad del motor se produce

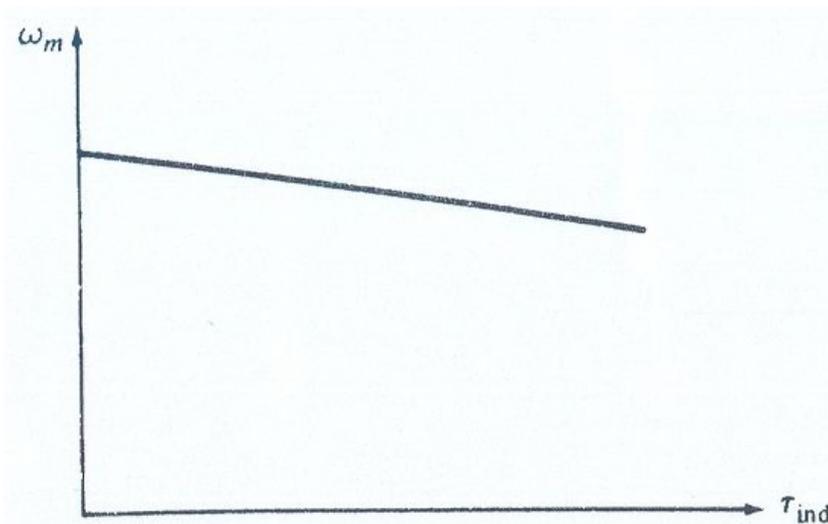
$$\omega = (V_t / K\phi) - [(R_a / (K\phi)^2) T_{ind}]$$

Esta ecuación es precisamente una línea recta con una pendiente negativa. Otro efecto interno del motor que también puede afectar la forma de la curva

momento de torsión-velocidad es la reacción de inducido. Si el motor tiene reacción de inducido, entonces a medida que aumenta su carga los efectos de debilitamiento del flujo reducen su flujo. Como muestra la ecuación para la velocidad del motor (w).

El efecto de una reducción del flujo aumenta la velocidad del motor a cualquier carga dada mas allá de la velocidad que tendría sin reacción de inducido. La característica momento de torsión-velocidad en derivación con reacción de inducido figura 4, si un motor tiene embobinados de compensación, por supuesto no habrá problemas de debilitamiento de flujo en la máquina, y el flujo en la misma será constante.

Figura 4. Característica momento de torsión-velocidad de un motor cc con excitación externa



1.5 Control de velocidad de los motores de cc. con excitación externa

¿Cómo puede controlarse la velocidad de un motor de cc en derivación? Para esto hay dos métodos comunes y uno menos común. Los dos comunes se vieron

ya en las máquinas prototipo sencillas. Las dos maneras comunes como puede controlarse la velocidad de una máquina de cc son:

1. Ajustando la resistencia de campo $R_f \downarrow$ (y con ello el flujo de campo).
2. Ajustando el voltaje terminal aplicado al inducido.
3. Insertando una resistencia en serie con el circuito del inducido

1.5.1 Variación de la resistencia de campo. Para comprender lo que ocurre cuando se cambia la resistencia de campo de un motor de cc, suponga que aumenta el valor de la resistencia de campo y observe la respuesta. Si aumenta la resistencia de campo, entonces la corriente de campo disminuye ($I_f \downarrow = V_t/R_f \uparrow$) y a medida que decrece la corriente de campo, el flujo Φ también se reduce. Una disminución del flujo ocasiona una reducción instantánea del voltaje interno generado $E_a (= K\Phi\omega)$ la cual ocasiona un gran incremento de la corriente de inducido de la máquina, ya que

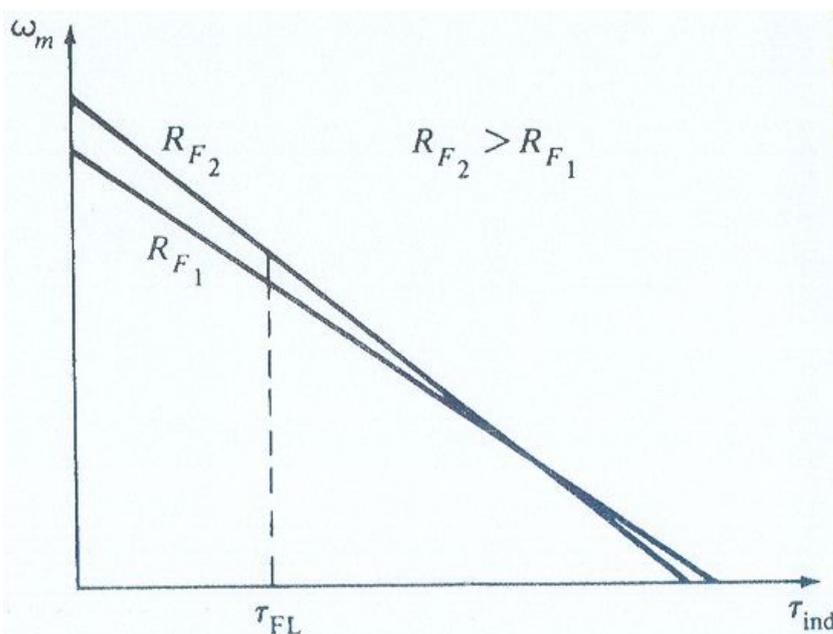
$$I_a \uparrow = (V_t - E_a \downarrow) / R_a$$

El momento inducido en un motor está dado por $T_{ind} = K\Phi I_a$. Puesto que el flujo Φ en esta máquina disminuye mientras que la corriente la aumenta.

1. El aumento de R_f ocasiona que $I_f (= V_t/R_f \uparrow)$ disminuya.
2. La disminución de I_f rebaja Φ .
3. La disminución de Φ reduce $E_a (= K\Phi\omega)$.
4. La disminución de E_a aumenta $I_a = (V_t - E_a \downarrow)/R_a$.
5. El aumento de I_a incrementa $T_{ind} (= K\Phi \downarrow I_a \uparrow)$, con el cambio de la dominante sobre el cambio en el flujo.
6. El aumento de T_{ind} hace que $T_{ind} > T_{carga}$, y la velocidad ω se incrementa.
7. El aumento de ω incrementa $E_a = K\Phi\omega \uparrow$ nuevamente.
8. El aumento de E_a disminuye I_a .
9. El decrecimiento de I_a disminuye T_{ind} hasta que $T_{ind} = T_{carga}$ a una mayor velocidad (ω).

El efecto de incrementar la resistencia de campo en la característica de salida de un motor en derivación se muestra en la figura 5. Obsérvese que a medida que disminuye el flujo en la máquina, aumenta la velocidad del motor en vacío, mientras se hace más empinada la pendiente de la curva momento de torsión-velocidad. Naturalmente, la disminución de R_f invertirá todo el proceso y rebajaría la velocidad del motor.

Figura 5. Efecto del control de velocidad por resistencia de campo



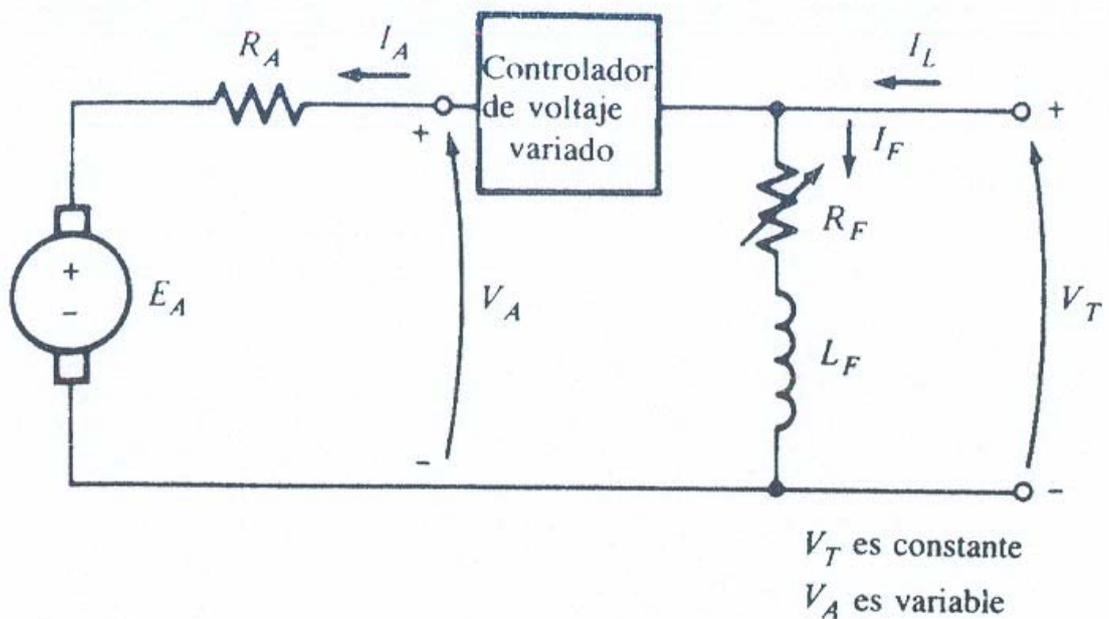
1.5.2 Cambio de voltaje en el inducido. La segunda forma de control de velocidad tiene que ver con el cambio del voltaje aplicado al inducido del motor sin cambiar el voltaje aplicado al campo. Para este tipo de control se necesita una conexión semejante a la de la figura 6. En efecto, el motor debe ser excitado externamente para utilizar control de voltaje de inducido.

Si se aumenta el voltaje V_a , entonces la corriente de inducido en el motor debe elevarse la $= (V_a \uparrow - E_a)/R_a$. A medida que crece la, el momento

inducido $T_{ind} (= K\phi I_a \uparrow)$ aumenta, haciendo $T_{ind} > T_{carga}$ y se incrementa la velocidad w del motor.

Pero a medida que aumenta la velocidad w , el voltaje interno generado $E_a (= K\phi w \uparrow)$ se eleva ocasionando que disminuya la corriente de inducido. Esta disminución de la rebaja el momento inducido haciendo que T_{ind} iguale a T_{carga} a una mayor velocidad de rotación (w).

Figura 6. Control de voltaje en armadura en un motor de cc.

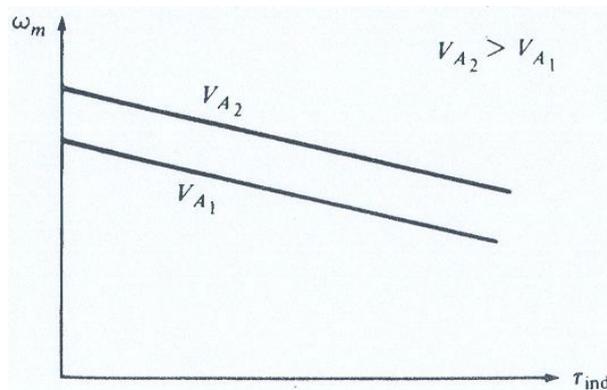


Puede resumirse así el comportamiento de causa y efecto en este método de control de velocidad:

1. Un aumento de V_a aumenta $I_a = (V_a \uparrow - E_a) / R_a$.
2. Al aumentar I_a aumenta $T_{ind} (= K\phi I_a \uparrow)$.
3. El aumento de T_{ind} hace que $T_{ind} > T_{carga}$, aumentando w .
4. El aumento de w aumenta $E_a = K\phi w \uparrow$.
5. El aumento de E_a disminuye $I_a = (V_a - E_a \uparrow) / R_a$.
6. La disminución de I_a reduce T_{ind} hasta que $T_{ind} = T_{carga}$ a una mayor velocidad w .

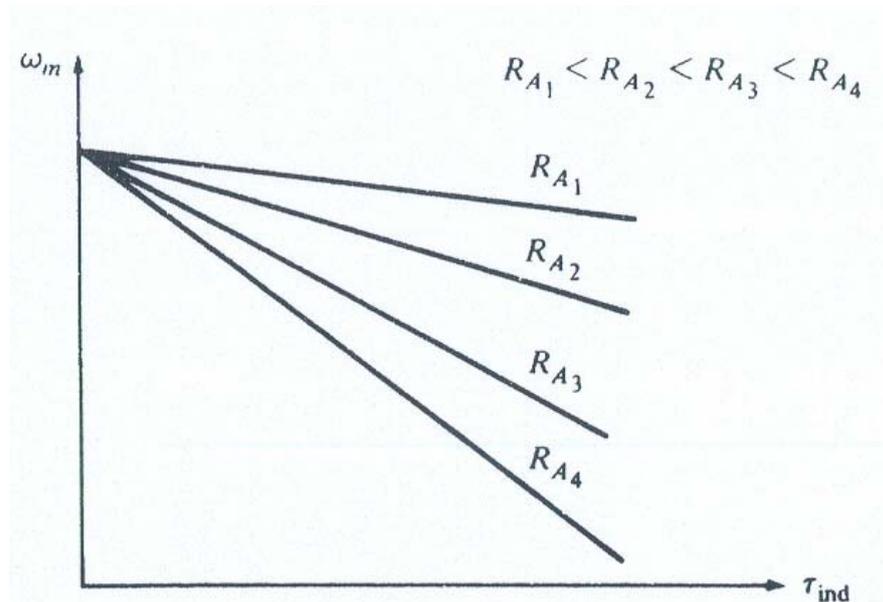
En la figura 7 se observa el efecto de un aumento de V_a sobre la característica momento de torsión-velocidad de un motor con excitación externa. Obsérvese que la velocidad en vacío del motor se cambia mediante este método de control de velocidad, pero la pendiente de la curva permanece constante.

Figura 7. Efecto del control de velocidad por cambio de voltaje del inducido momento de torsión-velocidad en motor cc. excitación externa.



1.5.3 Inserción de una resistencia en serie con el circuito de inducido. Si se conecta una resistencia en serie con el devanado del inducido, el efecto que se produce es aumentar la pendiente de característica momento de torsión – velocidad del motor, si tiene carga funcionará más lentamente. La inserción de una resistencia es un método de control de velocidad muy antieconómico ya que las pérdidas en estas resistencias son elevadas, se aplican en donde el motor trabajara la mayor parte del tiempo en operación a máxima velocidad o donde no se puede aplicar otra forma de control de velocidad.

Figura 8. Efecto del control de velocidad por resistencia de inducido.



1.6 Cálculos prácticos de eficiencia en los motores de corriente continua.

Para calcular la eficiencia de un motor de corriente continua, se deben determinar las siguientes pérdidas:

- Sus pérdidas en el cobre
- Sus pérdidas por caída de las escobillas
- Sus pérdidas mecánicas
- Sus pérdidas en el núcleo
- Sus pérdidas rotacionales

Las pérdidas en el cobre del motor, son las pérdidas en los circuitos de armadura del motor. Estas pérdidas pueden encontrarse conociendo las corrientes en la máquina y las dos resistencias. Para determinar la resistencia del circuito de una máquina, bloquee su rotor para que no pueda girar y aplique un voltaje de corriente continua pequeña a los terminales de armadura. Ajuste el voltaje hasta que la corriente de armadura sea igual a la corriente nominal de la máquina. La relación de voltaje aplicado a la corriente circulante en la armadura es RA . La razón para que cuando se realiza esta prueba, la corriente sea aproximadamente

igual al valor de plena carga, es que R_A varía con la temperatura y al valor de corriente de plena carga, los devanados de la armadura están cerca de su temperatura normal de operación.

La resistencia obtenida no es completamente precisa, porque:

- No está presente el enfriamiento que ocurre normalmente cuando el motor está girando.
- Puesto que durante la operación normal hay un voltaje de corriente alterna en los conductores del rotor, ellos adolecen de alguna cantidad de efecto peculiar, el cual eleva adicionalmente la resistencia normal.

Los estándares sobre máquina de corriente continua permiten un procedimiento más preciso para determinar R_A , el cual puede utilizarse, si se requiere.

