Nico.

UPS

Teórico #1:

A) Clasificacion on y off line.
B) Distintos modos de funcionamiento.
C) Transformador simetrico (sintetico).
D) Carga y descaga de la bateria.
E) Criterio del Factor de Potencia.
F) Diagrama en bloques del UPS monofasico.

Práctico #1:

A) Vin= Vout = 380 Vrms con neutro SPWM
B) Trafo del lado de alta tension.
C) SOA.
D) Snubber.
E) Proteccion sobrecorriente.
F) EMI RFI
G) Analisis del MA ¿???

Práctico #2:

A) Diseño de uninversor trifasico para ser aplicado a un UPS de 50 Kw con las siguientes características:

Vin = 380 Vrms con neutro
Vout = 380 Vrms con neutro
Con aislasion

B) Seleccionar el dispositivo de potencia adecuada. Justificar.
C) Utilizar SPWN.
D) Criterio de selección de mf y ma.
E) Criterios de utilización de filtros de salida.
F) Calculos del transformador de aislasion
G) Frecuencia de enganche en fase con la red.
H) Si es aplicable, red de ayuda al apagado.
I) SOA y drive de base.
J) Arranque suave, proteccion sobrecorriente.
K) Incluir filtro EMI/RFI

Motores de CA

Teórico #1:

A) Parámetros eléctricos (V - Φ - I - etc.).
B) Modelo de ecuaciones de motor de inducción, perdidas etc.
C) Control por deslizamiento - concepto. → Sincrono
D) Control escalar - Diagrama en bloques.
E) Control por variación de frecuencia de estator - completo.
F) Control vectorial - concepto.

Teórico #2:

A) Control de CA con modulacion SVPWM.
B) Con control so falla ua fase.
C) Proteccion por sobrecorriente.
D) Todas las variaciones de velocidad por metodos escalares (conceptual)y por metodos vectoriales (a desarrollar).

Práctico #1:

A) Diseño del control escalar V/Hz por SVPWM de un motor de inducción. Rectificador trifásico 380V con neutro.
B) SOA
C) Protección contra sobrecorriente.
D) Protección de fallas de alimentación. Desventajas.
E) Si es aplicable Snubber
F) Driver del Inversor.

RENDIMIENTO:

$P_{in} = P_S + P_{JS} + P_{FeS}$

P_S = POTENCIA ENTREGADA POR EL ESTATOR AL ROTOR

P_{JS} = PERDIDAS POR HISTERESIS Y FOUCAULT

P_{FeS} = PERDIDAS EN EL HIERRO DEL ESTATOR.

$P_S = T_m \omega_1$

$P_M = T_m \omega_M$

PERDIDAS TOTALES.

$P_{PERD} = T_m(\omega_1 - \omega_m) = T_m S \omega_1$

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{in}} = \frac{P_M - P_{SIN\ CARGA}}{P_S + P_{JS} + P_{FeS}}$$

COMO $P_{SIN\ CARGA}$, P_{JS}, $P_{FeS} = 0$

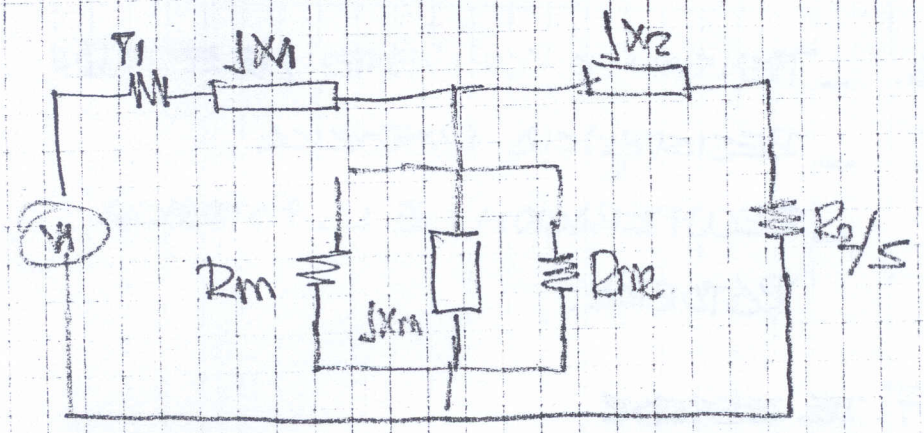
$$\eta = \frac{P_M}{P_S} = \frac{T_m \omega_m}{T_m \omega_1} = \frac{T_m \omega_1 (1-S)}{T_m \omega_1} = 1 - S$$

VALIDO PARA $0 < S < 1$

PRUEBA 4 MOTOR DE CA 1

11:50

A) CIRCUITO EQUIVALENTE REFLEJADO AL ESTATOR



r_1: RESISTENCIA DE ESTATOR

r_2: RESISTENCIA DE ROTOR REFLEJADA AL ESTATOR

X_1: REACTANCIA DE DISPERSION DE ESTATOR

X_2 REACTANCIA DE DISPERSION DE ROTOR REFLEJADA AL ESTATOR

X_m = REACTANCIA MUTUA

R_m = RESISTENCIA EQUIVALENTE DE LAS PERDIDAS DEL ESTATOR

R_{nl} RESISTENCIA EQUIVALENTE DE LAS PERDIDAS NEGRAS SIN DESPLAZAMIENTO.

DESLIZAMIENTO: $\omega_1 - \omega_2 - \omega_m = 0$

$\omega_2 = \omega_1 - \omega_m = s\,\omega_1$

$$\omega_m = \omega_1 (1 - s)$$

ω_1 = VELOCIDAD DE CAMPO DE ESTATOR

ω_2 = VELOCIDAD DE CAMPO DE ROTOR

ω_m = VELOCIDAD MECANICA DEL ROTOR

CONTROL DE MOTOR CA

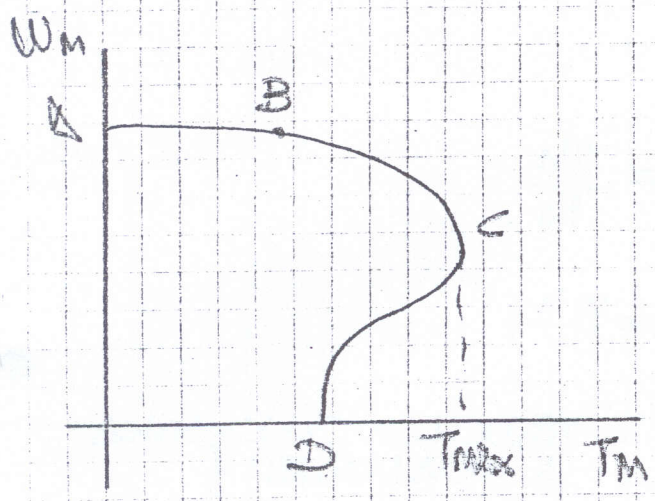
- CAMBIO DE POLOS
  - DAHLANDER
  - BOBINADOS INDEPENDIENTE.
- VARIACION DEL S.
  - TENSION O CORRIENTE DE ESTATOR
  - RESISTENCIA ROTORICA
  - RECUPERACION DE LA POTENCIA ROTORICA.
- VARIACION DE LA F DE ESTATOR
  - F MAYOR O MENOR QUE F_{nom}.
  - REGIMENES ESPECIALES.
    - V/F CTE.
    - ϕ CTE
    - I CTE
- VARIACION DEL S.

SE PASA POR LA FORMULA $\omega_m = \omega_1(1-s)$

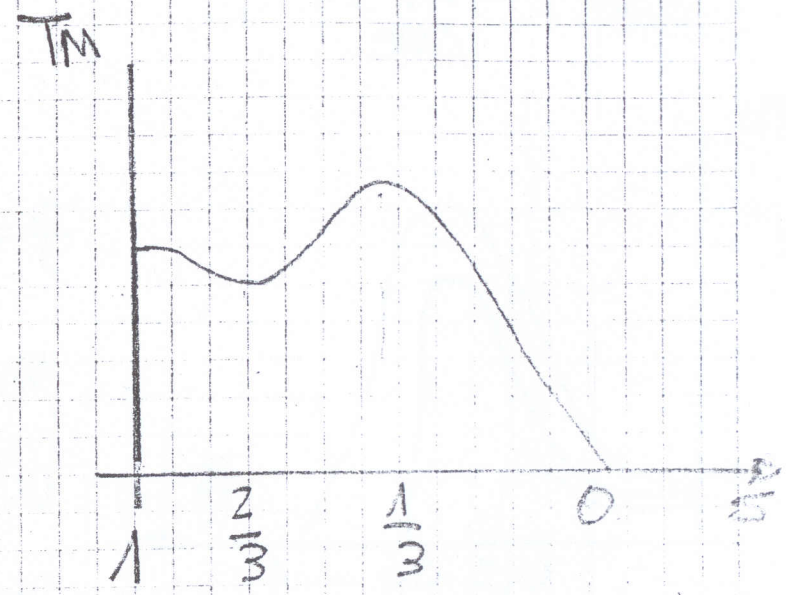
NO ES UN VERDADERO CONTROL DE VELOCIDAD YA QUE DEPENDE DE LA CARGA. EJ SIN CARGA EL MOTOR SEGUIRA GIRANDO POR MAS QUE TRATEMOS DE CONTROLAR S.

CURVAS DEL MOTOR.

PAR VELOCIDAD.



PAR - DESLIZAMIENTO.



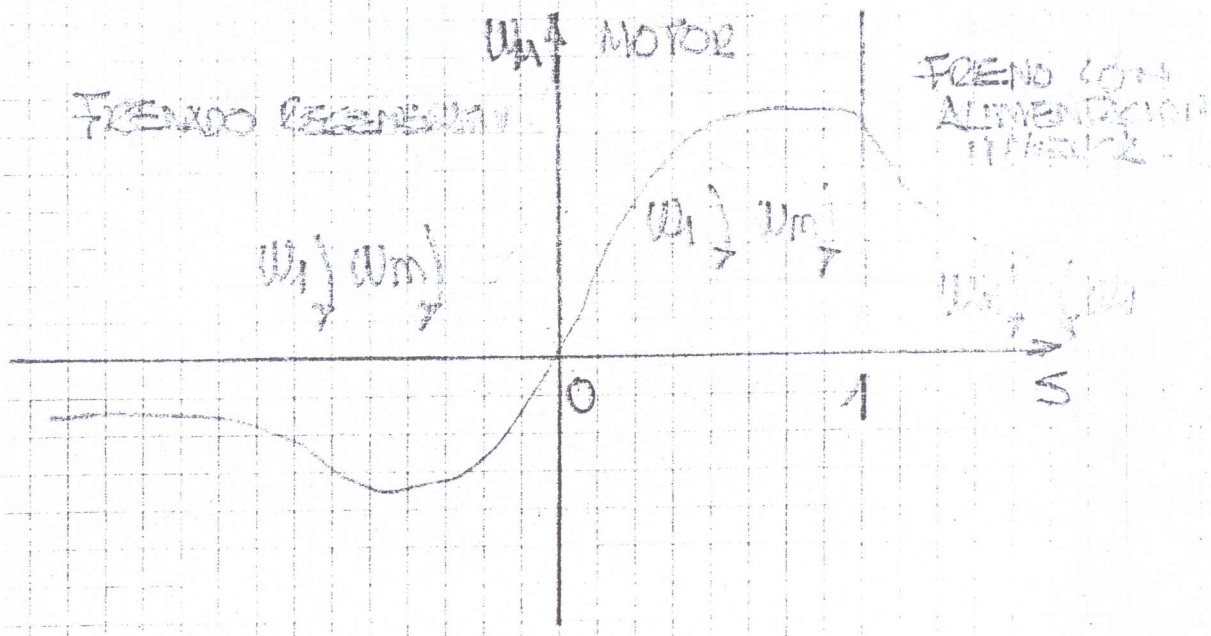
A-B - REGIMEN PERMANENTE.

B-C - FUNCIONAMIENTO ESTABLE.

C-D FUNCIONAMIENTO INESTABLE.

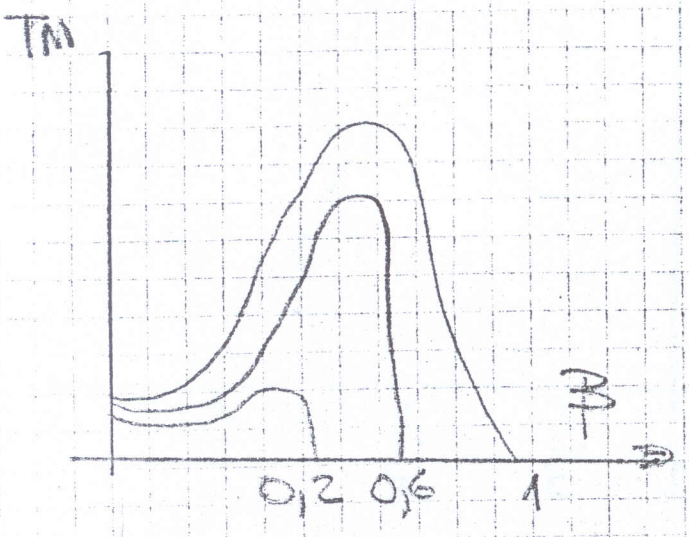
EN SOBRECARGA DESCRIBE C-D HASTA EL STALL.

DESLIZAMIENTO - VELOCIDAD.



VARIACION DE LA f DE ESTATOR

V/f CTE ... LA V_1 VARIA EN FORMA PROPORCIONAL CON f_1, PARA QUE EL FLUJO SEA APROXIMADAMENTE CTE.



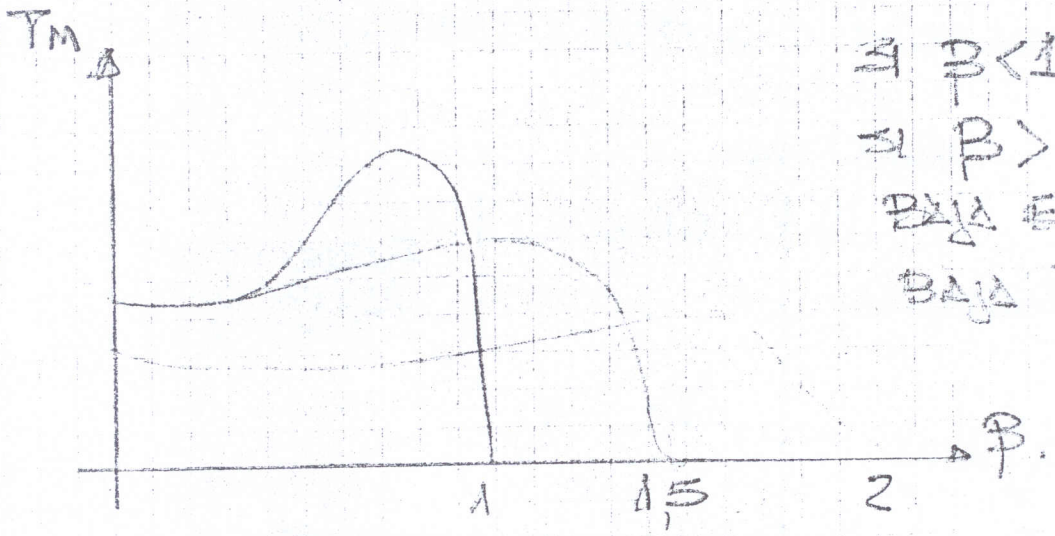
$$\beta = \frac{\omega_1}{\omega_0}$$

$\omega_1 = \beta\, \omega_0$.

ω_1 = VELOCIDAD SINCRONICA A CUALQUIER f

ω_0 = VELOCIDAD SINCRONICA BASE.

CON $\beta > 1$



SI $\beta < 1$ V/f CTE

SI $\beta > 1$ E_1 CTE

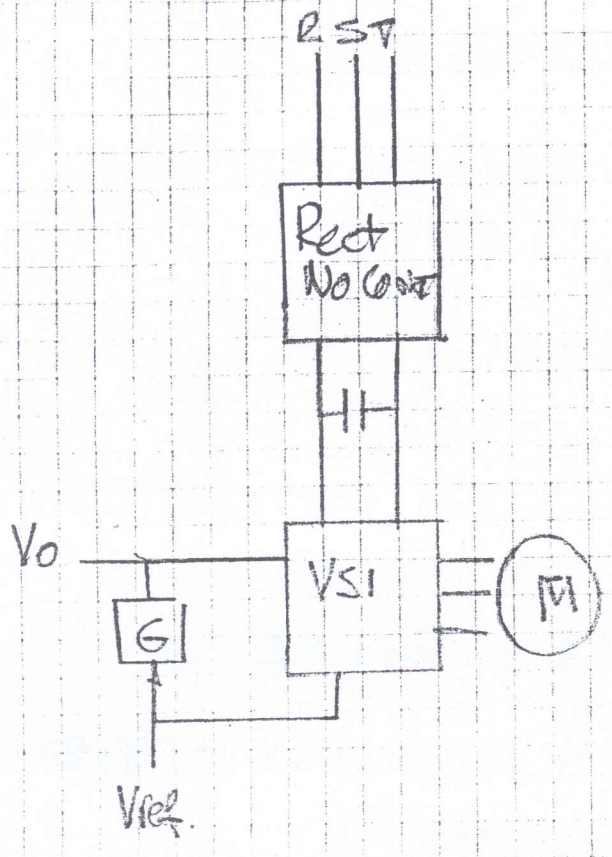
BAJA EL FLUJO

BAJA TM

CONTROL ESCALAR

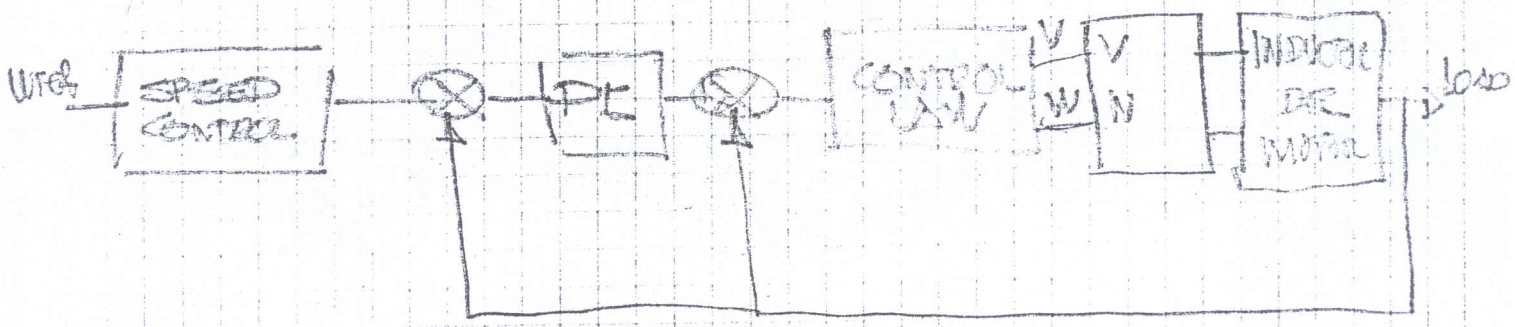
- POR V/f
- POR CORRIENTE

$\phi \propto V_s^2$



LA GANANCIA G COMANDA LA RELACION ENTRE V y F PARA MANTENER EL ϕ CTE. CUANDO f ES BAJA EL FLUJO SE DEBILITA, POR ESO SE USA Vo, LLAMADA BOOST VOLTAGE PARA MANTENER EL FLUJO.

CONTROL V/Hz LAZO CERRADO CON REG DE DESLIZAMIENTO



CONTROL VECTORIAL.

SE SUSTITUYE UN SISTEMA TRIFASICO TEMPORAL Y DEPENDIENTE DE LA VELOCIDAD POR UN SISTEMA DE EJES EN CUADRATURA (d,q) INVARIANTE EN EL TIEMPO GIRANDO A UNA VELOCIDAD ARBITRARIA Wk.

SEPARA LA CORRIENTE DE ESTATOR EN DOS COMPONENTES.

- PAR (q)
- VELOCIDAD (d)

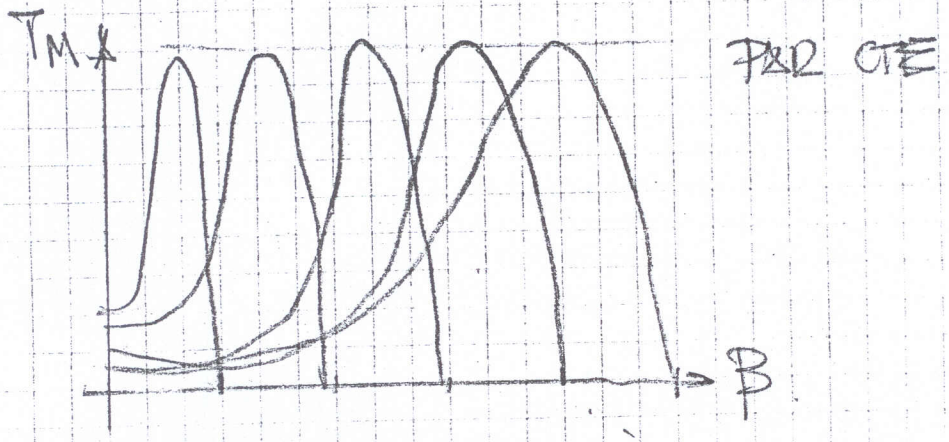
LA CLAVE DEL METODO ESTA EN CONOCER EL ANGULO DEL VECTOR DE FLUJO CON RESPECTO AL ESTATOR, ESTE ANGULO SE LO ESTIMA.

- EN RELACION A S SE MIDE LA POSICION Y LA CORRIENTE
- INTEGRANDO LA FCEM DEL ESTATOR.
- MIDIENDO V_S E I_S Y APLICANDO ALGORITMOS.

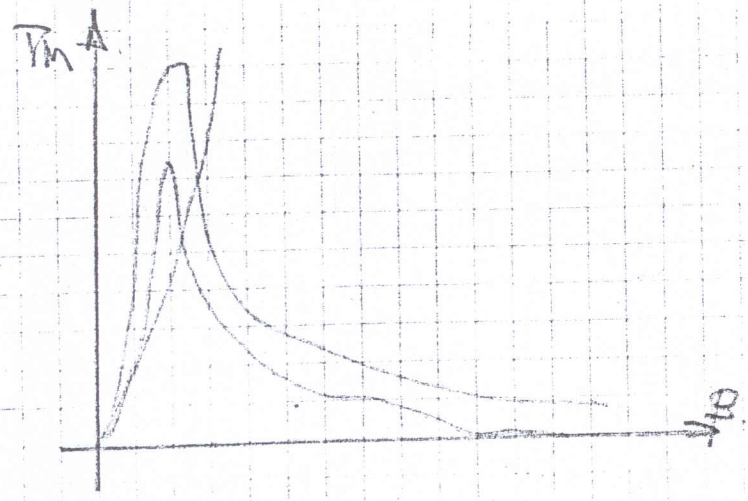
VECTORES ESPACIALES (a,b,c) $\xrightarrow{\text{CLARKE}}$ SISTEMA DE EJES EN CUADRATURA (α,β) $\xrightarrow{\text{PARK}}$ SISTEMAS DE EJES EN CUADRATURA GIRATORIO (d,q)

FLUJO CONSTANTE. SE INSERTA AL SISTEMA DE CONTROL UN CALCULADOR QUE DETERMINA E_A. EN FUNCION DE V_A Y DE LA I_A

$$E_A = V_A - (r_A + jX_s) I_A$$

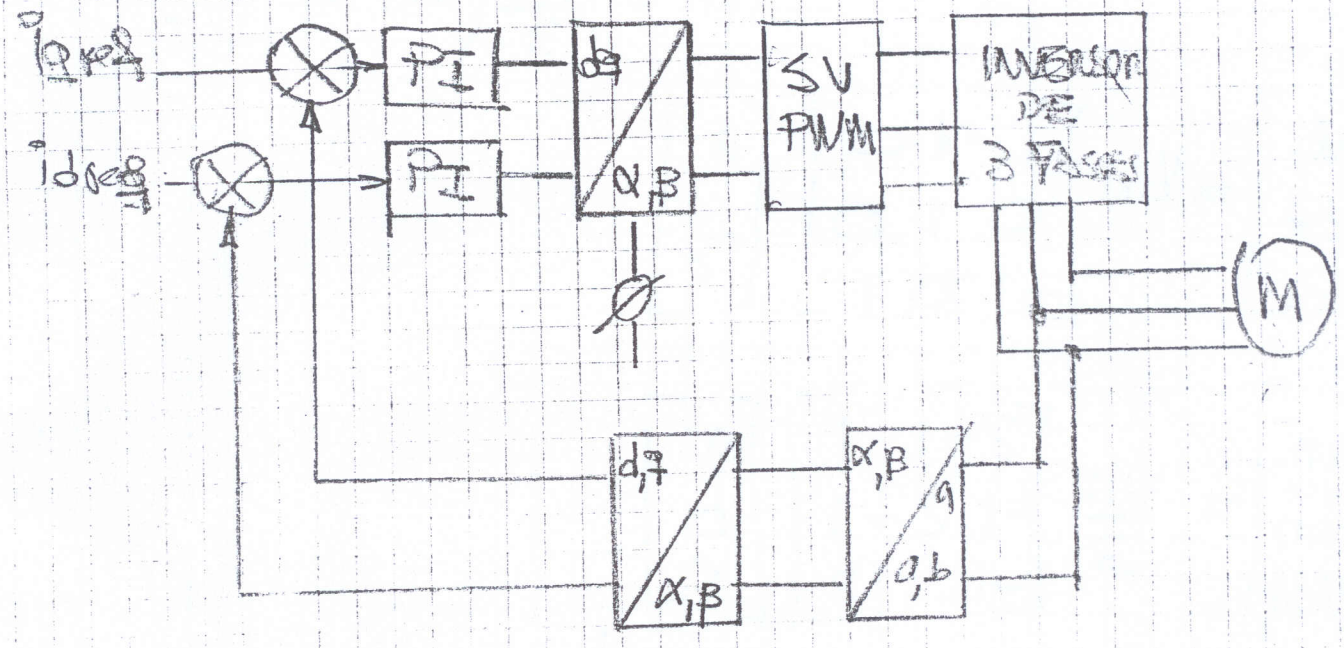


I CTE



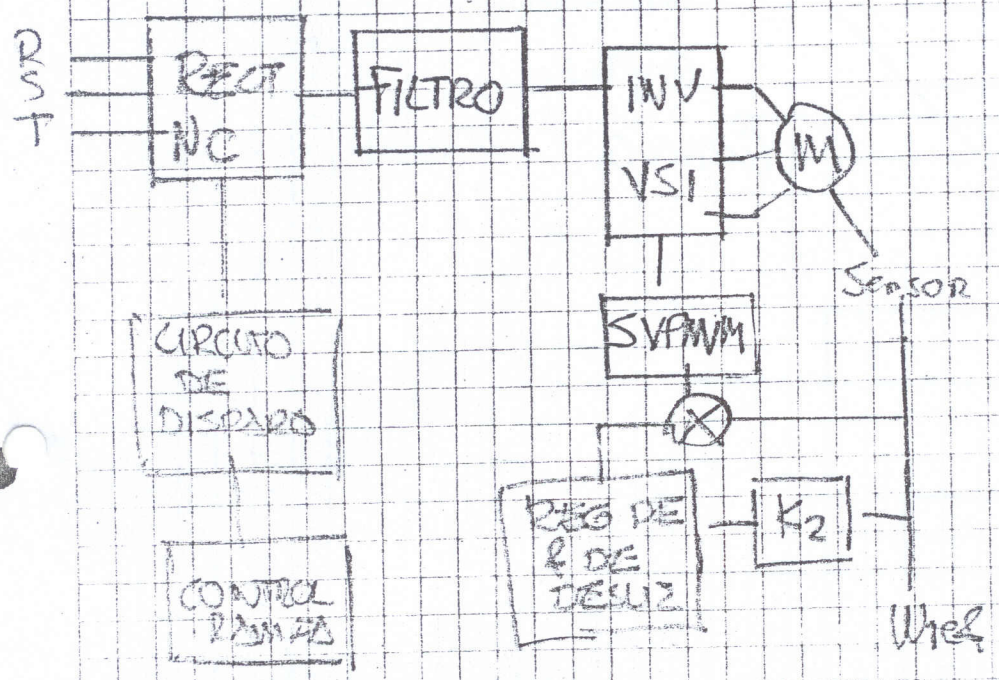
CONTROL FOC.

CONSISTE EN MEDIR DOS CORRIENTES DEL MOTOR TRANSFORMAR A α y β Y LUEGO A EJES DE COORDENADAS GIRATORIAS (d,q).

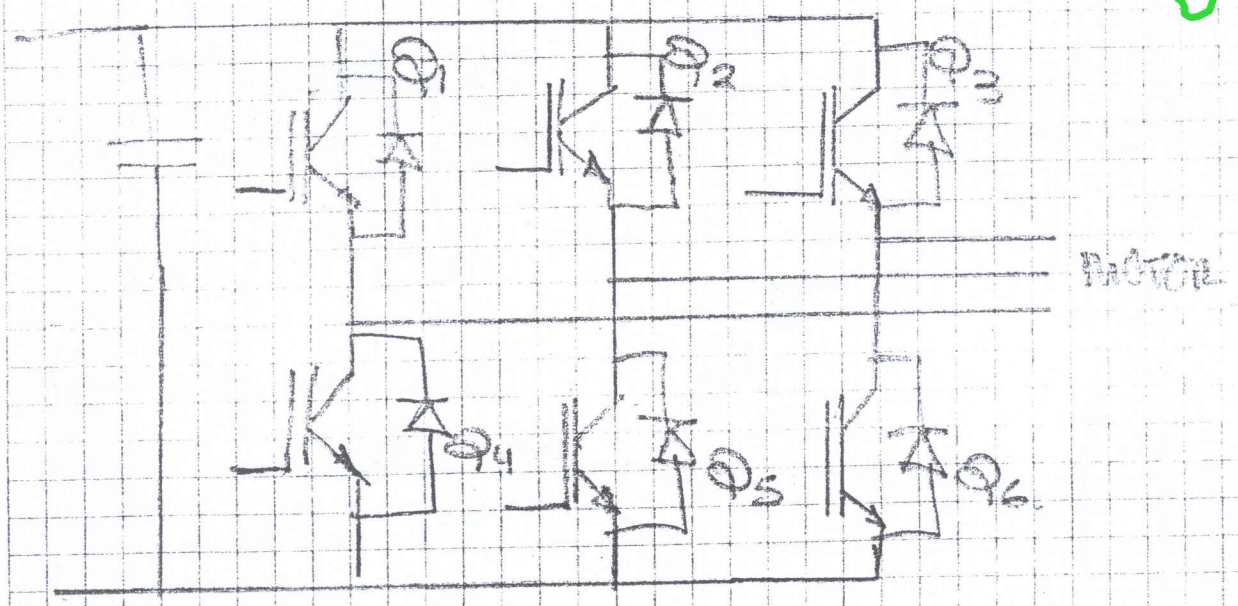


SIRVE PARA MOTORES SINCRONOS Y ASINCRONOS.

PRACTICO.



INVERSOR



NOTA

MODULACION SVPWM.

