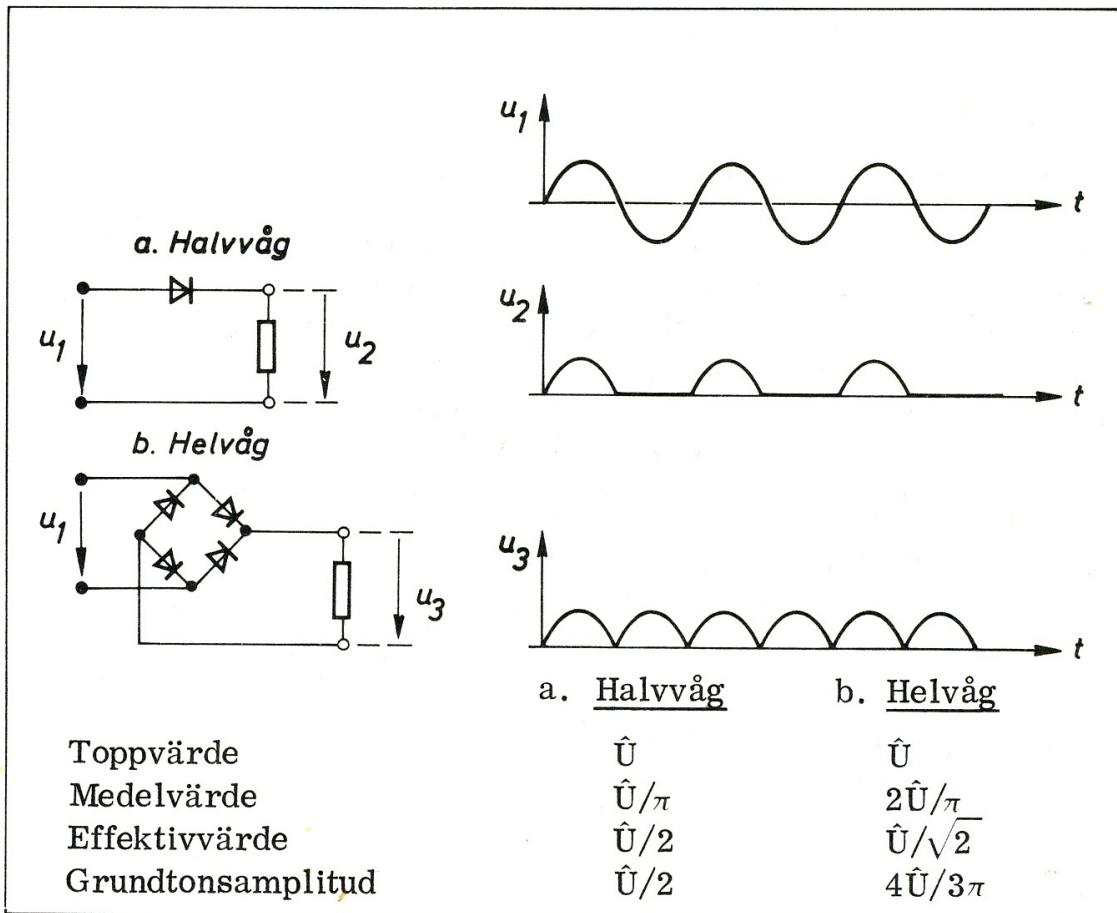


Diodlikriktare



- Likriktare med resistiv last
- a) Halvvåg (Enpulskoppling)
 - b) Helvåg (Tvåpulskoppling)

Exempel på härledningar av trigonometriska samband med hjälp av Eulers formler

$$e^{iX} = \cos X + i \sin X$$

$$e^{-iX} = \cos(-X) + i \sin(-X) = \cos X - i \sin X$$

$$\sin X = \frac{e^{iX} - e^{-iX}}{i2} \quad \boxed{\text{Eulers formel för } \sin X}$$

$$\cos X = \frac{e^{iX} + e^{-iX}}{2} \quad \boxed{\text{Eulers formel för } \cos X}$$

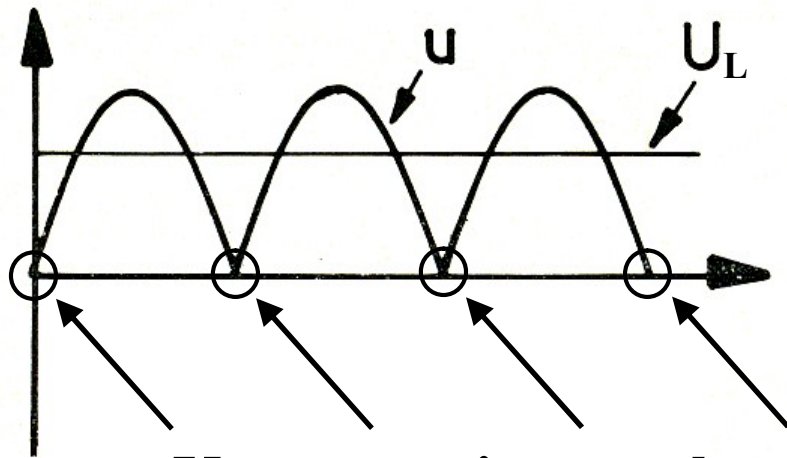
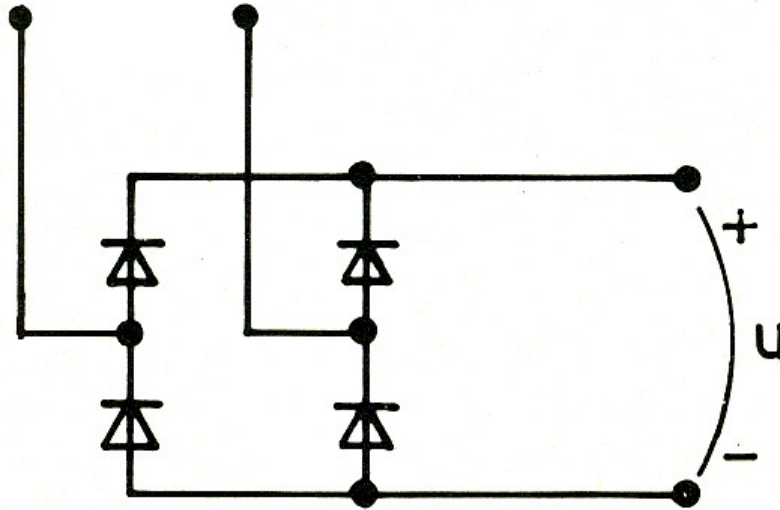
$$\sin^2 X = \left(\frac{e^{iX} - e^{-iX}}{i2} \right)^2 = \frac{e^{i2X} + e^{-i2X} - 2e^{iX} e^{-iX}}{-4} = \frac{1 - \cos 2X}{2}$$

$$\cos^2 X = \left(\frac{e^{iX} + e^{-iX}}{2} \right)^2 = \frac{e^{i2X} + e^{-i2X} + 2e^{iX} e^{-iX}}{4} = \frac{1 + \cos 2X}{2}$$

$$\cos^2 X + \sin^2 X = 1$$

$$2 \sin X \cos X = 2 \left(\frac{e^{iX} - e^{-iX}}{i2} \right) \left(\frac{e^{iX} + e^{-iX}}{2} \right) = 2 \left(\frac{e^{i2X} - e^{-i2X}}{i4} \right) = \left(\frac{e^{i2X} - e^{-i2X}}{i2} \right) = \sin 2X$$

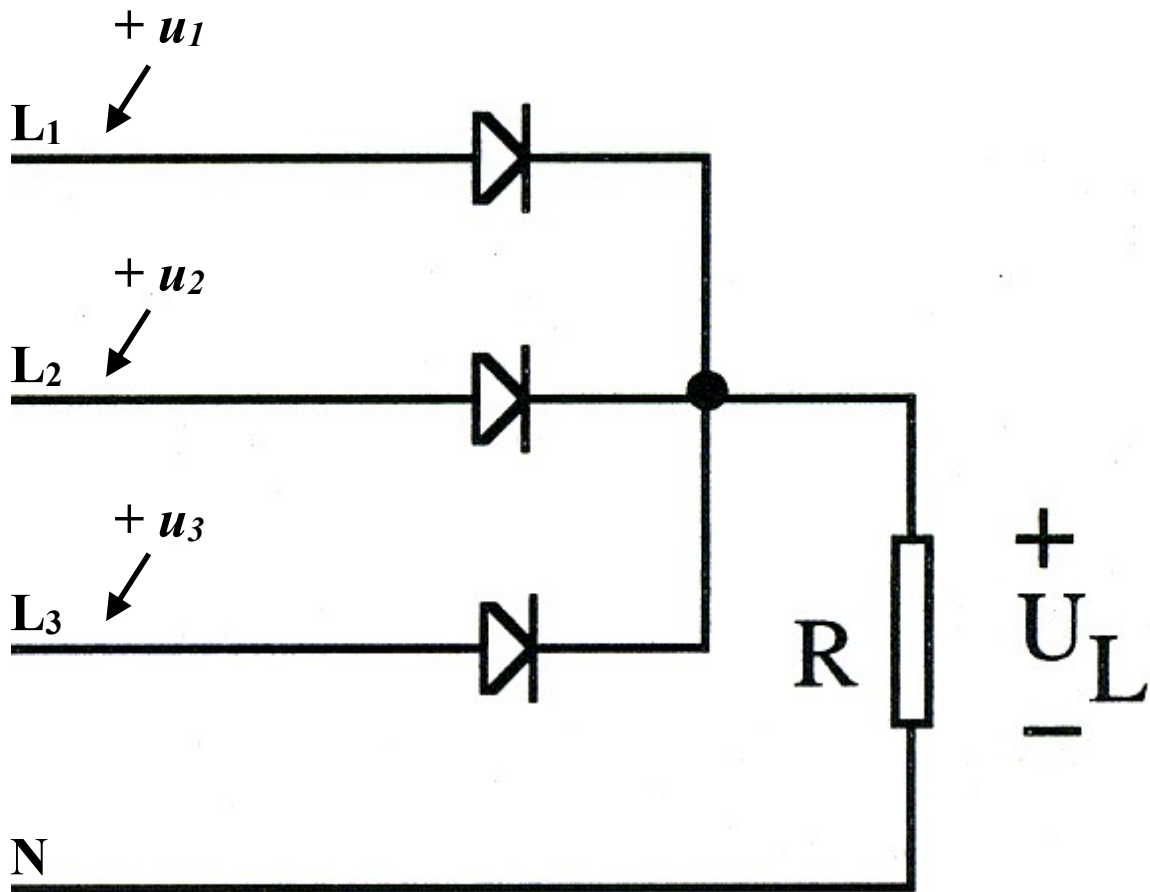
Tvåpulsskoppling:

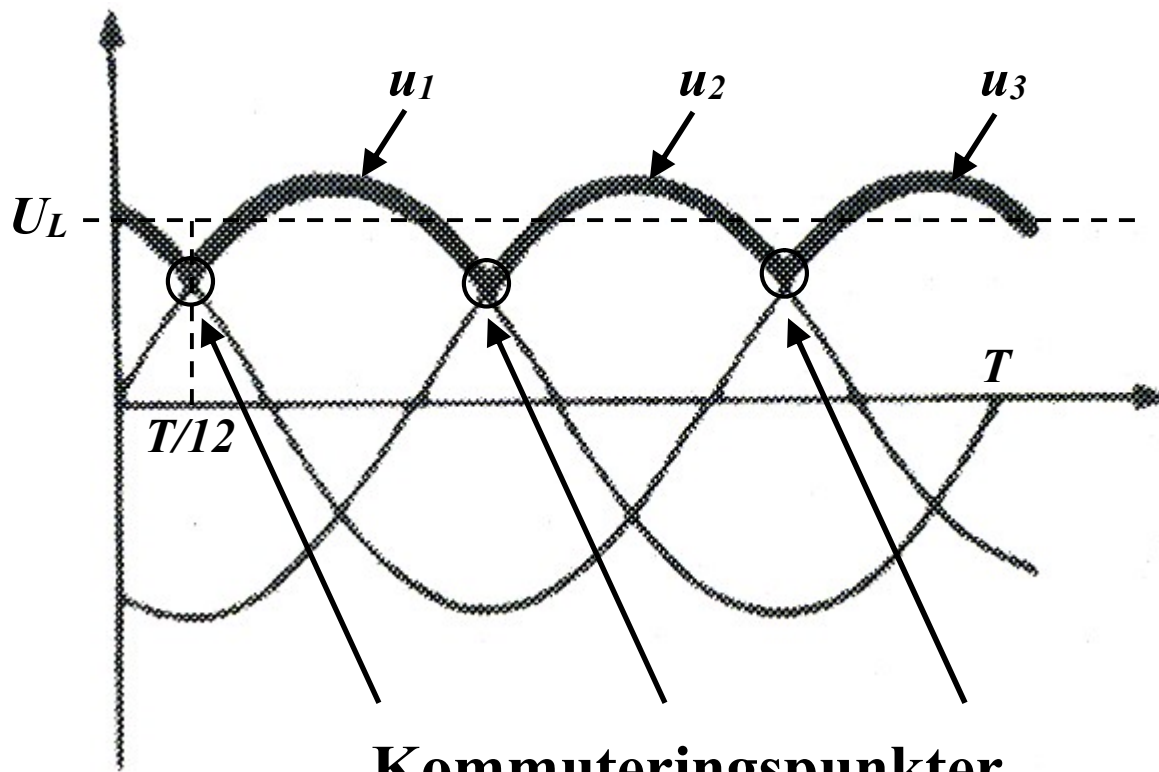


Kommuteringspunkter

$$U_L = \frac{2}{\pi} \cdot \hat{u}_1 = 0,90 \cdot U_1$$

Trepulskoppling

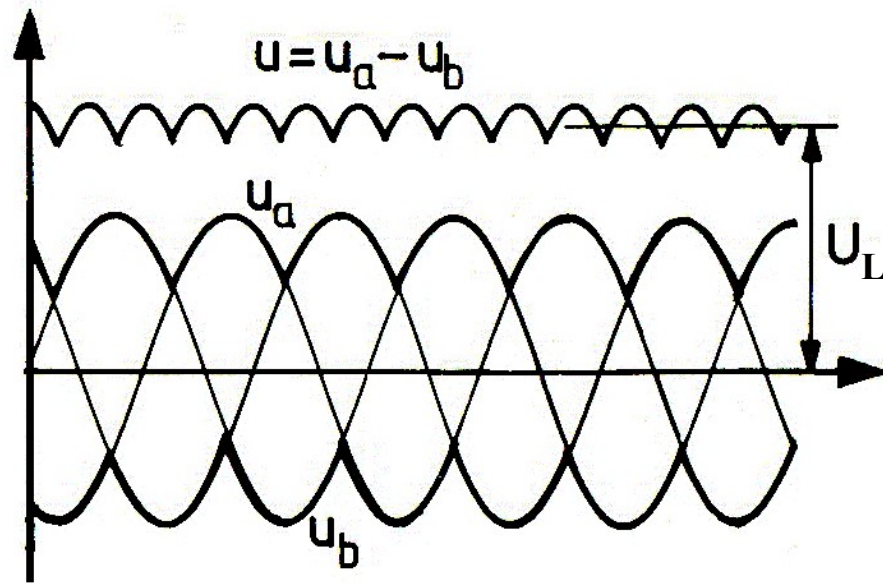
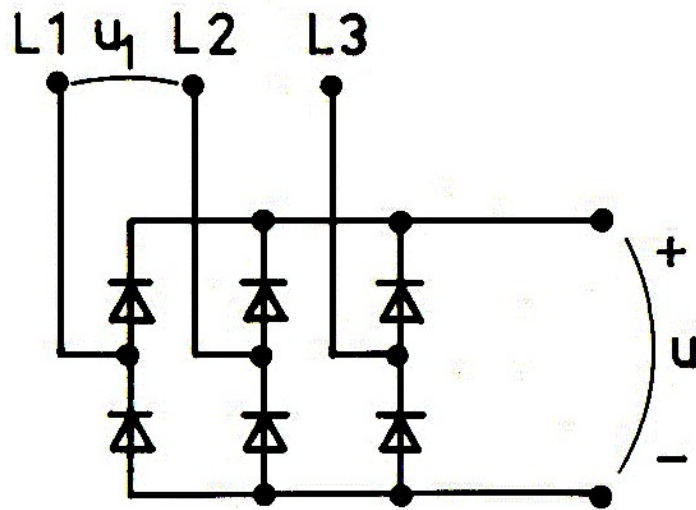




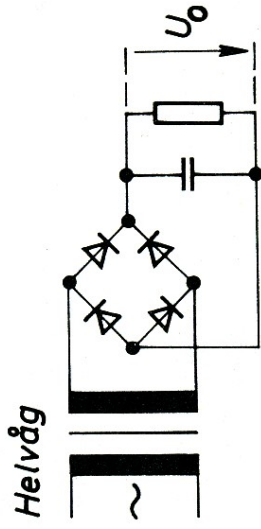
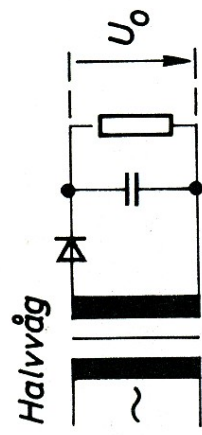
Kommuteringspunkte

$$U_L = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} \cdot \hat{U}_F = \frac{3}{2\pi} \cdot \hat{U}_H$$

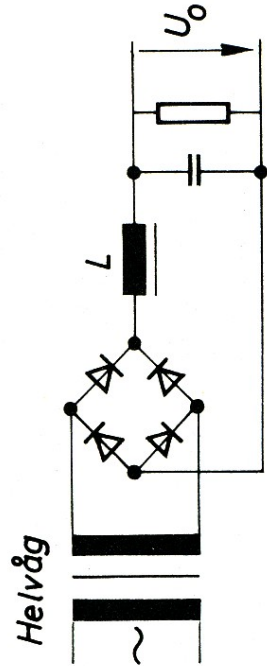
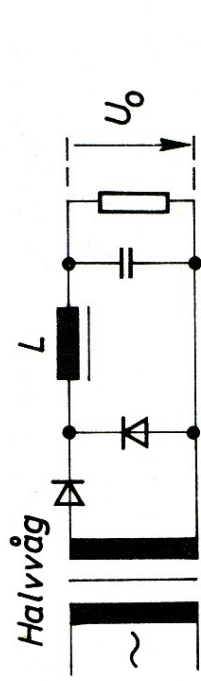
Sexpulskoppling:



$$U_L = \frac{3}{\pi} \cdot \hat{u}_1 = 1,35 \cdot U_1$$



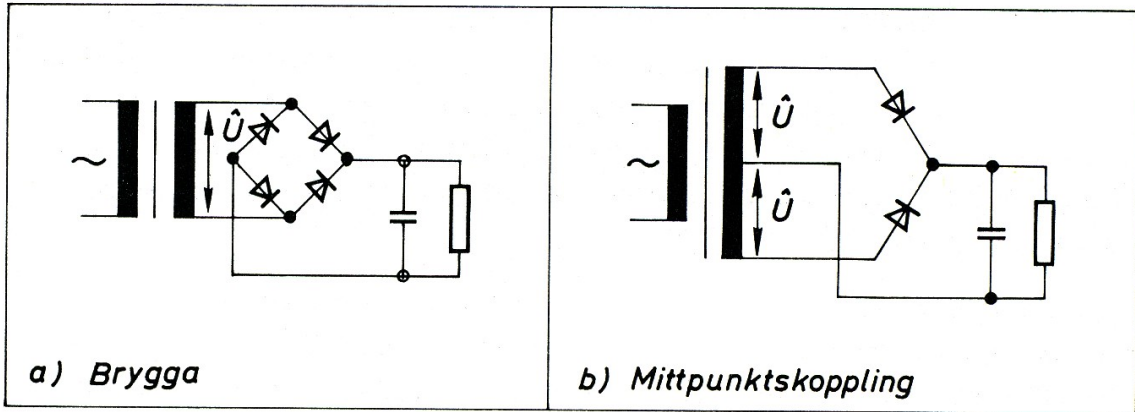
a) Kondensatoringång



b) Drosselingång

a) Kondensatoringång

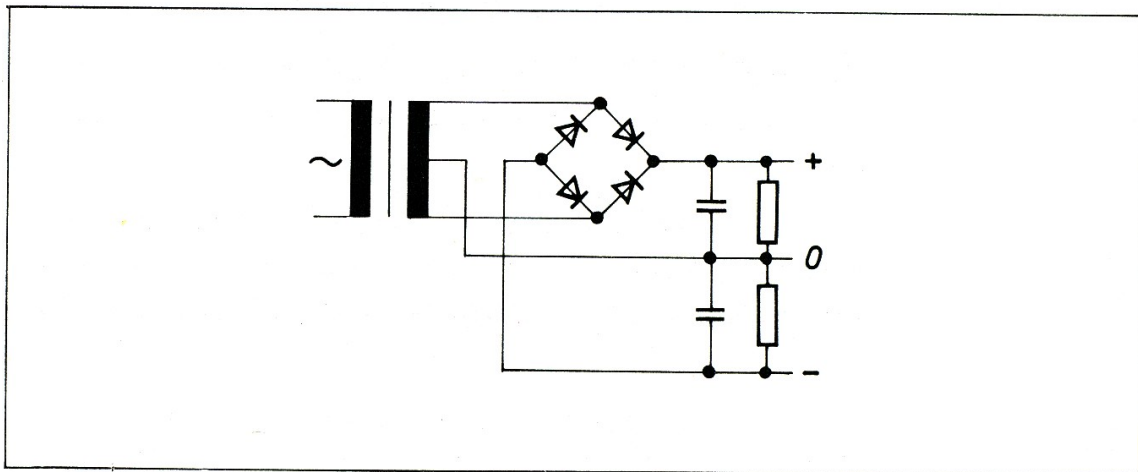
b) Drosselingång



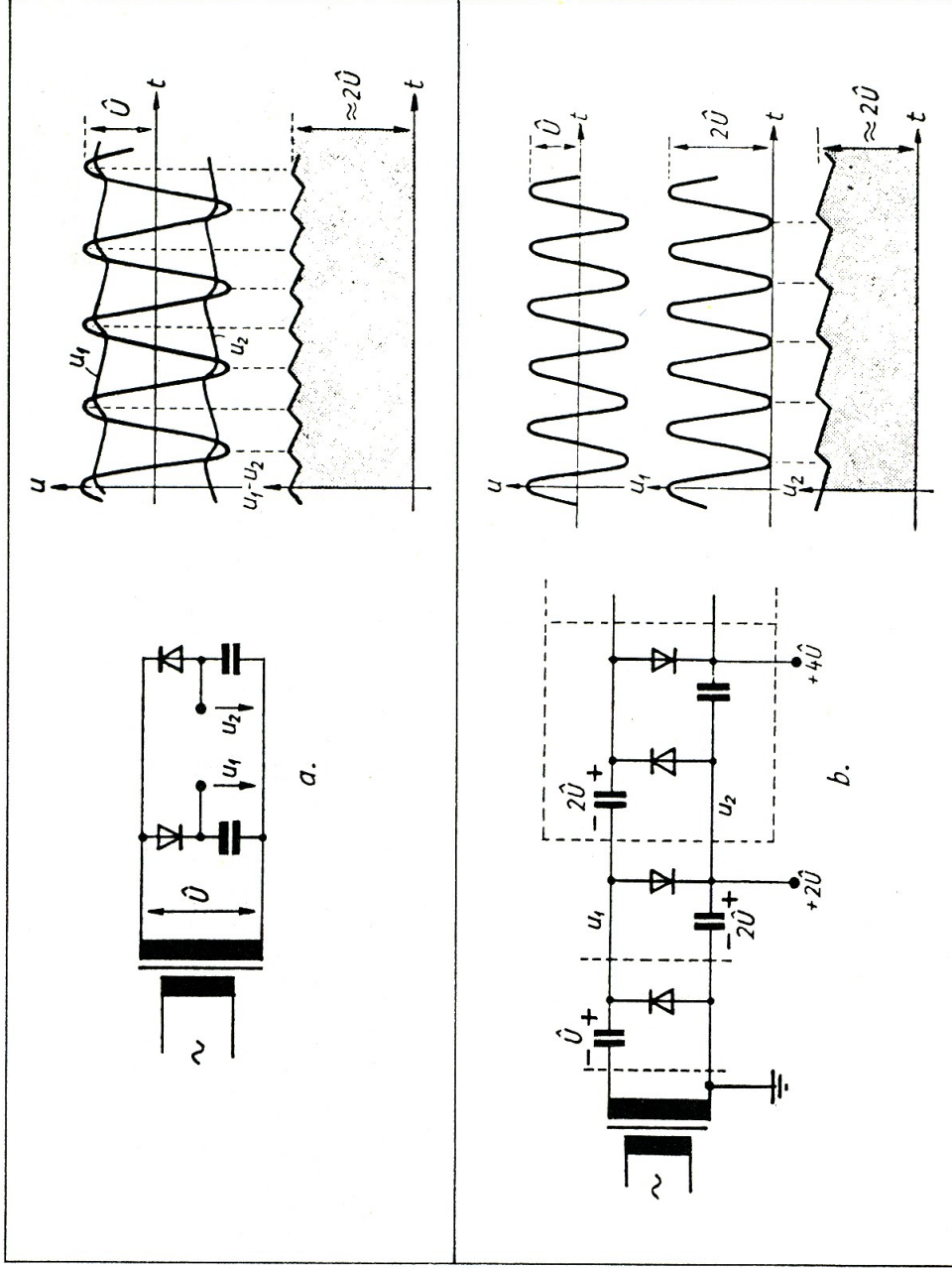
Två varianter av halvågslikriktare

a) Brygga

b) Mittpunktskoppling



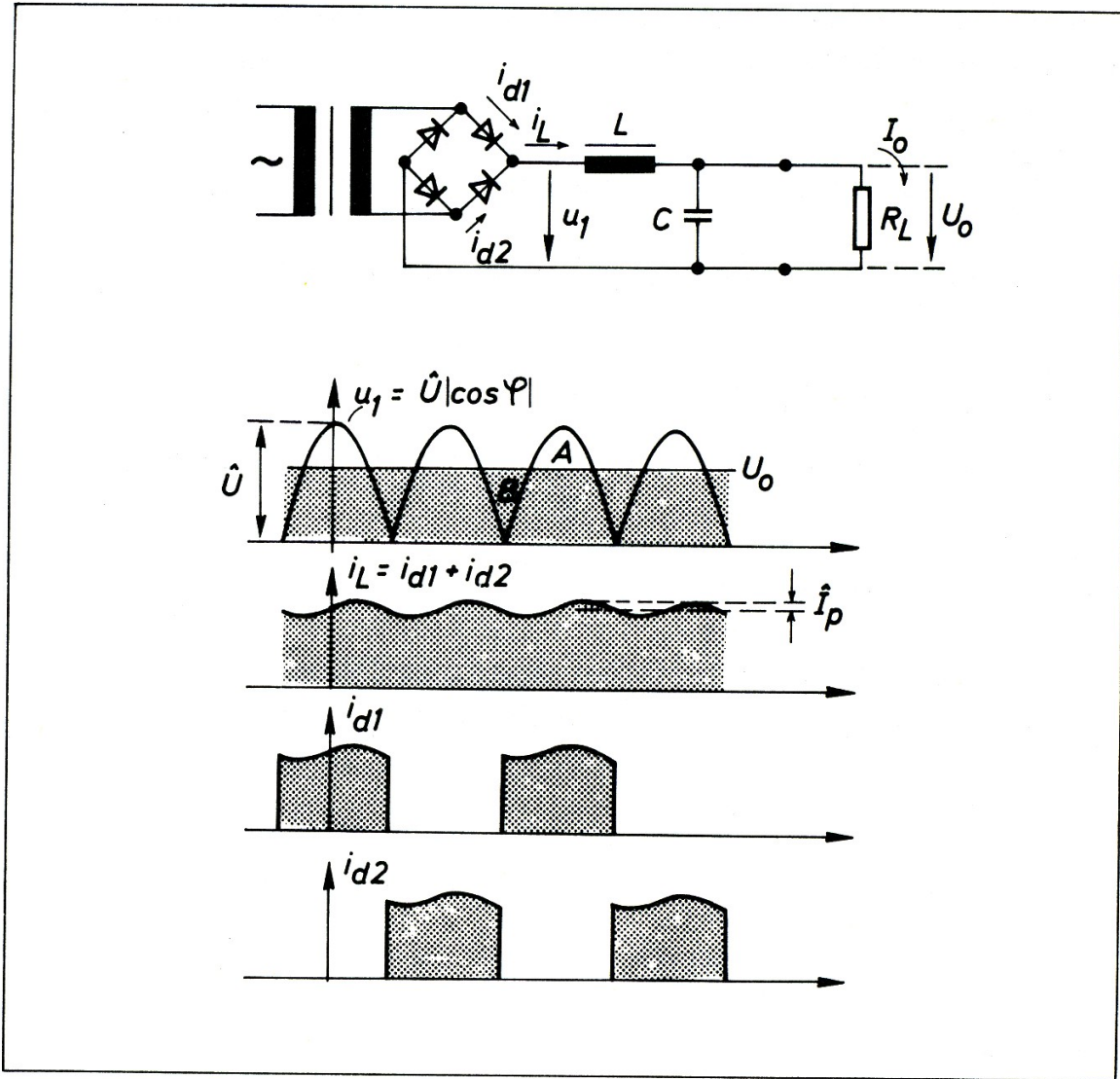
Likriktare för två lika utspänningar av motsatt polaritet



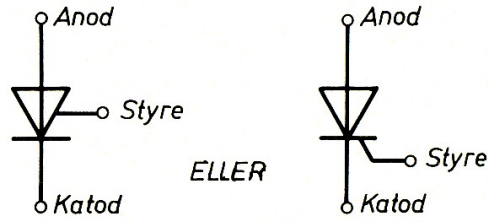
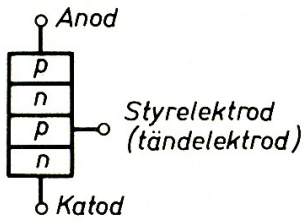
Spänningsfördubblare

a) Symmetrisk typ

b) Kaskadkopplad

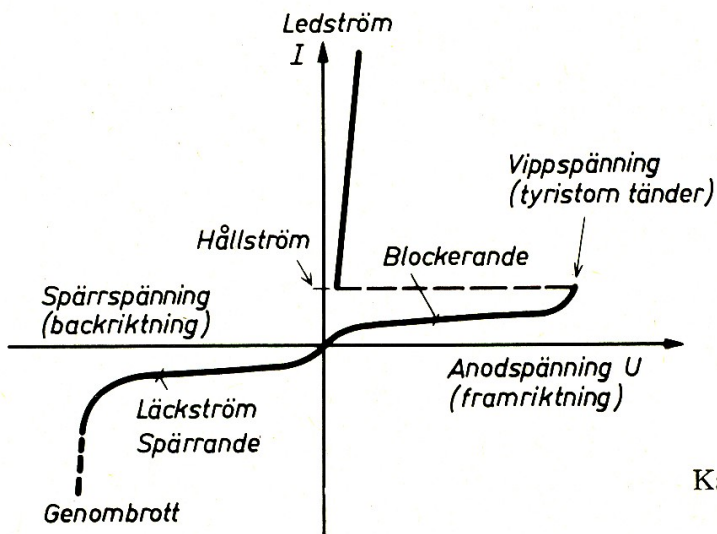


Helvågsl rikriktning med drosselingång
 (\hat{I}_p = amplitud av överlagrad brumström)



