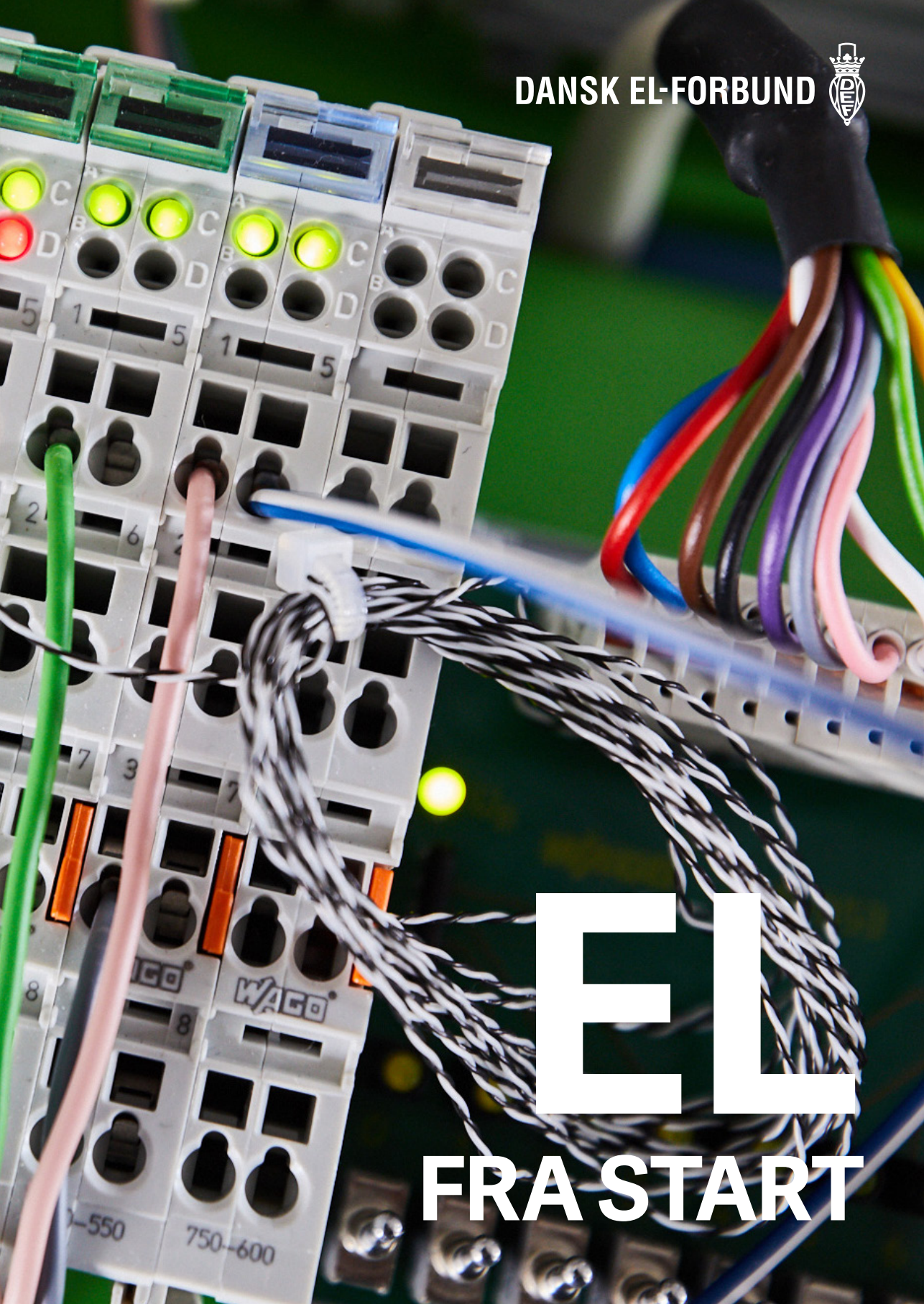


DANSK EL-FORBUND



EL

FRA START

El Fra Start

Udgivet af Dansk EI-Forbund, 2020

Grafisk produktion: JJ Kommunikation

Copyright

Med henvisning til loven om ophavsret er det ikke tilladt at mangfoldiggøre indholdet af bogen ej heller dele heraf uden tilladelse fra Dansk EI-Forbund.

DEF tager forbehold for trykfejl.

ISBN nr. 87-990352-3-5

Indhold

Velkommen til El Fra Start	4	Strømforsyning	142
SI-enheder	6	Følertyper	150
De mest almindelige elektriske måleenheder	7	Lysføler	151
Energi (arbejde)	9	RC-tidsled	151
Effekt	9	Induktiv føler	152
Ohms lov	10	Pt100-føler	152
Jævnstrømsteori	23	Temperaturfølere (termofølere)	156
Serieforbindelser	24	Ptxxx-følere	157
Parallele forbindelser	52	Termocouplere	158
Blandede forbindelser	62	Ensretning	160
Fremstilling af vekselspænding	73	Netværk	162
Vekselstrømsteori	84	Transmissionsmedier	164
Vektorer	85	Koaksialkablet/Coax-kabel	165
Kondensator	94	Netværkskabel	167
Reaktiv effekt	103	Fiberoptisk kabel / Lysleder	171
Parallelforbindelser med kondensator og spoler	118	Trådløst netværk/ WiFi	173
Hvad er en kondensator?	129	POE	175
Kondensatoren og jævnstrømme	129	Fysisk topologi	177
Kondensatoren og vekselstrømme	130	Netværksprotokoller	181
Hvad er en spole?	133	Netværksudstyr	185
Sådan virker en spole	133	Aktivt udstyr til brug for Netværkssegmentering	192
Elektronik	139	Lystekniske grundbegreber	200
Elektronik i forbindelse med styring og regulering	140	Lyskilder	213
Styring	140	LED	216
Regulering	141	Lysberegning	217
		Energioptimering af belysningsanlæg	220
		Forkoblingsenhed til lysstofrør	221
		Energibesparelse ved etablering af dagslysstyring	223
		Forbindelsesskemaer	234
		Installationstegninger	242

Velkommen til EL fra start

Hvilket hus vil du helst bo i?



Den tekniske del henvender sig primært til dig som går på grundforløbet og på første hovedforløb H1. i elektriker uddannelsen.

Men det er ikke ideen at du bevidstløs skal regne alle opgaverne, og så håbe at du til prøverne kan finde en opgave der ligner. Meningen med den Tekniske del, er at du skal opnå en forståelse af stoffet som gør dig i stand til at løse opgaverne uden at have "idiot"-regnet flere hundrede opgaver i eksempelvis vekselstrømsteori.

Og husk at du skal skynde dig langsomt og få fat i tingene fra starten selv om det måske ser let ud. Du er ved at bygge et stort hus indenfor el verdenen, derfor skal fundamentet som dette hus står på, være solidt og ikke fusket igennem, et dårligt fundament vil altid give problemer før eller siden, HUSK DET.....!!!

Multiguidens tekniske del er et supplement til det du lærer på skolen og de bøger som du i forvejen har købt eller lånt på biblioteket.

Hvor der er en vilje
er der en vej.

God Fornøjelse og husk:
Hvis du vil kan du!

Man kan også blive klog ved at surfe lidt på Internettet. Prøv at søge på Ohms lov, vekselspænding, Watt, o.s.v. Nettet er fyldt op med oplysninger, opgaver, forklaringer som du kan få glæde af.

Der er INGEN der har sagt at det er let at blive elektriker, men på den anden side er det heller ikke svært hvis man har viljen.

På en måde kan man roligt sige at du er på vej til at tage en studentereksamen indenfor el området.

Hjælp dig selv
Få ordentligt fat
i tingene fra
starten.



Start med at
skynde dig langsomt,
så kan du altid senere
langsomt skynde dig!

SI-enheder

Betegnelse	Enhed	Symbol	Omregning til andre SI-enheder
Længde	meter	m	
Masse	kilogram	kg	
Tid	sekund	s	
Temperatur	kelvin	K	
Strømstyrke	ampere	A	
Lysstyrke	candela	cd	
Vinkel (plan-)	radian	rad	
Rumvinkel	steradian	sr	
Frekvens	hertz	Hz	1/s
Kraft	newton	N	kgm/s ²
Tryk	pascal	Pa ¹⁾	N/m ²
Energi	joule	J	Nm
Effekt	watt	W	J/s
Elektricitetsmængde	coulomb	C	As
Elektrisk spænding	volt	V	W/A
Elektrisk kapacitans	farad	F	C/V
Elektrisk impedans	ohm	Ω	V/A
Elektrisk ledningsevne	siemens	S	1/Ω
Magnetisk flux	weber	Wb	Vs
Fluxtæthed	tesla	T	Wb/m ²
Elektrisk induktans	henry	H	Wb/A
Lysstrøm	lumen	lm	cd sr
Belysningsstyrke	lux	lx	lm/m ²

¹⁾ Pa = 10⁵·bar ≈ 1,02 · kp/cm²

De mest almindelige elektriske måleenheder

Formeltegn

Spænding	U	Volt (V) 1 kilovolt (kV) = 1.000 V 1 millivolt (mV) = 1/1.000V	
	U _N U _F	Netspænding Fasespænding	} Kun ved trefaset vekselstrøm
Strøm	I	Ampere (A) 1 kiloampere (kA) = 1.000 A 1 milliampere (mA) = 1/1.000 A	
	I _w	Wattstrøm = I · cos w	
	I _{wl}	Wattløs strøm = I · sin w	
Resistans (Modstand)	R	Ohm (Ω) 1 kiloohm (k) = 1.000 Ω 1 megaohm (M) = 1.000.000 Ω	
Induktans (Selvinduktion)	L	Henry (H) 1 millihenry (mH) = 1/1.000 H	
	X _L	Induktiv reaktans X _L = 2 π fL vL	
Kapacitans	C	Farad (F) 1 mikrofarad (μF) = 10 · 6F 1 nanofarad (nF) = 10 · 9F 1 picofarad (pF) = 10 · 12F	
	X _C	Kapacitiv reaktans X _C = $\frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{vC}$	
Impedans (Kun vekselstrøm)	Z	Ohm (Ω) $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ (Resistans med induktiv og kapacitiv reaktans i serie)	
Effekt	P	watt (W) 1 kilowatt (kW) = 1.000 W 1 megawatt (MW) = 1.000.000 W	

De mest almindelige elektriske måleenheder (fortsat)

Formeltegner

Tilsyneladende effekt (kun vekselstrøm)	S	voltampere (VA) 1 kilovoltampere (kVA) = 1.000 VA 1 megavoltampere (MVA) = 10^6 VA <hr/> $S = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I = 3 \cdot U_F \cdot I$ Den aktive effekt: $P = S \cdot \cos w = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I \cdot \cos w$ Den reaktive effekt: $Q = S \cdot \sin w = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I \cdot \sin w$ $I = \text{strømmen pr. fase (i en leder)}$
Energi	E	Joule (J) = Ws watt · time (Wh) 1 kilowatt · time (kWh) = 1.000 Wh 1 megawatt · time (MWh) = 1.000.000 Wh 1 gigawatt · time (GWh) = 1.000 MWh 1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J <hr/> $E = \sqrt{3} \cdot U_N \cdot I \cdot \cos w \cdot t$ (3-faset vekselstrøm)
Effektfaktor	$\cos w$	$\cos w = \frac{I_w}{I} = \frac{P}{S}$ (Kun for sinusformet str. & sp.)
Periodetal	f	hertz (Hz) i europa er f normalt = 50 Hz (i skibe dog oftest 60 Hz)
Vinkelfrekvens	v	$v = 2 \cdot \pi \cdot f \text{ rad/s}$ Ohms lov: Ved jævnstrøm og vekselstrøm med resistiv belastning: $U = I \cdot R$ I vekselstrømskredsløb, for resistans, induktans og kapacitans i serie: $U = I \cdot Z$ hvor $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

Energi (arbejde)

Enhed	Joule (Wattsek.) (= 1 NM) (= 107 erg) J (Ws)	Kilowatt kWh	Hestekraft- timer hkt	Kilopond- meter kpm	kilo- kalorier kcal	British Thermal Unit B.t.u.
1 J(Ws) = 1		$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,378 \cdot 10^{-5}$	0,102	$0,239 \cdot 10^{-3}$	$0,948 \cdot 10^{-3}$
1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$		1	1,36	$3,67 \cdot 10^{-5}$	860	3412,7
1 hkt = $2,648 \cdot 10^6$		0,7353	1	$2,7 \cdot 10^{-5}$	632,3	2509
1 kpm = 9,81		$0,2723 \cdot 10^{-5}$	$0,37 \cdot 10^{-5}$	1	$0,234 \cdot 10^{-2}$	$0,929 \cdot 10^{-2}$
1 kcal = 4186,8		$0,1163 \cdot 10^{-2}$	$0,158 \cdot 10^{-2}$	427	1	3,966
1 B.t.u. = 1055,2		$0,293 \cdot 10^{-3}$	$0,399 \cdot 10^{-3}$	107,59	0,252	1

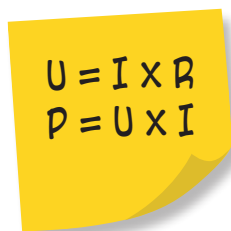
Effekt

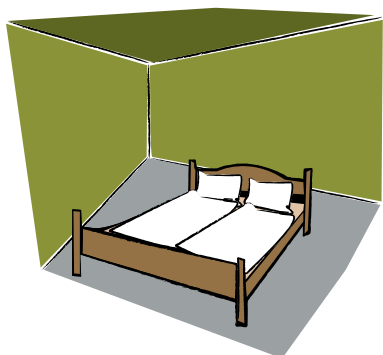
Enhed	Watt (Joule/s) W (J/s)	Kilowatt kW	Hestekraft hk	Kilopond- meter/s kpm/s	kilo- kalorier kcal/s	British Thermal Unit/s B.t.u./s
1 J(Ws) = 1		$0,278 \cdot 10^{-6}$	$0,378 \cdot 10^{-5}$	0,102	$0,239 \cdot 10^{-3}$	$0,948 \cdot 10^{-3}$
1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$		1	1,36	$3,67 \cdot 10^{-5}$	860	3412,7
1 hkt = $2,648 \cdot 10^6$		0,7353	1	$2,7 \cdot 10^{-5}$	632,3	2509
1 kpm = 9,81		$0,2723 \cdot 10^{-5}$	$0,37 \cdot 10^{-5}$	1	$0,234 \cdot 10^{-2}$	$0,929 \cdot 10^{-2}$
1 kcal = 4186,8		$0,1163 \cdot 10^{-2}$	$0,158 \cdot 10^{-2}$	427	1	3,966
1 B.t.u. = 1055,2		$0,293 \cdot 10^{-3}$	$0,399 \cdot 10^{-3}$	107,59	0,252	1

Ohms lov

Ohms lov er faktisk grundlaget for stort set alle de formler, som du kommer til at arbejde med i elektroteknikken. Derfor er det vigtigt, at du allerede fra starten kan den og forstår den.

Hvis du ikke kan Ohms lov forfra og bagfra og har søde drømme om den, så vil du mildt sagt få hamrende svært ved at blive elektriker.


$$U = I \times R$$
$$P = U \times I$$



Hvad kan du så gøre?

På loftet over din seng, maler eller klister du følgende

Spændingen = Strømmen x modstanden

og

Effekten = Spændingen x strømmen

Og som formler, som vi kalder grundformler.

$$U = I \times R$$

$$P = U \times I$$

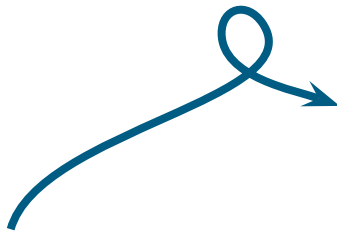
Som du sikkert har opdaget, så er formeltegnet for:

Spænding = U (elektrisk spænding, og det er så lige meget, om det er jævn- eller vekselspænding, der er tale om). Måles i Volt (V).

Strømmen = I (elektrisk strøm, jævn- eller vekselstrøm). Måles i ampere (A).

Modstanden = R (elektrisk modstand ved jævn- eller vekselspænding). Måles i Ohm (R). Det græske tegn for Ohm = Ω

Effekten = P (elektrisk effekt ved jævn- eller vekselspænding). Måles i Watt (W).



HUSK!
hvis du har to
oplysninger i Ohms
lov, kan du **ALTID**
finde den
sidste.

Har du to oplysninger i Ohms lov, kan du altid finde den sidste – der skal bare byttes lidt rundt i formlen

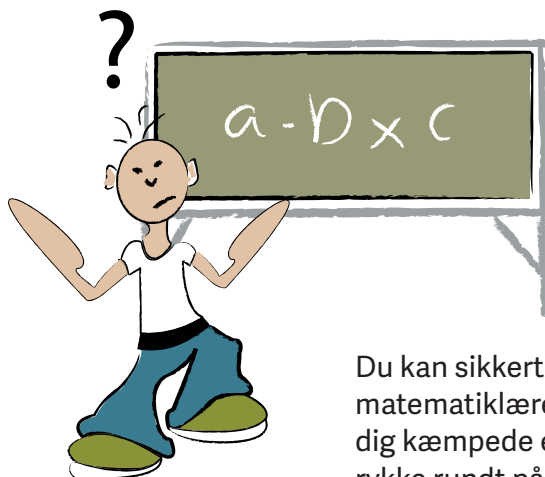
Hvor kommer Ohm så fra? Såmænd en tysk fysiker og matematiker, Georg Simin Ohm, som levede fra 1789 til 1854. Han fik den ære at få denne formel opkaldt efter sig, og det er vel også rimeligt, da det var ham, som fandt ud af sammenhængen mellem spænding, strøm, modstand, og effekt.

Ohms lov blev publiceret i den berømte bog: *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet* fra 1827.

Som du skal kunne udenad! Inden du går videre!

Nej, nej, tag det nu lidt roligt... du skulle bare lige hoppe lidt i stolen.





Du kan sikkert huske den måske fortvivlede matematiklærer i folkeskolen, der sammen med dig kæmpede en brav kamp for at lære dig at rykke rundt på ligninger.

Der blev brugt bogstaver, for staklen vidste jo ikke, hvad du engang ville uddanne dig til, så vedkommende allerede dengang kunne putte Ohms lov ind i undervisningen. Derfor bogstaverne, eller hvad der nu blev brugt, for at lære dig om ligninger.

$A = B \times C$, er det ikke det samme som **$U = I \times R$** , eller **$P = U \times I$** ?

Og nu da du har valgt at blive elektriker, så fortsætter vi med Ohms lov.

Ohms lov er de formler, der giver sammenhæng mellem:

- Elektrisk spænding, som måles i Volt (V) med formeltegn U.
- Elektrisk strøm, som måles i ampere (A) med formeltegn I.
- Elektrisk modstand, som måles i Ohm (R eller Ω) med formeltegn R.
- Elektrisk effekt, som måles i watt (W) med formeltegn W.

For at du ikke skal blive forvirret, så er det som regel kun, når vi snakker om sammenhængen mellem de tre første ting, altså:

- Spænding
- Strøm
- Modstand

...at det er Ohms lov **$U = I \times R$** , vi bruger her.

Den anden formel, **$P = U \times I$** , bliver i mange sammenhænge kaldt effektformel.

Så vi vedtager hermed, at Ohms lov er:

Spændingen = Strømmen x modstanden,
altså $U = I \times R$.

Og at $P = U \times I$ er en effektformel
(men ligner i opbygningen Ohms lov).

Huskeregul:

Når man flytter fra den ene side af
et lighedstegn = til den anden side,
så skifter værdierne fortegn.



Vi tager lige et eksempel:

Der er i en opgave oplyst: **U** (spændingen) og **R** (modstanden)

Du skal finde **I** (strømmen)

Grundformel er:

$$U = I \times R$$

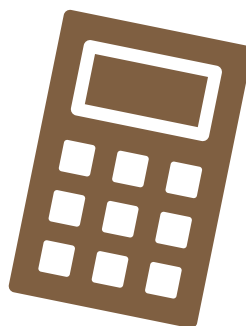
Vi lader I stå, men flytter R over på den anden side af lighedstegnet, og så skiftes der som bekendt fortegn, i dette tilfælde fra at være gange til divideret.

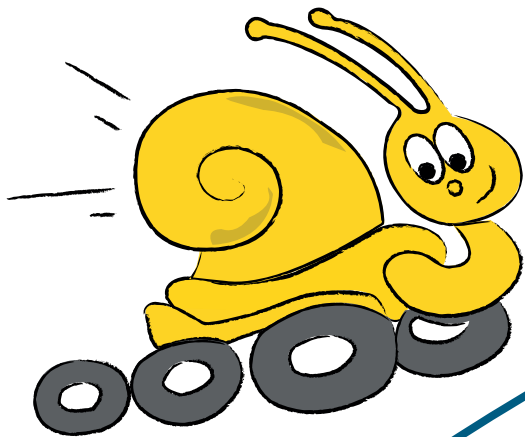
$U = I \times R$ flytter R over på den anden side af = så står der $U/R = I$



Mere svært er det altså ikke, du skal bare øve dig lidt, så er den der.

OBS: På din regnemaskine, når du skal dividere, skal du bruge knappen: \div





Så svært er det altså ikke,
bare kom i gang.

Men skynd dig langsomt

Herunder kan du se, hvordan du finder en værdi, når du har de to andre, men for din egen skyld, så skal du øve dig i at bytte rundt på grundformlerne.

Der går for megen tid, hvis du hele tiden skal slå tingene op.

HUSK!

har vi to oplysninger,
så kan vi uden
problemer finde
den sidste.

$U = I \times R = \text{Grundformel}$

Hvis vi har **U** (spændingen) og **R** (modstanden) og skal finde **I** (strømmen) så er **$I = U / R$** , og har vi **I** og **U** og skal finde **R**, så er **$R = U / I$**

$P = U \times I = \text{Grundformel}$

Hvis vi har **P** (effekten) og **I** (strømmen) og skal finde modstanden, så er **$R = P / I$** , og har vi **P** og **U** og skal finde strømmen **$I = P / U$**

Nu tager du lige en lille pause, og bagefter øver du dig i at flytte rundt på Ohms lov, så den sidder helt fast. Inden du går videre, ellers kan det være at du bliver helt rundtosset.



Vi er enige om at de to grundformler er:

$$U = I \times R$$

$$P = U \times I$$

Så hvis man blot kender to af disse fire variabler, så kan man udlede de to andre.

Ta det nu lidt roligt, vi kigger lige på tingene, inden vi løber skrigende væk. Hvem sagde forresten, at det var let at blive elektriker?

Men husk også på, at du ikke er den første – der er tusindvis før dig, som har kæmpet den samme kamp, som du er i gang med. Alle har følt, at hjernen var ved at eksplodere i større eller mindre grad, siden den gode gamle Georg Simon Ohm fandt løsningen.

Du har også noteret, at han var matematiker ved læsningen af hans bog ikke?

Vi ser lige på tingene stille og roligt:

At $U = I \times R$ eller P/I skal ikke forvirre dig, ellers må du lige et par sider tilbage og få ordentlig fat i tingene.

U findes ved ohms lov $U = I \times R$
eller ved hjælp af effektformlen $U = \frac{I}{P}$

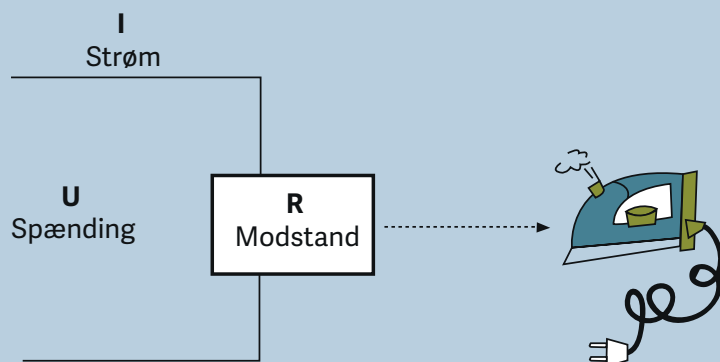
En bedre forståelse betyder, at du skal skynde dig langsomt, altså tag det nu roligt – du skal nok få fat i tingene, men få fat i dem fra starten og brug den tid, der skal til.



Nu kan du så komme i gang med at regne på et elektrisk kredsløb bestående af en **ohmsk modstand**.









Der løber en strøm I i kredsløbet, denne strøm er afhængig af spændingen U på kredsløbet og modstandens R størrelse.



(de tynde streger kunne sagtens være ledningen til strygejernet dem regner vi ikke på endnu)

Du får oplyst, at strygejernet (JA et strygejern er det, som vi kalder en ohmsk modstand), vi tegner ikke et strygejern (du skal jo ikke være tegner, men elektriker) men en firkantet kasse i stedet, af andre ohmske modstande kan nævnes:

-  Kaffemaskine
-  Brødrister/vaffeljern/hårtørrer
-  Komfur (hvis det er et stort et med 4 kogeplader og ovn skal du regne med 400V)
-  El radiator /varmelegeme i dit akvarium tjek lige spændingen, nok ikke 230 V
-  Glødelampe (ganske almindelig el-pære. Husk at modstanden ændrer sig når den bliver varm)
-  Modstande, som du finder indeni for eksempel dit fjernsyn, små aflange ting med farveringe eller tal på (se elektronik afsnittet i guiden). Tjek lige spændingen, nok ikke 230 V

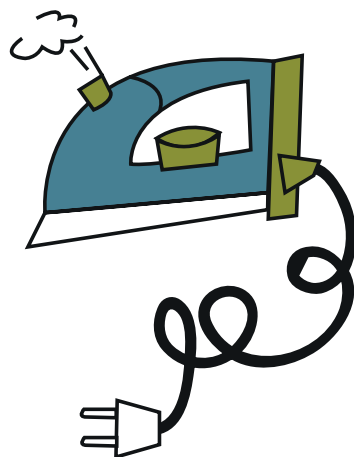
En støvsuger/boremaskine eller en motor er **IKKE** en ohmsk belastning. Bare rolig, du skal nok komme til at regne deres værdier ud, men vi tager lige det mest simple først.

Tilbage til oplysningerne for strygejernet.

Du har fundet mærkepladen på strygejernet, der står som det eneste, du kan læse. Resten er slidt væk.

230V 4 A

Nu er det sådan, at det ikke virker, det har du undersøgt, fordi du er elektriker. Du har undersøgt, at det hverken er ledningen eller stikproppen eller termostaten, der er noget galt med på strygejernet, men at det er varmelegemet, den er gal med. Der står heller ikke noget, du kan bruge på varmelegemet. **DU MÅ I GANG MED AT REGNE**, så du kan bestille et nyt varmelegeme.



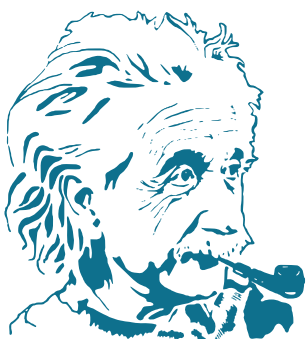
Altså du har fundet:

$U = 230 \text{ V}$ og $I = 4 \text{ A}$ på mærkepladen

$R \text{ (modstanden)} = U/I = 230/4 = 57,5 \text{ ohm } (\Omega)$

De 230 Volt, der står på mærkepladen, betyder, at strygejernet skal tilsluttes 230 Volt, altså sættes i en stikkontakt. Det kan godt være, at du ikke lige har 230 V i stikkontakterne.

Uden at vi allerede her skal komme for meget ind på emnet U_n , så kan spændingen variere fra hus til hus og fra stikkontakt til stikkontakt. Juleaften ved 18-tiden, når alle steger ændrer og flæskestege, er det ikke sikkert, at du har den samme spænding på stikkontakterne, som du har til hverdag, men den skal altid holdes inden for et område.

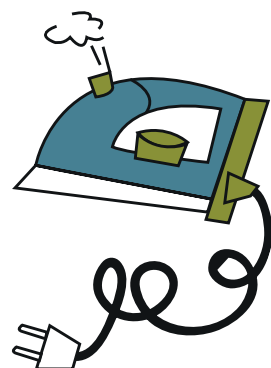


Derfor bruger vi Un. Det er dét, vi kalder en nominel spænding (Un), som er den spænding, vi regner med, og som smart nok står på mærkepladerne eller i brugsanvisningerne til brugsgenstande, som er beregnet til at sætte i danske stikkontakter.

Vi er med denne problematik noget længere henne i din uddannelse til elektriker, men det er en stor verden, der er ved at åbne sig for dig. Og alle inklusiv Einstein begyndte med Ohms lov.

Du ringer til en forhandler af strygejernet og fortæller dine oplysninger, og vupti så kommer der et nyt varmelegeme. Du monterer det, og alle er glade for, at der kan stryges igen.

Ved at fortælle mærke og model/type nr. på strygejernet kunne du nok have fået varmelegemet alligevel hos forhandleren. Men desværre er det jo sådan, at det mange gange – hvis det er for en kunde, man skal reparere eksempelvis et strygejern – at det ikke kan betale sig.



Det skal enten være et meget dyrt strygejern af det rigtige design, eller fordi kunden absolut vil have repareret sit gamle strygejern. Men det skal jo ikke afholde os fra at regne på tingene vel?

Tænke tænke
tænke...

Hvor mange Watt bruger strygejernet?

Kan du huske den effektformel?

Vi bladrer tilbage og kigger:

$$P = U \times I$$

Nå ja, den som lignede Ohms lov!

Og vi regner:

$$P = U \times I = 230 \times 4 = 920 \text{ W (Watt)}$$

Hvor svært kan det være, det ved du bedst selv på nuværende tidspunkt, for det er dig, der skal være elektriker.

Tag lige en tur rundt i huset og se på mærkepladerne på de forskellige elektriske genstande, der findes. Du kunne jo regne ud, om det nu passer, dét der står på mærkepladerne.

Eksempel

En el-radiator på **800W/230V**

Hvor mange ampere = strøm = formeltegn I bruger den?

Grundformel for effekt :

$$P = U \times I$$

Vi har **P** og **U**

Vi lader **I** stå og flytter **U** over på den anden side af lighedstegnet = hvad sker der så, **JA**, det skifter fortegn, og der kommer til at stå:

$$P/U = I \text{ vi indsætter værdier} = 800/230 = 3,48 \text{ A.}$$

Hvad skal jeg så bruge det til?

Vi åbner lige lidt igen for den store el-verden.

Du skal som elektriker sætte el-radiatorer op i et sommerhus. De er på **800 W** stykket.

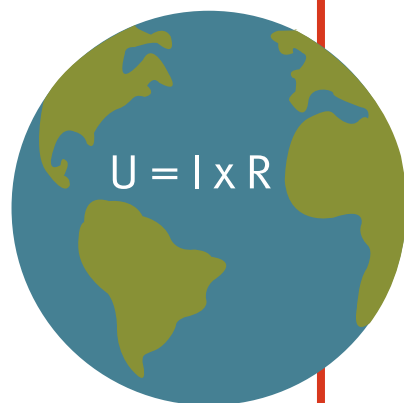
Hvor mange kan du sætte op, hvis der kun er 1 stk. 10 ampere-sikring i sommerhuset?

1 stk. 800 W el-radiator brugte **3,48 A.**

10/3,48 = 2,87 stk. Det giver 2 stk. a 800 W. Man kan jo ikke sætte 0,87 radiator op VEL?

Egentlig også meget rart med lidt overskud – hvorfor?

Sommerhuset har kun 1 sikring på 10 A til hele sommerhuset, og der skal jo også være plads til lys og fjernsyn, der som bekendt også bruger energi = Watt.



Hovsa vi kan jo regne ud, hvor meget effekt (Watt) der er tilovers, når begge el-radiatorer er tændt samtidig.

Vi hiver lige grundformlen for effekt frem igen – **kan du huske den?**

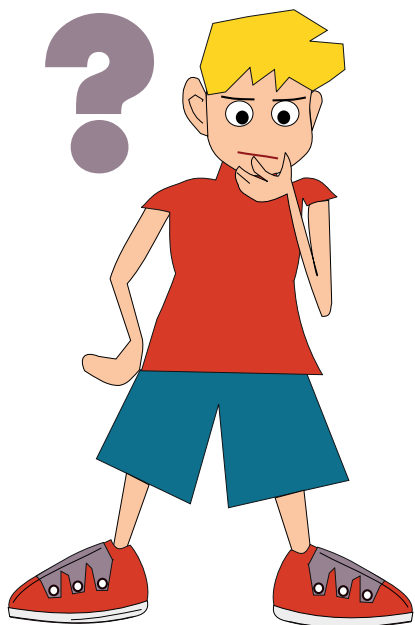
$$P = U \times I$$

Vi holder fast ved **230 V** som nominal spænding og den 10 A sikring, Kan du se, det er smart med Un?

$P = U \times I = 230 \times 10 = 2300 \text{ W}$, altså vi kan sætte et forbrug på **2300 W** på en **10 A** sikring.

Det giver i dette tilfælde 700 W i sommerhuset, som kan bruges til lys, fjernsyn m.m., når de 2 el-radiatorer er tændt.

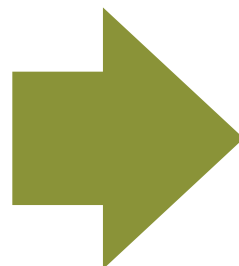
$2300 \text{ W} - 1600 \text{ W} = 700 \text{ W}$
10 A sikring 2 stk. el-radiatorer



Nu skal du til at regne selv

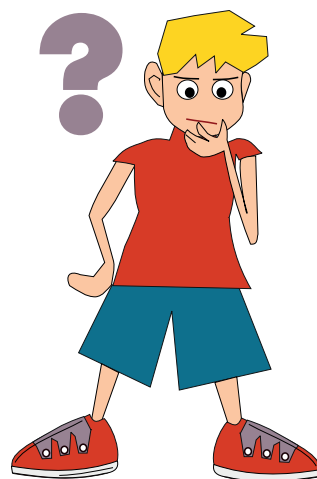
Grib nu chancen for at teste dig selv stille og roligt. Der er **INGEN** som dig selv, der ved, hvor god eller dårlig du er, og om du skal give den en skalle, eller om du er med.

Facit kan du se til sidst i kapitlet.



Opgaver

- a) Hvor mange el-radiatorer a 800 W kan der installeres, hvis man har en 13 A sikring, og hvor mange W er tilovers til lys, fjernsyn med mere?
- b) Kan strygejernet (920 W), som vi har regnet på, bruges samtidig, når det antal radiatorer, du har fundet i opgave a, er tændt?
- c) Hvor mange ohm er varmelegemet på i en 800W / 230V el-radiator?
- d) Hvor mange ohm er varmelegemet på i en 400W / 230V el-radiator?
- e) Hvor mange Ampere bruger en 400W / 230V el-radiator?
- f) Hvor mange Ampere bruger en 1600W / 230V el-radiator?
- g) Hvor mange ohm (Ω) er varmelegemet på i en 1600W/230V el-radiator?
- h) Hvor mange ohm er der i en el-pære (den gode gamle slags med stort gevind), som er stemplet med 60 W /230V, altså hvor stor er modstanden i pæren?



Det gik da meget godt, gjorde det ikke?

Som du kan se, så kan du selv lave et utal af opgaver og regne dem ud.

Du kan også finde forskellige ohm'ske brugsgenstande og se, om mærkepladerne/brugsanvisningerne passer med det, som du regner ud.

Men pas på at du begynder at beregne **ikke**-ohm'ske brugsgenstande. Her skal du lige have rundet vekselstrømteorien, før du går i gang med disse.

Svar

- a) 3,74 stk.= 3 stk. tilovers 590 W.
- b) Nej
- c) $I = P/U = 800/230 = 3,48 \text{ A}$ $R = U / I = 230/3,48 = 66,12 \Omega$
- d) Det dobbelte af en på 800W = $66,12 / 2 = 132,24 \Omega$
Den tænker vi lige lidt over, ikke.
Den halve effekt = dobbelt modstand
- e) 1,74 A (400W = det halve af 800W)
Den tænker vi også lidt over ikke.
Den halve effekt = $\frac{1}{2}$ ampere
- f) 6,95 A (1600W = det dobbelte af 800W)
Der faldt den vist på plads, ikke?
- g) 33,06 Ω det halve af en på 800W/230V
- h) 881,66 Ohm



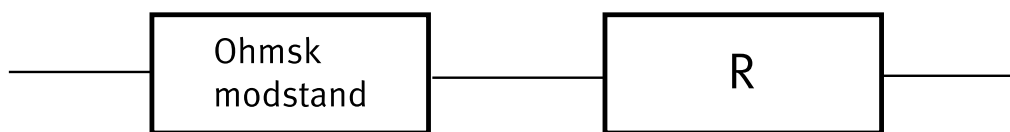
Jævnstrømsteori



Du har inden du går i gang med dette afsnit læst:

- Fra el-kraftværket til din stikkontakt.
- Elektriske måleenheder.
- Ohms lov.

Vi arbejder her kun med ohmske modstande og tegner dem som firkantede kasser.



Vi benævner som regel bare modstandene med et **R** – vi skriver eller tegner jo heller ikke, hvad de kunne være, brødrister eller strygejern mv.

De tynde streger, som du kan se, er forbindelser mellem modstandene. Det er ledninger, som forbinder dem, så der kan løbe en strøm. Det betyder ikke så meget, hvad de er, da vi ikke her skal tage dem med i vores beregninger.

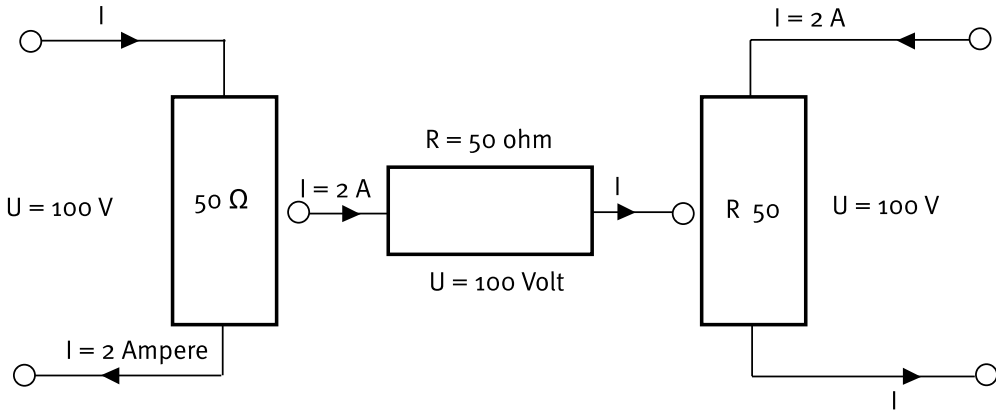
Du skal nok komme til at dimensionere kabler og ledninger senere – du skal bare lige have fat i det grundlæggende først, og det er blandt andet jævnstrømsteori.

*HUSK at skynde dig langsomt.
Tempoet skal nok komme,
du skal bare lige lære at
kravle, inden du kommer til
at løbe afsted.*



Serieforbindinger

Du har (forhåbentlig) regnet de opgaver, der er i forbindelse med Ohms lov – ellers må du lige en tur tilbage.



Der er ingen forskel på disse tre kredsløb. De er KUN tegnet forskelligt.

Vi tager gode gamle Ohms lov frem og håber, at du kan huske den:

$$U = I \times R$$

Spændingen (**U**) = Strømmen (**I**) x Modstanden (**R**)

(Hvis du ikke har fat i Ohms lov, så må du lige en tur tilbage til kapitlet)

HUSK!

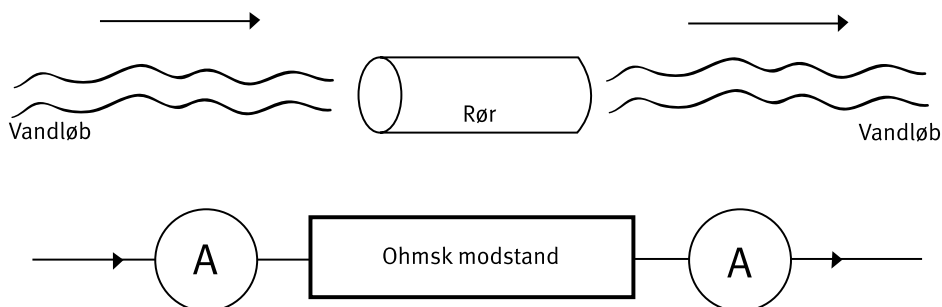
når vi har 2 af værdierne, kan vi altid finde den sidste.

Læg lige mærke til at strømmen, som er vist med den lille pil \blacktriangleright , er tegnet to steder i kredsløbet. Det er **IKKE** to forskellige strømme, men den samme strøm, som løber i kredsløbet.



Lad os sige, at der løber en strøm på 2 A (ampere). Så ville du kunne måle 2 ampere på begge sider af modstanden, og de skal **IKKE** lægges sammen, da det er den samme strøm, der er tale om.

Hvis der nu var tale om en strøm af vand i et vandløb, som skulle igennem en forhindring, måske et rør under en vej, så var vi jo ikke i tvivl om, at det var den samme mængde vand, der kom ind og ud ad dette rør.



Nu har vi sat 2 amperemetre ind for at måle strømmen i kredsløbet.

De viser det samme, og **HUSK** nu, de skal **IKKE** lægges sammen.

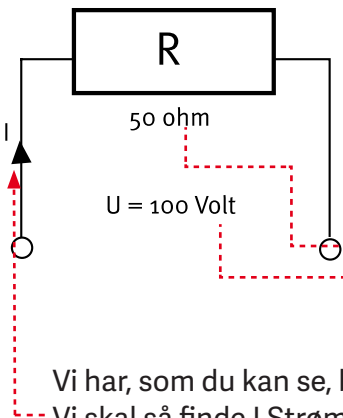


Husk! Skynd dig langsomt
i begyndelsen og få fat i tingene

Lad os kigge lidt på eksemplet fra foregående side.

Hvis vi har 2 værdier i Ohms lov, $U = I \times R$, kan vi **ALTID** finde den sidste. Det er faktisk dét, som alle regnestykkerne går ud på, og det er dét, vi skal øve os lidt på.

Hvor svært kan det være, hvis du ikke allerede her, hvor det er og ser let ud, kan tage dig sammen med at få fat i det fra starten. Så kan du få problemer senere, når tingene bliver lidt mere komplicerede.



Vi går stille og roligt i gang med at regne. Spørgsmålet i denne opgave: Find strømmen i kredsløbet. Det gør vi så.

Først skriver vi grundformlen

Vi har, som du kan se, både $U = 100 \text{ V}$ og modstanden $R = 50 \Omega$.

Vi skal så finde I Strømmen i kredsløbet.

Vi lader I stå og flytter R over på den anden side af lighedstegnet = og hvad sker der så?

Jep, det skifter fortegn. Det stod jo og gangede \times med I og skal nu over og divideres med U .

$U = I \times R$ så ser det sådan ud: $U/R = I$. Vi sætter værdierne ind $100/50 = 2 \text{ A}$.

Der løber altså en strøm **A** på **2 Ampere** igennem modstanden, eller rettere sagt, modstanden har en værdi, der gør, at den gennemløbes af **2 A** ved en spænding ved **100 V**.

Effekten bliver $U = 100V$ $I = 2A$ $\varphi = U \times I = 100 \times 2 = 200w$.

Modstanden kan vi jo ikke ændre på, så skal vi jo finde en anden i skuffen, det gider vi ikke lige nu. Men hvad sker der med strømmen A ved at ændre spændingen U.

Det prøver vi lige.

- a) Vi halverer spændingen fra 100 V til 50 V.
- b) Vi sætter spændingen op til det dobbelte af **100 V = 200 V** i kredsløbet. Hvor stor bliver **A** (strømmen) så i kredsløbet?
- c) Hvor stor effekt (Watt) afsættes i modstanden (**50 ohm**) ved:
■ 50 V ■ 100V ■ 200 V ■ 1000 V

Vi skynder os
langsomt

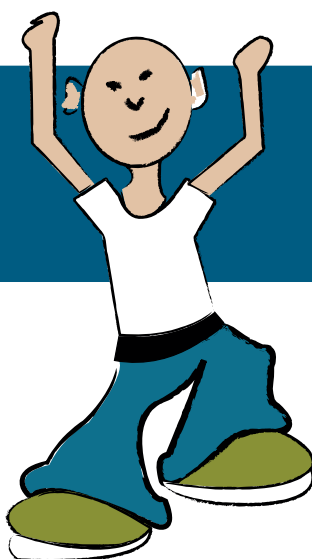


Så har vi vores formel:

$$U = I \times R \quad P = U \times I$$

$$I = U / R \quad I = P / U$$

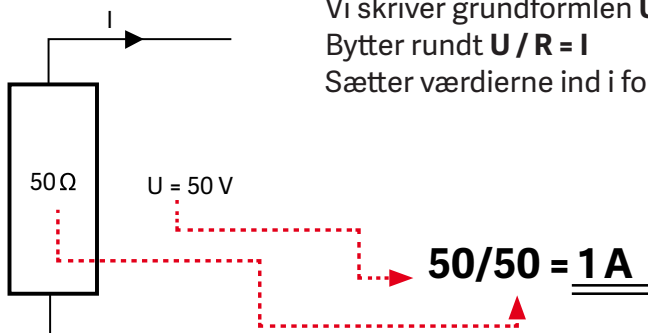
$$R = U / I \quad U = P / I$$



Og hvad den er smart - det gør vi!

Det er altid smart at lave en tegning og sætte værdierne ind på tegningen.

a)



Den tænker vi lige lidt over.

Ved at nedsætte spændingen falder strømmen, og i dette tilfælde ved at halvere spændingen falder strømmen også til det halve.

Hvad så med effekten (W) ved 50 Volt, som vi alligevel skal regne ud i spørgsmål c).

Effektformel (Kunne du huske den? Ellers må du lige en tur tilbage til kapitlet Ohms lov)

$P = U \times I$ vi indsætter værdierne $50 \times 1 = 50\text{ W (Watt)}$.

Det betyder, at en modstand på **50 ohm** har ved en spænding på **50 Volt** et forbrug på **50 Watt**.

Hvad skal jeg så bruge det til?

- De små modstande med farvekoder eller tal på, som du garanteret har set, når du har skilt noget elektronik fra hinanden – en radio, fjernsyn eller lignende – er effektmæssigt meget små, måske helt ned til $\frac{1}{4}$ Watt og til $\frac{1}{2}$ Watt, og du har lige regnet en ud på 50 W.

Det er altså en ordentlig moppedreng, som udvikler 50 Watt, og det er **RIGTIG** meget, når vi snakker elektronik. Og den vil virke som en lille kogeplade og være lavet af keramik med modstanden lavet af tråd indeni.



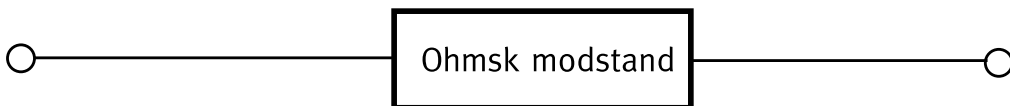
Bare tænk på en elpære på 50 Watt, hvor varm den bliver, eller forlygtepæren på din knallert, motorcykel eller bil, som måske er på 60 Watt / 12 Volt. De er også ohmske modstande, og man brænder sig på dem, når de er tændt.

- Du har også fundet ud af, hvilken betydning spændingen har for strømmen (A) og effekten (W). Det fortælles der mere om, når du har regnet hele opgaven færdig, især spørgsmål c.

Der må gerne holdes en lille tænkepause, selvom det efterhånden bliver spændende.

Vi går videre med opgaven:

b)



$$R = 50 \text{ ohm}$$

$$U = 200 \text{ V}$$

$$U = I \times R \quad I = U / R = 200 / 50 = \underline{\underline{4 \text{ A}}}$$

Husk den med
at skynde dig
langsomt



I forhold til da vi havde 50V, er strømmen med den samme modstand steget 4 gange.

Det fortæller os, at jo mere spænding, vi sætter på kredsløbet, jo mere strøm løber der i kredsløbet. Og samtidig fortæller det os, at jo mindre spænding/volt (V), vi sætter på kredsløbet med den samme modstand/Ohm/ Ω (R) tilsluttet, jo mindre strøm/Ampere (A) løber der.

Lad os lige tage effekten med:

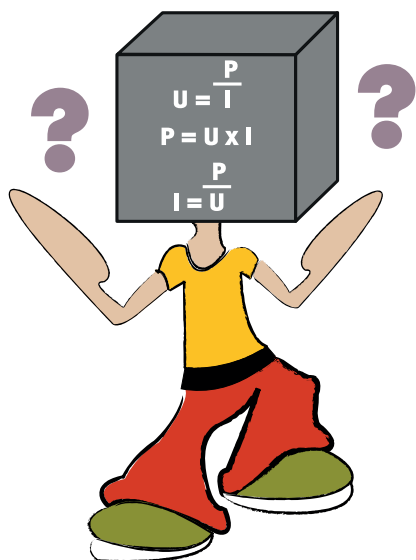
$$P = U \times I = 200 \times 4 = 800 \text{ W}$$

(svar på spørgsmål c) 200V.)

Kan du begynde at se en sammenhæng?

Eller skal du lige i tænkeboks?

Vi ser lige, hvad der sker, når vi sætter 100 V på kredsløbet (svar på spørgsmål c) 100V.)

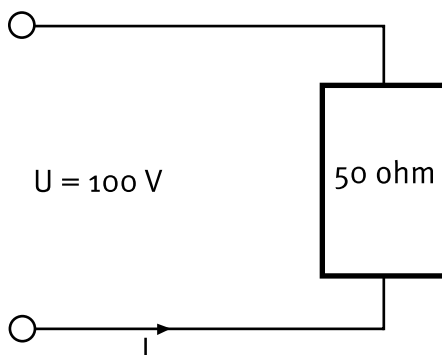


$$U = I \times R$$

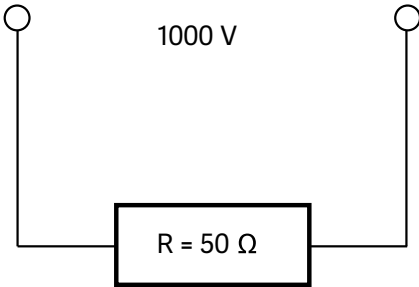
(vi bytter lige rundt på formlen)

$$I = U / R = 100 / 50 = \underline{\underline{2 \text{ A}}}$$

$$P = U \times I = 100 \times 2 = \underline{\underline{200 \text{ W}}}$$



Og med 1000 V (svar på spørgsmål c) 1000V.)



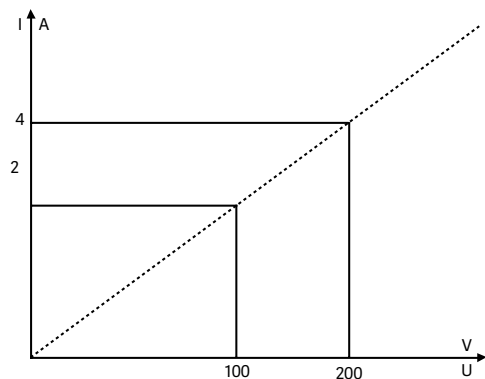
$$I = U / R = 1000 / 50 = \underline{\underline{20 \text{ A}}}$$

$$P = U \times I = 1000 \times 20 = \underline{\underline{20000 \text{ W}}}$$

For tydeligere at kunne se sammenhængen laver vi lige et skema:

Modstand (R)	spænding (V)	strøm (A)	effekt (W)
50 Ω	50 Volt	1 Ampere	50 Watt
50 Ω	100 Volt	2 Ampere	200 Watt
50 Ω	200 Volt	4 Ampere	800 Watt
50 Ω	1000 Volt	20 Ampere	20000 Watt

Her kan du se, at hvis vi fordobler spændingen **U** over den samme modstand **R**, så stiger strømmen **I** ligeledes med det dobbelte.



Du kan også se, at hvis vi fordobler spændingen over den samme modstand, så stiger effekten (Watt) med.

Jep, kig lige en ekstra gang i skemaet.

Effekten stiger med 4 gange (eller med kvadratet på strømmen).

Den tager vi lige, selvom der går lidt matematik i den.

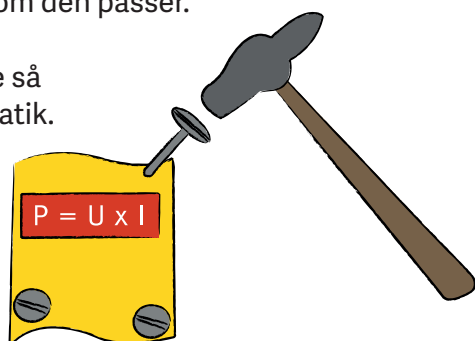
I formelsamlingen har du set (kig lige igen) en formel, der ser således ud:

$P = I \times R$ Den har vi ikke brugt, men du kan prøve at regne opgaven med den, og se om den passer.

Hvordan er det "dyr" så opstået? Ikke så meget hokusfokus, men ren matematik.

Grundformlen ser jo sådan ud:

$$P = U \times I$$



Tænke tænke
tænke...

Den sidder forhåbentlig bedre fast nu.

Nu tager vi **U** ud af formlen og tænker os godt om: Hvordan kan man finde **U**?

Vi tænkerlige lidt, inden vi går videre.

Gode gamle Ohms lov siger, at **$U = I \times R$**

Det sætter vi ind i grundformlen for effekt (Watt).

$$P = (I \times R) \times I$$

Vi stopper lige engang.

Er det ikke det samme, der står nu som før $P = U \times I$? Vi har jo bare sat noget andet ind i stedet for U . Du kan sige en måde at regne U ud på og sætte det ind i formlen i stedet for U , det bliver til $(I \times R)$, det gør jo ikke noget vel, det skulle gerne være det samme. Vi fjerner parenteser, så der står:

$P = I \times R \times I$ og vi forkorter $I \times I$ er som bekendt I^2 lader R stå, den kan vi ikke forkorte.

Der står så $P = I^2 \times R$

Her er så bevist for, at effekten P stiger med kvadratet på strømmen I^2 ved den samme modstand.

Så kunne vi jo også sætte noget andet ind i stedet for I i effektformlen $P = U \times I$

Kom ikke og sig, at matematik ikke er sjovt. Man kan i værste tilfælde risikere at blive klogere af det.

$$P = U \times I$$

Den gode gamle effektgrundformel igen og igen, den vi skal huske.

Altså vi kender P og U i grundformlen, $P = U \times I$, men mangler $I =$ strømmen. Den sætter vi ind som U/R , da udtrykket er lig med I .

Hvordan finder vi så I frem med gode gamle Ohms lov $U = I \times R$

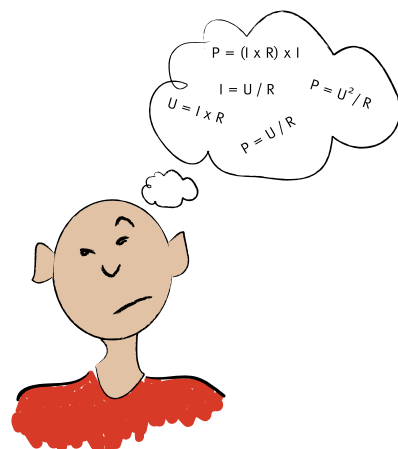
$$I = U / R$$

Det sætter vi så ind i formlen $P = U \times (U / R)$.

Det giver $P = U^2 / R$.

Så er der dømt pause, indtil vi går videre med at påfyldt el-teori i hovedet.

Inden vi går helt over gevind og holder en lille pause – den med at skynde sig langsomt



Så er vi tilbage igen friske og parate og stiller spørgsmålet **"Hvad skal jeg bruge alt dette til?"**

Godt spørgsmål (**Husk, der findes ikke dumme spørgsmål, kun dumme svar**).

Til ingenting (**Det var det dumme svar**).

Nu skal du bare se løjer!



Alle gode spørgsmål kan som regel besvares med et modspørgsmål

Vi springer lidt frem i stoffet, men det er for at vise dig, at der er forbindelse/rød tråd med det, du lige har været igennem i teorien, og det praktiske arbejde som elektriker – ikke mindst til den del af elektrikeruddannelsen, som hedder dimensionering.

Du har opdaget følgende (Ellers må du lige tilbage igen og denne gang tage den lidt med ro):

■ Ved at ændre spændingen (fra 50 V til 1000 V) over den samme modstand (50 ohm) ændrede både strømmen (A) og effekten (W) sig.

Du er nu ude i praktik i den virkelige verden.

Du er af din mester sendt ud til gode gamle fru Hansen, som skal have en **varmeovn på 500 Watt/230 Volt** sat op i sit lille tehus ude i haven. (oplysninger fra mærkeplade på ovnen)

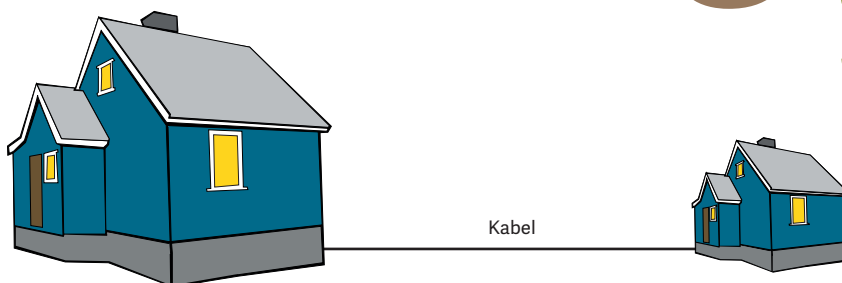
Opgaven er altså at lægge et kabel fra fru Hansens hus ud i haven til det lille tehus.

