

Capítulo 7

ARRANCADOR PARA LÁMPARAS DE DESCARGA PROPUESTO: ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Los arrancadores son subsistemas eléctricos o electrónicos de un balasto que permiten suministrar el elevado nivel de tensión inicial necesario para que comience la descarga. Además, la alta tensión inicial debe cumplir unos requerimientos energéticos de modo que pueda asegurarse que siempre va a conseguirse arrancar la lámpara. El arrancador presentado se basa en el uso de dispositivos pensados para protección de equipos ante sobretensiones en la red. Con estos dispositivos es posible conseguir pulsos de tensión lo suficientemente elevados como para arrancar la lámpara. Por ello se propone un completo análisis del arrancador propuesto, así como un método de diseño que permita obtener un arrancador práctico.

Índice del Capítulo

7.1	INTRODUCCIÓN	7-3
7.2	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	7-4
7.2.1	FUNCIONAMIENTO DEL SIDAC	7-4
7.3	CIRCUITO DE ARRANQUE PROPUESTO	7-6
7.3.1	SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO.....	7-7
7.3.1.1	Fase I	7-7
7.3.1.2	Fase II	7-8
7.3.1.3	Fase III	7-9
7.3.2	FUNCIONAMIENTO ANTE FALLO O AUSENCIA DE LÁMPARA	7-10
7.4	DISEÑO DEL CIRCUITO PROPUESTO	7-12
7.5	PROTOTIPO CONSTRUIDO.....	7-15
7.6	CONEXIÓN AL INVERSOR	7-17
7.7	RESULTADOS EXPERIMENTALES	7-19
7.8	CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS	7-21
7.9	REFERENCIAS	7-22

7.1 INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas en la iluminación electrónica es conseguir de manera fiable el encendido de la lámpara.

Como se justificó anteriormente, las lámparas de descarga necesitan una tensión inicial para comenzar la descarga de una amplitud y duración apropiadas [5], [4], [7]. Algunos tipos de inversores electrónicos, como por ejemplo determinado tipo de inversores resonantes, presentan capacidad intrínseca de encendido si se diseñan adecuadamente (tensiones de salida muy elevadas en vacío).

Si el inversor utilizado para alimentar la lámpara es un tanque resonante, se tienen dos posibles soluciones para aprovechar las características de encendido del propio inversor. La primera posibilidad sería utilizar un solo tanque resonante, variando la frecuencia de funcionamiento para proporcionar tensión elevada en vacío y tensión adecuada para la alimentación en el permanente. Otra solución sería emplear dos tanques resonantes distintos, uno para el arranque y otro para el permanente [1], [7]. El principal inconveniente de la primera posibilidad es que los elementos reactivos del tanque deben estar dimensionados para los elevados esfuerzos iniciales (para evitar saturación o perforación) y para el permanente (pérdidas), por lo que resultan de gran tamaño y peso. La segunda opción permite optimizar el tamaño de cada elemento, pero multiplica el número de estos y precisa además de un elemento conmutador entre ambos tanques, que penaliza la fiabilidad del balasto.

Sin embargo, en el caso de los inversores tratados en el presente trabajo (inversores no resonantes), no se dispone de esta capacidad de elevadas tensiones de salida en caso de carga infinita. Así, debe emplearse un arrancador electrónico externo que proporcione esta tensión de salida inicial

Un primer requisito del arrancador necesario es que pueda adaptarse a cualquiera de los inversores estudiados en el presente trabajo, de manera que sea fácil utilizar el mismo dispositivo para varios inversores. Además, una vez que la descarga en el gas ha comenzado, el arrancador debe ser transparente al equipo y a la lámpara.

El circuito propuesto proporciona capacidad de encendido de la lámpara con pocos componentes (resistencias, condensadores y un pequeño transformador) y con muy pocos dispositivos de estado sólido (dos diodos y un *sidac* [10]). Se ha desarrollado un arrancador sin componentes que penalicen la fiabilidad del mismo (interruptores controlados, relés, etc.).

7.2 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Los dispositivos que se han empleado en el desarrollo de este arrancador son unos dispositivos de protección ante sobretensión denominados sidacs. Sin embargo, cabe decir que puede utilizarse cualquier otro dispositivo susceptible de proporcionar un escalón de tensión (de unos pocos cientos de voltios a 0 V) en el momento en que una señal alcanza un umbral. Así, puede utilizarse casi cualquier semiconductor (transistores, tiristores, diacs, etc.) Sin embargo, se justifica el uso de estos elementos una vez se presente comportamiento funcional de los mismos y el principio de funcionamiento del arrancador.

7.2.1 Funcionamiento del Sidac

Son los dispositivos que se utilizarán en el arrancador propuesto como generadores de un pulso de alta tensión. Los símbolos eléctricos de este dispositivo pueden verse en la figura 7.1.

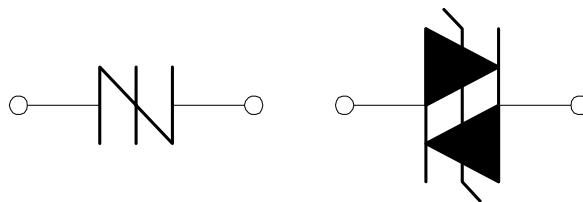


Figura 7.1. Símbolos del Sidac

El comportamiento eléctrico del dispositivo puede observarse en la figura 7.2. El sidac presenta dos modos principales de funcionamiento, como cortocircuito y como circuito abierto (modos *on* y *off*, respectivamente). Cuando el sidac está en modo *off*, presenta una impedancia de salida muy elevada, con lo que no afecta al circuito al que esté conectado en paralelo. Si esta tensión de modo *off* supera un determinado valor, V_S , el sidac experimenta una ruptura, proporcionando un funcionamiento como cortocircuito (modo *on*) hasta que la corriente por el dispositivo se interrumpe o llega a ser menor que la corriente de mantenimiento del sidac, I_H . Una vez que se da esta condición, el comportamiento vuelve a ser el de alta impedancia (modo *off*) [10].

La característica de estos dispositivos utilizada para encender lámparas de descarga es la capacidad de proporcionar un pulso de tensión desde la tensión de ruptura (V_S) a cero. En este caso, el pulso comienza cuando la tensión por la lámpara alcanza un valor determinado (el valor de ruptura del sidac). Este principio de funcionamiento puede utilizarse, como se ha mencionado anteriormente, con otro tipo de dispositivos de estado sólido (scr's, triacs, mosfets) si el nivel de ruptura se fija al

mismo nivel de tensión de lámpara (mediante divisores de tensiones en la circuitería de gobierno de los dispositivos escogidos).