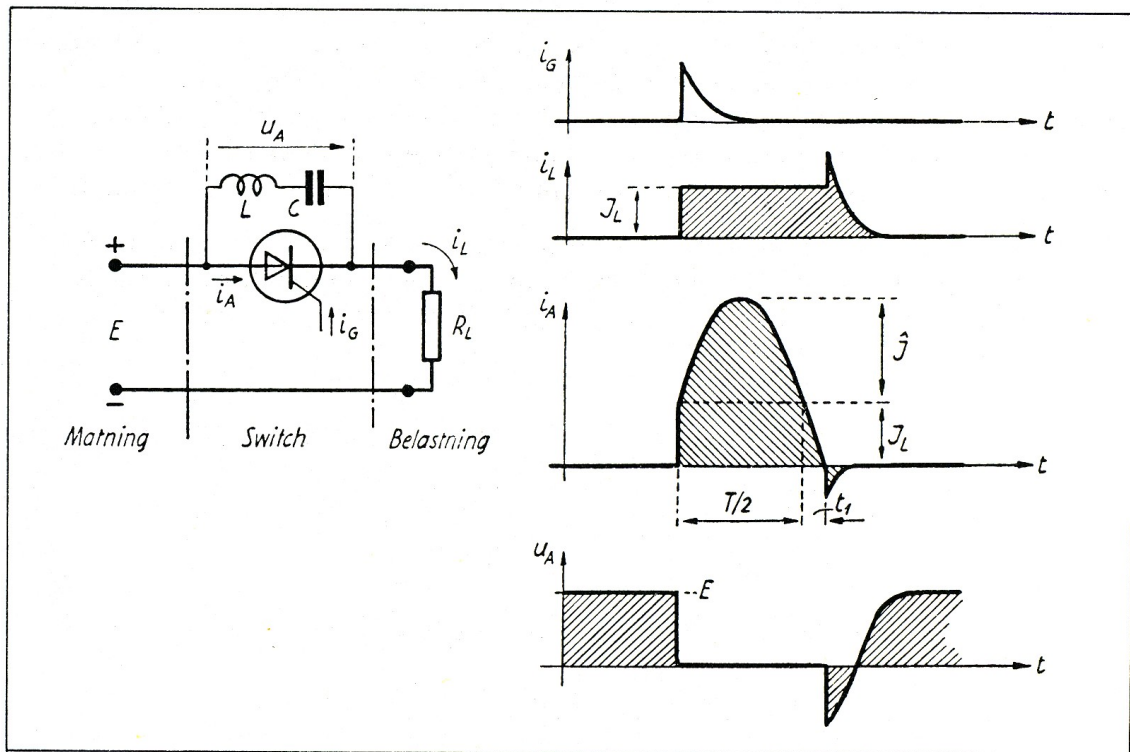
Schematisk uppbyggnad av tyristor med skikt av p- och n-typ

Symbol för tyristor



Karakteristik för tyristor

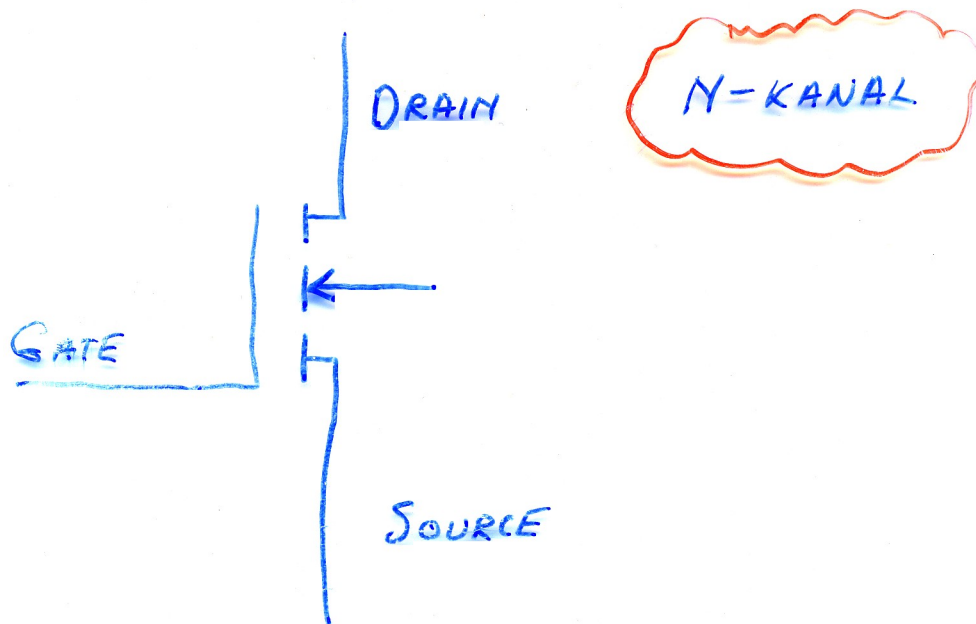
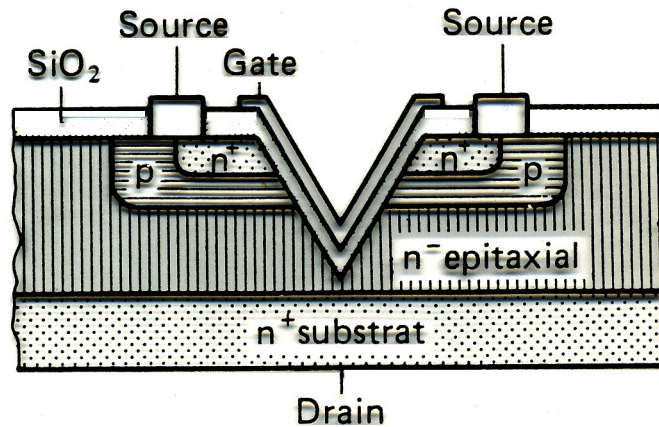
Släckning av tyristor



Chopper med reversering via LC-krets samt idealiserande kurvformer

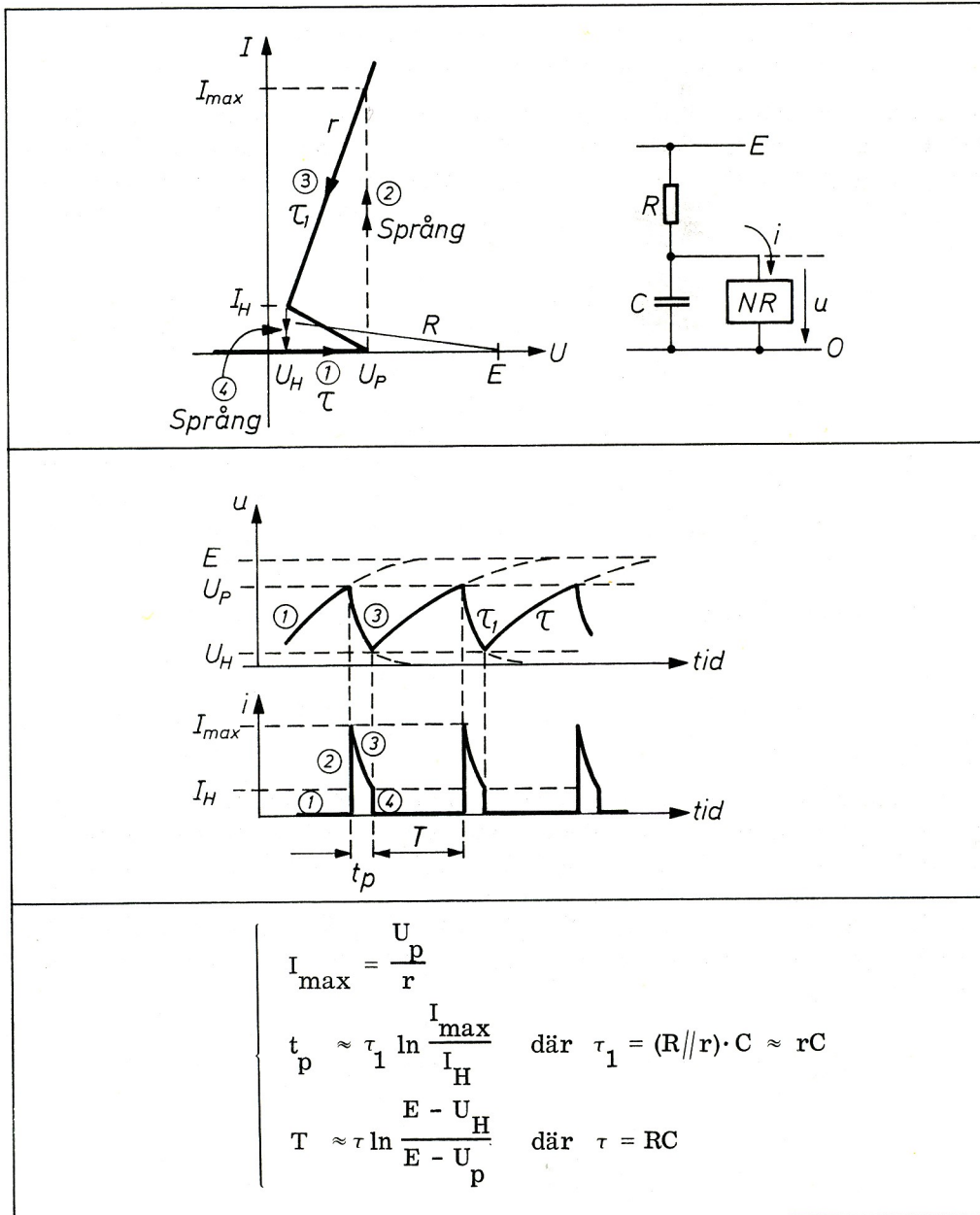
LC-kretsen alstrar en motriktad spänningsrekyl som släcker tyristor.

VMOS



VMOS-transistorn är en speciell typ av fälteffekttransistor som är mycket effekttålig och snabb när det gäller till- och frånslag. Till skillnad från tyristorn så krävs inget speciellt arrangemang för att släcka den.

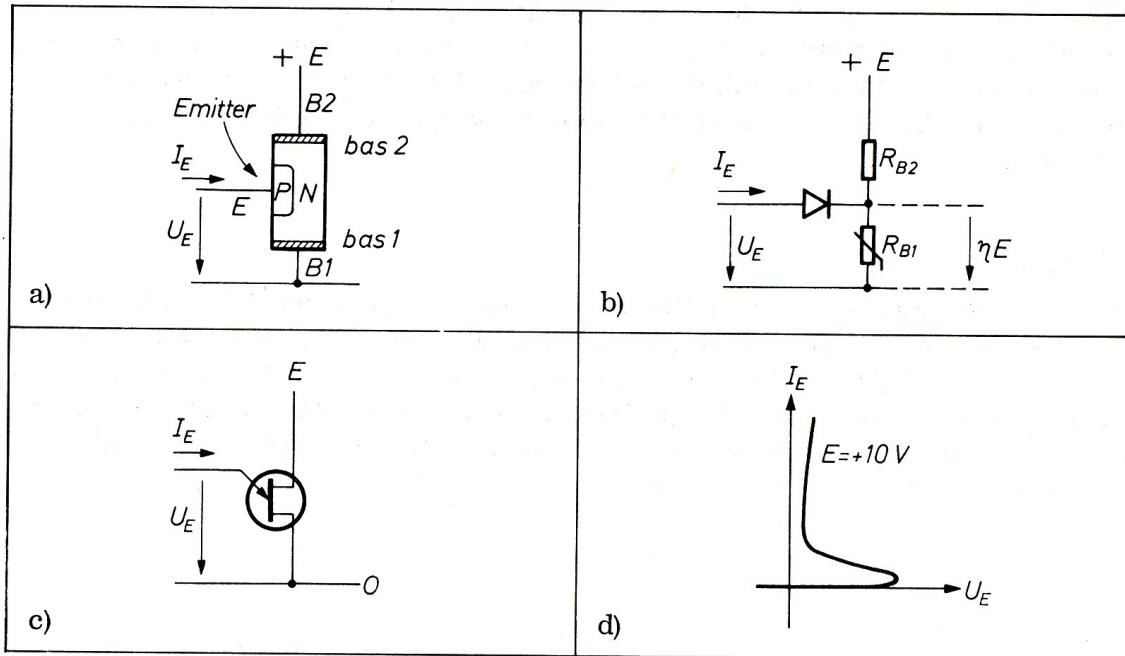
NR-element



Pulsgenerator med NR-element

NR (negativ resistans) innebär att en del av karakteristikan i I/U-grafen har negativ riktningskoefficient.

