EFECTO DEL ELEMENTO ACTIVO EN LA FRECUENCIA DE OSCILACION DEL OSCILADOR CON PUENTE WIEN

Autor: ***A. Ramón Vargas Patrón***
Ingeniero Electrónico
Docente Universidad Ricardo Palma
rvargas@inictel.gob.pe

Institución donde se realizó el Estudio: *Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones* INICTEL

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia el oscilador con Puente Wien empleando un amplificador operacional (OP-AMP) compensado en frecuencia como elemento activo. Se asume que la ganancia diferencial o de lazo abierto del OP-AMP es una cantidad compleja con un polo en baja frecuencia, expresión que se introduce en la condición de Barkhausen para la oscilación del circuito.

Al ser la ganancia de lazo abierto en DC una cantidad muy grande, se pueden hacer ciertas aproximaciones, llegándose a una expresión modificada para la ecuación clásica de la frecuencia de oscilación. Se encuentra así mismo un límite para la utilización de la expresión clásica.

ABSTRACT

The present study deals with the Wien-Bridge oscillator using a frequency-compensated operational amplifier (OP-AMP) as an active element. It is assumed that the open-loop gain of the OP-AMP is a complex quantity with a low-frequency pole. This expression is introduced in Barkhausen's statement for the oscillation of the circuit. Being the DC open-loop gain a large value, certain approximations can be made and a modified expression is obtained for the classic equation yielding the frequency of oscillation. Also, a limit for the utilization of the classic equation is encountered.

La ecuación clásica del Oscilador con Puente Wien que emplea un OP-AMP ideal es (Fig. 1):

$$\omega_{osc} = \frac{1}{RC} \qquad \ldots 1$$

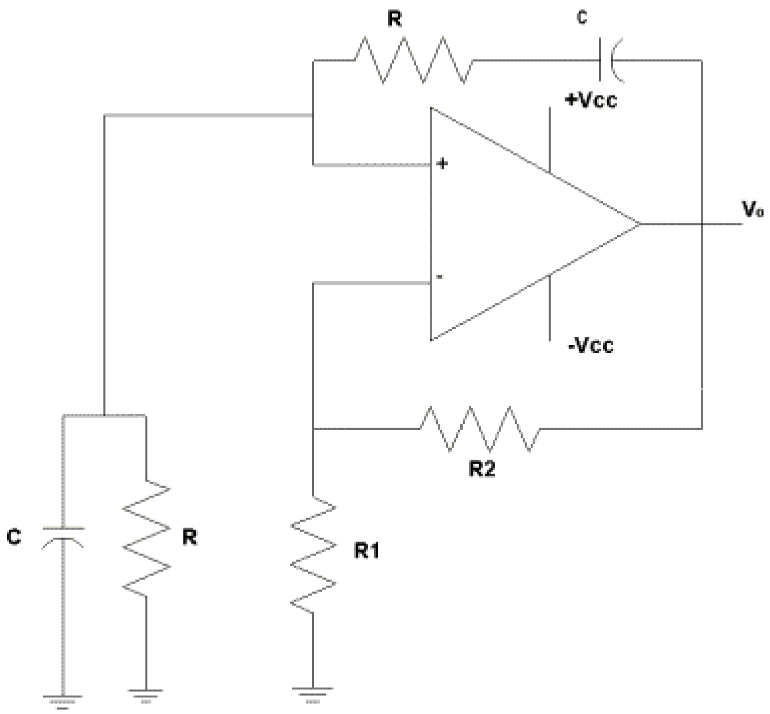

Fig. 1 Oscilador Puente Wien

La condición de oscilación se reduce a que la ganancia de lazo compleja sea la unidad, es decir:

$$A(s)\left(\frac{sRC}{s^2R^2C^2 + 3sRC + 1} - \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) = 1 \qquad \ldots 2$$

con s = jω , y sabiendo que:

$$A(j\omega) = \frac{A_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0}} \qquad \ldots 3$$

tenemos:

$$\frac{A_0}{1+j\dfrac{\omega}{\omega_0}}\cdot\left(\frac{j\omega RC}{(1-\omega^2R^2C^2)+3j\,\omega RC}-\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)=1+j\,0 \qquad \textit{. . . 4}$$

$$A_0\left(\frac{j\,\omega RC}{(1-\omega^2R^2C^2)+3j\,\omega RC}-\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)=1+j\frac{\omega}{\omega_0} \qquad \textit{. . . 5}$$

$$A_0\left(\frac{j\omega RC\left[(1-\omega^2R^2C^2)-3j\omega RC\right]}{(1-\omega^2R^2C^2)^2+9\omega^2R^2C^2}-\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)=1+j\frac{\omega}{\omega_0}$$

$$A_0\left(\frac{3\omega^2R^2C^2+j\,\omega RC\,(1-\omega^2R^2C^2)}{(1-\omega^2R^2C^2)+9\omega^2R^2C^2}-\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)=1+j\frac{\omega}{\omega_0} \qquad \textit{. . . 6}$$

