

Capítulo 1

Introducción

1.1. Antecedentes

Un UPS es un sistema de alimentación ininterrumpida por sus siglas en ingles (Uninterruptible Power Supply), un dispositivo que gracias a un respaldo de energía con baterías, puede proporcionar energía eléctrica tras un corte en el suministro de alimentación doméstica, a todos los dispositivos que tenga conectados. Los UPS dan energía eléctrica a equipos denominados como cargas críticas, como pueden ser aparatos médicos, industriales o informáticos, que requieren tener siempre una fuente de alimentación, debido a que deben permanecer en constante operación.

Existen varios tipos de UPS, pero el más importante dado que es el más utilizado a nivel mundial, es el UPS "Standby", que resalta por su simplicidad ya que solo cuenta con dos formas de operar, la primera es cuando la alimentación de la línea esta presente y la segunda es con una batería y un inversor de corriente continua a corriente alterna, el cual es un oscilador que controla a dos transistores que conmutan la corriente proveniente de la batería, generando una onda cuadrada, el voltaje promedio de esta onda es tomada como onda senoidal por su valor de voltaje promedio.

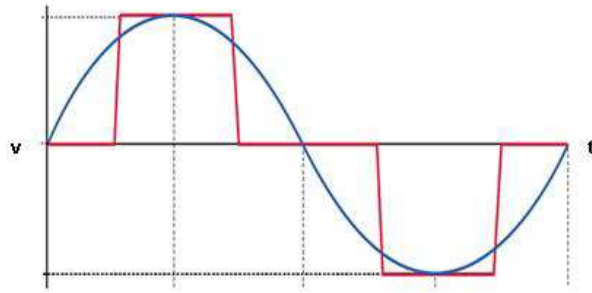


Figura 1.1: Corriente Continua a Corriente Alterna.

Esta onda cuadrada alimenta un transformador que eleva el voltaje para obtener la amplitud necesaria para el usuario, la cual está en espera o "Standby" de la falta de alimentación y solo cambia de forma de operar con un switch de transferencia que conmuta entre un estado y el otro.

En México la posibilidad de cortes totales de energía, son muy posibles, según la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en 2010, el tiempo de interrupción por usuario final, era de 170.1 minutos anuales [7], siendo esto una de las principales razones de la construcción de un UPS.

El diseño del UPS se basa en crear oscilaciones del mismo rango en frecuencia y amplitud que la señal de alimentación que llega a nuestras casa y lugares de trabajo. Cabe mencionar, que al rededor del mundo las frecuencias mas utilizadas son 50 y 60 Hz.

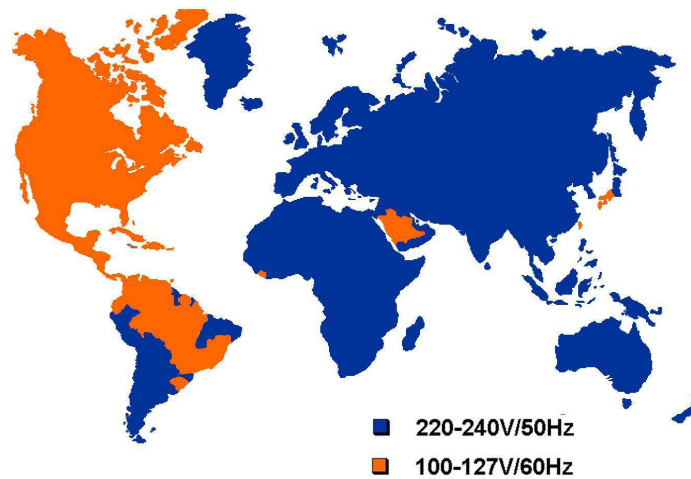


Figura 1.2: Alimentación Eléctrica Mundial.

Definimos como oscilación a la variación repetitiva de alguna medida física respecto a un valor

central ó entre dos o más estados diferentes.

