

INVERSIM: SIMULADOR DE UN INVERSOR TRIFASICO, CON CARGA DE MOTOR ASINCRONO INDUSTRIAL

A. Rodriguez, J.L. Salazar

Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones
Universidad del País Vasco. Euskalherriko Unibertsitatea
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial
Avda. de Felipe IV , 1 - B , 20011 San Sebastián(Guipúzcoa)
Tfno.: 943.455022 Fax: 943.471097
E-mail: jtpsasaj@sp.ehu.es

RESUMEN.- El programa InverSIM es una herramienta informática destinada a su empleo tanto para la docencia en Electrónica de Potencia, como para el diseño electrónico de esa especialidad. La simulación del convertidor trifásico se efectúa con la selección del tipo y los parámetros característicos de los componentes utilizados: semiconductores y motor asíncrono. Se obtiene con ella una salida gráfica múltiple, aunque la numérica está también disponible, y sobre la que se efectuarán diferentes cálculos complementarios.

El entorno totalmente gráfico en que opera InverSIM destaca por su elevada ergonomía y comodidad de uso, no siendo necesario, en ningún momento el uso del teclado ya que el ratón del PC sobre el que se implementa, es el único dispositivo requerido para la operación.

1.-INTRODUCCION

El inversor en puente trifásico pertenece a la clase de los convertidores continua/alterna, con entrada en fuente de tensión o de corriente. En el primer caso, aquí considerado, la tensión continua de entrada: E en la figura, se obtiene por intermedio de un rectificador monofásico o trifásico, según la potencia manejada. La salida del inversor será, en la aplicación de control de motor asíncrono, de tensión y frecuencia continuamente variables.

En el inversor en fuente de tensión, debido a la alimentación continua de entrada, los dispositivos semiconductores trabajan sólo en polarización directa; por ello, además de los clásicos tiristores pueden ser utilizados conmutadores más capaces como son los transistores de potencia, bipolares ó Mos, los transistores IGBT y los tiristores con control por efecto de campo MCT's .

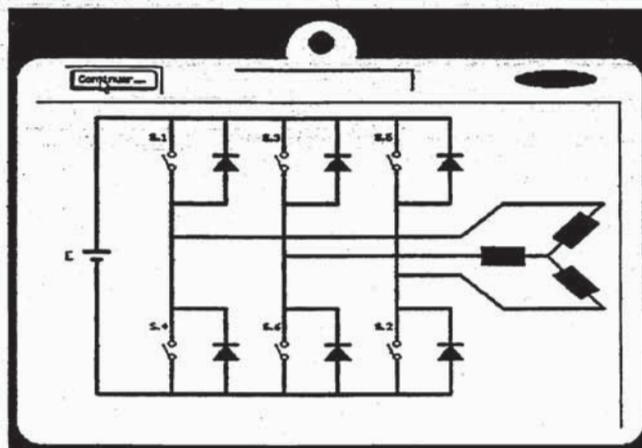


Figura 1.- Inversor trifásico con carga de motor

En cuanto al control de los semiconductores, se adoptará una señal de control binaria, con simetría de cuarto de onda y definida en los primeros 90° del ciclo. Se pretende que la simulación tolere una modulación abierta, definible por el usuario, sin más que señalar el estado de conducción o bloqueo de los semiconductores. Dado que el circuito es trifásico, se establece un desfase de 180° entre las señales de control de los semiconductores de una misma rama o fase de salida, y de 120° entre dos fases consecutivas.

2.-ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

Un programa de simulación debe ser altamente interactivo con el usuario. Es pues preciso crear diferentes ventanas, fichas de datos, textos de diálogo con el usuario, menús y soporte para el ratón. Se ha utilizado Turbo Pascal v. 6.0 © Borland ya que se trata de un lenguaje estructurado de alto nivel que dispone de herramientas específicas como Turbo Vision para la creación de objetos gráficos específicos para una aplicación interactiva y capaz de ser ejecutado sobre PCs y compatibles.

Como todo programa de simulación o cálculo automático, la estructura lógica del mismo se compone de los tres bloques fundamentales siguientes:

2.1.-Toma de datos. Fichas de entrada.