Separando las partes real e imaginaria en la Ec. 6:

$$\frac{3A_0\omega^2R^2C^2}{(1-\omega^2R^2C^2)^2+9\omega^2R^2C^2}-\frac{A_0R_1}{R_1+R_2}=1 \qquad \textit{. . . 7}$$

$$\frac{A_0\,\omega RC\,(1-\omega^2R^2C^2)}{(1-\omega^2R^2C^2)^2+9\omega^2R^2C^2}=\frac{\omega}{\omega_0} \qquad \textit{. . . 8}$$

De la Ec. 8:

$$\frac{\omega RC}{(1-\omega^2R^2C^2)^2+9\omega^2R^2C^2}=\frac{\omega}{\omega_0}\cdot\frac{1}{A_0\,(1-\omega^2R^2C^2)} \qquad \textit{. . . 9}$$

En la Ec. 7:

$$3A_0 \cdot \omega RC \cdot \frac{\omega}{\omega_0} \cdot \frac{1}{A_0(1-\omega^2 R^2 C^2)} - \frac{A_0 R_1}{R_1+R_2} = 1 \qquad ...10$$

De la Ec. 10:

$$\frac{3\omega^2 RC}{\omega_0(1-\omega^2 R^2 C^2)} - \frac{A_0 R_1}{R_1+R_2} = 1$$

$$\therefore \frac{3\omega^2 RC}{\omega_0(1-\omega^2 R^2 C^2)} = 1 + \frac{A_0 R_1}{R_1+R_2} \qquad ...11$$

Luego:

$$3\omega^2 RC = (1-\omega^2 R^2 C^2)\left(1+\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}\right)\omega_0$$

$$\therefore \omega^2 R^2 C^2\left(1+\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}\right)\omega_0 + 3\omega^2 RC = \left(1+\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}\right)\omega_0$$

$$\omega^2 RC\left[RC\left(1+\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}\right)\omega_0 + 3\right] = \left(1+\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}\right)\omega_0$$

Finalmente:

$$\omega^2 = \left(1+\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}\right) \cdot \frac{\omega_0}{RC} \cdot \frac{1}{\left[RC\left(1+\frac{A_0 R_1}{R_1+R_2}\right)\omega_0 + 3\right]} \qquad ...12$$

Siendo $\frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2} \approx \frac{A_0}{3} \gg 1$ **y dividiendo numerador y denominador de la Ec. 12 por** $\frac{A_0 \omega_0}{3}$ **:**

$$\omega^2 \approx \frac{1}{RC\left(RC + \frac{9}{A_0 \omega_0}\right)} \qquad \ldots 13$$

También:

$$\omega^2 \approx \frac{1}{R^2 C^2\left(1 + \frac{9}{A_0 \omega_0 RC}\right)} \qquad \ldots 14$$

Si se cumple que:

$$\frac{9}{A_0 \omega_0 RC} \ll 1 \qquad \ldots 15$$

$$\therefore \omega \approx \frac{1}{RC} \qquad \ldots 16$$

que es el resultado clásico.

Analizando la Ec. 15:

$$A_0 \omega_0 RC \gg 9 \qquad \ldots 17$$

$$\therefore \frac{A_0 \omega_0}{\omega} \gg 9$$

Reconocemos a $\frac{A_0 \omega_0}{\omega}$ ***como la ganancia de lazo abierto del OP – AMP a la frecuencia de oscilación. Es decir, la ganancia de lazo abierto deberá ser mucho mayor que 9, si deseamos emplear la fórmula clásica.***

Por lo tanto, si:

$$\frac{A_0 \omega_0}{\omega} \geq 90$$

$$\therefore \omega \leq \frac{A_0 \omega_0}{90} \qquad \text{. . . 18}$$

ó

$$f \leq \frac{A_0 f_0}{90} = \frac{GBW}{90} \qquad \text{. . . 19}$$

Para un OP – AMP con GBW = 1 MHz, $f \leq 11.11 kHz$***, frecuencia límite para la fórmula clásica.***

CONCLUSIONES

Se ha analizado el oscilador con Puente Wien y OP-AMP utilizando la expresión compleja de la ganancia de lazo abierto del dispositivo activo, llegándose a una expresión modificada de la ecuación clásica para la frecuencia de oscilación. La nueva relación permite visualizar el efecto del elemento

activo en el comportamiento del oscilador y la aparición de un límite para la utilización de la ecuación clásica.

BIBLIOGRAFIA

TIETZE-SCHENK. Circuitos Electrónicos Avanzados, Cap. 8. Marcombo Boixareu Editores 1983

VARGAS PATRON R. , Apuntes de Laboratorio.