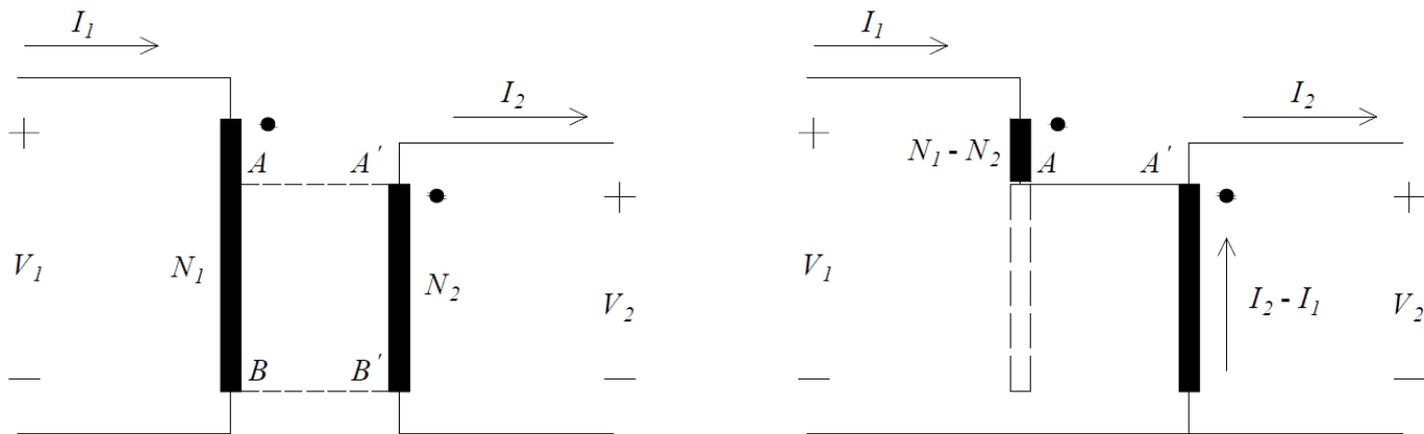


# AUTOTRANSFORMADOR

# GENERALIDADES

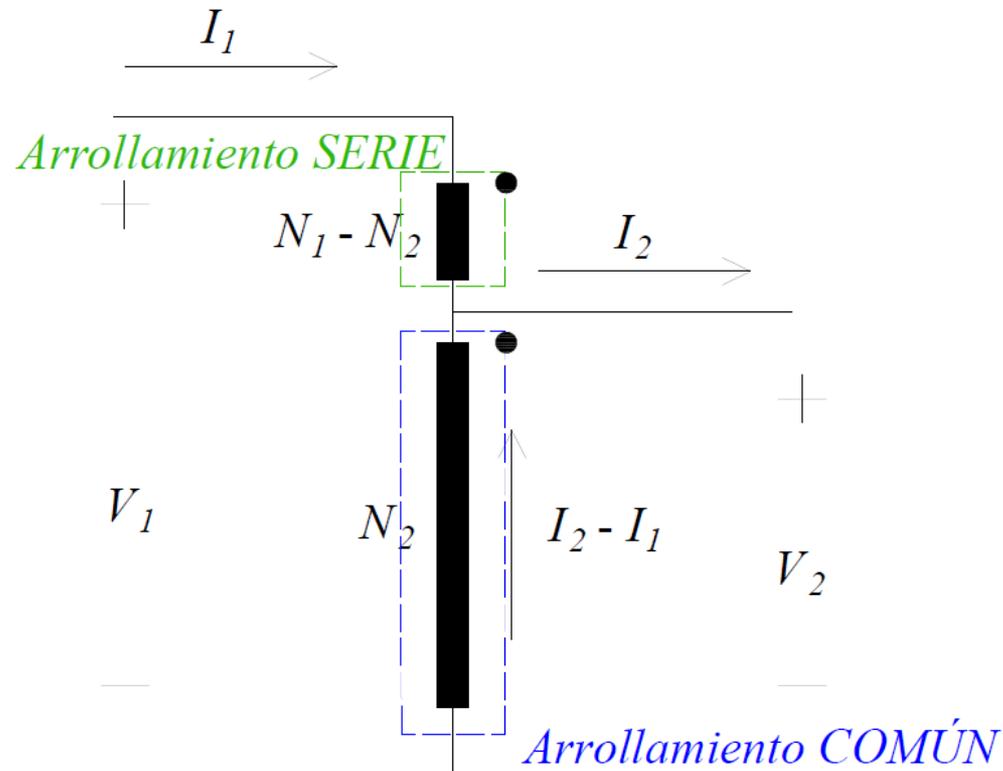
- El autotransformador puede ser considerado como un caso particular del transformador.