La resistencia de campo puede determinarse suministrando el voltaje nominal de pleno campo a su circuito de campo y midiendo la corriente de campo resultante. La resistencia de campo R_A , es justamente la relación del voltaje de campo a la corriente de campo.

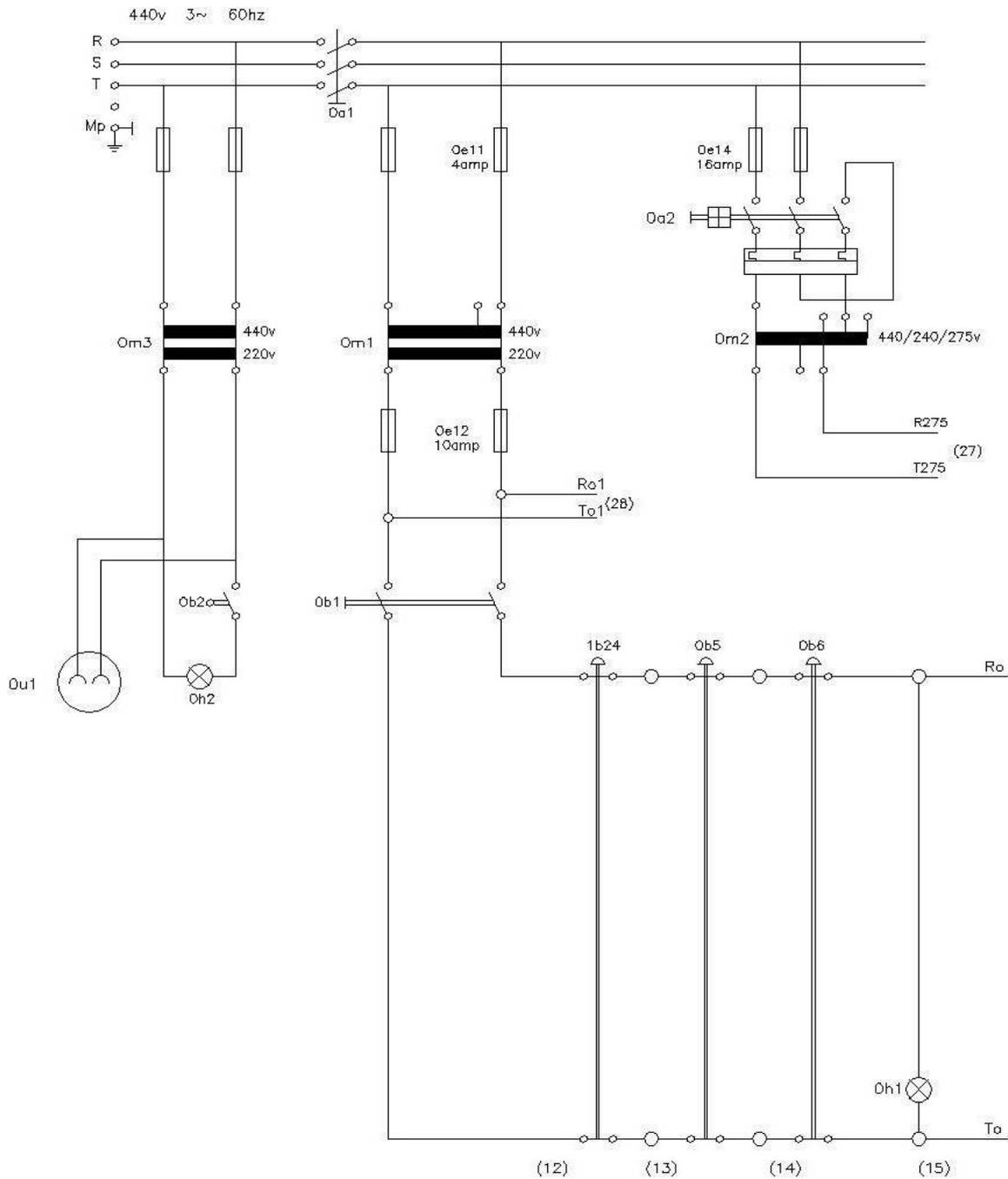
Las pérdidas por caída en las escobillas a menudo son cargadas junto con las pérdidas en el cobre. Si se tratan separadamente, pueden determinarse en una gráfica de potencial de contacto versus corriente, para el tipo particular de escobillas que se estén usando. Las pérdidas por caída en las escobillas son justo el producto del voltaje de caída en las escobillas (V_{bd}) y la corriente de armadura (I_a).

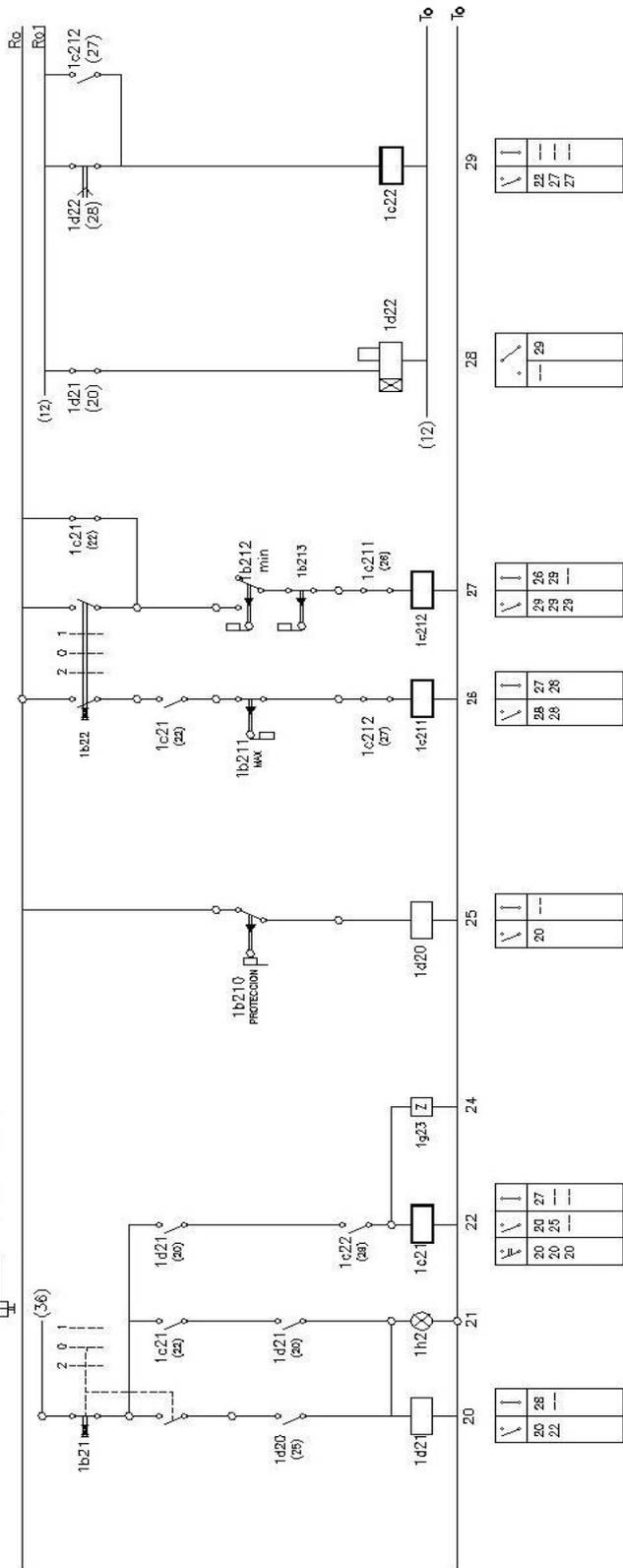
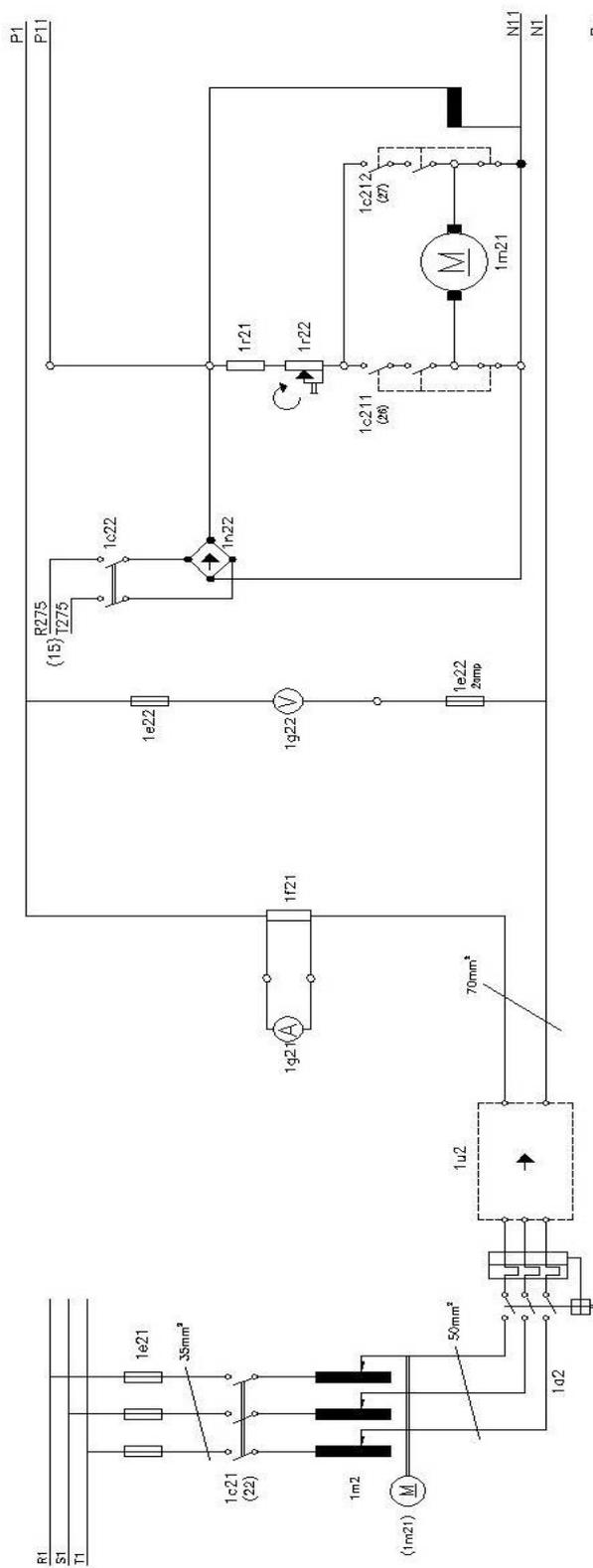
Las pérdidas en el núcleo y las mecánicas, usualmente se determinan juntas. Si se lleva un motor a girar libre sin carga y a la velocidad nominal, no hay potencia de salida desde la máquina. Puesto que el motor está sin carga, (I_A) es muy pequeña y las pérdidas en el cobre de la armadura son despreciables. Por lo cual, si las pérdidas en el cobre del campo se restan de la potencia de entrada al motor, la potencia de entrada restante consta de las pérdidas mecánicas y en el núcleo de la máquina a esa velocidad. Estas pérdidas del motor se denominan pérdidas

rotacionales sin carga. En la medida que la velocidad del motor permanezca cercana a la cual fueron medidas las pérdidas rotacionales sin carga son una buena estimación de las pérdidas mecánicas de la máquina bajo carga.

2. ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DEL ACTUAL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD

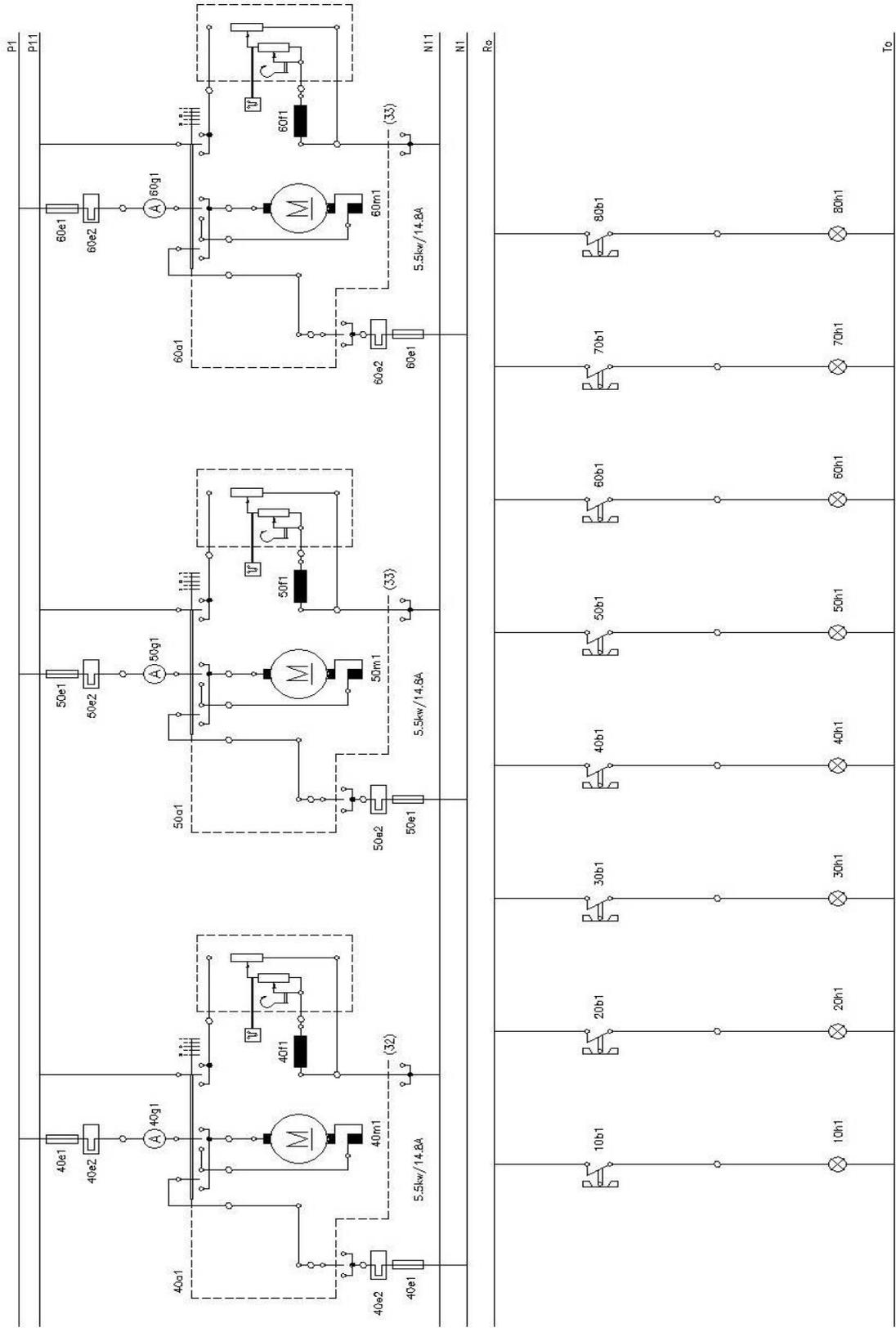
2.1 Figura 9. Diagrama eléctrico general del sistema actual.