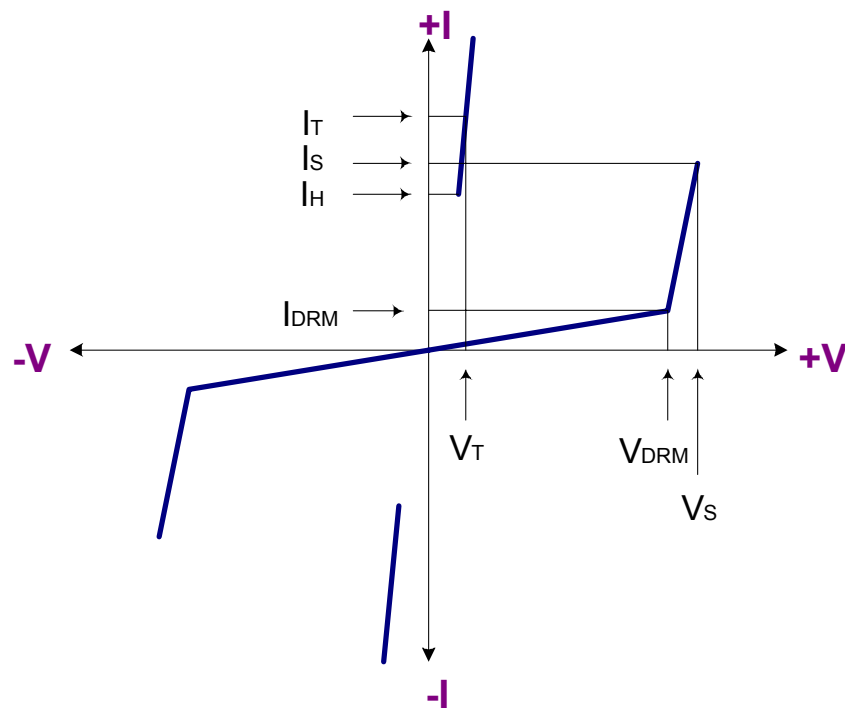


Figura 7.2 Características tensión-corriente de un Sidac.

7.3 CIRCUITO DE ARRANQUE PROPUESTO

En un sistema electrónico de alimentación de lámparas de descarga, los balastos electrónicos presentan diferentes etapas de manejo de energía. Estas etapas son generalmente un filtro EMI de entrada, un puente de diodos, un rectificador de entrada (que puede o no realizar una corrección del factor de potencia), el bus de continua y el inversor de alta frecuencia que alimenta la lámpara. Además, existe una o varias etapas de control que gobiernan el funcionamiento de las etapas de potencia (ver figura 7.3). El arrancador debe situarse conectado a la lámpara, por lo que de cara al diseño del mismo interesa más tener en cuenta únicamente el inversor y considerar todo lo que está antes como una fuente de tensión (figura 7.4).

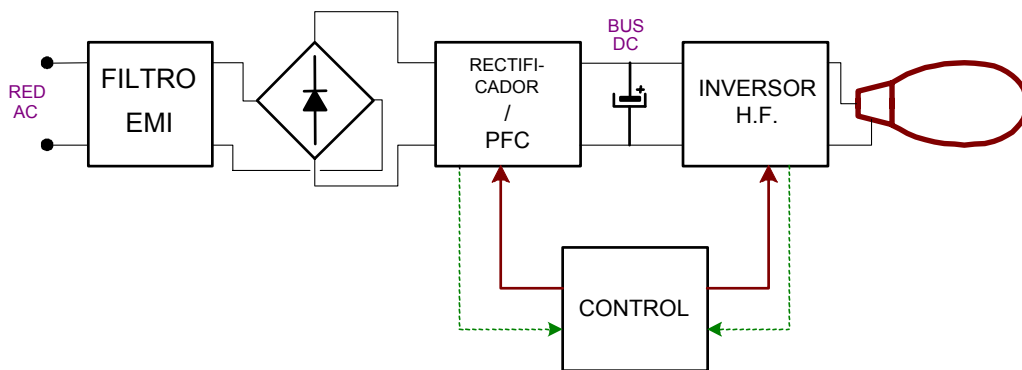


Figura 7.3. Etapas de un balasto electrónico

En la figura 7.5 se muestra un diagrama del arrancador propuesto. El sidac es el elemento marcado como S. Puede apreciarse cómo el principio de funcionamiento del arrancador será conseguir que el sidac experimente una ruptura de tensión y transmitir este pulso, a través del transformador *TR*, a la lámpara.

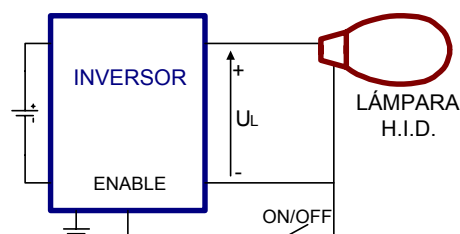


Figura 7.4 Inversor desde fuente de tensión alimentando una lámpara de descarga

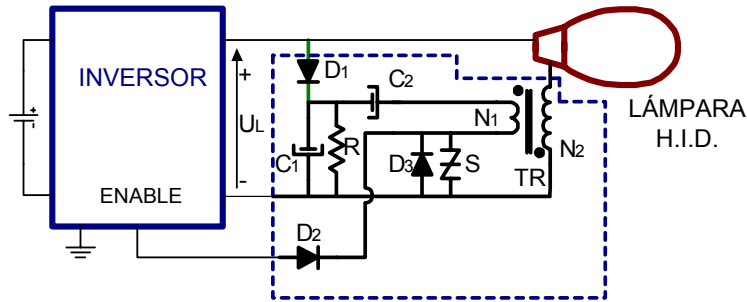


Figura 7.5 Arrancador propuesto conectado al sistema balasto-lámpara

Un diagrama simplificado del arrancador (solo teniendo en cuenta los principales elementos funcionales del mismo) puede verse en la figura 7.6.

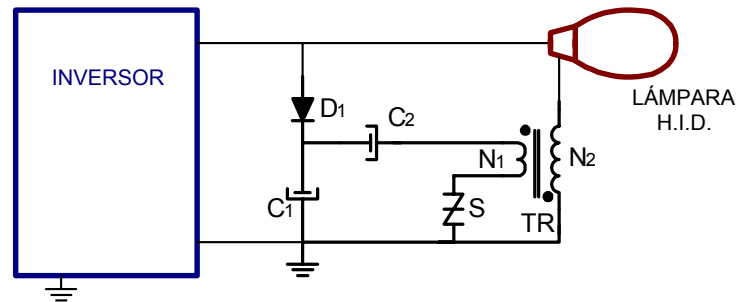


Figura 7.6 Esquema simplificado del arrancador propuesto.

