

HISTORIA Y ORÍGENES DEL BALASTO ELECTRÓNICO.

Si bien no es posible determinar con exactitud la fecha de comienzo en las investigaciones en balasto electrónico, si se sabe que durante la crisis del petróleo a inicios de los años 70 surge el concepto de eficiencia en el consumo eléctrico. Esto a partir de la caída del paradigma de la eternidad de los recursos energéticos fósiles y su libre disponibilidad.

Todos recordarán bien estos años, restricciones en la circulación vehicular, limitación del alumbrado público, restricciones en el consumo energético en general.

Por aquel entonces, diversos sectores científicos comienzan a considerar que consumir mejor, en forma mas eficiente, produce un efecto similar al de construir mas centrales térmicas. A partir de este concepto se comienzan a estudiar la forma de hacer más eficientes uno y cada uno de los productos tecnológicos usados hasta la fecha. Nace así un nuevo paradigma **el de la eficiencia**. Detrás de este paradigma surge como alternativa la necesidad del reemplazo de la lampara incandescente, lógicamente que un dispositivo que emite en el visible solamente el 10 %⁽¹⁾ de la potencia total consumida debe ser desterrado lo antes posible. Así y por aquellos años surgen las primeras lámparas de bajo consumo, similares a las actuales pero con un tamaño descomunal. Lógicamente estas no podían ser usadas comercialmente pero dan origen a una nueva rama de la electrónica, la electrónica de potencia para la iluminación.

Las configuraciones adoptadas inicialmente fueron usadas desde el origen hasta los años 90, es decir por casi 20 años, pero de todas formas los balastos electrónicos y mucho menos las lámparas de bajo consumo invadieron los mercados.

A decir verdad pasada la crisis del petróleo poner a funcionar lamparas de bajo consumo o balastos electrónicos era una situación similar querer mantener corto el césped de un bosque. Vale decir este era un problema menor en comparación con el resto de las tecnologías usadas hasta el momento; el desarrollo de estos sistemas quedó relegado y atrasado durante varios años, además existían razones de orden económico comercial para que estos no evolucionaran. Los componentes electrónicos de potencia necesarios para este tipo de configuraciones eran escasos y de muy alto costo, los ferrites también presentaban una situación similar, contrariamente el precio del hierro bajaba y el cobre parecía por aquellos días inagotable afianzando al balasto convencional.

Esta situación prorrogó durante mucho tiempo la vida de la lámpara incandescente, que en algunos lugares hasta el día de hoy sigue siendo usada, por ejemplo para alumbrado público. Esto determinó que los desarrollos no avanzaran hasta mediados de los 80. En estos años la revolución y masificación de la producción de componentes electrónicos produce una baja sustancial en el costo de los componentes, lo que da impulso a la producción de balastos electrónicos para tubos fluorescentes, el diseño de estos sistemas es similar al de sus antecesores de los 70.

Las primeras producciones masivas de estos elementos presentan no pocos problemas, siendo la falta de confiabilidad la principal desventaja, lo cierto es que se quemaban, eran distintos de conectar, no gustaron a los instaladores y resultaban caros respecto de los convencionales. De todas formas con los aumentos de los costos de energía el tiempo de amortización comenzaba a cerrar la ecuación.

Los problemas de confiabilidad generaron la principal causa de rechazo como producto y realmente había razones para que esto ocurriera, la configuración realimentada y resonante del circuito de excitación hacían de estos una verdadera bomba de tiempo que antes o después estallaría.

En piasas como el nuestro estas tecnologías ingresan a través de copias y son producidas con no menos problemas e igual rechazo por parte del mercado.

En los años 90 y con un incremento de los costos energéticos producidos por la guerra del golfo la ecuación comienza a cambiar, aparecen en el mercado lámparas de bajo consumo pero con balastos convencionales para usar en un portalámparas estándar, además crece notablemente el mercado de balastos electrónicos y comienzan a aparecer circuitos integrados que solucionan los problemas de falta de confiabilidad de la configuración autoexcitada (los problemas no se solucionan del todo ya que estos integrados también presentan algunos inconvenientes).

Entran en el mercado las multinacionales como Osram, Philips y Motorola con producciones masivas, costos mas elevados pero un mejor nivel de confiabilidad. Todo esto gracias a que ya no solo por problemas energéticos de costo se debe recurrir a estos; sino que también por la necesidad imperiosa de bajar los niveles de contaminación atmosférica.

Todo esto da inicio a una revolución en el mercado de la iluminación, pero contrariamente a como se venía desarrollando no es a través del balasto electrónico el gran salto, si no que este se produce a través de la lámpara de bajo consumo, todos conocemos hoy por hoy la importancia en el ahorro de nuestros bolsillos el uso de estas mas allá que el precio sea 10 a 1 respecto del bulbo incandescente.

La razón de esto, tal vez se deba a que es una lámpara descartable, por lo que cuando el tubo se agotó el balasto se quema y se reemplaza por otra. Sin embargo si usted tuviese que reemplazar el balasto cada vez que se agota el tubo fluorescente realmente no le gustaría.

Sin embargo el gran desarrollo del mercado de balastos electrónicos se orienta a aplicaciones diferentes, no al hogar, si en los bancos, supermercados, industrias, depósitos y todas aquellas aplicaciones donde se requieran gran cantidad de equipos de iluminación. Esto es lógico ya que ahorrar un 22 % de energía respecto del balasto convencional no es poca cosa y más si consideramos la posibilidad del control del factor de potencia que permitirían algunos de estos equipos.

Hoy en el mundo se está dando el gran salto en esta tecnología, la reducción de los costos de los dispositivos de potencias conocidos como MOSFET, el advenimiento de circuitos integrados de control del inversor en reemplazo del toroide de autoexcitación y la notable masificación de los microcontroladores de múltiples funciones, están generando un sin número de posibilidades; tales como la dimerización automática para el control de los niveles de iluminación, el control de los sistemas de iluminación a través de sistemas computarizados y por sobre todas las cosas niveles de confiabilidad imposibles de ser pensados solo 5 años atrás.

Por lo tanto la realidad de los mercados queda perfectamente bien definida, la lámpara de bajo consumo está destinada a ser la lámpara en el hogar por excelencia, mientras que el balasto electrónico para tubo fluorescente será el dispositivo estándar en todas aquellas aplicaciones en las cuales se necesite un costo de reposición bajo en lo referente a la lámpara y sean necesarios grandes niveles de iluminación (oficinas públicas, escuelas, bancos, etc).

(1) Electrotecnia – Gray - WallaceMc Graw- Hill 1967.

Evolución de la tecnología aplicada.

En el siguiente cuadro se muestra la evolución de la tecnología y sus principales características.

Generación	Excitación	Potencia	Sist. De Control	Características
1°	Autoexcitado	Transistor Bipolar.	Ninguno	Problemas de confiabilidad, alto costo de producción, alto nivel de disipación térmica. Gran volumen destinado al circuito. Alto nivel de THD y alta frecuencia en línea.
2°	Autoexcitado	Transistor Bipolar	Ninguno	Problemas de confiabilidad, protecciones y filtrado en la etapa de entrada, alta disipación térmica, menor volumen de circuito. Material de llenado para mejorar disipación.
3°	Autoexcitado	Transistor Bipolar	Ninguno	Mejor confiabilidad, compensación pasiva del factor de potencia, filtrado de línea, menor volumen de circuito, llenado para mejorar disipación, protecciones pasivas de circuito de salida, múltiples lámparas
4°	Autoexcitado	Transistor Bipolar Mosfet Hexafet	Ninguno	Mejor confiabilidad, compensación activa del factor de potencia, protección activa del circuito de salida, mejor disipación térmica, mayor rango de potencias aplicables, múltiples lámparas. Bajo costo.
5°	Driver	Mosfet Hexafet	Ninguno	Mejor confiabilidad, compensación activa del factor de potencia, protección activa del circuito de salida, mejor disipación térmica, mayor rango de potencias aplicables, múltiples lámparas.
6°	Driver	Mosfet Hexafet	Microcontrolador CI dedicado	Alto nivel de confiabilidad, baja disipación térmica, protección activa de circuito de entrada, salida y sobreelevación de temperatura. Dimerización, multipotencia, aplicaciones especiales.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El circuito con balasto convencional.

Para ninguno de los asistentes a este curso resulta desconocida la topología de conexión de los balastos convencionales para tubos fluorescentes, de todas formas conviene desarrollarlos con el fin de entender que es lo que trata de hacer un balasto electrónico en la mejora de estos dispositivos. En la figura 1 puede verse el esquema de conexión de esta topología en la cual el balasto se conecta en serie con la lámpara y el arrancador en paralelo. Esto se debe a que el balasto tiene como principal función limitar la corriente sobre la lámpara, esta no es una carga convencional; si bien se la supone con una impedancia resistiva esto no es así, basta con reducir la impedancia del balasto para notar que la corriente crece en relación directa incluso pudiendo alcanzar niveles que resultan destructivos para esta. Sin embargo la tensión sobre la lámpara no se reduce a cero como manda la ley de Ohm. En definitiva el tubo fluorescente no es una carga para nada convencional.

El ignitor o arrancador cumple la función de generar una sobreelevación de tensión en los bornes de la lámpara, ya que esta necesita de al menos 600 [V] para su encendido. Este no es más que un bulbo lleno de una mezcla de helio e hidrogeno, dentro del cual es montado un par de contactos, uno fijo y el otro móvil sobre un par bimetálico.

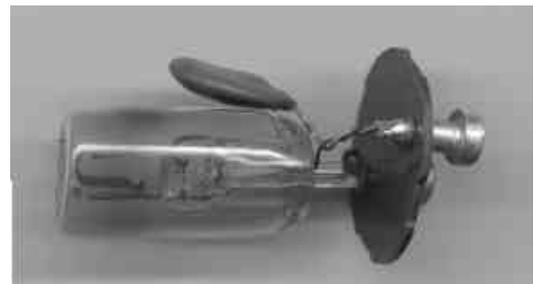
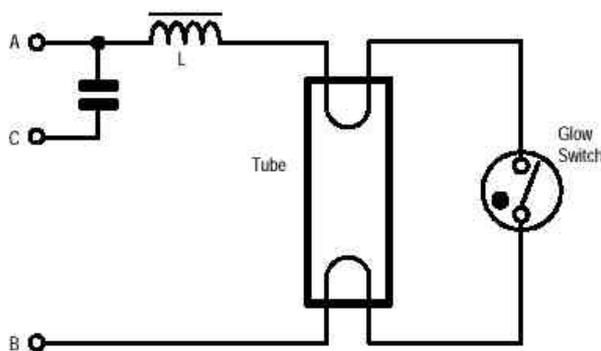


Fig.1

El proceso de encendido es primordial para asegurar la vida útil de la lámpara por lo que es fundamental conocer la dinámica del mismo. Si bien esta cambia según el tipo de sistema que se esté usando, con balasto convencional conocemos el instant start (arranque instantáneo), el rapid start (arranque rápido) y el pre heat o precaldeo.

En el caso de la configuración mostrada en la figura 1, la más común el arrancador puede hacer las veces de calentador de filamentos. Si bien la clasificación brindada anteriormente puede ser consultada en las normas IRAM 2036 y modificaciones posteriores.

El encendido en este tipo de circuitos resulta ser el punto a superar con la tecnología de balasto electrónico, por lo que es importante conocerlo en detalle y analizar algunos parámetros de base. Cuando la tensión es conectada entre los bornes A y B esta es aplicada directamente sobre el arrancador, ya que la lámpara constituye una altísima impedancia. Esto produce una descarga eléctrica dentro de los gases contenidos en el bulbo, siendo el balasto el encargado de limitar la corriente. Luego de producida la descarga, el aumento de temperatura produce que se cierren los contactos a través del bimetálico haciendo circular corriente a través de los filamentos precalentandolos. Esto produce que la descarga desaparezca dentro del bulbo y el circuito se mantenga cerrado hasta tanto el bimetálico se enfríe. Cuando esto ocurre, al abrirse el circuito se presenta un aumento de tensión sobre la lámpara debido al pico de tensión sobre el balasto a causa del di/dt . Este pico de tensión hace que la lámpara entre en ruptura, pero no garantiza que la

lámpara permanezca encendida. Este proceso se repite tantas veces hasta que la misma entre en régimen permanente bajando su impedancia y desactivando el circuito del arrancador.

El arrancador presenta como principal virtud su bajo costo y simplicidad, pero no está exento de problemas, en particular lo aleatorio del proceso de encendido, los picos de tensión no acotados y el envejecimiento prematuro de la lámpara juegan en contra de estos.

De todas maneras este tipo de encendido nos indica que es lo que se debe mejorar en un encendido de tipo electrónico y por lo tanto ya estamos definiendo que el ciclo de encendido es uno de los aspectos claves a tener en cuenta en el análisis de un balasto electrónico.

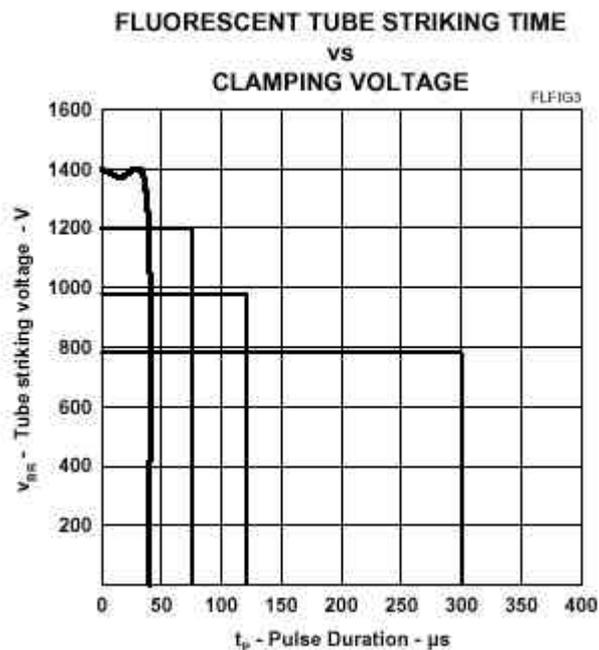


Fig. 2.

En las figuras 3 y 4 es posible observar el ciclo de encendido para una lámpara fluorescente de 30 [W], siendo la figura 3 la correspondiente a la evolución de la tensión sobre los filamentos, mientras que la figura 4 muestra la tensión sobre la lámpara.

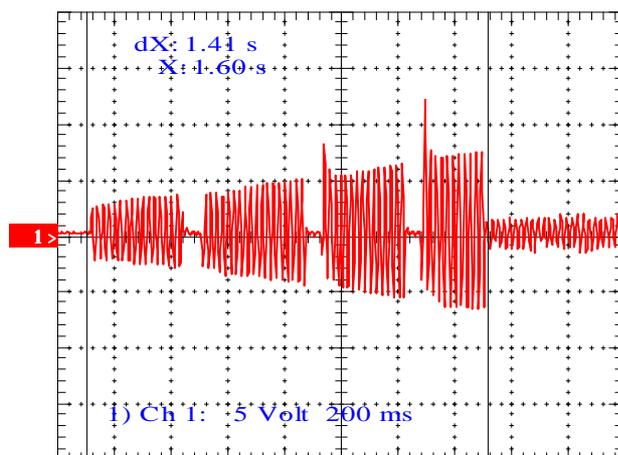


Fig. 3.

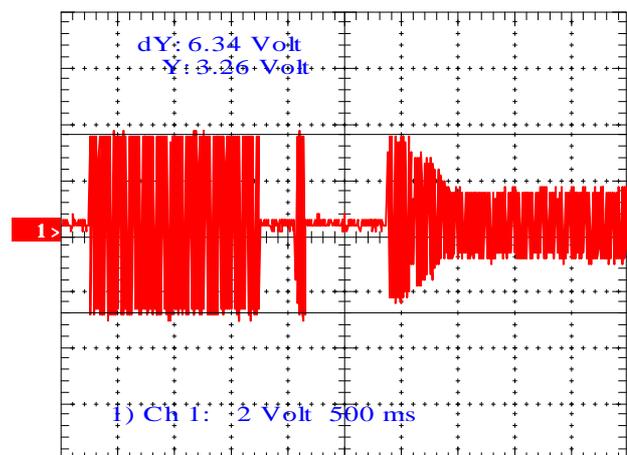


Fig. 4.

Comportamiento eléctrico de un balasto convencional.

Para demostrar el funcionamiento de un balasto convencional en régimen permanente recurrimos a las figuras 5 y 6 las cuales muestran la tensión sobre lámpara, y la corriente de lámpara.

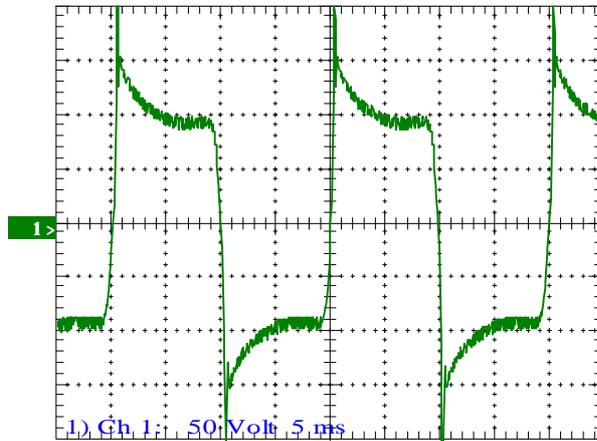


Fig. 5 – Tensión.

