

EL-TEORI, LÆREBOG 1 • ELEKTRIKERUDDANNELSEN, GRUNDFORLØB 2

EL-TEORI, LÆREBOG 1

TRANSFORMER TEORI

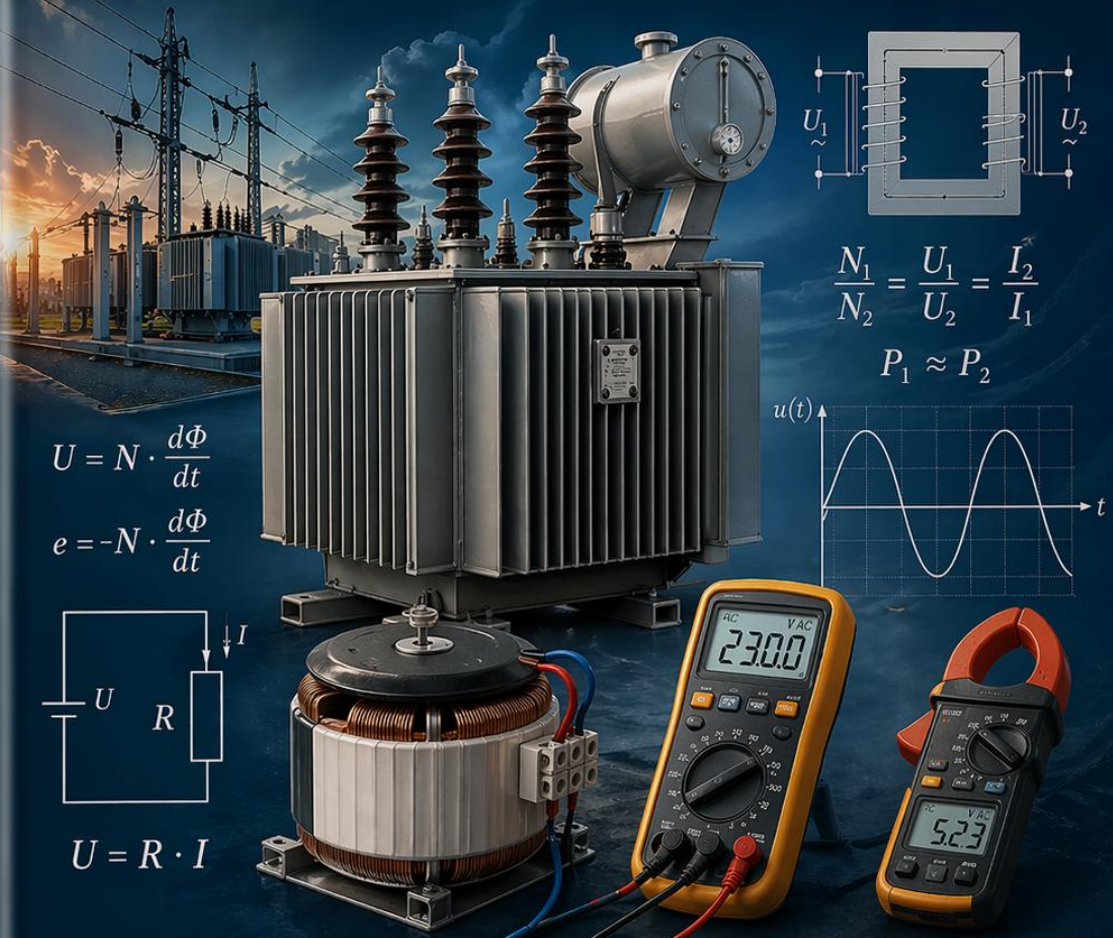
ELEKTRIKERUDDANNELSEN  
GRUNDFORLØB 2

**EUC**

# TRANSFORMER

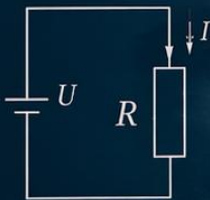
## TEORI

FORSTÅR DU TRANSFORMEREN, FORSTÅR DU STRØMMEN

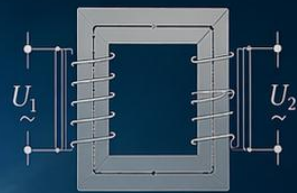


$$U = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

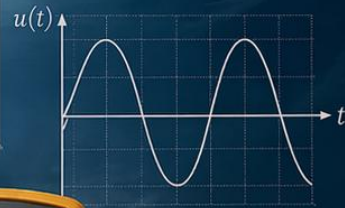


$$U = R \cdot I$$



$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$P_1 \approx P_2$$



✓ GRUNDBEGREBER ✓ TRANSFORMERPRINCIPPET ✓ OMSÆTNINGSFORHOLD ✓ 3-FASEDE TRANSFORMERE ✓ MÅLING OG FEJLFINDING



VEKSELSTRØM



INDUKTION



3-FASET NET



ENSRETNING



MÅLINGER



NORMER & REGLER

**EUC** EL- OG VVS-BRANCHENS  
UDDANNELSESSEKRETARIAT



TEORI • PRAXIS • FORSTÅELSE  
DIT FUNDAMENT SOM ELEKTRIKER

Kan frit kopieres.  
euc.dk



4 KVALITETS-  
UDDANNELSE



7 BÆREDYGTIG  
ENERGI



8 ANSTÆNDIGE JOBS  
OG ØKONOMISK  
VÆKST



9 INDUSTRI, INNOVATION  
OG INFRASTRUKTUR



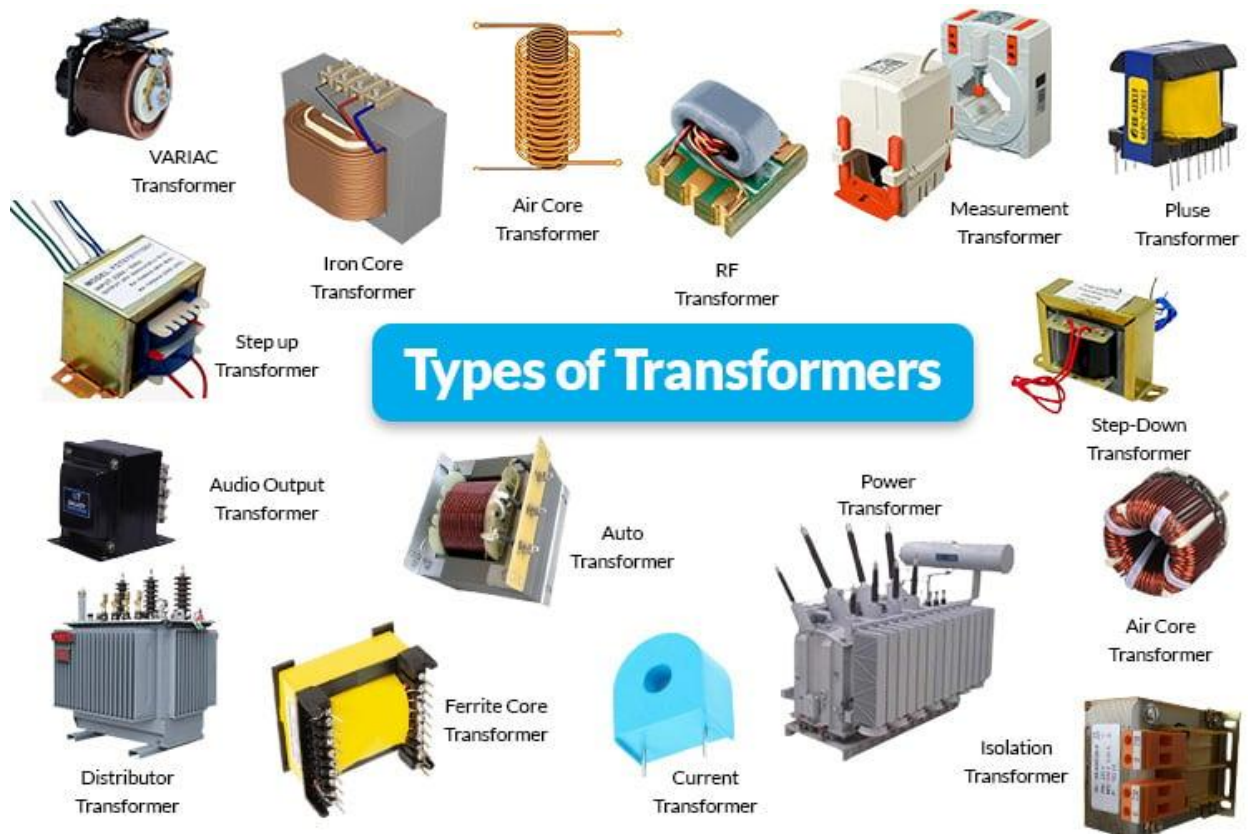
11 BÆREDYGTIGE BYER  
OG LOKALSAMFUND



12 ANSVARLIGT  
FORBRUG  
OG PRODUKTION



## Typer



At transformere betyder at forvandle, omforme eller ændre form, karakter eller tilstand af noget. Inden for teknik er det en enhed, der ændrer spændingsniveauet på vekselstrøm