7.3.1 Secuencia de Funcionamiento

Así, la secuencia de funcionamiento del arrancador da lugar a tres fases en el arranque de la lámpara. Las principales formas de onda obtenidas en el circuito pueden observarse en la figura 7.10. En dicha figura puede observarse la evolución en un arranque normal de las tensiones en el inversor, en la lámpara, en los condensadores C_1 y C_2 , y en el sidac, así como la corriente por el sidac (corriente que coincide con la que circula por el primario del transformador y por el condensador C_2).

7.3.1.1 Fase I

La fase I comienza con la lámpara apagada y la conexión del balasto. Inicialmente, el sidac está en estado *off*, los condensadores C_1 y C_2 descargados y el inversor comienza a trabajar (ver figura 7.8). Comienza a circular entonces una corriente a través del diodo D_1 que carga el condensador C_1 . La resistencia R_1 de la figura 7.5 es de valor óhmico muy elevado y pretende únicamente evitar que la tensión

en C_1 alcance valores peligrosos cuando se llegue al permanente. Esta resistencia, por tanto, puede modelarse como circuito abierto durante el arranque.

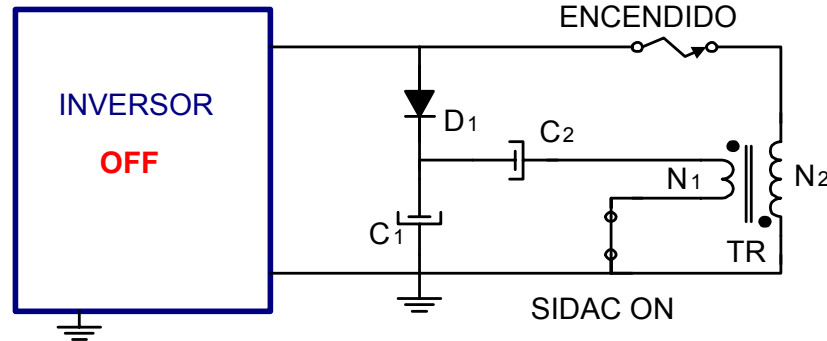


Figura 7.7. Diagrama de la fase II.

El sidac se comporta en la fase I como un circuito abierto, siempre y cuando $V_{SIDAC} < V_{DRM}$. Sin embargo, cuando $V_{DRM} < V_{SIDAC} < V_S$, la corriente a través del sidac crece desde $I_{DRM} \cong 0$ hasta I_S . Para que el arrancador funcione correctamente, la tensión en bornes de C_1 debe continuar aumentando, pero la tensión en C_2 debe permanecer prácticamente nula (para asegurar que $V_{C1} \cong V_{SIDAC}$). Por esta razón, C_2 se escoge con una capacidad muy superior a C_1 (en los prototipos construidos, al menos $C_2 > 10 \cdot C_1$)

7.3.1.2 Fase II

Cuando V_{SIDAC} alcanza el valor V_S , se produce la ruptura del sidac. Es el instante en el que comienza la fase II (ver figura 7.7). El pulso de tensión de V_{SIDAC} a 0 V se da en el primario del transformador TR. Este transformador debe proporcionar una tensión elevada en bornes de la lámpara, por lo que la relación de transformación debe ser lo suficientemente elevada.

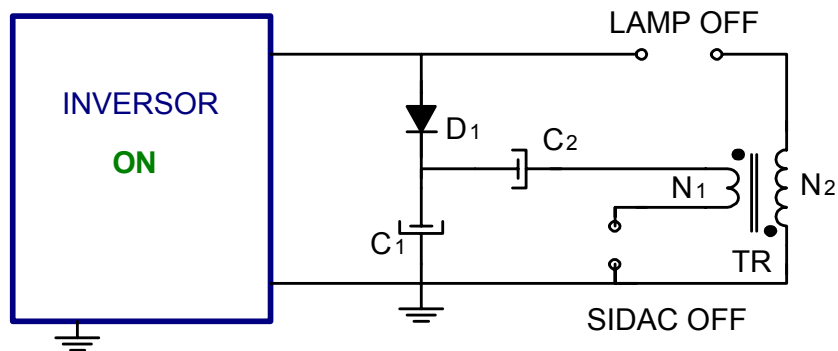


Figura 7.8 Diagrama de la Fase I

Cuando el sidac se encuentra en modo *on*, se tiene un comportamiento de cortocircuito a través del diodo D_1 , el primario del transformador TR , C_2 (recuérdese que $V_{C2} \cong 0$ en la fase I) y el propio sidac. Debe deshabilitarse el inversor en este instante, para evitar un cortocircuito a través de los interruptores de potencia del inversor. Esto puede conseguirse utilizando una señal lógica en el ánodo del diodo D_2 :

$D_2 \text{ on} \rightarrow V_{\text{ANODO } D_2} \cong \text{"LOW"} \rightarrow \text{sidac on} \rightarrow \text{ENABLE OFF}$

$D_2 \text{ off} \rightarrow V_{\text{ANODO } D_2} \cong \text{"HIGH"} \rightarrow \text{sidac off} \rightarrow \text{ENABLE ON}$

Una vez que el inversor ha sido deshabilitado, la tensión en C_2 comienza a aumentar. Cuando la corriente a través de C_2 (en serie con el sidac) disminuye hasta un valor por debajo del de la corriente de mantenimiento, I_H , el sidac pasa de nuevo al modo *off*. En ese instante comenzaría la fase III.

La corriente debe alcanzar un valor inferior al de mantenimiento desde I_S en un intervalo de tiempo determinado. Como cualquier dispositivo que maneja potencia, los sidacs tienen unas especificaciones de sobrecorriente y sobretensión (*surge ratings*, [10]). Estas constantes de tiempo se utilizan para designar el valor de C_2 y, por consiguiente, de C_1 y R_1 .

7.3.1.3 Fase III

Al iniciarse la fase III, la lámpara ya está encendida, y el sidac está en modo *off*. Por tanto, la señal de inhabilitación es tal que el inversor vuelve a funcionar como en el modo I (ver figura 7.9). El diseño del arrancador debe ser tal que el circuito R_1 - C_1 y las inductancias magnetizante y de dispersión del transformador deben ser tales que en permanente el sidac no alcance nunca el valor umbral V_{DRM} .