Du skal nok grave en del, men det er jo også en del af elektrikeruddannelsen, og der er også regler for, hvor dybt kablet skal ligge i jorden.



Læs SBEI = Stærkstrømsbekendtgørelsen/ elektriske installationer.

SBEI er det sted, hvor der står alle regler om, hvordan elinstallationer skal udføres for at overholde loven. Nogle kalder SB for elektrikerens bibel.



Allerede nu, selvom du lige er gået i gang med uddannelsen som elektriker, så ved du:

- Hvis varmeovnen ikke får den spænding, den er beregnet til, så varmer den ikke med den effekt, som den er beregnet til.

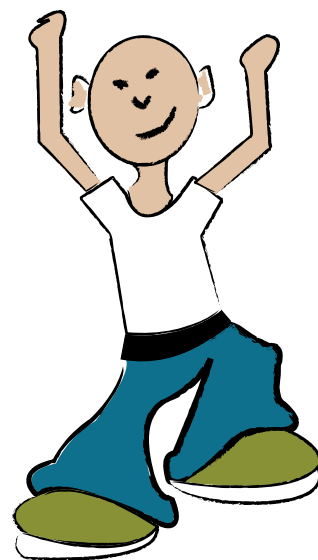
Det kunne jo tænkes, at der er så langt ud fra huset til det lille tehús, at der vil opstå det, vi kalder et spændingsfald i kablet.

Uden at komme alt for meget ind på det emnedimensionering, som du nok skal komme til bare rolig, så er der regler for, hvor meget spændingen må falde. Det kan læses i SB = Stærkstrømsbekendtgørelsen, som du helt sikkert nok skal få kæmpet dig igennem på skolen.

Du kunne jo selv regne ud, hvor meget det betyder for effekten (W) ved 220 V, 210 V, 200 V og det helt tænkte eksempel 100 V.

Hjælp til løsningen er på næste side, men prøv nu lige selv først!

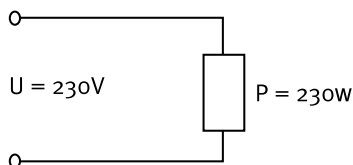
*Opgaven ser
umiddelbart let ud,
men se nu, om du har
haft for travlt?*





At modstanden (**R**) i ovnen *ikke* ændrer sig, fordi den får en anden spænding (**U**). Derfor er det **R**, som du skal bruge, når du regner. De andre værdier, **U** og **I**, ændrer sig, det har du opdaget.

Data på ovnen **500 W / 230V**.



Vi finder modstanden **R** for ovnen

$$\mathbf{U = I \times R \text{ bytter rundt} = R = U / (P / U) = 230 / (500 / 230) = 105,8 \Omega}$$

Hov, hvad var det? Det tager vi lige langsomt igen. Ikke så meget hokuspokus.

Vi ved jo, at **U = I x R** – gode gamle Ohms grundformel.

Vi bytter rundt, da det er **R**, vi skal finde. Så står der **U/I = R**, men vi opdager, at vi ikke har **I**.

Hvad gør vi så?

Er der en måde, vi kan finde **I**, med de oplysninger vi har?

JEP, det har vi: **P = U x I**

Vi har **P = 500W** og **U = 230 V** (fra mærkepladen på ovnen).

$$\text{Vi bytter rundt i formlen } \mathbf{P = U \times I = P/U = I = 500 / 230 = 2,17 \text{ A}}$$

Det er disse tal, som bare er sat ind her i stedet for **I**

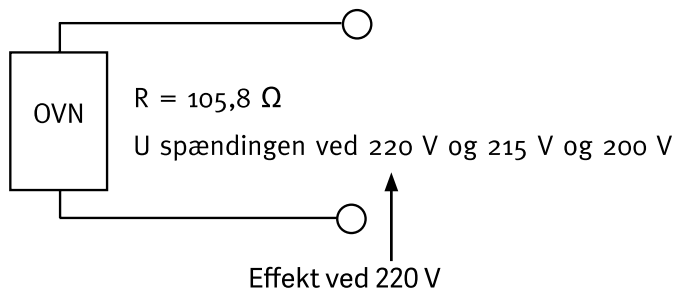
12-tallet for denne del af opgaven får du på næste side... Har du luret den?

$$P = U^2 / R \text{ vi bytter rundt } U^2 / P = R = 230^2 / 500 = 105,8 \text{ ohm}$$

Læg nu mærke til at U^2 divideres med R og når U^2 så skal over på den anden side af = så skiftes der fortegn, og den skal derfor op over brøkstregen.

Åh du
dejlige
matematik!!!

Så er vi ved at være der, så vi kan komme videre.



$$I = U / R = 220 / 105,8 = 2,08 \text{ A}$$

$$P = U \times I = 220 \times 2,08 = 457,6 \text{ W}$$

(mærkepladen sagde **500W** ved **230V**)

Facit for de andre spændinger.
(brugte du 12-tallet? $P = U^2 / R$. Prøv det, det giver lidt forskellige resultater, som skyldes afrundinger).

$$\text{Effekten ved } 210 \text{ V} = 415,8 \text{ W og ved } 200 \text{ V} = 378,07 \text{ W og ved } 100 \text{ V} = 94,52 \text{ W}$$

KOM IKKE
og sig, at
spændingen
IKKE betyder
noget!

Det skal du huske, især når du skal til at dimensionere ledninger og kabler. Det er derfor, at der findes regler/værdier i SBEI, som skal overholdes.

Vi og fru Hansen kan jo ikke leve med, at spændingen i den ene ende er for høj, og i den anden ende for lav.

← Lavere spænding H

→ højere spænding

Ved lavere spænding på tingene, for eksempel fru Hansens varmeovn:

■ Mindre effekt (Watt) på fru Hansens varmeovn.

Ved højere spænding:

■ Større effekt (Watt) på fru Hansens varmeovn.

■ Strømmen I stiger også, og det har betydning for vores ledninger/kabler og de sikringer, som skal sidde foran varmeovnen.

Det er el-viden om, hvad det betyder med spændingsfald i en installation, som du skal have med, når du skal til at dimensionere el-installationer. Og det er den viden, du allerede nu er ved at få overblikket over.

At dimensionere el-installationer er en hel el-verden for sig.

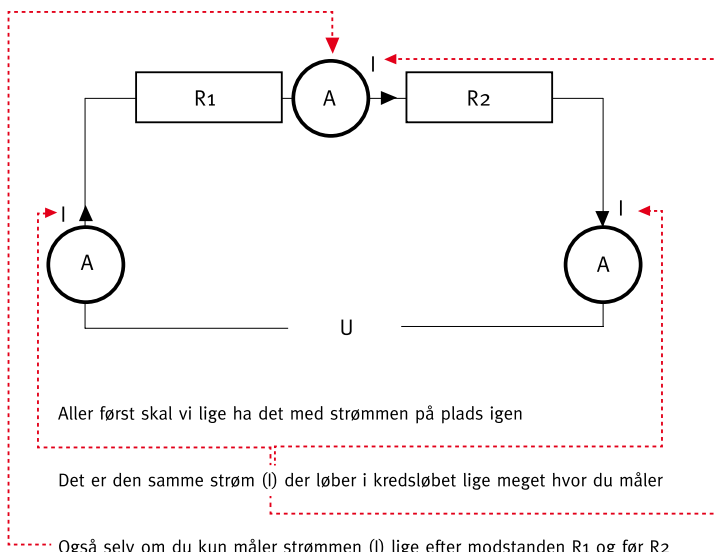
Den del af el-verdenen skal du nok komme til, bare rolig, der er bare lige nogle ting, som du skal igennem og forstå, inden du kommer så langt – blandt andet jævnstrømsteorien.

Vi går derfor rask videre med Jævnstrømsteorien.



Serieforbindelser

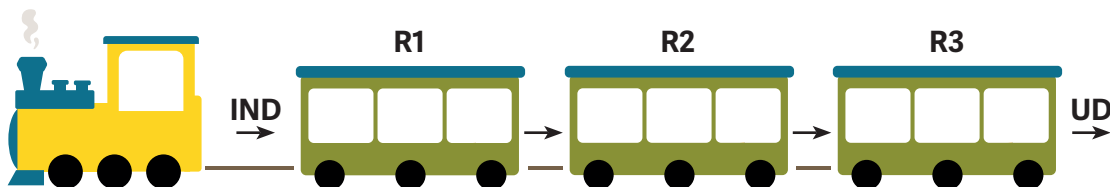
Nu sætter vi flere modstande i serie med hinanden.



Vi skynder os stadig langsomt, så vi er med hele vejen.

En lille husker !

En serieforbindelse er som en række togvogne, når vi betragter strømmen /amperene.



10 personer stiger på togvogn R_1 og skal igennem alle togvognene for at komme ud i den anden ende af togvogn R_3 .

Strømmen af mennesker er den samme i togvognene R_1 , R_2 , R_3 .

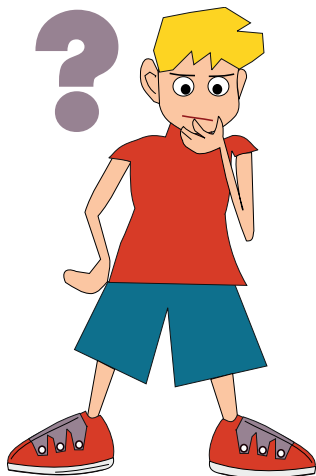
Det samme gør sig gældende med den elektriske strøm - amperene, den er ens igennem alle modstandene i en serieforbindelse: **HUSK DET NU!**

HUSK

Strømmen er FÆLLES
i en SERIEFORBINDELSE



Vi sætter værdier ind i kredsløbet og begynder at regne og forstå (forhåbentlig) tingene ved serieforbindelser.

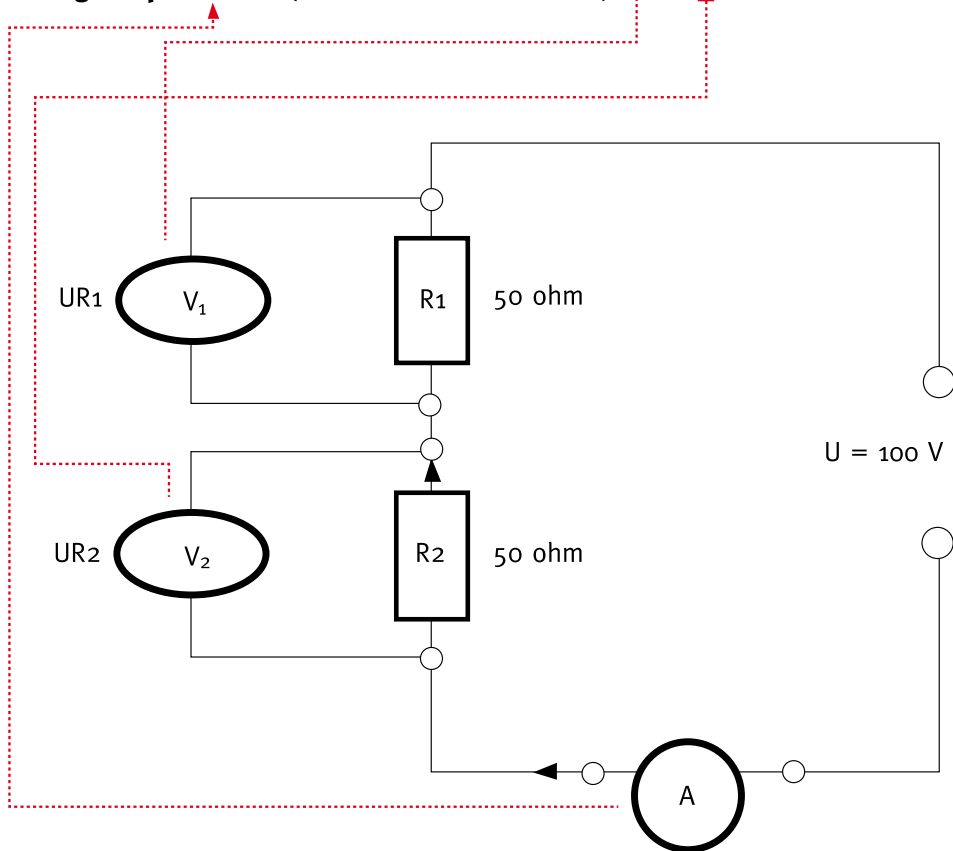


Opgave

Du får at vide, at R_1 er på 50 ohm, og R_2 på 50 Ω , og spændingen på kredsløbet er 100 V.

- Den samlede modstand = den resulterende modstand **R_S** for kredsen.
- Du skal finde/udregne strømmen (**I**) i kredsløbet.
- Finde/udregne spændingen over **R_1** og **R_2** .
- Effekten, der er afsat i henholdsvis **R_1** og **R_2** , og den samlede effekt.

Vi ser bort fra en indre modstand i voltmetrene V_1 og V_2
Og i amperemetret (se afsnit måleinstrumenter)



Husk lav altid en tegning og sæt værdierne ind

Du har forhåbentlig lagt mærke til, at voltmetrene er sat over de enkelte modstande **R1** og **R2** – det man kalder parallelt over. Og amperemetret er sat i serie med modstandene **R1** og **R2**.

Vi går i gang med at regne:

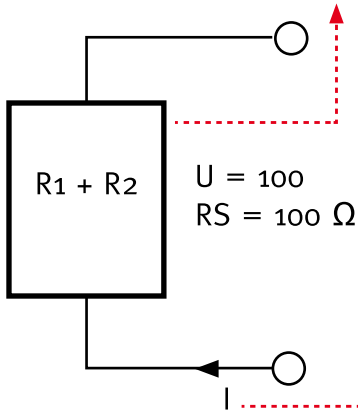
- a) Den samlede modstand R_S for kredsen:
 $R_S = R_1 + R_2 = 50 + 50 = 100 \text{ ohm}$

I en ren serieforbindelse kan man uden videre lægge modstandene sammen.

Tag nu lige
og læs bare lidt
om de dér
måleinstrumenter.

b) Vi laver lige en ny tegning. Særligt her i starten er det smart at lave en tegning over, hvordan kredsløbet ser ud nu.

I spørgsmål a) fik vi at vide, at i en ren serieforbindelse kunne vi uden videre lægge modstandene sammen, så det gør vi.



$$U = I \times R$$

vi flytter I over på den anden side af =

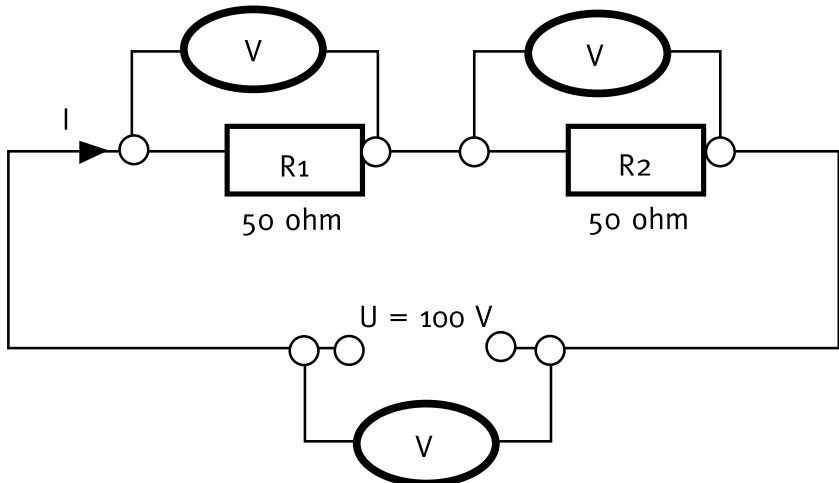
$$U / R_S = I$$

$$100 / 100 = \underline{1 \text{ A}} \text{ (HUSK at strømmen er fælles i en serieforbindelse)}$$



Skynder os stadig langsomt

c) Spændingen over R_1 og R_2 – vi laver igen en ny tegning



Vi ved (det har vi lige regnet ud), at strømmen i kredsløbet er på **1 ampere**.

Og hvad er det, som er fælles i en serieforbindelse? **STRØMMEN, HUSK DET NU!**

Vi har to oplysninger i Ohms lov:

$$U = I \times R$$



Vi har **I** og **R** og kan uden videre finde **U**.

Så lad os komme i gang:

$$UR1 = I \times R1 = 1 \times 50 = \underline{50 \text{ Volt}}$$

(Spændingen over modstanden **R1** er på **50 Volt**).

$$UR2 = I \times R2 = 1 \times 50 = \underline{50 \text{ V}}$$

(Spændingen over **R2** er på **50 Volt**).

Hvor svært kan det være?

Måske ikke særlig svært lige nu, men hvis du ikke skynder dig langsomt og får fat i tingene her fra starten, tænker lidt over det, du regner ud, eller undrer dig måske, så er det næsten garanteret, at du vil få problemer senere.

Vi grubler lidt over tingene, som vi har regnet ud:

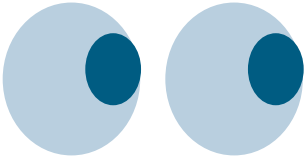
- Spændingen **U** (100 Volt), som er over kredsløbet, "fordeler" sig over modstandene i kredsløbet i en serieforbindelse.
- Spændingen fordeler sig i forhold til modstandenes størrelse i kredsløbet.
- I dette tilfælde er de ens, 50 ohm stykket, med en spænding de deler = 50V til hver.

Prøv selv at lave en opgave med ens modstand med 100 V.

Så er det, vi tænker, hvad hvis modstandene **IKKE** er ens i en serieforbindelse, hvad så med spændingen?

Det tænker vi lige lidt over, mens vi går videre med opgaven. Der er jo lige nogle effekter, vi skal have regnet ud.

d) Effekten, der er afsat i henholdsvis **R1** og **R2**, og den samlede effekt.



Vi hiver lige grundformlen for effekt frem. Kan du huske den?

$$P = U \times I$$

Vi har 2 oplysninger, som vi skal have for at komme videre **U** og **I**, så ingen problemer her.

Vi sætter værdier ind i formelen, vi regner effekten i:

$$\mathbf{R1} \quad \mathbf{P = U1 \times I = 50 \times 1 = 50 \text{ Watt}}$$

$$\text{Og i: } \mathbf{R2} \quad \mathbf{P = U2 \times I = 50 \times 1 = 50 \text{ W}}$$

Den samlede effekt for kredsløbet:

$$\mathbf{P = P1 + P2 = 50 + 50 = 100 \text{ W}}$$

Ikke så meget at gruble over her, for selvfølgelig kan vi bare lægge effekterne **P1** og **P2** sammen.

Som du måske har bemærket, så er der sat benævnelser på alle modstande, når der regnes **P1** og **R2** og **U1** mv. Det er for, at du kan følge med på hvilken modstand, der regnes på, og de værdier, som fremkommer.

Det er en god idé at have orden på sine udregninger. Det ville jo være lidt dumt at regne den samme ting ud 2 gange. Og ikke mindst miste overblikket over, hvad har jeg fundet, og hvad mangler jeg. For slet ikke at komme til at sætte de **FORKERTE** værdier ind i formlerne!

HUSK

Med en god orden/
overblik kommer
man længst og
hurtigst.



Igen den med at
skynde sig langsomt

Vi går lidt videre og husker den med:

Hvad mon der sker med spændingen over modstandene, når de **IKKE** er ens?

*Er du ved at koge over,
så tag lige en lille pause,
inden vi går videre.*



Opgave

3 modstande er forbundet i en serie.

Du har følgende oplysninger:

R1 er på 10 ohm

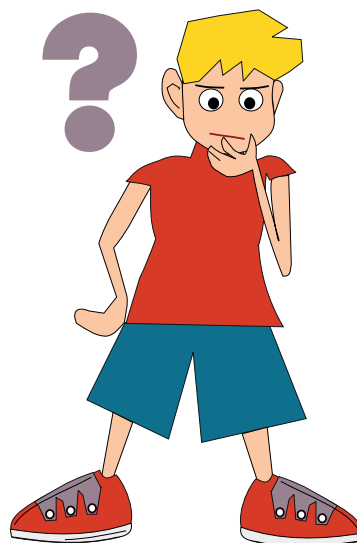
U2 er på 20 V

R3 er på 60 W

Du skal finde / udregne følgende værdier:
(Resterende værdier, som ikke er opgivet for hele kredsløbet)

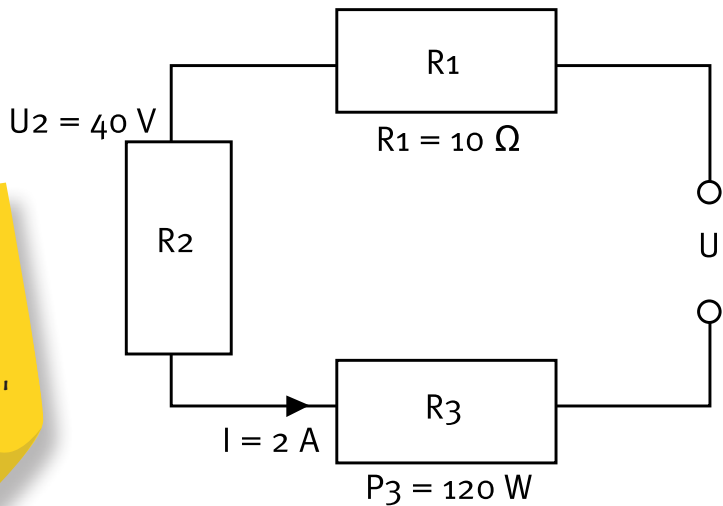
- a) U_1 og P_1
- b) R_2 og P_2
- c) U_3 og R_3
- d) Den samlede modstand R_S for kredsen
- e) Spændingen U som er over hele kredsen
- f) Den samlede effekt for hele kredsen

Vi starter **SOM ALTID** med at lave en tegning og sætter de oplyste værdier ind på tegningen.



Og husk!

Har vi 2 værdier i Ohms lov/effektformel, så kan vi udregne den 3. værdi.



Inden vi går i gang, husker vi lige, hvad der er fælles i en serieforbindelse.

Strømmen, som måles i ampere (**A**), med formeltegnet **I**.

Vi starter med at finde spændingen over modstanden **R1**

a) $U_1 = I \times R_1 = 2 \times 10 = \underline{\underline{20 \text{ V}}}$

Effekten som afsættes i R_1

$$P = U \times I = 20 \times 2 = 40 \text{ W}$$

b) De manglende værdier for **R2**

$$U_2 = I \times R_2 \text{ vi bytter rundt } R_2 = U / I = 40 / 2 = 20 \Omega$$

Effekten som afsættes i R_2

$$P_2 = U_1 \times I = 40 \times 2 = \underline{\underline{80 \text{ W}}}$$

- c) De manglende værdier for R3, som du forhåbentlig kan se, så har vi værdierne 2 stk. der skal til, for at finde U i effektformlen.

Grundformel =

$$P_3 = U_3 \times I = \text{vi bytter rundt } U_3 = P_3 / I = 120 / 2 = \underline{60 \text{ V}}$$

Så finder vi lige modstanden R3

$$U_3 = I \times R \text{ vi bytter rundt } = R = U / I = 60 / 2 = \underline{30 \text{ ohm}}$$

Du kunne også have brugt $P = I^2 \times R$, det prøver du lige.

- d) Den samlede modstand for kredsen. **Husk i en serieforbindelse** kan du bare lægge alle modstandene sammen!

Vi finder den resulterende modstand RS for kredsløbet:

$$R_S = R_1 + R_2 + R_3 = 10 + 20 + 30 = \underline{60 \text{ ohm}}$$

Ren omhsk kunne vi tegne et nyt kredsløb med 1 modstand RS

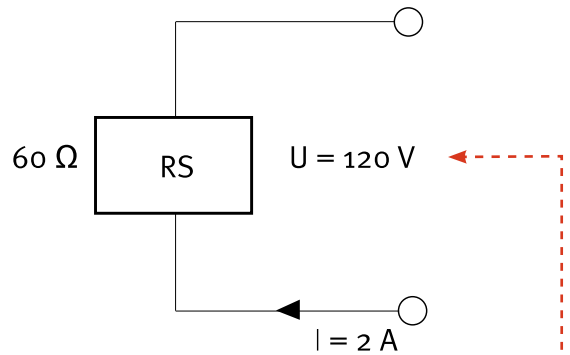
Vi sætter lige resten af værdierne, som vi allerede nu kender, ind.

- e) Spændingen U som er over kredsen.

Vi har jo spændingerne over alle modstandene, og dem tilsammen skulle jo gerne give den samlede spænding over kredsen.

Vi lægger såmænd bare alle spændingerne sammen, og sætter dem ind på tegningen.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 40 + 60 = \underline{120 \text{ V.}}$$



d) Den samlede effekt for hele kredsen:

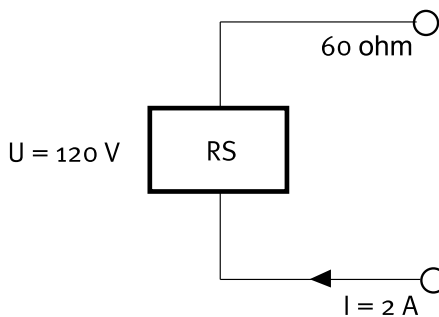
- Du har spændingen **U**
- Og strømmen **I**
- Den resulterende modstand **RS**

Håber, at du kan se, at det er smart at lave en lille tegning med alle de værdier du har, enten udregnet eller fået oplyst, sat ind på tegningen. Hvad der er smart, det gør vi.



Igen den med
at skynde sig
langsomt

Kunne du se,
at det var
smart at lave
en tegning?



Jamen det er jo helt utroligt, vi har jo masser af værdier, vi kan bruge. Nu skal vi jo bare vælge formel.

$$P = U \times I$$

Eller

$$P = I^2 \times R$$

Eller

$$P = U^2 / R$$

Eller

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Vi regner dem allesammen, så kan vi se, om vi har regnet rigtigt (smart, ikke?).

Facit

$$P = U \times I = 120 \times 2 = 240 \text{ W}$$

$$P = I^2 \times R = 4 \times 60 = 240 \text{ W}$$

$$P = U^2 / R = 14400 / 60 = 240 \text{ W}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 40 + 80 + 120 = 240 \text{ W}$$



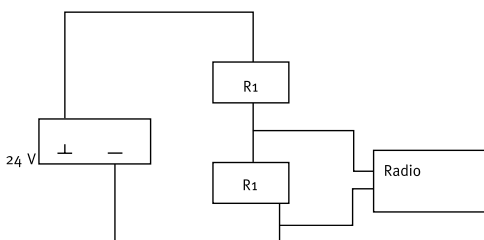
Er det ikke utroligt, vi har regnet rigtigt – der må klappes...

Historie fra det (U)virkelige liv

Du er styrtet ned med en flyver og har overlevet uden skrammer. Du har fundet en radio, som du kan kalde tilkalde hjælp, SOS, og hvad det ellers hedder, ud i æteren, så forhåbentlig nogle hører det og sender hjælp. Radioen er død, batteriet på 12 V er færdigt, hvad så? Gode dyr er rådne.

Du har fundet et batteri på 24 V, som er fuldt opladt. Du går i gang med at TÆNKE. Sætter du 24 V på en radio, som er beregnet til 12 V, går det galt – det ved du. HVAD SÅ? Du kan din jævnstrømsteori (Spændingen fordeler sig i forhold modstandenes størrelse).

Du finder 2 ens modstande (Der er masser af elektronik og ledninger i en flyver). Sætter dem i serie (Husk at modstandene skal kunne bære effekten som radioen bruger).



$R_1 = R_2$ spændingen 24 V fordeler sig ligeligt over hver modstand, 12 V på hver.

Du har lavet det, som man kalder en spændingsdeler.

Hallo derude,
kan I høre mig?

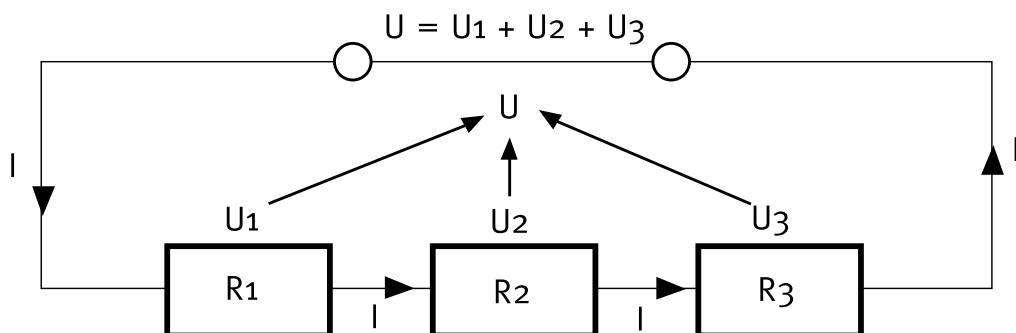
Hvad skal du huske?

- Selvfølgelig grundformlerne $U = I \times R$ og $P = U \times I$
- Når du har to værdier i formlerne, kan du altid finde den sidste.
- I en serieforbindelse kan du uden videre lægge alle modstandene sammen, når du har regnet dem ud.
- Du kan uden videre lægge alle effekterne sammen, når du har regnet dem ud.

OG DET VIGTIGSTE!

Strømmen er fælles i en serieforbindelse.

Den samlede spænding (volt) over serieforbindelsen er lig med summen af spændinger over de enkelte modstande.

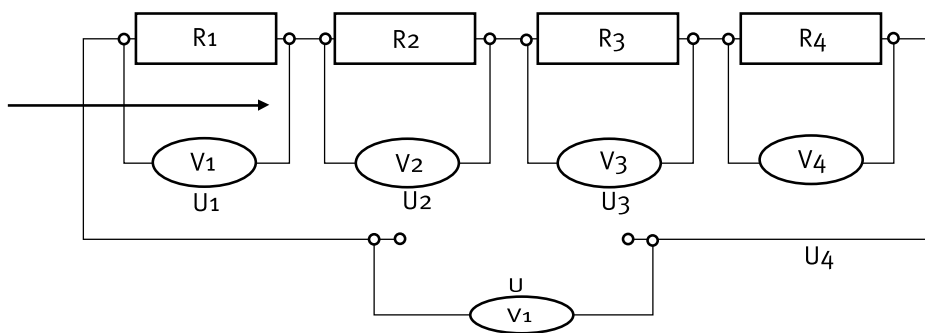


Ret smart, ikke?

Men det er der allerede én, der har fundet ud af før os – nemlig gode, gamle Kirchoff. Igen en af de gamle drenge, som havde luret den.

Kirchoffs 2 lov (den første kommer du til ved parallelforbindelser = næste side):

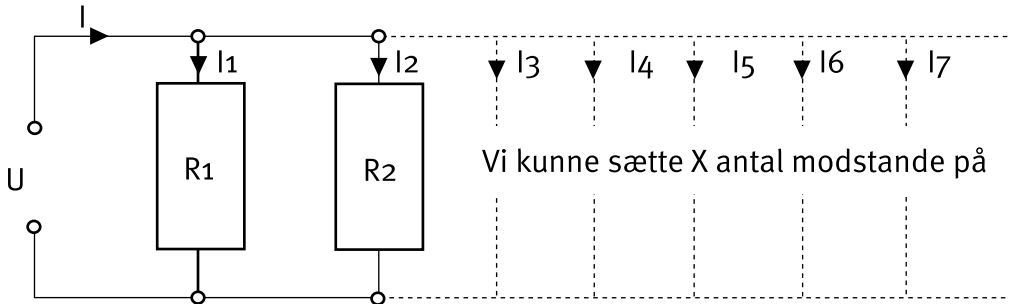
Spændingen (spændingsfaldet) over de enkelte modstande er lig spændingen over kredsløbet



$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4$$

Parallele forbindelser

Så går vi over til Parallelforbindelser af ohmske modstande.



Vi starter med en husker.

Spændingen U er den samme i en ren parallel-forbindelse. Måles i volt med formeltegnet U .

Eller sagt på en anden måde: Hvis alle spændingerne er ens over alle modstandene i et kredsløb, er det en parallel-forbindelse.

Hvad var det nu, der var fælles i en serieforbindelse?

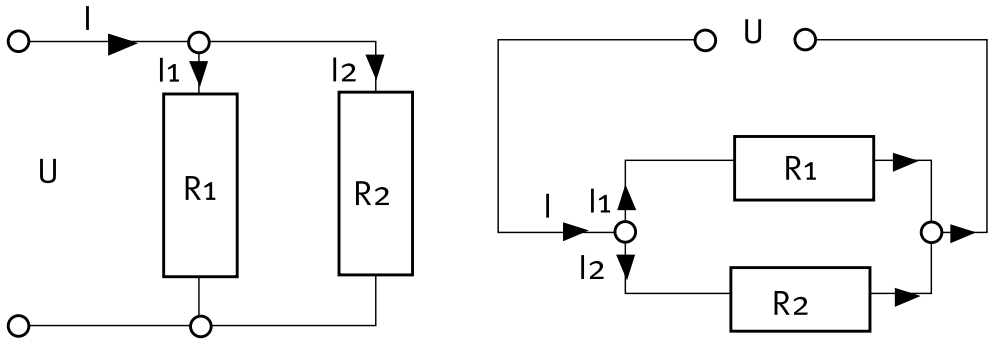
Strømmen, som måles i Ampere (A), med formeltegnet I .

Den skal du huske, ellers dribler du lige tilbage til serieforbindelser (der er måske en, der har haft for travlt?).

Kig på tegningen over en parallel-forbindelse af 2 modstande.

Læg mærke til at strømmen I deler sig i I_1 og I_2 , og at U (spændingen) er den samme over modstandene R_1 og R_2 .

Spændingen over modstandene i en parallel-forbindelse er den samme
HUSK det!



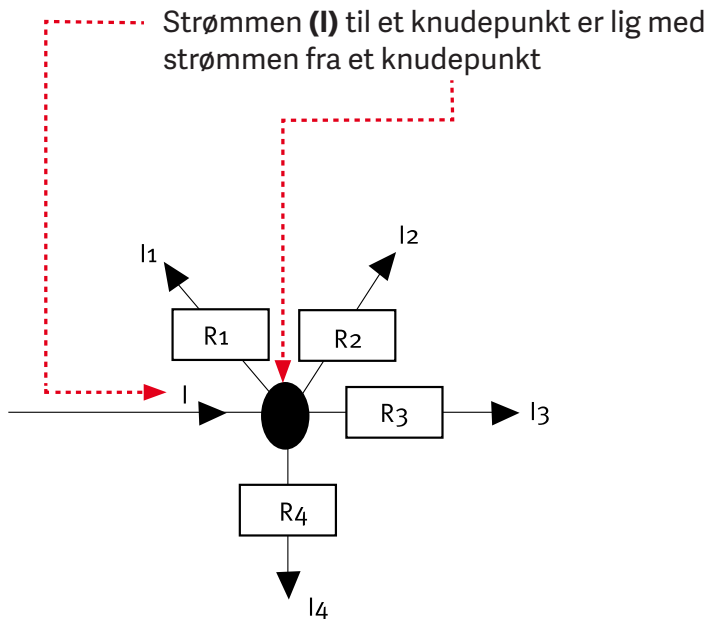
2 ens tegninger, men på denne tegning kan du måske bedre se, at strømmen (I) deler sig.

Vi tager en god gammel lov frem, nemlig

Kirchoffs 1 lov

Og hvem var denne Kirchoff? (Det kan du finde på nettet).

Og hvad sagde han af kloge ord, eller rettere sagt fandt ud af, denne Kirchoff?



Det skal man vel ikke have den store harddisk for at finde ud af? Men tænk lige over Ohm, Ampere, Kirchoff, og Ørsted mv. De kunne ikke bare gå ned i en forretning og købe to meter ledning og nogle modstande til deres forsøg og måleinstrumenter – dem byggede man selv. Så man kan vel godt sige, at de gutter havde en stor harddisk for at finde ud af det der mystiske omkring elektricitet.

Det vil altså sige, at $I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$ og derud af, hvis der var flere modstande koblet på knudepunktet.

Hvordan forbindelserne så ser ud efter knudepunktet, er ligegyldigt!

**Det vigtige er at forstå Kirchoffs 1 lov.
Strømmen til et knudepunkt er...**

Vi tager en lille opgave og forsøger at blive klog af den:

Opgaven

Tre ohmske modstande er forbundet parallelt:

R1 er på 10 ohm

R2 er på 20 ohm

R3 er på 40 ohm

U2 er på **40 V** (spændingen over **R2**).

Beregn

- a) **I1**
- b) **P1** effekten Watt som afsættes i R1.
- c) **I2**
- d) **P2** -----//----- i R2.
- e) **I3**
- f) **P3** -----//----- i R3.
- g) **I** den samlede strøm for kredsen.
- h) **R`** den samlede modstand for kredsen.
(R mærke den lille dims ` ved serieforbindelser kaldte vi den RS = resulterende modstand her i parallel-forbindelser R` mærke).
- i) **P** den samlede effekt for kredsløbet.
- j) Indsæt et amperemetre **(A)** på en tegning over kredsløbet der måler **I** og **I3** og et voltmeter **(V)** der måler **U1**.



Vi laver en tegning.
Vi ved fra serieforbindelser,
at det er smart med en tegning.

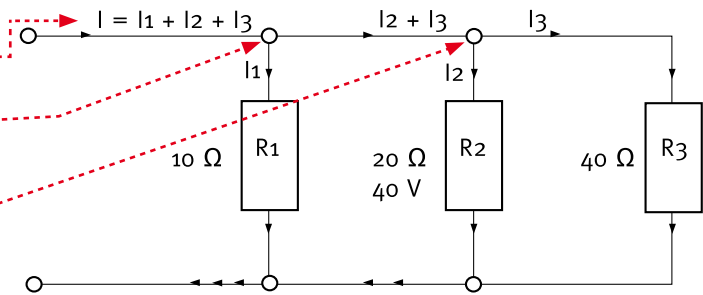
Og hvad der er
smart, det gør vi.

Vi indsætter de værdier, der er oplyst i opgaven:

Som du kan se, består strømmen I af $I_1 + I_2 + I_3$ indtil første knudepunkt.

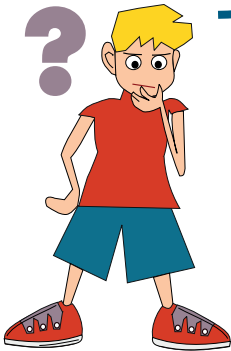
Derefter dropper I_1 ned i R_1 , og I_2 og I_3 fortsætter til næste knudepunkt.

Hvor I_2 dropper ned i R_2 og I_3 forsætter igennem R_3 .



Vi går i gang med at regne og forhåbentlig tænke lidt over dét, vi regner på!

Sikke en idiot, der har lavet denne opgave, den kan jo ikke regnes!



- a) Vi prøver at finde/udregne I_1 , kigger lidt på vores tegning og husker, at vi skal have to oplysninger for at finde den sidste. HVAD er det? Jeg har jo kun en oplysning om R_1 ?

Hvad er fælles i en parallel-forbindelse, kan du huske det?

Spændingen = Volt = U

Vi ser igen på vores tegning (Kan du se, det er smart med en tegning?).

Minsandten når spændingen er fælles, og der en spænding på 40 V over R_2 , så må der jo også være en spænding over R_1 på 40 V og 40 V over R_3 og 40 V på kredsløbet.

Vi regner, hiver gode gamle Ohms lov frem: $U = I \times R$ og bytter rundt (Det kan vi nu i søvne?).

$$I_1 = U / R_1 = 40 / 10 = \underline{4\text{ A}}$$

- b) Effekten som afsættes i **R1**
Hiver den gode gamle effektformel frem:
(Det kan vi nu i søvne?)

$$P1 = U1 \times I1 = 40 \times 4 = \underline{\underline{160 \text{ W}}}$$

eller

$$P1 = I2 \times R1 = 42 \times 10 = \underline{\underline{160 \text{ W}}}$$

eller

$$P1 = U2 / R1 = 402/10 = \underline{\underline{160 \text{ W}}}$$

Hold da helt k....
hvor er vi gode.

Du regner de næste ud selv: c) d) e) f)

Facit får du her:

c) $I2 = \underline{\underline{2 \text{ A}}}$

d) $P2 = \underline{\underline{80 \text{ W}}}$

e) $I3 = \underline{\underline{1 \text{ A}}}$

f) $P3 = \underline{\underline{40 \text{ W}}}$

Vi går videre med:

- g) I den samlede strøm for kredsen

Der løber en strøm i hver modstand, eller rettere sagt, hver modstand trækker en strøm, som er afhængig af størrelsen af modstanden, og den spænding er over den.

I en parallel-forbindelse kan man uden videre lægge strømmene sammen, så det gør vi.

$$I = I1 + I2 + I3 = 4 + 2 + 1 = \underline{\underline{7 \text{ A}}}$$

Nu skal du
spidse ørerne!



h) $R^`$ den samlede modstand for kredsen

Du kan IKKE, som i serieforbindelser, lægge modstandene sammen i en parallel-forbindelse.

HUSK DET NU!

Hvad gør vi så?

Har du spidset ørene, er du klar
(Eller skal du lige ha en pause?)

Vi hiver lige en formel frem:

Reciprokformlen

(Hvem der har udtænkt den? Vedkommende hedder nok ikke Reciprok).

Den siger:

$$1/R^` = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + 1/R4 + 1/R5 + ...$$

og derud af hvis vi har flere modstande i en parallel-forbindelse.

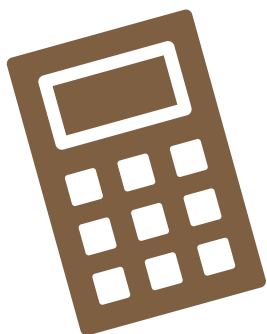
Inden vi går videre så, tjekker du lige din regnemaskine, der er som regel en knap:



Den kan du bruge til at regne reciprokverdier ud.

HUSK også at trykke på knappen, når du skal have det endelige resultat ud, ellers får du en reciprokverdi som facit, som du ikke kan bruge.

Men det er jo ikke andet, end at du skal dividere dit tal (størrelsen på modstanden) op i 1.



Hvis du ikke har knappen på din lommeregner, så må du bruge slavemetoden $1/X =$ med dine værdier, HUSK nu at dividere resultatet med 1.

Vi regner:

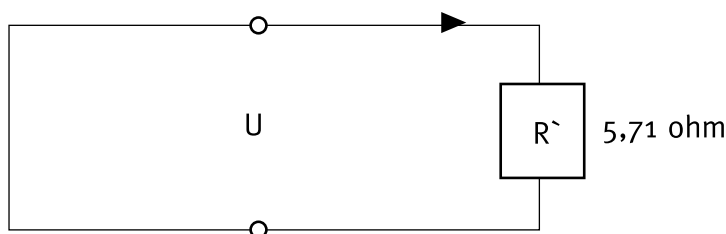
$$1/R' = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 = 1/10 + 1/20 + 1/40 = 0,175 \text{ trykker på } \left(\frac{1}{X}\right) = 5,71 \Omega$$

Eller den smarte måde, når vi har de oplysninger, der skal til, og overblikket.

$$U = I \times R \quad R' = U / I = 40 / 7 = 5,71 \Omega$$

Den samlede modstand i kredsen er på 5,71 Ω

Det vil sige, at alle modstandene lagt sammen (Reciprokt) til en modstand, vi kunne tegne en tegning.



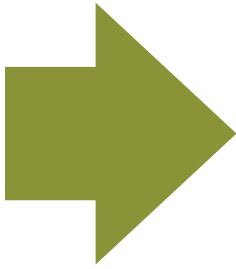
Og så kommer der en lille HUSKER igen!

HVIS du har regnet den samlede modstand R' ud til en værdi, der er STØRRE end den mindste værdi i et parallelt kredsløb SÅ HAR DU REGNET FORKERT!

Den samlede ohmske værdi R' i et parallelt kredsløb Skal ALTID være mindre end den mindste ohmske værdi i det parallelle kredsløb.

Hvis vi havde fået en værdi R' på over 10 Ω i vores udregning, som jo er den mindste ohmske værdi i opgaven, så havde det været forkert regnet.

Det er da smart, ikke? Sådant at kunne kontrollere sine udregninger.



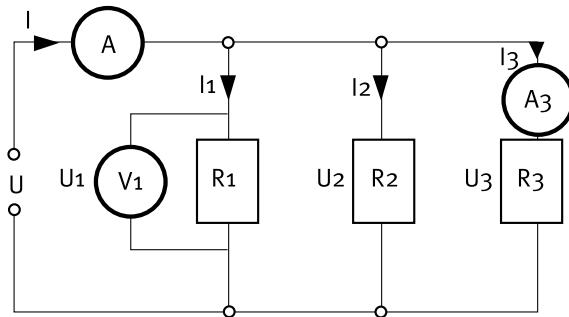
Vi går videre med opgaven:

- i) P den samlede effekt for kredsløbet $P = U \times I = 40 \times 7 = \underline{\underline{280 \text{ W}}}$

Vi kunne også have lagt alle effekterne sammen:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 160 + 80 + 40 = \underline{\underline{280 \text{ W}}}$$

- i) Indsæt et amperemetre $\text{\textcircled{A}}$ på en tegning over kredsløbet, der måler I og I_3 , og et voltmeter $\text{\textcircled{V}}$ der måler U_1



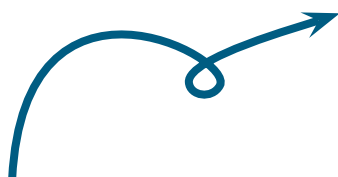
Voltmetre

skal ALTID sidde parallelt over det, du måler.

Amperemetre

skal ALTID sidde i serie med det, du måler.

Det var så det, **parallel-forbindelser** og **serieforbindelser**.



Håber, at du har skyndt dig langsomt

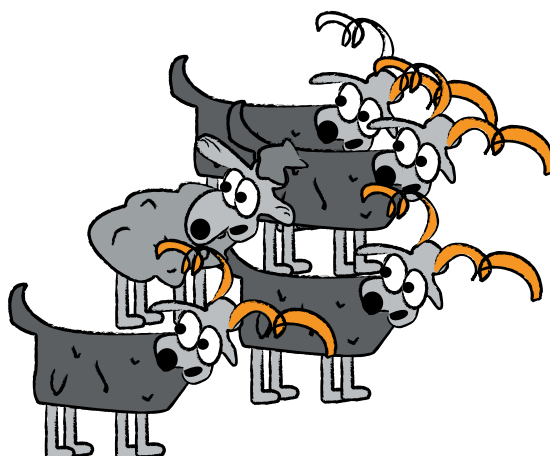
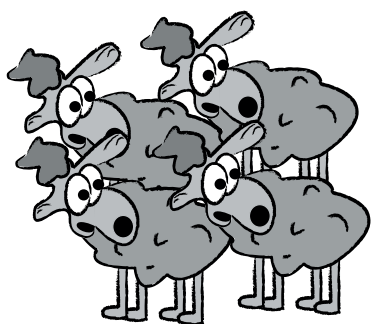


og fået fat i tingene, da det er hamrende vigtigt, at du har ordentlig fat i serie- og parallel-forbindelser, inden du går videre til:

Blandede forbindelser

hvor vi mixer serie- og parallel-forbindelserne sammen!

Det skal ikke være nogen hemmelighed, at det er her i blandede forbindelser, at fårene bliver skilt fra bukkene. Der er kun én du snyder, og DET ER DIG SELV, hvis du ikke har fat i tingene.



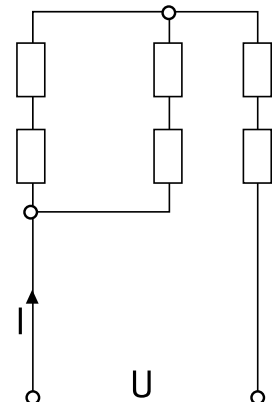
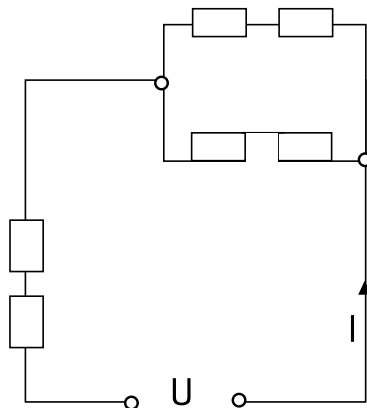
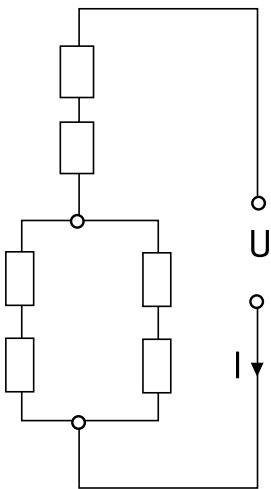
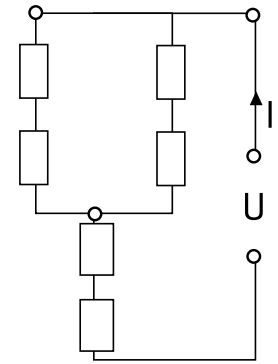
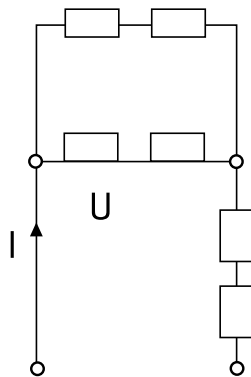
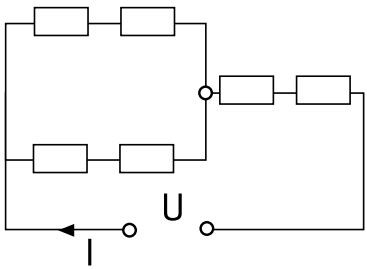
Så hellere lige tage en tur mere på de foregående sider, til den er der!

Blandede forbindelser

Som det er skrevet på den anden side, så skal du virkelig have fat i serie- og parallel-forbindelserne. Det er hér, du kan måle dig selv, om du har fat i eller ikke fat i serie- og parallel-forbindelser.

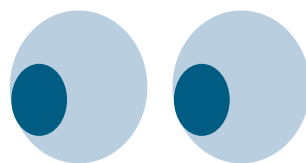
I blandede forbindelser kan man lave utallige kombinationer, den ene mere forvirrende end den anden. Modsat serie- og parallel-forbindelser, det er jo bare modstande, der sidder i serie eller parallelt.

Vi tager 6 modstande og blander dem lidt rundt:



Du kigger lige lidt på disse 6 tegninger over 6 modstande i en blandet forbindelse og vælger en ud, som vi så regner lidt på.

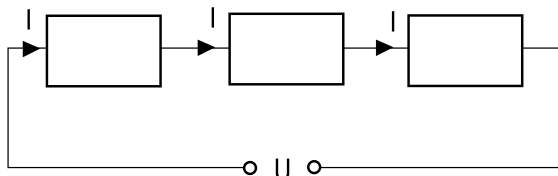
Håber, at du har luret, at selvom tegningerne måske ser forskellige ud, så er de dét, man kalder elektrisk ens.



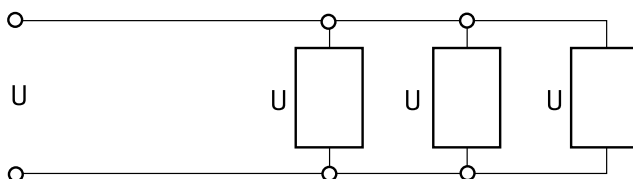
Kig lige efter en gang til og tjek, om det nu er rigtigt.

Det er NU, du skal være 100% klar over og forstå forskellen mellem serie- og parallel-forbindelser.

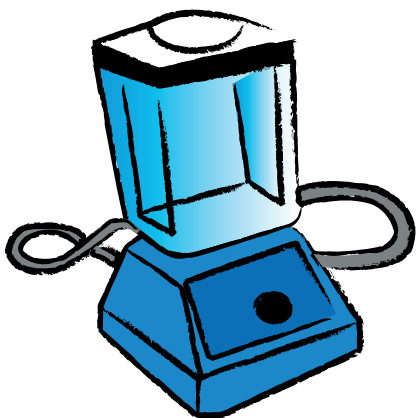
Strømmen (I) er fælles i en serieforbindelse



Spændingen (U) er fælles i en parallelforbindelse



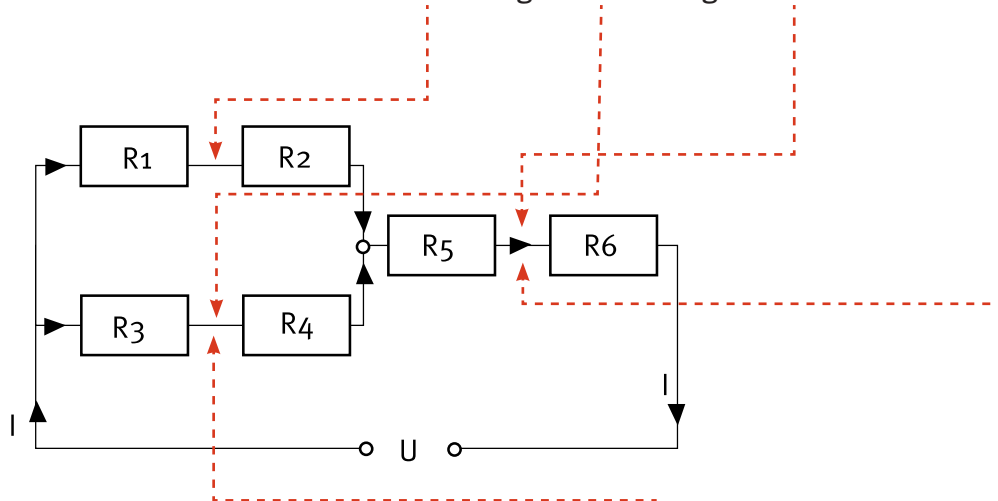
*Er du klar,
eller skal du lige
have en lille pause,
inden vi blander
tingene sammen?*



Vi hiver lige en af de 6 tegninger frem over 6 modstande i en blandet forbindelse.

Lad os se, hvad "dyret" består af, dét som hedder at overskue opgaven.

Modstande, som sidder i serie med hinanden **R1 med R2** og **R3 med R4** og **R5 med R6**



R1 og **R2** sidder i serie med hinanden, men parallelt over **R3** og **R4**, som ligeledes sidder i serie med hinanden og **parallelt** over **R1** og **R2**. Altså isoleret set en parallel-forbindelse. **R5** og **R6** sidder så i **serie** med disse 4 modstande.

Længere er den ikke!

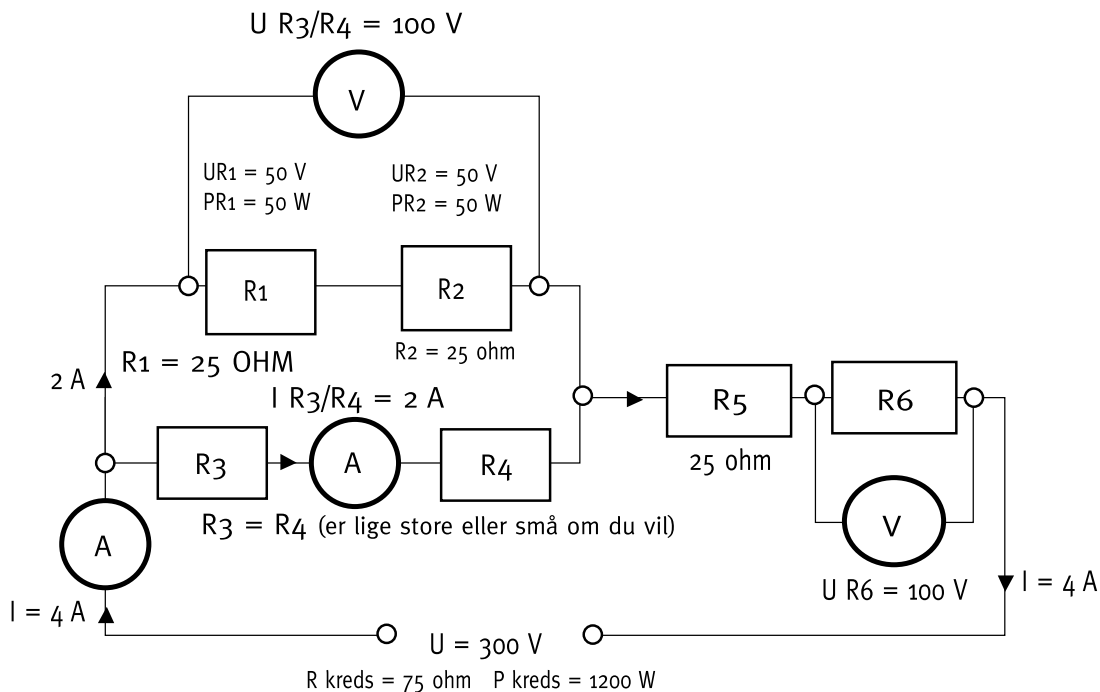
Vi går i gang med at regne alle de værdier, som ikke er oplyst.

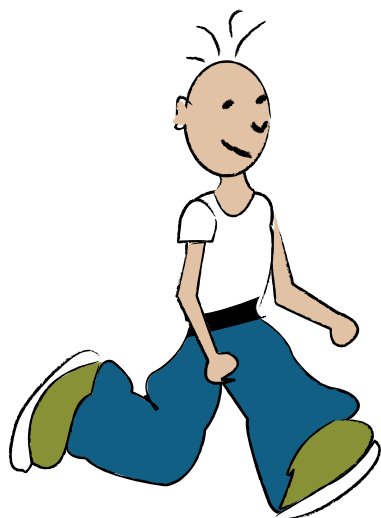
I de allerfleste tilfælde vil du, når du får en opgave i blandede forbindelser, få en tegning over forbindelsen. Måske vil værdierne, som er oplyst, ikke være sat ind på tegningen, men skrevet som tekst.