- A diferencia del transformador, tiene un sólo bobinado sobre el núcleo, con una parte del arrollamiento común a ambos. Sus bobinados se denominan: bobinado serie y bobinado común.

# GENERALIDADES

- DIVISOR DE TENSIÓN
- ÚNICO ARROLLAMIENTO
- PRIMARIO Y SECUNDARIO UNIDOS GALVÁNICAMENTE



# PROPIEDADES DEL AUTOTRANSFORMADOR

- El bobinado común ( $N_c$ ) es el que soporta la tensión de línea. Por lo tanto el de mayor número de vueltas.
- Al ahorrar las  $N_2$  vueltas del devanado secundario, se tienen beneficios respecto a un transformador :
  - Disminuyen pérdidas en el cobre  
Debido a:
    - Las corrientes que circulan por el bobinado serie son las de mayor intensidad (conducción)
    - Las inducidas en el devanado común (el más extenso) son de menor valor  $\frac{N_s}{N_c}$  (conversión electromagnética)
  - Disminuyen las pérdidas en el hierro
    - El espacio que se ahorra en el bobinado permite que la ventana del circuito magnético sea menor. Disminuye la reluctancia efectiva.

# PROPIEDADES DEL AUTOTRANSFORMADOR

En el autotransformador sólo una parte de la potencia de entrada se transfiere al secundario mediante conversión electromagnética, el resto se transfiere directamente de las líneas primarias a las secundarias por conducción.

$$S = V_2 I_2 = V_2 (I_1 + I_2 - I_1) = V_2 I_1 + V_2 I_c$$

$$\begin{cases} S_{COND} = V_2 I_1 \\ S_{EM} = V_2 I_c \end{cases}$$

# PROPIEDADES DEL AUTOTRANSFORMADOR

## Ejemplo

Porcentaje de potencia por conversión electromagnética en un autotransformador de  $N_s = 0,1N_c$

$$\begin{cases} S_{Total} = V_2 I_2 \\ S_{EM} = V_2 I_c \end{cases}$$

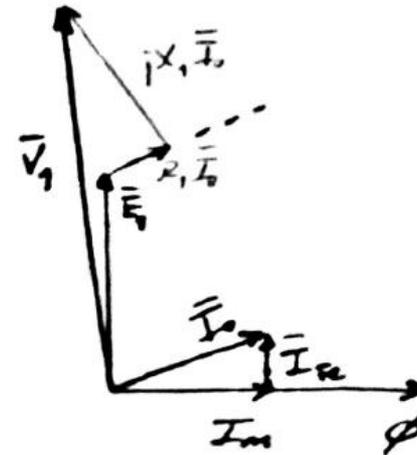
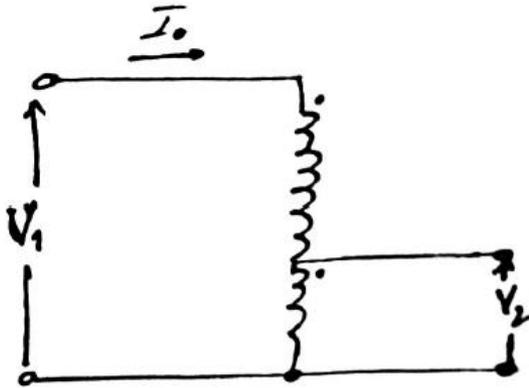
$$S_{EM}[\%] = \frac{I_c}{I_2} = 1 - \frac{N_2}{N_1} = 1 - \frac{1}{1,1} \cong 9\%$$

# APLICACIONES MÁS COMUNES

- Regulación de tensión con relaciones próximas a 1. Por ejemplo, en redes extensas se utilizan reguladores de tensión  $\pm 10\%$
- Alimentar suministros trifásicos en 400V a partir de redes de BT de 230V.
- En general se utilizan, por limitantes constructivas o técnicas para relaciones de transformación menores que 3.

# PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

- DIAGRAMA FASORIAL DEL AUTOTRAFO EN VACÍO



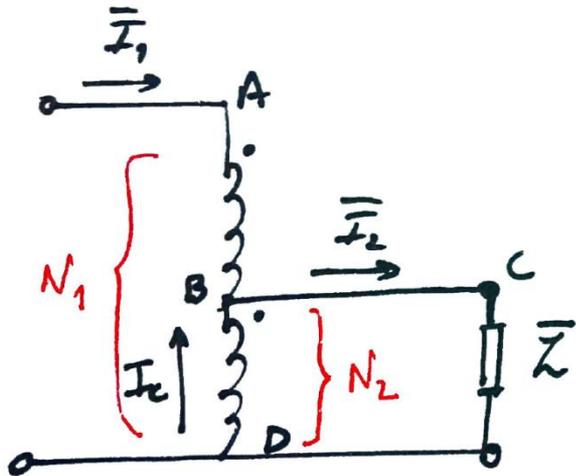
- El fasor de fmm  $E_1$ , tiene su representación en el eje temporal:

$$e_1 = \frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

$$V_1 = E_1 + (R_1 + X_1)I_0$$

# PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

- AUTOTRANSFORMADOR REDUCTOR EN CARGA



$$n = \frac{N_{AD}}{N_{BD}} = \frac{E_{AD}}{E_{BD}} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_{AD}}{N_{BD}} = \frac{I_2}{I_1}$$

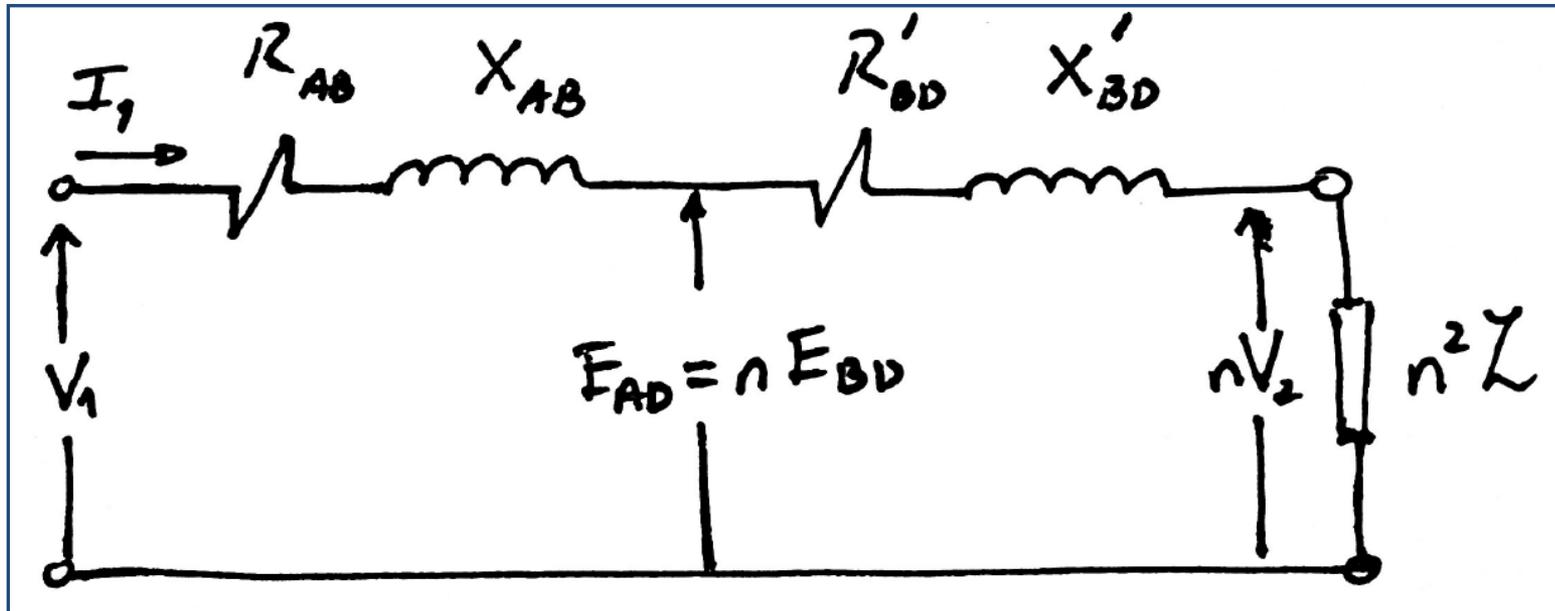
$$\Rightarrow \frac{I_{DB}}{I_{AB}} = \frac{I_2 - I_1}{I_1} = \frac{I_c}{I_1} = n - 1$$

