

Tipos de motores de pasos:

A-Por el tipo de movimiento:

I-De Giro

II-De desplazamiento lineal.

B-Por la configuración, los de giro pueden ser:

I-De rotor interno

II-De rotor externo

C-Por el principio de funcionamiento:

I-De Giro:

1-De reluctancia variable (VR Motor):

a-Simple (“single-stack”)

b-Multielementos (“multi-stack”)

2-De imán permanente:

a-Simple

b-Híbrido:

-Simple (“single-stack”)

-Compuesto (“multi-stack”)

c-De múltiple polos:

-“claw-tooth PM motor”

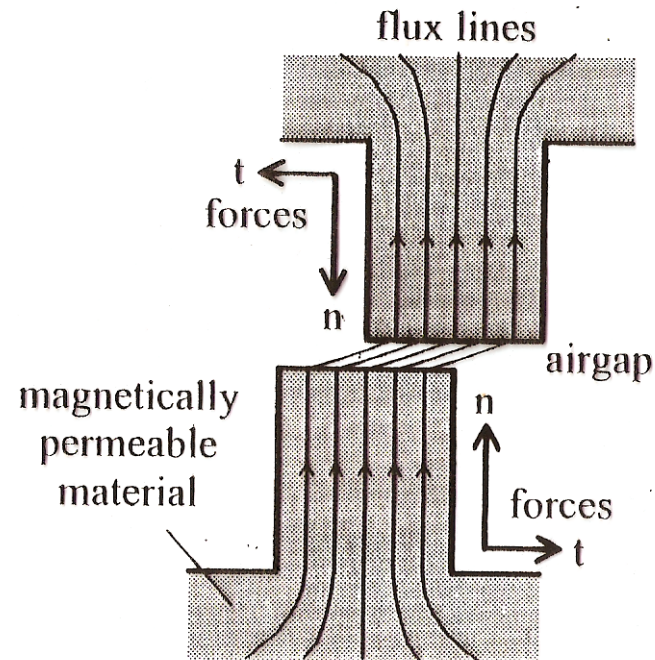
-De disco

II-Lineales:

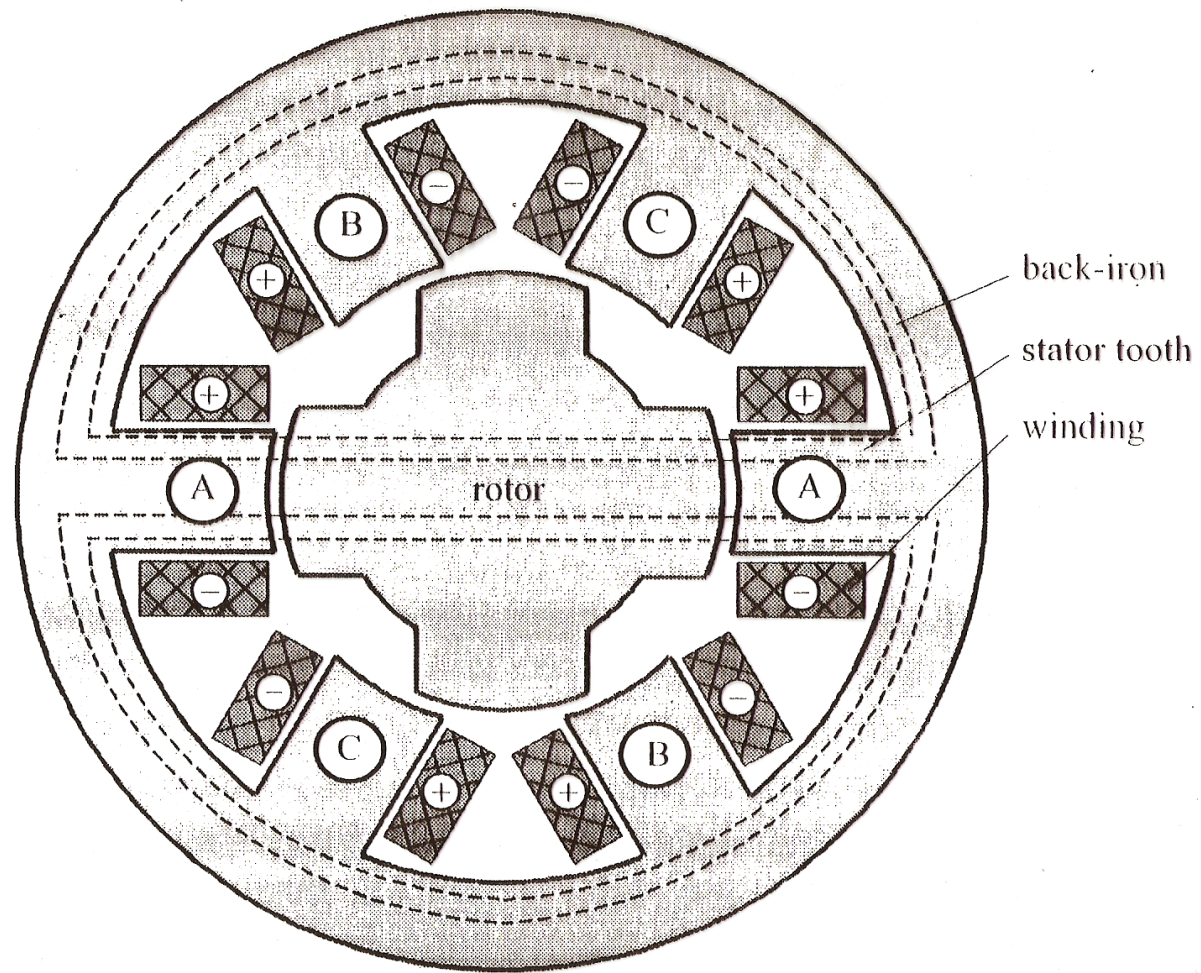
1-De reluctancia variable (VR Motor)

2-Híbrido

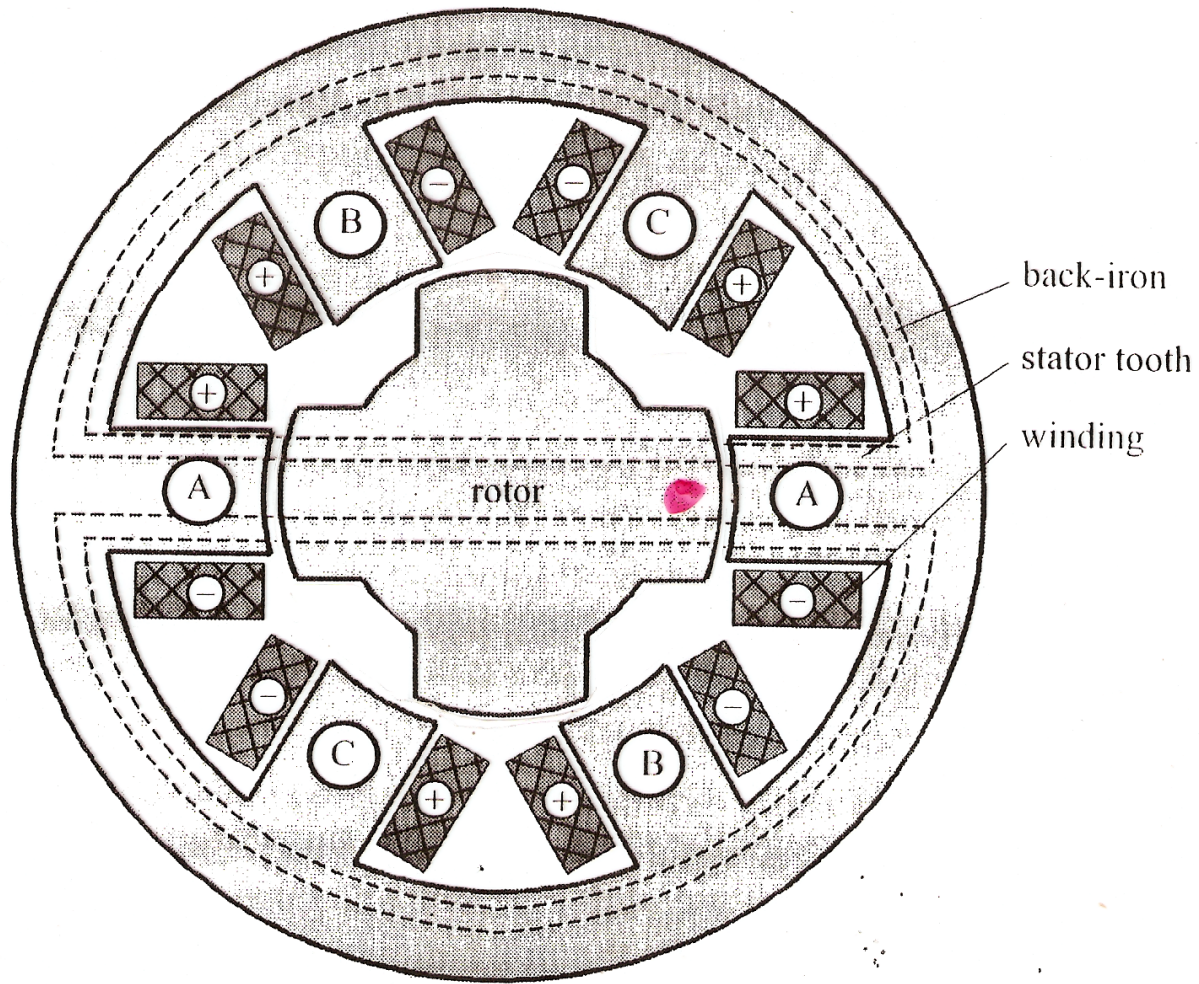
Principio de operación del motor de reluctancia



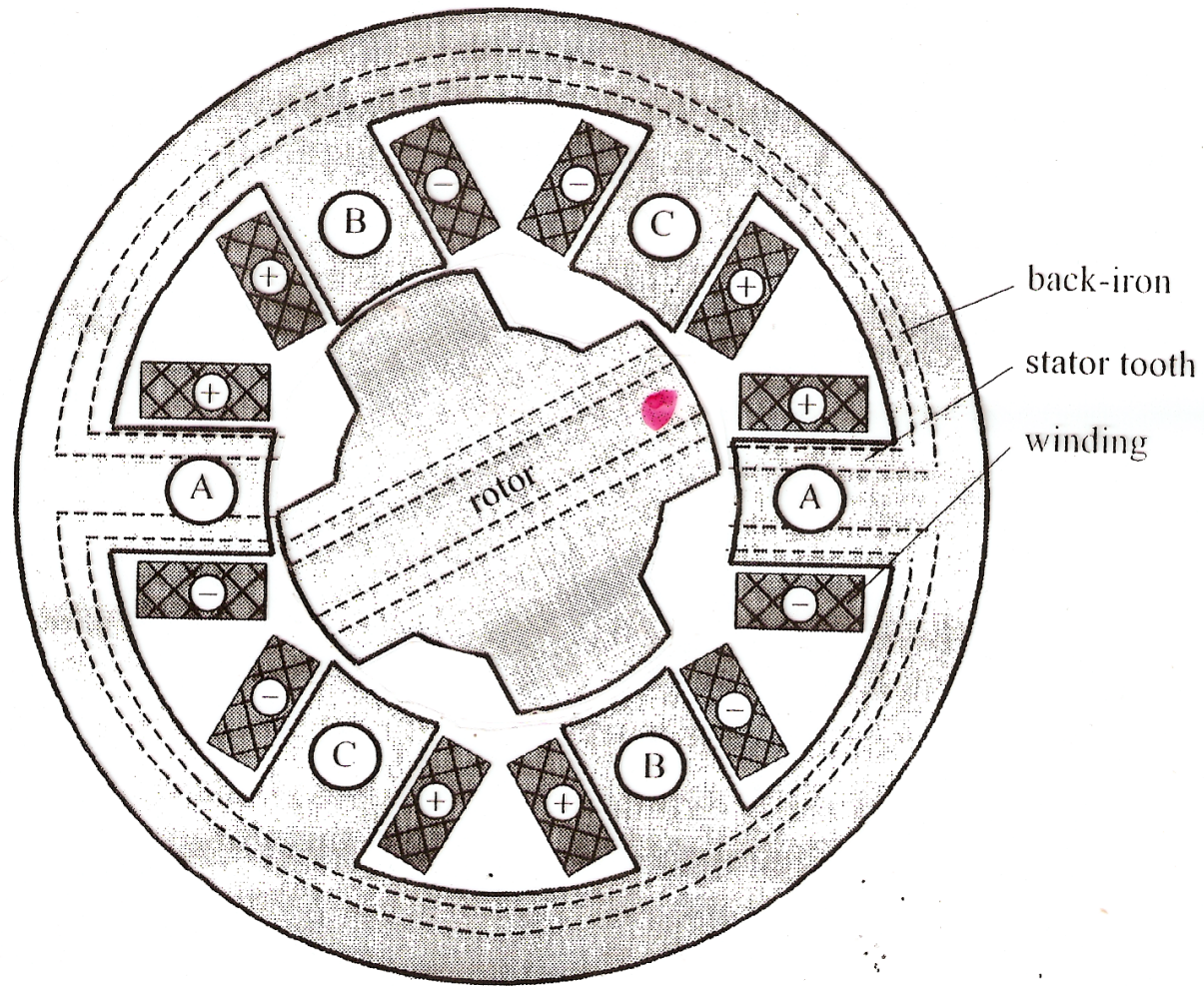
En un circuito magnético con segmentos de distinta reluctancias aparece una fuerza conservativa que tiende a modificar el circuito para llevarlo al estado de mínima reluctancia