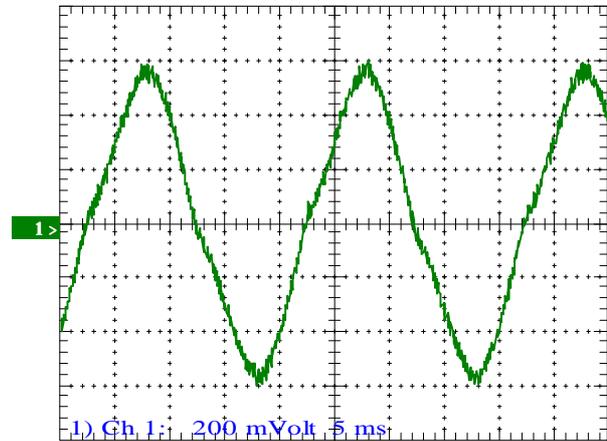


Fig. 6 - Corriente

El balasto electrónico.

La forma más simple de describir un balasto electrónico es a través de un diagrama en bloques, luego considerar en forma independiente cada uno de estos bloques.

En la figura 7 se muestra un diagrama en bloques de un balasto completo en lo referente a su topología.

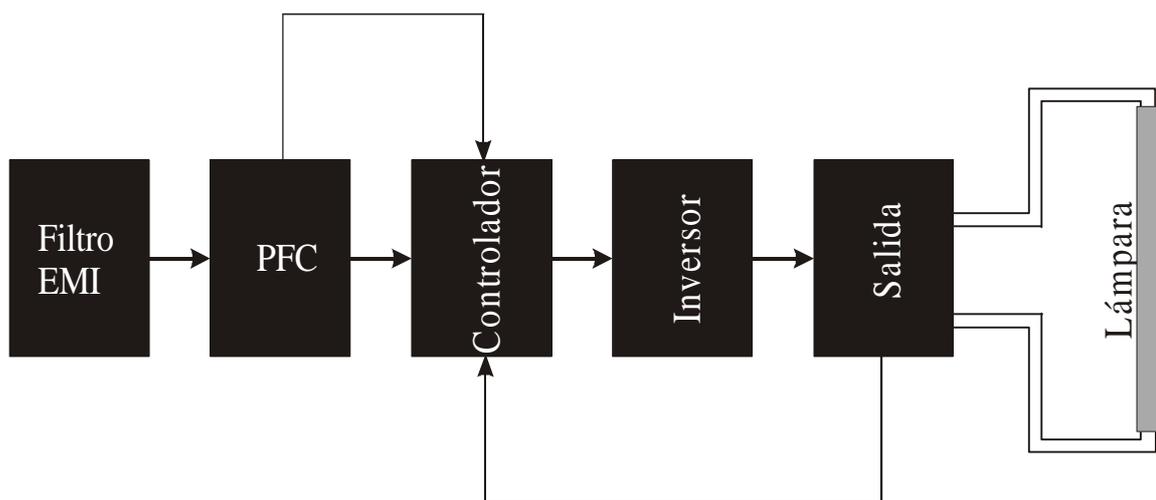


Fig. 7

Todas las configuraciones de potencia, al menos en electrónica, se analizan y se diseñan de atrás hacia adelante, es decir desde la carga a la alimentación. Nosotros seguiremos el mismo camino. Como primer elemento encontramos la lámpara, de la cual ya hemos hecho algunos comentarios pero que profundizaremos un poco.

El punto de partida es saber interpretar la carga de la lámpara para un balasto electrónico, en primer lugar como ya lo mencionamos las lámparas fluorescentes no representan en absoluto una carga lineal, por el contrario presentan un comportamiento poco previsible a la hora de analizarlas.

Lo primero que hay que preguntarse es si la lámpara presenta algún tipo de variación, en cuanto a su impedancia, debido a variaciones de frecuencia ya que encontraremos balastos que trabajan desde los 20 [KHz] hasta los 140 [KHz].

En la figura 8 se muestra la gráfica correspondiente a una lámpara de tipo aplicada en lámparas de bajo consumo de 18 W. En esta puede observarse que no existe variación respecto de la frecuencia de trabajo.

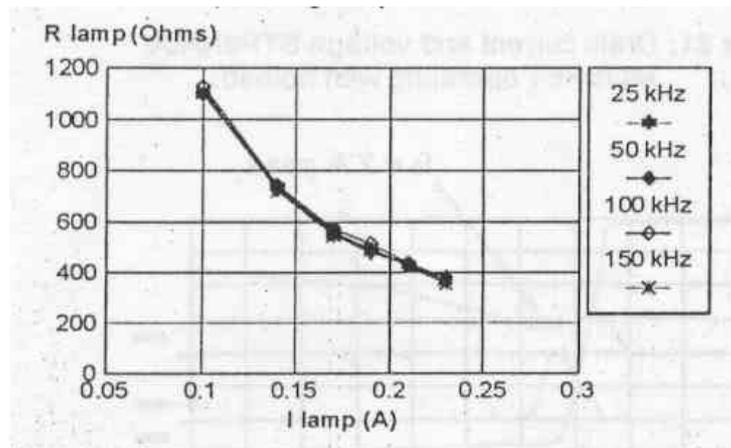


Fig. 8.

Sin embargo en la figura 9, podemos observar que la impedancia si cambia en función de la frecuencia cuando esta es evaluada dentro de un circuito de salida de balasto electrónico con una frecuencia variable. Esta corresponde a la medición realizada sobre un circuito de salida en el cual la carga era una lámpara de 36 [W]. Esta diferencia conceptual se debe a que en la gráfica 8, la lámpara, es evaluada bajo las condiciones establecidas en la norma IEC 929, donde no solo se cambia la frecuencia si no que se cambia también la impedancia de la inductancia limitadora permaneciendo esta constante.

Por el contrario en la figura 9, se mantiene constante la inductancia pero se varía la frecuencia siendo que;

$$Z_L = j \cdot \omega \cdot L$$

a mayor frecuencia mayor limitación de corriente y por lo tanto mayor impedancia de lámpara.

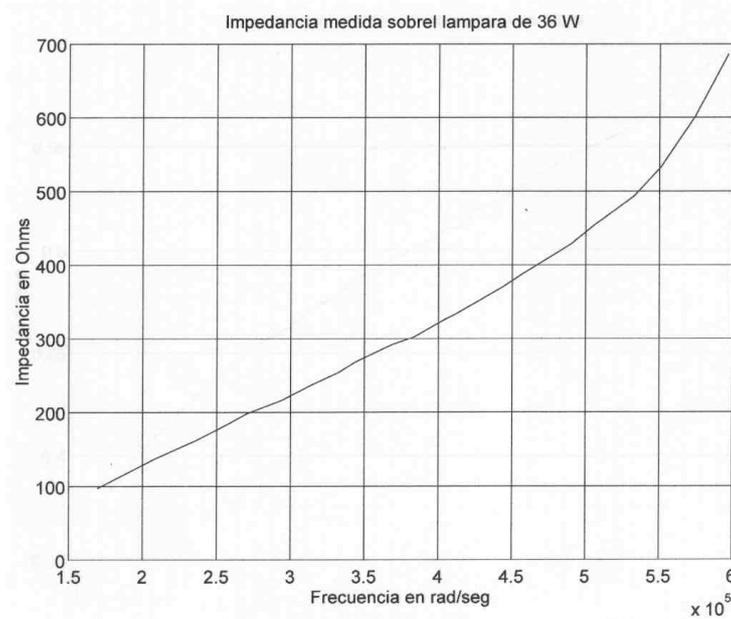


Fig. 9.

En la figura 10 y 11 se observan las variaciones de tensión y corriente respecto de la frecuencia para el mismo tipo de lámpara. Puede observarse que la corriente disminuye con la frecuencia (a causa de la impedancia limitadora) y que la tensión crece con la frecuencia. Normalmente en el punto de trabajo para este tipo de lámpara ($V = 99 [V]$; $I = 320 [mA]$) la impedancia es cercana a los $300 [\Omega]$.

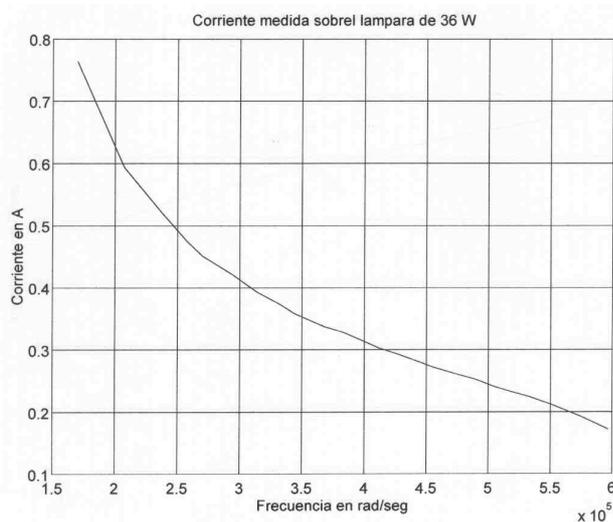


Fig. 10

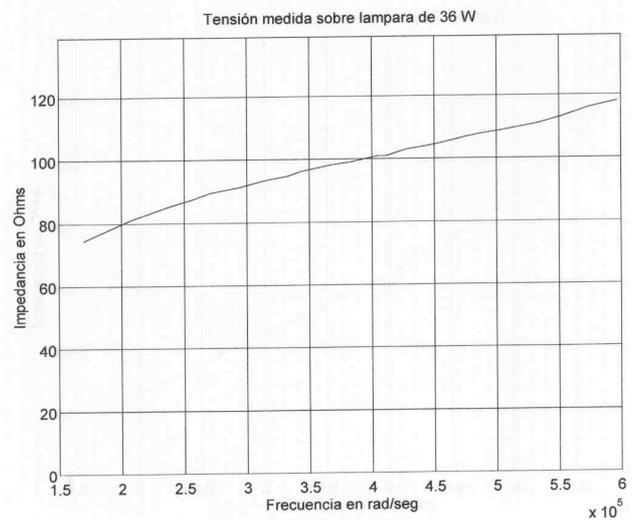


Fig. 11.

En función de estas gráficas podemos determinar que si reducimos la frecuencia la corriente ira en aumento en forma casi exponencial (no lineal como el caso de la inductancia), sin embargo la tensión se mantendrá dentro de un cierto rango de linealidad. Tenga en cuenta que en el inicio de la gráfica de corriente el valor es 4 veces mayor que al final, mientras que en la gráfica de tensión solamente aumenta un 60 % aproximadamente.

Es posible concluir que la impedancia de la lámpara es no lineal y en cierta manera difícil de expresar en forma matemática, ningún fabricante da detalles de esta. De todas formas, es posible

definir una ecuación aproximada de la lámpara operando dentro del circuito resonante de salida, siendo su potencia de 36 [W].

$$Z = 0.957 \cdot 10^{-3} \cdot w - 64.8$$

EL BALASTO ELECTRÓNICO SEGÚN CONFIGURACIONES Y TIPOS.

Circuito de salida.

Se conoce como circuito de salida la configuración RLC resonante utilizada para generar la excitación senoidal de la lámpara. Si bien existen distintos tipos, algunas más sofisticados que otros dependiendo del tipo de balasto que se trate (instant start, rapid start, pre heat o programado) la configuración de salida corresponde a la mostrada en la figura 12.

En esta puede observarse el inductor indicado con L y dos capacitores uno en serie y el otro en paralelo. El inductor es normalmente un inductor construido sobre un núcleo de ferrite, ya que este material permite obtener excelentes respuestas en altas frecuencias a causa de la alta resistividad y permeabilidad del material. Es también uno de los puntos más importantes a tener en cuenta en la evaluación de un balasto electrónico ya que de este depende en gran medida el desempeño del mismo. Analizando las formas de onda de salida o de tensión sobre la lámpara es posible definir si este está correctamente dimensionado, analizando su comportamiento térmico conoceremos en gran medida el comportamiento térmico del balasto ya que este es uno de los elementos de mayor volumen y por lo tanto el de mayor índice térmico.

Por otra parte haciendo una analogía con el balasto convencional el inductor no hace más que funcionar de “balasto” de altas frecuencias ya que es el encargado de limitar la corriente de la lámpara. Además es parte fundamental del sistema de encendido y forma parte del circuito resonante que permitirá tener una señal de corriente casi senoidal sobre la lámpara.

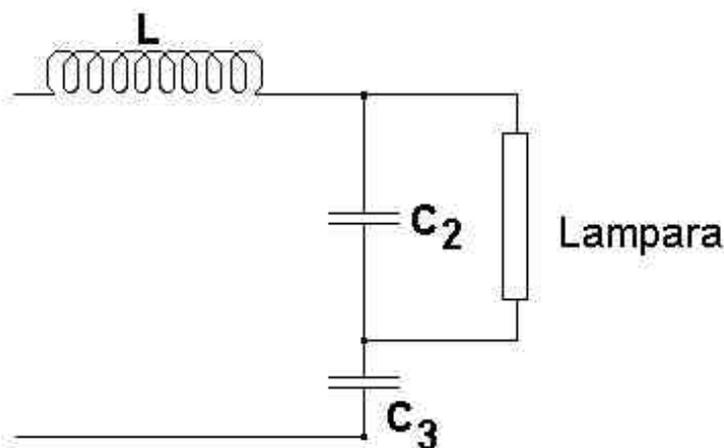


Fig.12.

Se puede observar que en paralelo con la lámpara existe un capacitor, indicado con C₂, este es el que comúnmente llamamos capacitor de encendido ya que es el encargado de generar el pico de tensión sobre la lámpara, este es normalmente un capacitor especificado para pulsos de más de 1600 [V]. Normalmente son de baja capacidad.

Por último tenemos un capacitor serie, el cual no es más que un capacitor usado para cerrar el circuito RLC. Es fundamental y de él depende en gran medida la forma de la onda de corriente.

Funcionamiento.

El funcionamiento del circuito de salida puede ser definido mediante dos modos.

- Modo 1. Encendido.

Cuando la lámpara se encuentra apagada, esta representa una alta impedancia de entrada al circuito y por lo tanto el capacitor paralelo representa una impedancia mucho menor a partir de la cual comienza a circular la corriente. Normalmente el capacitor paralelo se diseña para que cumpla con la relación:

$$Z_L \cong Z_c$$

es decir nos ubiquemos cercanos al punto de resonancia del circuito. Todos sabemos que cuando en un circuito LC las impedancias son iguales en módulo pero de signo opuesto la impedancia resultante es cero y los valores de corriente y tensión tienden a infinito. En definitiva esto es lo que se busca, encontrar el valor de C_2 para que la curva de resonancia nos entregue la tensión deseada a la frecuencia de trabajo del balasto.

En la figura 13 se puede observar los valores de ganancia en tensión para diferentes valores de una resistencia limitadora, la cual suele conectarse en serie con C_2 , en un circuito de alto valor de Q, o lo que es lo mismo con impedancias cercanas a la resonancia. De no utilizar la resistencia limitadora se puede producir un corrimiento en frecuencia hacia delante o hacia atrás con el fin de alejarnos de la resonancia.

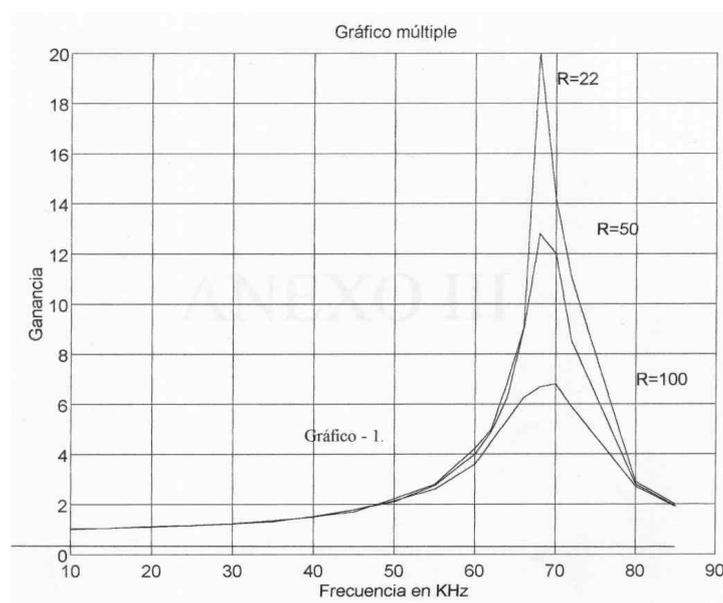


Fig. 13.

- Modo 2. Régimen permanente.

Cuando la lámpara enciende, esta presenta una impedancia que es aproximadamente $\frac{1}{2}$ de la impedancia del capacitor resonante o paralelo, con lo cual la mayor parte de la corriente tiende a circular por la lámpara, el capacitor serie y el inductor. Generándose de esta forma un nuevo circuito resonante pero de muy bajo Q, o lo que es lo mismo un circuito resonante sobreamortiguado debido al valor de impedancia de la lámpara. Este circuito se extinguiría

rápidamente si no fuera por el aporte de energía que realiza el circuito inversor en su conjunto a través de los elementos de potencia.

Nótese que si en este circuito se retira la lámpara en régimen permanente, inmediatamente aparece el estado de resonancia, el cual no puede mantenerse ya que los niveles de corriente son sumamente elevados produciendo el daño de los transistores de potencia.

