

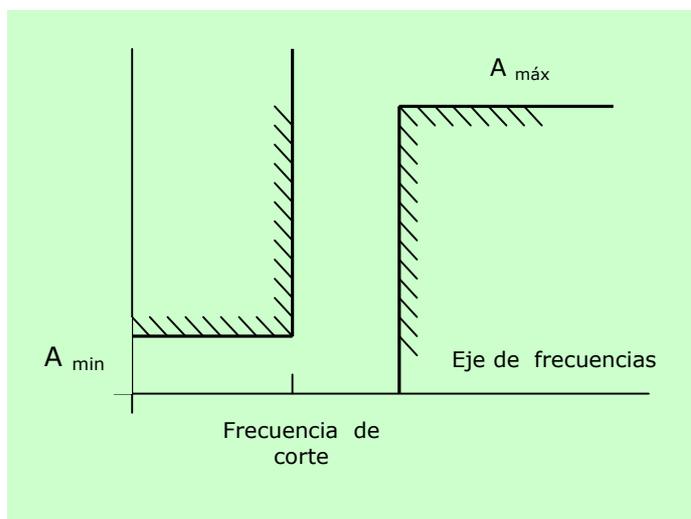
Capítulo 2: Algunas soluciones

2.1 Filtros de línea.

Antes de detallar sobre los filtros de línea debemos explicar que son los filtros. Se deduce de su propia etimología que significa, pero aclaremos aquí su adecuación a nuestro uso, la intención es filtrar (eliminar) lo que viene por la red de suministro eléctrico y no nos sirve, molesta o produce daños. Tal cual dijimos en una red de suministro eléctrico podemos tener no solo la frecuencia de línea (50Hz.) también existen muchas otras, y que no resultan de nuestro interés, pues la carga crítica toma la energía de la onda de voltaje de 50Hz, las otras frecuencias molestan o dañan nuestros equipos. Entonces es nuestra idea eliminar esas frecuencia, para eso usaremos un filtro de línea.

2.1.1. Que son los filtros.?

Fundamentalmente hay dos tipos los pasivos y los activos. Los **Filtros Pasivos** son los que están formados por combinaciones serie o paralelo de elementos R, L o C (resistencias, inductancias y capacitores), llamados también elementos pasivos. Los **Filtros Activos** son aquellos que emplean dispositivos activos, por ejemplo los transistores o los amplificadores operacionales, junto con elementos L,R o C. Los que utilizaremos nosotros serán los filtros pasivos así que profundicemos un poco.

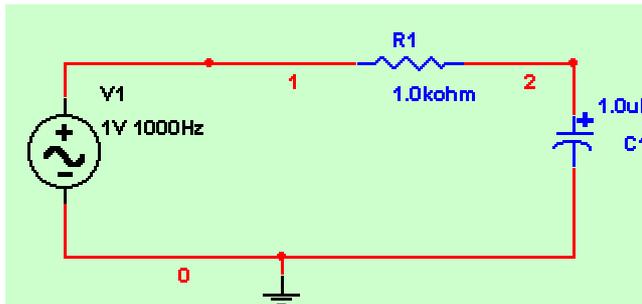


Los filtros tienen algunos parámetros que los definen, veamos algunos de ellos, Banda de Paso: es el intervalo de frecuencias que permiten pasar, Banda de atenuación: es el intervalo de frecuencias que no permiten pasar, Frecuencia de corte: es la frecuencia a la cual se atenúa a la mitad la señal útil, luego se define la magnitud de la atenuación obtenida, ya sea en la banda de paso o en la de

==0==

atenuación. Se puede volcar todo esto a un dibujo (se lo llama plantilla del filtro). Aquí vemos A_{\min} será la mínima atenuación que conseguiremos de nuestra señal útil, y que A_{\max} la máxima atenuación posible de nuestra señal no útil. En el caso del dibujo mostrado tendremos un filtro que deja pasar las frecuencias que se encuentran por debajo de la "frecuencia de corte" e impide el paso de las frecuencias que se encuentran por encima, a este tipo de filtro se los denomina "pasa bajos". También existen filtros "pasa altos", "paso de banda", "rechazo de banda", y algunos otros menos comunes. Dejamos como tarea dibujar las plantillas de estos filtros enunciados recientemente.

