

# Formelblad elektriska kretsar och fält EEM076

Edvin Alestig

April 19, 2021

## 1 Storheter och enheter

Storhet	Enhet
Kraft (F)	Newton (N)
Laddning (Q)	Coloumb (C)
Spänning (v)	Volt (V)
Ström (I)	Ampere (A)
Resistans (R)	Ohm ( $\Omega$ )
Effekt (P)	Watt (W)
Energi (W)	Joule (J)
Kapacitans (C)	Farad (F)
Induktans (L)	Henry (H)
Elektriskt fält (E)	Newton/Coulomb (N/C)

## 2 Lagar

Ohms lag	$v = RI$
Effektlagen	$P = Iv = RI^2 = \frac{v^2}{R}$
Kirchhoffs spänningslag (KVL)	$\sum v = 0$ i en loop
Kirchhoffs strömlag (KCL)	$\sum I_{in} = \sum I_{out}$ i en nod
Energiprincipen	$\sum P = 0$ i en krets
Coloumbs lag	$\vec{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}_{12}$
Gauss lag	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$

### 3 Konstanter

Coloumbkonstanten	$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
Elektrisk permittivitet i vakuum	$\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi}$
Elementarladdningen	$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

### 4 Formler

#### 4.1 Kretsar

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$Q(t) = \int_{t_0}^t I(t) \cdot dt + Q(t_0)$$

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P(t) \cdot dt$$

I kondensatorer:

$$Q = Cv$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dv}{dt}$$

$$P = IV = Cv \frac{dv}{dt}$$

$$W = \int_{t_0}^t P(t) \cdot dt = \int_{t_0}^t Cv \frac{dv}{dt} = C \int_{v(t_0)}^{v(t)} v \cdot dv = \frac{C}{2} (v(t)^2 - v(t_0)^2)$$

$$W = \frac{Cv^2}{2}, v(t_0) = 0$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t I(t) \cdot dt + v(t_0)$$

I induktorer:

$$v = L \frac{dI}{dt}$$

$$W = \frac{LI^2}{2}, I(t_0) = 0$$

$$I(t) = \frac{1}{L} \int_{t_0}^t v(t) \cdot dt + I(t_0)$$

$$P = IV = LI \frac{di}{dt}$$

## 4.2 Elektriska fält

$$\begin{aligned}\vec{E} &= k_e \frac{q}{r^2} \hat{r}_{12} \\ \vec{F}_E &= q\vec{E} \\ \vec{E}_{total} &= \sum \vec{E}_i \\ \vec{E}_{total} &= \int_{L1}^{L2} \vec{E}_l \cdot d\vec{l}\end{aligned}$$

Flytta laddningar:

$$\begin{aligned}W &= \int_R^\infty \vec{F} \cdot d\vec{r} = \frac{-k_e q_1 q_2}{R} \text{ (utanför fält)} \\ W &= -qE_0 r\end{aligned}$$

Dipoler:

$$\begin{aligned}\vec{P} &= q\vec{d} \\ \vec{\tau} &= \vec{p} \times \vec{E} \\ \tau &= p \cdot E \cdot \sin \theta\end{aligned}$$

Elektriskt flöde (flux):

$$\begin{aligned}\vec{\Phi} &= \sum \vec{E}_i \\ \vec{\Phi} &= \int_{L1}^{L2} \vec{E}_l \cdot d\vec{l}\end{aligned}$$

Två dimensioner:

$$\vec{\Phi} = \iint \vec{E} \hat{n} \cdot d\vec{A} = \iint \vec{E} \cdot d\vec{A} \cdot \cos \theta$$

Elektrisk potential:

$$\begin{aligned}\frac{W}{q} &= - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r} = \Delta V \\ \vec{E} &= - \frac{dV}{d\vec{r}} = \nabla v = \text{grad}(v) \text{ (typ flerdimensionell derivata)}\end{aligned}$$

## 5 Ekvivalenta kretsar

### 5.1 Seriekoppling

Resistans  $R_{eq} = \sum R_n$

Kapacitans  $C_{eq} = (\sum C_n^{-1})^{-1}$

Induktans  $L_{eq} = \sum L_n$

( $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$  vid endast 2 kondensatorer)

Spänningsdelning

$$v_n = R_n I = \frac{R_n}{R_{eq}} \cdot v_{total}$$

## 5.2 Parallellkoppling

Resistans  $R_{eq} = (\sum R_n^{-1})^{-1}$

( $R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  vid endast 2 resistorer)

Kapacitans  $C_{eq} = \sum C_n$

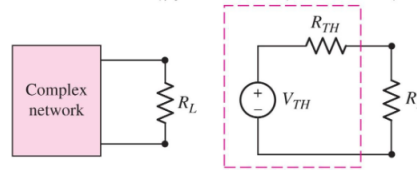
Induktans  $L_{eq} = (\sum L_n^{-1})^{-1}$

( $L_{eq} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$  vid endast 2 induktorer)

Strömdelning

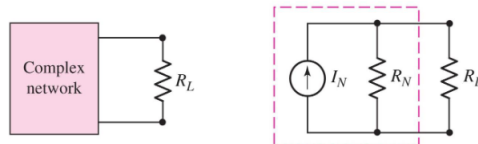
$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_{total} \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I_{total}$$

## 5.3 Thévenin equivalent circuit (behöver förbättras)



1. Disconnect the load  $R_L$  and replace with an open circuit.
2. Find the open circuit voltage  $V_{oc}$ .
3. Find the equivalent resistance  $R_{eq}$  of the network with all independent sources turned off.
4.  $v_{th} = v_{oc}$  and  $R_{th} = R_{eq}$ .

## 5.4 Norton equivalent circuit (behöver förbättras)



1. Replace the load  $R_L$  with a short circuit.
2. Find the short circuit current  $I_{sc}$ .
3. Find the equivalent resistance  $R_{eq}$  of the network with all independent sources turned off.
4.  $I_N = I_{sc}$  and  $R_N = R_{eq}$ .

## 5.5 Source transformation - Thévenin and Norton

$$R_{th} = R_N = R_{eq} \text{ and } v_{th} = I_N R_{eq}$$

Genom att kombinera Thévenin och Norton kan man kraftigt förenkla en delkrets.

## 6 Verktyg och metoder

### 6.1 Kretsar

#### Node voltage analysis

Analysera spänningsskillnader gentemot en referensnod (jord eller den nod med flest kopplingar). Lös med ekvationssystem.

1. Välj en referensnod och sätt den till 0 V.
2. Sätt variabler för varje nod.
3. Applicera KCL på varje nod.
4. Räkna ut spänningen genom att räkna ut spänningsdifferensen mellan två noder.

Tips: Räkna  $I_{out}$  som positiv i varje resistor.

#### Supernod

Spänningskälla som ej är direkt kopplad till referensnoden kan göras om till en supernod. Nodens spänning är källans spänning och båda ändars kopplingar räknas som supernodens kopplingar.

#### Mesh current analysis

Analysera loopar i en krets (medsols). Applicera KVL på varje loop. Lös med ekvationssystem.

#### Supermesh

Strömkälla i kretsen. Kombinera loopar in i en större superloop.  $I_{super} = I_1 - I_2$

## Superposition

Går endast att applicera på linjära kretsar med flera ström- och/eller spänningskällor. Varje källa kan analyseras separat för att sedan läggas ihop.

1. Stäng av alla källor förutom en.
  - $v = 0$  blir en kortsluten krets.
  - $I = 0$  blir en öppen krets.
  - Räkna ut källans kretspåverkan.
2. Lägg ihop alla källors påverkan.