Por lo tanto un balasto electrónico correctamente diseñado y de optima calidad debe permitir el retiro de la lámpara en régimen de funcionamiento.

En los balastos electrónicos de baja calidad se suele utilizar como única protección intercalar en serie con el circuito resonante (capacitor C_2) los filamentos de la lámpara, que en primera instancia resulta un buen método para cumplir con este objetivo. Lo cierto que esta configuración produce un envejecimiento prematuro ya que se dañan (normalmente por un mal diseño) los filamentos y una vez que se cortan estos deja de funcionar. En realidad es un **efecto buscado** por los fabricantes de balastos económicos, dañar los filamentos antes del agotamiento del gas permite salvaguardar la vida útil del balasto. **Esto es lo que se hace en las lámparas de bajo consumo.**

Con esta práctica muy habitual se cercena una de las cualidades más importantes del balasto electrónico de altas prestaciones, **alargar la vida útil de la lámpara.** Esto genera uno de los paradigmas asociados a los balastos electrónicos, que los han desprestigiado.

Con balastos electrónicos las lámparas duran mucho menos.

Circuito de salida con lámparas múltiples.

Es normal encontrar en el mercado, balastos electrónicos capaces de controlar dos, tres o cuatro lamparas, lo que constituye una marcada diferencia respecto del balasto convencional en lo referente a ahorro de energía y espacio interior de la luminaria. Lo normal es que existan balastos para dos lámparas, o balastos para una o dos lamparas indiferentemente, de tres o cuatro son poco comunes.

La posibilidad de usar más de una lámpara radica en el circuito de salida, existiendo dos configuraciones; **serie** o **paralelo**. En la configuración serie, normalmente usada con dos lámparas, estas se conectan en serie una de otra existiendo normalmente algún tipo de componente compensador de impedancias en el circuito de salida, normalmente un capacitor y dos resistencias. El capacitor hace las veces de auxiliar de encendido en la resonancia y las resistencias de balance de tensión durante el arranque. En la figura 14 se muestra un circuito de salida de este tipo.

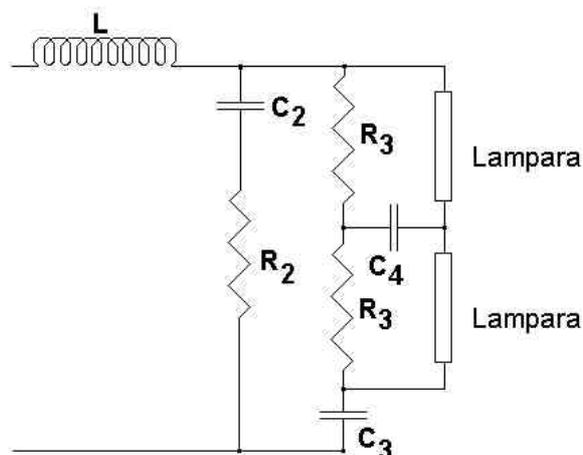


Fig. 14.

El otro tipo configuración es la configuración paralelo en la cual ante la imposibilidad de conectar dos lámparas en esta configuración se opta por utilizar dos circuitos de salida repetidos, es decir dos inductores, dos capacitores resonantes y dos capacitores serie. Esto lleva a un encarecimiento del balasto respecto la configuración serie.

Comparativamente, en cuanto a desempeño y comportamiento de las variables eléctricas y térmicas puestas en juego debemos definitivamente afirmar que la configuración serie es la mejor, ya que es más estable, más económica, más segura y permite el mismo nivel de desgaste en ambas lámparas. Su principal inconveniente es que ante el eventual agotamiento de una de las lámparas la otra deja de funcionar, por esto es siempre necesario que ambas lámparas sean reemplazadas al mismo momento.

Por otra parte la configuración paralelo necesita de un balasto más voluminoso, presenta mayor disipación térmica, si no está bien diseñado una de las lámparas sufrirá siempre mayor desgaste. Como única ventaja comparativa es que las lamparas pueden ser desconectadas independientemente sin afectar mayormente el desempeño de la otra (solo sí el balasto está correctamente diseñado).

El inversor.

El denominado inversor, correctamente inversor de pulso resonante, es en realidad la conjunción del circuito de salida ya analizado y los elementos de potencia necesarios para hacer resonar este circuito.

Básicamente y como se ve en la figura 15, el inversor o los elementos de potencia del inversor, no son más que llaves que operan a alta frecuencia, estas llaves son transistores que como mencionamos anteriormente pueden ser de dos tipos de tecnología, *transistores bipolares de conmutación o transistores de efecto de campo Hexafet.*

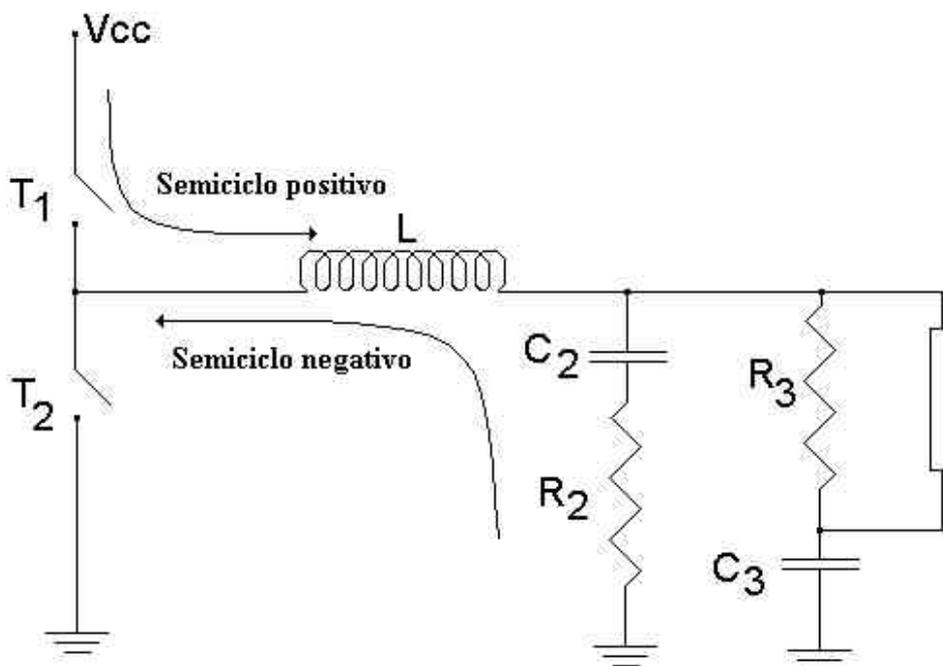


Fig.15.

La forma mas simplificada de explicar el funcionamiento es considerando el cierre alternativo de cada una de las llaves T_{1-2} . En definitiva es así como funciona.

Cierre de la llave T_1 (Régimen permanente).

El punto indicado como V_{cc} , es la tensión de la fuente de alimentación, supongamos en este caso que usamos un rectificador de la tensión de línea para alimentar la fuente de continua V_{cc} , por lo tanto tendremos 311 [V]. Cuando esto sucede este valor de tensión es aplicado directamente sobre el circuito resonante de salida por lo que la corriente comienza a fluir por L y posteriormente por la lámpara y los capacitores. La forma de onda de tensión que observamos sobre la lámpara crece en forma exponencial y decrece en forma exponencial inversa (no debe entenderse como una onda perfectamente exponencial es bastante similar pero no matemáticamente exacta, dependiendo del tipo de circuito de salida) en función de la carga del inductor y de los capacitores.

La corriente en cambio crece con una forma de onda cuasi senoidal (cuanto más se parezca mejor), entrando en el cruce por cero un instante de tiempo después de haberse abierto la llave T_1 .

Cierre de la llave T_2 .

Cuando cierra T_2 , T_1 debe haber abierto lo cual no siempre ocurre con dispositivos de potencia y esta es una de las causas de daño de los balastos. Al momento de cerrarse T_2 los capacitores resonante serie y paralelo se encuentran cargados en el mismo sentido que la fuente de alimentación (positivo arriba negativo abajo), lo que comienza el semiciclo negativo de la onda, en este caso sobre una maya cerrada, repitiéndose las formas de onda antes mencionadas.

Para aquellos que están acostumbrados a trabajar con circuitos inductivos, o resonantes saben que algo falta ya que en este planteo no se hace referencia a los desfases correspondientes a cada uno de los elementos y se sabe también que no es posible variar bruscamente la corriente de un inductor.

El planteo que se ha hecho es simplificado, los dos pasos que no se mencionaron (son en total 4) no se presentan para no hacer tedioso este curso a aquellos que no tengan un interés particular en la electrónica y busquen solamente los objetivos de éste. Solo diremos que en antiparalelo con las llaves es necesario ubicar dos diodos denominados de marcha libre que en el caso de transistores bipolares los verán sobre la placa, pero en caso de Hexafet estos están integrados.

En la figura 16 se observan las curvas de tensión correspondientes a la salida del inversor en tensión, señal de onda cuadrada indica la conmutación del Mosfet y la corriente para un balasto genérico. En la figura 17 se observan las formas de onda correspondiente a una lámpara de 105 [W]. En la figura 18 las formas de onda en un balasto genérico, obtenida de una nota de aplicación de un fabricante de componentes, nótese la forma de onda de corriente en uno y otro caso.

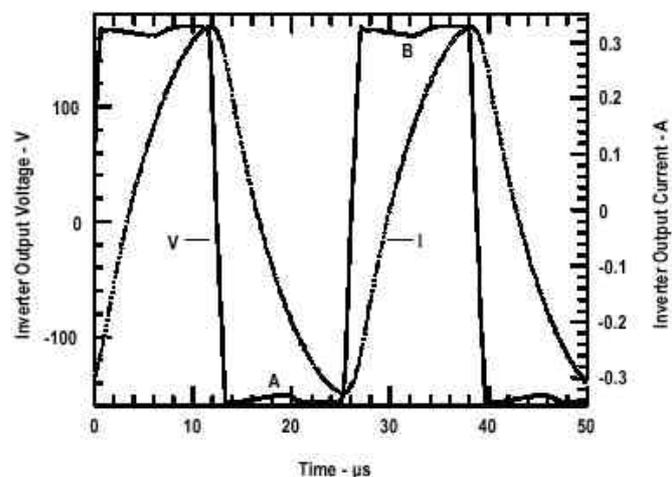


Fig. 16

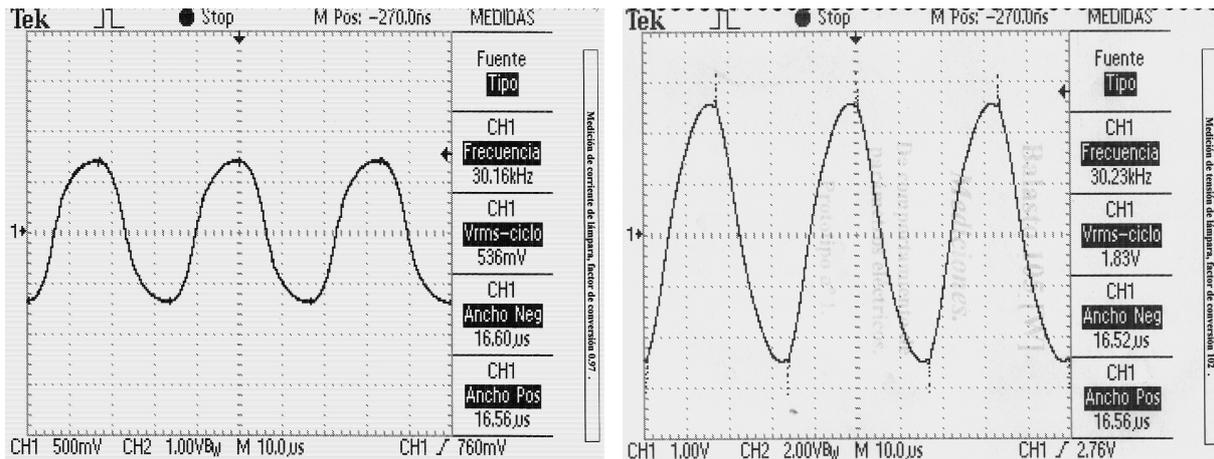


Fig. 17.

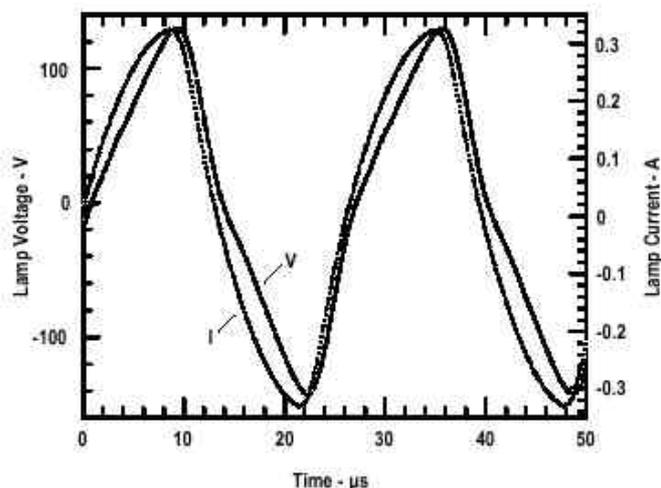


Fig. 18

El controlador.

La etapa indicada como controlador, debe ser desarrollada en varias partes ya que este bloque engloba la mayor cantidad de tecnologías existentes. Por otra parte el desempeño general de un balasto depende directamente de esta etapa y de su correcta configuración.

Uno de los objetivos de este curso es poder discriminar en una forma rápida el tipo de balasto con el cual nos encontramos, siendo el controlador el núcleo de estos dispositivos, debemos llegar a que con una simple observación ocular ustedes puedan definir el tipo y calidad de diseño.

Para un mayor ordenamiento describiremos esta etapa en sus diferentes niveles de tecnología, partiendo de su nivel mas bajo.

Controlador autoexcitado por realimentación por circuito magnético.

Este tipo de configuración es la que primeramente dio origen a los balastos electrónicos, esto es debido a que por los años 70 el desarrollo de circuitos integrados era elemental. El núcleo de esta configuración lo constituye un toroide de ferrite sobre el cual se realizan tres bobinados. Un primario y dos secundarios en oposición. Uno de estos dispositivos puede ser visto en la figura 19.

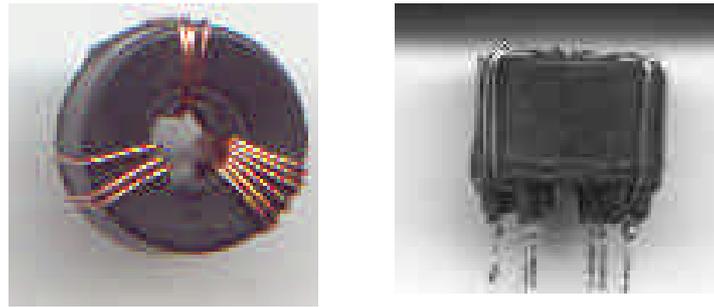


Fig. 19.

Con el fin de entender el principio de funcionamiento nos remitiremos a la figura 20, en la cual se muestra el esquema eléctrico correspondiente a una configuración de este tipo. En el esquema puede verse el primario del toroide marcado con N_p y los secundarios con N_s .

Nuevamente el análisis del funcionamiento debe realizarse teniendo en cuenta dos modos. Por simplicidad denominaremos modo 1 al de régimen permanente es decir cuando la lámpara se encuentra encendida y en funcionamiento.

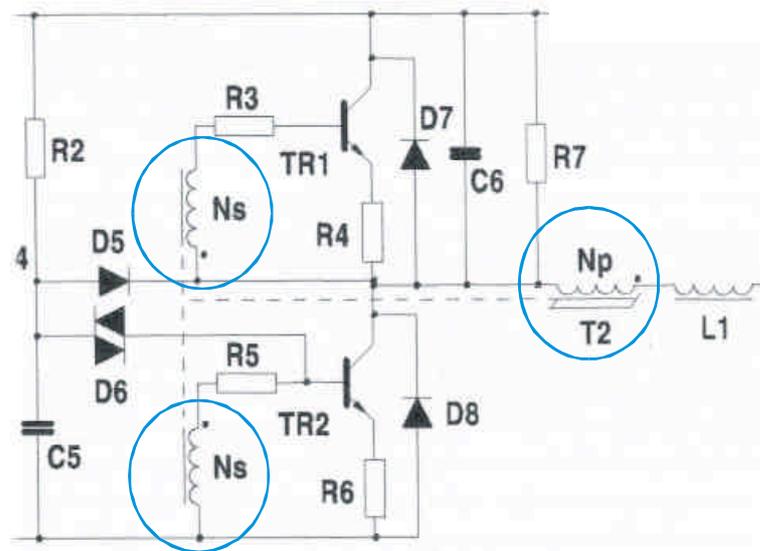


Fig. 20.

Modo 1:

Supongamos que nos encontramos en el semiciclo positivo, por lo tanto el transistor TR1 se encuentra en estado de conducción (llave cerrada), la malla de salida se forma a través de R_4 , N_p y L_1 con sentido hacia fuera. Al producirse esto el bobinado secundario N_s superior presenta un potencial positivo haciendo circular una corriente por la base de TR1 y manteniéndolo polarizado, mientras que sobre la base de TR2 aparece un potencial negativo que hace que el transistor entre fuertemente en bloqueo. En el semiciclo negativo el proceso se invierte totalmente.