AEG – TELEFUNKEN

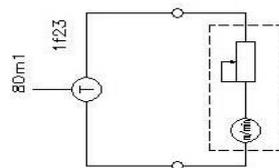
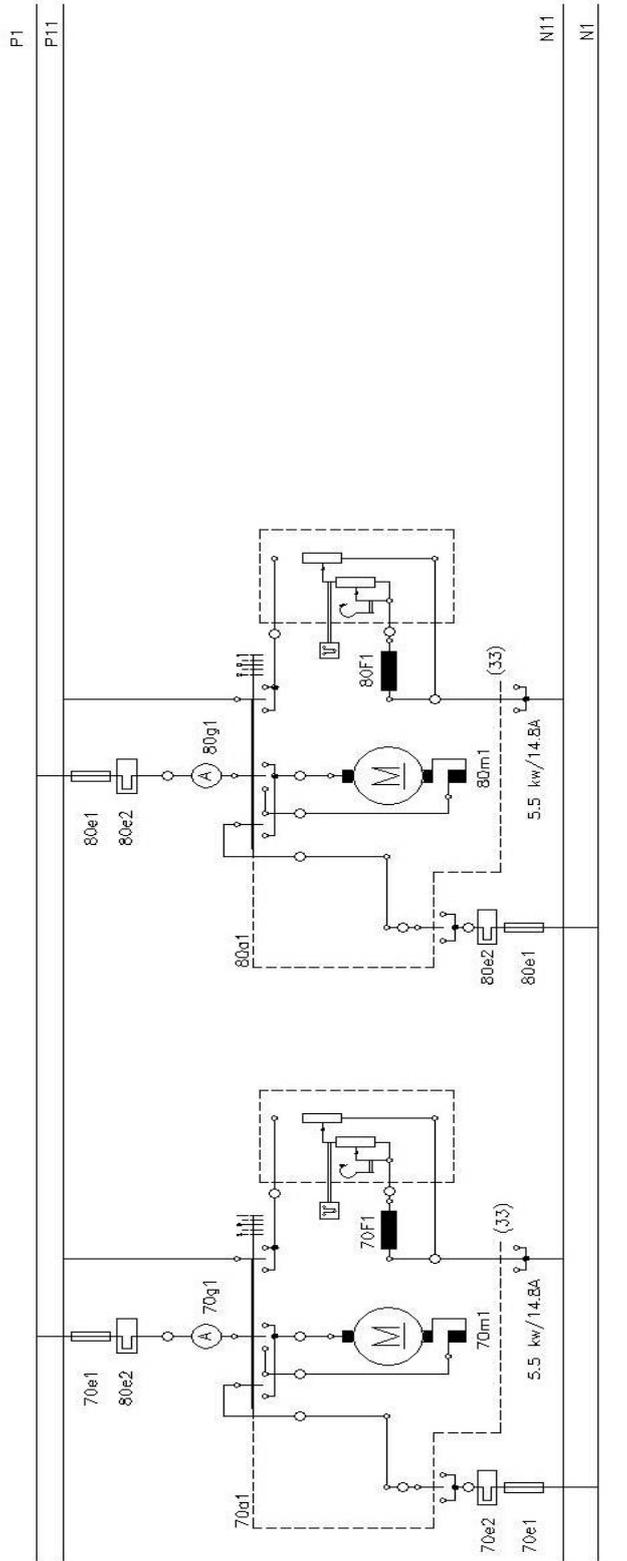
A 4112 - 4955.77 HOJA 2/5



AEG – TELEFUNKEN

A 4112 - 4955.77

HOJA 4/5



AEG – TELEFUNKEN A 4112 - 4955.77 HOJA 5/5

2.2 Descripción del actual sistema de control.

Página 1/5. Ilustra Om1 que es el transformador del voltaje mando, así como Om2 que es el transformador donde se genera el voltaje que alimenta el devanado de campo de los motores. La luz piloto Oh1 nos indicará si hay algún paro de emergencia activado (1b24, Ob5, Ob6), y por consiguiente la máquina no se puede poner en marcha.

Página 3/5. En el diagrama eléctrico aparecen las condiciones para que la línea de voltaje de mando se efectúe siendo la línea (20). Estas condiciones son que los contactos de protección térmica de cada motor (10e2 – 80e2) no estén activados, así como los interruptores de mando, (10a1- 80a1) arranque – paro, estén en la posición que se desea. Esta línea de mando (20) es la que continua en la página 2/5 para que siga el sistema de control.

Página 2/5. La línea (20) es ahora la (36), esto es debido a la parte de la sección de la hoja donde estaba ubicado anteriormente. Se activa el interruptor (manija) 1b21, el interruptor 1b210 es el que confirma que la máquina esta en posición de salida en velocidad mínima, magnetiza la bobina del contactor 1d20 y el contacto normal abierto de 1d20 acciona 1d21 y logra su sostén. El contactor 1c21 magnetiza su bobina con la condición que 1d21 ha sido activado. El autotransformador 1m2 (fotografía en página 25), es el que varía la velocidad de la máquina variando el voltaje de salida que es el que alimenta la armadura de los motores, se energiza con 1c21 y alimenta el rectificador AC/DC (1u2), de donde se generan la líneas P1 – N1 aquí se conectan en paralelo el devando de armadura de los motores como se observa en las páginas 3/5, 4/5 y 5/5 del diagrama eléctrico.

Cómo se logra variar el voltaje de armadura de las líneas P1-N1?

Con ayuda del motor 1m21 que mecánicamente va puesto en la parte superior del auto transformador (figura 11), mueve lineal y verticalmente los carbones que rodan sobre los tres devanados del autotransformador (figura 13), cuando los carbones van hacia arriba va aumentando el voltaje y al ir hacia abajo disminuye el voltaje de salida del auto transformador y por consiguiente el voltaje PI – NI.

En la página 2/5 del diagrama, sección 26, 27 se observa el sistema de control del motor 1m21. Por medio de la manija 1b22 se monitorea el sistema de marcha y contramarcha, para subir velocidad se magnetiza 1c211 y al final de la carrera de carbones existe el interruptor 1b211 que es de protección que detiene el movimiento de los carbones en su punto máximo y no pueda seguir subiendo. Para bajar velocidad se magnetiza el contactor 1c 212 y el interruptor 1b212 también es de protección para que mecánicamente no baje del punto mínimo determinado.

Página 1/5. El voltaje de campo para cada uno de los motores se genera de las líneas R275 – T275 del transformador Om2, que alimenta el puente rectificador de voltaje In22 (Pág. 2/5) y generando así el voltaje de salida de las líneas P11-N11 que alimentan en paralelo los devanados de campo de los motores, siendo un voltaje de 210 vdc.

Figura10. Vista general del autotransformador 1m2 que varía el voltaje de armadura.



Figura 11. Vista del sistema motriz del motor 1m21 que mueve los carbones.



Figura 12. Parte superior del autotransformador donde va montado el sistema motriz del motor 1m21.



Figura 13. Vista donde se observa como se deslizan los carbones esféricos sobre los devanados del autotransformador.

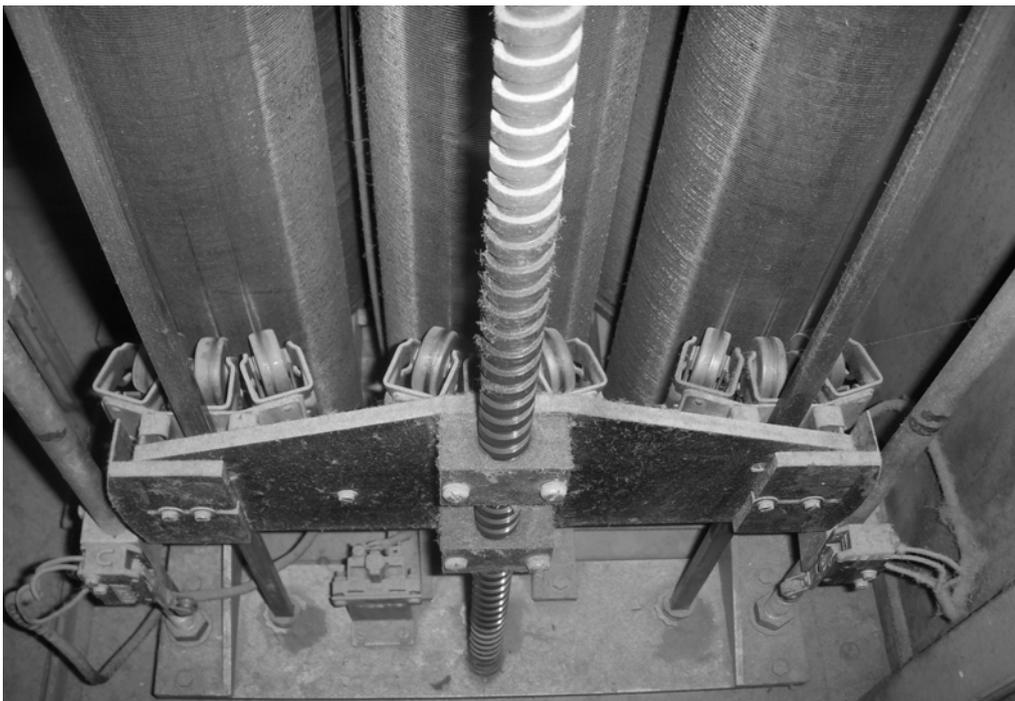
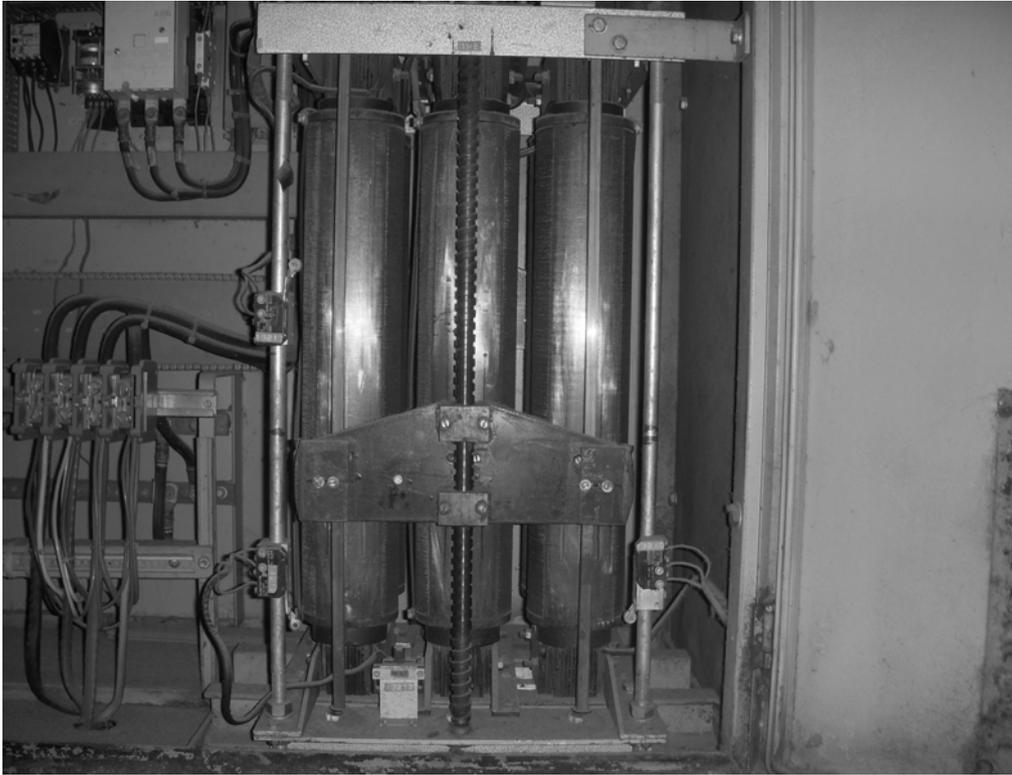


Figura 14. Parte frontal del autotransformador donde se observa el sistema mecánico que mueve los carbones.



2.3 Limitaciones y problemas del sistema actual.

En la fabricación de tela dentro de la industria textil, el proceso de lavado es muy importante, ya que a lo largo de la etapa de tintorería en cada subproceso como el desengomado, mercerizado, teñido, secado y estampado, tiene que lavarse posteriormente en cada uno de estos. Por eso la máquina lavadora tiene que estar en óptimas condiciones para poder realizar sin problemas el trabajo que se le programa. Aunque en todo el sistema motriz, de tracción, neumático e hidráulico esté en buenas condiciones, el sistema que gobierna la variación de velocidad en los motores presenta problemas y limitaciones.

1. Los devanados del auto transformador ya están recalentados y presentan daño.
2. El auto transformador ya no se localiza dentro del mercado para ser sustituido.
3. Los carrizos de cobre donde van montados los carbones presentan daño.
4. Debido a que la lavadora trabaja a una velocidad constante aproximadamente de 85mts/m, este punto donde se mantienen los carbones ya está dañado, hay que ponerlos en otro punto más bajo, haciendo que la máquina marche más despacio y su rendimiento disminuya.
5. Debido a que el auto transformador requiere mantenimientos periódicamente más continuos, la máquina deja de producir en estos tiempos, haciendo que la secuencia de producción también se detenga.
6. A menor velocidad de la máquina lavadora mayor será el proceso de lavado, alargando así el proceso de producción de la tela.

En las figuras 15 a la 18 se ilustra como es una máquina lavadora textil.

Figura 15. Entrada de tela en máquina lavadora textil.



Figura 16. Vista lateral de máquina lavadora textil.

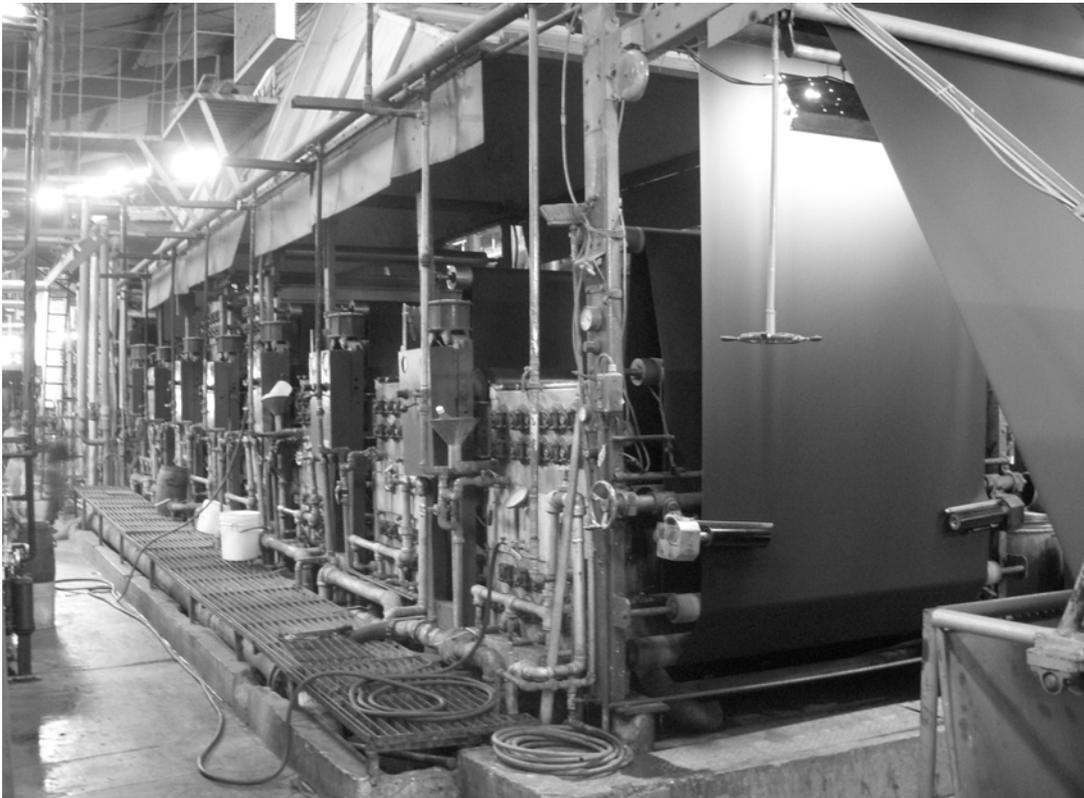


Figura 17. Dos de ocho baños que forman la lavadora.

