

## **PRÁCTICA 3.- RECTIFICADORES**

### **1.- OBJETIVOS**

- Comportamiento del diodo en alterna.
- Estudio del funcionamiento de los montajes rectificadores de media onda y onda completa.
- Introducción a los convertidores electrónicos.

### **2.- INTRODUCCIÓN**

Entre las aplicaciones comunes de los diodos, debido a su unidireccionalidad, se encuentran los limitadores y rectificadores. Realizando con unos y otros un tratamiento de las señales alternas con diferentes fines. Con los limitadores se recorta la señal alterna original para obtener una señal de forma distinta. Los montajes rectificadores nos proporcionaran una señal continua variable a partir de una alterna.

### **3.- RECTIFICADORES.**

Obtener y transportar la corriente en forma de señal alterna permite su abaratamiento. Cada vez más se diseñan circuitos que pueden trabajar con una señal de estas características. Pero existen muchos otros que requieren ser alimentados por corrientes de valor y sentido constantes en el tiempo, o sea, por corriente continua. Esto hace necesario que existan unos circuitos que conviertan las señales alternas en continuas.

Dichos circuitos reciben el nombre de fuentes de alimentación y están formadas por los siguientes bloques funcionales: rectificador, filtro, estabilizador y sistema de regulación.

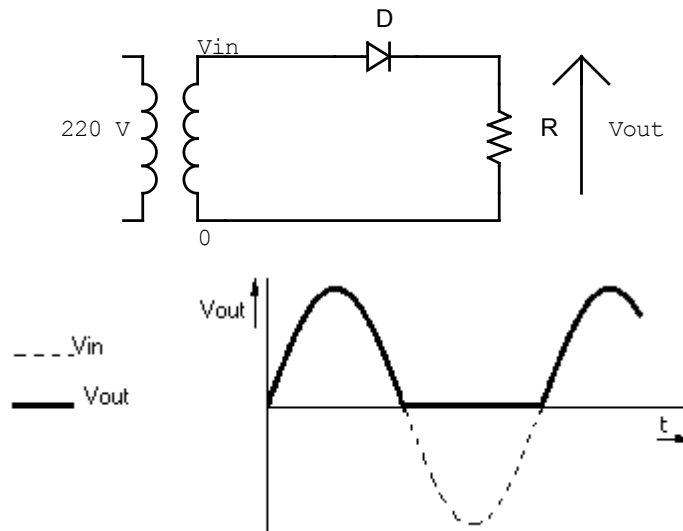
El bloque rectificador es una de las aplicaciones de mayor importancia en el campo de los semiconductores debido al comportamiento unidireccional de estos. Existen tres tipos básicos que pasamos a describir.

#### **3.1.- Rectificador de media onda**

Es el tipo de rectificador más simple. En la figura 1 se muestra su topología y la forma de onda de la tensión de salida, la cual está constituida por la alternancia de la senoide que permite entrar en conducción al diodo durante el semiciclo positivo de la misma, mientras que durante el semiciclo negativo el diodo permanece polarizado inversamente. Para calcular los valores medios ( $V_m$ ) y eficaces ( $V_{ef}$ ) de la tensión de salida integraremos la expresión senoidal de la tensión de entrada durante el semiperiodo de conducción, obteniendo:

$$V_m = \frac{V_{max}}{\pi} \quad (3.1)$$

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \quad (3.2)$$



**Figura 1.- Rectificador de media onda: montaje y tensión de salida**

La forma de onda de la corriente dependerá del tipo de carga del rectificador. Para el caso más simple de carga resistiva, la corriente tendrá la misma forma que la tensión rectificadora, diferenciándose sólo su la magnitud que valdrá:

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R} \quad (3.3)$$

Realmente estas ecuaciones no son totalmente fieles a la realidad pues se considera que la salida está formada por un semiperiodo completo, lo cual no es posible al tener el diodo una tensión umbral. Por tanto, la integración de la tensión de entrada debería hacerse entre los puntos reales de conducción y corte del diodo, en el caso de necesitar un cálculo muy preciso. Si no se tiene esta necesidad las ecuaciones arriba escritas son una buena aproximación.

Entre las especificaciones que se suelen dar sobre rectificadores están:

- *El rendimiento de un rectificador:* como el cociente entre la potencia de salida y la de entrada; podríamos decir que para el rectificador de media onda el rendimiento es del 50% idealmente, pero considerando el párrafo anterior el rendimiento real se reduce al 40%.
- *La tensión media:* como se sabe toda señal se puede descomponer en una señal continua más unas señales alternas superpuestas (armónicos), el valor de la continua es la citada tensión media. Este valor es con el que se opera para trabajar con cualquier tipo de carga continua, como un motor de corriente continua. Por esta razón el valor eficaz de la tensión de salida presenta muy poco interés.
- *El factor de forma \$K\_f\$:* se define como la relación entre la tensión eficaz y media de la onda de salida. Para este rectificador se tendrá :

$$K_f = \frac{V_{ef}}{V_m} = 1.57 \quad (3.4)$$

• *El factor de rizado de la tensión de salida* : relación entre el valor eficaz del primer armónico  $v_r$  y el valor de continua de la tensión  $V$  de salida. Expresión del rizado en tanto por ciento :

$$K_r = \frac{V_{r \max}}{V_m \sqrt{2}} 100 \quad (3.5)$$

también se podría escribir, en función de  $K_f$ :

$$K_r = \sqrt{(K_f)^2 - 1} = 1.21 \quad (3.6)$$

Por último indicar que para seleccionar el diodo adecuado para el circuito, debe tenerse en cuenta tanto los valores de tensión y corriente en el mismo. La sollicitación máxima de tensión vendrá dada por el pico inverso  $V_{max}$  de la señal de entrada, la corriente vendrá definida por la impedancia de la carga.

### 3.2.- Rectificador de onda completa

Este rectificador se construye con dos diodos (ver Fig3.4) con lo que se consigue superar los inconvenientes del de media onda (bajo rendimiento, alto factor de rizado), aunque aparece un nuevo inconveniente cual es la necesidad de utilizar un transformador con toma intermedia que encarece el rectificador pues viene a significar como la utilización de dos transformadores.

Su funcionamiento es como el de dos rectificadores media onda, uno para la alternancia positiva y otro para la negativa. Con ello se consigue que la salida sea de una frecuencia doble que en el de media onda, y que no existan semiperiodos nulos.

Los diodos en este montaje se ven obligados a soportar una tensión inversa doble debido al doble devanado del transformador, si se desea una tensión de cresta en la salida igual a la del montaje media onda.

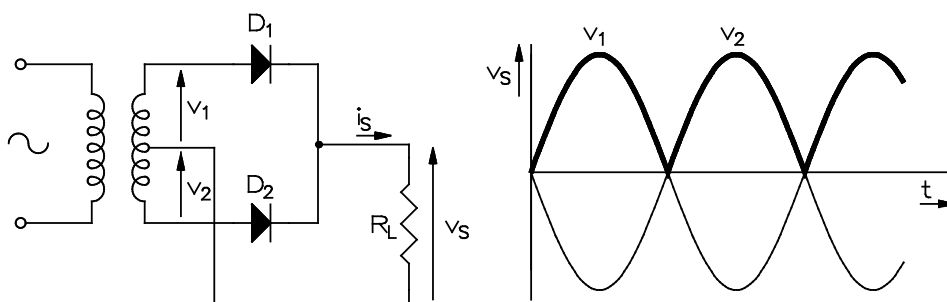


Figura.3. 1 : Rectificador de onda completa, tensión en la carga  $R_L$ .

Para este montaje tendremos un factor de forma de  $1.11$  y un factor de rizado de  $0.48$  ; los valores medios y eficaces serán :

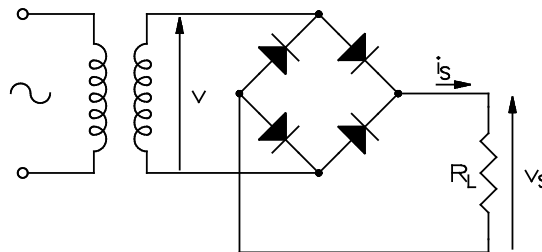
$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \quad (3.7)$$

$$V_m = \frac{2V_{max}}{\pi} \quad (3.8)$$

El rendimiento de este montaje se podría suponer superior al anterior, ya que el número de crestas en la carga es del doble, pero al ser equivalente a utilizar dos transformadores en serie como en el de media onda el rendimiento viene a ser idéntico al caso anterior.

### 3.3.- Rectificador en puente de Graetz

Este rectificador es el de mayor número de componentes de los que vamos a ver y es el que posé menos inconvenientes para su utilización.



**Figura.3. 2 :Rectificador en puente de Graetz.**

Su funcionamiento consiste como en el caso anterior en la conducción alternativa de los diodos para cada semiperiodo. En este montaje realmente lo que se produce es la conducción simultánea de dos diodos en serie en cada semiperiodo, lo que acarrea una c.d.t. umbral doble en la salida.

Al utilizarse este montaje el secundario del transformador puede ser de un sólo devanado como en el de media onda y los diodos no están sometidos a una tensión inversa doble como en el montaje anterior, además al existir dos diodos conectados en serie ésta se reparte entre ellos. La onda de salida es idéntica a la del onda completa.

Las características eléctricas de este montaje son iguales que el rectificador de onda completa, salvo en el rendimiento que en este caso llega a ser del 90%.

Todas estas ventajas hacen que sea el rectificador más rentable y utilizado en el diseño de cualquier equipo que necesite una tensión continua.