Derfor er det smart, hvis du sætter de oplyste værdier ind på tegningen, og ikke mindst er det smart, hvis du sætter de værdier ind, som du regner ud, hver gang du får en ny udregning/facit. Du vil opdage, at det skaber et bedre overblik.

De værdier, som vi regner ud, eller som er en selvfølge ud fra de oplyste værdier, er sat ind med rød farve.

Det vil sige, at fra starten er det KUN de værdier, som er sorte, der er oplyst!





ER DU KLAR?



Og vi skynder os stadig langsomt, så vi får forståelsen med.

NU tager vi det helt stille og roligt, vi ved at vi kan:

- Vores serie- og parallel-forbindelser.
- Ohms lov og effektformlen forfra og bagfra.
- ... og ikke mindst, vi kan tænke logisk.

Nogle af værdierne giver sig selv. Håber, at du er så øvet i serie- og parallel-forbindelser, så du kan se det, og allerede nu er ved at få et overblik over opgaven?

Opgaven lød på at regne ALLE de manglende værdier ud, så det gør vi, og sætter de udregnede værdier ind på tegningen.

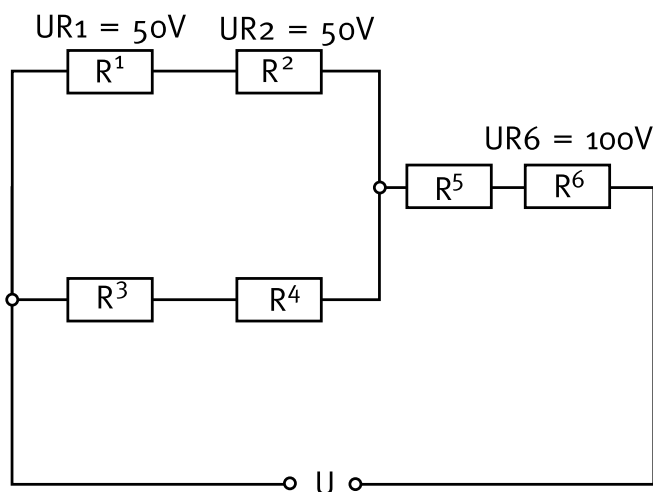
HUSK at vi IKKE regner med de indre modstande i hverken vultmetre (V) eller amperemetrene (A).

Vi kan jo bare ved at kigge på tegningen gå i gang, så det gør vi.

I er jo på **4A**

Så vi går i gang med at regne:

Hvordan finder vi **U**?



Øv, vi mangler spændingen over **Rs**, så havde den været hjemme. MEN. Vi har modstanden **Rs = 25 ohm**.

Vi har da også en strøm, de **4A**, som løber i kredsløbet, må alt andet lige "løbe" igennem **Rs**.

Hvad har vi så?

To oplysninger i Ohms lov.

Vi har **I** og **R**, så kan vi finde **U**.

$$U_5 = I \times R_5 = 4 \times 25 = 100V$$

Så er det jo bare at lægge spændingerne sammen.

$$U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} + U_{R4} + U_{R5} + U_{R6} = 50 + 50 + 100 + 100 = 300V$$

Denne måde, at starte med at løse opgaven, er jo én måde af mange, som kan bruges til at starte = finde resultaterne.

Som du kan se, så har vi taget en del af kredsløbet ud for bedre at kunne overskue tingene.

Den samlede modstand for kredsen

$$R_{\text{Kreds}} = U / I = 300 / 4 = 75 \Omega$$

Den samlede effekt

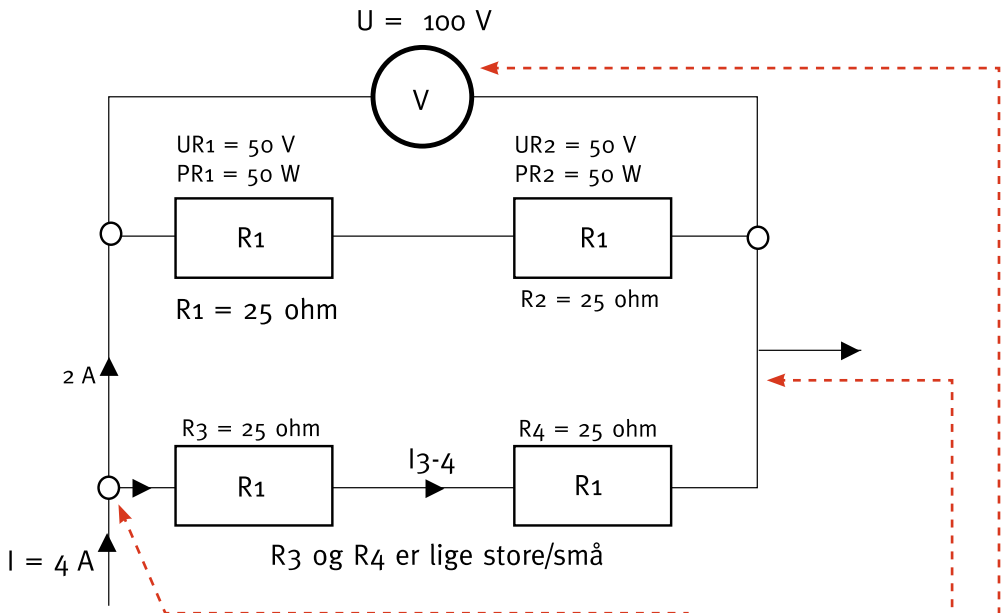
$$P_{\text{Kreds}} = U \times I = 300 \times 4 = 1200 W$$

Vi kigger på parallel-forbindelsen (vi kunne i dette tilfælde også være startet med serieforbindelsen af de to modstande **R5** og **R6**, det kan du jo gøre, resultaterne/facit kommer jo her).

Den har vi nemlig luret, spændingen er fælles i en parallel-forbindelse.



HUSK!
Tænk logisk.
Tænk elektrisk.
Så kommer du langt.



Vi starter! og HUSKER!

Strømmen til et knudepunkt er lig strømmen fra et knudepunkt. (Gode gamle Kirchoff)

Der kommer altså 4 baner, undskyld **4 Ampere**, til knudepunktet.

De to baner **2 Ampere** fiser ind i modstandene **R3** og **R4**. (Strømmen er jo fælles i en? Og de to modstande **R3** og **R4** sidder jo i ? med hinanden)

Hvor bliver de sidste 2 baner / **2 Ampere** af?

De fiser ind modstandene **R1** og **R2**

$$I_{R1/R2} = I - I_{R3/R4} = 4 - 2 = \underline{\underline{2 \text{ A}}}$$

Hvad har vi så? Såmænd 2 x 2 modstande, der sidder **parallelt** over hinanden.

De har begge **100 V** over sig. (Spændingen er jo fælles i en?)

Nu har vi jo strømmene i vores lille parallelle kredsløb og spændingen over kredsløbet.

$$UR1 = I R1/R2 \times R1 = 2 \times 25 = 50 \text{ V}$$

$$PR1 = UR1 \times I R1/R2 = 50 \times 2 = 100 \text{ W}$$

Som du forhåbentlig har lagt mærke til, så er værdierne hele tiden mærket med, hvor de hører hjemme.

Eksempelvis **PR1** så ved du og alle andre, at det er effekten, som **R1** afsætter, du har regnet ud. **UR1** viser, at det er spændingen over **R1**

Du har jo også selv meget lettere ved at overskue opgaverne, hvor langt du er kommet mv. Og ikke mindst, når du selv engang skal se, hvordan f..... regnede jeg det ud.

Det er jo ikke helt umuligt, at du til svendeprøven bliver udsat for en opgave i jævnstrømsteori. UPS, det havde du måske ikke tænkt på?

Vi ved nu, at der over **R1** er en spænding (spændingsfald) på **50 V**.

Hvad er der så over **R2** ren hovedregning, men vi regner alligevel (skynd dig langsomt).

$$U2 = U - U1 = 100 - 50 = \underline{\underline{50 \text{ V}}}$$

Og vi ved jo fra vores serieforbindelser, at når **U** er ens over to (eller flere) modstande, så har modstandene ens værdier.

$$R2 = U2 / I R1/R2 = 50 / 2 = \underline{\underline{25 \text{ ohm}}}$$

(det var søreme rigtig!)

$$PR2 = UR2 \times I R1/R2 = 50 \times 2 = \underline{\underline{100 \text{ W}}}$$

(effekterne er søreme også ens, hvorfor det?)



Det betaler sig altid at have en god orden!

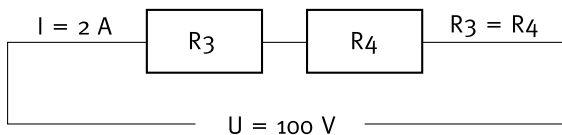
(det er også derfor, at vi sætter alle de udregnede værdier ind på tegningen)

Tænke tænke
tænke...

Så går vi videre med R3 og R4.

Spørgsmålet til 12-tallet, har du luret den?

Værdierne er jo fuldstændig de samme som for R1 og R2



Vi regner

Den samlede modstand for kredsen $R_{4/5} = U \times I R_3$

$R_4 = 100 \times 2 = 50 \text{ ohm}$.

Oplyst at R3 og R4 er lige store = $50 / 2 = \underline{\underline{25 \Omega \text{ pr. stk.}}}$

$P_{R3 R4} = U \times I R_2 / R_3 = 100 \times 2 = 200 \text{ W}$

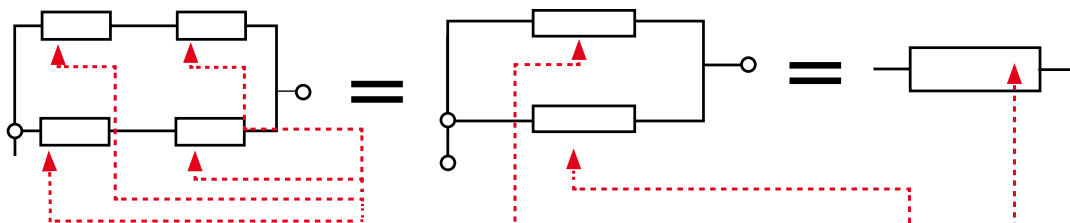
ens størrelse i modstand, ens størrelse Watt

$200 / 2 = 100 \text{ W}$ $P_{R3} = 100 \text{ W}$ $P_{R4} = 100 \text{ W}$.

Prøv lige selv at tjekke $P_{R3} = U \times I R_3 R_4$

$P_{R4} = U \times I R_3 / R_4$

Nu reducerer vi de 4 modstande, som er forbundet parallelt til en modstand.

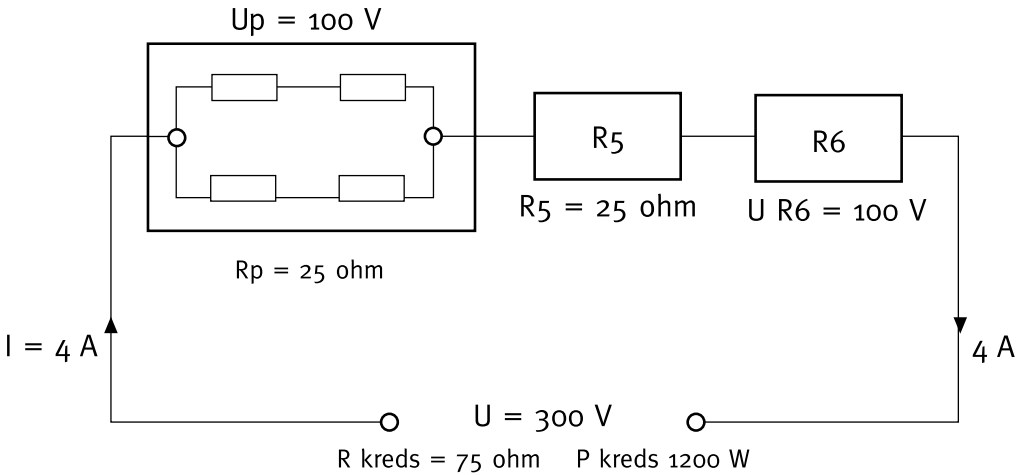


Vi har jo regnet ud at de to modstande i serie som sidder parallelt over to andre modstande i serie er på 25Ω stykket

$$\begin{aligned} R_1 + R_2 &= 50 \Omega \\ R_3 + R_4 &= 50 \text{ ohm} \\ R' &= 1 / R_1 + R_2 + 1 / R_3 + R_4 \\ &= 1 / 50 + 1 / 50 = \underline{\underline{25 \text{ ohm}}} \end{aligned}$$

Hele kredsløbet ser nu sådan ud

Der indsættes værdier både de oplyste og dem som vi har regnet ud.



Tja hvad er der at sige, 3 modstande i serie, hvad er problemet?
(håber ikke at der er nogen!)

Lad os tage spændingen (spændingsfaldet) over **R5**

$$U_5 = I \times R_5 = 4 \times 25 = \underline{100 \text{ V}} \text{ eller } U_5 = U - U_p - U_6 = 300 - 100 - 100 = \underline{100 \text{ V}}$$

Rkreds selv om vi har regnet den ud da **U = 300V** og **I = 4 A** var opgivet fra start

$$R_{\text{kreds}} = R_p + R_5 + R_6 = 25 + 25 + 25 = \underline{75 \text{ ohm}}$$

Effekterne **P5** og **P6**

$$P_5 = U_5 \times I = 100 \times 4 = \underline{400 \text{ W}} \text{ R5 og R6 er jo lige store } 25 \text{ } \Omega \text{ stykket = samme Watt}$$

$$P_6 = U_6 \times I = 100 \times 4 = \underline{400 \text{ W}}$$

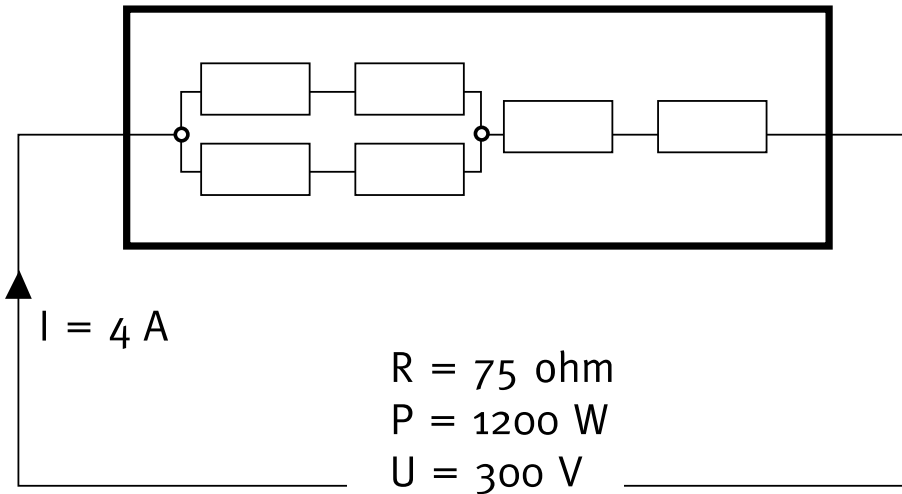
Vi tager lige den samlede effekt som afsættes i kredsen, selvom vi har regnet den ud før. Da spændingen **U** og strømmen **I** jo var opgivet fra start

$$P = U \times I = 300 \times 4 = \underline{1200 \text{ W}}$$

$$P = P_p (4 \text{ stk. a } 50 \text{ W} = 400 \text{ W}) + P_5 + P_6 = 400 + 400 + 400 = \underline{1200 \text{ W}}$$

...det passer
-er vi ikke
dygtige?

Vi kunne reducere hele kredsløbet ned til en modstand



Tja så er den sådan set ikke meget længere

Håber, at du har fået fat i tingene, den elektriske forståelse du her forhåbentlig har fået, er det helt sikkert, at du vil få glæde af senere i din uddannelse.

Men en god idé er faktisk at lave dine egne opgaver og regne dem ud, og du kan jo se at ved at regne tilbage, så kan du faktisk se, om du har regnet forkert!

En ting er sikkert,
det bliver ikke lettere
og der er kun
en du snyder !!!
Hvis du ikke er med
fra start.....
(hvem mon det er ?)

Du kunne jo bytte opgaver med de andre i klassen, det kan man jo kun blive klogere af.

Vi går videre med **vekselstrømsteori**, hvor det er umådelig vigtigt, at du kan din **jævnstrømsteori**.

Fremstilling af vekselspænding

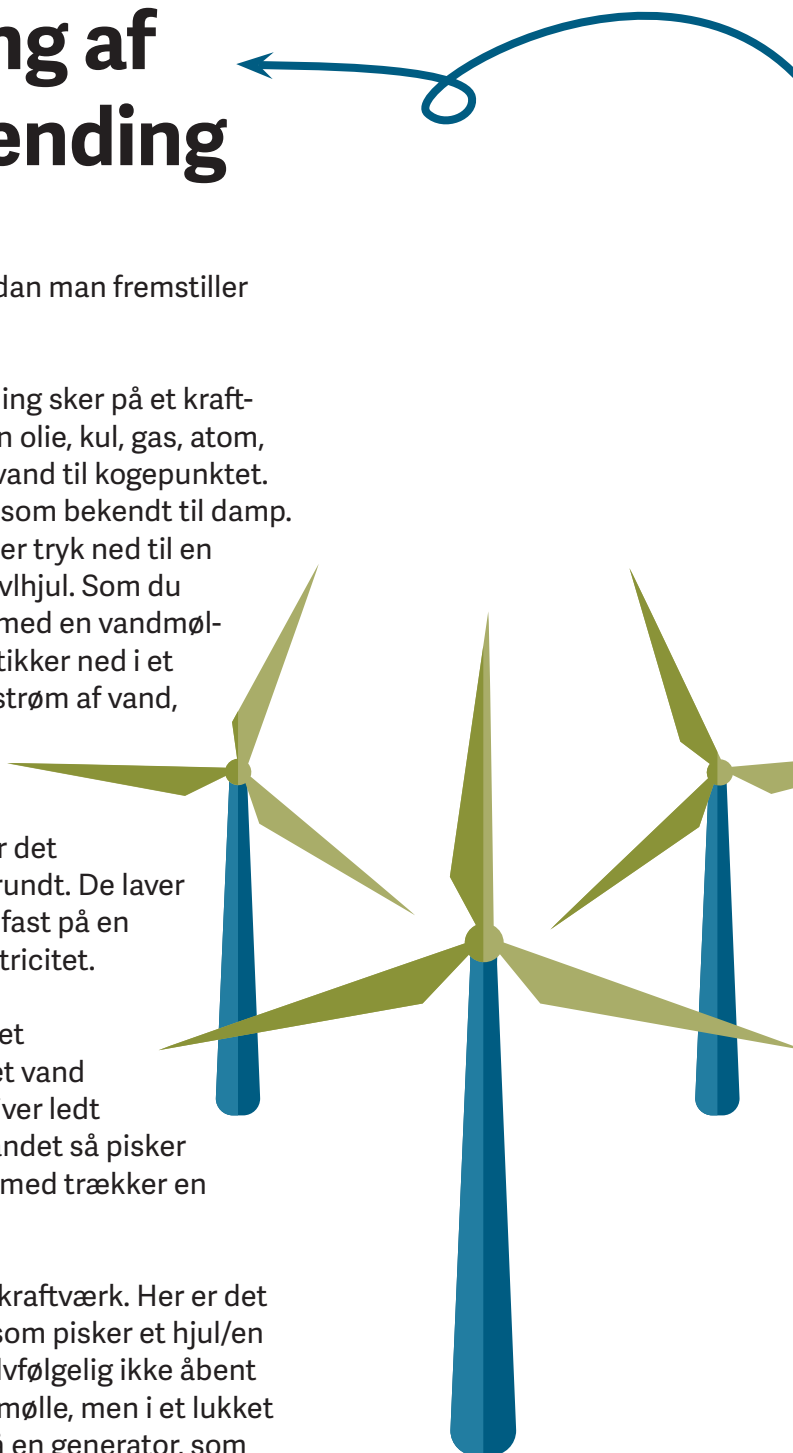
Allerførst skal vi se på, hvordan man fremstiller vekselspænding.

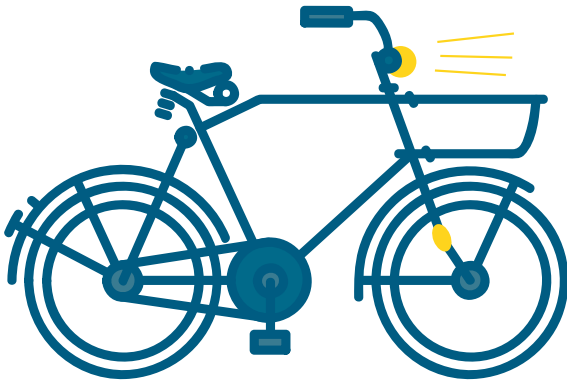
Fremstilling af vekselspænding sker på et kraftværk, hvor man bruger enten olie, kul, gas, atom, halm, mv. til opvarmning af vand til kogepunktet. Når vandet koger, bliver det som bekendt til damp. Denne damp leder man under tryk ned til en turbine, som er en slags skovlhjul. Som du måske har set i forbindelse med en vandmølle, er der et stort hjul, som stikker ned i et vandløb, hvor der er kraftig strøm af vand, der pisker hjulet rundt.

Når man ser på vindmøller, er det samme princip. Her er det vinden, der drejer vingerne rundt. De laver bare ikke damp, men sidder fast på en generator, som så laver elektricitet.

På vandkraftværker er det det samme. Princippet her er det vand fra en opdæmmet sø, der bliver ledt ned i nogle store rør, hvor vandet så pisker nogle skovlhjul rundt og dermed trækker en generator.

Det samme sker faktisk i et kraftværk. Her er det bare damp under højt tryk, som pisker et hjul/en turbine rundt. Dette sker selvfølgelig ikke åbent som ved en vandmølle/vindmølle, men i et lukket system. Turbinen trækker så en generator, som laver spænding.





Lidt af det samme har du ved de gamle dynamolygter på cyklerne, hvor der sad en dynamo/generator på forgaflen af cyklen. Forhjulet drejede denne dynamo/generator rundt, og der kom lys i for- og baglygten. Ganske smart – nu bruger vi batterier i den store stil, som både er dyre og altid er løbet tør, når vi bliver stoppet af politiet.

Inden vi går videre, så vil det være smart, at du har læst og forhåbentlig forstået følgende:

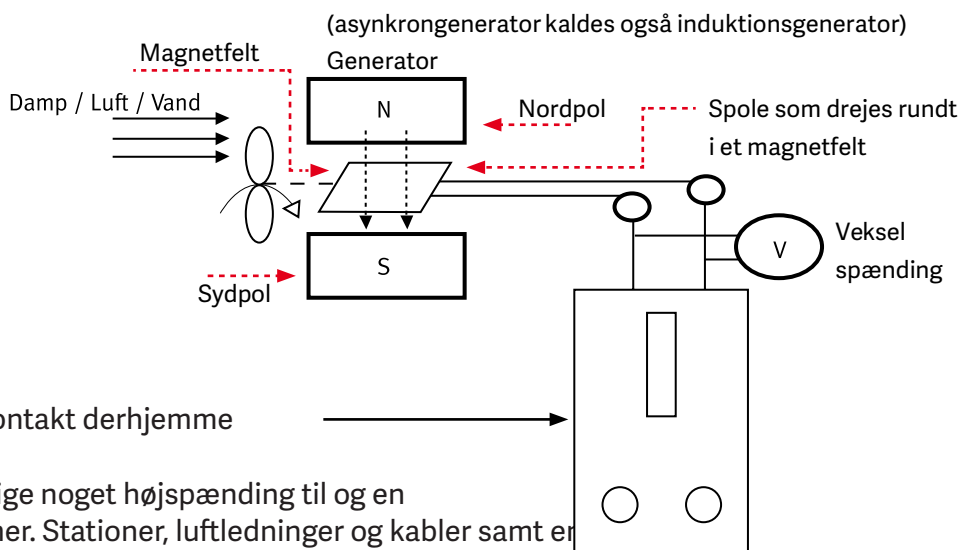
- Magnetisme (læs især afsnittet i El-teori-bogen i serien El-faglære, udgivet af EFU).
- 1-faset vekselstrømsteori (ligeledes i ovenstående bog).
- Ligeledes kan du el-teori-bogen læse om kondensators kapacitet og ladninger.
- Eventuelt kan du læse om disse emner i andre bøger og ikke mindst se, hvad du kan finde på nettet omhandlende magnetisme – vekselstrøm/spænding – kondensatorer mv. Det er bare at surfe derud af.

Du skal huske på, at denne guide er et supplement til **noget** af det, som du skal igennem på grundforløbet og første hovedforløb H1 i elektrikeruddannelsen.

Frembringelse af vekselstrøm sker altså ved, at der drejes en spole rundt i et magnetfelt.

Denne omdrejning kan så ske ved forskellige måder:

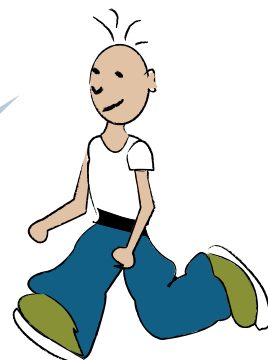
■ Vanddamp - Luft - Vand



Der skal lige noget højspænding til og en transformer. Stationer, luftledninger og kabler samt en masse sikringer og gruppeafbrydere ind først.

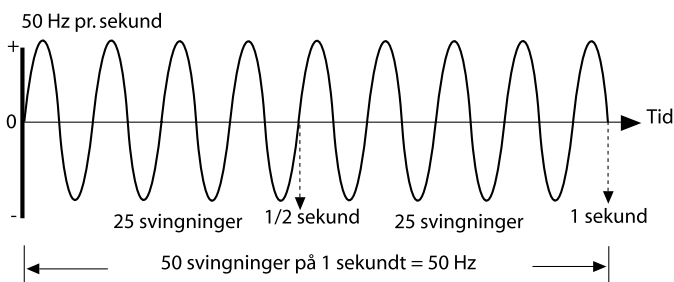
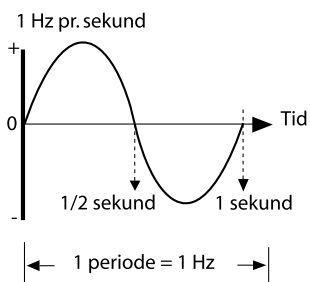
Men i princippet kan du ved at "kigge" ind i hullerne på stikkontakten se hele vejen ud til kraftværket, vindmøllen, eller hvor du lige i det øjeblik, du "kigger", får leveret din spænding/strøm fra.

Du behøver ikke se efter, bare du forstår princippet.




Når spolen drejes rundt inde i generatoren, kommer der en vekselspænding ud på klemmerne.

I Danmark har vi valgt, at vekselspændingen skal veksle med 50 Hertz (Hz). I USA er den på 60 Hz, så hvis du eksempelvis køber et vækkeurovre hos onkel Sam, så går det altså lidt hurtigere, end du er vant til, når du kommer hjem. Desuden har de 110 V-system, og vi ved jo, at 230 V på en brugsgenstand beregnet til 110 V ikke er optimalt, fordi der vil dannes små røgskyer ud af genstanden. 50 Hz betyder, at vi har en frekvens på 50 svingninger/perioder i sekundet.



Spændingen svinger altså omkring det, man kalder et 0-potentiale.

Det vil sige, at 100 gange i sekundet er der faktisk ikke spænding i vores ledninger, og der er den i nul (0).

Periodetiden for en periode  ved 50 Hz er:

T som er varigheden af en periode = $1/f$ (frekvensen) = $1 / 50 = 0,02$ s (sekund).

Og NEJ, du skal IKKE afprøve denne teori ved at røre ved en ledning med spænding på. Du er LANGT fra hurtig nok til at få pølserne væk, inden du får et stød. En svingning med et gennemløb igennem 0 sker på 0,02 sekund, altså 2 millisekunder, og det er faktisk temmelig hurtigt, så det lader vi absolut være med.

Elektricitet er farligt, og 230 V dødsensfarligt, (cirka 1-2 personer dør rent faktisk i Danmark om året af el-ulykker, og mange får varige mén som hukommelsestab og impotens).

Det vil sige, at du måske kan se, den stritter, men ikke huske hvorfor, den gør det, eller du kan huske at den strittede, men at den ikke gør det mere. SURT SHOW, og det er lige før, man hellere ville være død.



**SÅ DERFOR
Arbejd ALDRIG, ALDRIG, ALDRIG
med spænding på!**

**Mén efter el-ulykker kan komme flere år
efter, du har fået et stød... UPS!**

**Og dét selvom det "kun" var et "lille" rap
over fingrene.**



Nå, videre med frekvensen (det svinger jo allerede godt).

Nu tænker du måske, hold da op, hvor er der gang i den i de der ledninger, vi arbejder med som elektrikere. De svinger op og ned fra + til - 50 gange i sekundet.

Tja, men prøv lige at tjekke din computer, den arbejder i Giga Hertz altså 109. Det vil sige, at $1 \text{ GHz} = 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 10^9$ svingninger = 9 nuller efter 1 tallet = 1 000 000 000.

Det er altså 1 milliard svingninger pr. sekund. Har den travlt eller hvad?

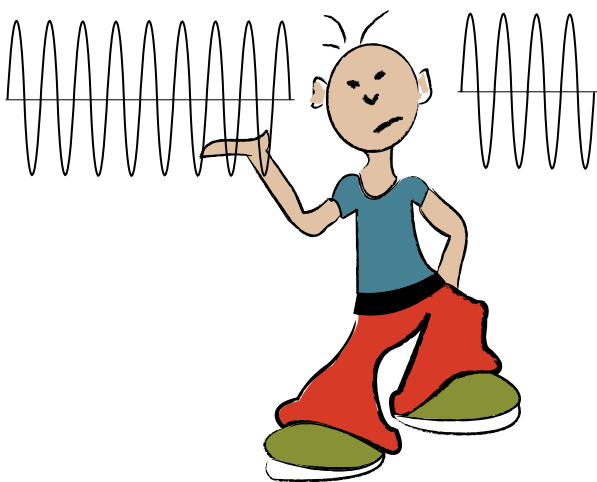
Når du hører radio, er der lidt færre svingninger, der svinger igennem luften fra sendemasten til din antenne. Du hører måske FM 101 MHz.

Mega = 10⁶, som betyder 10 x 10⁶ gange, altså 1 000 000 = 1 million svingninger.

Vi har 101 M Hz svingninger, det betyder 101 million svingninger, du modtager, når du hører et program på FM 101 MHz.

Der er altså gang i svingningerne i luften, og det er jo kun et signal af mange, der svinger i æteren. Der er fjernsyn, mobiltelefoner mv., som alle sender med en eller anden frekvens.

Og så er det, man måske spørger sig selv, hvorfor kan jeg så ikke høre radio eller mobil samtaler eller se fjernsyn for mit indre øje, når alle de signaler/svingninger er i luften. Jeg må jo virke som en antenne for disse signaler/svingninger.



Det er du såmænd også. Og det ville du også kunne, hvis du fik en dims indbygget i kroppen, som radioer, mobiltelefoner, fjernsyn, de har. En dims, der omsætter disse signaler/svingninger til noget, du kan høre og se. Det ville også være særdeles smart, hvis du havde en omstillingsknap indbygget, så du ikke samtidig hørte x antal radio programmer og x antal mobiltelefonsamtaler og x antal fjernsynsprogrammer samtidigt. Det ville nok være en smule forvirrende.

Uden at tæske rundt i det, så kan du kun høre svingninger mellem 30 Hz og 15 kHz. Det vil sige, at den dims, der sidder i din radio eller mobiltelefon, omsætter de høje frekvenser til noget, du kan høre.

Som elektriker kommer du helt sikkert til at arbejde med høje frekvenser, enten via de kabler, du lægger til tele- eller datatransmission, eller de kabler du lægger i eksempelvis en kabelkanal/kabelbakke til lys og kraftinstallationer, hvor der ligeledes er tele- og datakabler.

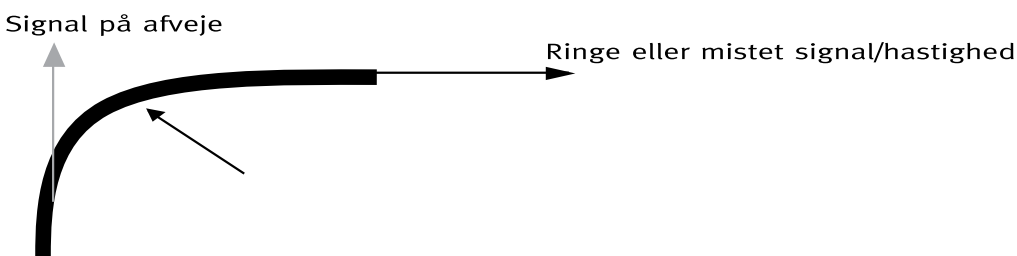
- Der er regler, som SKAL overholdes, når du arbejder med tele- og datakablerne.
- Der er regler, når du lægger lys/kraftkabler sammen med tele- og datakabler med afstande mv., som SKAL overholdes.

Én ting er, at vi skal overholde Sbei, men lige så hamrende vigtigt er det, at du overholder fabrikanternes (dem som fremstiller kablerne) forskrifter.

Det kan betyde RIGTIGT MEGET for transmissionshastigheden, at du ved, hvordan du skal behandle og arbejde med tele- og datakabler.

- Nogle typer af kabler skal – hvis du trækker dem i, for eksempel når du fremfører dem i plastrør – afkortes med 1,5 meter, inden du monterer dem i diverse udtag.
- Andre kabler må kun bukkes med en bestemt bøjeradius.
- Kabler, som IKKE må stripses (kabelbindere = dem, som politiet bruger) sammen.


Du kan rent faktisk risikere, at hele eller dele af signalet "fiser" ligeud, og ikke via dit kabel, og det gælder også for fiberkabler!




Og med de høje hastigheder/frekvenser, vi allerede benytter os af, og de enorme hastigheder, vi kommer til at se i den nærmeste fremtid, så er det hamrende vigtigt **at du ALTID overholder fabrikantens forskrifter!**

Og husk lige på, at du heller ikke kan svinebukke almindelige kabler til lys og kraftinstallationer. Her skal du ligeledes følge fabrikanternes forskrifter.

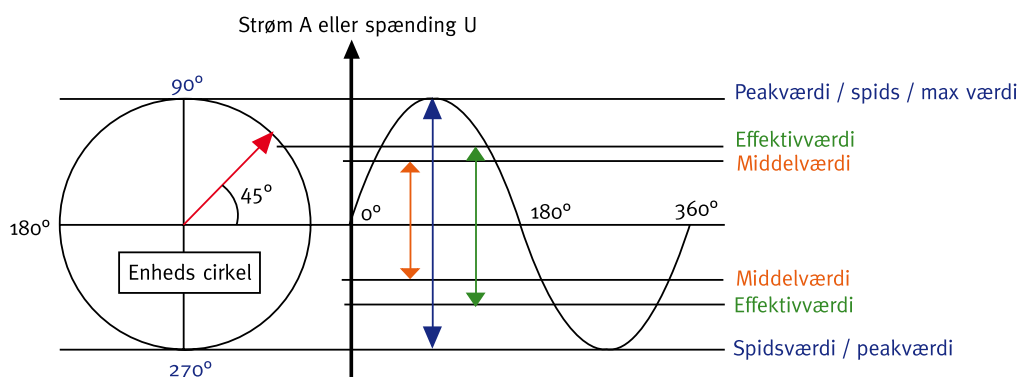
Vi går videre med vekselspændingen.

Når vi angiver vekselspænding, så er det med dette tegn  som viser, at her har vi noget, som svinger/veksler.

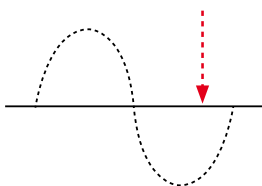
Når du ser dette tegn , så ved du, at det er vekselspænding, det drejer sig om.

Og du ved allerede nu, at svingningerne svinger omkring værdien 0 og op til en vis størrelse.

Når vi nu er ved størrelserne, så skal vi lige have det hele med.



Forestil dig den **røde pil** (vektoren) dreje rundt inde i cirklen (enhedscirklen). Når den er nået 150 op over midterlinjen, sætter du et punkt /en prik uden for cirklen, og når den er nået 300 op, sætter du en ny prik uden for cirklen. Ved 450 og 600 og 750 og fortsætter med et spring på 150 hele vejen rundt, til du når 3600 – i alt 24 punkter – så vil du kunne tegne en sinuskurve mellem punkterne.

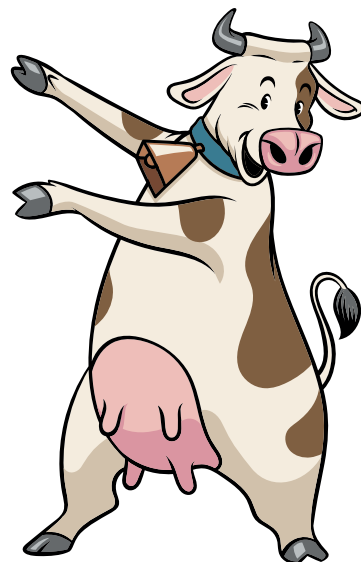


Vi tager lige et lille hop tilbage til fremstilling af elektricitet. Alle steder med kraftværker vindmøller mv. er det en generator, der drejer rundt for at lave elektricitet. Den er vi med på.

Du er måske også så heldig, at du har været ude at besøge et kraftværk. Ellers kommer du det (forhåbentlig, og hvis ikke, så forslå det når du kommer på skole).

En landmand bliver jo heller ikke landmand uden at have set en ko, hvor mælken siges at komme fra. Det samme med en elektriker, som jo også skal se og vide, hvor "mælken" kommer fra.

På kraftværket er der en STOR generator, som via damp fremstiller el. Den skal drejes rundt med en vis hastighed for at fremstille el med en frekvens på 50 Hz.



Hvor hurtigt skal den drejes rundt i minuttet?

Prøv lige selv, inden du læser videre – altså tænke tænke tænke, regne regne regne.

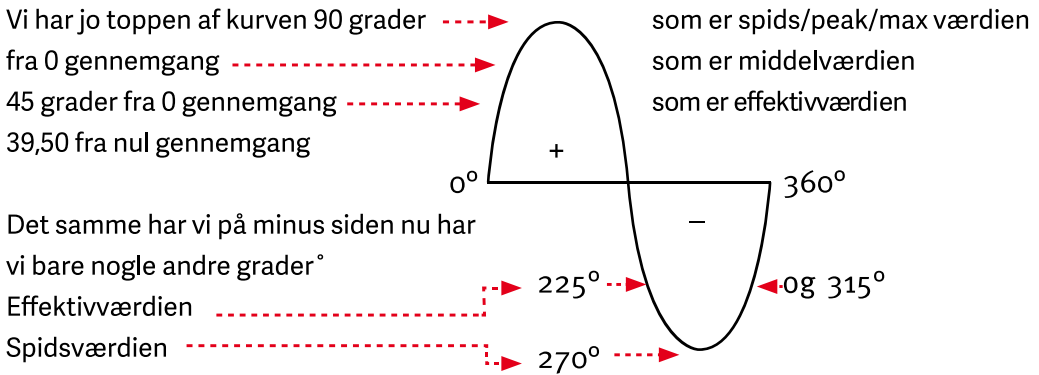
1 minut er 60 sekunder. Inden for 1 sekund skal vi have 50 svingninger/perioder = 50 Hz (den **røde pil** skal 50 gange rundt i cirklen).

Altså skal generatoren drejes **50** gange i sekundet for at lave 50 Hz. Hvor mange sekunder til 1 minut = **60** og ganget med det antal generatoren skal drejes rundt i sekundet = **50 GIVER 50 X 60 = 3000 o/min** på generatoren.

Tjek det, når du ser generatoren, som er inde i kraftværket

Og skulle du være så heldig at komme til USA (60 Hz) og se en generator, så drejes den rundt med... den regner du selv udo/min.

Så har forholdet mellem de forskellige spændinger/strømme, som denne generator fremstiller.



Når vi kender den maksimale værdi på sinuskurven – den værdi som vi kalder spids/peak-værdien – kan den effektive værdi regnes ud.

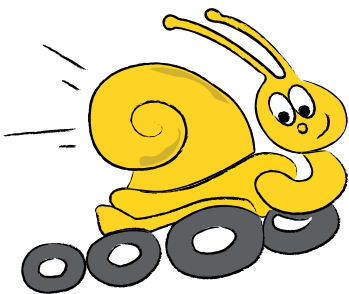
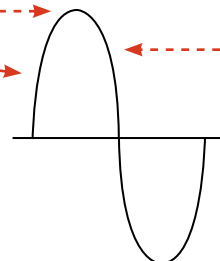
Det er nemlig effektivværdien, du har i stikkontakten med en værdi på spændingen, som vi kalder en nominal værdi på 230 V.

Du har sikkert opdaget, at der ikke altid er, og det behøves heller ikke være, en spænding på 230 V. Dog skal der være 230 V +/- 10% ifølge SBei.

Men alt det vil du opdage, når du skal til at lære at dimensionere el-installationer. Endnu en STOR verden i el-universet. Men som sagt før, så skal du lige have fat i det grundlæggende først, og det er dét, vi er i fuld gang med.

Du kan også sige, jeg vil have en spænding, altså effektiv værdi på 230 V i stikkontakten.

Hvor stor er så de andre spændinger+
Spids/peak/max værdien ----->
middelværdien ----->



MEN husk:
Vi skynder os stadig langsomt!

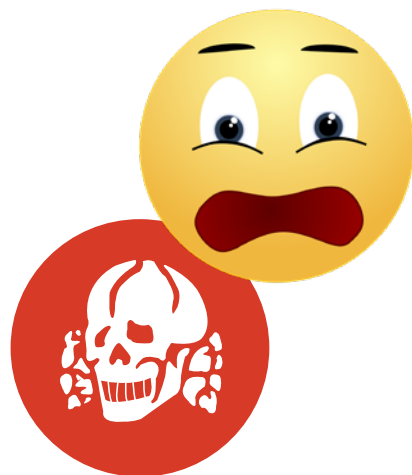
$U_{\max} = U_{\text{effektiv}} \times \sqrt{2} = 230 \times \sqrt{2} = 325 \text{ V}$
Og hvor kom så den der kvadratrod 2 ($\sqrt{2}$) så fra.
Den kommer såmænd ud fra forholdet

$$U_{\max} / U_{\text{eff}} = 325 / 230 = 1,41$$

Kan du huske det med at få et stød? Så tror vi jo ved at proppe fingrene ind i en stikkontakt, at vi får et rap på 230V. NIXEN BIXEN, vi har lige set, at det er kvadratrod 2 ($\sqrt{2}$) større = 1,41.

Altså, du får et rap på 325 gode danske Volt fremstillet på et kraftværk, eller måske via en vindmølle eller vandkraft mv. Hvis du får et rap fra en af disse, kan det måske trøste dig, at det er miljørigtigt rap du får, men konsekvenserne er de samme.

*Er du meget
uheldig, så dør du!*



De andre omregninger, dem tager vi også lige med.

Du vil også møde betegnelsen AC = alternating current. Frit oversat til svingende strøm, som er den engelske/amerikanske betegnelse for vekselspænding/strøm.

Og DC står for direct current = direkte strøm = Jævnstrøm/spænding.

Vekselstrømsteori

Nu begynder det at blive sjovt.



Hvorfor?

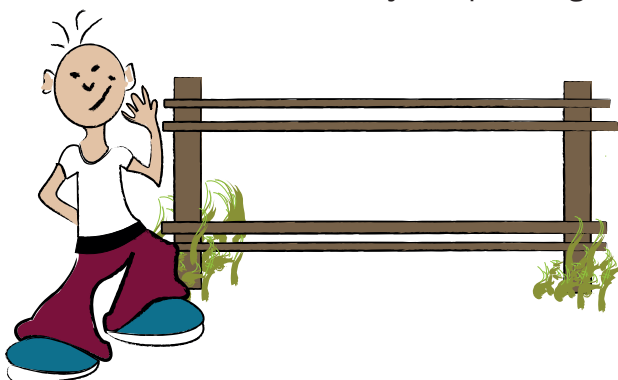
Vekselstrøm/spænding er jo den strøm/spænding, som du garanteret kommer til at beskæftige dig mest med som elektriker. Det er jo den form for spænding, som blandt andet er i stikkontakterne.

Derfor!

Vi har overstået jævnstrøm/spændingen, og du vil opdage, at der er en masse grundlæggende viden, du har/skal have med, når vi går videre med vekselspænding/strøm.

- Ohms lov ($U = I \times R$) gælder også her, og i nogle tilfælde bygger vi lidt mere på den.
- Spændingen (U) i en parallel forbindelse er ens.
- Strømmen (I) i en serieforbindelse er den samme.
- Og en masse andre ting, ikke mindst en elektrisk forståelse/overblik.

Altså skal du på nuværende tidspunkt være godt og grundigt inde i og kan stoffet omkring jævnspænding/strøm.



Det nytter IKKE noget, at du springer over, hvor gærdet er lavest, og bare går videre, hvis du IKKE har godt fat i jævnspænding/strøm teorien.

Og inden du går i gang, så læs afsnittet fremstilling af vekselstrøm/spænding.

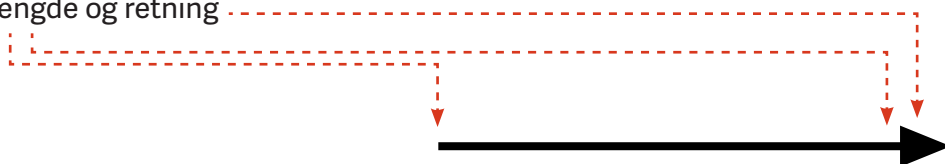
I vekselstrømsteorien er det ydermere vigtigt, at du har mest muligt tjek på vektorer.

I langt de fleste tilfælde kan vi tegne os ud af problemerne i vekselstrømsteorien ved hjælp af vektorer, og ikke mindst kan vi, ganske som ved jævnstrømsteorien, ved at skynde os langsomt og bruge den tid, der skal til for at lave tegninger og sætte værdier ind på disse, gøre det samme ved vekselstrømsteorien for at få det rette overblik og en bedre forståelse. Her har vi bare et redskab mere ved vekselstrømsteori, nemlig vektorer.

Vektorer

Nu skal du passe på, at du ikke overvurderer sværheden ved at arbejde med vektorer. Så svært er det nemlig heller ikke.

En vektor angiver en kraft i en bestemt længde og retning



Ved vektorer kan man lægge forskellige kræfter med forskellige retninger sammen, bare det er i samme målestoksforhold, og de samme typer af kræfter Hk (Hestekræfter) og KW (Kilowatt) kan **IKKE** lægges sammen, det er to forskellige ting, selvom der er tale om kræfter/effekter for begge deles vedkommende.

Du kan jo heller ikke lægge æbler og bananer sammen andet end til frugtsalat.

Ved de samme kræfter, spændinger, strømme o.s.v. kan du finde en resulterende kraft og retning på denne.

Ret smart ikk'?

Når kræfterne har samme retning,
så er det jo lige ud ad landevejen...
2 biler trækker en stor vogn til Fadølsudskænkning.
Bil 1 trækker med 100 Hk og bil 2 med 150 Hk.



100 Hk 150 Hk

Vi lægger vektorerne sammen, de har jo samme retning.

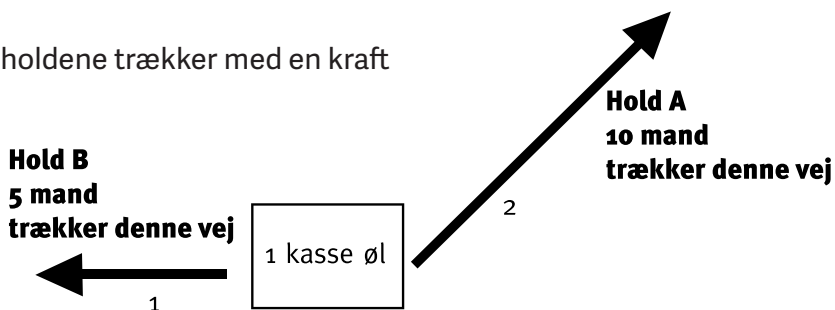
Det giver en kraft på 250 Hk

Som du forhåbentlig kan se, så er der ikke den store hokus-pokus ved det.

Vi har set bort fra gnidningsmodstand, friktionstab og tab i lejer m.m.

Vi tager lige en med modsat rettede kræfter i forskellige retninger:

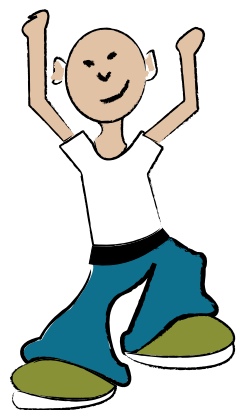
Hver mand på holdene trækker med en kraft på 100 kg.



Bare ved at kaste en blik på størrelsen af vektorerne kan vi se, at kassen med kolde øl bevæger sig mod hold A.

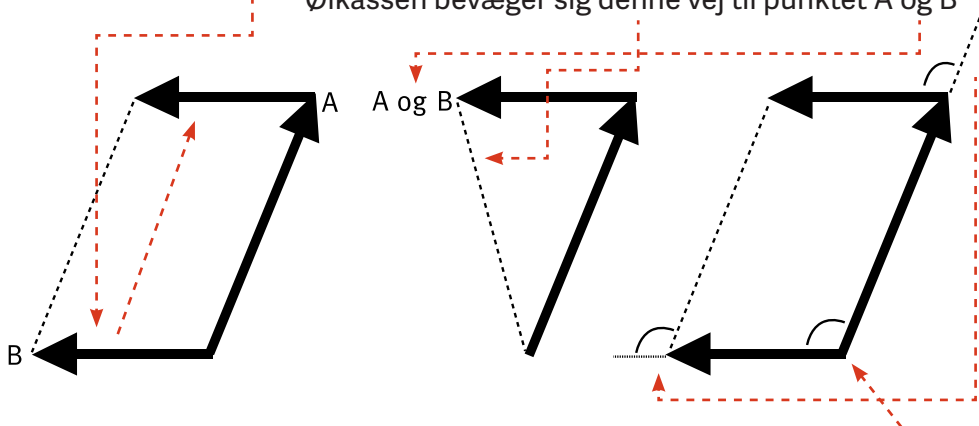
Fordi der er 10 mand på hold A og kun 5 på hold B, og hver mand trækker med samme kraft. Ren logik ikke? Især når man lige har gidet at lave en tegning.

Men hvor ender kassen med kolde øl helt præcist? Frem med vektorregning.



Vi forskyder kraften B til toppen af A – lidt modstand har hold B jo ydet.

Ølkassen bevæger sig denne vej til punktet A og B



Sådan lægger man to kræfter sammen. Husk altid at forskyde med samme vinkel og ALTID til toppen af den anden kraft.

Læs bare roligt videre. Det værste der kunne ske, er jo at du blev klogere af det.



Du ville have nået samme punkt, hvis du havde forskudt A kræften til toppen af B.

Det kunne du selv prøve, og se om det nu også passer.

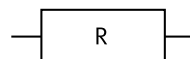
Så går vi videre, men inden vi kaster os selv ud for vekselstrømsløverne, så kig lige på afsnittet:

Fremstilling af vekselstrøm/spænding

Som du har luret, så veksler spændingen. Alt dette kigger vi på sammen med fremstillingen af denne vekselstrøm/spænding

Hvad er en Ohmsk modstand?

Læs Ohms lov og jævnstrømsteorien



Dét, som er vigtigt at vide i vekselstrømsteori-sammenhæng, er:

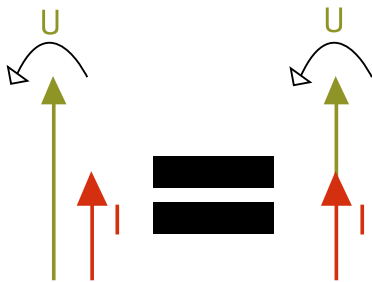
At den strøm (**I**) (**Ampere**), som den ohmske modstand bevirker, er i **FASE** med spændingen **U** – de følges altså ad.

Forstået på den måde at strømmen, som afsættes i modstanden, det er det, som afgiver varme og lys, hvis vi eksempelvis snakker om en almindelig glødetrådspærer på eks. 60 W. Og spændingen er den, som skal drive strømmen igennem modstanden. Man siger, at spændingen afsættes over modstanden.

Ganske ligesom da vi havde flere modstande i serie i jævnstrøm, så var strømmen også den samme, men over modstandene var der afsat flere spændinger, som lagt sammen gerne skulle være den samme som klemspændingen hverken mere

eller mindre, ellers var der noget galt med vores udregninger.

Det vil sige, at den vektor, vi tegner for **U** og **I**, IKKE har nogen faseforskydning.



Når "ting" er i fase, kan vi tegne dem oveni hinanden, det er IKKE det samme som at lægge tingene sammen. HUSK DET, det er strøm (**A**) og spænding (**U**).

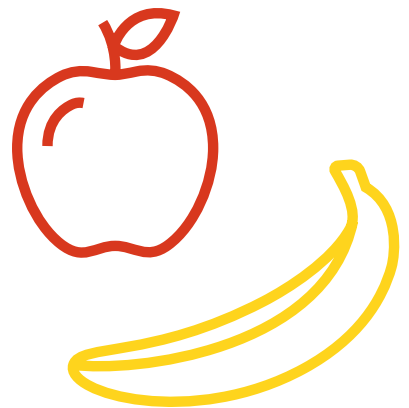
Strømmen **I** og spændingen **U** følges ad. **INGEN faseforskydning**, som er det udtryk, vi bruger i denne sammenhæng, når det er rene ohmske værdier, der er tale om og – **KUN DEM!**

Du kan heller IKKE lægge **U** og **I** sammen til en fælles vektor, som vi gjorde ved kræfterne, det var jo ens kræfter, vi lagde sammen. Og **U** og **I** er jo forskellige værdier, der er tale om, som er lige så forskellige som æbler og bananer.

Ved strøm og spænding er der tale om to forskellige værdier, som æbler og bananer, som ikke vektorielt kan lægges sammen, det giver frugtsalat = rod.

Vi kan kun lægge ting sammen vektorielt, som er ens. Spændinger eller strømme eller effekter eller kræfter eller æbler eller bananer o.s.v.

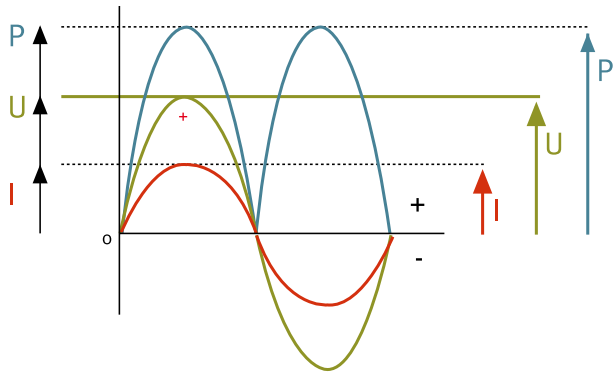
HUSK!
det er IKKE det samme som at lægge tingene sammen



HUSK!

At lægge forskellige ting sammen vektorielt, giver rod og i nogle tilfælde frugtsalat!

Her kan du se, at spændingen U og strømmen I er i fase. De følges ad i en pæn sinuskurve, som svinger op og ned i forhold til 0 linien.



Alt dette fortæller os, at vi kan lave beregningerne på samme måde, som vi gjorde ved jævnstrøm og dermed bruge Ohms lov:

$$U = I \times R$$

(Kunne du huske den?)

Og skal vi lige tage effekten med, du ved denne her:

$$P = U \times I$$

Kan du huske de andre?

$$P = U^2 / R \text{ og } P = I^2 \times R$$

Har du
luret den?

Og hvad søren er det, kurven for effekten P svinger kun ned til 0 linien og så tilbage til den positive (+) side igen.

Hvis ikke, så se her:

$P = U \times I$ (spændingen ganget med strømmen).

Vi kigger først på plussiden (+) af sinuskurven

$$U + \times I + = P +$$

Og på minussiden (-)

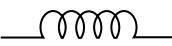
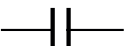
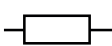
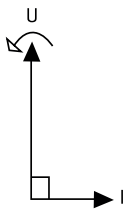
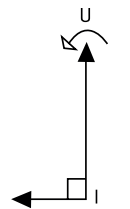

$$U - \times I - = P -$$

Og frem med matematikken (det dér i folkeskolen du ved).