$$\begin{cases} E_{BD} = V_2 + Z_{BD}(I_2 - I_1) \\ V_1 = E_{AD} + Z_{AB}I_1 + Z_{BD}(I_1 - I_2) = nE_{BD} + Z_{AB}I_1 - Z_{BD}I_1(n - 1) \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_1 = [n^2Z + Z_{AB} + Z_{BD}(n - 1)^2]I_1$$

# CIRCUITO EQUIVALENTE

- Por lo tanto, se tiene el siguiente circuito equivalente



$$\begin{cases} R'_{BD} = (n - 1)^2 R_{BD} \\ X'_{BD} = (n - 1)^2 X_{BD} \end{cases}$$

# CIRCUITO EQUIVALENTE

Se tienen niveles bajos de impedancia de cortocircuito

- ✓ Mejor regulación de tensión que con transformador
- ✓ Menos bobinado implica menos resistencia y menos reactancia de dispersión
- ✓ Menos pérdidas, mejor rendimiento
- ✗ Mayor corriente de cortocircuito, más vulnerable a esfuerzos dinámicos, mayor solicitud sobre las protecciones.

# IMPEDANCIA MAGNETIZANTE

En relación con el transformador, para el mismo nivel de tensión, trabajará con los mismos niveles de flujo

- Utiliza misma sección del hierro en el circuito magnético
- Aunque trabaje con el mismo campo  $H$ , con las mismas pérdidas específicas. Por tener menor bobinado tiene menor sección de ventana, por lo tanto menor largo efectivo del circuito magnético. Por lo tanto:
  - ✓ Menos corriente magnetizante
  - ✓ Menos pérdidas en el hierro  $\Rightarrow$  menos pérdidas totales
  - ✓ MEJOR RENDIMIENTO

# AUTOTRANSFORMADOR VS TRANSFORMADOR

- Del circuito equivalente se puede deducir que para valores de  $n$  cercanos a uno, la caída de tensión en un autotransformador será menor que en un transformador de igual relación.

## Ejemplo

Regulador de tensión (Aplicación típica)

- Trafo reductor de relación 1,1/1
- $Z_{AB} < 0,1Z_{BD} \quad \Leftrightarrow \quad L = kN^2; \quad Z_{BD} = 1pu$

$$Z_{CC_{TR}} \leq (0,1 + 1,1^2) \cong 1,31 pu$$
$$Z_{CC_{ATR}} \leq (0,1 + (1,1 - 1)^2) < 0,1 pu$$

