

Curso: Procesamiento Electrónico de Potencia

# CIRCUITOS FERROMAGNÉTICOS EN C.A.

continuación

Ing. Sergio A. Morales Hernández

Escuela de Ingeniería Electrónica  
Tecnológico de Costa Rica

I Semestre 2021

## 1 PÉRDIDAS EN NÚCLEOS FERROMAGNÉTICOS

## TIPOS DE PÉRDIDAS

- Un circuito ferromagnético en C.A. va a presentar dos tipos de pérdidas de energía.

## TIPOS DE PÉRDIDAS

- Un circuito ferromagnético en C.A. va a presentar dos tipos de pérdidas de energía.
- Uno de ellos, es debido a la característica no lineal del núcleo.

## TIPOS DE PÉRDIDAS

- Un circuito ferromagnético en C.A. va a presentar dos tipos de pérdidas de energía.
- Uno de ellos, es debido a la característica no lineal del núcleo.
- Este efecto produce las pérdidas denominadas *por histéresis*.

## TIPOS DE PÉRDIDAS

- Un circuito ferromagnético en C.A. va a presentar dos tipos de pérdidas de energía.
- Uno de ellos, es debido a la característica no lineal del núcleo.
- Este efecto produce las pérdidas denominadas *por histéresis*.
- El otro tipo de pérdidas es producto de la condición de un campo magnético variante en el tiempo.

## TIPOS DE PÉRDIDAS

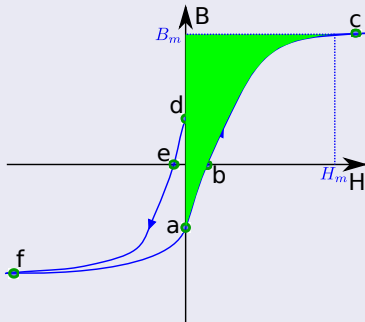
- Un circuito ferromagnético en C.A. va a presentar dos tipos de pérdidas de energía.
- Uno de ellos, es debido a la característica no lineal del núcleo.
- Este efecto produce las pérdidas denominadas *por histéresis*.
- El otro tipo de pérdidas es producto de la condición de un campo magnético variante en el tiempo.
- Este se conoce como pérdidas *por corrientes parásitas*.

## TIPOS DE PÉRDIDAS

- Un circuito ferromagnético en C.A. va a presentar dos tipos de pérdidas de energía.
- Uno de ellos, es debido a la característica no lineal del núcleo.
- Este efecto produce las pérdidas denominadas *por histéresis*.
- El otro tipo de pérdidas es producto de la condición de un campo magnético variante en el tiempo.
- Este se conoce como pérdidas *por corrientes parásitas*.
- En resumen, un tipo de pérdidas es producido por el tipo de material, y el otro tipo es debido al tipo de energía eléctrica utilizado.

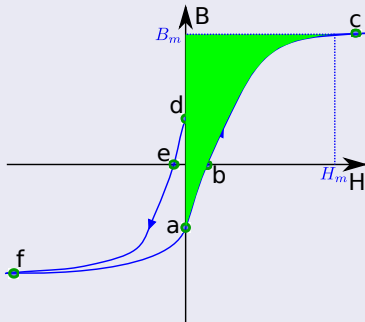


# PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS



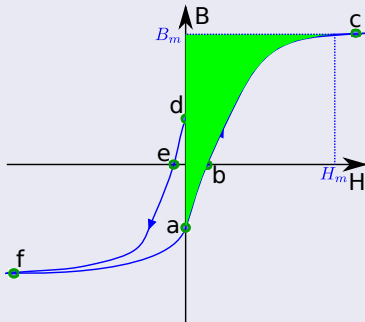
- Si tomamos la trayectoria a-c, al calcular la energía tendríamos

# PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS



- Si tomamos la trayectoria a-c, al calcular la energía tendríamos

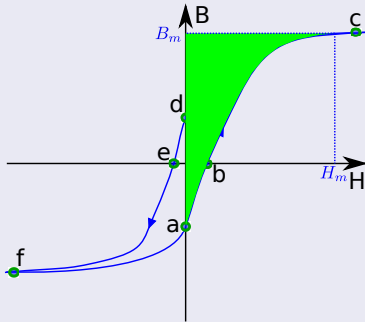
# PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS



- Si tomamos la trayectoria a-c, al calcular la energía tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{-B_r}^{B_m} H dB$$

# PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS

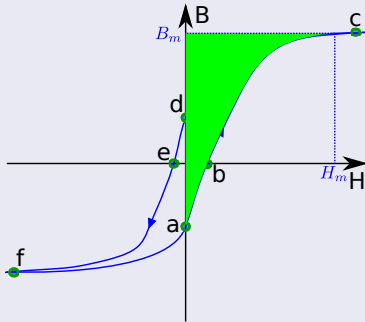


- Si tomamos la trayectoria a-c, al calcular la energía tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{-B_r}^{B_m} H dB$$

- Lo cual es claro que  $W_{\phi} > 0$

# PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS

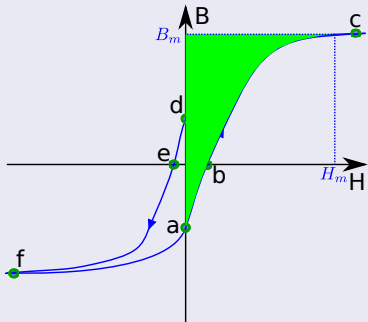


- Si tomamos la trayectoria a-c, al calcular la energía tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{-B_r}^{B_m} H dB$$

- Lo cual es claro que  $W_{\phi} > 0$

# PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS

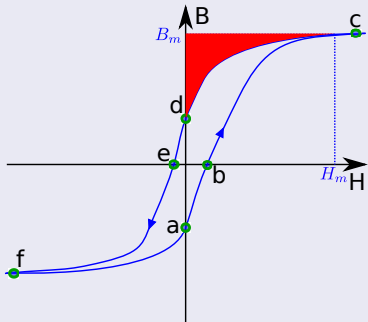


- Si tomamos la trayectoria a-c, al calcular la energía tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{-B_r}^{B_m} H dB$$

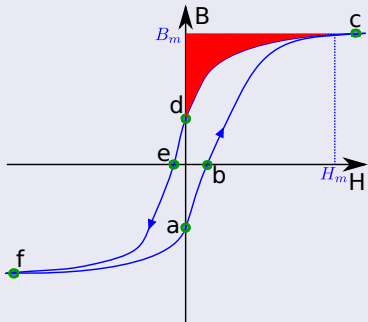
- Lo cual es claro que  $W_{\phi} > 0 \Rightarrow$  sistema **absorbe** energía.

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



- Ahora, al calcular la energía en la trayectoria c-d tendríamos

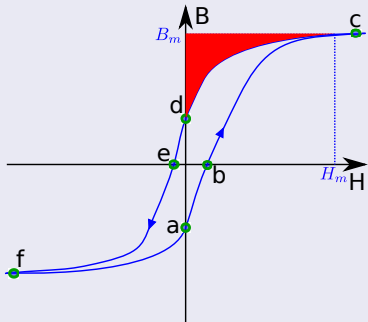
## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



- Ahora, al calcular la energía en la trayectoria c-d tendríamos



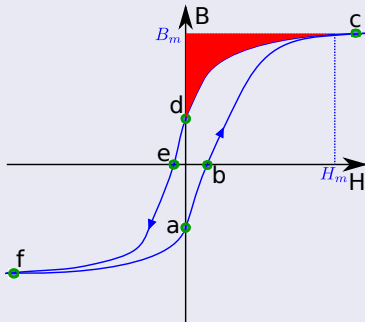
## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



- Ahora, al calcular la energía en la trayectoria c-d tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{B_m}^{B_r} H dB$$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación

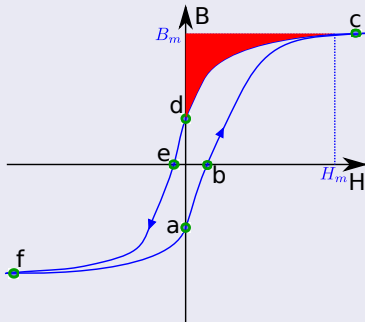


- Ahora, al calcular la energía en la trayectoria c-d tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{B_m}^{B_r} H dB$$

- Lo que nos da que  $W_{\phi} < 0$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación

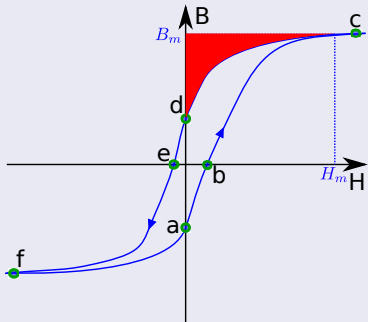


- Ahora, al calcular la energía en la trayectoria c-d tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{B_m}^{B_r} H dB$$

- Lo que nos da que  $W_{\phi} < 0$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación

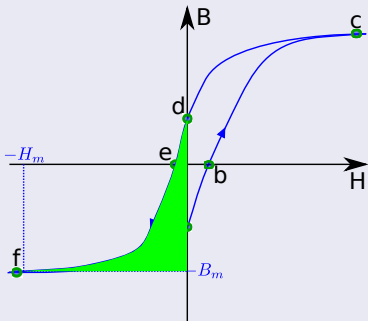


- Ahora, al calcular la energía en la trayectoria c-d tendríamos

$$W_{\phi} = V \int_{B_m}^{B_r} H dB$$

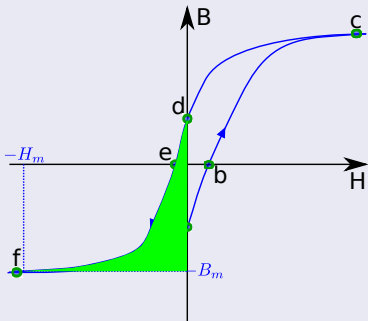
- Lo que nos da que  $W_{\phi} < 0 \Rightarrow$  circuito **entrega** energía.

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



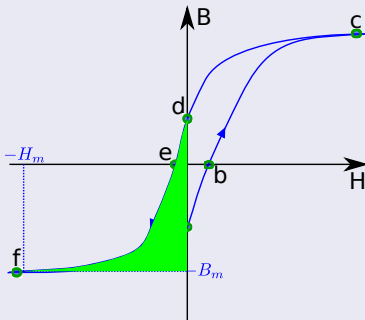
- En la trayectoria d-f, la energía sería

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



- En la trayectoria d-f, la energía sería

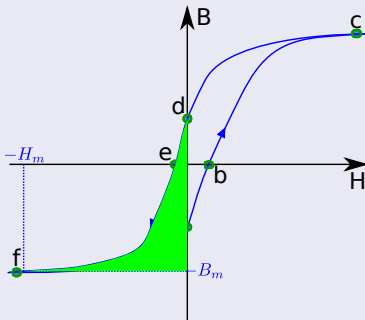
## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



- En la trayectoria d-f, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{B_r}^{-B_m} H dB$$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



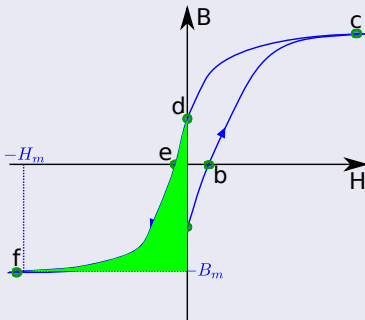
- En la trayectoria d-f, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{B_r}^{-B_m} H dB$$

- Acá,  $W_{\phi} > 0$



## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación

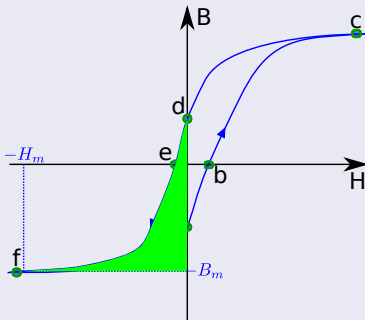


- En la trayectoria d-f, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{B_r}^{-B_m} H dB$$