VLINEA

$V_{ab} = V_{in}(a-b)$

$V_{bc} = V_{in}(b-c)$

$V_{ca} = V_{in}(c-a)$

VFAS

$$V_{an} = \frac{V_{in}}{3}(2a-b-c)$$

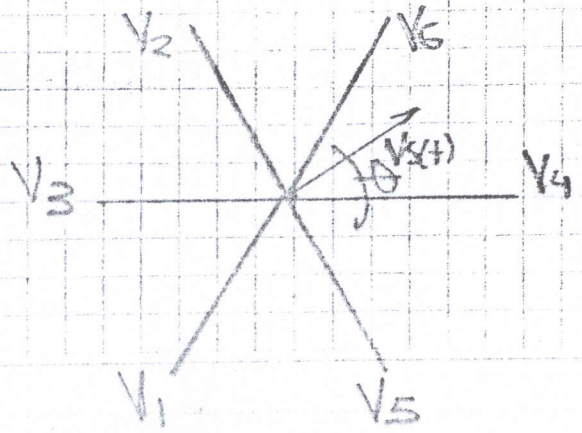
$$V_{bn} = \frac{V_{in}}{3}(-a+2b-c)$$

$$V_{cn} = \frac{V_{in}}{3}(-a-b+2c)$$

$$\begin{bmatrix} V_{ab} \\ V_{bc} \\ V_{ca} \end{bmatrix} = V_{in} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \frac{V_{in}}{3} \underbrace{\begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix}}_{\Delta} \underbrace{\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix}}_{\lambda}$$

abc	V_{AB}	V_{bc}	V_{ca}	V_{an}	V_{bn}	V_{cn}
000	0	0	0	0	0	0
100	1	0	-1	2/3	-1/3	-1/3
110	0	1	-1	1/3	1/3	-2/3
010	-1	1	0	-1/3	2/3	-1/3
011	-1	0	1	-2/3	1/3	1/3
001	0	-1	1	-1/3	-1/3	2/3
101	1	-1	0	-2/3	2/3	1/3
111	0	0	0	0	0	0



$$V_s = V_a e^{j0} + V_b e^{j2\pi/3} + V_c e^{j4\pi/3}$$

$$V_s(000) = V_0 = 0$$
$$V_s(001) = V_1 = V_{in} e^{j4\pi/3}$$
$$V_s(010) = V_2 = V_{in} e^{j2\pi/3}$$
$$V_s(011) = V_3 = V_{in} e^{j\pi}$$
$$V_s(100) = V_4 = V_{in} e^{j0}$$
$$V_s(101) = V_5 = V_{in} e^{j5\pi/3}$$
$$V_s(110) = V_6 = V_{in} e^{j\pi/3}$$
$$V_s(111) = V_7 = 0$$

$$V_s = x V_4 + y V_6 + z\, 0$$

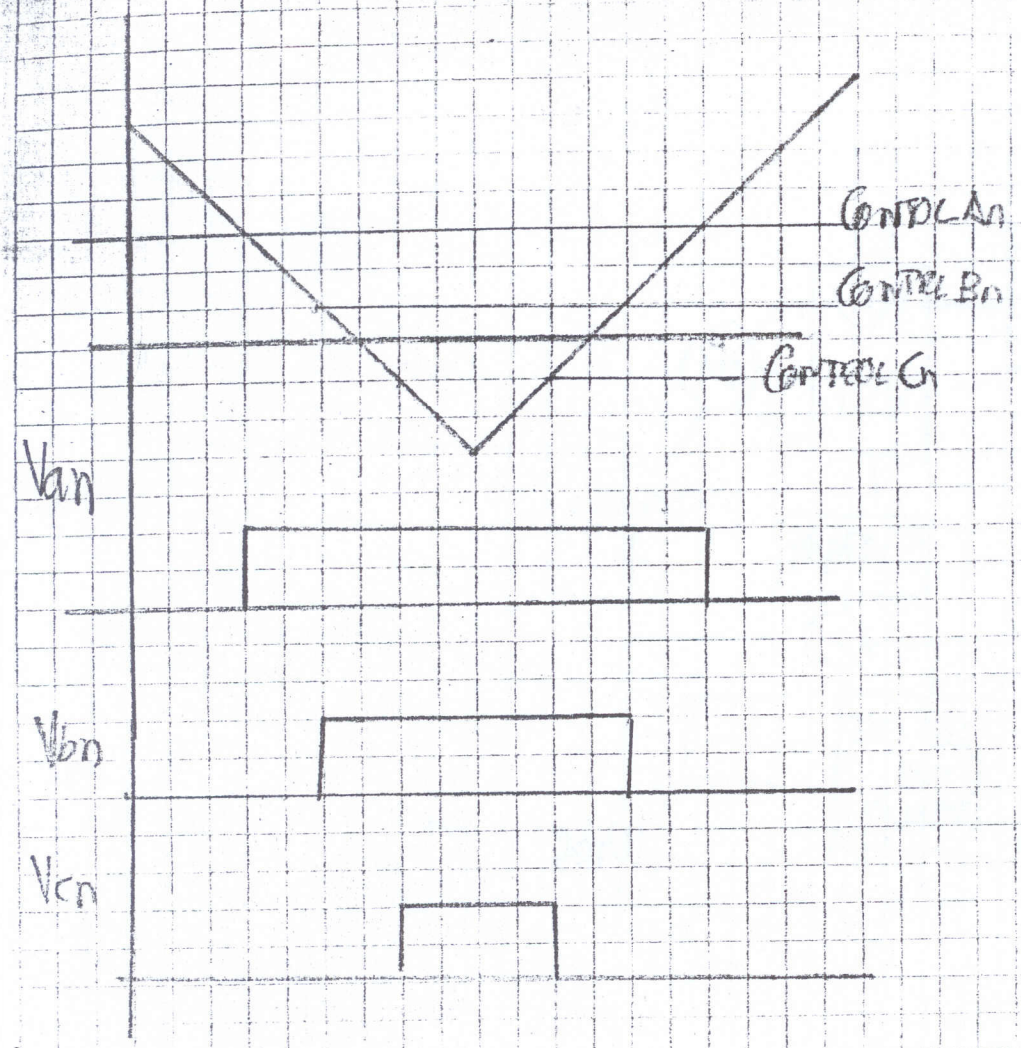
$$V_s = x V_{in} e^{j0} + y V_{in} e^{j\pi/3}$$

$$x = \frac{V_s}{V_4}\left(\cos\theta_s - \frac{\sin\theta_s}{\sqrt{3}}\right)$$

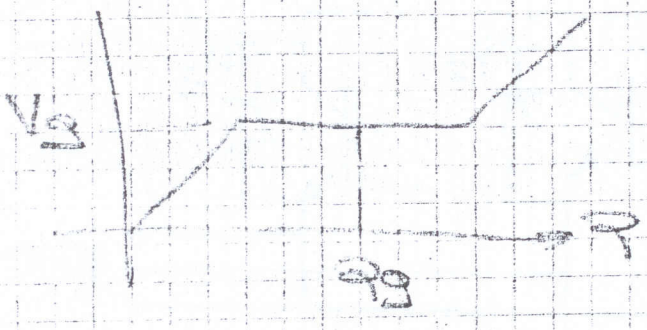
$$y = \frac{2 V_s}{\sqrt{3} V_6} \sin\theta_s$$

$$z = 1 - x - y$$

NOTA



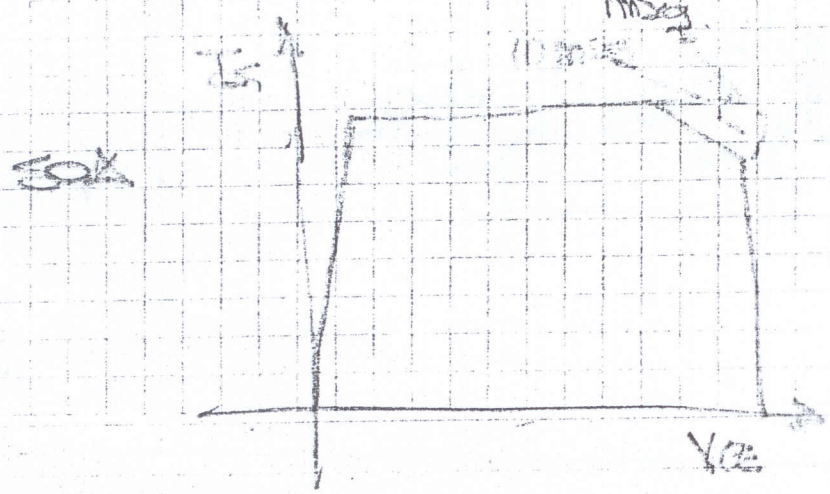
DRIVER



$$I_g = \frac{Q_g}{t_c}$$

$$t_c \geq t_{off} + t_{on}$$

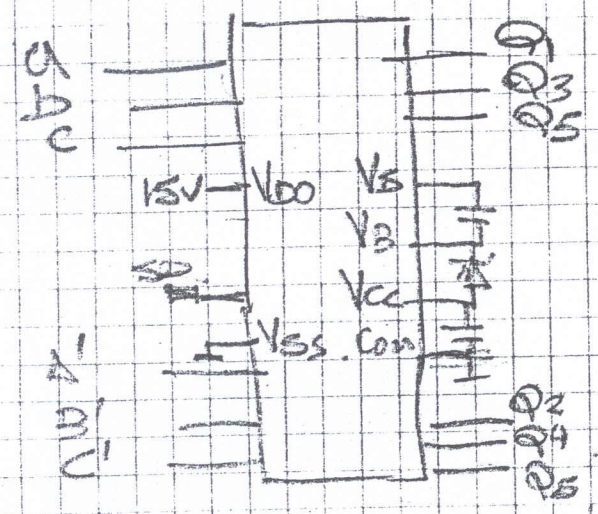
$$t_c \geq t_{on} + t_r + t_{off} + t_{on}$$



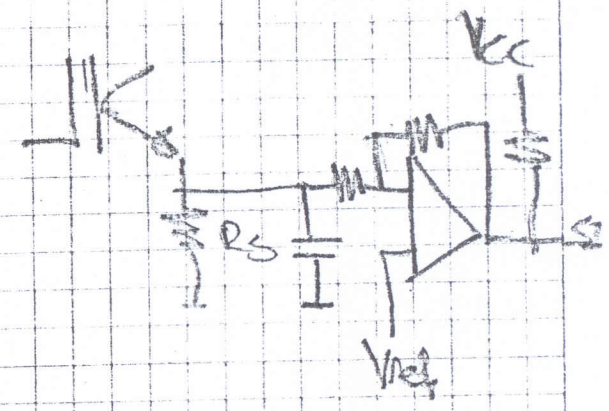
LIMITES

1) POR I_{CMAX}
2) POR TEMPERATURA DE CASCO
3) POR $V_{CE\,MAX}$

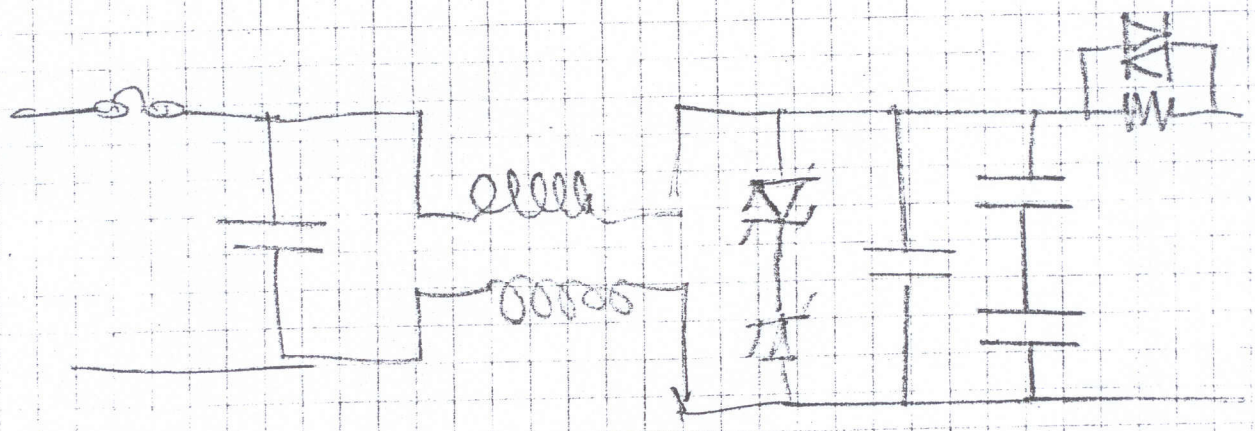
IR2130



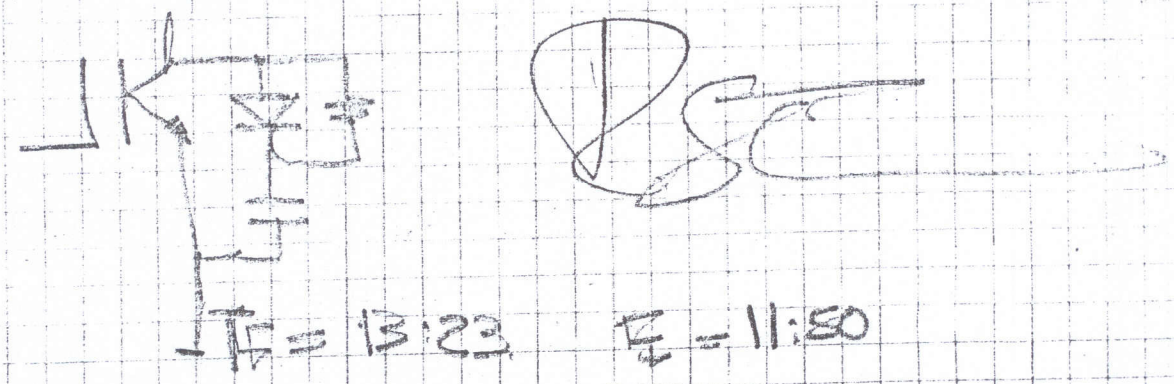
SOBREDIENTE



FILTRO DE LINEA



RED SNUBBER



T_F = 13:23 T_E = 11:50

T = 1h 33m.

Fuentes Conmutadas

Teórico #1:

A) Desarrollo completo del modelo BOOST en CCM Y DCM. Relaciones de conversión en régimen estacionario.

B) Desarrollo sintético del modelo FLYBACK y FORDWARD con transformador de aislación.

C) Desarrollo sintético del modelo bidireccional HALF y FULL BRIDGE con transformador de aislamiento. Criterios de diseño.

D) Restricciones respecto al ciclo de trabajo D en los convertidores no aislados y aislados. Restricciones de D en caso del convertidor FORDWARD aislado

E) Criterio sobre la modelización de las fuentes conmutadas BUCK y control directo del D utilizando PWM y red de compensación.

Práctico #1:

A) Diseño de una fuente conmutada aislada bidireccional para ser aplicada a una soldadura de arco:

Vin = 380Vrms (Tres fases con neutro)
Vout = 20 - 30 V
Iout = 200 A (max)
fsw = 50 Khz

B) Seleccionar los convertidores mas adecuados para esta aplicación.

C) Seleccionar el PWM y su alimentación.

D) Utilizar el transistor de Potencia mas adecuado para esta aplicación. Justificar.

E) Diseño del transformador de aislación. Formulas e implementación para esta aplicación.

F) Red de ayuda en la conmutación (SNUBBER) si es aplicable.

G) SOA y driver de Base.

H) Arranque suave, protección de sobre corriente. Incluir filtro EMI/RFI.

Práctico #2:

A) Diseño de una fuente conmutada con transistores simétrica:

Vin = 380 Vrms (Tres fases con neutro)
Vout = 17,5 V
Pout = 2 Kw

B) Protección de sobre corriente y límite de baja tensión.
C) Seleccionar los convertidores mas adecuados para esta aplicación.
D) Driver del transistor y protecciones.
E) Seleccionar el transistor y dispositivos de Potencia.
F) Seleccio del material, frecuencia, tipo de cazoleta y calculos basicos del transformador.

$$V_{in}\, t_{on} = (V_{out} - V_{in})\, t_{off}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-D}$$

CALCULO DE L.

$$T = t_{on} + t_{off}$$

$$T = \frac{L\,\Delta I_L}{V_{in}} + \frac{L\,\Delta I_L}{V_{out} + V_{in}}$$

$$L = \frac{V_{in}\, D}{f_{sw}\, \Delta I_L}$$

CALCULO DE C

$$\Delta V_C = \frac{1}{C}\int_0^{t_{on}} I_C\, dt$$

$$\Delta V_C = \frac{I_C\, t_{on}}{C}$$

DURANTE t_{on}

$$I_C = -I_{out} = -\frac{V_{out}}{R_L}$$

ENTONCES

$$\Delta V_C = \frac{-V_{out}\, t_{on}}{R_L\, C} = \frac{-V_{out}\, DT}{R_L\, C}$$

COMO $\Delta V_C \approx V_{out}$

$$C = \frac{D}{R_L\, f_{sw}\, \frac{\Delta V_{out}}{V_{out}}}$$

DEL BALANCE DE CARGA DEL C

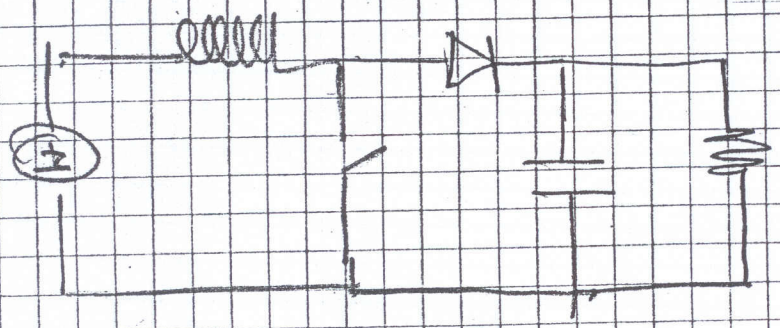
$$I_C\big|_{t_{on}} \cdot t_{on} + I_C\big|_{t_{off}} \cdot t_{off} = 0$$

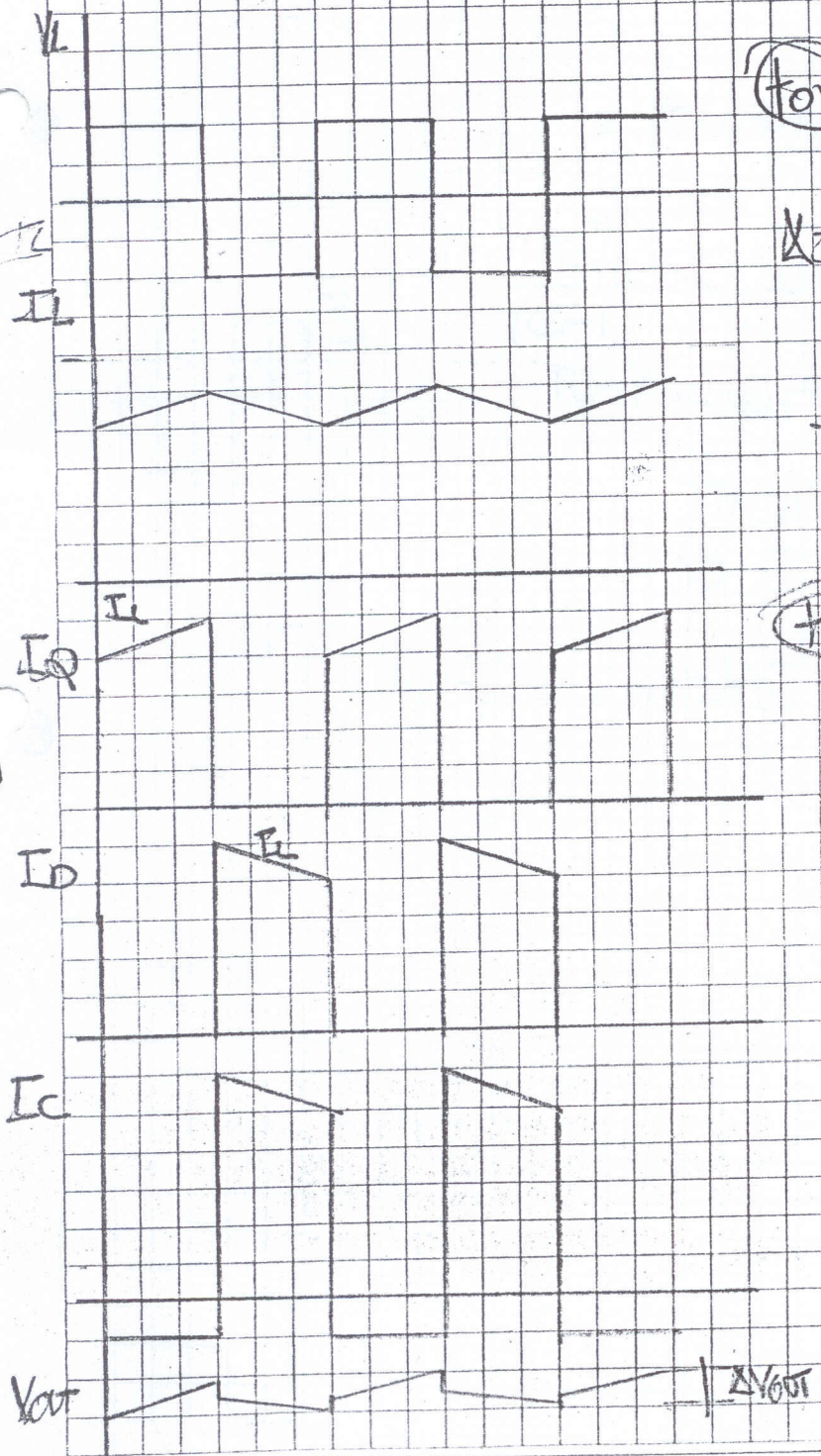
$$I_C\big|_{t_{on}} = -I_{out}$$

$$I_C\big|_{t_{off}} = I_L - V_{out}/R_L$$

PRUEBA 3.	FUENTES CONMUTADAS.	HOJA 1
		FECHA 12:34

A) BOOST





(ton) $V_{in} = L \frac{di_L}{dt}$

$$\Delta i_L^{+} = \frac{V_{in}\, t_{on}}{L}$$

$$t_{on} = \frac{\Delta i_L^{+}\, L}{V_{in}}$$

(toff) $V_{in} = L \frac{di_L}{dt} + V_{out}$

$$\left(\frac{V_{in} - V_{out}}{L}\right) t_{off} = \Delta i_L^{-}$$

$$t_{off} = \frac{\Delta i_L^{-}\, L}{V_{in} - V_{out}}$$

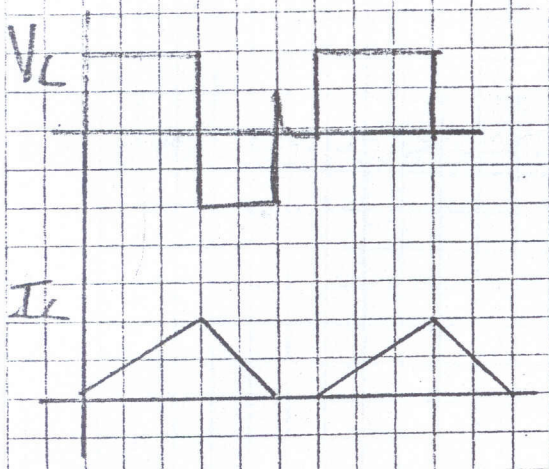
Si

$t_{on} = t_{off}$

y $\Delta i_L^{+} = \Delta i_L^{-} = \Delta i_L$

NOTA

FORMAS DE ONDA DCM.



SELECCION DE COMPONENTES

$I_{DS_{MAX}}$ o $I_{CMAX} > \frac{I_{OUT}}{(1-D)} + \frac{\Delta I_L}{2}$

$V_{DS_{MAX}}$ o $V_{CE_{MAX}} > V_{OUT}$

$I_{FAV} > I_{OUT}$

$V_{RRM} \geq I_{OUT}$

$\frac{1}{T_{rr}}$ EN RELACION DE F_{SW}.

NOTA

ENTONCES

$$-\frac{V_{OUT}}{R_L}DT + \left(I_L - \frac{V_{OUT}}{R_L}\right)(1-D)T = 0$$

$$I_L = \frac{V_{in}}{R_L(1-D)^2}$$

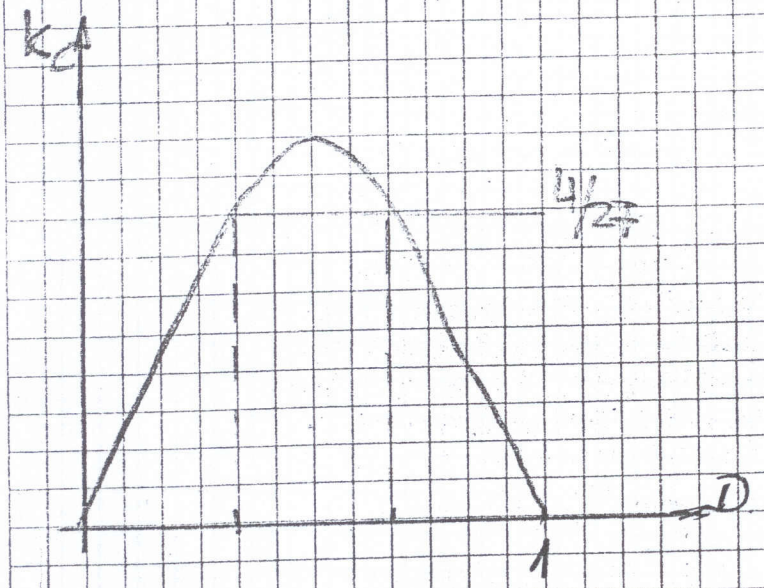
DCM: SE PRESENTA CUANDO >RL ES GRANDE E I_L QUE POR DEBAJO DE $\Delta I_L/2$

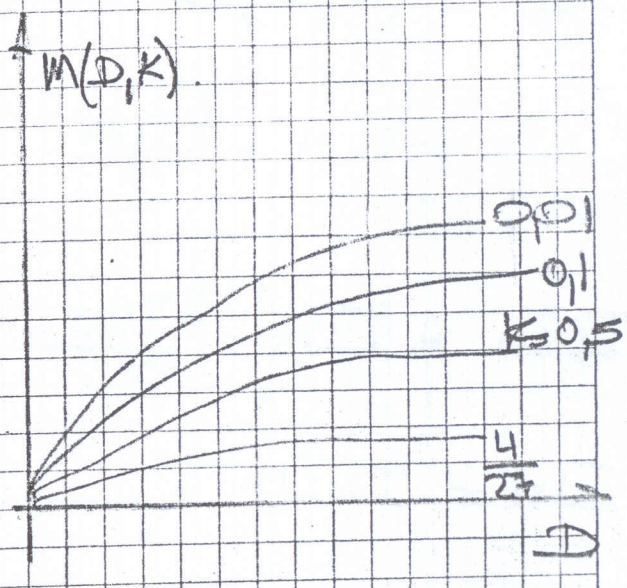
$$I_L < \Delta I_L/2$$

$$\frac{V_{in}}{R_L(1-D)^2} < \frac{V_{in}\, t_{on}}{2L} \Rightarrow \underbrace{\frac{2L}{RT}}_{K} < \underbrace{D(1-D)^2}_{K_{CRIT}}$$

$$V_{OUT} = \frac{V_{in}}{2}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4D^2}{K}}\right)$$

