

Elektrofag og elsikkerhet

Øvinger og oppgaver



© PED TEC AS – 2019-10-01

1. opplag 2019

Sats og layout: Bjørn Picard

Hendvendelse om denne publikasjonen
kan gjøres på e-post

pedtec@pedtec.no

eller på nettsiden

<https://proteus.no>



PROTEUS



PROTEUS er elektronisk
DAK-verktøy som
inneholder moduler for
skjemategning, simulering
(også mikro-kontrollere) og
PCB Design (kortutlegg).



PROTEUS «OPPLÆRING»

og

PROTEUS «ØVINGER»

Bøkene kan **gratis** lastes ned.
Om du ønsker boka ferdig innbundet,
kan du kjøpe den på våre nettsider.

Forord

Dette er en samling oppgaver og øvinger tilknyttet faktaboka «Elektrofag og elsikkerhet».

Foreløpig (2019-10-01) er det utarbeidet øvinger og oppgaver til de 8 første kapitlene. Flere følger etter hvert.

Det kreves ingen spesielle forkunnskaper for å kjøre simuleringene. Alle skjemaer er ferdig koplet.

Selv om du ikke kan besvare alle spørsmålene i øvingene, kan du likevel kjøre simuleringene og kanskje lærer du på den måten litt om virkemåten til de forskjellige kretsene.

Har ikke skolen / kursstedet **PROTEUS**, kan du laste ned en demoutgave og kjøre simuleringene.

<https://proteus.no>

Gjøvik, oktober 2019

Bjørn Picard



Innhold

3	Seriekopling	6
4	Elektrisk potentsial.....	12
5	Parallellkopling	14
6	Effekt.....	24
7	Vekselstrøm	32
8	Spolen	35

Innledning

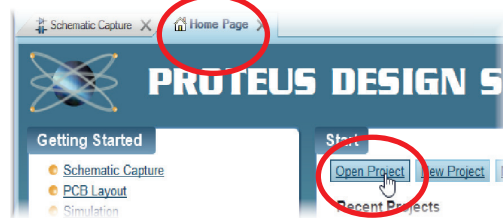
Starte **PROTEUS**

- ❑ Klikk på Start eller åpne Start-menyen på annen måte.
- ❑ Velg den Proteus-versjonen du har

Åpne eller starte prosjekt

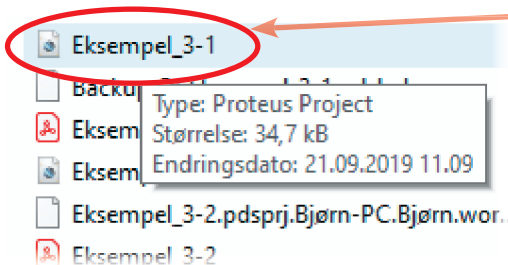
Du kan starte på to forskjellige måter:

1. Starte **PROTEUS** fra Windows Start-menyen
Da får du opp Home Page.



Deretter klikker du på *Open Project* og leter fram et lagret prosjekt.

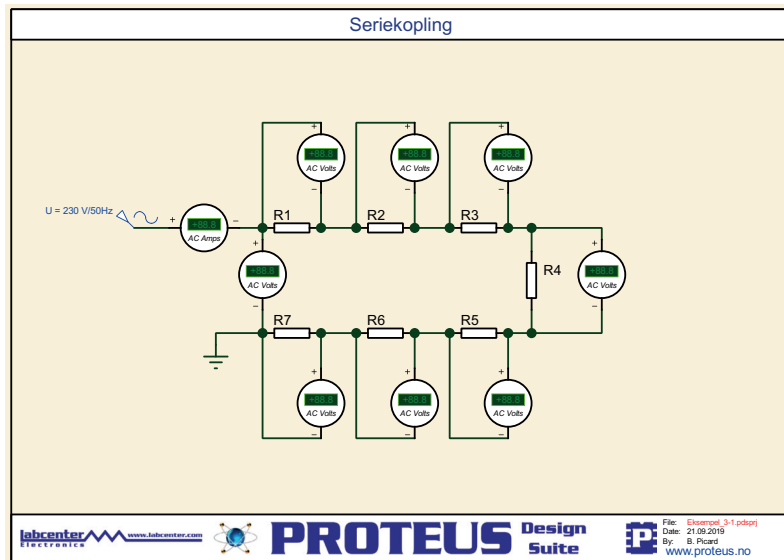
2. Dobbeltklikke på en prosjektfil du har lagret på disk.



3 – Seriekopling

Eksempel 3.1

□ Åpne Eksempel_3-1.(pdsprj).



Skjermbildene dine kan kanskje være litt annerledes.

Regulere tegneområdet

Du kan kontrollere hvor stort utsnitt av arket som vises i tegne-området på flere måter.

Zoom og Pan

Zoom-kommandoen forstørrer eller forminsker utsnittet av tegneområdet. Du kan velge på flere måter:

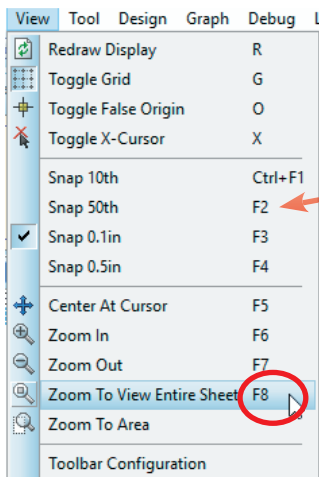
- Fra nedtrekkmenyen.
- Med funksjonstaster
- Med kombinasjon av tastetrykk og VM (Venstre Museknapp)
- Med scroll-hjulet på musa
- Fra knappemenyen
- Ved å zoome/panorere i tegneområdet og oversiktsvinduet.

«Roter» du deg bort, finner du alltid igjen hele tegnearket ved å trykke på funksjonstasten F8

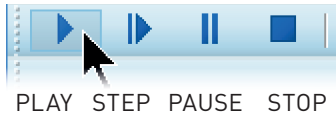
i □ Ting du skal utføre vil være merket med en firkant.

✓ Lag en hake i firkanten etter hvert som du går fram, så har du oversikt over hvor langt du er kommet.

På noen oppgaver/øvinger kan du skrive direkte inn i PDF-dokumentet du har åpnet.



Alle resistorene i skjemaet har samme verdi. Det vil du se når du starter simulering, fordi alle voltmetrene viser det samme.



Start simulering

- Start simulering ved å klikke på Play nede til venstre eller trykk på funksjonstasten på på tastaturet.

- Les av strømmen.

$I =$

- Beregn total resistans i kretsen.

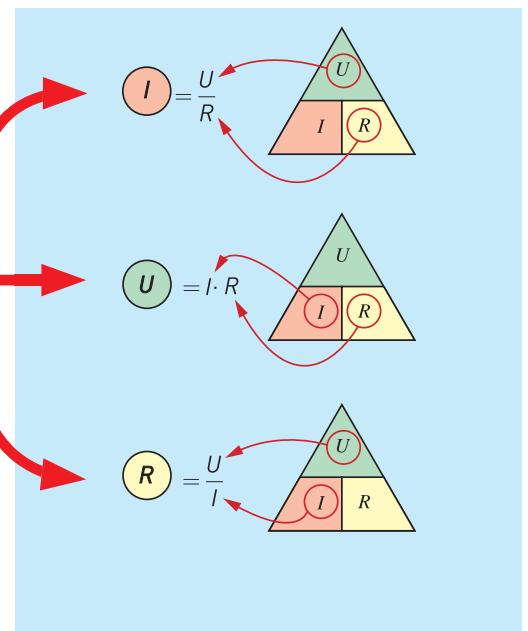
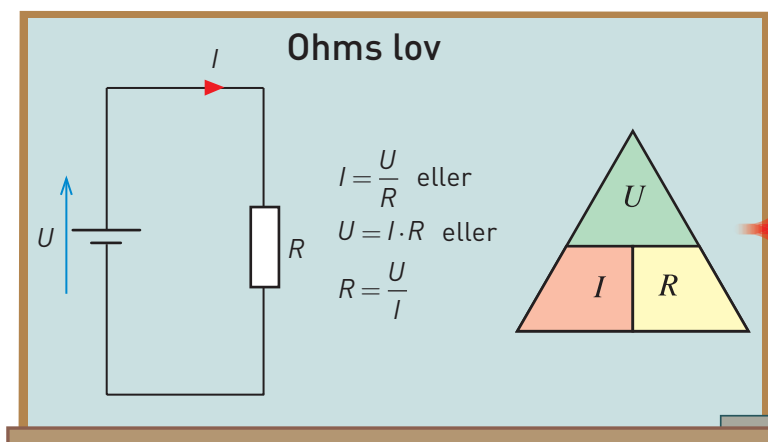
$R_{\text{total}} =$

Stopp simulering

- Stopp simuleringen ved å klikke på STOP eller trykk to ganger på .

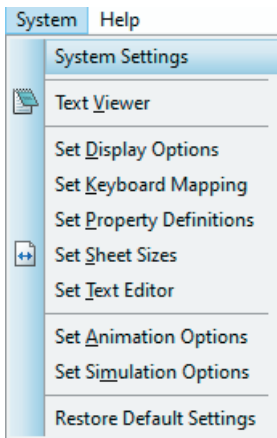


Ohms Lov

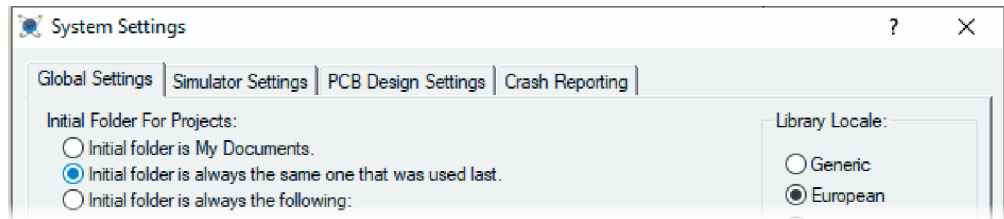


Forvalgt filmappe

Når du skal åpne en fil fra samme mappe som den sist brukte, må **PROTEUS** være konfigurert for å lete etter filer i den samme mappa.

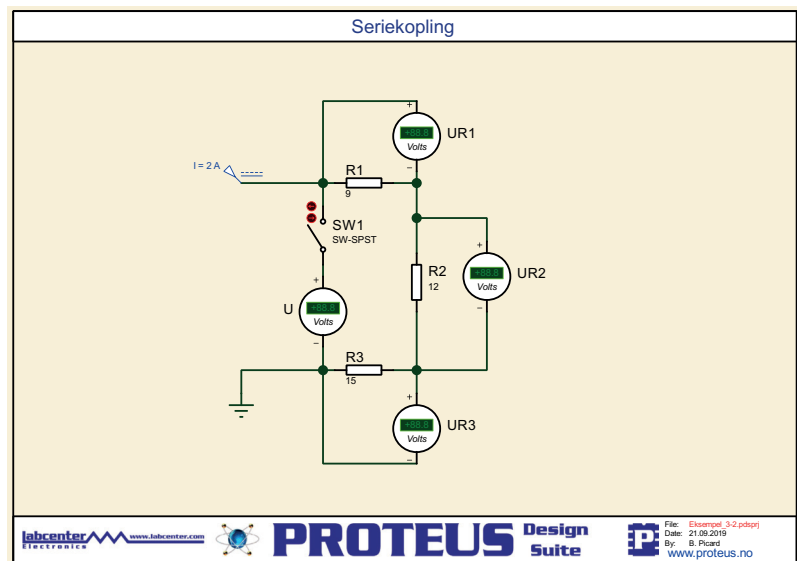
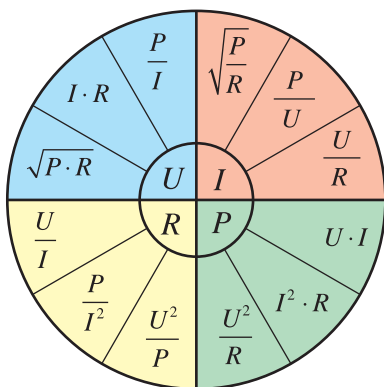


- ☐ Klikk på *System > System Settings* og sørg for at det ser ut som vist.