De este análisis es posible ver que el circuito se **autoexcita** debido a que el toroide de acoplamiento constituye una red de **realimentación inestable**, que obliga al circuito a estar en un estado permanente de oscilación. Lo cierto que desde el punto de vista de la electrónica esto en cualquier configuración constituye un de los problemas mas graves y normalmente los diseños se

orientan a mantenerse alejados de este estado. Considere además que las corrientes puestas en juego suelen ser importantes. En electrónica esto es lo que definimos como una bomba de tiempo. De todas formas aun hoy se sigue usando.

Modo 2 o encendido:

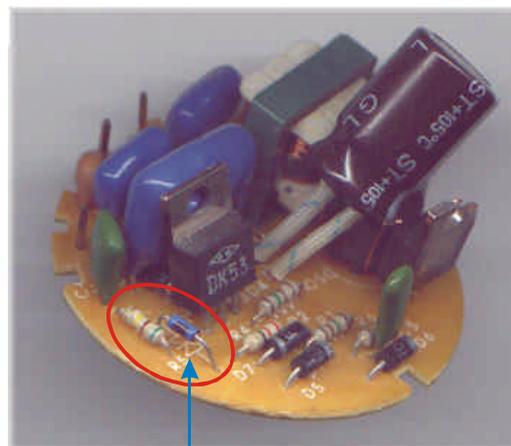
El funcionamiento cuando el balasto se encuentra en el modo 1 es relativamente simple salvo por el hecho que sin dudas usted se estará preguntando como se le fija la frecuencia de funcionamiento ya que el circuito esta librado a su inestabilidad. Lo cierto es que este parámetro **no es calculable, es 100 % empírico**, aunque se sabe que depende del circuito de salida y de los tiempos de respuesta de los transistores entre otras cosas.

De todas maneras resta por aclarar como entra en funcionamiento. Esto es lo que define el modo 2, en el esquema eléctrico puede verse que existe una red formada por los componentes D6 – C5 – R2, esta es la red de encendido y su núcleo es el componente D6 conocido como Diac, básicamente este componente es un circuito abierto hasta que se llega a su tensión de disparo, normalmente 30 V, lo cual ocurre cuando C5 alcanza dicho valor. A partir de este momento el transistor TR2 entra en conducción y así se libera el funcionamiento del oscilador.

Si bien hacer mención a este punto puede parecer un poco fuera de los alcances del curso, es importante saber que esto debe existir en un balasto con este tipo de tecnología. Muchos de los balastos provenientes de oriente carecen de esta red y se encienden por ruido, algunos nunca llegan a encender, por lo tanto:

Si usted reconoce que un balasto es autoexcitado debe inmediatamente tratar de ubicar el diac, si no lo encuentra rechace de plano ese dispositivo.

Normalmente el diac es de fácil identificación, es un pequeño componente de color azul y cuyo nombre aparece anotado sobre el encapsulado **DB3**. En la figura 21 puede identificarse el diac en un balasto correspondiente a una lámpara de bajo consumo.



Diac

Fig. 21.

Control del inversor por Driver.

El circuito conocido como driver, no es más que un circuito integrado diseñado especialmente para poder controlar inversores de medio puente como los descritos anteriormente. La particularidad de estos circuitos integrados es que permiten la excitación de ambos MOSFET, sin necesidad de tener un acoplamiento magnético, gracias a la implementación de una señal flotante. Esta señal flotante es aplicada sobre el MOSFET superior.

Actualmente los driver vienen para excitar transistores de efecto de campo, no así transistores bipolares por lo que la existencia del driver garantiza un nivel más alto en tecnología. Los circuitos excitados por acoplamiento magnético permiten los dos tipos de componentes, en algunos balastos más modernos pero de bajo costo se suele excitar los MOSFET con el circuito mostrado en la figura 20.

Las ventajas de la aplicación del driver son amplias y las describiremos a continuación:

- La estabilidad del driver es superior respecto del toroide por tener un coeficiente térmico de variación mucho menor, quedando librado al coeficiente térmico de variación del capacitor del oscilador.
- La frecuencia de funcionamiento es fácilmente calculable con una ecuación matemática simple y precisa.
- Ambos componentes de potencia reciben similares niveles de excitación.
- No afecta térmicamente al sistema ya que su disipación es baja.
- Algunos driver permiten la excitación por señal externa.
- Admiten configuración de puente completo.
- Permiten el encendido o el bloqueo a través de señal externa, lo que permite mejores protecciones.

En cuanto a las desventajas debemos mencionar que existe una y que suele ser un verdadero dolor de cabeza para los diseñadores, esto es la dificultad para alimentar tal circuito. Estos componentes funcionan con una tensión de corriente continua de 18 [V] como máximo, pero el rectificador que usamos permite una tensión de 311 [V]. La atenuación de esta tensión suele ser el un problema de importancia ya que implica disipar potencia, normalmente más de 2 [W], que en un balasto de 36 [W] implica como mínimo una pérdida de eficiencia inadmisibles si se piensa que la potencia disipada por el circuito de salida y el inversor no suele ser mayor a 3 [W].

En algunos balastos provenientes de oriente hemos encontrado resistencias de hasta 5 [W] con el fin de alimentar a este circuito, lo que produce un recalentamiento del balasto lo que arrastra el resto de los componentes hacia el abismo térmico. Mas adelante hablaremos en detalle de esto.

De todas formas, los balastos más evolucionados suelen usar algún tipo de red generadora de alimentación, derivada ya sea de la bobina de salida por medio de un secundario o bien a través de un secundario en el inductor del controlador de factor de potencia. En nuestra experiencia hemos usado ambos tipos de alimentación exitosamente.

En la figura 22 puede verse la configuración básica aplicando este dispositivo.

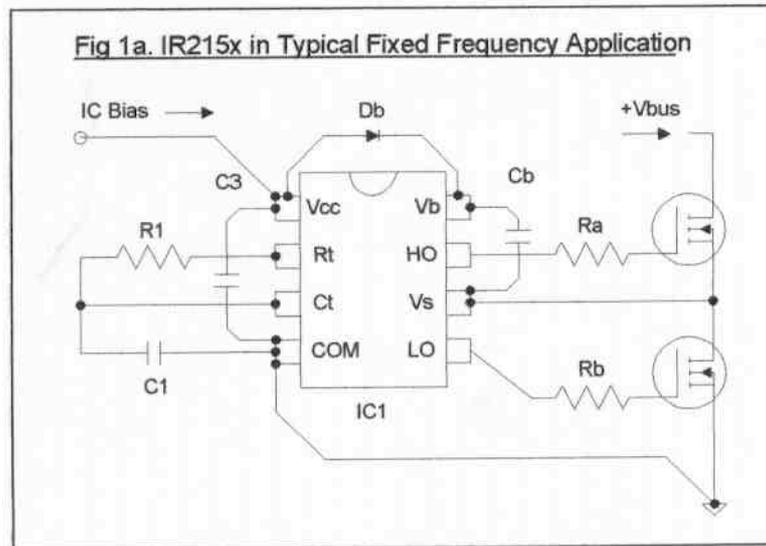


Fig. 22.



Fig. 23.

En la figura 23 se observa una aplicación de este tipo de circuitos en un balasto electrónico, donde pueden verse además del driver los mosfet de potencia.

Control por microcontrolador.

En este punto cabe hacer referencia a lo que denominamos microcontrolador, para la mayor parte de la gente, no específicamente dedicada a la electrónica, los términos microcontrolador o microprocesador pueden indicar sinónimos. Lo cierto que no es así, un microprocesador es un dispositivo integrado que forma parte de un circuito mas general denominado controlador o computador, básicamente es el núcleo de un computador. Por todos es conocida la serie 486 – 586 – Pentium etc. Todas estas denominaciones hacen referencias a microprocesadores. Los cuales dentro de una placa madre forman un computador.

Los microcontroladores son circuitos electrónicos integrados que además de poseer una CPU o microprocesador, tienen integrados otros elementos como memorias de diferentes tipos o conversores analógicos digitales. Esto hace de estos componentes, circuitos que dentro de ciertos

márgenes son verdaderas computadoras pero en un solo chip o pastilla. Como ventajas están su gran versatilidad y bajo costo. Lo concreto es que más del 80 % de las aplicaciones en procesos industriales o equipos controlados aplican estos componentes.

Desde hace algunos años comenzaron a aparecer en el mercado, balastos electrónicos definidos con el termino microprocesados, principalmente de origen americano.

Básicamente el microcontrolador cumple diferentes funciones, desde por ejemplo fijar el nivel de corriente sobre la lámpara hasta evaluar si la tensión de línea es la correcta. Podemos definir como principales ventajas:

- Alto nivel de confiabilidad.
- Alta inmunidad al cambio de condiciones de funcionamiento.
- Control de la corriente y tensión sobre la lámpara.
- Control del tiempo de duración del ciclo de encendido.
- Control de la temperatura interna del balasto.
- Protección activa del circuito de salida.
- Protección activa, sobre el comportamiento térmico.
- Protección activa sobre transitorios de línea.
- Dimerización.

En este tipo de balasto todas las funciones son implementadas a través de redes de adaptación y programadas dentro de la memoria de programa disponible en el chip.

Por otra parte debe quedar claro que en este tipo de balastos sigue siendo indispensable el uso del driver o controlador de medio puente que describimos en la sección anterior. La diferencia en configuración es que el microcontrolador actuará sobre este fijando externamente la frecuencia de trabajo y bloqueando su funcionamiento cuando exista alguna posibilidad de daño, apagando de esta manera la lámpara.

Una de las principales ventajas de los balastos microprocesados radica en la posibilidad de fijar libremente la frecuencia de funcionamiento, esto que parece simple o trivial es de suma importancia durante el encendido, para ver esto nada mejor que describirlo mediante un ejemplo.

En un **balasto sin microcontrolador**, la frecuencia de trabajo se fija en función de las tensiones y corrientes de lámpara, debiéndose fijar el capacitor resonante paralelo de manera que el pico de resonancia se encuentre por encima o por debajo de la frecuencia de trabajo. Esto es posible en saltos discretos en función de los valores disponibles en el mercado para capacitores de alta tensión (1600 [V]). Por lo tanto el punto se fija lo mejor que se pueda, con la posibilidad que la tensión supere ampliamente la necesaria para encender la lámpara (con lo que acortamos la vida útil de esta) o por el contrario nos quedemos en un punto con tensiones inferiores a las necesarias, produciendo que a baja temperatura ambiente la lámpara no se encienda.

Además no podemos acotar el tiempo de encendido, el cual si se prolonga debido a las condiciones de resonancia con niveles de corriente elevados se pueda dañar el inversor (de todas formas en desarrollos realizados por nosotros sobre balastos convencionales pudimos acotar este tiempo a través de protecciones externas, con muy buenos resultados).

En un **balasto microcontrolado** la frecuencia de trabajo se fija siguiendo las mismas normas, pero además podemos controlar como responde la lámpara y compensar a través de la programación y con pequeñas variaciones de frecuencia aumentar o disminuir los niveles de corriente. Por otra parte la frecuencia de encendido puede ser totalmente diferente a la frecuencia de funcionamiento, lo cual nos brinda dos ventajas fundamentales; la primera relacionada con la relación entre estas frecuencias, si están lo suficientemente alejadas la condición de resonancia no se cumple en la zona

de funcionamiento por lo que ante una desconexión de la lámpara los niveles de tensión alcanzados estarán por debajo de los de resonancia. La segunda es justamente la posibilidad de ubicar el punto o frecuencia de encendido justo donde queremos para obtener la tensión de encendido deseada y más acorde al tipo de lámpara. Incluso controlando la temperatura ambiente podemos definir diferentes puntos de la curva de resonancia más cercano al punto ω_0 cuando la temperatura es baja y alejándonos de este cuando la temperatura sube. Además nos permite controlar con precisión el tiempo asociado al encendido, si sabemos que una lámpara debe encender a los 300 [ms] de comenzada la resonancia y no lo ha hecho entonces podemos suspender el ciclo de encendido.

En conclusión, los balastos microcontrolados, representan el nivel máximo en seguridad y prestaciones existentes en el mercado, teniendo como único limitante su costo relativamente elevado respecto de un balasto convencional.

Balastos controlados por circuitos integrados dedicados.

Por último debemos hacer mención a una última categoría de sistema de control, estos son los balastos que llevan como todo sistema de control un solo circuito integrado, diseñado por el fabricante del balasto y de explotación exclusiva, los cuales tienen integrado todas las funciones que hemos considerado discretas, es decir el microcontrolador, el driver y el corrector de factor de potencia todo en un solo chip o circuito integrado.

CONTROL DE FACTOR DE POTENCIA Y FILTRADO DE ALTA FRECUENCIA.

En este punto haremos una breve descripción del problema relacionado con el factor de potencia y para comenzar con esto nos formulamos la siguiente pregunta,

¿El factor de potencia es solo el coseno ϕ ?

Normalmente esto es cierto para la mayor parte de los casos conocidos por nosotros, el $\cos \phi$ tal como lo definimos, la relación angular existente entre las ondas de tensión y corriente debido a la carga conectada, pero;

- ¿Qué pasa si la carga no es lineal, no es solo capacitiva o inductiva, por el contrario es mucho más compleja?
- ¿Es válida esta definición y si por ejemplo tenemos una señal de corriente distorsionada respecto de una senoidal pero en fase con la tensión?
- ¿Qué es lo que mide el cosímetro?

Lo cierto es que la mayor parte de los diseñadores electrónicos **no se preocupan** por lo que ocurra del lado de la línea y es ahí donde comienzan los problemas para los que se encargan de conectar los equipos a la línea.

Es normal, y así lo aprendimos, que el factor de potencia **PF** es lo mismo que el **cos ϕ** , lo cual es cierto, siempre y cuando las señales de tensión y corriente sean ambas sinusoidales perfectas, es decir cuando aplicamos el potencial de AC sobre una carga lineal.

Pero cuando las corrientes dejan de ser sinusoidales deberemos considerar el PF por separado del $\cos \phi$.

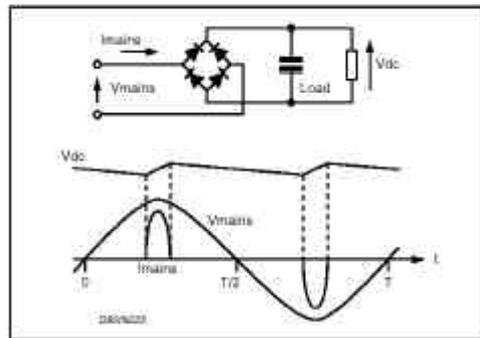


Fig. 24.

Consideremos la figura 24, esta representa un circuito estándar existente en todo dispositivo electrónico, es decir un rectificador de puente completo un capacitor y una carga lineal. El rectificador o puente de diodos convierte la señal de alterna de tensión en una señal sinusoidal rectificada, es decir con los dos semiciclos positivos. El capacitor se carga y se descarga en función de los picos de tensión de entrada y del consumo de la carga, todo esto haciendo las veces de un control de nivel sobre la carga, la señal de tensión continua presentará por lo tanto una ondulación que se caracteriza mediante el factor de rizado. De todas formas lo que ocurre con la tensión no es de suma importancia, debemos darle mayor énfasis al comportamiento de la corriente consumida de la línea de alterna. En la gráfica es posible ver que solo pequeños picos son consumidos en cada ciclo (en realidad son bastante mas deformes), dependientes de la tensión existente en el capacitor y la tensión de línea, si el capacitor está a un menor potencial circulará corriente de la línea hacia el circuito pasando por el puente de diodos.

La resultante es una señal que esta en fase con la tensión pero que dista mucho de ser similar a una senoidal y por lo tanto no podemos aplicar la definición de $\cos \phi$.

Sin embargo si medimos con el instrumento adecuado veremos que el PF es mucho menor a 1. Por lo tanto el factor de potencia es algo más complejo.

Las normas IEC 555 – 2 y las normas IEC 1000 definen el comportamiento que deberían tener los circuitos electrónicos al interactuar con la línea de AC, por cierto que los valores solicitados en estas están bastante mas lejos que lo que da por resultado el circuito de la figura 24, el cual es usado en el 90 % de las aplicaciones en electrónica.

Factor de potencia.

Este se define como el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, presente en un circuito.

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

En el caso de señales de corriente perfectamente sinusoidales el factor de potencia depende del retaso de fase angular o el desplazamiento angular existente entre las dos señales. Gráficamente esto puede verse en la figura 25, con la ayuda de un diagrama fasorial.

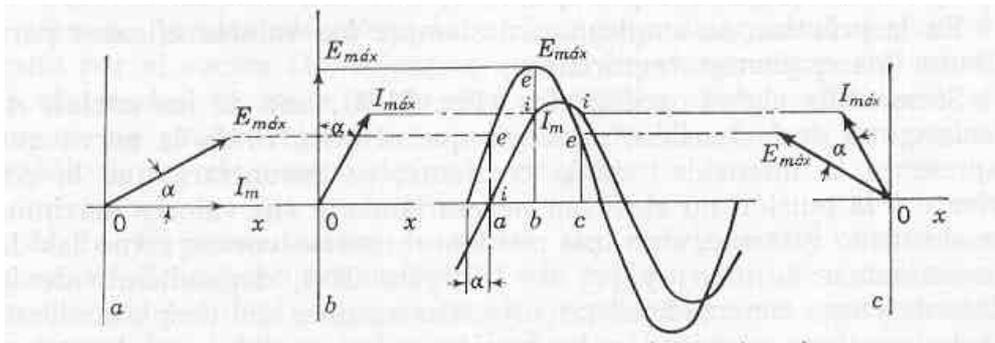


Fig. 25.