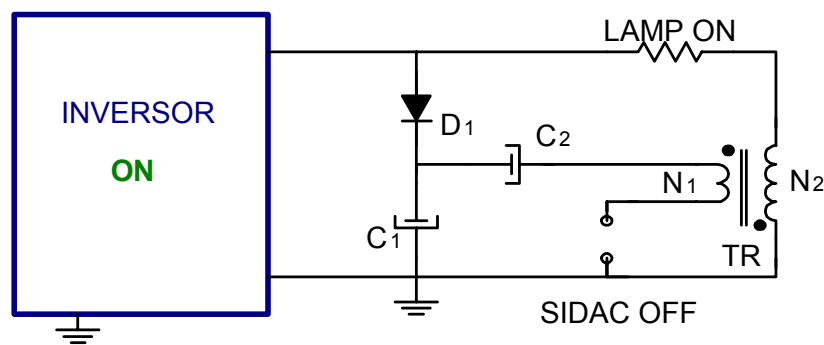


Figura 7.9. Diagrama de la fase III

En este instante, la tensión en C_1 iguala a la tensión en el sidac más la tensión en el condensador C_2 , puesto que, del circuito, se tiene siempre que

$$V_{C1} = V_{C2} + V_{\text{SIDAC}} \quad \text{ec. (7.1)}$$

Este C_2 comienza a descargarse lentamente (con respecto a la frecuencia de conmutación) a través del sidac y del diodo D_3 (debido a corrientes de pérdidas), por lo

que la tensión del sidac comienza a aumentar de nuevo. Sin embargo, el límite de esta tensión está ahora en la tensión rectificada obtenida a la salida del inversor. Por ello, si esta tensión (que va a ser la de permanente de la lámpara) es menor que la tensión V_S , se asegura que el sidac no genere pulsos en funcionamiento en régimen.

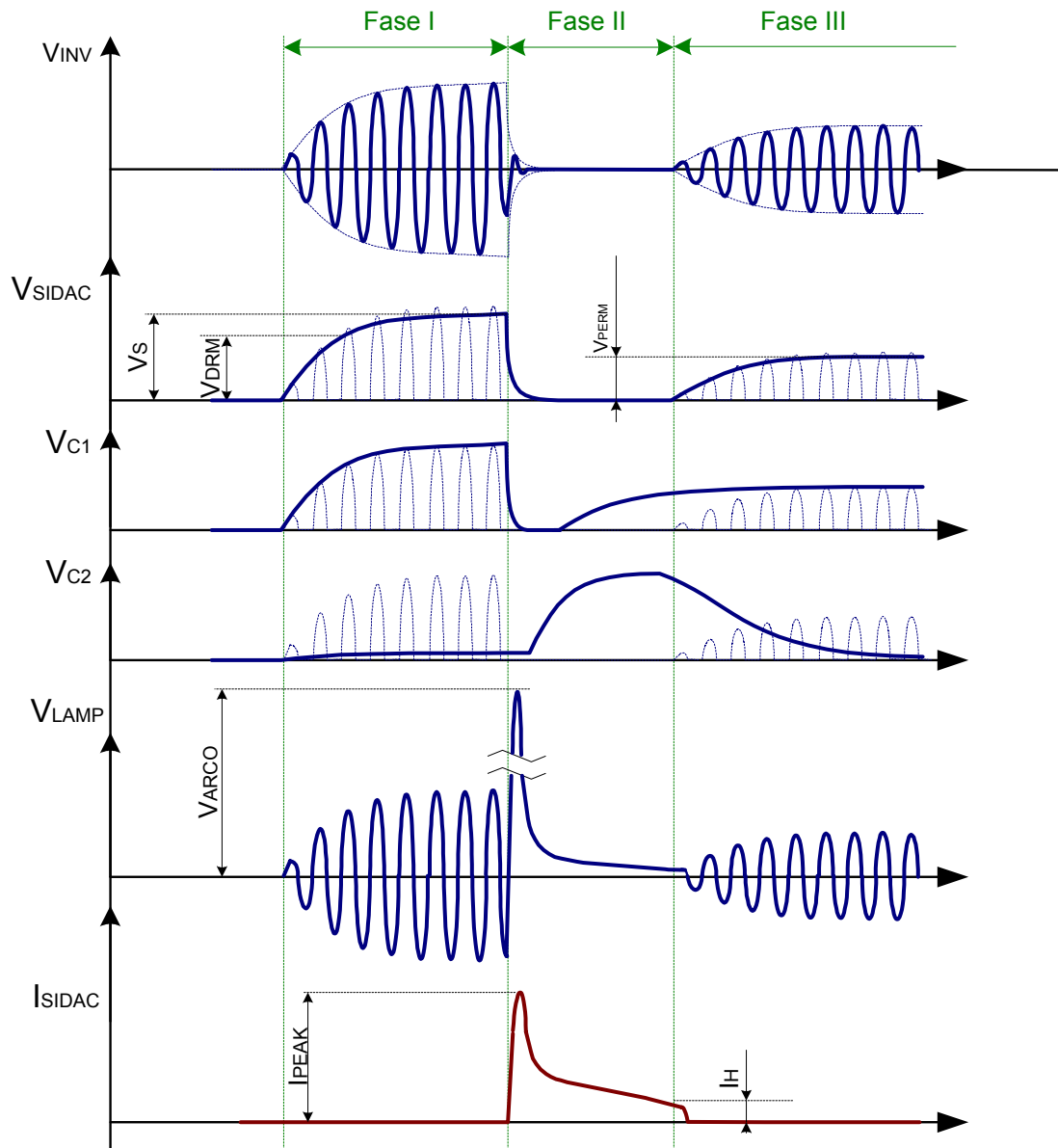


Figura 7.10. Principales formas de onda en el circuito durante un arranque.

7.3.2 Funcionamiento ante Fallo o Ausencia de Lámpara

Es necesario comprobar qué ocurre cuando no hay lámpara conectada a la salida del inversor (o la lámpara conectada es defectuosa). Se explica a continuación cómo evoluciona el circuito propuesto si no se produce el encendido de la lámpara tras el primer pulso de tensión.

Tras este primer pulso, la tensión en el sidac es prácticamente nula, y la corriente por el mismo comienza a disminuir mientras C_2 se carga, al igual que en la fase II con lámpara encendida (ver figura 7.10). Análogamente a lo que ocurría con lámpara encendida, el sidac se apaga cuando la corriente a través del mismo es inferior a la de mantenimiento, I_H .