Ahora bien, como logramos con elementos pasivos, R,L y C dispositivos capaces de que



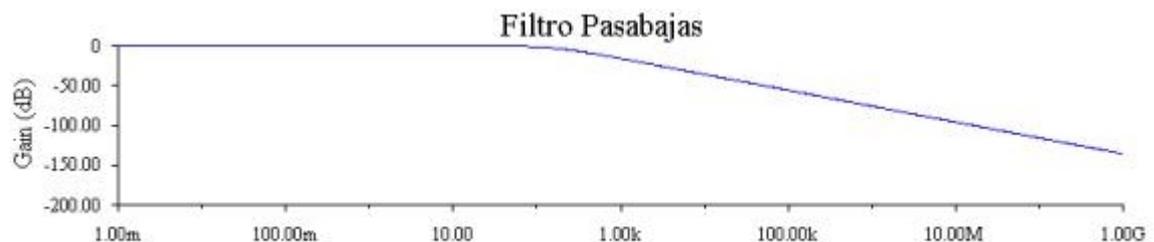
cumplan esta función, bueno combinándolos.

La figura muestra una combinación posible entre RC, en ella el capacitor se comporta como una resistencia variable con la frecuencia. En este esquema si tomamos la salida en el punto 2 y luego variamos la frecuencia veríamos, manteniendo la

amplitud constante, que el voltaje en el capacitor disminuye, respondiendo a la siguiente ecuación:

$$V_2(\omega t) = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + (\omega CR)^2}} \right) * \text{sen}(\omega t + \varphi)$$

si expresamos esta ecuación en un dibujo utilizando una escala logarítmica (se lo conoce como Bode) se obtiene algo así:



Nota: La ganancia es la inversa de la atenuación, observar que se obtendría un dibujo que encajaría en la plantilla que antes dibujamos.

Algo similar obtendríamos si en lugar de una configuración RC, hubiésemos optado por una LR (inductancia-resistencia), reemplazando la resistencia por una inductancia y al capacitor por una resistencia, en ese caso la ecuación que gobierna el voltaje del punto 2 es:

$$V_2(\omega t) = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + (\omega L / R)^2}} \right) * \text{sen}(\omega t + \varphi)$$

Ahora si combinamos y armamos el esquema de la figura siguiente y tomando la salida del circuito en el capacitor, también obtendremos un pasa-bajos pero con una mayor

==o==

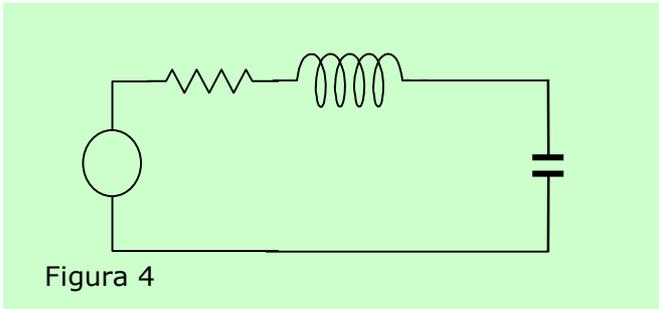


Figura 4

pendiente de caída en el Bode, llegando a los 40db por década. Obteniendo así una mejora, que no es otra cosa que un filtrado mejor, por ejemplo en el primer caso una frecuencia que estuviese por encima de la de corte la atenuábamos 20db, ahora la atenuaríamos 40db. En este caso la ecuación

que gobierna el voltaje sobre el capacitor es

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{(1-LCW^2)^2 + (WRC)^2}} * \text{sen}(wt + \phi)$$

Donde se observa que la amplitud tiene una dependencia cuadrática con la variación de

la frecuencia. Es de suma importancia aclarar que de los valores de la resistencia, la inductancia y el capacitor dependerá la frecuencia de corte y demás parámetros del filtro y variando estos obtendremos las características de filtrado que buscamos.