## Elforbruget.

I Danmark ca. 3 millioner el forbrugere. De brugte godt 33.000 GWh i år 2001, hvilket svare til:  $(33.000 \times 10^9) = 230V * I \Rightarrow (33000 * 10^9) / 230 = 143.000.000.000 A$  hver time

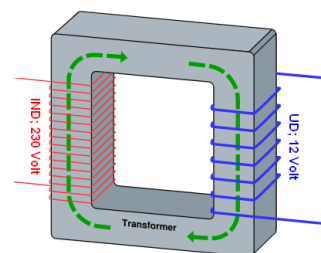
Hvis det skulle føres gennem 1 ledning, skulle vi bruge så stor en ledning, at den skulle bygges på specielt fabrik, og ville koste flere bondegårde, samtidig med at den ikke ville være nem at hænge op i master eller graves i jorden, for slet ikke at tale om monteringen.

Hvis vi så vælger at bruge en standard ledning, ville det være muligt at få en på 300mm<sup>2</sup>, her kan vi sende 450A afsted, hvilket jo er for lidt, vi må derfor sætte 311.111.111 stk. på hver 300mm<sup>2</sup>, for at klare strømstyrken - Eller én ledning på 9,33\*10<sup>10</sup>, Hvilket ikke findes!

Derfor er løsningen *højspænding* og *transformation*.

### Hvad er en transformator?

En transformation er en op- eller neddrøbling af spændingen, hvilket sker med en transformer, som rent teknisk, er et arrangement af 2 tæt koblede spoler, hvoraf den ene spole tilføres en spænding, den anden spole leverer en anden spænding.

