

MUESTREO DE SEÑALES DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

Brayan Joanne Ballesteros Meza, Brayhan Steven Delgado Rueda, Daniel Fernando Aranda Contreras,
Jonathan Stiven Murcia Suarez
Escuela E3T, Universidad Industrial de Santander
Correo electrónico: {brayan2222069, brayan2212088, daniel2221648, jonathan2225092}@correo.uis.edu.co

Index Terms—Mediciones Eléctricas, Análisis de Sistemas, Tensión RMS, Compensación de Carga, Potencia Activa.

RESULTADOS PARA UN PERIODO DE MUESTREO
DE $\frac{1}{960}$ [s]

Antes de convertir la señal de tiempo a discreta, como tenemos que la $f_m = 960[Hz]$ y la frecuencia fundamental de la señal a muestrear es de $f_0 = 60[Hz]$

$$[\Omega_0 \cdot n] = \sum_{n=1}^{\frac{f_m}{f_0}} \frac{n-1}{f_m} \cdot 2\pi f_0 \quad (1)$$

Por lo cual se tendrá que $V[n]$ tendrá la siguiente forma: $V[n] = V_{rms}\sqrt{2}\cos(\Omega_0 n - \alpha)[v]$

-A. Modelo $V[n]$ para las 2 señales de tensión

-A1. Señal 1: $v_1(t) = 115\sqrt{2}\cos(120\pi t - \frac{\pi}{2})[v]$

Resultando a dominio discreto como:

$$v_1[n] = 115\sqrt{2}\cos(\frac{2\pi \cdot n}{16} - \frac{\pi}{2})[v]$$

$$\begin{aligned} V1[n] &= 1 \times 16 \\ 0 & \quad 62.2376 \quad 115 \quad 150.2547 \\ 162.6346 & \quad 150.2547 \quad 115 \quad 62.2376 \\ 0 & \quad -62.2376 \quad -115 \quad -150.2547 \\ -162.6346 & \quad -150.2547 \quad -115 \quad -62.2376 \end{aligned}$$

-A2. Señal 2: $v_2(t) = 115\sqrt{2}\cos(120\pi t - \frac{\pi}{2}) + 10\sqrt{2}\cos(600\pi t - \frac{\pi}{2}) + 5\sqrt{2}\cos(840\pi t + \frac{\pi}{2})[V]$

Al igual que el caso anterior en dominio discreto se tiene que: $v_2[n] = 115\sqrt{2}\cos(\frac{n}{16} \cdot 2\pi - \frac{\pi}{2}) + 10\sqrt{2}\cos(\frac{5 \cdot n}{16} \cdot 2\pi - \frac{\pi}{2}) + 5\sqrt{2}\cos(\frac{7 \cdot n}{16} \cdot 2\pi + \frac{\pi}{2})[V]$

$$\begin{aligned} V2[n] &= 1 \times 16 \\ 0 & \quad 72.5972 \quad 110 \quad 138.3100 \\ 183.8478 & \quad 138.3100 \quad 110 \quad 72.5972 \\ 0 & \quad -72.5972 \quad -110 \quad -138.3100 \\ -183.8478 & \quad -138.3100 \quad -110 \quad -72.5972 \end{aligned}$$

-B. Valores eficaces de las señales

I. RESULTADOS PARA UN PERIODO DE
MUESTREO DE $\frac{1}{900}$ [s]

I-A. Modelo $V[n]$ para las 2 señales de tensión

$$v_1[n] = 115\sqrt{2}\cos(\frac{2\pi \cdot n}{15} - \frac{\pi}{2})[v]$$

Cuadro I: Tensiones Eficaces

Tensión	Valor [Vrms]
V_1	115.0000
V_2	115.5422

$V1[n] = 1 \times 15$

$$\begin{aligned} 0 & \quad 66.1494 \quad 120.8610 \\ 154.6747 & \quad 161.7436 \quad 140.8457 \\ 95.5942 & \quad 33.8136 \quad -33.8136 \\ -95.5942 & \quad -140.8457 \quad -161.7436 \\ -154.6747 & \quad -120.8610 \quad -66.1494 \end{aligned}$$

$$v_2[n] = 115\sqrt{2}\cos(\frac{n}{15} \cdot 2\pi - \frac{\pi}{2}) + 10\sqrt{2}\cos(\frac{5 \cdot n}{15} \cdot 2\pi - \frac{\pi}{2}) + 5\sqrt{2}\cos(\frac{7 \cdot n}{15} \cdot 2\pi + \frac{\pi}{2})[V]$$

$V2[n] = 1 \times 15$

$$\begin{aligned} 0 & \quad 76.9267 \quad 111.4896 \\ 150.5184 & \quad 179.2459 \quad 122.4745 \\ 102.3192 & \quad 39.0287 \quad -39.0287 \\ -102.3192 & \quad -122.4745 \quad -179.2459 \\ -150.5184 & \quad -111.4896 \quad -76.9267 \end{aligned}$$

I-B. Valores eficaces de las señales

Se observa en el cuadro II que son los mismos valores que para el primer caso.

Cuadro II: Tensiones Eficaces

Tensión	Valor [Vrms]
V_1	115.0000
V_2	115.5422

II. RESULTADOS PARA UN PERIODO DE
MUESTREO DE $\frac{1}{240}$ [s]

II-A. Modelo $V[n]$ para las 2 señales de tensión

$$v_1[n] = 115\sqrt{2}\cos(\frac{2\pi \cdot n}{4} - \frac{\pi}{2})[v]$$

$V1[n] = 1 \times 4$

$$0 \quad 162.6346 \quad 0 \quad -162.6346$$

$$v_2[n] = 115\sqrt{2}\cos(\frac{n}{4} \cdot 2\pi - \frac{\pi}{2}) + 10\sqrt{2}\cos(\frac{5 \cdot n}{4} \cdot 2\pi - \frac{\pi}{2}) + 5\sqrt{2}\cos(\frac{7 \cdot n}{4} \cdot 2\pi + \frac{\pi}{2})[V]$$

$$V2[n] = 1 \times 4 \\ 0 \ 183.8478 \ 0 \ -183.8478$$

II-B. Valores eficaces de las señales

Con respecto a los valores obtenidos de III, se observa que la tensión eficaz para $V_1[n]$ no cambió, sin embargo la tensión $V_2[n]$ si vario.

Cuadro III: Tensiones Eficaces

Tensión	Valor [Vrms]
V_1	115
V_2	130

COMPARACIÓN DE VALORES EFICACES

Los valores eficaces de las señales continuas, $V_1 = 115$ Vrms y $V_2 = 115,5422$ Vrms, se comparan con los valores obtenidos para las señales discretas V_{d1} y V_{d2} . para las diferentes Frecuencias de muestreo la tensión $v_1[n]$ no presento inconvenientes en los diferentes periodos a los que se muestreo. Sin embargo para el caso $v_2[n]$ como dicha señal es el conjunto de 3 ondas sinusoidales al analizar cada una de las frecuencias fundamentales de cada una de las señales, por superposición es facil ver que se deben tener en cuenta Nyquist en cada una de las tres y en donde se incumple es en el ultimo periodo de muestreo $\frac{1}{240}[s]$ y en este se presenta efecto alias por que se esta perdiendo información puesto que este periodo de muestreo no cubre el rango de las senoides con periodo menor.

REGLAS PARA FRECUENCIA DE MUESTREO Y VENTANA DE OBSERVACIÓN

Para obtener un valor eficaz preciso de una señal periódica discreta, deben cumplirse las siguientes reglas:

- La frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal (Teorema de Nyquist).
- La longitud de la ventana de observación para el caso de tensión eficaz basta con que cumpla Nyquist. Por lo cual con capturar un numero de muestras por ciclo mayor a 2, en donde el intervalo de tiempo entre cada una de las muestras es el periodo de muestreo, dicha ventana de observación será valida.

III. PARTE 2

Para abordar ambos casos se considera que el ancho de bandas es 50 veces la frecuencia fundamental, es decir, 50 % de la frecuencia de muestreo. de las frecuencias fundamentales $f_m = 59,2Hz; 59,5Hz; 60,8Hz$. donde

$$g(t) = 120\sqrt{2}\cos(2\pi f_i t - \alpha) + 10\sqrt{2}\cos(100\pi f_i t[V])$$

IV. ANÁLISIS DEL PERÍODO DE LA SEÑAL DISCRETA

Con la frecuencia de muestreo fija en $f_0 = 60$ Hz, se determinan los cambios en el período de la señal discreta para cada frecuencia fundamental f_i .

El período discreto N se calcula como:

$$N_i = \frac{f_m}{f_i} \quad (2)$$

Calculando N para cada frecuencia fundamental:

$$N_1 = \frac{7680}{59,2} \approx 129,7$$

$$N_2 = \frac{7680}{59,5} \approx 129,1$$

$$N_3 = \frac{7680}{60,8} \approx 126,3$$

Como se observa, no se obtienen las mismas 128 muestras en cada caso, lo que implica que la señal no queda bien muestreada.

V. CÁLCULO DEL ERROR EN LA ESTIMACIÓN DEL VALOR EFICAZ

La señal se define como:

$$g(t) = 120\sqrt{2}\cos(2\pi f_i t - \alpha) + 10\sqrt{2}\cos(100\pi f_i t[V])$$

Se determina el error en el valor eficaz para cada frecuencia fundamental:

$$\text{Error} = \left| \frac{V_{rms}^{medido} - V_{rms}^{real}}{V_{rms}^{real}} \right| \times 100 \quad (3)$$

Los valores eficaces se calculan para cada caso en función de las frecuencias y se determina el error porcentual.

V-A. Resultados

- Para $f_1 = 59,2$ Hz: Error = 0,6617 %
- Para $f_2 = 59,5$ Hz: Error = 0,4110 %
- Para $f_3 = 60,8$ Hz: Error = 0,6527 %

VI. CONCLUSIONES

La selección adecuada de la frecuencia de muestreo es crucial para una correcta representación de la señal discreta. Los errores de estimación del valor eficaz variados indican la importancia de un ajuste fino en las condiciones de muestreo. Con el fin de evitar fenomenos de aliasing y garantizar la precisión en la medición de señales eléctricas, es fundamental seguir las reglas de muestreo y observar el teorema de Nyquist.