



Diciembre - 2022

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA ELECTRICA

**CURSO: CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA
EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

**ESTRATEGIA DE CONTROL DE FILTROS DE POTENCIA
ACTIVA UTILIZANDO CONVERTIDORES CON MÚLTIPLES
FUENTES DE VOLTAJE - PWM.**

Ing. Ismael Pacompia Pilco

Ing. Rigoberto Uscamayta Gutierrez.



01 - INTRODUCCION

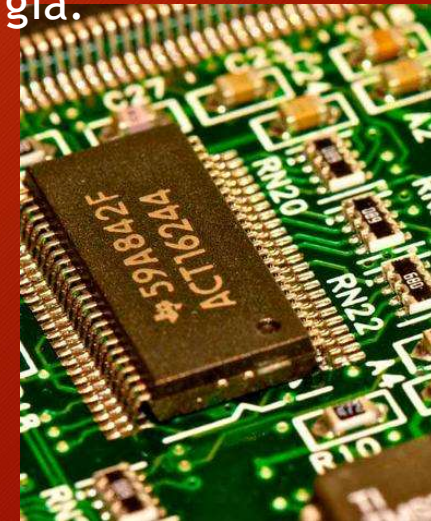
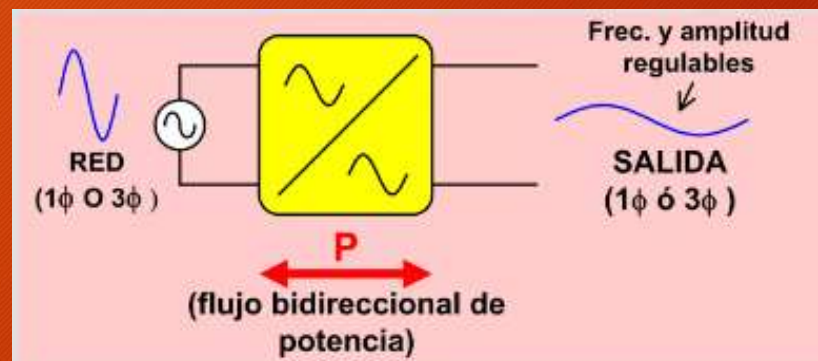
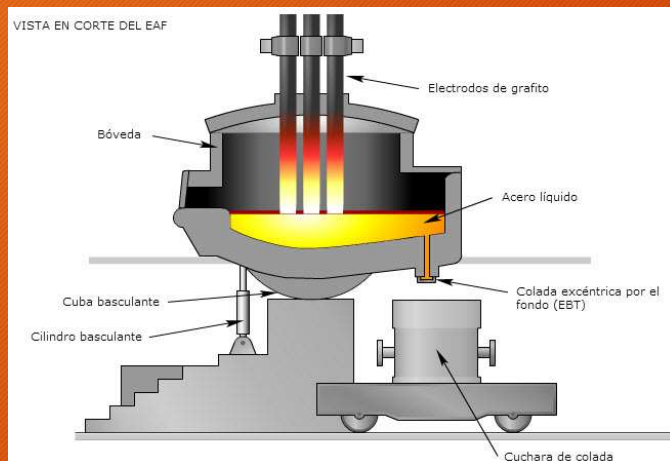


- En la presente exposición se hace el análisis de la investigación titulada: Control Strategy of Active Power Filters Using Multiple Voltage-Source PWM Converters.
- Trabajo de investigación publicado en: IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL 2 IA-22 NO. 3.3 MAY/JUNE 1986.
- Cuyos autores son: HIROFUMI AKAGI, AKIRA NABAE Miembro IEEE Y SATOSHI ATOH

02 - CONTAMINACION ELECTRICA



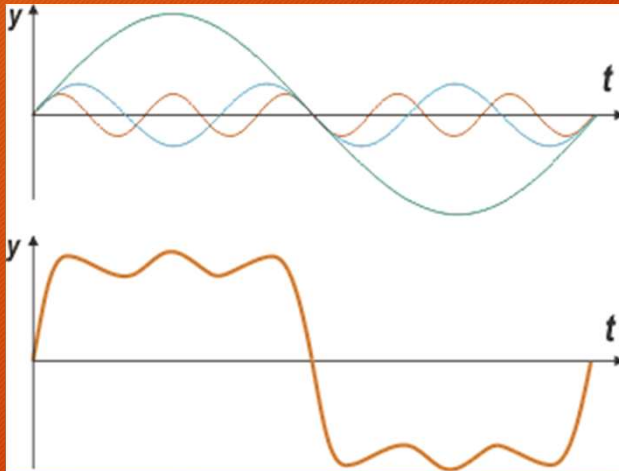
- Actualmente las redes eléctricas de potencia suministran energía a cargas eléctricas no lineales. Ej. cicloconvertidores, hornos industriales de arco eléctrico, dispositivos electrónicos de arranque de bombas (variadores), luminarias LED, rectificadores, fuentes de alimentación conmutadas y otros dispositivos. Degradándose la calidad de la energía.