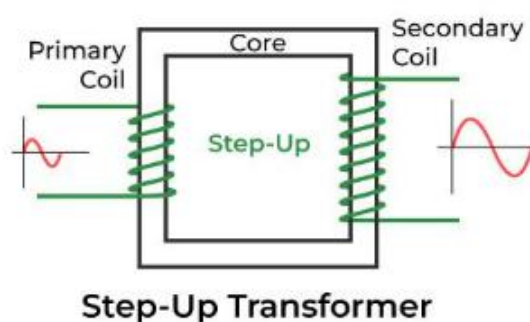
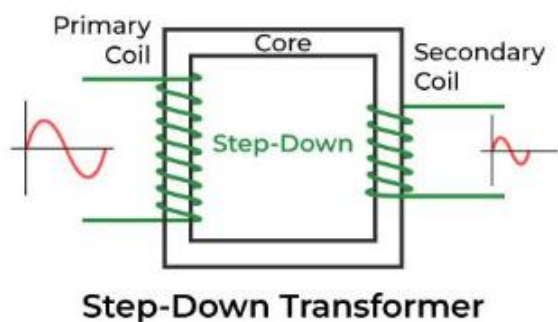


### Hvad bruges transformeren til?

Transformere bruges overalt i dagligdagen til fx tv, radio, video, computer, mobiltelefon – Der er stort set en transformer i alle elektronik dele i dag. På et mere professionelt sprog kan man opsætte hvad transformeren kan bruges til det er for eksempel:

- Til at om transformere ét spændingsniveau til et andet, uden alt for stort tab.
  - Til at om transformere en fast spænding til en trinløs variabel spænding.
  - Til at om transformere en høj spænding til en praktisk målelig størrelse med lille usikkerhed.
- Til at adskille forbrugeren og forsyningsnettet.

## Types of Transformer

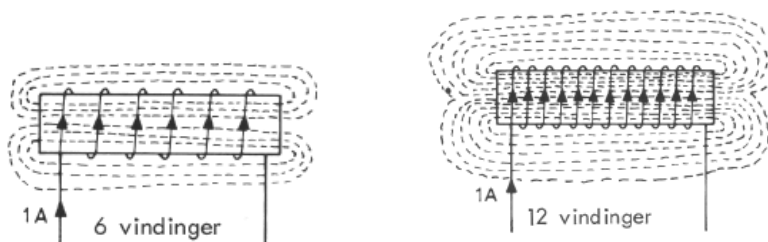


## Hvordan fungerer transformeren?

En transformer fungerer ved magnetisme og på princippet om induktion, hvilket vil sige at der i enhver elektrisk strøm der går i en leder, vil frembringe nogle magnetiske kraftlinier.



Magnetismens kraftlinier løber altid koncentrisk omkring lederen. Og vikler man lederen op til en spole, vil de magnetiske felter, der er i hver enkelt vinding adderes, hvorved det samlede magnetfelt bliver kraftigere.

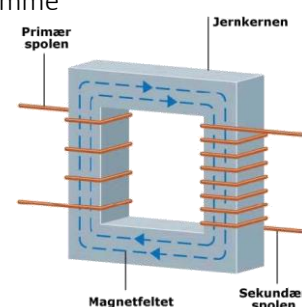


Når en spole tilsluttes en spænding, vil der løbe en strøm, som danner et magnetfelt. Og dette magnetfelt inducerer en strøm i den spole, der skabte feltet, - Dette kaldes for *selvinduktion*, og kaldes for Henry [H]. Henry har en modsat retning af den strøm, der skabte den, og på den måde modvirker Henry den oprindelige strøm.

Når en spole tilsluttes en spænding, stiger strømmen gradvist til den værdi, som er bestemt af spolens modstand ud fra Ohms lov. Der virker, som om modstanden i begyndelsen er meget større, end den faktisk er. Det omvendte sker, når den påtrykte spænding afbrydes. Så induceres der en strøm i samme retning som den oprindelige strøm, - strømmen falder altså ikke brat til nul.

## Hvordan er transformeren opbygget

Transformeren er typisk opbygget på en jernkerne med 2 sæt vinklinger, tilgangen (Primærviklingen) og afgangen (Sekundærvikling).

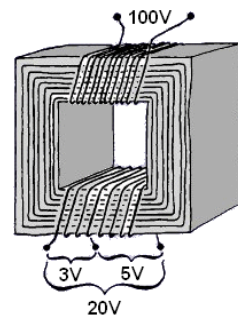


Generelt kan man sige at der ikke findes hverken elektrisk eller galvanisk forbindelse mellem primær og sekundær siden af transformeren, Forbindelsen er, er udelukkende magnetiske kraftlinier i kernen.

## Hvor mange viklinger er der?

Antal af viklinger på primærsiden, sammenholdt med antallet på sekundært er det der bestemmer antal viklinger;

primærsiden tilføres 100V med 100 viklinger. Sekundærsiden kan nu afhængig af antal viklinger, sættes til 3, 5 eller 20V – Dette sker ved at ved at primærsiden har 1V pr. vinding (100V/100N), og sekundærsiden har 3, 5, eller 20 viklinger.



## Hvor meget tab er der i transformeren?

Tabet i en transformator skyldes den modstand der findes lederne(kobber) og i jernkernen. Kobbertabe opstår, når der løber en strøm gennem en leder med ohmsk modstand. Jo tykkere leder – jo mindre modstand og dermed mindre tab. Men kobber er dyrt og tykkere ledere vejer mere og fylder mere. Kobbertabet er proportionalt med den strøm, der trækkes ud af transformeren. Da tabet omsættes i varme, er det derfor begrænset, hvor stor en strøm en transformator kan levere.