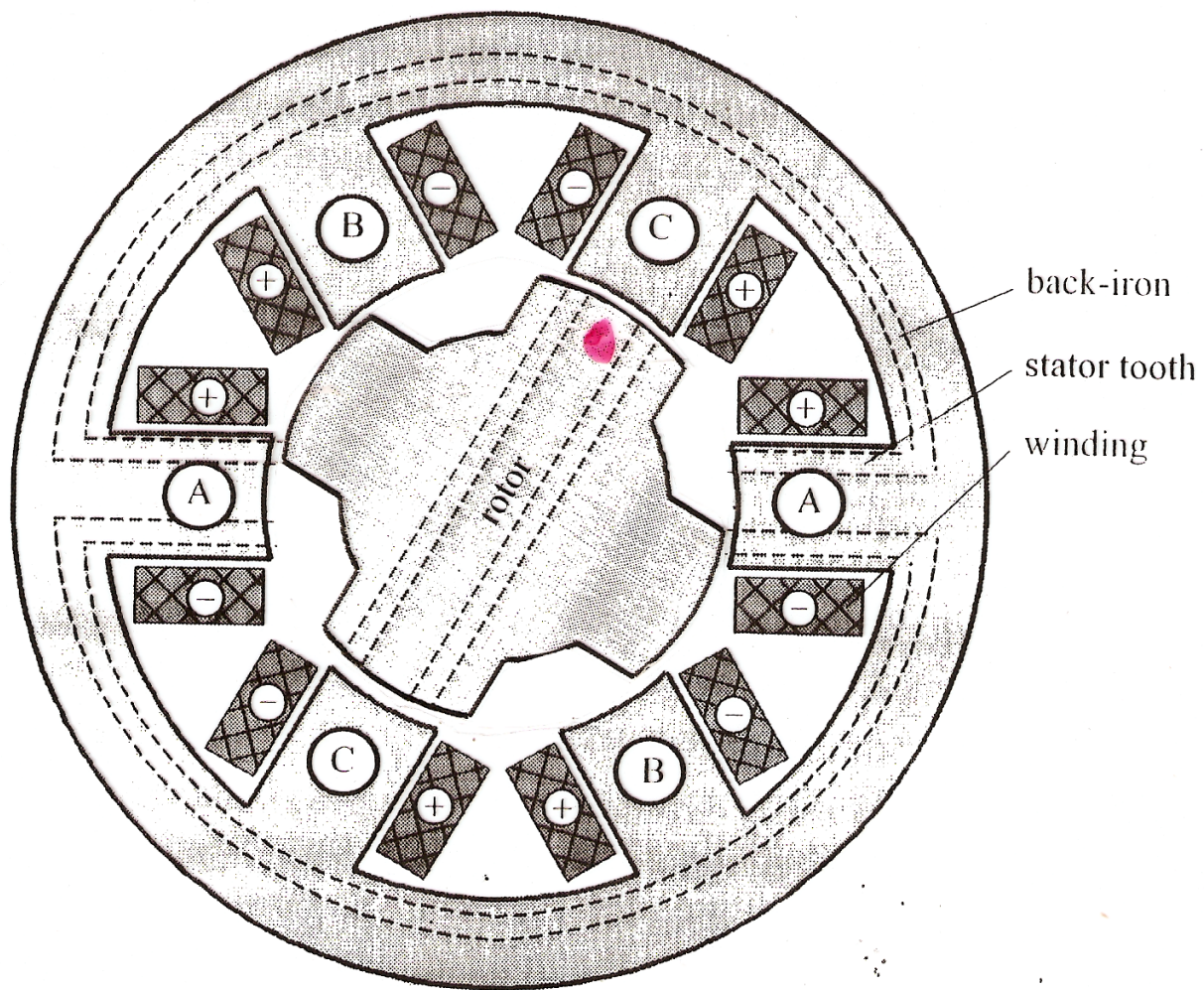
Estructura del motor de pasos de reluctancia variable.