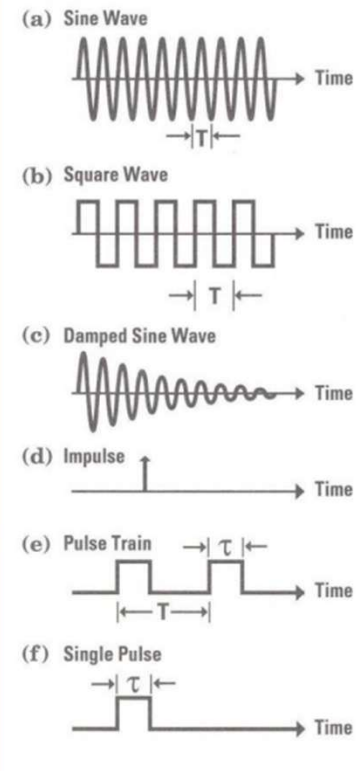
02 - CONTAMINACION ELECTRICA -Armónicos



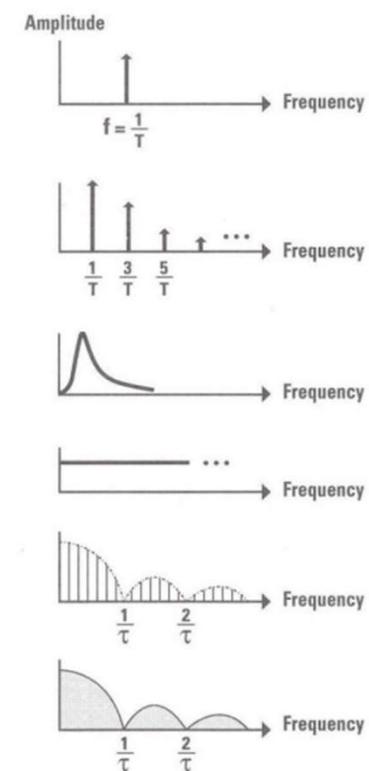
- Estas cargas no lineales consumen corrientes no senoidales, los cuales se componen por la sumatoria de señales senoidales de amplitudes, frecuencias y fases distintas (transformada de Fourier - dominio de la frecuencia) de la frecuencia fundamental, los cuales se denominan armónicos.



Time Domain



Frequency Domain



02 - CONTAMINACION ELECTRICA -Armónicos

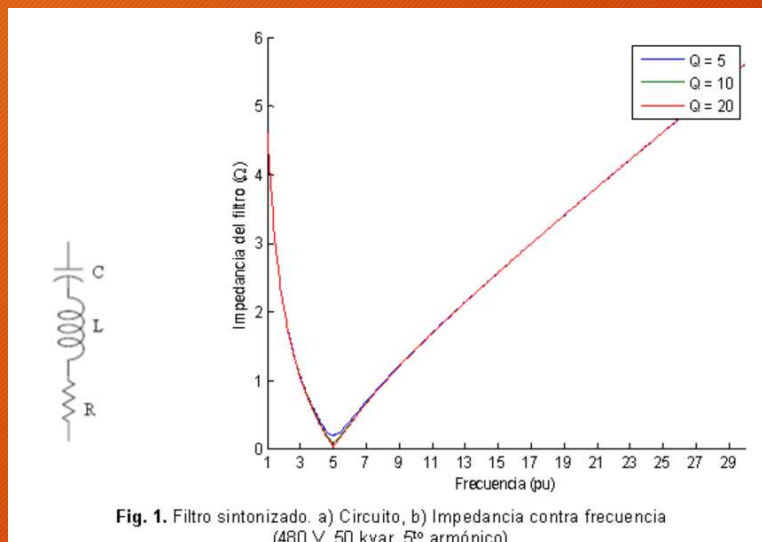


- La existencia de estas corrientes no senoidales en una red eléctrica, afecta el funcionamiento del sistema interconectado ocasionando:
 - Pérdida de la capacidad y sobre carga de las líneas de transmisión y distribución (factor de potencia).
 - Sobrecarga eléctrica - térmica de los transformadores.
 - Sobre calentamiento de las maquinas eléctricas, induciendo esfuerzos eléctricos instantáneos
 - Pérdidas magnéticas en maquinas eléctricas.
 - Fallas de operación u operación defectuosa de equipos eléctricos, electrónicos, médicos, informáticos y otros.
 - En ocasiones se manifiesta como fallas aleatorias o sin causa aparente.
 - Fallas de aislamiento en generadores y motores, acortamiento de la vida útil de las maquinas eléctricas en general.
 - Aparición de fenómenos de resonancia eléctrica.