# AUTOTRANSFORMADOR VS TRANSFORMADOR

- Supongamos un transformador monofásico cuyos bobinados primarios y secundarios tienen  $N_{AB}$  y  $N_{BD}$  espiras respectivamente. Y con los bornes de los bobinados accesibles.
- Sea la tensión nominal del devanado primaria  $V_1$  y la corriente nominal del devanado primario  $I_1$ , La potencia nominal en la nueva configuración sería, para valores de N admisibles sin perjudicar la aislación:

$$\Rightarrow S_{n_{TR}} = V_1 I_1 \Rightarrow S_{n_{AUT}} = (V_1 + V_2) I_1 = \frac{N_{AB} + N_{BD}}{N_{AB}} V_1 I_1$$

$$S_{n_{AUT}} = S_{n_{TR}} \frac{N_{AB} + N_{BD}}{N_{AB}}$$

# AUTOTRANSFORMADOR VS TRANSFORMADOR

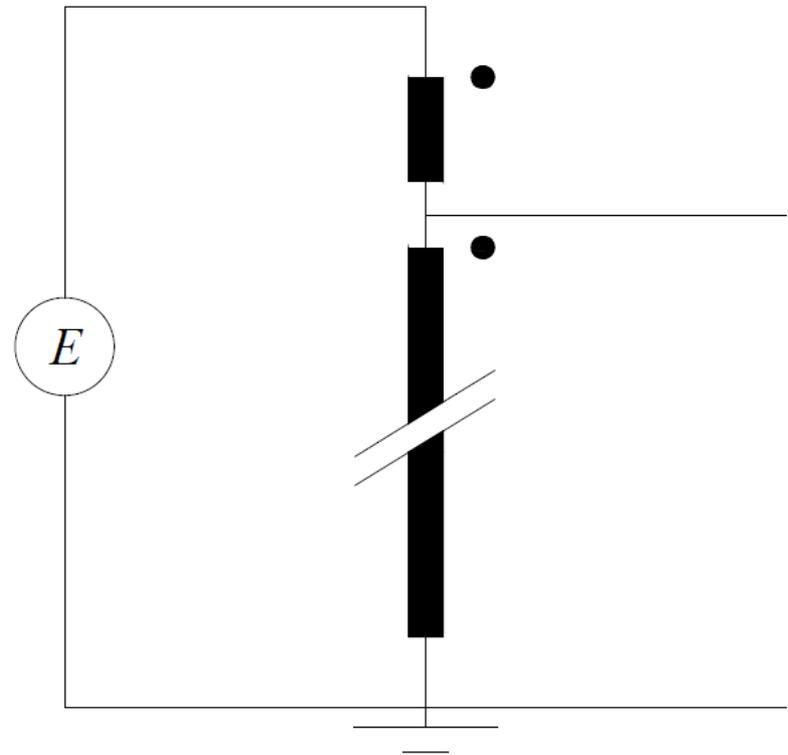
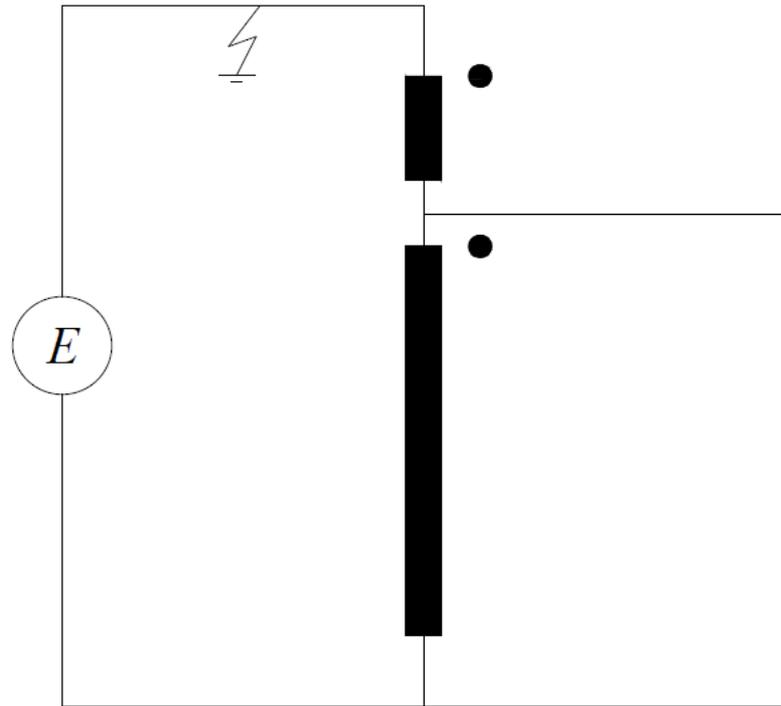
- Se observa que tanto menos espiras haya en el bobinado primario, mayor será la relación de potencia admisible entre el autotransformador y el transformador.