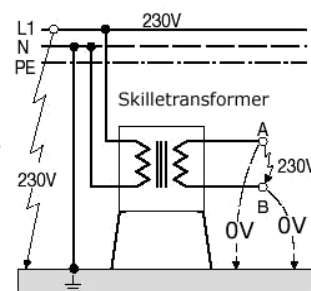
## Hvilken type transformator findes der:

Der findes generelt mange typer som hver har sin specialefunktion, det er fx;

- Skilletransformeren
- Forsyningstransformeren
- Autotransformer

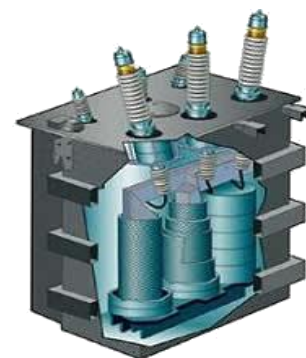
### Skilletransformeren.

En skilletransformator afleverer 230V på den sekundære side (kan ofte reguleres), men da sekundærspændingen ikke refererer til jord, som net spændingen gør, får man ikke stød ved at berøre den ene terminal på sekundærsiden. Men berøres begge terminaler på sekundærsiden samtidigt, mærker man selvfølgelig de 230V, selv om der ikke går strøm gennem personen til jord.



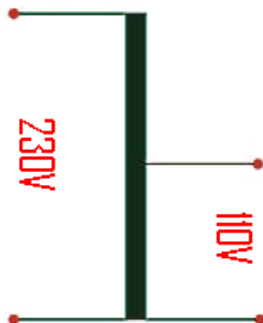
### Forsyningstransformeren.

For forsyningstransformeren gælder, at den som andre transformere principielt består af en primærspole og en sekundær spole placeret omkring en jernkerne. Spolerne er placeret uden på hinanden på samme ben af kernen. Spolen tilsluttet den laveste spænding er i princippet altid placeret inderst nærmest jernkernen. Spolerne er adskilt fra hinanden med isolation i en eller anden form f.eks. ved anvendelse af isolationsrør. Viklingerne kan laves af såvel kobber som aluminium, - det mest anvendte materiale er dog kobber.



## Autotransformer.

En transformer med fælles vikling, hvor primær- og sekundærvikling ikke er galvanisk/elektrisk adskilt. Ofte kaldt sparer transformer fordi den kun har én vikling. Den kan altså ikke anvendes som skilletransformator.



## Hvorfor er jernkernen opbygget af lameller.

Som en følgevirkning af det vekslende magnetfelt opstår der hvirvelstrømme i kernen, disse hvirvelstrømmes effekt afsættes som varmetab i transformerkernen. For at mindske dette tab, opbygger man kernen lamineret, hvilket vil sige, at kernen samles af flere "lameller" med en tykkelse på omkring 0,2-0,4mm.

"Lamellerne" er udstanset af koldvalset strukturorienteret stålplader, som derefter samles isoleret fra hinanden med samme valseretning. Isoleringen kan f.eks. være lak.

For store transformerkerner er "lamellerne" typisk sammenspændt med tværgående bolte, disse bolte er naturligvis isoleret fra "lamellerne" for ikke at kortslutte pladerne, og derved medføre hvirvelstrømstab.

## Hvorfor tænke i køling.

Transformere under drift vil have et behov for køling, da viklingerne og isolationen ellers vil tage skade, hvis temperaturen i transformeren overstiger den tilladelige grænse.

For mindre transformere vil man kunne nøjes med den naturlige omgivelserluft som køling. Større transformere er sædvanligvis nedsænket i olie. Olien virker her både som kølemiddel og isolering fra transformerens ydre kapsling.

## Formlerne der bruges ved beregning

Transformer størrelse	$S = U_s * I_s$ beregnet ved fuld last på sekund siden
Primær vindinger	$N_p = N_s * U$
Sekundære vindinger	$N_s = N_p / U$
Primær spænding	$U_p = \frac{S}{I_p}$
Sekundær spænding	$U_s = \frac{S}{I_s}$
Primær strøm	$I_p = \frac{S}{U_p}$
Sekundær strøm	$I_s = \frac{S}{U_s}$
Omsætningsforholdet	$n = \frac{N_p}{N_s}$ eller $\frac{U_p}{U_s}$ eller $\frac{I_s}{I_p}$
Vindinger pr. Volt	$N/V = \frac{N_p}{U_p}$ eller $\frac{N_s}{U_s}$
Volt pr. Vindinger	Og er ens på sekundær og primær siden
Strømmen	Strømmen er omvendt proportional
Effekt (VA)	$VA_p = VA_s$ NB: Den effekt (VA) der afsættes på primærsiden kan kun stamme fra sekundær.

Og så skal vi huske de kendter

$$U = R * I$$

$$P = U * I$$

Transformer ligningen

$$n = \frac{U_p}{U_s}$$

$$n = \frac{I_s}{I_p}$$

$$n = \frac{N_p}{N_s}$$

## Matematikken, transformer eksempel

En transformer skal forsyne 8stk 50W/24V halogenlamper i et butiksvindue. Transformeren bliver forsynet med 230V. Der er 1250 vindinger på primærsiden.