03 - FILTROS DE POTENCIA PASIVOS



- Una solución para eliminar los efectos indeseables de las componentes armónicas en las redes eléctricas, es el uso de filtros pasivos, que generalmente están compuestos por L- bobinas y C-condensadores.



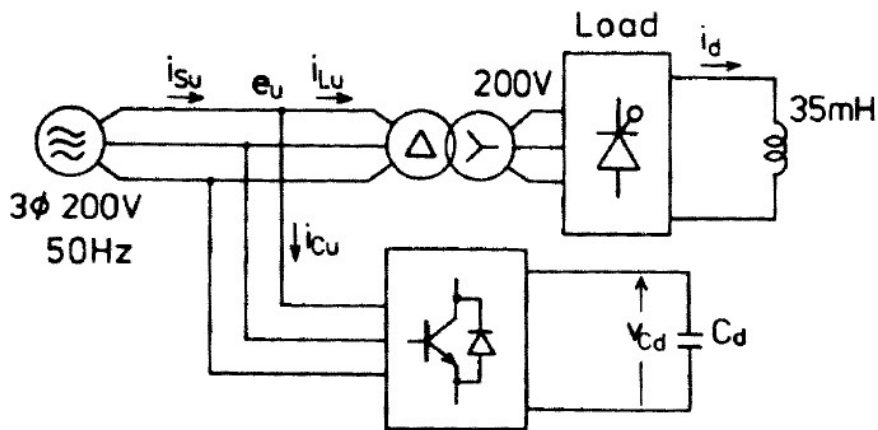
• CARACTERISTICAS:

- Tamaños grandes de L y C a bajas frecuencias.
- Parámetro resistivo distribuido en el bobinado (baja eficiencia eléctrica)
- Frecuencia específica de sintonización que puede desviarse con el envejecimiento de los componentes.

