Institutt for fysikk, NTNU
TFY4155/FY1003 Elektrisitet og magnetisme
Vår 2005

Løsningsforslag til øving 11

Veiledning torsdag 31. mars og fredag 1. april

Oppgave 1

a) Først er det en fordel å innse at vi her har [en parallellkobling av R_1, R_2 og R_3] i serie med [en parallellkobling av R_4 og $R_0 = 0$] i serie med [R_5]. Motstanden R_4 er med andre ord "kortsluttet", slik at det ikke vil gå noen strøm gjennom R_4. (Sagt på en annen måte: Vi har samme potensial på hver side av R_4, men da kan det heller ikke gå noen strøm gjennom denne motstanden.) Total motstand blir dermed

$$R = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1} + R_5$$

b) Det er vel klart at den totale strømmen I må bli den samme som strømmen I_5 gjennom R_5. Dessuten er det klart at I må fordele seg på de 3 strømmene gjennom R_1, R_2 og R_3: $I = I_1 + I_2 + I_3$. Vi har i punkt *a*) allerede konkludert med at det ikke vil gå noen strøm gjennom R_4: $I_4 = 0$.
Spenningsfallet over de tre øverste motstandene er det samme:

$$V' = R_1 I_1 = R_2 I_2 = R_3 I_3$$

Spenningsfallet over R_5 blir

$$V'' = R_5 I_5 = R_5 I = R_5 \frac{\mathcal{E}}{R}$$

Disse to må tilsammen utgjøre den påtrykte spenningen:

$$\mathcal{E} = V' + V''$$

Dermed er

$$V' = \mathcal{E} - V'' = \mathcal{E} - R_5 \frac{\mathcal{E}}{R} = \mathcal{E}\left(1 - \frac{R_5}{R}\right)$$

Dessuten:

$$I_1 = \frac{V'}{R_1}$$
$$I_2 = \frac{V'}{R_2}$$
$$I_3 = \frac{V'}{R_3}$$

c) Med de oppgitte tallverdiene har vi

$$R = \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right)^{-1} + 5 = \frac{61}{11}\ \Omega$$

Dermed er

$$V' = 9 \cdot \left(1 - \frac{5}{61/11}\right) = \frac{54}{61}\ \mathrm{V}$$

og

$$V'' = 9 - \frac{54}{61} = \frac{495}{61}\ \mathrm{V}$$

De ulike stømstyrkene blir

$$I_1 = \frac{54}{61 \cdot 1} = \frac{54}{61}\ \mathrm{A} \simeq 0.885\ \mathrm{A}$$
$$I_2 = \frac{54}{61 \cdot 2} = \frac{27}{61}\ \mathrm{A} \simeq 0.443\ \mathrm{A}$$
$$I_3 = \frac{54}{61 \cdot 3} = \frac{18}{61}\ \mathrm{A} \simeq 0.295\ \mathrm{A}$$
$$I_5 = I = \frac{9 \cdot 11}{61} = \frac{99}{61}\ \mathrm{A} \simeq 1.623\ \mathrm{A}$$

Oppgave 2

a) Pære 1 vil lyse sterkest i krets B og svakest i krets A. Det skyldes at i A er spenningsfallet over pære 1 bare 1/3 av spenningskildens ems, i B er spenningsfallet over alle pærene lik spenningskildens ems. I C gir parallellkoblingen av 2 og 3 en motstand $(1/R + 1/R)^{-1} = R/2$, hvis motstanden i ei pære er R. Da blir spenningsfallet over pære 1 lik 2/3 av kildens ems, og lysstyrken et sted mellom A og B.

b) I A får vi en åpen (brutt) krets, og dermed null strøm, dvs pære 1 (og 2) slukker. I B påvirker ikke pære 3 spenningen over pære 1, så lysstyrken endres ikke. I C har vi nå to motstander R i serie, så spenningsfallet over pære 1 må bli lik det halve av kildens ems, dvs mindre enn det den var med pære 3 på plass. Altså blir lysstyrken mindre i krets C.

Oppgave 3

La oss sette tidspunktet $t = 0$ da studenten bryter kretsen i A. Før dette har vi stasjonære forhold i kretsen, med spenningsfall

$$V_0 = V_R = V_C$$

over både motstanden R og kapasitansen C. Ved $t = 0$ brytes altså kretsen i A, og vi står igjen med en krets med R og C. Som utledet i forelesningene får vi da utladning av kondensatoren, med tidsforløp

$$Q(t) = Q_0 e^{-t/RC}$$

der

$$Q_0 = Q(0) = CV_0$$

Etter en viss tid t_1 brytes kretsen ved B, og utladingen stopper opp. Da har vi en ladning

$$Q(t_1) = Q_0 e^{-t_1/RC}$$

på kondensatoren. Det tilsvarer et spenningsfall

$$V(t_1) = \frac{Q(t_1)}{C} = \frac{Q_0}{C} e^{-t_1/RC}$$

over kondensatoren. I løpet av denne tiden har altså studenten tilbakelagt en distanse d, slik at hastigheten er

$$v = d/t_1$$

Vi løser ut for t_1 i uttrykket for $V(t_1)$:

$$t_1 = RC \ln \frac{V_0}{V(t_1)}$$

der vi har brukt $Q_0 = V_0 C$ og at $\ln x = -\ln(1/x)$. Med tallverdier innsatt:

$$t_1 = 150 \cdot 10^{-3} \cdot \ln \frac{9.00}{3.58} = 0.138 \text{ s}$$

Hastigheten blir

$$v = d/t_1 = 1.00/0.138 = 7.23 \text{ m/s} \simeq 26 \, \text{km/t}$$