Eksempel 3.2

- ☐ Åpne Eksempel_3-2.
- ☐ Ikke start simulering enda.



- ☐ Igjen har vi en strømgenerator som leverer $I = 2\text{ A}$
- ☐ Beregn spenningsfallet over hver av resistorene.

$$\text{✎ } U_{R1} = \quad U_{R2} = \quad U_{R3} =$$

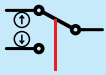
- ☐ Beregn total spenning U .

$$\text{✎ } U =$$



Betjening av brytere

Du kan åpne og lukke brytere ved å klikke på selve bryteren eller ...



... du kan klikke på pil opp eller pil ned.



- ☐ Start simulering, lukk bryteren SW1 og kontrollér beregningene dine.

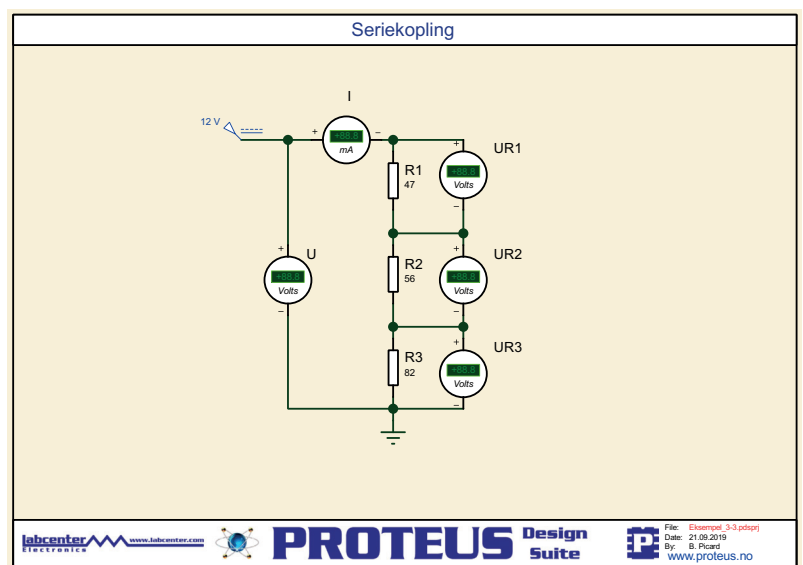
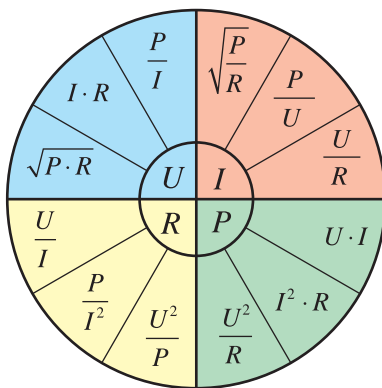
- ☐ Stemmer de?



Eksempel 3.3

- ☐ Åpne Eksempel_3-3.

- ☐ Ikke start simulering enda.



- ☐ Beregn strømmen I og spenningsfallet over hver resistor.

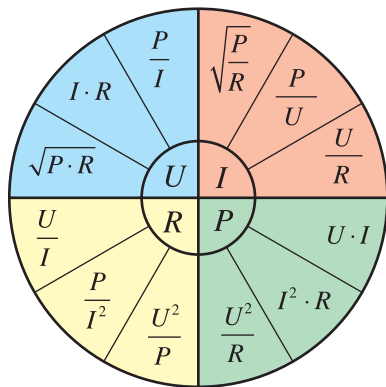
$I =$

$U_{R1} = \quad U_{R2} = \quad U_{R3} =$

- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.

- ☐ Stemmer de?





Eksempel 3.4

- ☐ Samme skjema som i *Eksempel 3.3*.
- ☐ Ikke start simulering enda.
- ☐ Beregn totaleffekten og effekttapet i hver resistor.

$$P_{\text{total}} =$$

$$P_{R1} = \quad P_{R2} = \quad P_{R3} =$$

Måling ved PAUSE



- ☐ Start simulering og klikk på PAUSE-knappen. Alternativt kan du trykke én gang på .

R1	
<u>TERMINAL VOLTAGES</u>	
1	8.951V
2	12.00V
<u>RELATIVE VOLTAGES</u>	
Voltage	-3.049V
<u>INSTANCE PARAMETERS</u>	
Current	= -64.86mA
Power	= 197.8mW

- ☐ Pek på R_1 og klikk.

En boks spretter opp og viser *potensialene* i hver ende av resistoren, *spenningsfallet* over den, *strømmen* gjennom den og *effekttapet* i den.

- ☐ Les av effekttapet og notér verdien. Gjenta for de to neste resistorene.

$$P_{R1} = \quad P_{R2} = \quad P_{R3} =$$

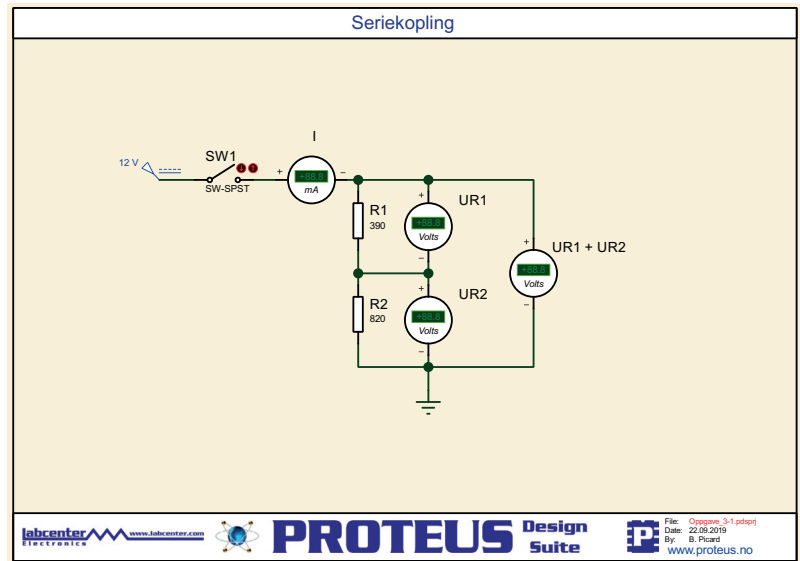
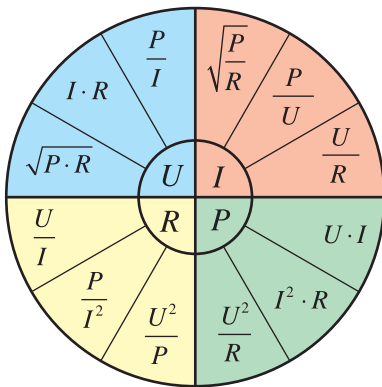
- ☐ Måler du det samme som det du beregnet? Kommentér eventuelle avvik.



Slik måling er bare gyldig om det ikke skjer endringer, dvs. bare ved likestrøm.



Oppgave 3.1



☐ Åpne Oppgave_3-1.

☐ Ikke start simulering enda.

☐ Beregn strømmen I , spenningsfallet over de to resistorene og spenningen $U_{R1 + R2}$.

$I =$

$U_{R1} =$

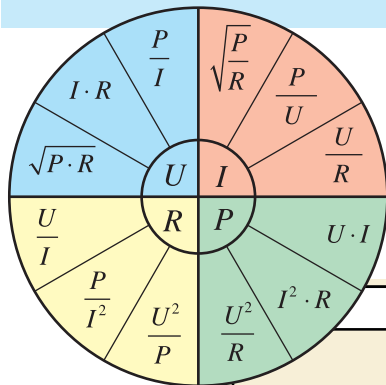
$U_{R2} =$

$U_{R1 + R2} =$

☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.

☐ Kommentér eventuelle avvik.

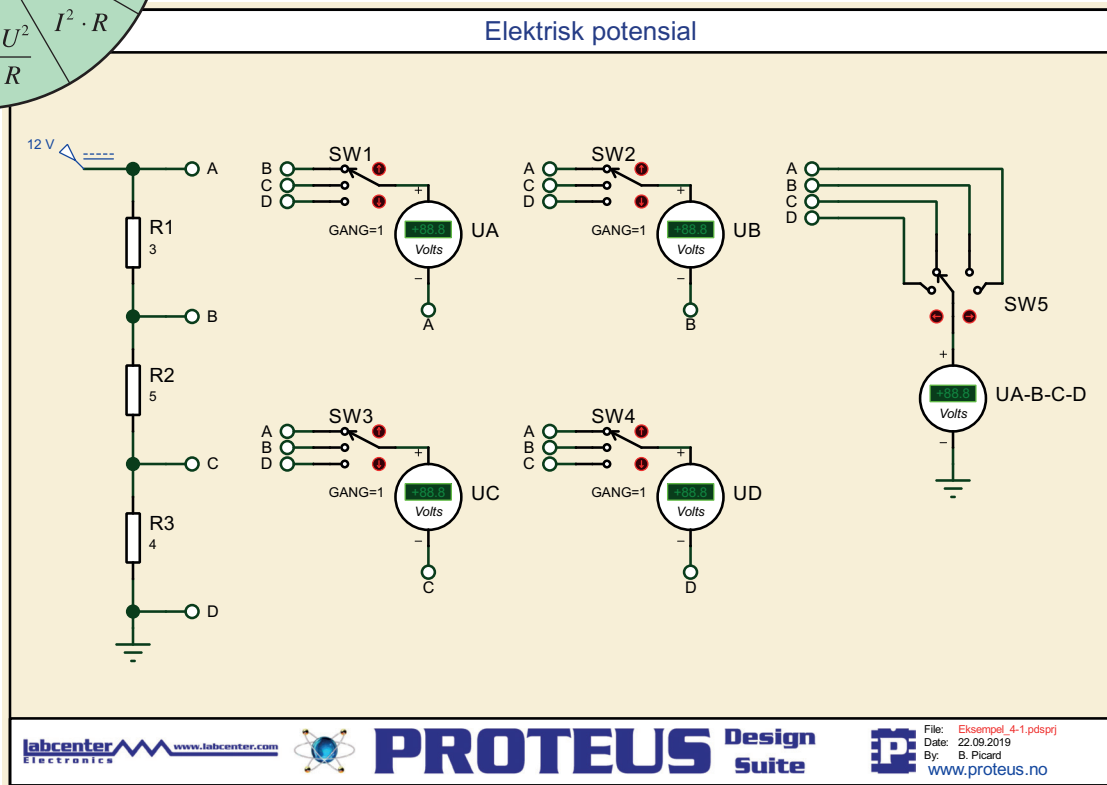
04 – Elektrisk potensial



EKSEMPEL 4.1

- ☐ Åpne Eksempel_4-1.
- ☐ Ikke start simulering enda.

Elektrisk potensial



- ☐ Beregn alle spenningene i tabellen og før inn verdiene.



SYNKRONE vendere

Venderne SW1-4 virker synkront. (GANG=1).

Endrer du stilling på én vender, skifter de andre 3 også stilling.