2.1.2 Apliquemos los filtros.

Bien estos son algunos de los filtros pasivos, por supuesto que hay muchos mas, pero no nos vamos a detener en ello a menos que alguno se interese en este aspecto. Apliquemos estos conceptos a nuestro problema que es filtrar los ruidos que vienen por la línea de suministro eléctrico. Los sistemas de suministro eléctrico mas conocidos son los monofásicos y los trifásicos, veamos como resolvemos sobre un monofásico y luego extendemos al otro.

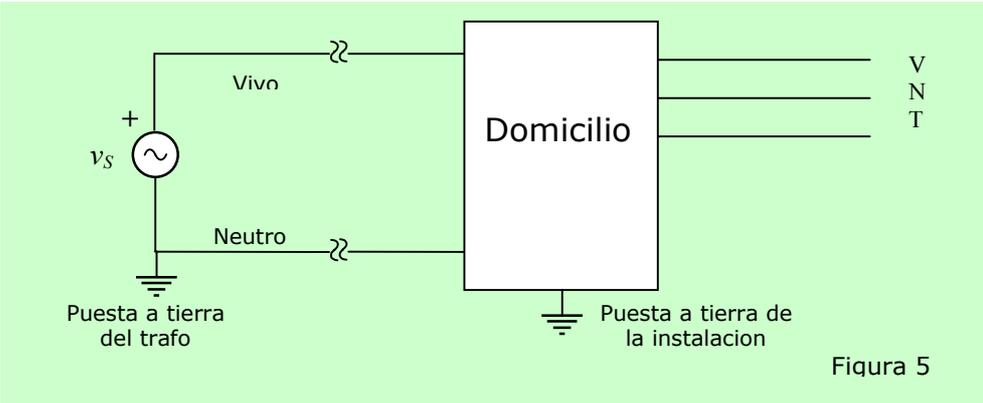


Figura 5

La figura muestra un esquema de suministro de energía eléctrica de baja tensión domiciliaria. Vamos a intercalar un filtro RLC entre vivo y

neutro de nuestra instalación, otro entre Vivo y tierra y el ultimo entre Neutro y tierra. Quedando un esquema como el de la figura 6. El cual se puede simplificar para eliminar redundancias de algunos elementos, llegando así a los conocidos comercialmente, que se muestra en la figura 7. Es importante definir los parámetros que estos filtros suelen tener, para eso debemos remitirnos a la tabla que mostramos en el Capítulo 1 donde

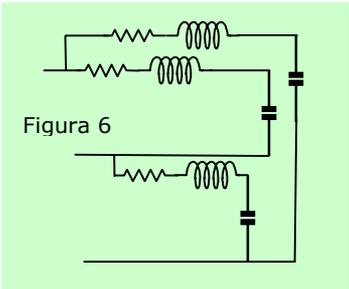


Figura 6

hablábamos de rangos de repetición y anchos de impulsos, ya que estos son los ruidos que nos interesan eliminar, de allí podemos deducir que la frecuencia de corte para estos filtros se encuentra por encima de los cientos de kilohertz, de allí surgen los valores de inductancia y capacitancia que se utilizan, por otro lado si quisiéramos filtrar frecuencias inferiores (algo que es posible y a veces necesario) deberíamos colocar Inductancias y

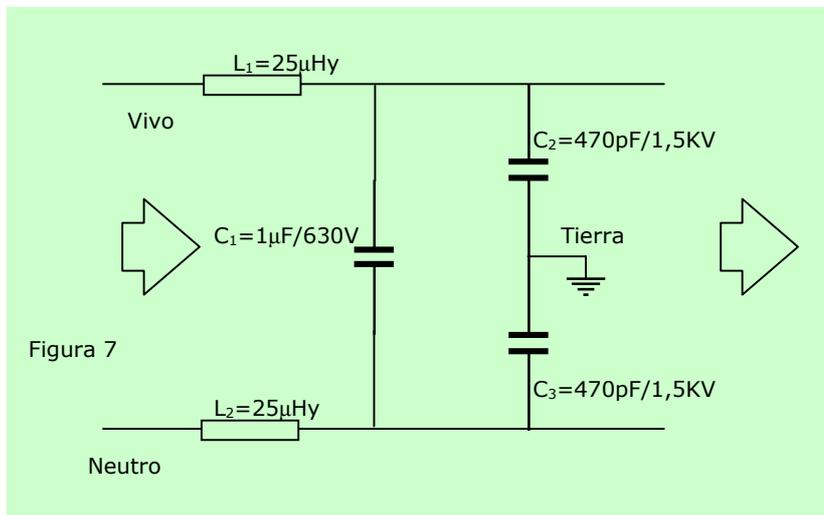


Figura 7

capacitores mas grandes, con los consiguientes trastornos constructivos que esto trae aparejado. La figura 7 muestra un filtro real, que suelen tener muchos equipos pequeños, algunas fuentes de "buenas" computadoras. Se destaca que no aparezca allí la resistencia como tal, ya que esta forma parte de la