SI $K > 4/27$ SIEMPRE CCM





CCM

$$M = n \frac{D}{1-D}$$

$$L_m = \frac{-V_{in} D}{\Delta i_L f_{sw}}$$

$$C = \frac{D}{R \frac{\Delta V_{out}}{V_{out}} f_{sw}}$$

$$K_c = \frac{(1-D)^2}{n^2}$$

$$\Delta i_L = \frac{D V_{in}}{L_m f_{sw}}$$

$$I_{LM} = \frac{n V_{out}}{(1-D) R}$$

$$I_{Lmax} = I_{LM} + \frac{\Delta I_{LM}}{2}$$

$$I_{LMN} = I_{LM} - \frac{\Delta I_{LM}}{2}$$

$$I_{in} = D I_{LM}$$

DCM

$$L_m < \frac{(1-D)^2 R}{2 n^2 f_{sw}}$$

$$\frac{2 L_m}{R T} < \frac{(1-D)}{n^2}$$

$$K = \frac{2 L_m}{R T}$$

$$K_{CRIT} = \frac{(1-D)}{n^2}$$

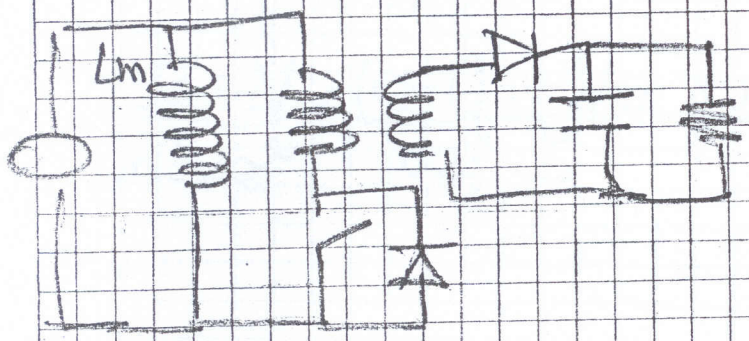
NOTA

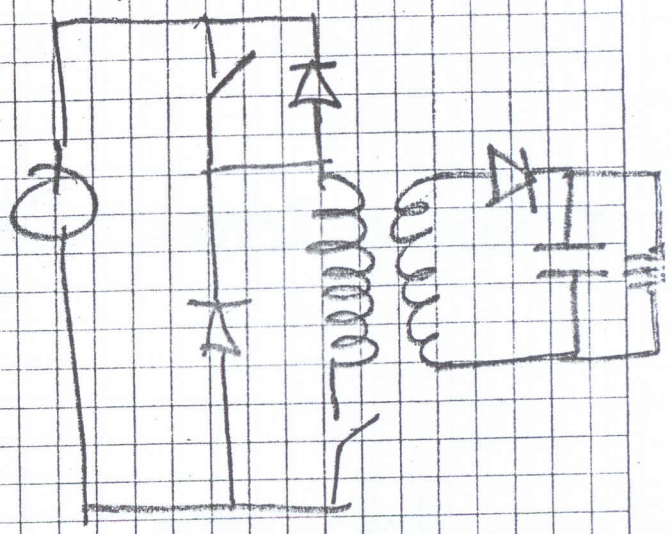
HOJA 3

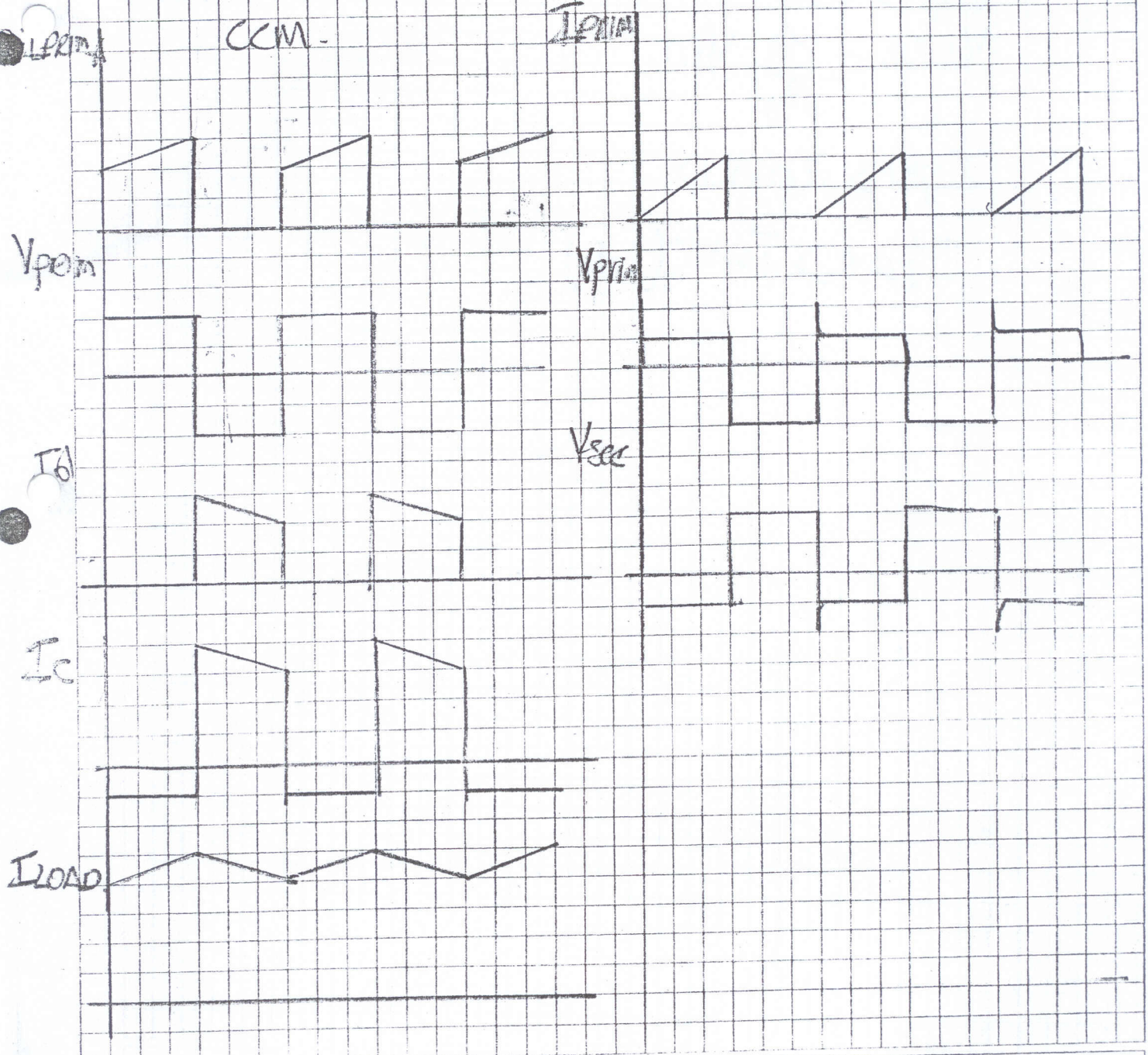
FECHA

B) FLYBACK

C/2 TRANSISTORES







NOTA

SELECCION DE COMPONENTES

$$V_{CE} \text{ o } V_{DSS} > V_{in}\left(1+\frac{n_1}{n_3}\right)$$

$$I_{Omax} \text{ o } I_{Omax} > \frac{V_{OUT}}{R} + \frac{V_{OUT}(1-D)}{2L\,f_{sw}} + \frac{V_{in}\,D}{f_{sw}\,L_m}$$

$$V_{RR1} > V_{OUT}$$

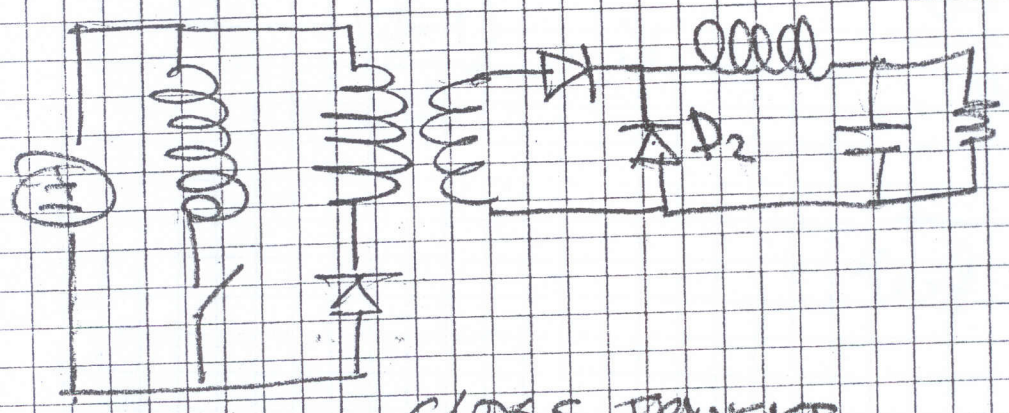
$$V_{RR2} = \frac{n_2}{n_3} V_{in}$$

$$I_{FW} > I_{OUT}\,D$$

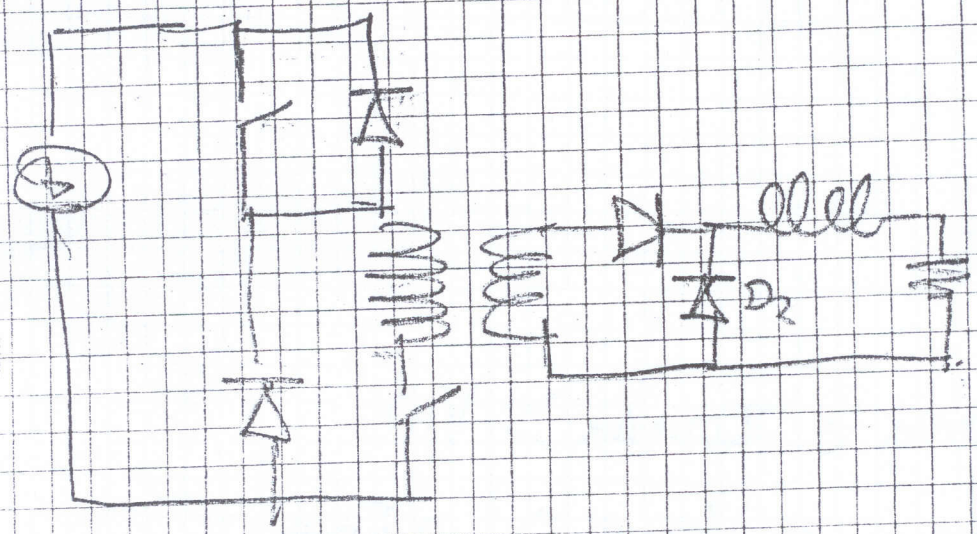
$$I_{FW} > I_{OUT}(1-D)$$

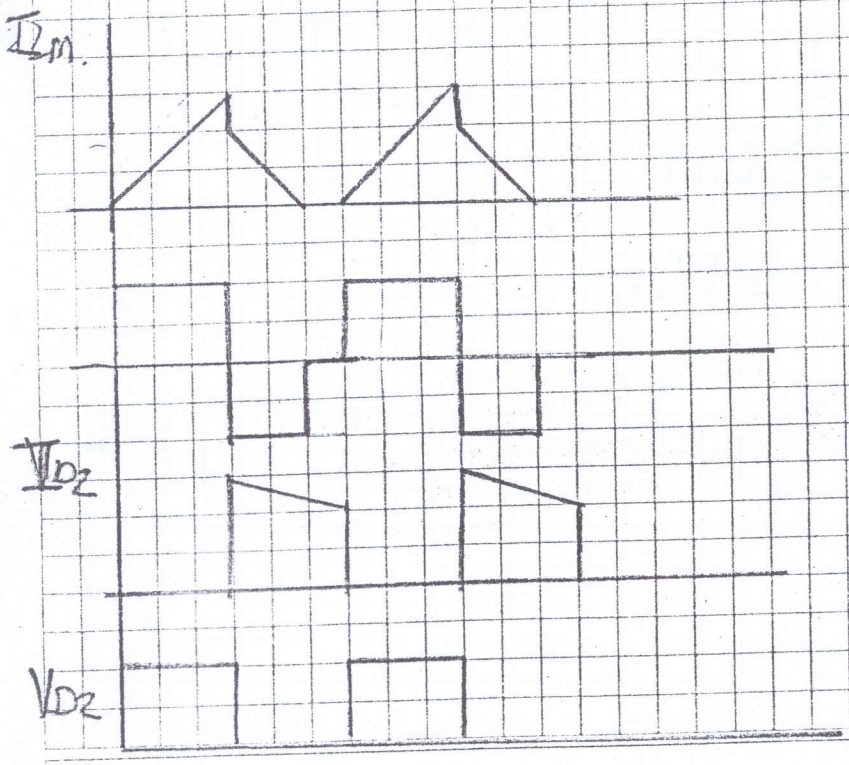
NOTA

FORDWARD



C/DOS TRANSIST.





CCM

$$M = \frac{nD}{2}$$

$$L = \frac{n V_{in} D (1-D)}{4 \Delta i_L f_{sw}}$$

$$C = \frac{1-D}{32 \frac{\Delta V_{OUT}}{V_{OUT}} f_{sw}^2}$$

$$K_c = \frac{(1-D)}{2}$$

DCM

$$M = nD$$

$$K_c = \frac{(1-D)}{2}$$

COMPONENTES

I_{Cmax} o $I_{Dmax} > I_{in}$

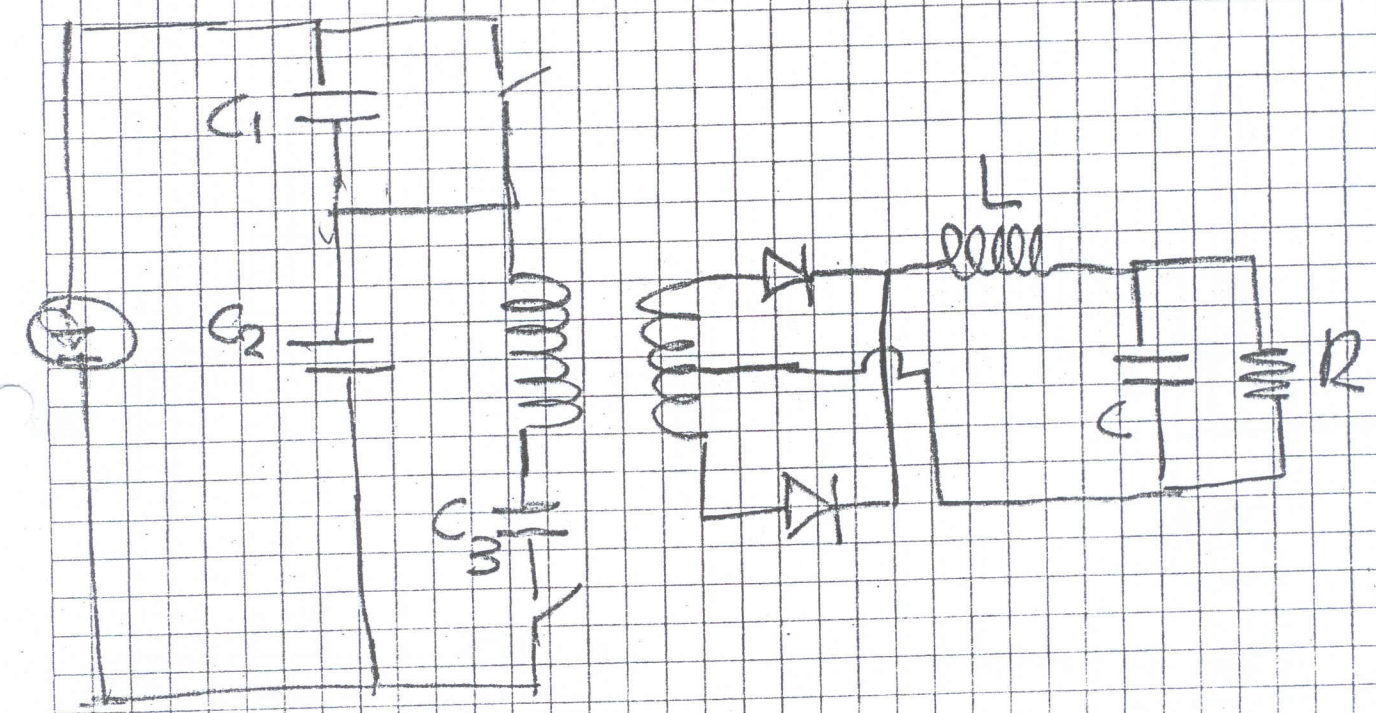
V_{CEmax} o $V_{DSmax} > n I_{OUT}$

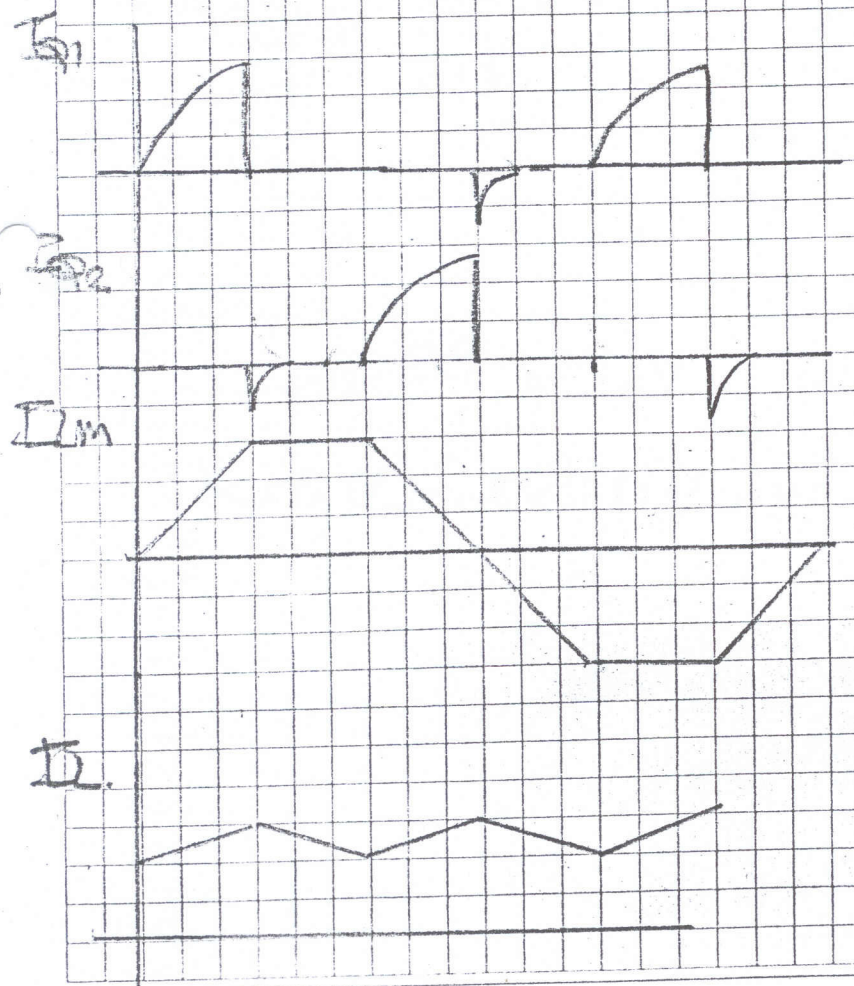
$I_{Fmax} > I_{OUT}$

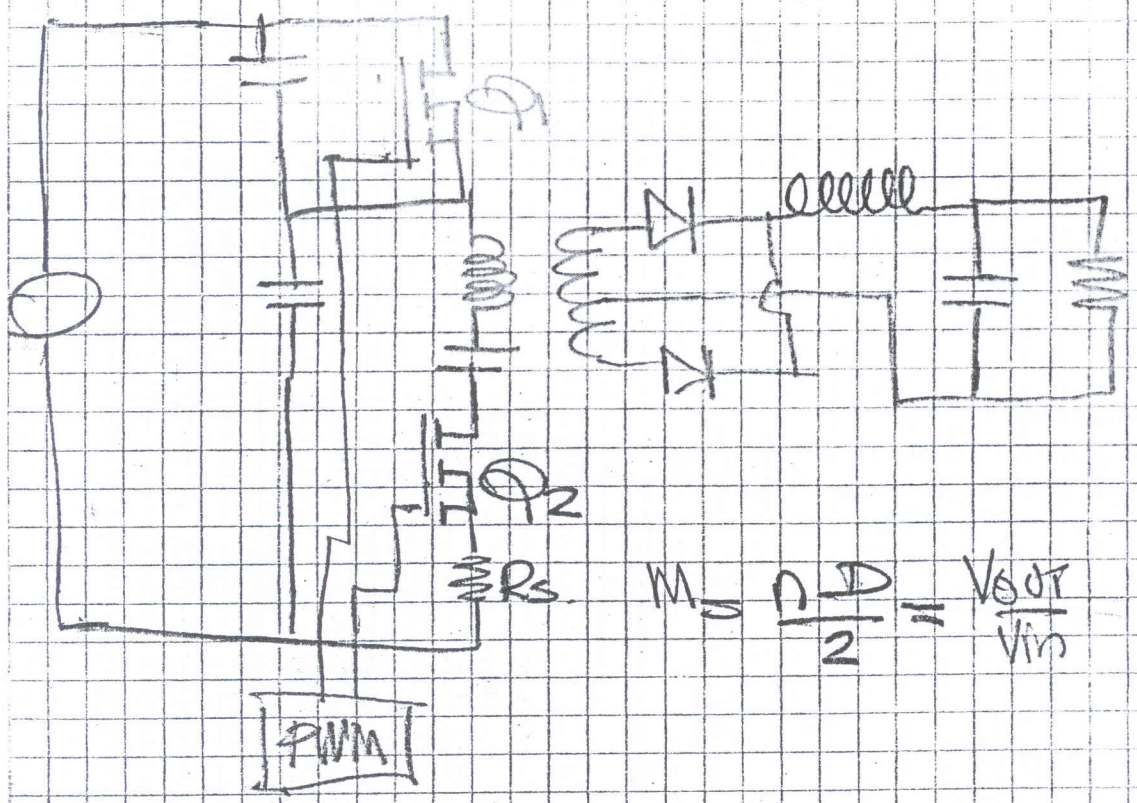
$V_{rmax} > 2V_{in}$

NOTA

HALF BRIDGE Y FULL BRIDGE.







$$M = \frac{n D}{2} = \frac{V_{OUT}}{V_{in}}$$

$$L = \frac{n V_{in} D (1-D)}{4 \Delta I_L f_{SW}}$$

$$C = \frac{1-D}{32 \frac{\Delta V_{OUT}}{V_{OUT}} f_{SW}^2}$$

COMPONENTES.

I_{CMAX} o $I_{DMAX} > V_{in} = 38\ V_{RMS}$

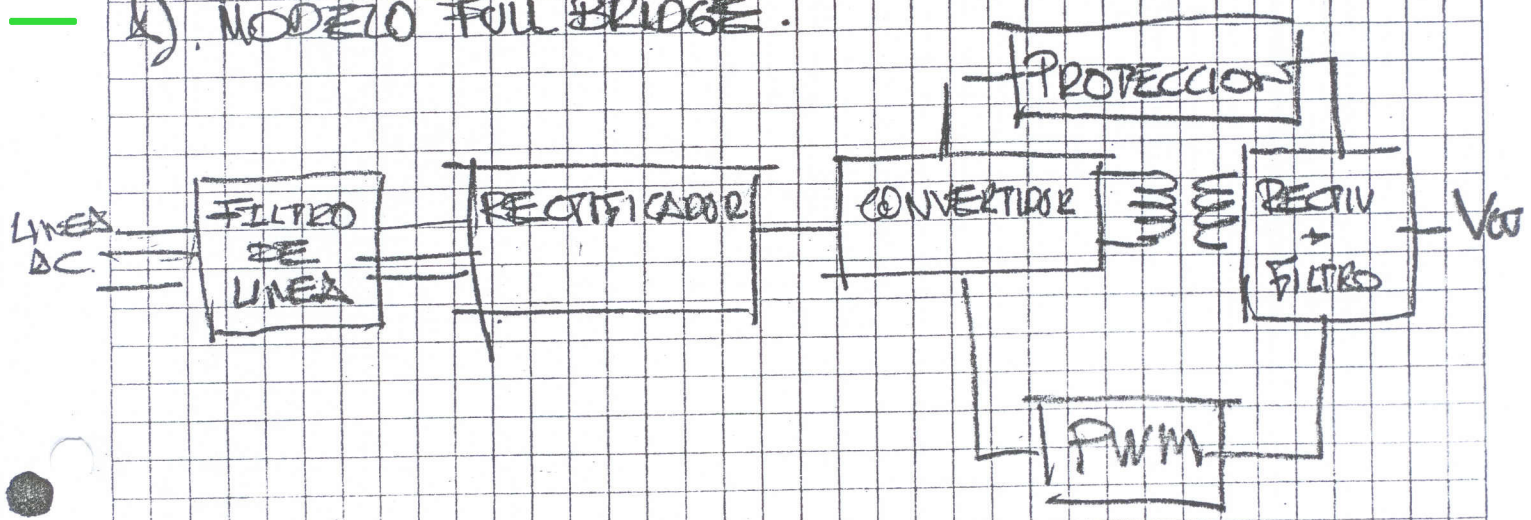
V_{CEMAX} o $I_{DMAX} > n I_{OUT} = n\ 200A$

$I_{FAV} = I_{OUT} = n\ 200A$

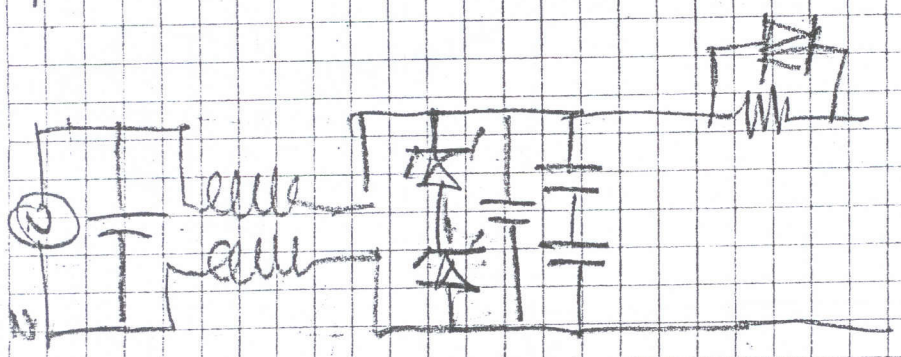
$V_{RRMAX} = 2 V_{in} =$

PRACTICO

4). MODELO FULL BRIDGE.

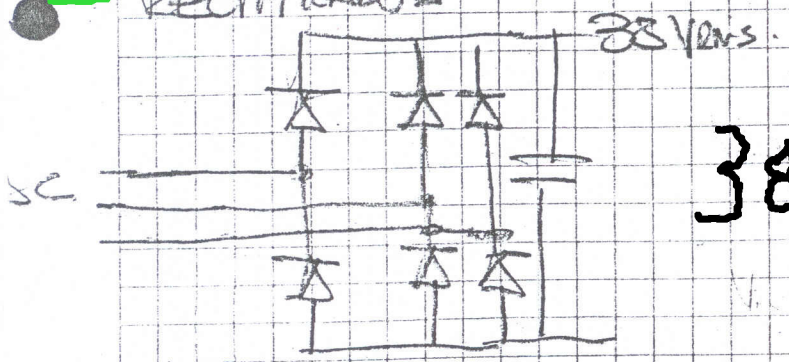


FILTRO DE LINEA. UNO POR FASE.



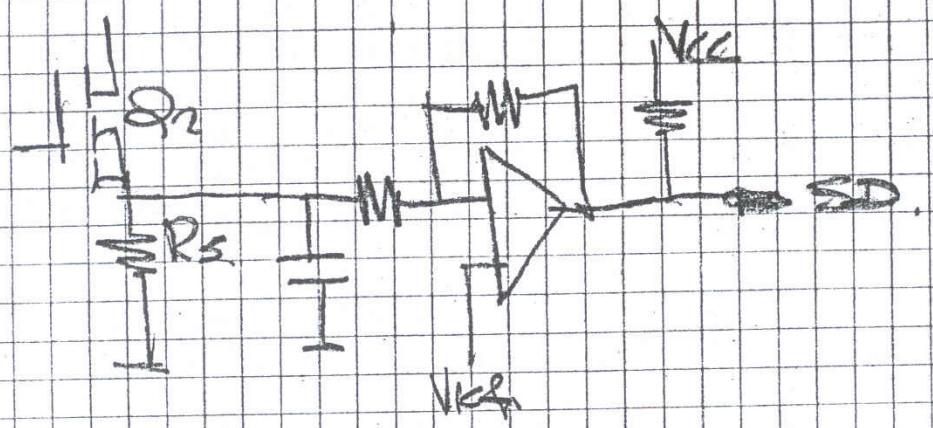
LC RECTIFICADOR

RECTIFICADOR

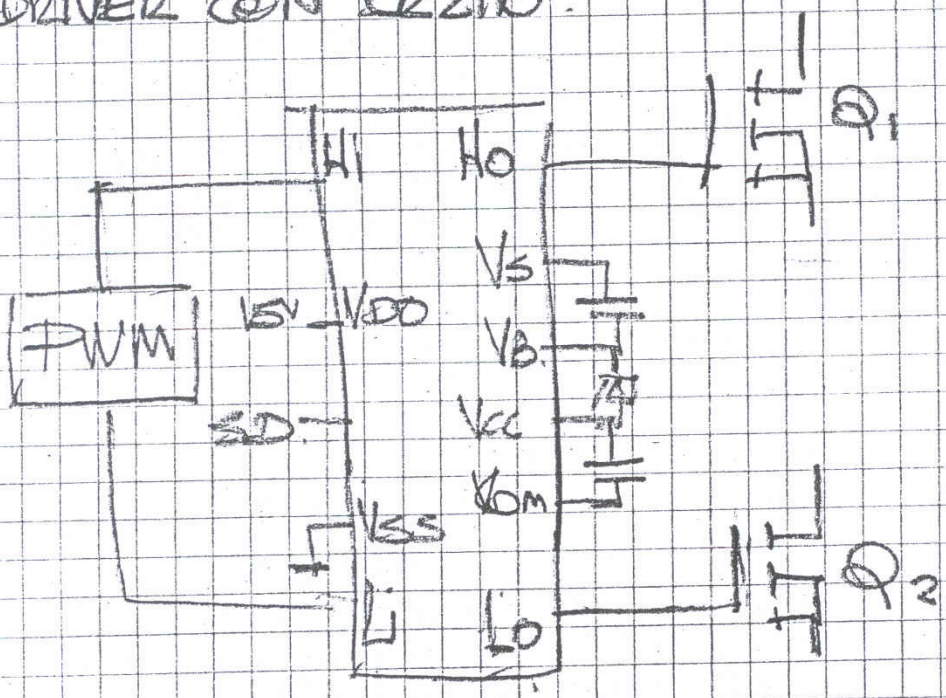


380 Vrms

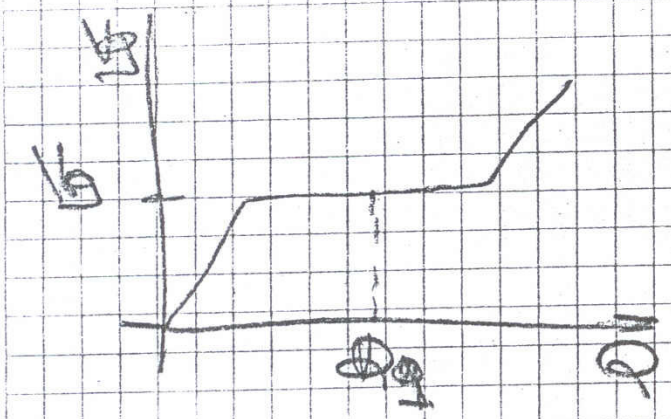
PROTECCION POR SOBRECORRIENTE.



DRIVER CON IR2110.



DE LA HOJA DE DATOS DEL MOSFET



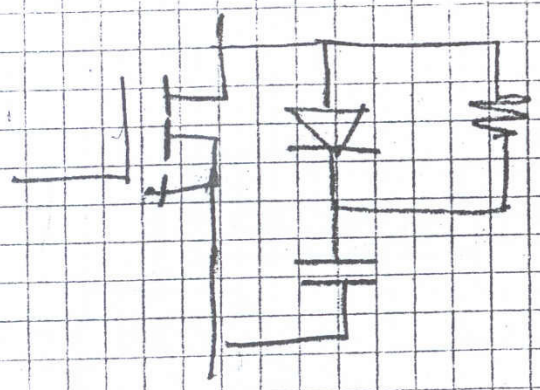
$$I_g = \frac{Q_g}{t_c}$$

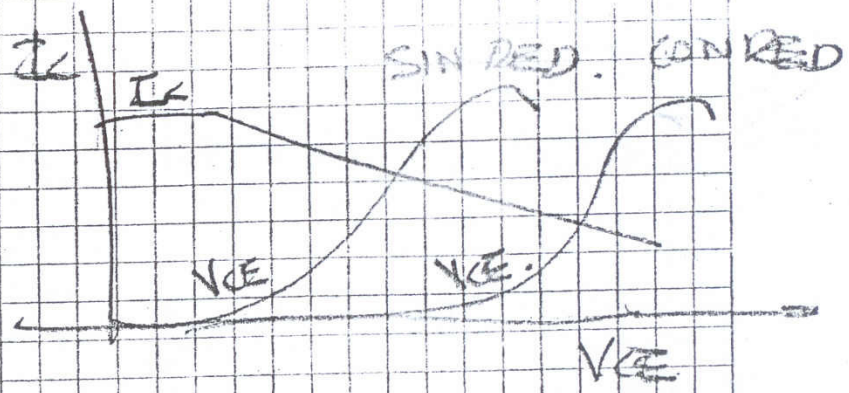
$$t_c \geq t_{on} + t_{off}$$

$$t_c \geq (t_{don} + t_r) + (t_{doff} + t_f)$$

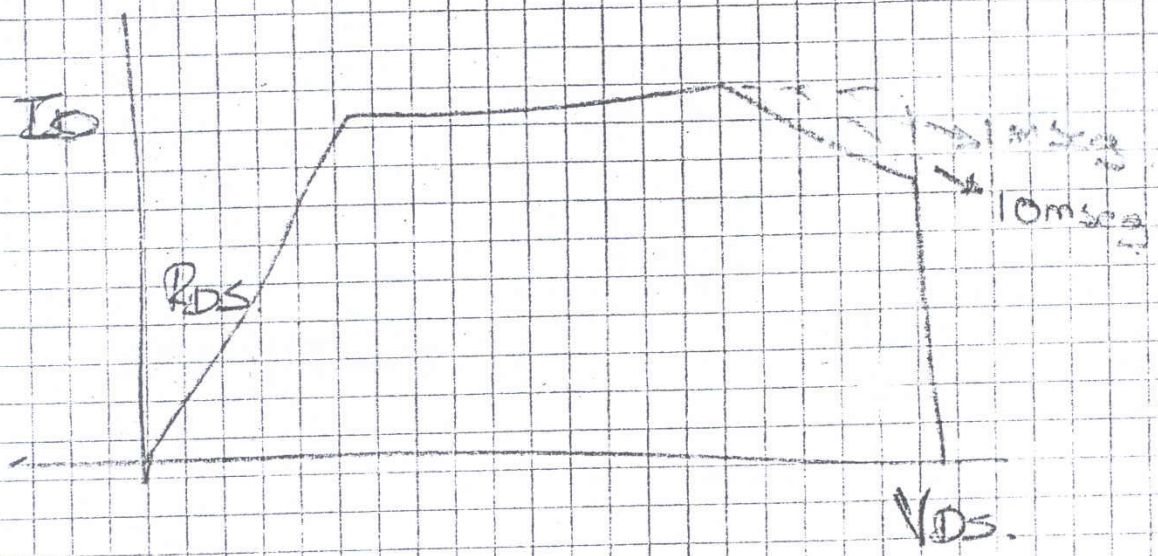
$$R_g = \frac{V_{gsat} - V_{gplata}}{I_g}$$

REDES DE AYUDA AL APAGADO





SOA



1) POR RDS.