Exempel på NR-element – Dubbelbasdioden



Dubbelbasdioden (kallas även UJT – unijunctiontransistor)

Om B2 hålls vid en konstant positiv spänning, exempelvis $E = +10\text{ V}$, så kommer R_{B2} och R_{B1} att fungera som en spänningsdelare och ge basområdet mot emitttern förspänningen

$$\frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}} \cdot E = \eta E$$

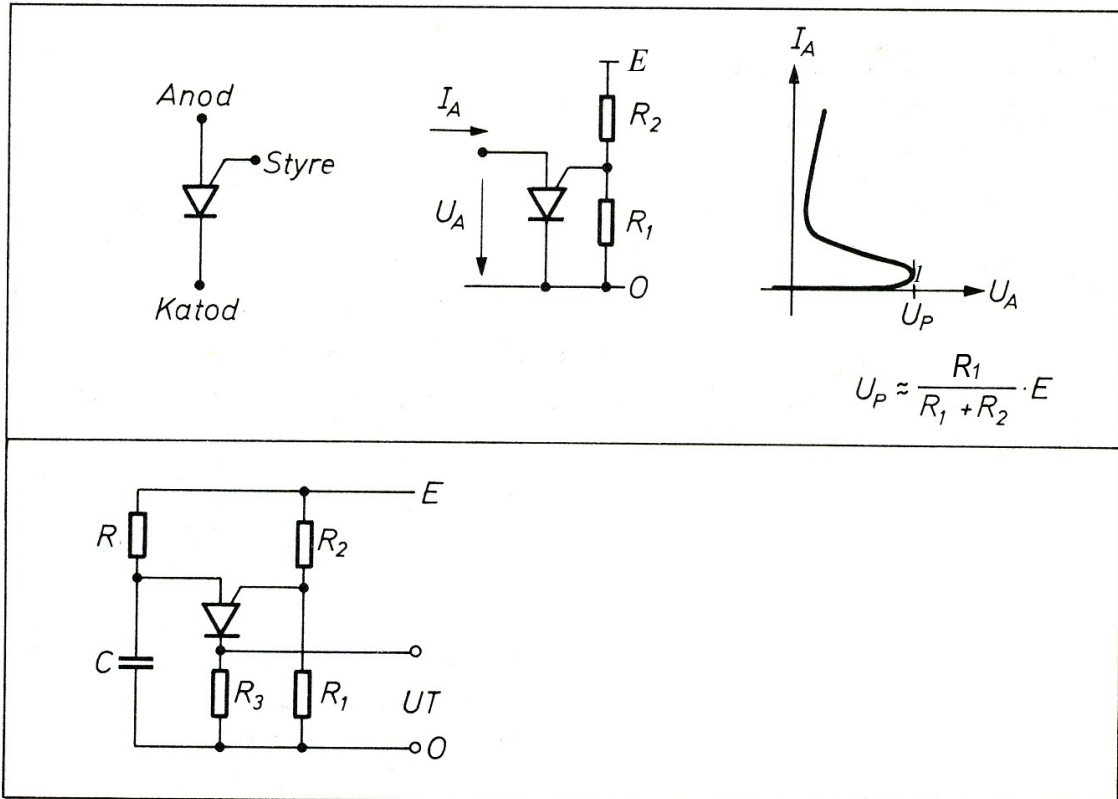
Kvoten η beror på konstruktionen men brukar vara ca 0,6. För att emitttern ska bli ledande krävs det tydligen i vårt exempel en emitterspänning av storleken

$$U_p = \eta \cdot E + U_F = 6 + 0,6 = 6,6\text{ V}$$

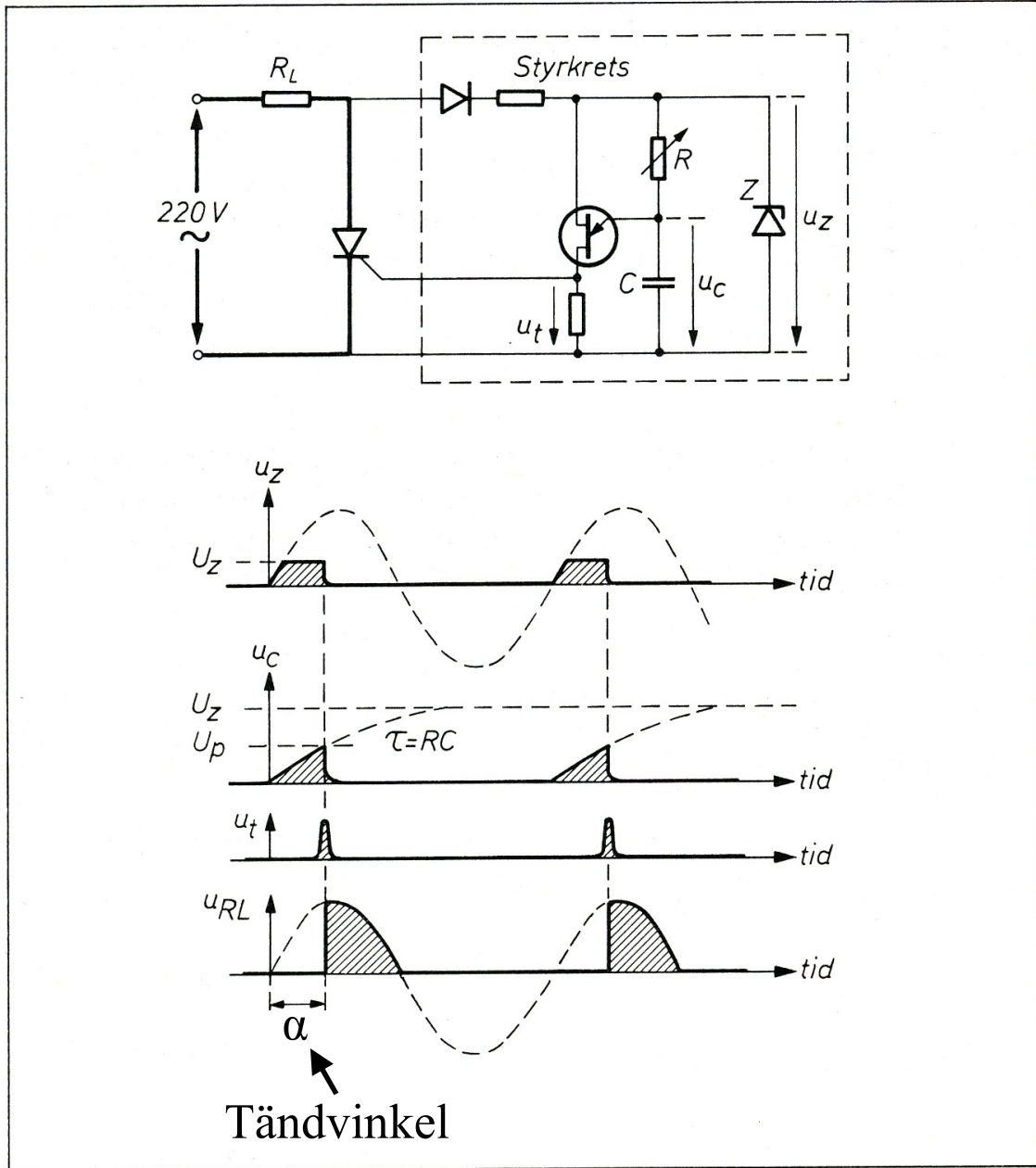
där U_F = framspänning över emitterdioden. Om emitteringången hålls vid lägre spänning än 6,6 V kommer emitterdioden alltså att bli backspänd och spärrande.

PUT – Programmable Unijunction Transistor

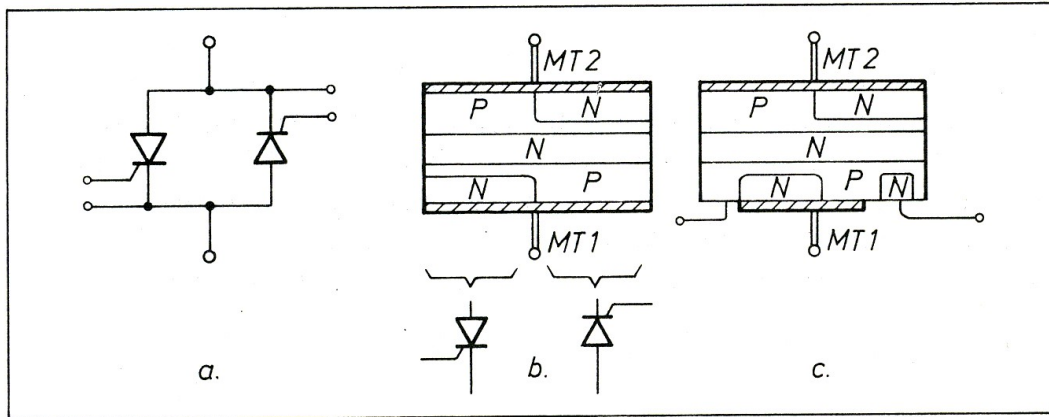
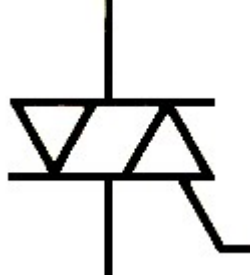
(Programmerbar dubbelbasdiod)



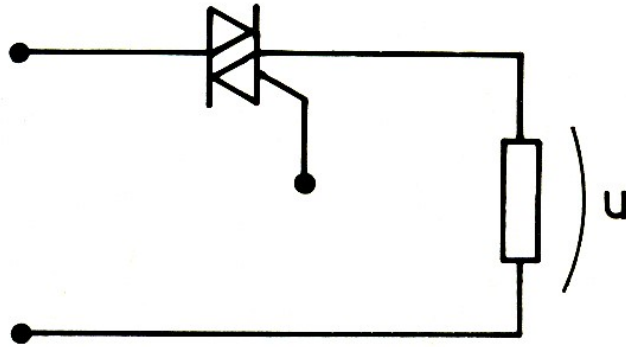
Styrning av tyristor



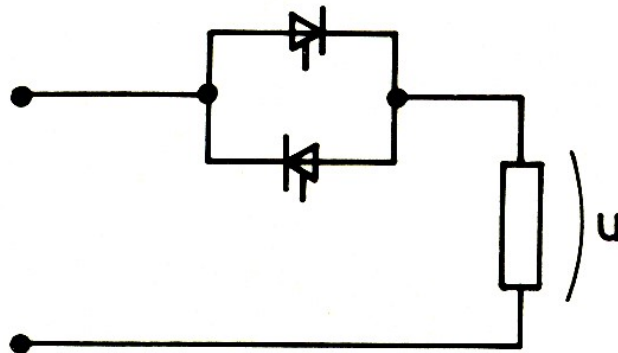
TRIAC



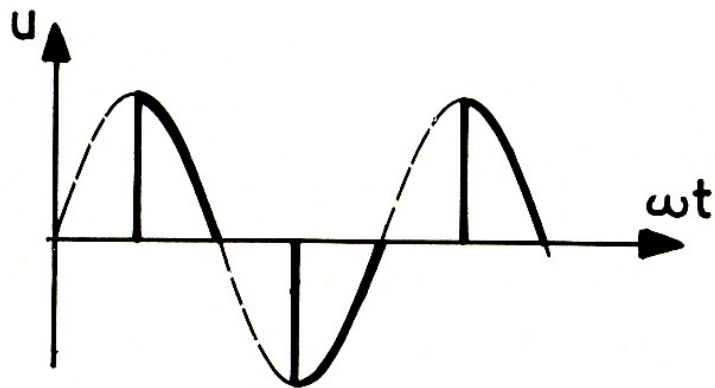
- a) Två antiparallellkopplade triodtyristorer
- b) Motsvarande struktur integrerad i samma kristall
- c) Kristallen försedd med två styren som kan parallellkopplas