Beregn følgende

1. Transformerens omsætningsforhold =  $n$
2. Transformerens størrelse =  $S$
3. Strømmen på primærsiden =  $I_p$
4. Strømmen på sekundærsiden =  $I_s$
5. Antal vindinger på sekundærsiden =  $N$
6. Antal vindinger pr volt =  $N/V$

*Hvilke kendte variabler har vi?*

$$S = 8 \times 50W = \underline{400VA}$$

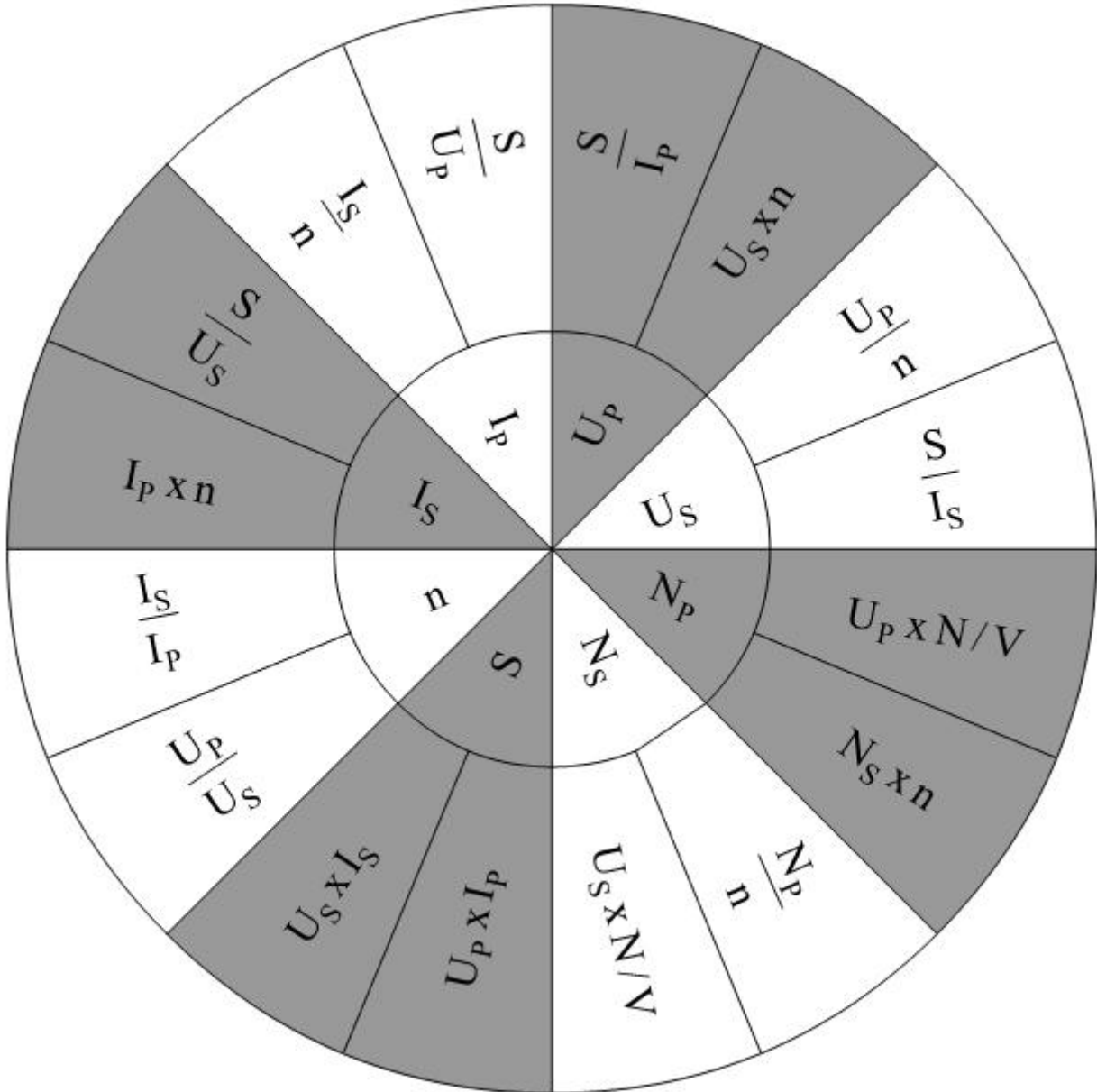
$$U_p = \underline{230V}$$

$$U_s = 24V$$

### LØSNING

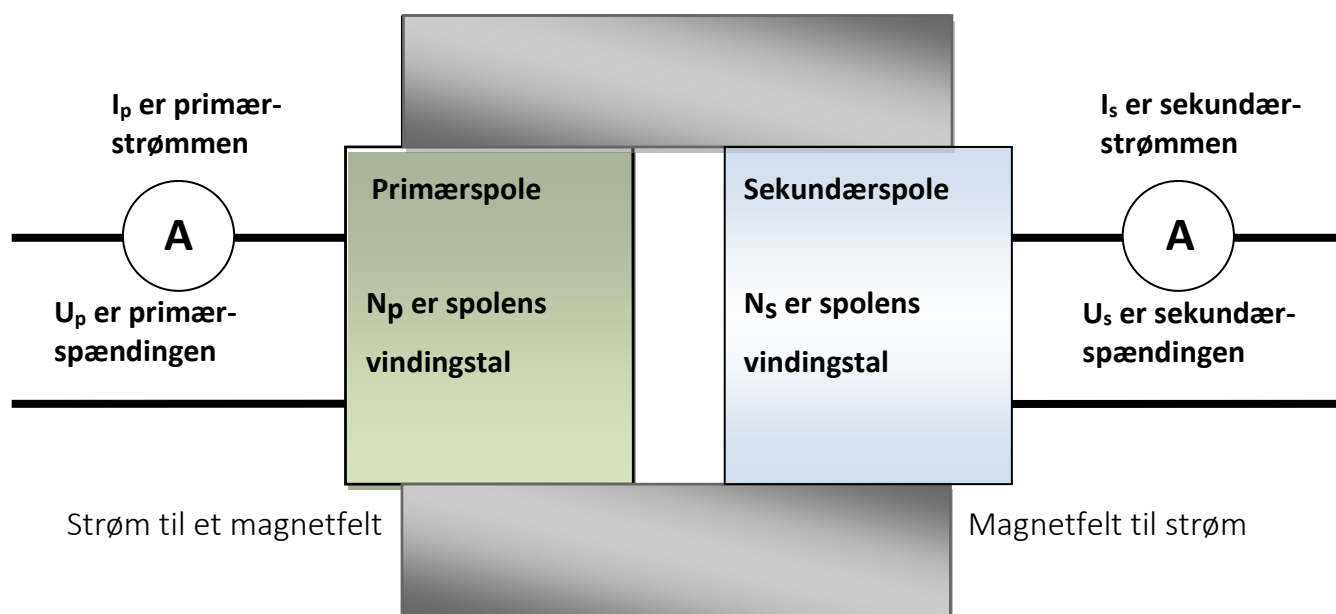
	Var.		Formel	Værdi	Resultat
1:	$n$	=	$U_p/U_s$	= 230/24	= 9,58
2:	$s$	=	Stk.*w	= 8*50	= 400VA
3:	$I_p$	=	$s/U_p$	= 400/230	= 1,74A
4:	$I_s$	=	$s/U_s$	= 400/24	= 16,67A
5:	$N$	=	$N_p/u$	= 1250/9,5	= 130,00
6:	$N/V$	=	$N_p/U_p$	= 1250/230	= 5,34

## Transformerhjul



## FORKLARINGER

1.  $U_p$  = Spændingen på primærsiden
2.  $U_s$  = Spændingen på sekundærsiden
3.  $I_p$  = Strømmen på primærsiden
4.  $I_s$  = Strømmen på sekundærsiden
5.  $N_p$  = Antal vindinger på primærsiden
6.  $N_s$  = Antal vindinger på sekundærsiden
7.  $n$  = Omsætningsforhold



S kaldes "effekten" (også: "kombinationseffekten"), den måles i VA (volt-ampere).

S er den samme på primær og sekundær side.

S kan også bruges om "transformatorens størrelse i VA".

$n$  er transformatorens "omsætningsforhold"

$(N/V)$  kaldes "antal vindinger pr. volt"

$(V/N)$  kaldes "antal volt pr. vinding"

Du vil beregne  $U_s$ :  $U_2$ : spænding sekundær

Du kender:	$U_p$ og $n$	$S$ og $I_s$	$U_p$ , $N_s$ og $N_p$	$N_s$ og $N/V$	$N_s$ og $V/N$
Brug denne formel:	$U_s = \frac{U_p}{n}$	$U_s = \frac{S}{I_s}$	$U_s = \frac{U_p \cdot N_s}{N_p}$	$U_s = \frac{N_s}{N/V}$	$U_s = N_s \cdot V/N$

Du vil beregne  $U_p$ :  $U_1$ : spænding primær

Du kender:	$U_s$ og $n$	$S$ og $I_p$	$U_s$ , $N_p$ og $N_s$	$N_p$ og $N/V$	$N_p$ og $V/N$