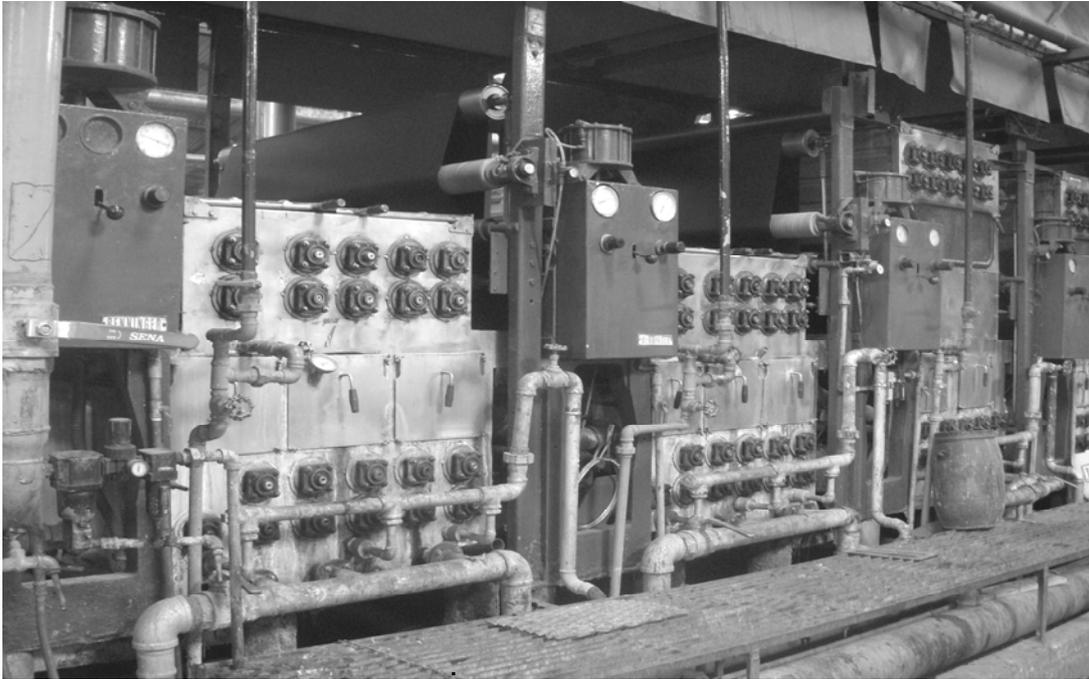


Figura 18. Salida de la tela en la lavadora textil.



3. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD A INNOVAR

3.1. Descripción del funcionamiento del convertidor de voltaje alterno a voltaje directo.

3.1.1 Circuitos rectificadores:

Un circuito rectificador es un circuito que convierte potencia de ca. en potencia de cc. Hay muchos circuitos rectificadores diferentes, que producen grados variables de alisamiento en su salida de C.C. Los circuitos rectificadores más comunes son:

1. El rectificador de media onda
2. El rectificador de puente de onda entera
3. El rectificador trifásico de media onda
4. El rectificador trifásico de onda entera

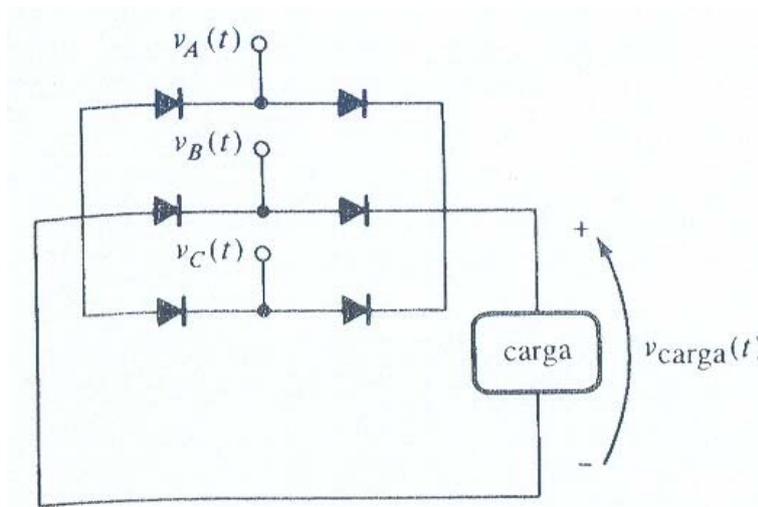
Se enfocará en el rectificador trifásico de onda completa ya que es el que se adapta a nuestro sistema.

3.1.1.1 Rectificador trifásico de onda completa

El circuito consiste en tres diodos con sus ánodos orientados a la carga y sus cátodos conectados a los voltajes de alimentación. Esta disposición conecta a la carga en cualquier momento dado, el más bajo de los tres voltajes de alimentación. (Ver figura 19).

Por tanto, el rectificador trifásico de onda completa siempre conectará el mayor de los voltajes trifásicos con un terminal de carga y el menor de estos con el otro terminal.

Figura 19. Circuito rectificador trifásico de onda completa.



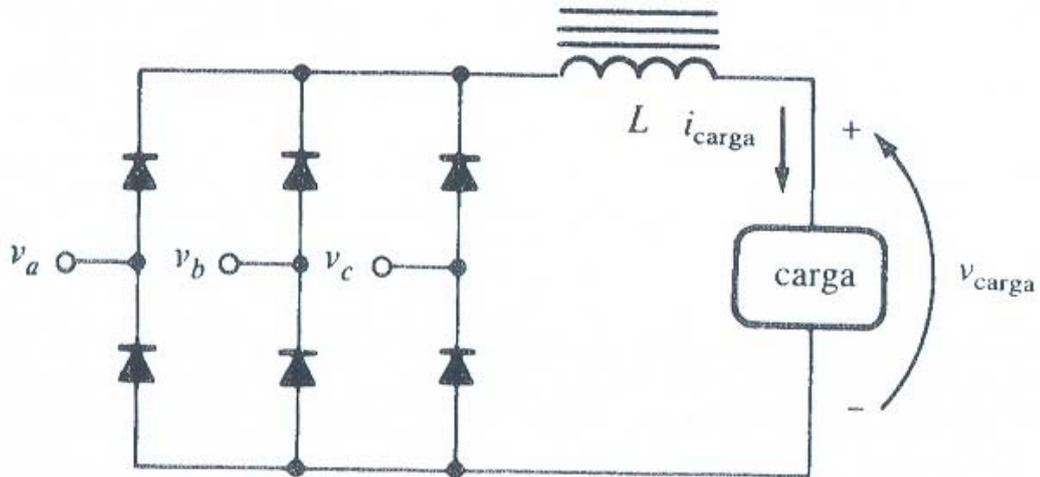
3.1.1.2 Salida del rectificador de filtro

La salida de cualquiera de estos circuitos rectificadores puede suavizarse más adelante con el uso de filtros de paso bajo para eliminar otros componentes de frecuencia de ca. que se encuentren en ella. Dos tipos de elementos se usan regularmente para suavizar la salida del rectificador:

1. Condensadores conectados por medio de cables para suavizar los cambios de voltaje de ca.
2. Inductores conectados en serie por cable para suavizar los cambios de corriente de ca.

En la figura 20 se ilustra un filtro común de circuitos de rectificador, de los que se usan con las máquinas, es un inductor en serie único.

Figura 20. Circuito trifásico de onda completa con filtro inductivo.



3.1.2 Componentes de la electrónica de potencia

Varios tipos principales de elementos semiconductores se utilizan en los circuitos de control de motores. Entre los más importantes están:

1. El diodo
2. El tiristor de dos terminales (o diodo PNP)
3. El tiristor de tres terminales [o rectificador controlado de silicio (SCR)]
4. El tiristor de apagado por compuerta (GTO)
5. El DIAC
6. El TRIAC
7. El transistor de potencia (PTR)
8. El transistor bipolar de compuerta aislada (IGBT)

Se estudiará los dos elementos más importantes aplicados para esta modificación.

3.1.2.1 El diodo

Un diodo es un elemento semiconductor diseñado para llevar corriente en una sola dirección. Un diodo esta diseñado para llevar corriente de su ánodo a su cátodo, pero no en la dirección contraria. En la figura 21 se observa el símbolo del diodo. Cuando se aplica un voltaje al diodo en la dirección opuesta, el flujo de corriente disminuye hasta un valor muy pequeño. Si se aplica un voltaje inverso suficientemente grande, eventualmente se romperá y dejará que la corriente pase en la dirección inversa. Cuando un voltaje se aplica en dirección hacia delante, resulta un flujo cuantioso de corriente. Se ilustra en la figura 22.

Figura 21. Símbolo de un diodo.

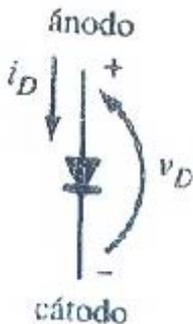
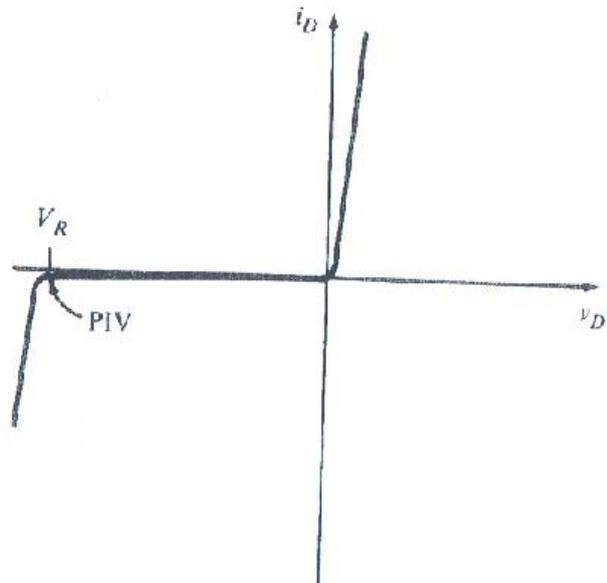


Figura 22. Característica voltaje-corriente de un diodo.



3.1.2.2 El tiristor de tres terminales o SCR

Conocido también como el rectificador controlado de silicio. Tal como su nombre lo sugiere, el SCR es un rectificador controlado o diodo. Su símbolo está en la figura 23.

Lo que hace al SCR especialmente útil para el control de motores en sus aplicaciones es que el voltaje de ruptura o de encendido puede ajustarse por medio de una corriente que fluye hacia su compuerta de entrada. Cuanto mayor sea la corriente de la compuerta, tanto menor se vuelve V_{BO} . (véase figura 24).

Figura 23. Símbolo de un SCR .

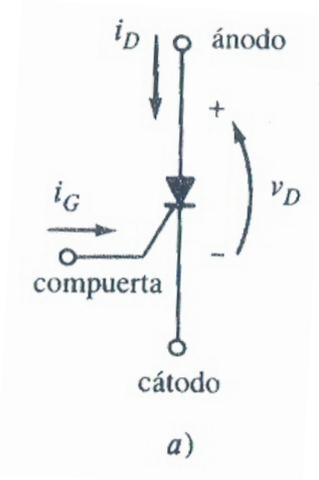
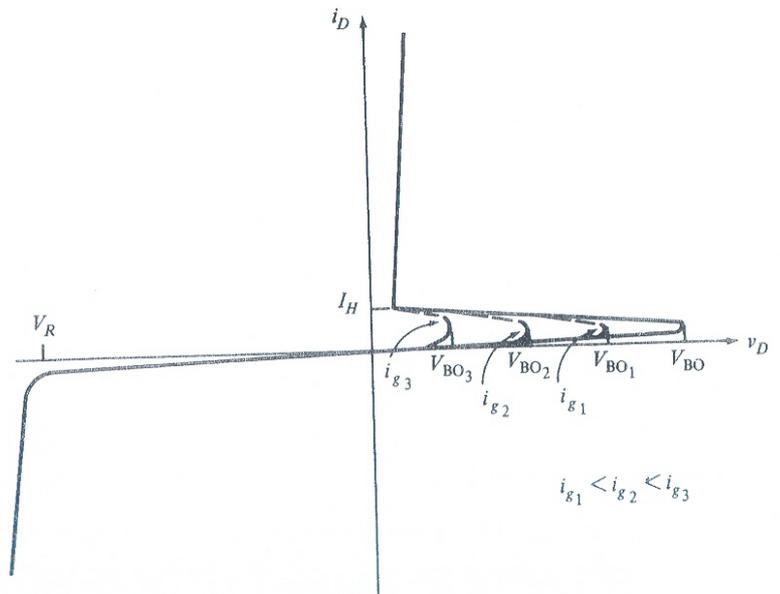


Figura 24. Característica voltaje-corriente de un SCR .



En resumen, un SCR.

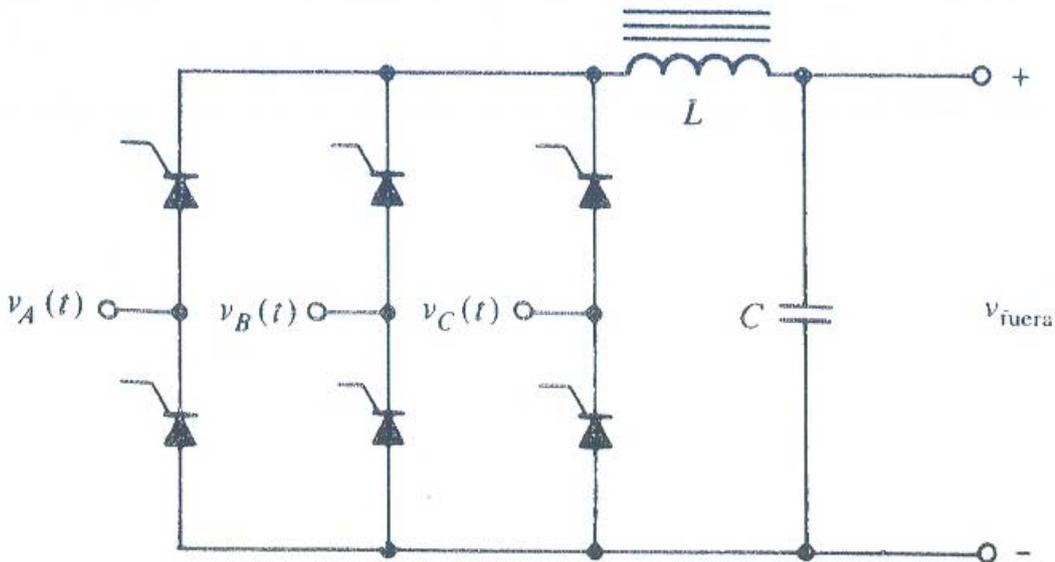
1. Se activa cuando el voltaje U_D que lo alimenta excede V_{BO}
2. Tiene un voltaje de ruptura V_{BO} cuyo nivel se controla por la cantidad de corriente i_G , presente en el SCR
3. Se desactiva cuando la corriente i_D que fluye por él cae por debajo de I_H
4. Detiene todo flujo de corriente en dirección inversa, hasta que se supere el voltaje máximo inverso.

3.1.3 Rectificador

Estos circuitos tienen, desde el punto de vista del control de motores, un problema: su voltaje de salida es fijo para un determinado voltaje de entrada. Este problema se puede solucionar, reemplazando los diodos en estos circuitos por SCR.

En la figura 25 se observa un circuito rectificador trifásico de onda completa, cuyos diodos se han reemplazado por SCR. El voltaje de salida de cc. de este circuito depende del tiempo en que sean encendidos los SCR, durante sus semiciclos positivos. Si se encienden al comienzo del medio ciclo, este circuito será idéntico al del rectificador trifásico de onda completa con diodos. Si no se enciende, el voltaje de salida será de 0v.

Figura 25. Circuito rectificador trifásico, que utiliza SCR para controlar el nivel de salida del voltaje de corriente continua.



Para controlar el voltaje de salida de cc. en lugar de diodos se usan los SCR en el circuito rectificador, dicho voltaje tendrá más contenido de armónicos de lo que tendría un rectificador simple y a la salida se debería usar algún tipo de filtro. La figura 25 muestra un inductor y un filtro de condensador colocados a la salida del rectificador para ayudar a suavizar la salida de corriente continua.

