

## Föreläsning 14

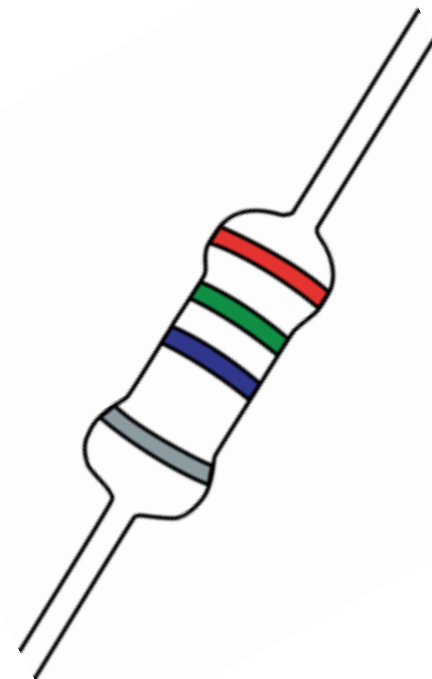
Transformator (Nytt för iår!)

Ideal Transformator

Impedanstransformering

Effektöverföring

Två speciella transformatorer



Hambley 740-748

# Transformatorer – kV till mV

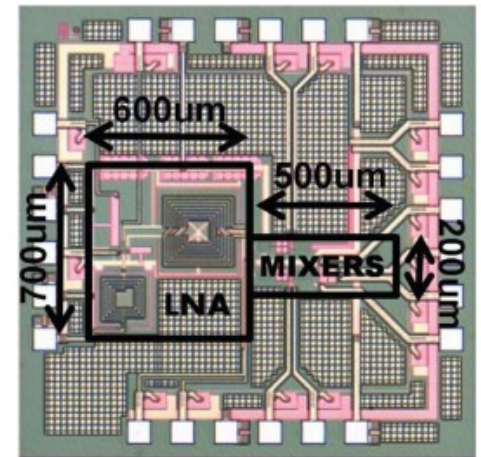


220 kV → 66 kV transformator



230 V – 12V

Integrerad krets  
1.8V



# Transformatorer – användning

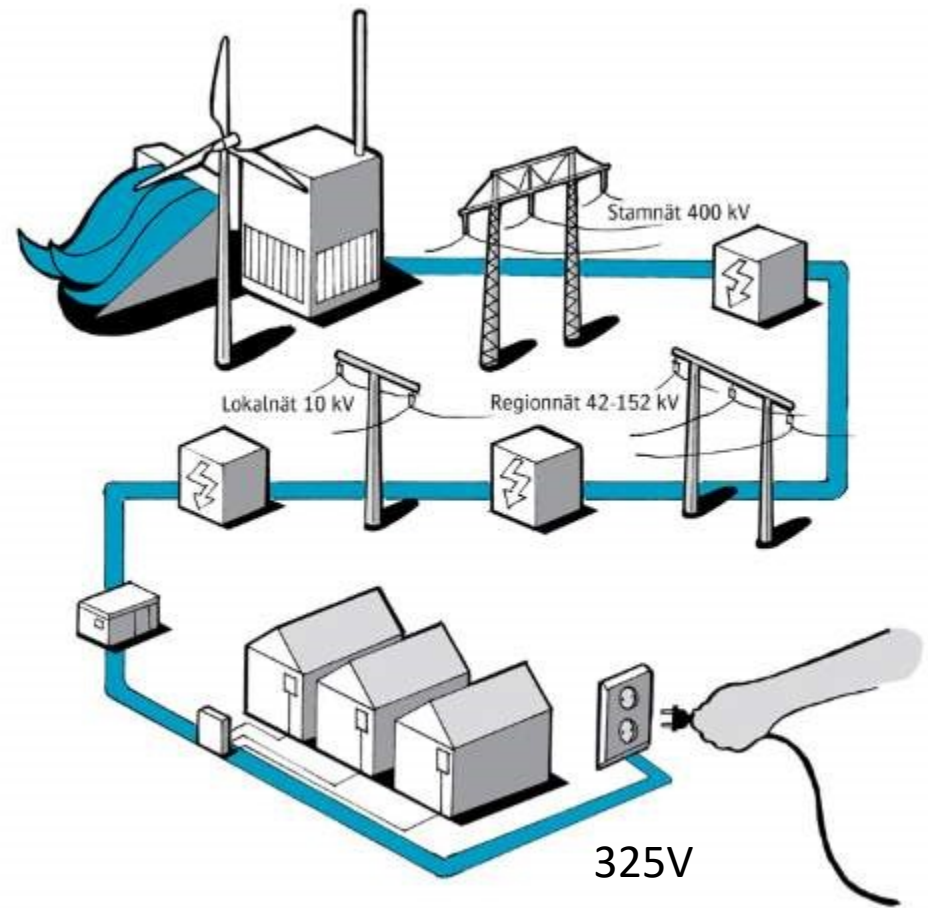
---

- Transformera spänningar och strömmar
- Transformera impedanser
- Isolera elektriska system
- Dela upp signaler