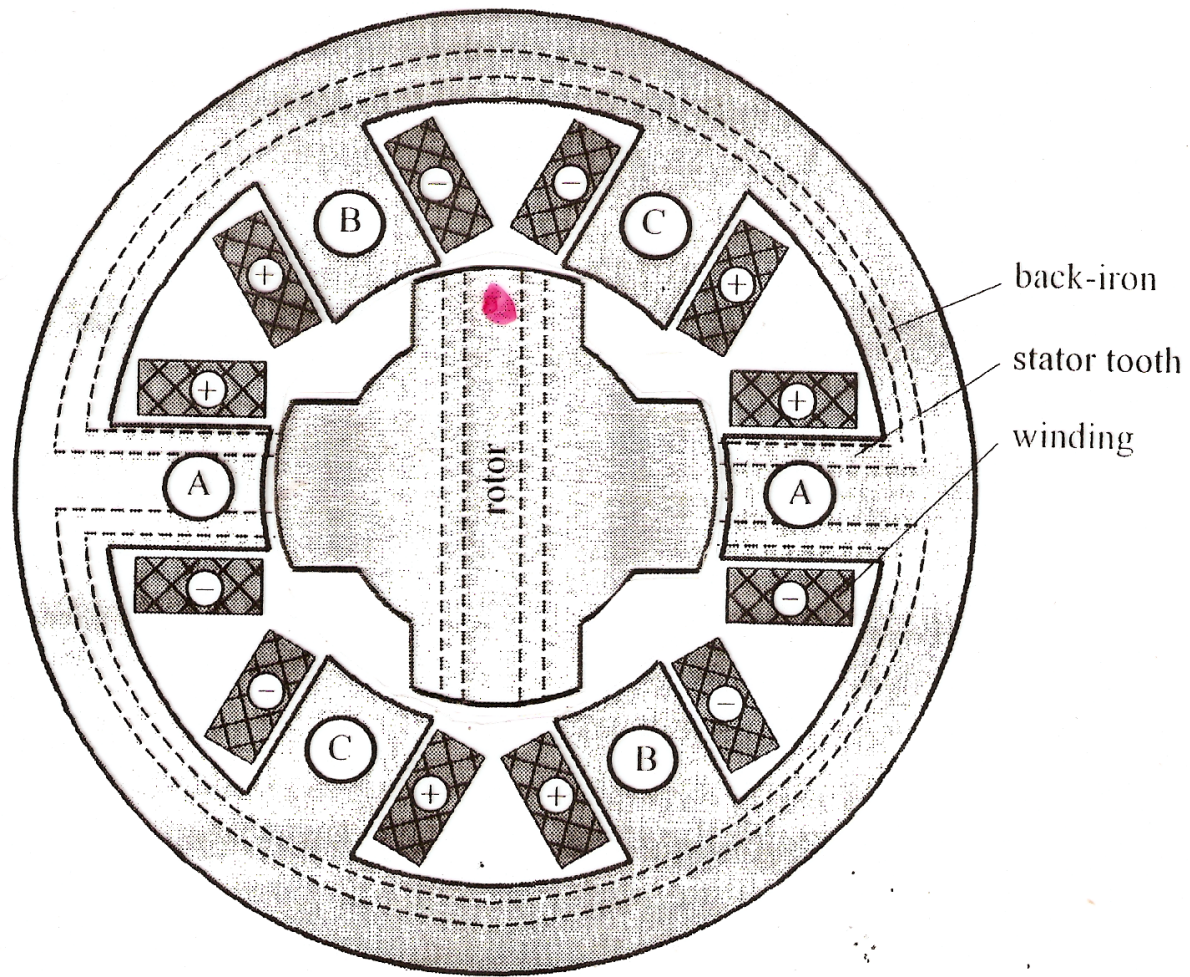
Estado inicial



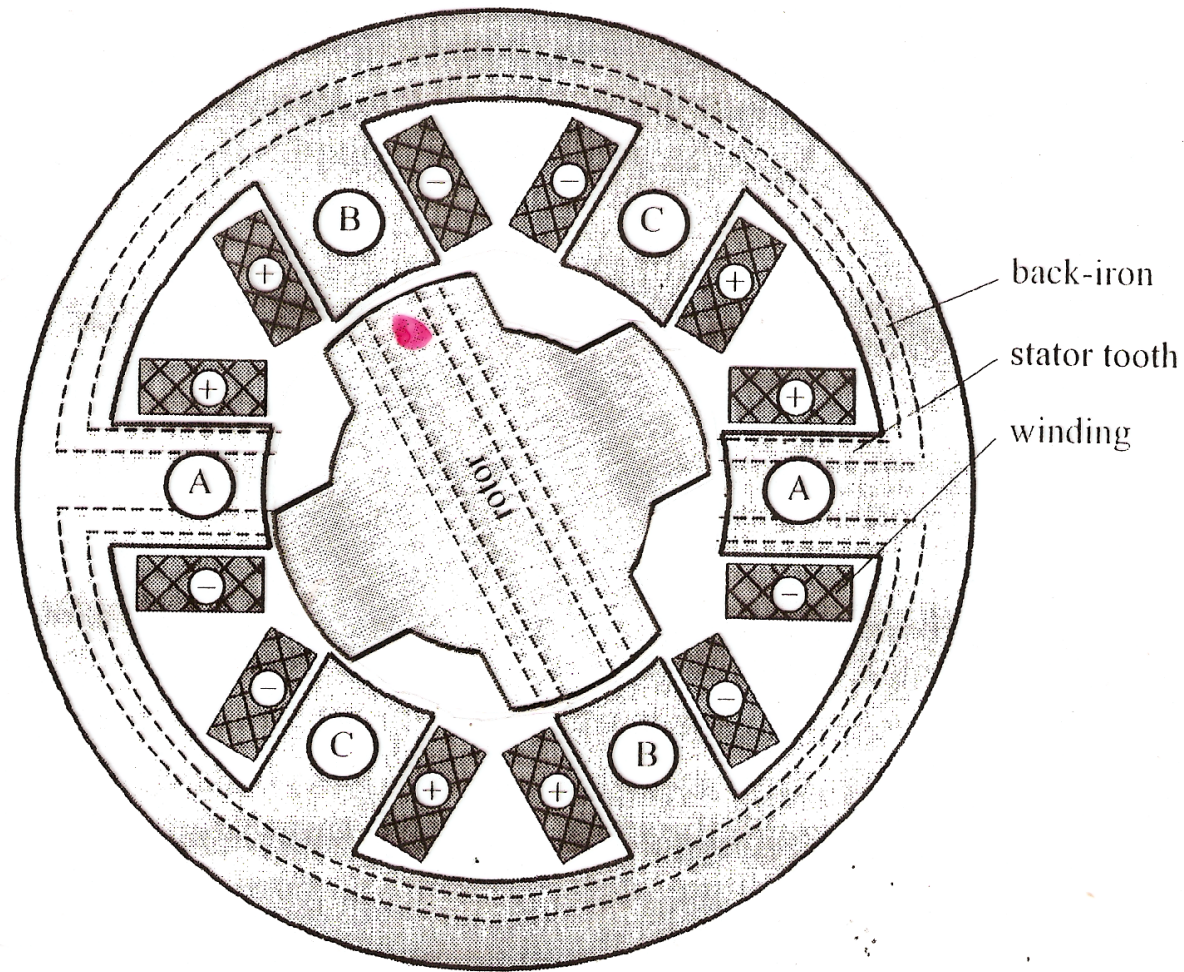
Paso 1, primer cambio de A a B



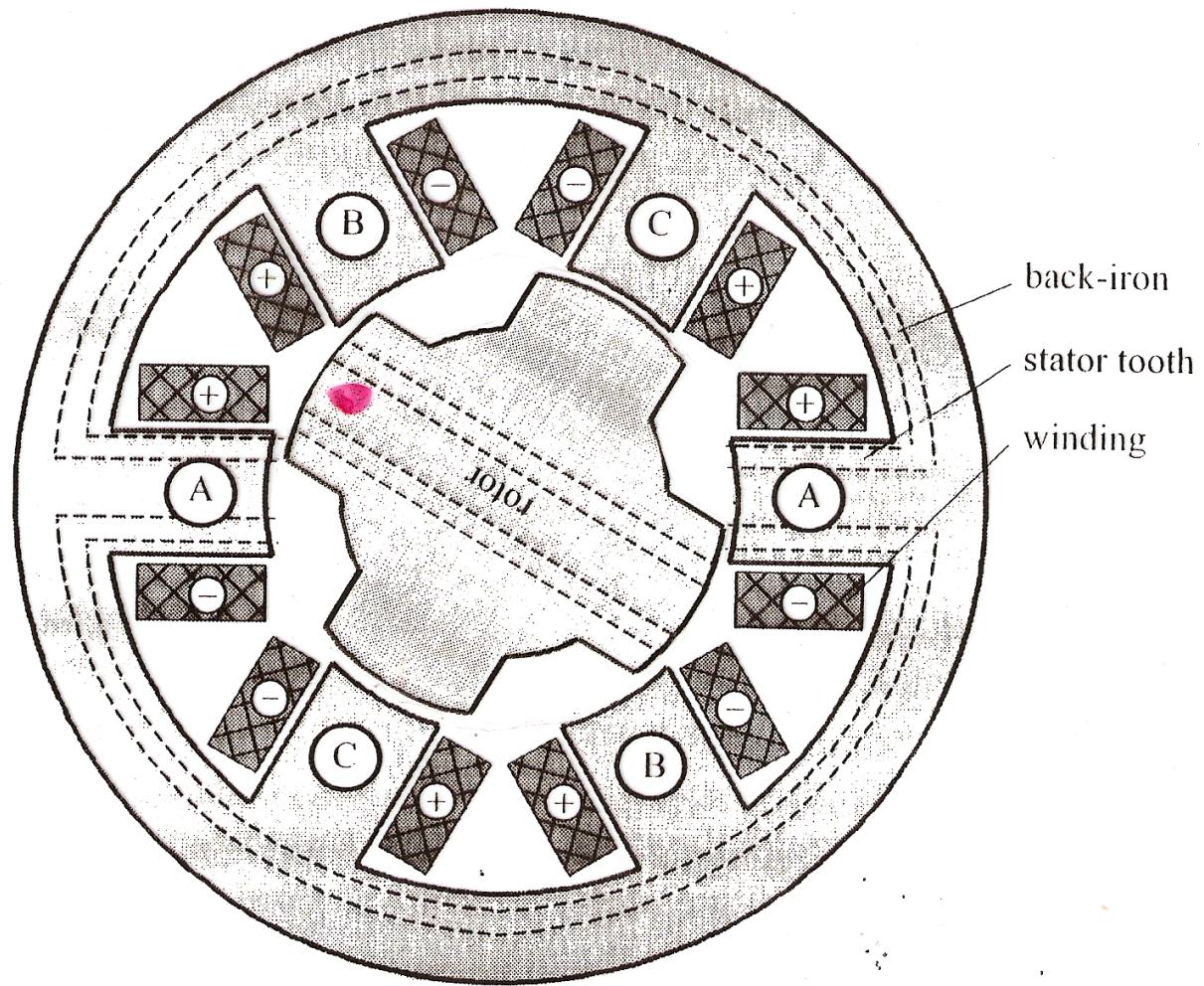
Paso 2, primer cambio de B a C



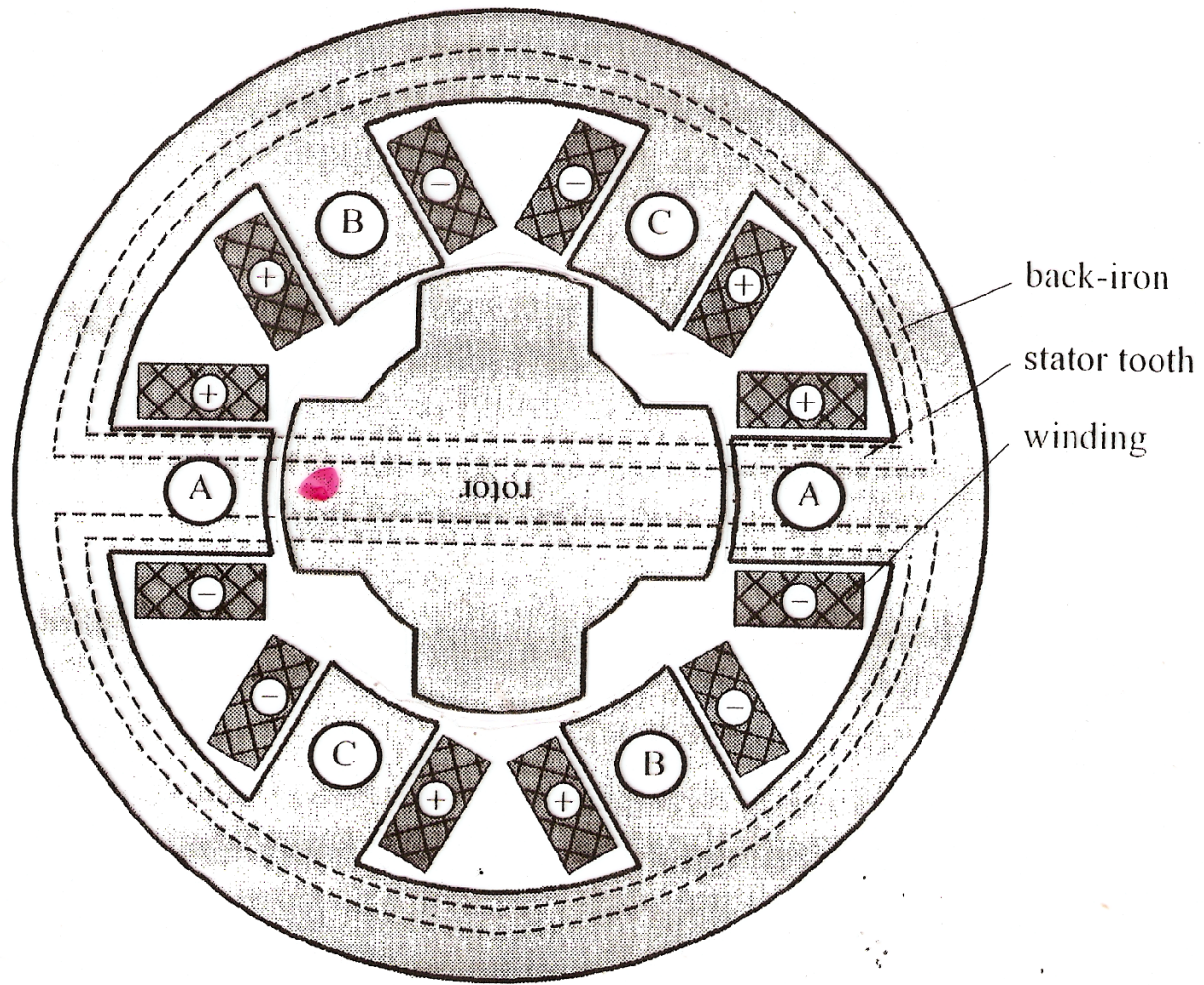
Paso 3, primer cambio de C a A



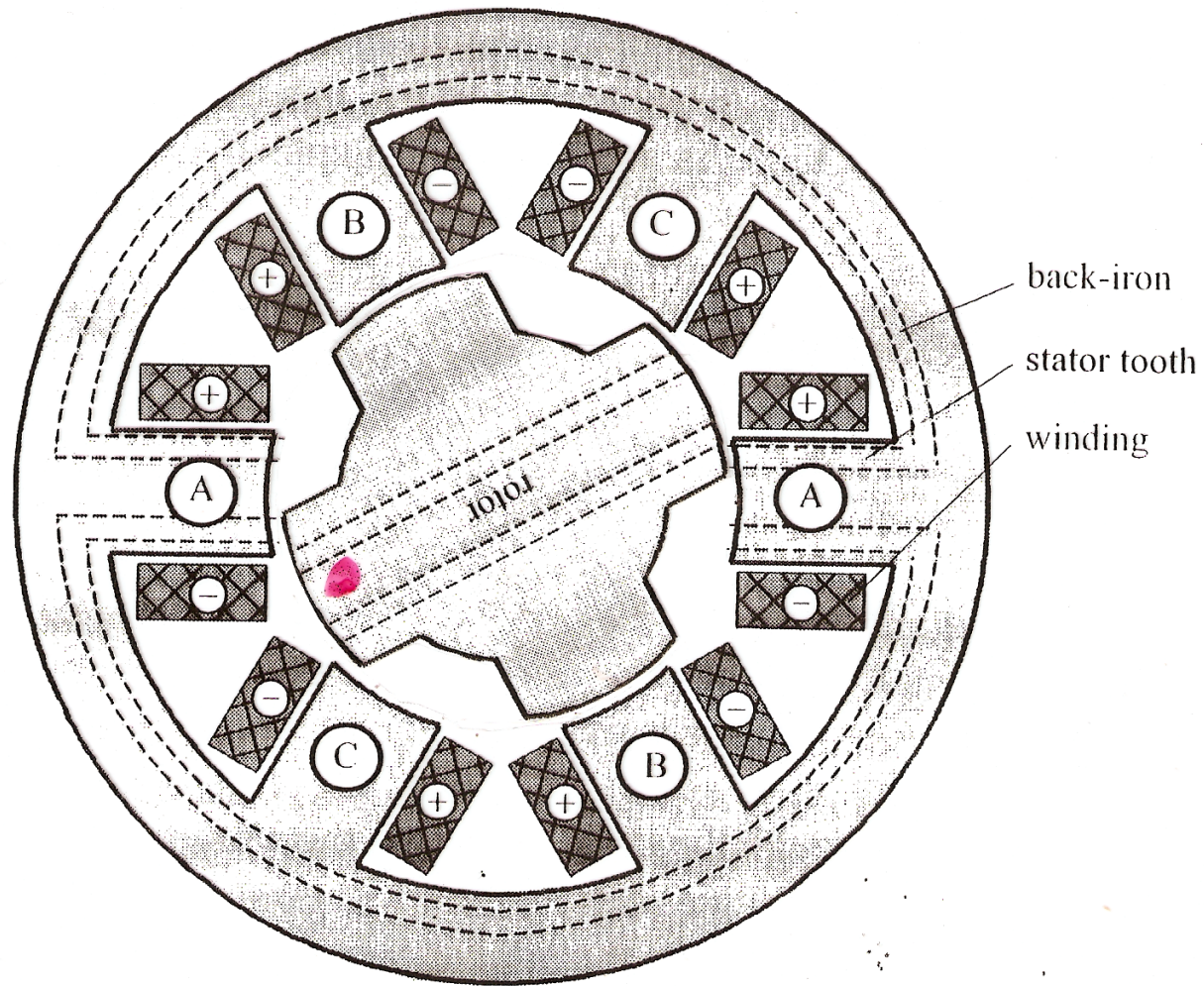
