

MOTORES PASO A PASO, INTRODUCCIÓN A SU FUNCIONAMIENTO Y CONTROL EN LAZO ABIERTO

STEPPER MOTORS, INTRODUCTION TO HIS OPERATION AND OPEN LOOP CONTROL

AUTORES

Arturo Pérez París: Alumno de la Escuela Politécnica. Universidad de Alcalá
arturo.perez@arrakis.es

CURRÍCULUM VITAE

Alumno de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá de Henares (España).
Ingeniero de Soporte Técnico en Kone Elevadores

RESUMEN

En el presente artículo quisiera dar un enfoque práctico al uso de este tipo de dispositivos, cuya invención se remonta a los primeros decenios de nuestro siglo. En aquel entonces se buscaba una solución eléctrica a los relojes, con el fin de que fuesen más precisos y de que no hubiera que andar dándoles cuerda diariamente.

PALABRAS CLAVE

Motores – Principio de funcionamiento – Control en lazo abierto

ABSTRACT

In this article I would like to take a practical approach to the use of these devices, whose invention dates back to the early decades of this century. At that time it was seeking a solution to electric clocks, in order that they might be more accurate and that there was no rope to walk them daily.

KEY WORDS

Engines - Principle of operation - open-loop control

ÍNDICE

1. Introducción
2. Breve comentario sobre los motores paso a paso
3. Principios de funcionamiento
4. Modos de trabajo en los motores de imán permanente
5. Del control de los motores paso a paso en lazo abierto
6. BIBLIOGRAFÍA

PRIMERA PARTE: PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO Y CONTROL

1. INTRODUCCIÓN

En el presente artículo quisiera dar un enfoque práctico al uso de este tipo de dispositivos, cuya invención se remonta a los primeros decenios de nuestro siglo. En

aquel entonces se buscaba una solución eléctrica a los relojes, con el fin de que fuesen más precisos y de que no hubiera que andar dándoles cuerda diariamente.

Con el objetivo de evitar el tedio, dividiré este artículo en tres entregas. En la primera abordaremos un análisis de los principios de funcionamiento de forma somera y una descripción básica de los circuitos de control. En la segunda emprenderemos la descripción de los circuitos L297 y L298 que nos servirán para realizar un control en lazo abierto y expondremos unas pequeñas prácticas con ellos donde veremos la implementación de sus circuitos básicos. Por último, veremos la manera de controlar estos motores a través del puerto paralelo del P.C. Para esta parte se empleará un "driver" usando como excitador el UN2001, el cual proporcionará la corriente necesaria al motor y no se dañará nuestro equipo.

2. BREVE COMENTARIO SOBRE LOS MOTORES PASO A PASO.

Son motores que convierten una información digital en movimientos discretos, es decir, desplazamientos por pasos o ángulos al cambiar el código digital proporcionado. Una de las principales características que distinguen a estos motores es el número de pasos por vuelta o, visto de otra forma, el ángulo por paso. La precisión de estos pasos es del 3% al 5% del ángulo del paso, no siendo acumulativo el error cometido en "n" pasos dados.

En principio, no hay roces en los giros, ya que no disponen de escobillas, siendo así larga la vida de estos dispositivos y permitiendo un buen control de velocidad en lazo abierto en un determinado margen de velocidades. Como desventajas, diremos que tienen ciertas posiciones estables que en determinadas circunstancias pueden dar resonancias mecánicas y, por ello, una frecuencia máxima de cambio de ángulo.

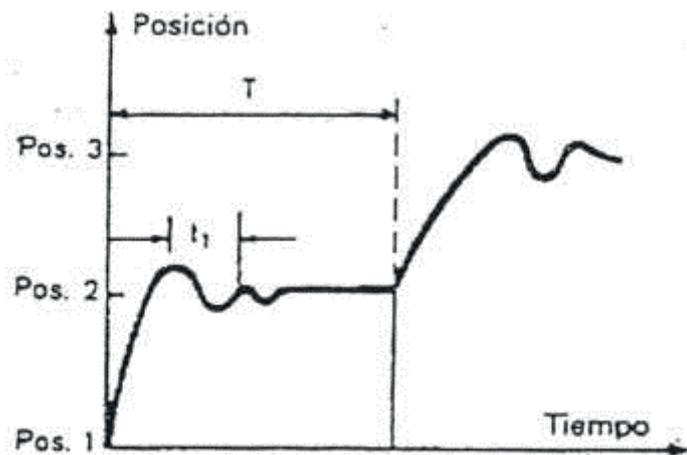


Fig.1 (ver ref. 1)

Además, a idéntico tamaño con uno de corriente continua, el motor paso a paso ofrece menor par y velocidad.

3. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.

Para empezar, diremos que en función del rotor existen tres tipos:

De imán permanente.

De reluctancia variable.

Híbrido.

De imán permanente: Las características de estos motores se resumen de la siguiente forma:

Par elevado.

Buenos pares de mantenimiento.

Inercia propia elevada.

Notable amortiguamiento.

Bajas frecuencias de trabajo.

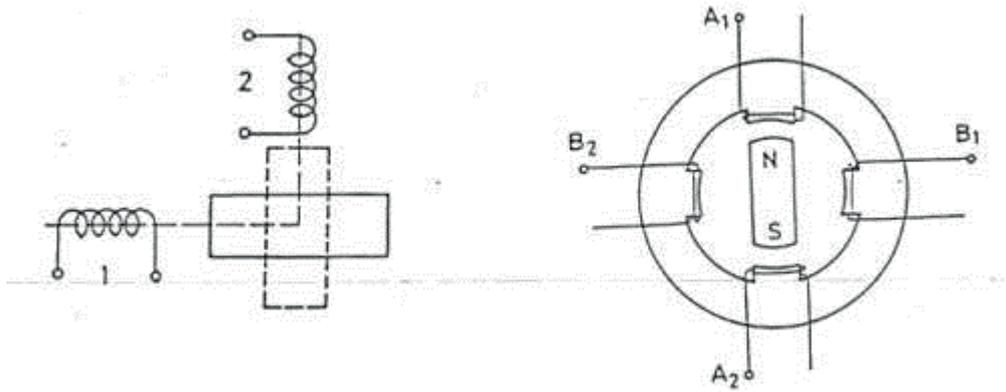


Fig. 2 (ver ref. 1)

Introduciendo impulsos según la secuencia A1, B1, A2, B2, se producen giros sucesivos de 90° al orientarse el imán en la dirección del campo magnético creado cuando se activa la correspondiente bobina.

N° polos = N° fases del motor

Ángulo del paso = $360 / (n^{\circ} \text{ polos} \cdot n^{\circ} \text{ pasos})$

que para el ejemplo expuesto $\rightarrow 360 / (2 \cdot 2) = 90^{\circ}$

Y como se aprecia, un aumento del número de pasos o polos implicará una resolución mejor. Por esto una manera de aprovechar mejor estos motores sería aumentar los polos de la forma que se expone a continuación:

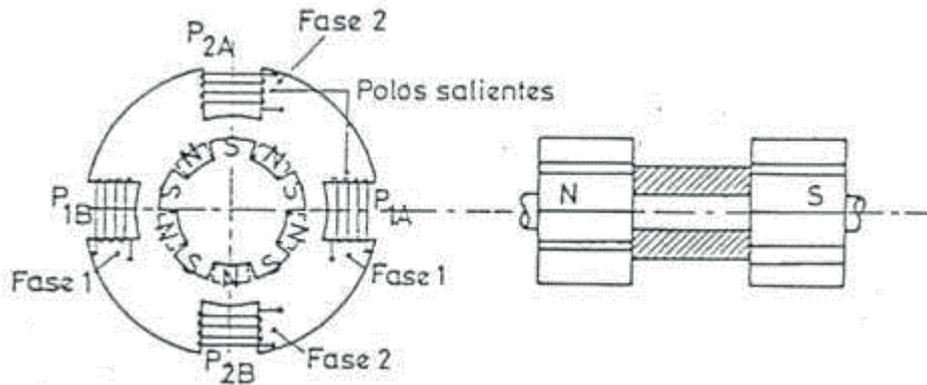


Fig. 3 (ver Ref. 1)

En el estator del paso polar es de:

$$360/2 p=90^\circ$$

y en el rotor, lo que también se puede llamar paso polar es:

$$360/5 =72^\circ$$

(360/5 es el número de pares n-s imán)

habiendo una diferencia de $90^\circ-72^\circ=18^\circ$ como paso resultante:

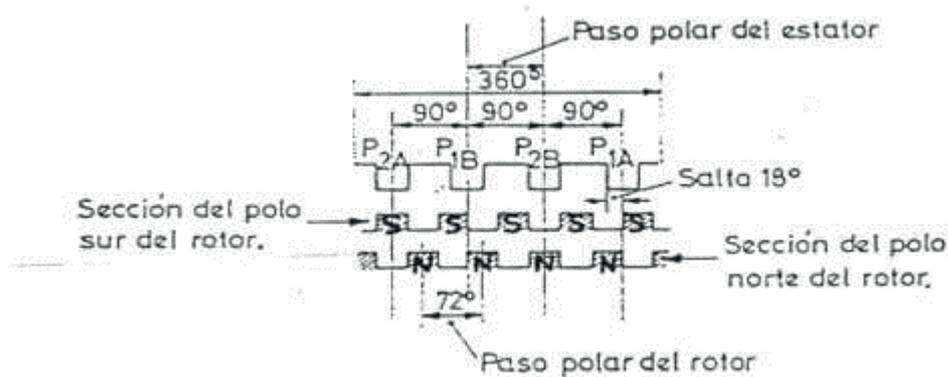


Fig. 4 (ver Ref. 1)

Si se supone que la posición inicial es la indicada, y por el devanado de la fase 1 se introduce un pulso que da un norte en P_{1a} y un sur en P_{1b}, en el rotor se producirá un par que tendrá que alinear los polos producidos con los del imán permanente, dándose así un giro de 180°. Por el contrario, si el impulso da un sur en P_{1a} y un norte en P_{1b}, también girará 180°, pero esta vez en sentido contrario. De todo esto, vemos que en cada paso el ángulo que se da se determina como:

$$[360^\circ / (2 p)] - [360^\circ / q] = \text{grados por paso}$$

(el primer término del lado izquierdo de la igualdad representa las fases del motor, el segundo término es el número de imanes).

De reluctancia variable: Aquí el rotor (hierro) y el estator están formados por ruedas dentadas, tal y como se muestra a continuación:

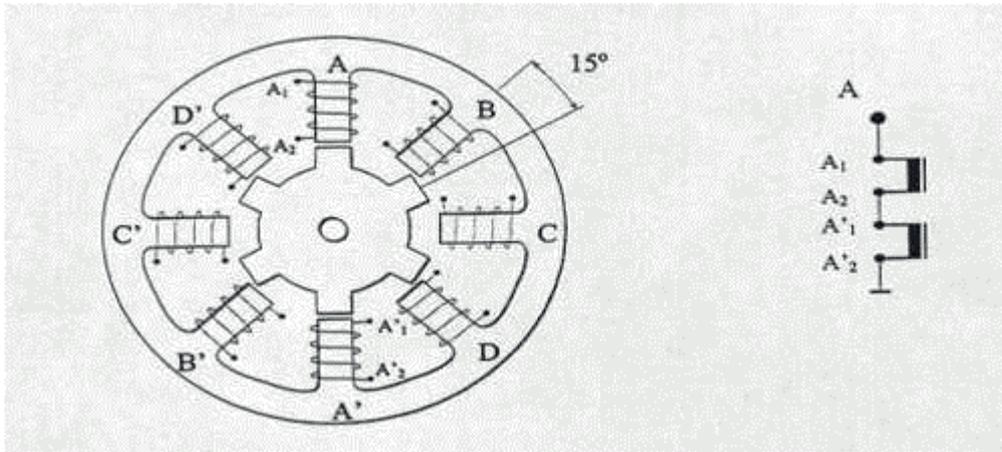


Fig. 5 (ver Ref. 2)

Su funcionamiento se puede explicar por el principio de que, ante cada impulso, el motor gira hasta la posición de reluctancia mínima por el flujo magnético creado. En este tipo de motores no importa cuál es el sentido de la corriente en los devanados. Cuando no hay corriente no hay par de retención, pudiendo quedar el motor en cualquier posición. No influye el sentido de la corriente, ya que el "truco" está en activar las sucesivas bobinas para alinear el diente del rotor con el correspondiente de la bobina. Este tipo de motor es más rápido pero genera menor par que el anterior.

Híbridos: Son una mezcla de los dos anteriores. Como en el de reluctancia variable, el par se produce mediante la actuación sucesiva de bobinas, buscando la posición de reluctancia mínima. Sin embargo, al campo producido por la excitación le sumaremos el creado por el imán permanente.