+ gange + er +

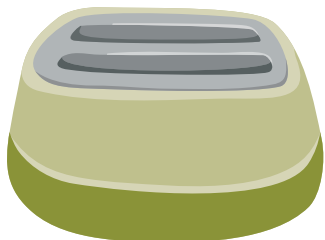
- gange - er +

Vi har 3 forskellige belastningsformer i vekselstrømsteorien

	Spoler	Kondensatorer	Ohmske modstande
Tegnings symboler			
Formeltegn	XL	XC	R
Måles i	Henry	Farad	Ohm
Grundformler	$XL = 2 \times \pi \times f \times L$	$XC = 1 / 2 \times \pi \times f \times C$	$R = U / I$
Belastningsbenævnelse	Induktiv belastning	Kapacitiv belastning	Ohmsk belastning
Vektorbetragtning	 <p>I forskudt bagud 90° i forhold til spændingen (tabsfri spole).</p>	 <p>I forskudt forud 90° i forhold til spændingen.</p>	 <p>I er i fase med spændingen, det vil sige, at U og I følges ad.</p>

I forhold til den induktive belastning/spolen, er der her tale om en tabsfri spole. Se mere lidt senere under Induktiv belastning/spoler.

Uden at skulle forvirre dig alt for meget, så kan man sige, at der sjældent ude i det virkelige liv = livet udenfor teorien, findes rene ohmske modstande eller rene induktive belastninger.

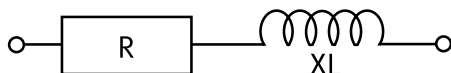


Prøv at se på varmelegemet i en brødrister umiddelbart betragtet som en ohmsk modstand. Men varmelegemet er snoet, og dermed er der en lille smule selvinduktion = induktiv belastning i denne ellers ohmske modstand, at vi beregner den som en ren ohmsk modstand er så en anden sag og helt ok, da den induktive del er meget lille.

Lange stræk af kabler og luftledninger, som i sig selv burde være ren ohmske, har faktisk et stort indhold af selvinduktion.

En spole betragtes som en induktiv belastning, men er jo viklet med kobbertråd, og dermed er der jo også en ohmsk del i en sådan spole, altså er der en XL-del og en R-del i en spole.




Dét du skal lægge mærke til i opgaverne, du får stillet:



Er der tale om en tabsfri spole, betyder det, at der ses bort fra, at spolen indeholder en ohmsk del.

Du skal derfor kun regne med XL-delen. Som betyder 90° faseforskydning forskudt bagud i forhold til spændingen.

Disse 3 belastningsformer kan vi forbinde i :

-  Serieforbindelse
-  Parallelforbindelse
-  Blandet forbindelse

Håber, at du fik godt og grundigt fat i jævnstrømsteorien.

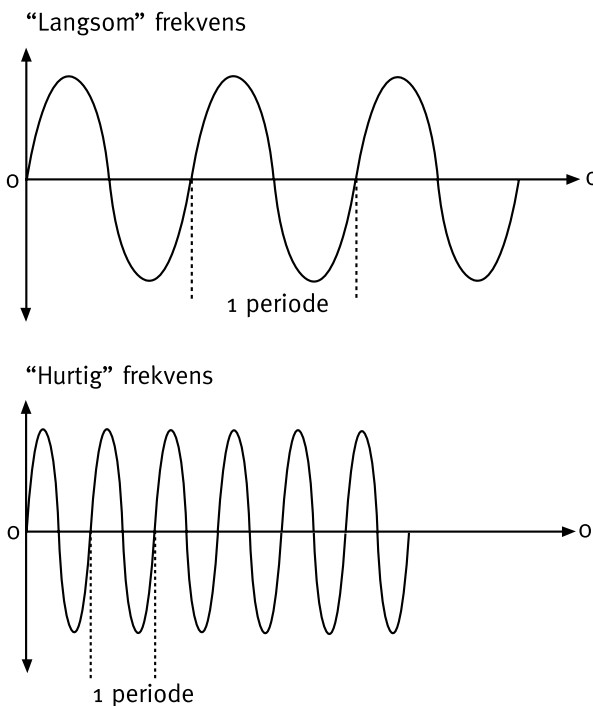
Dét, som du SKAL huske, er helt grundlæggende

- Når du ser en spole eller en kondensator i et vekselstrømskredsløb, så er der faseforskydning mellem strømmen I og spændingen U .
- Frekvensen **HZ**, har en stor indflydelse på beregningerne, og selvom vi har **50 HZ** i Danmark, så vil/skal du beregne opgaver med forskellige frekvenser, så du kan forstå betydningen af og virkningen, når frekvensen ændrer sig.

Især er det vigtigt i dag at forstå problematikken ved frekvens og især, når den stiger, som ikke er helt uproblematisk. Ved dataoverførsler på kobberledninger kan man ikke bare sætte frekvensen op, så man kan "presse" mere igennem.

Frekvensen har også en betydning for, hvor hurtigt din computer arbejder.

Vi kunne blive ved, bare du forstår, at frekvensforståelse er vigtig.



HUSK!

– en mere uddybende forklaring har du/kan du læse i andre lærebøger eller på nettet.

Kondensator

Det er en kapacitiv belastning.
Læs afsnittet: Hvad er en kondensator.

Dét, du her får at vide, er, hvordan sådan en fyr opfører sig rent beregningsmæssigt.

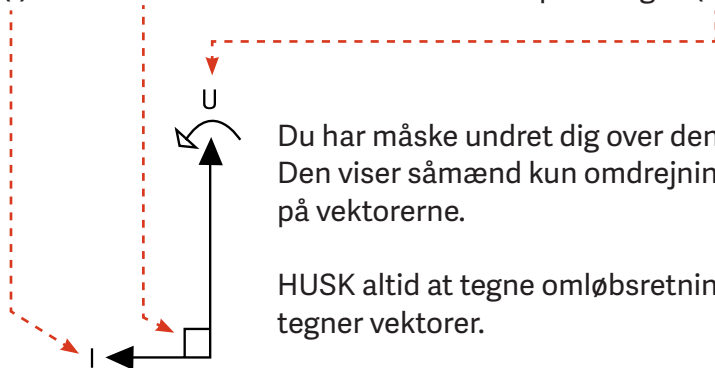
Dog er det lige på sin plads at nævne:

- Tilsluttes en kondensator til vekselspænding (Husk den skal være beregnet til \sim) vil den oplades, og når den er opladet, vil den aflades igen o.s.v. Ligesom et badekar, når det er fyldt helt op, hives proppen ud, og badekarret tømmes, og så starter vi forfra igen og igen og igen.
- Når vekselspændingen stiger (se sinuskurven), vil der gå en ladestrøm til kondensatoren. Ladestrømmen stopper, når kondensatorspændingen har nået vekselspændingens maksimale værdi.
- Når spændingen falder igen (se sinuskurven \sim) vil kondensatoren aflades igen.

Når du fremover ser en kondensator, så husker du:

Her er der faseforskydning

Og strømmen (**I**) er altid **90°** forskudt forud i forhold til spændingen (**U**).



Du har måske undret dig over denne lille pil. Den viser såmænd kun omdrejningsretningen på vektorerne.

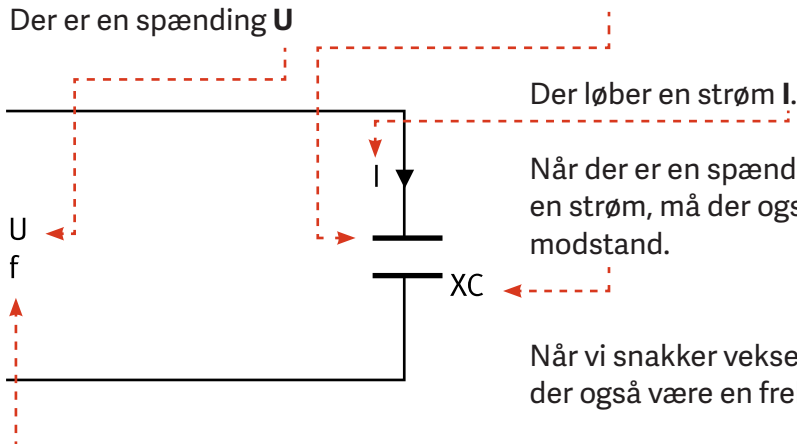
HUSK altid at tegne omløbsretningen, når du tegner vektorer.

Tegn den **altid** mod uret.

HUSK HUSK HUSK HUSK

Kondensator = faseforskydning
Og altid 90 forud for spændingen

Du har et vekselstrømskredsløb med en kondensator.
Der er en spænding **U**



Hvis du altså giver dig den tid, som du har brug for, og ikke lader dig stresse af andre, som måske bruger lidt mindre tid, brug den tid der skal til, for at du forstår tingene.

Har du ikke brugt den tid, som du skal bruge?

Så er du på vej ud på den tynde is, hvor isen IKKE er sikker, og måske falder du igennem. Og hvem er det du snyder, det er ikke din nabo.



Hvor svært kan det dog være?

Den formel, som du skal kende, er
 $XC = 1 / 2\pi \times f \times C$, som bruges for at finde den:

- Kapacitive modstand
 - Kapacitive reaktans
 - Reaktansen
- For alle 3 er formeltegnet **XC**



Alle 3 betyder det samme.
Kært barn har mange navne, som man siger.

XC kommer ud i Ohm (Ω) ganske som ved almindelig ohmsk modstand, men vi betragter ikke modstanden som en ohmsk modstand.

Formlen kan benyttes, som den står skrevet
 $XC = 1 / 2\pi \times f \times C$

Men det kræver, at du sætter **C**, som er det vi kalder kapacitansen, ind i formlen som Farad. Du vil opdage, at kapacitansen som regel **ALTID** er opgivet i μF (micro Farad) og IKKE i størrelsen **F** (Farad).

(HUSK det, når du skal til at løse opgaverne, tjek størrelse på kondensatorerne.)

μ betyder micro og er 10^{-6} 1 farad er altså 1000000 μF .

Hvis du indsætter Kapacitansen i μF i formlen, så bliver den til:

$$XC = 10^6 / 2\pi \times f \times c$$

HUSK de 10^6 når kondensatoren er opgivet i μ farad, ellers får du nogle **XC** værdier, som er ren fantasi.

Læg nu mærke til disse størrelser, og sæt dem ind i formlen med de rigtige værdier.

For eksempel:

Find reaktansen ("modstanden") for en kondensator på **10 μ** .

Den tilsluttes en vekselspænding med en frevens på **50 Hz**.

Hvad er nu det?
Skal jeg ikke have en spænding opgivet?
Nej, niks, nijet, no!
Det skulle jeg ved jævnspænding.
JEPS, men dette er vekselspænding.

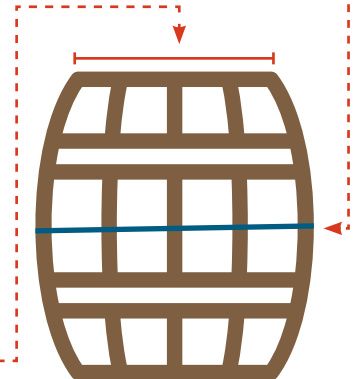


$$X_C = 106 / 2 \times \pi \times f \times c = 106 / 2 \times \pi \times 50 \times 10 = \underline{\underline{318,31 \Omega}}$$

For god ordens skyld, skal vi lige se hvad denne π (Phi) er for en størrelse.

Hvis du tager et stykke **ledning** og vikler det en gang om en tønde olie, en fastelavnstønde eller lignende cylindriske tønder. Og du klipper ledningen over, så kan du ved at måle længden på ledningen få tøndens omkreds.

Lige meget hvilken tønde du måler, vil du altid, hvis du dividerer med tøndes **diameter**, få det samme resultat, nemlig tallet 3,14159.....

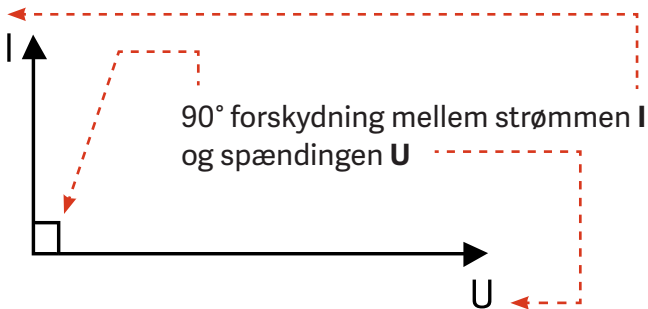


Som er det tal, som benævnes med π , og som vi bruger som enhedstal for cirkelns omkreds i det, som vi kalder for enhedscirklen, som vores vektor jo drejer rundt inden i.

NEJ NEJ og atter NEJ.

Reaktans er IKKE det samme som
ved en ohmsk modstand.

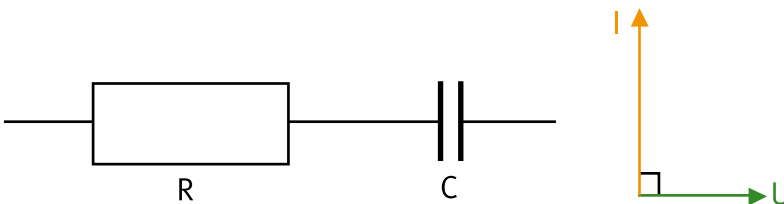
Hvorfor det ikke er det, kan du se her:



Hvem har fortalt dig, at et vektordiagram altid skal stå op
med den største vektor lodret op?

Vektoren eller vektorerne betragter man i et fastlåst øjeblik, i vores verden drejer de jo rundt om deres udgangspunkt (modsat pilen) hele tiden, og noget der ikke står stille er svært at regne på, derfor fastfryser vi vektorerne og tegner dem som regel med:

Strømmen I opad = lodret når vi snakker/regner på
serieforbindelser.



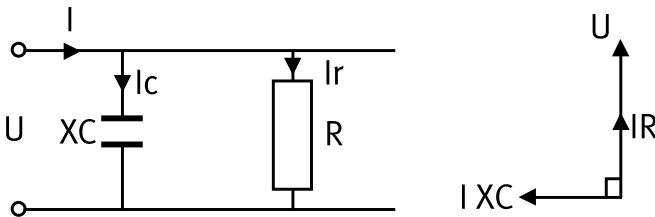
For hvad er fælles i en serieforbindelse?

Den skal altså
være der nu!

Her er det:

I som er fælles, og spændingen U som deler sig over modstanden R og kondensatoren C ,

Og med spændingen U opad = lodret når vi snakker/regner på **parallforbindelser**:



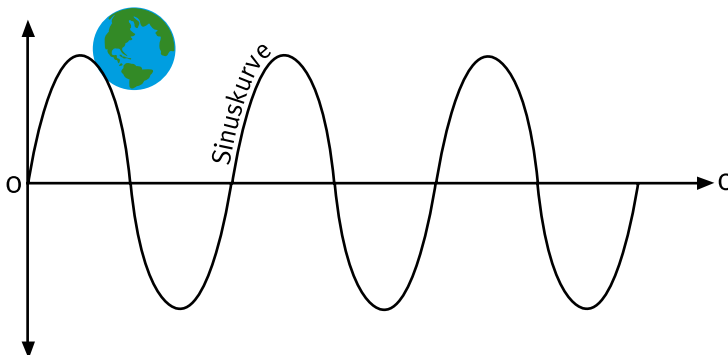
For hvad er fælles i en **parallelforbindelse**?

Har du haft for
meget fart på?



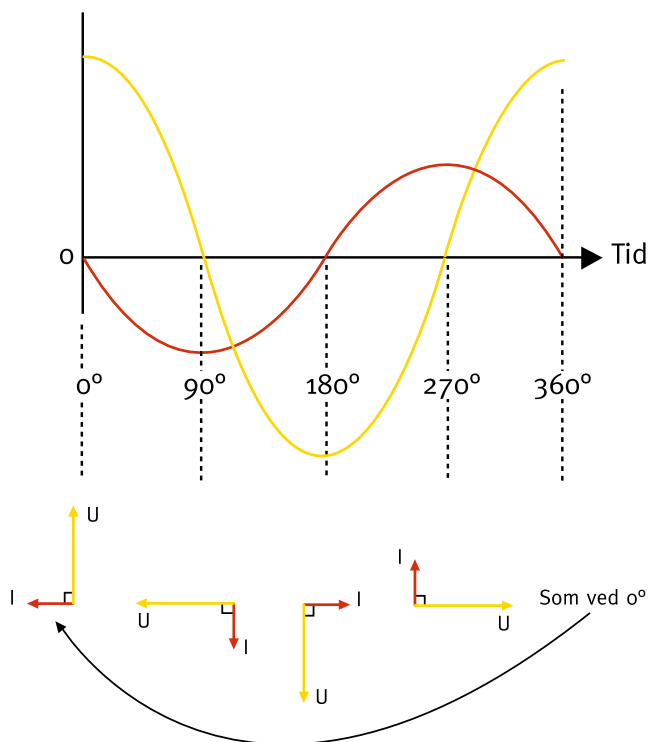
Her er det... U som er fælles, og strømmen I som er forskellig igennem den induktive del XL eksempelvis en spole, og den ohmske del R .

Vi går videre i denne spændene verden, hvor tingene veksler hele tiden.



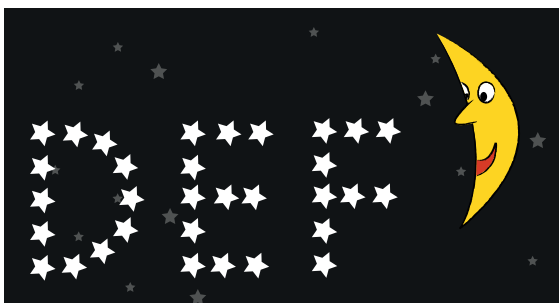
Vi ser ligeledes, hvordan det ser ud med 90° forskydning af strømmen og spændingen.

Vi tegner sinuskurverne for **strømmen I** og **spændingen U**.



Via sinuskurverne kan vi se, at når **spændingen** er i top, så er **strømmen** i 0.

Og via vektorerne ses det helt klart som stjernerne på en klar himmel. Her vist ved det fiktive stjernebillede DEF, som stråler klarest af alle.

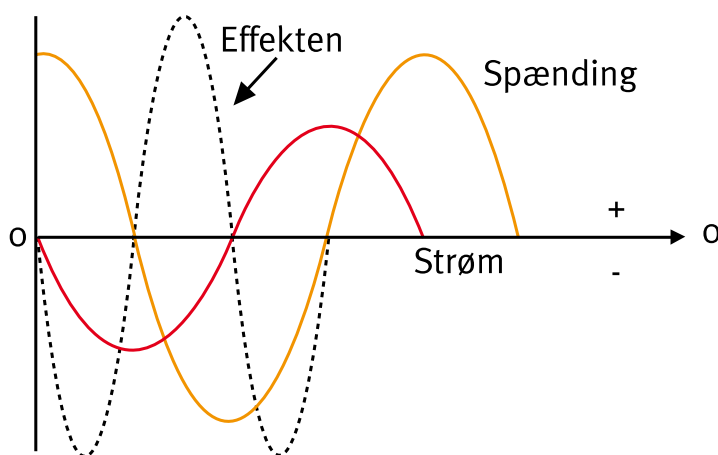


HUSK!

ved en kondensator er der ALTID 90° ($1/4$ periode) faseforskydning mellem strømmen og spændingen.



Hvad med effekten?

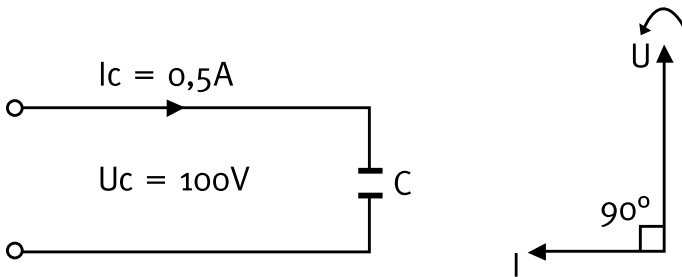


Energien, som kondensatoren modtager, når spændingen er stigende, bliver når spændingen falder sendt tilbage.

Det vil sige, at der her kun er tale om en energisvingning, og det betyder, at hvis du kun har en kondensator tilsluttet, så drejer/tæller din el-måler ikke. Der bliver IKKE brugt Watt, som er det, din eL-måler skal måle, og er det du betaler for.

Men hvis vi alligevel ganger den 90° faseforskudte strøm med spændingen, hvad så? Et eller andet må det vel blive til (godt tænkt der er sådan du skal tænke/være nysgerrig).

Lad os prøve at se:



Vi prøver at gange spændingen U_c , som er over kondensatoren, med strømmen I_c som er faseforskudt 90° i forhold til spændingen.

$$U_c \times I_c = 100 \times 0,5 = \underline{50}$$

Og hvad skal vi så kalde dem? Det er der nogle andre, som har fundet ud af, nemlig:

Reaktiveffekten, som måles i volt-ampere-reaktiv (var)

Altså er effekten for kondensatoren på **50 var**. Og så lige en kort forklaring om, hvad dette reaktiveffekt er for en størrelse. Hvis du vil dyrke området mere indgående, så er der diverse fagbøger og nettet, eller hvis du læser videre til ingeniør eller installatør, kommer du til at dykke i dybden denne reaktive effekt.

Reaktiv effekt

Reaktiv effekt er den del af den samlede producerede effekt, der opstår, når faseforskydningsvinklen mellem strømmen og spændingen ikke er lig med 0, altså ingen faseforskydning.

De centrale kraftvarmeværker og vindmøller leverer først og fremmest virkeeffekt ($\text{Watt} = P$), men fra de termiske kraftværker (dem som koger vand til damp til el), leveres der desuden reaktiv effekt.

Den reaktive effekt ($\text{var} = Q$) bliver som effekten (Watt) transporteret i ledningerne og kablerne og "fylder" op i disse, så der er mindre plads, hvis du forstår til de rigtige "Watt". Altså kabler og ledninger skal dimensioneres større (være tykkere), hvis der er for meget af denne reaktive effekt, der skal transporteres i kablerne og ledningerne sammen med wattene.

Din el-måler derhjemme måler ikke reaktiv effekt, den måler kun det, som vi kalder virkeeffekten, også kaldet den aktive effekt, altså den vi måler i Watt og kalder effekt, og som vi betaler for, det gør vi ikke for reaktiv-effekten.

Det reaktive effektflow i kabler og ledninger har i modsætning til den aktive/virkeeffekten kun en teknisk interesse.

Du skal have en speciel måler for at måle reaktiv-effekten, og du kan bide spids på, at kraftværkerne og elforsyningsselskaberne måler og styrer denne reaktiv-effekt, den skal helst være der, men hverken for meget eller for lidt, da en jo som sagt fylder op i kablerne og ledningerne, men samtidig er denne reaktive effekt ganske vigtig.

Den er med til at sikre fornuftige spændinger i el-nettet, og transformatorer og elektromotorer kan ikke undvære denne reaktive effekt, de kan faktisk ikke virke uden, da de skal magnetiseres, og det sker ved den reaktive effekt.



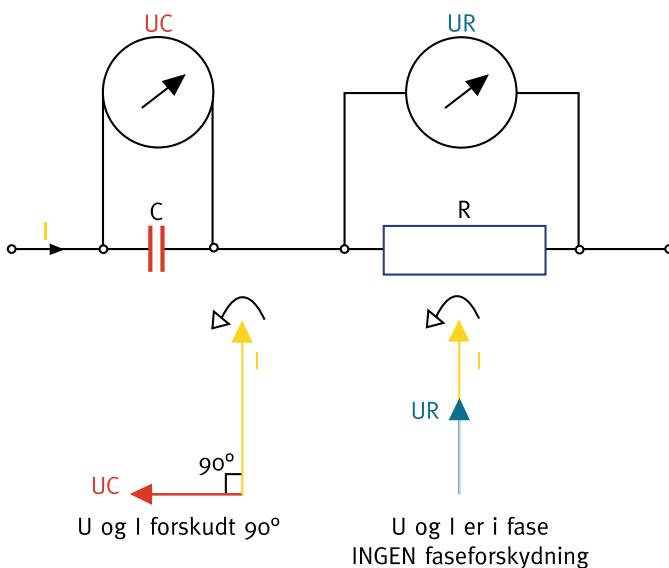


Nu skal du bare se
løjer...

Måske skulle du slappe lidt af med nogle opgaver i kondensator ved forskellige frekvenser og så videre. Efter en lille pause går vi videre.

Hvad mon der sker, når vi forbinder en kondensator i serie med en ohmsk modstand?

Først, og det **UDEN** at se på størrelser og spændinger og frekvenser, ser vi på kredsløbet rent vektorielt, vi tegner kredsløbet ud fra det, vi allerede ved om kondensatorer og ohmske modstande.



Kan du huske
det?
Eller har du haft
for travlt?

Hvad er nu det?

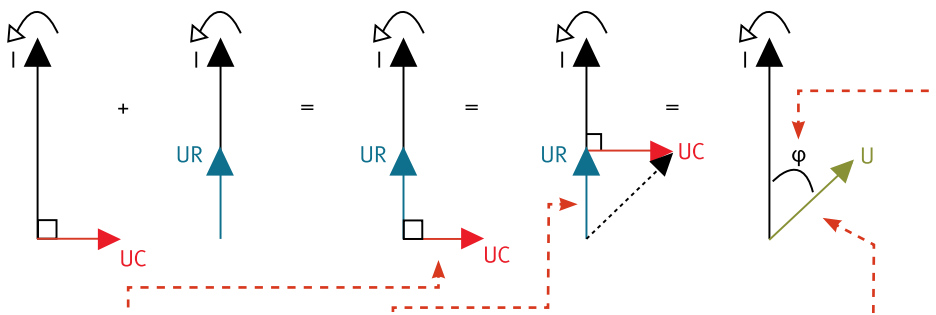
Strømmen I vender opad. Jamen, hvad er det som er fælles i en serieforbindelse?

Vi lægger de to vektordiagrammer vektorielt sammen ved hjælp af spændingerne, fordi strømmen I er jo f.... i en serieforbindelse.

Den skal altså sidde helt fast nu!

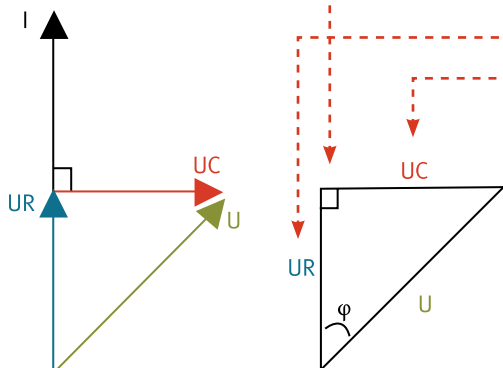
Her er den bare forskudt i forhold til spændingen, når den løber igennem kondensatoren. Vi har sat I ind, så vi har noget at tegne spændingerne udfra. I er altså bare en retning.

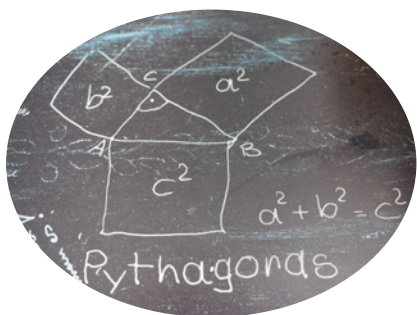
Nu skal du ikke gå i koma, fordi strømmen ser større ud vektorielt, end spændingen gør det. Strømmen I er bare en retning på en vektor – en vektor, som vi tegner de andre vektorer udfra.



Vi flytter UC op til toppen af UR , vi lægger de to vektorer sammen. Vi får så ved denne sammenlægning en ny retning på U med en faseforskydning med vinklen φ .

Vi har nu fået det, som vi kalder en spændingstrekan, med tre sider UC som er spændingen over kondensatoren, og UR som er spændingen over den ohmske modstand, og trekanten er det som vi kalder en retvinklet trekant, fordi to af siderne sidder retvinklet 90° på hinanden.





Retvinklede trekanter – så er det her, vi trækker en god gammel græker frem. Op ad huskesækken fra folkeskolen med gode gamle Pythagoras.

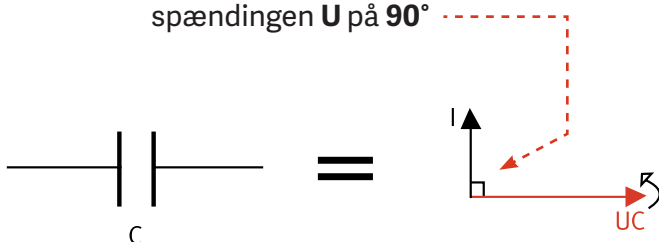
Hvis du vil vide mere om denne gode gamle græker, så skriv Pythagoras i søgefeltet på din søgemaskine på nettet, så skal du bare se.

Og hvad ser vi så, hvad er konklusionen, når vi sætter en ohmsk modstand i serie med en kondensator?

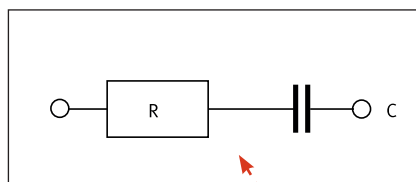
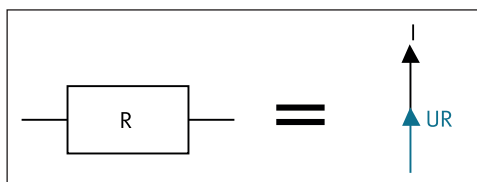
Jamen jamen... Ved at sætte en ohmsk modstand i serie med en kondensator får vi en mindre faseforskydning for kredsløbet, end hvis der kun havde været en kondensator.

Altså ved en belastning **KUN** med en kondensator fik vi en faseforskydning mellem strømmen **I** og spændingen **U** på **90°**

Og det skal vi **HUSKE**



Ved en belastning **KUN** med en ohmsk modstand er der ingen faseforskydning mellem strømmen **I** og spændingen **U**, altså **0** graders forskydning.



Når vi sætter disse to komponenter sammen, ser vi, at faseforskydningen mellem strømmen **I** og spændingen **U** bliver mindre, end hvis vi kun havde kondensatoren i kredsløbet.

Og ellers er det lige ud ad landevejen som ved jævnstrømsteorien.

Du kan jo selv prøve at lave din egen opgave og indsætte nogle værdier.

UR = I x R indsæt værdierne.

(Her ved du jo, at strømmen og spændingen er i fase).

UC = I x XC indsæt værdierne.

(Her ved du jo, at strømmen kommer før spændingen 90° forskudt).

Så har vi de to spændinger, som ligger henholdsvis over den ohmske modstand og kondensatoren, så skal de bare lægges sammen, så vi kan finde **U**.

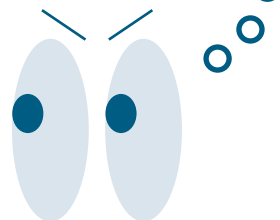
Og **NEJ NEJ NEJ** – vi skal **IKKE** – vi kan **IKKE** lægge talværdierne sammen, når vi har regnet dem ud. De er jo ikke i fase vel?

**HUSK
DET NU!**

Det er jo heller ikke de samme spændninger – så man kan ikke bare lægge dem sammen.

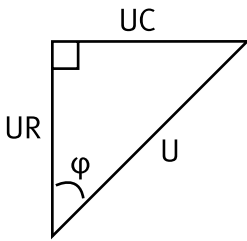
Den har du fået
fat i ikke?

Tænke tænke
tænke... inden du
går videre.



Vi har disse valg:

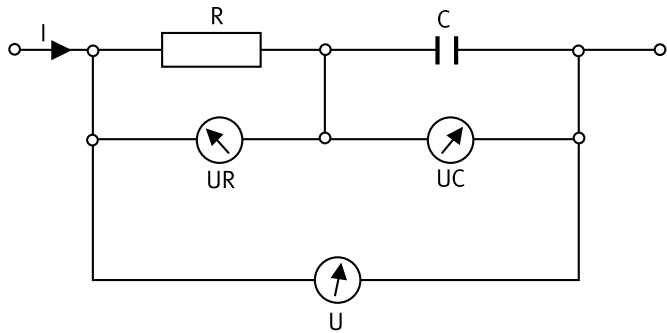
- Enten hiver vi gode gamle Pythagoras frem og regner det ud.
- Eller vi laver et vektordiagram i målestok og måler det ud.
- Vi kunne også gøre begge dele, så det ene kontrollerer det andet, ret smart!



Lad os starte med at regne den ud:

Vi starter med at lave en forståelsestrekanth. Hvordan den er fremkommet, har du set på de foregående sider.

Tegner et lille kredsløb. **HUSK**, at det er smart at tegne først.



Spændingen **U**, som også kaldes klemspændingen, regnes ud ved hjælp af Pythagoras.

$$U^2 = UR^2 + UC^2$$

Da det ikke er særligt sjovt at få et facit ud, der er i anden potens, bruger vi lige matematikken.

$$U = \sqrt{UR^2 + UC^2}$$



Nu tænker du måske i dit stille sind, hvad nu hvis vi skal finde **UR** eller **UC** og har **U** oplyst i en eller anden opgave, hvordan gør vi så?

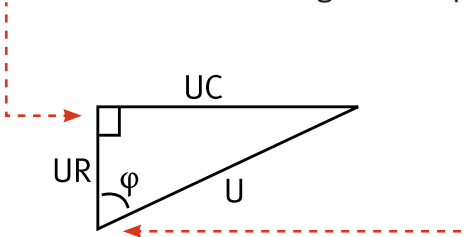
Frem med matematikken, og frem med det der sker, når vi "går" over på den anden side af et lighedstegn = med en værdi, så skifter det fortegn! Og så bliver + til - i dette tilfælde.

$$UR^2 = U^2 - UC^2 \quad \text{og} \quad UC^2 = U^2 - UR^2$$

Vi fjerner lige den anden potens med et kvadratrodstegn.

$$UR = \sqrt{U^2 - UC^2} \quad \text{og} \quad UC = \sqrt{U^2 - UR^2}$$

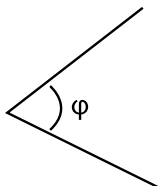
Nu har du måske opdaget, at når vi snakker retvinklede trekanter, så har vi også vinkel phi (φ) med.



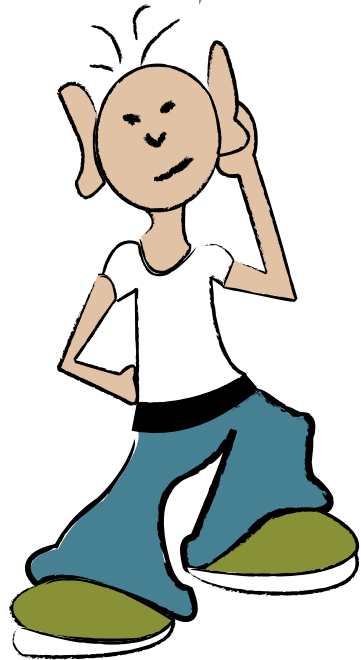
Når vi i en retvinklet trekant har størrelsen/værdien af en af siderne og **cos** φ , så kan vi **ALTID** finde de andre sider i den retvinklede trekant.

GENIALT.....!!!!

Vi har to størrelser **cos** φ (Cosinus) og **sin** φ (Sinus) til en vinkel.

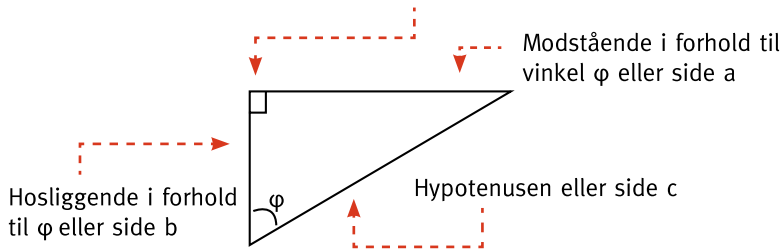


Nu skal der spidse ører!



Tager vi en retvinklet trekant, så har siderne/ kateterne navne i forhold til vinklen φ .

Vi husker fra geometriundervisningen, at en retvinklet trekant er en trekant, hvor den ene vinkel er 90° vist således



En god lille huskeregel er **cos hos**. Den siger dig ikke noget lige nu, men det kommer den til.

Og nu er det ligesom dengang med ohms lov. Har du to af værdierne, kan du altid finde den, du mangler.

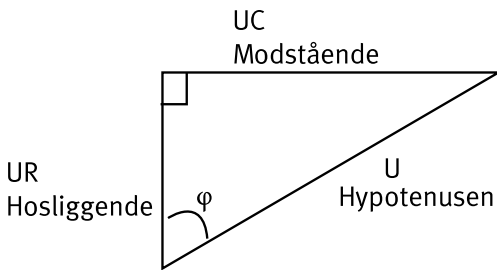
$$\cos \varphi = \frac{\text{Hosliggende}}{\text{Hypotenusen}}$$

Kan du huske **cos hos** = skal du finde **cosinus** skal du bruge **hosliggende** katete og hypotenusen og dividere dem.

$$\sin \varphi = \frac{\text{Modstående}}{\text{Hypotenusen}}$$

Har du husket **cos hos**, så må den sidste side = modstående bruges, når vi skal finde sinus til en vinkel.

Vi tegner en spændingstrekant.



Så tager vi dem derud af:

$$\cos \varphi = \frac{UR}{U} \quad \text{eller} \quad UR = U \times \cos \varphi \quad \text{eller} \quad U = \frac{UR}{\cos \varphi}$$

$$\sin \varphi = \frac{UC}{U} \quad \text{eller} \quad UC = U \times \sin \varphi \quad \text{eller} \quad U = \frac{UC}{\sin \varphi}$$

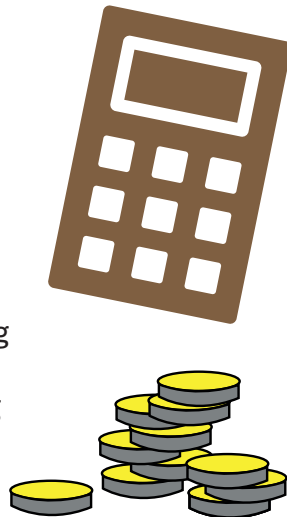
HUSK lige meget hvad, du finder ud af, så er hypotenusen **ALTID** den største værdi.

Hvis du har regnet et eller andet pladder ud, hvor værdien af hypotenusen er mindre end en af de andre sider, så er den gal, og du skal lige regne tingene igennem en gang til.

Du kan omregne en cosinus eller sinusværdi til grader, eks. 45° , ved hjælp af din regnemaskine.

Geometrien med retvinklede trekanter cosinus og sinus vinkel φ skal sidde fast **NU**, da vi fremover bruger det inden for vekselstrømsteorien. Gør dig selv en tjeneste ved at gøre en indsats **NU** – det lønner sig senere.

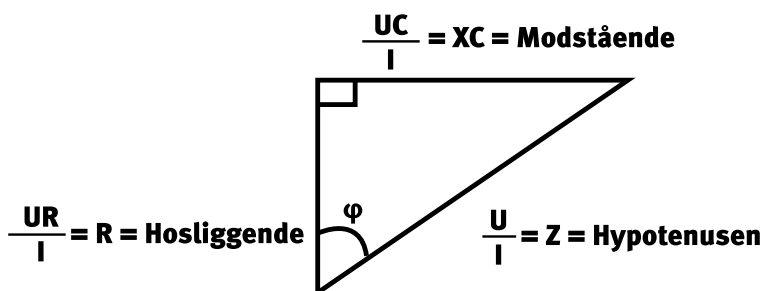
Der må jo også være noget modstand i kredsen. Hvordan finder vi ud af det? Såmænd ved at gå til næste side.



Den samlede modstand i kredsen, når vi snakker vekselstrøm hedder:

IMPEDANSEN og betegnes med formeltegnet **Z**

Og mindsandten vi kan også lave en modstandstrekant, og som du kan se, har vi jo bare divideret med **I**, som er fælles i en serieforbindelse op i de respektive spændinger, som ligger over henholdsvis kondensatoren **UC** og den ohmske modstand **UR**. Det sidste nye er Impedansen **Z** som vi finder ved at dividere spændingen **U** med strømmen **I**

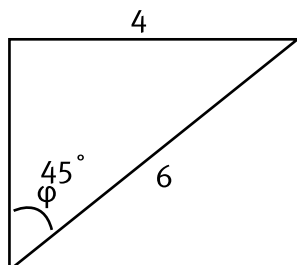


Det kan godt være, at siderne rent elektrisk hedder noget andet, **MEN** det er stadig gode gamle Pythagoras og cosinus og sinus, der gælder.





Men **HUSK**, som med spændingerne **UR** spændingen over den ohmske modstand og **UC** spændingen over kondensatoren, du må **IKKE** bare lægge dem sammen og dermed tro, at du så finder **U = spændingen** over hele kredsen.

Altså du må ikke bare lægge **R** og **XC** sammen til **Z**, de er **IKKE** i fase og **SKAL** regnes ud, eller der skal laves et vektordiagram i målestok, men det mest præcise er at regne tingene ud, men som altid så er det fornuftigt og umådeligt klogt at lave et forståelses-vektordiagram over opstillingen.

Siderne kunne bestå af elefanter for den sags skyld, så hvis du havde en vinkel ϕ og et antal elefanter på den ene vektor/side, så kan du finde antallet af elefanter på de andre sider/vektorer.

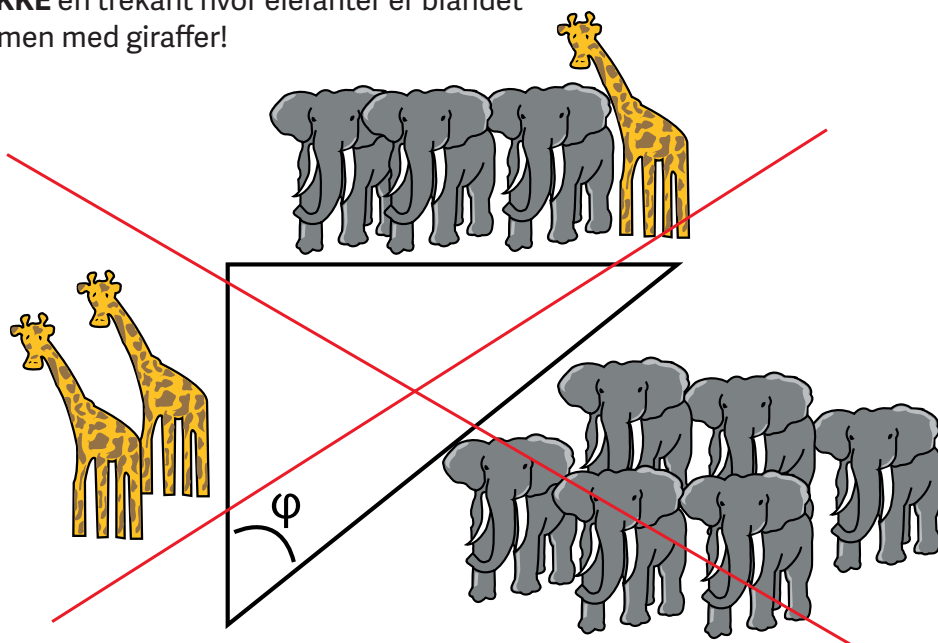


HUSK! Du må som altid **IKKE** blande tingene sammen, enten er det en ren:

-  Spændingstrekan
-  Modstandstrekan
-  Strømtrekan
-  Effektrekan

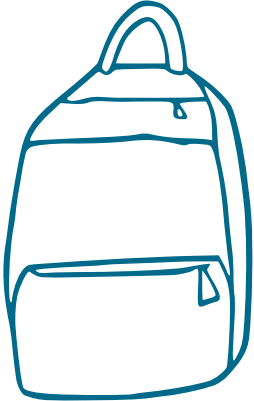


Og **IKKE** en trekant hvor elefanter er blandet sammen med giraffer!



Som før har du igen gode hjælpemidler for at regne de værdier ud, du mangler på de retvinklede trekanter, du har:

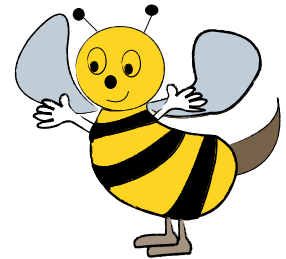
- Dine formler
- Pythagoras
- Cosinus og sinus



Din rygsæk er efterhånden godt fyldt op med hjælpeværktøjer, og som ved en god vandretur i de svenske alper, eller hvad de nu hedder, så gælder det om at:

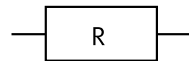
- Have styr på og holde orden i indholdet
- Kunne bruge indholdet let og hurtigt
- Sørge for at rygsækken ikke bliver for tung

Nu tager vi så lige det sidste stik hjem vedrørende serieforbindelser med vekselstrøm.



Vi tager en spole en ohmsk modstand en kondensator og forbinder dem i serie.

En ohmsk modstand kender vi. Modstand måles i **Ω (Ohm) formeltegn R tegnes**



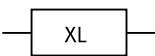
En kondensator kender vi også. Den måles i **F (Farad) formeltegn C tegnes**



Det nye er spolen så lad os kigge lidt på denne fyr. Læs afsnittet hvad er en spole, samt hvad du kan finde via andre bøger og ikke mindst på nettet, det værste der kunne ske, er, at du blev lidt klogere.

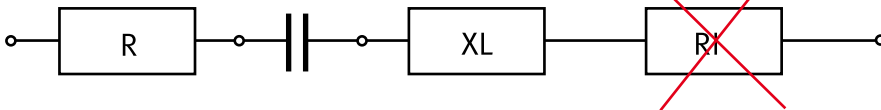
Nu kender vi også en spole, måles i **H (Henry)**

formeltegn **L** tegnes 

eller 

Her er der vist en serieforbindelse af en modstand
en kondensator og en tabsfri spole.

Tabsfri = ingen
omsk modstand i
forbindelse med
spolen.

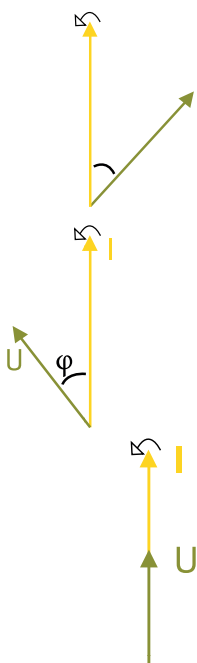


Nu sker der
noget helt nyt...
Du skal til at
arbejde.

Frem med papir og blyant eller gå ind i din
computer og gå i gang!



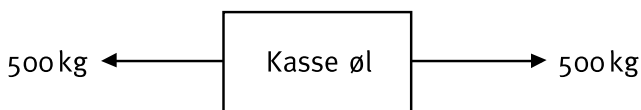
- 1) Lav en komponenttegnning som ovenstående tegning af serieforbindelsen.
- 2) Lav et vektordiagram neden under hver komponent. Hvad er fælles i en serieforbindelse? Tegn denne fælles ting lodret op som en retning, og afsæt spændingerne **UR** – **UC** – **UXL** ud fra denne, **HUSK** de forskellige retninger. Kan du huske det, eller skal du grave i rygsækken = kigge/læse lidt tilbage i stoffet i denne bog?
- 3) Sæt de 3 vektordiagrammer sammen til et, JA Ja ja, der er et par stykker, som ligger modsatrettet hinanden **UC** og **UXL**, som **SKAL** trækkes fra hinanden.



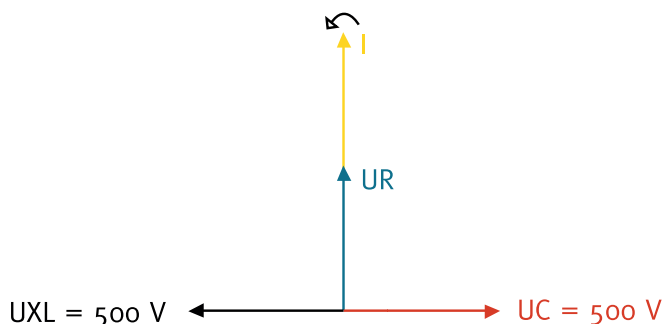
Nu er der tre muligheder i dit færdige vektordiagram:

- 1) Enten er det kapacitivt, det vil sige at **UC** er større end **UXL**, dermed vil den resulterende vektor **U** ligge efter strømmen **I**.
- 2) Eller at det er reaktivt, det vil sige, at **UXL** er større end **UC**, dermed vil den resulterende vektor **U** ligge før strømmen **I**.
- 3) Eller at **UC** og **UXL** er lige store, så er det kun den ohmske del **UR** som er tilbage, de andre to spændinger **UC** og **UXL** har jo ophævet hinanden (modsat rettede) og dermed ingen faseforskydning forskel mellem strømmen **I** og spændingen **U**. Den tager vi lige og kigger på den med modsatrettede kræfter.

Hvor meget, tror du denne kasse øl bevæger sig, der trækkes med 500 kg i hver ende.



Kassen med øl vil stå stille, kræfterne ophæver hinanden, det samme som med spændingerne UC og UXL, når de er lige store.



Som du forhåbentlig kan se, så er der kun **UR** tilbage = ingen vinkel ϕ mellem strømmen og spændingen = faseforskydning i kredsløbet.

Og så til den store tænker, inden du holder en velfortjent pause.

Hvis nu at **UC** og **UXL** er lige store, og der ikke er nogen ohmske værdier i kredsløbet hverken i forhold til spolen = tabsfri, eller en egentlig ohmsk modstand – hvad så?

Det vil sige at:

$2 \times \pi \times f \times L = 1 / 2 \times \pi \times f \times C$ så bliver impedansen (**Z**) for kredsløbet **0** (**De to formler for XL og XC.**)

I fagsproget opstår der det, som hedder resonans, flot nok, men hvad mon der sker er måske mere relevant at forstå.

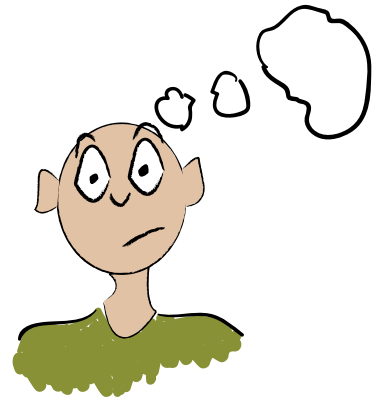
Tænke tænke tænke til det gør ondt, og løsningen er der, og der ikke mindst kan holdes en velfortjent pause.

Hvis impedansen er 0, det vil sige, at der ikke er nogen modstand i kredsen, og vi sætter spænding på kredsen.

Er den der eller skal vi lige se på formlen?

$$Z = \frac{U}{I} = I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{0}$$

(Z er jo lig med 0) så vi kan sige at $I = U$, så har vi en strøm, som faktisk er uendelig, det er kun sikringerne, som vil begrænse denne strøm, en sikring som er mærket med 10 A kan jo kun gennemløbes af maks 10 A, hvis der er en større strøm, "brænder" den jo over. Hvis vi ikke havde sikringer, så ville strømmen stige, indtil ledningerne eller kablerne smeltede.



Parallelforbindelser med kondensator og spoler

Skal vi prøve at sætte en kondensator og en modstand i parallelforbindelse med hinanden, og se hvad der sker.

Hvad er det, som er fælles i en parallelforbindelse

■ Hvis det var strømmen i en serieforbindelse

■ Så må det være, kan du huske det?

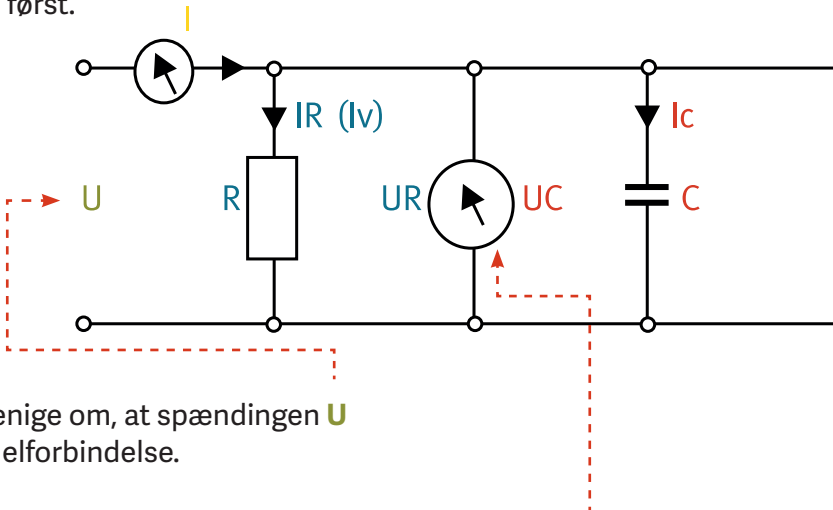
Det skal altså sidde fast nu!

DET ER SPÆNDINGEN U , SOM ER FÆLLES I EN PARALLELFORBINDELSE

Opgaven lyder sådan her:

En ohmsk modstand er forbundet med en kondensator i en parallelforbindelse. Først tegner vi et kredsløb, det er altid smart, selv når du bliver øvet i det her.

Du har forhåbentlig luret, at det er fuldstændigt ligegyldigt, om du tegner den ohmske modstand først eller kondensatoren først.



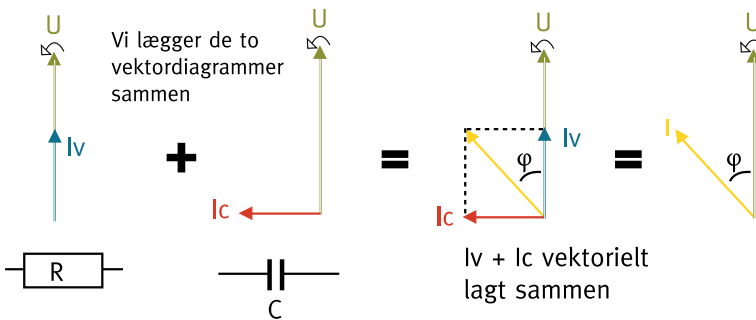
Vi er forhåbentlig enige om, at spændingen U er fælles i en parallelforbindelse.

Den samme spænding U findes over begge komponenterne $U = U_R = U_C$, altså er det en parallelforbindelse.

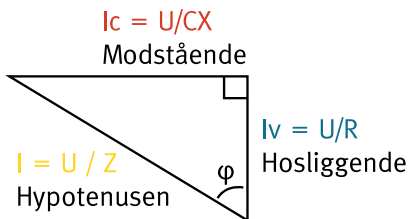


Og stadig skynder vi os langsomt

Derfor tegner vi i dette tilfælde et vektordiagram med spændingen U opad, og strømmene tegnes så ud fra denne retning, ved serieforbindelse, hvor det var strømmen I , der var fælles, tegnede vi den opad, og som dengang er U her bare en retning, vi tegner vores strømme I_v og I_c ud fra, for at denne vej vektorielt at finde retningen på strømmen I i kredsløbet og faseforskydningsvinklen mellem U og I .



Vi kan så lave en strømtrekant.



Kan du huske **cos hos**?

Cosinus til vinklen φ er Hosliggende / Hypotenusen

Eks: $\cos = \frac{UR}{U}$ eller $\frac{I_v}{I}$

Forskellen, som du forhåbentlig har lagt mærke til, at her i parallelforbindelser kalder vi strømmen, som løber igennem den ohmske modstand for $I_v = I$ virke eller virkestrømmen. Strømmen, som løber igennem kondensatoren, kalder vi for I_c .

Og ellers er der ikke den store hokus-pokus, du har jo fået godt fat i det med retvinklede trekkanter ved serieforbindelserne, ikke? Hvis du vil forstå vekselstrømsteorien, så skal du have fat i det fra **STARTEN** og **IKKE** snyde dig selv, den med at skynde sig langsomt gælder stadig, gør dig selv den tjeneste at bruge den tid, der skal til.

Du har de hjælpemidler, der skal til, du skal "bare" lære at bruge dem.

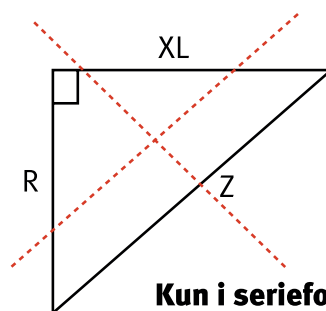
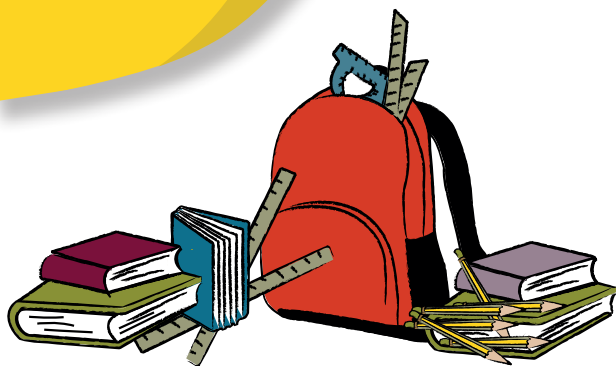
Du har i din "rygsæk":

- Formler
- Pythagoras
- Cosinus og sinus

Forhåbentlig er der styr på din rygsæk, og der er orden, så du kan finde tingene.