04 - FILTROS DE POTENCIA ACTIVOS

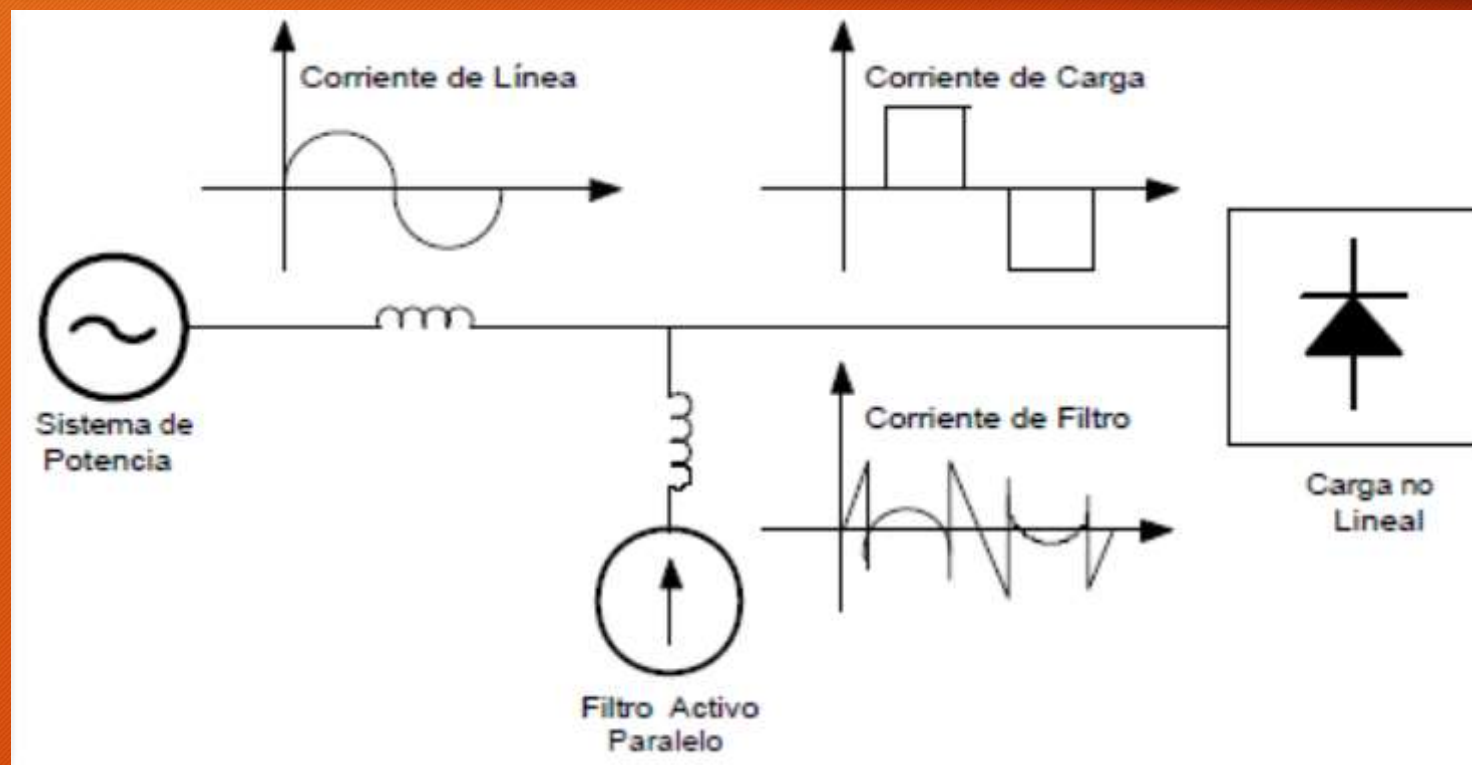


- Los filtros de potencia activos también se utilizan con el mismo objeto que los filtros de potencia pasivos, teniendo los primeros mas ventajas técnico - económicas.



- CARACTERISTICAS:
 - Flexibilidad en el control.
 - Tiempos de respuesta rápidos.
 - Amplio rango de frecuencias, ya que no están sintonizados a una f_0 específica.
 - Compensación de potencia reactiva y no presenta fenómenos de resonancia.

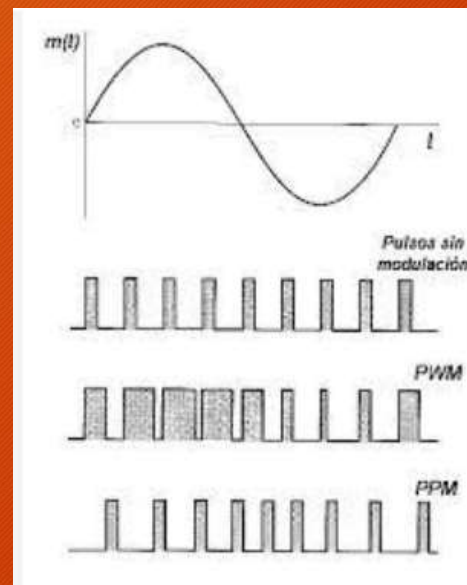
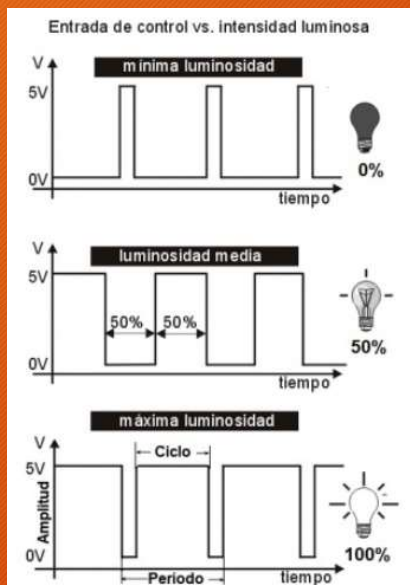
04 - FILTROS DE POTENCIA ACTIVOS



05 - CIRCUITO DE POTENCIA PWM



- PWM (Pulse Width Modulation) es una técnica de control de potencia, el cual puede ser desarrollado matemáticamente mediante series de Fourier e implementado físicamente mediante GTO, MOSFETS, TIRISTORES y otros dispositivos de conmutación de alta frecuencia. Se tiene como parámetros: amplitud, frecuencia de trabajo y variando el ciclo de servicio, se puede componer una forma de onda arbitraria