Al igual que en el caso anterior, la tensión por el sidac comienza a aumentar mientras la tensión en el condensador C_2 disminuye. Como no hay lámpara, la tensión del inversor es la de vacío, con lo que tarde o temprano la tensión en el sidac volverá a superar el valor umbral, dando lugar a un nuevo pulso de arranque en la lámpara.

Por tanto, en caso de fallo de lámpara o de no presencia de la misma, el circuito intrínsecamente presenta reintentos con una frecuencia lenta (y que depende de corrientes parásitas de los elementos empleados).

Puede implementarse fácilmente un sistema más complicado de protección que deshabilite los pulsos de arranque tras un número determinado de intentos fallidos. Recuérdese que existe un nivel lógico de monitorización del estado del sidac (señal del ánodo de D_2) que puede utilizarse como variable a introducir en un controlador que gestione el número de intentos de arranque [6], [9].

7.4 DISEÑO DEL CIRCUITO PROPUESTO

Cuando la lámpara alcanza el permanente, la tensión en el sidac debe ser los suficientemente baja como para que se mantenga en modo *off*. Así, un parámetro importante a la hora de realizar el diseño del inversor es R_{LAMP} , resistencia equivalente de la lámpara en alta frecuencia. Con este dato y el de la potencia nominal de la lámpara, puede plantearse un método de diseño.

En primer lugar se trata de obtener los parámetros de la lámpara R_{LAMP} (Carga equivalente en alta frecuencia, para los posibles regímenes permanentes a lo largo de la vida de la lámpara) y P_{LAMP} (potencia nominal de la lámpara, obtenida de las características del fabricante). Pueden calcularse, a partir de ellos, los valores de la tensión de pico en la lámpara en el permanente.

Una vez calculados, se toma el valor mínimo de estas diferentes tensiones de permanente (a lo largo de la vida de la lámpara)

El arrancador final no debe proporcionar pulsos de arranque hasta que la tensión en la lámpara sea un valor *sensiblemente* mayor a este valor calculado de $V_{LAMP\ LIM}$. Puesto que el valor que determina la ruptura del sidac es el propio valor V_S , se tiene una condición para la elección del dispositivo:

$$V_{DRM} < V_{LAMP\ LIM} \quad \text{ec. (7.2)}$$

Para lograr un cierto margen de seguridad, se toma en realidad un valor de

$$V_{DRM} \leq 1,5 \cdot V_{LAMP\ LIM} \quad \text{ec. (7.3)}$$

En este punto, puede escogerse ya el sidac que se implementará en el circuito. Del sidac escogido, se tienen en las características, los valores de V_S e I_S . Estos valores son los requerimientos del inversor. Es decir, el inversor debe ser capaz de entregar una corriente de I_S a la tensión V_S . De este modo se asegurará la ruptura del sidac.

La amplitud del pulso de tensión en el primario es igual al valor de V_S . Si la tensión de arco necesaria para arrancar la lámpara es V_{ARC} , puede fácilmente calcularse la relación de transformación máxima permitida:

$$r_{t\ max} = \frac{V_{PRI}}{V_{SEC}} = \frac{V_S}{V_{ARC}} \quad \text{ec. (7.4)}$$

Las inductancias magnetizante y de dispersión del secundario del transformador deben ser lo más bajas posibles, para que no influyan en el comportamiento en el permanente del inversor. Por ello, el número de espiras en el secundario será el más bajo posible que asegure la anterior relación de transformación. Esto puede traducirse como

$$N_{PRI} = 1 \quad N_{SEC} = \frac{1}{r_t} \quad \text{ec. (7.5)}$$

El siguiente paso es calcular el valor de los condensadores C_1 y C_2 . EL máximo valor de corriente por el sidac viene determinado por la tensión a través del mismo y por la resistencia de modo *on* del mismo (ambos parámetros dados por el fabricante). En el instante del pulso, se tiene que

$$V_{SIDAC} \approx V_S \quad \text{ec. (7.6)}$$

$$R_{SIDAC} \approx R_{SON} \quad \text{ec. (7.7)}$$

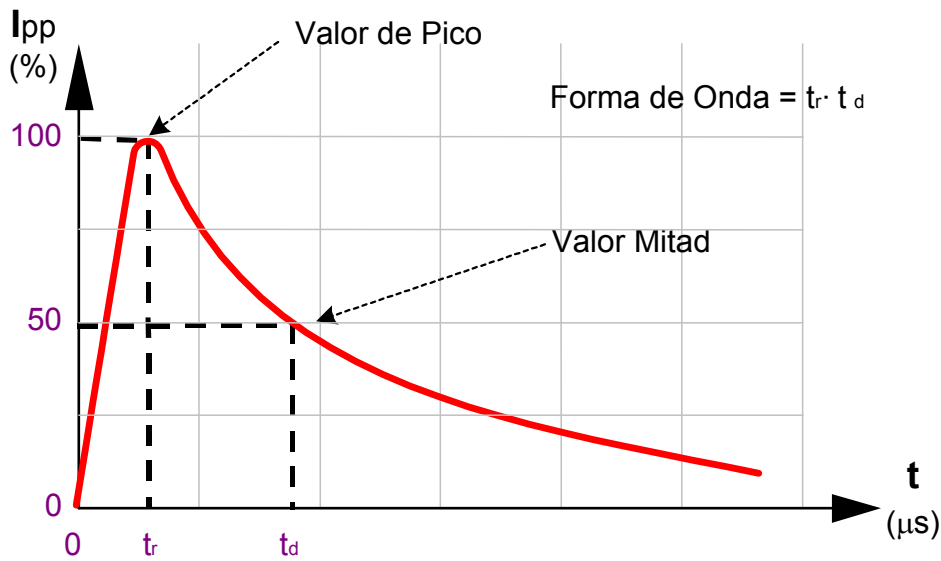


Figura 7.11 Gráficas de surge ratings del sidac

Por lo que

$$I_{SIDAC} = I_{pp} = \frac{V_S}{R_{SON}} \quad \text{ec. (7.8)}$$

Conocida esta I_{pp} puede entrarse en las hojas de características del sidac escogido y buscar el diagrama que relacione las corrientes máximas con los tiempos permitidos para asegurar funcionamiento seguro (*surge ratings*). Aparece una gráfica del tipo de la de la figura 7.11.