Paso 4, segundo cambio de A a B



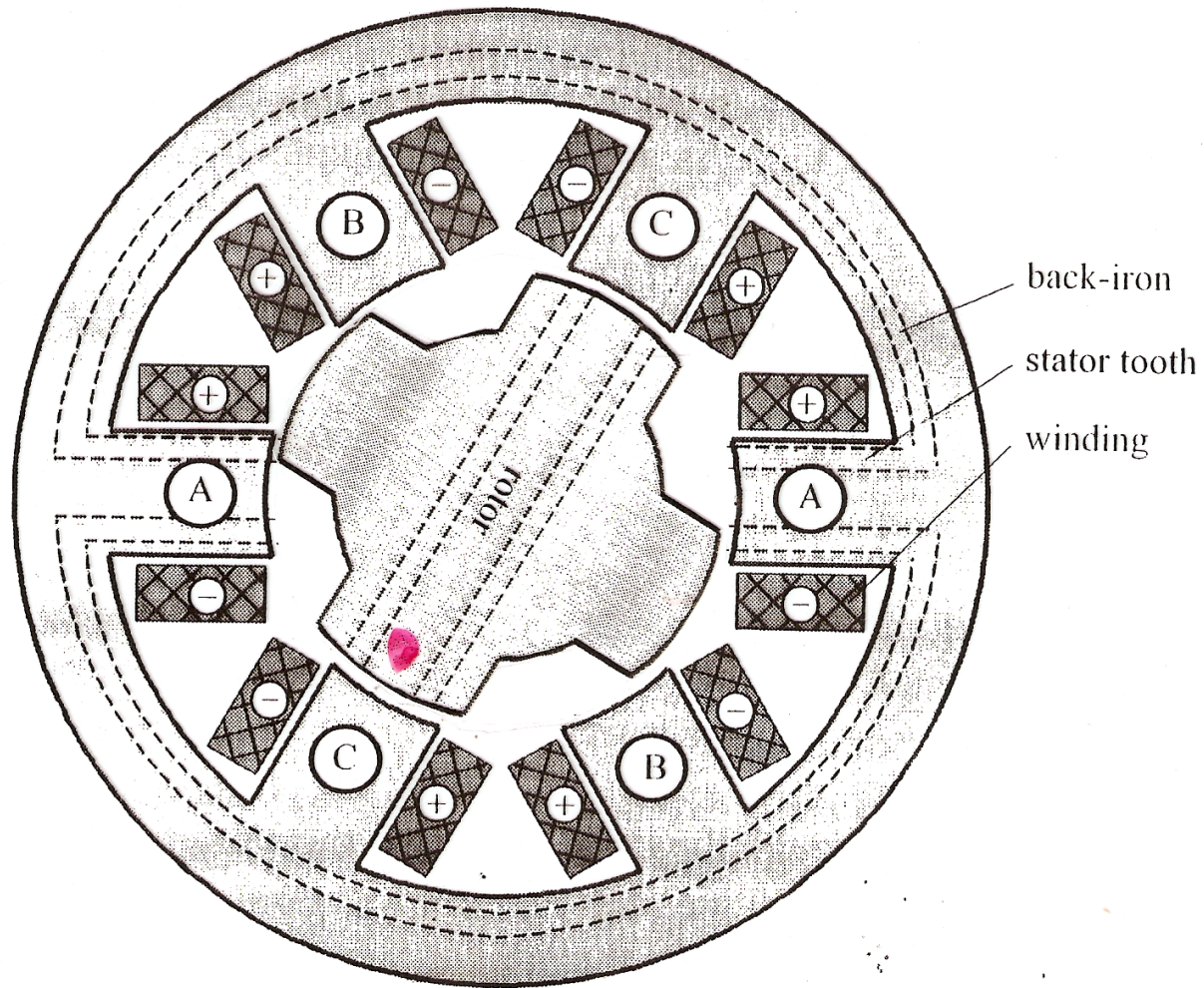
Paso 5, segundo cambio de B a C



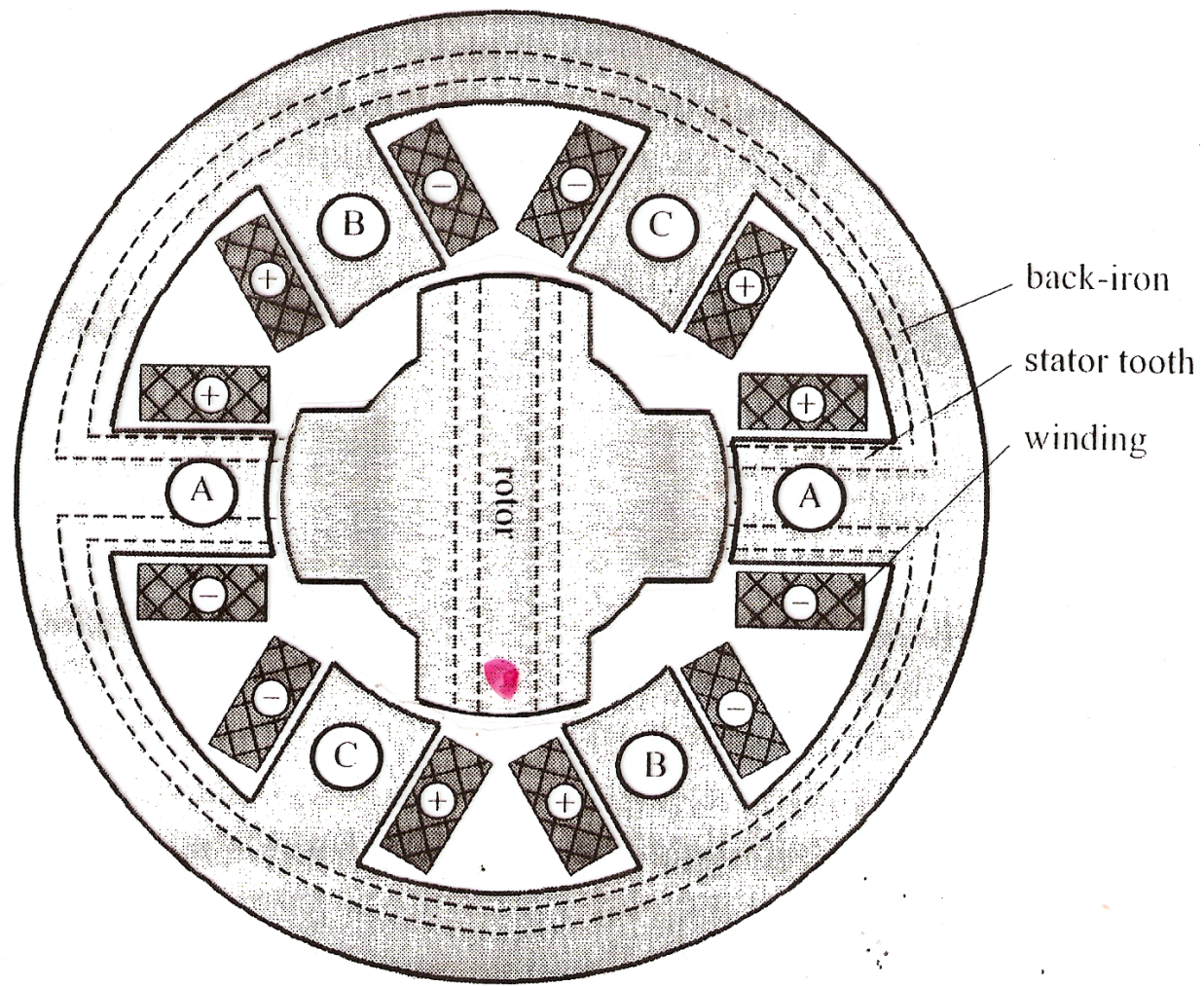
Paso 6, segundo cambio de C a A



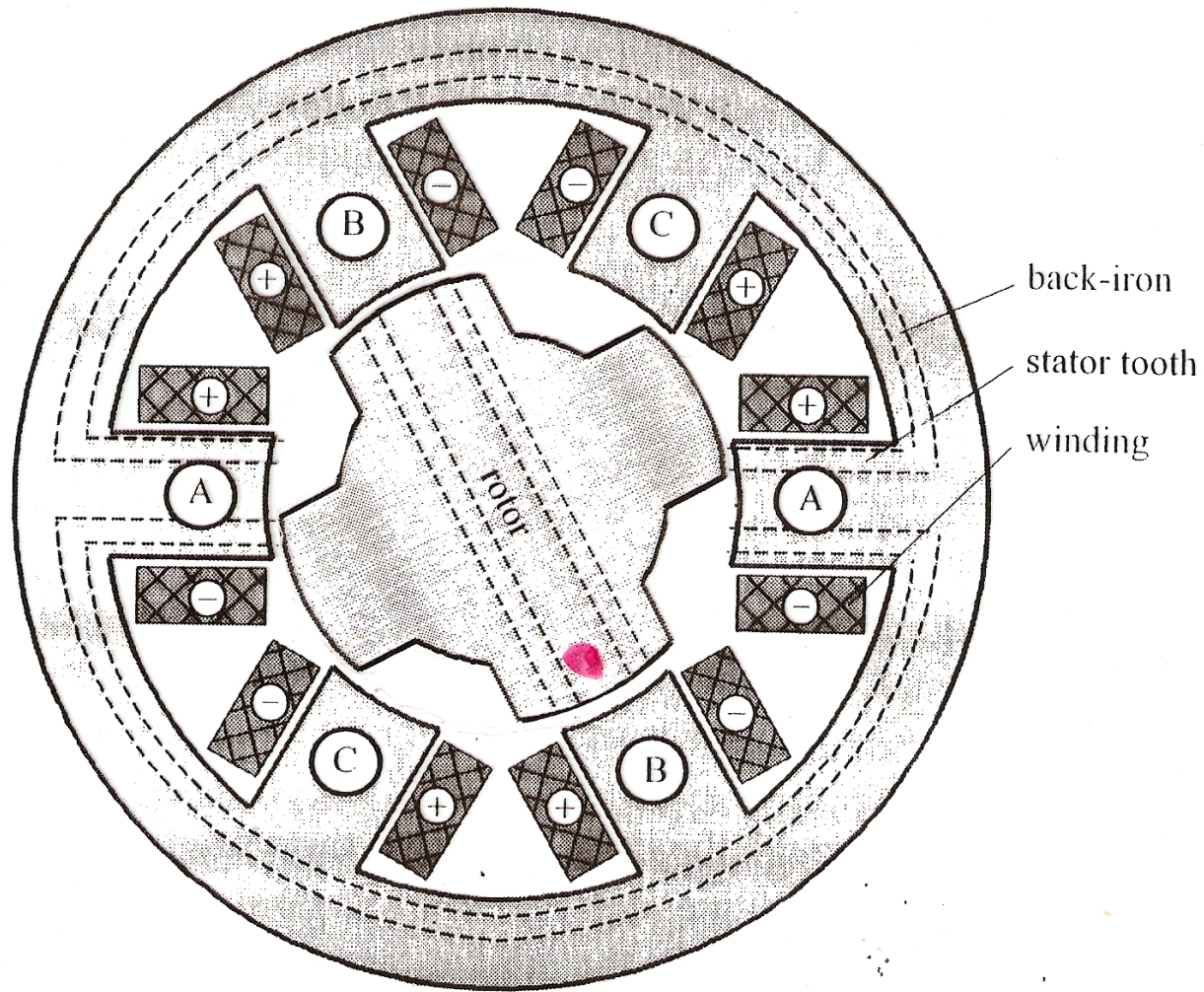
Paso 7, tercer cambio de A a B



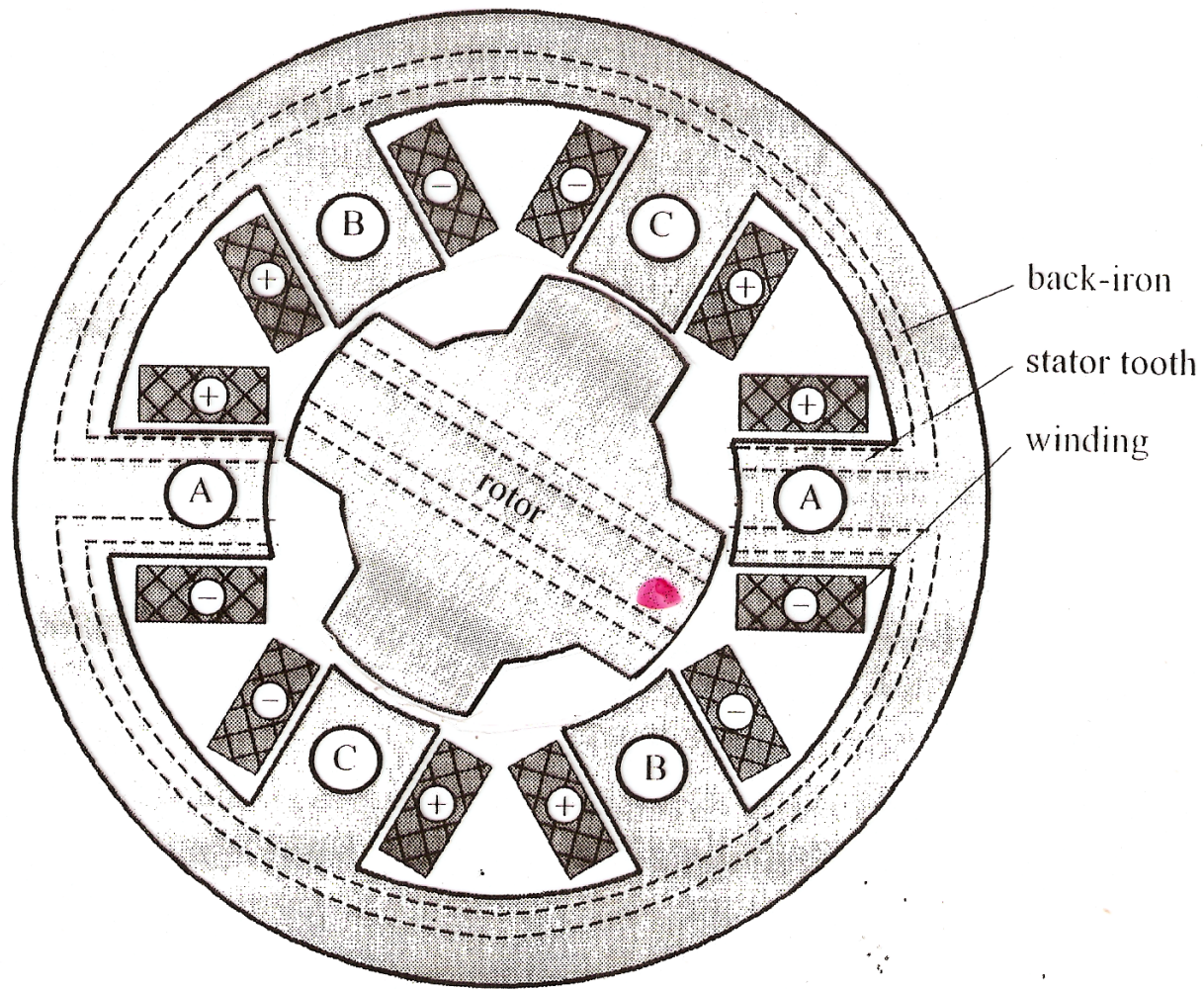
Paso 8, tercer cambio de B a C