Si la corriente es una corriente no sinusoidal, el planteo debe ser diferente ya que en el caso anterior se consideran corrientes y tensiones de valor eficaz asociados a una señal senoidal, es decir el valor de pico dividido la raíz cuadrada de 2. Pero si la señal no es de este tipo y no la podemos definir matemáticamente de manera de poder obtener una expresión capaz de ser integrada, siendo la señal de tipo periódica debemos recurrir a una transformada de Fourier o su serie para poder definirla, de manera que la expresión final de la señal eficaz no es más que la raíz cuadrada de cada una de las armónicas elevadas al cuadrado asociadas a dicha señal, esto es:

$$I_{RMS \text{ total}} = \sqrt{I_0^2 + I_{1RMS}^2 + I_{2RMS}^2 + \dots + I_{nRMS}^2}$$

Donde el termino I_0 es la componente de continua de la señal alterna, I_1 es la fundamental y el resto son lo que denominamos armónicas de la señal.

Ahora bien el valor eficaz de la fundamental posee una componente asociada a la fase $I_{RMS P}$ y una componente asociada a la cuadratura. Esto es I_1 es un número complejo con parte real y parte imaginaria y haciendo consideraciones de modulo resulta;

$$I_{RMS \text{ total}} = \sqrt{I_{1RMS P}^2 + I_{1RMS Q}^2 + \sum_{n=2}^{\infty} I_{nRMS}^2}$$

Por lo tanto podemos definir ahora, en función de la fundamental y de las armónicas el factor de potencia. Es así que la potencia activa asociada a la componente fundamental es:

$$P = V_{RMS} \cdot I_{1RMS P}$$

Es decir la tensión eficaz de la señal de alterna sinusoidal multiplicada por la componente real de la primera armónica o fundamental de la corriente no lineal. Si tomamos como referencia la señal de tensión, entonces el ángulo ϕ_1 puede representar la diferencia de fase existente entre la tensión y esta primera armónica, siendo que

$$I_{1RMS} (\text{Re}, j \text{Im}) = I_{1RMS P} + j \cdot I_{1RMS Q}$$

$$I_{1RMS P} = I_{1RMS} \cos \phi_1$$

$$I_{1RMS Q} = I_{1RMS} \text{sen} \phi_1$$

$$P = V_{RMS} \cdot I_{1RMS} \cdot \cos \phi_1$$

Por lo tanto según la definición de factor de potencia;

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{V_{RMS} \cdot I_{1RMS} \cdot \cos \theta_1}{V_{RMS} \cdot I_{RMS}} = \frac{I_{1RMS}}{I_{RMS}} \cdot \cos \theta_1$$

Introduciendo el factor K, definiéndolo como:

$$K = \frac{I_{1RMS}}{I_{RMS}} = \cos \theta$$

Donde θ es el ángulo de distorsión y por lo tanto K está asociado a la distorsión armónica de la corriente.

Por lo tanto el factor de potencia de una carga no lineal se encuentra compuesta por dos componentes, una asociada directamente la primera armónica y su relación con la tensión y la segunda relacionada con el desfase correspondiente a las armónicas de orden superior a 2.

$$PF = \cos \theta_1 \cdot \cos \theta$$

Nótese que si ambas señales son senoidales perfectas, la corriente asociada a la carga posee como desarrollo en series de Fourier un solo termino, I_{RMS1} (para una senoidal la fundamental es la propia señal) por lo tanto solo cuenta el factor asociado al desfase entre tensión y corriente.

En la figura 26 puede observarse los resultados del análisis anterior.

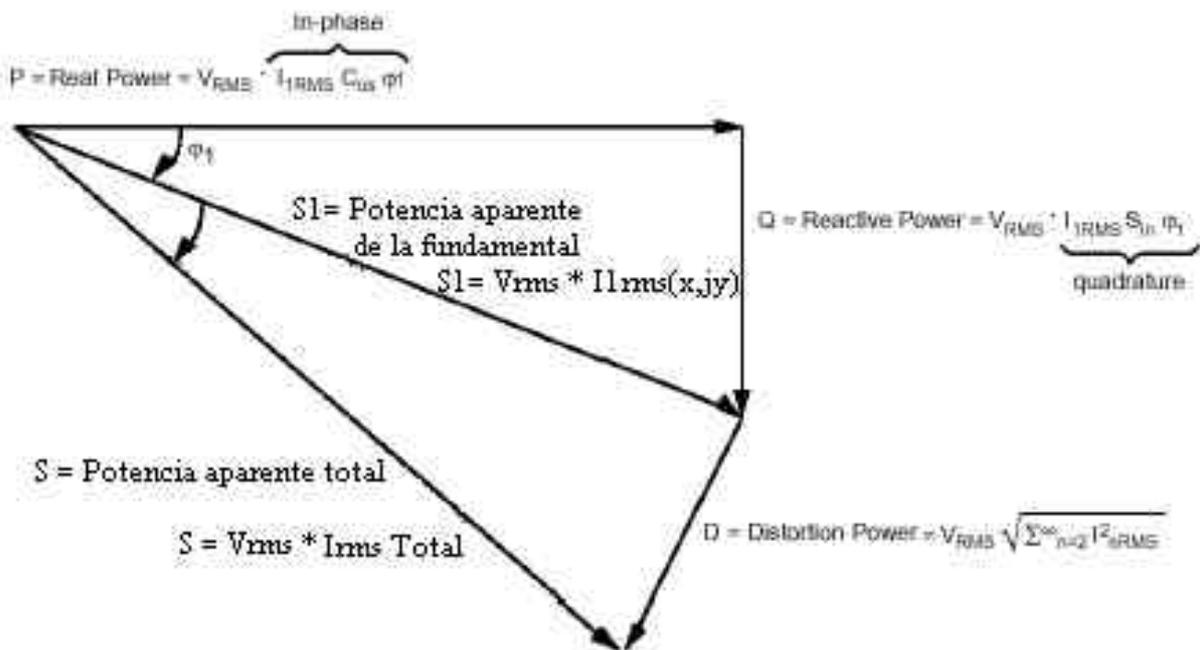


Fig. 26.

Y por demás está decir que;

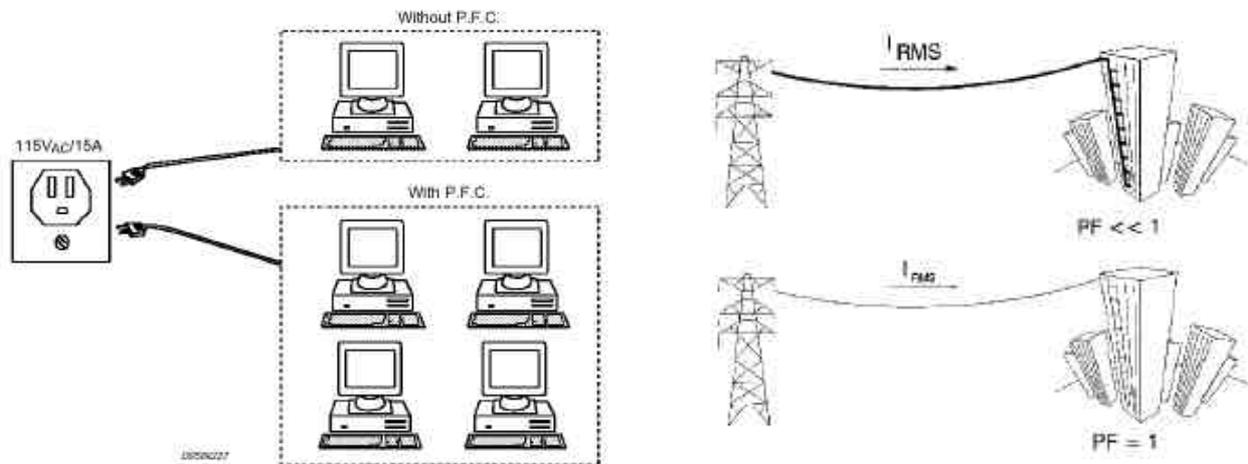


Fig. 27.

Circuitos controladores de factor de potencia en balastos electrónicos.

Los ingenieros, al igual que muchos otros profesionales, tenemos la mala costumbre de circunscribir nuestra tarea al campo específico de nuestra especialidad dejando de lado los aspectos que puedan afectar la de nuestros colegas. En particular para los electrónicos parece ser que el límite absoluto se encuentra en el enchufe, siendo este punto el punto a partir del cual ya no nos importa nada, total es problema de los eléctricos!

Luego de haber visto rápidamente en la sección anterior los pormenores de la compensación del factor de potencia en circuitos electrónicos, nos tenemos que plantear seriamente que es lo que hacemos en la línea y como disponemos de la misma. Particularmente todos los circuitos asociados con la electrónica de potencia suelen ser un gran dolor de cabeza en lo referente a la generación de armónicos en la línea y los balastos electrónicos son configuraciones de la electrónica de potencia, mas allá que su consumo individual sea relativamente bajo.

Este es un punto de fundamental importancia, los balastos electrónicos para lámparas fluorescentes deberán estar compensados si es que quieren ser usados en grandes cantidades sin causar perjuicio a otros dispositivos.

Como efectos negativos en el uso de balastos electrónicos, sin etapa de filtrado y sin compensación de potencia podemos enumerar;

- Daños inexplicables en computadoras, fuentes de alimentación dañadas, discos rígidos con sectores destruidos, fallas en los teclados, daños en dispositivos de memoria.
- Comportamiento errático de otros dispositivos electrónicos, tales como televisores o radios.
- Interferencia en señales de radio (por radiofrecuencia o a través de línea).
- Daño de capacitores electrolíticos.
- Altos niveles de corriente por línea de descarga a tierra. Inutilización del disyuntor diferencial.

Muchos de los balastos electrónicos que se encuentran en el mercado, así como también las lámparas de bajo consumo suelen no estar debidamente diseñados para evitar los problemas antes

enunciados, otros sin embargo solo presentan un factor de potencia bajo, pero sin introducir alta frecuencia en línea, solamente presenta un alto contenido de armónicos. Una minoría, los de mas alto costo, suelen introducir una etapa de compensación de factor de potencia y filtrado de armónicos, estos son los mas indicados para su uso en aplicaciones en gran escala.

Existen en el mercado de componentes, dispositivos dedicados a la compensación del factor de potencia en electrónica, el ST6560 de Thomson o su equivalente TDA 4862 de Siemens son específicos para aplicaciones en balastos.

El funcionamiento de estos componentes se basa en distribuir la energía necesaria para el funcionamiento de la carga, siguiendo la forma de onda de la tensión de línea. Esto se hace gracias a la aplicación de una técnica denominada PWM o modulación por ancho de pulso.

En la figura 28 puede observarse la forma de onda correspondiente a una carga de tipo electrónica sin compensación. En la figura 29 como operaría el PFC con la misma carga.

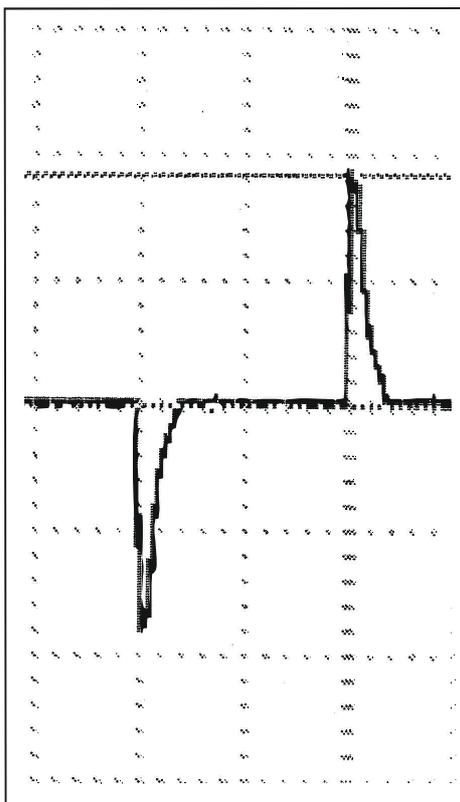


Fig. 28.

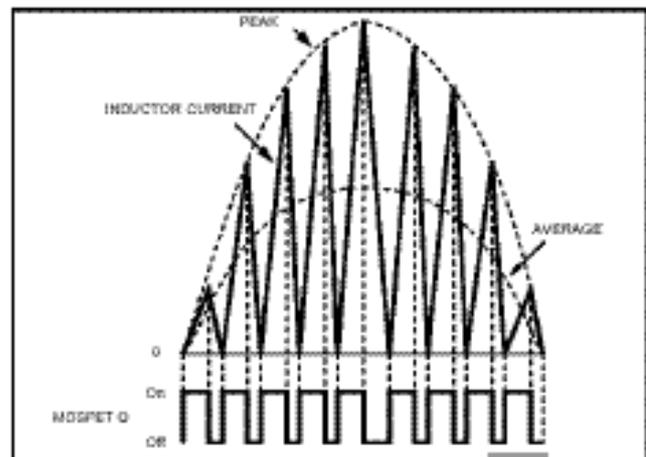
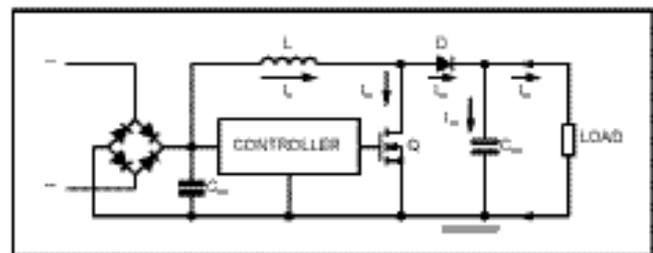


Fig. 29

Otra de las ventajas a la hora de usar circuitos compensadores, es la posibilidad de usar secundarios en el inductor elevador, lo que permite obtener un nivel de alimentación acorde con las necesidades de los circuitos integrados que puedan usarse en las etapas posteriores, como por ejemplo drivers. En la figura 30 se muestra una configuración sugerida por el fabricante del integrado para su utilización.

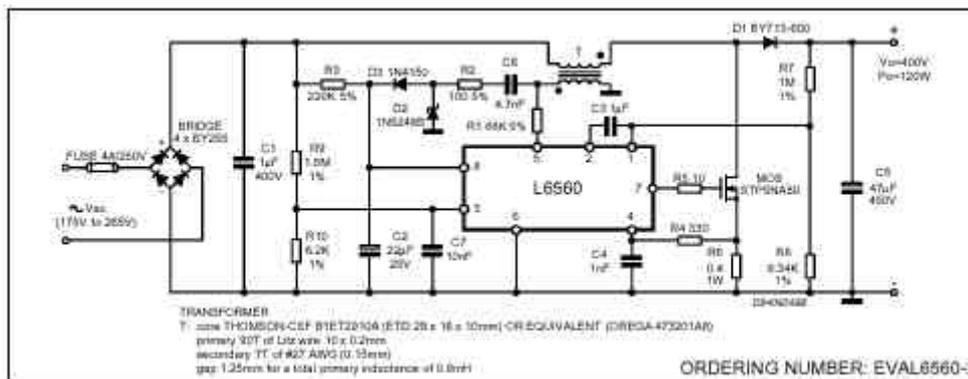


Fig. 30.

Precauciones a tener en cuenta en los circuitos con PFC.

Normalmente este tipo de circuitos no presentan inconvenientes de funcionamiento, además presentan la función denominada OVP (over voltage protection) la cual permite proteger la carga de pulsaciones de hasta 2000 V que puedan presentarse sobre la línea de alimentación. De todas maneras cuando se está ante un balasto con este tipo de configuración se debe tener cuidado y evaluar correctamente el normal desempeño del mismo ya que son circuitos sumamente sensibles al ruido eléctrico y un mal diseño de las pistas en el circuito impreso puede producir fallos aleatorios y hasta la destrucción del mismo.

Durante un proceso de evaluación o medición de este tipo de circuitos, en condiciones de funcionamiento, jamás deberá ser introducida la punta de medición, independientemente de la calidad y capacidad del instrumento, sobre el terminal indicado como número 4. Este terminal es el encargado de controlar el nivel de corriente que circula por el Mosfet e indicar cuando este debe conmutar. Introducir una punta de medición introduce ruido eléctrico desviando el funcionamiento del circuito integrado y produciendo la conmutación aleatoria del componente de potencia haciendo que este se destruya.

Filtro de entrada o filtro EMI.

Básicamente un filtro EMI es un filtro de tipo diferencial, vale decir es un filtro en el cual se superponen magnéticamente los flujos producidos por la corriente de entrada a través de la fase y la corriente de salida a través del neutro, como elementos auxiliares a este **choque de línea** suele usarse una red de capacitores muchas veces conectada a tierra.