Brug denne formel:	$U_p = U_s \cdot n$	$U_p = \frac{S}{I_p}$	$U_p = \frac{U_s \cdot N_p}{N_s}$	$U_p = \frac{N_p}{N/V}$	$U_p = N_p \cdot V/N$

Du vil beregne  $I_s$ :  $I_2$ : strøm sekundær

Du kender:	$I_p$ og $n$	$S$ og $U_s$
Brug denne formel:	$I_s = I_p \cdot n$	$I_s = \frac{S}{U_s}$

Du vil beregne  $I_p$ :  $I_1$ : strøm primær

Du kender:	$I_s$ og $n$	$S$ og $U_p$
Brug denne formel:	$I_p = \frac{I_s}{n}$	$I_p = \frac{S}{U_p}$

Du vil beregne  $S$ : transformerens størrelse

Du kender:	$U_s$ og $I_s$	$U_p$ og $I_p$
Brug denne formel:	$S = U_s \cdot I_s$	$S = U_p \cdot I_p$

Du vil beregne  $n$ : omsætningsforhold / Transformerligning

Du kender:	$U_p$ og $U_s$	$I_s$ og $I_p$	$N_p$ og $N_s$
Brug denne formel:	$n = \frac{U_p}{U_s}$	$n = \frac{I_s}{I_p}$	$n = \frac{N_p}{N_s}$

Du vil beregne  $N_s$ :  $N_2$ : vindinger sekundær

Du kender:	$N_p$ og $n$	$N_p$ , $U_s$ og $U_p$	$U_s$ og $N/V$
Brug denne formel:	$N_s = \frac{N_p}{n}$	$N_s = \frac{N_p \cdot U_s}{U_p}$	$N_s = U_s \cdot N/V$

Du vil beregne  $N_p$ :  $N_1$ : vindinger primær

Du kender:	$N_s$ og $n$	$N_s$ , $U_p$ og $U_s$	$U_p$ og $N/V$
Brug denne formel:	$N_p = N_s \cdot n$	$N_p = \frac{N_s \cdot U_p}{U_s}$	$N_p = U_p \cdot N/V$

Du vil beregne  $N/V$ : vindinger pr. volt

Du kender:	$N_p$ og $U_p$	$N_s$ og $U_s$
Brug denne formel:	$N/V = \frac{N_p}{U_p}$	$N/V = \frac{N_s}{U_s}$

Du vil beregne  $V/N$ : volt pr. vindinger

Du kender:	$U_p$ og $N_p$	$N_s$ og $U_s$
Brug denne formel:	$V/N = \frac{U_p}{N_p}$	$V/N = \frac{U_s}{N_s}$

### **Transformer øvelses opgave.**

I denne opgave skal du arbejde med nogle beregninger på en transformer, så du får en forståelse af den spænding og strøm der tilføres en transformers (primær side) og den spænding og strøm der afgives fra transformerens (sekundær side), så du får en forståelse for hvordan spændingen transformeres ned til forbrugers 400/230 Volt vekselspænding.