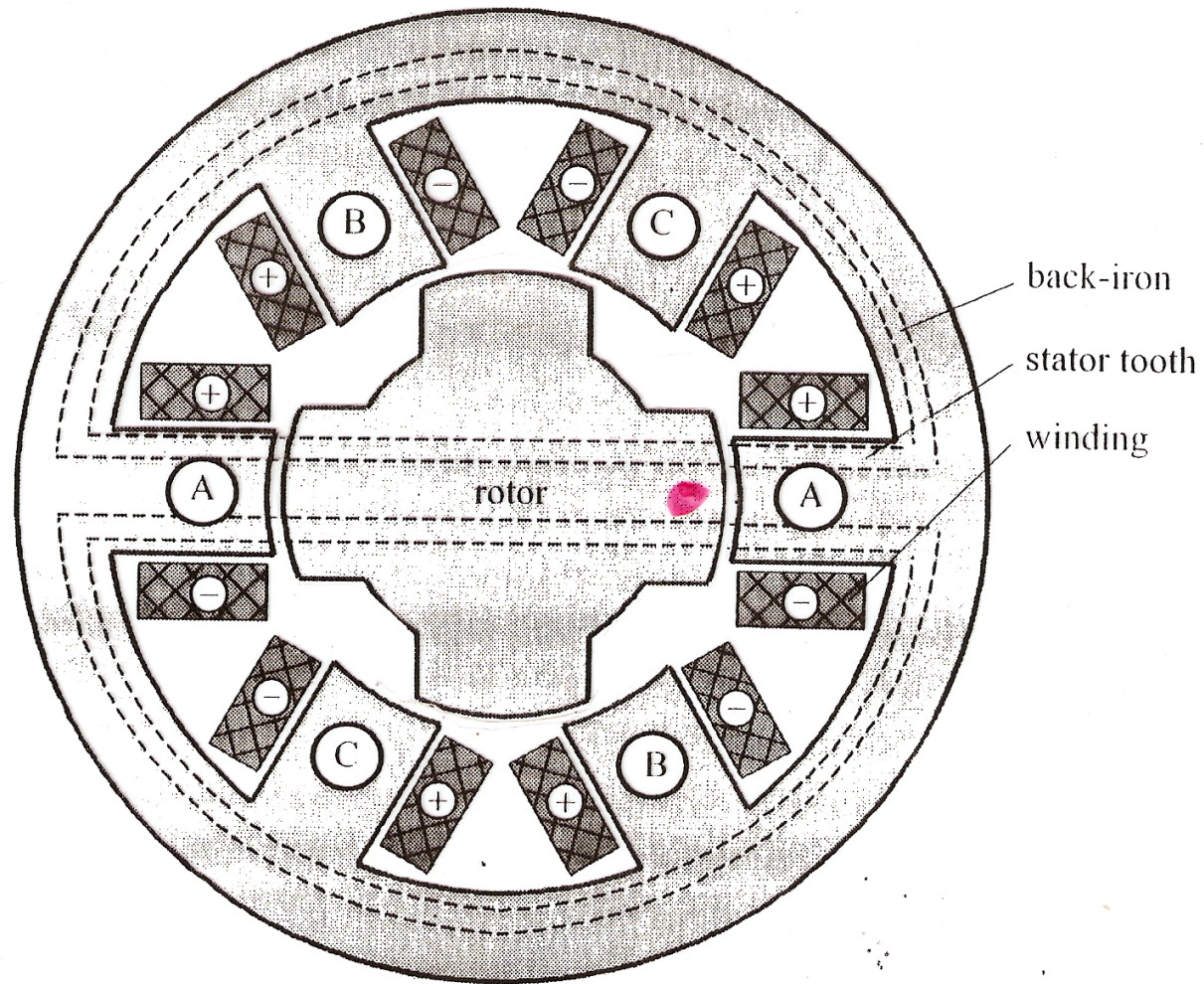
Paso 9, tercer cambio de C a A



Paso 10, cuarto paso de A a B



Paso 11 cuarto cambio de B a C



Paso 12, cuarto cambio de C a A. Regreso a estado inicial.

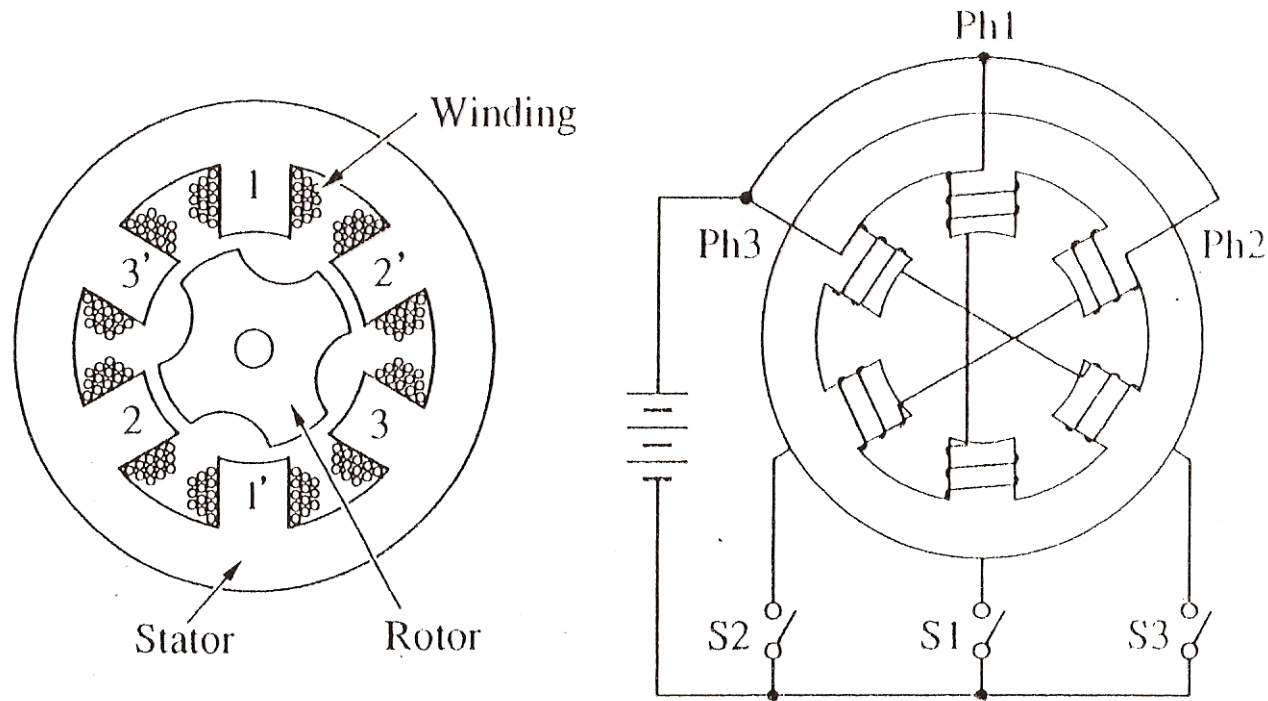
Principios de operación de los motores de pasos de giro de reluctancia variable