inductancia, por razones constructivas. De hecho existen esquemas y configuración que mejoran a la mostrada aquí, obteniendo mejores resultados en cuanto al filtrado. Como habíamos dicho los este es un esquema de filtrado monofasica, los esquemas trifásicos son una simple extensión de los que acabamos de ver, aunque aparecen algunas simplificaciones producto de redundancias en componentes. Existen institutos de estandarización y normalización de productos que han emitidos estándares y normas que los equipos que se conectan a la red eléctrica deben cumplir para considerarse inmunes (o mas inmunes) a los ruidos eléctricos.

3.1 Protegerse de los transitorios o picos de voltaje.

La causa principal de los picos de tensión de alta energía se encuentra en la caída de un rayo en las proximidades. Las cargas criticas son particularmente vulnerables a los picos de voltaje que llegan por la línea de energía luego del impacto directo de un rayo sobre torres o antenas, o aquellos picos que se producen en las propias instalaciones, ya que estas se comportan como antenas que captan la gran cantidad de energía radiada en forma de ondas electromagnéticas generadas por la caída del relámpago.

3.1.1 Conociendo los rayos.

Para poder conocer tanto la magnitud como la duración de estos impulsos es conveniente ver algunos aspectos de la formación y caída de los rayos. Más del 90% de las descargas que se producen entre tierra y nube ocurren entre la tierra cargada positivamente y la nube cargada negativamente. Este tipo de descarga se caracteriza por tener un valor de pico de corriente que típicamente se encuentra alrededor de 30 KA (30.000Ampere), valores de corriente de pico que excedan el 130 KA son muy raros. Cerca del 75% de estos rayos exhiben varias descargas sucesivas, las cuales siguen a la descarga inicial después de unos 200 milisegundos. Mientras que un valor típico es de tres descargas, se han registrado hasta 20 descargas sucesivas.

Los rayos que se producen entre tierra cargada negativamente y nube cargada positivamente presentan una descarga única de alta energía cuya corriente de pico puede llegar a ser hasta de 200KA.

Los tiempos de crecimiento del voltaje y la corriente varían entre 1 y 100 microsegundos (el tiempo de crecimiento es aquel en el cual un impulso pasa del 10% al 90% del valor máximo) para la primer descarga, y entre 0.1 y 1 μ seg. para descargas posteriores, mientras el tiempo de caída puede variar de 20 a 350 μ seg. para la descarga inicial y entre 5 y 50 μ seg. para las descargas siguientes (el tiempo de caída para el cual el impulso cae al 50% de su valor máximo).

Sumado a la gran corriente y energía del impulso, otro problema preocupante es la gran variación de la corriente con respecto del tiempo (dI/dT), lo cual puede producir excesivos valores de voltaje debido a la inductancia que presentan los conductores de AC ($V=L*dI/dT$). Velocidades de crecimiento de la corriente tan grande como 10KA/ μ seg para la descarga inicial del rayo, y un orden de magnitud mayor para las descargas siguientes, pueden ser observadas. También se han medido velocidades de crecimiento del voltaje de hasta 12 KV/ μ seg, siendo esta forma de onda caracterizada por un marcado crecimiento en el voltaje y un tiempo de caída alargado, en el cual, se disipa la energía del impulso.

Estos impulsos pueden ingresar a su sistema eléctrico de varias maneras. La más obvia es la descarga directa, sin embargo mecanismos más sutiles como el acoplamiento conductivo, inductivo y capacitivo pueden permitir que las influencias destructivas de las descargas sean llevadas a las líneas de energía, de datos o a los sistemas locales de puesta a tierra, ubicados a algunos kilómetros de distancia del punto de impacto del rayo.