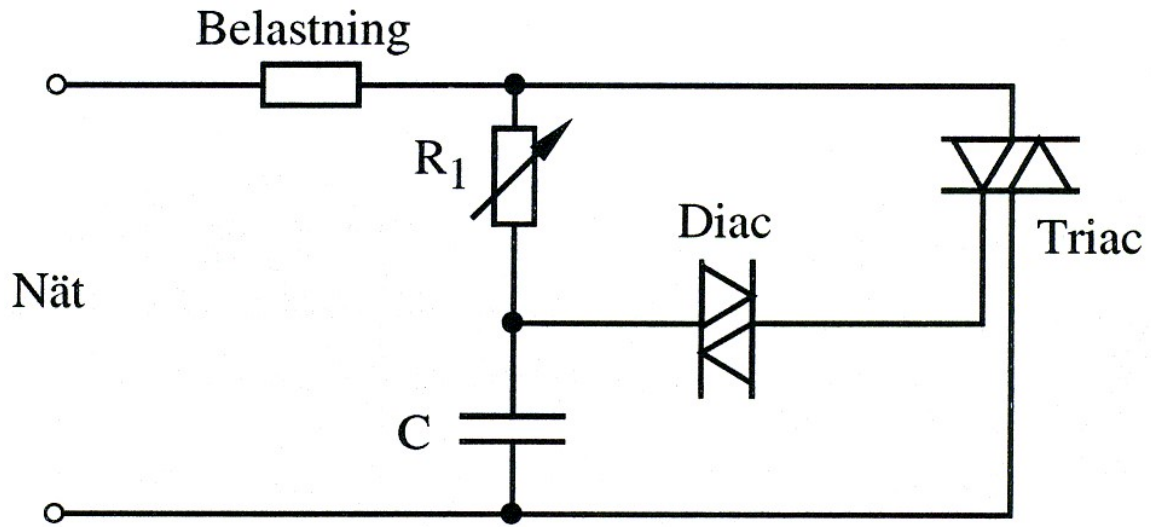
Växelspänningsreglering med triac



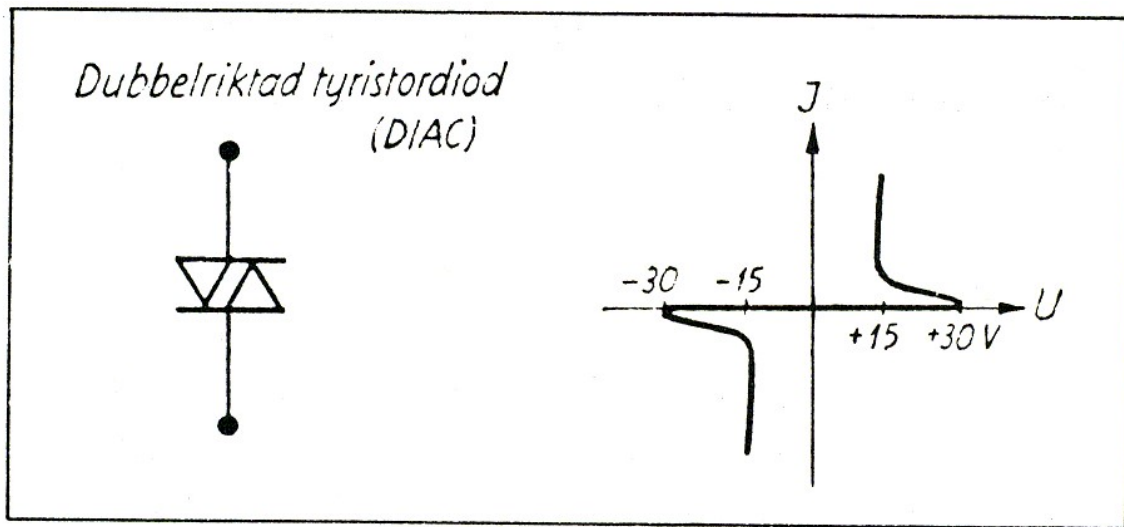
Växelspänningsreglering med antiparallellkopplade tyristorer.

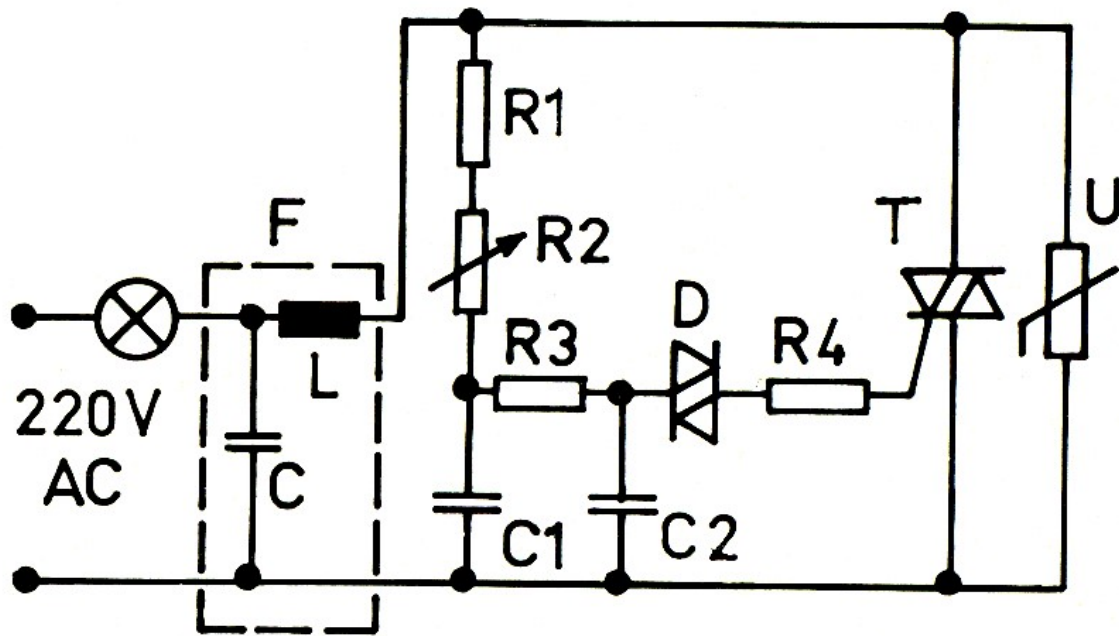


Belastningsspänning vid styrvinkeln 90°



En enkel växelspänningsvariator





F = avstörningsfilter

R1 = 22kohm R2 = 470kohm

R3 = 10kohm R4 = 27ohm

C1 = C2 = 47nF

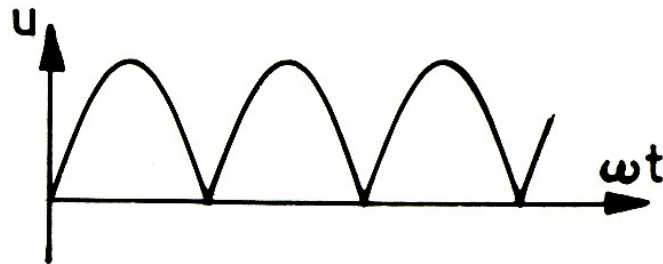
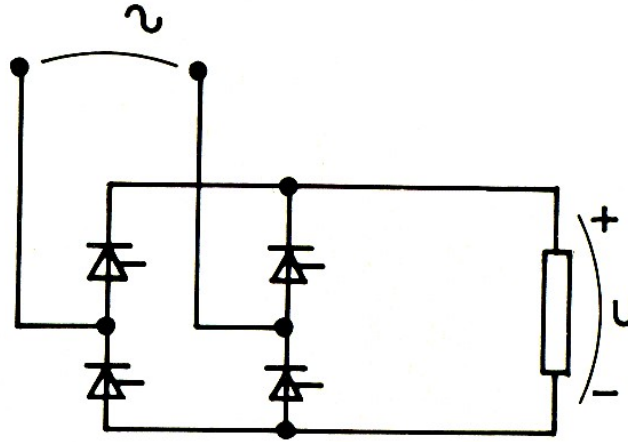
T = triac BT 138

D = diac

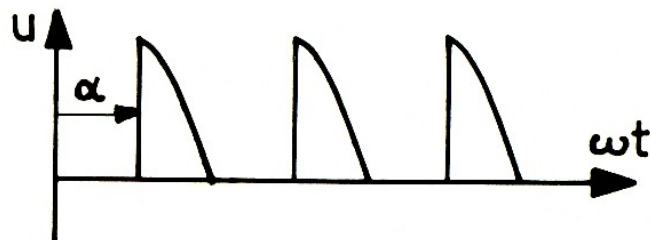
U = överspänningskydd 350 V (varistor)