U_{AB}	U_{AC}	U_{AD}
U_{BA}	U_{BC}	U_{BD}
U_{CA}	U_{CB}	U_{CD}
U_{DA}	U_{DB}	U_{DC}

U_{GND-A}
U_{GND-B}
U_{GND-C}
U_{GND-D}

- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.
- ☐ Kommentér eventuelle avvik





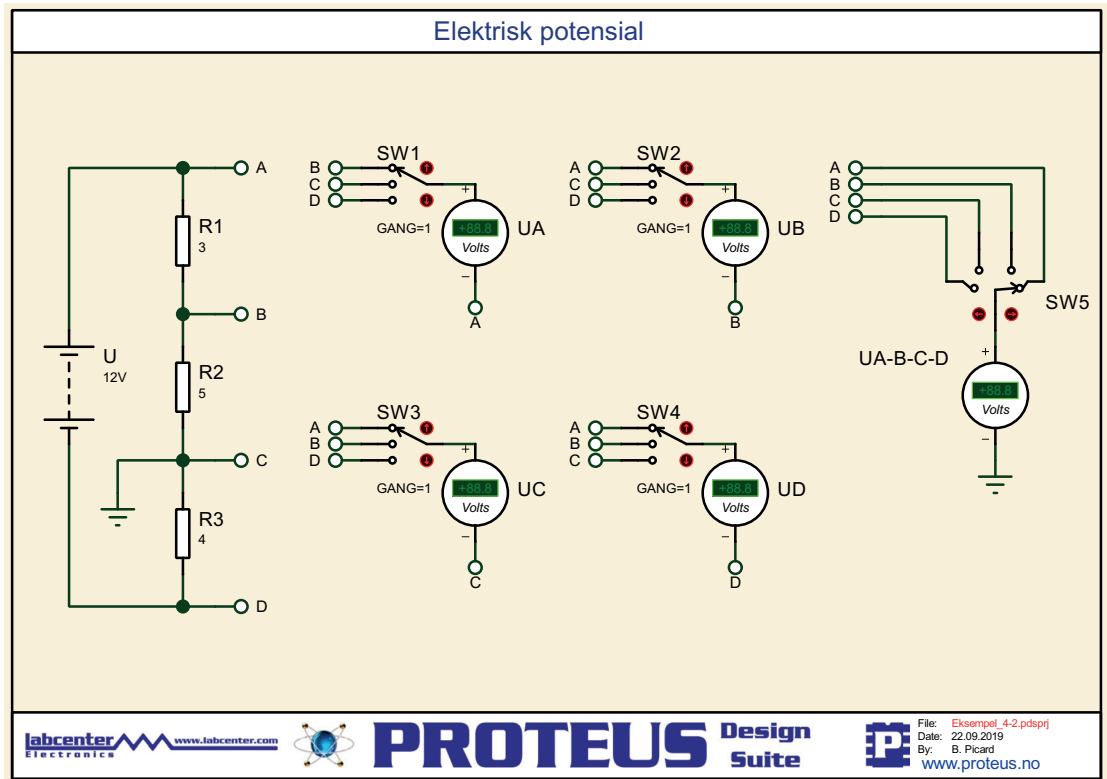
PROTEUS DESIGN SUITE

© **PED TEC** AS

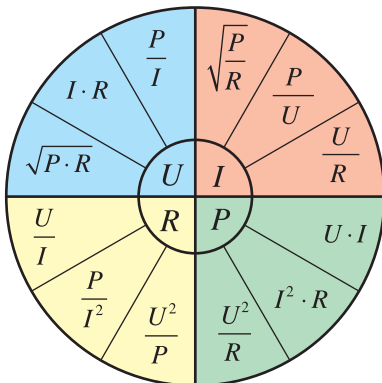
EKSEMPEL 4.2

☐ Åpne Eksempel_4-2.

☐ Ikke start simulering enda.



☐ Beregn alle spenningene i tabellen og før inn verdiene.



U_{AB}	U_{AC}	U_{AD}
U_{BA}	U_{BC}	U_{BD}
U_{CA}	U_{CB}	U_{CD}
U_{DA}	U_{DB}	U_{DC}

U_{GND-A}
U_{GND-B}
U_{GND-C}
U_{GND-D}

☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.

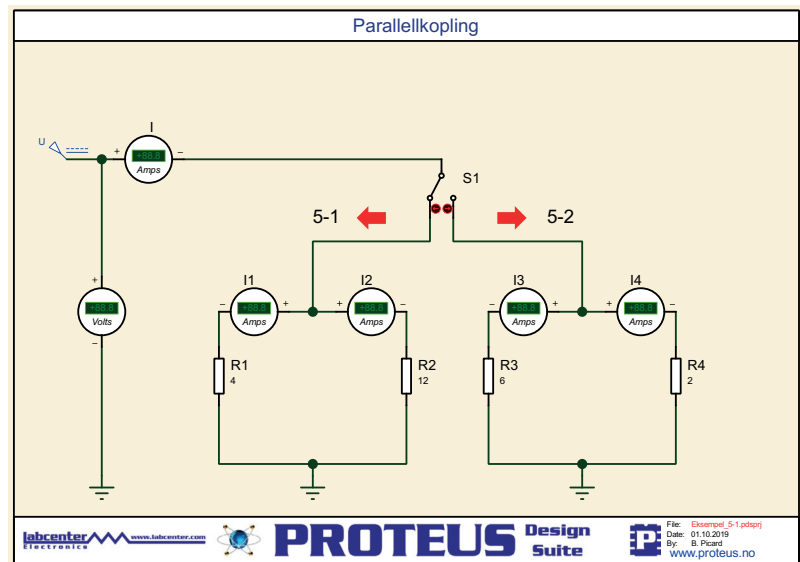
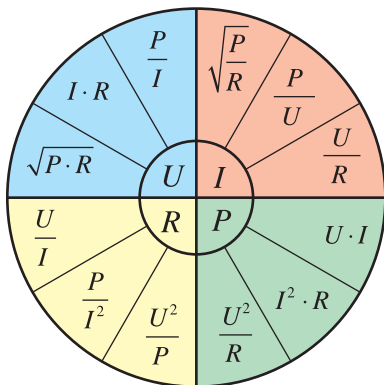
☐ Kommentér eventuelle avvik



5 – Parallellkopling

EKSEMPEL 5.1

- ☐ Åpne Eksempel_5-1.
- ☐ Ikke start simulering enda.



- ☐ Beregn erstatningsresistansen R_e .

$R_e =$

- ☐ Anta at likespenningskilden U gir 12 V.
- ☐ Beregn totalstrømmen I og greinstrømmene I_1 og I_2 .

$I =$ $I_1 =$ $I_2 =$

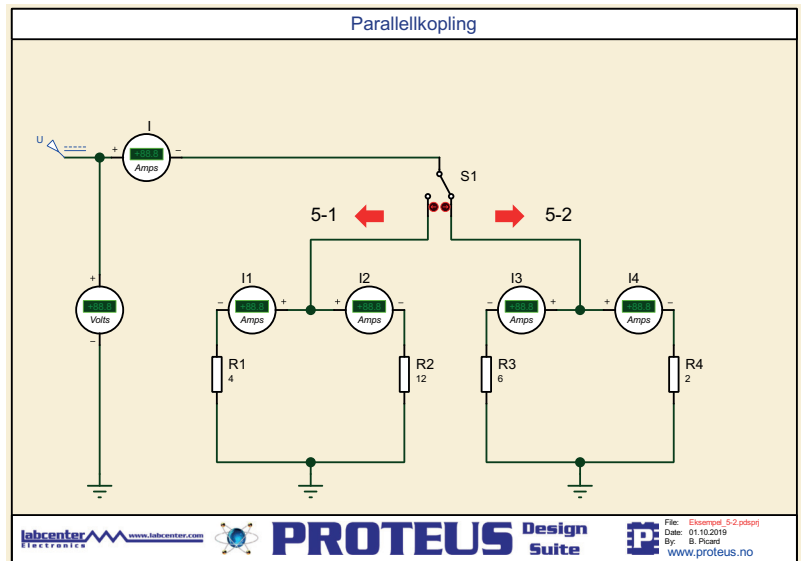
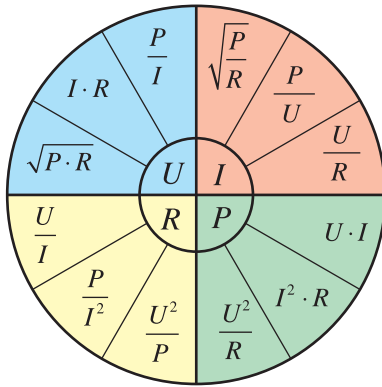
- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.
- ☐ Kommentér eventuelle avvik.



EKSEMPEL 5.2

□ Åpne Eksempel_5-2.

□ Ikke start simulering enda.



□ Beregn erstatningsresistansen R_e .

$R_e =$

□ Anta at likespenningskilden U gir 12 V.

□ Beregn totalstrømmen I og greinstrømmene I_3 og I_4 .

$I =$ $I_3 =$ $I_4 =$

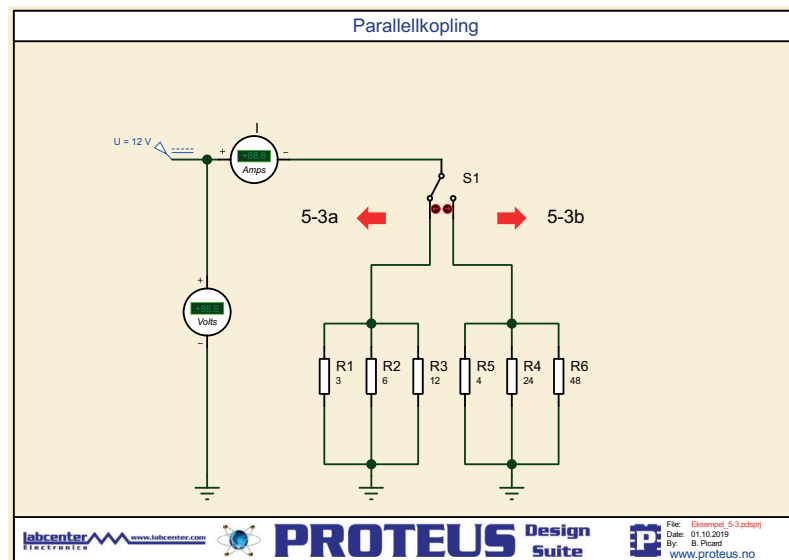
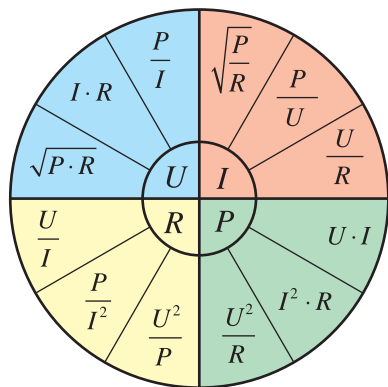
□ Start simulering og kontrollér beregningene dine.

□ Kommentér eventuelle avvik.



EKSEMPEL 5.3a

- ☐ Åpne Eksempel_5-3 hvis den ikke er åpnet.
- ☐ Ikke start simulering enda.



- ☐ Beregn erstatningsresistansen R_{ca} .

$$R_{ca} =$$

- ☐ Beregn totalstrømmen I og greinstrømmene I_{R1} , I_{R2} og I_{R3} .



- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine. Bruk PAUSE-måling.

$$I = \quad I_{R1} = \quad I_{R2} = \quad I_{R3} =$$

- ☐ Kommentér eventuelle avvik.