GTO - Symbol, Construction, Working & Applications

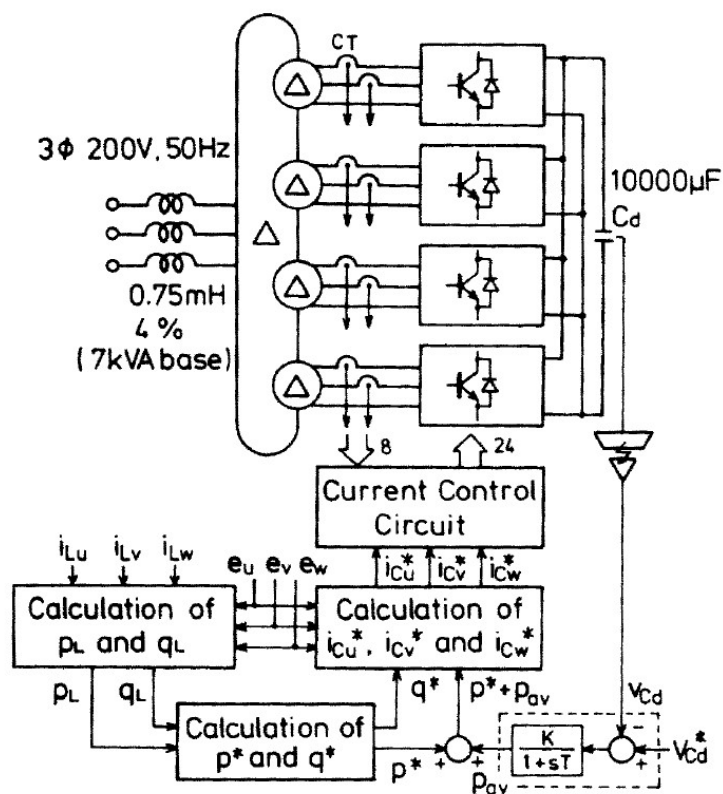


06 - TEORIA POTENCIA REACTIVA INSTANTANEA

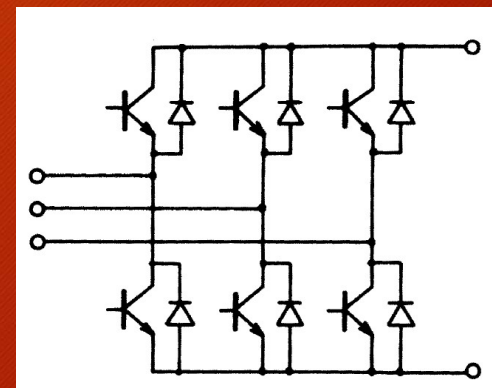


- (IRP) Instantaneous reactive power, Es una forma de analizar el flujo de potencia en un sistema eléctrico. Se basa en el hecho de que la potencia reactiva, que es la potencia que fluye en un circuito eléctrico debido a la reactancia, puede ser considerada como un flujo de energía instantáneo a través de un elemento de circuito.
- Se transforma los voltajes de fases y corrientes de la carga en el plano alfa - beta, utilizando la transformación de CLARK su inversa para la implementación.

07 - DISEÑO DEL CIRCUITO DESARROLLADO



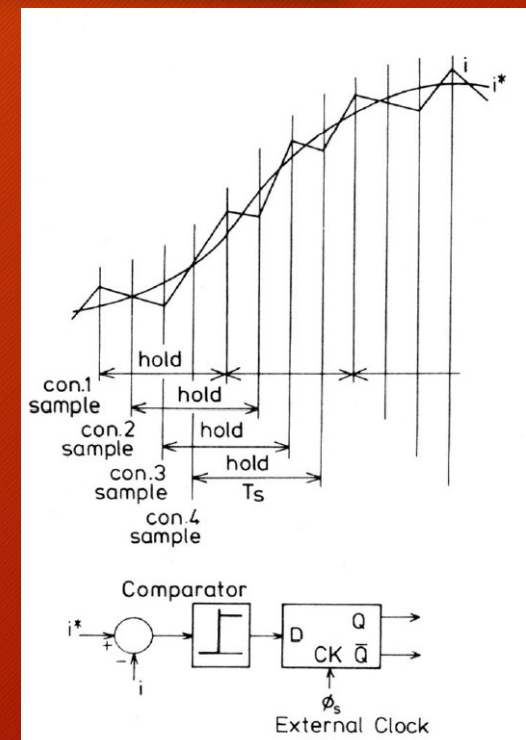
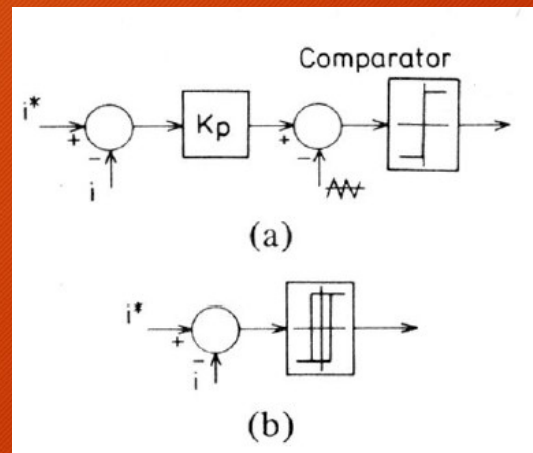
- El circuito de potencia consta de 4 convertidores PWM, el bobinado de entrada de los transformadores esta en serie entre si C/U con 50V, a la salida se tiene en paralelo a una tensión de 100V.
- Cada convertidor es el convencional puente trifásico que consta de seis transistores y seis diodos de potencia. El tiempo de apagado es de 15 micro segundos, similar a GTO (gate turn-off thyristor)