FiP

Du kan også bruge vores online vektorberegner, som du finder på vektorberegner.dk



Kun i serieforbindelser

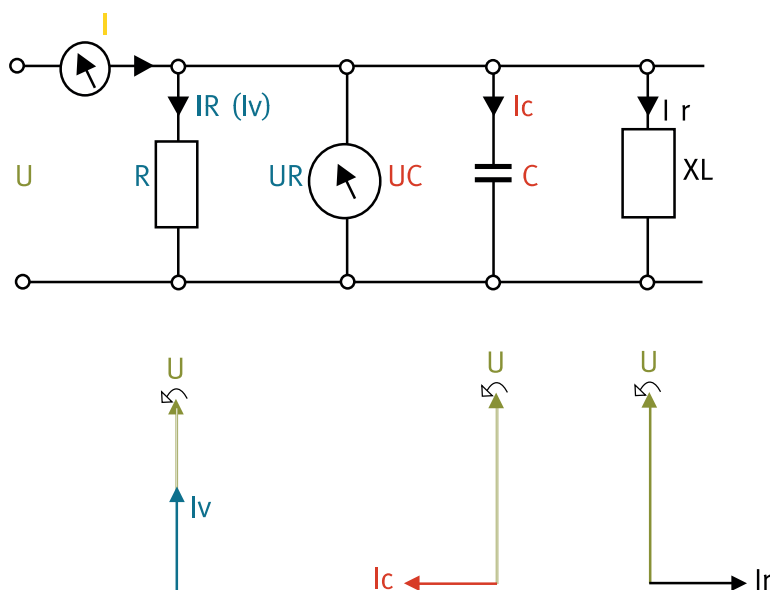
Det eneste du **IKKE** kan bruge i parallelforbindelser er modstandstrekanten, **HUSK** det. Og hvorfor kan man ikke bruge den? Tænk lidt over det, og du kommer forhåbentlig frem til.

Kig godt og grundigt på vektordiagrammet over en parallelforbindelse.

Det er ikke den samme strøm, der gennemløber komponenterne, de er forskudt fra hinanden, så vi kan **IKKE** gange ind og finde **R - XC - Z** med en strøm, som **IKKE** er i fase, og med forskellige størrelser, det vil blive en vildt underlig modstandstrekant, som heller ikke kan bruges til noget.

Men selvfølgelig kan du finde impedansen (**Z**) for hele kredsen **Z = U / I**

Lad os sætte en spole på parallelkredsen med en modstand og en kondensator. Igen bruger vi en tabsfri spole d.v.s. en spole uden ohmsk modstand.

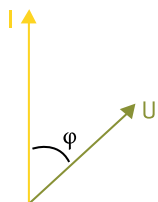


Allerede nu kan vi med det blotte øje se, at hvis vi lægger alle disse tre vektordiagrammer sammen, så vil vi få en resulterende strøm I , som ligger på den induktive side af U , altså til venstre.

HVORFOR?

Hvad er størst, **I_c** eller **I_r**?

(Jeps det er rigtigt, det er **I_r**, som er størst).



Uden at du måske ved det, så har du lige opfundet en regulering af faseforskydningsvinklen, som er vinklen ϕ mellem strøm og spænding.

Du kan regulere vinklen ved at sætte mindre eller mere **I_c** ind i kredsløbet = flere eller færre kondensatorer.

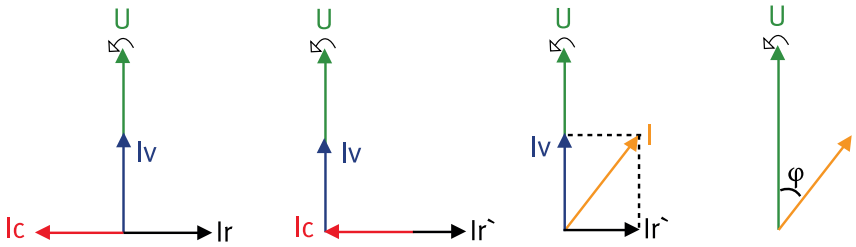
Og det har faktisk en stor betydning, især for dem som leverer elektricitet til dig.

De = forsyningsselskaberne vil nemlig **IKKE** have for stor en vinkel mellem den leverede spænding og strøm. Og som regel skyldes denne for store vinkel mellem strøm og spænding induktive belastninger spoler i armaturer, svejseværker, motorer m.m.



Det skal vi nok komme til men, som sagt før, så er det en **STOR** og uhyre interessant **EL-VERDEN** du er godt på vej ind i.

Vi "klasker" de tre forskellige vektordiagrammer sammen.



Vektorerne "klasket" sammen

Flytter I_c og trækker I_c fra oven hos I_r
 $I_c - I_r = I_r'$

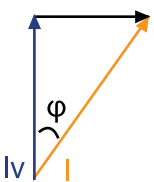
Parallel forskyder I_r' den resultrende strøm I findes med vinklen ϕ mellem U og I .

På nuværende tidspunkt skal du kunne tegne disse vektordiagrammer, og have styr på hvor de forskellige strømme og spændinger ligger i forhold til hinanden, at det er smart at have strømmen som er fælles i en serieforbindelse lodret, og U lodret når vi har parallel forbindelser.

Det som du får ud af dette kredsløb, er jo en strøm revinklet trekant. Heldigere kan man ikke blive.

FIDUSEN er nemlig, at hvis du kan tegne det, så kan du også beregne det ganske SMART.

I_r' som er $I_c - I_r$



Hvis der nu er en som spørger dig hvor U , altså spændingen, ligger i forhold til I . Hvad vil du så svare?
 (I samme retning som I_v)

Og så er det jo bare der ud ad, du kan beregne alt.

I_r = strømmen som "løber" igennem den induktive (spolen) belastning $I_r = U/XL$

$$XL = 2 \times \pi \times f \times L$$



I_c = strømmen som "løber" igennem kondensatoren $I_c = U / X_C$
($X_C = 1 / 2\pi f C$)

I_v = strømmen som løber igennem den omhske belastning $I_v = U / R$
($R = U / I$)

I for hele kredsen kan bl.a. findes ved $I = \sqrt{I_v^2 + (I_r - I_c)^2}$

Impedansen for parallelforbindelsen findes som $Z = U / I$

Her kan du også se, at hvis du har U og Z for kredsen, så kan du ligeledes finde I .

Det samme gælder for denne formel $\cos \varphi = I_v / I$, her kan du jo også finde I hvis du har de to andre værdier. Kan du huske for laaaaaaaaaang tid siden med Ohms lov som sagde, at hvis du har to værdier i Ohms lov, kan du finde den sidste, det samme gør sig gældende her og alle de andre formler som siger?

$X = Y \times Z$ har du to af værdierne så!! Nu mindes du vel din gamle hårdt prøvede matematiklærer som kæmpede en kamp med bogstaver for at få dig til at forstå bare lidt af matematikken, så du ikke skulle kæmpe så meget hvis du f. eks. gerne ville være elektriker.

Erhvervsskole

$$U = I \times R$$

Folkeskole

$$X = Y \times Z$$



Inden vi slutter denne vekselstrøm af, så tager vi lige lidt med effekter.

Der findes 3 typer af effekter

P som kaldes virkeeffekten $P = U \times I \times \cos \varphi$ måles i Watt

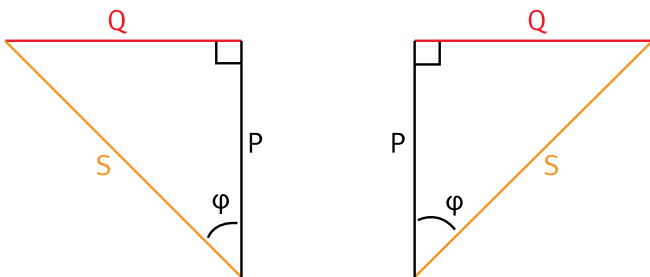
Q som kaldes reaktiveffekten $Q = U \times I \times \sin \varphi$ måles i var (volt ampere reaktiv)

S som kaldes kombinationseffekten $S = U \times I$ måles i VA (volt ampere)

Ved de to første virkeeffekt **P** og reaktiveffekt **Q** tager vi faseforskydningsvinklen φ med i beregningerne som enten **cosinus til $\varphi = \cos \varphi$ eller sinus til $\varphi = \sin \varphi$.**

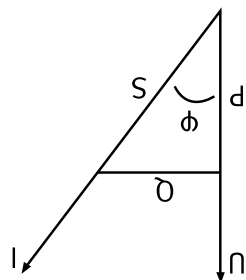
I den sidste kombinationseffekten er det rent **U** og **I** vi regner med.

For at skabe lidt overblik, så tager vi lige nogle retvinklede effekttrekanter.

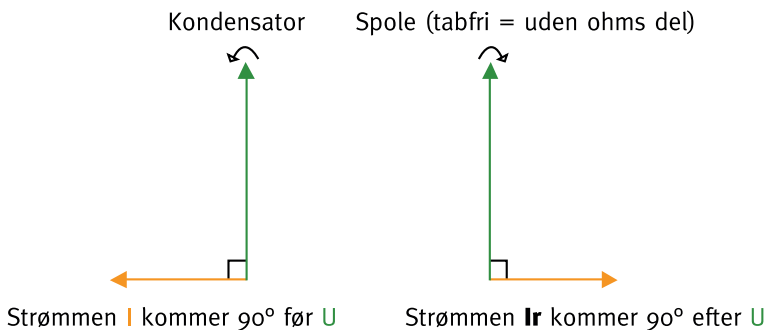


Trekanterne er fuldstændig ens, den har du luret ikke? Forskellen er, at de vender hver sin vej ok?

Det som de viser er såmænd om det er reaktiv belastning/effekt **Q** via en kondensator eller om det er en reaktiv belastning/effekt som er fra en spole belastning.



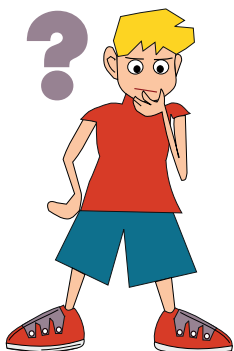
Et kort blik tilbage



Som regel er der aldrig ren 90° faseforskydning i et kredsløb. Som du kan se, så er trekkanterne vist ved enten kapacitiv belastning = kondensatorer, eller ved induktiv belastning = spoler.

S har jo den samme retning, som **I** har. Som regel er der mindre end 90° graders faseforskydning i kredsløbene. En lille ting til tænketanken = overblikket så meget som muligt her i elektroteknikken.

Lad os sige i et tænkt kredsløb, at der er **90°** faseforskydning mellem strømmen **I** og spændingen **U**.



Hvor megen virkeeffekt (**P**) udvikles der så ?

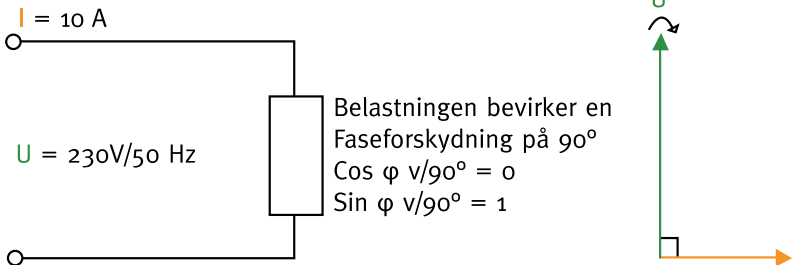
Hvor megen reaktiv (**Q**) udvikles der så ?

Hvor megen kombinationseffekt (**S**) udvikles der så ?

Den tager vi da bare og kigger lidt på = laver vores egen lille opgave.

Et tænkt kredsløb optager en strøm på **10 A** og tilsluttes en spænding på **230V 50 Hz**.

En lille tegning (altid smart) med værdier



$$P = U \times I \times \cos \varphi = 230 \times 10 \times 0 = \underline{\underline{0}}$$

Ja, du regner rigtigt, der er **INGEN** virkeeffekt (W), din måler, som måler Watt, drejer **IKKE** rundt.

$$Q = U \times I \times \sin j = 230 \times 10 \times 1 = 2300 \text{ var} = 2,3 \text{ Kvar}$$

$$S = U \times I = 230 \times 10 = 2300 \text{ VA} = 2,3 \text{ KVA}$$

Prøv at lave en trekant. Glem det, du mangler jo en hel side, nemlig virkeeffekten W. Hvordan vil du lave en trekant, som mangler en side?

Du kunne jo lave din egen opgave og sætte **cos φ** til **0,5**.

Lav dine egne kredsløb i serie- og parallelforbindelser med en ohmsk modstand og en kondensator samt en spole, sæt værdier ind og regn på tingene, lav vektordiagrammer (HUSK at strøm og spænding samt effektvektorerne ikke behøver at være i samme målestoksforhold, kun hvis du skal tegne dig ud af problemerne) og trekanter til du besvimer og kan stoffet.

HUSK...

at Modstands-
trekanter **KUN**
eksisterer ved
serieforbindelser.
Og at Modstands-
trekanter ikke findes i
parallelforbindelser

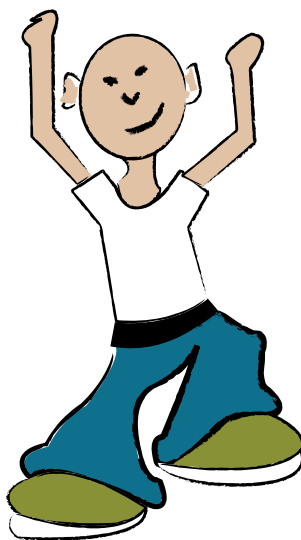


Noget af det **VIGTIGSTE** i alt dette, er at have 100% styr på hvordan spænding og strøm ligger i forhold til hinanden ved ohmske – kapacitive (kondensatorer) – induktive (spoler) belastninger.

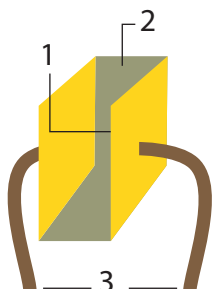
Det kræver, at du har fat i det fra starten og **IKKE** har for travlt med at jappe tingene igennem, og som før skrevet, der er kun en, du snyder.


Afslutningsvis, så er det mindre dumt at:

- Have styr på sine notater, og i det hele taget have orden på sine ting, så man ikke skal rode rundt for at finde tingene.
- At lave sin egen formelsamling med tegninger / vektordiagrammer m.m.



Hvad er en kondensator?



Kan du se, at den passer godt med tegningssymbolet? 

Figuren viser, hvordan en kondensator principielt er opbygget:
To elektrisk ledende plader.

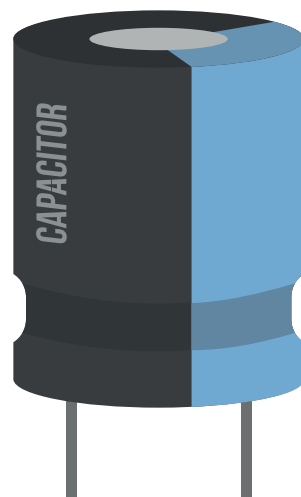
- 1) er anbragt parallelt og ganske tæt på hinanden, dog adskilt af et dielektrikum,
- 2) ... som enten er et vakuum eller et lag af et elektrisk isolerende stof. Kondensatoren har to tilledninger,
- 3) ... som er forbundet til hver sin elektrisk ledende plade.

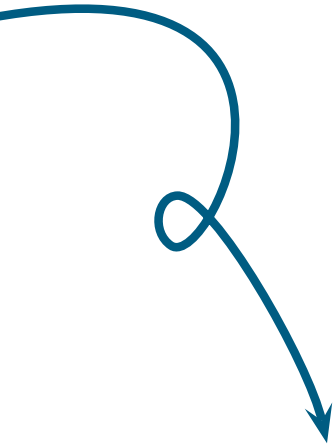
I praktiske kondensatorer er dette arrangement bygget eller støbt ind i en "indpakning" af plast, aluminium eller keramik, så blot de to tilledninger "stikker ud" af komponenten.

Kondensatoren og jævnstrømme —

Hvis man forbinder kondensatorens to tilledninger med en jævnstrømskilde, vil strømkildens positive pol trække de frie elektroner ud af den ene plade og fylde elektroner på den plade, der er forbundet til kildens negative pol. Der går altså en strøm i kredsløbet. Denne proces varer i praksis ganske kort – strømstyrken i kredsløbet falder eksponentielt mod noget nær nul.

Den plade, der er tilsluttet den positive pol, har nu et underskud af frie elektroner og får derved en positiv **elektrisk ladning**. Denne positive ladning





udøver en elektrisk tiltrækningskraft på det overskud af frie elektroner, som den anden (nu negativt ladede) plade har modtaget fra strømkildens negative pol.

Afbryder man nu forbindelsen mellem kondensatoren og strømkilden, vil de elektriske kræfter holde de frie elektroner "fast" i den negativt ladede plade, og derfor ligger der over kondensatorens tilledninger en spændingsforskel meget nær ved strømkildens polspænding.

I kondensatorer med kapaciteter under cirka 1 mikrofarad ($1 \mu\text{F} = 10^{-6}$ farad) "siver" denne opbevarede ladning dog hurtigt, blandt andet på grund af en indre elektrisk "utæthed" (kaldet tabsmodstand) i kondensatoren. Med en kondensator på et par tusinde mikrofarad og en lille **lommelygte**-pære kan man demonstrere den oplagrede elektriske energi ved at koble kondensatoren til pæren og konstatere, at denne lyser op et kort øjeblik: I løbet af det øjeblik "undslipper" elektronerne i den negativt ladede plade ud gennem pærens glødetråd og ind i den positivt ladede plade, og derved udligner forskellen i antallet af frie elektroner sig i de to plader. For en kort stund tjener kondensatoren altså som en strømkilde, der trækker en jævnstrøm igennem pæren.

Kondensatoren og vekselstrømme ~

Strømmen fra en vekselstrømskilde skifter retning med en vis **frekvens** (regelmæssig hyppighed), så hvis man kobler en kondensator til vekselstrømskilden, vil strømkilden "pumpe" frie elektroner, først fra den ene plade til den anden, og øjeblikket efter i den modsatte retning.

Så i modsætning til situationen med jævnstrømskilden bliver en vekselstrømskilde aldrig "færdig" med at fylde den ene og tømme den anden plade i

kondensatoren for frie elektroner – selv om der hele tiden løber en vekselstrøm i kredsløbet.

Det viser sig at kondensatoren – over for en vekselstrømskilde – udøver en slags **modstand**.

Til højre er givet den formelle sammenhæng – reaktansen X_C afhænger af to ting:

- Kondensatorens elektriske kapacitet C .
- Vekselstrømmens **frekvens** f (det antal gange, strømmen skifter retning pr. tidsenhed).

Denne egenskab anvendes i **analoge kredsløb** til at filtrere og "sortere" et signal efter frekvenser. Et eksempel er et stereoanlægs knapper for bas og diskant. Her anvendes en variabel **modstand** ("knappen") sammen med en kondensator til at forstærke eller dæmpe enten dybe eller høje toner (hhv. lave og høje frekvenser) mere eller mindre end andre toner/frekvenser.

Mål og egenskaber for kondensatorer

Den **elektriske kapacitet** for en given kondensator bestemmes af tre faktorer:

- Arealet af de to ledende plader: Jo større areal, desto større elektrisk kapacitet.
- Afstanden mellem de ledende plader: Jo mindre afstand, desto større elektrisk kapacitet.
- En egenskab kaldet dielektricitetskonstanten for det **vaku**um eller **isolerende** stof, der adskiller de ledende plader.

Kondensatorens reaktans

En kondensator med elektrisk kapacitet C (målt i farad) vil frembyde en vis reaktans X_C (målt i ohm) overfor en vekselstrøm med frekvens f (målt i hertz):

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot f}$$

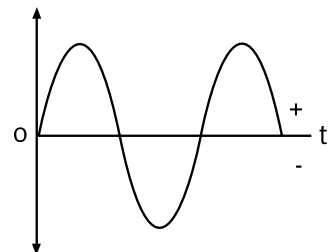
$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot X_C}$$

Impedansen Z i en ideel elektrisk kondensator er rent imaginær og negativ, idet

$$Z = \frac{-j}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot f}$$

hvor j er den imaginære enhed.



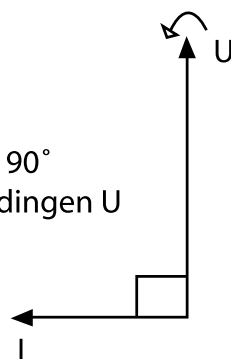
For at begrænse materialeforbruget søger fabrikanter af kondensatorer blandt andet at gøre afstanden mellem de ledende plader mindst mulig, men et meget tyndt isolerende lag mellem pladerne sætter en grænse for hvor store elektriske spændinger (potentialforskelle), der kan være mellem de to plader. Overskrides denne grænse, **ioniseres** det ellers isolerende materiale, og der opstår en kortslutning mellem de to plader – en "genvej" som den oplagrede elektriske energi straks benytter til at udligne ladningsforskellen. Derved udvikles varme, som kan "sammensvejs" de to ledende plader, så der opstår en permanent kortslutning i komponenten.

Kondensatorer leveres i praksis med oplysninger (som eventuelt kan være påtrykt komponenten, eller angivet ved en **farvekode** på komponentens ydre) om både kondensatorens elektriske kapacitet og den maksimale spændingsforskel, der må være over tilledningerne – det sidste for at undgå ionisering i og kortslutninger igennem det isolerende dielektrikum.

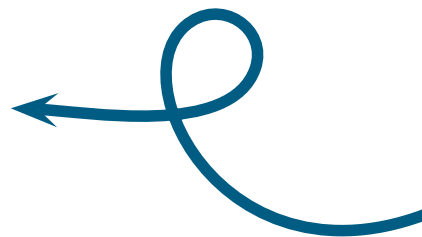
HUSK!

at en kondensator ved vekselspænding altid bevirker 90 grader i faseforskydningen mellem spændingen U og strømmen I .

Strømmen I 90° forud spændingen U



Hvad er en spole?



Det er
en induktiv
belastning.

Sådan virker en spole

Da man får mest selvinduktion ud af et givet stykke elektrisk leder ved at vikle det sammen til en "spole", består en elektrisk spole netop af et stykke sammenviklet metaltråd, som i de fleste tilfælde er en kobbertråd

En spole kan enten være lavet af kraftig ("stiv") metaltråd, som er viklet om en "spoleform" uden andet end tråden selv til at bære vægten – en sådan kaldes en luftspole. Eller en noget tyndere tråd kan være viklet på et lille "bærende stativ" af for eksempel plast.

I midten af spolen kan man anbringe en kerne af enten **jern** eller **ferrit** – tilstedeværelsen af en sådan kerne forøger spolens selvinduktion.

Spoler og jævnspænding —

Forbinder man de to frie ender af lederen i en spole til en jævnspænding, løber der i starten ikke nogen strøm – strømmen stiger i det, man kalder en lineær kurve, når der er tale om det, vi kalder en tabsfri spole eller ideel spole, som betyder en spole uden ohmsk modstand.

Hvis spolen har en ohmsk modstand, hvad de fleste spoler har, så vil strømmen først stige lineært og senere stige mod en maksimal værdi bestemt af spændingskilden og spolens modstand.

Mens strømstyrken tiltager, opbygger spolen et **magnetfelt** – man kan efterfølgende demonstrere, at spolen er magnetisk, og af samme grund kaldes en jævnspændingspole med kerne også for en **elektromagnet** eller **solenoid**.

Spoler og vekselspænding ~

Forbindes spolen til en vekselspænding, som vi ved skifter med hvis frekvens (her i Danmark har vi 50 Hz på nettet = i stikkontakten), behøver strømstyrken gennem spolen ikke nå op i nærheden af den maksimalt mulige. Dog løber der en vis vekselstrøm i spolen, og spolen fungerer i denne situation som en slags **"modstand" (reaktans)**, hvis størrelse afhænger af to ting:

- Spolens selvinduktion: Jo større selvinduktion, desto større modstand udvirker spolen.
- Vekselspændingens **frekvens**: Jo højere frekvens, desto større modstand for en given selvinduktion. På grund af denne egenskab bruges spoler ofte i radioteknikken sammen med **kondensatorer** (kombinationen kaldes **svingningskredse**) til at gøre eksempelvis en **radiomodtager** følsom for **signaler** inden for et bestemt **frekvensinterval** = radiokanal, for eksempel FM 94,5 MHz, og så ufølsom som muligt for alle andre frekvenser.

Formlen for en ideel spoles reaktive modstand (reaktive del af **impedansen**) som funktion af frekvensen:

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

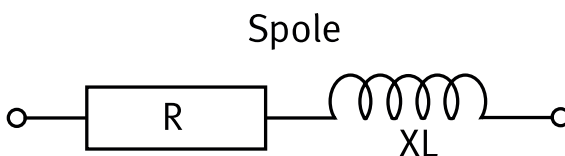
Hvor **X_L** er den induktive **reaktans**, **f** er frekvensen i **Hz = hertz**, og **L** er spolens induktans indsat i henry.

Mål og egenskaber for spoler

Selvinduktionen i en spole bestemmes af fire egenskaber ved spolen:

- Spolens vindingers diameter: Jo større diameter, desto større selvinduktion.
- Antallet af vindinger.
- Spolens bredde – jo smallere plads, vindingerne er lagt i – desto højere selvinduktion.
- Det materiale, der tjener som eventuel "kerne" i spolen. Nogle materialer (for eksempel jern) vil øge selvinduktionen med helt op til 10.000 gange. Ved at anvende en tynd tråd kan man vikle en spole med mange vindinger i samme rumfang i forhold til en spole med tykkere tråd og derigennem opnå en stor selvinduktion. Imidlertid vil der være en vis (utilsigtet) elektrisk modstand, og denne såkaldte tabsmodstand "forringer" spolen på to måder:
 - Når spolen gennemløbes af en elektrisk strøm, går en del af den elektriske energi tabt som varme, der udvikles i spoletråden på grund af den utilsigtede ohmske modstand. Bruges spolen i førnævnte **radiomodtager**, bliver **det afstemte kredsløb** mindre følsomt over for signaler med den ønskede **frekvens** og for følsomt over for signaler, der frekvensmæssigt ligger tæt på den ønskede frekvens. Man siger også, at spolens **godhed** mindskes.

En spole består altså af en **ohmsk (Ω)** del, og en **induktiv (XL)** del.





Vi går videre og graver os ned i emnet og skynder os stadig langsomt!

Hvis der i en opgave står, at der er tale om en tabsfri spole eller ideel spole, så er der kun tale om den induktive del = **XL**, og du skal se **BORT** fra den ohmske del **R**, når du regner opgaven.

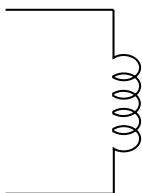
**HUSK
DET!**

Vi tager et kredsløb over en spole og ser på det ligesom med kondensatoren.

Og for god ordens skyld, så kan du jo ikke tage den ohmske og den induktive del ud af en spole og "kigge" på dem.

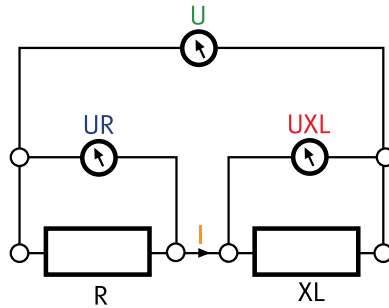
Det er **KUN**, når vi tegner disse, at det kan lade sig gøre. Hvis du er i tvivl om dette, så tag en spole og se, om du kan pille den ohmske del ud af spolen.
NEJ VEL?

Der sidder altså ikke en lille modstand et eller andet sted på kobbertråden inde i spolen. (Hvis du er i tvivl, så split en spole ad og se, om du kan finde en lille modstand et eller andet stede på tråden, som spolen er viklet af).



Tag et stykke kobbertråd og lav din egen spole, og nej vel, der er ikke nogen modstand sat ind et eller andet sted. Det er jo selve kobbertråden, som har en modstand.

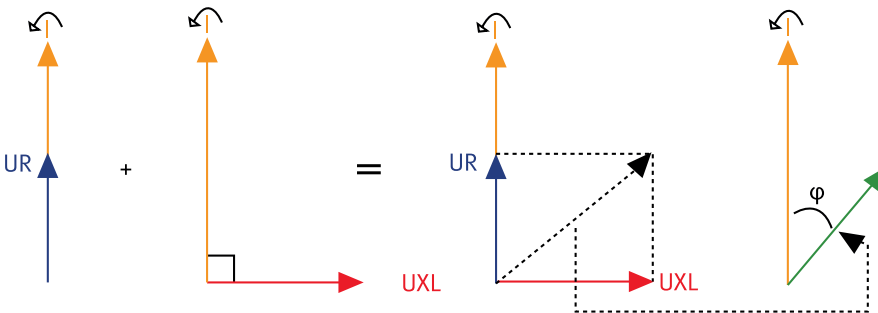
Vi tegner altså spolen med en ohmsk del R og en induktiv del X_L (altså er spolen ikke tabsfri eller ideel = uden den ohmske del).



Igen ses det tydeligt, at strømmen (I) og spændingen (U) ligger i fase over den ohmske del af spolen.

Og her ser vi, at strømmen og spændingen er 90° grader forskudt. Og i forhold til en kondensator kommer spændingen (U) **EFTER** strømmen (I).

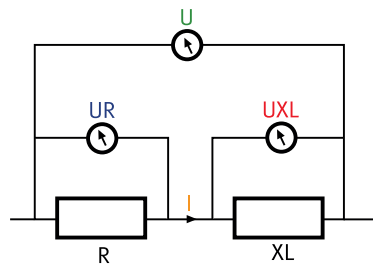
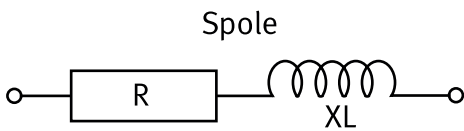
Som med kondensatoren og den ohmske modstand lægger vi de to vektordiagrammer sammen til et.



Som det fremgår, så er vinklen φ blevet mindre. Fra at være 90° grader, når vi snakker/regner med en tabsfri spole, til en vinkel, som er mindre, når vi regner med den ohmske del, som rent faktisk er til stede i spolerne.

Husk altid at se ordentligt efter i dine opgaver, om det er en tabsfri spole, eller **IKKE**.

Er det en tabsfri spole, så er det jo lige ud ad landevejen...



Er det **ikke** en tabsfri spole, så er det jo bare en induktiv **XL**-del i serie med en ohmsk del **R**.

Tabfri spole = 900 graders faseforskydning mellem U og I.

Almindelig spole = mindre end 900 graders faseforskydning mellem U og I.

Afslutningsvis, så er det mindre dumt at:

- Have styr på sine notater, og i det hele taget have orden på sine ting, så man ikke skal rode rundt for at finde tingene.
- At lave sig egen formelsamling med tegninger og vektordiagrammer m.m.

Elektronik

Det er en rigtig god idé, hvis du – inden du går i gang med dette afsnit – har læst:

- Fremstilling af elektricitet
- Ohms lov
- Jævnstrømsteori
- Vekselstrømsteori

Du er omgivet af elektronik – du vader i elektronik for at sige det mildt. Hvis vi fjernede al elektronikken med et snuptag, så ville vi være tæt på at befinde os i stenalderen igen.

Som elektriker er du ikke kun omgivet af elektronik – du arbejder med elektronik. Nogle elektrikere har dagligt elektronikken tæt inde på livet, mens andre arbejder med elektronikken mere spredt.

Men én ting er sikkert – alle elektrikere kommer til at arbejde med elektronik på den ene eller anden måde. Flere og flere af de komponenter, vi bruger i vores daglige arbejde som elektrikere, indeholder elektronik i større eller mindre omfang.

På følgende sider kan du læse om elektronik og eksempler på, hvor elektronikken finder sin anvendelse i elektrikerens verden.



Elektronik i forbindelse med styring og regulering

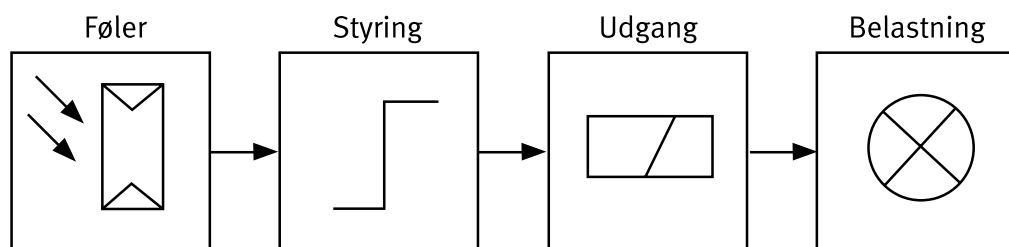
1

I det næste afsnit skal vi se på noget af den elektronik, du som elektriker vil støde på, især i dit arbejde med automatiske anlæg, der styres eller reguleres. Her vil du komme til at stifte bekendtskab med megen elektronik og blive præsenteret for nogle af de mest anvendte elektroniske komponenter.

Men lad os først slå fast hvad forskellen på en styring og en regulering er:

Styring

En **styring** skal forstås som et kredsløb, som omsætter et målt signal. Dette sker typisk fra en elektrisk eller mekanisk føler, eventuelt forstærkes signalet, til en handling, der styrer en brugs-genstand/en proces, til enten at være tændt eller slukket (On-Off). Målingen på føleren foregår ikke på selve processen men andet steds fra.



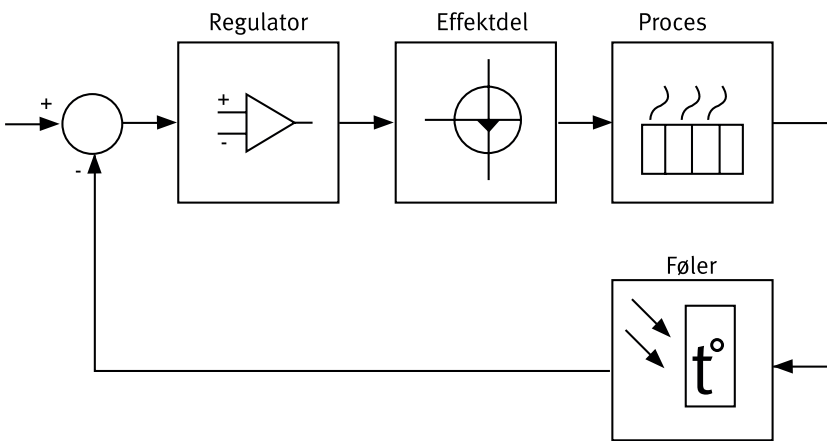
Det kan godt være lidt svært at overføre styring til noget, der er let at forstå, men lad os prøve.

Forestil dig at du får en snebold lige i femøren – det føler du ikke er særlig behageligt. Du styrer nu

din arm for at kaste en snebold tilbage, og det med en så stor udgangsbalastning som muligt, og kaster snebolden tilbage. Altså vi har en styret proces.

Regulering

En regulering skal forstås som et kredsløb, som igen omsætter et målt signal, men denne gang ofte til et variabelt udgangssignal, som regulerer belastningen til forskellige tilstande. Denne gang foregår målingen på selve processen, og derfor må det målte signal fra føleren hele tiden sammenlignes med den ønskede værdi (set-punkt).



Vi prøver med snebolden igen

Forskellen fra styringen er, at her sidder der en føler, som sættes til at styre – i dette tilfælde sneboldens temperatur – som via set-punktet reguleres, så snebolden, der modtages (lige i femøren), har samme temperatur som den, som sendes og kastes tilbage igen.

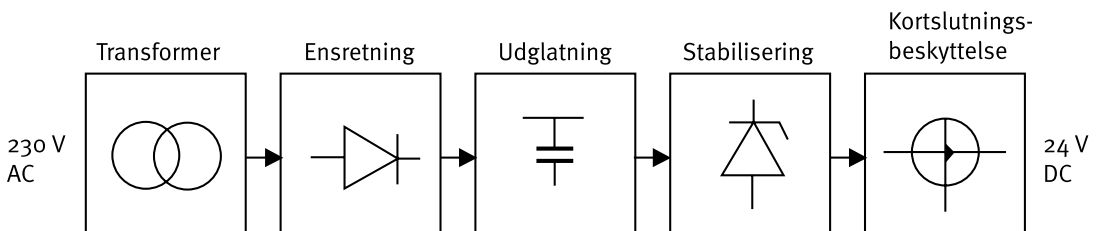


2

Strømforsyning

Egentlig et lidt underligt ord, det burde vel hedde spændingsforsyning, men det skal vi ikke lade os forvirre af, når bare du ved, at begge ord dækker over det samme.

De forskellige komponenter til styring og regulering stiller varierende krav til den spænding/strømforsyning, som skal sørge for driften af komponenten. Når du står med en føler i hånden, og den skal monteres til en styring, er det derfor uhyre vigtigt at aflæse mærkepladen eller databladet for komponenten og hente oplysning om, hvilken spænding, føleren arbejder med. Der stilles derfor tit krav om, at du skal have fundet en strømforsyning, som tilpasser forsyningsselskabets leverede 230/400 V AC-spænding til en lavspænding på fx 5 – 12 – 24 V DC-spænding.

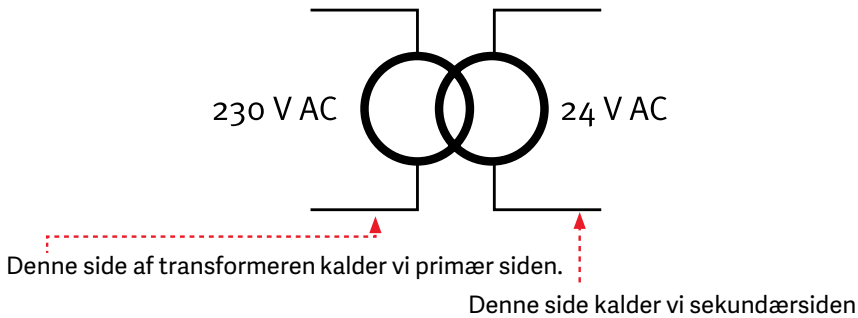


Strømforsyninger opbygges med en transformer, der omsætter vekselspændingen fra 230 V til eksempelvis 12 V, men det er altså stadig en vekselspænding, og uden at forvirre mere end nødvendigt, så kan du også få transformatorer, som går den anden vej med spændingen, for eksempel fra 230 V til 10.000 V. En transformer omsætter/transformerer op eller ned, ikke så meget hokus-pokus her.

Men som i alt andet i vores verden som elektriske, så er transformer-“verdenen” stor, og hvis du vil dyrke området lidt mere, så findes der fine lære-

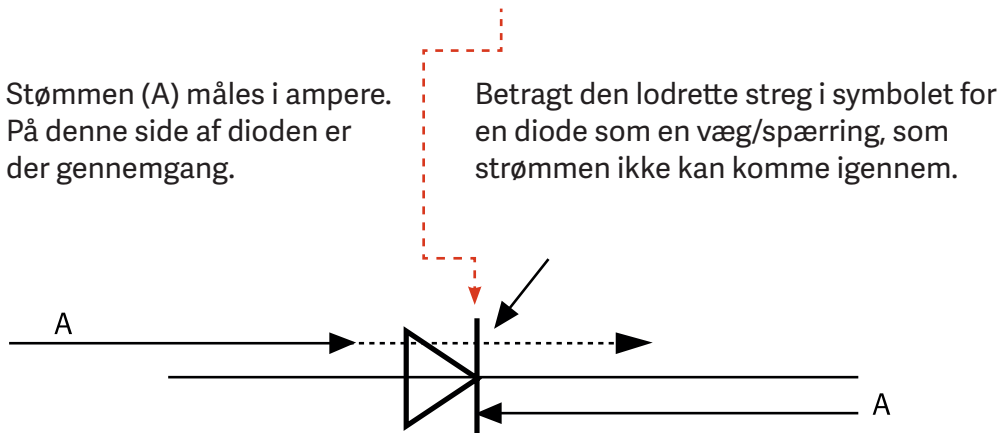
bøger om emnet – ellers prøv at skrive transformator og søg på nettet.

Her kan du se symbolet for en transformator med spændinger påsat.



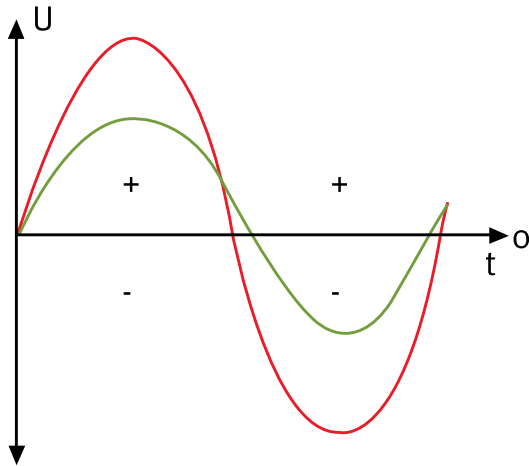
Nu skal spændingen omformes til en jævnspænding. Vi bruger dioder/ensrettere – sådan en fyr kaldes en halvlederkomponent, og den er oftest fremstillet af silicium, der har den egenskab, at den kun tillader strømmen at passere i én retning.

Rent forståelsesmæssigt, så virker dioden således:



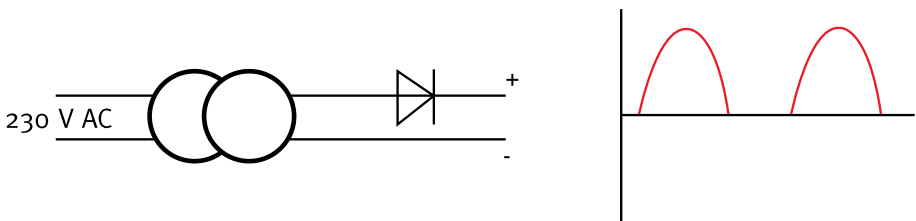
Her kan du se, at strømmen kun kan passere i en retning; fra venstre mod højre i dette tilfælde. Det betyder, at kun den ene halvperiode af vekselspændingen slipper igennem dioden.

Det sker med en brokobling bestående af 4 dioder.



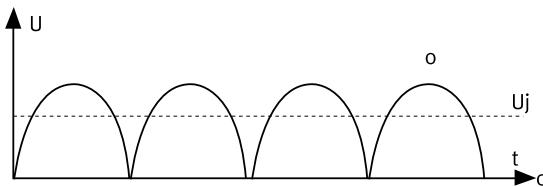
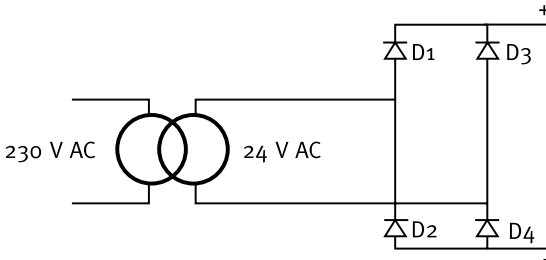
Vi ved fra vores vekselspændingsteori, at spændingen og strømmen har et sinusformet forløb, henholdsvis på plussiden og negativsiden af nullinjen.

Så kan vi også se, at ved hjælp af ensretningen med 1 diode, så ensretter vi, og får kun plussiden med fra sinuskurven – siden er ensrettet væk så at sige.



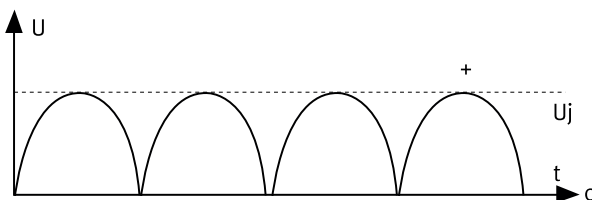
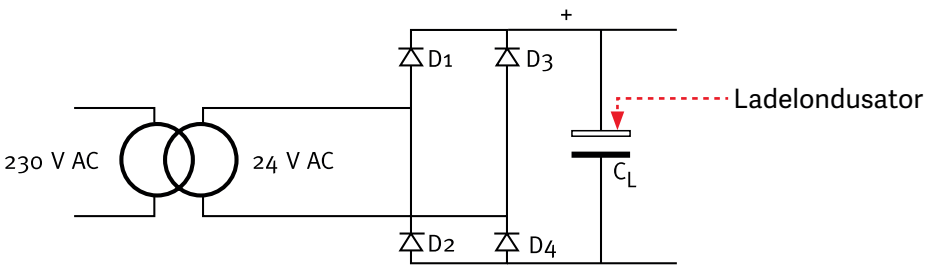
Som det tydeligt ses på kurven, så er det ikke en særlig brugbar spænding, som godt nok er en plusspænding, men hvor der er pauser i spændingen, så kommer der klumper i så at sige. Men som alt andet inden for den store el-verden, så der også en løsning på dette.

Vi tager 4 dioder/ensrettere og laver det, som kaldes en brokobling, og med 4 dioder i en brokobling sikrer vi, at begge halvbølger udnyttes – det er faktisk ret smart.

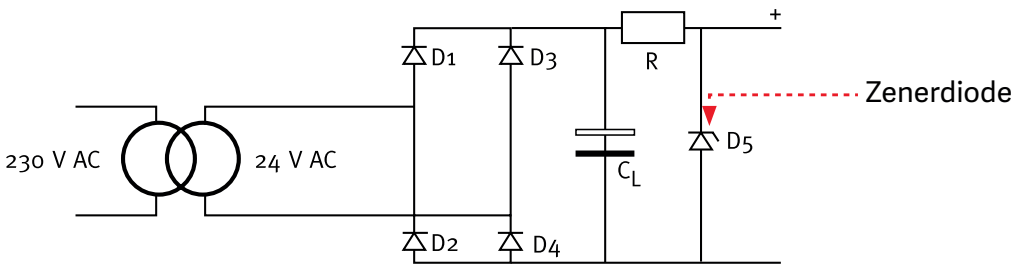


Som det ses er bølgerne nu kun på +(plus)

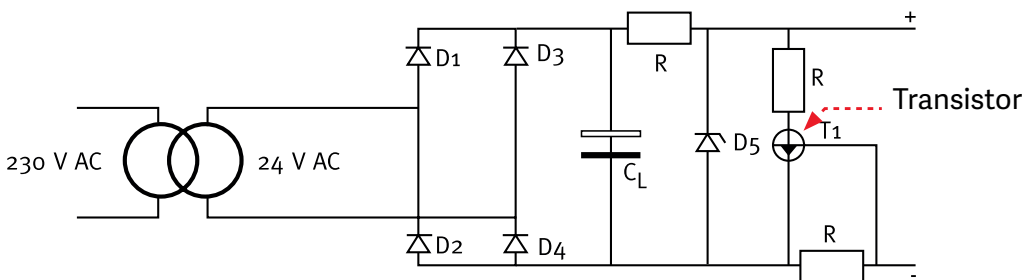
Det er stadig en meget pulserende, men dog nu en jævnspænding, der er fremkommet uden pauser. For at få glattet spændingen mere ud indgår der ofte ladecondensatorer, der udglatter jævnspændingen, så den udglattes.



Det er jo ikke kun på sekundærsiden af en transformer, vi har problemer, når vi ensretter. På primærsiden kan i dette tilfælde netspændingen på de 230 V også variere en del. Prøv bare at kontrollere det med en måling. Derfor kan der i strømforsyningen indbygges stabiliseringskredsløb, som for eksempel kan bestå af en ohmsk modstand og en speciel diode benævnt en Zenerdioder. Zenerdioden har den egenskab, at når den "åbner", sørger den for en stabil udgangsspænding selv ved varierende forsyningspænding.



Til slut vil vi lige berøre kortslutningssikkerheden. Hvis strømforsyningens udgang skal være kortslutningssikker, og dermed beskytte de elektroniske kredsløb mod at brænde af, kan der i enheden indbygges kredse med transistorer, der kan afbryde for udgangsspændingen, hvis udgangen udsættes for en kraftigere strøm end det, som de indbyggede komponenter kan tåle.

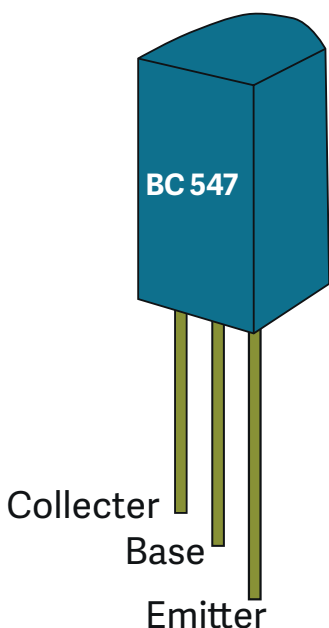


Transistoren er også en halvlederkomponent. Den anvendes stort set i alt elektronisk udstyr, dels som en statisk kontakt og som et forstærkerelement.

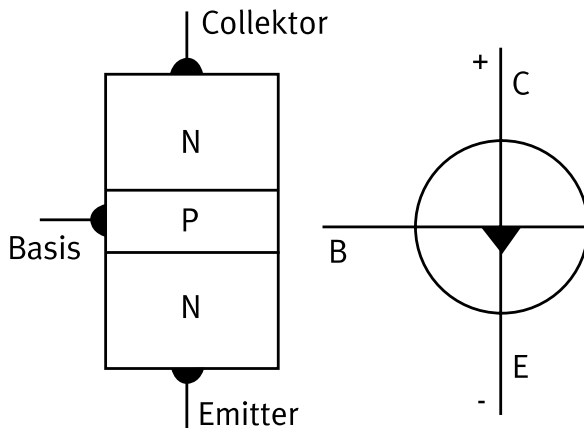
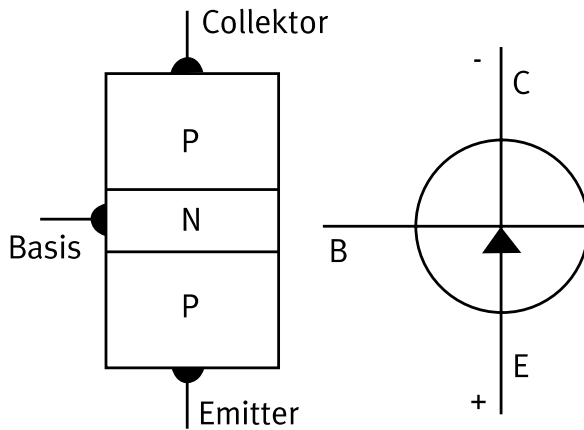
Fik du den med? Altså kan en transistor bruges som:

- Statisk kontakt, altså som afbryder, dog uden mekanisk afbrydelse.
- Forstærker – altså, til at forstærke et signal.

Der er IKKE en lille kontakt inde i transistoren.



Transistorer har tre tilledninger (basis, collector og emitter). En almindelig transistor er faktisk en udvidelse af dioden. Udvidelsen sker ved, at man enten tilføjer dioden et N-lag eller et P-lag. I det første tilfælde får man en NPN-transistor. I det andet tilfælde får man en PNP-transistor. De to transistortyper fungerer ens – de skal blot vendes modsat i forhold til strømkildens plus og minus.



Man kan sammenligne transistoren med en modstand, der kan reguleres. Strømstyrken fra collector til emitter er afhængig af modstandens størrelse, som reguleres med basisstrømmen. Jo større basisstrøm, jo mindre er modstanden i transistoren.

Som statisk kontakt sørger transistoren for at ind- og udkoble signaler, helt uden at der foregår nogen mekanisk bevægelse, men til gengæld ved at halvlederlagene i transistoren sørger for at åbne og afbryde for strømgennemgang.

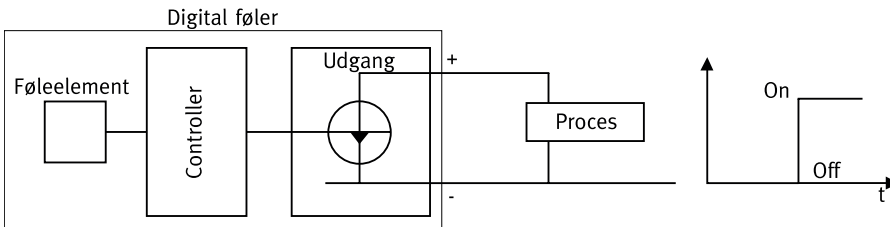
3

I styrings- og reguleringsverdenen møder du både komponenter, der arbejder med **digitale og analoge værdier**.

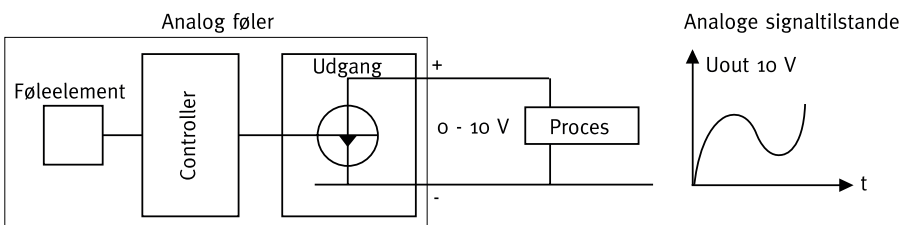
De digitale komponenter arbejder med signaler, der udelukkende kan antage 2 værdier, henholdsvis en On-tilstand og en Off-tilstand. Du kan sammenligne disse tilstande med en ganske almindelig afbryder: Når du aktiverer afbryderen, svarer det til en On-tilstand, og når du slukker for afbryderen, har du en Off-tilstand.

De 2 tilstande svarer normalt til 2 spændingsværdier – det kunne for eksempel være en On-tilstand på 12 V og en Off-tilstand på 0 V.

Digitale, elektroniske følere vil derfor i deres udgangskreds typisk have enten et relæ siddende, der giver On/Off-tilstande, eller en statisk afbryder i form af en halvlederkomponent, som uden bevægelige dele sørger for de 2 tilstande.



En analog komponent, derimod, arbejder med signaler, der varierer, for eksempel mellem 0 – 20 mA, 4 – 20 mA, 0 - 10 V.



Hvis det analoge følelement, for eksempel en lyssensor, registrerer en ændring i dagslyset, vil sensorens transistor ændre sin udgangsstyring, der er fastlagt imellem 0 og 10 V. Denne spændingsændring overføres så til processoren. I et belysningsanlæg ville det ofte være til en HF-spole (HF = Høj Frekvens), som ændrer på frekvensen til belysningen, som derved ændrer sig.

Der er her tale om en analog styring af lyset ved hjælp af analoge signaler.

4

Følertyper

Du vil i din tid som elektriker komme til at arbejde, tilslutte, montere og udskifte en række forskellige følere.

Vær lige opmærksom på, at følere i mange sammenhænge benævnes med det engelske ord "sensor". Vi vil her gennemgå nogle af de mest anvendte følere, som anvendes ved bygnings- såvel som industriinstallationer.

Bevægelsesføler

Kendes også under navnet PIR-sensor (Passive Infrared Receiver = passiv infrarød modtager). Denne føler måler på den infrarøde udstråling fra mennesker, og når der derfor passerer personer på tværs igennem PIR-sensorens søgefelt, vil føleren modtage (receive) en information, som derefter kan sætte en handling i gang.

Denne følertype har fundet stor anvendelse hos private, eksempelvis til at tænde for indgangs-belysningen til boliger, men også på kontorer, i skoler og industrimiljøer. Den anvendes også til energibesparelsesformål, for eksempel til at slukke for belysninger og andre elektriske genstande, når der ikke er personer i lokalet.



Lysføler

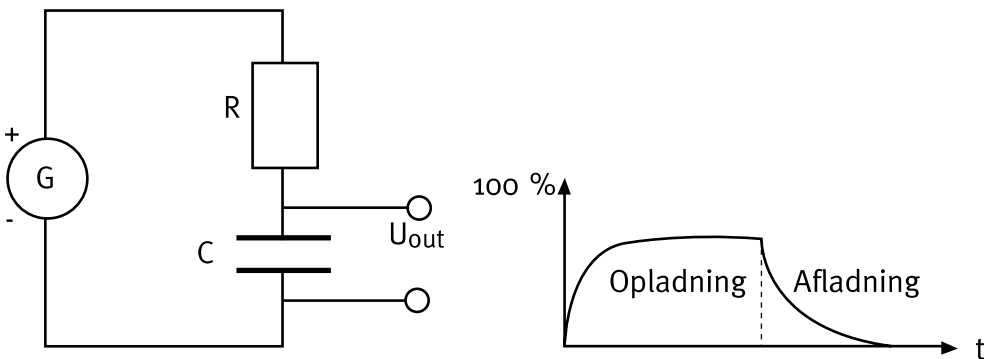
Der stilles i samfundet store krav til energibesparelser, blandt andet i form af energibesparende el-installationer. Det krav har kun en retning – det bliver større og større. I den forbindelse har lysføleren fået en overordentlig stor og vigtig rolle.

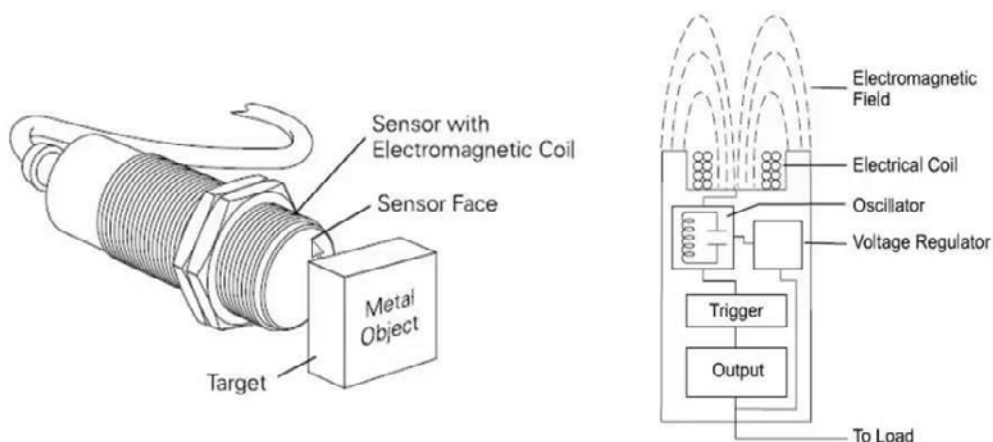
Denne føler placeres af elektrikereren, sådan at den måler dagslystyrken. Når en bestemt indstillet værdi overskrides, afgiver føleren et sluk- eller tænd-signal til de styreenheder, der ind- og udkobler belysningsanlægget.