Se refiere a la introducción de los datos requeridos para la identificación de los componentes del inversor y de la carga. Además se deberá proporcionar información sobre la señal lógica de control de los semiconductores del puente inversor. Finalmente se deberá informar a InverSIM de los parámetros referentes a la simulación gráfica deseada: número de páginas a desplegar, número de gráficas por página y, evidentemente, de las funciones que se desea graficar.

La introducción de los datos se realiza sobre fichas gráficas específicas para cada componente o grupo de componentes. Este entorno gráfico precisa únicamente de la utilización del ratón. Las fichas se presentan inicializadas, con un conjunto de valores por defecto modificables. Las opciones posibles son : Aceptar/Cancelar la ficha, Aceptar/Borrar un dato en particular, identificable por el parpadeo del display o Introducir el valor deseado en el Lector de datos mediante una botonera numérica que incluye los dígitos 0 a 9 y el punto separador de la parte decimal.

Existen un total de siete fichas destinadas a la recogida selectiva de información durante el proceso de toma de datos. Estas son las siguientes:

* Ficha "Semiconductores" destinada a la selección de uno de los cinco semiconductores disponibles: "Tiristor", Transistor "Bipolar", Transistor "MOS" , "IGBT" y "MCT" .

* Ficha "Parámetros del Semiconductor" destinada a la identificación de los parámetros de los circuitos equivalentes en estado estacionario de los semiconductores antes citados.

Existirán por tanto 5 fichas de este tipo.

* **Ficha "Alimentación"** con la introducción de un único parámetro: el valor de la tensión continua del circuito intermedio o de entrada al inversor.

* **Ficha "Diodo"** que hace referencia a los parámetros de los diodos de recuperación que deben equipar cada uno de los semiconductores en un caso, como el presente, de carga reactiva para el convertidor.

* **Ficha "Control"** en la que puede definirse, con precisión de $0,5^\circ$, la señal de control de los semiconductores, en su primer cuarto ciclo, así como el valor del período de control. La señal de control dispone de valores de modulaciones PWM predefinidas: sinusoidal, calculada para supresión de armónicos u optimizada.

* **Ficha "Motor"** destinada a la introducción de los parámetros del circuito equivalente lineal, por fase, del motor asíncrono, así como de parámetros de funcionamiento como la frecuencia nominal de alimentación del motor, el número de pares de polos o la velocidad real del motor.

* **Ficha "Menú de Simulación"** destinado a la selección de la salida gráfica deseada: número de páginas, número de gráficas por página y variables a representar.

* **Ficha "Menú Final"** que permite volver sobre las anteriores selecciones y efectuar nuevas simulaciones antes de abandonar el programa.

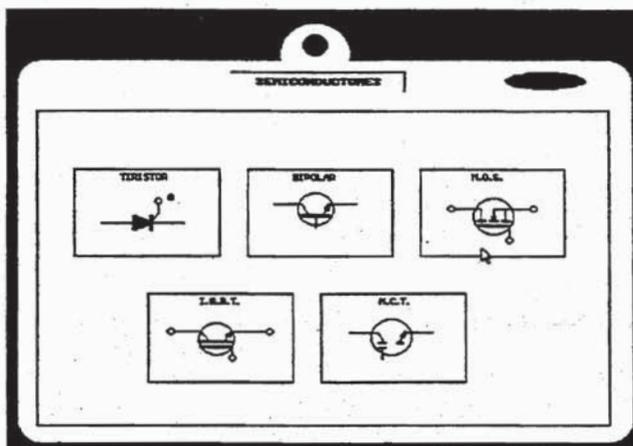


Figura 2.- Ficha de entrada "Semiconductores"