3.2 Cálculo y dimensionamiento del control de velocidad a implementar

Se implementará un convertidor marca TYPACT modelo TPD32. Los datos técnicos fundamentales del convertidor se encuentran en la placa de identificación del convertidor. Se utilizará solo un convertidor TYPACT que tenga la capacidad de poder gobernar los ocho motores sin presentar ninguna limitación.

Ejemplo:

TPD2-400/470-280-2B

TPD32	Convertidor TYPACT, alimentación trifásica	
400	Tensión de red	U_{LN} en Voltios
470	Tensión nominal de salida	U_{dAN} en Voltios
280	Corriente nominal de salida	I_{dAN} en Amperios
2B	Tipo de funcionamiento	

Los convertidores de serie TPD32 se abastecen en las siguientes versiones:

TPD32-400/420	Convertidor para tensión de red hasta 400V.
TPD32-500/520	Convertidor para tensión de red hasta 500V.
TPD32-690/720	Convertidor para tensión de red hasta 690V.

Las capacidades se indican en la tabla I donde aparece el amperaje para cada convertidor.

Tabla I Capacidad de corriente de los tipos de convertidores.

Denominación	Tipo 2B	Corriente nominal [A]
TPD32-.../...-20-..	•	20
TPD32-.../...-40-..	•	40
TPD32-.../...-70-..	•	70
TPD32-.../...-110-..	•	110
TPD32-.../...-140-..	•	140
TPD32-.../...-185-..	•	185
TPD32-.../...-280-..	•	280
TPD32-.../...-350-..	•	350
TPD32-.../...-420-..	•	420
TPD32-.../...-500-..	•	500
TPD32-.../...-650-..	•	650
TPD32-.../...-770-..	•	770
TPD32-.../...-1000-..	•	1000
TPD32-.../...-1050-..		1050

NOTA: La selección del convertidor se hace en base a la corriente nominal del motor y a la tensión de red disponible. La corriente nominal en salida debe ser mayor o igual a la requerida por el motor usado.

3.2.1 Selección del convertidor.

Los convertidores de la serie TDP32 pueden funcionar conectados a una tensión trifase de 230V a 690V. Dentro de esta gama de tensión, se elige el aparato en base a la corriente nominal del motor.

Por lo tanto, la corriente nominal del convertidor debe ser mayor o igual a la corriente nominal del motor.

La máquina posee una potencia nominal de 44KW y corriente nominal de 118.4 A Ya que posee ocho motores de 5.5KW y corriente de 14.8 A en cada uno de ellos.

Tensión de red 3x460V/ 60Hz.

Datos de placa de un motor que utiliza la máquina lavadora:

P	=	5.5 KW	Potencia nominal
Ud _{AN}	=	400 V	Tensión de armadura hasta
Id _{AN}	=	14.8 A	Corriente de armadura
Ud _{FN}	=	210V	Tensión de campo
Id _{FN}	=	0.84A	Corriente de campo

Convertidor elegido:

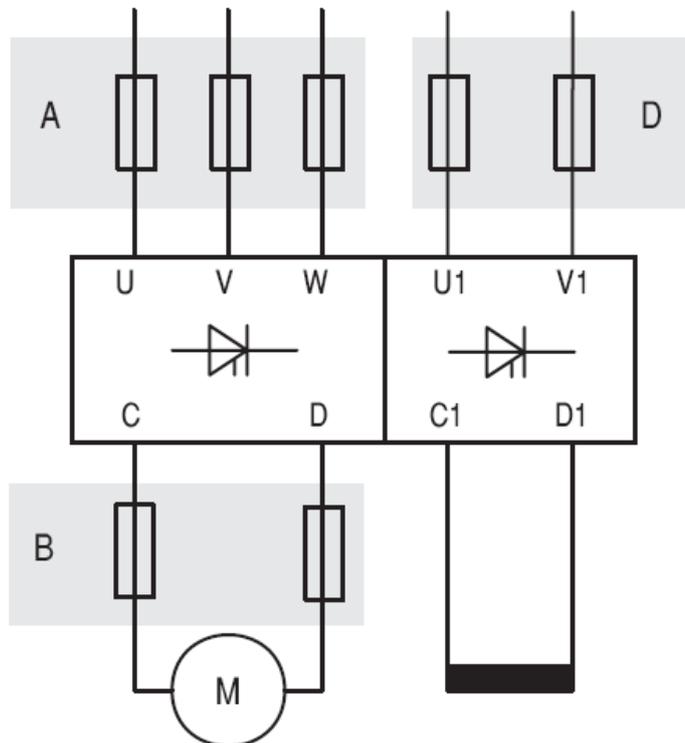
TPD32-500/600-140-2B

Capacidad de alimentación hasta 500VAC, con una salida máxima de 600VDC con capacidad para 140 amperios. 400VDC < 600 VDC así que no hay limitación en la alimentación del voltaje de armadura, solo se limita para que su salida sea de 400 VDC o menos. Esto lo detallaremos más adelante en el capítulo número 4 en donde se analizará el funcionamiento del nuevo sistema.

3.2.2 Fusibles de la parte de potencia

En la figura 26 se muestra la ubicación de los fusibles externos al convertidor. (A) y (D) son los que protegen la alimentación al convertidor, y (B) los que protegen el voltaje de salida para alimentar la armadura.

Figura 26. Ubicación de los fusibles externos



Para una correcta protección de los trisores del puente de potencia, es necesario usar fusibles extra rápidos oportunamente dimensionados. Los fusibles van montados exteriormente. En la tabla II se muestra los valores de los fusibles de las tallas de los convertidores, aunque los valores que nos interesan son los de la línea que corresponden al convertidor TPD32-.../...-140-..

Nota: Fusibles de marcas internacionales que aparecen en la tabla II

Bussman	FWH-015A6F
Bussmann	FWC 25A10F
Gould Shawmut	A60Q25-2

Tabla II Valores de los fusibles externos aconsejables

Convertidor tipo	Código	Piezas	Europa	USA
TPD32-.../...-20-..	A	3	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P25
		3	Nr. 10 005 07.25	FWP25
	B*	2	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P25
		2	Nr. 10 005 07.30	FWP25
	D	2	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P20
2		Nr. 10 005 07.20	FWP20	
TPD32-.../...-40-..	A	3	Z22gR50 (GRD3/50)	A70P40
		3	Nr. 10 005 07.50	FWP40
	B*	2	Z22gR63 (GRD3/63)	A70P50
		2	Nr. 10 005 07.63	FWP50
	D	2	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P20
2		Nr. 10 005 07.20	FWP20	
TPD32-.../...-70-..	A	3	Z22gR63 (GRD3/63)	A70P80
		3	Nr. 10 007 07.63	FWP80
	B*	2	S00UF01/80/100A/660V	A70P80
		2	Nr. 20 189 20, 80 A	FWP80
	D	2	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P20
2		Nr. 10 005 07.20	FWP20	
TPD32-.../...-110-..	A	3	S00UF1/80/100A/660V	A70P100
		3	Nr. 20 189 20.100	FWP100
	B*	2	S00UF1/80/125A/660V	A70P150
		2	Nr. 20 189 20.125	FWP150
	D	2	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P20
2		Nr. 10 005 07.20	FWP20	
TPD32-.../...-140-..	A	3	S00UF1/80/125A/660V	A70P150
		3	Nr. 20 189 20.125	FWP150
	B*	2	S00UF1/80/160A/660V	A70P175
		2	Nr. 20 189 20.160	FWP175
	D	2	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P20
2		Nr. 10 005 07.20	FWP20	
TPD32-.../...-185-..	A	3	S00UF1/80/200A/660V	A70P175
		3	Nr. 20 189 20.200	FWP175
	B*	2	S00UF1/80/200A/660V	A70P200
		2	Nr. 20 189 20.200	FWP200
	D	2	Z14gR20 (GRD2/20)	A70P20
2		Nr. 10 005 07.20	FWP20	
TPD32-.../...-280-..	A	3	S1UF1/110/250A/660V	A70P300
		3	Nr. 20 458 20.250	FWP300
	B*	2	S1UF1/110/315A/660V	A70P350
		2	Nr. 20 458 20.315	FWP350
	D	2	Z14gR32 (GRD2/30)	A70P30
2		Nr. 10 005 07.30	FWP30	
TPD32-.../...-350-..	A	3	S1UF1/110/315A/660V	A70P350
		3	Nr. 20 458 20.315	FWP350
	B*	2	S2UF1/110/400A/660V	A70P400
		2	Nr. 20 459 20.400	FWP400
	D	2	Z14gR32 (GRD2/30)	A70P30
2		Nr. 10 005 07.30	FWP30	

3.2 Especificaciones del control de velocidad.

Como todo convertidor, para que funcione necesita de ciertas señales para que se pueda obtener el voltaje de salida en sus bornes y así poder alimentar el devanado de armadura de los motores

3.3.1 Borneras de conexión que se utilizaran en el convertidor.

Los puntos de conexión los identificaremos según la figura 27 que corresponde al diagrama de bloques del convertidor Typact TPD32.

U, V, W	En estos tres puntos conectaremos la alimentación trifásica 460 VAC.
U2, V2	Son los puntos donde se alimenta 230 VAC para la parte de control
U3, V3	Alimentación de voltaje 230 VAC para ventilador interno del convertidor.
35, 36	Punto donde al energizar el equipo, se cierra el contacto, en señal que el convertidor no tiene daño interno, si tuviere algún daño este contacto no se cierra.
Enable drive (12)	Desbloqueo general del convertidor
Start (13)	Desbloqueo de la regulación
Fast Stop (14)	Lleva inmediatamente a cero la referencia de velocidad, así el funcionamiento se para en el menor tiempo posible.
External fault	Permite señalización de averías externas con los desbloques.
C, D	Borneras donde se genera el voltaje de armadura para los motores.
7, 9, 2, 1	Aquí se conectara una resistencia variable (2-5 Kohms), que al variar la señal de 0 a 10vdc, se varía el voltaje de salida en los puntos C y D.

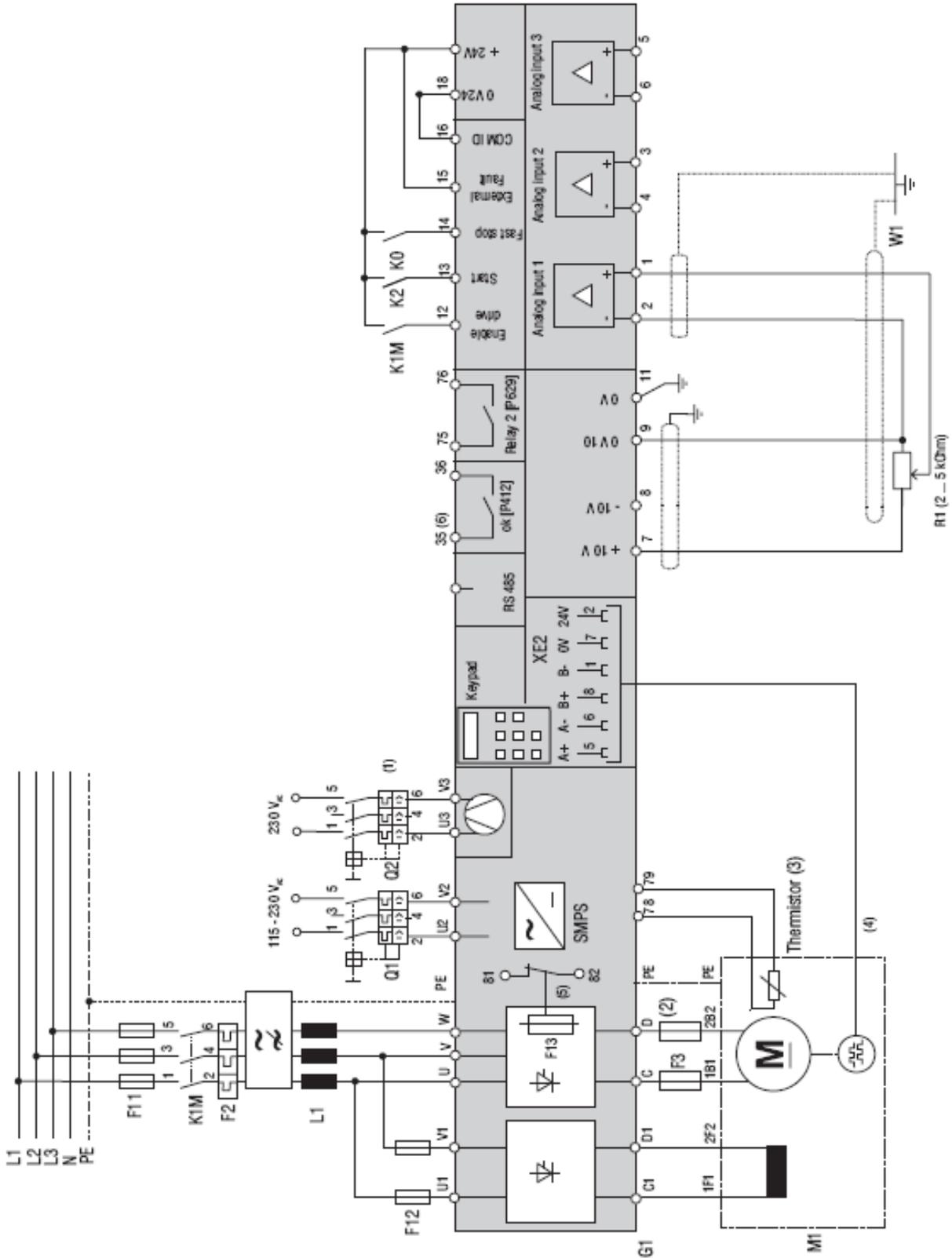
U1, V1

Se conecta la alimentación de voltaje 230 VAC para lograr la rectificación en los puntos C1- D1 para la alimentación del voltaje de campo, cabe decir que esto no lo utilizaremos, ya que el sistema de generación del voltaje de campo no será modificado.

XE2/S4-1...8

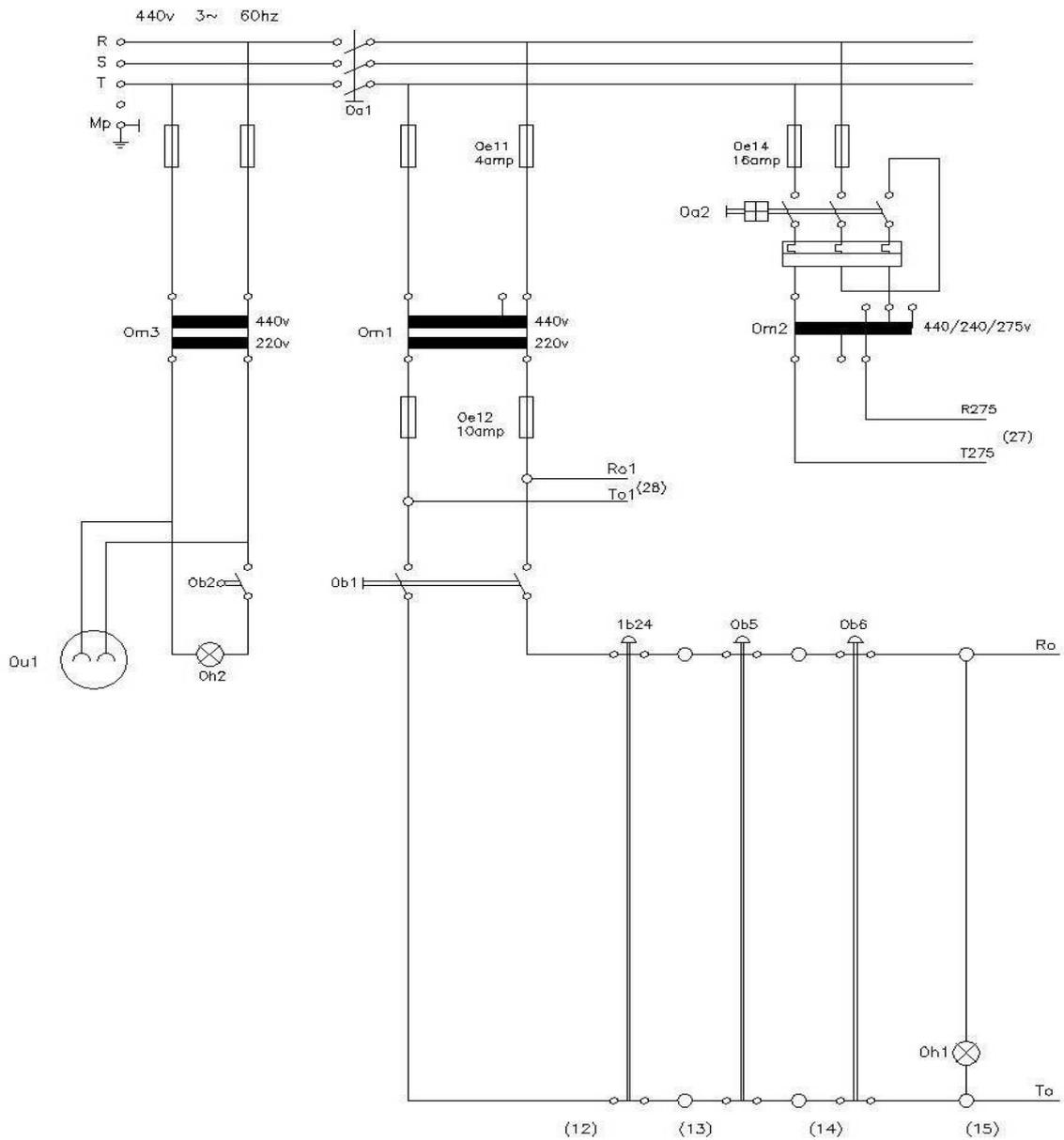
Señal taquimétrica que da la reacción de velocidad a la regulación, y va acoplada al eje del motor mediante uniones fijas. En nuestro caso el tacómetro va montado en el ultimo motor, se ilustra en la pagina 58 que corresponde al capitulo 4, hoja 8/8 del diagrama eléctrico.