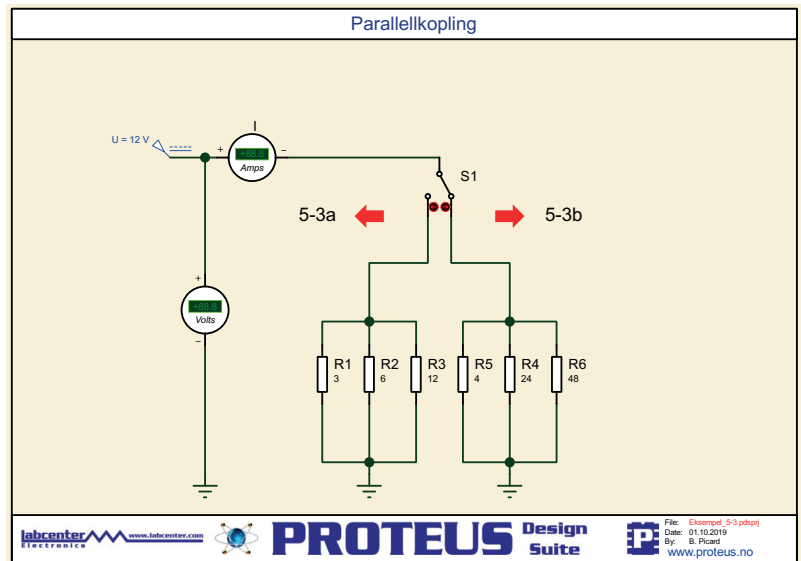
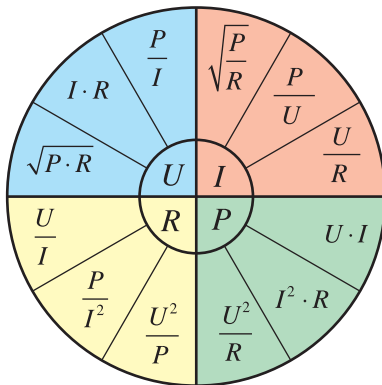


Klikk på PAUSE eller
tast Esc én gang.

EKSEMPEL 5.3b

□ Åpne Eksempel_5-3 hvis den ikke er åpnet.

□ Ikke start simulering enda.



□ Beregn erstatningsresistansen R_{eb} .

$$R_{eb} =$$

□ Beregn totalstrømmen I og greinstrømmene I_{R5} , I_{R4} og I_{R6} .

$$I = \quad I_{R5} = \quad I_{R4} = \quad I_{R6} =$$



Klikk på PAUSE eller
tast Esc én gang.

□ Start simulering og kontrollér beregningene dine.
Bruk PAUSE-måling.

$$I = \quad I_{R5} = \quad I_{R4} = \quad I_{R6} =$$

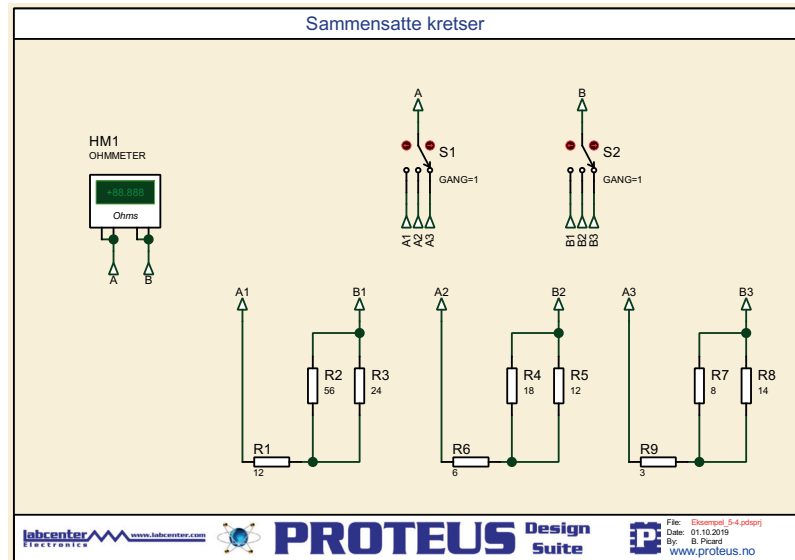
□ Kommentér eventuelle avvik.



Sammensatte kretser

EKSEMPEL 5.4

- ☐ Åpne Eksempel_5-4.
- ☐ Ikke start simulering enda.



$R_{R2//R3}$ betyr R_2 i parallell med R_3

- ☐ Beregn erstatningsresistansene: $R_{R2//R3}$, $R_{R4//R5}$ og $R_{R7//R8}$.

$$\text{pencil icon } R_{R2//R3} = \quad R_{R4//R5} = \quad R_{R7//R8} =$$

- ☐ Beregn totalresistansene R_{A1-B1} , R_{A2-B2} og R_{A3-B3} .

$$\text{pencil icon } R_{A1-B1} = \quad R_{A2-B2} = \quad R_{A3-B3} =$$

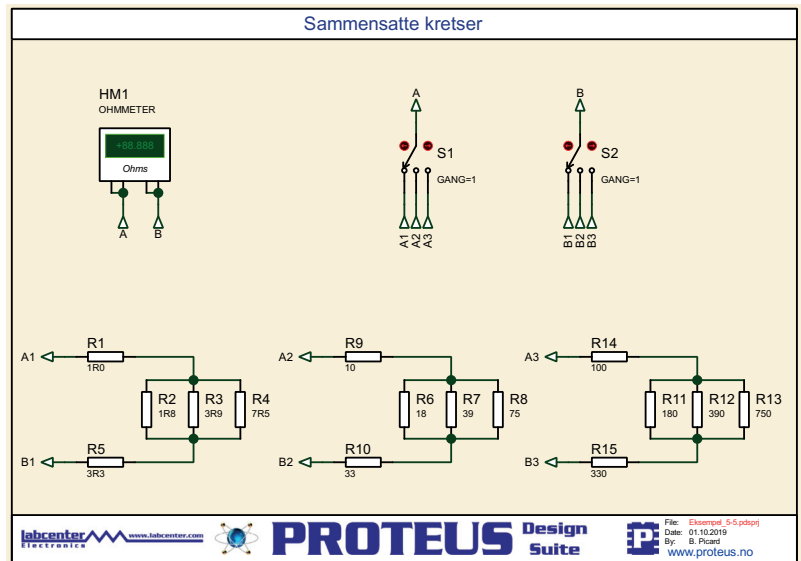
- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.
Kommentér eventuelle avvik.



EKSEMPEL 5.5

□ Åpne Eksempel_5-5.

□ Ikke start simulering enda.



□ Beregn erstatningsresistansene: $R_{R2//R3//R4}$, $R_{R6//R7//R8}$ og $R_{R11//R12//R13}$.

$$\text{pencil icon } R_{R2//R3//R4} = \quad R_{R6//R7//R8} = \quad R_{R11//R12//R13} =$$

□ Beregn totalresistansene R_{A1-B1} , R_{A2-B2} og R_{A3-B3} .

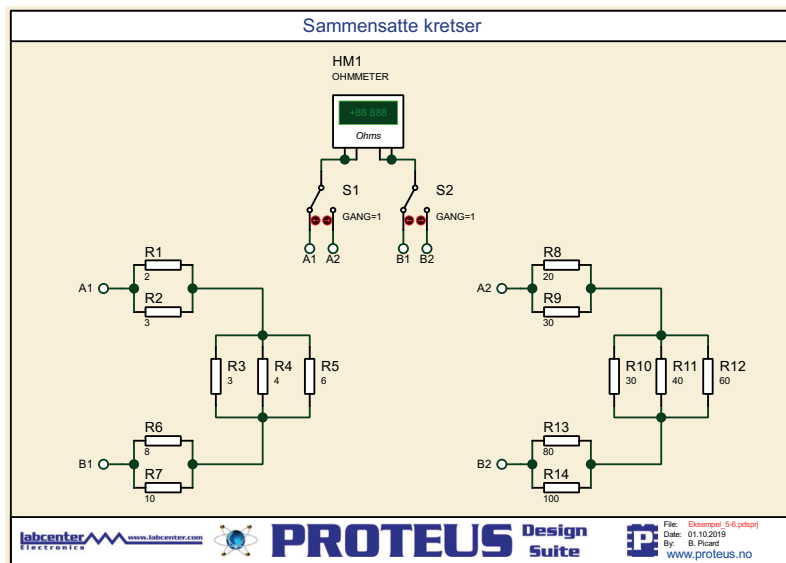
$$\text{pencil icon } R_{A1-B1} = \quad R_{A2-B2} = \quad R_{A3-B3} =$$

□ Kommentér eventuelle avvik.



EKSEMPEL 5.6

- ☐ Åpne Eksempel_5-6.
- ☐ Ikke start simulering enda.



- ☐ Beregn erstatningsresistansene: $R_{R1//R2}$, $R_{R3//R4//R5}$ og $R_{R6//R7}$.

☐ $R_{R1//R2} =$ $R_{R3//R4//R5} =$ $R_{R6//R7} =$

- ☐ Beregn totalresistansene R_{A1-B1} .

$R_{A1-B1} =$

- ☐ Beregn erstatningsresistansene: $R_{R8//R9}$, $R_{R10//R11//R12}$ og $R_{R13//R14}$.

☐ $R_{R8//R9} =$ $R_{R10//R11//R12} =$ $R_{R13//R14} =$

- ☐ Beregn totalresistansene R_{A2-B2} .

$R_{A2-B2} =$

- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.

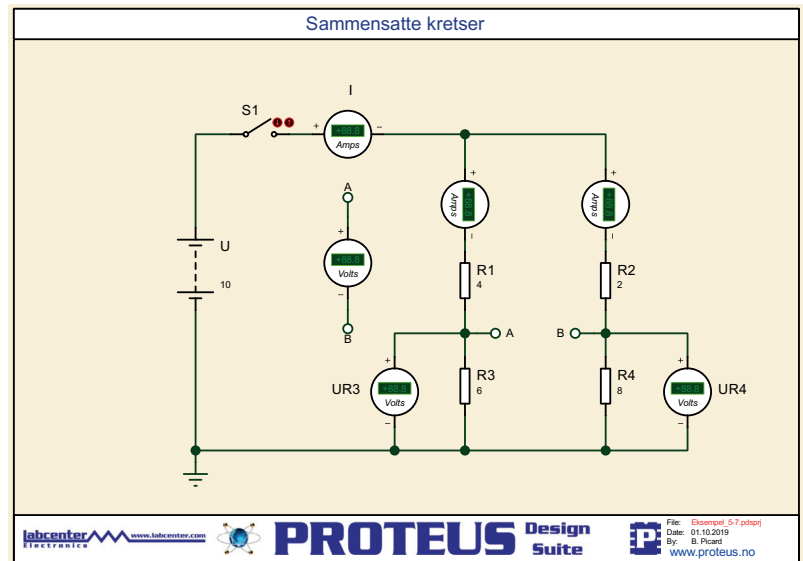
- ☐ Kommentér eventuelle avvik.



EKSEMPEL 5.7

□ Åpne Eksempel_5-7.

□ Ikke start simulering enda.

**Tips:**

Strømmen gjennom R_3 er den samme som gjennom R_1 .
 Strømmen gjennom R_4 er den samme som gjennom R_2 .
 Beregn først spenningene over R_3 og R_4 .

□ Beregn potensialforskjellen mellom A og B.

$$U_{A-B} =$$

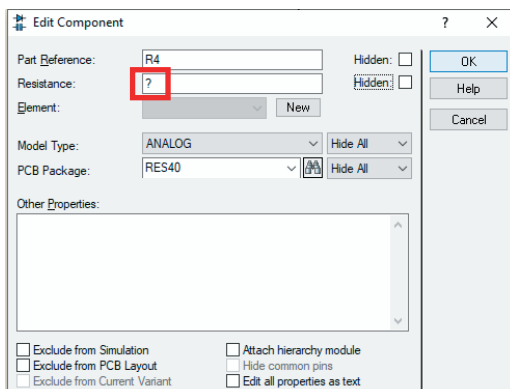
□ Start simulering og kontrollér beregningen.

□ Kommentér eventuelle avvik.