Tvåpulskoppling

Helstyrd



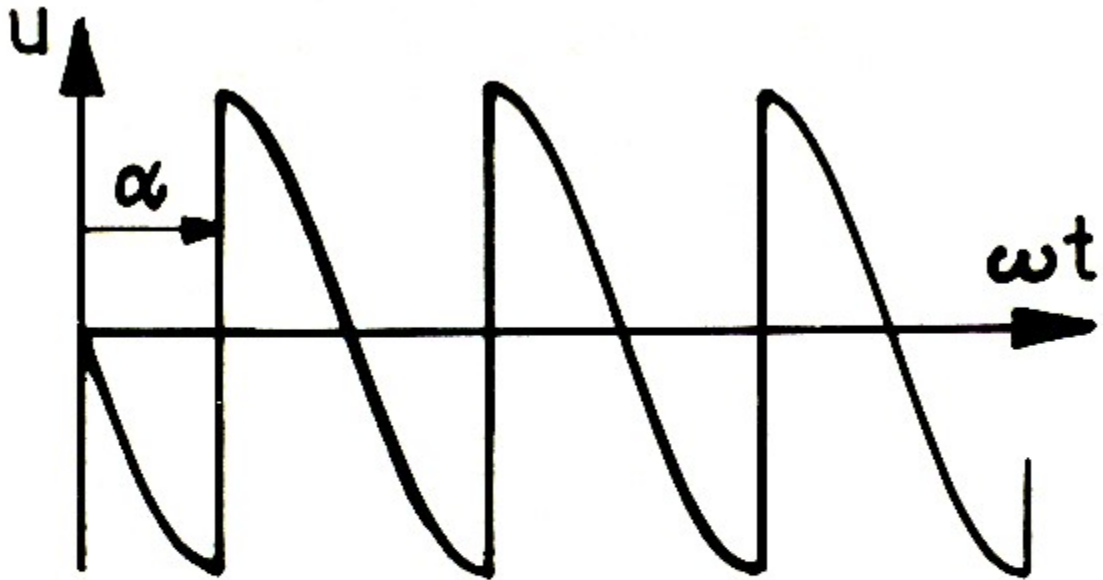
$$\alpha = 0^\circ$$



$$\alpha = 90^\circ$$

Rent resistiv last

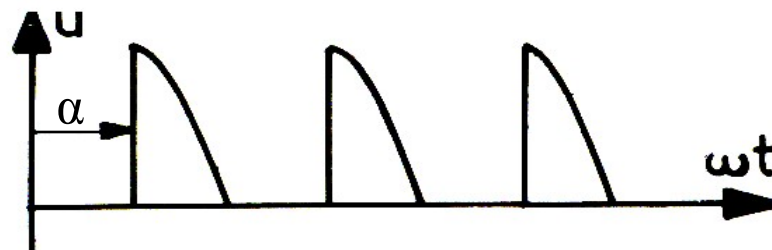
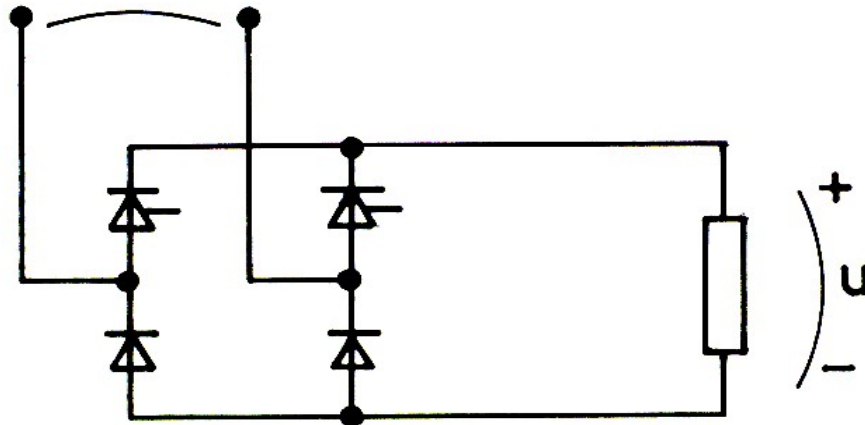
Starkt induktiv last



De negativa spänningstopparna induceras av lasten själv.

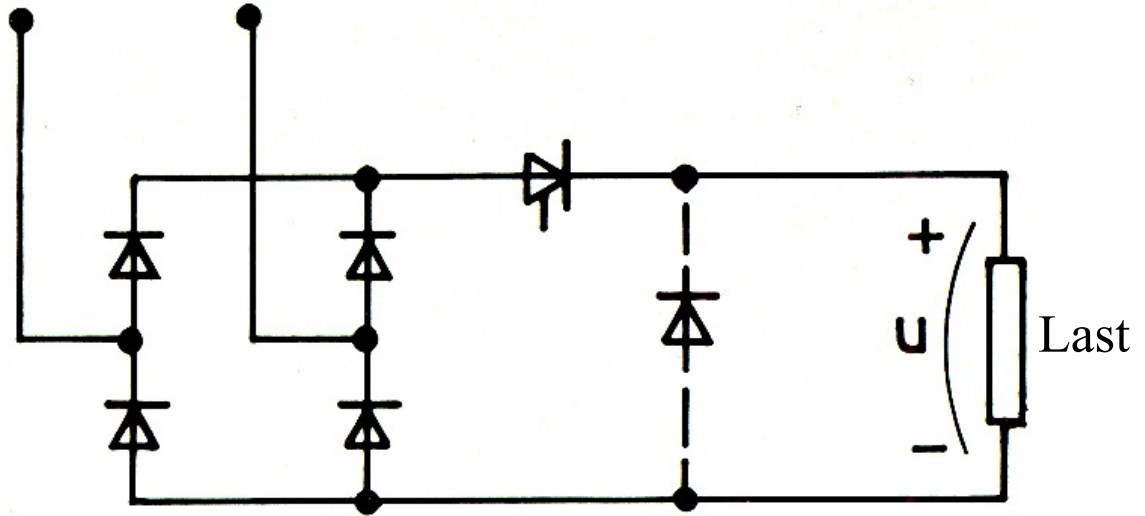
$$\alpha = 90^{\circ}$$

Halvstyrd (billigare än helstyrd)

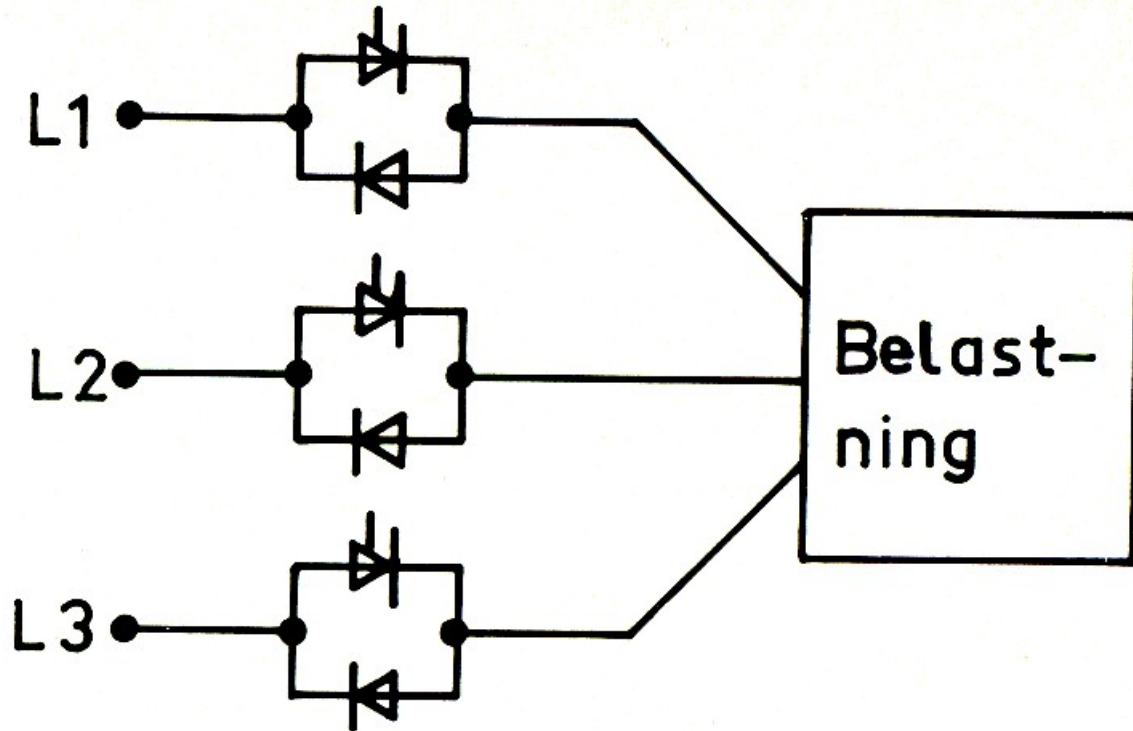


$$\alpha = 90^\circ$$

Helstyrd används bara i sådana fall där man även vill kunna använda likriktaren som växelriktare.

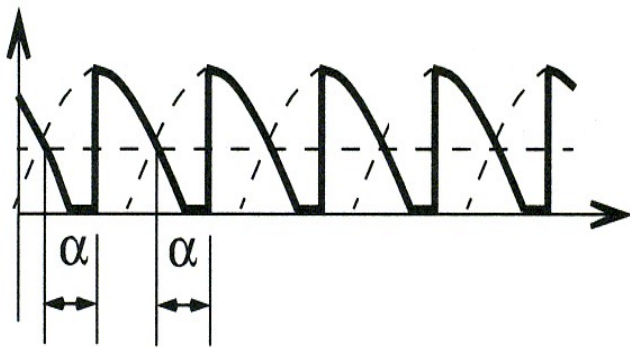
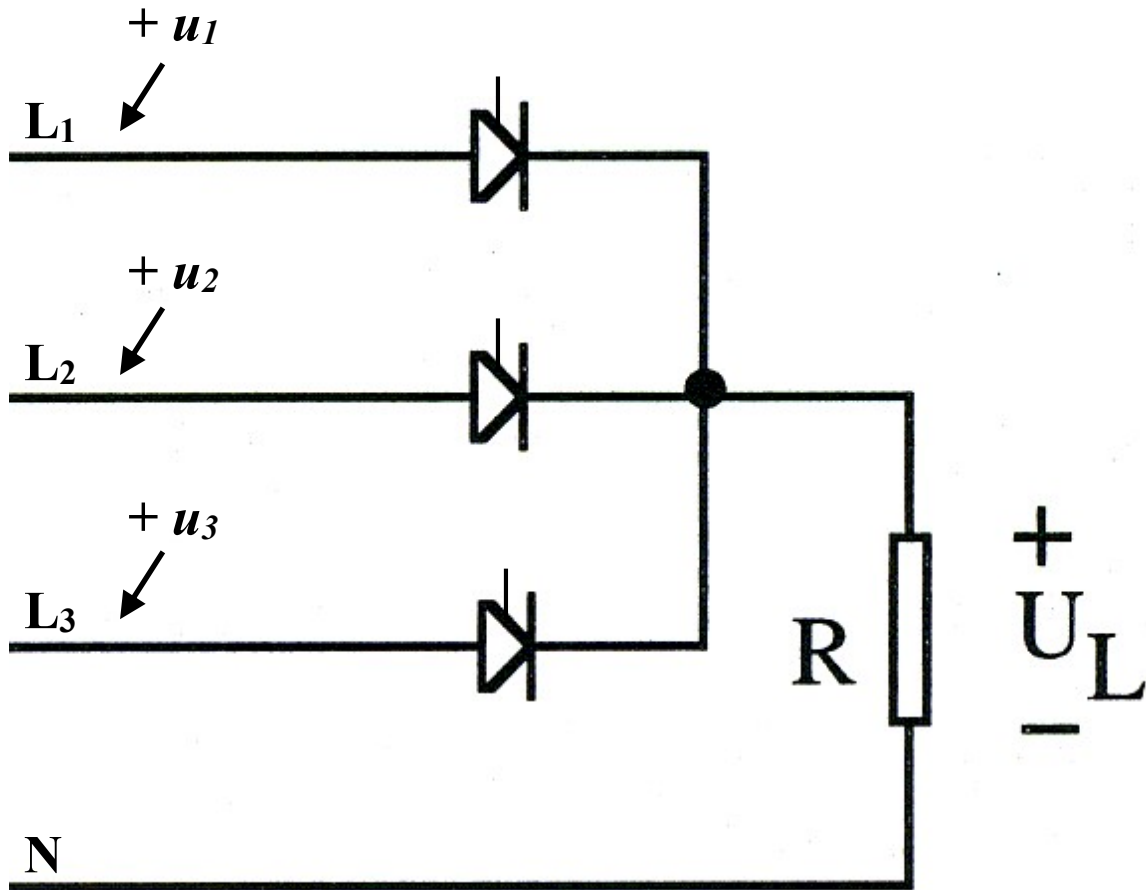


Variant på halvstyrd tvåpulskoppling.
Den streckade dioden är frihjulsdiod.
”Frihjulsdioden” fungerar bara då lasten
är induktiv.