Figura 27. Diagrama de bloques de convertidor Typact.

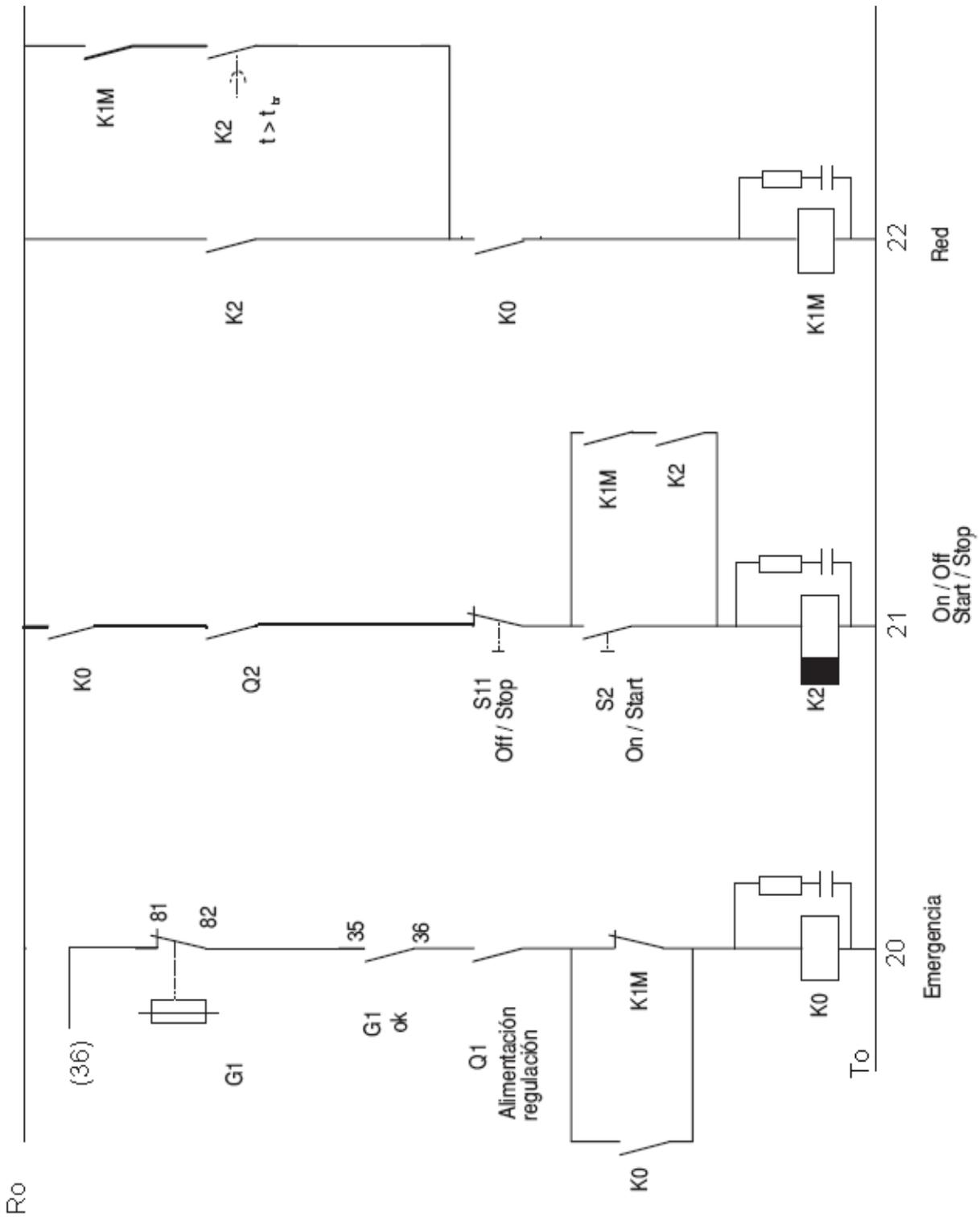


4. DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE CONTROL

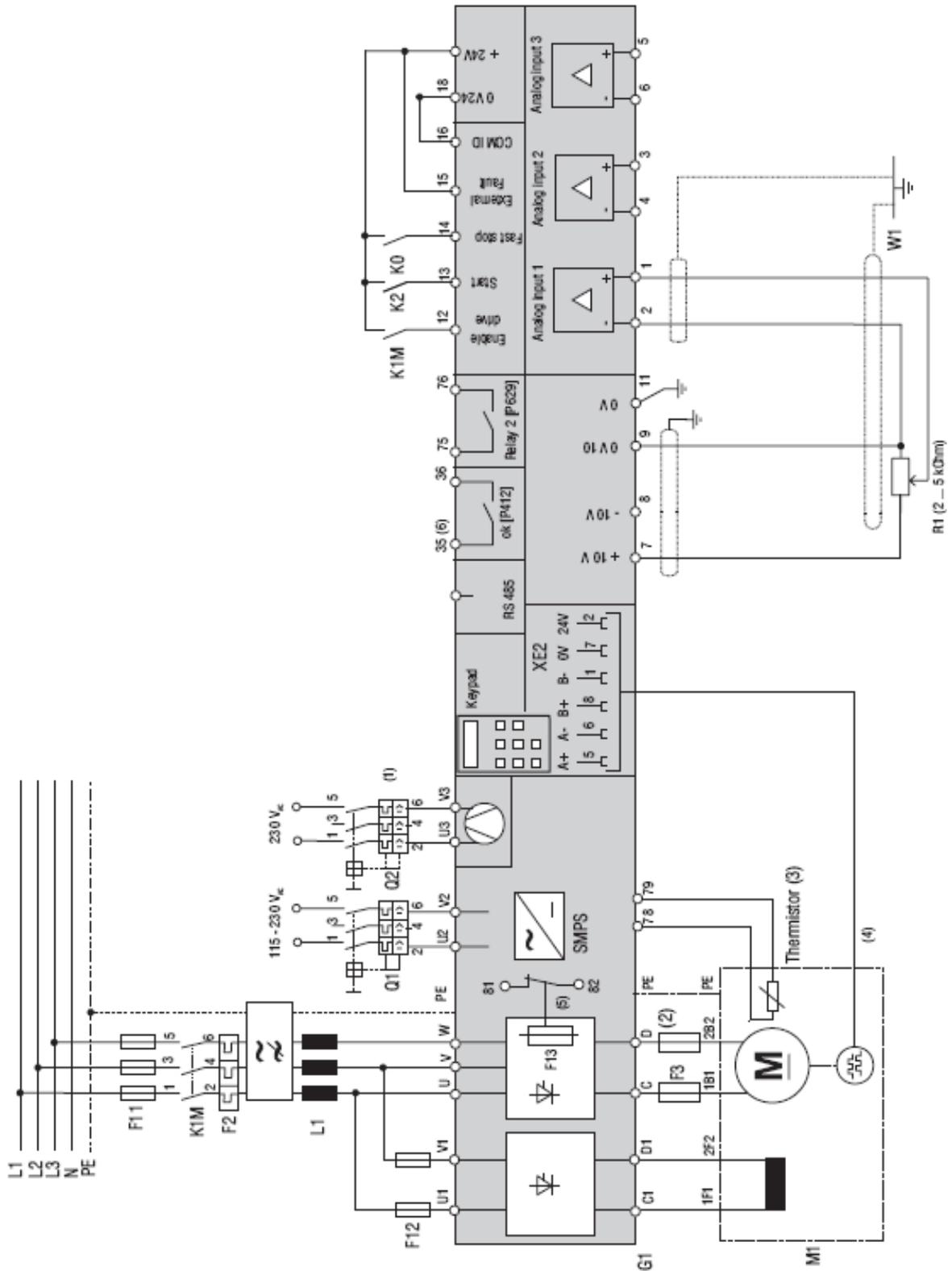
4.1. Figura 28. Diagrama eléctrico general con sistema innovado.