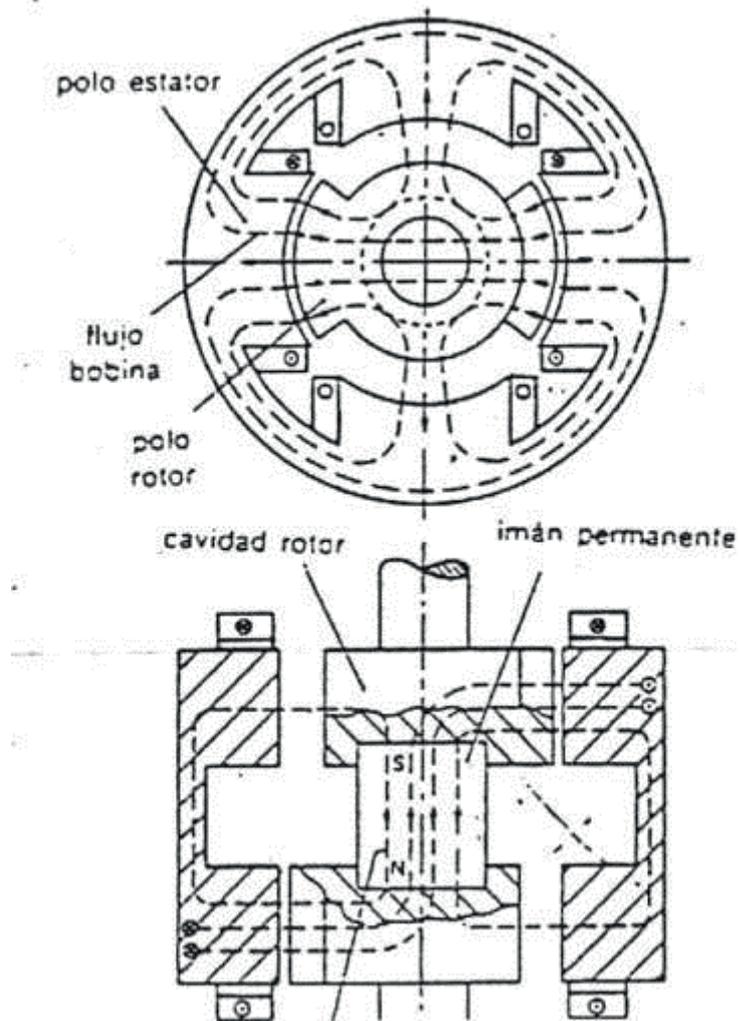


Fig. 6 (ver Ref. 1)

4. MODOS DE TRABAJO EN LOS MOTORES DE IMAN PERMANENTE.

En principio habrá tres, mas aquí sólo se tratarán los dos siguientes:

Paso completo.-

Con fase activa.- Sólo se activa una bobina (fase) en cada momento para producir movimientos del rotor para: 0° - 90° , 180° ,...

Con dos fases activas.- Se activarán dos bobinas (fases del motor), a la vez produciendo movimientos del rotor para: 45° , 135° , 225° ,.....