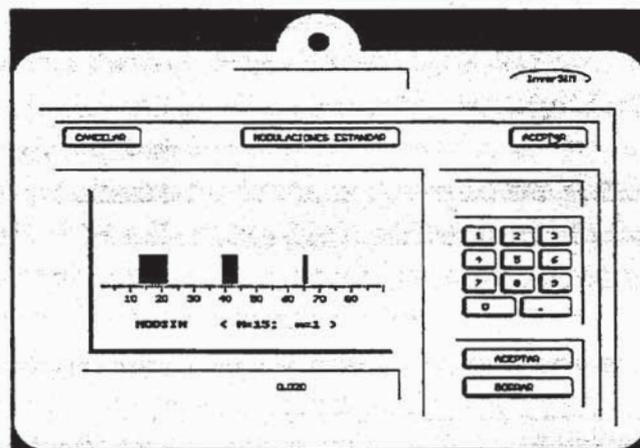


Figura 3.- Ficha de Control de Semiconductores

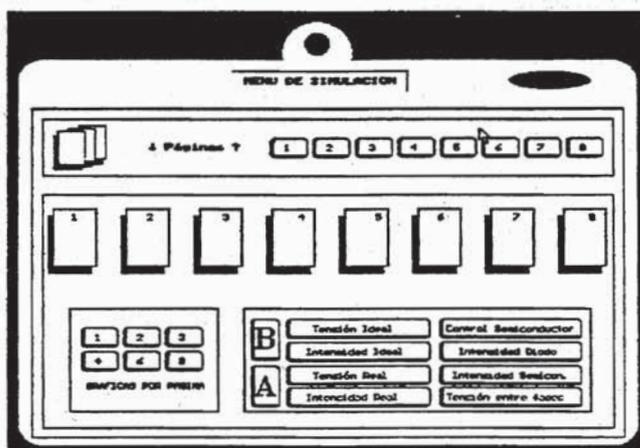


Figura 4.- Ficha de Menú de Simulación

2.2.-Realización de cálculos

Incluye el conjunto de operaciones necesarias para obtener y almacenar todas las variables significativas para el análisis. De ellas las más importantes son las señales lógicas de control de los seis semiconductores, idénticas aunque desfasadas en 60° correlativamente. Como en la ficha "Control" se definió únicamente los primeros 90° del ciclo, al disponer la señal de control de simetría de cuarto de onda, será preciso emplear un procedimiento denominado aquí "Cálculo_de_control" para generar la parte no definida de la señal de control.

2.3 Muestra de resultados

Se trata de seleccionar, de entre los datos calculados anteriormente, aquellos que el usuario juzga más interesantes para el posterior análisis. Puede tenerse una salida numérica, con opción de impresión de los resultados; además, como la mayoría de las variables cuya evolución se ha memorizado son periódicas, la representación gráfica de sus formas de onda resulta una útil descripción del funcionamiento del convertidor. Por ello, en InverSIM ambas opciones: numérica y gráfica, están disponibles.

La ficha empleada para definir el menú de simulación gráfica, permite seleccionar el número de páginas (1-8), el número de gráficas por página (1-8) así como las funciones a representar (tensiones, corrientes y ondas de control de semiconductores) en cada gráfica.

El graficado de las funciones en pantalla es realizado por un único procedimiento. Con él pueden visualizarse todas las gráficas, sin importar el tamaño, formato o posición. Las tareas que realiza incluyen el pintado de sombra y soporte de la gráfica, el dibujo de la cabecera, la creación de una cuadrícula de orientación, el cálculo del valor máximo de las funciones, la autorregulación de las escalas para un óptimo aprovechamiento del espacio y, por supuesto, la graficación de la variable interesada. Todo ello en la posición y con el tamaño definidos en las variables de ventana de acceso al procedimiento. Además se dispone de un procedimiento específico de "control de escala" que permite al usuario efectuar una graficación de escala manual.

Los resultados numéricos pueden ser de dos tipos: constantes o variables en el tiempo. Los primeros se muestran por medio de ventanas; los segundos se listarán en un intervalo del período definido en grados y se presentarán en una ficha todos los valores calculados en el intervalo considerado.

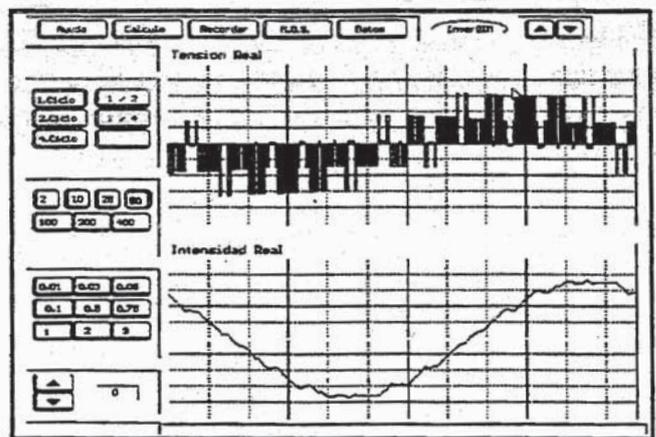


Figura 5.- Resultado de Simulación Gráfica

Finalmente, existe la opción mixta gráfico/numérica, seleccionable mediante la pulsación del botón "Calculo" de la Barra-Menú de simulación. Con ella se presentan los valores de las funciones visualizadas en una gráfica determinada, en el instante/fase determinado/a por la posición del ratón que, previamente, se ha introducido en el área de la gráfica deseada.