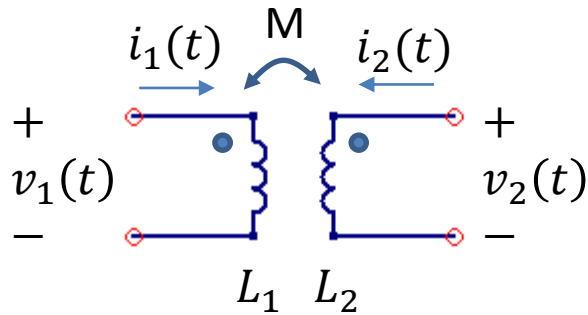
# Transformatorer – Effektöverföring

230 V<sub>RMS</sub> i eluttaget

400 kV i stamnätet...?



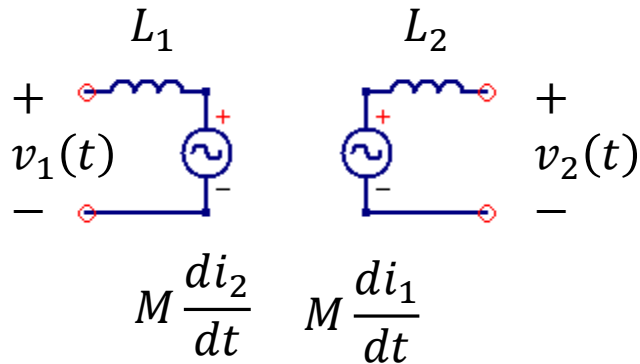
# Transformator



Två kopplade spolar ( $L_1$  och  $L_2$ )

$M$  – ömsesidig induktans – koppling av magnetiska flöde mellan  $L_1$  och  $L_2$

$$M = k\sqrt{L_1 L_2}, 0 \leq k \leq 1$$

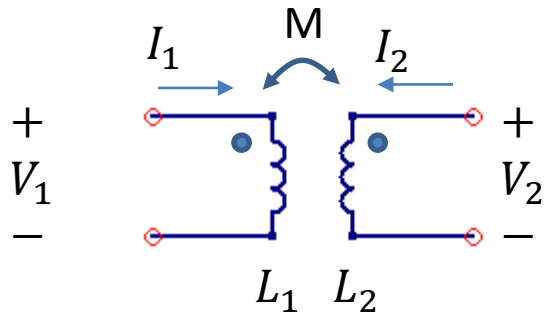


Elektrisk modell

- Två spolar ( $L_1$  och  $L_2$ )
- Två strömstyrda spänningskällor

Omständigt att räkna på – enklare med en ideal transformator!

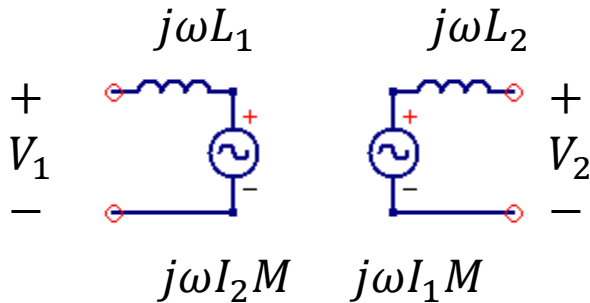
# Transformator - $j\omega$



Två kopplade spolar ( $L_1$  och  $L_2$ )

$M$  – ömsesidig induktans – koppling av magnetiska flöde mellan  $L_1$  och  $L_2$

$$M = k\sqrt{L_1L_2}, 0 \leq k \leq 1$$

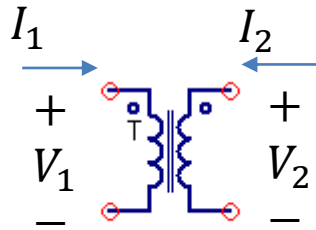


Elektrisk modell

- Två spolar ( $L_1$  och  $L_2$ )
- Två strömstyrda spänningskällor

Lite omständigt att räkna på – enklare med en ideal transformator!