3.1.2. Protejese de los rayos

En instalaciones muy expuestas y donde es necesario prevenir una descarga directa,

como por ejemplo estaciones de comunicación, estructuras altas, edificios con equipamiento electrónico muy sensible, etc, se deben respetar algunas reglas básicas para que la protección sea efectiva. A continuación se enumera seis puntos esenciales para lograr una buena protección.

1- Capturar la descarga del rayo usando terminales aéreos especialmente diseñados. La capacidad de un terminal aéreo para atraer una descarga de un rayo antes que cualquier otra parte de la estructura determina su efectividad.

2- Conducir la corriente del rayo a tierra en forma segura mediante el uso de un conductor que asegure la Aislación bajo condiciones de grandes impulsos.

3- Disipar la energía del rayo en la tierra. Para tener un desempeño eficiente del sistema de protección contra descargas eléctricas, es esencial tener una baja impedancia de puesta a tierra para lograr una rápida y segura disipación de la energía del rayo.

4- Eliminar los lazos y las diferencias de potencial de tierra creando un plano de tierra equipotencial bajo condiciones de impulso. Es común pero potencialmente peligroso, que existan tierras separadas para los rayos y las instalaciones de potencia de AC, equipos de computación y telecomunicaciones. La diferencia de potencial entre tierras puede hacer que los transitorios entren a los edificios destruyendo equipamiento y generando condiciones peligrosas para las personas durante la caída de rayos. Se deben utilizar enclavadores de transitorios para equalizar los potenciales de tierra bajo condiciones de transitorio.

5- Proteger el equipamiento de los picos y sobrevoltajes que pueden llegar por líneas de potencia. En la norma IEEE C62.41 (anteriormente llamada IEEE 587), se define al ambiente de sobrevoltaje al cual se exponen los equipos eléctricos. Utilizando datos tomados durante muchos años, esta norma describe el tipo, magnitud y frecuencia de los sobrevoltajes eléctricos que se espera encontrar en varios puntos del cableado de un edificio. Define las formas de onda estándar de sobrevoltaje, las cuales representan los peores eventos que pueden esperarse. Se define la onda de "categoría A" la cual consiste en onda de voltaje repique de 6000 V, 200 A, 100 KHZ. Este es el peor caso esperado en los toma corrientes de pared del usuario. Se definen dos formas de onda de "categoría B", incluyendo una versión de 500 A de la forma de onda de la categoría A, así como una onda de pulso unipolar de 6000 V, 3000 A. Estas formas de ondas se describen como el peor caso que se esperaría encontrar en el cableado que va fuera del edificio. En los pulsos unipolar de sobretensión de las distintas categorías se especifica el valor máximo de voltaje y corriente, como así también el tiempo de duración del impulso. De este tiempo de duración se dan dos datos: uno es el tiempo de crecimiento del impulso (tiempo que tarda el impulso en crecer desde el 10 % al 90 % de su valor máximo). Por ejemplo un pulso de 3 KA, 8/20 μ seg. , tiene un

