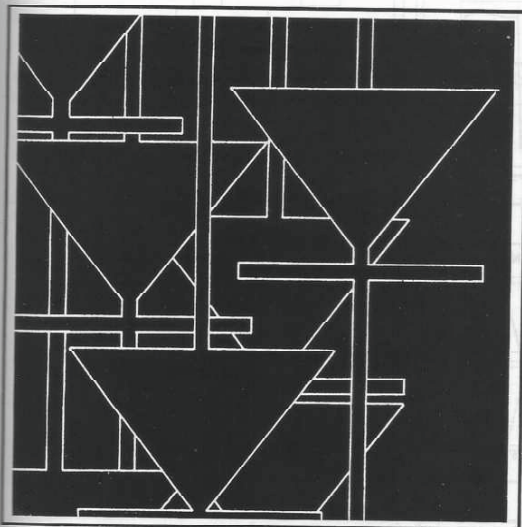


La electrónica de potencia frente a la calidad de la potencia eléctrica

(Segunda parte, Final)



RESUMEN

El uso de elementos de estado sólido capaces de controlar altas potencias ha revolucionado la tecnología para el manejo eficiente de la potencia eléctrica en todo tipo de aplicaciones. Desafortunadamente, los dispositivos construidos con electrónica de potencia se comportan como cargas no lineales que operan por lo general a un bajo factor de potencia deteriorando la calidad del servicio de energía eléctrica. Se presenta una simulación de estos elementos y se evalúan algunas de las medidas más recomendadas para controlar la distorsión armónica debida a la operación de los dispositivos de estado sólido.

PUENTE MONOFASICO CON CARGA INDUCTIVA

□ Ancizar Piedrahita Agudelo
Ingeniero de Planeación
Central Hidroeléctrica de Caldas S.A.
Manizales

En la figura 5 se muestra el circuito modelado en el EMTP, los resultados de la simulación con el programa se muestran en las figuras 6 y 7.

De los resultados de la simulación con el EMTP podemos concluir:

- Corriente no senoidal en el lado AC.
- Corriente en AC con forma de onda cuadrada.
- Factor de desplazamiento unitario.

En la figura 8 se muestra la concordancia entre los valores teóricos esperados y los resultados del EMTP.

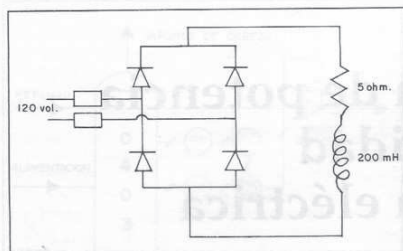


Figura 5

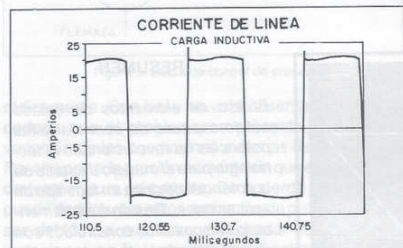


Figura 6

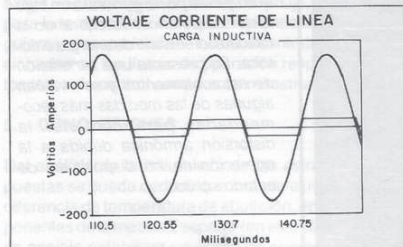


Figura 7

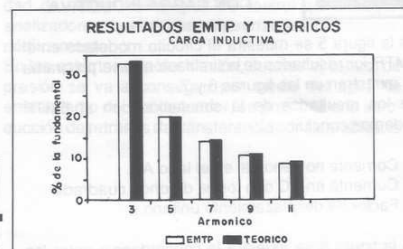


Figura 8

PUENTE MONOFASICO CONTROLADO, CON CARGA INDUCTIVA

El circuito simulado es mostrado en la figura 9, los resultados del EMTP se muestran en la figura 10. De los resultados obtenidos con el EMTP podemos concluir para este caso:

- Como se esperaba, se produce un desfase entre el voltaje y la corriente igual al ángulo de atraso en los tiristores.
- Se aumenta el consumo de potencia reactiva inductiva.
- Se mantiene la forma cuadrada en la onda de la corriente.