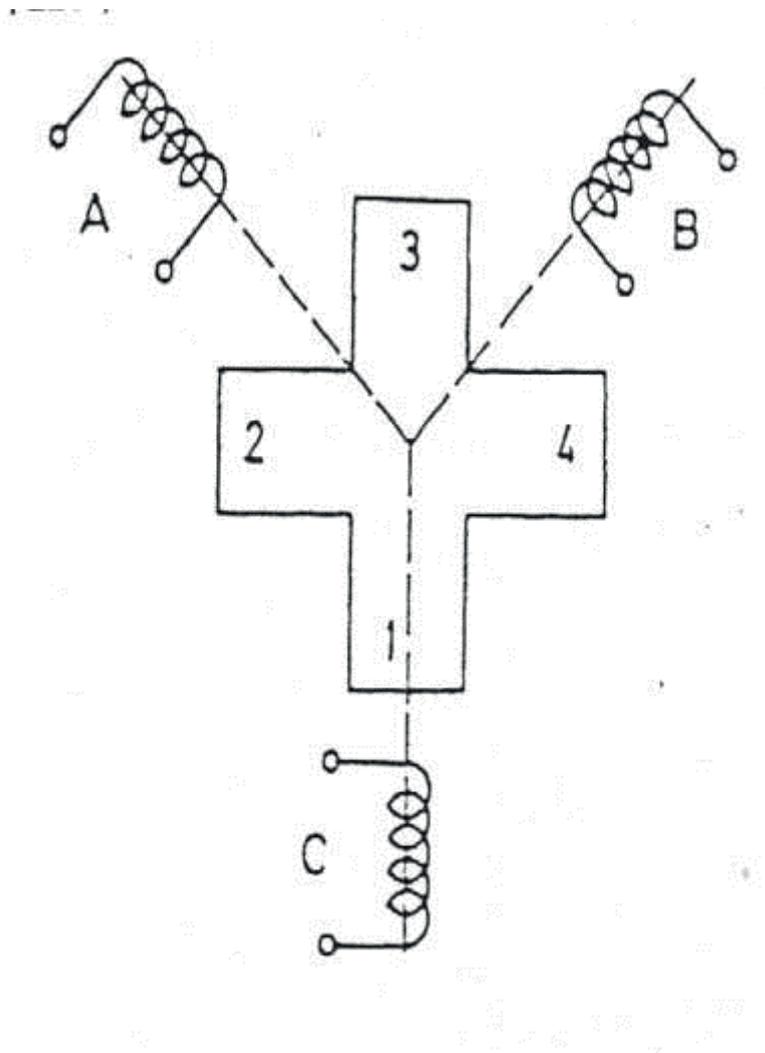


Fig. 7 (ver Ref. 1)

Paso completo.-

Será la obtención de giro de 45° en 45° combinando el uso de una fase y el uso de dos fases de forma secuencial.

En función de lo comentado anteriormente, vemos que las formas de controlar estos motores se sintetizan claramente en la siguiente figura:

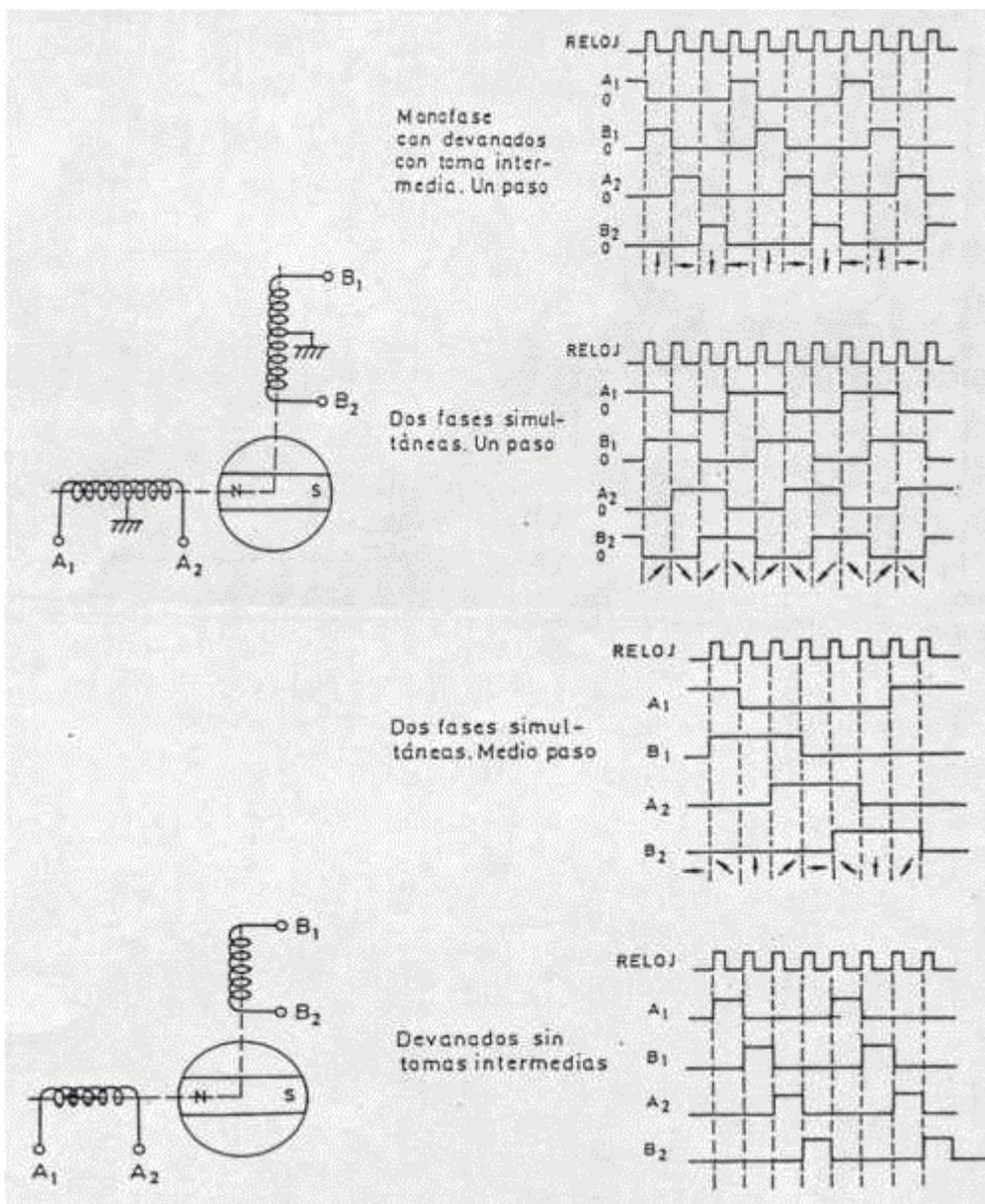


Fig. 8 (ver Ref. 1)

5. DEL CONTROL DE LOS MOTORES PASO A PASO EN LAZO ABIERTO

En todo sistema de control de un motor paso a paso, cabe diferenciar entre :

Etapa controladora, generadora de las señales de control.

Etapa excitadora o driver electrónico.

ETAPA DE CONTROL.

La etapa controladora puede atender a dos posibles estructuras o niveles:

Bajo nivel. En este caso el controlador (microprocesador, microcontrolador, o el propio PC) ha de generar, entre otras, las cuatro señales típicas (A, B, C y D) para la excitación de los dos devanados del motor bipolar.

Alto nivel. El controlador ha de proporcionar fundamentalmente la señal patrón (señal de reloj), para que un circuito traductor se encargue de generar las señales de excitación de los devanados.

Esta primera práctica está orientada al control en alto nivel basado en el C.I.L297 como traductor de señales.

ETAPA DE EXCITACIÓN O DRIVER ELECTRONICO.

La etapa excitadora es la encargada de la conmutación de los devanados. En la primera parte de la práctica esto consistirá en:

Chopeado de señales (tarea realizada por el L297) o regulación de corriente a suministrar al motor según la consigna que se le introduzca.

Puente en H , con tecnología bipolar (C.I. L298) que proporcionará la excitación necesaria al motor.

CONTROL DE LOS MOTORES PASO A PASO.

La bobina de cada fase tienen una constante de tiempo determinada por:

$$t = L / r$$

donde "r" es la resistencia de la propia bobina. Alcanzará su máximo valor de corriente en 3 o 5 t , lo que nos limitará la frecuencia máxima de trabajo. Una forma de mantener esta frecuencia constante consiste en añadir una resistencia seriada con la bobina teniendo entonces:

$$t_n = L / (r+R) < t$$

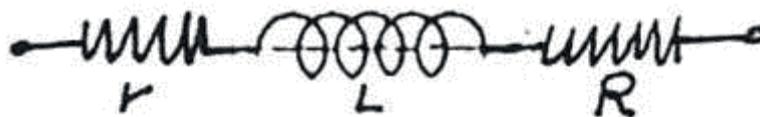


Fig. 9

Esto conlleva el problema de aumentar excesivamente la tensión de alimentación del motor y una disipación (pérdida) energética en R de forma inútil. Por ello se recurre a circuitos de acondicionamiento que, al trabajar éstos en conmutación, disminuyan ostensiblemente dichas pérdidas p.e.:

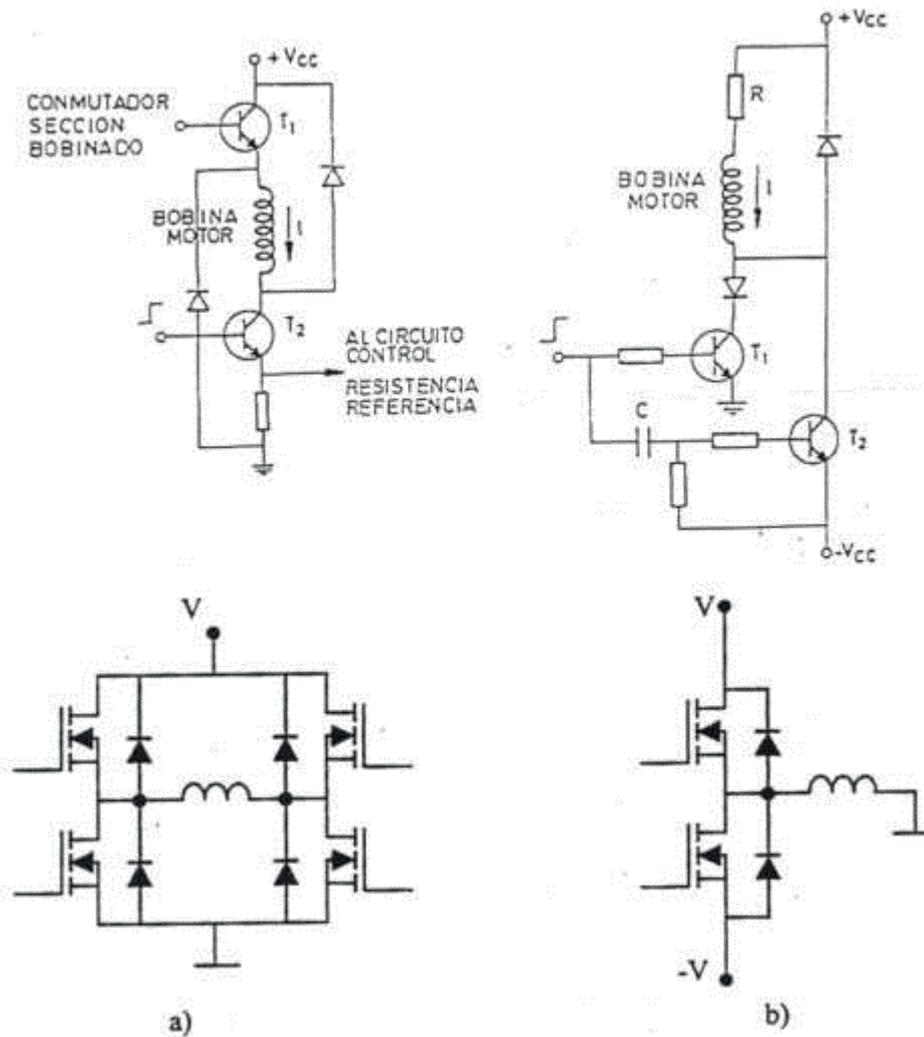


Fig. 10 (ver Refs. 1 y 2)

La característica principal de los motores paso a paso, diferentes de los del resto de los motores, es la potencia máxima disipada por el motor. Esta se refiere a la suma de potencias por todos los devanados. Si sólo fluye corriente por un devanado, éste podrá disipar toda esa potencia.

Bien, hasta aquí hemos desarrollado la primera parte de este artículo. Espero encontrarles en la siguiente donde abordaremos cuestiones no tan teóricas y sí más

prácticas. Hasta entonces, y siguiendo la tradición que me he marcado en esta revista:

Espero que el presente escrito hay resultado del gusto del lector; si no hubiera sido así, desde aquí hago propósito de enmienda para que el próximo salga mejor. Si, por el contrario, le gustó (al más puro estilo "shakespeariano"), quedemos como amigos y volvamos a encontrarnos donde a la diosa fortuna más la complazca y, por supuesto, en la próxima entrega.

CONTINUARÁ...

En el próximo número:

SEGUNDA PARTE: CONTROLADORES EN LAZO ABIERTO

6. BIBLIOGRAFÍA:

Ref.1: "Control electrónico de motores". Guillermo Herranz Acero, Carolina Sánchez Urdiain. Universidad Politécnica de Madrid.

Ref.2: "Análisis, diseño, y realización de sistemas electrónicos de control discreto". Fco. Javier Rodríguez Sánchez, Felipe Espinosa Zapata, Enrique Santiso Gómez, Juan Jesús García Domínguez. Universidad de Alcalá de Henares.