## SOBRE EL RENDIMIENTO – VISIÓN CULITATIVA:

- De nuevo considerando el transformador monofásico, si se conecta como autotransformador, el nuevo rendimiento será mejor, ya que se mantiene las pérdidas al someter a los bobinados a sus condiciones nominales, pero aumentan los niveles de potencia que se pueden transferir hacia la carga

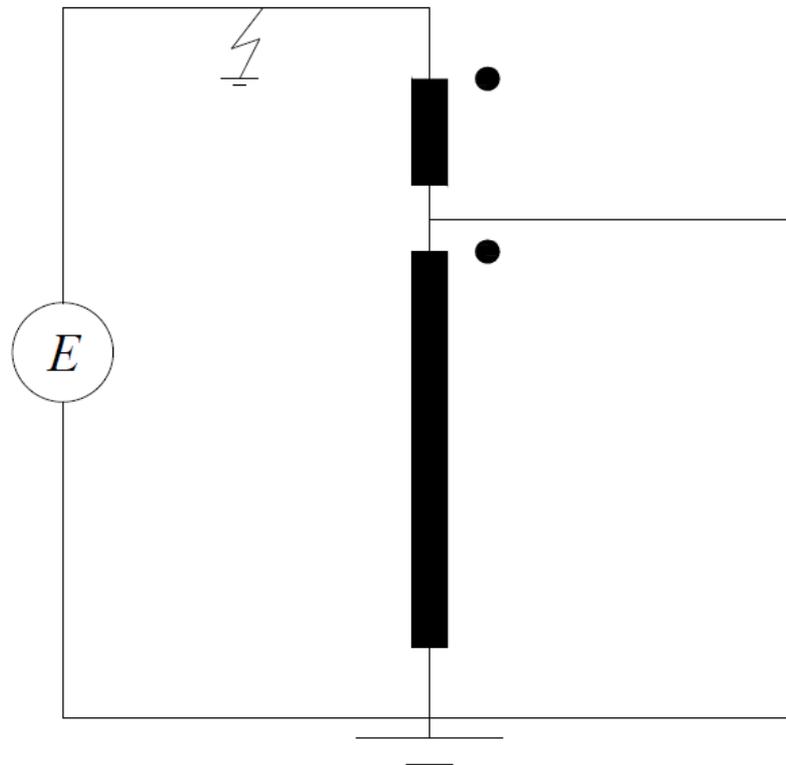
# CONSECUENCIAS DEL VÍNCULO GALVÁNICO

LIMITADA REALACIÓN DE TRANSFORMACIÓN



# SOBRE EL ATERRAMIENTO

Por seguridad es conveniente aterrar el bobinado común del autotransformador.



# RESUMEN COMPARATIVA CON TRANSFORMADOR

## *VENTAJAS DEL AUTOTRANSFORMADOR*

- ✓ No hay bobinado secundario ⇒ Menor longitud magnética
  - ✓ ↓ corriente magnetizante
- ✓ Menos hierro y menos cobre ⇒
  - ✓ ↓ pérdidas totales
  - ✓ ↓ Peso
  - ✓ ↓ Costo
  - ✓ MEJOR RENDIMIENTO
- ✓ Menores caídas de tensión
- ✓ Menor tamaño (espacio en subestaciones)

# RESUMEN COMPARATIVA CON TRANSFORMADOR

## *DESVENTAJAS DEL AUTOTRANSFORMADOR*

- x Mayor intensidad de cortocircuito ⇒
  - x ↑ Esfuerzos dinámicos en los conductores
- x Eventualmente se requiere modificar las protecciones
- x No existe aislamiento galvánico ⇒
  - x Aparición de tensiones primarias en el secundario
- x Limitada relación de transformación