Desgraciadamente no es muy amplia la bibliografía con relación a este tema, casi podríamos indicar como nula, por lo que no podemos dar mayores detalles sobre el funcionamiento o cálculo de estos dispositivos. Inclusive los fabricantes de circuitos PFC no dan mayores indicaciones sobre este elemento pero justifican el buen funcionamiento de su integrado al buen diseño de este filtro. Básicamente éste cumple dos funciones, la de proteger al balasto de las perturbaciones de alta frecuencia en línea y la de evitar las perturbaciones que este pueda causar en la línea el PFC o el inversor. En la figura 31 puede observarse una configuración estándar de filtro EMI con un capacitor a la entrada y uno a la salida del inductor.

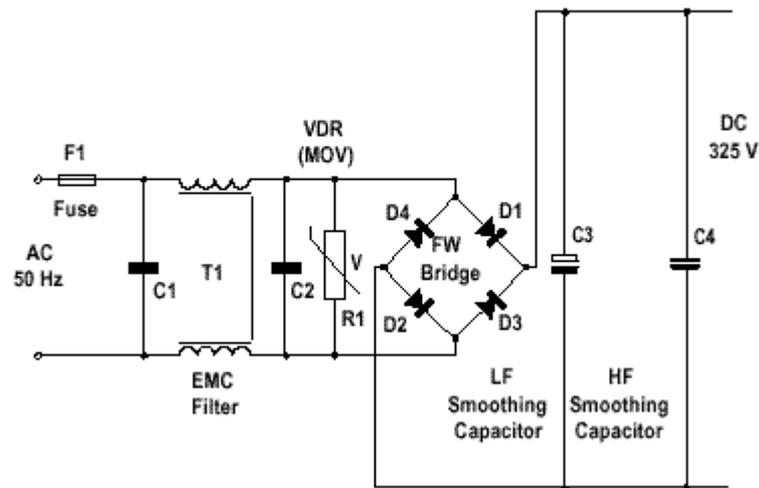


Fig. 31.

Nótese que a la salida del filtro y antes del puente rectificador se puede observar un componente indicado como VDR, o varistor. Este es un elemento de protección basado en la variación de la resistencia del mismo en función de la tensión que aparece sobre sus bornes. Normalmente los balastos introducen este componente como medida de protección, mas allá que estos no sean totalmente eficientes a la hora de evitar un transitorio de corta duración que si afectará al inversor pudiendo hacer entrar en avalancha ambos Mosfet. En la figura 32 pueden observarse alguno de estos dispositivos.

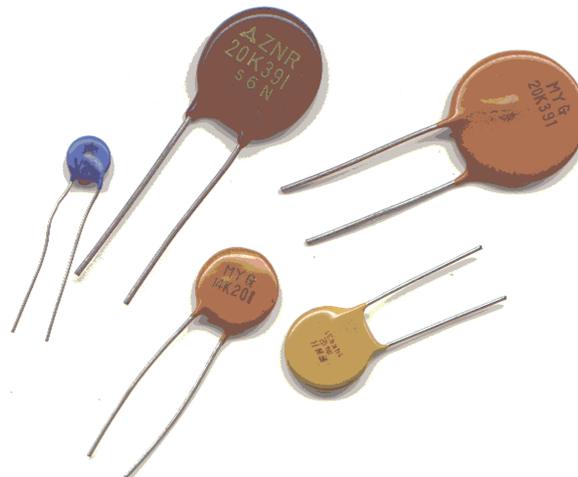


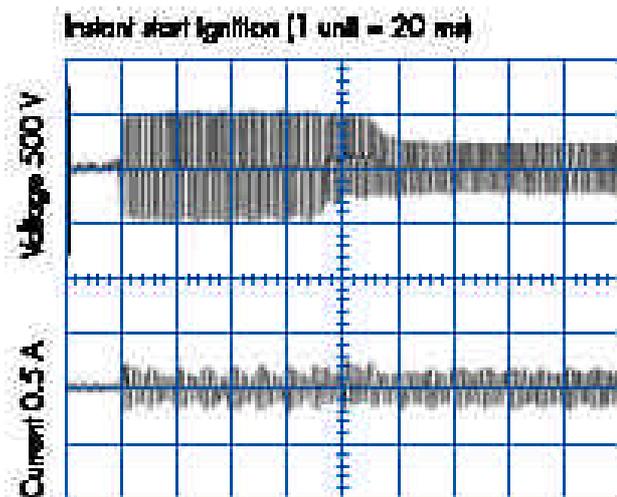
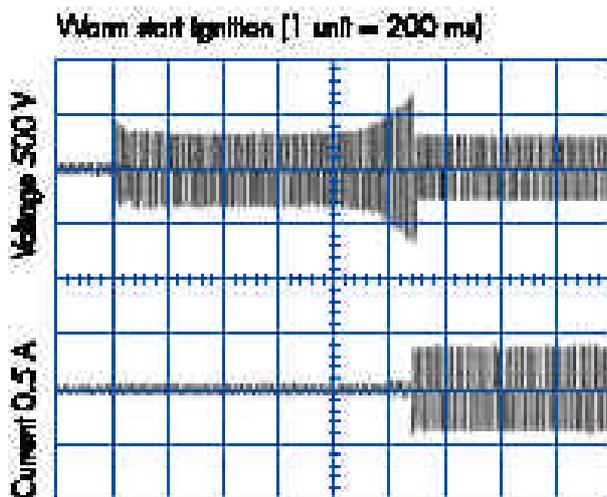
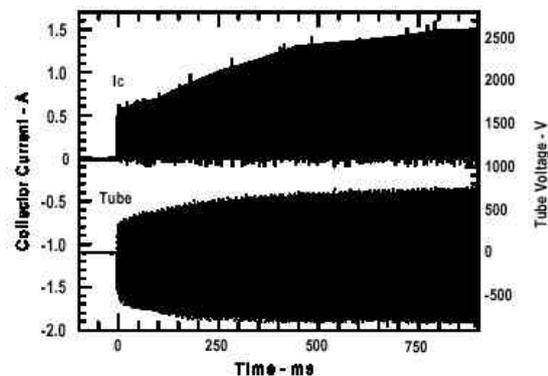
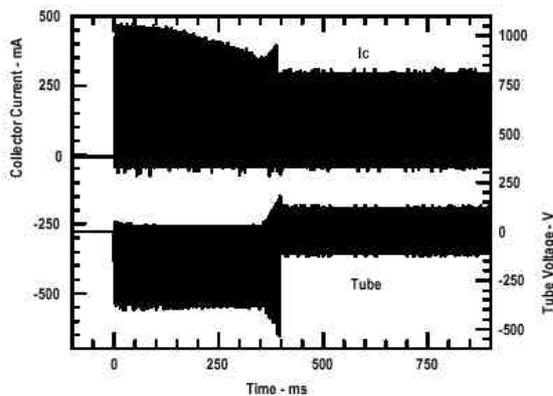
Fig. 32.

CLASIFICACIÓN DE LOS BALASTOS SEGÚN EL ENCENDIDO DE LA LÁMPARA.

Los balastos electrónicos tienen una clasificación que resulta importante de ser destacada y es la forma de operación del ciclo de encendido. La importancia de este aspecto radica en diferentes puntos como por ejemplo la vida útil de la lámpara, el tipo de uso o el cumplimiento de las normas. En este sentido cabe hacer mención que según las normas IEC solo está normalizado una subfamilia de estos denominada preheat o de precaldeo de filamentos, cuando este proceso se cumpla dentro de determinados márgenes.

Si bien no esta del todo definido se suele afirmar que un balasto con un correcto precaldeo de filamentos, con cumplimiento expreso de la norma, debería garantizar hasta 40000 conmutaciones mientras que un balasto de tipo Instant Start, solo alcanzaría las 10000 operaciones.

Los ciclos de encendido son sustancialmente diferentes ya que en el primero de los casos el proceso puede alcanzar hasta un segundo de duración, tiempo en el cual los filamentos son calentados aumentando de esta manera la ionización del tubo siendo necesario una menor tensión



para su encendido. Por otra parte se suele afirmar que un balasto de arranque instantáneo debe entregar alrededor de 1500 V para producir la ruptura del gas y de esta manera encender el tubo fluorescente, lo cierto es que con menores valores también es posible, del orden de los 800 V y 300 milisegundos, producen un arranque seguro.

En los gráficos precedentes pueden observarse las diferencias entre ambos. Véase que las diferencias de tensión en cada caso no son tan importantes como se manifiesta y podemos decir que en base a nuestras experiencias la vida útil de la lámpara conectada a un balasto de arranque instantáneo con un ciclo similar al mostrado supera cómodamente las 10000 conmutaciones.

Encendido Programado.

Esta definición o término fue presentada en la Argentina por Motorola Lighting, como el proceso por el cual un balasto enciende considerando todos los aspectos que afectan el encendido de la lámpara. De esta manera un balasto deberá controlar por ejemplo la temperatura ambiente al momento del encendido de manera de regular la tensión que se presentara sobre bornes y el tiempo necesario de precaldeo de filamentos. Lo cierto es que este concepto no ha progresado entre otros fabricantes y es probable que sea por razones de propiedad intelectual.

MEDICIÓN DE BALASTOS ELECTRÓNICOS.

Objetivos.

Antes de enunciar los objetivos básicos para la realización de una medición sobre balastos electrónicos debemos hacer notar que dentro del espectro de tecnologías disponibles en el mercado nacional así como también en el internacional, existe una gran gama de dispositivos con diferentes niveles de tecnología. Si debiéramos hacer una comparación con la vida cotidiana diríamos que en el mercado de automóviles usted puede comprar un Ford A o una Ferrari, los dos se ofrecen al mismo tiempo en el mismo lugar y con una diferencia de precios muchas veces irrelevante. Lógicamente las prestaciones son totalmente diferentes pero a diferencia de los automóviles, a los cuales en mayor o menor medida todos podemos evaluar, con los balastos electrónicos no sucede lo mismo; por lo tanto tenemos que aprender a distinguir entre una *¡chatita* y una *Ferrari!* .

En función de esto podemos enunciar como objetivos de la medición los siguientes puntos:

- Determinar los valores correspondientes a los parámetros básicos de funcionamiento.
- Ubicar dentro de una escala de prestaciones y tecnología el dispositivo que estamos evaluando.
- Predecir en función de las mediciones puntos de importancia como, durabilidad de la lámpara, confiabilidad, rendimiento, seguridad e interacción con la línea.
- Asegurar el cumplimiento de las normas internacionales.
- Obtener una relación precio – producto que pueda definir su compra.

Parámetros básicos.

Definimos como parámetros básicos a aquellos parámetros que definen el funcionamiento de un balasto. Estos parámetros pueden ser agrupados en parámetros de salida, parámetros de entrada y parámetros internos.

Parámetros de salida.

En todo balasto electrónico resulta de fundamental importancia conocer su interacción con la lámpara ya que en gran medida esto determina el rechazo o aceptación de un dispositivo. Debemos agregar que nuevamente debe hacerse una subdivisión de los parámetros, entre parámetros de régimen permanente y parámetros transitorios o de encendido.

Parámetros de régimen permanente.

Nuevamente ubicándonos del lado de la carga deberemos medir en condición de régimen permanente los siguientes puntos.

- ✓ Corriente circulante por la lámpara, en valor eficaz.
- ✓ Tensión sobre la lámpara, en valor eficaz.
- ✓ Corriente circulante por la carga, valor pico o pico a pico.
- ✓ Frecuencia de operación.
- ✓ Determinación de la forma de onda de tensión.
- ✓ Determinación de la forma de onda de corriente.
- ✓ Calculo del factor de cresta de corriente.
- ✓ Tensión eficaz sobre los filamentos.
- ✓ Corriente eficaz sobre los filamentos.

Parámetros de transitorio o encendido.

- ✓ Duración del ciclo de encendido.
- ✓ Tensión máxima sobre lámpara durante el ciclo de encendido.
- ✓ Tensión máxima sobre los filamentos.
- ✓ Frecuencia durante el ciclo de encendido.

Parámetros de entrada.

Denominamos como parámetros de entrada, a aquellos parámetros presentes durante el proceso de interacción de la línea con el balasto.

Estos pueden ser enumerados como:

- ✓ Tensión eficaz de línea.
- ✓ Corriente eficaz de línea.
- ✓ Potencia activa,
- ✓ Potencia aparente.
- ✓ Factor de potencia
- ✓ Distorsión armónica total de la señal de corriente.
- ✓ Medición de la distribución armónica de la señal de corriente.

Parámetros internos.

Definimos como parámetros internos a todos aquellos parámetros que se encuentran luego del rectificador y antes del circuito resonante de salida.

Estos pueden ser enumerados como:

- ✓ Tensión de continua luego del rectificador.
- ✓ Tensión de rizado sobre capacitores electrolíticos.
- ✓ Tensión de continua sobre el capacitor electrolítico en circuitos con PFC.
- ✓ Temperatura interna del balasto dentro de carcasa.
- ✓ Temperatura interna del balasto dentro de carcasa montado sobre luminaria.
- ✓ Temperatura de los inductores dentro del balasto.
- ✓ Temperatura de los capacitores electrolíticos dentro del balasto.
- ✓ Temperatura de los transistores de potencia.
- ✓ Termografía del balasto.

Precauciones en la operatoria de medición.

En todo proceso de medición de balastos electrónicos se deben tomar ciertas precauciones a la hora de operar, tanto para salvaguardar la integridad del instrumental como la salud del operador. En primer lugar se debe tener en cuenta que si bien existe un puente rectificador este bajo ninguna circunstancia aísla de la línea al balasto y lo hace menos peligroso, por el contrario luego de la rectificación usted estará en presencia de un circuito que se encuentra operando como mínimo a 311V de tensión continua. Es aconsejable que durante todo el proceso de medición no se retire la cubierta de carcasa del balasto.

Durante el proceso de encendido, un mal balasto, puede llegar a entregar tensiones de descarga sobre el tubo del orden de los 1500 V, esta tensión está referida a tierra ya que el balasto se encuentra conectado a línea y por lo tanto es una virtual fuente de descarga, por lo que se deberá tener especial precaución durante este proceso.

Es fundamental que se utilicen elementos de protección para la vista, si se trabaja con un balasto descubierto, los fallos que se producen en estos dispositivos normalmente vienen acompañados por emocionantes explosiones.

Demás esta por decir que no se deben usar las manos o en su defecto los dedos para tratar de evaluar los niveles de temperatura alcanzados por el balasto o sus componentes, por un lado está el riesgo de descarga eléctrica y por el otro hay componentes como resistencias o núcleos de inductores mal diseñados que alcanzan temperaturas superiores a los 100 °C.

En cuanto al cuidado de los instrumentos, se debe prestar especial atención a que nuevamente estamos trabajando con un dispositivo conectado a línea, por lo que en todos los casos se deberá contar con instrumental adecuado o bien usar transformadores 1:1 en la alimentación del balasto y de los instrumentos que deban ser conectados a alimentación de 220 V. De todas formas y mas allá de usar este tipo de transformadores no se debe descartar errores en las mediciones debido a esto. Nuevamente especial atención debe ser prestada al proceso de encendido de la lámpara, nunca trate de medir este con un multímetro, o un osciloscopio sin una punta atenuadora adecuada.

Las mediciones de temperatura normalmente, usando una termocupla, no serán fidedignas ya que la alta frecuencia de operación del balasto interfieren con estas puntas. Si se desea tener valores precisos se deberá recurrir a instrumentos adecuados.

Por último se debe tener mucho cuidado en el uso de puntas amperométricas en aquellos balastos que operen con potencias de lámparas elevadas, ya que si se conecta el instrumento con la punta antes de dar alimentación al circuito las corrientes de carga de los capacitores pueden superar los niveles máximos de estas produciendo daño permanente en el instrumento.

SELECCIÓN DEL TIPO DE INSTRUMENTAL.

La selección del instrumental necesario para la realización de mediciones en este tipo de aplicaciones no resulta un tema del todo trivial, se deben tener en cuenta toda una serie de factores que hacen a la veracidad de la medición. Por otra parte al no ser un área de la electrónica sumamente desarrollada no es simple encontrar instrumental adecuado, lo que puede llevar a la necesidad de realizar adaptaciones particulares que por lo general no resultan en extremo confiables.

Por otra parte el instrumental necesario para realizar mediciones de laboratorio, depende en gran medida del grado de profundidad que se requiera, si nuestro laboratorio esta destinado a certificar la calidad y cumplimiento estricto de las normas, será diferente al necesario para el desarrollo de este tipo de dispositivos. Mucho menor será el nivel de prestaciones del instrumental si lo que se busca es conocer sobre el funcionamiento del dispositivo.

Trataremos de definir como instrumental aquel mínimo e indispensable para que cada uno de nosotros pueda realizar una primera evaluación del comportamiento eléctrico y térmico del dispositivo, recordemos que el objetivo de la medición es identificar los parámetros básicos de funcionamiento y contrastarlos con los valores específicos de las normas.

Montaje de laboratorio.

Es necesario para la medición de estos dispositivos, contar con un laboratorio que cumpla con un mínimo de condiciones para este tipo de ensayos.

Recordemos que:

Los balastos electrónicos son dispositivos que operan conectados en forma directa a línea, que generaran tensiones de salida elevadas y que estas tensiones se encuentran en oscilaciones de alta frecuencia donde el aire presenta una mayor facilidad de ionización.

En función de esto debemos evaluar cual es la forma mas adecuada de montar un laboratorio. Sin dudas que lo primero que deberá ser controlado es contar con una instalación eléctrica adecuada, con un disyuntor diferencial y termomagnética de protección general.