Existen varios ejemplos como son el movimiento de un péndulo o la corriente alterna, pero el término oscilación puede ser aplicado a varios tipos de sistemas como biológicos, mecánicos, ópticos y hasta sociales.

Sin embargo, el interés de los investigadores en control por modos deslizantes, se centra en el estudio de una oscilación llamada Chattering que es un tema clave en las teorías de control por modos deslizantes, y que es definida como una oscilación de frecuencia infinita y amplitud que tiende a cero, que se presenta debido a la presencia de dinámicas parásitas o dinámicas no modeladas, que acompañan a la dinámica de la planta utilizada, pero que es un fenómeno inherente a la técnica de control por modos deslizantes.

1.2. Estado del Arte

Modos deslizantes (MD) es un método no lineal de control que altera la dinámica de un sistema, aplicando señales de control discontinuas que fuerzan al sistema a moverse a una superficie en la cual, el sistema puede ser llevado a un punto de operación deseado. Estas funciones de control no son continuas en el tiempo, por lo que cambian de una estructura a otra repetidamente, dependiendo del tipo de control que se utilice en un determinado momento. Por lo anterior los modos deslizantes son un método de control de estructura variable[9].

Desde el surgimiento de los modos deslizantes (MD) a finales de la década de 1950, el principal problema para su implementación ha sido el Chattering, por lo que es y sigue siendo un problema de alta relevancia en esta teoría.

Los Modos deslizantes de segundo orden (MD2O) surgen en 1986 como una técnica de control robusto aplicable a plantas de grado relativo 2, no solo de grado relativo 1 como los MD de primer orden.

Los MD2O permiten convergencia en tiempo finito de la variable deslizante y de sus derivadas, y además, teóricamente, son libres de chattering. Debido a esta última característica, los MD2O son considerados como parte de los enfoques empleados para eliminar o atenuar el chattering.

Sin embargo, en la década pasada surgen trabajos de análisis de MD2O en el dominio de la frecuencia que demuestran la existencia de chattering en MD2O, basándose en el argumento de que cualquier modelo es una aproximación del sistema real que representa y por lo tanto no considera las dinámicas parásitas intrínsecas de la planta causantes del chattering en el sistema,[19].

Los principales métodos de análisis aplicados a MD2O en frecuencia, hasta la fecha son Función

descriptiva (FD) y lugar geométrico de un sistema relevado perturbado (LGSRP).

En este trabajo se analizan tanto función descriptiva como LGSRP, utilizando un control por modos deslizantes llamado: Dos Relevadores,

$$U = -C_1 \text{sign}(y) - C_2 \text{sign}(\dot{y}) \quad (1.1)$$

Este algoritmo cuenta con dos constantes C_1 y C_2 en donde dependiendo de estos valores, la planta responderá con una oscilación de una frecuencia y amplitud dada, las cuales como objetivos de esta tesis serán de 50 y 60 Hz para emular la señal de alimentación doméstica. La función signo o signum mencionada en esta ecuación se define como:

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{si } x > 0 \\ 0, & \text{si } x = 0 \\ -1, & \text{si } x < 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

y su dominio son los números reales.

1.3. Contribución

La contribución principal de este trabajo radica en la aplicación de las teorías de control de modos deslizantes, que a nivel licenciatura son muy escasas y se busca la innovación en el diseño e implementación de nuevas tecnologías y en este caso en particular el manejo del algoritmo de dos relevadores en un circuito electrónico para la implementación de una unidad de suministro de energía durante fallas en el suministro del servicio de energía eléctrica, conocidas comúnmente como UPS (Uninterruptible Power Source) buscando realizar su construcción de una manera práctica y sencilla para reducir los costos de producción y desarrollo. La característica principal del desarrollo práctico será la creación de un UPS que pueda adaptarse a las condiciones necesarias del usuario, con respecto a la frecuencia de operación, la cual varía entre 50 y 60 [Hz] dependiendo de la zona geográfica y que inutilizaría a un UPS convencional, pero por medio de la teoría de modos deslizantes se obtiene un UPS variable en comportamiento y que puede ser fácilmente sintonizado para alcanzar los requerimientos necesarios.