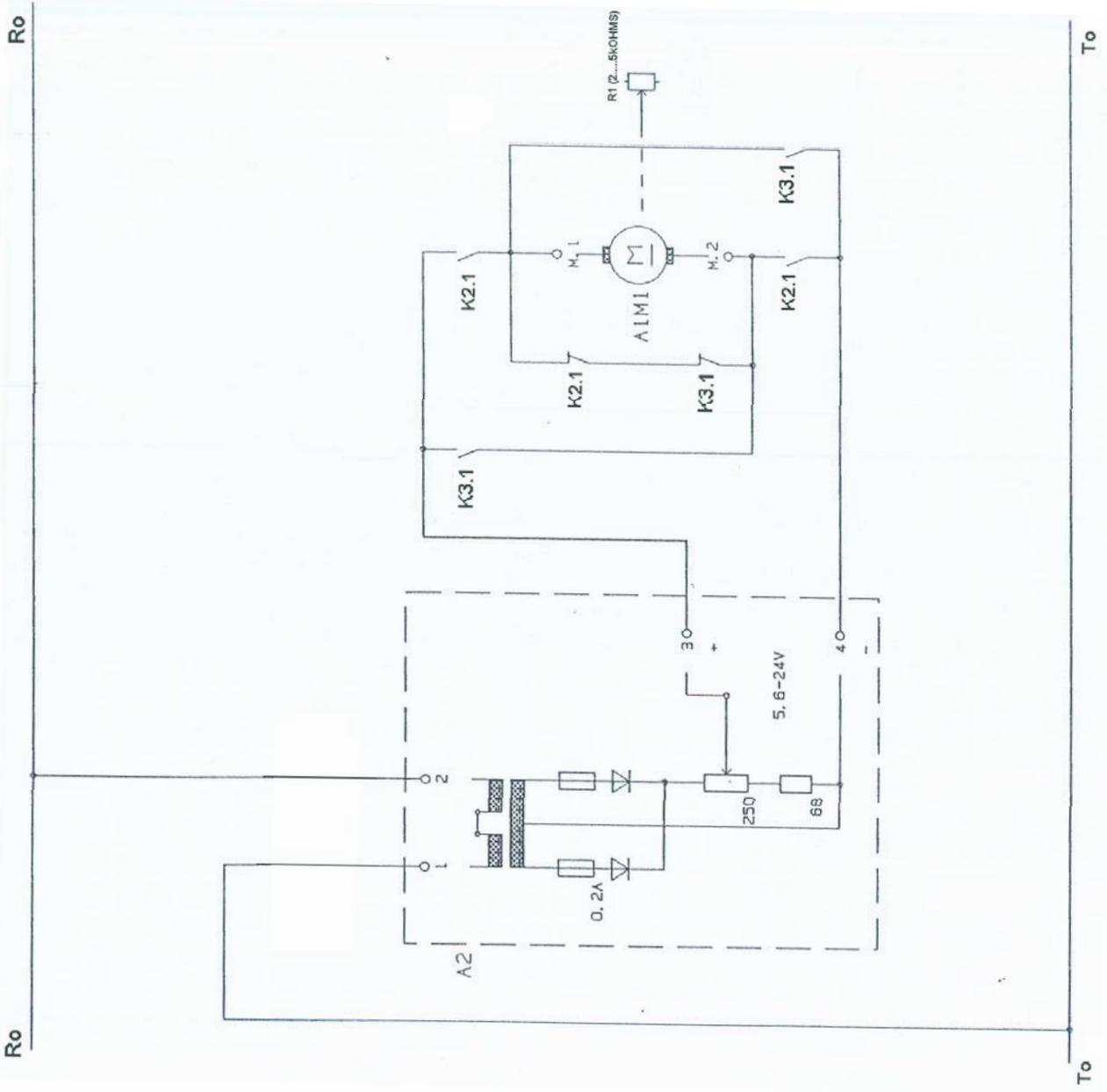
A 4112 - 4955.77 HOJA 1/8



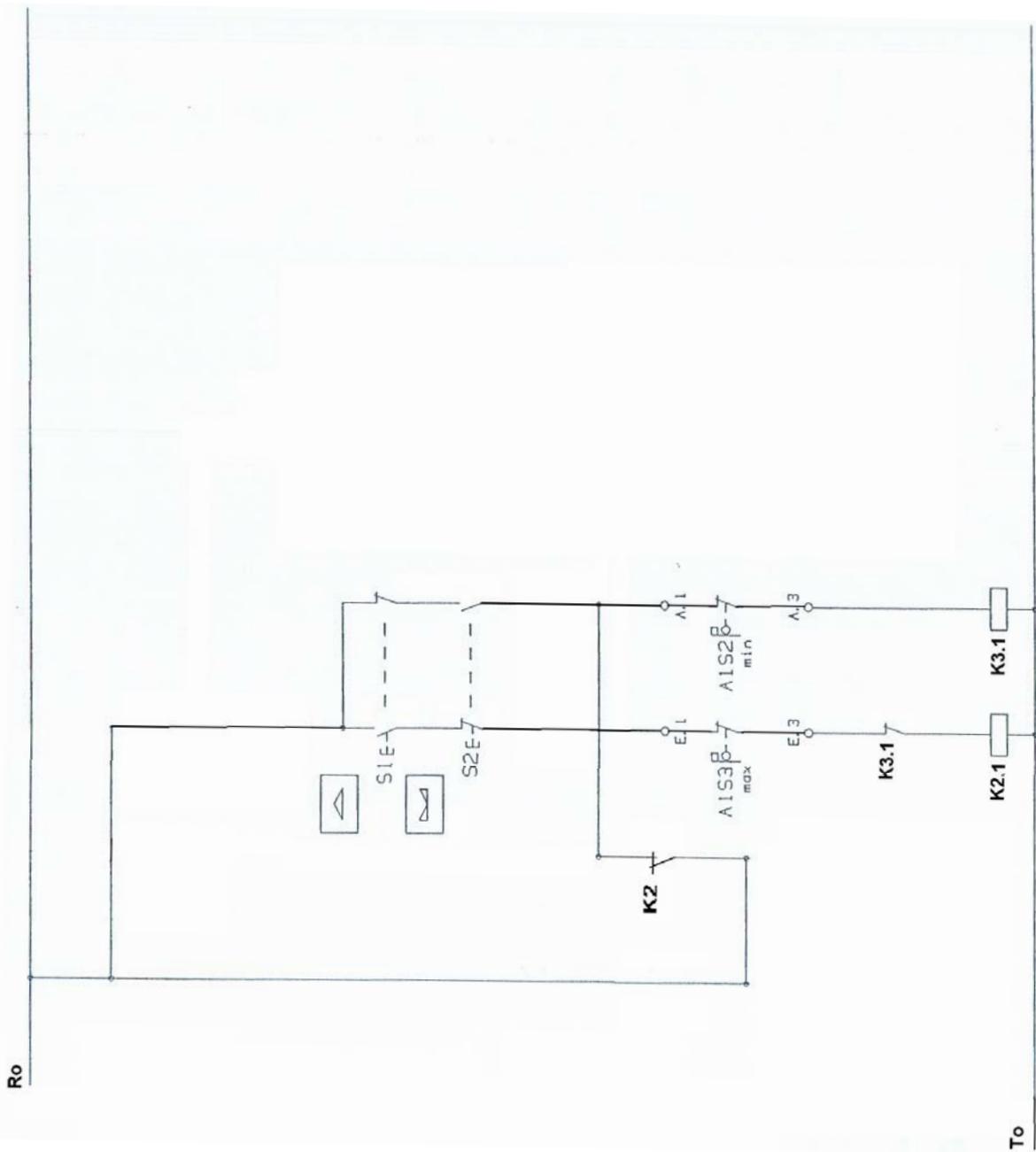
A 4112 - 4955.77 HOJA 2/8



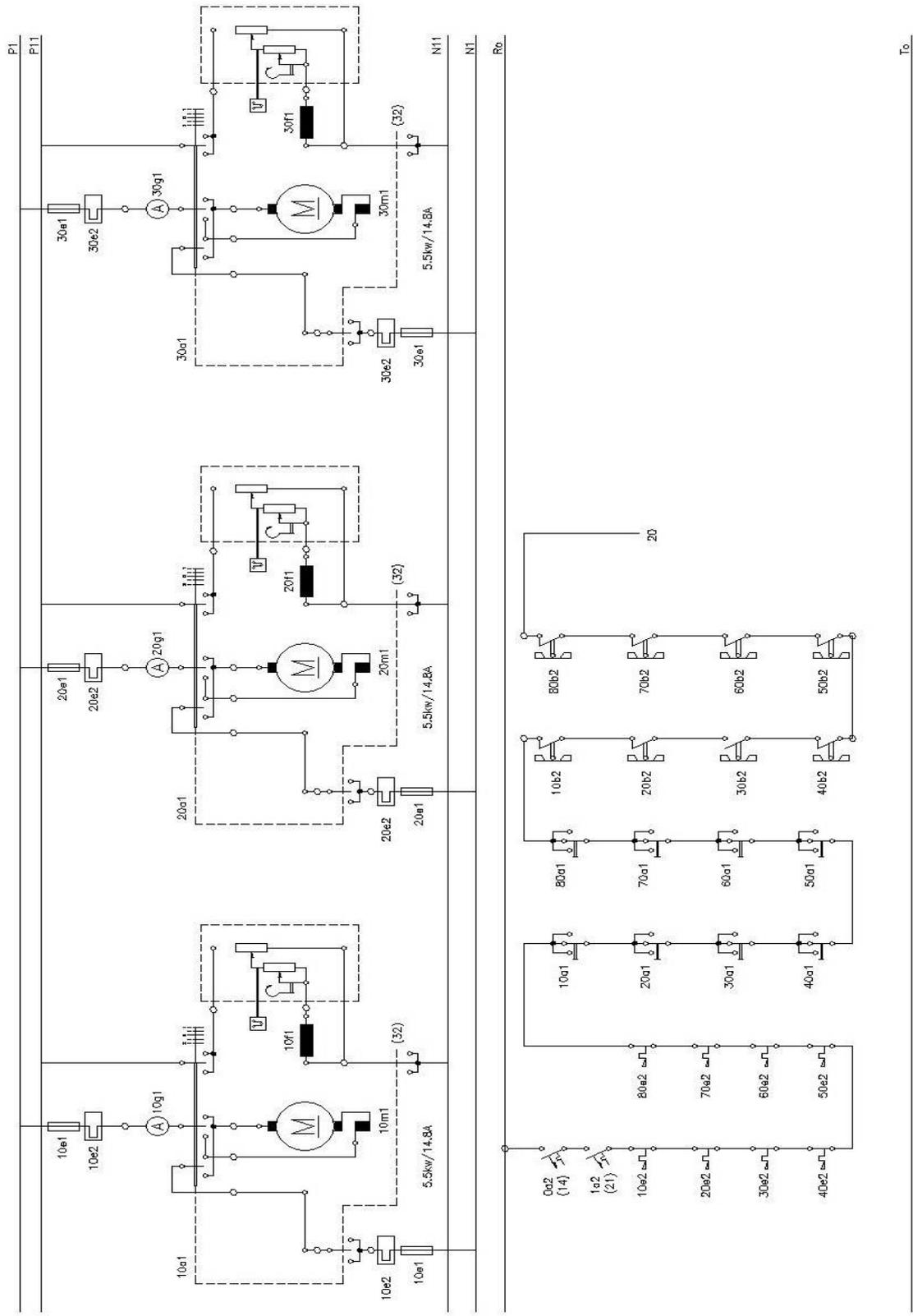
A 4112 - 4955.77 HOJA 3/8



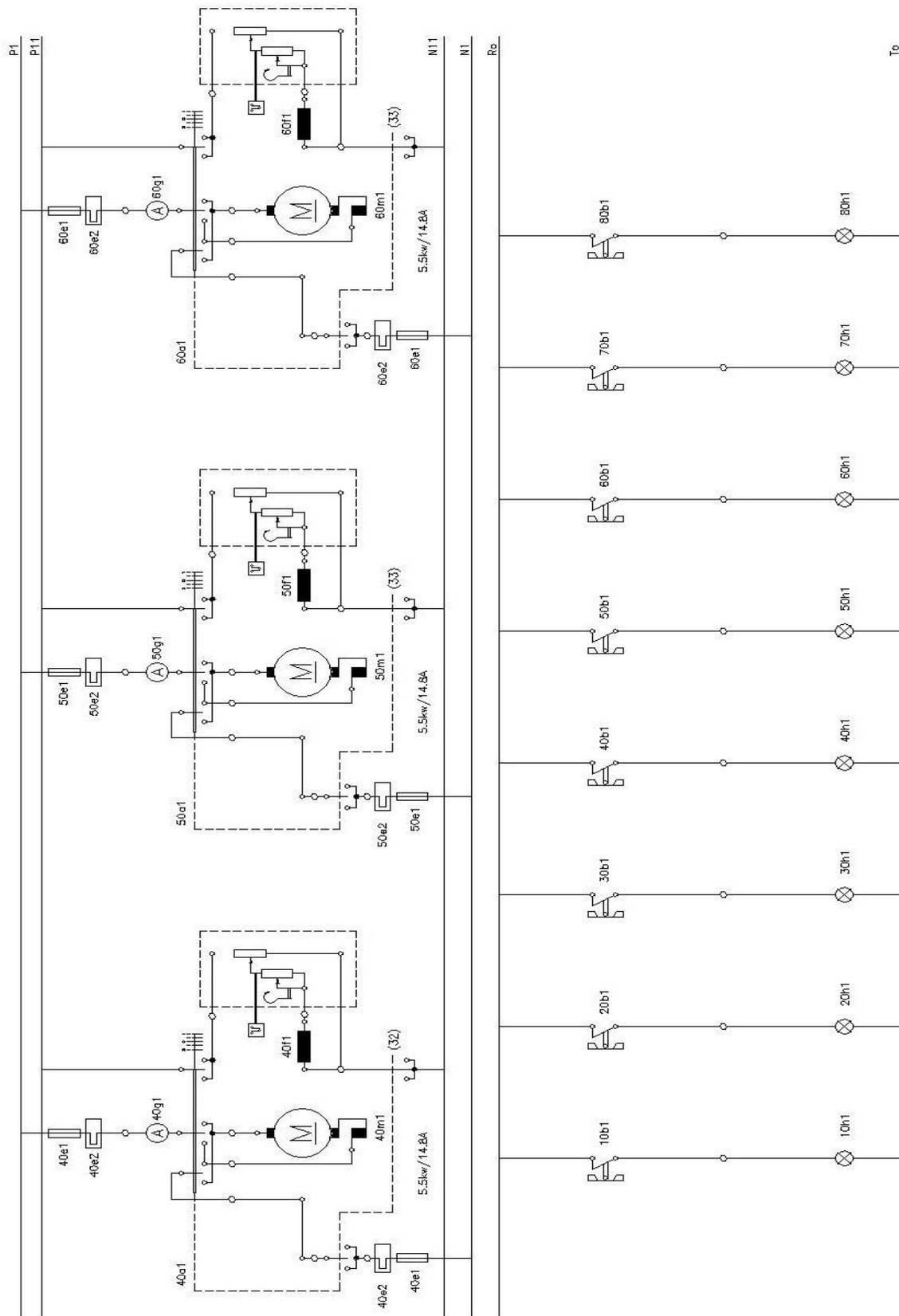
A 4112 - 4955.77 HOJA 4/8



A 4112 - 4955.77 HOJA 5/8



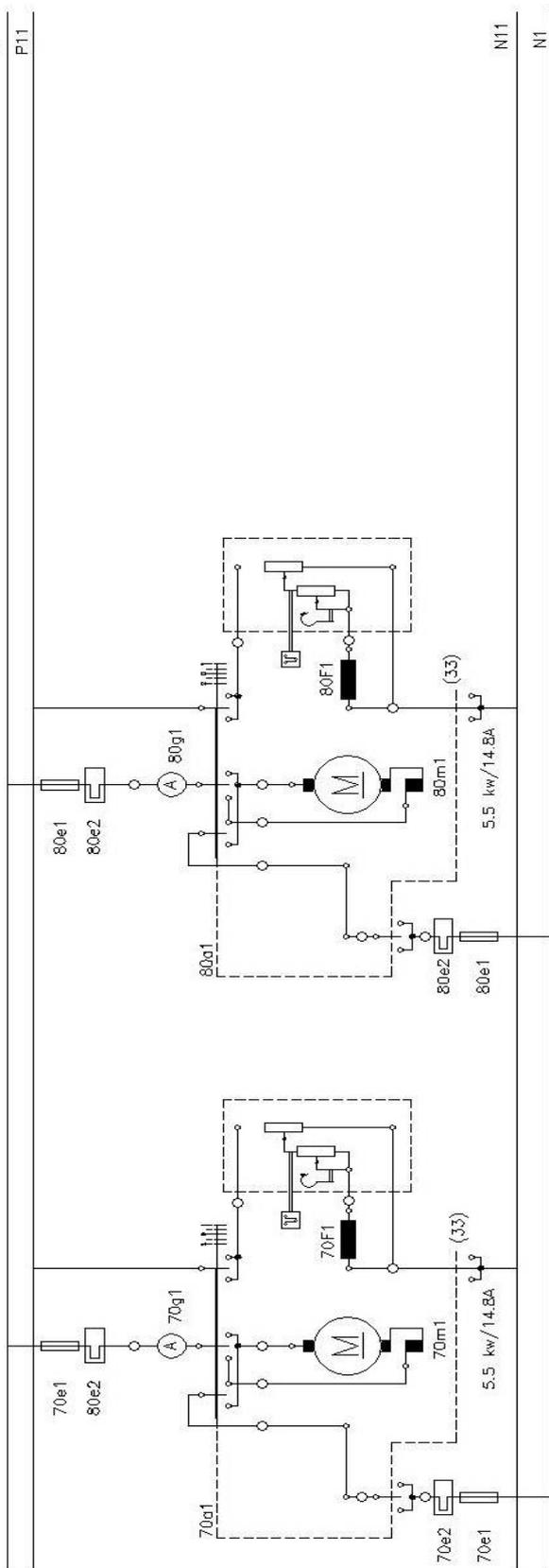
A 4112 - 4955.77 HOJA 6/8



A 4112 - 4955.77 HOJA 7/8

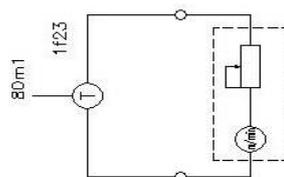
P1

P11



N11

N1



A 4112 - 4955.77 HOJA 8/8

4.2 Análisis del funcionamiento

Página 1/8. En el diagrama se observa la línea de mando (Ro-To), protegido por los paros de emergencia, y para la alimentación del voltaje de campo se utilizarán las líneas R275, T275 que son las que principian generando este voltaje.

Página 2/8. Es el nuevo sistema para poner en arranque o paro al convertidor. La línea de protección (36) que se realiza en la página 6/8 inicia el control para que el contactor Ko sea activado, antes pasa por un fusible interno de protección del convertidor (G1) y por el contacto 35,36 del convertidor en señal de buen estado. Si Ko esta magnetizado con el pulsador S2 se da la señal de marcha magnetizando K2 y se cierra el puente entre 13-19 del convertidor, logrando el desbloqueo de la regulación. Prácticamente al magnetizarse K2 se magnetiza el contactor K1M, el cual cierra los puntos del convertidor entre 12-19 y se logra el desbloqueo central del convertidor. Para dar señal de paro basta con oprimir S11 (Stop) para anular todos los contactos que permiten poner en marcha el convertidor.

Página 3/8. Se ilustra el diagrama de puntos de conexión del convertidor TYPACT TDP32, al dar la señal de marcha en el convertidor, se genera el voltaje de armadura entre C y D. Que variará de 0...400VDC, en estos puntos se conectaran en paralelo, las armaduras de los ocho motores.

La variación de velocidad se logra aumentando la señal de referencia de 0...10Vdc, en los puntos 2,9 (Ov), 1(cursor R1). Conforme se aumenta este voltaje de referencia variando el valor ohmico del potenciómetro, el voltaje entre C y D irá aumentando de 0...400VDC, y como vimos anteriormente el voltaje de armadura es proporcional a la velocidad el motor. Con este sistema el operador tendrá que variar la velocidad moviendo el potenciómetro en dirección horaria para aumentar velocidad y en dirección anti-horaria para disminuir velocidad.

Página 4/8. Como el objetivo es no variar el sistema operativo de la máquina, aquí se muestra el diagrama eléctrico de un servo potenciómetro de

24VDC (A1M1), con el contactor K3.1 el motor gira a la derecha y mueve el potenciómetro, haciendo variar la referencia, aumentando velocidad de la máquina y al accionar K2.1 el motor gira hacia la izquierda y mueve el potenciómetro a menor referencia, disminuyendo así la velocidad de la máquina. La tarjeta A2 es una fuente de 220Vac a 24Vdc, que es la que alimenta al motor (A1M1). Ver fotografía 29.

Figura 29. Servo potenciómetro A1M1 con su fuente de voltaje A2.