La pendiente de subida puede considerarse más lenta que la de las gráficas debido a los elementos parásitos del inversor y del arrancador. Es más crítica la pendiente de bajada. Para apagar el sidac se tiene el condensador C_2 en serie con el mismo. Para dimensionar C_2 , puede partirse del valor t_d , que indica en cuánto tiempo debe pasar la corriente de valor I_{pp} a valer $I_{pp}/2$. Se puede entonces calcular la carga de una red R - C como la de la figura 7.12 que permita cumplir esta especificación.

$$t_d = \frac{1}{R_{S\ ON} \cdot \ln\left(\frac{I_{pp}}{i_{C2}(t=t_d)}\right)} \quad \text{ec. (7.9)}$$

Basta hacer

$$i_{C2}(t=t_d) \leq \frac{I_{pp}}{2} \quad \text{ec. (7.10)}$$

para llegar a la especificación del condensador C_2 :

$$C_2 \leq \frac{t_d}{R_{S\ ON} \cdot \ln(2)} \quad \text{ec. (7.11)}$$

La fuente de tensión V_S de la figura 7.12 modela el comportamiento del inversor, del *snubber* R_1 - C_1 , etc. mientras el sidac permanece en modo *on* (fase II). Este circuito equivalente arroja un valor de I_{pp} más elevado que el real, lo cual proporciona un cierto margen de seguridad en el diseño.

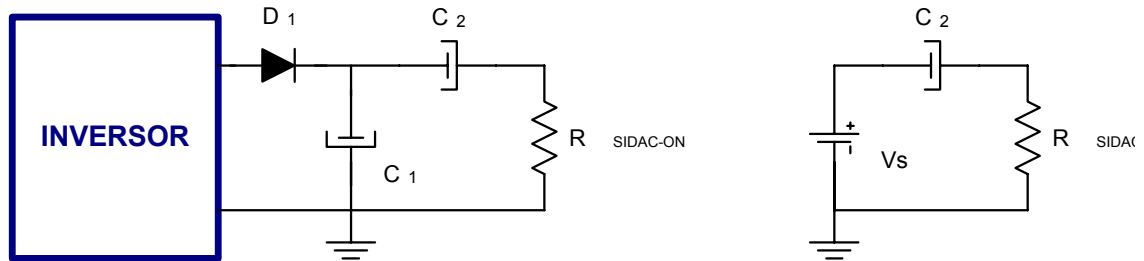


Figura 7.12. Red R-C equivalente de la descarga del sidac

Por otro lado, el valor de C_1 se fija de modo que:

$$C_1 \leq 10 \cdot C_2 \quad \text{ec. (7.12)}$$

La carga transitoria de C_2 puede interferir con el funcionamiento del circuito de potencia si no se coloca el diodo D_3 , que impide que la tensión por C_2 alcance valores negativos (en un transitorio de segundo orden).

7.5 PROTOTIPO CONSTRUIDO

Se ha construido un prototipo de arrancador para lámparas de halogenuros metálicos de 70 W de potencia nominal. La denominación comercial de las lámparas es POWERSTAR HQI-T 70W/WDL UVS. El fabricante es OSRAM. Los datos obtenidos con lámpara nueva tras 100 horas de funcionamiento son los siguientes:

$$P_{LAMP} = 70W$$

$$R_{LAMP} = 100\Omega$$

Se toma como valor de la carga al final de la vida de la lámpara el doble, de donde:

$$R_{LAMPF} = 2 \cdot R_{LAMP} = 200\Omega$$

Así, puede obtenerse el valor de la tensión de pico para lámpara nueva y lámpara vieja:

$$V_{LAMP N} = 85V_{RMS} \rightarrow V_{LAMP N} = 85 \cdot \sqrt{2} V_P = 120V_P$$

$$V_{LAMP F} = 120V_{RMS} \rightarrow V_{LAMP F} = 120 \cdot \sqrt{2} V_P = 170V_P$$

Por tanto, se toma el valor superior que coincide con la situación de lámpara vieja. Con el mencionado coeficiente de seguridad de la ecuación (7.3), se obtiene un valor mínimo para V_{DRM} de:

$$V_{DRM} \geq V_{LAMP F} \cdot 1,5 = 255V_P$$

El sidac escogido es el P3100EA SIDACTOR, cuyo fabricante es Teccor Semiconductors. Este sidac presenta un valor de $V_{DRM} = 275 V$. Otros parámetros interesantes del mismo son $V_S = 350 V$, $R_{SON} = 5 \Omega$.

Un requisito que debe cumplir el inversor para que el arrancador pueda emplearse es que debe poder suministrar una corriente de $I_S = 1 A$ a la tensión $V_S = 350 V_p = 245 V_{RMS}$.

Hay que diseñar ahora el valor de los condensadores C_1 y C_2 .

Fijados los valores de V_S y R_{SON} , puede calcularse I_{PP} directamente de la ecuación (7.8), de modo que:

$$I_{PP} = \frac{350}{5} = 70A$$

Para estar seguros, se toma $I_{PP} = 100 A$ (además, el valor para $I_{PP} = 100 A$ aparece en las hojas de características), con lo que se obtiene un valor de $t_d = 160 \mu s$.

De la ecuación (7.11) se obtiene directamente que

$$C_2 \leq 47\mu 2$$

Puesto que se trata de un condensador de alta capacidad y de alta tensión (al menos de 450 V), va a emplearse un condensador electrolítico. Por tanto, no es necesario utilizar un valor tan elevado. Además, cuanto menor sea el condensador empleado, más rápido será el apagado del sidac. Se toma finalmente $C_2=10\ \mu F$, y, por tanto, $C_1=1\ \mu F$.

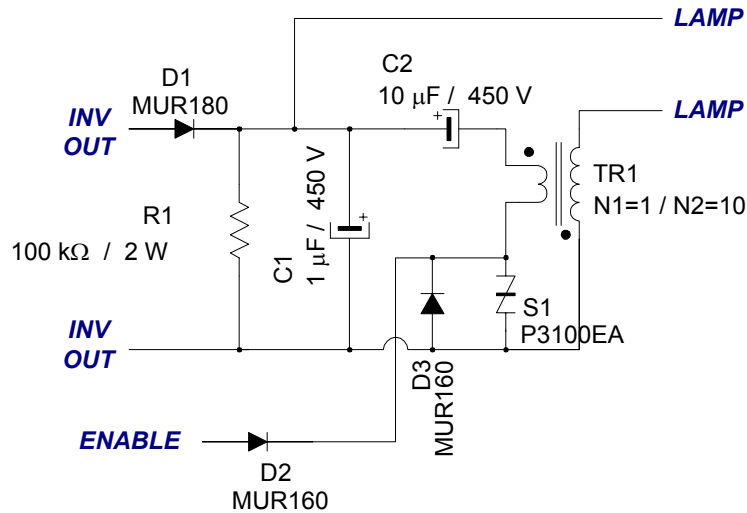


Figura 7.13 Diagrama eléctrico del Arrancador Construido

Resta únicamente calcular el valor de la relación de transformación de TR . Sea $V_{ARC} = 2000\text{ V}$. Entonces, de la ecuación (7.4), se tiene que

$$r_t \leq \frac{1}{6}$$

y se toma $r_t = \frac{1}{10}$, siendo $N_1=1$ y $N_2=10$.