2) POR MAX ID.

3) POR TEMPERATURA

4) POR VDS MAX.

TF = 2:13. Ti = 12:34

T = 1h39m.

Motores de CC

Teórico #1:

A) Ecuaciones características – todas las corrientes.
B) Convertidores Clase A completo.
C) Convertidores Clase C, los métodos.
D) Formas de control para motores con transistores.
E) Frenado dinámico y dinámico regenerativo.
F) Control de velocidad de motores con tiristores en los cuatro cuadrantes.
G) Laza de control, velocidad y función de transferencia.

Práctico #1:

A) Diseñar un control de un motor en clase C.
B) Realimentación del sistema.
C) Driver del transistor.
D) SOA.
E) Formas límite de corriente.
F) Método de variación de velocidad con transistores.
G) Si es aplicable Snubber.

Teórico #2:

A) Fórmulas principales del motor (Ecuaciones del motor). Curva Tm constante de Tel (pag 7.3).
B) Ecuación diferencial y diagrama en bloques del motor controlado por armadura, Régimen estacionario. Curva Par-Velocidad.
C) Control Par-Velocidad-Posición del motor controlado por armadura por método de cascada con red de comparación. Cálculos.
D) Análisis del funcionamiento en clase E (control de cuatro cuadrantes). Distintos métodos, frenado dinámico y regenerativo.

Práctico #2:

A) Diseño de un control de velocidad y Par de un motor de CC controlado por armadura clase E con:

Vin = 100 V de CC
Vout = ?
Io = 2 A

B) Red Snubber

C) Restricciones
D) Driver

Práctico #3:

A) Diseño de un motor de CC con transistores, llave H.
B) Funcionamiento con frenado dinámico y/o regenerativo.
C) Utilizar MOSFET. Driver del Transistor.
D) Protección sobre corriente.
E) Selección de los dispositivos de potencia.

Teórico #3:

E) Fórmulas principales del motor (Ecuaciones del motor). Curva Tm constante de τel (pag 7.3).
F) Ecuación diferencial y diagrama en bloques del motor controlado por armadura, Régimen estacionario. Curva Par-Velocidad.
G) Control Par-Velocidad-Posición del motor controlado por armadura por método de cascada con red de comparación. Cálculos.
H) Análisis del funcionamiento en clase E (control de cuatro cuadrantes). Distintos métodos, frenado dinámico y regenerativo.

Práctico #4:

A) Diseño de un control de velocidad y Par de un motor de CC controlado por armadura clase E con:

Vin = 100 V de CC
Vout = ?
Io = 2 A

B) Red Snubber
C) Restricciones
D) Driver

Práctico #5:

A) Diseño de un control de velocidad y Par de un motor de CC controlado por armadura clase C con.
B) Circuito de aplicación.
C) Lazo cerrado de control de velocidad.
D) Utilizar técnica de modulación mas apropiada y justificar.

E) Utilizar transistores mas apropiados y justificar.
F) Si es aplicable, red de ayuda al apagado (Snubber).
G) Drive de Base (SOA).
H) Protección contra sobre corriente.

FEM INDUCIDA

$$e_m = K_2 \phi_F \omega_m = K_e \omega_m$$

$$e_m = C_m \omega_m$$

TENSION DE ARMADURA.

$$V_a - e_m - e_b = R_A I_A + L_a \frac{dI_a}{dt}$$

TENSION DE CAMPO.

$$V_f = R_F I_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

TORQUE DE ACELERACION

$$T_b = J_T \frac{d\omega_m}{dt}$$

$$J_T = J_m + J_{ext}$$

ECUACION DE TORQUE

$$T_m = T_L + T_B$$

ECUACION DE POTENCIA

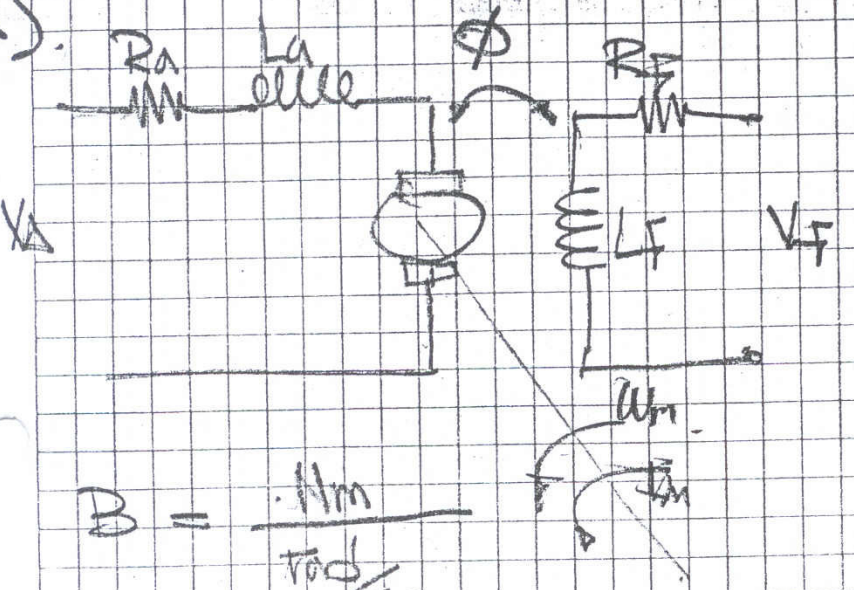
$$P = T_M \omega_m$$

$$\omega_m = \frac{V_A - R_a I_a}{K_2 \phi_F}$$

PRUEBA 1	MOTORES DE CC.	HOJA: 1
		FECHA 18:03

MOTOR DE CC PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

A).



$T = [Nm]$

$J\,[Kg\,m^2]$

$\Phi = [Nm/A] = [Wb]$

$$B = \frac{Nm}{rad/seg}$$

T_M = TORQUE DEL MOTOR

T_L = TORQUE DE LA CARGA

T_B = TORQUE DE ACELERACION

J_m = MOMENTO DE INERCIA DEL MOTOR

J_{ext} = MOMENTO DE INERCIA INTERNO REFLEJADO A LA CARGA

B = COEF DE ROZAMIENTO.

FLUJO DE CAMPO.

$\Phi_F = K_F \; I_F = CTE$

TORQUE DEL MOTOR

$T_M = K_T \, \Phi_F \, I_A = K_T \, I_A$

$T_M = C_1 I_a$

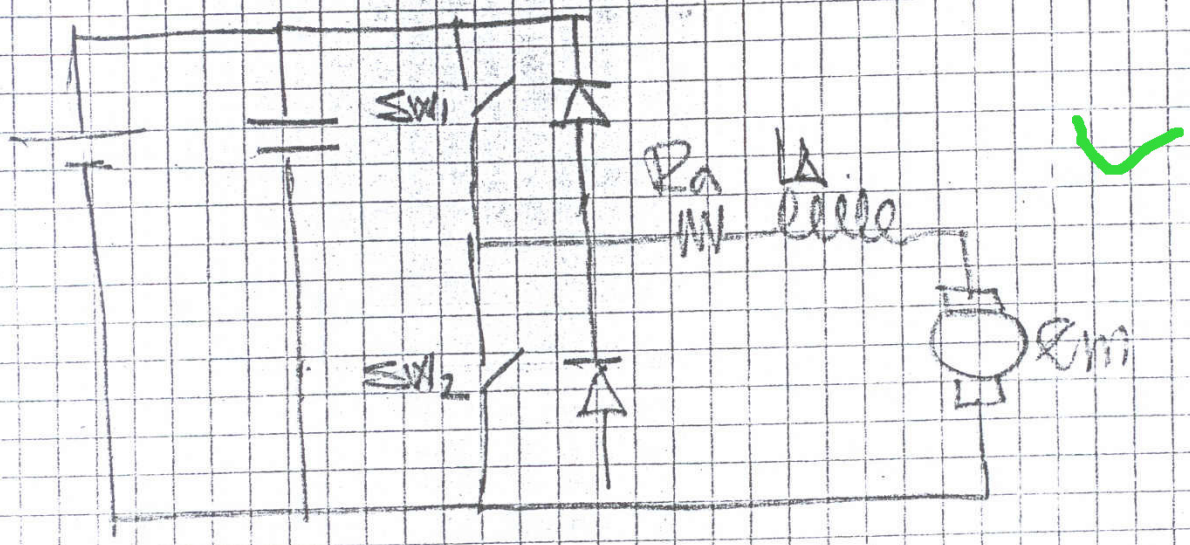
NOTA

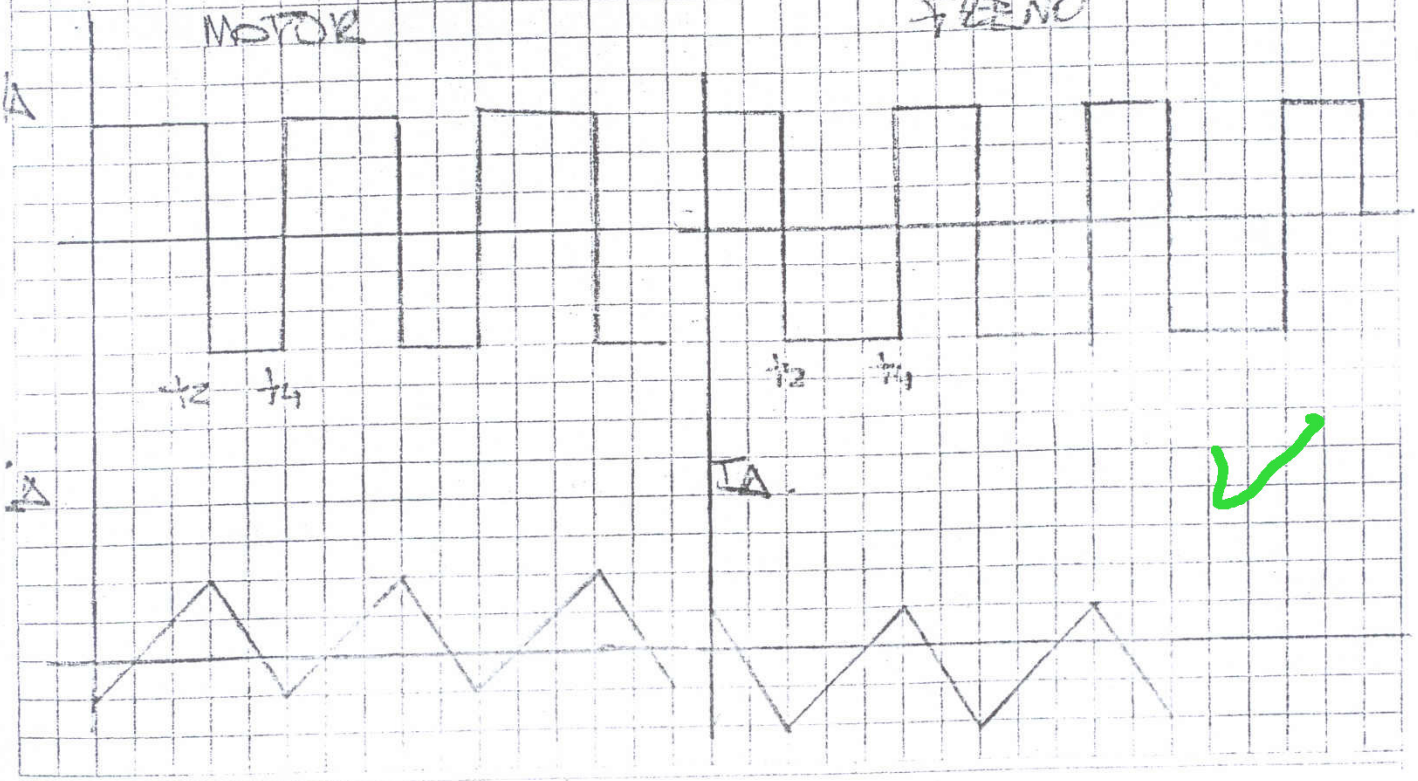
SELECCION DE DISPOSITIVOS DE POTENCIA.

DIODO $I_{RM} > (1-D)\left(\frac{V_A D - e_m}{R_a}\right)$

I_{CMAX} o I_{dMAX} $> I_{MAX} = \frac{V_a - e_m}{R_a}$.

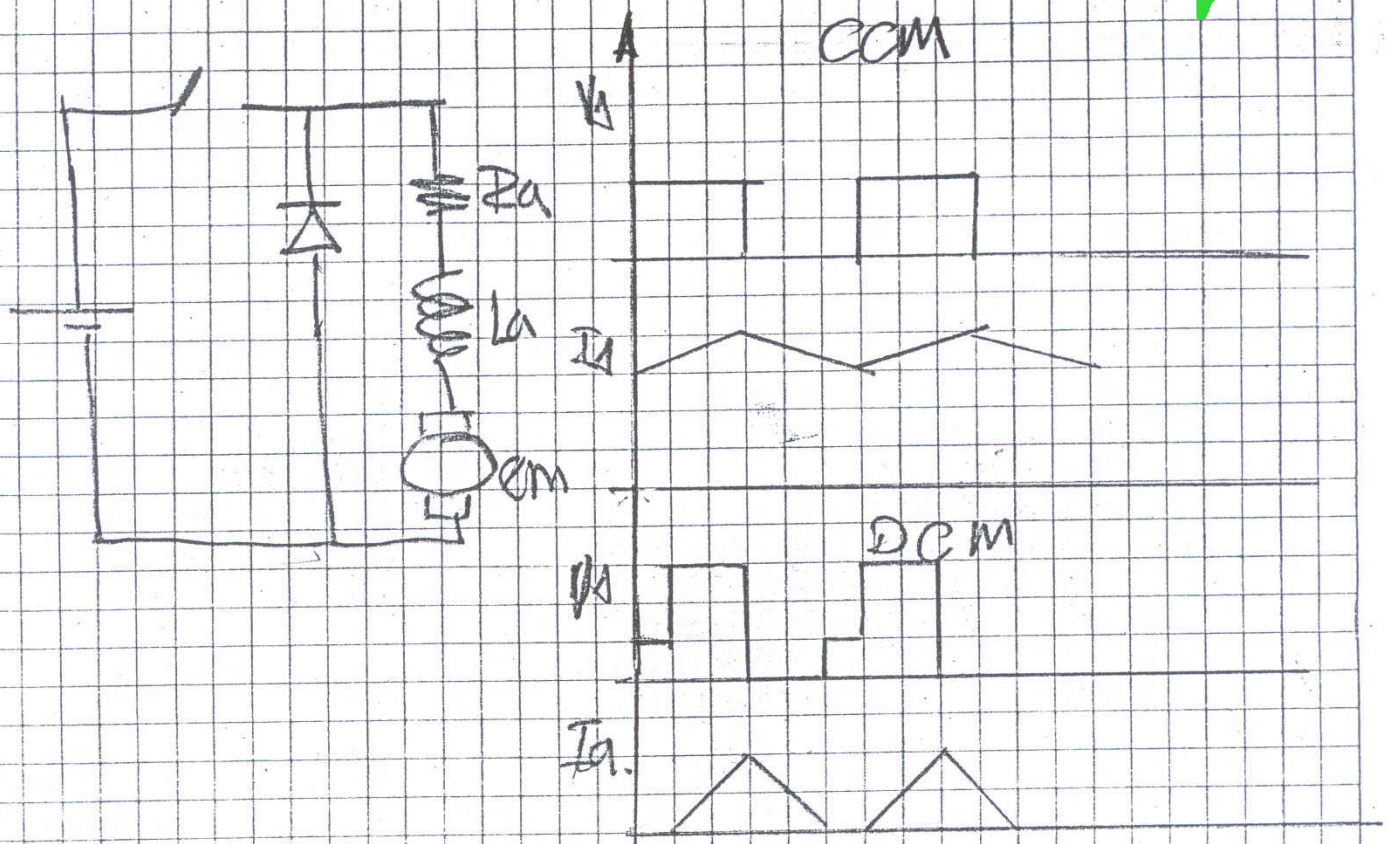
CASO C:





NOTA

B) CONVERTIDOR CLASE A.



$$I_{LMIN} = \frac{V_a}{R_a}\frac{\left(e^{DT/\tau_{ela}}-1\right)}{\left(e^{T/\tau_{ela}}-1\right)} - \frac{e_m}{R_a}$$ CCM.

EN DCM $I_{LMIN} = 0$.

$$I_{LMAX} = \frac{V_a}{R_a}\frac{\left(1-e^{-DT/\tau_{ela}}-1\right)}{\left(e^{T/\tau_{ela}}-1\right)} - \frac{e_m}{R_a}$$ CCM

PARA DCM

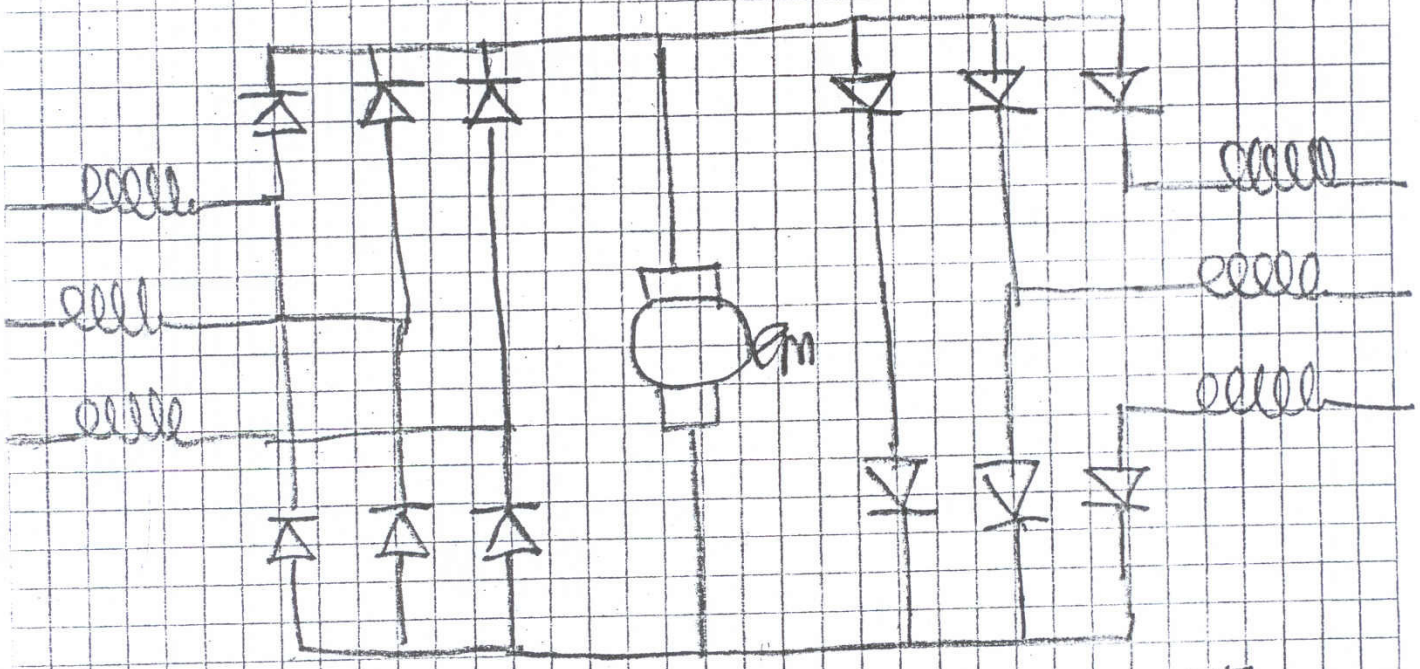
$$I_{LMAX} = \frac{V_a-e_m}{R_a} - \left(\frac{V_a-e_m}{R_a}\right)e^{-DT/\tau_{ela}}.$$

DCM

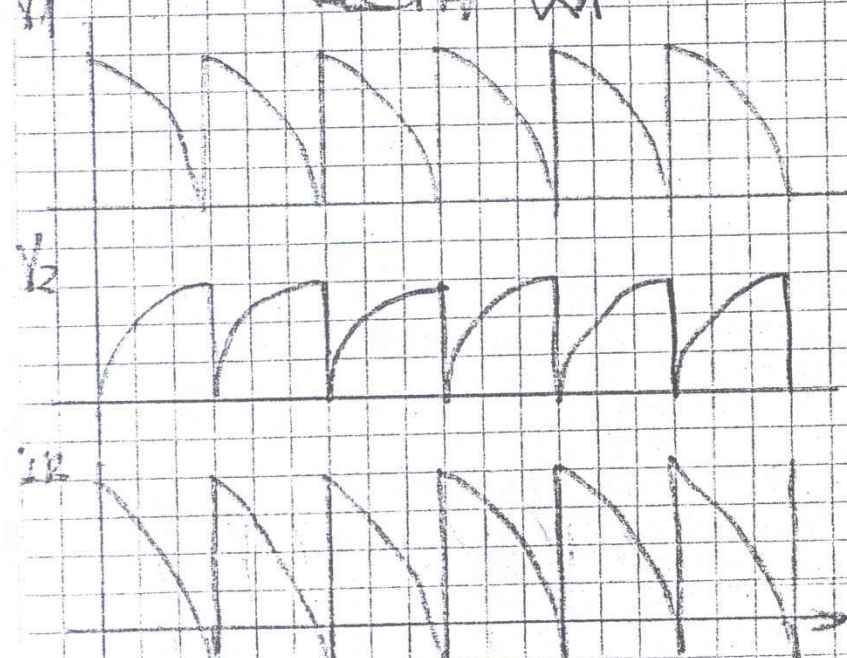
$$m \geq f \cdot \tau_{ela} \ln\left[1-\frac{e_m}{V_a}\left(e^{T/\tau_{ela}}-1\right)\right]$$

NOTA

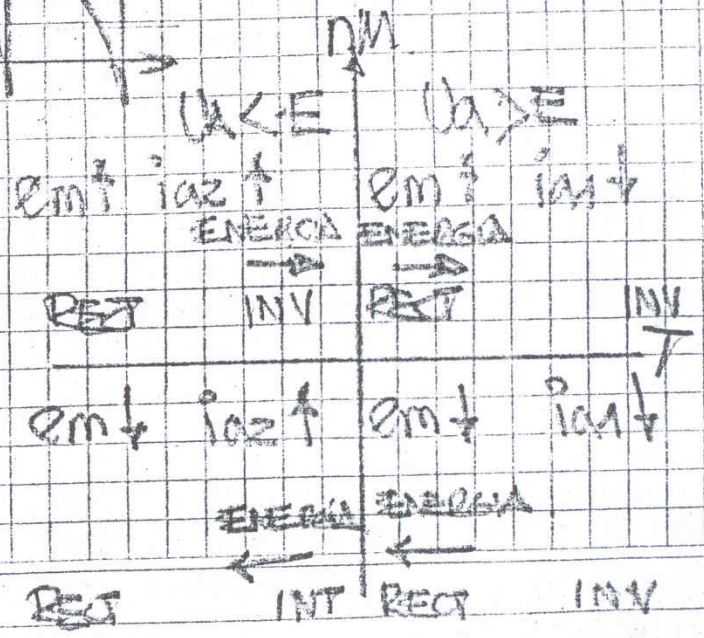
F) CONTROL DE VELOCIDAD CON TIRISTORES EN LOS CUATRO CUADRANTES.



RECT α_1 INV $\alpha_2 = \pi - \alpha_1$



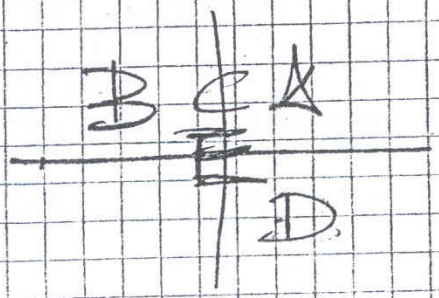
LA f DE CONMUTACION ES 6 VECES LA f DE RESONANCIA DEL MOTOR.



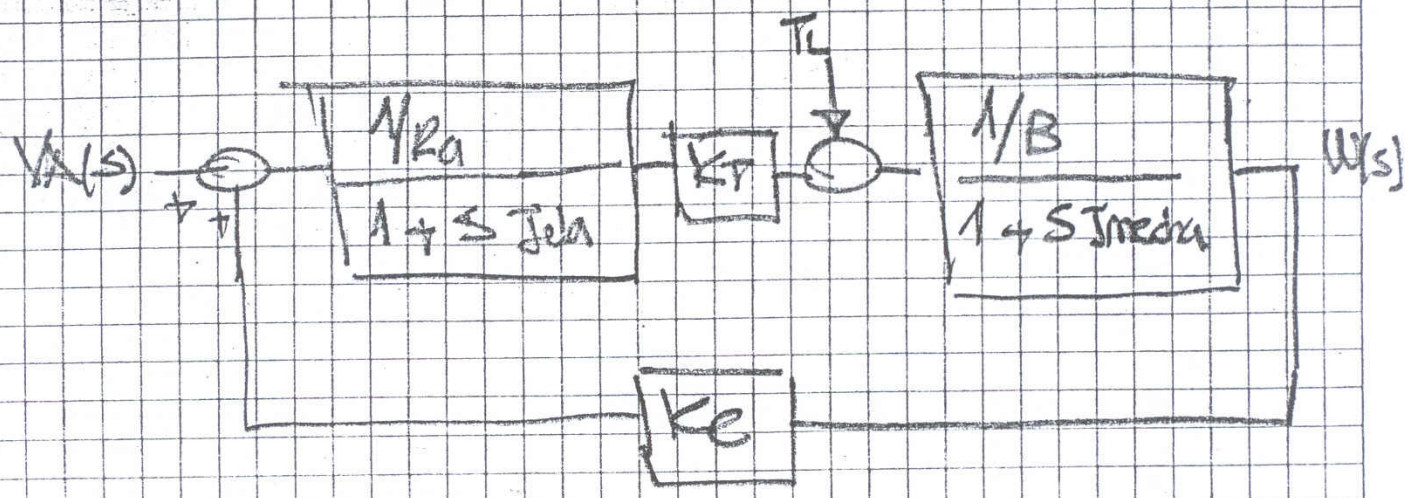
NOTA

- PRODUCE UNA SALIDA PROPORCIONAL AL ERROR DE ENTRADA.
- SE UTILIZAN EN LAZO DE VELOCIDAD Y PAR.
- RESPONDE LENTAMENTE A LOS CAMBIOS.
- EN REGIMEN PERMANENTE EL ERROR SE HACE CERO.

D).

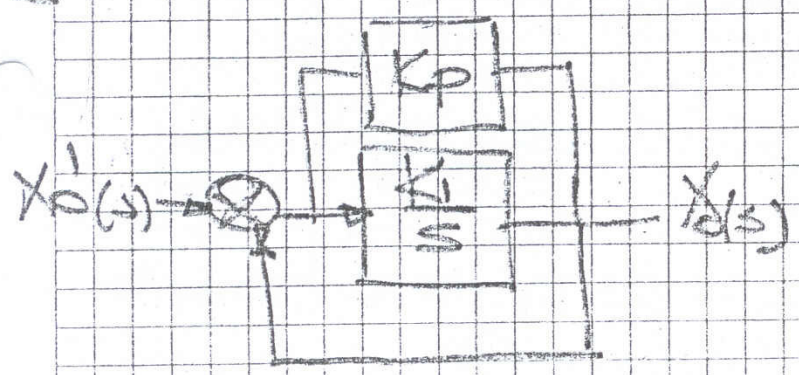


6) LAZO DE CONTROL, VELOCIDAD Y FUNCION DE TRANS.



$$\frac{W_m(s)}{V_a(s)} = \frac{K_T/(BR_a)}{s^2 J_{mecha} + s(J_{mecha})}$$

- COMPENSADOR PI.



$$V_c(s) = V_{cp}(s) + V_{ci}(s)$$

$$V_{cp}(s) = K_p\, E(s)$$

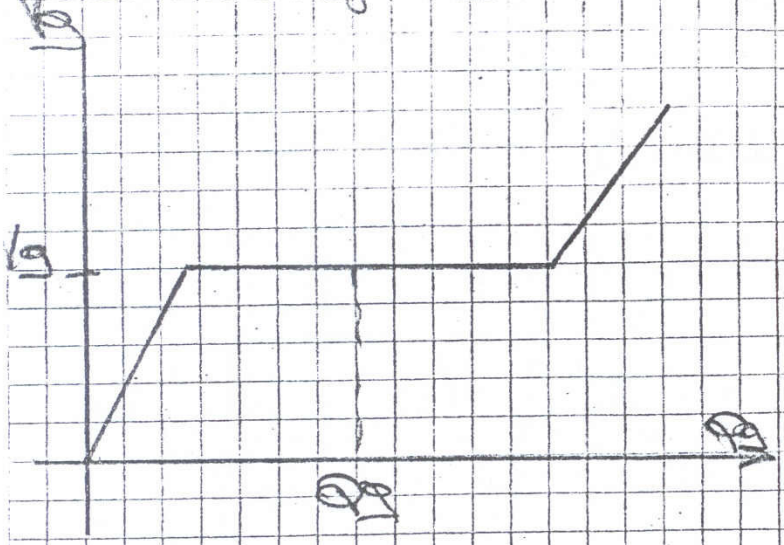
$$V_{ci}(s) = K_i \frac{E(s)}{s}$$

$$\frac{V_c(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s}$$

K_p = GANANCIA PROPORCIONAL DEL COMPENSADOR

K_i = GANANCIA DEL CONTROLADOR INTEGRADOR.

DE LA HOJA DE DATOS DEL MOSFET.

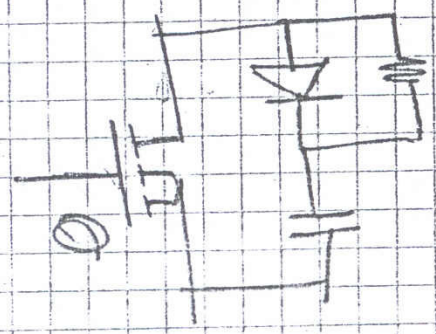


$$I_g = \frac{Q_g}{t_c}$$

$$t_c = t_{on} + t_{off}$$

$$t_c > (t_{don} + t_r) + (t_{doff} + t_f)$$

REDES DE AYUDA AL APAGADO



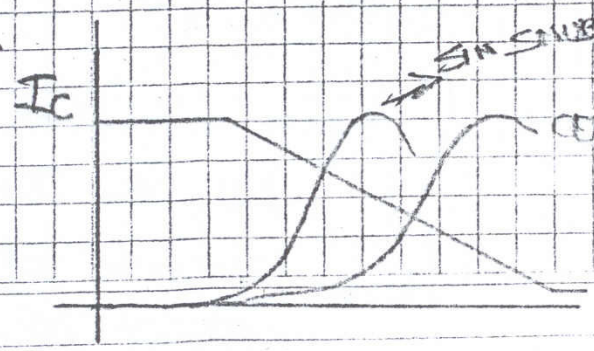
LA IDEA ES RETRASAR LA SUBIDA DE LA V_{DS} PARA QUE NO SE ENCUENTRE CON LA I_D Y EL MOSFET DISIPE MUCHA POTENCIA.