Selve føleelementet er en lysfølsom modstand, LDR (Light Defensive Resistor), som ændrer sin modstandsværdi ved bestråling af lys. Modstandsændringen forårsager så en ændring i strøm-kredsløbet, som så igen udløser et elektrisk signal fra føleren.

RC-tidsled

Indbygget i disse følere sidder der også placeret et kredsløb, der kan tidsforsinke signalet. Det er jo hensigtsmæssigt at vente et lille øjeblik på, at udendørsbelysningen virkelig har ændret sig. Dette kredsløb er typisk opbygget som et RC-led, altså et kredsløb med en modstand, R , og en kondensator, C .





Induktiv føler

Induktive følere (proximity sensor) og kapacitive følere, også kaldet nærhedsfølere, kan du anvende, når der er behov for aftastning, uden at føler og det emne, der skal aftastes, berører hinanden. Disse følere anvendes typisk til at omsætte funktionsbevægelser fra bearbejdnings- og produktionsmaskiner til elektriske signaler.

Pt100-føler

Som eksempel på en typisk analog føler kan nævnes en Pt100-føler. Det er en platin-temperatursensor. For de fleste rene metaller gælder det, at deres elektriske modstand stiger med temperaturen. Til modstandstermometre foretrækker man materialer, som let lader sig trække i tråde, og som har en stor temperaturkoefficient.

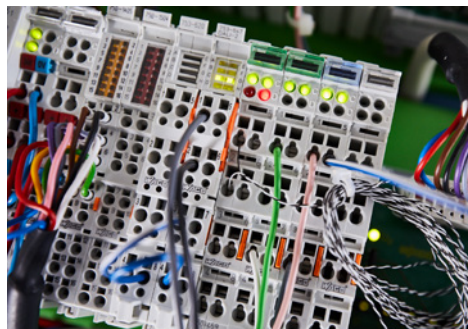


Modstandsændringen stiger næsten lineært i takt med temperaturstigningen, således at en forstærker efterfølgende kan regulere sit udgangssignal, for eksempel mellem 0 og 10 V.

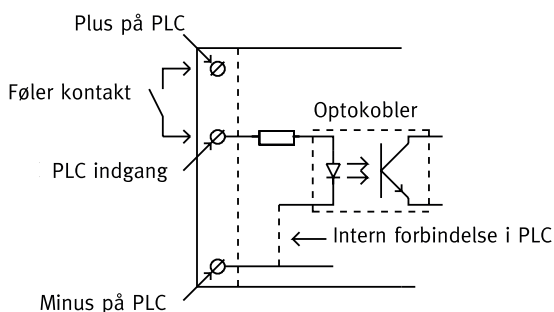
5

En af de opgaver, du både i uddannelsen og i dit arbejde som elektriker kommer til arbejde med, er installation af PLC og installation af de dertil tilsluttede indgangs- og udgangskomponenter.

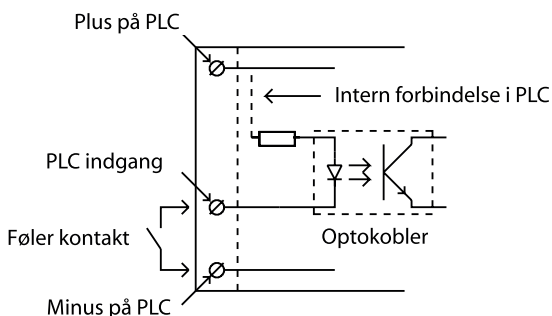
PLC-indgange kan være med positiv logik, hvilket vil sige, at PLC'en reagerer, når indgangssignalet forbindes mod + fx 24 V og med negativ logik, hvor indgangen forbindes til minus fx 0 V.



PLC med positiv logik

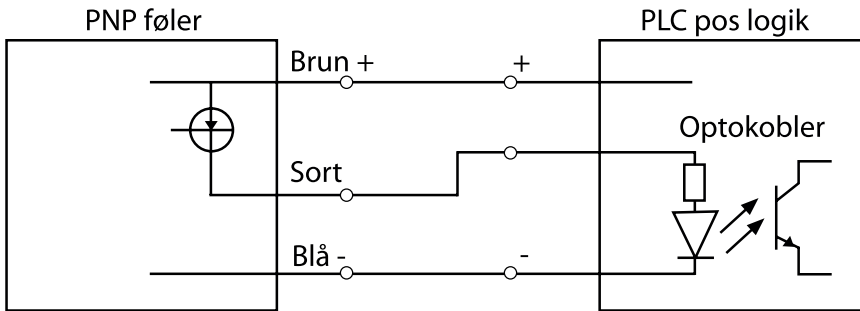


PLC med negativ logik

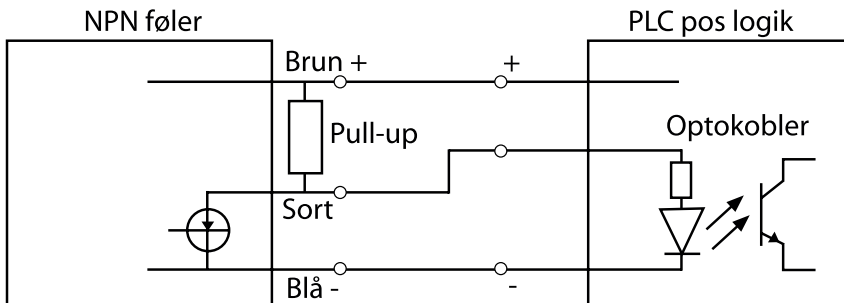


I PLC'ens indgangskredsløb finder du typisk en optokobler – en komponent, der sørger for en galvanisk adskillelse mellem indgangskredsene og PLC'ens interne kredsløb.

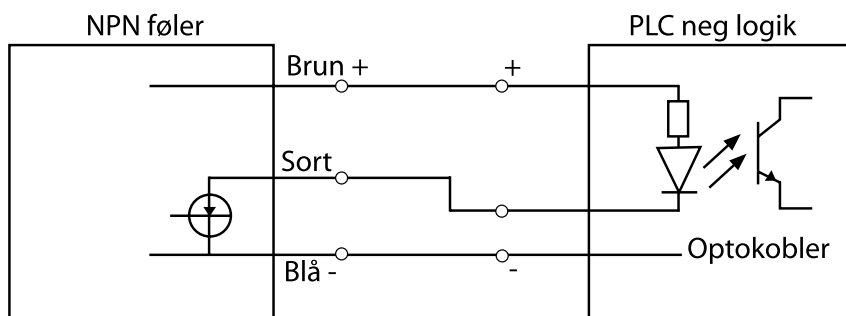
Når du så skal tilslutte føleren til PLC-indgangen, er det derfor vigtigt at se på følerens udgangskredsløb. Har føleren en NPN- eller en PNP-transistor i udgangen? Derved kan du komme ud for 4 forskellige indgangsforbindelser til en PLC.



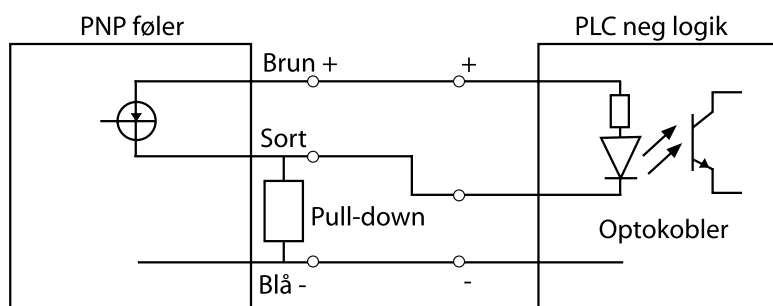
Hvis en PNP-føler skal tilsluttes en PLC med positiv logik i indgangen, kan du normalt foretage tilslutningen direkte. Når følerens udgangstransistor går On, vil den lægge + DC på PLC'ens optokobler-indgang, der derved ligeledes går On.



Er der derimod tale om en NPN-føler, der skal tilsluttes en PLC med positiv logik, er du nødt til at montere en pull-up-modstand. Denne modstand sørger for, når følerens transistor er Off, lægges der +DC på PLC'en, der nu er On. Når følerens udgangstransistor går On, lægges der - DC på optokobleren, der går Off. Signalet i PLC'en virker derfor omvendt i forhold til følerens signal.



Med en NPN-føler og en PLC med negativ logik kan der forbindes direkte.



PNP-føler til en PLC med negativ logik kræver derimod en pull-down-modstand, som her "trækker" PLC-indgangsspændingen ned til – DC og dermed går On, når følerens transistor er Off.

Puha, det var så lidt elektronik set fra en del af arbejdet med denne som elektriker. Som altid, så er det en MEGET større verden, end vi regner med.

Elektronikverdenen er ikke kun en verden, men et helt univers.



Som elektriker skal du vide lidt om elektronik – du skal vide, hvorfor du ikke bare kan belaste eksempelvis en PLC-udgang med hvad som helst. Du skal ikke se måbende ud, når du læser, at denne lysstyring klipper på bagkanten af sinuskurven ved hjælp af en transistor og forkanten ved hjælp af en triac, og hvorfor du kun kan dæmpe glødelys ved hjælp af denne lysdæmper mv.

Temperaturfølere (termofølere)

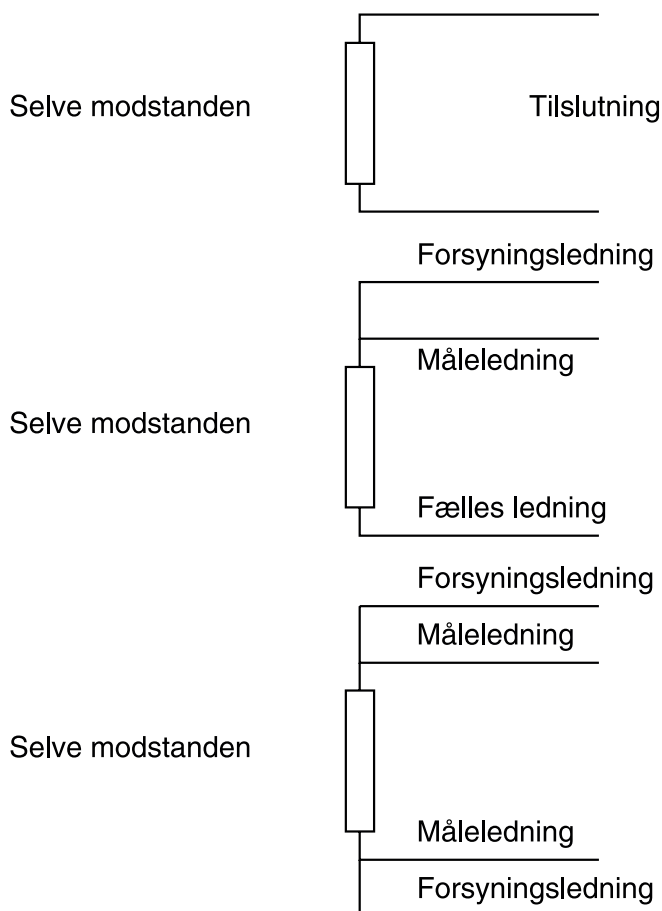
Generelt kan man sige, at der findes to forskellige måder at måle en temperatur på. Enten ved hjælp af en temperaturafhængig modstand eller en termocoupler. Som temperaturafhængig modstand anvendes ofte Pt-serien (Pt100, Pt500, Pt1000). Ved brug af en termocoupler anvendes ofte type J eller type K.

En Pt100 har ved en temperatur på 0°C en modstand på 100 ohm. Hvis temperaturen stiger, stiger modstanden også. En meget vigtig detalje er, at denne modstandsændring sker lineært.

Når man anvender en Ptxxx er det vigtigt, at man vælger den rigtige type, som er beregnet til det, som man skal måle temperatur på/i (væske, luft, faste stoffer, mv.).

Ptxxx-følere

Ptxxx fås elektrisk i tre forskellige udgaver. En to-, en tre- og en firetrådsmodel.



I det første tilfælde sker forsyningen til føleren (modstanden) gennem samme ledning-er, som man ønsker at måle den aktuelle modstand med. Dette har den ulempe, at man kommer til at måle både modstanden i følerens tilledninger og selve følerens modstand. Dette vil selvfølgelig give en uønsket afvigelse.

Dette kan der rådes lidt bod på ved at udstyre føleren med tre ledninger, hvor man så sørger for,

at der i måleledningen går en strøm, der er gående mod 0. Herved opnår man det, at spændingsfaldet over måleledningen bliver 0, og man måler nu mere nøjagtigt. Det spændingsfald, der er over fællesledningen, kan regnes ud, da man jo i denne opstilling kan måle spændingen over forsyningsledningen og så kompensere for dette tab.

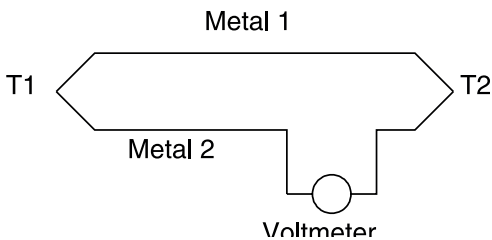
Hvis man ønsker meget nøjagtige målinger, bruger man firetrådsmodellen. Her forsynes føleren gennem de to forsyningsledninger og måler modstanden mellem de to måleledninger, hvori man sørger for at strømmen, og dermed også spændingstabet, er gående mod 0. Disse to måleledninger er tit snoede, fordi man så i målesystemet kan filtrere støj fra. Et sådant målesystem kaldes en differentialforstærker eller en instrumentationsforstærker.

Termocouplere

En termocoupler virker efter følgende fysiske princip: Holdes to kontaktsteder (loddesteder) mellem to forskellige metaller ved forskellig temperatur, opstår der en strøm i kredsen. Denne effekt kaldes også for Seebeck-effekten efter navnet på opdageren.

Hvis T1 er lig med T2 er strømmen i kredsen 0, hvilket betyder at man med en termocoupler ikke kan måle en absolut temperatur, men kun en temperaturforskil.

Når man skal anvende termocouplere til at måle absolutte temperaturer, er det nødvendigt at holde det ene målested på en kendt temperatur, eller på anden måde lave en kompensation.



Hvis man i denne opstilling holder T2 på 0°C, i for eksempel et isvandsbad, vil det være muligt at måle den absolutte temperatur ved T1.

De spændinger, man arbejder med i sådanne termocouplere, er meget små, for eksempel giver en type J-føler kun 53(V/°C (mikrovolt). Til gengæld er termocouplere meget ufølsomme over for støj.

Fordele og ulemper ved Ptxxx og termocouplere

PtXX

Fordele

Relativt billige.

Nemme at tilslutte.

Robuste.

Kan forlænges med almindelig ledning.

Kan måle absolut.

Ulemper

Er relativt langsomme.

Fylder meget.

Begrænset temperatur-område -70°C - 650°C

Egen-opvarmning på grund af målestrømmen

Termocouplere

Fordele

Kan måle fra -250°C - 1500°C.

Er meget hurtige.

Fylder meget lidt.

Har ingen egentopvarmning.

Er meget nøjagtige.

Ulemper

Relativt dyre.

Arbejder med meget små signalstørrelser.

Kan kun måle forskel.

Kræver speciel indgangsforstærker.

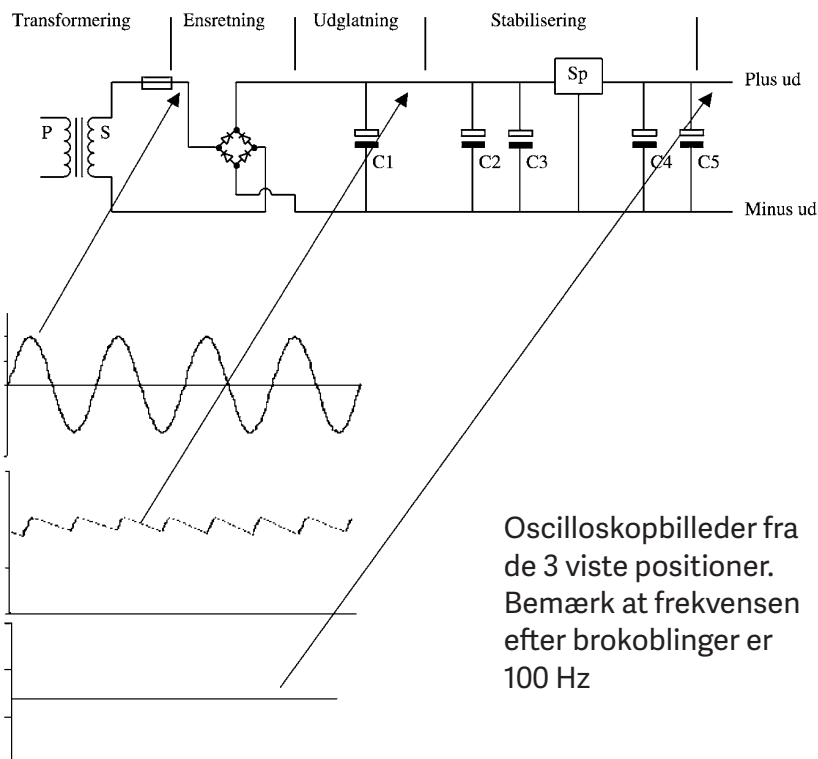
Kræver specialkabel ved forlængelse af følerledning.

Ensretning

Til ensretning anvender man dioder. Disse dioder bliver også kaldet ensrettere, ens- retterdioder, men det er den samme komponent, man taler om. Dioder er enten frem- stillet af grundstoffet silicium (Si), eller af grundstoffet germanium (Ge). De dioder, der anvendes til ensretning, er alle af silicium. Germaniumdioder anvendes i for eksempel radioer, mobiltelefoner i forbindelse med modtagelse af signaler.

Dioden har den samme funktion som en kontra-ventil, hvilket vil sige, at strømmen kun kan løbe den ene vej igennem dioden. Den anden vej spærrer den.

Ved ensretning omsætter man en vekselspænding til en jævnspænding. Dette sker i fire trin.



Sp er en spændingsregulator. Disse spændingsregulatorer kan fås til mange forskellige spændinger og strømme, eksempelvis 12V 1A, 24V 3A. mv. De mest kendte er 78XX-serien. Hvor XX står for spændingen, så 7812 er en 12 volt spændingsregulator. Kondensatoren C1 er udglatningskondensatoren, eller populært ladelytten. C2 - C5 er nødvendige kondensatorer, for at spændingsregulatoren kan fungere.

Normale fejlmuligheder

- Spændingsregulatoren er brændt af på grund af for dårlig køling sammen med for stor belastning.
- Spændingsregulatoren er brændt af, fordi en af kondensatorerne C2 - C5 er i stykker. Brokoblingen er brændt af på grund af for stor belastning.
- Sikringen er gået.

Normal reparationsprocedure

1. Mål om der er spænding på transformatorens sekundærside, hvis ikke så gå baglæns, indtil fejlen findes.
2. Hvis der er spænding på transformatorens sekundærside og sekundærsikringen er i orden, så udskift brokobling og spændingsregulator, samt check at kondensatorerne C2-C5 er OK.

PS! Udskift altid brokobling og spændingsregulator samtidig.

Netværk

Følgende afsnit beskriver det mest grundlæggende, inden man skal i gang med lave et netværk.

- Først gennemgås teorien, der ligger bag nutidens datatransmission.
- Så følger en beskrivelse af, hvorledes et netværk fysisk er sammensat.
- Hvorefter ses på de protokoller, der oftest anvendes.
- Afslutningsvis gennemgås den hardware, som benyttes i netværk.

Netværksforståelse er nødvendig for dig, som arbejder som elektriker. Hele tiden kommer der nye produkter, som skal på et netværk og have en TCP/IP-adresse og kommunikere over et netværk.

Se bare i forskellige kataloger med elektrisk udstyr – her kan man finde tyverialarmer, tv-overvågningsudstyr, intelligente bygningsinstallationer og meget mere, som i stedet for en traditionel installation kommunikerer over Internettet og altså er koblet på Internettet hele tiden.



Både i det private, men også det erhvervmæssige vokser behovet hver dag for, at forskellige typer produkter skal kommunikere sammen på et netværk. Lige her og nu kan det være svært at se, hvad vi skal bruge mere båndbredde/hastighed til, for eksempel derhjemme, men vi skal jo ikke nøjes med at se, hvad vi har

brug for i dag. Vi skal på bedste vis se ud i fremtiden, og det behov vi får. Altså på bedste vis fremtidssikre mulighederne.

I et ganske almindeligt hjem i dagens Danmark findes der mange kommunikationsveje, og når de stille og roligt skal samles på ét medie, nemlig netværket, så bliver der brug for større hastigheder. Lad os tage noget så selvfølgelig som TV og alle de kanaler, vi har via antenner, parabler og digitalt, som vi nu streamer via nettet.

Uden at skulle gå ind i en større teknologisk diskussion, så er medierne TV og telefoni med til at gøre behovet større, end mulighederne på nettet i dag giver os. En sammenligning kunne være, at vi har Formel-1-biler men kun grusveje at køre på.



Lidt eksempler på hvad ting fylder, og hvor lang tid det tager at downloade ved forskellige hastigheder og løsninger med fysiske medier.

	Kobber			FTTH			Fiber max
MB og GB FTTH Fiber to the home = (fiber helt ud til hjemmet)	56 Kb's modem	256 Kb's modem	2048 Kb's model ADSL	10 Mb/s	100 Mb/s	1 Gb/s	40 Tb/s
Foto 1 Mb	143 sek.	31.3 sek.	4 sek.	0.8 sek.	0.08 sek.	0.008 sek.	0 sek.
Service pack 2 win XP 200 Mb	28600 sek. ~ 8 timer	6260 sek. ~ 2 timer	783 sek. ~ 13 min.	160 sek. ~ 3 min	16 sek.	1.6 sek	0 sek.
DVD spillefilm 4,7 Gb	672100 sek. ~ 8 døgn	147110 sek. ~ 40 timer	18389 sek. ~ 5 timer	3760 sek. ~ 1 time	267 sek. ~ 6.5 min.	37.6 sek. ~ 1/2 min.	10 ms ~ 1/100 sek.

Lad os se lidt på disse tider, og hvordan de er fremkommet.

Eksempel:

Vi tager eksemplet med et foto, der fylder 1Mb (Mega = 1 million), vi ved, at dette tal skal ganges med 8, da det er opgivet i byte og IKKE i bits.

$8 \times 1.000.000 = 8.000.000$ bits, og vi har en forbindelse, der kan klare 100 Mb/s altså 100.000.000 kilo bits pr. sekund. (Kilo = 1000 bits). $100.000 \times 1000 = 56.000$ bits

$$\text{Så dividere vi tingene} \quad \frac{\text{Hvad fotoet fylder}}{\text{Hvad vores forbindelse kan klare}} = \frac{8.000.000}{100.000.000} = 0,08 \text{ sekunder}$$

Ved at dividere med 100.000.000 bit tager det 0,08 sekunder for at hente dette billede.

Så når man taler om, at vi skal have mere bredbånd, skal man se på alle de informationer/medier, som vi i dag har til rådighed, og ikke mindst kigge på alle de ting som er på vej, hvor kvaliteten hele tiden bliver bedre, men også kræver mere båndbredde. Dette behov går kun én vej – det vil vokse = blive større og større og ligesom med universet ved ingen, hvor det vil ende.

I de sidste 25 til 30 år og de hastigheder vi har haft på Internetforbindelserne fra 9,6 Kb's modem (ja den er god nok) og til i dag med fiberforbindelser med op til 1000 Mb/s, er der tale om en fordobling på hastighederne hvert år.

De hastigheder, vi i dag ser på kobberforbindelserne (over telefonnettet), ville for ganske få år siden være fantasisnak.

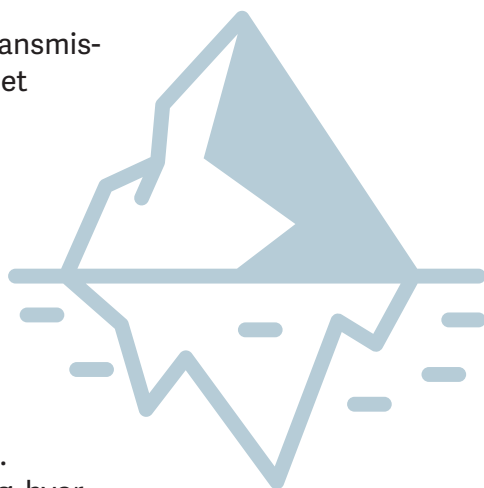
De hastigheder, vi i dag ser på fibernettet, hvor der er tale om sekunder for at downloade en film, er i "morgen" langsomt, da vi kommer til at tale om millisekunder for at downloade en film.

Det hele kan sammenlignes med et isbjerg, og vi har kun set toppen af det.

Men lad os starte med at se på de forskellige transmissionsmedier, som vi har i dag, og hvordan vi får et netværk til at kommunikere via disse medier.

Transmissionsmedier

Der findes et utal af måder, hvorpå man kan forbinde terminaler i et netværk. Der er naturligvis stor forskel på priser og hastigheder ved de forskellige typer. Ved valg af transmissionsmedier, skal man huske at tage højde for den nødvendige afstand og den ønskede transmissionshastighed. Desuden skal man sørge for at vælge en løsning, hvor transmissionsmediet ikke bliver den begrænsende faktor i et netværk.



Man bør derfor installere et medie, der kan håndtere en større båndbredde end det, der egentlig er behov for. Det muliggør en løbende opgradering af terminalerne, hvis en større netværksydelse ønskes, uden at det er nødvendigt at opgradere transmissionsmedierne.

Analyser viser, at udgifterne til transmissionsmedierne i et netværk udgør en forholdsvis lille del af den samlede udgift til netværksudstyr. I det følgende beskrives de fire forskellige transmissionsmedier, som kan være relevante for virksomheder med lokale netværk: Koaksialkablet, Twisted Pair-kablet, fiberoptisk kabel og WiFi (trådløs kommunikation).

Koaksialkablet/Coax-kabel

Brugen af koaksialkablet i netværk toppede i 1980'erne, men er nu mere eller mindre erstattet af Twisted Pair, fiberoptiske kabler og trådløs kommunikation. Koaksialkablet benyttes dog stadig til backbones og steder, hvor der kræves en stor båndbredde (server-til-server-kommunikation og lignende).

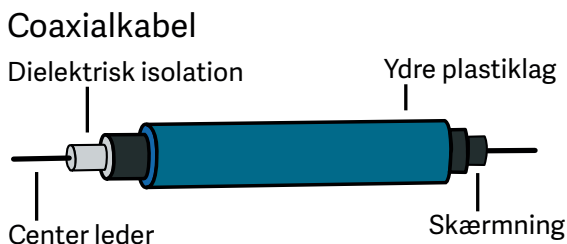
Koaksialkablet er opbygget af to ledere. Den inderste er en forholdsvis stiv kobberleder (sometider sølvbelagt) omgivet af et tykt lag elektrisk isolerende plastik. Den yderste leder består af et net eller folie, som fungerer som afskærmning mod elektromagne-

tisk støj. Ydersiden af kobberfoliet, er omsluttet af et tykt plastrør.

Koaksialkablet fås i mange forskellige standarder afhængig af den fysiske udformning og impedans – typisk 50 (ohm-tegn) data-netværk. De mest benyttede standarder inden for data-netværk er Thick-(RG8 &RG11) og Thin Coax (RG58). De har begge den samme impedans på 50 (ohm-tegn), men diameteren på den centrale kobberleder, som bestemmer båndbredden, er større på Thick Coax.

På figur 1 ses den beskrevne opbygning.

I dag er koaksialkablet mest anvendt til datatransmission i antenneanlæg ved antenneforeninger/boligselskaber, hvor man har opsat nye filtre med mulighed for retursvejskommunikation, og dermed kan man få sin internetforbindelse leveret over sine gamle antennekabler.



Figur 1. Opbygning af et koaksialkabel.

Netværkskabel

Som ved så mange andre ting har kært barn mange navne. Du har derfor måske hørt folk benævne et netværkskabel som et: Twisted Pair-kabel (TP), patchkabel, ethernet-kabel, PDS(Premises Distribution Sys)-kabel, LAN-(Local Area Network)-kabel og internetkabel. Netværkskabler kan gå under flere betegnelser, men der er ingen forskel på disse kabler udover navnet.

Men det er den kabeltype, der oftest benyttes ved installation af moderne datanetværk.

Fordelen ved denne type kabel er:

- Nem at installere = let at udføre som elektriker.
- Mulighed for høj transmissionshastighed = store datamængder.
- Forholdsvis billigt kabel.

Opbygning af kabel

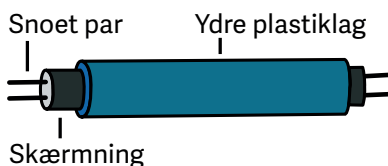
Som du kan se på nedenstående billede, drejer det sig ikke om et ganske almindeligt installationskabel. Kablet er opbygget af 4 par, hvor hvert par består af to elektriske, isolerede ledninger, som er snoet om hinanden, kaldet et par, altså 8 ledere i alt i kablet.

Opbygningen af kablet ses på figur 2.

Enkelt snoet par



STP kabel



Figur 2: Opbygning af et Twisted Pair-kabel.

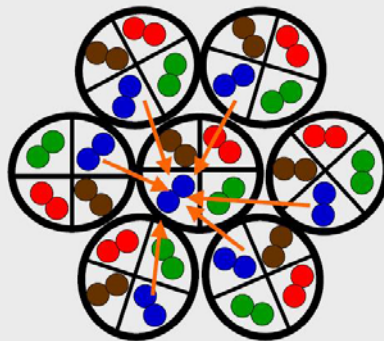
Fordelen ved denne kabeltype er, at den elektromagnetiske interferens (også kaldet Alien Crosstalk) bliver reduceret, når de er snoet, i forhold til hvis ledningerne lå parallelt uden at være snoet.

Parallelt par

Alien Crosstalk er, at der kommer støj, som overføres mellem de forskellige par og dermed ændrer på 0 og 1-tallene, og der kommer datapakketab på dataoverførslen. Populært sagt bliver der skudt datapakker ind fra andre kabler, der forringer datatrafik i den enkelte parsoning.

Alien Crosstalk

- Crosstalk imellem par i bundtede kabler
- Generelle regler:
 - Crosstalk er værst imellem par med samme twistning
 - Effekten stiger med afstanden kablerne føres parallelle især ved enderne.
 - Worst case er korte længder der løber parallelle.
 - Indflydelsen stiger med frekvensen af de transmitterede signaler.



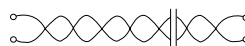
Tegningen viser 7 kabler med hver 8 ledninger, som er snoet sammen til 4 par, og hvordan der er Alien Crosstalk mellem de 7 kabler.

Cross talk ved eksempelvis datapakketabet bliver ikke hundrede procent ophævet, men ved at sno ledningerne vil den elektromagnetiske interferens fra hvert kabel reduceres parvist.

Parallelt par

Ved at have ledningerne til at ligge parallelt uden at være snoet, vil de virke som en antenne og lade al støj komme ind med deraf store forstyrrelser i den datatrafik, som foregår på kablet.








Enkelt snoet par



Ved at de er snoet, skifter ledningen hele tiden polaritet, og dermed virker den ikke som antenne, men vil du læse mere omkring dette, så prøv på internettet. Der er masser af information at få om dette emne.

TP-kablerne er kategoriseret efter hastighed og kvalitet og strækker sig fra den såkaldte CAT 1 (Kategori 1) til CAT 8. Man skal forstå kategoriseringen på den måde, at den mulige hastighed stiger i takt med CAT-nummeret.

UTP kabeltyper er:

-  UTP-5:100 (1000 i specielle tilfælde) Mbps Ethernet (100 MHz).
-  UTP-5e:1000 Mbps Ethernet (100 MHz).
-  UTP-6:10000 Mbps Ethernet (250 MHz).
-  UTP-6a:10000 Mbps Ethernet (500 MHz).
-  UTP-7:10000 Mbps Ethernet (600 MHz).
-  UTP-7a:10000 Mbps Ethernet (1000-1500 MHz).
-  UTP-8:40000 Mbps Ethernet (1600-2000 MHz).

Den type afskærmning, som kobberkabler har, kan have en enorm indflydelse på kablets stabilitet, ydelse, hastighed og levetid og i sidste ende hele netværket.

Afskærmningen er den metalstrømpe eller lignende, der ligger rundt om og beskytter de små ledninger inde i kablet. Jo bedre/mere afskærmning, jo mere beskyttet er kablet mod forstyrrelser fra for eksempel andre omkringliggende kabler. Et netværkskabel kan være afskærmet, dobbelt

afskærmet eller ikke afskærmet. Om et netværkskabel er afskærmet eller ej, og i hvilken grad, fortælles ud fra hvilken afmærkning, der kommer efter kategoribetegnelsen.

Hvis et netværkskabel for eksempel ikke er afskærmet, bliver det kaldt et U/UTP netværkskabel, og hvis det er skærmet, kaldes det FTP. Neden for fordeler vi de mest anvendte afskærmningstyper, der er tilgængelige for netværkskabler, og hvad de betyder.

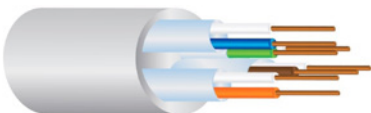
U/UTP netværkskabel

U/UTP: Ikke afskærmet. U/UTP Netværkskablet bruger man normalt i private opsætninger, hvor der ikke er behov for ekstra afskærmning.



U/FTP netværkskabel

U/FTP er et skærmet kabel (Parvis folie). Beskytter mod højfrekvente forstyrrelser.



F/UTP netværkskabel

F/UTP: Skærmet kabel (Fællesfolie). Beskytter mod højfrekvente forstyrrelser. F/UTP findes også i en variation kaldet U/FTP. U/FTP er også et skærmet kabel, U/FTP kører dog med en parvis afskærmning (Parvis folie), hvor F/UTP kører med en fælles skærm.



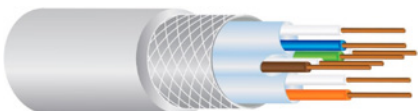
SF/UTP netværkskabel

SF/UTP: Dobbeltskærmet kabel (folie og fletskærm): Beskytter mod både høj- og lavfrekvente forstyrrelser og giver høj mekanisk holdbarhed mod for eksempel vibrationer.



S/FTP netværkskabel

S/FTP: Dobbeltskærmet kabel (fletskærm), parvis skærmet kabel (Folie). Beskytter mod både høj- og lavfrekvente forstyrrelser og giver høj mekanisk holdbarhed mod for eksempel vibrationer.



Fiberoptisk kabel / Lysleder

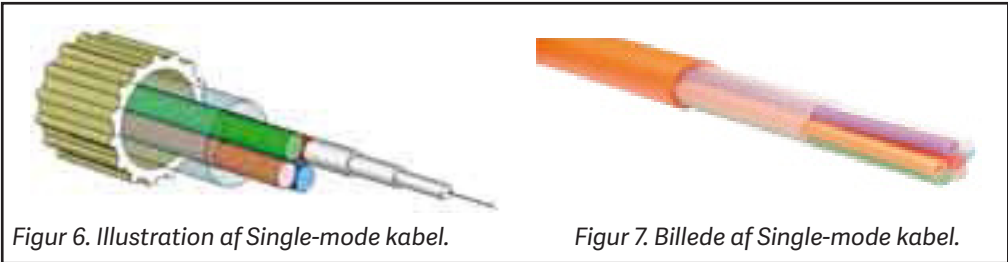
Det fiberoptiske kabel kaldes ofte i daglig tale for et lyslederkabel eller bare fiber. Denne type kabel benyttes almindeligvis, når der skal transmitteres større datamængder over store afstande.

Kablet er immunt over for elektromagnetisk støj og er derfor også svært at "aflytte".

I praktiske situationer benyttes oftest fiberoptiske kabler med 2 ledere (eller to separate kabler med én leder), da dette muliggør fuld duplex. Den ene leder bruges til at sende, og den anden til at modtage data. Stikforbindelsen til kablerne med to ledere kaldes SC-SC.

De fiberoptiske kabler fås i to grundudgaver: Singlemode og multimode. Den væsentligste forskel på disse er, at multimode-kabler kan transmittre lys af flere bølgelængder, hvor singlemode kun kan transmittre monokromt lys (lys med én enkelt bølgelængde).

Single-mode kabel



Figur 6. Illustration af Single-mode kabel.

Figur 7. Billede af Single-mode kabel.

Fordelen ved at singlemode-kablet kun arbejder med én bølgelængde, er, at claddinglaget undgås, og at der ved singlemode-kablet opnås en større båndbredde til den enkelte bølgelængde, end det er muligt at opnå i et multimodekabel. Et illustrativt eksempel af kablets opbygning kan ses på figur 6, og et fotografi på figur 7.

Det er dyrere og mere besværligt at anvende singlemode- end multimode-kablet, idet singlemode-kablet kræver mere avanceret udstyr i sender- og modtagerenderne.

Multimode-kablet er opbygget omkring en glasfiberkerne, som er omsluttet af et cladding-lag. Cladding-laget er et enkelt glaslag, der har varierende diffraktionskoefficient (grad med hvilken lys afbøjes). Derved kan cladding-laget afbøje lys med mange forskellige bølgelængder, således at alle de forskellige bølgelængder kommer frem i den modsatte ende af kablet samtidigt. Claddingen er omsluttet af en robust plastkappe.

Fiberoptiske kabler er ikke ligefrem en let kabeltype at installere. Man bliver ofte nødt til at terminere koblingspunkterne manuelt, hvilket skal gøres med stor nøjagtighed.

På grund af glasfiberen i midten af kablet, er kablet meget følsomt over for bøjninger. Kan man leve med disse ulemper, har man et kabel, der leverer den største båndbredde af de tre omtalte kabeltyper.

I dag anvendes fiber mange steder, både til kommunikation mellem industrielle anlæg med eksempelvis PLC'er, men den mest anvendte form herhjemme i Danmark er el-forsyningssekskabernes satsning på at levere bredbåndsforbindelser til de danske hjem, eller som man kalder det, Fiber to the Home FTTH.

En måde, hvor man ikke begrænser sig i fremtiden, er der, hvor man lægger tomrør, og så blæser fiberen i bagefter og har dermed mulighed for at skifte fiberen, således at man er fremtidssikret. Dette kalder man typisk for Air Blown Fiber ABF.

Så den typiske måde er, at man nedgraver tomrør, som kan være fra et til multimange tomrør, som det er illustreret i figuren til venstre. I dette tilfælde er der 7 rør, som hvert er 10 mm tykt. Og så kan man for eksempel købe et microkabel, som er illustreret til højre og kan indeholde fra 24 til 72 fibre, og som har en tykkelse på 6 mm. Man blæser det i tomrøret, når man har fået lavet sin infrastruktur og gravet det ned.

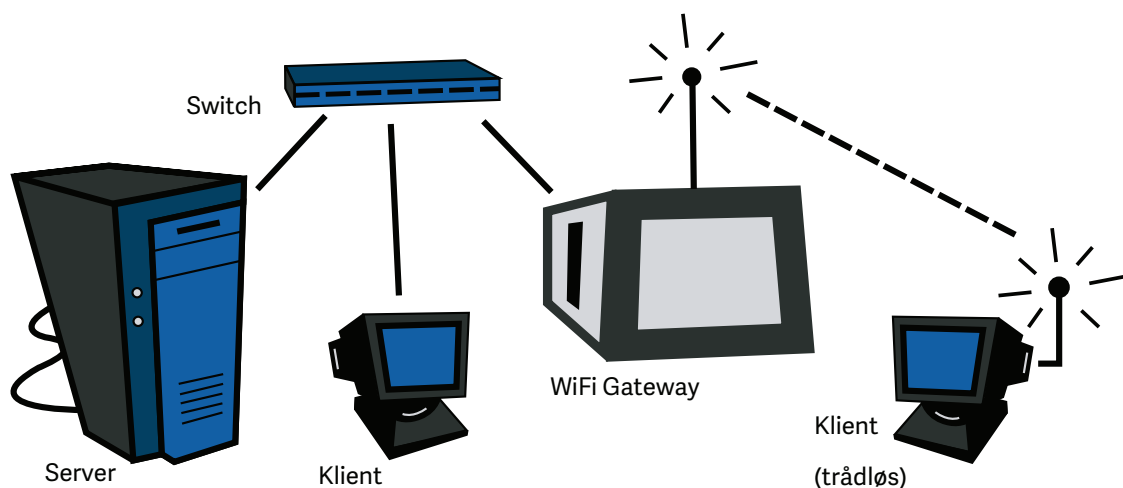
Trådløst netværk/ WiFi

Markedet for trådløst udstyr bevæger sig væsentligt hurtigere end andre markedssegmenter inden for LAN (Local Area Network)-udstyr.

Selvom trådløst kan henvise til mange teknologier i et netværk, er den mest almindelige teknologi, der bruges i hjemmet og kontorer, Wireless Local Area Network (WLAN), også kaldet Wi-Fi, hvor den officielle standard hedder IEEE802.11*. Denne standard er meget udbredt og benyttes for eksempel både i PC-baserede løsninger samt i Apples såkaldte Airport-produkter. Overførselshastigheden i IEEE802.11*, er op til 1300 Mbps, hvilket er fuldt på højde med mange netværk.

Rækkevidden er oftest opgivet til noget, der minder om 500 meter. De 500 meter opnås kun, under optimale forhold. I praksis skal de 500 meter oversættes til 50-125 meter. En rækkevidde, der til gengæld er helt ligegyldig med, om de talte meter strækker sig indendørs eller udendørs. Systemet fungerer nemlig i begge scenarier og enhver kombination derimellem.

Typisk består et trådløst system af en base-enhed og trådløse netkort. Routeren tilsluttes direkte til internetforbindelsen eller til et eksisterende netværks switch eller hub. Se figur 8. Routeren oversætter derefter internetforbindelsens/resten af netværkets adresser via NAT-protokollen til den kommunikationsform, der kan forstås af de tilsluttede trådløse klienter.



Figur 8: Et trådløst netværk, gør det let at lave fysiske omrokeringer.

POE

PoE (Power over Ethernet) er en netværksfunktion, der er defineret af standarderne IEEE 802.3af og 802.3at. PoE gør det muligt for Ethernet-kabler at forsyne netværksenheder med strøm via den eksisterende dataforbindelse.

PoE-kompatible enheder kan være PSE-enheder (Power Sourcing Equipment), PD-enheder (Powered Devices) eller nogle gange begge dele. Den enhed, der sender strøm, er en PSE-enhed, mens den enhed, der modtager strøm, er en PD-enhed. De fleste PSE-enheder er enten netværks-switcher eller PoE-injektorer, der er beregnet til brug sammen med ikke-PoE-switcher. Helt almindelige eksempler på PD-enheder omfatter VoIP-telefoner, trådløse access points, og IP-kameraer.

Hvad er fordelene ved PoE?

PoE giver dig mulighed for at bruge ét kabel til både strøm og dataoverførsel, så du kan spare penge, fordi du ikke behøver at anskaffe og trække kabler til netværksudstyr og VoIP-telefoner.

PoE gør installation eller udvidelse af et netværk meget enklere og billigere i bygninger, hvor det er for dyrt eller besværligt at installere nye el-ledninger.

PoE gør det muligt at montere udstyr på steder, hvor det ville være upraktisk at installere strøm, eksempelvis på sænkede lofter. Med PoE kan du reducere antallet af kabler og stikkontakter i et overfyldt udstyrsrum eller kabelskab.

Hvad er PoE+?

Den seneste opdatering af PoE er standarden IEEE 802.3af, der kaldes PoE+. Den største forskel mellem 802.3af (PoE) og 802.3at (PoE+) er, at PoE+-PSE-enheder kan levere næsten dobbelt så meget strøm gennem et enkelt Ethernet-kabel.

PoE+-PSE-enheder kan levere strøm til både PoE- og PoE+-PD-enheder, men PoE-PSE-enheder kan kun levere strøm til PoE-PD-enheder. PoE+-PD-enheder kræver mere strøm, end PoE-PSE-enheder kan levere.

Hvor meget strøm kan PoE-enheder levere?

PoE+ enheder kan maksimalt levere 30 watt pr. port, mens PoE-enheder maksimalt kan levere 15,4 watt pr. port. Der vil dog altid være et vist strømtab i kablet, og jo længere kablet er, jo større er strømtabet. Den minimale garanterede tilgængelige effekt i PD-enheden er 12,95 watt pr. port for PoE og 25,5 watt pr. port for PoE+.

PSE-enheder har også et maksimalt strømbudget, som er den samlede mængde strøm, de kan levere til PD-enheder på én gang, målt i watt. De fleste PSE-enheder har ikke et tilstrækkeligt højt strømbudget til at levere den størst mulige effekt til alle PoE-porte, fordi de fleste brugere ikke kræver så meget strøm. Når du køber en PoE-kompatibel PSE-enhed, skal du sørge for at beregne dit ønskede strømbudget omhyggeligt for alle PD-enheder, du vil tilslutte.

Hvad betyder PoE-klasserne?

PoE- og PoE+-PD-enheder tildeles en klasse fra 0 til 4, ud fra hvor meget strøm de kræver. Når en PD-enhed er sluttet til en PSE-enhed, sender den oplysninger om sin klasse til PSE-enheden, så PSE-enheden kan levere den rigtige mængde strøm til den. Klasse 1-, Klasse 2- og Klasse 3-enheder kræver henholdsvis meget lidt strøm, lidt strøm og medium strøm. Klasse 4-enheder (PoE+) kræver meget strøm og er kun kompatible med PoE+-PSE-enheder. Se https://en.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet#Standard_implementation for at få yderligere oplysninger om PoE-klassifikationer.

Klasse 0-enheder har ikke fået en egentlig klassebetegnelse fra producenten, så de fleste PSE-enheder skal tildele den samme mængde strøm til Klasse 0-enheder som til Klasse 3-enheder, selvom Klasse 0-enheder faktisk bruger meget lidt strøm. På nyere modeller af NETGEAR PoE+-switche kan du imidlertid definere den øvre grænse for en PD-enhed, uanset klasse. Disse modeller tildeler også strøm til andre PD-enheder på basis af de effektgrænser, du definerer, og ikke den teoretiske strømtildeling i henhold til enhedsklasse, hvilket reducerer strømspildet.

Kan jeg blande PoE- og ikke-PoE-enheder i mit netværk?

PoE-enheder kan blandes med ikke-PoE enheder i et netværk, men ikke-PoE-enheder kan ikke levere strøm til PD-enheder eller modtage strøm fra PSE-enheder. Ikke-PoE-enheder skal have en separat energikilde.

Fysisk topologi

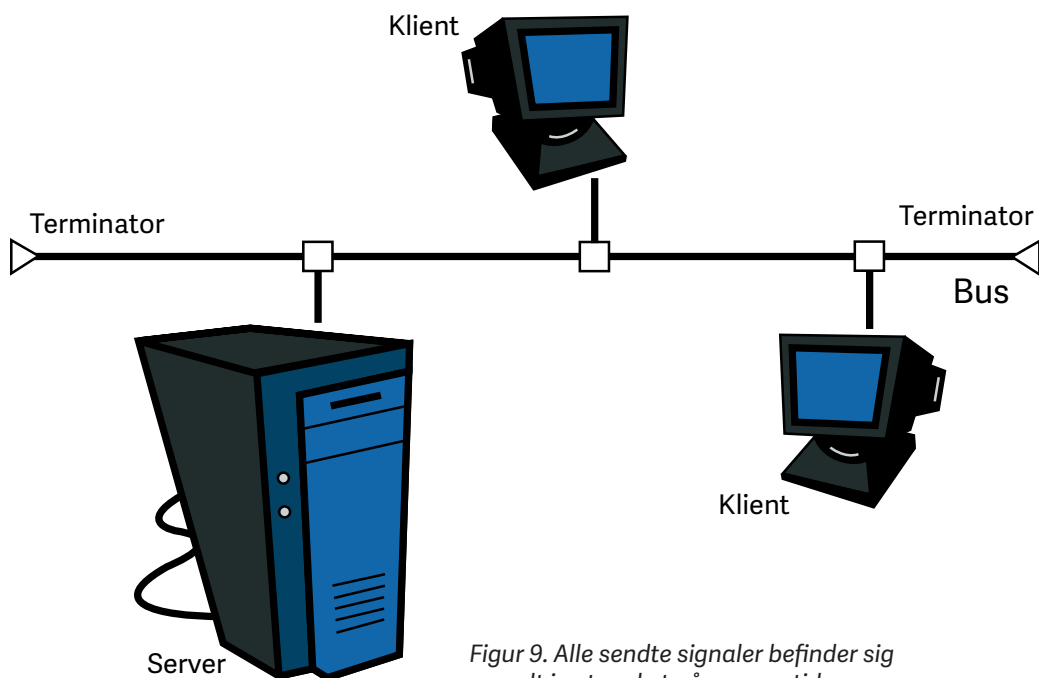
Den fysiske topologi beskriver den fysiske måde, hvorpå man forbinder terminaler i et netværk. De fire forskellige topologier er bus-, ring-, matrix- og stjerne-topologi, Der alle er omtalt nærmere i det følgende.

Bustopologi

I denne topologi befinder alle sendte signaler sig overalt i netværket på samme tid. Dette virker på samme måde, som hvis alle terminalerne var koblet på ét langt kabel. Alle terminalerne lytter altså til kablet hele tiden og læser adresserne på alle pakker, der bliver sendt i segmentet. Terminalerne "hører" alle pakker, der bliver sendt på netværket, men modtager kun de pakker, der er adresseret til den enkelte (se figur 9). En fordel ved at bruge denne topologi er, at det er en billig løsning, som samtidig er forholdsvis let at installere. Den største ulempe er, at hvis der opstår et kabelbrud eller en fejl, så afbrydes hele netværket, hvilket gør det meget vanskeligt at fejlfinde.

Kablernes ender skal være korrekt termineret, og da topologien er baseret på en kabeltype med kun én leder, er der kun mulighed for halv duplex.

Bustopologi



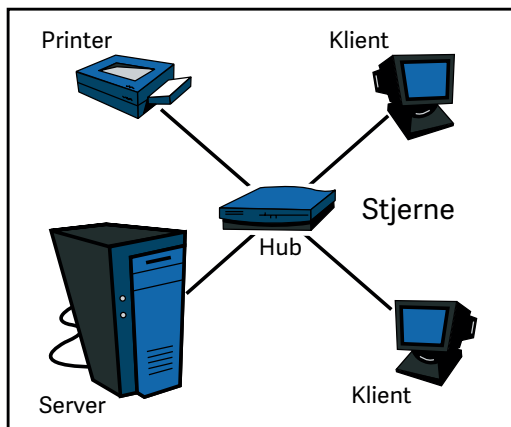
Figur 9. Alle sendte signaler befinder sig overalt i netværket på samme tid.

Stjernetopologi

I dette tilfælde er alle klienterne tilsluttet et samlingspunkt. Dette samlingspunkt kan for eksempel være en hub. Ved datatransmission fra en terminal, hvor man bruger en hub som det centrale samlingspunkt, vil samtlige terminaler tilknyttet denne hub modtage alle sendte informationer (se figur 10 næste side).

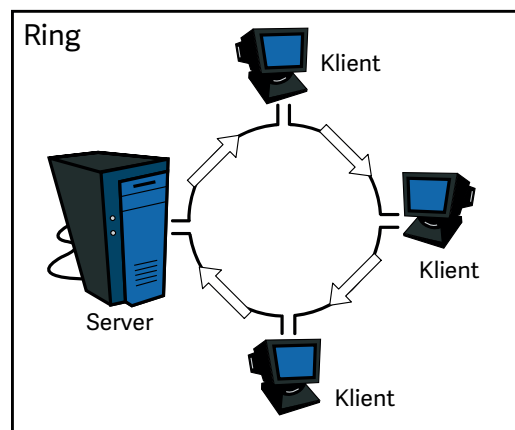
En fordel ved at bruge stjernetopologi er blandt andet, at der er mulighed for at benytte fuld duplex. Desuden er netværk baseret på denne topologi lette at installere og fejlfinde på. Der er ofte monteret dioder på samlingspunktet og terminalen. Disse fortæller, om der er korrekt forbindelse i begge ender af kablet, og om trafikken forløber uden konstante datakollisioner. Af ulemper kan nævnes, at hvis der opstår fejl i samlingspunktet, vil alle terminalerne tilknyttet denne del blive frakoblet netværket.

Stjernetopologi



Figur 10.

Ringtopologi



Figur 11.

Ringtopologi

I denne topologi er netværket opbygget som en ring. I ringen passerer signalet gennem en terminal ad gangen. Det kræver, at hver terminal kender sin egen adresse og har mulighed for at sende data videre, hvis ikke terminalen selv var modtageren.

I denne topologi skal én maskine være dedikeret til at styre rettighederne i ringen, således at kun én terminal ad gangen afsender et signal – samme maskine skal samtidig sørge for, at alle terminaler har lige rettigheder.

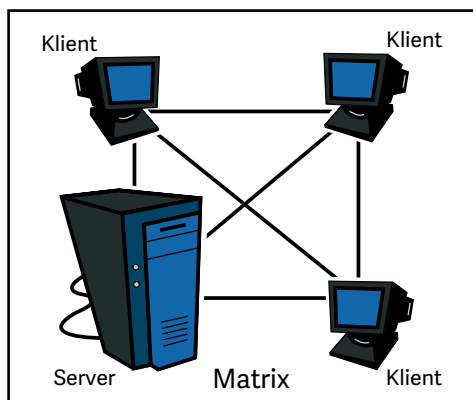
Når man taler om ringtopologi, taler man oftest om Token Ring-netværk, som er nærmere beskrevet i afsnittet om netværkstyper. Token Ring-netværket er opbygget fysisk som en stjerne topologi, men fungerer logisk som ringtopologi. Terminalerne er tilsluttet ved hjælp af Twisted Pair kabler til en MAU (Multistation Attachment Unit).

Udseendemæssigt kan en MAU forveksles med en hub, men funktionsmæssigt er de meget forskellige. MAU'ens funktion er, at den modsat hub'en der danner en logisk ring, som ses på (se figur 11).

Matrixtopologi

Her er alle maskinerne forbundet peer-to-peer med hinanden (læs nærmere om peer-to-peer i afsnittet netværkstyper). Matrixtopologien benyttes sjældent i lokale netværk (se figur 12).

Matrixtopologi



Figur 12.

Netværksprotokoller

Betegnelsen netværksprotokol dækker over, det sprog man benytter til at få sit udstyr til at kommunikere. En protokol kan sprede sig over et eller flere af OSI-modellens syv lag. De mest omfattende protokoller spreder sig over flere og hen ved alle de syv lag. Disse omfattende protokoller kaldes til tider protokol-suiter (eller protokol-familier).

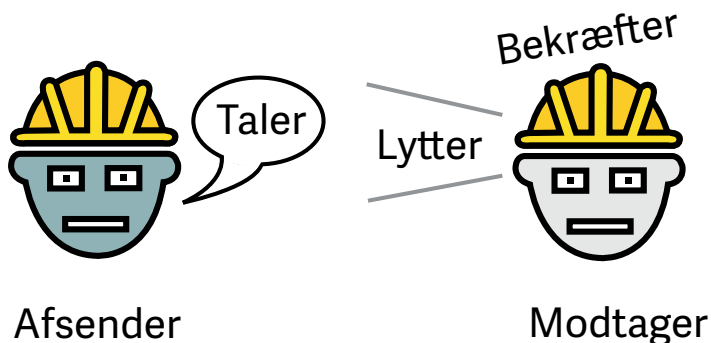
I det følgende beskrives primært TCP/IP protokollen (også kaldet Internet Protocol Suite). Den er tidens klart mest udbredte protokol (-suite). Det er den primært fordi den danner grundlag for kommunikationen på Internettet. Desuden beskrives andre væsentlige protokoller, der har et væsentlig mindre anvendelsesområde. Heriblandt hjælpeprotokoller til TCP/IP og andre protokol-suiter, hvor brugen af dem er tonet ned til fordel for TCP/IP.

Forbindelsesorienterede netværk

Forbindelsesorienterede netværk er en forbindelse, hvor protokollen har en forbindelse direkte til en modtager, som kvitterer for modtagelsen af de datarammer, der modtages (se figur 13).

På denne måde ved afsenderen, om nogen rammer skal sendes igen. I princippet kan man også kalde en telefonsamtale for forbindelsesorienteret. Hvis der ikke svares i den anden ende, så ved vi, at der er noget galt og vi må gentage den sidste sætning.

Forbindelsesorienterede netværk benyttes, i tilfælde hvor det er vigtigt, at alle data der modtages, er fejlfri. Et eksempel herpå er overførsel af en datafil fra en computer til en anden. Forbindelsesorienterede netværk kaldes også for pålidelige netværk.

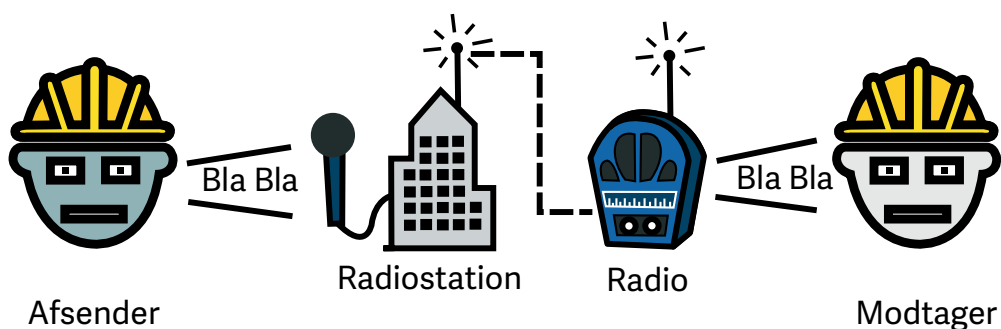


Figur 13. Forbindelsesorienteret netværk.