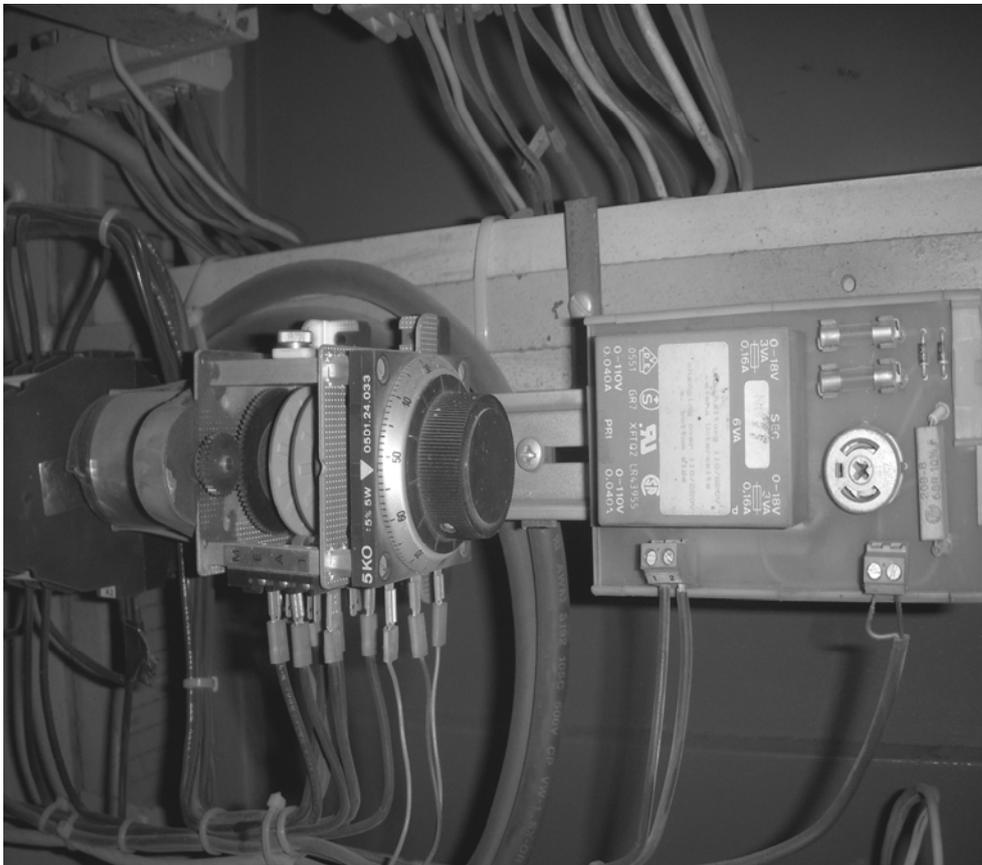
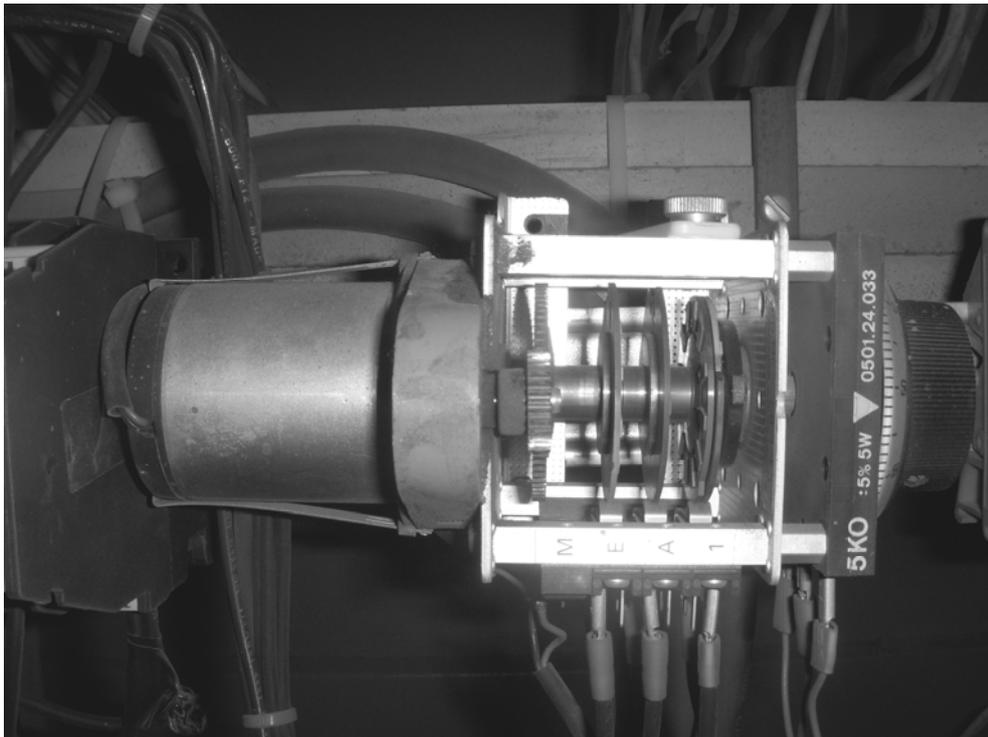


Figura 30. Vista de las levas del servo potenciómetro que activan los interruptores A1S3, A1S2.



Página 5/8. El diseño eléctrico muestra que, cuando el operador oprima S1 activa K2.1 aumentando velocidad hasta un punto máximo (85m/min.) protegido por el interruptor A1S3. Para disminuir velocidad se oprime S2 activando el contactor K3.1 disminuyendo así la velocidad del sistema motriz, hasta un punto mínimo (10m/min.) protegido por un interruptor A1S2, estos interruptores se activan por unas levas que lleva el motor (A1M1) en su eje (Fotografía 30). El contacto normal cerrado que pertenece al contactor K2 (pag. 5/8), sirve para que en el momento que la máquina este trabajando y hay necesidad de un paro normal o de emergencia, el contactor K2 (pag.2/8) se desmagnetiza y se cierra el contacto (23,24) de K2 provocando que se magnetice K3.1 llevando el motorcito a su posición de velocidad inicial (10m/min.) hasta que lo desactiva el interruptor A1S2.

Con esto lo que se logra es: cuando exista la próxima puesta en marcha lo haga a velocidad de arranque (10m/min.), y se vaya aumentando velocidad conforme el operador lo va requiriendo. En el sistema de levas que posee el servo potenciómetro se puede calibrar para que la posición máxima desconecte a 85 m/min.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

La empresa textil cotizó una máquina nueva; pero el costo de la misma es cinco veces mayor al costo total de los años de operación en efectivo, que posee la máquina lavadora actual. Pero se tiene la necesidad de hacer más eficiente la máquina y de analizar si es rentable la inversión que se desea hacer, modificando el sistema que gobierna la velocidad de la máquina.

Para este análisis económico se hará con el método del retorno sobre la inversión, es un método de valuación confiable que compara los beneficios netos de un proyecto contra sus gastos totales. Sus siglas son ROI (que es abreviatura en inglés: return on investment).

Hay algunos factores se tienen que tomar en cuenta tales como:

a) La vida útil de la máquina:

Cabe mencionar que la máquina es de manufacturación alemana de la compañía Kleinewefers que su año de construcción es de 1,995 teniendo una vida útil de 30 años, de los cuáles ya lleva 14 años de producción. Así que la empresa desea invertir en una máquina que en términos generales esta en buen estado y que sea modificado el sistema que presenta problemas en la máquina para que esta desempeñe con eficiencia su funcionalidad.

b) Longitud de vida del proyecto:

Si el proyecto llega a exceder un período demasiado largo las metas fijadas en la producción se verán afectadas. Los encargados de planta tiene que planificar el tiempo que durará la modificación, el cual se tiene que hacer tomando en cuenta que podría hacerse en una etapa de la producción en donde no es alta y las metas de producción están adelantadas o en un período en el cual la producción de la compañía se encuentra en receso o vacaciones.

Se hará un análisis desde el punto de vista de la producción de tela, tomando en cuenta la velocidad de trabajo actual de la máquina y la velocidad de la máquina modificada.

Estimando 290 días por año de trabajo productivo.

Velocidad a 50m/min.

Producción por hora	3,000.00 metros lineales
Producción por día	72,000.00 metros lineales
Producción por año	20, 880,000.00 metros lineales

Velocidad a 85m/min.

Producción por hora	5,100.00 metros lineales
Producción por día	122,400.00 metros lineales
Producción por año	35, 496,000.00 metros lineales

Diferencia / año = 14, 616,000.00 metros lineales

La máquina labora aproximadamente 290 días al año, innovando la máquina para que trabaje a una velocidad de 85m/min. esta producirá más de 14,000,000.00 metros de tela lineal por año. Y se utilizan las mismas cantidades de formulación para las dos velocidades.

Otro de los puntos importantes es también el período llamado tiempo perdido que es cuando hay metas de producción que cumplir y no se llevan a cabo debido a un tiempo de mantenimiento no planificado. En el sistema actual de velocidad se presentan tiempos de mantenimiento no planificado en donde hay piezas que se han dañado como por ejemplo la pieza mecánica del sistema motriz que mueve los carbones, en el cual se ha tenido que llevar a trabajar a un taller de torno la pieza y este mantenimiento se ha prolongado, afectando directamente la producción. Y la pérdida que se esta generando respecto al personal operativo de la máquina.

La fórmula aritmética del retorno de la inversión es:

$$\text{ROI} = \text{Renta neta} / \text{Valor contable de los activos.}$$

La inversión que se requiere asciende a un valor de Q70,000.00, adjuntamos en el estudio la cotización del convertidor figura 31, con un valor de Q55,800.00 y el resto que es Q14,200.00 que consiste en el costo de mano de obra y materiales a utilizarse para la instalación del convertidor (tornillos, terminales, servo potenciómetro, fusibles, portafusibles, etc.)

A continuación se hará una lista del gasto económico de cada uno de los repuestos, materiales y equipo utilizados en el mantenimiento del actual sistema de control de velocidad. Se tiene un estimado aproximado que el mantenimiento que requiere el autotransformador es de veinticuatro veces por año.

Materiales	Precio/año
Lija No. 350	Q. 144.00
Dieléctrico	Q. 3,600.00
Desengrasante	Q. 2,160.00
Porta carbones	Q. 900.00
Carbones	Q. 16,200.00
Mano de obra	Q. 7,200.00
Repuestos (tornillos, resortes)	<u>Q. 180.00</u>
	Q. 38,484.00

$$\text{Retorno de la inversión} = \frac{\text{Q. 70,000.00}}{\text{Q. 38,484.00}} = 1.81 \text{ Años}$$

En la economía actual se estima que para que un retorno de inversión sea rentable tiene que tener un período menor de los cinco años. Tomando en cuenta factores como los que vimos anteriormente. Este proyecto resulta que el retorno de la inversión será en un período de aproximadamente 2 años, lo que lo hace ser un proyecto rentable para la empresa. Estos dos años en que se retorna la inversión están dentro del período de la vida útil de la máquina, asumiendo que cuando esto sea la máquina le quedarán 16 años de vida útil de los 30 que tiene. Con esto se logra innovar tecnológicamente la máquina sobre la base de la modificación que se realizó en el sistema que presentaba problemas técnicos y que afectaban en la línea de producción.

Figura 31. Cotización del convertidor Typact.

SU REF	SU CARTA	N REF	FECHA
		MYQ-1440	2009-07-01

COTIZACION

Cliente: Rodrigo Juárez

Atención: Rodrigo Juárez

Modelo: TYPACT / Alemania

Cant	Descripción	P/Unidad	P/TOTAL
1	Convertidor tipo TPD32-500/600-140-2B, input 500VAC, output 600VDC, 140A.	55,800.00	55,800.00
	TOTAL		Q55,800.00

El precio se entiende neto por unidad sin descuento, puesto en plaza, incluyendo flete aéreo, impuestos, gastos de importación, e IVA. El precio cotizado es por la cantidad ofertada.

Tiempo de entrega estimado: 6 a 8 semanas por no ser producto de stock.

Pedido: Requerimos de ustedes una orden de compra formal e irrevocable por escrito. No se aceptan cambios ni devoluciones en pedidos de importación.

Validez de esta cotización: 30 días.

En espera de sus gratas noticias y servirles como ustedes lo merecen, aprovechamos la oportunidad para saludarles, muy atentamente,

TYPACT / Alemania
 Depto. Importaciones

ALMACEN	CORREO

CONCLUSIONES

1. La función de un convertidor AC/DC, es la de transformar corriente alterna a corriente continua y poder variar el voltaje de salida.
2. El deterioro en el autotransformador, provoca pérdidas en la producción de la máquina y gastos en el mantenimiento correctivo aunado a la dificultad de encontrar en el mercado piezas de repuesto para el mecanismo.
3. Al innovar el sistema de control de velocidad se optimiza el rendimiento de la máquina.
4. Existen varios métodos de cómo variar la velocidad en los motores de corriente continua, sin embargo el más utilizado es el de variar el voltaje de armadura, por su funcionalidad.
5. La innovación del sistema de velocidad resulta ser rentable a la empresa, ya que el período del retorno de la inversión está dentro del tiempo determinado de rentabilidad.
6. Al someterse una máquina en un proceso de innovación, puede obtenerse el mismo tiempo de producción que desarrollaría una máquina nueva, evitando así un gasto innecesario.
7. Modificar el sistema de control de velocidad proporciona una alternativa adecuada para minimizar el período de mantenimiento.

8. El sistema operativo no sufre cambios, por lo que el operador mantendrá las mismas características de operación.
9. La innovación técnica en la maquinaria, proporciona una alternativa adecuada para las empresas que no puedan invertir en la adquisición de maquinaria nueva.
10. Tomando en cuenta que la vida útil de la máquina está dentro de su período de servicio, y haciendo el análisis de los gastos económicos que se tienen con el actual control de velocidad, tanto desde el punto de vista de producción como el de mantenimiento. Es necesario hacer una inversión en la cual se estima que el costo a utilizar tendrá un período de retorno dentro de las condiciones que lo hace ser una buena inversión, logrando que la máquina lavadora no pierda su funcionalidad y se mantenga en óptimas condiciones.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar un estudio de ubicación física del convertidor, dentro del gabinete eléctrico, tratando de mover la menor cantidad de dispositivos eléctricos, aunque se puede aprovechar el espacio del auto transformador.
2. En el momento de retirar el auto transformador, se tiene que tener el cuidado de codificar los cables a desconectar y hacer las notificaciones en el diagrama eléctrico.
3. En el momento de haber interconectado el convertidor con el sistema, como lo indica el nuevo diagrama eléctrico, se debe realizar una a pequeña prueba en vacío, quiere decir sin tener un motor en estado de arranque, y poner en marcha el convertidor para medir con un voltímetro si realiza la variación de 0– 400 VDC, variando la señal de entrada de referencia.
4. Aunque el sistema operativo no se varió, realizar con el operador pruebas del proceso de lavado, antes de que entre a línea de producción.
5. Los encargados de mantenimiento de las diferentes industrias, se les sugiere hacer un estudio en donde se determine que maquinaria se necesita que sean innovadas para que la producción sea eficiente y evitar que se haga un gasto de capital elevado en adquirir maquinaria nueva.

REFERENCIAS

1. Benninger Lavadora Textil. **Diagrama eléctrico.**
No. 5153. Kom. No. A012 8530147.
2. Enciclopedia Libre. **Motores de corriente continua.**
Página de Internet.
<http://www.wikipedia.org>. (Mayo 2009)
3. Manual de Instrucciones. **TYPACT TPD 32**
4. Kleinewefers Máquina Textil. **Diagrama eléctrico.**
AEG-Telefunken. Kom. No. E 4112 – 4955.661.
5. Wikiciencia. **Motores de corriente continua.**
Página de Internet.
<http://www.wikiciencia.org/motores-cc>. (Mayo 2009)

BIBLIOGRAFÍA

1. AEG. **Manual de instalaciones eléctricas.**
Berlín: Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft. 1989.
2. Blank, Leland y Anthony Tarquín. **Ingeniería económica**, quinta edición.
México: Editorial McGraw-Hill. 2002.
3. Chapman, Stephen. **Máquinas eléctricas**, segunda edición.
México: Editorial McGraw-Hill. 1995.
4. **Diccionario ingeniería eléctrica y electrónica.** Tomo I y II.
México: Editorial McGraw-Hill. 1990.
5. Fink, Donald y Wayne Beaty. **Manual de ingeniería eléctrica** Tomo II.
México: Editorial McGraw-Hill. 1996.
6. Fitzgerald, A.E. y Alexander Kusko. **Teoría y análisis de las máquinas eléctricas**, segunda edición.
España: Editorial Hispano Europea. 1980