#### 4.- FILTRADO DE UNA TENSIÓN RECTIFICADA.

Una vez rectificada la tensión del transformador la tensión de salida que hemos obtenido es una tensión continua variable; para muchas aplicaciones (como la alimentación de un motor de c.c.) sería suficiente, sin embargo para muchas otras (fuente de alimentación de un ordenador, cargador de un teléfono móvil, ...) se requiere una tensión continua constante.

Para conseguir este objetivo necesitamos un dispositivo que almacene energía y la devuelva en los intervalos  $[t_1, t_2]$  en que ésta disminuye en el resto del circuito. Dicho dispositivo sería un condensador.

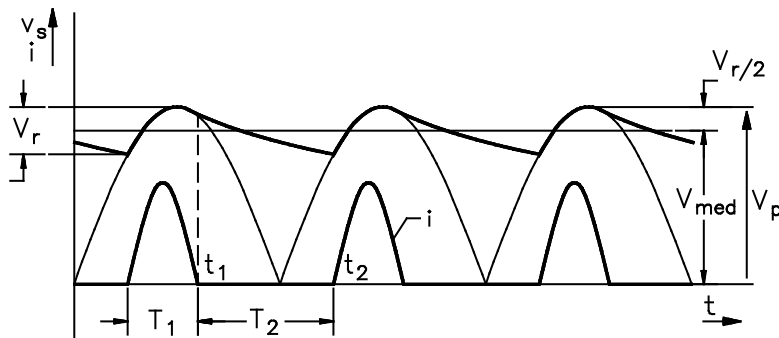


Figura.3. 3 : Tensión de salida filtrada.

El conjunto rectificador más el condensador de filtrado funcionaría de la siguiente manera: durante el tiempo en que el diodo conduce la tensión del transformador ( $v=V_p \sin(\omega t)$ ) es aplicada a la carga y el condensador se queda cargado a la tensión máxima  $V_p$ . Cuando el diodo deja de conducir el condensador puede descargarse al disminuir la tensión en el resto del circuito, esta descarga se produce en el intervalo  $[t_1, t_2]$  de forma exponencial y con una constante de tiempo  $R_L C$ . Después del punto  $t_2$  el transformador vuelve a alimentar la carga y el condensador deja de conducir y comienza a cargarse. Esto hace que aparezca una corriente añadida a la existente en la carga dicha corriente puede tomar valores instantáneos perjudiciales para los diodos luego hay que hacer un buen dimensionamiento del condensador, además si el valor de  $C$  es elevado los diodos conducen durante menor tiempo.

La figura 3.3 muestra lo anteriormente descrito para un montaje en puente o de onda completa. En ellos la exponencial se puede aproximar a una resta y esto facilitará el cálculo aproximado de la tensión continua de salida, dados  $\omega$ ,  $R_L$ ,  $C$  y  $V_p$ .

Si la tensión de descarga del condensador (tensión de rizado) se indica por  $V_r$ , el valor medio de la tensión es:

$$V_{med} = V_p - \frac{V_r}{2} \quad (3.9)$$

Expresando  $V_r$  en función de la corriente de carga y de la capacidad. Si  $T_2$  representa el tiempo total de no conducción, el condensador, con una descarga constante  $I_{med}$ , perderá una carga  $I_{med}T_2$ . Por tanto, la variación de tensión del condensador será:

$$V_r = \frac{I_{med}T_2}{C} \quad (3.10)$$

A mejor acción de filtrado, menor será el tiempo de conducción  $T_1$  y el tiempo  $T_2$  se aproximará al medio ciclo. Por tanto  $T_2 = T/2 = 1/2f$ , siendo  $f$  la frecuencia de la red. Entonces

$$V_r = \frac{I_{med}}{2fC} \quad (3.11)$$

y de la ecuación 3.9

$$V_{med} = V_P - \frac{I_{med}}{4fC} \quad (3.12)$$

Vemos que el rizado varía directamente con la corriente de carga  $I_{med}$  e inversamente con la capacidad. El tipo de condensador más empleado en estas aplicaciones de rectificación es el electrolítico. Estos condensadores están polarizados y hay que tener cuidado de colocarlos en el circuito con el terminal marcado + al lado positivo de la salida.

Las ventajas más sobresalientes de los rectificadores que empleen condensadores de filtro, son el pequeño rizado y elevada tensión con cargas ligeras. La tensión en vacío es, teóricamente, igual a la máxima del transformador. Los inconvenientes de este sistema son el rizado elevado a grandes cargas y los picos de corriente de deben soportar los diodos.

## **5.- EJERCICIO EXPERIMENTAL**

### **5.1.- Material**

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| - Fuente de alimentación | - 1 resistencia de $1K\Omega$ , 2W        |
| - Polímetro              | - 1 resistencia de $47\Omega$ , 10W       |
| - Transformador          | - 1 Puente rectificador o 4 diodos 1N4007 |
| - Osciloscopio           | - 1 diodo 1N4007                          |