Forbindelsesløse netværk

Forbindelsesløse netværk er en forbindelse, hvor afsenderen i princippet er ligeglad med, om alle sendte datarammer er nået uskadte frem, eller om de i det hele taget er nået frem (se figur 14). Modtageren kvitterer med andre ord ikke for modtagelsen. Dette bevirker, at datarammerne indeholder langt mindre "indpakning" (mindre "konvolutter") og derfor fylder mindre. I princippet kan man kalde en tv-udsendelse for forbindelsesløs.

Tv-kanalen er måske nok interesseret i at have mange seere, men deres udsendelse kræver alligevel ikke, at alle seere kvitterer for modtagelsen af en sætning fra nyhedsoplæseren, førend han/hun kan fortsætte til den næste.



Figur 14. Forbindelsesløst netværk.

Forbindelsesløse netværk benyttes når hastigheden, hvormed datarammerne kan leveres, er af højere betydning, end at alle pakker leveres, og i givet fald leveres fejlfrit. Forbindelsesløse netværk kaldes også for upålidelige netværk.

TCP/IP

TCP/IP står for Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Denne netværksprotokol har udviklet sig til det som vi i dag kalder Internettet. Derfor er TCP/IP klart den mest anvendelige forbindelsesorienterede netværksprotokol, til meget store netværk (såkaldte internetværk). Internettet er baseret ét hundrede procent på denne protokol. Grundet Internettets

større og større integration i dagligdagen, er TCP/IP nu også blevet den mest anvendte netværksprotokol på LAN's.

Protokollen, der er nedskrevet i en samling RFC-dokumenter, er fastsat af en gruppe mennesker, der kalder sig ISOC (Internet SOCIety). En af årsagerne til TCP/IP's store udbredelse, er helt klart de mange muligheder og værktøjer (underprotokoller), som er integreret i protokol-suiten. Af nyttige værktøjer som TCP/IP inkluderer, kan bl.a. nævnes FTP, Telnet, LPR og PING.

FTP

FTP muliggør platform-uafhængig bidirektionel (tovejs) kommunikation mellem to TCP/IP baserede netværksterminaler/computere, baseret på brugerautorisation og sikkerhedsstandarder. Det vil sige at man mellem 2 computer kan overføre filer, hvor det eneste man skal tænke på, er hvorledes sørger vi for at komme ind på hinandens pc's

Telnet

Telnet giver mulighed for udførelse af kommandoer på en fjernterminal via terminalemulation (fjernkørsel af softwaremæssigt programmel).

LPR

LPR (Line Printer Remote) giver i forbindelse med andre lignende værktøjer, mulighed for udskrift på en printer, som er installeret på en fjernterminal.

PING

PING (Packet INternet Groper) kan som en ubåd, sende et signal ud til en bestemt fjernterminal og få et tilsvarende signal tilbage hvis der er "kontakt".

TCP/IP

TCP/IP er som navnet antyder opbygget af to forskellige protokoller: TCP, som er en forbindelsesorienteret protokol og IP, som er en forbindelsesløs protokol.

IP-protokollen befinder sig på netværkslaget i OSI-modellen og står derved for den egentlige transport af data rammerne.

Da IP er forbindelsesløs giver den ingen garanti for, at pakkerne leveres eller om de leveres i den korrekte rækkefølge.

Denne fejlkontrol og segmentering/sortering af data rammerne i korrekt rækkefølge, varetages af protokollerne i de overliggende lag. I de fleste tilfælde er der brug for en forbindelsesorienteret netværksforbindelse mellem to maskiner og derfor består de overliggende lag af TCP-protokollen.

TCP-protokollen er som sagt forbindelsesorienteret. Da den ligger over IP-protokollen, bliver den indkapslet eller pakket ind i IP-protokollen. Som forbindelsesorienteret kræver den en kvittering fra modtageren, hvilket kan ses som en ulempe, da det giver mere trafik på netværket.

For at opnå den virtuelle forbindelse, afsender og modtager i mellem, sorterer TCP-protokollen de pakker, der kommer nede fra IP-protokollen og placerer dem i den korrekte rækkefølge, inden data i form af segmenter sendes op til applikationerne.

Det vil den udveksling som skal foregå mellem 2 netværksenheder, som f.eks. en PC tager indholdet af det data der skal af sted og deler i flere forskellige datapakker, og når de så når frem til modtageren samler den så de enkelte datapakker i den korrekte rækkefølge således at alle data nu er samlet i et segment som man kalder det, altså en stor korrekt placeret datamængde som så sendes videre op gennem det man kalder OSI modellen 7 lag, mod det som du til sidst ser på skærmen og har bedt om at få frem. Vil du vide mere om dette emne, så prøv og gå på Internettet og tag en søgemaskine og skriv OSI modellen.

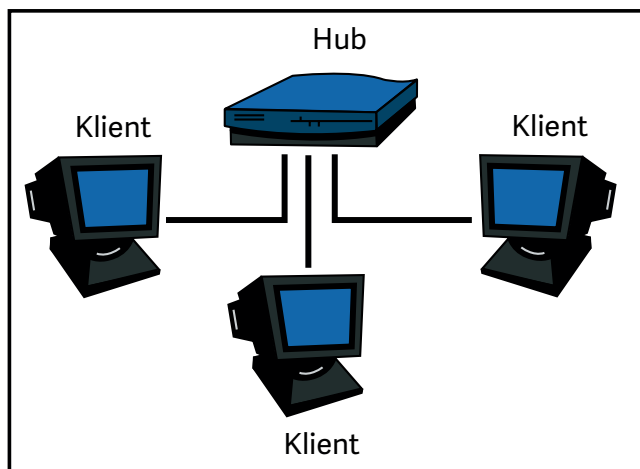
Netværksudstyr

Peer-to-peer netværk

På et peer-to-peer netværk, er alle tilsluttede terminaler på lige fod (se figur 15). Således har ingen terminal højere prioritet end en anden. Brugeren af en terminal, er selv administrator over hvilke ressourcer, der kan deles på den pågældende terminal – og til hvem. En terminal kan derved både agere som server og klient på samme tid.

I stort set alle tilfælde er peer-to-peer netværk billigere at implementere end Client-Server netværk (se nedenfor), da der kun skal investeres i netkort og netkabler for tilslutning af terminalerne. Man slipper derved for indkøb af hardware og software til en dedikeret server. Data og printere kan deles og derved gøres tilgængelige for flere computere/brugere.

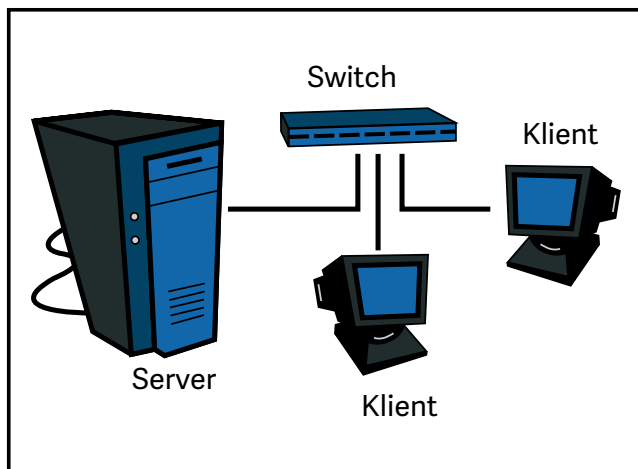
Peer to Peer netværk



Figur 15.

Til deling af essentielle data, er denne type netværk dog ikke særlig optimal, da den enkelte computer ofte er slukket og derved ikke tilgængelig. Arbejder man med databaser eller tung trafik, f.eks. i form af store filer, vil et peer-to-peer netværk ikke være anbefalelsesværdigt. Hver gang disse filer bliver aktiveret, vil den pågældende terminal blive sløvet væsentligt ned. Peer-to-peer netværk bruges ofte til privat brug, da det her er ideelt til deling af printere, Internetforbindelse, adressebøger og andet.

Client/Server netværk



Figur 16.

Client / Server netværk

Et Client-Server netværk består i bund og grund af en server, som giver en eller flere terminaler adgang til nogle ressourcer (se figur 16). Eksempler på disse ressourcer kan være centrale databaser, printere, Internetadgang med videre. Serveren har på netværket samme prioritet som de tilsluttede terminaler, men styrer terminalernes adgang til ressourcer. Nogle typer servere, afvikler forespørgsler i den rækkefølge de måtte "have lyst", hvor andre i højere grad styres af de tilsluttede terminaler. I de tilfælde hvor serveren styrer forespørgslerne, er det dermed ikke sagt at serveren selv tænker. Serveren kan være sat op med regler, der bevirker at en terminal prioriteres højere end en anden. Client-Server, der er den mest almindelige netværks-type, benyttes stort set alle steder, hvor flere folk skal deles om samme ressourcer, samt hvor hastighed og tilgængelighed er væsentlige faktorer.

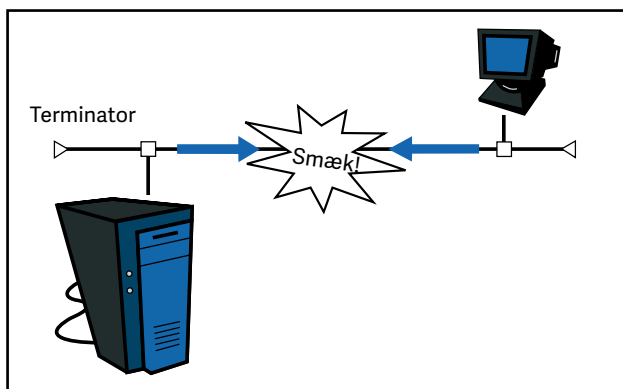
Ethernet -Kollisionsnetværk

Ethernet er den mest udbredte netværksform, som bruges i det lokale netværk i dag. Ethernet er forholdsvis simpelt opbygget og findes i skrivende stund i tre standarder: Standard-, Fast-og Gigabit-Ethernet.

Den overordnede forskel på disse er; transmissionshastigheden. Standard Ethernet benytter transmissionshastigheder op til 10Mbps, Fast Ethernet overfører 100Mbps og Gigabit Ethernet overfører 1000 Mbps (1 Gbps). Har man fra start investeret i et ordentligt transmissionsmedie af god kvalitet, har man mulighed for at benytte alle tre Ethernet standarder på samme medie. Dette bevirker at man forholdsvis billigt løbende kan opgradere segmenter på sit netværk, ved blot at skifte enkelte hardware dele ud.

Ethernet fungerer ud fra Connection topologien -CSMA/CD. CSMA/CD virker ved at terminalerne "lytter" til kablet, før de sender data. Hvis ikke terminalen "hører" en bærebølge fra kablet, begynder den at sende. I store netværk sker det ofte, at to terminaler på samme tid antager, at netværket er ledigt og således begge begynder at sende samtidigt. Dette resulterer i datakollisioner (se figur 17) og det er her at Collision Detection kommer ind i billedet. Collision Detection får nemlig terminalerne til at retransmittere deres datapakker i ulige tidsintervaller.

Collision Detection fungerer ved at terminalen, der sender en datapakke ud på netværket, også læser denne pakke. Hvis den læste pakke er forskellig fra den pakke, der blev sendt, er pakken blevet landet med data fra en anden pakke, under en kollision og pakken sendes igen. Hvis pakken er den samme, er der ikke forekommet nogen kollision.



Figur 17.

CSMA/CD har fået tildelt standardbetegnelsen IEEE 802. 3. Ud fra denne er flere specifikke standarder opstået. IEEE 802. 3z er for eksempel en standard for 1 Gbps Ethernet med fiberoptisk kabel.

Standard Ethernet

Standard Ethernet er den eneste af de tre standarder, hvor man kan opbygge sit netværk ved brug af bus-og/eller stjerne-topologien. I fast og gigabit Ethernet, er det kun muligt at bruge stjerne-topologien.

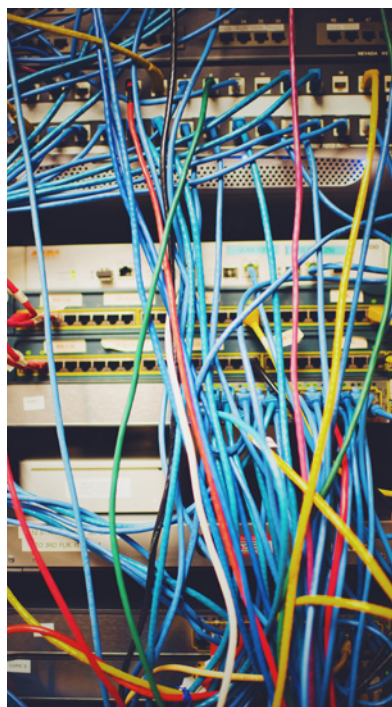
Standard Ethernet kan benytte transmissionsmedier som koaksial-, Twisted Pair-og fiberoptisk kabel. Da Ethernet kan benytte forskellige medier, kan man ikke lave en fælles definition på maksimale kabellængder og lignende specifikationer. En sådan er nemlig afhængig af kabeltypen. De mest anvendte former for Standard Ethernet er 10Base2, 10Base-T og 10Base-F.

10Base2 er kablet med et såkaldt Thin Coaxial kabel (RG58). Dette benytter den fysiske bustopologi. 10Base-T anvender et Twisted Pair kabel (UTP/STP). Det er opbygget over fysiske stjerne-topologi 10Base-F bruger fiberoptisk kabel og er ligeledes opbygget omkring den fysiske stjerne-topologi.



Fast Ethernet

Er båndbredden på Standard Ethernet blevet for lille, eller skal man til at opsætte et nyt netværk, vælges der oftest at installere Fast Ethernet. For en virksomhed, som benytter Standard Ethernet og ønsker en større båndbredde installeret, er det oplagt at opgradere til Fast Ethernet. Dette kan oftest udføres ved blot at udskifte et par enkelte hardware "interfaces" for at opnå den større båndbredde. Netværksprotokollerne er stort set ens, så der stilles ikke så store krav til den netværksansvarlige ved en sådan opgradering. Netværksudstyr, der er baseret på Ethernet, er ofte opbygget så intelligent, at det selv kan detektere hvilken hastighed der skal kommunikeres med mellem netværksenhederne. Dette er blot endnu et eksempel på hvor fleksibel modellen bag Ethernet Standarderne er. I Fast Ethernet bruges oftest 100Base-TX, 100Base-T4 og 100Base-FX.



100Base-TX og 100Base-T4 benytter begge Twisted Pair kabler, men forskellen på disse er, at 100Base-TX skal benytte kabler af kategori klasse 5, mens 100Base-T4 kan benytte kabler af lavere kvalitet. Faktisk helt ned til kategori klasse 3. 100Base-T4 tillader dette ved, at transmitterer over 4 lederpar i stedet for 2. 100Base-FX benytter det fiberoptiske kabel som transmissionsmedie.

Gigabit Ethernet

Gigabit er den hidtil hurtigste Ethernet standard. Den minder opbygningsmæssigt meget om Standard og Fast Ethernet. Rammeformat, størrelse og adgangsmetode er der ikke ændret ved, så konfigureringsdelen er der ikke meget nyt i. Man benytter ofte Gigabit Ethernet mellem server og backbone eller mellem server og switch(e).

I begyndelsen var det kun muligt at benytte Gigabit Ethernet over fiberoptiske kabler, men Twisted Pair-løsningen er netop kommet frem. 1000Base-SX og 1000Base-LX benytter begge fiberoptiske kabler som transmissionsmedie mens 1000BASE-T benytter Twisted Pair kabler.

Token Ring netværk

Token Ring netværket er logisk opbygget som en ring, men er fysisk set et Stjerne netværk, da terminalernes tilslutning sker ved brug af en MAU. Alle kommunikationskanaler og alt udstyr ender i ét knudepunkt. Al adgang til netværket bliver styret af en Token Passing-topologi. Alle kabler tilsluttes en MAU, der er en form for hub. Token Ring netværket kan overføre data med hastigheder på 4, 16 og 100 Mbps. Tokennetværket har den fordel frem for eksempelvis Ethernet, at der her ikke opstår datakollisioner. Dette bevirker, at netværket stort set holder transmissionshastigheden uanset antallet af rugere. Token Ring har fået tildelt standarden IEEE 802.5 og IEEE 802.5, når der tales om 100 Mbps. Token Ring benyttes ikke ret meget længere, hvilket hovedsageligt skyldes, den høje pris i forhold til Ethernet.

FDDI

FDDI står for Fiber Distributed Data Interface. Denne teknologi bygger også på Token Passing topologien, men adskiller sig på flere punkter fra Token Ring netværket. I FDDI netværk kører Token konstant rundt i ringen og man tillader at maskinerne kan sende data når token passerer. Dette muliggør at flere datapakker kan cirkulere samtidig i ringen. FDDI er opbygget omkring to ringe, en primær og en sekundær.

Den sekundære ring bruges i de fleste tilfælde som backup i tilfælde af kabelfejl på den primære. Transmissionshastigheden i FDDI er 100 Mbps, og anvendes mest som backbone i større netværk. Hovedfordele ved brug af FDDI er blandt andet hastigheden, og muligheden for at tilslutte væsentligt flere terminaler end i Ethernet, uden at det går ud over hastigheden samt at FDDI kan række op til 100 km (forbeholdt at en repeater er påsat kablet for hver 2 km).

ATM Netværk

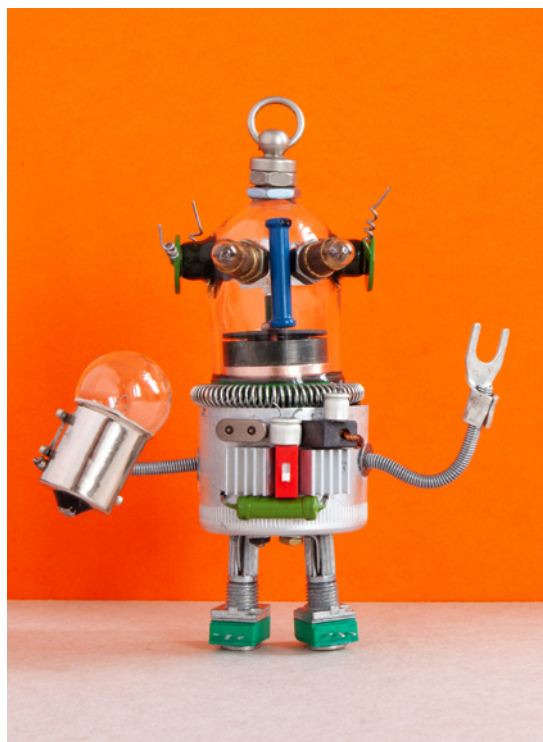
ATM er en anden netværksstandard, der adskiller sig meget fra den meget anvendte Ethernet standard. Dette har medført, at mange har afholdt sig for at skifte til ATM, dels fordi den kræver en masse nyt udstyr samt folk, der er uddannet til at arbejde med denne teknologi.

ATM står for Asynchronous Transfer Mode og kører i hastigheder fra Mbps til Gbps. Standarden er blevet optimeret til overførsel af krævende trafik såsom tale, video og data, og er designet til både at skulle bruges i lokale og i eksterne netværk. ATM arbejder ud fra point-to-point kommunikation. Dette har kun sjældent før været brugt i LAN, hvor broadcast stadig er det mest almindelige. Ved brug af point-to-point kommunikation undgår man en masse unødige transport og sammenstød som det ses i Ethernet sammenhæng.

Noget af det, der gør ATM så specielt i forhold til andre standarder er følgende: Med ATM netværk er det muligt at reservere båndbredde til brug for forskellige tjenester.

Med en fastlåst båndbredde kan der altid sendes i den ønskede hastighed. Dette bevirker dog også, at båndbredden ikke bliver udnyttet fuldt ud. Man kan i stedet vælge at benytte en lidt mere variabel båndbredde, hvor man ikke fastlåser en bestemt båndbredde, men i stedet angiver hvor stor en forsinkelse en tjeneste må blive sendt med. Man kan som en sidste mulighed også vælge, at specificere transmissionen til at bruge den ledige båndbredde.

Da ATM benytter sin egen protokol, er den som standard ikke ygget til at arbejde sammen med Ethernet og Token Ring-udstyr. For at muliggøre denne kommunikation benyttes en emuleringsstandard, der kaldes LANE (LAN Emulation). Denne standard muliggør kommunikation mellem ATM og almindelige forbindelsesløse eller broadcast-orienterede netværk.



Aktivt udstyr til brug for Netværkssegmentering

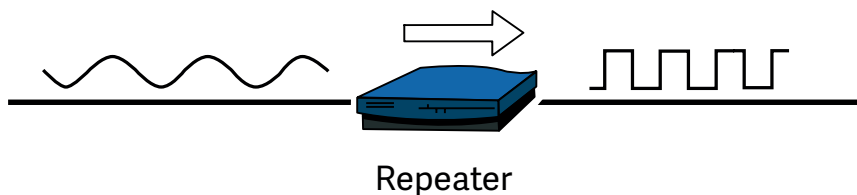
Et netværk med meget trafik og/eller store afstande, kan ofte have brug for inddeling i logiske og/eller fysiske segmenter. Mellem disse segmenter skal være en kommunikationsvej. Denne kommunikationsvej findes i flere forskellige udgaver med forskellige funktioner, beregnet til forskellige netværksløsninger. I det følgende, omtales de mest anvendte.

Repeater

Den simpleste form for bindeled mellem to fysiske netværkssegmenter (kabler) er en repeater. Den forbinder simpelthen to fysiske segmenter, ved at modtage et signal i den ene ende, rense dette for støj, gendanne det oprindelige signal og sende det videre i den anden ende (se figur 19).

Datasignalet renses, forstærkes og sendes videre. En repeaters anvendelsesområde er derfor en lang kabelvej, hvor et kabel ikke alene kan bære signalet, på grund af en forringelse af signalet. Repeateren indsættes eksempelvis midtvejs på kablet og sørger således for, at signalet når hel-skindet fra afsenderen i den ene ende af det lange kabel til, modtageren i den anden ende.

I praksis benyttes en repeater, hvis der skal trækkes et kabel, som er længere end den specificerede maksimumlængde for kabeltypen. Man skal

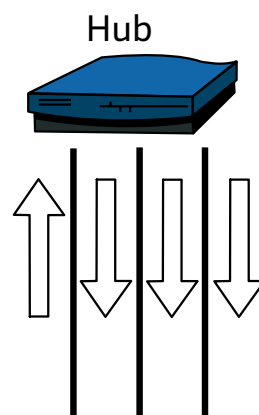


Figur 19. En repeater's virkemåde.

dog stadig holde sig indenfor de rammer, der stilles for den brugte netværks-type, for eksempel må det samlede segments længde i 10Base2 netværk maksimal være 925 m.

Hub

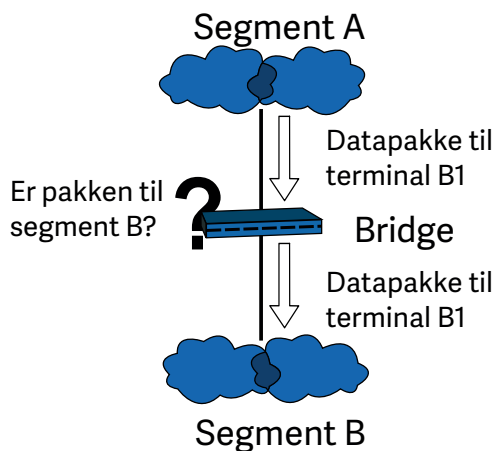
En hub er pr. definition et centrum, eller en slags samlingspunkt. En lufthavn kan være et internationalt knudepunkt, hvor fly fra mange egne mødes og giver passagererne mulighed for at flyve videre ud i verden. I netværkssammenhæng kaldes en hub for et simpelt samlingspunkt for datakabler. En hub fungerer ved at data, der bliver sendt til den fra portene, renses og får forstærket signalet før, det sendes tilbage til alle portene. Der er altså ingen verificering af, hvor data skal hen og hvilke porte den skal sendes ud på (se figur 20).



Figur 20. En hub's virkemåde. Al data der kommer ind via én port, sendes videre gennem alle portene.

Bridge

En bridge bruges til at dele et lokalnet op i to (eller flere) forskellige logiske segmenter. Et oplagt sted at benytte en bridge kan være et netværk, hvor to forskellige etager benytter netværket til to forskellige ting. Den nederste etage kan for eksempel være en salgsafdeling, der ikke belaster nettet nævneværdigt, og den øverste kan være en produktion, hvor anselige mængder data konstant overføres på kryds og tværs. Hvis hele netværket består af et enkelt logisk segment, er det ligegyldigt om de to etager har hver deres server eller ej. Det er også underordnet, om netværket kan overføre 10 eller 100 Mbps. – salgsafdelingen vil tynges af produktionens



Figur 21. En Bridge anvendes til at dele netværket op i to, så det ene netværk ikke belastes unødigt af trafikken på det andet.

massive trafik, der jo sendes ud på hele netværket. En oplagt løsning på dette problem vil være, at dele netværket op i to segmenter -salgsafdelingen og produktionen.

Data bliver kun ført over bridgen, hvis modtageradressen findes på den anden side.

Man placerer salgsafdelingens server direkte på salgsafdelingens segment og vice versa. De to segmenter forbindes med en bridge. En bridge fungerer ved at lytte på de pakker, der bliver sendt ud på hvert segment. Skal pakken sendes til en terminal, som befinder sig på det samme segment som afsenderen, lader bridgen ikke denne pakke passere, således at unødigt trafik begrænses. Skal pakken derimod sendes til en modtager på det andet segment, læser bridgen pakken og sender den ud på det andet segment (se figur 21).

Der findes to typer bridges, transparent bridge og source routing-bridge. Den transparente bridge, fungerer kort fortalt ved, at den løbende "lærer" hvor på netværket de forskellige terminaler er tilknyttet. Den transparente bridge kaldes ofte learning tree bridge. Grunden til at den omtales som, learning tree bridge skyldes, at den løbende opretter en tabel, over hvilken side af bridgen de enkelte terminaler er placeret. Ud fra denne tabel kan bridgen afgøre, om datapakkerne skal have lov til at passere til det andet segment.

I større netværk hvor der indgår flere bridges, kan der opstå det problem, at der kan være flere transmissionsveje mellem terminalerne. Dette kan bevirke, at bridgens tabel bliver ødelagt. For at undgå dette bruges metoden spanning tree. Dens virkemåde er ret kompleks. Kort fortalt kan man sige, at den lukker for trafik på enkelte af de tilsluttede porte således, at der altid kun er en åben transmissionsvej mellem to terminaler.

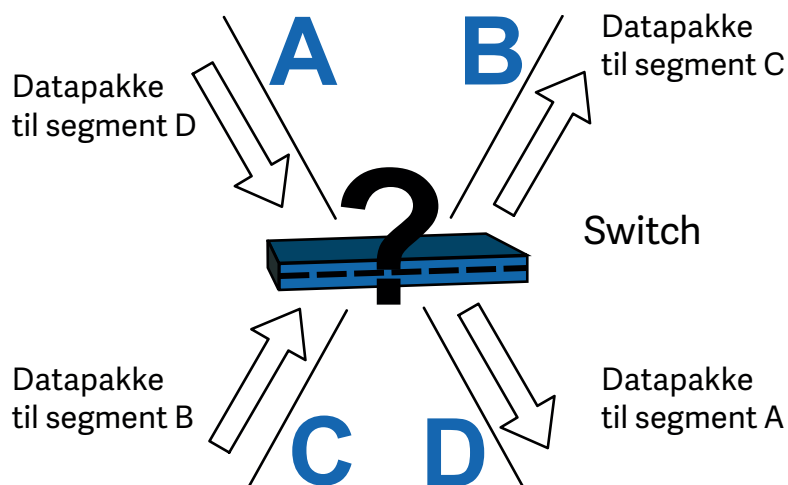
Source routing-bridge fungerer ved, at afsenderen selv vedligeholder information om hvor modtagerterminalen befinder sig og hvilken rute der skal vælges. En source routing-bridge læser pakken og sender den videre til den terminal, der står anført som modtager.

Den transparente bridge giver den fordel, at maskinerne på nettet ikke skal bruge ressourcer på at finde de andre terminalers lokation. Ulempen er, at den er nødt til selv at lære og derfor i starten sender mange pakker ud på hele netværket. En source routing-bridge har den fordel, at den interne kompleksitet kan holdes på et minimum. Ulempen er derimod, at netværkets terminaler selv skal bruge ressourcer på at opretholde ruter til de andre terminaler.

En Bridge benyttes også, når data skal transmitteres over netværk, som benytter forskellige netværkslag (lag 1 og 2 i OSI-modellen). F.eks. hvis to Ethernet netværk skal kommunikere via en FDDI backbone.

Switch

En switch er i det store hele en multiport-bridge – også kaldet for en aktiv hub. Hovedformålet med en switch er at øge båndbredden i netværk med tung trafik. Dette opnås ved at segmentere netværket i flere dele – så langt den samme funktion som en bridge. Blot kan en switch som regel yde meget mere og har et større antal porte end en bridge (se figur 22). Tilsluttede



Figur 22: En switch's virkemåde. Fungerer delvist som en multiport-bridge.

klienter, der giver anledning til megen trafik, kan få deres eget segment – eksempelvis en server eller en tung grafisk bruger.

Almindelige brugergrupper kan få deres eget segment (eksempelvis salgsafdelingen og produktionsafdelingen), ved at tilslutte en almindelig hub, til en enkelt port i switchen.

Der findes to hovedtyper af switche: En cut-through switch, som kun læser modtageradressen på en pakke og med det samme begynder at sende pakken videre, samt en store-and-forward switch der læser hele pakken og tjekker den for fejl før den sender den videre. Fordelen ved en cut-through switch er hastigheden, ulempen er risikoen for fejl, i den efterfølgende data.

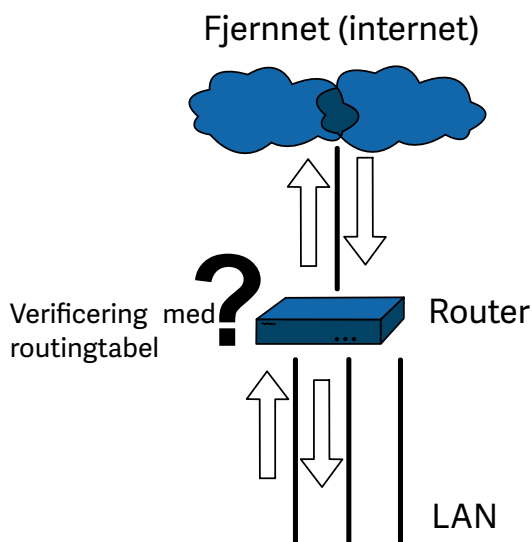
Fordelen ved en store-and-forward switch er at datasikkerheden, der ligger i at alle pakker, tjekkes før de sendes videre. Ulempen er den lavere hastighed men samtidig undgå også unødigt trafik på netværket. En tredje type switch, den adaptive cutthrough switch findes som et kompromis. Den fungerer som en cut-through switch indtil et på forhånd angivet antal af fejlbehæftede pakker findes på netværket – dernæst slår den automatisk over på store-and-forward mode (og vice versa).

Router

En router har mulighed for at arbejde med OSI-modellens nederste 3 lag, hvilket giver routeren mulighed for at arbejde med logiske adresser. Ønsker en virksomhed med flere afdelinger, som geografisk er placeret over stor afstande at kommunikere indbyrdes, anvendes det offentlige netværk som kommunikationsvej. Man bruger routeren til at blive koblet op på det offentlige netværk. (Se figur 23).

En router er opbygget til at kunne arbejde med 3 typer netværk: Bridge-, IP-og IPXrouting.

Ved Bridge Routing, virker routeren som en bridge. Forespørgsler til MAC-adresser på LAN'et videresendes ikke gennem routeren. Forespørgsler på MAC-adresser, der ikke findes på det lokale netværk samt MAC-broadcasts, videresendes gen-



Figur 23. En router's virkemåde. Benyttes til at forbinde forskellige netværk.

nem routeren og ud på den eksterne forbindelse. For at undgå alt for megen unødigt trafik gennem routeren, kan man ofte konfigurere denne til kun at videresende forespørgsler på bestemte MAC-adresser. IP-og IPX-routing virker grundlæggende på samme måde.

MAC-broadcast forbliver lokalt og sendes altså ikke gennem routerne. Datapakker bliver kun videresendt gennem routeren når eksterne IP/IPX-adresser optræder.

Routing kan enten foregå statisk eller dynamisk. Ved dynamisk routing bruges der specielle protokoller til opdatering af routerens routing-tabeller. Man kan inddеле disse i to typer: Distance-vector og link-state.

RIP (Routing Information Protokol) er et eksempel på distance-vector. I denne teknik udveksler routerne deres tabeller ved at sende dem til hinanden, eksempelvis hvert minut. På denne måde opstår der en masse unødvendig trafik, da der ofte ikke er behov for disse udvekslinger. Samtidig kan denne udveksling

også være dyr, hvis den sendes over det offentlige net (hvor der oftest enten betales pr. tidsenhed eller pr. sendt datamængde).

Et eksempel på link-state er OSPF-protokollen (Open Shortest Path First), der kan benyttes i TCP/IP-netværk. Her sender routerne kun sin routing tabel, hvis der er foretaget ændringer, hvilket medfører at den førnævnte unødvendige trafik undgås.

Routere benyttes ofte til at sammenkoble flere forskellige topologier. Den mindre virksomhed vil ofte bruge routeren som gateway til Internettet. Routeren sættes op på serveren som standard gateway og klienterne sætter op til at bruge serveren som standard gateway. Software som eksempelvis Internet-browsere og mail-klienter, konfigureres til at benytte "forbindelse via LAN".

En router kan fungere som en (simpel) firewall. Denne funktion opstår fordi routeren i en tabel opbevarer informationer om hvem, der har spurgt efter data på den anden side af routeren (eksempelvis på Internettet). Hvis routeren modtager en pakke fra Internettet, som der ifølge denne tabel ikke er blevet spurgt



efter, bliver den simpelthen forkastet. Ved benyttelse af routens firewall er det vigtigt at denne bliver konfigureret rigtigt. En forkert konfigureret firewall, kan give sikkerhedsbrister på netværket. Læs nærmere om dette i afsnittet om sikkerhed.

Gateway

Skal to forskellige netværk forbindes med hinanden, kan dette gøres på flere forskellige måder. Men er de to netværk forskellige over de tre nederste netværkslag (i OSImodellen), bliver man nødt til at ordne opgaven med en gateway. En gateway kan med andre ord oversætter informationer fra netværks-, sessions-, præsentations- og applikationslagene, hvilket kræver en del beregningskraft. Ofte findes der i det ene netværk basale funktioner, der ikke findes i det andet og kommunikationen bliver derfor et slags kompromis – en slags "laveste fællesnævner". Eksempelvis kan man ikke oversætte det engelske ord "please" til et tilsvarende enkelt ord på dansk.

Et mere almindeligt eksempel på en gateway, er oversættelsen fra Internetmail til for eksempel Groupwise, Lotus Notes eller Microsoft Exchange

Lystekniske grundbegreber

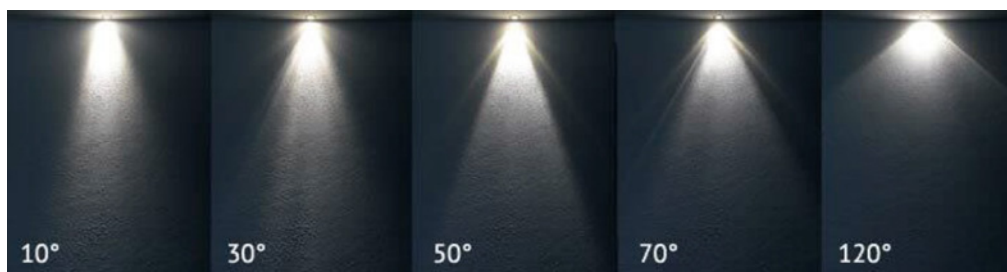
Følgende definitioner og enheder skal anvendes for at kunde regne og beskrive lysets egenskaber:

- Lysstyrke Lysstrøm
- Belysningens regelmæssighed
- Belysningsstyrke
- Luminans
- Refleksion
- Blænding
- Flimmer
- Farvetemperatur
- MacAdam – spredning i lysfarven
- Farvegengivelse
- Belysningsvirkningsgrad
- Spektrometer
- Vedligeholdelsesfaktor

Lysstyrke

Lysstyrken er et mål for, hvor meget lys en lyskilde sender i én retning, eller inden for en bestemt vinkel, og anvendes for retningsbestemte lyskilder.

Spredningsvinklen angives oftest som grader. Enheden for lysstyrken er Candela [lm/steradian].



Figur 1. Spredningsvinkler. (Kilde: <http://www.klusdesign.com/blog/led-tape/>)

Enhed: Candela
Forkortes: cd
Symbol: I

Lysstyrken fra et lyspunkt, der udsender lige meget lys i alle retninger, kaldes for den sfæriske lysstyrke (I_{sf}), og den beregnes som den samlede lysmængde, der udsendes fra lyskilden divideret med 4π.

Den samlede lysmængde betegnes lumen, og det kan skrives på følgende formel:

$$I_{sf} = \frac{I}{4 \times \pi} = (cd)$$

Sammenligning: Stearinlysflamme = cirka 1 cd
60W Glødelampe = cirka 60cd

Lysstrøm

Lysstrøm er et mål for den samlede lysstyrke, der udstråler fra en uafskærmet lyskilde i alle retninger. De forskellige lyskilders lysstrøm kan findes i lyskilde kataloger og prislister.

Enhed: Lumen
Forkortes: lm
Symbol: F (phi)

Lyskilde type	200-300 Lumen	300-500 Lumen	500-700 Lumen	700-1000 Lumen	1000-1250 Lumen	1250-2000 Lumen
Glødepærer	25-30 Watt	40 Watt	60 Watt	75 Watt	120 Watt	150-250 Watt
Halogenpærer	18-25 Watt	35 Watt	50 Watt	65 Watt	100 Watt	125 Watt
Sparepærer	5-6 Watt	8 Watt	11 Watt	15 Watt	20 Watt	20-33 Watt
LED pærer	2-4 Watt	3-5 Watt	5-7 Watt	8-10 Watt	10-13 Watt	13-20 Watt

Tabel 1. Kilde : <https://www.lyskilderdirekte.dk/lumen-til-watt>.



Belysningsstyrke

Belysningsstyrken er et mål for, hvor kraftig en flade er belyst, og defineres som den lys-strøm der rammer en flade pr. m².

Enhed: Lux

Forkortes: lx

Symbol: E

Beskrivelsen kan skrives på følgende formel:

$$E = \frac{F}{A} \text{ (lux)}$$

Sammenligning: Stærkt solskin = cirka 100.000 lux

Kontorbelysning = cirka 500 lux

Fuldmåne = cirka 0,25 lux

Lux-værdier kan være interessante i forbindelse med kortlægning af belysningsniveauer i konkrete zoner og områder. Det er ofte lux-værdier, der beskriver krav til almen belysning i bygningszoner og arbejdsbelysning ved forskellige arbejdssituationer. Belysningsstyrken måles med et luxmeter.

Luxmeter



Figur 2. Måling af belysningsstyrke.

Vær opmærksom på at det, man ser, er afhængig af belysningsstyrken, således at hvis belysningsstyrken sænkes, udviskes det, man ser. Og at en person på 60 år behøver 40% mere lys end en på 20 år for at læse den samme tekst.

Belysningens regelmæssighed (Uniformitet)

Belysningens Uniformitet beskriver variationen i lysets fordeling (Uniformity of illuminance, U_0). Det defineres som $U_0 = E_{\min} / E_{\text{avr}}$, hvor E_{\min} er den mindste, og E_{avr} er den gennemsnitlige af de repræsentative luxværdier (E_r), der er målt i en given zone.

Hvis for eksempel den aktuelle kontrolmåling i en zone har givet et gennemsnit over et nærmere bestemt antal målepunkter på 350 lux og en mindsteværdi på 240 lux, vil Uniformiteten være: $U_0 = E_{\min} / E_{\text{avr}} = 220 / 350 = 0,63$.

I tabel 1 ses måleplan til måling af belysningsstyrke og regelmæssighed.

Eksempel 1

I et lokale der er 10 meter langt og 10 meter bredt må den maksimale afstand mellem punkter i måleplanet være 1,0 m og den maksimale afstand mellem punkterne i måleplanet være 10. Det maksimale antal punkter i måleplanet dermed 100.

Længde af lokale [m]	Maksimal afstand mellem punkter i måleplanet [m]	Maksimal afstand mellem punkter i måleplanet [m]
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Tabel 2. Måleplan til måling af belysningsstyrke og regelmæssighed.

Luminans

Luminans beskriver den reflekterede lysmængde i en bestemt retning fra et givent punkt eller en given flade.

Luminansen er en funktion af den lysmængde, der rammer målepunktet [lm], målepunktets størrelse, lyskildens vinkel i forhold til målepunktet og vinklen til målingens sigtelinje.

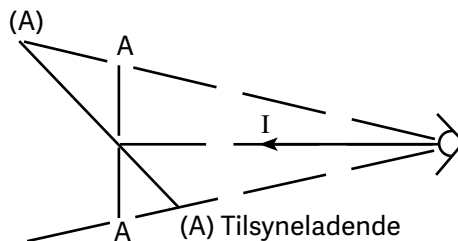
Luminans kan være interessant i forbindelse med kortlægning af blænding og refleksion fra forskellige typer overflader under forskellige påvirkning af lys i forskellige situationer. Enheden for luminansen er candela pr. kvadratmeter [cd/m²].

Enhed: Luminans
Forkortes: cd/m²
Symbol: L

Beskrivelsen kan udtrykkes på følgende formel:

$$L = \frac{I}{A_{\text{tilsynl}}} \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

Det tilsyneladende areal skal opfattes som illustreret på efterfølgende tegning.



Nærmere beskrevet, så er luminansen af en flade set fra en bestemt retning lig med lysstyrken divideret med det tilsyneladende areal.

Da luminansen er et mål for, hvor meget lys der reflekteres fra en flade, kan luminansen også findes ud fra følgende formel:

$$L = E_{\text{ind}} \times \frac{\rho}{p}$$

Hvor: E_{ind} = Indfaldsbelysningsstyrke
 ρ = Fladens refleksionsfaktor (rho)

Sammenligning: Mat glødelampe = cirka 70.000 cd/m²
Lysstofrør = cirka 8.000 cd/m²
Vejbelysning = cirka 1 cd/m²

Refleksion

Refleksion er et udtryk for, hvor mange procent af det indfaldne lys på en flade, som reflekteres.

Refleksionens størrelse udtrykkes ved en refleksionsfaktor, der er forholdet mellem det reflekterende lysmåltien afstand på 30 cm. fra den belyste flade og det indfaldne lys som udtrykt i følgende formel:

$$\text{Reflektansen } \rho = \frac{E_{\text{ud}}}{E_{\text{ind}}}$$

Belysningsstyrker/luminans

Foren lysflade, som eksempelvis hvidt papir, svarer en belysningsstyrke på 50, 100, 200, 300, 500 og 1000 lux om trent til luminansen på 10, 20, 40, 60, 100, og 200 cd/m².

Belysningsstyrker/regelmæssighed

Man skal normalt opnå en belysning uden for store luminansforskelle og uden for store spring i belysningsstyrken. Har man dette, risikerer man at få et belysningsanlæg med ubehagsblænding og nedsættelse af synsfunktionen.

En glidende luminansfordeling opnås ved forholdet 5:2:1, hvor den højeste luminans er på arbejdsfeltet, derefter de nærmere omgivelser og den laveste luminans på de fjerne omgivelser.

Det samme forhold kan anvendes på belysningsstyrken, for eksempel 500 lux på synsobjektet, 200 lux på de nærmere omgivelser og 100 lux på de fjernere omgivelser. Store luminansforskelle eller store spring i belysningsstyrken kan med fordel anvendes for at opnå en effektbelysning.

Efterfølgende tegning illustrerer de lystekniske begreber.

Begreb	Symbol	Enhed	Betydning/svar på	Formel
Lysstrøm	F	Lumen (lm)	Betydning pr. sekund fra en lyskilde "Hvor meget lys"	
Lysstyrke	I	Candela (cd)	Lysstrøm pr. rumvinkel (v) i en bestemt retning fra en lysgiver "Hvor meget lys i en bestemt retning"	$I = F/v \text{ cd} = \text{Lumen pr. steradian}$
Belysningsstyrke	E	Lux (lx)	Indfaldende lysstrøm pr. m ² på en belyst flade "Hvor meget lys pr. m ² "	$E = F/A \text{ Lux} = \text{lm/m}^2$
Luminans	L	Candela pr. m ² (cd/m ²)	Lysstyrke pr. m ² tilsyneladende areal af en flade "Hvor lys er fladen"	$L = I/A_{\text{tils.}}$

Tabel 3.

Blænding

Der findes to former for blænding:

- Synsnedsættende blænding
- Ubehagsblænding

Begge former for blænding skal begrænses.

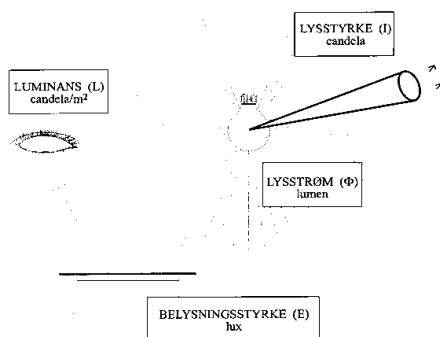
Den synsnedsættende blænding – også kaldet fysiologisk blænding – skyldes slørende spredning i øjet, især fra lyskilder nær synsretningen. Derved får den indflydelse på adaptationsluminansen og dermed på øjets kontrastfølsomhed.

For at begrænse denne blænding, kan lyskilden drejes, arbejdspladsen ændres, eller hvis det er fra et vindue, kan der foretages en afblænding med gardin. Synsnedsættende blænding forekommer også, når man bevæger sig fra mørke til lys eller omvendt, for eksempel ved ind og udgang fra en tunnel.

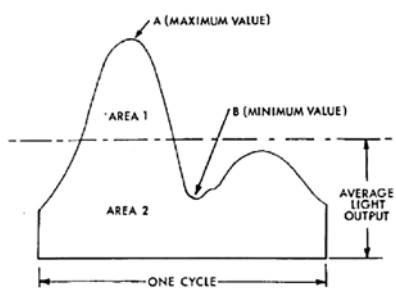
Ubehagsblænding – også kaldet psykologisk blænding – er den fornemmelse af ubehag og irritation, der skyldes en lysgiver med høj luminans i forhold til en mørkere baggrund.

Denne form for blænding karakteriseres ved et blændingstal, der i praksis går 13 til 28, hvor det største blændingstal angiver den største blænding. Blændingstallene opgives i spring på 3, idet det er den mindste forskel i blændingstallet, der giver en mærkbar opfattelse af blændingen.

Beregningen af blændingstallet i et given belysningsanlæg kan udføres efter UGR-metoden (Unified Glare Rating). Denne beregning er beskrevet i CIE-publikation nr.117 samt i tillæg til NB-metoden, Anneks B.



Figur 3. Blænding.



Source: IESNA Lighting Handbook, 9th Edition (Rea 2000)

Figur 4. Flicker.

(Kilde: <http://www.ledbenchmark.com/faq/LED-Flicker-Measurement.html>)

Anvendes der et belyningsberegningsprogram til bestemmelse af et belyningsanlæg, fremgår det af dette programs resultater, hvad anlæggets blændingstal er. Er dette ikke som det skal være, kan ophængshøjden eventuelt ændres, et andet gitter i armaturet eller andre refleksioner fra omgivelserne. Der er således forskellige muligheder, som kan anvendes for at opnå et blændingstal, der er under den maksimalt tilladte værdi.

Flicker-procent (flimmer) er et relativt mål for den cykliske variation i lyset fra en lyskilde (dvs. procentmodulation). Dette er også undertiden kendt som "gradueringsindeks". Flicker-procent = $100\% \times (\max - \min) / (\max + \min)$

Flicker-indeks er et relativt pålideligt mål for den cykliske variation i lyset ved en given effektfrekvens. Den tager hensyn til bølgeformen af lyseffekten samt dets amplitude. Flimmerindeks antager værdier mellem 0 og 1,0 – med 0 som konstant lysudbytte. Højere værdier indikerer en øget mulighed for at opleve mærkbart flimmer i lyset samt stroboskopisk effekt. Flicker er ikke altid noget, man vil opfatte visuelt, men det kan være årsagen til hovedpine og andre gener, hvis man arbejder under en belysning med for højt flickerniveau i længere tid.

Farvetemperatur

Lysfarven angives som en farvetemperatur (CCT) i enheden Kelvin, og jo højere farvetemperaturen er, jo mere køligt opfattes lyset. Dagslyset har en væsentlig højere farvetemperatur (6000-10000 K) end den kunstige belysning, hvilket har betydning, når dagslyset suppleres med kunstig belysning. Der findes lyskilder med farvetemperaturer svarende til dagslysets, men disse er ikke velegnede til aftenbelysning.

Farvetemperaturen er et mål for, om lyset føles

varmt eller koldt. I naturen opfattes morgen- og aftenlyset, hvor solen står op og ned, som et varmt lys, der er rødt. Lyset midt på dagen eller en gråvejrsdag opfattes mere som et koldt lys, der er blåligt. Det samme gør sig gældende for lyskilder, nogle er kolde andre varme i deres lys.

Lysets farve er bestemt af, hvilken bølgelængde det er på:

■ Jo mindre bølgelængde, desto koldere lys.

Farvetemperaturen måles i Kelvins således at:

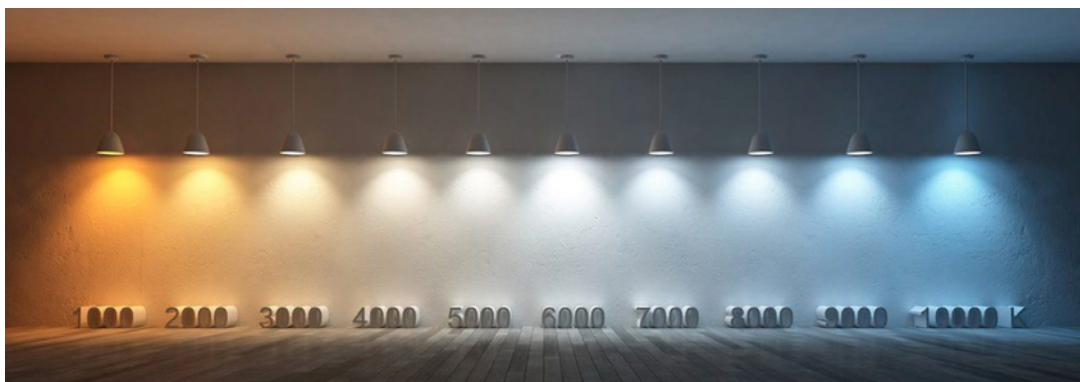
■ Johøjrefarvetemperatur, desto koldere lys.

I den efterfølgende oversigt er vist nogle forskellige lyskilders farvetemperaturer.

Kelvin-grader	Lyskilde
1900	Stearinlys - Solopgang – Solnedgang
2700	Glødelamper
2700-4000	Kompakt lysstofrør
2700-7000	Lysstofrør
3000	Halogen glødelamper
3500-4500	Hg-damplamper
5200	Middagssol
7000	Gråvejrs
12000	Blå himmel med tynde, hvide skyer
26000	Helt klar blå nordvesthimmel

Tabel 4.

Der er en vis sammenhæng mellem belysningsniveauet og en foretrukken farvetemperatur. Erfaringen viser, at varme lysfarver (2800 K) foretrækkes ved lave belysningsstyrker (100-200 lux) og koldere lysfarver (5.000 K) i lokaler med høj belysningsstyrke. Kombineres dagslys og kunstlys, er det



Figur 5. Farvetemperaturer. (Kilde: <https://lumega.eu/da/blog/en-verden-af-lys-hvad-er-farvetemperatur>).

uhensigtsmæssigt at prøve at tilpasse kunstlyset efter dagslysets farve, fordi lyset i perioder med kunstlys alene vil virke alt for koldt. Et krav på 4000 Kelvin vil ofte være en god løsning i en sådan situation.

De forskellige lyskilders farvetemperatur er nærmere oplyst i lyskildefirmaernes kata- loger.

MacAdam – spredning i lysfarven

Lyskildens lysfarvekvalitet eller kromaticitet er mål for spredning i lysfarven. Afvigelser i farven angives med MacAdam-ellipser SDCM (Standard Deviation of Color Matching) i henhold til standarden CIE 1964. MacAdam-systemet graduerer kromaticiteten på en skala fra 1-10, hvor 1 er den bedste kromaticitet, man kan opnå.

Mellem 1 og 3 er det svært at se forskel på farverne. Højere oppe i skalaen opleves tydelige forskelle, alt efter det omgivende miljø. Belysning af hvide vægge med wall-washers eller spotlights kræver en lav MacAdam-værdi. I øvrige applikationer kan kravene være lidt mindre. I indendørsapplikationer ligger kravet vedr. MacAdam normalt på højst 3 SDCM. I udendørsmiljøer er 5 SDCM normalt fuldt ud tilstrækkeligt.

På hospitaler og operationsstuer er der behov for optimale forhold, hvad angår farvetemperatur og farvegenkendelse. Dette gælder ligeledes for museer, gallerier, hoteller, butikker mv., hvorfor det er altafgørende, at de lyskilder, der installeres her, har en lav SDCM. Ligeledes kan producentspecifikke forhold påvirke kvaliteten af den valgte af lyskilde og den faktiske SDCM-værdi.

Farvegenivelse

De farvegenivende egenskaber angives med farvegenivelsesindekset R_a , der er et udtryk for en lyskildes evne til at gengive farver korrekt. Den højst opnåelige værdi får naturens lys, og den er 100.

En god gengivelse af farver er afgørende for mange synsopgaver. Gengivelsen af omgivelsernes farver og den menneskelige hud er af betydning for, om et lokale føles behageligt at opholde sig i. Det har betydning for et godt arbejdsmiljø og klima.

Som en hovedregel gælder, at der skal være en R_a -værdi på over 80 i lokaler, hvor mennesker opholder sig i længere tid ad gangen. Undtagelser herfra kan være meget højloftede haller. Men man må så sikre sig, at de faste arbejdssteder lokalt bliver belyst af lyskilder, der giver en R_a -værdi på minimum 80. Sikkerhedsfarver skal altid være genkendelige.

- R_a mindre end 80 betragtes som dårlig. Jo mindre, jo dårligere.
- R_a mellem 80 og 90 betragtes som god.
- R_a over 90 betragtes som særdeles god.



Figur 6. Farvegenivelse R_a -værdi = 75 (øverst) og R_a -værdi = 95 (nederst). (Kilde: <https://www.ho-me-le-ctrical.com/whatcolor-rendering-index-or-cri-light-bulb.6.html>)

Belysningsvirkningsgrad

Belysningsvirkningsgraden er et mål for, hvor meget af den tilførte lysstrøm til et lokale, som omsættes til belysning.

Belysningsvirkningsgraden beregnes ud fra armaturfabrikantens data over det anvendte armatur.

Belysningsvirkningsgraden betegnes med symbolet η_B , og den bestemmes ud fra rummets rumfaktor "k" og rummets reflektioner.

Rumfaktoren bestemmes ud fra følgende formel:

$$k = \frac{L \times B}{h_m \times (L + B)}$$

Hvor:

- L = rummets længde i meter
- B = rummets bredde i meter
- h_m = armaturets ophængshøjde over arbejdsplan i meter.

Spektrometer

Til måling af flere af de ovennævnte lystekniske parametre kan benyttes et spektrometer. Det er eksempelvis til måling af farvegengivelse, farvetemperatur, SDCM og flicker-procent.



Figur 7. Eksempel på spektrometer.
(Kilde: https://www.building-supply.dk/announcement/view/91632/flyt_lyslaboratoriet_ud_til_kunden)

Vedligeholdelsesfaktor

Vedligeholdelsesfaktoren fortæller noget om, hvor godt et belysningsanlæg vedligeholdes. Den bestemmes ud fra følgende formel:

$$V = \text{Vlyskilde} \times \text{Varmaturlismudsning} \times 0,95 \text{ (Vrumtilsmudsning)}$$

Vedligeholdelsesfaktoren indgår som et led i en belysningsberegning, både hvis den udføres som en manuel beregning efter NB-metoden, eller med et belysningsprogram som blandt andre DCL har udarbejdet et beregningsværktøj til beregning af vedligeholdelsesfaktor.

Den er også en afgørende faktor for et belysningsanlægs økonomi og energiforbrug.

Lyskilder

Standardglødelampen

Fælles for glødelamperne er, at der sendes strøm gennem en glødetråd, hvorved den lyser.

Glødetråden er dobbelt-spiraliseret og udført af en wolframtråd på 0,013 mm. sammenlignet med et menneskehår, der er 0,06 mm.

Kolben indeholder gasserne argon og kvælstof, hvilket formindsker fordampningen og lysbuedannelse af og på glødetråden.

