

F9: Snubbrar



Om dagens föreläsning!

Snubbrar är inte så vanligt att man hört talas om, om man inte jobbat med kraftelektronik! Snubbrar är en taskig översättning från engelskans snubbers och betyder skyddskretsar, vilket också är missvisande. Om man tittar på vilken typ av snubbrar som finns klarnar bilden något:

- Snubbrar för att styra bort switchförluster från krafthalvledare till passiva komponenter.
- Snubbrar för att förhindra EMI-problem (störningar alltså)
- Snubbrar för att minska stressen på komponenter överspänning, etc

Denna överspänning har ofta sitt ursprung i att ledningar har en liten parasitisk ströinduktans, transformatorer har en kopplingsfaktor mindre än ett osv ...

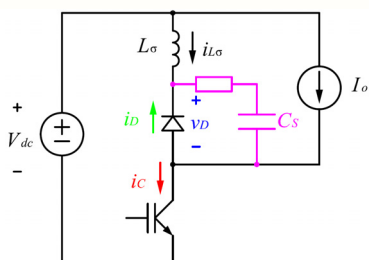
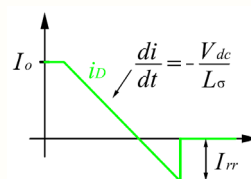
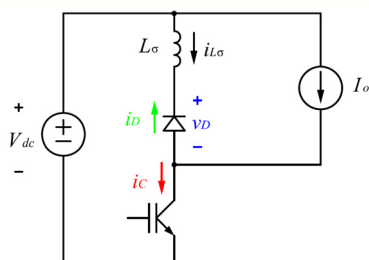


Några olika sorters snubbrar

- Diodsnubber
 - Minskar överspänning vid reverse recovery pga ströinduktans
- Frånslagssnubber
 - Begränsar spänning eller spänningsderivata vid frånslag
 - Profilerar switch-kurvformerna
- Tillslagssnubber
 - Begränsar strömmen genom komponenten vid tillslag
 - Begränsar spänningsderivatan vid tillslag
- Överspänningssnubber
 - Minskar överspänning pga ströinduktans
- Snubber för halvbygga