08 - ESQUEMAS BASICOS DE CONTROL DE CORRIENTE

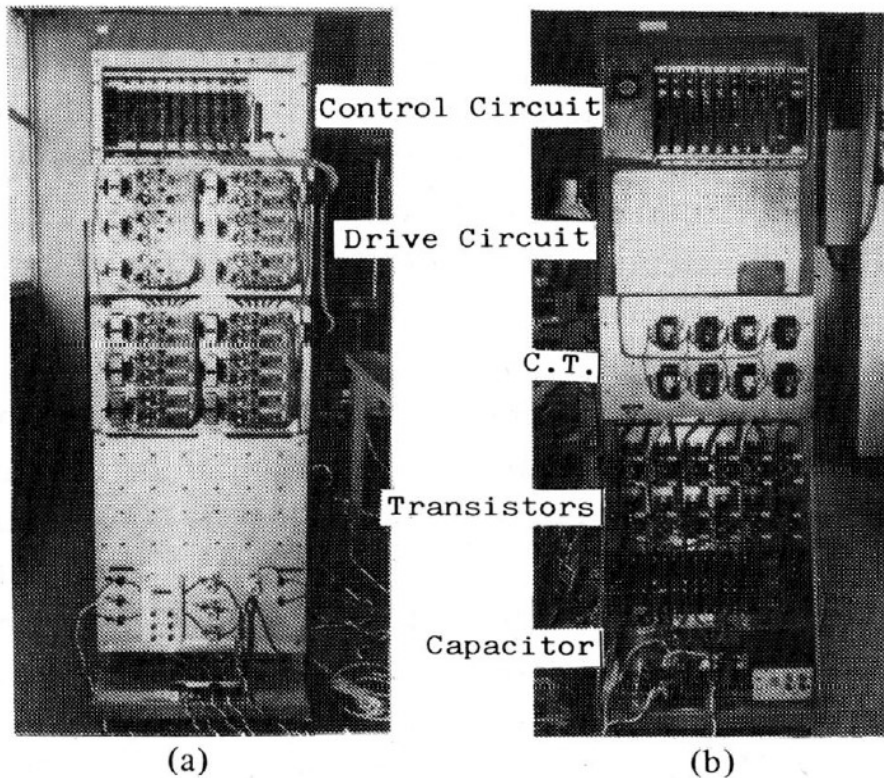


- Se tienen dos esquemas para control por PWM, como se observa en el grafico:
- a) comparación de la corriente de error con una ganancia K vs una señal portadora triangular.
- b) imposición de una banda muerta o histéresis en el entorno de una corriente de referencia (On-Off) se eligió este modelo por su velocidad de controlabilidad de la corriente.



- $T_s = 30 \text{ microsegundos}$.