3.-ESTRUCTURA FISICA DEL SOFTWARE

Debido a la excesiva longitud del programa, se ha segregado del mismo una UNIDAD denominada "UTILES", fichero que se compila independientemente del programa principal que lo llama. Esta UNIDAD presenta la parte menos "inteligente" de InverSIM. Incluye los procedimientos que realizan una tarea concreta y, en general, desconectadas entre sí, como pueden ser: realización de dibujos, menús, botoneras, efectos, etc. En UTILES se localizan además los procedimientos relativos al control del ratón, los de inicialización de los gráficos y de la tarjeta BGI.

Realizado el programa "InverSIM.pas" se pasa a crear un programa ejecutable desde el DOS "InverSIM.exe", empleando la opción COMPILE de Turbo Pascal(TP) incluida en el menú Editor. Además se incluirán en el mismo directorio un conjunto de archivos del programa TP relativos a la resolución de la tarjeta gráfica y los distintos tipos gráficos de texto utilizados.

4.-CONCLUSIONES

El software de simulación InverSIM resultará útil en el diseño y estudio del inversor trifásico destinado a la alimentación de motores asíncronos industriales.

Con el sólo empleo del ratón se introducirán los parámetros de los componentes del circuito y de la carga. Tras seleccionar el menú gráfico deseado, InverSIM presentará una o varias páginas de representación gráfica de las variables seleccionadas, de forma automática. El usuario podrá además modificar las escalas para una representación personalizada.

Al objeto de efectuar un análisis detallado de las variables representadas, pueden utilizarse las dos opciones que siguen: ó bien el listado numérico visualizable en pantalla e imprimible de los valores alcanzados en el intervalo seleccionado ó bien el empleo de una función de tipo "scope" en que el ratón selecciona la gráfica e instante deseados y en un cuadro aparecerán los valores instantáneos de las variables recogidas en esa gráfica.

También mediante la pulsación de "botones" se desplegarán menús para el cálculo de parámetros característicos- salidas numéricas constantes- como son valores medios y eficaces. Existe un procedimiento de cálculo especial para el caso de transistores MOS de potencia, en previsión del

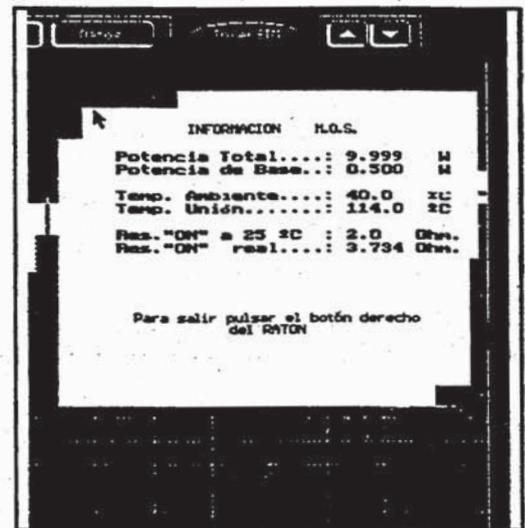


Figura 6.- Cálculo de Parámetros

peligro de embalamiento térmico.

Tras la visualización de las gráficas, el menú final permite retrotraer el análisis a etapas anteriores: nueva toma de datos parcial o total, visualización del esquema del circuito, representación de la característica mecánica par/velocidad del motor empleado como carga, tabla recordatoria de los valores de los parámetros que se utilizaron en la simulación y, lo que resulta más importante, la representación numérica de todas las funciones de interés, con la posibilidad de impresión para análisis ulterior.

Por todo ello, InverSIM proporciona un completo informe del comportamiento del convertidor inversor. El usuario apreciará especialmente su empleo sencillo y cómodo gracias al entorno totalmente gráfico del mismo, que hace innecesario el empleo del teclado y sólo requiere el uso del ratón, en cualquiera de sus fases.