- Acá,  $W_{\phi} > 0$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación

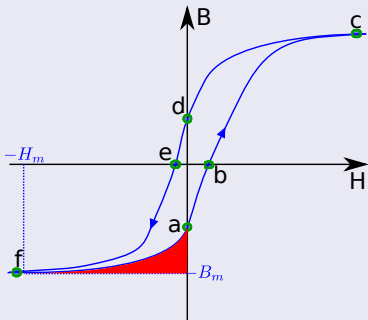


- En la trayectoria d-f, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{B_r}^{-B_m} H \, dB$$

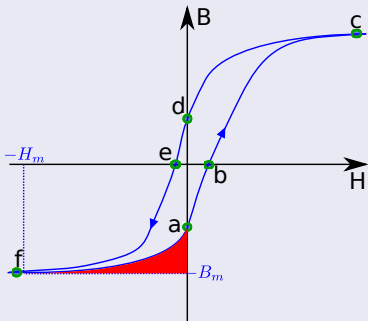
- Acá,  $W_{\phi} > 0 \Rightarrow$  circuito **absorbe** energía.

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



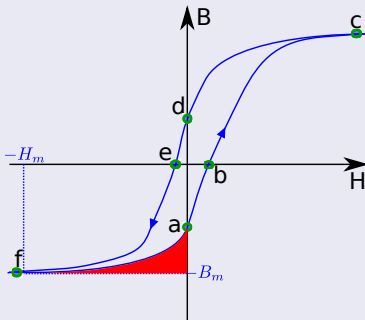
- Por último, para la trayectoria  $f$ - $a$ , la energía sería

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



- Por último, para la trayectoria  $f$ - $a$ , la energía sería

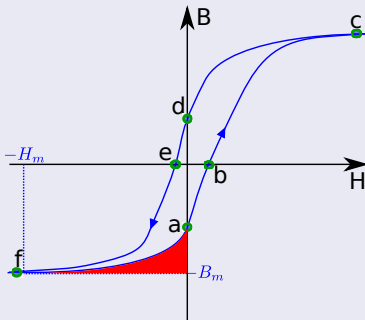
## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



- Por último, para la trayectoria f-a, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{-B_m}^{-B_r} H dB$$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación

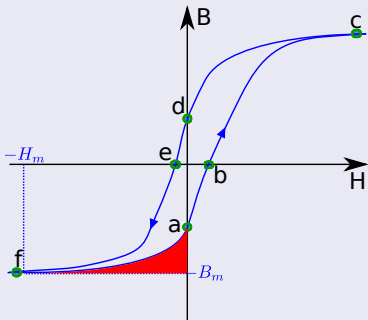


- Por último, para la trayectoria f-a, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{-B_m}^{-B_r} H dB$$

- $W_{\phi} < 0$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación

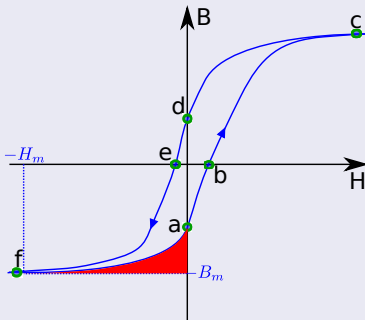


- Por último, para la trayectoria f-a, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{-B_m}^{-B_r} H dB$$

- $W_{\phi} < 0$

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



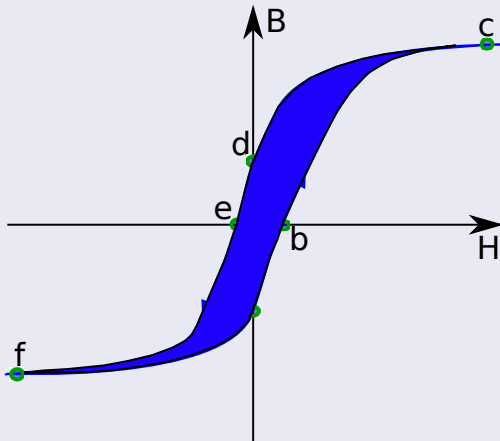
- Por último, para la trayectoria f-a, la energía sería

$$W_{\phi} = V \int_{-B_m}^{-B_r} H \, dB$$

- $W_{\phi} < 0 \Rightarrow$  circuito **entrega** energía.