# Ideal transformator – $j\omega$ ( $k=1$ )

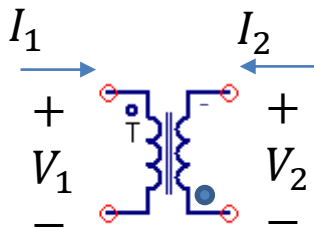


Antal lindningar primärsida:  $N_1$   
Antal lindningar sekundärsida:  $N_2$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = -\frac{N_1}{N_2}$$

Om på lindningens riktning på sekundärsidan är annorlunda

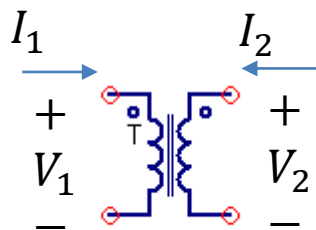


Vi kan på detta sätt vända på polariteten!

$$\frac{V_2}{V_1} = -\frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

# Ideal transformator - referensriktningar



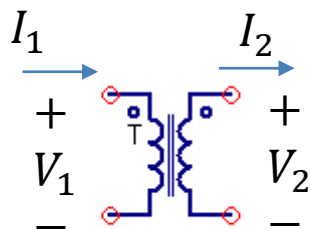
Antal lindningar primärsida:  $N_1$   
Antal lindningar sekundärsida:  $N_2$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = -\frac{N_1}{N_2}$$

Passiv teckenkonvention på primärsidan  
Aktiv teckenkonvention på sekundärsidan

**Alla strömmar bli typiskt positiva**



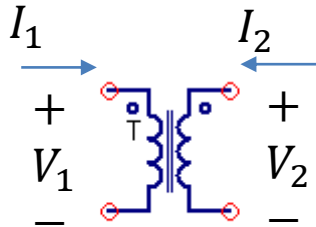
Antal lindningar primärsida:  $N_1$   
Antal lindningar sekundärsida:  $N_2$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$



# Referensriktningar - $j\omega$



$$\frac{I_2}{I_1} = -\frac{N_1}{N_2}$$

$I_1 = 10 \text{ mA}$  ger att  $I_2 = -1 \text{ mA}$  om  $N_1/N_2 = 1/10$ .

Vad betyder minustecknet i strömmen för  $I_2$ ?

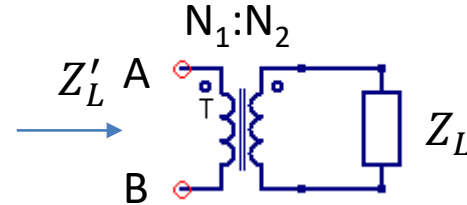
- A. + Laddningar flyter in i transformatorn
- B. - Laddningar flyter in i transformatorn
- C.  $I_2$  är 180 grader ut fas med  $I_1$ .
- D. ????

Nano.participoll.com



# Impedanstransformation

Hur stor impedans  $Z'_L$  mäts mellan A och B?