En la figura 7.13 puede verse el diagrama eléctrico final del prototipo construido.

7.6 CONEXIÓN AL INVERSOR

A la hora de probar el arrancador, es preciso tener en cuenta el inversor al que irá conectado. En este sentido, se muestran en las figuras 7.14 y 7.15 la conexión del arrancador propuesto a dos inversores dados. Uno de ellos (figura 7.14) es un inversor resonante (inversor basado en medio puente y tanque resonante serie-paralelo). El otro inversor (figura 7.15) es un inversor resonante (reductor-elevador trabajando como inversor de alta frecuencia), que ha sido ampliamente estudiado en el presente trabajo.

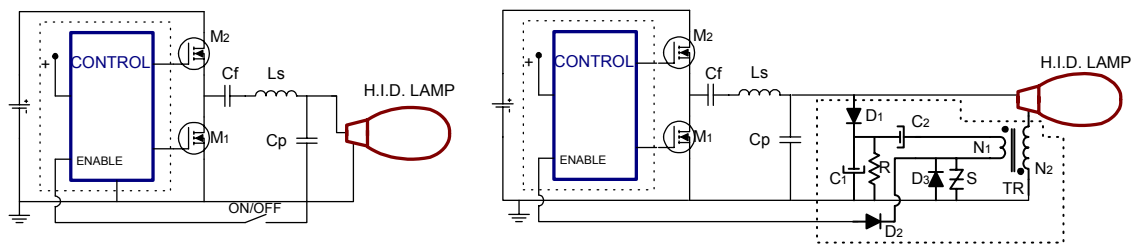


Figura 7.14. Inversor basado en medio puente y tanque resonante serie-paralelo.

Es importante destacar cómo en la figura 7.14 puede observarse que la lámpara está referida a masa. En este sentido, el inversor puede conectarse tal y como se desprendería de la figura 7.13, sin más consideraciones. Estos balastos resonantes suelen construirse mediante el empleo de circuitos integrados comerciales que proporcionan las señales de gobierno de los dos mosfet's del medio puente. Estos integrados suelen poseer una entrada de *ENABLE*, que puede ser conectada al ánodo de D_2 . De hecho en la construcción del prototipo se ha realizado así.

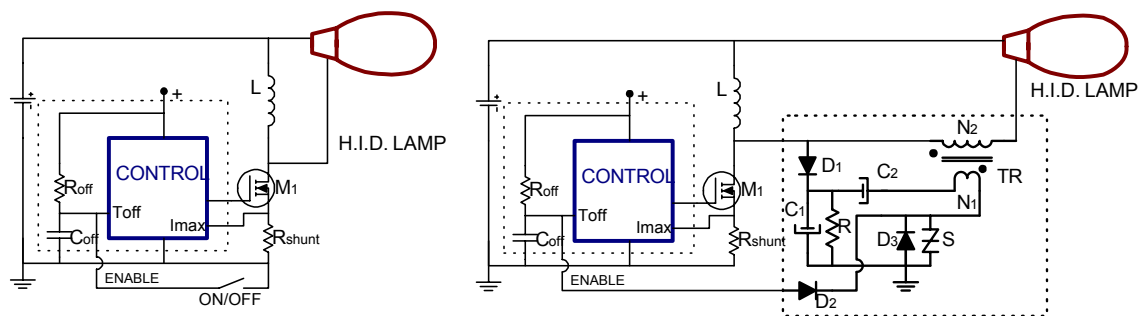


Figura 7.15. Inversor no resonante basado en reductor-elevador trabajando como inversor HF.

En el caso del inversor no resonante, se observa cómo la salida del inversor no está referida a masa. Así, podría conectarse el inversor de un modo análogo al caso anterior, pero con ello se tendrían problemas a la hora de transferir la señal "ENABLE" correspondiente al cátodo del diodo D_2 . Para que ello no ocurra, puede optarse por un montaje equivalente en el cual el sidac está referido a la masa del control del inversor,

con lo que esta señal puede utilizarse directamente (es el montaje implementado en la construcción del prototipo final con el balasto no resonante).

Como ejemplo, el arrancador ha sido implementado sobre un inversor con control por corriente máxima por el interruptor y tiempo de apagado (control $I_{MAX}-T_{OFF}$). En este caso, la habilitación del control puede implementarse cortocircuitando el condensador que fija el periodo máximo T_{off} .

7.7 RESULTADOS EXPERIMENTALES

El prototipo ha sido ensayado con un total de 5 lámparas POWERSTAR HQI-T 70W/WDL UVS de OSRAM. Todas las lámparas se arrancaron con éxito.

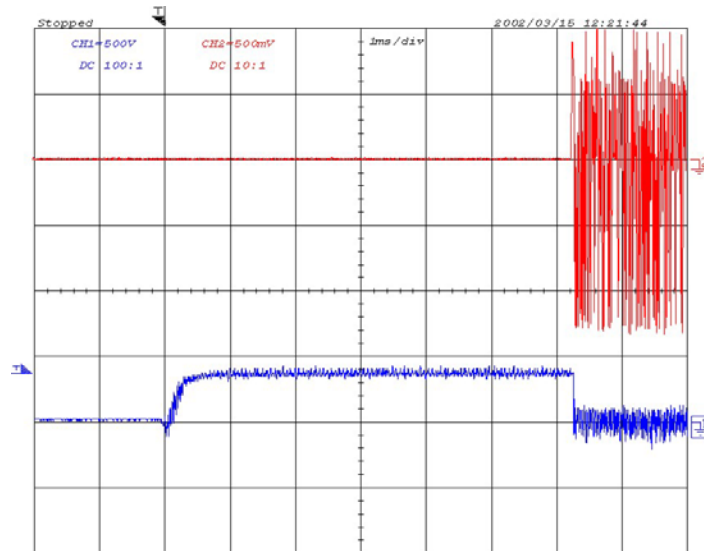


Figura 7.16 Arranque de una lámpara de halogenuros de 70W. La traza roja muestra la corriente por la lámpara. La traza azul muestra la tensión en el sidac.