CUANDO Q SE BLOQUEA SE CARGA C RETRASANDO V_{DS}.

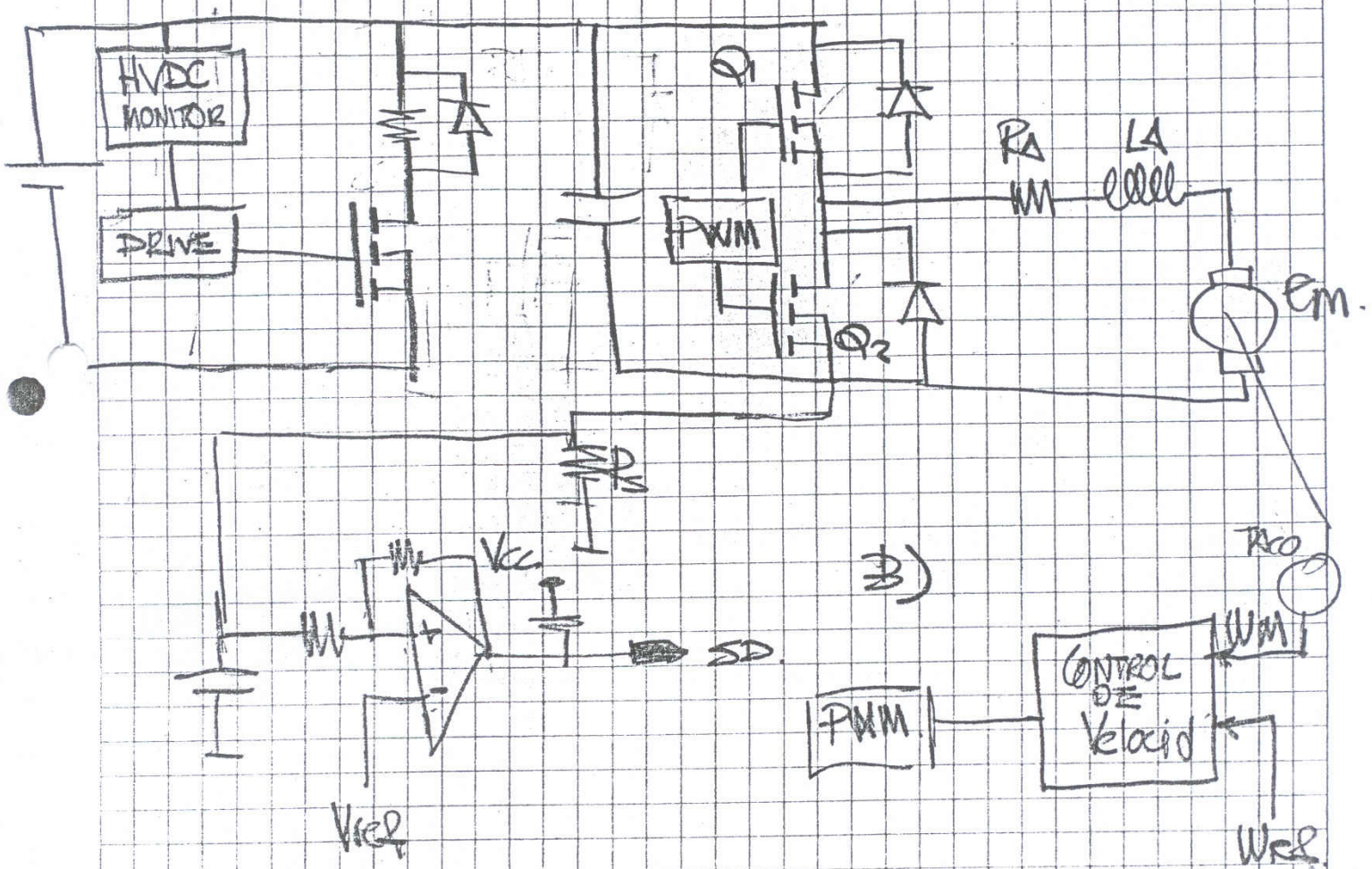
CUANDO Q SE SATURA EL C SE DESCARGA POR R.

LA RED RDS DISIPA PARTE DE LA POTENCIA QUE HUBIERA SIDO DISIPADA POR EL Q.

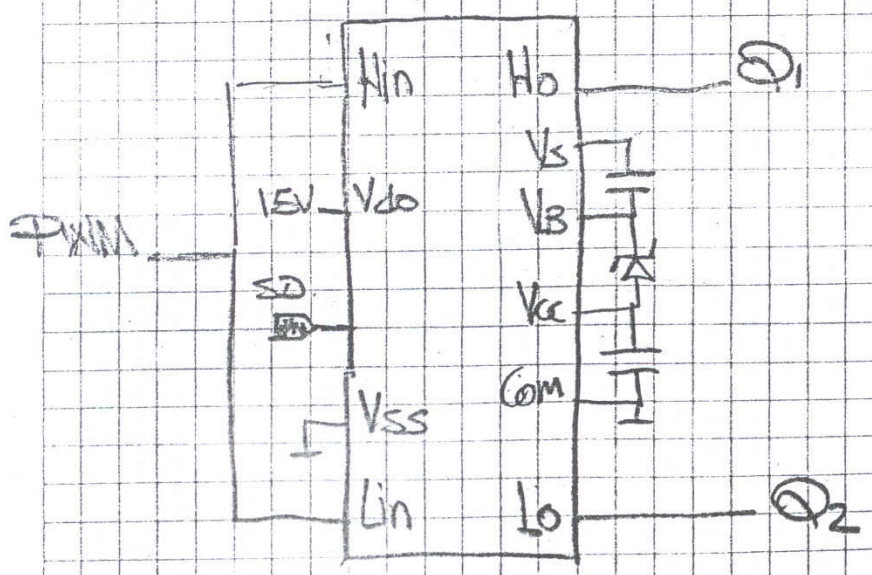
SE USA CUANDO EL MOSFET TRABAJA FUERA DE LA SOA.



A) CLASE C.



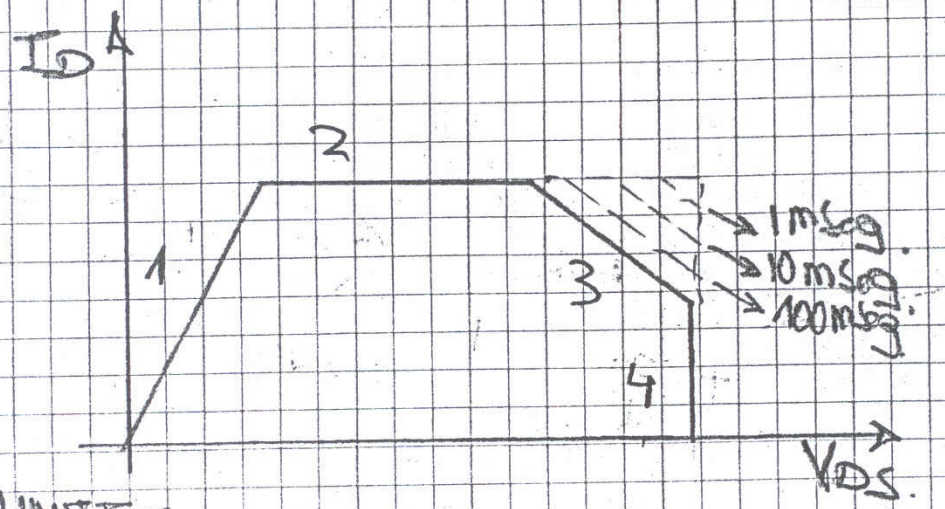
C) DRIVER CON IR2110.



HOJA 6)

FECHA

D) SOA MOSFET.



LIMITES

1) LIMITE DE LA R_{DS}.

2) I_{MAX} DE DRENADOR SEGUN ANCHO DE PULSO.

3) LIMITE TERMICO DEL ENCAPSULADO.

4) MAXIMA VDS

E). VER I_{LMAX} / I_{LMIN} CASE A TEORICO.

T_f = 19:29. T_i = 18:03

T = 1 h 26 m.

NOTA

Rectificadores

Teórico #1:

A) Parámetros de rendimiento.
B) Factor de potencia entrada senoidal y no senoidal con carga resistiva y no resistiva.
C) Clasificación de los rectificadores controlados por distintas cargas.
D) Desarrollo completo del rectificador trifásico totalmente controlado con carga resistiva pura y con carga regenerativa.
E) Desarrollo sintético del rectificador trifásico semicontrolado y dual con distintas cargas.
F) Análisis del contenido armónico que generan los rectificadores en la red. Comparación.

Teórico #2:

A) Desarrollo completo del rectificador trifásico totalmente controlado con todas las cargas.
B) Desarrollo sintético del rectificador trifásico semicontrolado con todas las cargas.
C) Desarrollo sintético del rectificador trifásico dual con todas las cargas.
D) Factor de potencia entrada senoidal y no senoidal con carga resistiva y no resistiva.

Práctico #1:

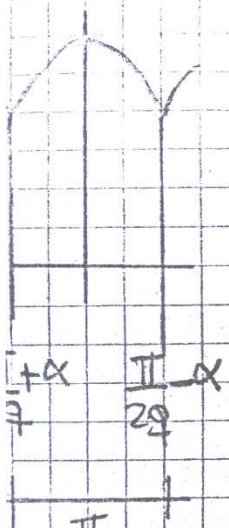
A) Diseño completo de un rectificador dual para ser aplicado en un motor de DC con control de los cuatro cuadrantes:

Vin = 380 Vrms
Tres fases con neutro con corriente circulante.

B) Selección y cálculo de los dispositivos de potencia. Justificar.
C) Diseñar el filtro de entrada de línea para eliminar las armónicas generadas a la red por el rectificador.
D) Red de ayuda SNUBBER.
E) Driver de compuerta del tiristor, arranque suave y protección de sobre corriente.

Práctico #1:

A) Calcular los componentes para un rectificador trifásico controlado con secundario en estrella. Dato: Tensión de entrada.
B) Todas las protecciones, sobre corriente, cortocircuito, tensión y filtro de salida.
C) Método para que no haya perdida de control del motor cuando se pasa de un cuadrante a otro.
D) Si se dispara el primer tiristor del rectificador (Th1) ¿Cuál es el tiristor que se dispara del otro puente?

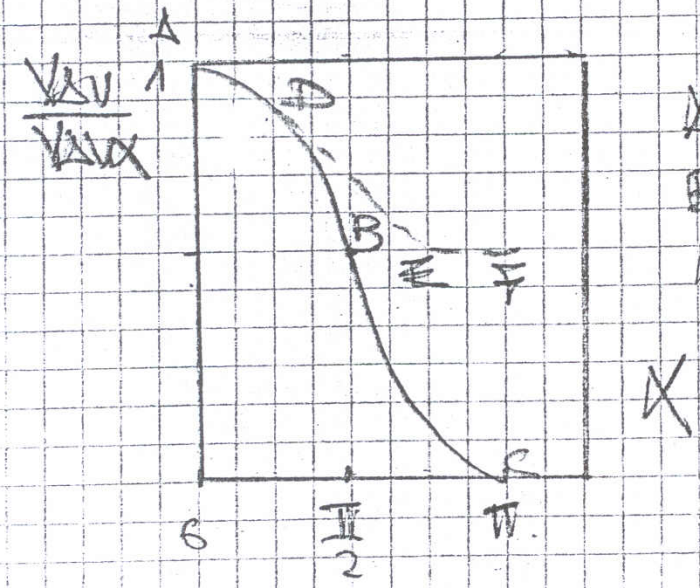


$$V_{av} = \frac{1}{T}\int_{T_1}^{T_2} V(\omega t)\, d\omega t = \frac{3}{\pi}\int_{-\frac{\pi}{6}+\alpha}^{\frac{\pi}{6}-\alpha} V_{fm_{FD}} \cos \omega t$$

$$V_{av} = \frac{3}{\pi} \operatorname{Sen}\frac{\pi}{\pi} \cos\alpha.$$

$$V_{ef}^2 = \frac{1}{T}\int_{T_1}^{T_2} V(\omega t)^2\, d\omega t$$

$$V_{ef} = \sqrt{2}\, V_{max} \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{3\sqrt{2}}{4\pi} \cos 2\alpha}$$



AB - RECTIFICADOR

BC - ONDULADOR

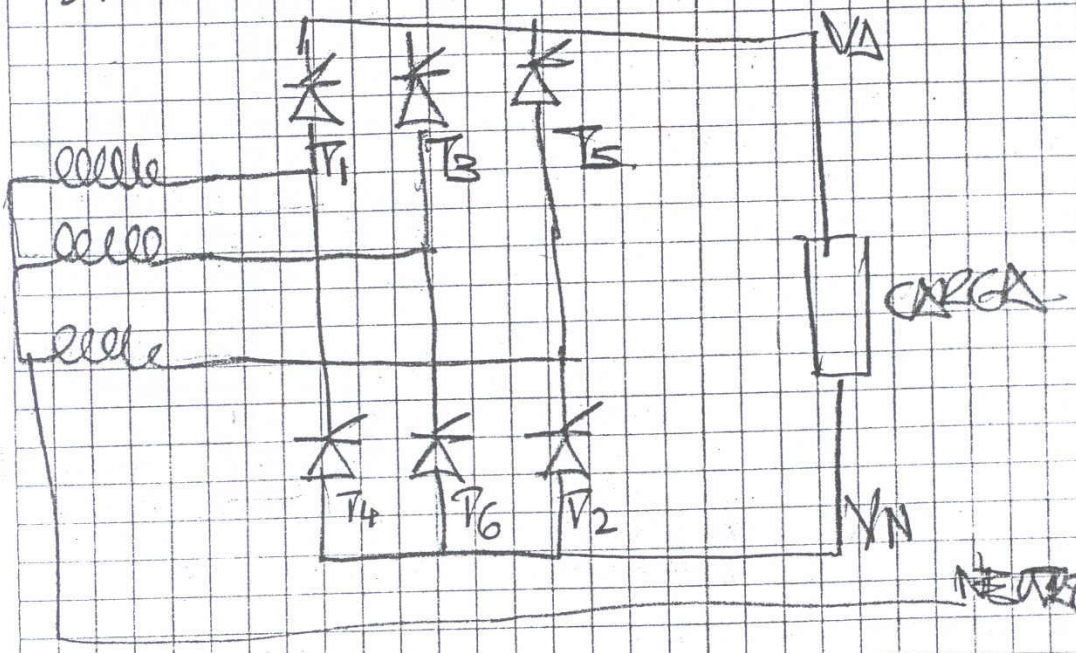
ABEF - CARGA RESISTIVA

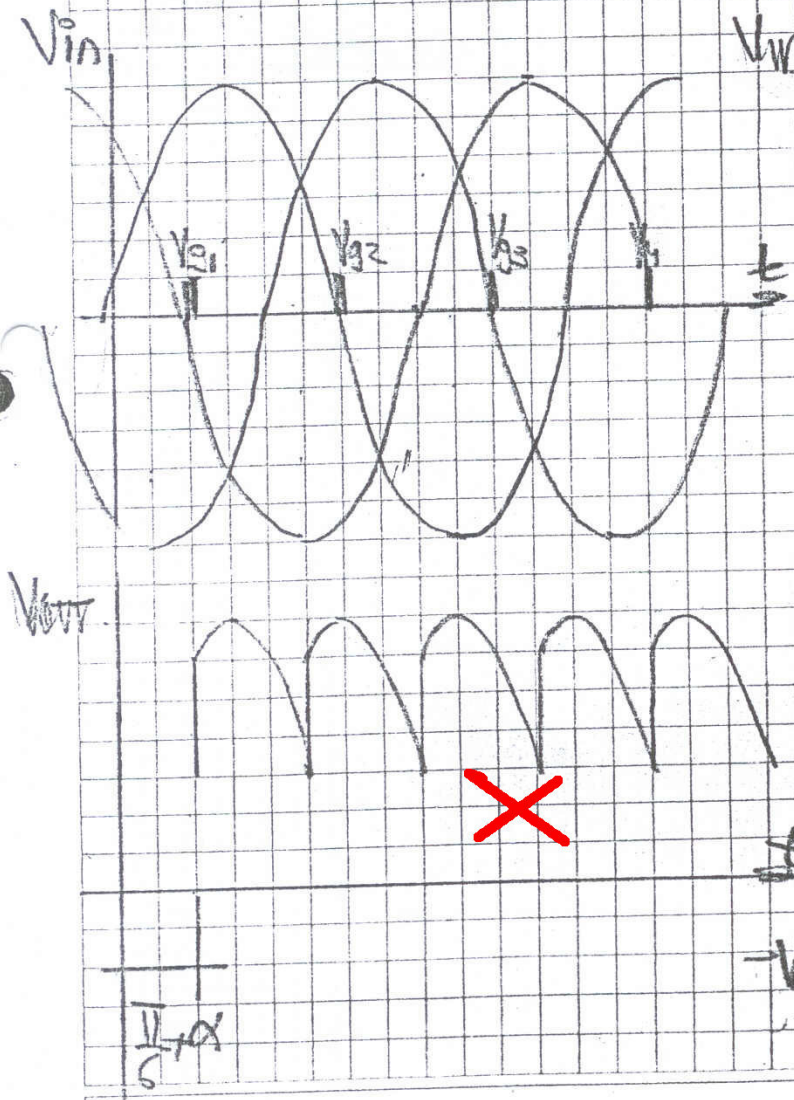
ADEF - CARGA INDUCTIVA

NOTA

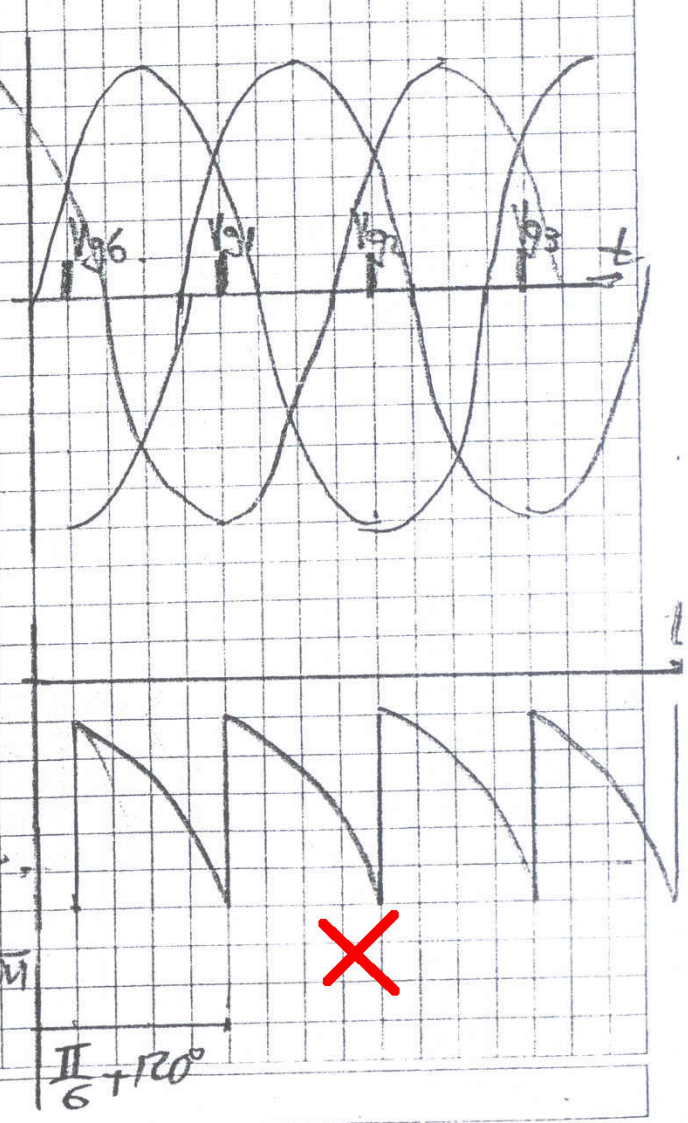
PRUEBA 2 | RECTIFICADORES. | HOJA 1 | FECHA 18:46

A) TRIFASICO TOTALMENTE CONTROLADO.





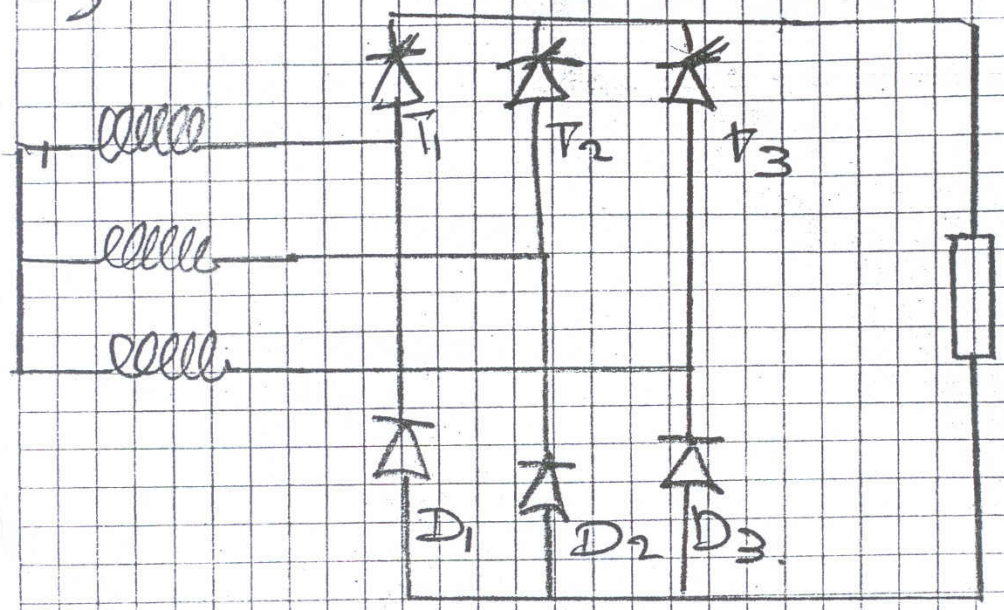
α = 30°

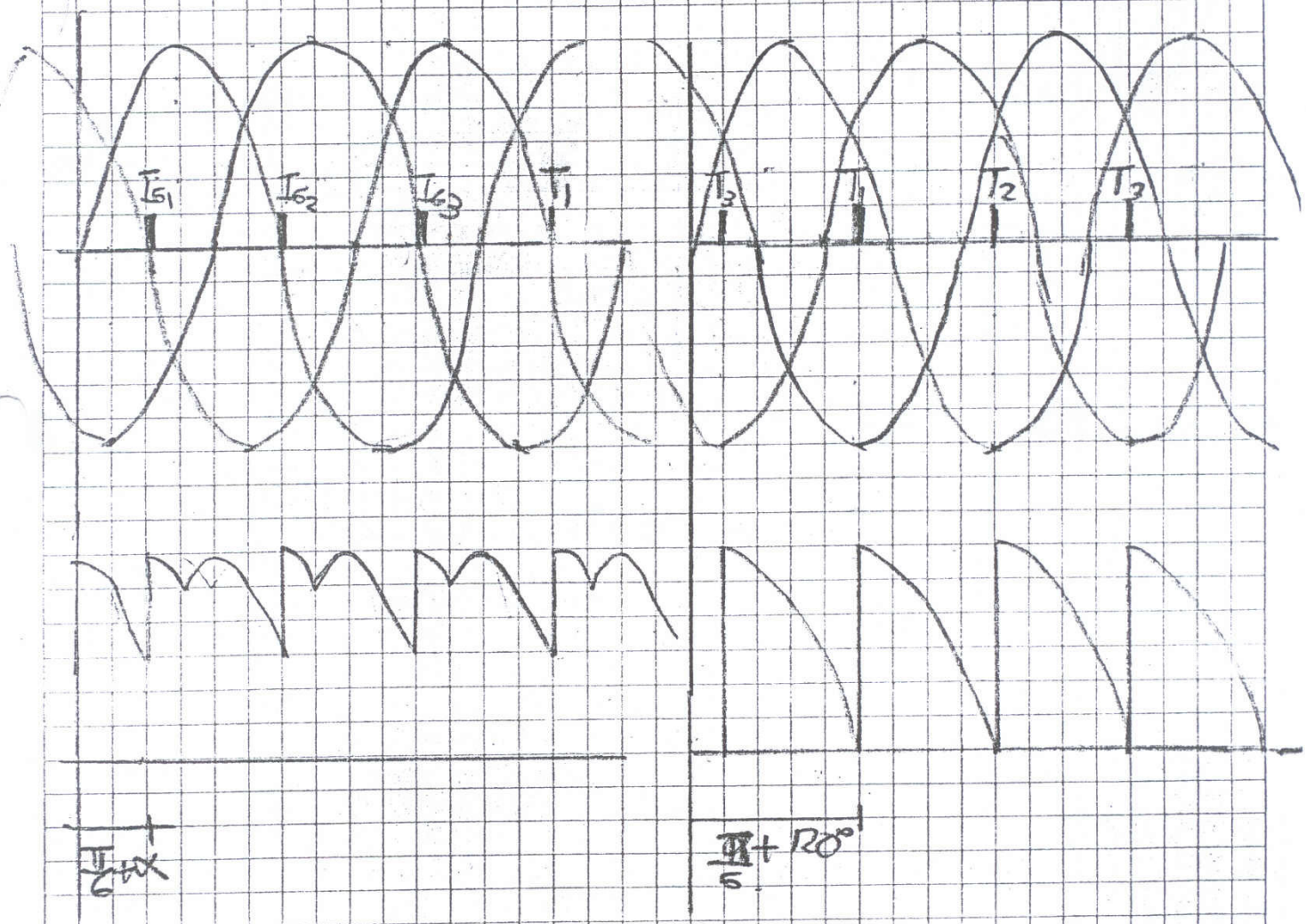


α = 120°

NOTA

B) RECTIFICADOR SEMICONTROLADO.