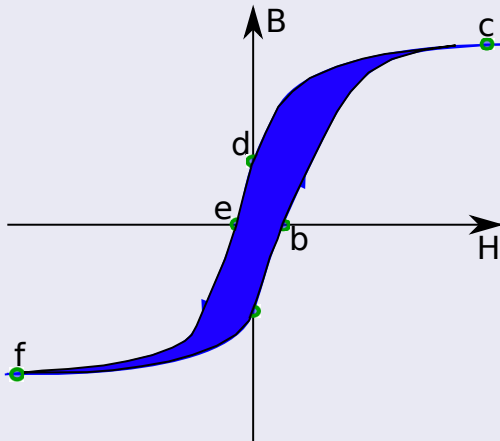


## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



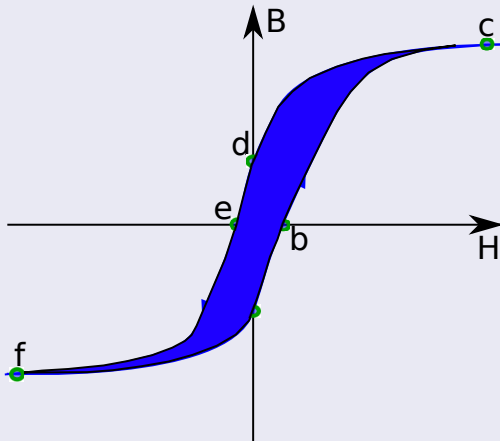
- Del análisis anterior comprobamos que el área del anillo de histéresis representa las pérdidas de energía de un circuito ferromagnético.

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



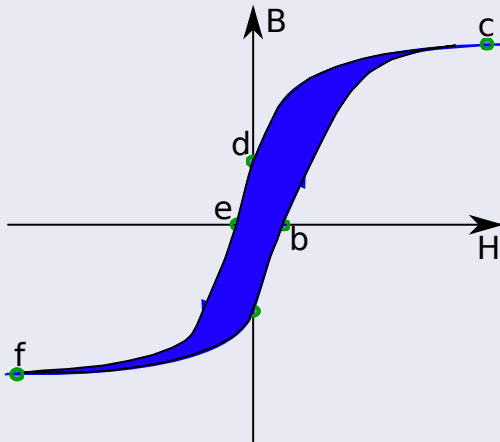
- Del análisis anterior comprobamos que el área del anillo de histéresis representa las pérdidas de energía de un circuito ferromagnético.
- ¿En qué forma se pierde esta energía?

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



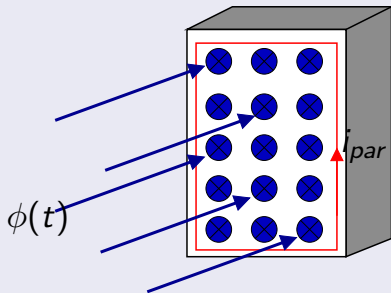
- Del análisis anterior comprobamos que el área del anillo de histéresis representa las pérdidas de energía de un circuito ferromagnético.
- ¿En qué forma se pierde esta energía?

## PÉRDIDAS POR HISTÉRESIS, continuación



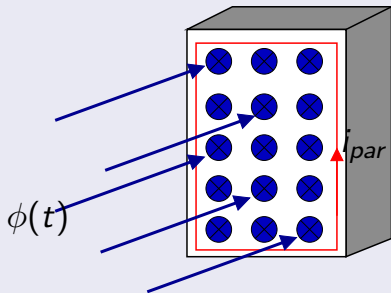
- Del análisis anterior comprobamos que el área del anillo de histéresis representa las pérdidas de energía de un circuito ferromagnético.
- ¿En qué forma se pierde esta energía? **¡CALOR!**

## PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS



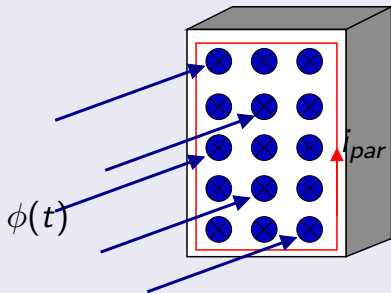
- El flujo dentro de un núcleo ferromagnético es variante en el tiempo, lo que implica que induce una tensión.

# PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS



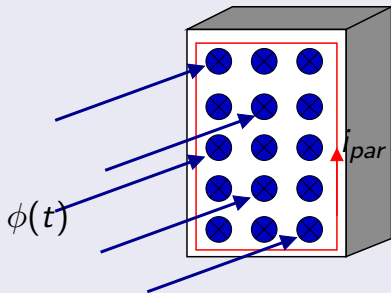
- El flujo dentro de un núcleo ferromagnético es variante en el tiempo, lo que implica que induce una tensión.
- Como el material del núcleo es conductor eléctrico también, esa tensión producirá una corriente dentro del mismo.

# PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS



- El flujo dentro de un núcleo ferromagnético es variante en el tiempo, lo que implica que induce una tensión.
- Como el material del núcleo es conductor eléctrico también, esa tensión producirá una corriente dentro del mismo.
- ¿Por qué esta corriente ( $i_{par}$ ) no sigue la convención de la regla de la mano derecha?

# PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS



- El flujo dentro de un núcleo ferromagnético es variante en el tiempo, lo que implica que induce una tensión.
- Como el material del núcleo es conductor eléctrico también, esa tensión producirá una corriente dentro del mismo.
- ¿Por qué esta corriente ( $i_{par}$ ) no sigue la convención de la regla de la mano derecha?
- Debido a la Ley de Lenz ☺



## PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS, continuación

- Esta corriente produce calentamiento en el núcleo.

## PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS, continuación

- Esta corriente produce calentamiento en el núcleo.
- Además, produce un flujo que se opone al flujo principal, lo que provoca una deformación en la distribución de  $\phi(t)$ .

## PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS, continuación

- Esta corriente produce calentamiento en el núcleo.
- Además, produce un flujo que se opone al flujo principal, lo que provoca una deformación en la distribución de  $\phi(t)$ .
- Esta deformación en el flujo se denomina “efecto piel magnético”.

## PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS, continuación

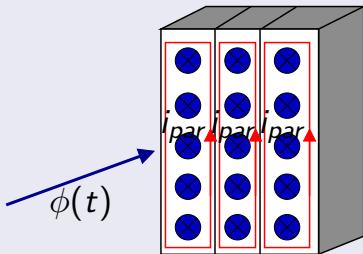
- Esta corriente produce calentamiento en el núcleo.
- Además, produce un flujo que se opone al flujo principal, lo que provoca una deformación en la distribución de  $\phi(t)$ .
- Esta deformación en el flujo se denomina “efecto piel magnético”.
- Para evitar estas situaciones, se hace lo siguiente:

## PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS, continuación

- Esta corriente produce calentamiento en el núcleo.
- Además, produce un flujo que se opone al flujo principal, lo que provoca una deformación en la distribución de  $\phi(t)$ .
- Esta deformación en el flujo se denomina “efecto piel magnético”.
- Para evitar estas situaciones, se hace lo siguiente:

## PÉRDIDAS POR CORRIENTES PARÁSITAS, continuación

- Esta corriente produce calentamiento en el núcleo.
- Además, produce un flujo que se opone al flujo principal, lo que provoca una deformación en la distribución de  $\phi(t)$ .
- Esta deformación en el flujo se denomina “efecto piel magnético”.
- Para evitar estas situaciones, se hace lo siguiente:



**¡Muchas Gracias!**