$$Z'_L = Z_L \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

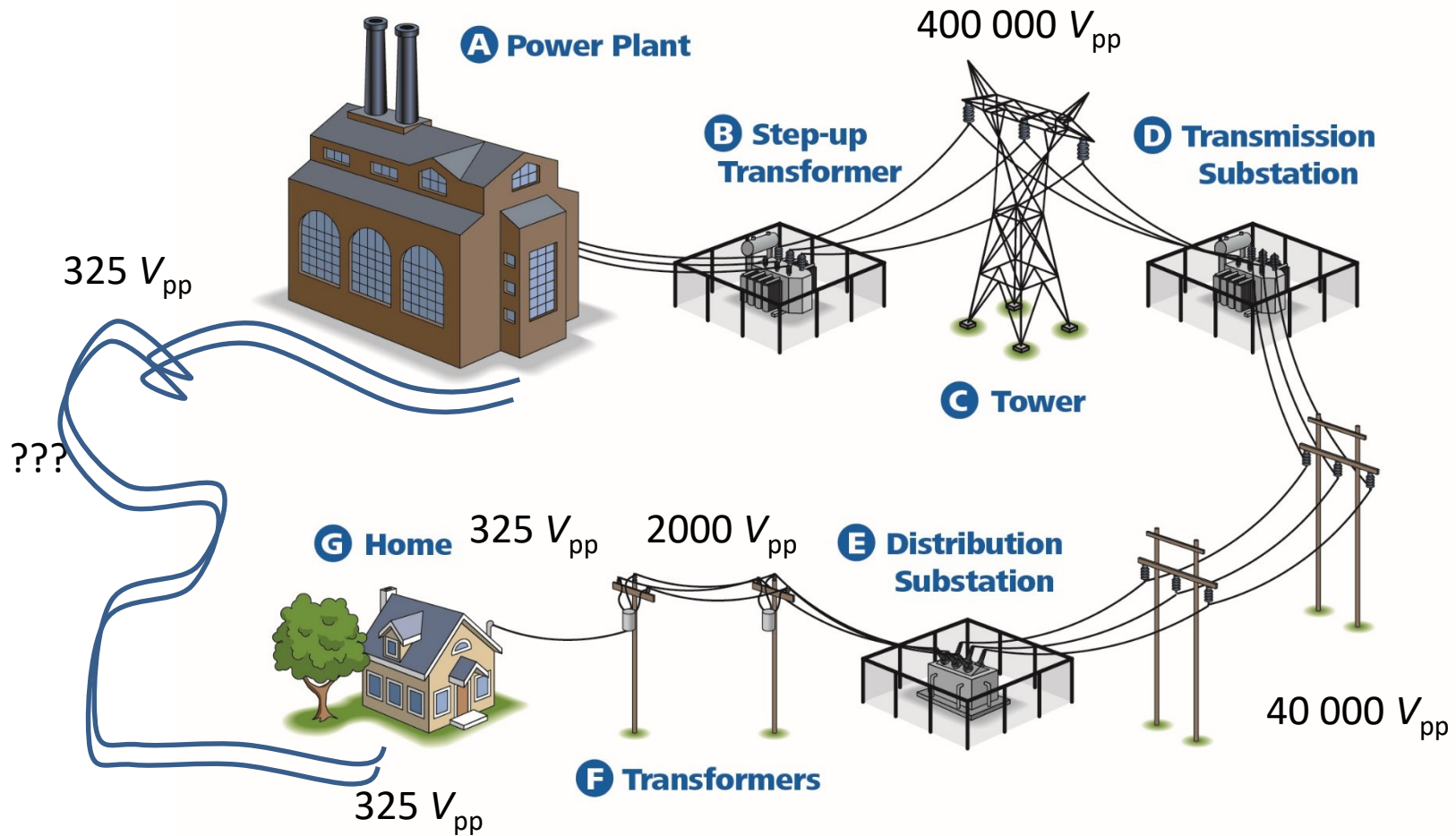
A simplified circuit diagram showing a single impedance  $Z'_L$  connected between two terminals, representing the equivalent circuit seen from the primary side.

Förenklar beräkningar - slipper lösa en massa obekanta!

Användbart då vi vill överföra maximal effekt mellan källa och last!

$$Z'_L = Z_S^* \quad \text{För maximal effektöverföring}$$

# Kraftöverföring



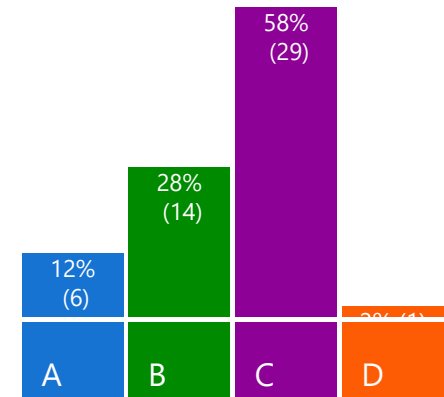
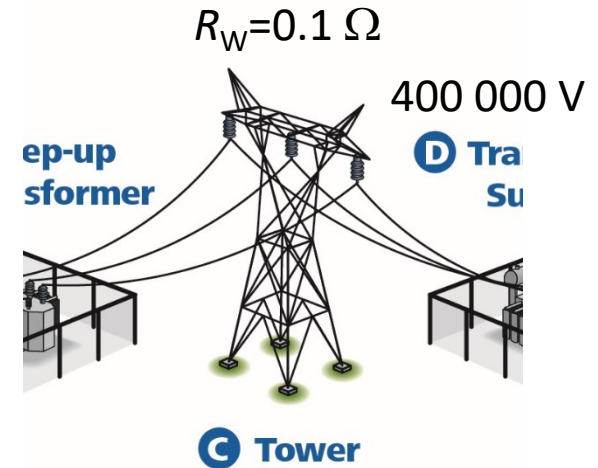
# Uppttransformering (??)