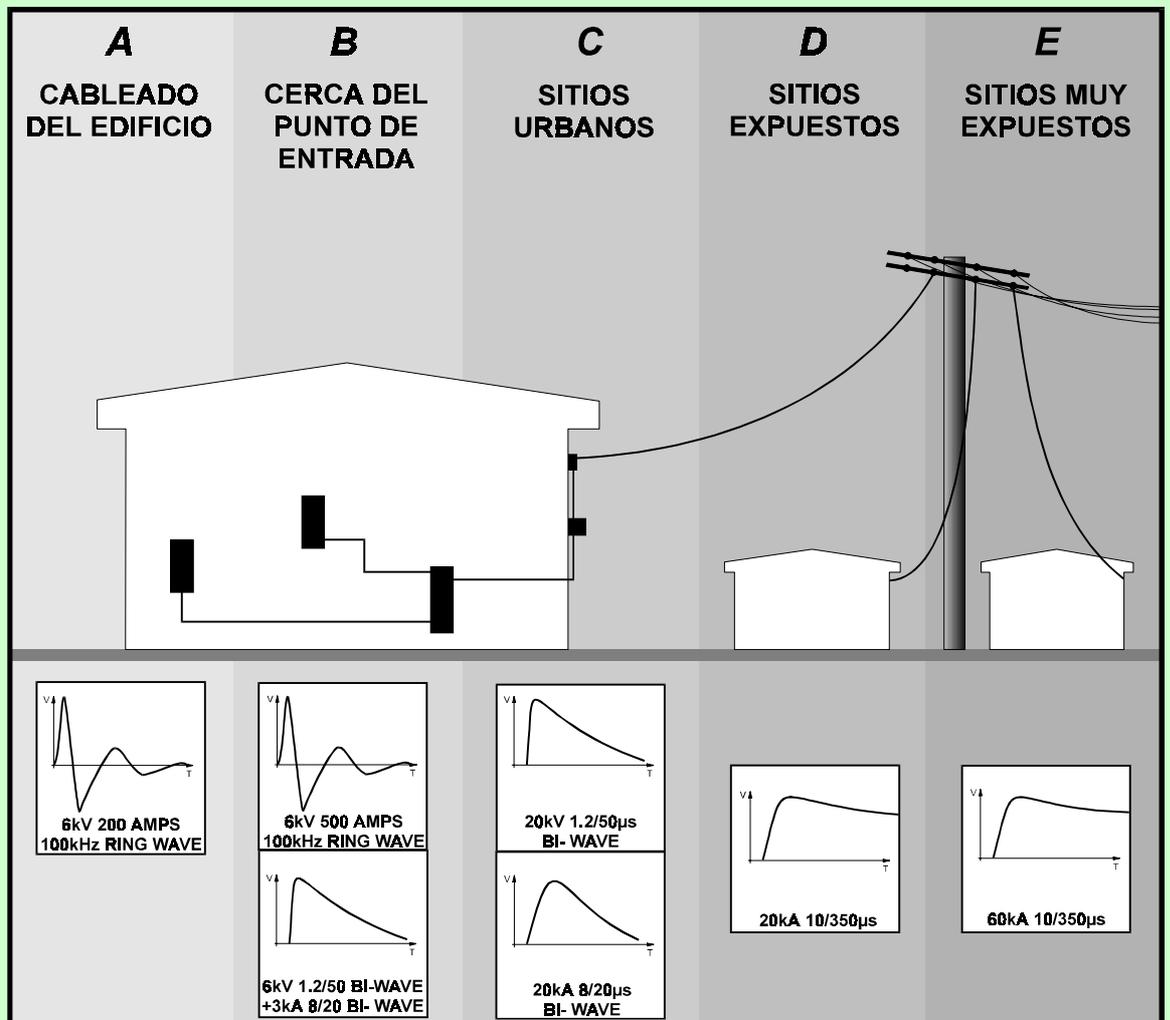
==0==

valor máximo de corriente de 3 KA, un tiempo de crecimiento de 8 μ seg. y un tiempo de caída de 20 μ seg. Los picos producidos por los rayos pueden ser conducidos o inducidos; la forma de onda 8/20 μ seg. es representativa de los pulsos inducidos, mientras que los impulsos 8/80 μ seg. ó 10/350 μ seg. son representativas de los conducidos. En ambos casos, el tiempo de crecimiento es menor o igual a 10 μ seg.

A continuación se presenta una gráfica donde se describen las distintas categorías definidas en la norma IEEE-587, y la forma de los impulsos esperados.

Disturbios eléctricos según sitios diferentes

Categoría



==0==

6- Protección de equipamiento de señal y telecomunicaciones . Los transitorios y sobrevoltajes causados por la caída de un rayo, conmutación de equipos de potencia y también descargas estáticas, afectan a las señales de comunicaciones realizadas mediante conductores de cobre. Las líneas de telecomunicación, procesos de control industrial, redes de computadoras y circuitos RS 232 son muy vulnerables a los sobrevoltajes que pueden ser muy significativos en algunos ambientes, por lo tanto es necesario enclavar los picos de voltaje para evitar la destrucción del equipamiento.

Glosario:

Db, abreviación de decibel, se defino como la relación entre dos magnitudes y en escala logarítmica, en este casos es $Ganancia_{[db]} = 20 * \log [V_2 / V_1]$

==0==