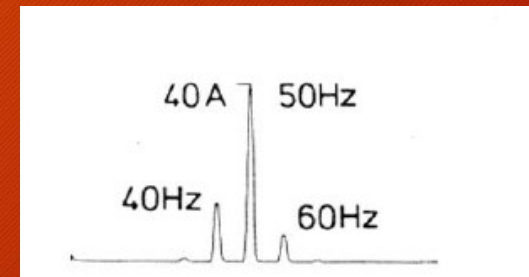
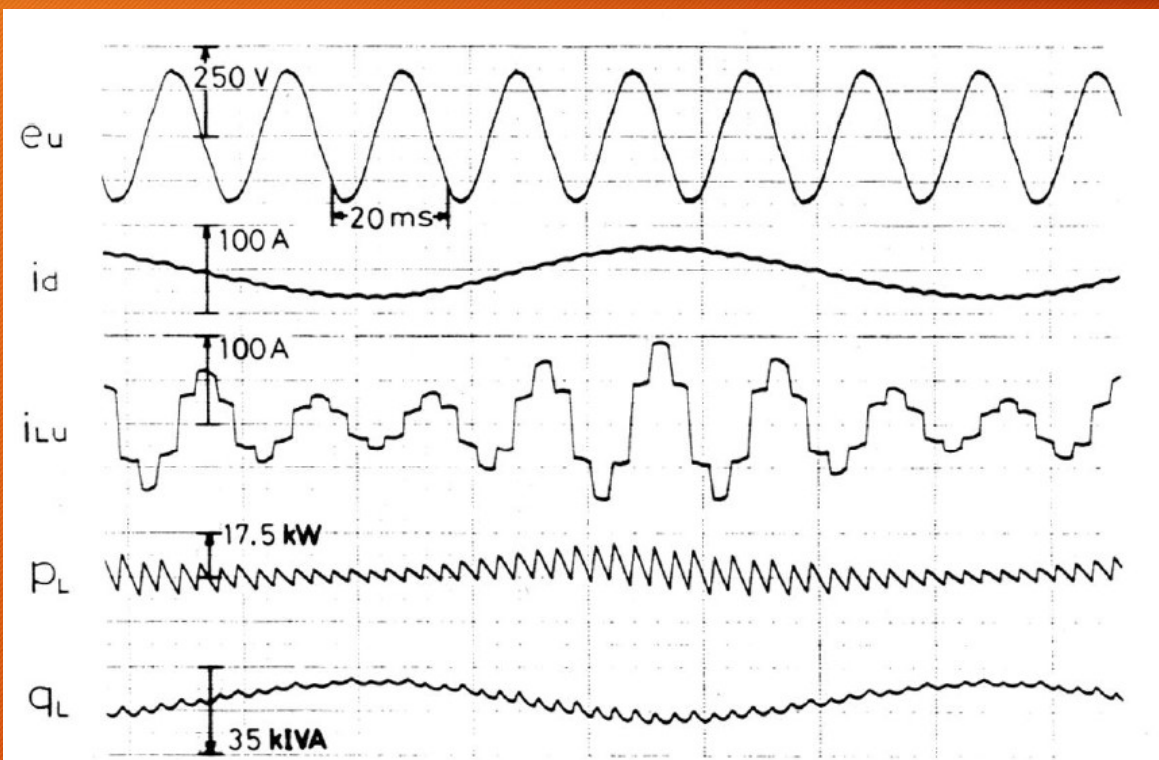
09 - IMPLEMENTACION EXPERIMENTAL



Fotografía de implementación (a) vista frontal, (b) vista posterior.

- Circuitos de control de potencia.
- Circuito de mando
- Transformadores de corriente.
- Transistores y diodos de potencia.
- Capacitor

10 - RESULTADOS EXPERIMENTALES



$V_{rms}=200V.$

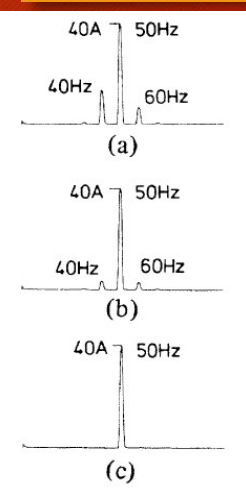
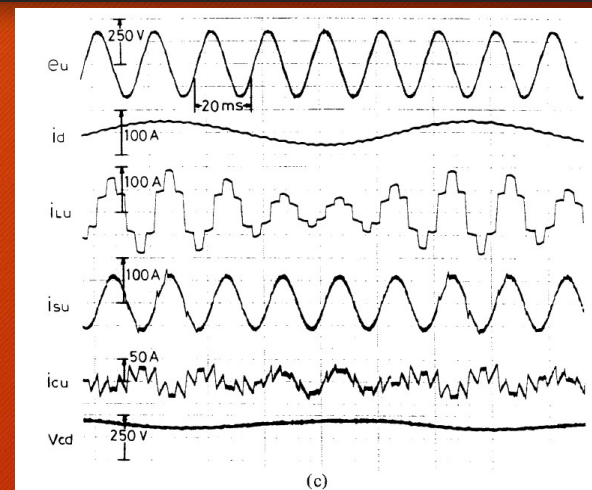
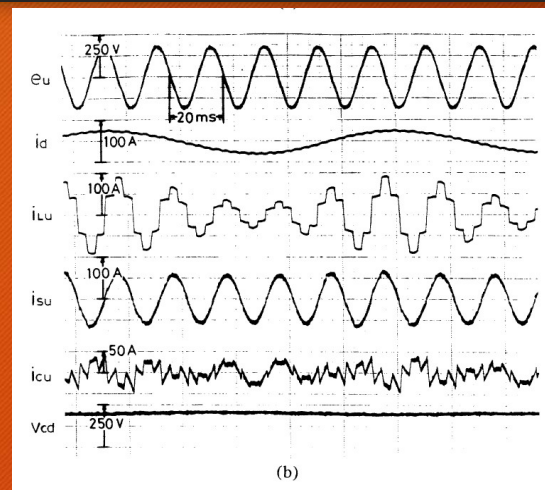
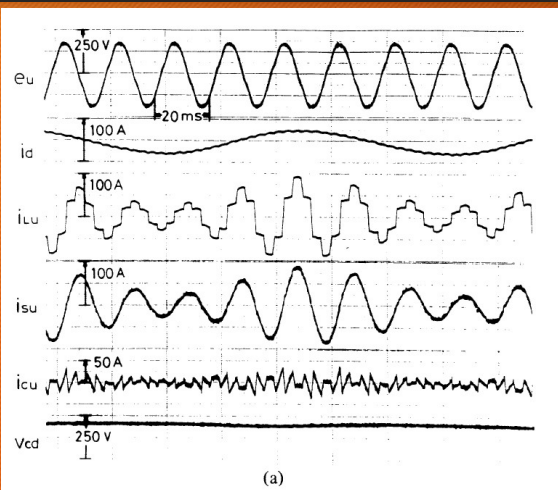
$F_i=50Hz$