Si N es el número de fases independientes y p es el número de dientes en el rotor:

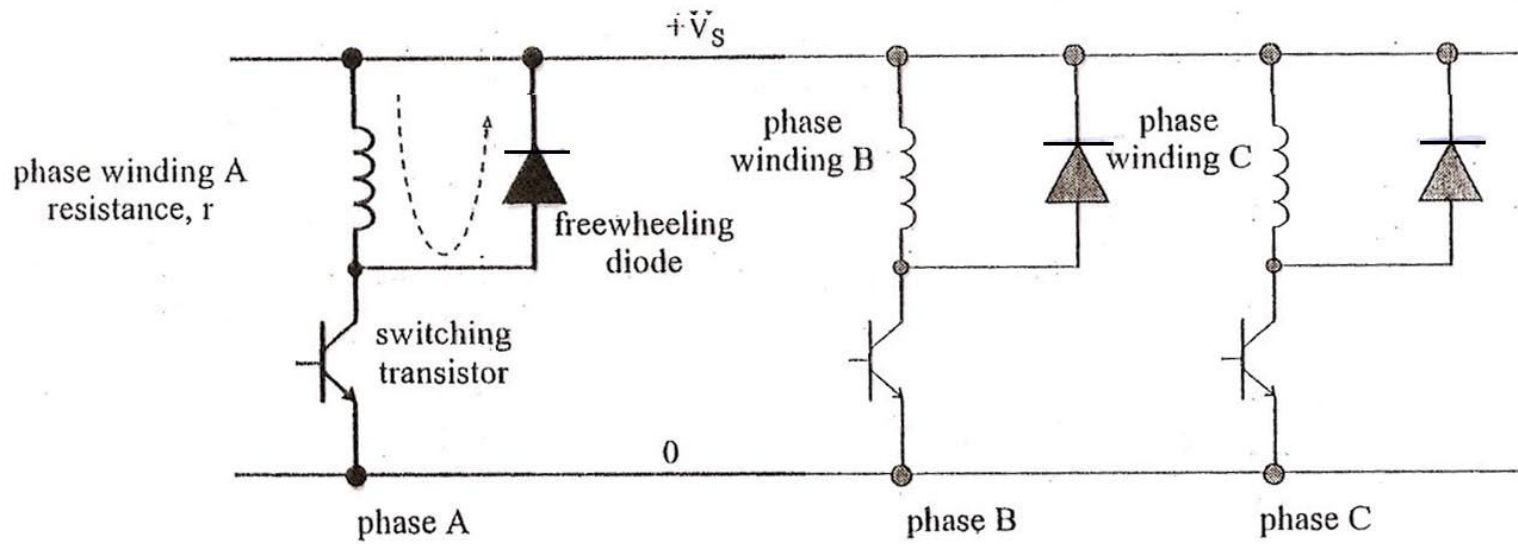
Paso entre dientes (en grados): $P_d = \frac{360}{p}$

Desplazamiento por paso (en grados): $a_p = \frac{360}{Np}$

Número de pasos por vuelta: $P_v = Np$



Motor de pasos de reluctancia variable básico de tres fases y cuatro dientes en el rotor (izquierda) y circuito actuador básico para dicho motor (derecha).



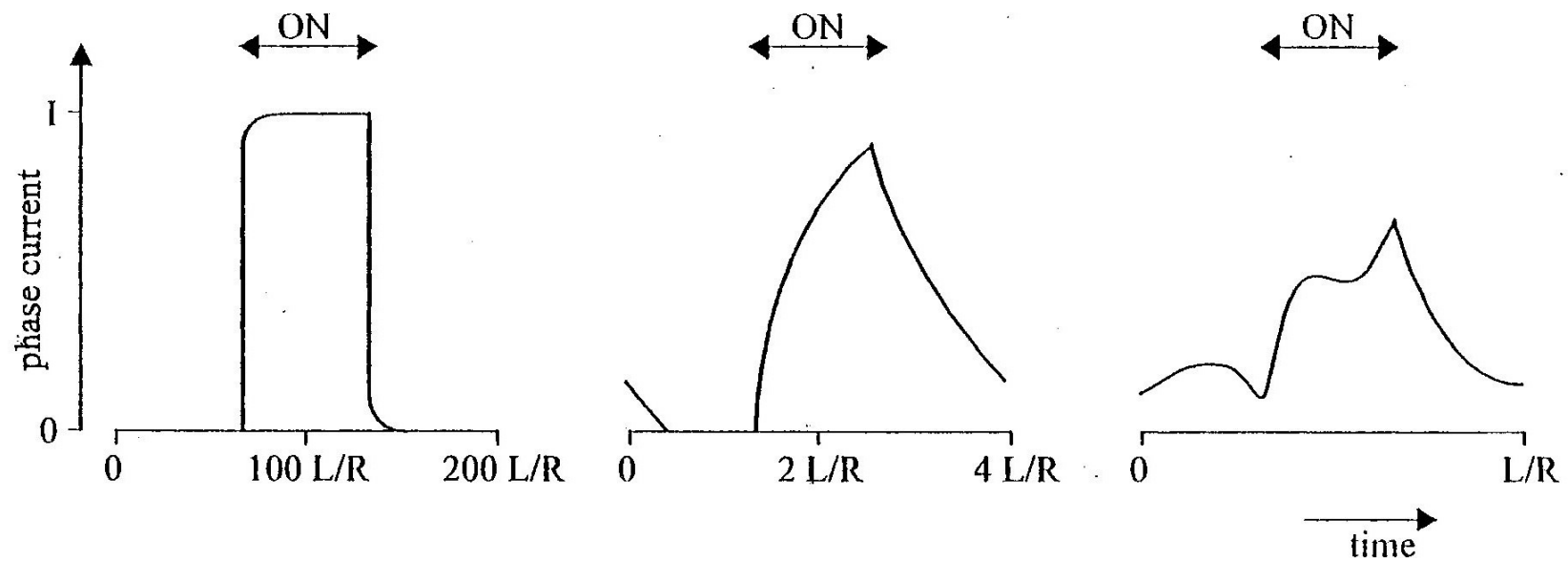
Circuito actuador para motores de paso unipolares básico, aplicado al motor de pasos de reluctancia con tres bobinas.

Circuito actuador sin resistencia externa:

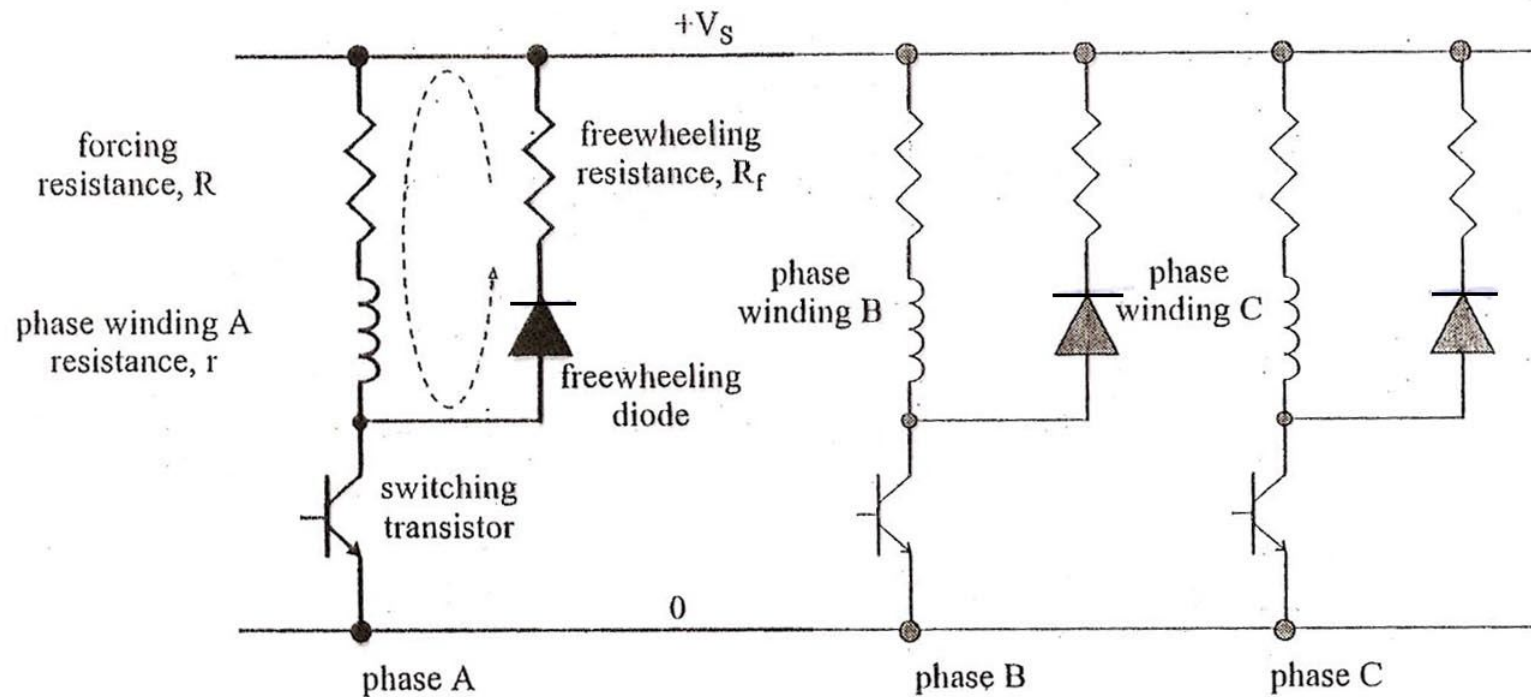
$$V_s = Ir$$

$$\tau = \frac{L}{r}$$

Problemas: La constante de tiempo de la bobina del motor puede ser larga, lo que puede causar distorsión en el pulso a altas frecuencias de repetición de los pulsos.



Distorsión en el pulso causada por la constante de tiempo del circuito actuador; el ancho de los pulsos relativo a la constante de tiempo se reduce de izquierda a derecha.



Circuito actuador modificado con resistencias externas de subida y de bajada independientes.

Circuito modificado con resistencia externa:

$$V_s = I(r + R)$$

$$\tau = \frac{L}{(r + R)}$$

Constante de tiempo de decaimiento:

$$\tau_f = \frac{L}{(r + R + R_f)}$$

Desventaja del circuito modificado: aumenta la tensión de bloque del transistor.