□ Beregn ny verdi på R_4 om potensialforskjellen mellom A og B skal bli 0 V.

$$R_4 =$$



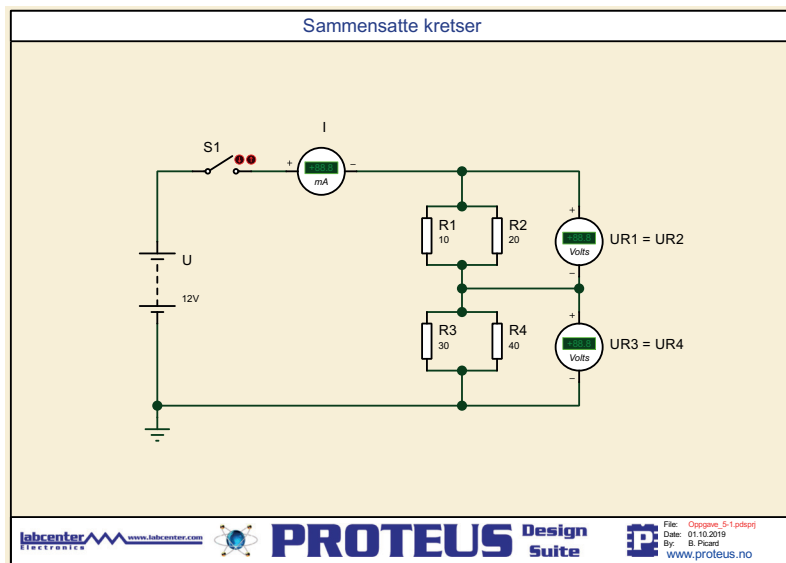
□ Dobbeltklikk på R_4 og sett inn ny verdi, lukk boksen, start simulering og kontrollér beregningen.

□ Kommentér eventuelle avvik.



Oppgave 5.1

- ☐ Åpne Oppgave_5-1.
- ☐ Ikke start simulering enda.



- ☐ Beregn strømmer og spenninger når bryteren SW1 lukkes og før resultatene inn i raden «Beregnet» i tabellen.

	I	$U_{R1} = U_{R2}$	$U_{R3} = U_{R4}$	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	I_{R4}
Beregnet							
Målt							



Klikk på PAUSE eller
tast Esc én gang.

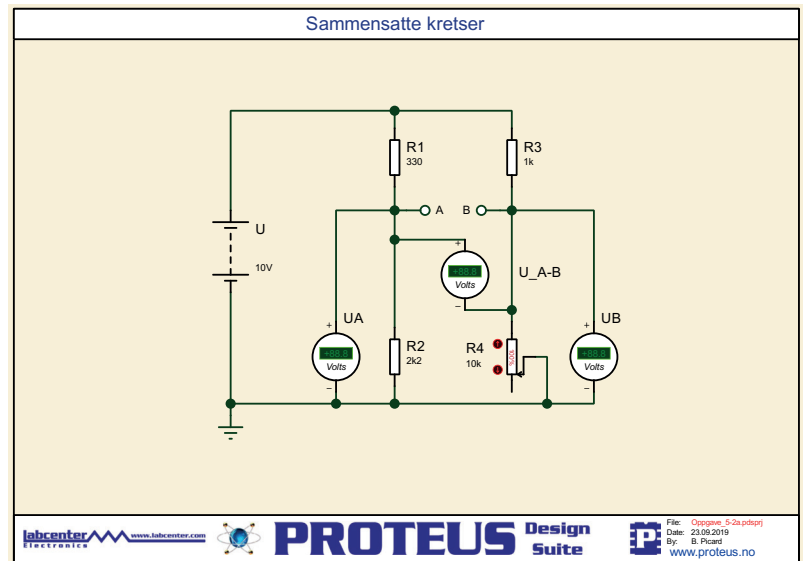


- ☐ Start simulering, bruk PAUSE-måling.
- ☐ Før målingene i tabellen i raden «Målt».
- ☐ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.



Oppgave 5.2

- ☐ Åpne Oppgave_5-2a.
- ☐ Ikke start simulering enda.



- ☐ Beregn verdien på R_4 for at $U_A = U_B$.

$$R_4 =$$

- ☐ Start simulering, og justér R_4 til $U_{A-B} = 0$ V og les av verdien i %.

$$R_4 = \quad \%$$

- ☐ Hva blir verdien i Ω ?

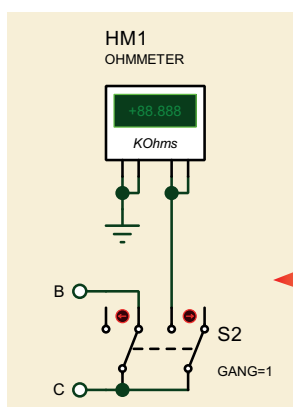
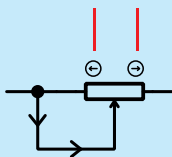
$$R_4 = \quad \Omega$$

- ☐ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.

**Betjening av potmeter**

Du kan justere potensiometeret ved å klikke på pil til venstre eller pil til høyre.

Hvis holder museknappen inne, kan du justere raskere

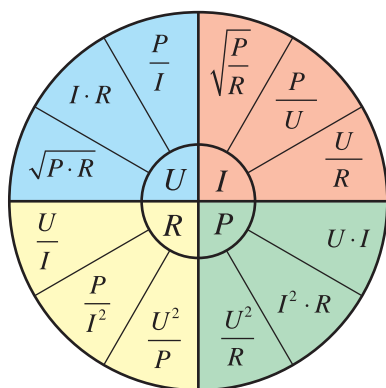
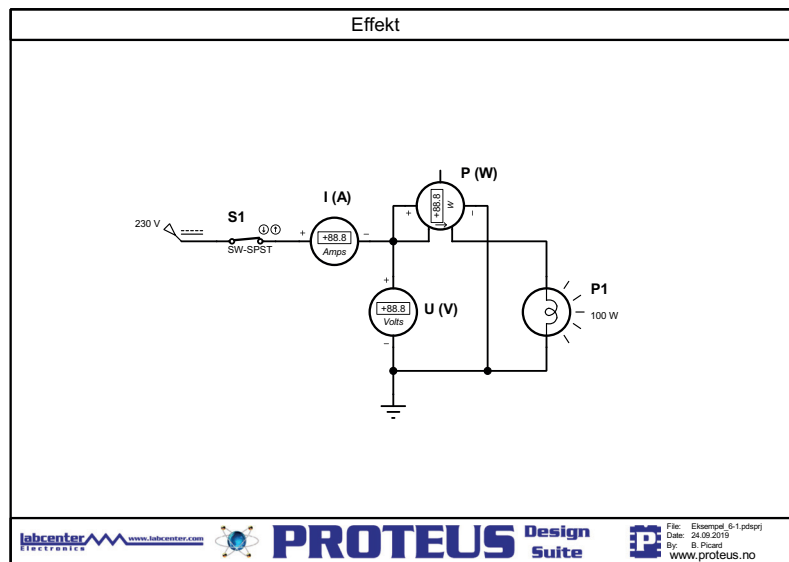


Du kan åpne Oppgave_5-2 for å se et eksempel på å måle motstanden.

6 – Effekt

EKSEMPEL 6.1

- ☐ Åpne Eksempel_6-1.
- ☐ Ikke start simulering enda.



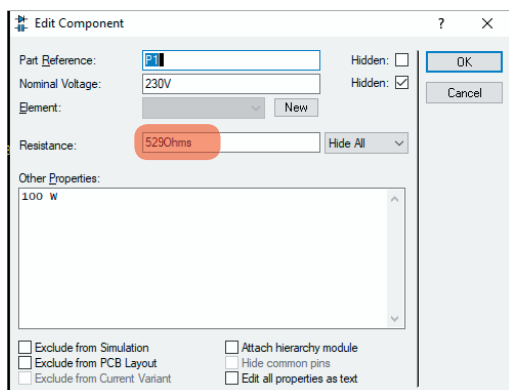
- ☐ Beregn strømmen I .

$I =$

- ☐ Start simulering og kontrollér beregningen dine.

- ☐ Beregn resistansen i lampen R .

$R =$



- ☐ Stopp simulering og dobbeltklikk på lampen.

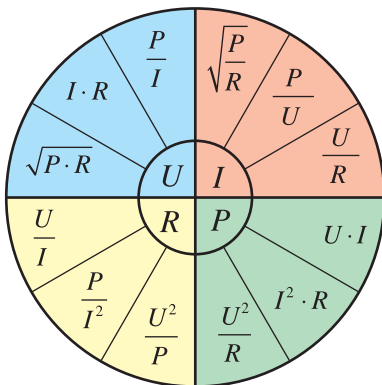
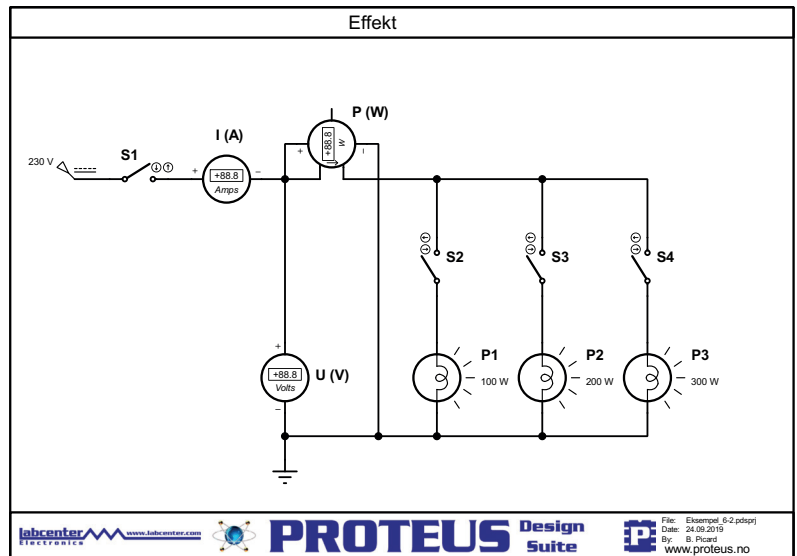
- ☐ Stemmer beregningen din av R med det du ser i *Resistance*-feltet?

- ☐ Lukk boksen.

EKSEMPEL 6.2

□ Åpne Eksempel_6-2.

□ Ikke start simulering enda.



□ Beregn strømmen I , resistansen R og hva wattmeteret viser for kombinasjonene i tabellen.

Brytere som er lukket	Strøm I (A)	Resistans R (Ω)	Effekt P (W)
S_1			
$S_1 + S_2$			
$S_1 + S_3$			
$S_2 + S_3$			
$S_1 + S_2 + S_3$			

□ Start simulering og kontrollér beregningene dine.