Du skal blandt andet beregne transformerens omsætningsforhold, hvor lille spændingen bliver på transformerens sekundærside, hvor lille en strøm transformereren får tilført, hvilken størrelse transformereren har (Effekt) og hvor stor en spænding der er per vikling.

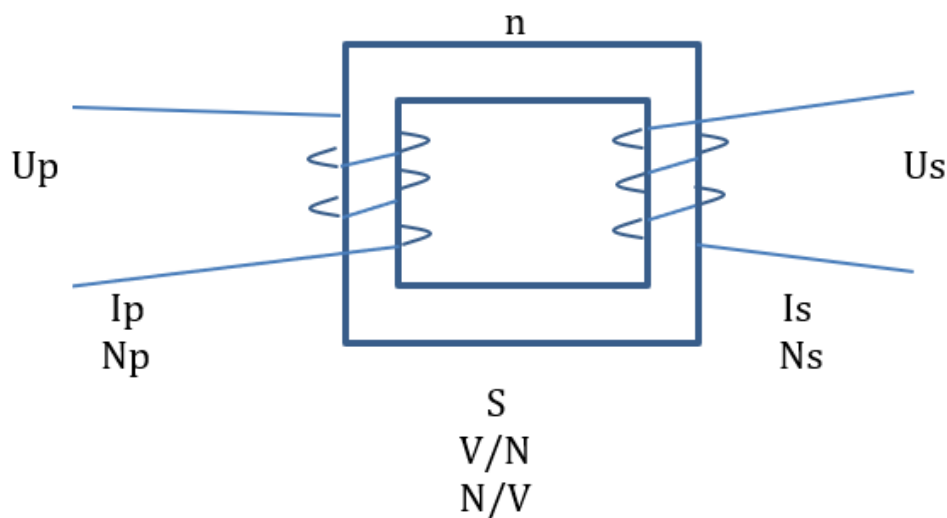
Inden du begynder på opgaven, **som du finder på sidste side**, er der nogle informationer/formler, som du skal anvende til at løse opgaven. Har du svært ved at løse opgaven, så se den forudgående video igen (første film: Transformeren).

Forventet arbejdstid med opgaven er 25 min.

God fornøjelse med opgaven!

## Skitse af en transformer

Skitsen viser en transformer med dens benævnelser:



Forklaring på de forskellige benævnelser, som er vist på transformer skitsen (se oven for):

De benævnelser der er fremhævet og skrevet med grønt, skal du bruge til løsningen af opgaven, som er på sidste side.

**n = omsætningsforholdet**

**Up** = Spændingen på primærsiden

**Us** = Spændingen på sekundærsiden

**Ip** = Strømmen på primærsiden

**Is** = Strømmen på sekundærsiden

**Np** = Antal viklinger på primærsiden

**Ns** = Antal viklinger på sekundærsiden

**S** = Transformerens størrelse i VA eller kVA

**V/N** = Antal volt pr vikling (er ens på begge sider)

**N/V** = Antal viklinger pr. volt (er ens på begge sider)

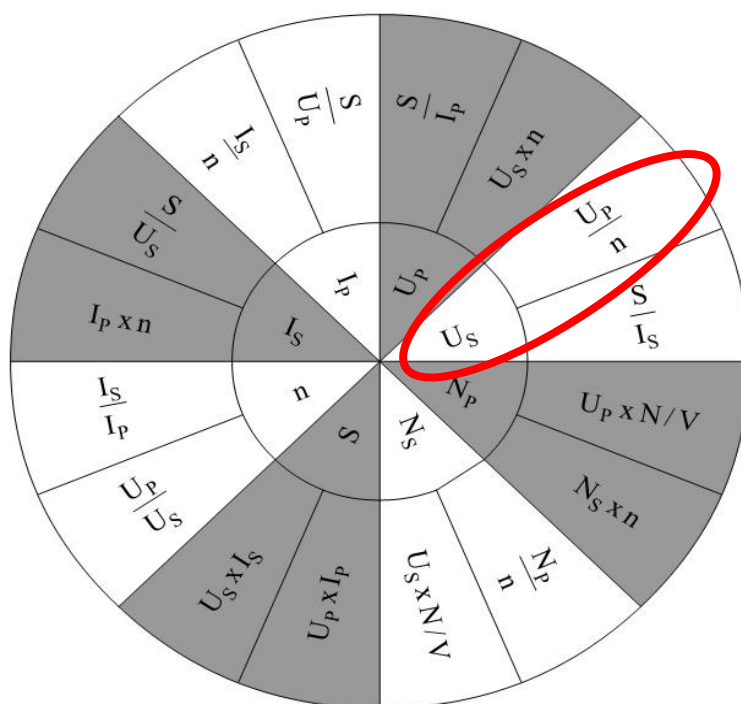
## Transformer formel cirkel

Denne transformer formel cirkel viser alle formlerne til beregning af data på en transformer, men til løsningen af opgaverne skal du kun bruge nogle af de formler, som findes i formel cirklen.