El segundo aspecto a tener en cuenta es en que tipo de soporte ubicaremos las lámparas para su medición con el balasto. Es necesario contar con un soporte que sea capaz de sostenerlas en firme pero que permita el recambio fácil del tipo de y potencia de lámpara. Por otra parte conviene que dicho alojamiento cuente con una zona oscura o de medición de la intensidad luminosa emitida por la lámpara, donde el único flujo luminoso que exista sea el proveniente de dichas lámparas, tal como se muestra en la figura 33.

El tercer aspecto es la mesa de trabajo, la cual deberá ser de fácil limpieza y construida en un material aislante, que permita eventualmente apoyar el balasto fuera de su carcasa sin entrar en contacto con partes metálicas.

El cuarto aspecto es el tablero eléctrico de entrada o comando, éste debe estar dispuesto de manera de permitir el acceso **con un solo movimiento a un interruptor bipolar general**, el cual cortará la alimentación proveniente del transformador variable. Es aconsejable luego del interruptor

bipolar contar con un elemento de protección o llave termomagnética de baja capacidad. Es indispensable intercalar en el circuito, luego de los elementos antes mencionados instrumentos de analógicos de aguja de bobina móvil, con el único fin de observar rápidamente los niveles de tensión o corriente presentes en el circuito. Por último si se intercala antes de la salida a la carga un analizador de consumo tipo panel digital de verdadero valor eficaz protegido a su vez con llaves conmutadoras. Es aconsejable que exista una señal sonora que indique la presencia de tensión sobre la salida o alimentación de la carga a medir. En la figura 34 se muestra un panel de control básico.

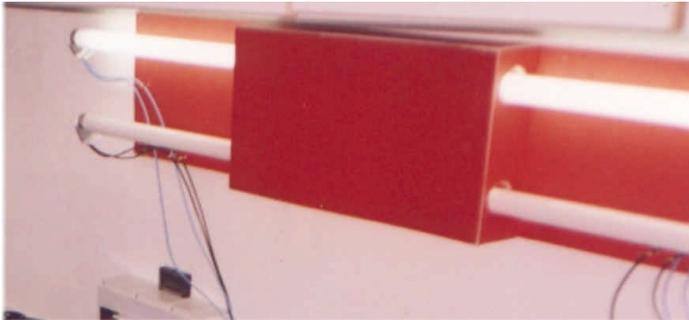


Fig. 33.



Fig. 34.

Instrumental mínimo.

Definir un instrumental mínimo para la realización de ensayos sobre balastos electrónicos puede dar lugar a diferentes concepciones, como lo señalamos anteriormente depende del nivel de profundidad que se desee realizar en la medición sobre el dispositivo. Lo que si podemos definir es el tipo de instrumento de medición.

Osciloscopio.

Resulta imposible concebir la realización de mediciones sobre un balasto sin contar con el osciloscopio como instrumento de cabecera ya que este no solo nos dará los resultados de la medición si no que además nos mostrará los diferentes tipos de onda.

Desgraciadamente este no puede ser un osciloscopio convencional, debiéndose recurrir a un instrumento de tipo digital. Este tipo de instrumento, si bien existen diferentes fabricantes, por lo general no es económico y por lo tanto poco accesible.

Ejemplos de estos son el Tektronix TDA210 –TDA220, el Fluke 190 o HP 64600, todos estos instrumentos de altas prestaciones. En particular los nuevos osciloscopios Fluke reemplazan casi por completo todos los instrumentos de medición con la ventaja de ser un instrumento portátil y por lo tanto aislado de línea, lo que lo convierte en ideal para este tipo de ensayos.

Por otra parte los de la serie TDA200 son excelentes instrumento muy fáciles de usar, con los que uno se encariña rápidamente, pero que al igual que el HP64600 son alimentados desde línea, lo que obliga a maximizar las precauciones a la hora de medir.

En la figura 35 se pueden apreciar los instrumentos de Tektronix y en la figura 36 las posibilidades del Fluke 190.

Multímetro.

Es conveniente siempre que sea posible contar con un multímetro digital de verdadero valor eficaz, a la hora de seleccionar uno, se debe prestar atención cuando se leen las prestaciones del instrumento ya que algunos fabricantes indican True RMS Sine Wave, vale decir verdadero valor

eficaz sobre señal senoidal, pero lo concreto es que en este tipo de mediciones lo menos que va a lograr medir es una señal senoidal.

Existen diferentes fabricantes de este tipo de instrumentos, lógicamente son recomendables las marcas mencionadas anteriormente a la cual se les pueden adicionar otras como LG, Metrix, BK-Presición.

De todas formas salvo en los instrumentos de muy altas prestaciones no se logrará medir valores exactos en alta frecuencia.

Luxímetro.

Si bien el análisis lumínico es de fundamental importancia, el instrumental necesario para evaluar fehacientemente este parámetro no está al alcance de ninguno de nosotros, por lo que nos podremos conformar con lograr una comparación de los niveles de intensidad luminosa proveniente de la lámpara por el método de contrastes. Vale decir ver los niveles en Lux de la misma lámpara en similares condiciones con el balasto electrónico y con un balasto electromagnético patrón, el cual actúa como parámetro de referencia.

Lógicamente cuanto mejor sea la calidad del instrumento serán mas precisas las mediciones, pero lo importante es que en el rango en el cual se opere mantenga la linealidad.

Tektronix

TDS 210, TDS 220, TDS 224 Digital Real-Time™ Oscilloscopes



Tektronix' Most Popular DSO

The TDS 200 Oscilloscopes have quickly become the benchmark for low-cost oscilloscopes. Offering an unbeatable combination of performance, reliability and versatility, the TDS 200 Series offers breakthrough digital and real-time advantages at low-cost analog oscilloscope prices. And with the introduction of the TDS 224, Tektronix now brings the digital performance of the TDS 200 to customers that need four full-featured channels.

Affordable Digital Performance

No other digital oscilloscope offers as much bandwidth and sample rate for the price. By sampling at 10 and 16 times their bandwidths on all channels, the TDS 200 Series oscilloscopes provide accurate real-time acquisition up to their full bandwidth.

Versatility and Flexibility

The portable form factor provides increased versatility, allowing the instrument to be easily moved or safely stored away when not in use.

Easy to Use

The user interface is similar to that of an analog oscilloscope, but with improvements that reduce learning time and increase efficiency.

The Personal Oscilloscope

The TDS 200 Series oscilloscopes are designed for people who demand the ultimate in oscilloscope value. If an inexpensive yet high performance oscilloscope is needed for the bench, production line, or training lab, a TDS 200 Series Digital Real-Time Oscilloscope is the best choice.

FEATURES AND BENEFITS

60 MHz or 100 MHz with 1 GS/s Sample Rate on all Channels

Dual Timebase

Automatic Measurements

Multi-Language User Interface

Autoset

Waveform and Setup Memories

Extended Capabilities are Provided with Optional Modules, Software and Probing

APPLICATIONS

Design/Debug

Service and Repair

Manufacturing Test and Quality Control

Education/Training

Fig. 35.

FLUKE 190

Especificaciones	
Ancho de banda	200 MHz (199C), 100 MHz (196C)
Máx. velocidad de muestreo en tiempo real	2,5 GS/s (199C), 1 GS/s (196C)
Canales y digitalizadores	2 más disparo externo/DMM
Flotantes Hasta independientemente	Hasta 1.000 V entre entradas, referencias y tierra
Rango de la base de tiempos	Rangos: 5 ns - 2 min/div
Sensibilidad de entrada	Rangos: 5 mV -100 V/div
Tipos de disparo	Connect-and-View™, Libre, Disparo único, Flanco, Retardo, Video, Ancho de impulso seleccionable y externo
Captura de picos	50 ns (5 μ s/div - 1 min/div)
Medidas del osciloscopio	Cursor: 7 Automático: 30
Longitud máxima de registro	Modo ScopeRecord: 27.500 puntos por canal Modo Osciloscopio: 1.000 puntos por canal
Memoria pantall/confi	Pantallas: 10 Configuraciones: 10

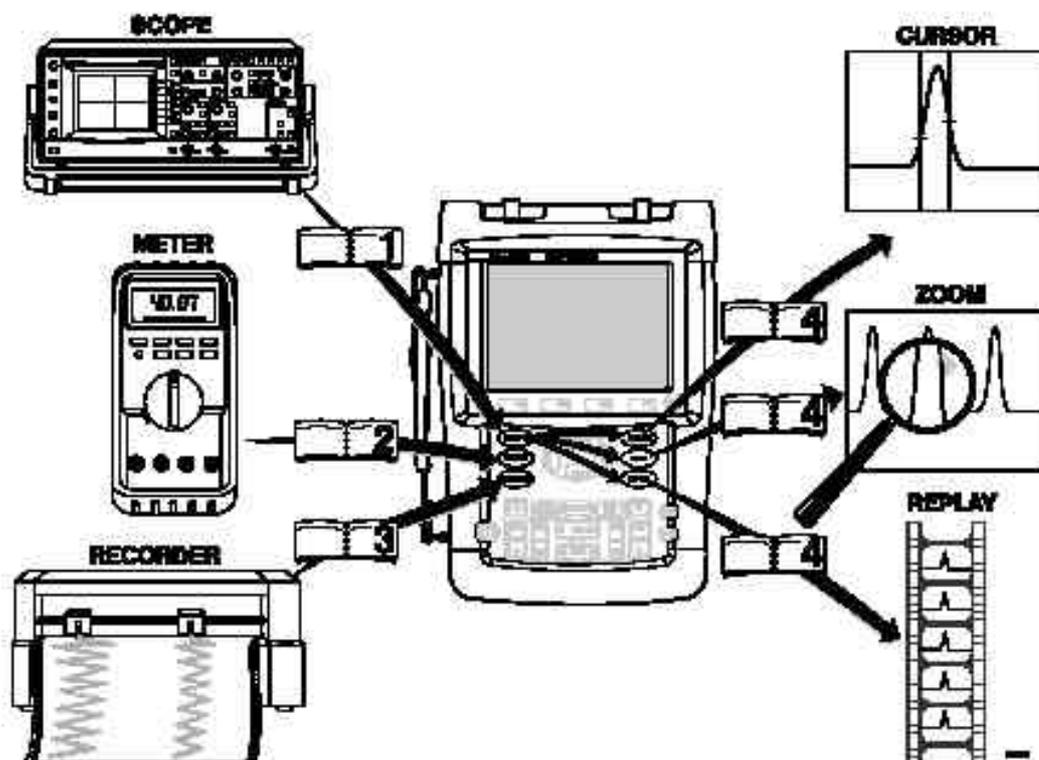


Fig. 36.

Analizadores de potencia de línea.

Este es tal vez uno de los puntos más conflictivos ya que normalmente estos instrumentos son diseñados para niveles de corriente elevados y por lo tanto presentan un alto grado de error en los niveles necesarios para analizar un balasto.

De todas formas existe la posibilidad de multiplicar el valor del nivel de corriente rodeando sucesivas veces la pinza amperométrica de manera de aumentar el flujo circulante y variando la escala del instrumento. Existen en el mercado diferentes marcas y modelos, normalmente con pinzas de 200 A a 1000 A. En la figura 37 se observan instrumentos de origen italiano que pueden ser usados en este tipo de medición.



Fig. 37.

Medición de temperatura.

El último parámetro a medir es justamente la temperatura, este es de fundamental importancia a la hora de evaluar el comportamiento del balasto ya que determinará la vida útil del mismo. Nuevamente existen diferentes tipos de instrumentos, desde los de más alta tecnología no invasivos hasta las comunes termocuplas adaptables mediante un módulo a un multímetro convencional. En el caso del osciloscopio Fluke 190, tiene incluido dentro de sus posibilidades mediciones de temperatura a largo plazo lo cual resulta de fundamental importancia. En la figura 38 se muestra un adaptador para la medición de temperaturas.

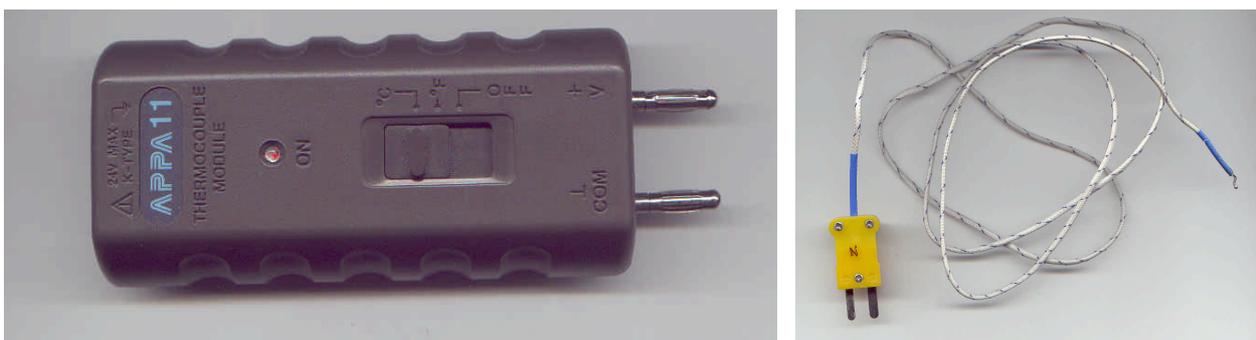


Fig.38.

PROTOCOLO DE MEDICIÓN.

No resulta simple definir un protocolo de medición en el caso de balastos electrónicos por lo que siempre es aconsejable tener cerca las normas IEC o Iram para poder guiarse en éste proceso. De todas formas a continuación arriesgaremos un protocolo de medición que nos ha servido de utilidad en esta tarea.

1. Anote en una planilla los datos inscriptos sobre la carcasa del balasto.
2. Revise la norma en cuanto a la diferencia máxima permitida entre los valores indicados y los obtenidos mediante medición.
3. Abra el balasto y realice una observación del dispositivo. Compruebe los siguientes puntos.
 - Calidad y tipo de tecnología en el montaje.
 - Observe la distribución de componentes, tratando de ubicar zonas calientes.
 - Controle los diodos rectificadores y su correcto dimensionamiento para el tipo de balasto.
 - Controle la temperatura máxima de operación indicada en los capacitores electrolíticos.
 - Determine si se trata de un balasto autoexcitado (toroide).
 - Determine si el balasto usa MOSFET o Bipolares.
 - Controle la terminación del inductor resonante de salida, tipo de bobinado y aislación.
 - Trate de definir si posee dispositivos de protección.
 - Trate de analizar el tipo de circuito de salida.
4. Realice mediciones de los parámetros de entrada y salida, a intervalos de tiempo predefinidos, siguiendo una secuencia de medición con todos los instrumentos conectados en el mismo momento y registrando los datos sobre una tabla. Esta medición debe ser realizada al menos por 90 minutos.
5. Realice mediciones con el osciloscopio sobre la corriente de entrada con el fin de controlar la forma de onda y detectar alta frecuencia modulada en la señal de entrada.
6. Tome mediciones de temperatura sobre los siguientes componentes:
 - Capacitores electrolíticos.
 - Componentes de potencia.
 - Inductores y toroides.
 - Resistencias de potencia.
 - Temperatura ambiente interna del balasto.
7. Compruebe las condiciones transitorias de encendido.
 - Tensión sobre lámpara.
 - Tensión sobre filamentos.
 - Corriente transitoria de entrada.
 - Duración del ciclo de encendido.
8. Realice ensayos de vida siguiendo las indicaciones de las normas.
9. Analice los resultados.
10. Redacte conclusiones.

EJEMPLO DE MEDICIÓN.

Descripción del balasto.

El diseño de este balasto corresponde a los mismos lineamientos del modelo de 2 X36 [W]. Es decir es el mismo tipo de diseño pero con un solo circuito de salida.

Debido a que el balasto se sometió accidentalmente a condiciones de transitorios de línea podemos decir que el balasto se encuentra protegido desde la entrada, sin embargo interrumpió su funcionamiento.

Debe notarse un error de impresión en la etiqueta, ya que el balasto esta indicado para uso con lámpara de 36 W T, sin embargo se indica un consumo de línea de 32 [W], siendo el consumo real de 38 [VA]

Parámetros eléctricos medidos.

Se realizaron mediciones de los parámetros eléctricos a lo largo de periodos de 90 minutos.

V línea	I línea	P Ap.	I Lum.	Frec.	V Lamp.	I lamp.	Ip Lamp.	FC.	Tiempo.
220 [V]	150 [mA]	33 [VA]	202 [Lux]	24.6[KHz]	75.9 [V]	382[mA]	530[mA]	1,38	0
223 [V]	171 [mA]	38.1[VA]	334 [Lux]	25.8[KHz]	94.5 [V]	359[mA]	492[mA]	1,37	5
223 [V]	172 [mA]	38.3[VA]	338 [Lux]	25.9[KHz]	95.5[V]	359[mA]	492[mA]	1,37	10
222 [V]	173 [mA]	38.4 [VA]	340 [Lux]	25.9[KHz]	95.5 [V]	361[mA]	492[mA]	1,36	15
223 [V]	172 [mA]	37.84[VA]	333 [Lux]	25.9[KHz]	95.7[V]	360[mA]	492[mA]	1,36	20
224 [V]	171 [mA]	38.3 [VA]	338 [Lux]	25.9[KHz]	95.2 [V]	360[mA]	492[mA]	1,36	30
225 [V]	168 [mA]	37.8[VA]	325 [Lux]	25.8[KHz]	95.2[V]	362[mA]	492[mA]	1,37	40
226 [V]	170 [mA]	38.4 [VA]	335 [Lux]	25.9[KHz]	93.7 [V]	358[mA]	496[mA]	1,37	50
225 [V]	170 [mA]	38.2 [VA]	331 [Lux]	25.8[KHz]	94.9[V]	358[mA]	492[mA]	1,37	60
226 [V]	168 [mA]	36.1 [VA]	335 [Lux]	25.9[KHz]	94.4 [V]	360[mA]	492[mA]	1,36	70
227 [V]	168 [mA]	38.1 [VA]	333 [Lux]	25.8[KHz]	95.2 [V]	360[mA]	492[mA]	1,36	80
227 [V]	167 [mA]	37.9 [VA]	330 [Lux]	25.8[KHz]	94.5[V]	360[mA]	492[mA]	1,36	90

Otros datos de relevancia.