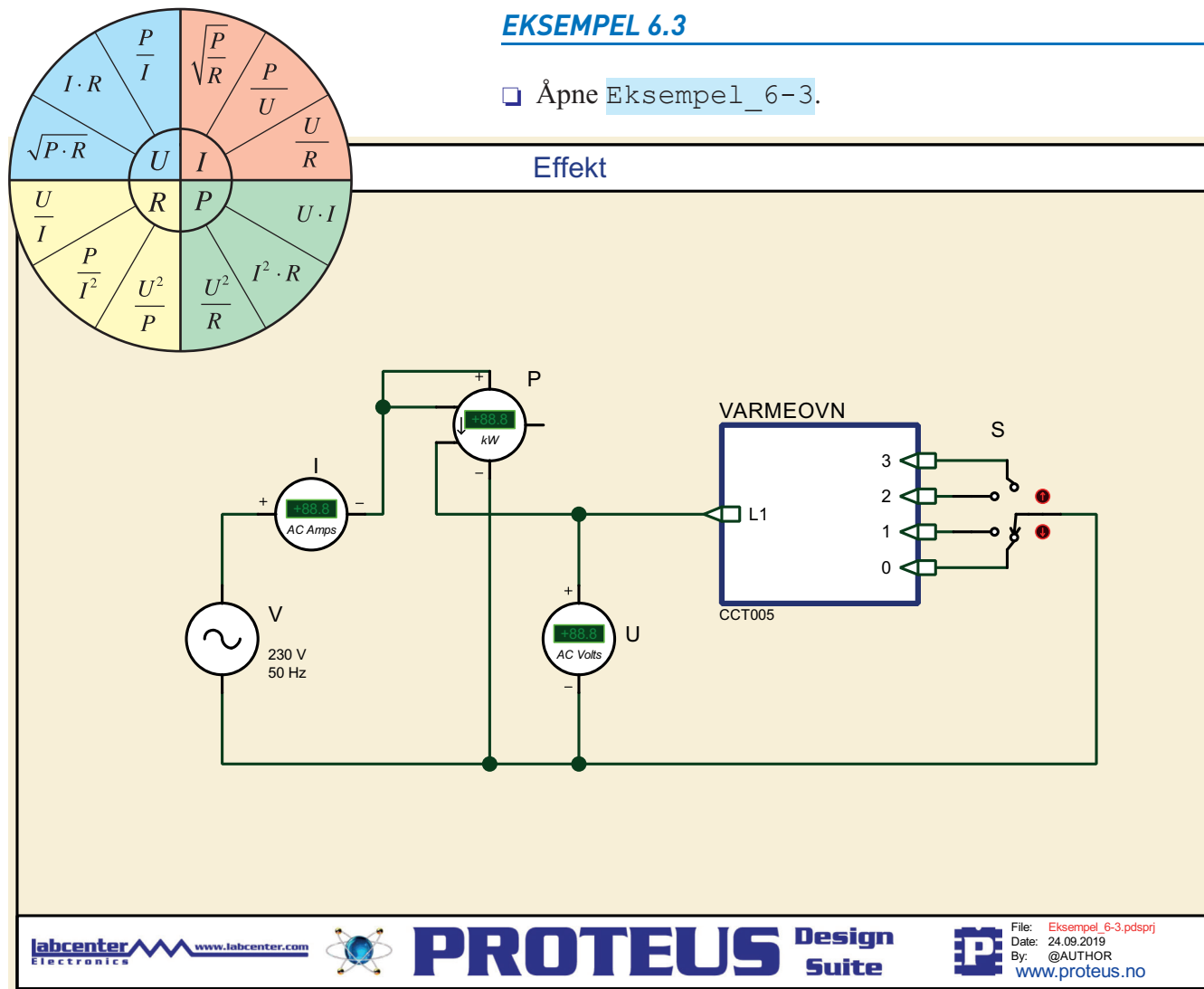
□ Stopp simulering og dobbeltklikk på lampene for å sjekke resistansene.

□ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier?

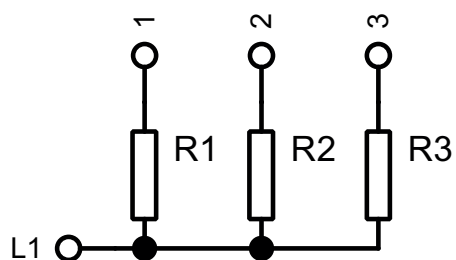


EKSEMPEL 6.3

Åpne Eksempel_6-3.



- Start simulering og notér strøm og effekt i tabellen.
- Beregn R for hver stilling av venderen og før inn i tabellen.



Venderens stilling	Strøm I (A)	Resistans R (Ω)	Effekt P (W)
0			
1			
2			
3			

- Stopp simulering.
- Trykk på og kontrollér beregningene dine.
- Stemte de?



EKSEMPEL 6.4

□ Åpne Eksempel_6-4.

□ Ikke start simulering enda.

Effekt

i Beregn total strøm og effektutvikling i greina R4-R5-R6.

i Start animasjon. Klikk på PAUSE-knappen eller trykk på Esc.

Klikk på hver av komponentene for å lese av spenning, strøm og effekt.

www.labcenter.com

File: Eksempel_6-4.pdsprj
 Date: 25.09.2019
 By: B. Picard
www.proteus.no

□ Beregn størrelsene i tabellen og før verdiene i raden «Beregnet».

	I	P	P_{R4}	P_{R5}	P_{R6}
Beregnet					
Målt					

□ Start simulering og kontrollér beregningene dine.

□ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier?



EKSEMPEL 6.5

- ☐ Åpne Eksempel_6-5.
- ☐ Ikke start simulering enda.

Effekt

i Beregn total strøm og effektutvikling i greina B.

i Start animasjon. Klikk på PAUSE-knappen eller trykk på Esc.

Klikk på hver av komponentene for å lese av spenning, strøm og effekt.

www.labcenter.com

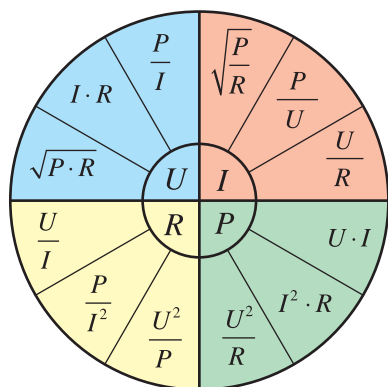
File: Eksempel_6-5.pdsprj
Date: 25.09.2019
By: B. Picard
www.proteus.no

- ☐ Beregn størrelsene i tabellen og før verdiene i raden «Beregnet».

	I	P	P_{R4}	P_{R5}	P_{R6}
Beregnet					
Målt					

- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.
- ☐ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier?

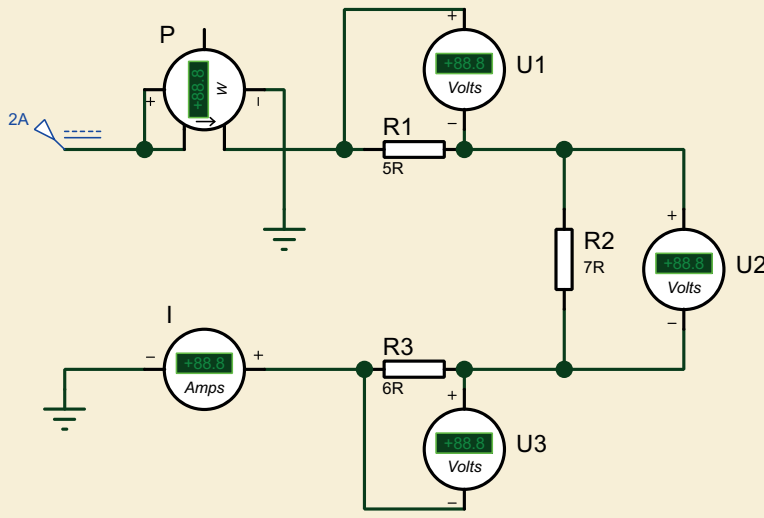




OPPGAVE 6.1



- ☐ Åpne Oppgave_6-1.
- ☐ Ikke start simulering enda.

Effekt

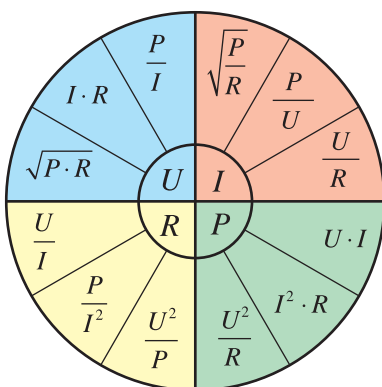


i Start animasjon. Klikk på PAUSE-knappen eller trykk på Esc.

Klikk på hver av komponentene for å lese av spenning, strøm og effekt.

File: Oppgave_6-1.pdsprj
 Date: 25.09.2019
 By: B. Picard
www.proteus.no



- ☐ Beregn størrelsene i tabellen og før verdiene i raden «Beregnet».

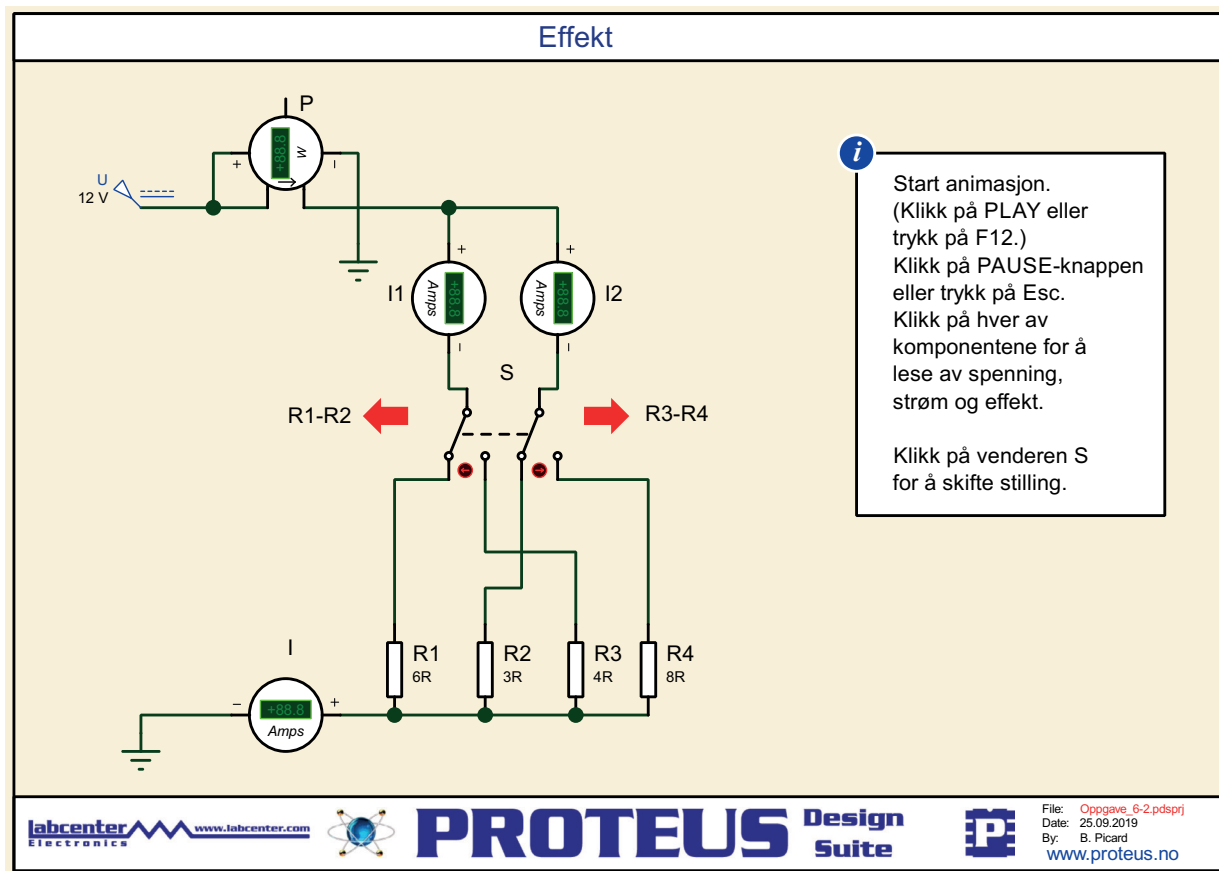
	I	P	P_{R1}	P_{R2}	P_{R3}
Beregnet					
Målt					

- ☐ Start simulering og kontrollér beregningene dine.
- ☐ Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier?

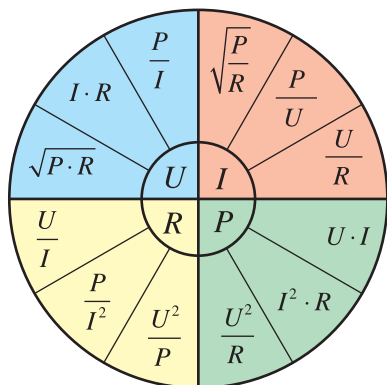


OPPGAVE 6.2

- Åpne Oppgave_6-2, men ikke start simulering enda.