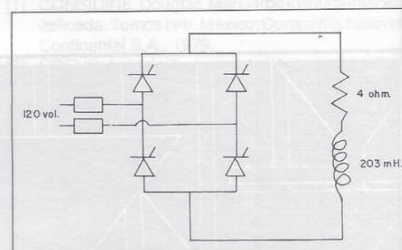


Figura 9

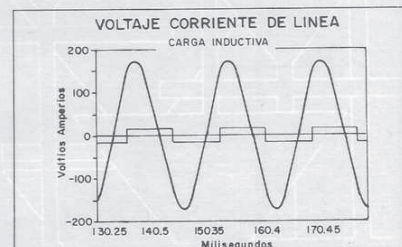


Figura 10

FUENTES DE PODER DE MODO CONMUTADO

Cada vez son más usadas las fuentes de poder del tipo "Switching Mode Power Supply" en computadores personales, televisores, equipos de radio, etc; este tipo de fuentes usan condensadores de tamaño apreciable en el enlace DC para mantener la tensión DC, disminuyendo los requerimientos del regulador DC. Como resultado una corriente bastante distorsionada se presenta en la línea AC debido a los pulsos de carga y descarga del condensador en DC, este hecho se ve

agravado ya que en su diseño no se consideran reactores ni transformadores de entrada que suavicen la corriente.

En la figura 11 se muestra el circuito empleado en el EMTP para simular este tipo de fuentes.

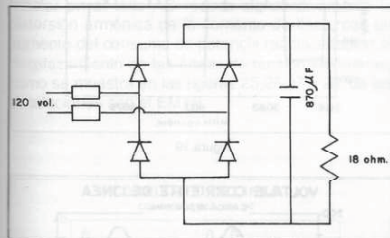


Figura 11

Como se puede ver de los resultados del EMTP en las figuras 12 y 13, la corriente de línea es altamente distorsionada con un alto contenido de armónicos, en especial el tercero, y está caracterizada por pulsos de carga y descarga del condensador en el enlace DC.

El alto contenido de terceros armónicos tiene el problema de que éstos no tienden a cancelarse en el hilo

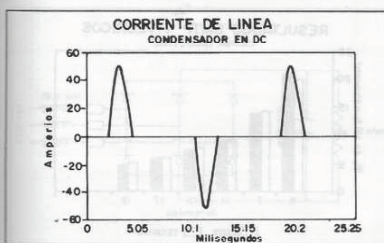


Figura 12

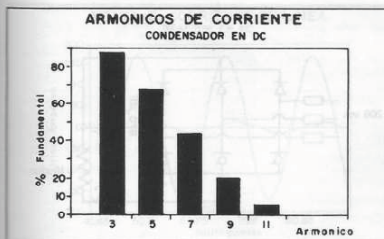


Figura 13

neutro por ser componentes de secuencia cero, por lo que se puede sobrecargar el neutro.

Como se mencionó, la inclusión de un reactor en la línea AC disminuye la distorsión armónica, esto se muestra en las figuras 14, 15, 16 y 17, de las cuales se puede concluir:

- Se reduce significativamente la magnitud de los pulsos de corriente.
- Corrientes en AC mucho menos distorsionadas.
- Se produce un desplazamiento entre la onda de voltaje y de corriente en el lado AC.