Diodsnubber



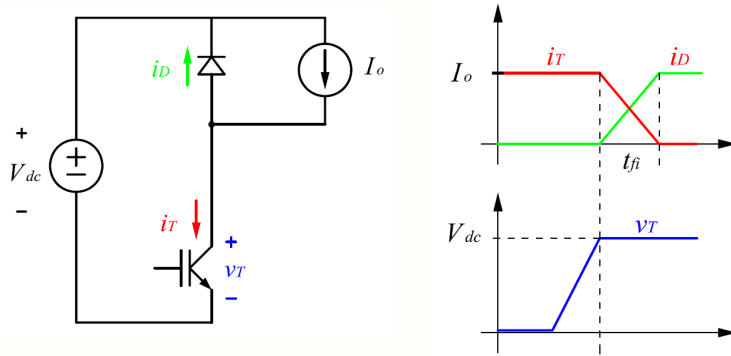
RC-snubber

Förhindrar överspänning pga ströinduktans när I_{rr} slutar abrupt

För denna snubber är det tillräckligt att förstå funktionen

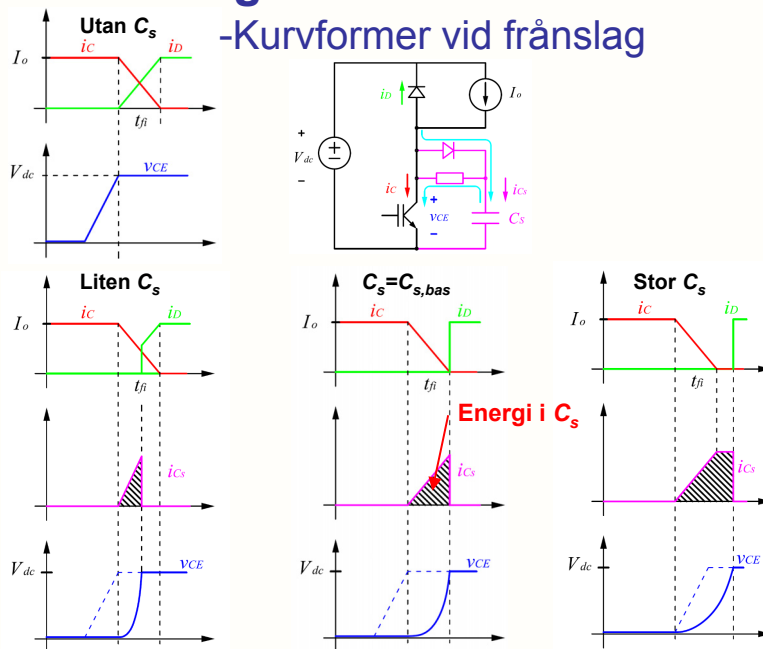


Frånslags av transistor



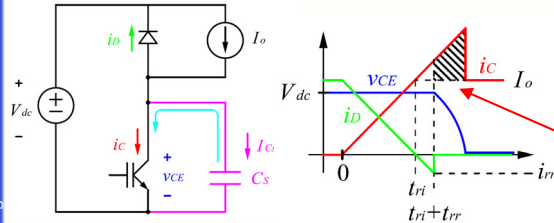
Frånslagsnummer för transistor

-Kurvformer vid frånslag



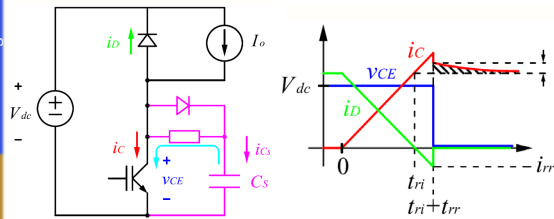
Frånslagsnummer för transistor

-Påverkan vid tillslag



Utan R_s
Längre t_{rv} ger förluster
i transistorn vid tillslag

Energi i C_s från frånslaget



Med R_s
Kort t_{rv} alltså ingen
ökning av förluster i
transistorn vid tillslag
Energin i C_s bränns i
 R_s istället

Förlusterna flyttas från transistorn till resistorn som tål högre temperatur och är lättare att kyla
Välj R_s så att: $R_s > V_{dc} / I_{rr}$



Frånslagsnummer för transistor

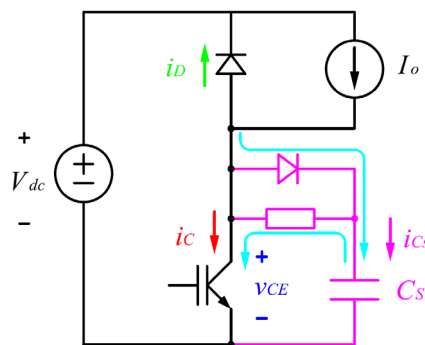
- RCD-Charge-Discharge-Snubber

Profilerar frånslaget för
bipolära transistorer

Begränsar dv/dt vid
frånslag

Alternativ väg för
strömmen vid frånslag

Inte så nödvändig för
MOSFET och IGBT



Denna ska ni kunna räkna på...



Frånlagsnummer för transistor

- Energiförlust med varierande C_s

Figur 27-15, Mohan, Undeland, Robbins. *Power Electronics*.



Frånlagsnummer för transistor

- Switch-trajektorier ritad ovanpå SOA

Figur 8.14, B.W. Williams, *Power Electronics*.



Tillslagssnubber för transistor - Kurvformer

Figur 27.17, Mohan, Undeland, Robbins. *Power Electronics*.

Minskar spänningen över transistor vid tillslag

Minskar förlusterna vid tillslag

Vid frånslag kommer L_s ge upphov till överspänning

Under framtiden laddas L_s ur via R_s

Strömmen i L_s måste hinna bli låg innan nästa tillslag



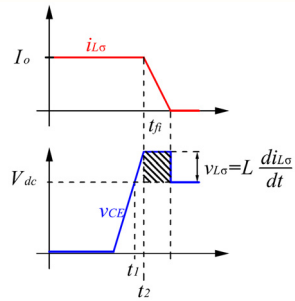
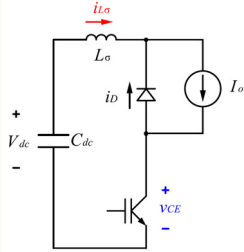
Tillslagssnubber för transistor - Induktiv tillslagssnubber behöver ofta kapacitiv frånslagssnubber

Figur 8.22, B.W.Williams, *Power Electronics*.