Tensión colector-emisor sobre el transistor:

$$V_{ce\text{pico}} = V_s + V_{Dak\text{pico}} + IR_f$$

Potencia disipada en R durante el ciclo activo:

$$P_{Rpa} = (I)^2 R = \left(\frac{V_s}{r + R} \right)^2 R$$

Potencia entregada por la fuente, por fase:

$$P_{V_s} = V_s I = V_s \frac{V_s}{(r + R)} = \frac{(V_s)^2}{(r + R)}$$

Eficiencia en el ciclo activo:

$$\eta = 1 - \frac{P_{Rpa}}{P_{V_s}} = 1 - \frac{\left(\frac{V_s}{r+R}\right)^2 R}{\frac{(V_s)^2}{(r+R)}} = 1 - \frac{R}{r+R}$$

Energía almacenada en la inductancia por pulso:

$$E_L = \frac{1}{2} L(I)^2$$

Potencia equivalente a disipar:

$$P_{eL} = E_L n_p$$

donde n_p es el número total de pulsos aplicados en un segundo en la fase considerada

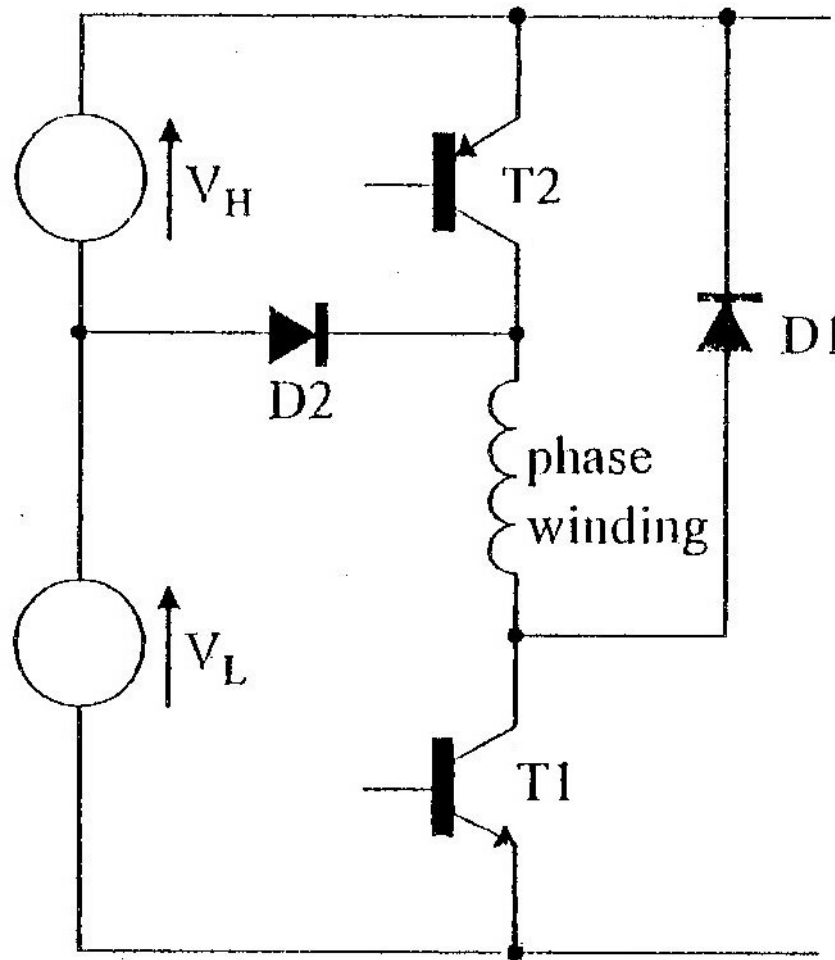
$$P_{eL} = P_{er} + P_{eR} + P_{eRf}$$

$$P_{eRi} = \left(\frac{1}{2} L(I)^2 n_p \right) \frac{R_i}{r + R + R_f}$$

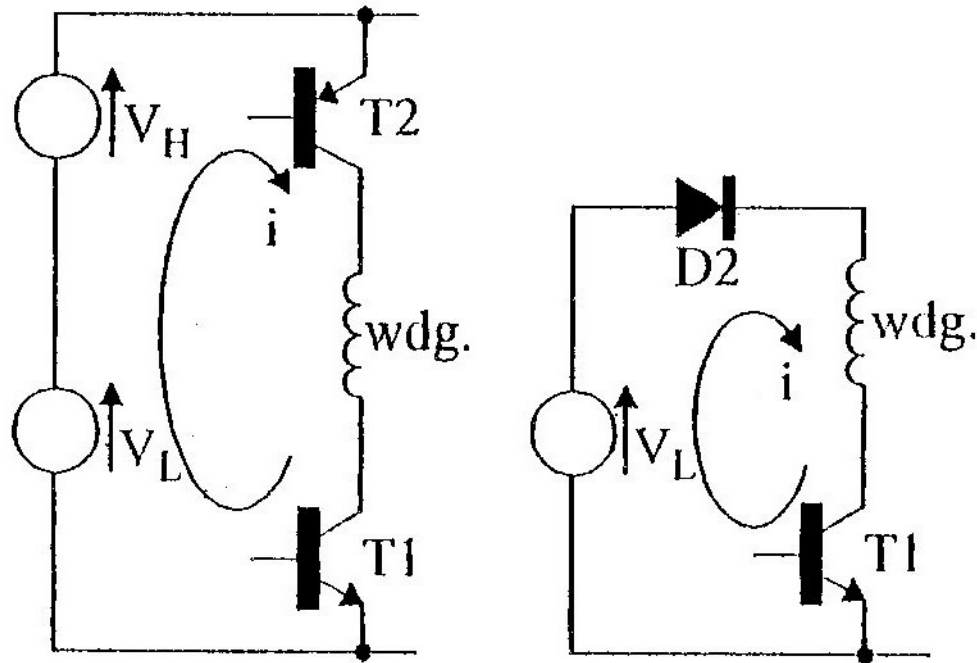
Potencia nominal de las resistencias externas:

$$P_{nRf} = \left(\frac{1}{2} L(I)^2 n_p \right) \frac{R_f}{r + R + R_f}$$

$$P_{nR} = \left(\frac{1}{2} L(I)^2 n_p \right) \frac{R}{r + R + R_f} + \left(\left(\frac{V_s}{r + R} \right)^2 R \right) \frac{\sum t_{on}}{T}$$



Circuito actuador de dos niveles para motores de paso



Circuito equivalente del actuador de dos niveles durante el tiempo de encendido.

Configuración inicial (izquierda), configuración de sostenimiento (derecha)

Actuador de dos niveles: pulso de encendido

$$I(t) = \frac{(V_H + V_L) \left[1 - e^{-t \frac{r}{L}} \right]}{r}$$

$$\text{Si } I(t) \ll \frac{(V_H + V_L)}{r}$$

$$I(t) = \frac{(V_H + V_L)}{L} t$$

El valor de corriente nominal se alcanza en t_1 , cuando:

$$I(t_1) = \frac{V_L}{r} = \frac{(V_H + V_L)}{L} t_1$$

$$t_1 = \frac{V_L}{V_H + V_L} \frac{L}{r} = \frac{\frac{L}{r}}{D + 1}$$

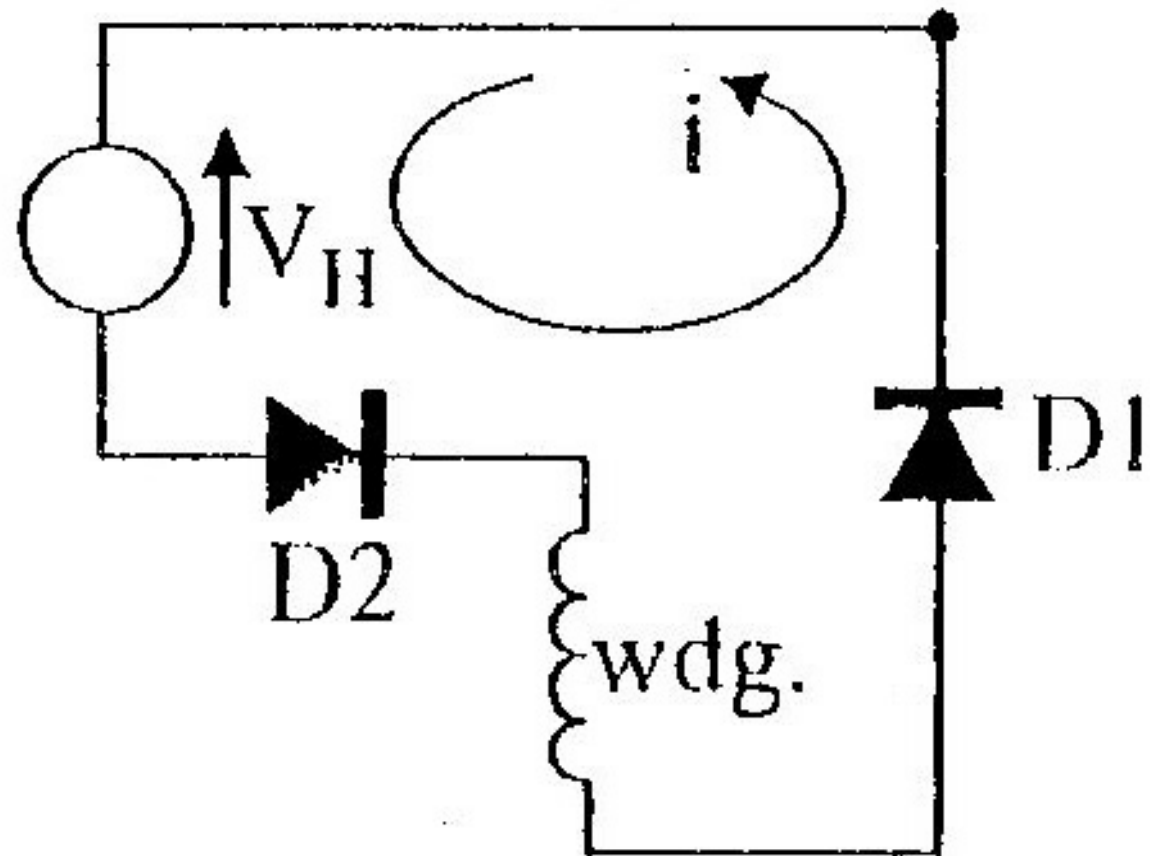
donde:

$$D = \frac{V_H}{V_L}$$

Actuador de dos niveles: nivel de sostenimiento

Alcanzado el valor deseado de corriente, I_p , se apaga la fuente V_H y la corriente se mantiene con la fuente V_L , de acuerdo con:

$$I_p = I(t_1) = \frac{V_L}{r}$$



Circuito equivalente del actuador de dos niveles durante el tiempo de apagado.

durante la caída, la corriente es:

$$I(t) = -\left(\frac{V_H}{r}\right) + \left[\frac{V_H + V_L}{r}\right] e^{\left(-t\frac{r}{L}\right)}$$

$$\text{Si } I(t) \ll \frac{V_H}{r}$$

$$I(t) = \frac{V_L}{r} - \frac{(V_H + V_L)t}{L}$$

$$I(t_2) = 0 = \frac{V_L}{r} - \frac{(V_H + V_L)t_2}{L}$$

$$t_2 = \frac{L}{r} \left(\frac{V_L}{V_H + V_L} \right) = \frac{\frac{L}{r}}{(D+1)}$$

Principios de operación de los motores de pasos de giro de reluctancia variable

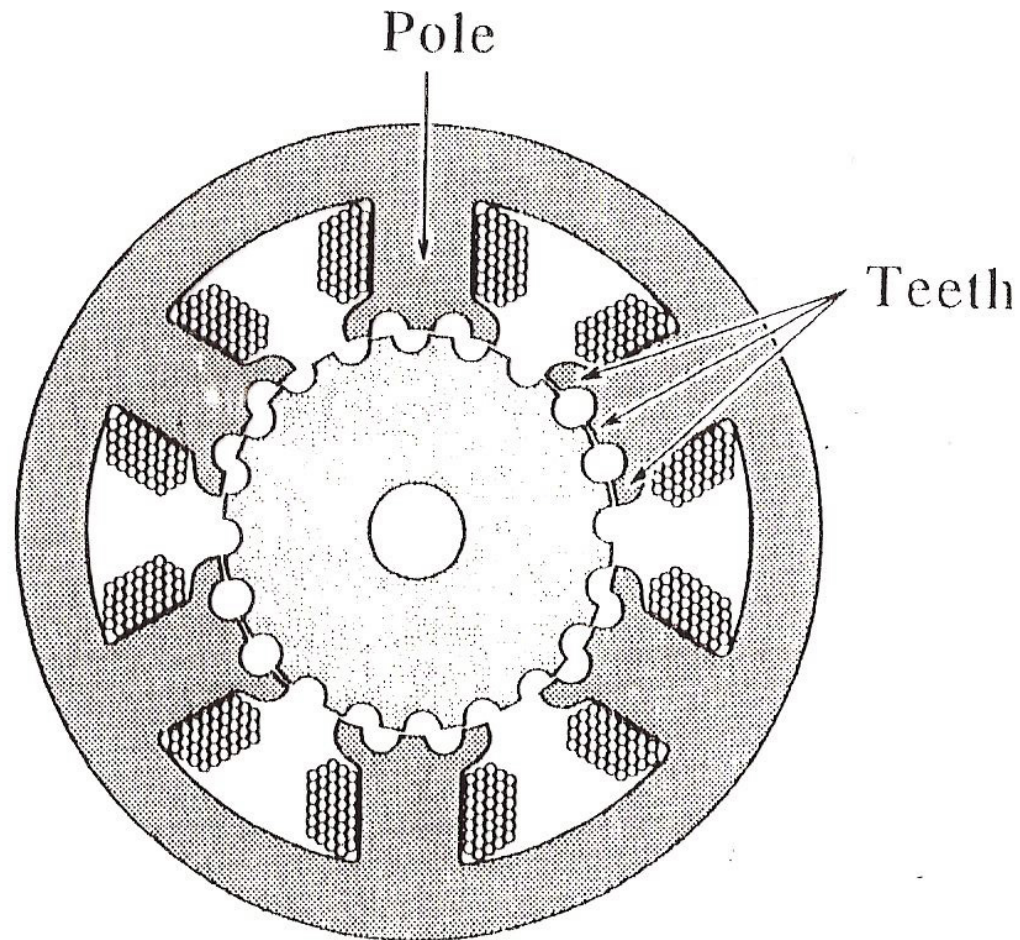
Si N es el número de fases independientes y p es el número de dientes en el rotor:

Paso entre dientes (en grados): $P_d = \frac{360}{p}$

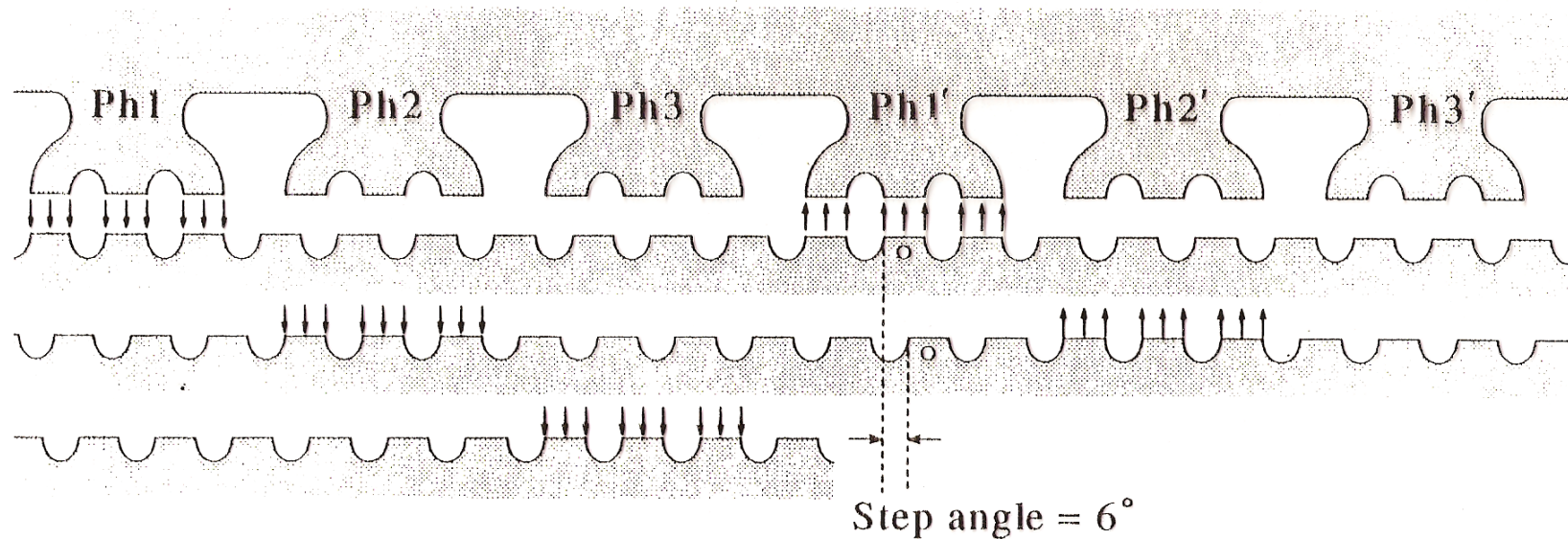
Desplazamiento por paso (en grados): $a_p = \frac{360}{Np}$

Número de pasos por vuelta: $P_v = Np$

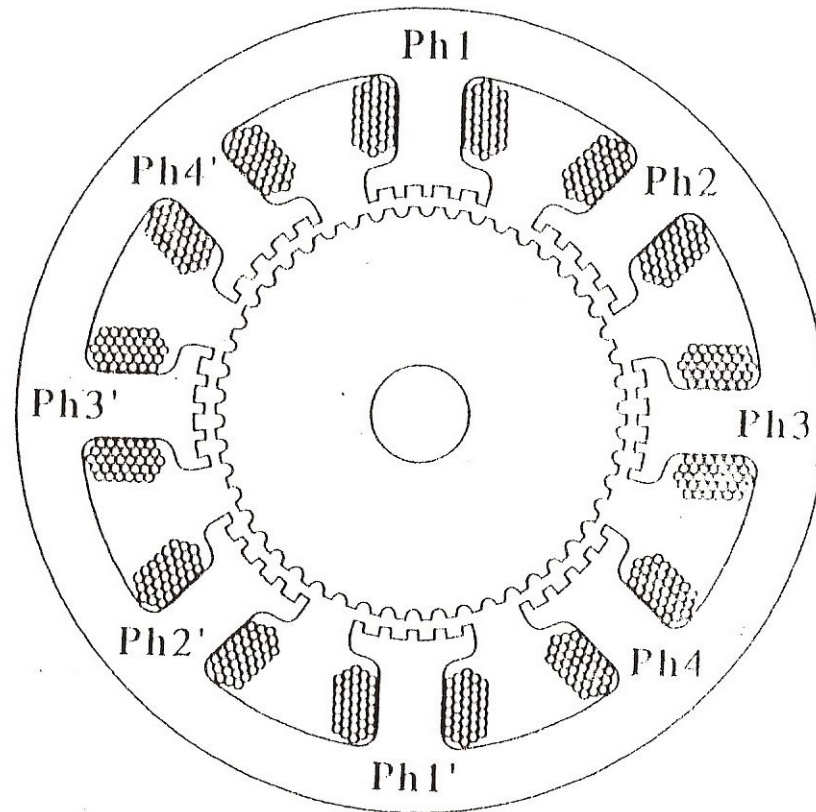
Motores de reluctancia variable con múltiples dientes en cada polo saliente.



motor de reluctancia variable con tres fases, tres dientes por fase y veinte dientes en el rotor

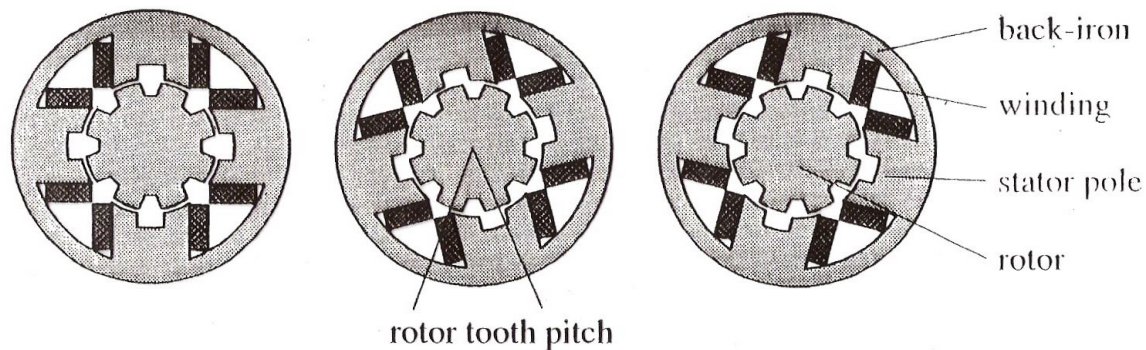
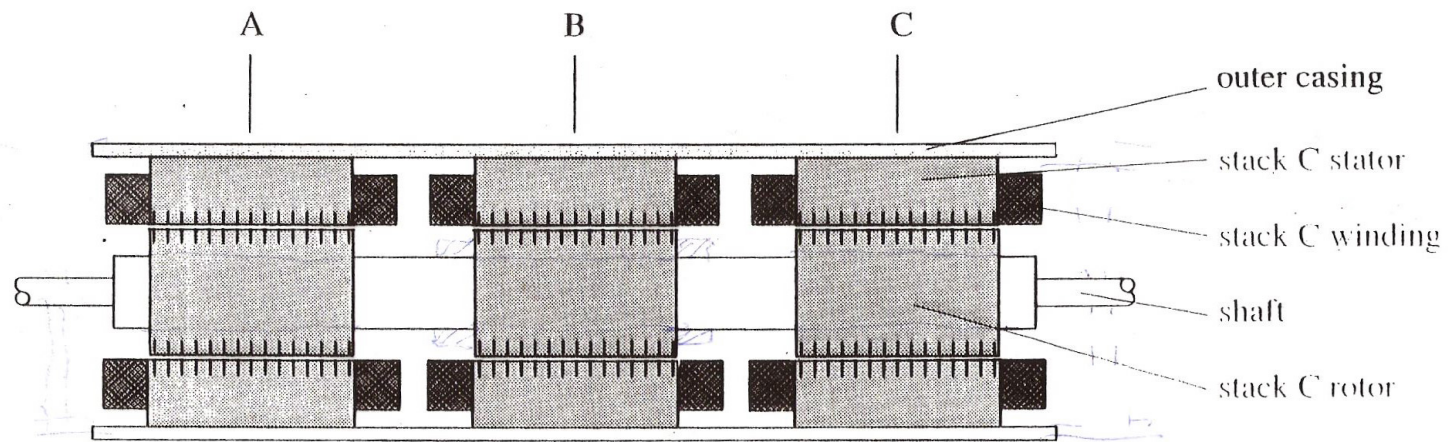


Principio de operación de los motores de reluctancia variable con múltiples dientes por fase.
 El ejemplo muestra un motor con tres fases, tres dientes por fase y veinte dientes en el rotor



Motor de reluctancia variable con cuatro fases, cinco dientes por fase y cincuenta dientes en el rotor.

Motores de reluctancia variable de múltiples elementos.



Corte longitudinal y transversal de un motor de reluctancia variable de múltiples elementos.

Motor de reluctancia variable de múltiples elementos
("multi-stack")

Número de niveles (y fases): N

Número de dientes del rotor: p

Paso del diente del rotor: $360/p$

Ángulo de avance (paso) por pulso: $360/Np$