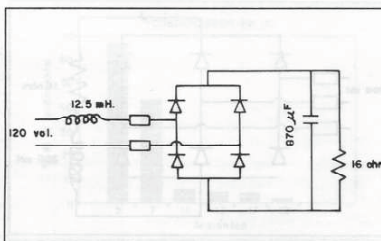


Figura 14

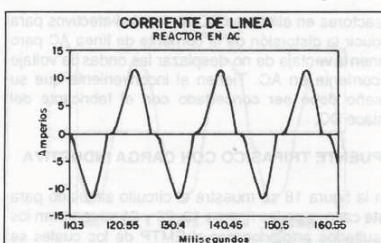


Figura 15

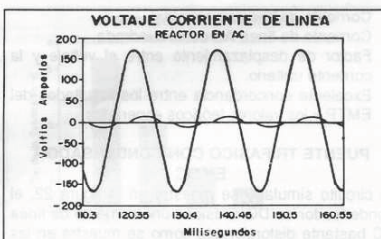


Figura 16

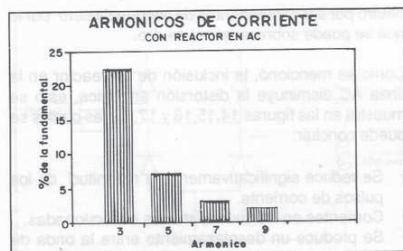


Figura 17

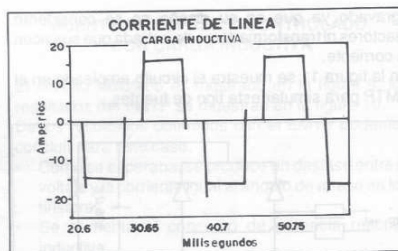


Figura 19

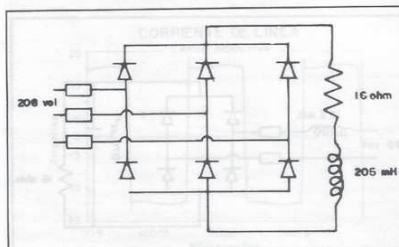


Figura 18

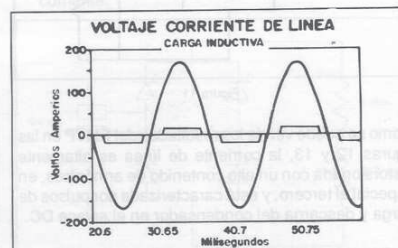


Figura 20

Reactores en el enlace DC no son tan efectivos para reducir la distorsión de la corriente de línea AC pero tienen la ventaja de no desplazar las ondas de voltaje y corriente en AC. Tienen el inconveniente que su diseño debe ser concertado con el fabricante del enlace DC.

PUENTE TRIFASICO CON CARGA INDUCTIVA

En la figura 18 se muestra el circuito simulado para este caso, y en las figuras 19, 20 y 21 se reportan los resultados arrojados por el EMTF de los cuales se puede concluir:

- Corriente de línea no senoidal.
- Corriente de línea AC cuasi cuadrada.
- Factor de desplazamiento entre el voltaje y la corriente unitario.
- Excelente concordancia entre los resultados del EMTF y los valores teóricos esperados.

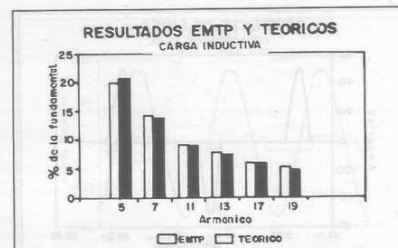


Figura 21

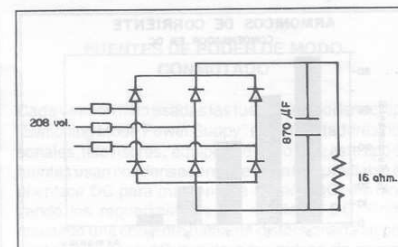


Figura 22

56

PUENTE TRIFASICO CON CONDENSADOR EN DC

El circuito simulado se muestra en la figura 22, el condensador en DC ocasiona una corriente de línea AC bastante distorsionada como se muestra en las figuras 23 y 24.

Este tipo de configuración es ampliamente usada en manejadores de velocidad ASD del tipo fuente de voltaje.

Al igual que para el caso monofásico la inclusión de un reactor en el lado AC reduce significativamente la distorsión armónica de la corriente de línea, con un aumento del consumo de potencia reactiva debido al desplazamiento de las ondas de tensión y corriente, como se muestra en las figuras 25, 26, 27 y 28, de las simulaciones con el EMTP.

CONCLUSIONES

- El EMPT es una herramienta muy adecuada y precisa para simular los elementos de electrónica de potencia.
- Los puentes convertidores se comportan como cargas no lineales.
- Puentes que usan en el enlace DC grandes condensadores producen corrientes de líneas AC bastante distorsionadas, con un alto contenido de terceros armónicos.