Kap 8.3.2 - 8.3.4 kan ni hoppa över helt
Snubbern i Kap 8.3.5 ska ni känna till

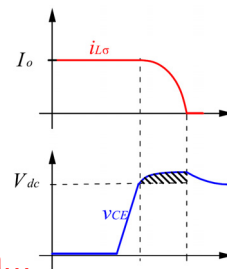
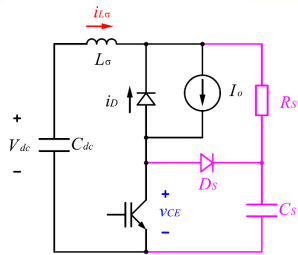


Överspänningsnubbar - RCD-Clamp-Snubber



t_1 : D_f skulle blivit framspänd här utan L_σ

t_2 : D_f blir framspänd här pga L_σ



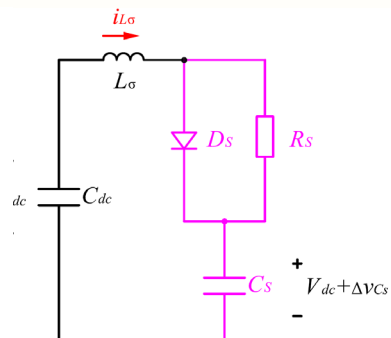
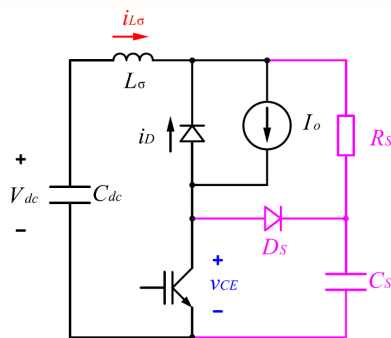
Lägre överspänning

Energien i C_s bränns bort i R_s vid tillslag

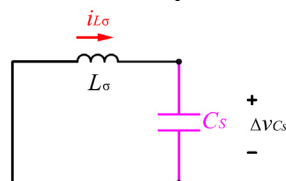
Denna ska ni kunna räkna på...



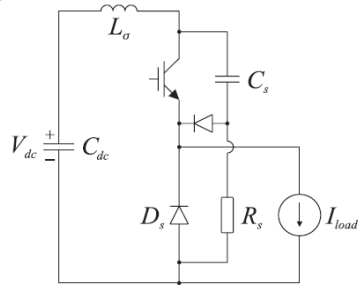
Överspänningsnubbar - RCD-Clamp-Snubber



Ekvivalent vid frångslag:



Överspänningsstubber - RCD-Clamp-Snubber



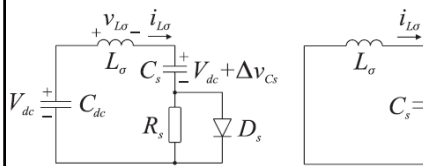
Överspänning pga ströinduktans:

$$v_{L\sigma} = L_{\sigma} \frac{di_{L\sigma}}{dt}$$

Ekvivalent krets vid frånslag:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{dc}} + \frac{1}{C_s} \Leftrightarrow C_{eq} \approx C_s \text{ eftersom } C_{dc} \gg C_s$$

$$v_{C_{eq}} = v_{C_s} - V_{dc} = V_{dc} + \Delta v_{C_s} - V_{dc} = \Delta v_{C_s}$$



Transistoröverspänning vid frånslag:

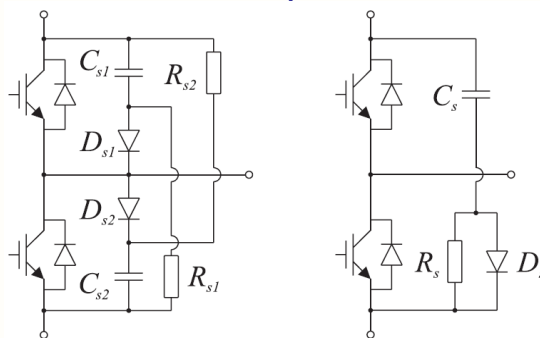
$$\frac{1}{2} \cdot C_s \cdot \Delta V_{C_s, max}^2 = \frac{1}{2} \cdot L_{\sigma} \cdot I_0^2 \Rightarrow \Delta V_{C_s, max} = I_0 \cdot \sqrt{\frac{L_{\sigma}}{C_s}}$$

Snubber-resistans (bra val):

$$R_s < \frac{1}{6 \cdot C_s \cdot f_{sw}}$$



Snubbar för halvbryggor - RCD-Clamp-snubbar



- Observera att snubbern till höger ser likadan ut som ekvivalenten till den vänstra (vid frånslag). Samma komponentvärden vid design!
- Allra vanligast för omriktare under 250 kW är att bara ha en rent kapacitiv snubber alltså som den högra men med R_s och D_s ersatta av en kortslutning.



Laboration 1

Flyback-omvandlaren