Rendimiento lumínico promedio: 99.6 %

Medición obtenida usando balasto convencional línea europea a 220 [V] de línea, temperatura ambiente 21 [°C]

Análisis de armónicos, corriente de entrada.

THD (corriente): 11.68 %.

Forma de onda de corriente

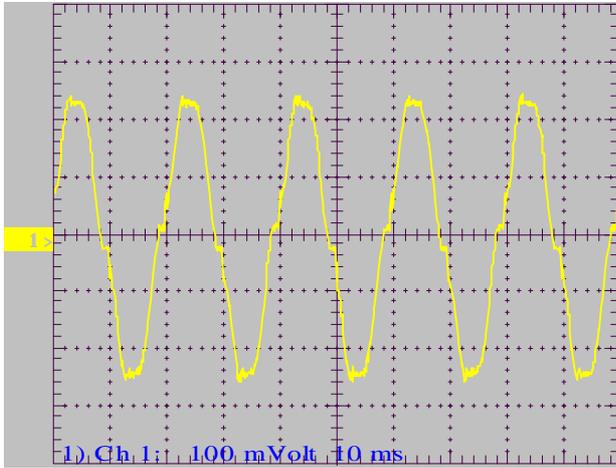
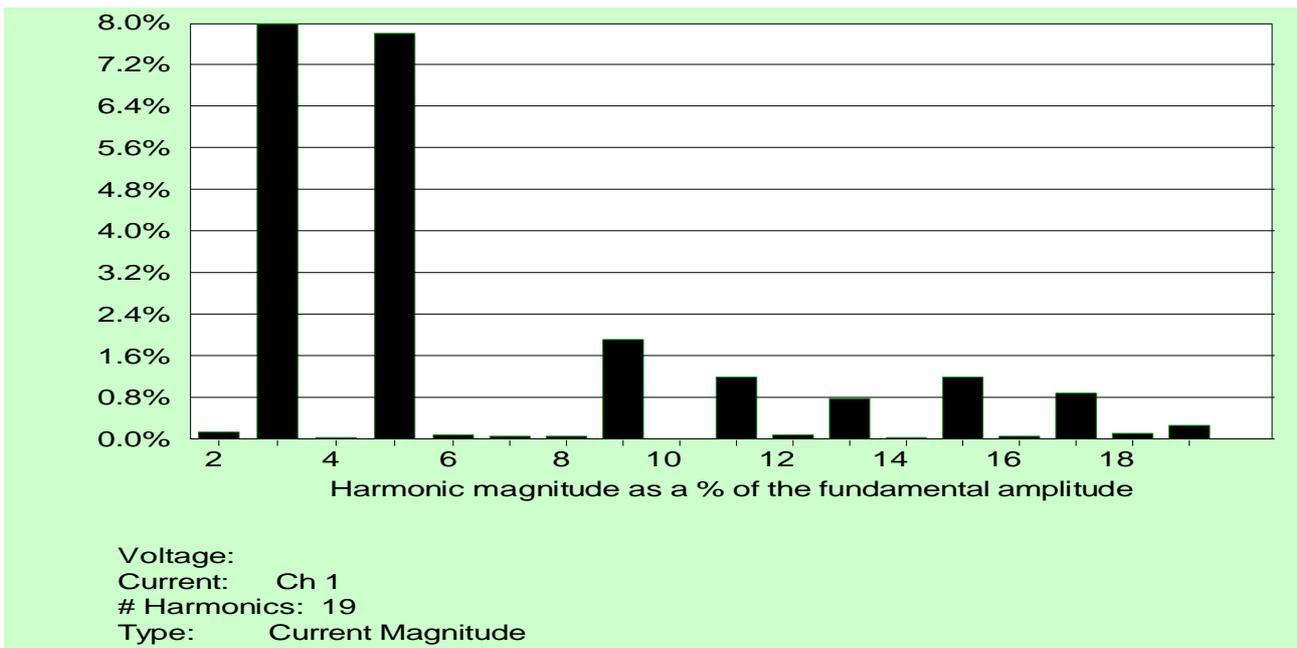
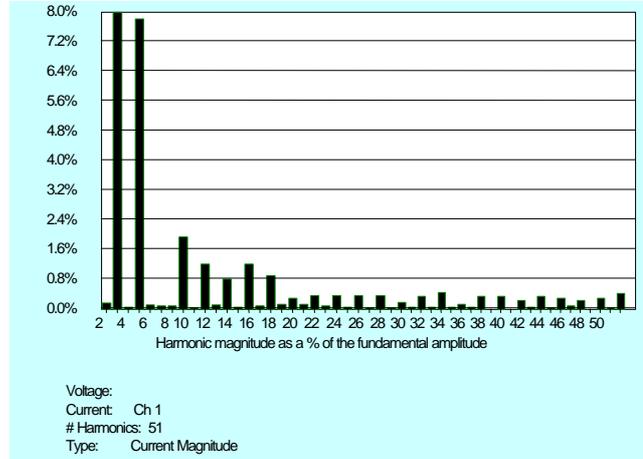
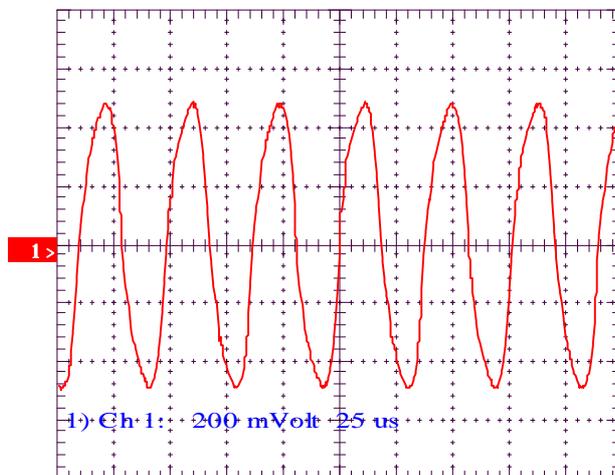


Gráfico armónicas de corriente.

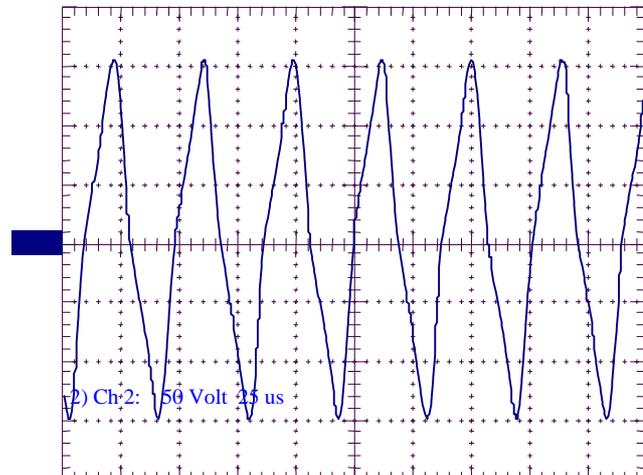


Señales sobre la lámpara.

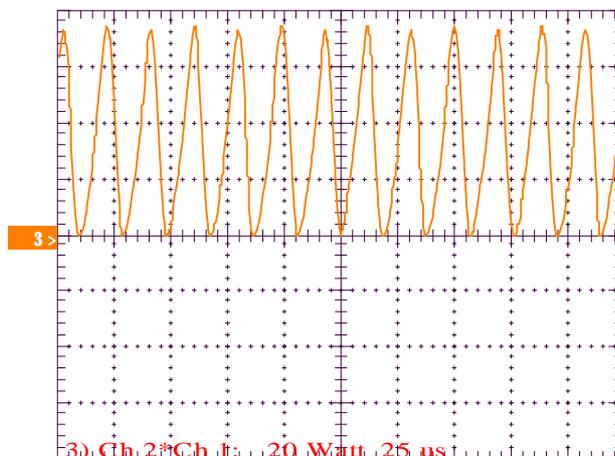
Corriente de lámpara.



Tensión de lámpara.



Potencia instantánea sobre la lámpara.



Voltage: 94.6 Volts
Power Factor: 983 m
Instantaneous Power: 33.3 Watts
Current: 358 mAmps
Reactive Power: 33.9 VA
Power Voltage THD : 18.26%
Current THD: 11.86%

Conclusiones parámetros eléctricos.

- El balasto, en contraposición con el modelos de 2 X 36 [W], presenta un nivel de corriente de lámpara excesivo. Sin embargo esto no se traduce en un elevado nivel de iluminación. Por otra parte consultando los gráficos de tensión corriente y potencia sobre la lámpara puede observarse que la potencia de salida instantánea es de 33,9 [VA], es decir que el balasto tiene una disipación propia de 5 W, lo que hace una eficiencia del 86 %. Esta resulta un poco baja para un balasto electrónico.
- Existe una deriva en frecuencia desde el encendido produciendo una notable disminución de la corriente por la lámpara. Esto puede obedecer a consideraciones de diseño o a problemas en la fijación de la misma por tratarse de un balasto realimentado por toroide.
- El comportamiento general del balasto en relación con los parámetros medidos demuestra un comportamiento poco coherente ya que el nivel de luz es bajo respecto al elevado nivel de corriente. Balastos similares presentan corrientes del orden de los 340 [mA] máximos para lograr niveles de iluminación similares.

Análisis térmico.

Se realizaron mediciones de temperatura sobre el núcleo de salida, no encontrándose diferencias sustanciales respecto del comportamiento correspondiente al modelo de 2 X 36 W, ya que la temperatura final de esto fue de 75.3 °C mientras que el de lámpara simple llegó a 70 °C, pero con una temperatura ambiente 4 °C inferior.

Conclusiones:

- Desde un punto de vista térmico, el balasto es marginalmente estable, pero con un mayor margen de seguridad debido a la menor temperatura que toma la carcasa exterior. El componente más expuesto a estos elevados valores de temperatura es el inductor de salida, en el cual podemos suponer un bajo nivel de pérdidas en el núcleo por histéresis debido al bajo factor de cresta en la corriente de lámpara pero un muy alto nivel de pérdidas en el alambre de bobinado. Este último compuesto solamente por un solo alambre.

Sugerencias.

Poseyendo más de una muestra sería aconsejable realizar pruebas de protecciones y térmicas a 50 °C dentro del horno.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE BALASTOS ELECTRÓNICOS.

¿Por qué usar un balasto electrónico?

Responder a esta pregunta es sin dudas el primer criterio de selección de un balasto y si bien existen más que importantes razones para seleccionarlo solo una es la que tiene mayor peso, el ahorro energético.

Como responder a esta pregunta en cierta medida pasa por vender este tipo de dispositivos creo es conveniente hacer ver el argumento que esgrime una de las más importantes empresas multinacionales para su comercialización.

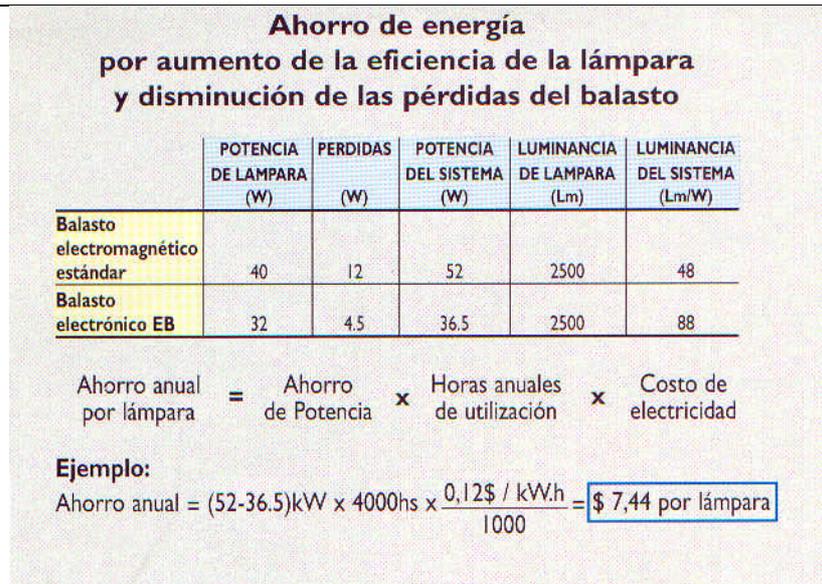


Fig. 39.

Una vez convencido de las bondades energéticas de este tipo de dispositivo podemos comenzar a analizar los criterios para seleccionar un balasto adecuado.

Uso específico del balasto.

A la hora de definir cual es el balasto mas adecuado para una aplicación específica, conviene definir cual es esta aplicación. Básicamente podemos definir dos situaciones, balastos para uso continuo o balastos para uso alterno, donde la primera condición la podemos definir como un balasto que será usado con no mas de 5 encendidos por día. La otra puede ser encuadrada como la condición en la que el sistema puede ser conmutado libremente.

Lógicamente la primera condición es bastante habitual en comercios, supermercados, fábricas y todos aquellos lugares que por necesidad o cuestiones de tipo constructivo, no pueda ser usada la luz natural.

Como se mencionó anteriormente, existen dos grupos de balastos los instant start y los pre heat, los primeros aplicables al uso continuo los segundos al uso en conmutación.

Condiciones de trabajo.

Al analizar la implementación de instalaciones con el uso de balastos electrónicos, deberán ser tenidas en cuentas diferentes condiciones de trabajo, algunas de las cuales enumeramos a continuación.

1. Temperatura del lugar: Es importante tener en cuenta las condiciones térmicas del ambiente en las cuales operará el balasto ya que estas pueden limitar su aplicación. Por ejemplo sería prácticamente imposible usar un balasto electrónico convencional dentro de una cámara frigorífica ya que sería muy difícil arrancar el tubo. Por el contrario usar un balasto en una luminaria que se encuentra a pocos centímetros de un techo de zinc con temperaturas exteriores de 45 °C sería condenarlo a su destrucción.
2. Contenido armónico y radiofrecuencia: la mayor parte de los balastos presentan un alto nivel de contenido armónico, estos inicialmente deberán ser rechazados por no cumplir con las normas, sin embargo balastos con un bajo contenido de armónicos y factor de potencia compensado pueden presentar pequeñas corrientes de descarga a tierra, lo que hace que en instalaciones de gran cantidad de estos artefactos produzcan inconvenientes sobre la instalación eléctrica. La

radiofrecuencia emanada por los cables de conexión a la lámpara y el mismo tubo pueden causar interferencia en sistemas informáticos o transmisión de radio.

3. **Mantenimiento:** este es uno de los puntos críticos, donde un buen balasto se diferencia de los demás, la mayor parte de los balastos no cumplen con las normativas referentes a las protecciones, por lo que como principal solución los fabricantes buscan destruir prematuramente los filamentos con el circuito de salida. Esto obliga a tareas de reemplazo de lámparas que en algunos casos se debe realizar antes de lo que se debería con balastos convencionales. Sin embargo tome usted un tubo agotado por un balasto convencional, conéctelo a un electrónico y verá que este dura un buen tiempo más.
4. **Peso de la luminaria:** este es un aspecto que juega a favor de los electrónicos por su escaso peso.

Calidad y prestaciones.

Estos dos aspectos solo pueden ser definidos mediante un proceso de medición como el que explicamos anteriormente. Con una medición metódica que compruebe el cumplimiento de las normas y el reconocimiento de los componentes internos utilizados, diferenciar la calidad de sus fabricantes, nos permitirá realizar una selección satisfactoria. De todas formas evaluar una muestra en condiciones normales de funcionamiento nunca estará por demás.

Garantía y respaldo.

Buscar siempre que el proveedor pueda dar respuesta rápida ante inconvenientes derivados del uso correcto o incorrecto de sus dispositivos, esto implica, que sea capaz de brindar una explicación rápida y concreta ante una eventual falla, la cual no necesariamente pudo haber tenido su origen en el balasto.

Bibliografía.

- Rashid M. - *Electrónica de potencia, circuitos, dispositivos y aplicaciones*. Prentice Hall, segunda edición 1993.
- Gualda - Martinez - Martinez. *Electrónica industrial: técnicas de potencia*. Marcombo, segunda edición 1992.
- Milach – Rossi. *Electronica Industriale*. Calderini – seconda edizione 1991.
- SGS Thomson. Notas de aplicación: AN 880 / AN 667 / AN 830 / AN 824.
- Siemens AG. Nota de aplicación: AT2 9402E – M Herfurth.
- International Rectifier. Notas de aplicación: DT98 –1.
- Power Innovation. High Voltage Transistors For Lighting – Data Manual 1997.