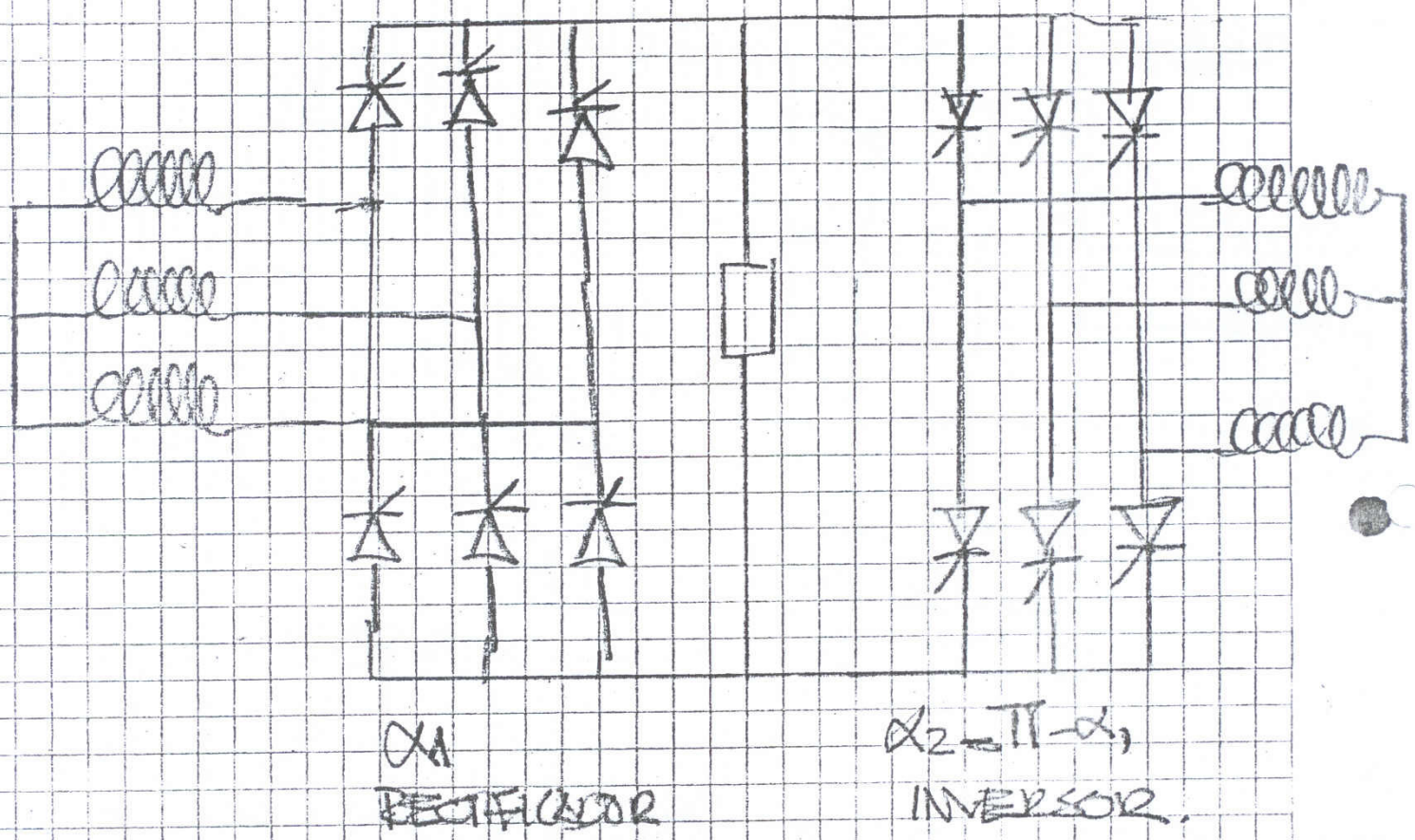


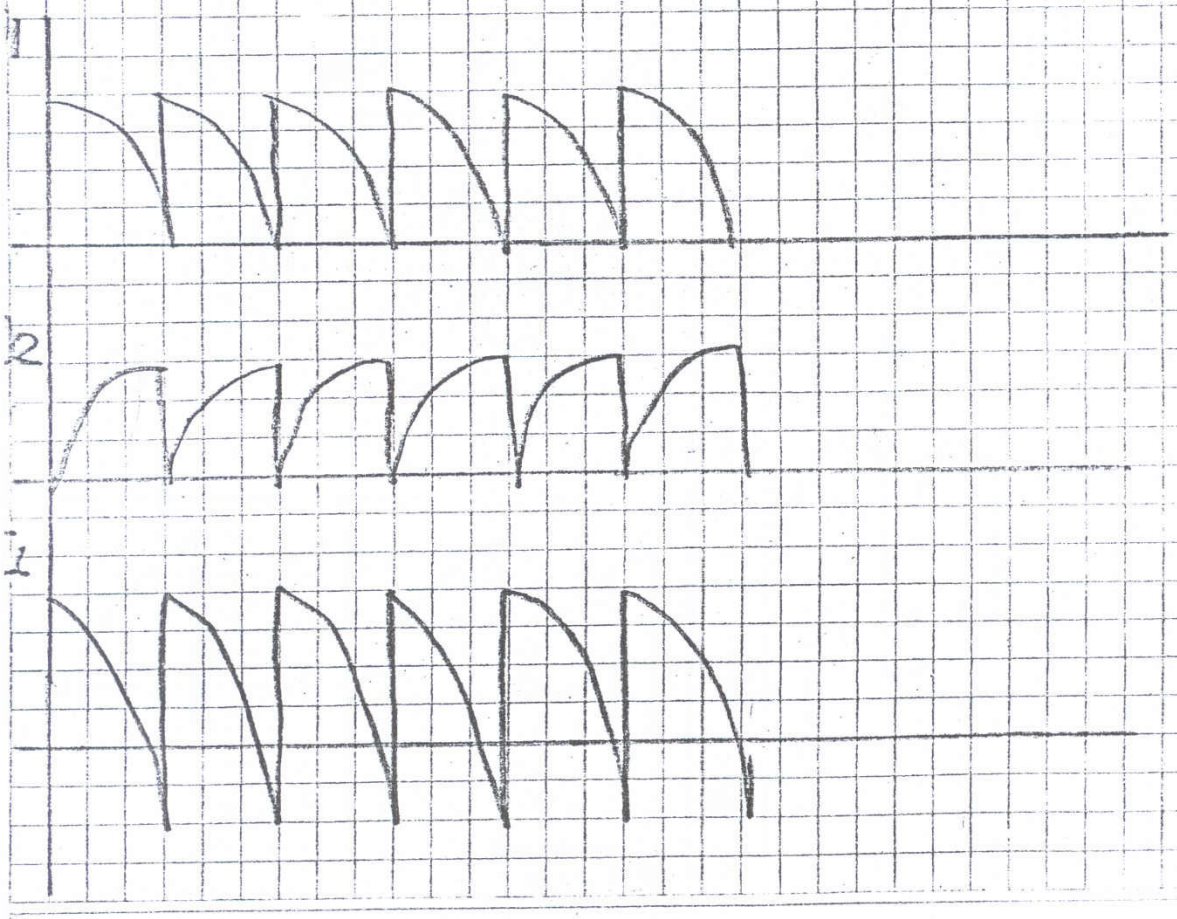


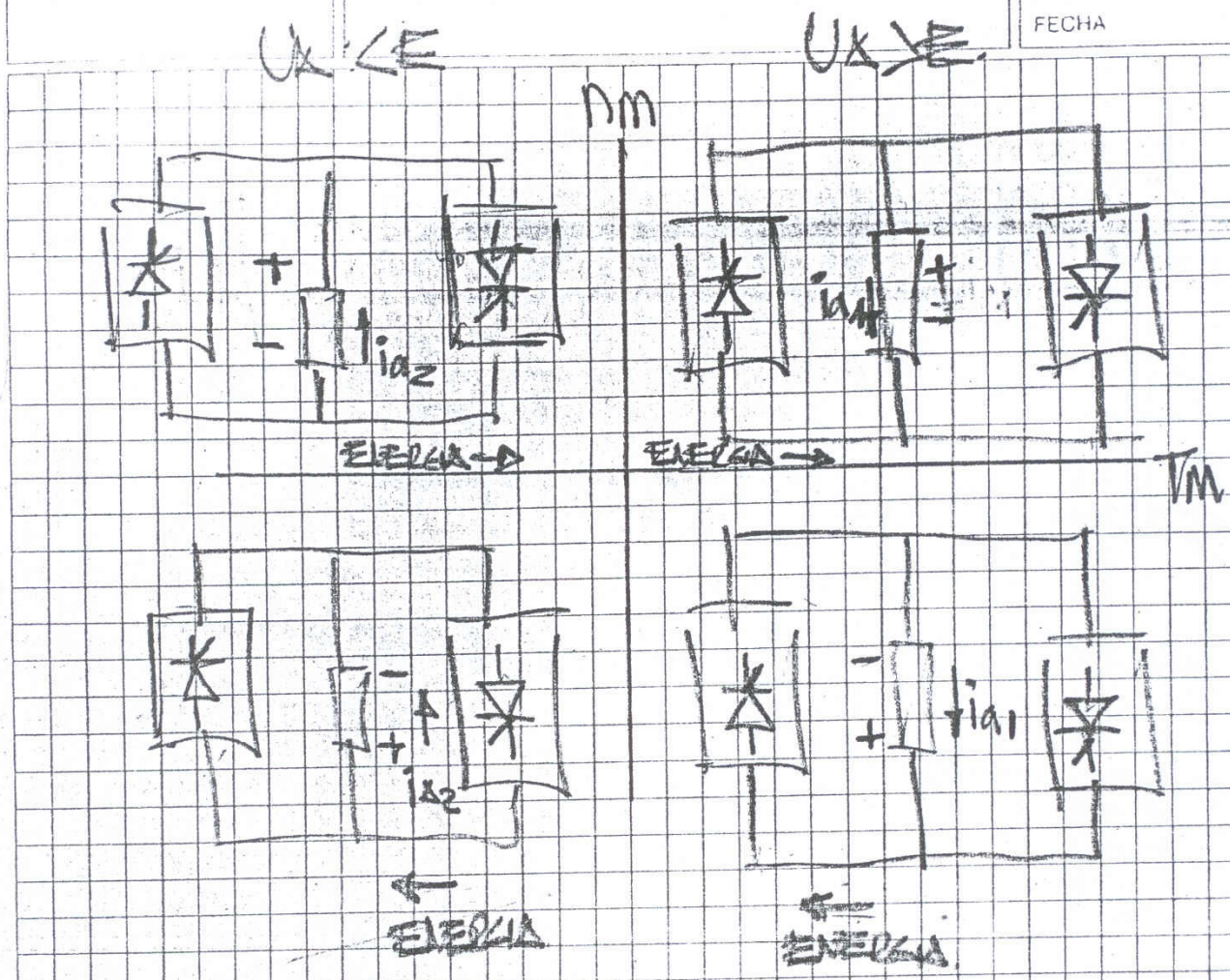
$$V_{AV} = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} V_{max}(1+\cos\alpha)$$

NOTA $V_{ef} = \sqrt{3}\, V_{max} \sqrt{\frac{3}{4\pi}\left(\pi + \frac{1}{2}\operatorname{sen} 2\alpha\right)}$

) RECTIFICADOR DUAL







D) FP CON CARGA LINEAL Y TENSION NO SENOIDAL

$$I_n = \frac{V_n}{R}$$

$$V_{RMS} = \sqrt{V_0^2 + \sum \frac{V_n^2}{2}}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{I_0^2 + \sum \frac{I_n^2}{2}}$$

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{V_0^2}{R} + \sum \frac{V_n^2}{R}}$$

$$I_{RMS} = \frac{V_{RMS}}{R}$$

$$P_{av} = \frac{V_{RMS}^2}{R}$$

$$P_F = \frac{P_{av}}{I_{RMS}\, V_{RMS}} = 1$$

NOTA

D) CARGA NO LINEAL Y TENSIÓN SENOIDAL

FACTOR DE POTENCIA DE DESPLAZAMIENTO

$$DPF = \cos\phi$$ ϕ = ANGULO DE DESPLAZAMIENTO

FACTOR ARMONICO DE LA CORRIENTE DE ENTRADA

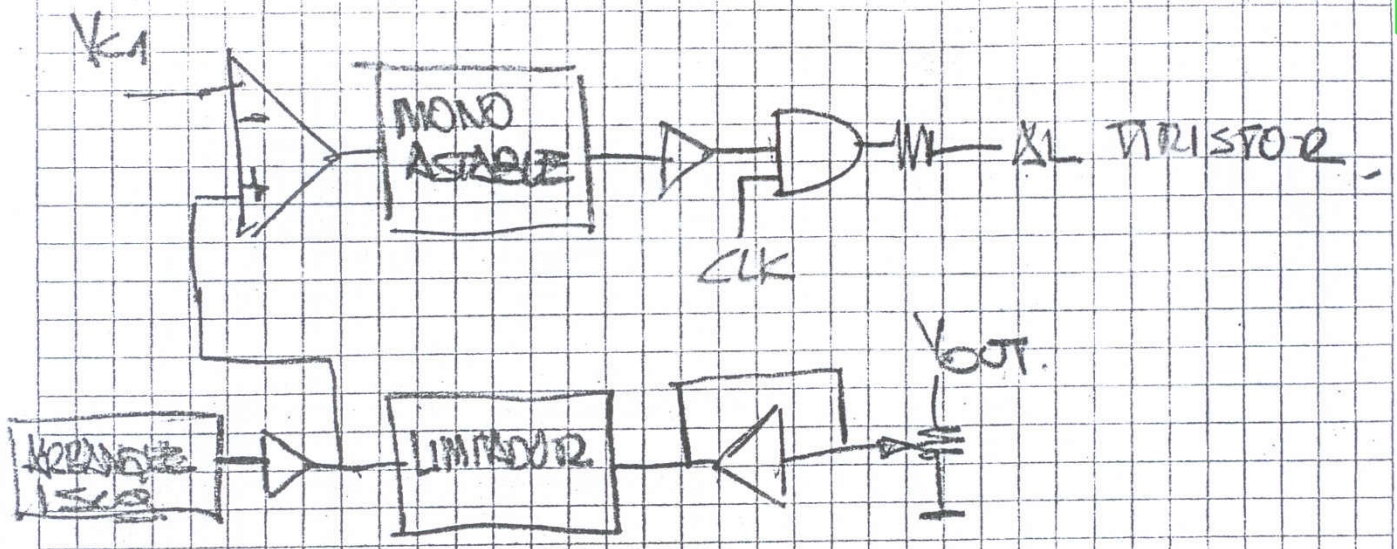
$$DF = \frac{I_{RMS1}}{I_{RMS}} = \frac{I_1/\sqrt{2}}{\sqrt{I_0^2 + \sum \frac{I_n}{2}}}$$

SI $I_0 = 0$

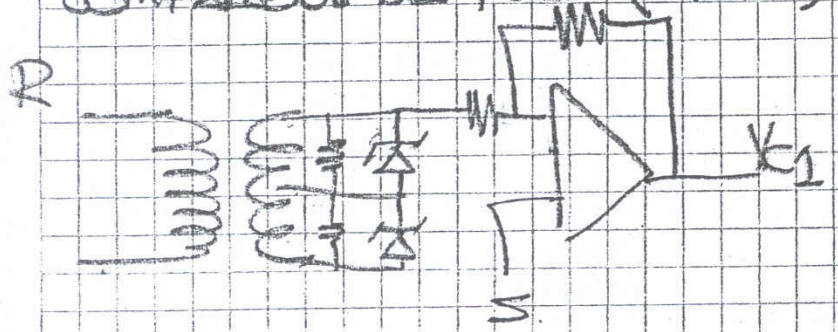
$$DF = \frac{1}{\sqrt{1 + THDI^2}}$$

$$PF = DPF \cdot DF = \frac{\cos\phi}{\sqrt{1 + THDI^2}}$$

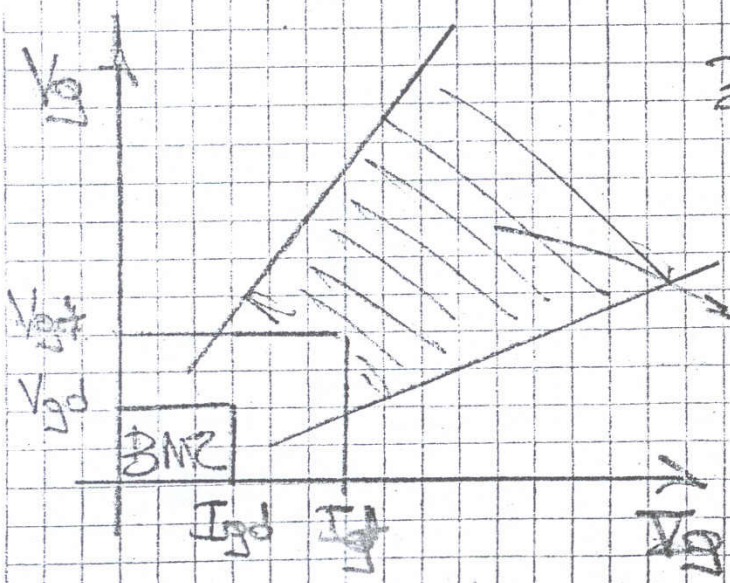
NOTA



COMPARADOR DE FASE (1 PARA) CADA FASE



CURVA DE V_g E I_g DEL TIRISTOR.



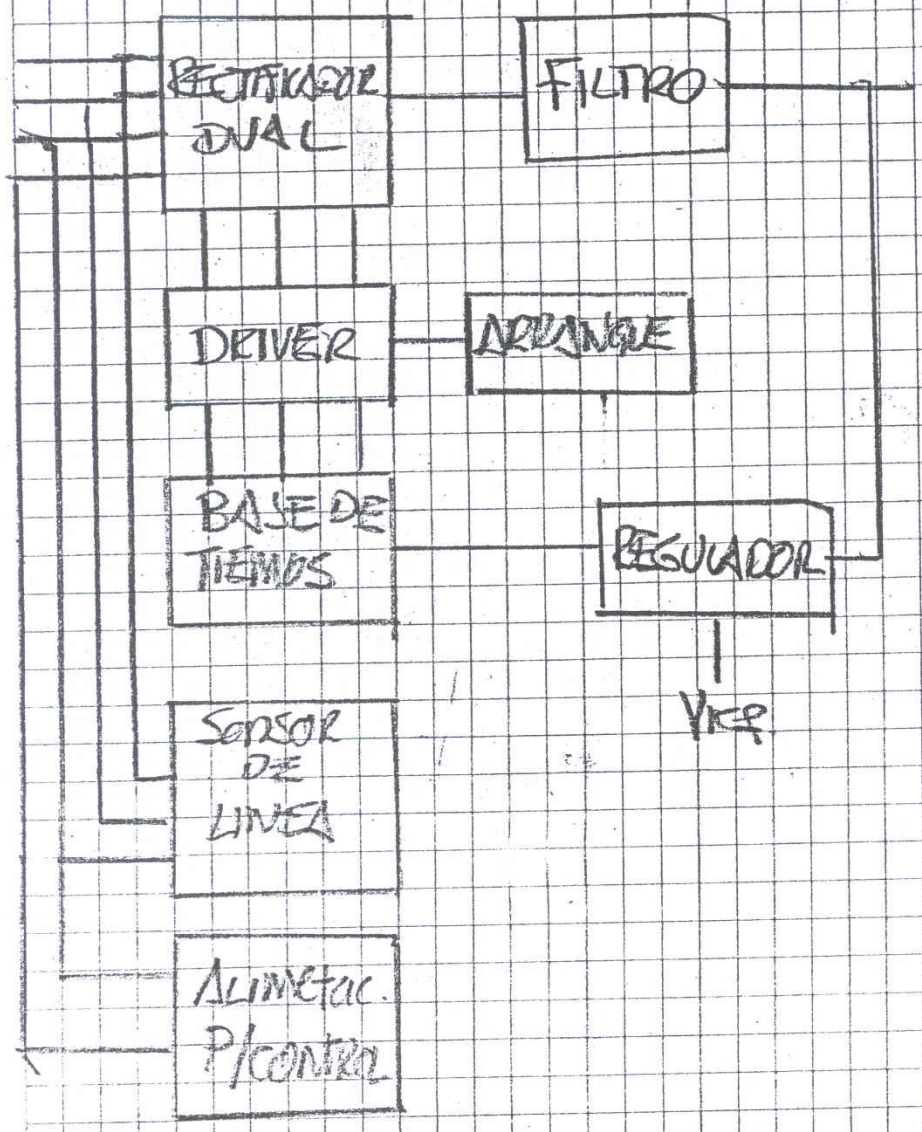
BNZ = ZONA DONDE EL TRANSISTOR ASEGURA EL NO DISPARO.

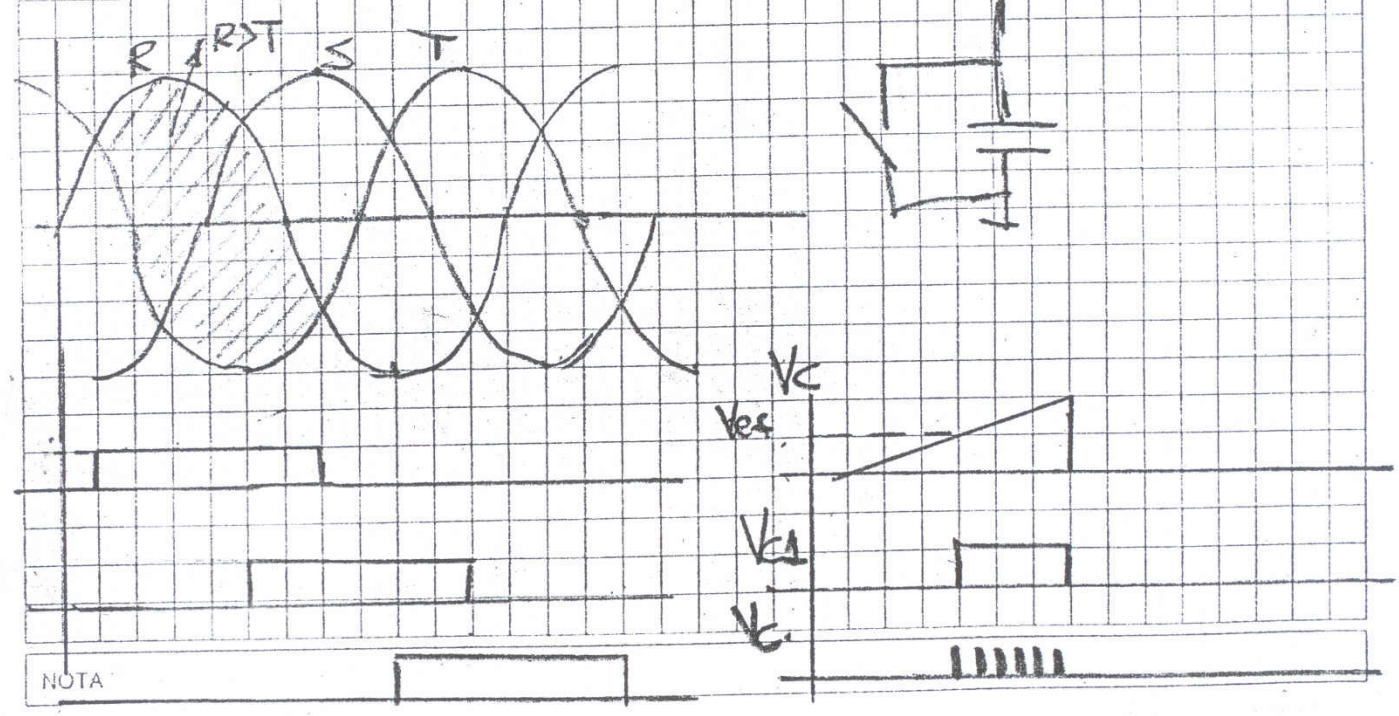
BSZ = ZONA DE DISPARO SEGURO

V_{gt}, I_{gt} V E I MIN PARA CEBAR EL TIRISTOR

NOTA

PRACTICO RECT





NOTA

Diego

3) Rectificación de Potencia.

a) **Teórico:** Análisis de distintas cargas. Método No Controlado , Controlado y Dual.

b) **Práctico:** Diseño de un rectificador PD3 o S3 dual.

Utilizar:

- Protección contra sobre corriente.
- Driver del ~~Transistor~~ tiristor.
- Selección de los dispositivos de potencia.

4) Rectificación de Potencia.

a) **Teórico:** Análisis de distintas cargas.

b) **Práctico:** Diseño de un rectificador PD3 dual para ser aplicado con un control de C.C. en los 4 cuadrantes con corriente circulante.

Utilizar:

- Protección contra sobre corriente.
- Driver del ~~Transistor~~ tiristor.
- Selección de los dispositivos de potencia.

5) Inversores.

a) **Teórico:** Distintos tipos. Técnicas de Modulación.

b) **Práctico:** Diseño de un inversor trifásico de potencia para controlar un motor de C.A.

Selección de la técnica de modulación:

- SPWM
- MSPWM
- SVPWM

Utilizar:

- IGBT
- Protección contra sobre corriente.
- Selección de los dispositivos de potencia.

6) Fuentes Conmutadas (con transistores).

a) **Teórico:** Distintos tipos. Asimétricos, Simétricos. No aislados, aislados.

b) **Práctico:** Diseñar una fuente conmutada → P(out) = 2kW.

Utilizar:

- Protección contra sobre corriente.
- Driver del Transistor.
- Selección de los dispositivos de potencia.

11 — 1 — 27-06-00 (3)

E. de Potencia. CRUZ, Jorge

1- Rectificación de Potencia. Teórica. Distintas cargas.

2- Diseño rectificador totalm. controlado trifásico dual para ser aplicado en un ctrol. motor c.c. (control. 4 cuadrantes). Protecc. Sobrecorriente y corte de alguna fase.

JOROS @ LMAASA.COM.

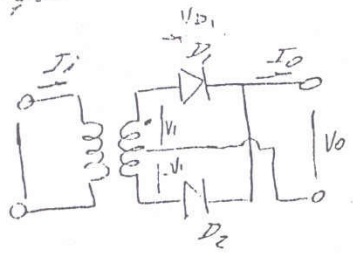
(1) Rectif. de Pot.

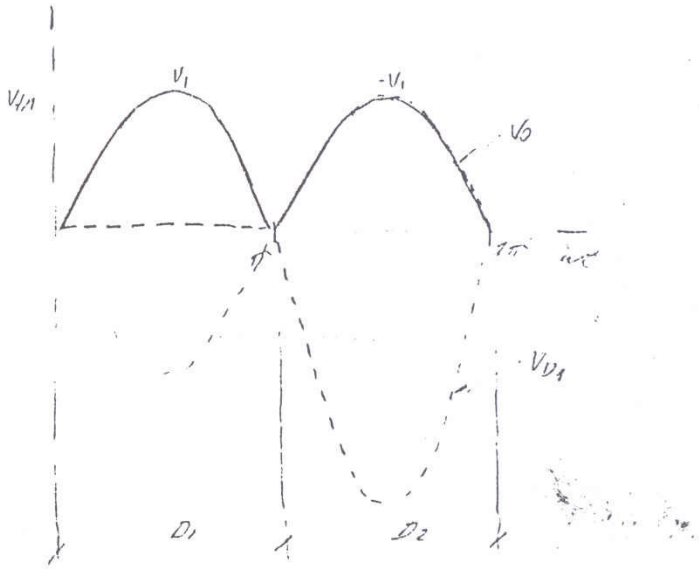
Clasificación:
- No controlado — V_0 = cte — conmut. con D
- Controlado — V_0 = vble
  - Totalmente Controlado
  - Semicontrolado
  - Reversible ó dual

RECTIFICACION NO CONTROLADA

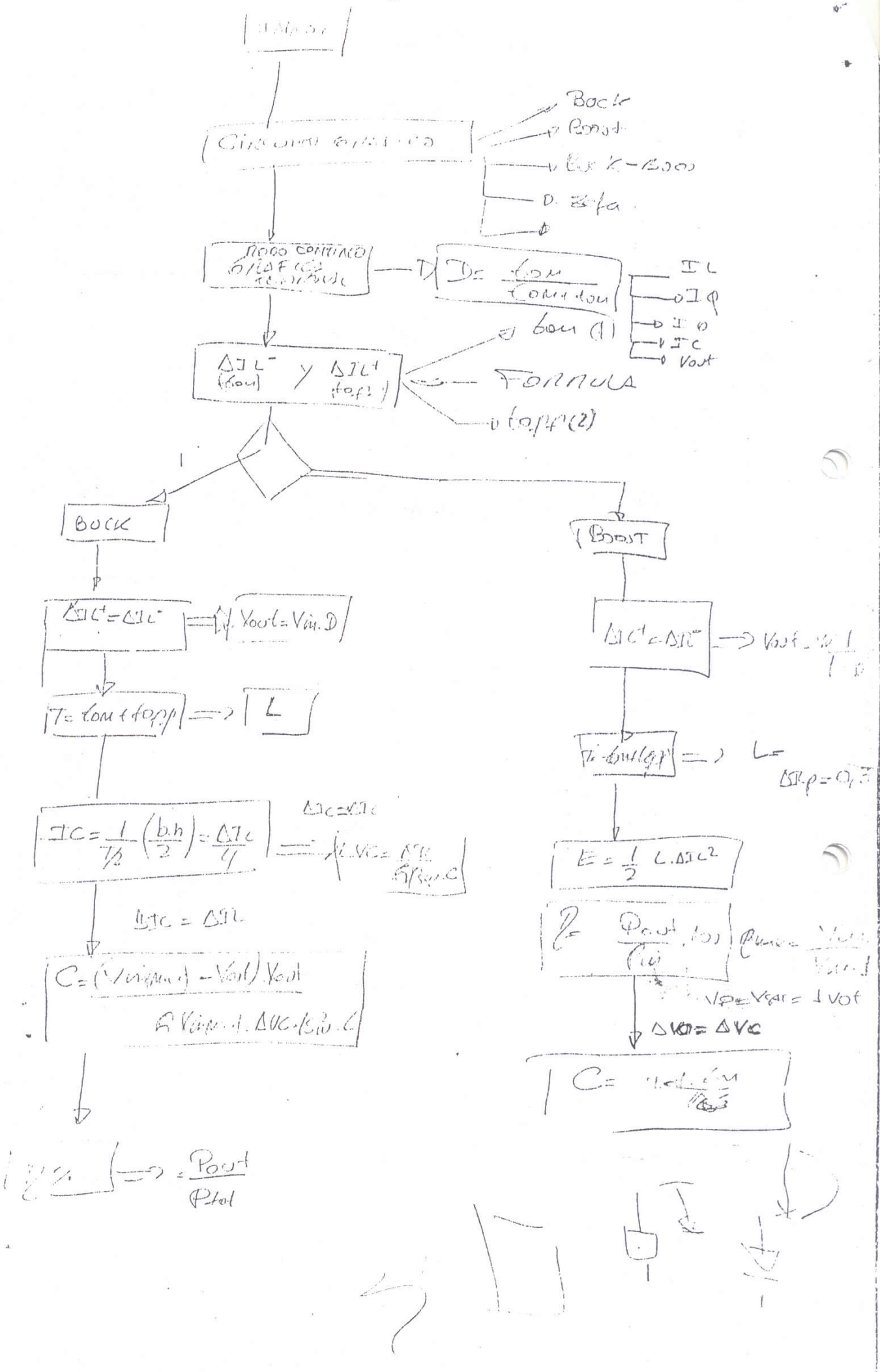
Tipo Paralelo P:

P2: q = 2





q = nº fases


Circuito básico
Buck
Boost
Buck-Boost
D. Esfa
Modo continuo gráfico teórico
D = ton / (ton + toff)
IL
IL p
I o
IC
Vout
ton (1)
ΔIL⁻ (ton) y ΔIL⁺ (toff)
FORMULA
toff (2)
BUCK
BOOST
ΔIL⁺ = ΔIL⁻
Vout = Vin . D
T = ton + toff
L
IC = 1/2 (b.h/2) = ΔIc/4
ΔIc = ΔIL
C = (Vripple - Vout) Vout / Vripple . ΔIC . fsw . L
ΔIL⁺ = ΔIL⁻
Vout = Vin 1/(1-D)
T = ton(off)
L =
ΔIL.p = 0,3
E = 1/2 L.ΔIL²
Pout / η
Pin = Vin / Vout
Vp = Vpar = Vout
ΔVp = ΔVc
C =
η = Pout / Ptot

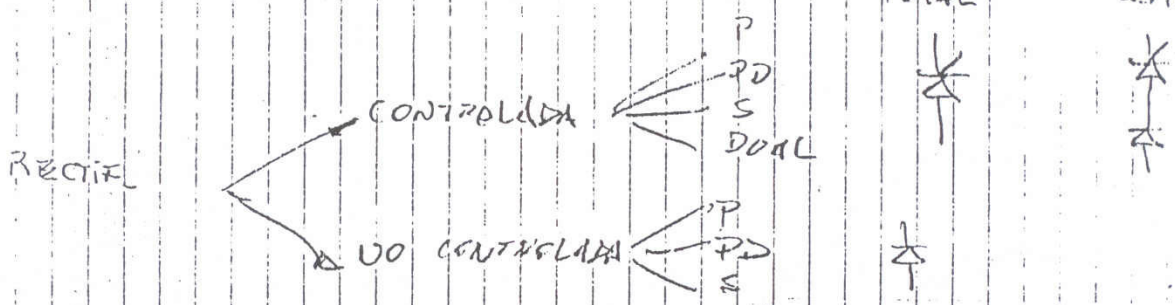
17 — .—

E. de Potencia.. 13-07-00.—

1. Rectificación de Potencia.— Teórico.— Distintas cargas.—
2. Diseño rectificador trifásico totalmente controlado para control en los cuatro cuadrantes (ejemplo control motor D.C.)
   - Protección contra sobrecorriente
   - Driver del tiristor
   - Selección dispositivos y componentes de potencia.—

1.— RECTIFICACIÓN DE POTENCIA

(DUAL 2 [illegible] kW) (TOTAL 70 kW) (SERIE 120 kW)



PARÁMETROS DE RENDIMIENTO

$K_f = \frac{V_{DC}}{V_{RMS}}$ $\eta = \frac{P_{DC}}{P_{AC}}$ EFICIENCIA

$K_c = \frac{V_{fM}}{V_M}$

$K_p = \frac{V_{PRIMARIO\ APROXIMADO}}{V_M}$

$K_o = \frac{V_{o(max)} - V_{o(min)}}{2 V_M}$ $FP = \frac{P_o}{P_i} = \frac{I_{RMS1}}{I_{RMS}} \cdot \cos\theta$

LOS ASPECTOS A ANALIZAR EN CADA CIRCUITO SON:

* VALOR MEDIO V_m
* VALOR EFICAZ V_{RMS}
* DESARROLLO EN SERIE DE FOURIER
* K_o FACTOR DE ONDULACIÓN
* TENSIÓN INVERSA EN LOS DISPOSITIVOS
* CORRIENTES EN LOS DISPOSITIVOS

MARTIN T.

