

1.6 DEFINICIONES

Elemento lineal: es aquel elemento de redes eléctricas cuyo valor permanece constante independientemente del valor de la corriente que circula por él o del voltaje que se le aplica.

Elemento no lineal: es aquel elemento de redes eléctricas cuyo valor no permanece constante cuando se modifica la corriente que circula por él o el voltaje que se le aplica.

1.7 LA SERIE DE FOURIER Y LAS REDES ELECTRICAS

La serie de Fourier es útil para la representación de formas de onda periódicas no sinusoidales y aplicada en el análisis de redes eléctricas nos permite conocer la respuesta de éstas en el dominio de la frecuencia.

Para representar una forma de onda no sinusoidal de voltaje, simplemente tenemos que hacer cambio de literales en la ecuación 1-7, así:

$$v(t) = V_o + V_1 \cos(\omega t + \delta_1) + V_2 \cos(2\omega t + \delta_2) + \dots \\ \dots + V_h \cos(h\omega t + \delta_h) \quad \text{ec. (1-8)}$$

ANALISIS DE REDES QUE CONTIENEN ARMONICAS

... Es decir que un voltaje periódico no sinusoidal (de forma de onda triangular, diente de sierra, rectificada de media onda, cuadrada, etc.) puede reemplazarse por la combinación en serie de una fuente de voltaje de cc y h fuentes de voltaje sinusoidal, donde $h = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots$

En las redes eléctricas, es posible que además de fuentes de voltajes armónicos, encontremos fuentes de corrientes armónicas, por lo que es necesario conocer su representación en las redes eléctricas. Es más lo usual es encontrar fuentes de corrientes armónicas.

En la figura 1-12a se muestra una fuente de corriente cuya forma de onda es una triangular y por lo tanto es una fuente que produce corrientes armónicas. En la figura 1-12b, se muestra el circuito equivalente.

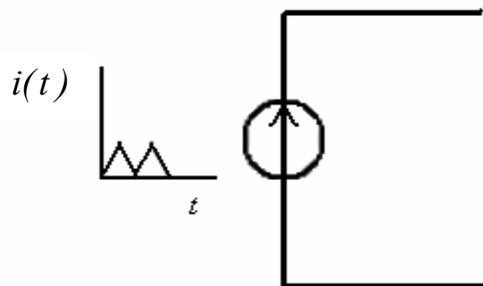


Figura 1-12a
Fuente de corriente de forma de onda no sinusoidal.

Ejemplo 1.2

El circuito de la figura 1-11a, donde $L = 5 \text{ mH}$, $C = 130.8 \text{ } \mu\text{F}$, $R = 2.5 \text{ } \Omega$ y $f = 60 \text{ Hz}$, está alimentado por la forma de onda de voltaje mostrada en la figura 1.2 utilizada también en el ejemplo 1.1. a) Encontrar la corriente $i(t)$, considerando hasta la 5a. armónica, b) Suponiendo que la capacitancia sea sustituida por otra de valor igual a $156.4 \text{ } \mu\text{F}$, encontrar $i(t)$, considerando hasta la 5a. armónica. c) En los dos casos anteriores, encontrar la relación de la amplitud de la tercera armónica de la corriente a la amplitud de la componente fundamental.

Solución:

Según el resultado obtenido en el ejemplo 1.1, la serie de Fourier correspondiente al voltaje aplicado es la siguiente:

... Obsérvese que el voltaje en la resistencia tiene un valor de 18.53 V , el voltaje en la inductancia vale 13.97 V y el voltaje en la capacitancia 150.27 V , en tanto que la componente fundamental del voltaje aplicado V_1 vale 137.56V .
¿Es mayor el voltaje fundamental en la capacitancia que el

ANÁLISIS DE REDES QUE CONTIENEN ARMÓNICAS

voltaje fundamental de la fuente! La relación entre voltaje

Relación vectorial entre las componentes fundamentales de los voltajes de la red.

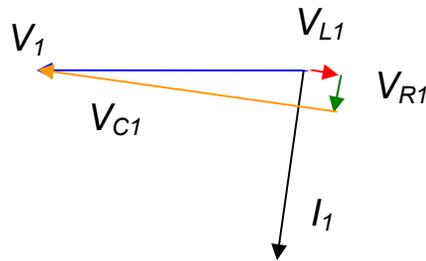


Figura 1-16

Diagrama vectorial de componentes fundamentales

fundamental de la fuente y voltaje fundamental en la capacitancia es igual a 0.92, situación evidenciada en el diagrama vectorial de la figura 1-16.

... Este ejemplo ilustra cómo las variaciones de los parámetros de la red pueden provocar cambios drásticos en los valores de las corrientes armónicas, haciéndolas *fluctuar*. Por otro lado, al incremento sufrido por las corrientes armónicas en redes que contienen capacitancia se le conoce normalmente con el nombre de amplificación de la corriente armónica. Pero esto no significa que la capacitancia actúe como amplificador por sí sola, o que la capacitancia sea un elemento generador

ARMONICAS

de armónicas, sino que el fenómeno de amplificación se da como resultado de la modificación de la impedancia en función de la frecuencia. Una capacitancia no amplifica y, siendo lineal, tampoco produce armónicas. Nótese que los valores son altamente dependientes de la resistencia, una reducción ...

Ejemplo 1.3

En la figura 1-20, a la frecuencia fundamental de 60 Hz los elementos tienen los siguientes valores: $X_{L1} = 0.665 \Omega$, $X_{C1} = 1.06 \Omega$ y $R = 0.6 \Omega$. La corriente fundamental de la fuente de corriente (la que genera las armónicas) vale 150 A, la tercera armónica 50 A, la quinta armónica 30 A, la séptima 21 A, la novena 17 A y la onceava 10 A, a) graficar la impedancia vista desde la fuente de armónicas en función de la frecuencia, b) hallar corrientes y voltajes en la inductancia, la capacitancia y la resistencia.

ANALISIS DE REDES QUE CONTIENEN ARMONICAS

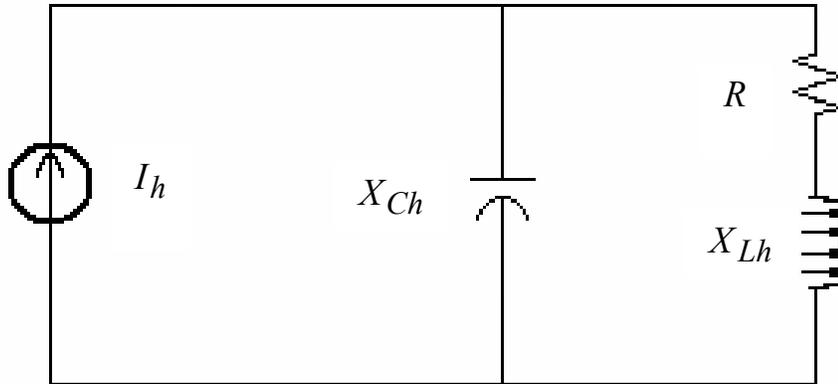


Figura 1-20

Circuito del ejemplo 1.3

Solución: