

DIVISOR DE TENSIÓN INDUCTIVO AUTOCALIBRABLE DE ALTA PRECISIÓN

Daniel Slomovitz, Carlos Faverio, Daniel Izquierdo, Leonardo Trigo, Carlos Castet

UTE Laboratorio, Montevideo, Uruguay
E-mail: d.slomovitz@ieee.org

Resumen

Este trabajo muestra el desarrollo de un Divisor de Voltaje Inductivo Binario (BIVD), de muy alta precisión, destinado al uso como patrón primario. El campo de aplicación principal está en frecuencias bajas (50 Hz a 1 kHz) con voltajes de la entrada hasta de 240 V (4.8 V/Hz). Tiene ocho etapas, alcanzando incertidumbres de algunas partes en 10^9 en la relación 256:1. El dispositivo puede ser autocalibrable, sin la necesidad de ninguna referencia externa.

Introducción

Los BIVDs tienen muchas ventajas frente a divisores de la décadas [1]. Una computadora puede controlarlos fácilmente, requieren menor cantidad de interruptores que los divisores de la década, y la autocalibración de cada fase es posible. Si se usan etapas separadas, tal como se propone en este trabajo, puede compensarse las capacidades parásitas con un simple condensador variable conectado en cada etapa. Por otro lado, este tipo de divisores tiene el problema de la carga de cada etapa sobre la anterior, debido a las impedancias de salida no despreciables y por las impedancias de entrada, relativamente bajas. En este trabajo se propone una solución electrónica para reducir este efecto. La aplicación principal de esta investigación es para el uso como divisor de entrada del patrón nacional de potencia el cual requiere reducir el nivel de entrada de tensión desde 240 V al nivel de 1 V [2], usando la relación 256/1. Sin embargo, el sistema de conexión de etapas permite alcanzar cualquier combinación binaria, y otras aplicaciones son posibles.

Descripción

El sistema propuesto tiene ocho etapas binarias totalmente separadas, donde cada una tiene un divisor principal 2:1, IVD_m , y un dispositivo auxiliar para eliminar el efecto de carga de la etapa siguiente. La Fig. 1 muestra un circuito esquemático para las etapas 1 a 4 (cerca de la entrada), y la Fig. 2 para las etapas 5 a 8. La configuración del seguidor del OpAmp reduce la impedancia de salida a valores por debajo que $1\text{ m}\Omega$. Para reducir el error de ganancia del amplificador, el punto común de las fuentes de alimentación V_a se conecta a un voltaje igual al voltaje

de salida V_o . De esta manera, el amplificador ve siempre un voltaje de salida (y por tanto un voltaje de la entrada nulo), sin tener en cuenta el voltaje de la entrada real. Entonces, los errores de ganancia prácticamente se eliminan. El voltaje de salida máximo de la etapa cinco es 7.5 V, para que IC2 (Fig. 2) pueda manejarlo con fuentes de alimentación convencionales de $\pm 15\text{ V}$. Por otro lado, un divisor 2:1 auxiliar, IVD_a , se usó en las etapas 1 a 4 (Fig. 1) para esa función porque ellas tienen voltajes del funcionamiento más altos.

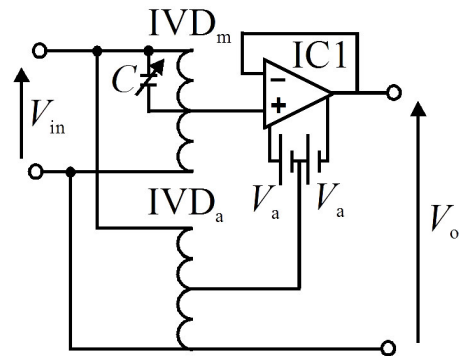


Fig. 1. Circuito esquemático para las primeras cuatro etapas del BIVD.

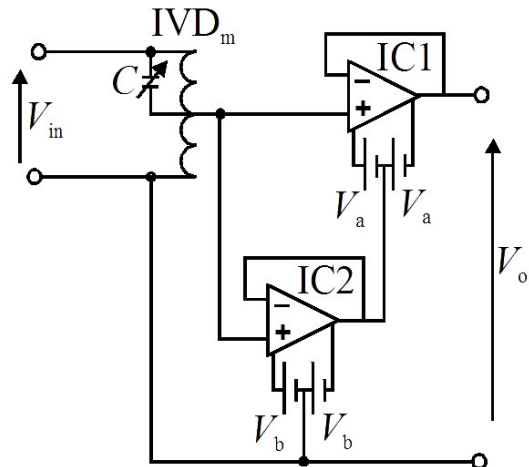


Fig. 2. Circuito esquemático para las etapas 5 a 8 del BIVD.

Calibración

Cada etapa puede autocalibrarse, usando cualquier otra etapa como un divisor auxiliar. Es necesario hacer dos comparaciones, invirtiendo las conexiones del divisor

auxiliar. Los valores promedio de estos errores de relación y fase corresponden solo al error del divisor bajo prueba, cualquiera sea el error del divisor auxiliar.

El detector de cero está formado por un amplificador, un filtro del pasabajos y un osciloscopio digital [2]. Usando un número grande de promedios y calculando los valores rms y ángulo de fase mediante el osciloscopio, se computan los errores de relación y ángulo. El disparo externo del osciloscopio es manejado por el voltaje de la entrada del IVD bajo la prueba, a través de un acoplador ópticamente aislado. Esto asegura un disparo estable.

Factores de influencia

Variando el voltaje de la entrada de las primeras 4 etapas entre 10 V y 120 V, la variación del error de las partes reales e imaginarias está en menos de 8×10^{-8} y 3×10^{-8} de su valor medio, respectivamente; y todavía puede reducirse la influencia de esta fuente de incertidumbre calibrando cada IVD a su voltaje del funcionamiento real. Las curvas del error en función del voltaje son suaves y predecibles.

Otro factor de influencia se relaciona con los campos magnéticos externos. Todas las etapas tienen blindajes magnéticos parciales. La eficacia de estos blindajes fue medida respecto a los campos generados por otras etapas adyacentes a la de prueba. Los cambios observados estaban por debajo de 1×10^{-8} en errores de relación y 6×10^{-8} en fase. Puede despreciarse la influencia de otros campos externos poniendo el dispositivo lejos de esas fuentes de campo magnético.

Los errores también dependen de frecuencia. Para reducir esta variación, un condensador ajustable C se pone entre el punto central del bobinado y un extremo. De esta manera, las capacidades parásitas pueden compensarse. Este problema aumenta con la frecuencia. El prototipo se probó entre 50 Hz y 1 kHz, y se encontraron variaciones del error en el orden de 2×10^{-6} en la parte real, y 5×10^{-7} en la imaginaria para todas las fases (los más grandes corresponden a 1 kHz). Sin embargo, realizando la autocalibración a la frecuencia de funcionamiento, esta contribución de incertidumbre puede ser cancelada.

La carga de una etapa en la anterior produce errores adicionales. Ellos dependen de las impedancias de salida y entrada, y las impedancias de conexión. La impedancia de salida es baja (menor a 1 mΩ, debido al OpAmp IC1). Para las conexiones entre etapas, se usan barras de cobre. Sus impedancias están alrededor de 0.5 mΩ. Por otro lado, los valores de las impedancias de la entrada varían entre 80 kΩ y 140 kΩ, dependiendo de la etapa, su voltaje y la frecuencia. Entonces, los errores causados por efecto de carga, está en el orden de 2×10^{-8} , para cada etapa.

Conclusiones

Un divisor inductivo binario de ocho etapas fue presentado. Se diseñó para aplicaciones de frecuencia bajas (50 Hz a 1 kHz). Una de las fuentes de error principales, la carga de una etapa sobre la anterior, se ha reducido con un simple dispositivo activo. Otras fuentes de incertidumbre pueden limitarse usando el proceso de autocalibración en las mismas condiciones de funcionamiento. Incertidumbres en la relación y fase de algunas pocas partes en 10^7 se obtuvieron a 50 Hz, en la relación 256 a 1. Esto equivale a una parte en 10^9 , referido al voltaje de la entrada.

Referencias

- [1] G. Ramm, R. Vollmert, H. Bachmair, "Microprocessor-controlled binary inductive voltage divider," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-34, pp. 335-337, June 1985.
- [2] D. Slomovitz, L. Trigo, C. Faverio, D. Izquierdo "A wattmeter based on phase measurements with accuracy of 10^{-6} ," *Conference on Precision Electromagnetic Measurements 2006*, This Digest, 2006.