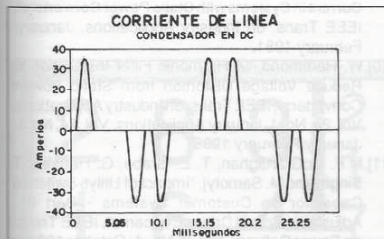


Figura 23

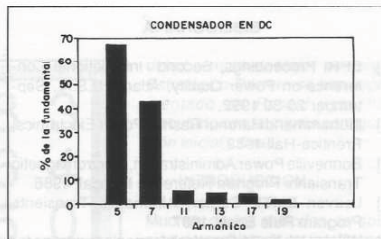


Figura 26

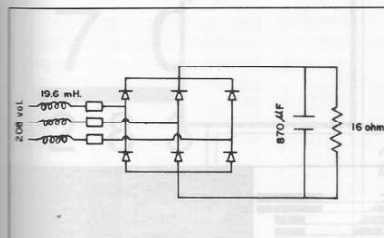


Figura 24

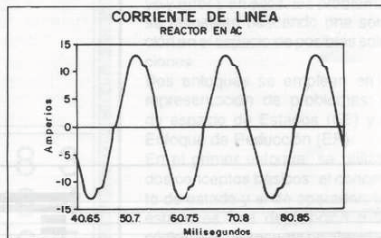


Figura 27

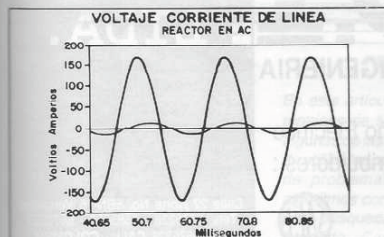


Figura 25

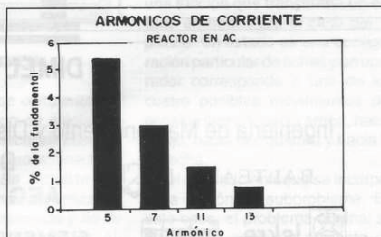


Figura 28

- La inclusión de un reactor en la línea AC del puente reduce significativamente la distorsión armónica.
- Se recomienda desde el diseño adicionar un reactor (filtro) en las fuentes conmutadas y en los manejadores de velocidad del tipo fuente de voltaje.
- Reactores en AC tienen la desventaja de incrementar el consumo de potencia reactiva inductiva al desplazar las ondas de tensión y corriente.
- La conmutación en los puentes convertidores deforma la onda de tensión en AC produciendo ranuras en ella.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. EPRI Proceedings, Second International Conference on Power Quality, Atlanta U.S.A., September 28-30 1992.
- [2]. Muhammad Harunur Rashid, Power Electronics, Prentice-Hall 1988.
- [3]. Bonneville Power Administration, Electromagnetic Transients Program Reference Manual, 1986.
- [4]. Leuven EMTP Center, Alternative Transients Program Rule Book, 1987.
- [5]. Wilsun W. Xu, "A Practical Harmonic Guideline for Adjustable Speed Drive Applications", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol 7, No. 1, January 1992.
- [6]. Robert L. Smith, and Ray P. Stratford, "Power System Harmonics Effects from Adjustable Speed Drives", IEEE Trans. on Industry Applications, July/August 1984.
- [7]. Arthur H. Moore, "Application of Power Capacitors to Electrochemical Rectifier Systems", IEEE Trans. on Industry Application, September/October/October 1977.
- [8]. Howard H. Huffman, "Introduction to Solid State Adjustable Speed Drives", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 26, No. 4, July/August 1990.
- [9]. Ray P. Stratford, "Analysis and Control of Harmonic Current in Systems with Static Power Converters", IEEE Trans. on Industry Applications, January/February 1981.
- [10]. W. Hammond, "A Harmonic Filter Installation to Reduce Voltage Distortion from Static Power Converters", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 24, No. 1 January Applications, Vol. 24, No. 1, January/February 1988.
- [11]. M.F. McGranaghan, T. E. Grabe, G. Hensley, T. Singh, and M. Samotyj, "Impact of Utility Switched Capacitor on Customer Systems - Part II - Adjustable Speed Drives Concerns", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 6, No. 4, October 1991

DI = LTDA.

DIMEL INGENIERIA

Ingeniería de Mantenimiento y Diseño Eléctrico
Distribuidores :

BALTEAU



AEG



Iskra



SIEMENS



Calle 22 Norte No. 5BN-76 Versalles
Tels: 6675228 - 6683653 - 6670559
Fax: 6675228 CALI - COLOMBIA