E. de Potencia.

~~Kosl Electrónica~~

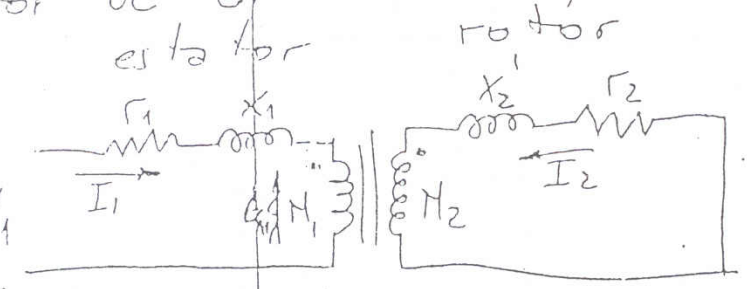
MAV (2) (1) (17)

1 - Control motor C.A. Teórico.-
- Distintos casos de control por desfazamiento y velocidad sincrona.-

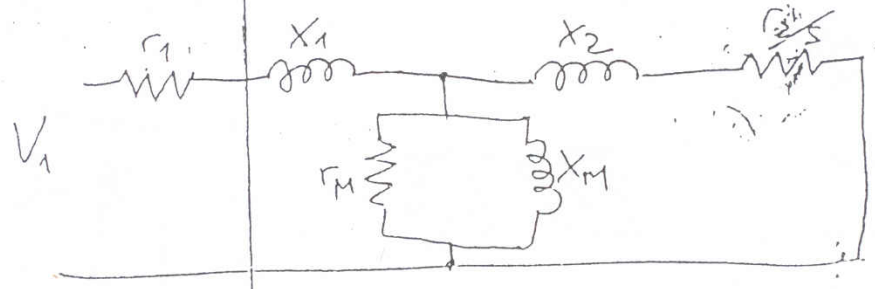
2 - Práctico.- Diseño de un control motor C.A. por control de velocidad sincrona.
- Método del inversor
  - a - SVPWM
  - b - SPWM
  - c - MSPWM

Protecciones de sobrecorriente - Driver del dispositivo de Pot. -
Selecc. de los tipos de potencia principales.-

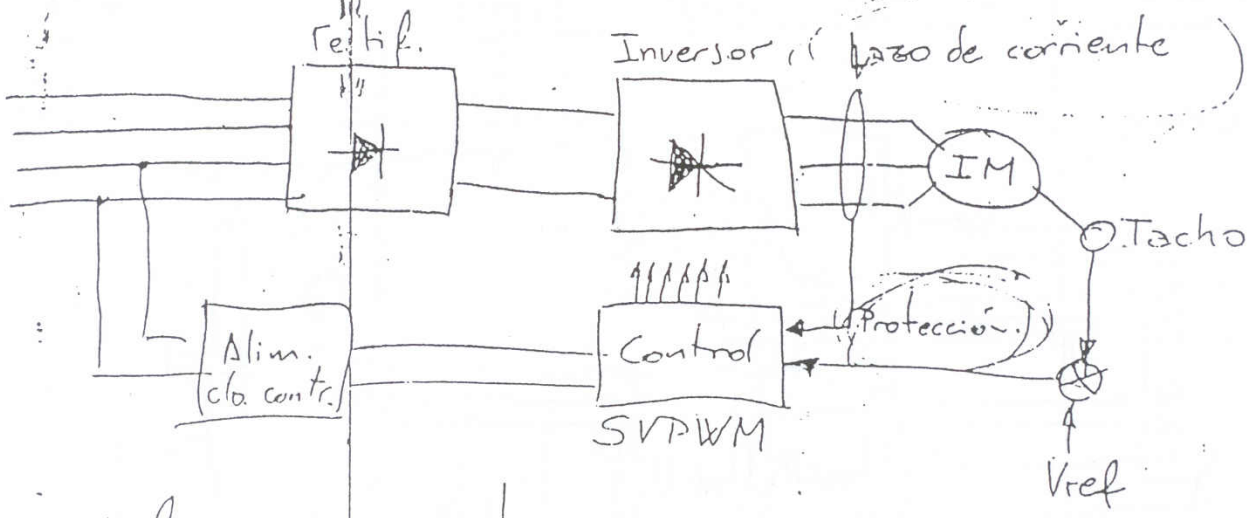
Motor de CA sincrono, circ. equivalente.



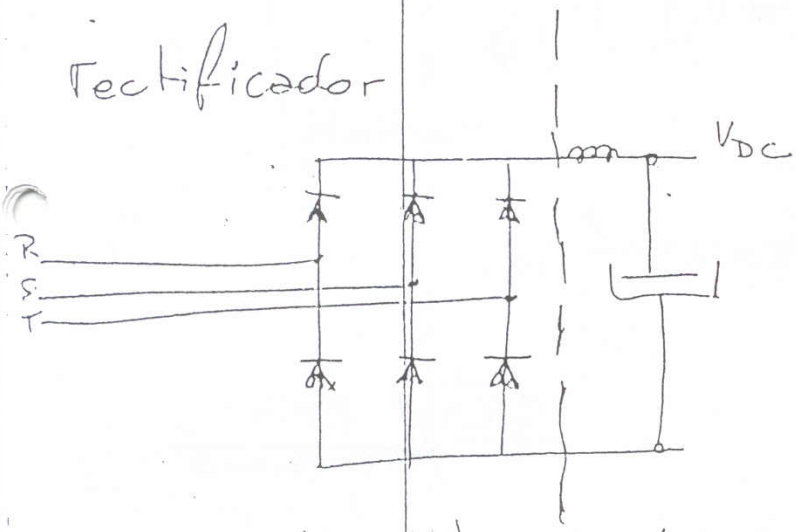
reflejando el circ. del rotor al estator

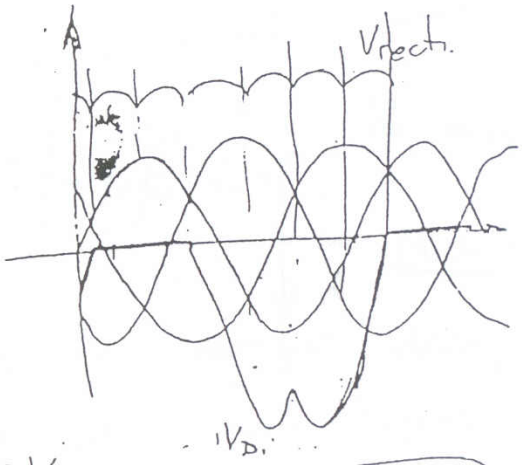


Práctico:



Rectificador

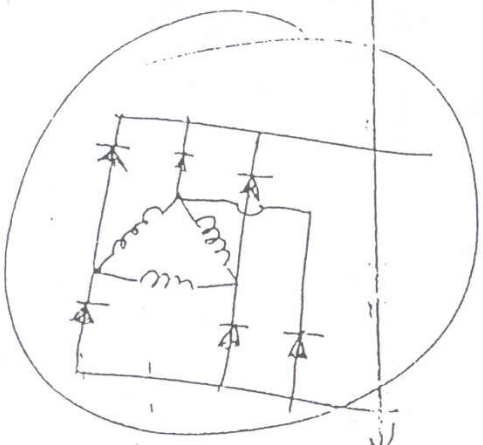


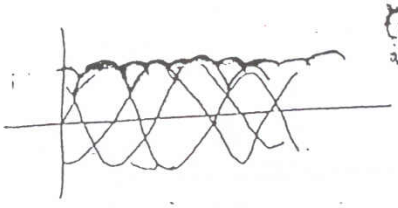


$$V_{RM} = 2\, V_{fM} \cos\left(\frac{\pi}{23}\right) = \sqrt{3}\, V_{fM} \simeq 540\,V$$

$$\boxed{V_{RM} = 600\,V}$$

$$I_{máx} = I_0 \qquad I_{med} = \frac{I_0}{q} \qquad I_{ef.} = \frac{I_0}{\sqrt{q}}$$

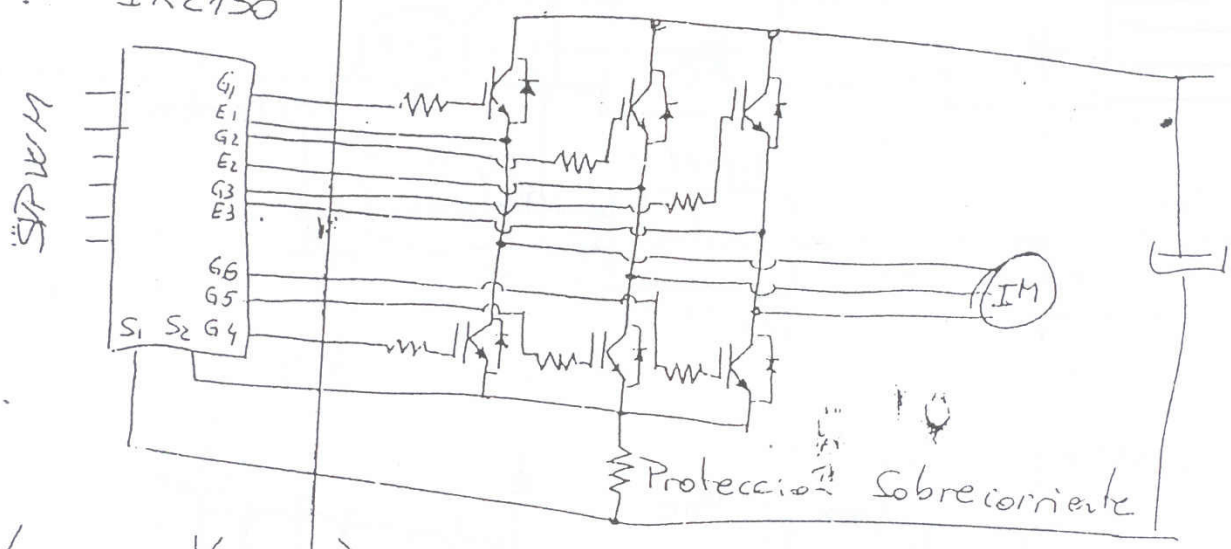




$$V_{RM} = V_{fM} = 315$$

$$\boxed{V_{RM} = 400\,V}$$

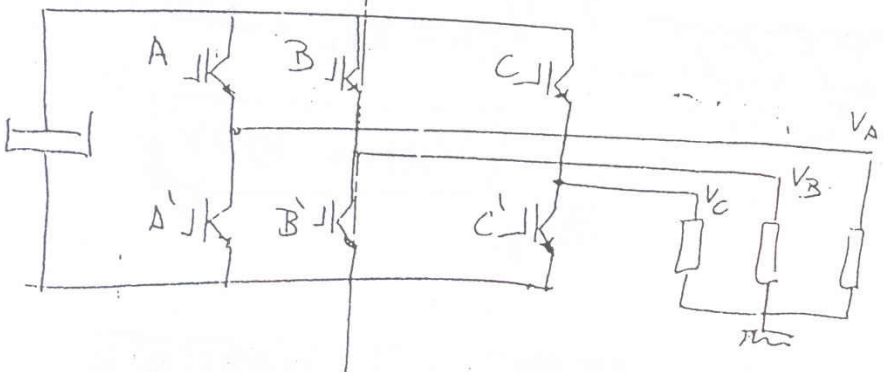
SVPWM | Driver disp. Pot.



$V_{CER} = V_{DC} \begin{cases} > 540V \\ > 320V \end{cases}$ $I_{C\,máx} = I_{O\,máx}$

SVPWM

Se puede variar la tensión y la frecuencia de la señal según la secuencia de conmutación. Este método disminuye el contenido de armónicos. Para lograr cualquier valor de tensión, se basa en combinaciones de las tensiones obtenidas según la tabla.



1 ⇒ transistor superior saturado

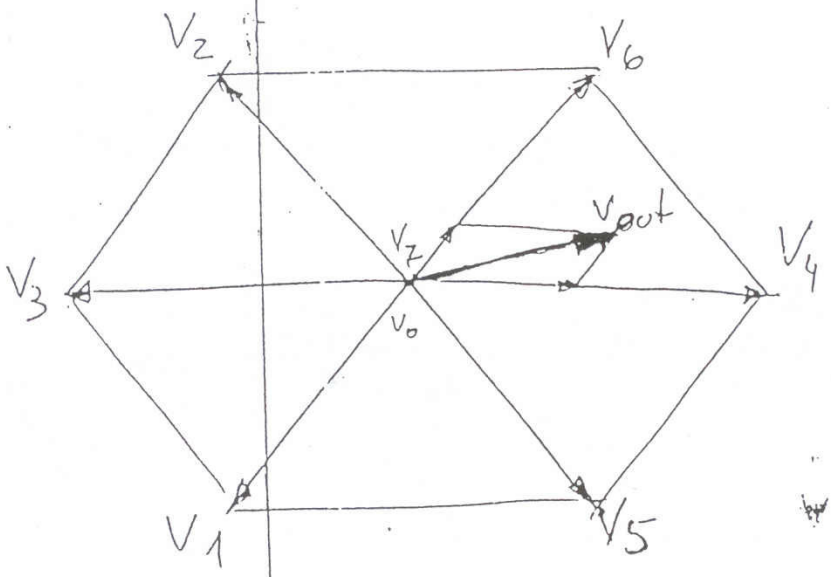
0 ⇒ " inferior "

A	B	C	V_A	V_B	V_C	
1	0	0	Vcc	0	0	
1	1	0	Vcc	Vcc	0	
0	1	0	0	Vcc	0	
0	1	1	0	Vcc	Vcc	
0	0	1	0	0	Vcc	
1	0	1	Vcc	0	Vcc	
1	1	1	Vcc	Vcc	Vcc	→ tensión Ø
0	0	0	0	0	0	→

6 22

K x ▭ △ ○

Vectores Espaciales



Se eligió el IGBT, porque es dispositivo controlado por tensión, le facilita la implementación del Drive además es un dispositivo capaz de mane la corriente suficiente para variedad de motores.

En el rectific. elejimos Serie 3 porque Diodos deben soportar V_{RM} menores. los rectific. PD3, además la tensión también es menor, lo que nos facilita elección de los dispositivos de pot. del

- EXAMENES DE POTENCIA - TEMAS TOMADOS

EXAMEN 1 - FUENTES COMMUTADAS -

TEORICO:

- (a) Desarrollo completo modelo Boost en CCM y DCM - Relaciones de conv. (K) en reg. estac.
- (b) - Desarrollo sintético del modelo Flyback y Forward c/trafo de aislación.
- (c) - Desarrollo sintético del modelo Bidireccional Half y Full Bridge c/trafo de aislación - Criterios de diseño.
- (d) - Restricciones respecto al ciclo de trabajo D en los conv. no aislados y aislados. restricciones de D en caso del convertidor forward aislado.
- (e) - Criterios sobre la modelización de las fuentes conmutadas buck y control directo del D utilizando PWM y red de compensación (555 pag 5.99)

$D = \frac{V_c}{V_m}$

Practico

Diseño fuente conmutada aislado bidireccional p/ser aplicado a un equipo de soldadura de arco -

$V_{in} = 380 V_{rms}$ (TRES FASES C/NEUTRO)

$V_{out} = 20-30 V$

$I_{out} = 200 A$ (max)

$f_{sw} = 50 KHz$

- Seleccionar los convertidores mas adecuadas para esta aplicación FULL BRIDGE
- " el PWM y su alimentación
- Utilizar Tx de Potencia + adecuados p/esta aplicación (IGBT) por 2004 - justificar
- Diseño de trafo de aislación. Formulas + imp. p/esta aplicación
- Red de ayuda en la conmutación. (SNUBBER) si es aplicable
- SOA y driver Base
- Arranque suave, protección de sobrecorriente (con el driver).
- Incluir Filtro EMI / RFI

EXAMEN ② - RECTIFICADORES -

TEORICO

ⓐ- Desarrollo completo rectificador trifasico controlado con todas las cargas. ✓

ⓑ - Desarrollo sintético rectificador semicontrolado } con sus cargas - resistivo
ⓒ - " sintetico rectificador dual. } - resistivo - ind.
-resistivo - induct - gener.

ⓓ - Factor de Potencia : p/ señales senoidales ; p/señales no senoidales. ✓

PRACTICO

Calcular los componentes p/ el rectificador trifasico controlado con secundario en estrella.

-Todas las protecciones - cortocircuito; corriente sobrecarga; tensión; filtro de salida;

-Dato: tension de entrada.

- pregunte - p/le de rect. de Pot. ¿Cuales los L_λ? P/que no haya perdida de control de motor cuando se pasa de control de motor de un cuadrante a otro.

-Si se dispara tiristor del 1er ~~cuadrante~~ rectificador (th_1)? ¿Cual es el tiristor que se dispara en el otro puente? Se disp. el complementario (th_1') (ojo)

EXAMEN ③

-Motores de CA

-control de CA c/ MOD. SPWM

- C/control si falta una fase
- control proteccion x sobrecorriente
- Todas las var. de velocidad x metodos escalares (conceptual)
  x metodos vectoriales (a desarrollar)

- INVERSORES (teórico) - completo
  - Clasificacion
  - TIPOS

-Practico:
- Control escalar c/control alterno MOD. SPWM

Examen 4 Motor C.C.

1- Control motor C.C. - TEORICO - Ecuaciones, Curvas T/wn

a) Distintas aplicaciones c/ transistores y tiristores.

b)- Distintos modos de Frenado . Analisis en los 4 cuadrantes. clase 6, Tension unipolar

c)- Aplicaciones reversibles y de alto rendimiento. c/ corriente / s/ co

PRACTICO

- Diseño control motor C.C. c/ tiristores
- Método reversible con corriente circulante - Circuito completo - Diseño y seleccion de los componentes de potencia - Protecciones - Driver del tiristor.

EXAMEN 5 MOTOR C.A

TEORICO:

a)- Modelo equivalente del motor CA Asincrono y formulas principales - curvas - $T_m = f(w_m)$

b)- Información sobre los parametros electricos.

c)- Concepto basico control por deslizamiento.

d)- Desarrollo del control por variación de la velocidad sincrona.

e) - Conceptos sobre control de velocidad vectorial.

PRACTICO:

Diseño del Circuito de Pot. para controlar velocidad y par de un motor asincrono trifasico.

- tension de entrada 380 V_{ef}, tres fases c/neutro.
- ctrl escalar
- Utilizar tecnica de modulación SVPWM.
- Diagrama en bloque de la propuesta y analisis.
- Mencionar las limitaciones del metodo de control escalar
- Seleccionar transistor adecuado p/esta aplicación, justificar

- Si es aplicable, red de ayuda a la conmutación (snubber).
- SOA y driver de base p/esta aplicación
- Proteccion sobrecorriente y fallas de red

EXAMEN (6) INVERSORES CON TRANSISTORES

(a) - Clasificacion, parametros de rendimiento. ✓

(b) - Inversores c/ transistores (MONOFASICOS). Distintas configuraciones, aplicaciones*.

(c) - Desarrollo completo de inversores c/ transistores en puente completo con aplicaciones monofasicas y trifasicas.

(d) Tecnicas de modulacion, incluir SVPWM.

PRACTICO:

Diseño de un inversor trifasico p/ser aplicado en un control escalar p/ motor asíncrono por la tecnica V_1/f_1 (ley de proporcionalidad) con las siguientes caracteristicas:

- V_{in} = 380 RMS tres fases c/neutro
- V_o = 0 - 380 RMS - tres fases s/neutro
- f_o = 0 - 100 Hz / 50Hz nominal

- Diagrama en bloques y circuito completo.
- Modulación SVPWM
- USAR IGBTS
- seleccionar dispositivos de Potencia
- Si es aplicable red ayuda conmutación (Snubber)
- SOA y driver de base del transistor
- Incluir filtro EMI/RFI

TEMAMEN 7 RECTIFICADORES DE POTENCIA

TEORICO:

a. Parámetros de rendimiento

b. Factor de potencia p/ tension entrada senoidal y no senoidal con carga resistiva y no resistiva.

c. Clasificacion de los rectificadores controlados c/ distintas cargas

d. Desarrollo completo del rectificador trifasico totalmente controlado con carga resistiva pura y regenerativa (P3 y PD3)

e. Desarrollo ~~simétrico~~ sintetico del rectificador trifasico semi-controlado y dual con distintas cargas

f. Analisis del cont. armónico.

PRACTICO:

Diseño completo de rectificador dual p/ motor DC c/ control en los 4 cuadrantes.

Vin = 380 RMS 3 fases c/ neutro

Convertidor c/ corriente circulante.

EXAMEN (8) - Motor CC.

TEORICO

(a) Control motor de CD. Ecuaciones relacionadas con la electrónica de potencia. ✓

(b) Curvas par / velocidad ✓

(c) Constantes de tiempo - ✓ τ_{mech}, τ_{el}

(d) - Frenado dinámico y regenerativo. ✓

(e) - Analisis y circuitos con transistores y tiristores para control en los cuatro cuadrantes. ✓

PRACTICO

- Diseño driver de motor de D.C - con transistores. control en los cuatro cuadrantes. ✓
- Frenado regenerativo / Dinamico ✓
- Seleccion de los dispositivos de Potencia ✓
- Driver del transistor ✓
- Areas seguras del transistor. Redes de proteccion (Snubber) ✓
- Proteccion contra sobrecorriente. ✓

MARTIN T.

MAV

1

ELECTRONICA DE POTENCIA
EXAMENES

1) Control de Motores de C.A.

a) **Teórico**: Asincro y Síncrono.
b) **Práctico**: Diseño del control y driver del motro de C.A. por métodos (a elegir):
- V/F proporcional.
- Flujo constante.

Sincronismo:

a) SPWM
b) MSPWM
c) SVPWM

Utilizar:

- IGBT.
- Protección contra sobre corriente.
- Arranque suave.

2) Control de Motores de C.A.

a) **Teórico:** Distintos casos de control por desplazamiento y velocidad sincrona.
b) **Práctico:** Diseño de un control de C.A. por control de velocidad sincrona.

Métodos a seguir en inversores (a elegir):

- SPWM
- MSPWM
- SVPWM

Utilizar:

- Driver del Transistor.(selección del dispositivo principal)
- Protección contra sobre corriente.
- Selección del dispositivo principal.

HOJA 1 20³⁰

ELECTRONICA DE POTENCIA
EXAMEN FINAL

JUAN C. RUCHESI
LEG. 31580-6

(2)

1.- Teórico: Control motor C.A. asincrono.

2.- Práctico: Driver para un motor de C.A. por alguno de los siguientes métodos de control de la velocidad sincrona

a- V/f proporcional
b- control por flujo constante con control por

Selección de los dispositivos de potencia.
Utilizar IGBT.
Rectificación no controlada o controlada..
Driver del IGBT
Protección de sobrecorriente.

HOJA 2

JUAN C. RUCHESI
LEG. N° 31580-6

(3)

1) TEÓRICO · CONTROL MOTORES | C.A. ASÍNCRONOS.

A) FÓRMULAS FUNDAMENTALES

$\omega_2 = s\,\omega_1$

$\omega_M = \omega_1 - \omega_2 = (1-s)\,\omega_1$

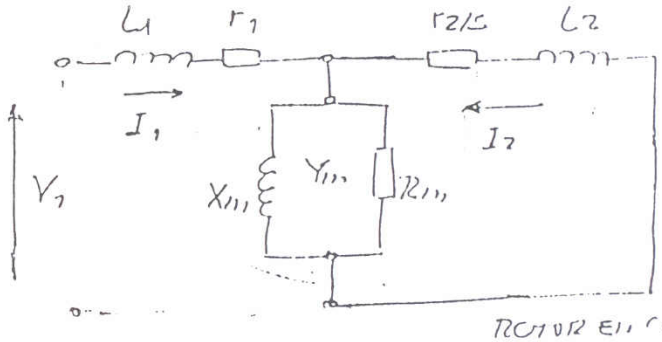
$s \rightarrow$ DESLIZAMIENTO

$\omega_1 \rightarrow$ PULSACIÓN CAMPO ESTATOR

$\omega_2 \rightarrow$ " " ROTOR

$\omega_M \rightarrow$ PUL. ANG. MOTOR.

CIRCUITO EQUIVALENTE



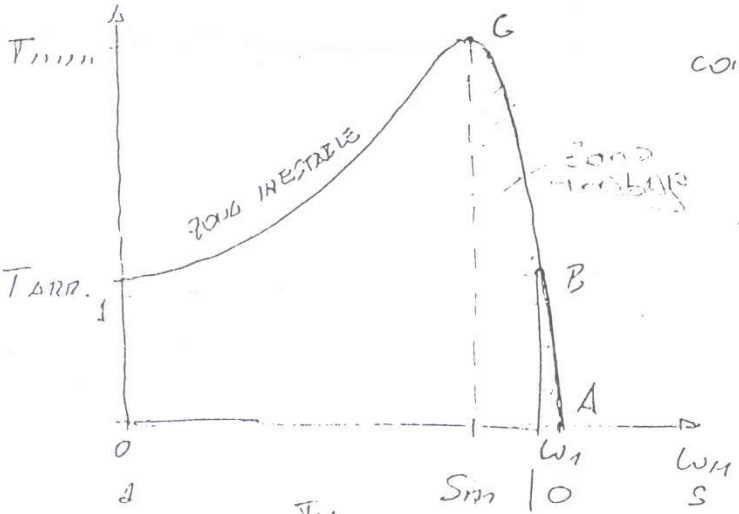
ROTOR EN CORTOCIRCUITO.

$P \rightarrow$ PARES DE POLOS

$P_M = T_M\,\omega_M \qquad P_J = P_i - P_{PÉRD.} = T_M\,\omega_1$

$$\eta = \frac{P_M}{P_i} \simeq \frac{P_M}{P_J} = \frac{T_M(1-s)\omega_1}{T_M\,\omega_1} \Rightarrow \boxed{\eta = 1-s} \qquad \boxed{\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{P}}$$

$$P_J = 3 I_2^2 \frac{r_2}{s} \Rightarrow T_M = \frac{P_J}{\omega_1} = \frac{3 I_2^2 r_2}{\omega_1 s}$$

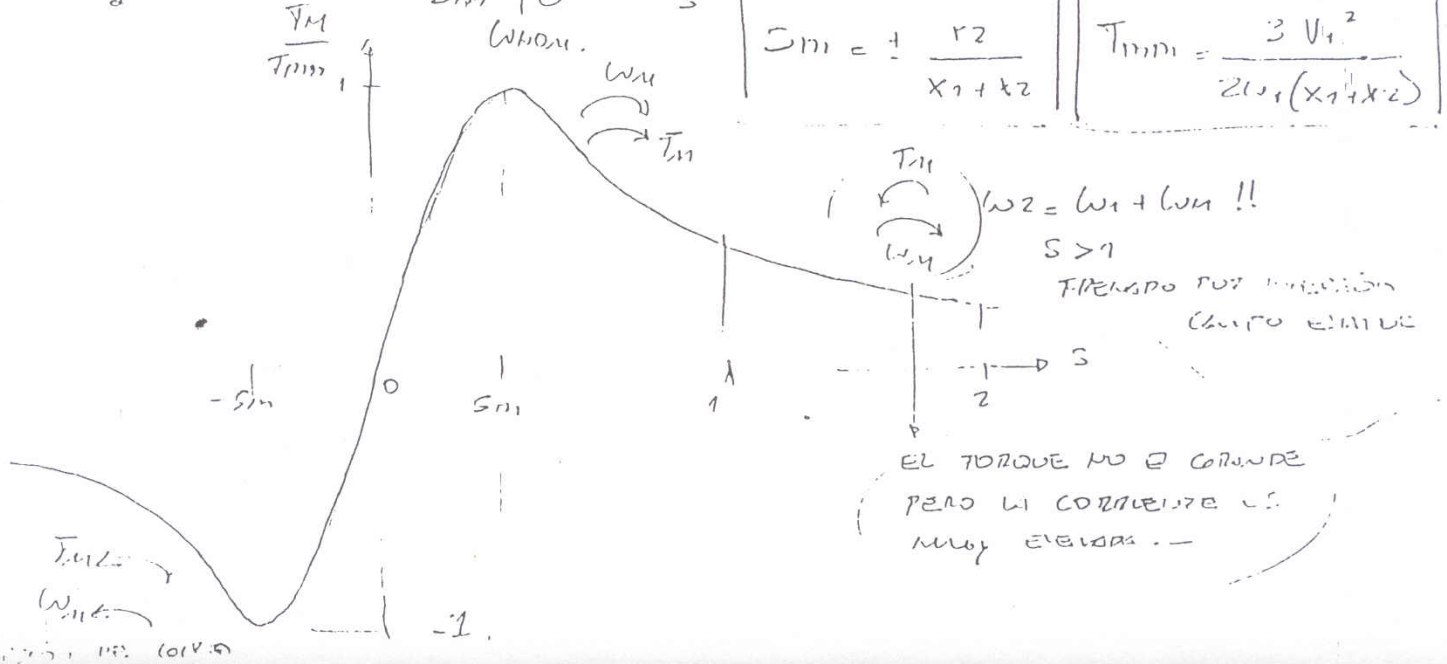


COMO $I_2 \simeq \dfrac{V_1}{\left[\left(r_1 + \frac{r_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2)^2\right]^{1/2}}$

$$\boxed{T_M = \frac{3 r_2}{s\,\omega_1} \frac{V_1^2}{\left(r_1 + \frac{r_2}{s}\right)^2 + (x_1 + x_2)^2}}$$

Uso rotó

$$\boxed{s_m = \pm \frac{r_2}{x_1 + x_2}} \qquad \boxed{T_{máx} = \frac{3 V_1^2}{2\omega_1 (x_1 + x_2)}}$$



HOJA 5

JUAN C. RUCHESI

LEG. 31.580-6

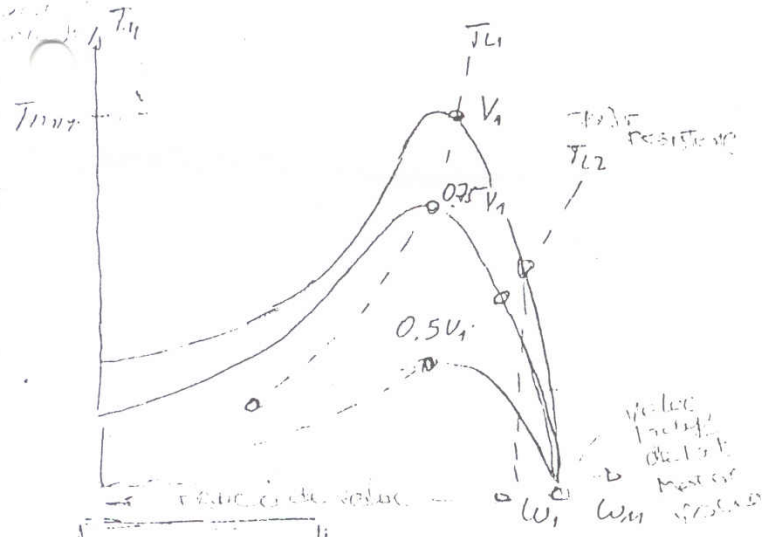
1) CONTROL MOTORES CA.

MÉTODOS

- VARIACIÓN DESLIZAMIENTO
  - VARIACIÓN V_s, I_c (ΔV ... Δ ...)
  - VARIACIÓN r_2
  - CASCADA ROTÓRICA
- VARIACIÓN ω_1
  - VARIACIÓN f_1
  - I_1 CONSTANTE
  - V/F PROPORCIONAL
  - FLUJO CTE.