$F_o=10Hz$

$I_d=50A$

$I_{do}=30^a$

11 - RESULTADOS DE COMPENSACION



- a) Frec. De corte = 150Hz (quinto orden) para p^* ,
Frec. De corte = 150Hz (quinto orden) para q^* ;
- b) Frec. De corte = 150Hz (quinto orden) para p^* ,
Frec. De corte = 0.9Hz (segundo orden) para q^* ;
- c) Frec. De corte = 0.9Hz (segundo orden) para p^* ,
Frec. De corte = 0.9Hz (segundo orden) para q^* ;

11 - CONCLUSIONES



La estrategia de control de un filtro activo utilizando múltiples fuentes de voltaje PWM ha sido propuesto en base a la teoría de la potencia reactiva instantánea. Lograndose mejores características de compensación frecuencias de corte y el orden de los filtros pasa bajos en el cálculo del circuito p^* y q^* afectando en la compensación en estado transitorio.

El costo inicial y de funcionamiento, el filtro de potencia activa es inferior al filtro pasivo por (filtro de potencia LC) en la actualidad. Asimismo, es más factible aplicar filtros de potencia activos para la supresión de componentes armónicos presentes en las entradas de corriente de ciclo convertidores de gran capacidad, debido a que es difícil para los filtros de potencia pasivos eliminar los componentes armónicos ya que tienen una amplia gama de frecuencias.

12 - REFERENCIAS



- [1] B. M. Bird et al., "Harmonic reduction in multiplex converters by triple frequency current injection," Proc. Inst. Elec. Eng., vol. 116, p. 1730, 1969.
- [2] H. Sasaki and T. Machida, "A new method to eliminate ac harmonic currents by magnetic flux compensation-Consideration on basic design," IEEE Trans. Power App. Syst., vol. PAS-90, p. 2009, 1971.
- [3] A. Ametani, "Harmonic reduction in thyristor converters by harmonic current injection," IEEE Trans. Power App. Syst., vol. PAS-95, no. 2, 1976.
- [4] N. Mohan et al., "Active filters for ac harmonic suppression," presented at the IEEE/PES Winter Meeting, 1977, A77 026-8.
- [5] I. Takahashi and A. Nabae, "Universal power distortion compensator of line commutated thyristor converters," in Proc. IEEE/IAS Annual Meeting, 1980, p. 858.
- [6] L. Gyugyi and E. C. Strycula, "Active ac power filters," in Proc. IEEE/IAS Annual Meeting, 1976, p. 529.
- [7] H. Kawahira, T. Nakamura, and S. Nakazawa, "Active power filters," in Proc. IEEE IPEC-Tokyo, 1983, p. 981.
- [8] K. Hayafune et al., "Microcomputer controlled active power filters," in Proc. IEEE/IES IECON, 1984, p. 1221.
- [9] H. Akagi, Y. Kanazawa, and A. Nabae, "Instantaneous reactive power compensators comprising switching devices without energy storage components," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-20, p. 625, 1984.
- [10] B. R. Pelly, Thyristor Phase-Controlled Converters and Cycloconverters. New York: Wiley, 1971.

12 - AGRADECIMIENTOS FINALES



Gracias por su atención
Diciembre - 2022