Om spänningen är 400 000V..

Varför blir inte förlusten i  $R_w$

$$P = \frac{|V|^2}{2R_w} = \frac{4^2}{0.2} \cdot 10^{10} W = 800 \text{ GW?}$$

- A. Effektutveckling beror bara på strömen och inte på spänningen.
- B. Det blir 800 GW reaktiv effekt som inte spelar någon roll.
- C. Spänningen  $|V|$  över  $R_w$  är mycket mindre än 400 000V.
- D. ????



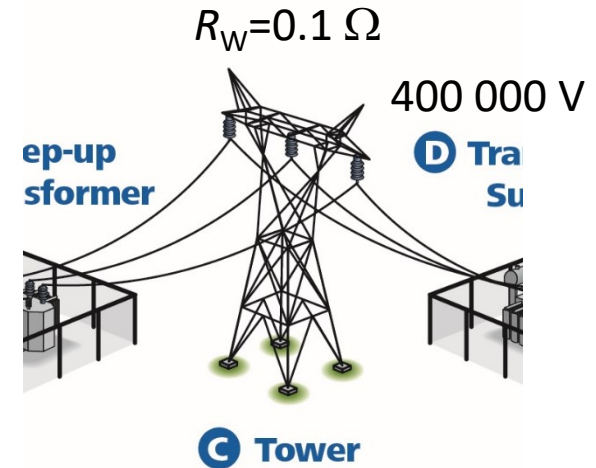
[nano.participoll.com](http://nano.participoll.com)

# Uppttransformering (??)

Om spänningen är 400 000V..

Varför blir inte förlusten i  $R_w$

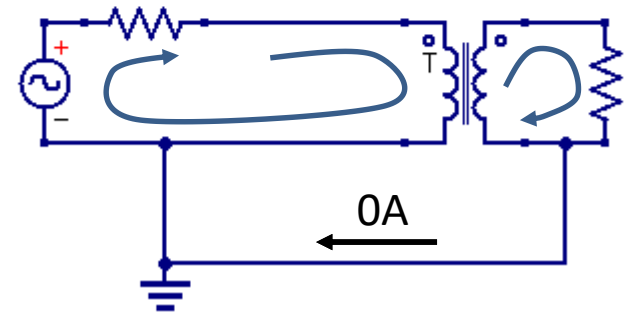
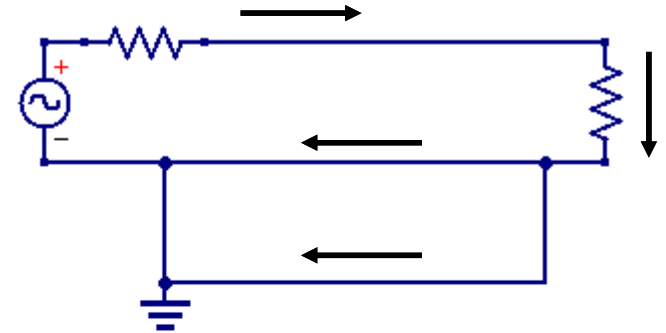
$$P = \frac{|V|^2}{2R_w} = \frac{4^2}{0.2} \cdot 10^{10} W = 800 \text{ GW?}$$



- A. Effektutveckling beror bara på strömen och inte på spänningen.
  - B. Det blir 800 GW reaktiv effekt som inte spelar någon roll.
  - C. Spänningen  $|V|$  över  $R_w$  är mycket mindre än 400 000V.
  - D. ????
- D. Jag efter gymnasiet. Min gymnasielärare i fysik. Ingenjör på EON... Jag efter min första elektronikkurs på F. Universitetslärare i fysik. Doktorand här på EIT...

# Galvanisk Isolation

- Isolera två system elektrisk från varandra
- Men kunna överföra elektrisk energi
- Transformator – kopplar två system via **magnetisk energi**
- **Ingen elektrisk förbindelse**
- Möjligt att ha olika potential mot jord



# Allt till tenta 1!

---

## Nästa vecka – Måndag 8.15-9.00 & Tisdag 8.15-10.00

- Exempeltal från extenta/övningar! **Maila mig** om det är något speciella tal ni vill se räknade! Något speciellt område som ni vill se repiterade!

## Måndag 9.15-10.00

- Gästföreläsning från Ericsson - hårdvara inom telekom!

Måndag 28/10: **14.00-19.00 Tenta (Victoriastadion)**

Ha med –

**Formelsamling (ny version för 2019)**  
**Penna!**