- Beregn og fyll verdiene i radene «Beregnet».



<-S	I	I_1	I_2	P	P_{R1}	P_{R2}
Beregnet						
Målt						

S->	I	I_1	I_2	P	P_{R3}	P_{R4}
Beregnet						
Målt						

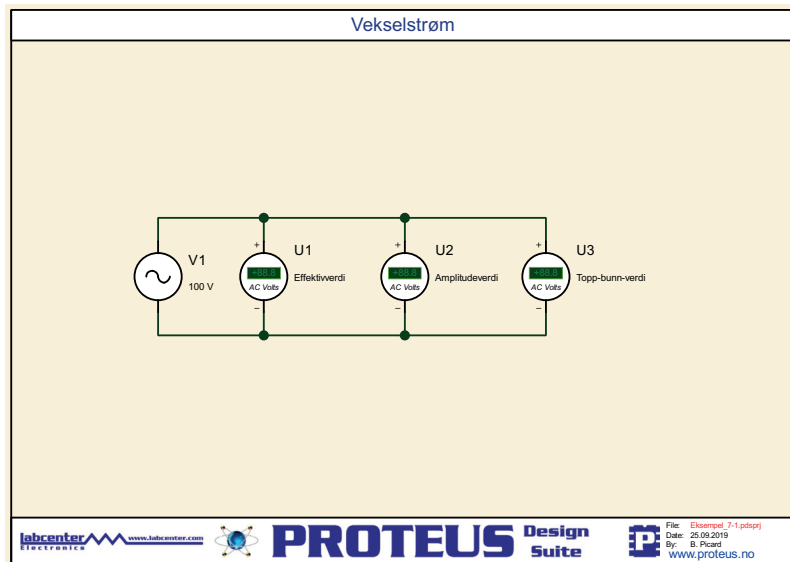
- Start simulering og kontrollér beregningene dine.
- Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier?



7 – Vekselstrøm

EKSEMPEL 7.1

- Åpne Eksempel_7-1.
- Ikke start simulering enda.



- Spenningskilden leverer 100 V (effektivverdi)
- Hva blir toppverdien (amplitudeverdien)?

$U_t =$

- Hvis du skal kople inn en kondensator over spenningskilden for å fjerne elektrisk støy, hvor stor spenning må den tåle?
Ta høyde for + 10 % toleranse på nettspenningen.

$U_{Cmin} =$

- Start simulering og kontrollér beregningene dine.
Kan kondensatoren din brukes?

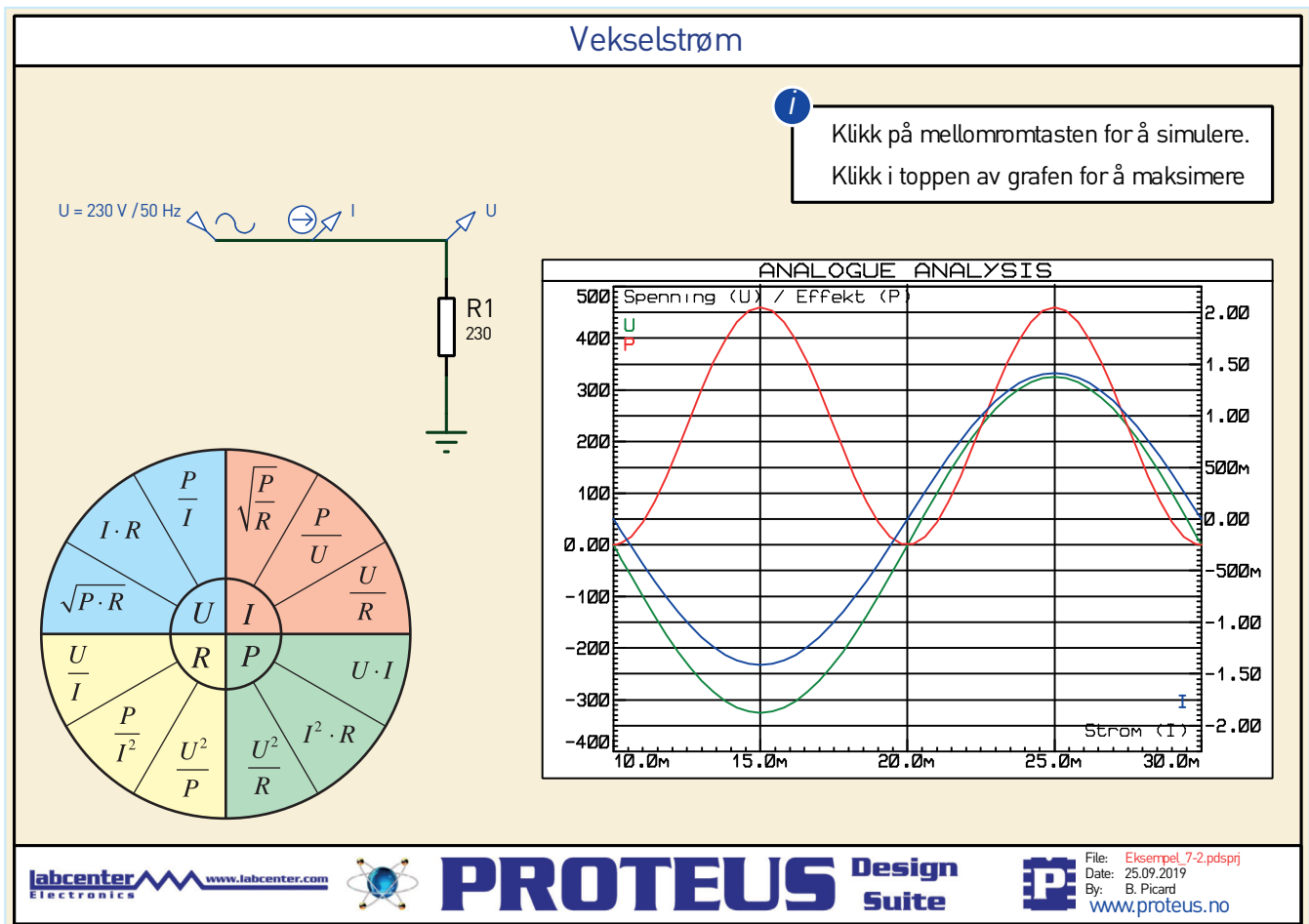
- Kommentér eventuelle avvik



EKSEMPEL 7.2

☐ Åpne Eksempel_7-2.

☐ Ikke start simulering enda.



Graph Debug Library Template System

- Edit Graph...
- Add Traces... Ctrl+T
- Simulate Graph Mellomrom
- View Simulation Log
- Export Graph Data...
- Clear Graph Data...
- Verify Graphs
- Verify Files
- ☒ 1. ANALOGUE ANALYSIS
- Add Transient Trace

Name: P

Probe P1: I

Probe P2: U

Probe P3: <NONE>

Probe P4: <NONE>

Expression: P1*P2

I grafen er det lagt til en kurve (P). Til venstre ser du hvordan du kan kombinere prober og opprette kurver.

I dette tilfellet: $P = I \cdot U$

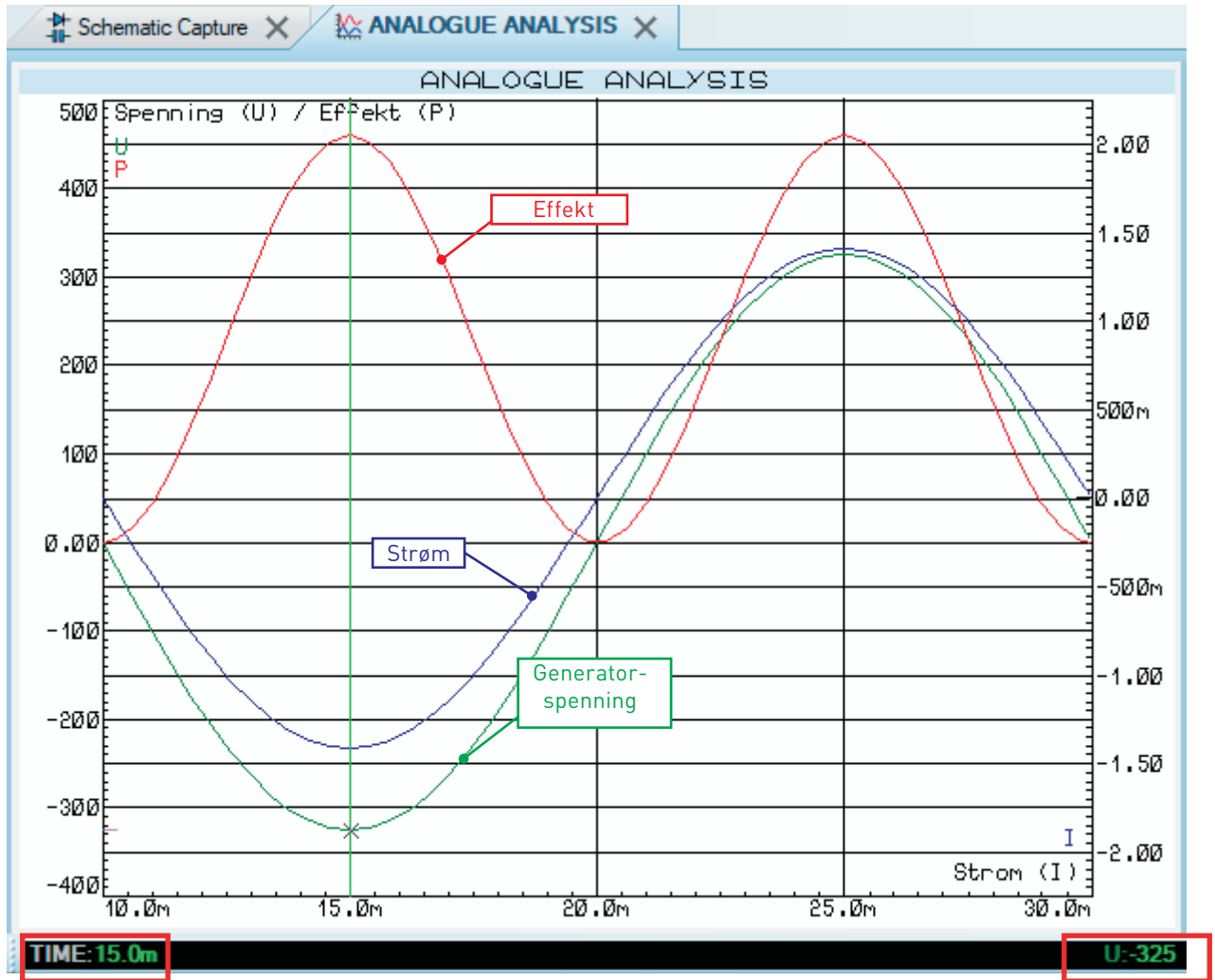
☐ Beregn maksimal- og minimal spenning, strøm og effekt.

$$U_{\text{maks.}} = \quad U_{\text{min.}} = \quad I_{\text{maks.}} = \quad I_{\text{min.}} =$$

$$P_{\text{maks.}} = \quad P_{\text{min.}} =$$

☐ Start simulering, maksimér grafen og kontrollér beregningene dine. Se framgangsmåte på neste side →

Måling i graf



- ☐ Klikk på en kurve og hold museknappen inne.
- ☐ Beveg kursoren til bunnen av kurven, deretter til toppen.
- ☐ Les av spenning/strøm nederst til høyre.
- ☐ Les av maksimal- og minimal spenning, strøm og effekt.