Lampens gennemsnitlige levetid er 1000 timer, men den er stærkt afhængig af spændingen. 5% overspænding halverer levetiden, og lysstrømmen øges med 20%. 5% underspænding fordobler levetiden, men dens lysstrøm falder med 20%.

Halogenlampen

Et problem med standardglødelampen er, at den i dens levetid afgiver den mindre og mindre lys, på

grund af at wolframglødetråden fordampes, og denne fordampning sætter sig på indersiden af lampekolben som en sværtning. Glødetråden bliver tyndere, for til sidst at brænde over.

Med halogenglødelampen har man imødegået dette problem ved at tilsætte en fyldning i kolben af et halogen, normalt jod. Dette halogen går over i dampform, når lampen tændes, og det har så den egenskab, at det går i forbindelse med den fordampede wolfram, og der dannes derved WJ2 molekyler. Disse molekyler er ikke i stand til at sætte sig fast på kolbens inderside, hvorved en sværtning undgås.

Når et WJ2-molekyle kommer ind i nærheden af glødetråden, skilles wolframatomet fra jodet og sætter sig igen på wolframglødetråden, og processen gentager sig. Dette giver en levetid på 2.000 til 5.000 timer afhængig af fabrikat og lampetype og ingen lysnedgang i lampens levetid.

Fordi der ikke bliver nogen sværtning af kolben, kan den udformes meget tæt på glødetråden. Dette vil bevirke, at glasset bliver meget varmt, og det er derfor udført af kvarts. Man bør undgå at berøre glasset ved isætning af lampen i armaturet, da dette vil nedsætte lampens levetid.

Damplamper

Der findes mange typer damplamper, men her skal kun omtales:

- Lysstofrør
- Lavenergilamper

Lysstofrør

Lysstofrøret er en lavtrykskviksølvlampe, som består af en rørformet kolbe med en elektrode i hver ende. Røret indeholder kviksølv damp, som skaber et ultraviolet lys, når strømmen går gennem røret fra elektrode til elektrode.

Det er belagt med et eller flere fluorescerende farvepulvere på indersiden af røret, som omdanner det ultraviolette lys til synligt lys.

Desuden indeholder røret en inaktiv luftart, der nedsætter fordampningen af glødetrådene.

De primære rør indeholder 3 mg kviksølv og har tre eller fem lag fluorescerende pulver. Det med tre lag kaldes primær og har en $Ra > 80$.

Det med fem lag kaldes primær deluxe og har en $Ra > 90$. Primær deluxe-røret afgiver cirka 30% mindre lys end primærrøret. Begge typer primærrør har en levetid på 11.000 til 18.000 timer, afhængig af hvilken forkobling de er tilsluttet.

De fås med flere farvetemperaturer fra 2700 Ko til 6500 Ko.

De primære rør omtales med et tal som 82, 83, 84, og 85 evt. med et andet ciffer foran eller bag. Men af de to nævnte cifre står det første ciffer for $Ra > 80$ og det sidste for farvetemperaturen, 2 i 2000 Ko området, 3 i 3000 Ko området osv.

Primær deluxe-rørene omtales med et tal som 93, 94 og 95, eventuelt med et andet ciffer foran eller bag. Ligeledes her står det første ciffer for Ra -værdien og det sidste for farvetemperaturen.

LED

Led er en forkortelse for Light Emitting Diode, hvilket fortæller, at den består af dioder, der udsender lys. I modsætning til en glødepære har dioden ikke en metaltråd, der lyser og kan brænde sammen. Dette betyder, at holdbarheden er længere. Samtidig udsender en diode meget mindre varme. Det gør den både mere energieffektiv, og overophedning reduceres.

En vigtig komponent i ethvert LED-baseret belysningsystem er armaturstrømforsyningen, der står for at sende den korrekte energi til LED-lyskilden, så man opnår den ønskede lysstyrke.

LED-belysning bliver typisk forsynet med energi fra en AC/DC-strømforsyning, der tilsluttes mellem det almindelige 230V-elnet og LED-lyskilden. Denne strømforsyning kaldes for en LED-driver.

Lyset fra LED-lyskilder er tilnærmelsesvis proportionalt med størrelsen af strømmen, der bliver sendt gennem dem. Derfor forsynes LED-lyskilder typisk med jævnstrøm fra en LED-driver, der er 'strømstyret'.

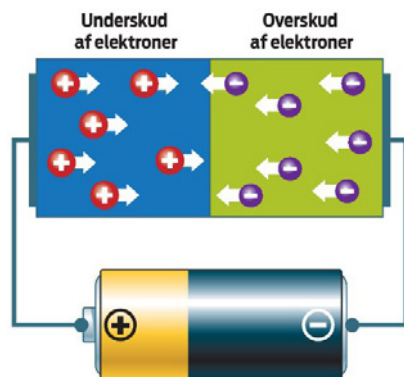
Dette vil sige, at den regulerer sin udgang til at levere en konstant strøm (i modsætning til en konstant spænding). En konstant-strøm-LED-driver er typisk forsynet med teksten 'Constant Current' samt størrelsen på den konstante strøm (eller minimum- til maximum-strøm, hvis den er dæmpbar – opgives i enheden Amperer) i kombination med et spændingsområde (minimum- til maksimum-spænding – opgives i enheden Volt).

Tabet i driveren udgør cirka 10-12%.

Elektronikken sidder i selve fatningen på de fleste LED-pærer. Blandt andet derfor kan du opleve, at

pæren er lidt større end den lyskilde, den erstatter. Jo kraftigere den skal lyse, jo mere elektronik skal der til, og jo større vil LED-pæren ofte være.

Dioden i LED er en såkaldt halvleder, som består af en plade med et overskud af elektroner på den ene side og et underskud af elektroner på den anden side. Når halvlederen bliver udsat for spænding, bevæger de overskydende elektroner fra siden med et overskud af elektroner mod siden med et underskud – og videre mod den positive pol. Når elektronerne fra halvdelen med overskud bevæger sig ind i halvdelen med underskud, taber de energi, og den overskydende energi bliver omdannet til lys.



Grafik: Tim Barker

Figur 8. <https://jyllands-posten.dk/nyviden/videnbrevkasse/ECE6787019/hvordan-virker-en-led-paere/>

Lysberegning

NB-metoden

NB-metoden er en manuel lysberegningss metode.

Man kan ved hjælp af denne metode bestemme belysningsstyrken i et givent lokale, eller finde den nødvendige lysstrøm for at opnå en ønsket belysningsstyrke i et lokale ud fra følgende formel:

$$\Phi = \frac{E \cdot L \cdot B}{\eta_B \cdot v} \text{ (Lumen)}$$

Hvor:

- O = lyskildernes samlede lysstrøm
- E = den ønskede belysningsstyrke
- η_B = belysningsvirkningsgrad
- v = vedligeholdelsesfaktor

Til udførelse af denne beregningsmetode kan der ved "Lysteknisk selskab" fås beregningsark. Når lyskildernes samlede lysstrøm er beregnet, kan man ved at dividere med den valgte lyskildes lumenværd finde hvor mange armaturer, der skal anvendes.

I stedet for denne beregningsmetode anvendes ofte et belysningsprogram. Disse programmer kan fås fra de forskellige armaturfabrikanter.

Punktlysberegning

Ved hjælp af denne metode kan belysningsstyrken i et "punkt" beregnes. Dette gøres ved hjælp af følgende formel:

$$E_0 = \frac{I_0}{h^2}$$

Hvor:

- E_0 = den målte belysningsstyrke lodret under armaturet på arbejdsplan.
- I_0 = lysstyrken i udstrålingsvinklen 0_0 (denne værdi bestemmes ud fra armaturets lysfordelingskurve)
- h = armaturets ophængshøjde over arbejdsplan.

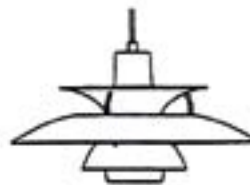
Ønskes belysningsstyrken bestemt i et punkt, der ligger i en vinkel ud fra det lodrette plan, anvendes denne formel:

$$E_v = \frac{I_v}{h^2} \times \cos^3 v$$

Hvor:

- E_v = den lodrette målte belysningsstyrke i vinklen "v" ud fra lodret plan.
- I_v = lysstyrken i udstrålingsvinklen v_0 (denne værdi bestemmes ud fra armaturets lysfordelingskurve)
- H = armaturets ophængshøjde over arbejdsplan.
- $\cos^3 v$ = cosinusværdien i tredje til udstrålingsvinklen.

De to viste formler gælder kun for et rotations-symmetrisk armatur. Er der tale om et liniearmatur, for eksempel et lysrørsarmatur, er det andre formler, der skal anvendes. Denne metode vil ikke blive belyst her, men metoden kan findes i Lysteknisk Selskabs arbejdshefter eller i Elfagets bog om belysning.



I det efterfølgende er der vist et eksempel på en punktlysberægning for en PH5-plus-pendel, bestykket med et 23W kompaktlysrør.

Af lysfordelingskurven fremgår det, at 1 deling = 25 cd/1000 lm.

Da et 23W kompaktlysrør har 1500 lumen, vil det sige, at 1 deling så er:

$$\frac{25}{1000} \times 1500 = 37,5 \text{ cd(de)}$$

På lysfordelingskurven kan der under 0° tælles 5,4 delinger, hvilket vil sige at:

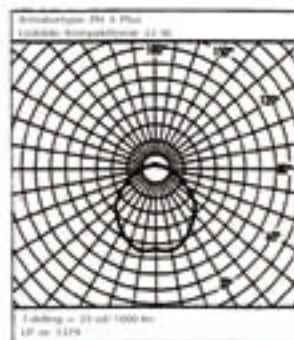
$$I_0 = 5,4 \times 37,5 = 202,5 \text{ cd}$$

Opsættes lyspunktet 0,8 m over et bord (arbejdsplan), vil belysningsstyrken lige under pendlen være:

$$E_0 = \frac{202,5}{0,8^2} = 316,4 \text{ lux}$$

Belysningsstyrken på bordet under en udstrålingsvinkel på 30° beregnes således: Først beregnes lysstyrken under 30°:

$$I_{30^\circ} = 4,5 \text{ de} \times 37,5 = 168,75 \text{ cd}$$



Derefter:

$$E_{30^\circ} = \frac{168,75}{0,8^2} \times \cos 30^\circ = 171,25 \text{ lux}$$

Energioptimering af belysningsanlæg

En energioptimering af et belysningsanlæg kan udføres ved installation af et nyt belysningsanlæg eller ved en renovering af et eksisterende belysningsanlæg.

Der kan være forskellige årsager til at udføre et energioptimeret belysningsanlæg. Først og fremmest skal det udføres i overensstemmelse med bygningsreglementets bestemmelser og DS/EN 12464-1 Lys og belysning.

Dernæst kan det være for at opnå en energibesparelse for derved at få et anlæg med en bedre økonomi.

Og endelig kan det være for at også at opnå et belysningsanlæg med et bedre belysningsmiljø.

Energibesparelsen ved udskiftning af et belysningsanlæg afhænger af:

- Antallet af armaturer.
- Antallet af lyskilder pr. armatur.
- Lyskildens effekt målt i W (aflæses på lyskilden).
- Tabet i en eventuel forkoblingsenhed (tabet tillægges lyskildens effekt).
- Styringsform.

Ovenstående forhold gælder både for det eksisterende og det nye belysningsanlæg. For det eksisterende anlæg er det relativt nemt at skaffe de nødvendige data til at beregne energiforbruget.

Forkoblingsenhed til lysstofrør

Forkoblingens hovedfunktion er at virke som strømbegrænser under opstart af lysstofrøret. Der findes to forskellige typer af forkoblinger: Elektroniske forkoblinger og elektromagnetiske forkoblinger.

Elektromagnetiske forkoblinger er ældst, og skal benyttes i kombination med en separat starter for at tænde lysstofrør. Elektroniske forkoblinger fungerer med højfrekvensspænding, så starter er ikke nødvendig, og røret starter op uden at flimre.

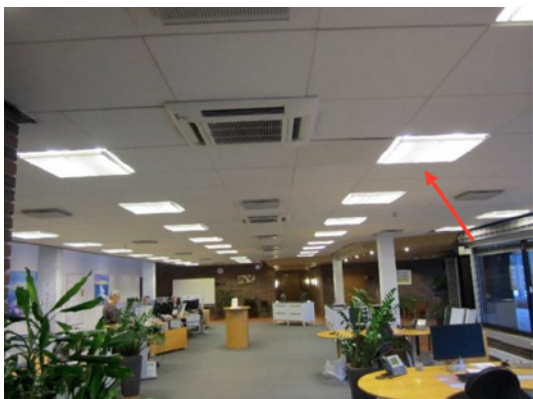
Tabet i en forkoblingsenhed kan være det sværeste at fremskaffe. I nedenstående tabel ses eksempler på tab i forkoblingsenheder til forskellige T8- og T5-lysstofrør, som er meget udbredte lyskilder. Disse tab skal tillægges lyskildens effekt. Eksempelvis vil et ældre armatur (fra før 2006) med et 58 W lysstofrør optage cirka 70 W ($1,2 \cdot 58 \text{ W}$).

Typer af lysstofrør	Konventionel mekanisk forkobling (glimtænder) EEI Class C eller D (klasser benyttes ikke mere) Armaturer før 2006	Nyere mekanisk forkobling (glimtænder) EEI Class B1 eller B2 (middel)	Elektronisk forkobling EEI Class A2 eller A3 (middel)	Elektronisk forkobling (dæmpbar) EEI Class A1
Tab [%]				
18 W T8-lysstofrør	55	39	11	17
36 W T8-lysstofrør	25	17	3	6
58 W T8-lysstofrør	20	13	0	2
14 W T5-lysstofrør	-	-	29	36
35 W T5-lysstofrør	-	-	16	20
54 W T5-lysstofrør	-	-	14	17

Tabel 5. Tab i forkoblingsenheder.

Energibesparelser på belysningsanlæg

- Reduktion af driftstiden
- Sektionsopdeling
- Reduktion af belysningsstyrken
- Dagslysstyring
- Bevægelsesmeldere (PIR følere)
- Vælge lyse farver på vægge og lyse møbler



Figur 9. Armaturer til T8-lysstofrør.

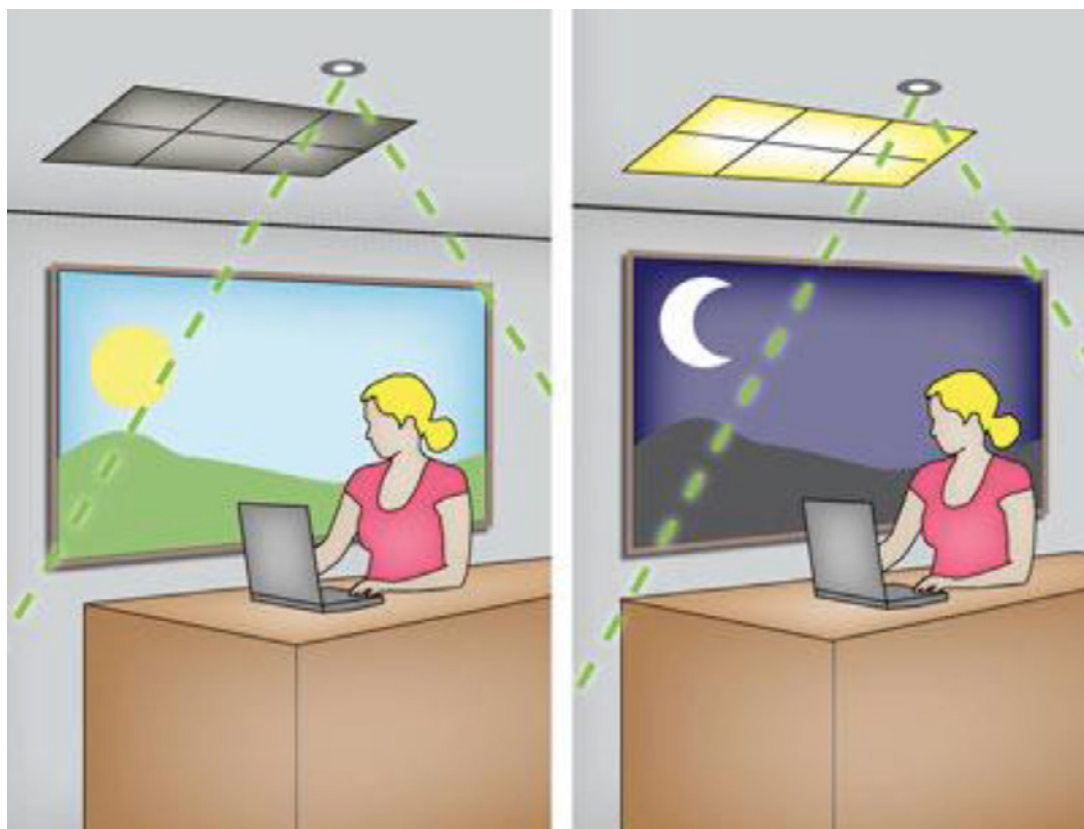


Figur 10. Armaturer til T5-lysstofrør.

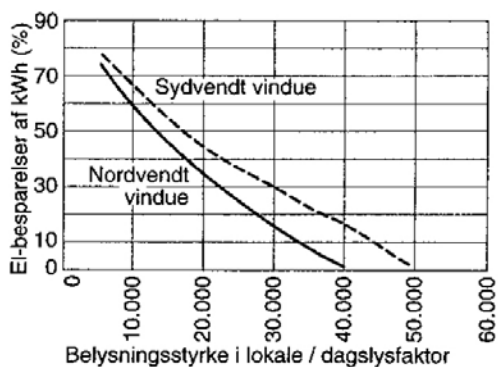
Energibesparelse ved etablering af dagslysstyring

Belysningsanlægget kan være forsynet med automatisk dagslysstyring. Hvis der er installeret automatisk dagslysstyring, skal det undersøges, om dagslysstyringen er enten on/off eller kontinuerlig (lysdæmpning).

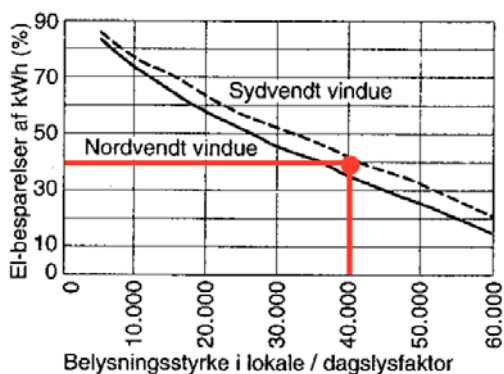
Den simpleste regulering er en automatisk tænd/sluk-funktion af belysningen ved hjælp af en lyssensor. Lyssensoren sørger for, at belysningsanlægget ikke tændes, hvis dagslysniveauet er tilstrækkeligt højt, hvilket medfører energibesparelser.



Figur 11. Dagslysstyring. (Kilde: <https://www.flex7.co.uk/lighting-controls/daylight-dependency/>).



Figur 12. El-besparelser ved on/off-regulering af belysningen (Kild: BPS-publikation 132. februar 2000.)

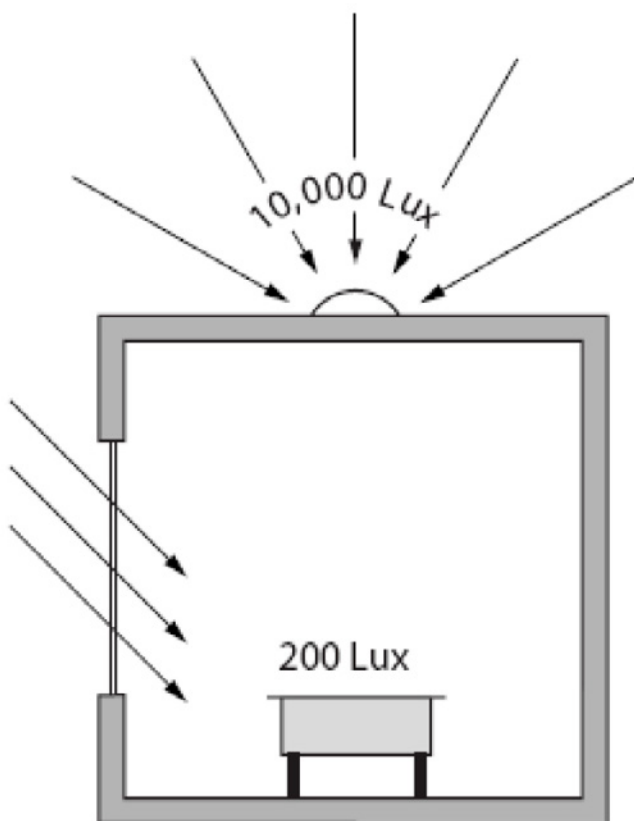


Figur 13. El-besparelser ved kontinuerlig regulering af belysningen (Kilde: BPS-publikation 132. februar 2000.)

Ved kontinuerlig regulering sker der regulering af belysningen efter dagslysniveauet. Når dagslysniveauet stiger, vil reguleringen søge at fastholde en ønsket belysningsstyrke i lokalet ved at dæmpe den kunstige belysning.

For at beregne el-besparelsen ved anvendelse af en af de to reguleringsformer kan ovenstående figurer anvendes. Forholdet mellem kravet til middelbelysningsstyrken og dagslysfaktoren skal kendes. Dagslysfaktoren er et mål for, hvor meget dagslys, der er indendørs i forhold til udendørs under fri himmel og uden sol. Dagsfaktoren beregnes som vist med figuren næste side.

Desuden skal der foretages beregninger i forhold til enten sydvendte eller nordvendte vinduer. El-besparelsen i procent i forhold til et belysningsanlæg uden dagslysstyring findes på y-aksen.



By og Byg Anvisning 203

$$DF = \frac{200}{10,000} \times 100 = 2\%$$

Figur 14. Måling og beregning af dagslysfaktor. (Kilde: By og Byg Anvisning 203. Beregning af dagslys i bygninger).

Energiforbruget til det nye anlæg kan først beregnes, når der er foretaget en belysningsberegning. Ved en belysningsberegning bliver der estimeret et antal armaturer med tilhørende lyskilder. I programmet angives typisk en samlet optaget effekt for belysningsanlægget inklusiv forkoblingsenhed eller driver (for LED-lyskilder).

Ud fra en valgt styringsform kan energiforbruget beregnes på tilsvarende måde som for det eksisterende belysningsanlæg.

Eksempel 2

En kontorbygning med nord- og sydvendte vinduer har installeret et ældre belysningsanlæg i kontorlokalerne. Anlægget består af 30 stk. armaturer med 4 x 18 W T8-lysstofrør. Armaturerne er uden reflektorer og med gitre (som "stjæler" en stor del af lyset). Effektoptaget for de 30 stk. armaturer er cirka 3,3 kW. Anlægget er uden dagslysstyring.

Anlægget udskiftes til et belysningsanlæg som består af 30 stk. armaturer med indbyggede LED-moduler. Effektoptaget for de 30 stk. armaturer er cirka 0,8 kW. Anlægget er med kontinuerlig regulering, dvs. regulering af belysningen efter dagslysniveauet. Kravet til middelbelysningsstyrke er 300 lux, og dagslysfaktoren er beregnet til 0,75 % (0,0075). Forholdet mellem disse to størrelser er således 40.000.

Driftstiden er fra kl. 6.00–18.00 i fem dage pr. uge.

El-forbruget til det eksisterende belysningsanlæg kan beregnes til 8.900 kWh, mens el-forbruget til det nye belysningsanlæg kan beregnes til 2.200 kWh.

El-besparelsen ved dagslysstyring er cirka 40 % jf. figur 7, hvilket svarer til 900 kWh. Den samlede el-besparelse er derfor 7.600 kWh.

Energibesparelse

Der er flere måder, man kan benytte sig af for at opnå en energibesparelse på et belysningsanlæg. Nogle metoder er pligtige at udføre iht. Bygningsreglementet, og nogle kan være formålstjenstlige for at opnå en bedre økonomi. Med hensyn til den sidste metode, bør man altid undersøge, hvor lang tilbagebetalingstiden er for at opnå den ønskede energibesparelse.

Tilskudsordning

Med hensyn til investeringsprisen bør man undersøge, om der er noget energitilskud at få til den aktuelle installation. Hvordan og hvor meget kan man få oplysning om fra Energistyrelsen eller på websitet www.ens.dk

Her vælges "Tilskudsordninger" og derefter "Energibesparelser mv. i erhvervsvirksomheder", og så "Ansøgningslister", og på denne side vælges "Standardløsninger" og herunder "Energieffektiv belysning".

Herunder står der: For at opnå tilskud, skal der gennemføres en beregning af anlæggets middelbelysningsstyrke og effektbehov, som viser, at effektbehovet pr.m² for belysningsanlægget ligger under de anførte værdier i nedenstående skema.

Middelbelysningsstyrke, interval	Maksimumsværdi for beregnet effektbehov
50-99 lux	4 W/m ²
100-175 lux	5 W/m ²
over 175 lux	6 W/m ²

Tabel 6.

Beregning

For at kunne beregne hvor meget der spares ved at udføre en energioptimering, må man vide, hvad de samlede udgifter er i et eksisterende anlæg, og hvad de vil være efter en energioptimering.

Dette kan sættes op i følgende opstilling:

Belysningsudgift beregning og tilbagebetalings-
tidsberegning.

A)

$$\text{Eludgift} = \frac{\text{samlet effekt belastning} \times \text{årlige drifttimer} \times \text{kwh pris}}{1000} \quad \frac{\text{kr.}}{\text{år}}$$

B)

$$\text{Lyskildeudgift} = \frac{\text{samlet antal lyskilder} \times \text{årlige drifttimer} \times \text{lyskildepris}}{\text{lyskildens levetid (evt. udskiftningstid)}} \quad \frac{\text{kr.}}{\text{år}}$$

C)

$$\text{Arbejdsløn} = \frac{\text{samlet antal lyskilder} \times \text{årlige drifttimer} \times \text{arbejdsløn}}{\text{lyskildens levetid (evt. udskiftningstid)}} \quad \frac{\text{kr.}}{\text{år}}$$

$$\text{Tilbagebetalingstid} = \frac{\text{Total investering}}{\text{Årlig besparelse}} \quad (\text{år})$$

$$\text{Årlig forrentning} = \frac{\text{Årlig besparelse}}{\text{Total investering}} \quad (\%)$$

Eksempel 1

Det efterfølgende viser et eksempel på en energiberegning af et belysningsanlæg i en gang på 2 x 15 meter.

Gangen er belyst med 10 stk. 75W standardglødelamper.
Disse lamper udskiftes med 15 Wenergisparelamper.

Ud fra følgende oplysninger kan den økonomiske årlige
besparelse udregnes sammen med tilbagebetalingsti-
den:

Årlig driftstid	=	2500 timer	Glødelampe levetid	=	1000 h
Kwh-pris	=	kr. 1.00	Energilampe levetid	=	15000 h
Glødelampe pris	=	kr. 10.00	Arb. løn	=	kr. 10.00 pr. udskift.
Energilampe pris	=	kr. 50.00			

Eksisterende anlæg:

$$\text{Eludgift} = \frac{2500 \text{ h} \times 10 \text{ arm} \times 75 \text{ W} \times 1 \text{ kr/kwh}}{1000} = 1875 \text{ kr/år}$$

$$\text{Lyskilde udgift} = \frac{2500 \text{ h} \times 10 \text{ arm} \times 10 \text{ kr.}}{1000 \text{ h}} = 250 \text{ kr/år}$$

$$\text{Arbejds løn} = \frac{2500 \text{ h} \times 10 \text{ arm} \times 10 \text{ kr. (løn)}}{1000 \text{ h}} = 250 \text{ kr/år}$$

i alt = 2375 kr/år.

Nyt anlæg:

$$\text{Eludgifter} = \frac{2500 \times 10 \times 15 \times 1}{1000} = 375 \text{ kr/år}$$

$$\text{Lyskilde udgifter} = \frac{2500 \times 10 \times 50}{15000} = 83 \text{ kr/år}$$

$$\text{Arbejds løn} = \frac{2500 \times 10 \times 10}{15000} = 17 \text{ kr/år}$$

i alt = 475 kr/år

a)
besparelse = 2375 - 475 = 1900 kr/år → 80%

b)

$$\text{TBT} = \frac{\text{investering: 500kr.}}{\text{besparelse: 1900kr.}} = 0.263 \text{ år} = 3 \text{ md } 4,5 \text{ dag}$$

Effektbehovet blev ændret fra

$$\frac{10 \times 75 \text{ (W)}}{2 \times 15 \text{ (m}^2\text{)}} = 25 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

til

$$\frac{10 \times 75 \text{ (W)}}{2 \times 15 \text{ (m}^2\text{)}} = 5 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

Eksempel 2

Dette illustrerer et kontor på 130 m², der er belyst af 12 lysrør armaturer bestykket med 4 stk.18w rør med 6 spoler.

Disse armaturer ønskes udskiftet med armaturer af samme slags, men bestykket med HF-spoler.

Endvidere udstyres kontoret med tilstedeværelses sensor og lysregulering efter dagslysfald.

1. Hvor mange procent falder det årlige kWh-forbrug ved denne udskiftning?
2. Hvad vil tilbagebetalingstiden være for denne udskiftning?
3. Hvad ændres effektbehovet til?

Til denne beregning er følgende oplyst:

- Driftstid er på 2250 timer.
- 18W rør med HF spole belaster 18w.
- Levetid for lysrør med jern spole er 11000 timer.
- Levetid for lysrør med HF-spole er 18000 timer.
- Pris for nye armaturer er 1600.00 kr. pr. stk. inkl. rør.
- Pris for et 18w/83 rør er 37.00 kr.
- Pris for 1 kwh er 1,00 kr.
- Pris for installeret tilstedeværelsessensor er 65 kr./m².
- Pris for installeret lysregulering er 90 kr./m².
- Pris for udskiftning af armaturerne er 2500,00 kr. Pris for udskiftning af rør er 10 kr./stk.
- Ved anvendelse af lys sensor anslås det, at forbruget falder med 50%.
- Ved anvendelse af tilstedeværelsessensor anslås det, at forbruget falder med 25%.

Beregning:

$$\text{Årligt forbrug på eks. anlæg: } \frac{12 \times 4 \times 24 \times 2250}{1000} = 2592 \text{ kwh/år}$$

$$\text{Årligt forbrug på nyt HF anlæg: } \frac{12 \times 4 \times 18 \times 2250}{1000} = 1944 \text{ kwh/år}$$

1)

Ved anvendelse af lysføler falder forbruget med 50% til 972 kwh/år. Ved anvendelse af tilstedeværelsesføler falder forbruget yderligere 25% til 729 kwh/år svarende til en besparelse på 71.87% i forhold til det eks. belysningsanlæg.

Ny driftstid bliver:

$$\frac{\text{Årligt forbrug}}{\text{Installeret effekt}} = \frac{729 \times 1000}{4 \times 18 \times 12} = 844 \text{ timer}$$

Driftsomkostninger før ændring:

$$\text{el udgift: } 2592 \text{ kwh} \times 1 \text{ kr} = 2592,00 \text{ kr/år}$$

I alt 3911,00 kr/år

$$\text{lyskildeudgift: } \frac{12 \times 4 \times 37 \times 2250}{11000} = 363,00 \text{ kr/år}$$

Driftsomkostninger efter ændring:

$$\text{el udgift: } 729 \text{ kwh} \times 1 \text{ kr.} = 729,00 \text{ kr/år}$$

$$\text{lyskildeudgift: } \frac{12 \times 4 \times 37 \times 844}{18000} = 83,00 \text{ kr/år}$$

$$\text{udskiftning af rør: } \frac{12 \times 4 \times 10 \times 844}{18000} = 23,00 \text{ kr/år}$$

I alt 835,00 kr/år.

2)

Tilbagebetalingstid

Armaturets pris	12 x 1600	=	19.200,00 kr.	
Arbejdsløn		=	2.500,00 kr.	
Lysfølerinstallation	90 x 130	=	11.700,00 kr.	
PIR-installation	66 x 130	=	8.450,00 kr.	
I alt			41.850,00 kr.	
Årlig besparelse	3911 - 835	=	3.076,00 kr.	78,64%

$$\text{TBT} = \frac{\text{Installationspris}}{\text{Årlig besparelse}} = \frac{41850}{3076} = 13,6 \text{ år}$$

3)

Effektbehovet

Før ændringen var effektbehovet

$$\frac{12 \times 4 \times 24}{130} = 8,86 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

Efter ændringen er effektbehovet

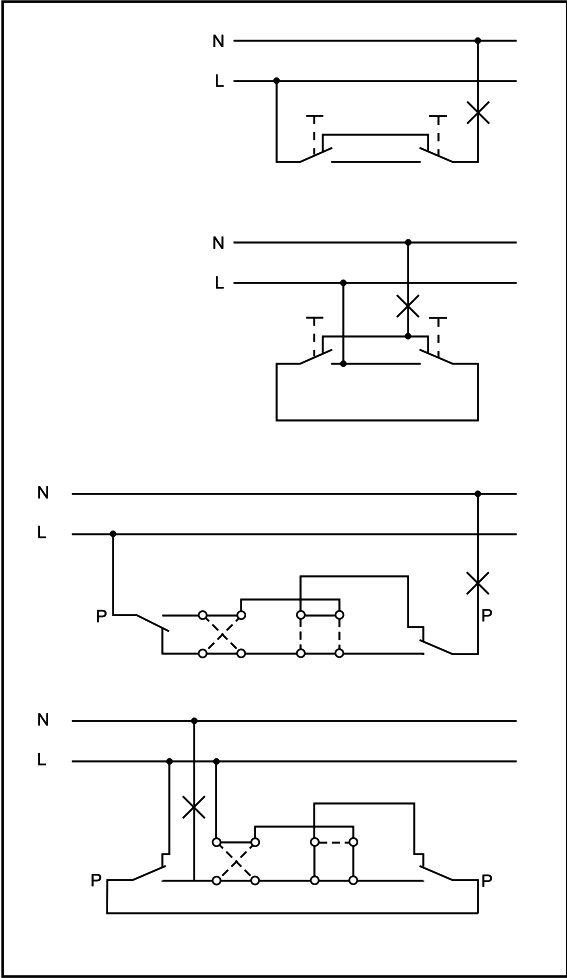
$$\frac{12 \times 4 \times 18}{130} = 6,64 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

Hvilket betyder, at der efter nuværende regler ikke kan blive tale om energitilskud, da effektbehovet er over 6 watt/mBI.

Intelligente Bygnings Installationer. Installationer med intelligente programmerbare komponenter, centralt eller decentralt placeret i el-materiellet, og med ledningsfremføring i netsystemer med stjernering- eller bustopologi, kaldes Intelligente Bygnings Installationer.

Forbindelseskemaer

Forbindelseskema for korrespondancetænding



A Korrespondance

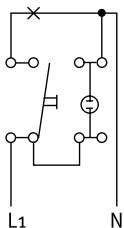
B Korrespondance

A Korrespondance

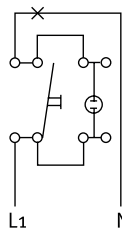
B Korrespondance

Forbindelseskema for tænding hvori glimlampe indgår

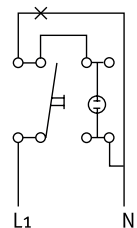
1-polet tænding



lyser konstant



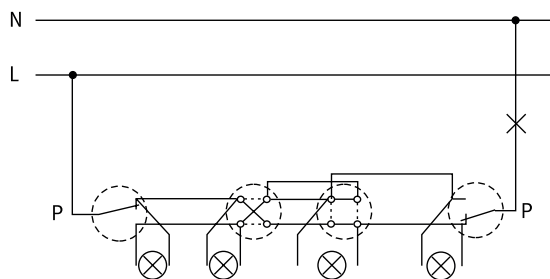
lyser ved åben afbryder



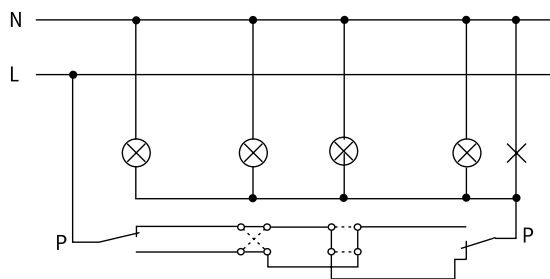
lyser ved sluttet afbryder

Korrespondance

Ledelys

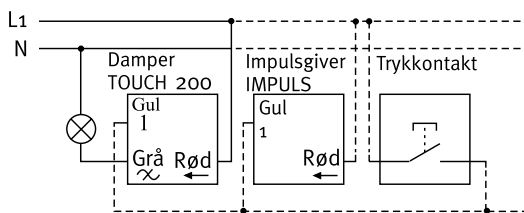


Kontrolllys

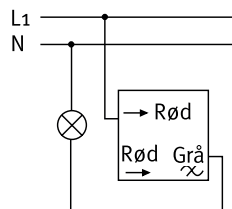


Forbindelseskema for en lysdæmper

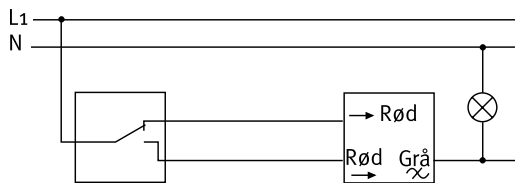
LK, elektronisk
lysdæmper



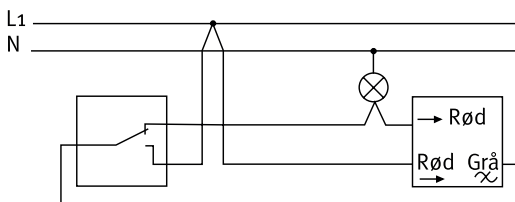
LK, MEK 200 og MEK 400
Monteret som 1-polet afbryder



Monteret som
A korrespondance

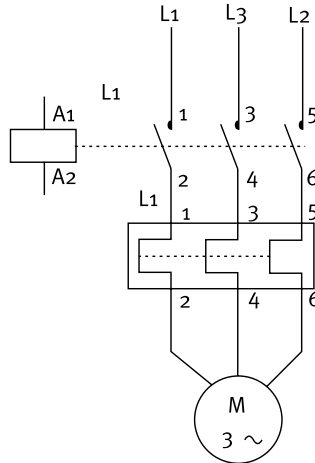


Monteret som
B korrespondance

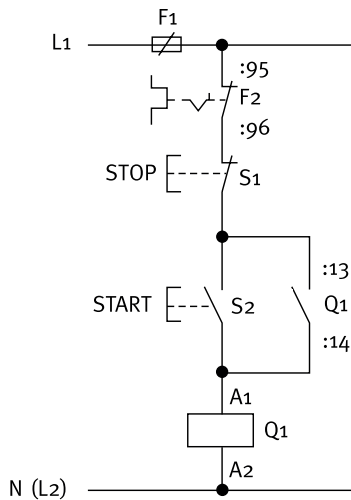


Motorkoblinger

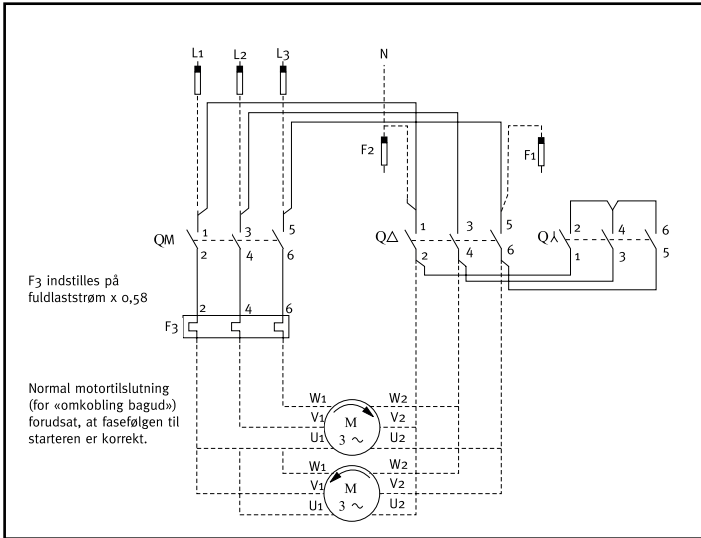
Hovedstrømsskema for standard motor



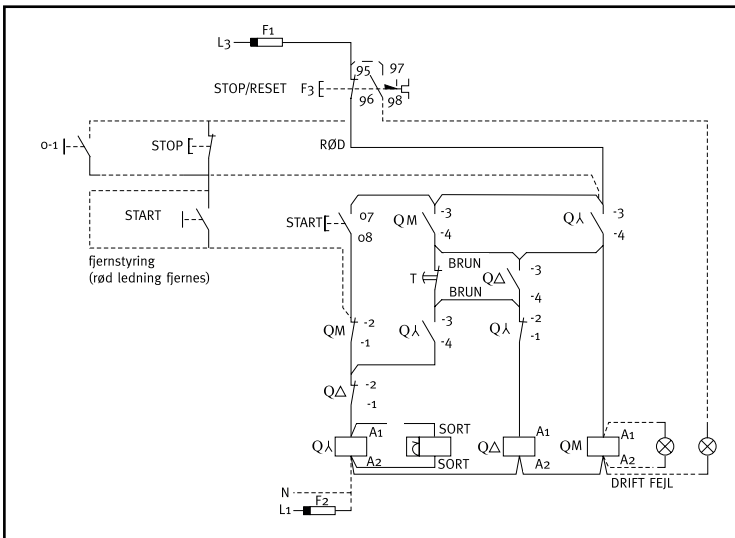
Nøgleskema for standard motor



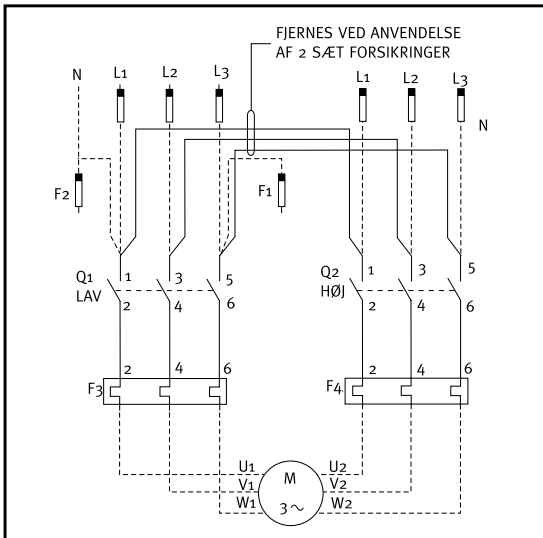
Hovedstrømsskema for Y/D koblet motor



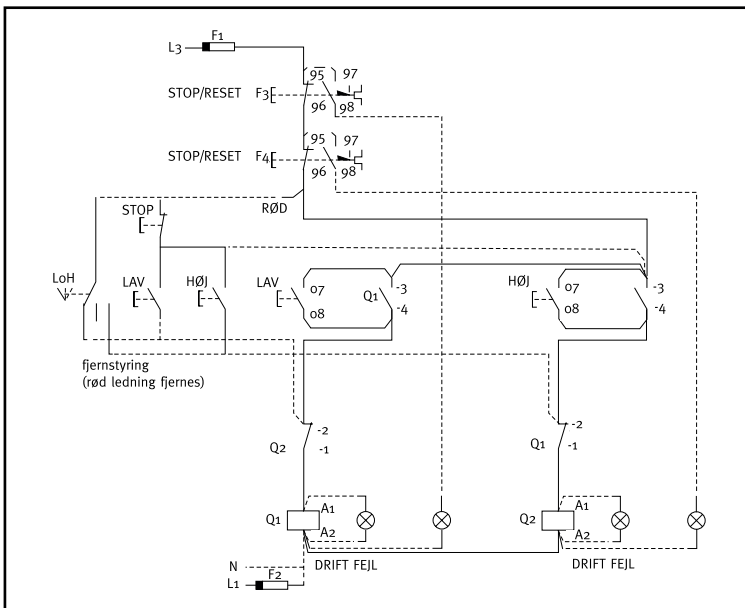
Nøgleskema for Y/D koblet motor



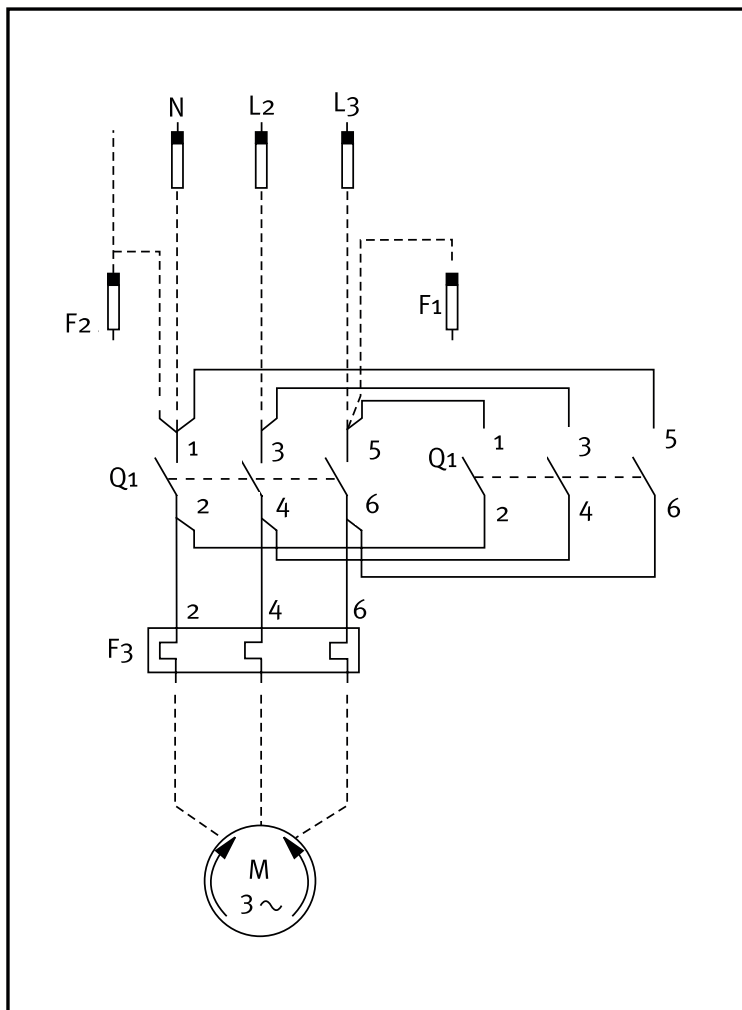
Hovedstrømsskema for polomkoblet motor med adskilte viklinger



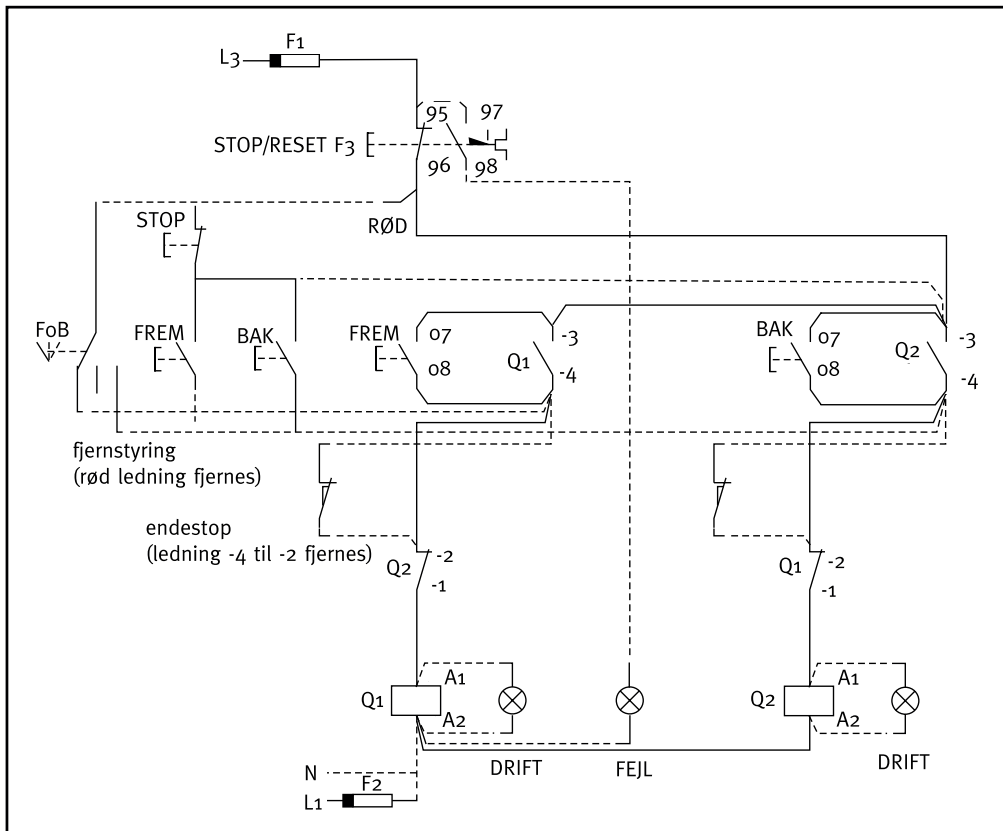
Nøgleskema for polomkoblet motor med adskilte viklinger




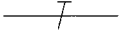

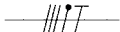



Hovedstrømsskema for motor med reversering



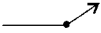

Nøgleskema for motor med reversering







Installationstegninger




Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Nulleader	
	Beskyttelsesleder	
	Nulleader i nulsikkert anlæg (PEN leder)	
	Eksempel: Ledning med 3 spændingsførende ledere, nul og beskyttelsesleder	
	Tilslutningssted for brugerinstallation	Vist med gennemgående ledninger. F.eks. kabelfordelingsskab ("gravsten"). Anvendes på situationsplaner og hovedledningsplaner.
	Fordelingsanlæg, (tavle, skab)	Alment symbol. Arten kan anføres ved påskrift.
	Fordelingsanlæg	Vist med 5 tilslutninger. Arten kan anføres ved påskrift.

Installationstegninger


Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Opadgående ledning	
	Nedadgående ledning	
	Gennemgående ledning	

Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Stikkontakt Alment symbol Stikdåse	Alment symbol
	Tre sammenbyggede stikkontakter	En sammenbygget enhed
	Stikkontakt med beskyttelseskontakt	Beskyttelseskontakt benævnes undertiden jordkontakt
	Pillesikker stikkontakt	








Installationstegninger

Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Stikkontakt med enpolet afbryder	
	Stikkontakt med enpolet afbryder og blokering	Stikproppen kan hverken sættes i eller fjernes med sluttet afbryder (og afbryderen kan ikke slutes, med mindre stikproppen er helt inde eller helt ude).
	Stikkontakt med beskyttelseskontakt og afbryder	
	Stikkontakt med trepolet afbryder (trepolet stikkontakt)	Antallet af faner viser antallet af poler
	Stikkontakt med trepolet afbryder for 3 faser og nul samt beskyttelseskontakt	Afbrydelse af nullederen er vist ved en udfyldt cirkel på den yderste fane.
	Stikkontakt med skilletransformer	F.eks. shaverstikkontakt
	Stik(kontakt)dåse til telekommunikation	Alment symbol Typen kan anføres ved påskrift, kodebogstav eller symbol.


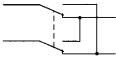







Installationstegninger

Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Stik(kontakt)dåse	<p>Stikdåse (telekommunikation), alment symbol</p> <p>Betegnelse i overensstemmelse med relevante IEC- eller ISO-standarder kan anvendes for at skelne mellem forskellige typer stik.</p> <p>TP = telefon FX = telefax M = mikrofon □ = højttaler FM = frekvensmodulation TV = fjernsyn TX = telex</p>

Installationstegninger

Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Afbryder	Alment symbol
	Afbryder med indikeringslampe	
	Enpolet afbryder	
	Enpolet tidsstyret afbryder	F.eks.: Columbustryk
	Topolet afbryder	Antallet af faner viser antal poler
	Enpolet flerstillingsafbryder	F.eks. til forskellige lysstyrker
	Enpolet omskifter	Korrespondanceafbryder






Installationstegninger

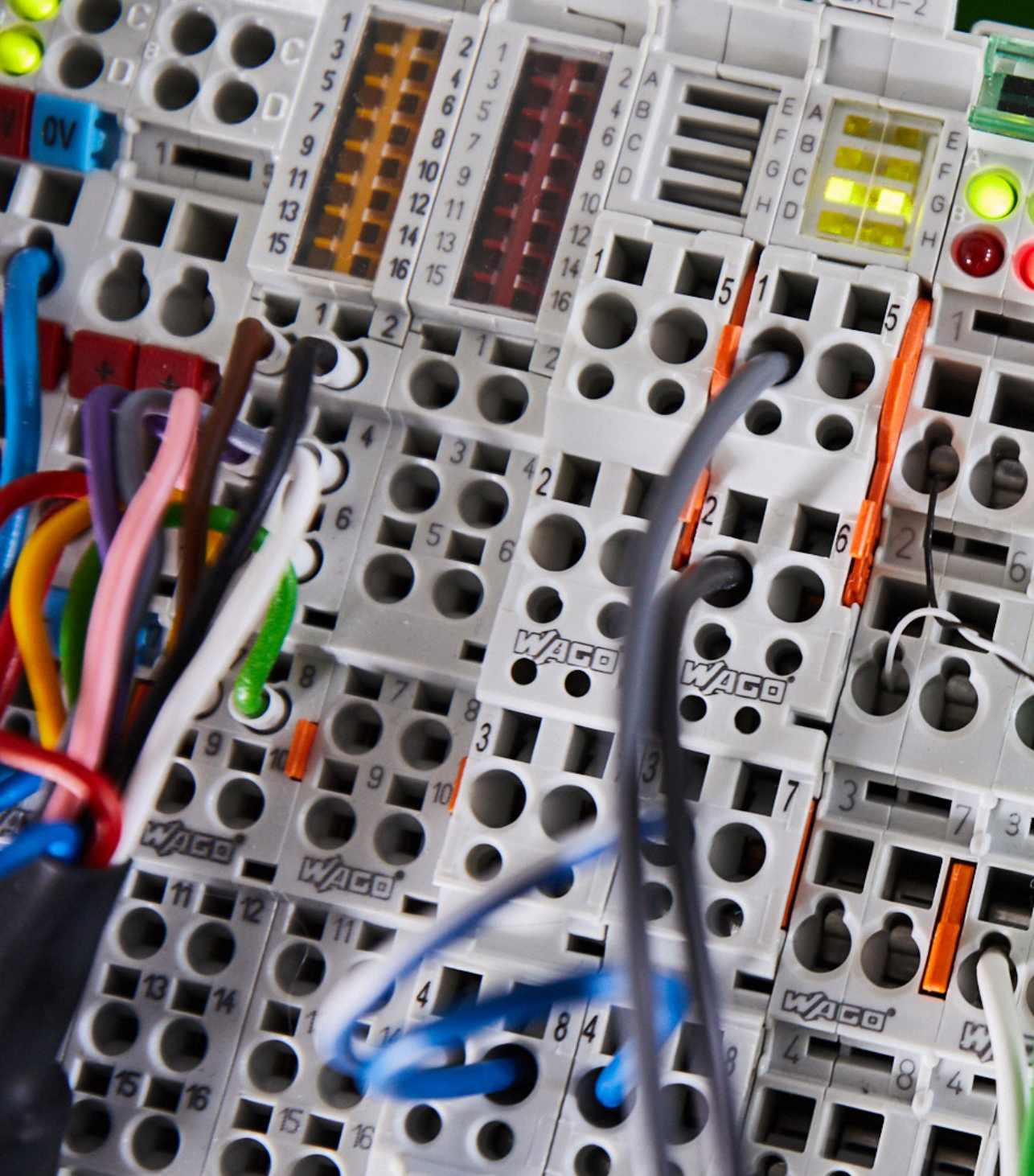
Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Krydsningsafbryder	Kredsskema: 
	Afbryder med variationsfunktion	F.eks.: Lysdæmper
	Trykkontakt	Symbolet anvendes for både slutte- og brydekontakt
	Trykkontakt med indikeringslampe	
	Trykkontakt beskyttet mod utilsigtet aktivering	F.eks.: udført med låg
	Apparat med tidsstyring	F.eks.: Trappeautomat
	Kontaktur	
	Afbryder betjent med nøgle	Til specielle funktioner, f.eks.: Runderingskontrol, sikkerhedskredse.

Installationstegninger

Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Tilslutningssted for belysning	Alment symbol Vist med den faste installation kommende fra venstre
	Tilslutningssted på væg for belysning	Vist med den faste installation
	Belysningsarmatur	Alment symbol Armatortypen kan angives ved påskrift
	Armaturløs lysstofrør	Alment symbol for armatur til lysstofrør
	Armaturløs lysstofrør	Armaturløs lysstofrør
	Projektør, alment symbol	
	Smalstrålende projektør	
	Bredstrålende projektør	
	Nødbelysningsarmatur på særskilt strømkreds	
	Nødbelysningsarmatur med egen spændingskilde	

Installationstegninger

Symbol	Benævnelse	Bemærkning
	Vandvarmer	Vist med fast installeret ledning
	Andre brugsgenstande til varmeformål	F.eks.: Varmeovn
	Ventilator	Vist med fast installeret ledning
	Stempelur	
	Elektrisk lås	F.eks.: Dørlås



DANSK EL-FORBUND



Nyropsgade 14 · 1602 København V
33 29 70 00 · def@def.dk · www.def.dk