1.4. Motivación

El problema principal radica en la diferencia de frecuencias, que como se ha mostrado, se usan alrededor del mundo como alimentación domestica, siendo esta una oportunidad para mejorar un diseño ya existente, reducir los costos de fabricación y material utilizado, asi como aplicar control por

modos deslizantes a un sistema eléctrico. Las herramientas desarrolladas para MD2O en el dominio de la frecuencia forman las bases y el inicio de un camino, aún no explorado de trabajar con algoritmos de MD en nuestro país dada la complejidad del tema de control en Modos Deslizantes, el Algoritmo de dos relevadores es importante, ya que apartir de este, se pueden desarrollar aplicaciones innovadoras, ya que las aplicaciones hechas hasta el momento no son de naturaleza electrónica.

Como parte importante de la tesis está la construcción de un dispositivo que es usado a diario en el mundo, pero que tiene ciertas limitantes, como es la inutilización en cambio de frecuencias y la ineficiencia energética, siendo éstas el principio fundamental de las mejoras substanciales que podemos brindarle al UPS para mejorar su funcionamiento y aplicar en el nuevos métodos de análisis y construcción que resultan en una mejora significativa y en la aplicación de nuestros estudios en ella.

1.5. Objetivo

El objetivo principal de esta tesis es la verificación experimental de las oscilaciones periódicas en nuestro sistema electrónico (planta RLC), utilizando un control de estructura variable, como lo son los modos deslizantes y el control de dos relevadores. Un objetivo adicional en este proyecto ha sido desde un principio implementar el sistema como un UPS basado en el control por modos deslizantes en una planta eléctrica, que pudiera ser caracterizada fácilmente, de modo que la atención principal se centrara en el diseño del controlador y la implementación física del mismo, y que diera como resultado final una mejora en la construcción del UPS convencional. La implementación tiene etapas de construcción desde el diseño, el prototipo de laboratorio y el producto del algoritmo terminado, así pues la construcción del prototipo, la sintonización y el análisis del mismo muestran el método empleado para la obtención experimental deseada del control.

1.6. Planteamiento del Problema

El problema es lograr hacer oscilar de manera periódica un circuito RLC serie con una amplitud y una frecuencia dada utilizando el "Algoritmo de dos relevadores"

$$u(t) = -c_1 \text{sign}(y) - c_2 \text{sign}(\dot{y}), \text{ donde } C_1 \text{ y } C_2 \in \{\mathfrak{R}\}$$

C_1 y C_2 son parámetros diseñados de tal manera que: y es la salida escalar del sistema, en función del voltaje del capacitor:

$$y = h(V)$$

es periódica y tiene la frecuencia deseada a cualquier amplitud determinada con anterioridad. Los cambios en estos parámetros, se reflejan en respectivos cambios en la amplitud y en la frecuencia de la señal de salida del sistema. El problema se reduce a encontrar los valores de C_1 y C_2 que logren cumplir las características de señal que se desea de antemano.

1.7. Estructura de la Tesis

Este trabajo está estructurado en 3 partes principales:

La primera parte comprendida en el Capítulo 2 y 3, que muestra la teoría de función descriptiva, LGSRP, así como la dinámica de la planta RLC y su comportamiento con el control de dos relevadores.

La segunda parte ó parte simulada abarca el Capitulo 4 y se presentan simulaciones que nos corroboren la teoría desarrollada en la primera parte, se lleva a cabo un análisis comparando las principales diferencias y similitudes que tienen los métodos.

La tercera parte que está comprendida en el Capítulo 5 se lleva a cabo la implementación física del oscilador y el análisis correspondiente, esta parte relacionará a la teoría, las simulaciones y los resultados experimentales.