$$U_{\text{maks.}} = \quad U_{\text{min.}} = \quad I_{\text{maks.}} = \quad I_{\text{min.}} =$$

$$P_{\text{maks.}} = \quad P_{\text{min.}} =$$

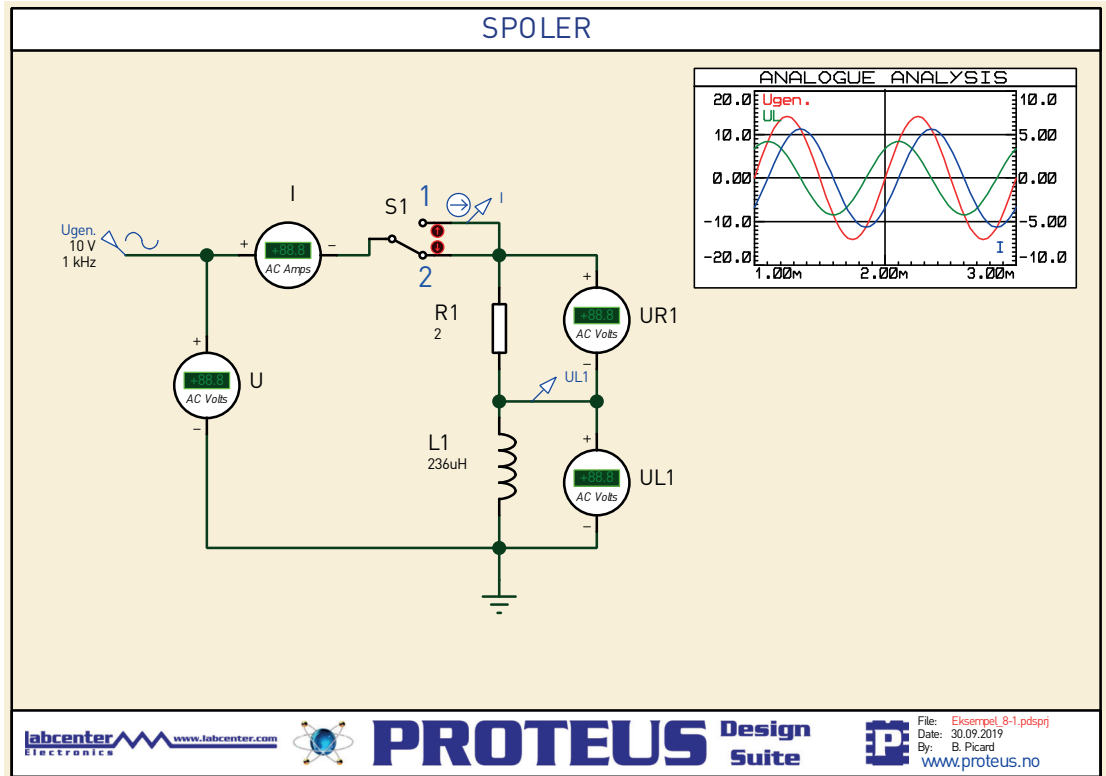
- ☐ Kommentér eventuelle avvik.



8 – Spoler

EKSEMPEL 8.1

- Åpne Eksempel_8-1, men ikke start simulering enda.



- Beregn størrelsene i tabellen og før inn verdiene i raden «Beregnet».

i

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

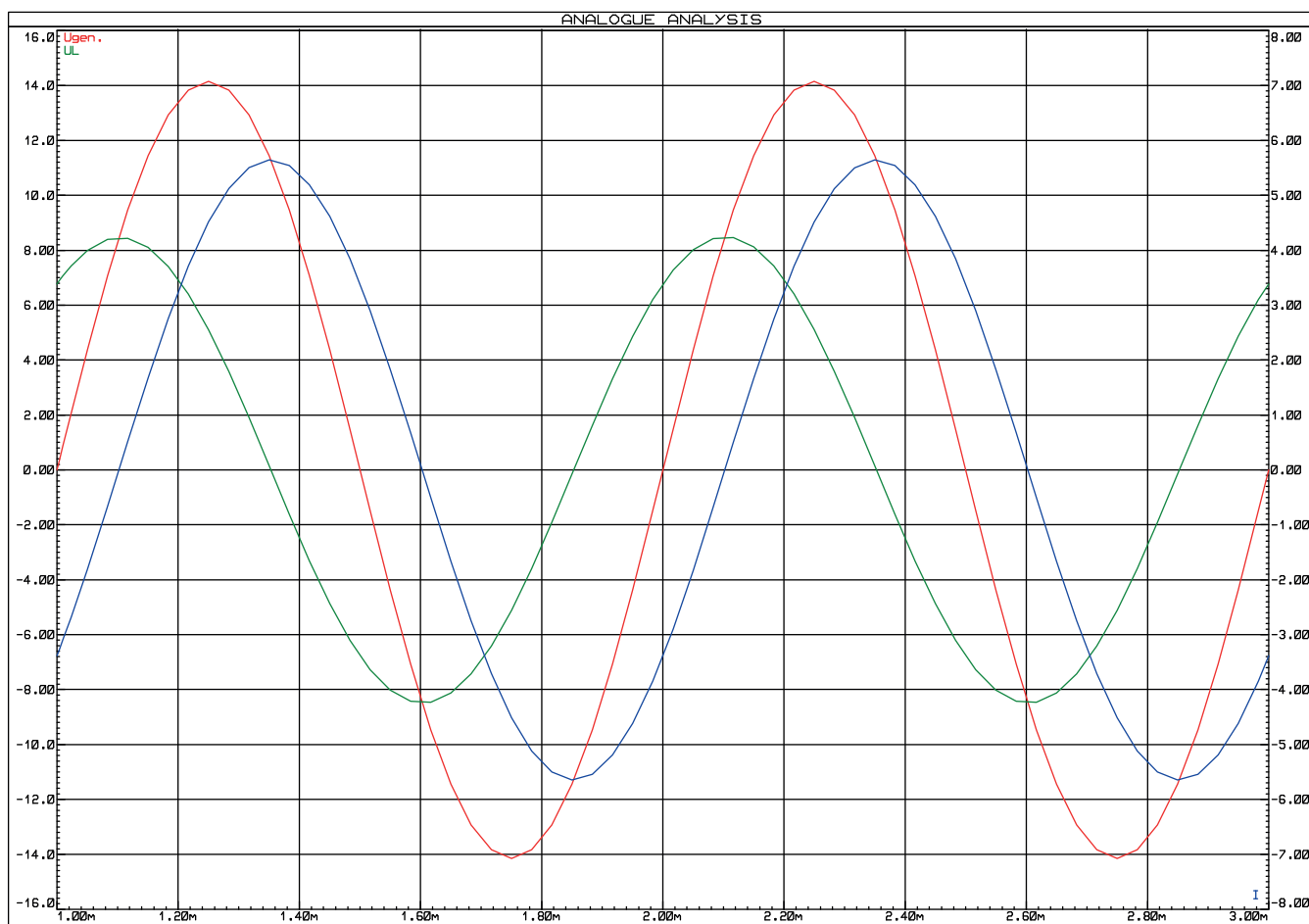
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

	X_{L1}	Z	I	U_{R1}	U_{L1}
Beregnet					
Målt					

- La venderen S_1 stå i stilling «2».
- Start animasjon og før instrumentverdiene i raden «Målt» i tabellen over.
- Kommentér eventuelle avvik mellom beregnede og målte verdier.



- ☐ Stopp animasjon, sett venderen i stilling 1, maksimér grafen og simulér.



- ☐ Mål maks. og min. verdiene på U_{gen} , U_L og I .

Maks. verdier:

$U_{\text{gen}} = \quad U_L = \quad I =$

Min. verdier:

$U_{\text{gen}} = \quad U_L = \quad I =$

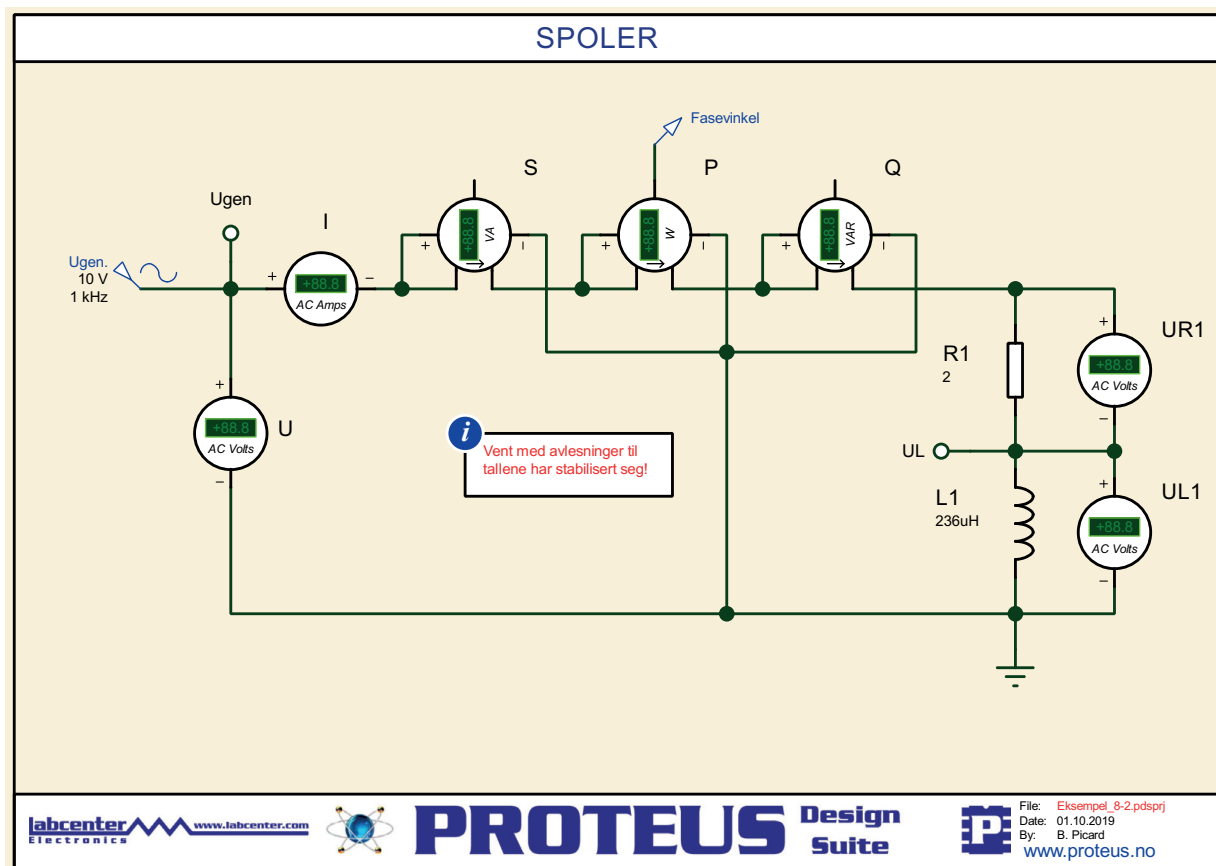
- ☐ Regn om til effektivverdier og sammenlikne med hva du leste av på instrumentene.

- ☐ Kommentér eventuelle avvik



EKSEMPEL 8.2

Åpne Eksempel_8-2, men ikke start simulering enda.



i

$$S = U \cdot I$$

$$P = S \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi = U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

Bruk verdiene fra målingene i forrige eksempel: U , U_R , U_L og I til å beregne S , P , Q og φ .

$$S = \quad P = \quad Q = \quad \varphi =$$

Start animasjon og kontrollér beregningene dine.

$$S = \quad P = \quad Q = \quad \varphi =$$

Du kan måle fasevinkelen på figuren.
Periodeiden $T = 1 \text{ ms}$.

$$\text{Fasevinkel } \varphi \text{ (ms)} = \quad \text{ms}$$

$$\text{Fasevinkel } \varphi (^{\circ}) = \quad ^{\circ}$$

$$\text{Effektfaktoren} =$$