De benævnelser, som står i den inderste ring af cirklen, er de værdier, som du ønsker at finde, og selve formelen er i den yderste ring af cirklen.

For eksempel ønsker du at finde  $U_s$  (inderste cirkel) og du har fået opgivet værdierne for  $U_p$  og  $n$ , skal du bruge formelen (yderste cirkel):

$$U_s = U_p / n$$

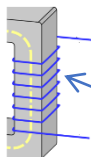


Denne formel findes ikke i formel cirklen, så derfor er den beskrevet her, da den skal bruges i opgaverne på sidste side.

## Volt pr vikling (V/N)

Volt pr. vikling er ens på primær og sekundærsiden og fortæller hvor meget spændingen ændrer sig hver gang der laves 1 vikling omkring jernet.

$$V/N = \frac{U_p}{N_p} = \frac{U_s}{N_s}$$

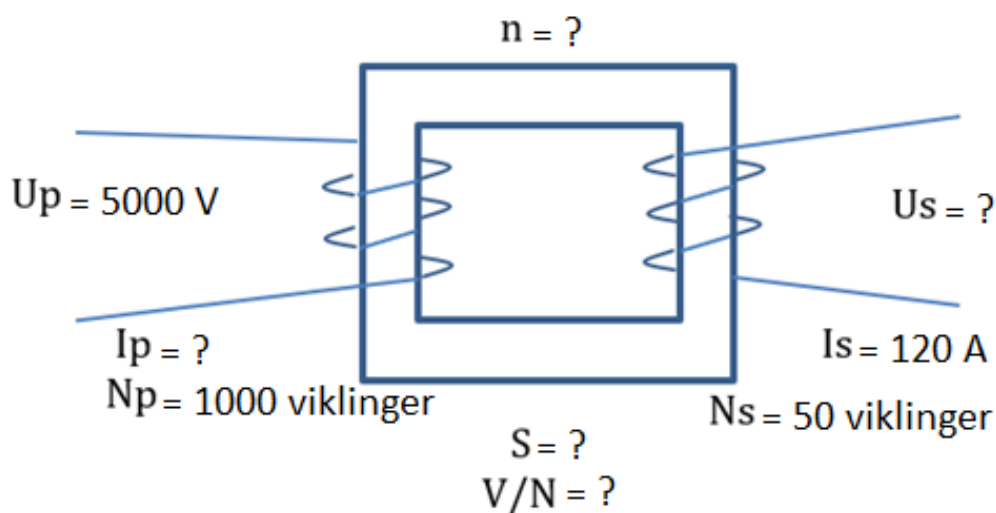


Hver gang jeg tilføjer en vikling omkring jernet, stiger spænding.

## Opgave:

I denne opgave skal du beregne på en enfaset transformer, der har 1000 viklinger på transformers primærside og 50 viklinger på transformers sekundærside, transformers forsyningspænding er 5000 volt og transformeren afgiver en strøm på 120 ampere på sekundærsiden.

Skitsen viser de informationer du har fået opgivet i teksten ovenfor og det du skal finde, er vist med et spørgsmålstegn.



**Du skal regne de 5 opgaver i den rækkefølge de er skrevet op i, start med opgave 1.:**

1. Beregn omsætningsforholdet  $n = N_p / N_s =$
2. Beregn Sekundær spænding  $U_s =$
3. Beregn Primær strøm  $I_p =$
4. Beregn transformers størrelse  $S =$
5. Beregn volt pr. Vikling  $V/N =$

## Links

<http://ahorn.dk/asu/base/elhtm/elstrom2/transfor.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=YRDU8KScNdk>

[https://www.youtube.com/watch?v=jYvXy\\_oF6Zs](https://www.youtube.com/watch?v=jYvXy_oF6Zs)

<http://www.spd-online.dk/?p=el/transformer>

<https://www.youtube.com/watch?v=XrDtXe1g0YU&list=PLKWJliroEsaUV08dyXWtd2PHZM0fpNBMK&index=1>

<https://www.youtube.com/watch?v=FlTbOntbKvw>

[https://www.youtube.com/watch?v=2O\\_r6i9uVcU&list=PLKWJliroEsaUV08dyXWtd2PHZM0fpNBMK&index=3](https://www.youtube.com/watch?v=2O_r6i9uVcU&list=PLKWJliroEsaUV08dyXWtd2PHZM0fpNBMK&index=3)

<https://www.youtube.com/watch?v=f1y->

[D69s0m0&list=PLKWJliroEsaUV08dyXWtd2PHZM0fpNBMK&index=2](https://www.youtube.com/watch?v=D69s0m0&list=PLKWJliroEsaUV08dyXWtd2PHZM0fpNBMK&index=2)

<https://www.axencrone.net/el-mappen/4/Transformers/Transformerformler.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=YRDU8KScNdk>

<https://www.youtube.com/watch?v=u0mXYyzOS6Q>

<https://elbogen.dk/transformer-1/>

<https://spz.dk/?p=el/transformer>

<https://www.youtube.com/watch?v=AY1oTXfRd1M>

<https://www.youtube.com/watch?v=GUA2JBbES8>

<https://www.youtube.com/watch?v=VucsoEhBONA>

[https://www.youtube.com/watch?v=vh\\_aCAHThTQ](https://www.youtube.com/watch?v=vh_aCAHThTQ)

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_MiPEHrHQRo](https://www.youtube.com/watch?v=_MiPEHrHQRo)