En la traza azul de la figura 7.16, puede observarse la tensión en el sidac para un arranque de una de estas lámparas. Puede observarse cómo inicialmente la tensión aumenta muy rápido para quedarse luego unos 5 ms. en un valor en torno a los 350V. Esto se debe a la característica $V-I$ del sidac (figura 7.2), concretamente, a la región entre V_{DRM} y V_s , en la que la corriente aumenta desde $I_{\text{DRM}}=0$ a $I_s=1$ A.

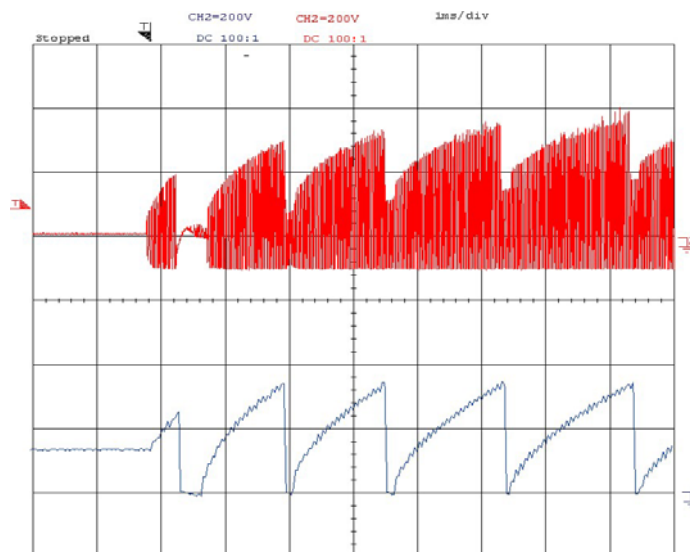


Figura 7.17. Caso de lámpara rota: Traza roja: Tensión en la salida del inversor
Traza azul: Tensión en el sidac

Por otra parte, también se probó el arrancador ante caso de fallo o ausencia de lámpara a la salida del inversor.

En la figura 7.17 puede observarse las trazas en la salida del inversor y en el sidac. Puede observarse cómo cada vez que se produce un pulso de tensión en el sidac el proceso de carga de los condensadores, etc. se repite una y otra vez.

7.8 CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

Se ha presentado un arrancador basado en el funcionamiento de un dispositivo pensado para actuar como protección de sobretensión en equipos conectados a la red eléctrica.

En realidad, existen dispositivos de semiconductor pensados para generar pulsos que puedan utilizarse para arrancar lámparas de descarga. Es el caso de otro tipo de sidacs con una característica como la de la figura 7.18. Sin embargo, este tipo de elementos específicos es mucho más caro que el componente genérico de protección.

Aunque se ha logrado el arranque de todas las lámparas de manera satisfactoria, enseguida se plantean futuras líneas de desarrollo de este tipo de arrancadores para conseguir un producto rentable.

Puede intentarse, en primer lugar, aumentar la relación de espiras del transformador para conseguir reencendido de la lámpara en caliente. Este reencendido se produce a tensiones muy superiores a las de lámpara fría.

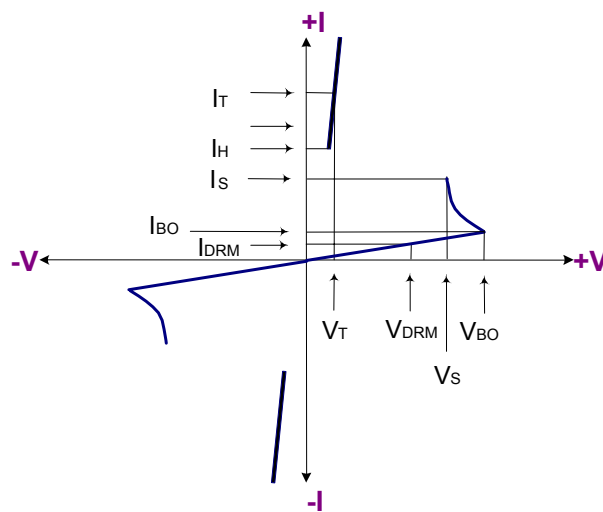


Figura 7.18 Característica V-I de sidacs pensados para arrancadores

7.9 REFERENCIAS

- [1] Alonso, J. M.; "Alimentación de Lámparas de Alta Intensidad de Descarga: Aportaciones en la Optimización del Sistema Electrónico", Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 1994.
- [2] Corominas, E. L.; Alonso, J. M.; Calleja, A. J.; Ribas, J.; Rico-Secades, M.; "A New Family of One Switch Topologies for Low Input Voltage Fluorescent Lamp Ballasts: Tapped-Inductor-Inverters Selection Criteria and Design Methodology", IEEE-APEC 2000
- [3] Corominas, E. L.; Alonso, J. M.; Calleja, A. J.; Ribas, J.; Rico-Secades, M.; "Analysis of Tapped-Inductor Inverters as Low-Power Fluorescent Lamp Ballast Supplied from a Very Low Input Voltage"; IEEE-PESC 1999
- [4] Groot, J.; Vliet, J.; "The High Pressure Sodium Lamp", Philips Technical Library, 1986
- [5] Meyer, C.; Nienhuis, H.; "Discharge Lamps", Philips Technical Library, 1988
- [6] Nickols, J.; "High Intensity Discharge Lamp Starting Circuits with automatic Disablement of Starting Pulses", U.S. Patents, (USP)#5594308.
- [7] Pabst, W.; Klein, D.; "Igniting High-Pressure Lamps with Electronic Ballasta", JIES, Vol 21, 1992.
- [8] Rico-Secades, M.; Corominas, E. L.; Ribas, J.; Calleja, A. J.; Alonso, J. M.; Cardesín, J.; "A Low Cost Electronic Ballast for 36 W Fluorescent Lamp Ballast Based on Current Mode Controlled Boost Inverter. Design Example for a Greenhouse Application with a 120 DC bus Power Distribution", IEEE-IAS-2000.
- [9] Rodríguez Valdés, F.; "Circuitos de Encendido en Balastos Electrónicos para Lámparas de Alta Intensidad de Descarga: Análisis, Optimización y Diseño", Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 2001.
- [10] SIDACTor Databook, Teccor Electronics, www.teccor.com