A) CONTROL VARIACIÓN S

1) VARIACIÓN V_s → $\boxed{T_M \propto r_1^2}$

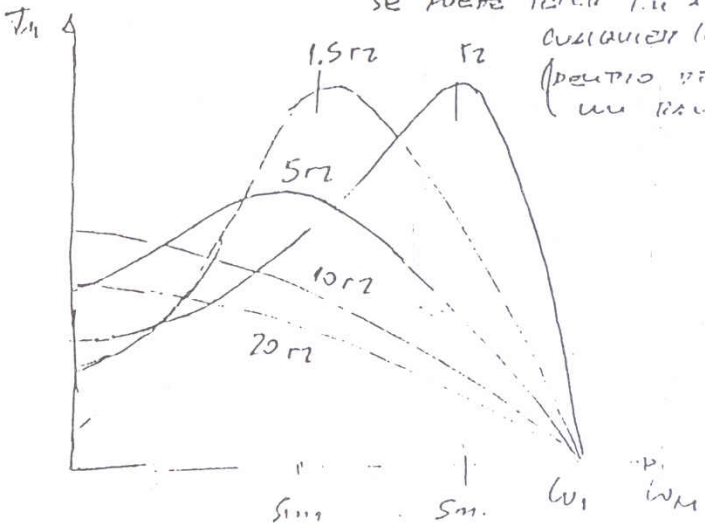


$\boxed{T_M \propto V_1^2}$

2) VARIACIÓN r_2

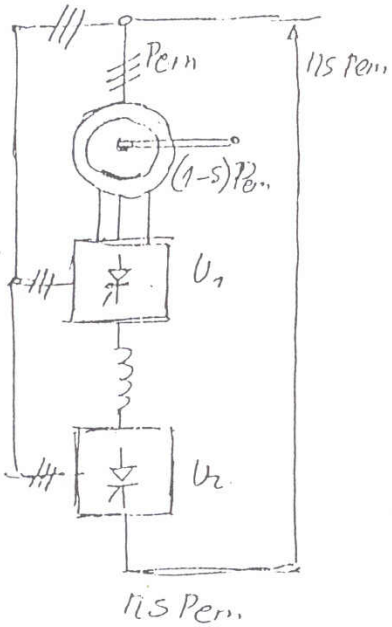
$S_m = \dfrac{r_2}{x_1 + x_2}$

SE PUEDE TENER T_M A CUALQUIER ω_M (DENTRO DEL RANGO)

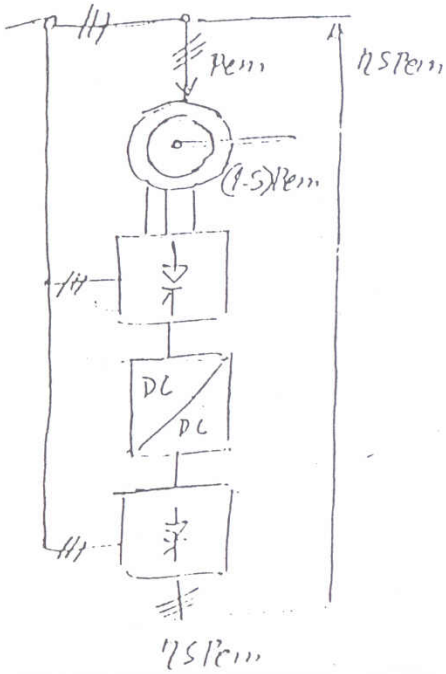


CASCADA ROTÓRICA

CONVENCIONAL



CON CHOPPER



D) LA POTENCIA DE DESLIZAMIENTO SE DISTRIBUYE A LA FUENTE CON U_1 y U_2

MODA 4

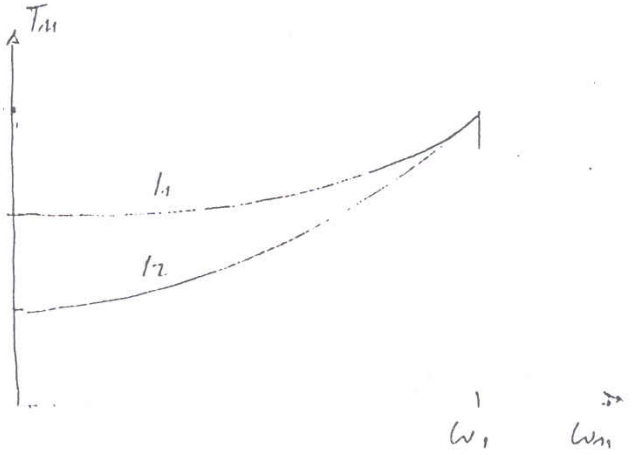
JUAN C. KUCHESI
LEG. 31 580-6

1) CONTROL MOTORES C.A.

a) CONTROL POR I_s

$$T_M = \frac{3\, r_2}{\Omega_{s1}} \frac{(V_1^2)}{\left(r_1 + \frac{r_2}{s}\right)^2 + (X_m + X_2 + X_1)^2} \Rightarrow \boxed{\frac{3\, r_2}{s\, \omega_s} \frac{(X_m I_1)^2}{\left(r_1 + \frac{r_2}{s}\right)^2 + (X_m + X_2)^2}} \left(\text{se reemplaza } X_1\right)$$

controlar I_1 es más fácil que controlar la I_2.



b) CONTROL VARIACIÓN ω_1

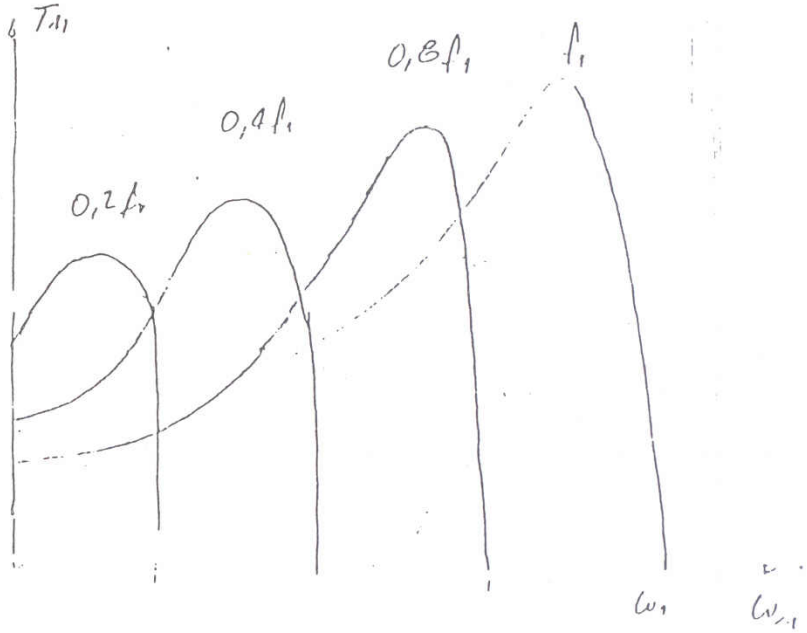
1) CONTROL V/F PROPORCIONAL

$$T_M = 4{,}44 \cdot 2 \cdot N_2 \cdot k_p \cdot \varphi \cdot F_1$$

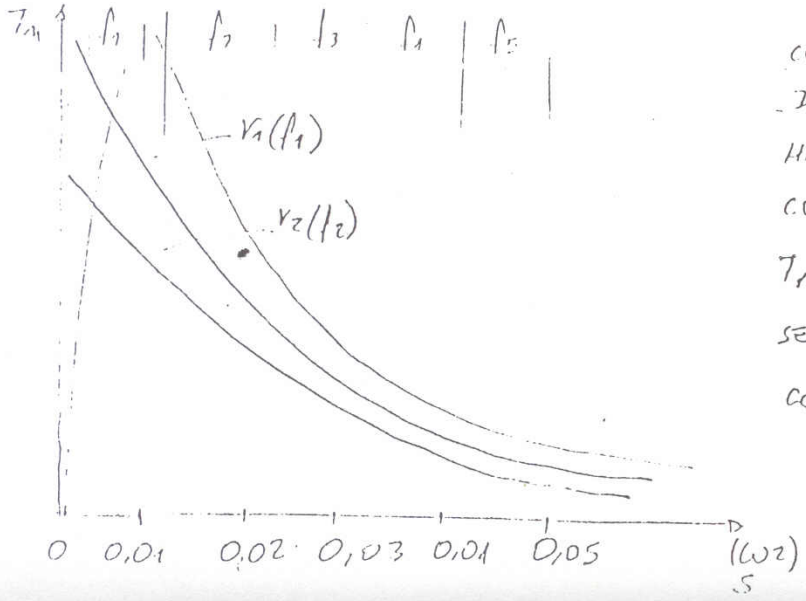
$$\Rightarrow \boxed{\varphi \propto \frac{E_1}{f_1}}$$

se varía ω_1 con f_1 se regula $\frac{E_1}{f_1}$ para tener $\varphi = cte$.

* En bajas frecuencias el flujo disminuye por bajar la reactancia del estator.



CONTROL I_1 CONSTANTE

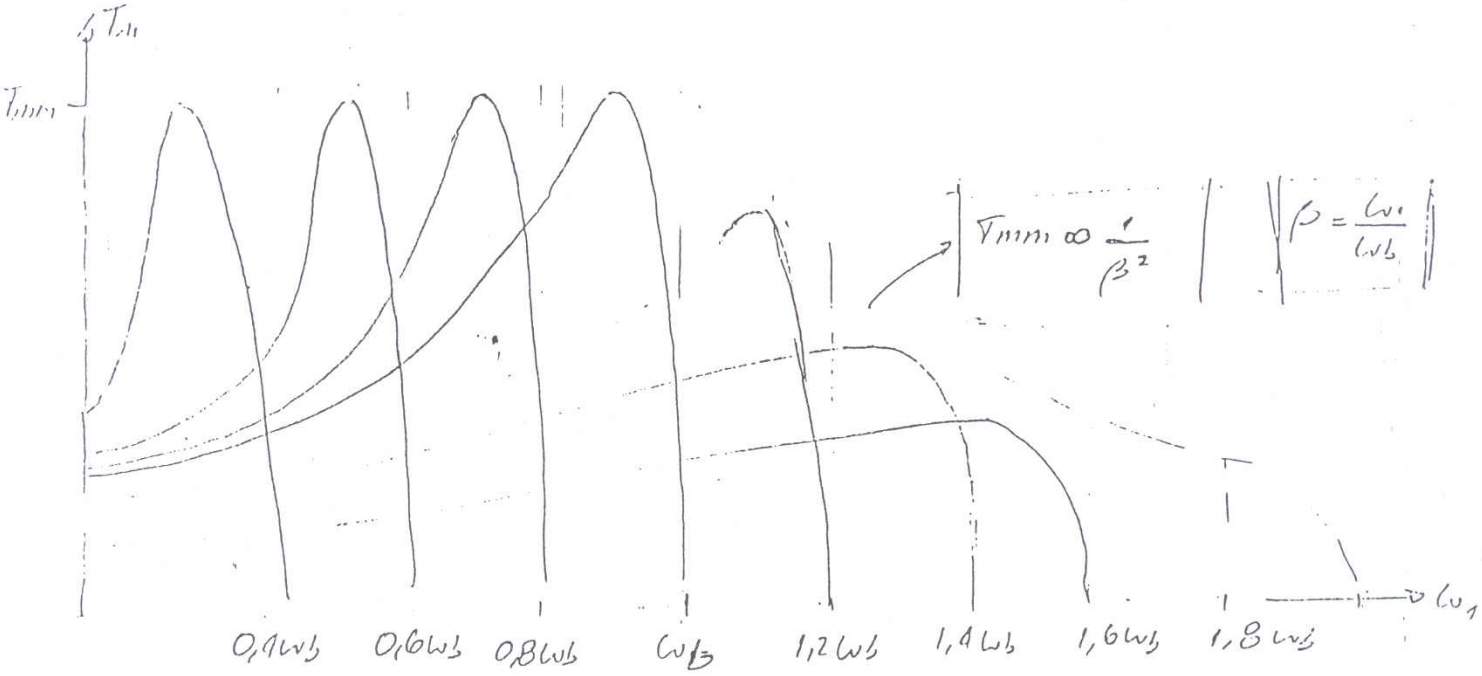


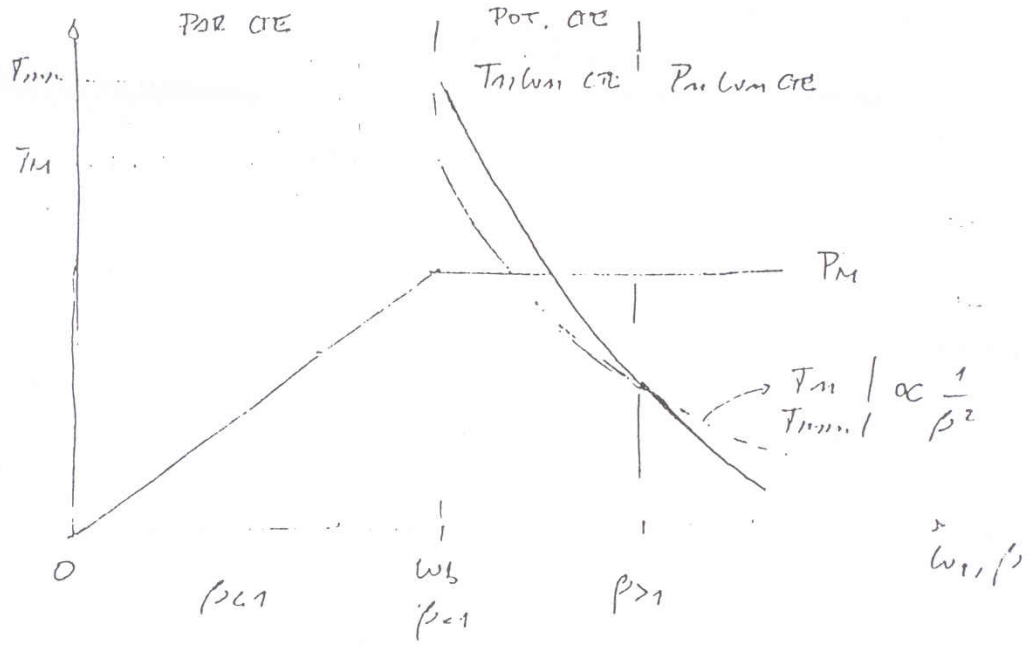
con $I_1 = cte$ T_M es independiente de la frecuencia sincrónica y hay una familia de curvas que coinciden para cualquier f_1 y T_M depende de ω_2 ó s que se varía en rangos muy pequeños, con V_1.

HOJA 5

JUAN C. RUCHESI
LEG. 31.580-6

5) CONTROL FLUJO CTE - EXTENDIDO





MODO PAR CTE

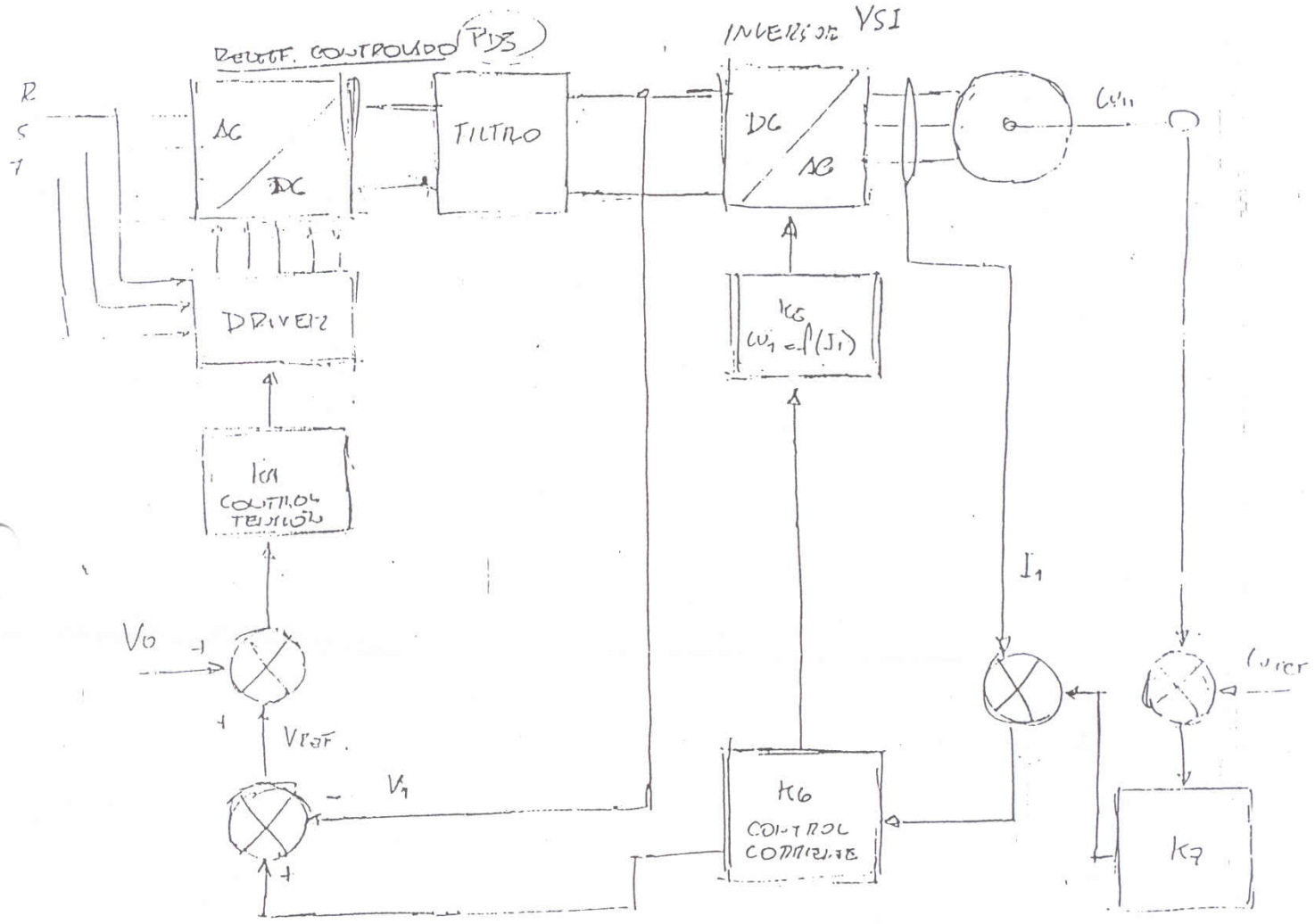
MODO DEBILITAMIENTO DE CAMPO.

HOJA 6

JUAN C. RUCHESI
LEG. 31.580-6

2) PRÁCTICO DRIVER MOTOR CA ASÍNCRONO MÉTODO V/F PROPORCIONAL.

DIAGRAMA EN BLOQUES



HOJA 7

JUAN C. RUCHESI
Leg. 31580-6

7) PRÁCTICO — DRIVER MOTOR CA

A) DISEÑO INVERSOR TRIFÁSICO → $\boxed{\text{SPWM}}$

A1) SELECCIÓN DISPOSITIVOS DE POTENCIA

$$P_M = \sqrt{3}\, V_L I_L \cos\varphi \Rightarrow I_L = \frac{P_M}{\sqrt{3}\, V_L \cos\varphi} \Rightarrow \boxed{I_{LM} = \sqrt{2}\, I_L}$$

$$\boxed{I_{LAV} = \frac{\sqrt{2}\, 2}{\pi} I_L}$$

TRANS. IGBT

$$\boxed{I_{T(AV)} \geq I_{L(AV)}} \rightarrow 50\% \text{ más}$$

$$\boxed{I_M \geq I_{LM} \text{ (PICO DE } V_L)} \rightarrow 50\% \text{ más}$$

$$\boxed{I_{T\,RMS} = I_L}$$

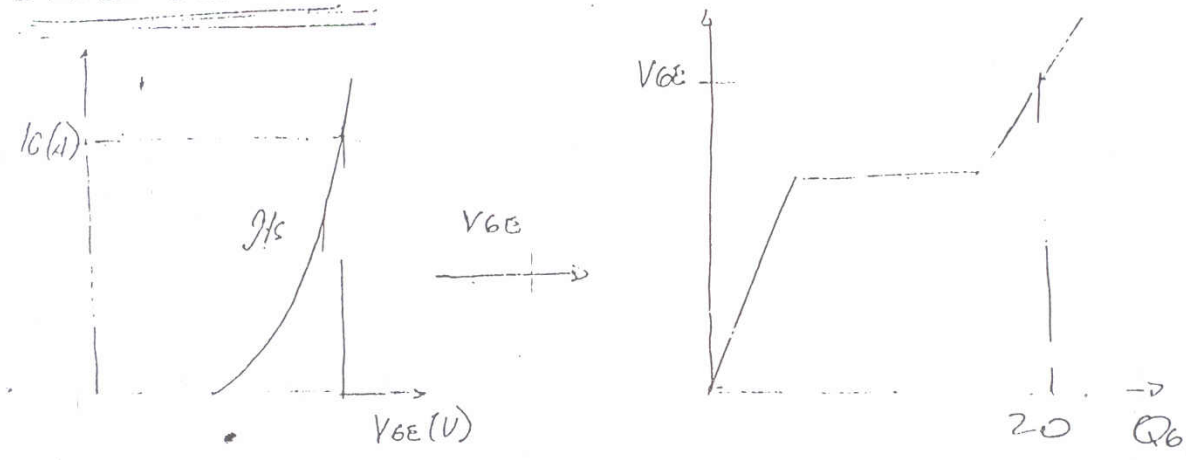
CÁLCULO ARMÓNICAS → $V_n = \frac{2V_S}{n\pi} \sum_{m=1}^{F} \operatorname{sen} \frac{n\pi\delta_m}{2} \left[\operatorname{sen} n\left(\frac{\delta_m}{2} + \alpha_m\right) - \operatorname{sen} n\left(\frac{\delta_m}{2} - \alpha_m\right) \right]$

$\frac{V_1}{V_S}$ máx (DEL PERFIL SINÓNICO) = 0,75 y $\frac{V_1}{V_S}$ mín = 0,4 → CONTROLADO CON CCM

ESTIMAMOS $V_S = \frac{V_1}{0{,}75} = \frac{V_L}{0{,}75}$ (LÍNEA MOTOR)

$$\Rightarrow \boxed{BV_{CE\,IGBT} \simeq 1{,}5\, V_{L\,MOTOR} = V_{S\,máx}}$$

DRIVER DEL IGBT



CORRIENTE DEL DRIVER → $I_{DRV} \simeq \frac{Q_G}{t_{on}} = \frac{20\,nC}{10\,nseg} \simeq \boxed{2\,A}$

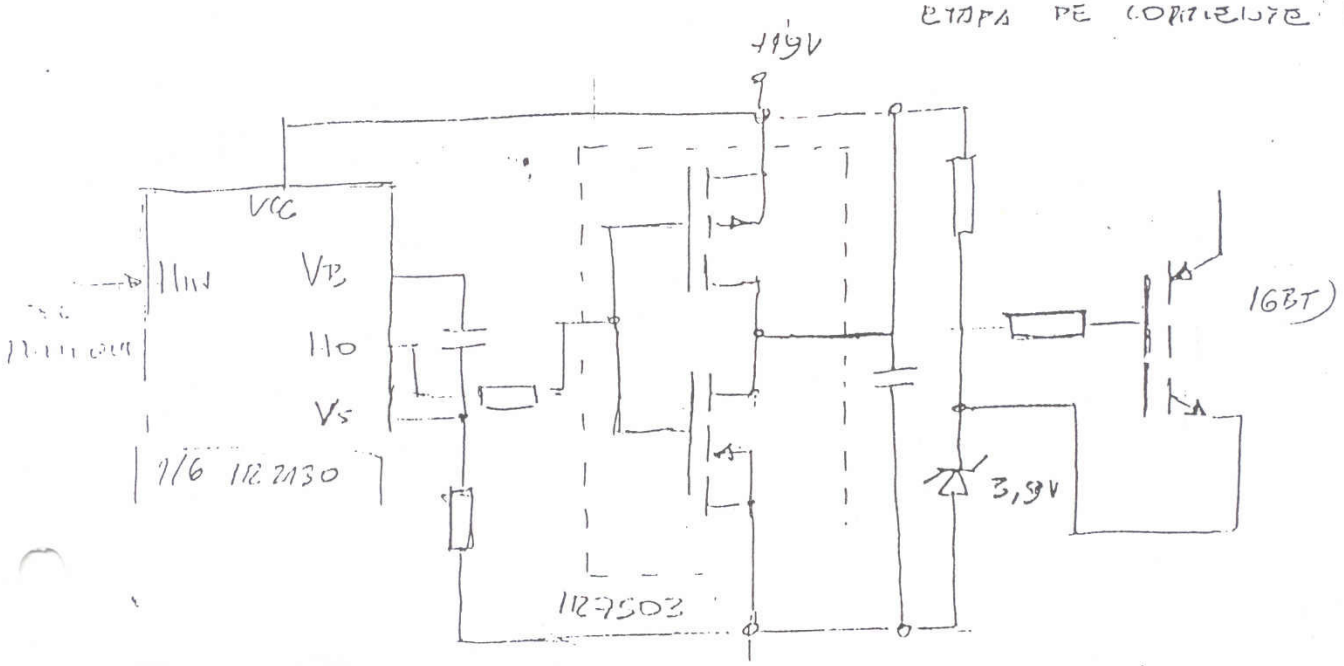
HOJA 8

JUAN C. RUCHESI
LEG. 31580-6

DRIVER DEL IGBT

* USAMOS EL IR2130 POR TENER 6 SALIDAS A IGBT AISLADOS + 3 AISLADAS FLOTANTES + PROTECCIÓN POR SOBRECORRIENTE

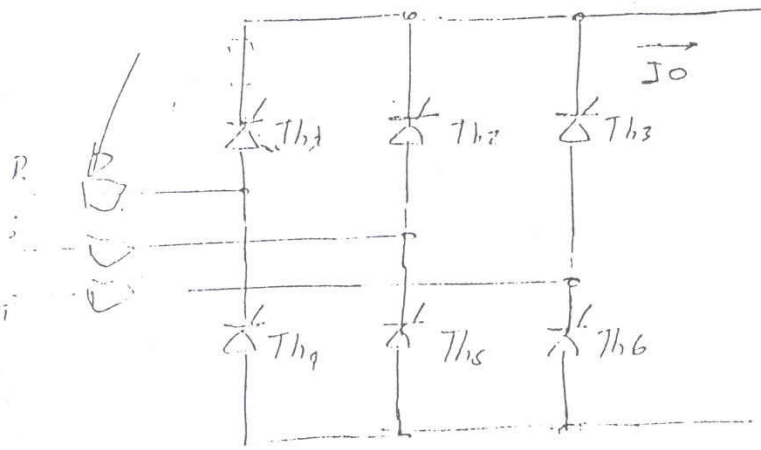
* LA IO DEL 2130 ≅ 250 mA < 2A → SE AGREGA UNA ETAPA DE CORRIENTE IRF7503.



CIRCUITO INTERNO PARA EL CASO QUE IO > 250 mA
(CAPACIDAD MÁXIMA DEL IR 2130)

RECTIFICADOR CONTROLADO PD3 150A

100A $V_m = V_S$



SELECCIÓN TIRISTOR

$I_o = I_L$ (MOTOR) ⇒

$$I_{TM} = I_o$$

$$I_{TAV} = \frac{I_o}{3} \quad \left(\frac{I_o}{4}\right)$$

$$I_{TRMS} = \frac{I_o}{\sqrt{3}} \quad \left(\frac{I_o}{\sqrt{4}}\right)$$

$V_m \cong V_S$ (ALIMENTACIÓN INTERNA)

$V_m = V_S + \Delta V\%$ (CAÍDA TENSIÓN DIRECTA)

* SI SE UTILIZA $V_{LÍNEA} = 380V$ / 50Hz

$$V_{F,M} = \sqrt{2}\, V_F = \sqrt{2} \cdot \frac{380V}{\sqrt{3}} =$$

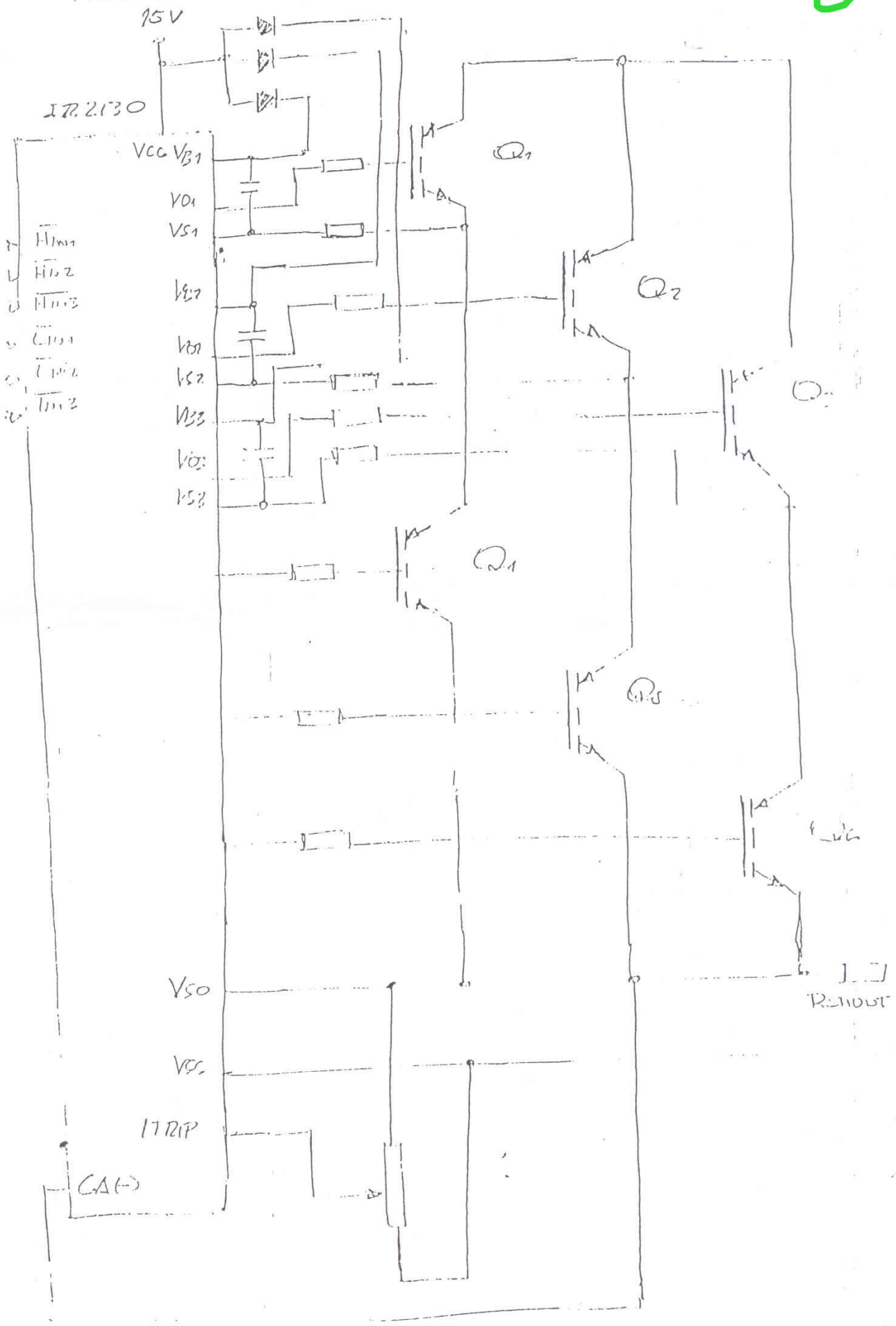
$$V_{m_{MAX}} = \frac{6}{\pi} V_{F,M} \cos\frac{\pi}{3} \quad (\alpha = 0°)$$

$$V_m = \frac{2q}{\pi} V_{F,M} \operatorname{sen}\frac{\pi}{q} \cdot \cos\alpha$$

* VERIFICAR QUE $V_{m_{MAX}} > V_S + 15\%$

Juan C. Ruchesi

Leo. 31.580-6

Hoja 9

1) Práctico — Circuito inversor trifásico con protección de sobrecorriente.