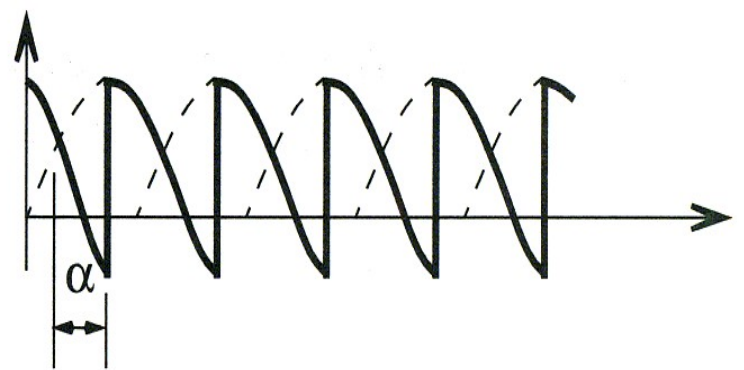


Förenklad koppling vid reglering av trefasspänning.

Trepulskoppling med tyristorer

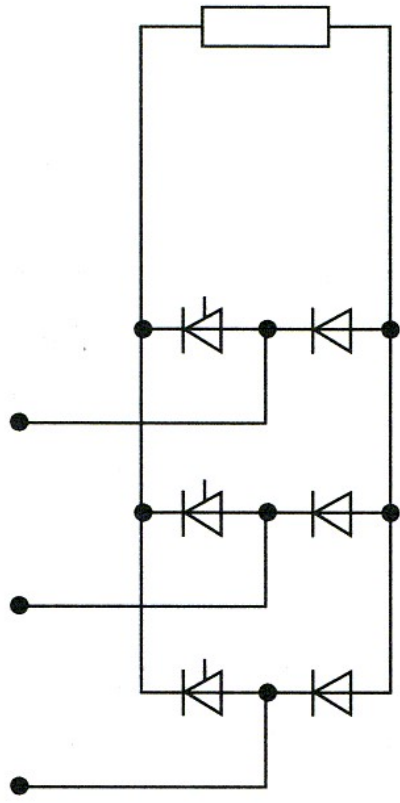


Resistiv last.

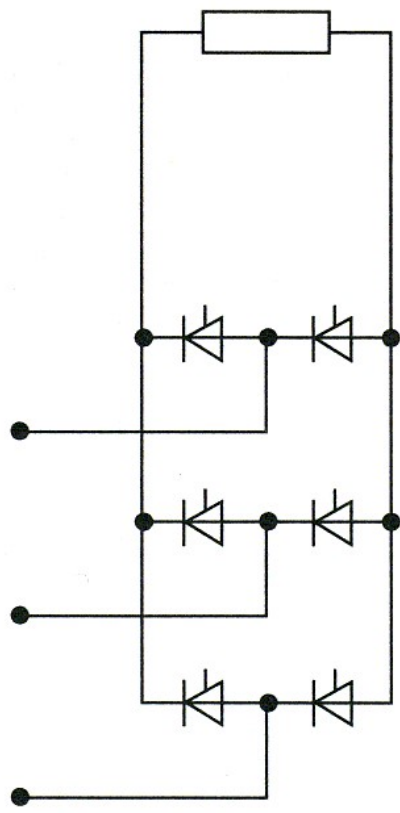


Induktiv last.

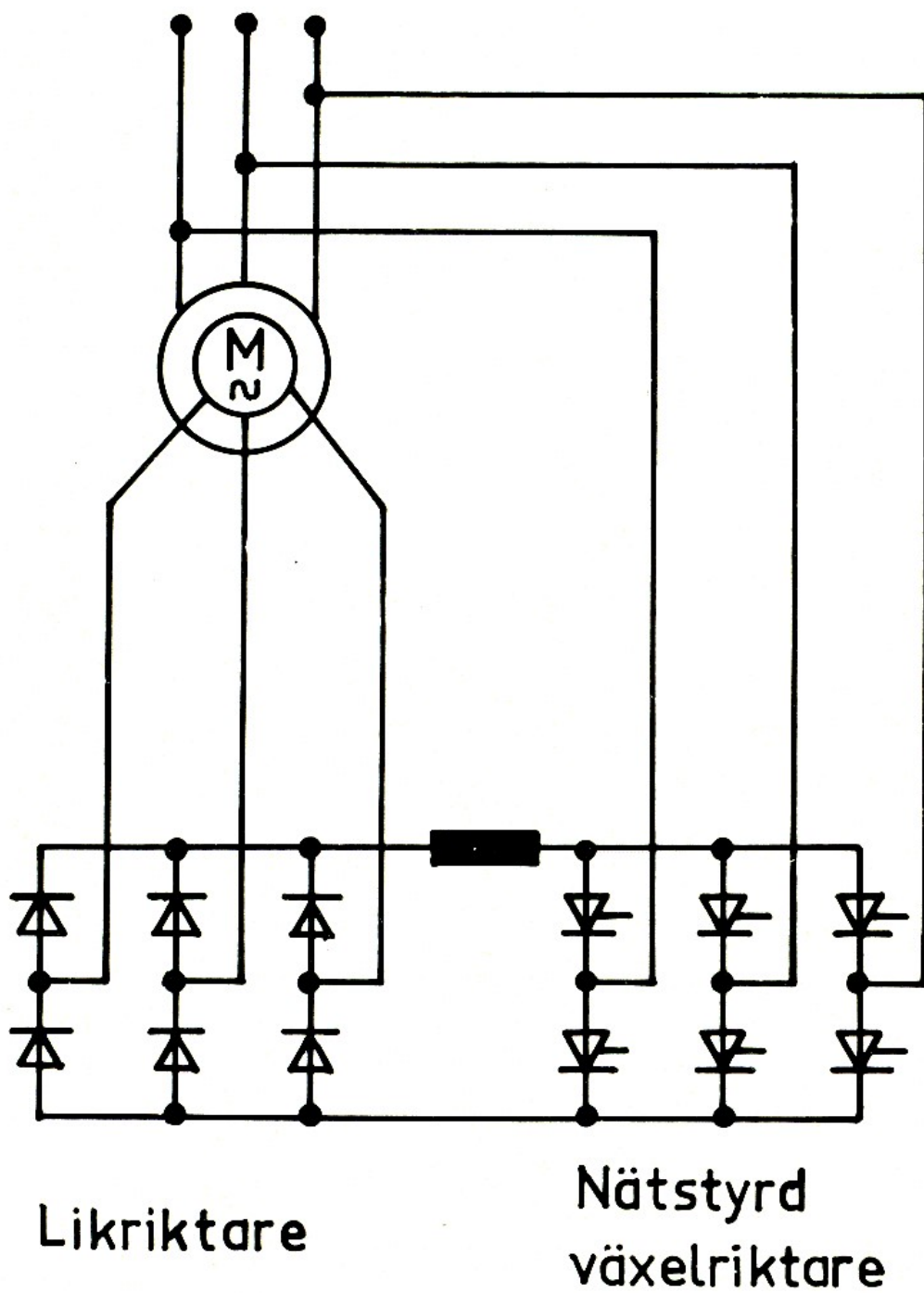
OBS! Tändvinkeln α räknas alltid från kommuteringspunkten och framåt.



Halvstyrd sexpuls-koppling

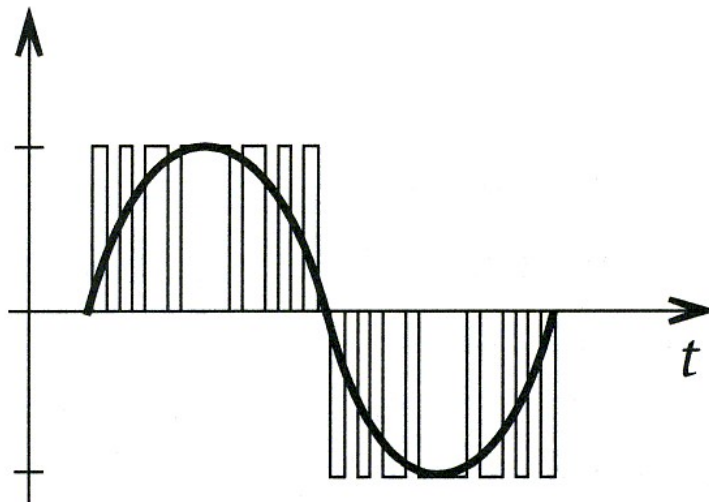
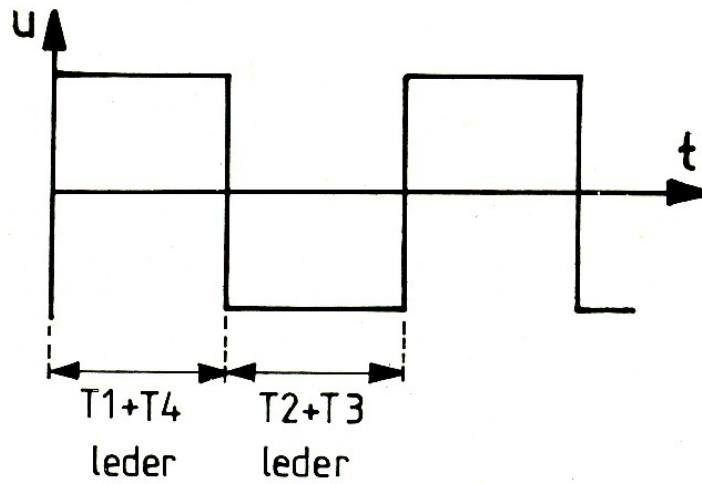
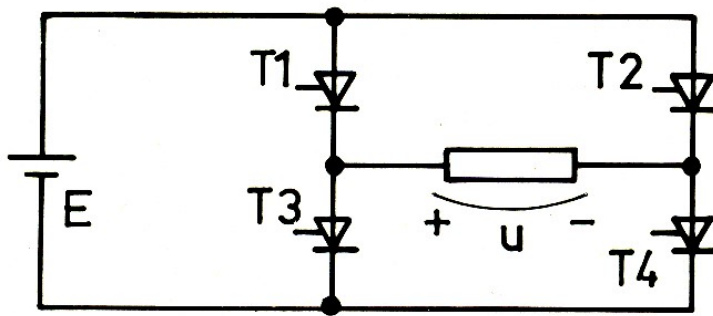


Helstyrd sexpuls-koppling

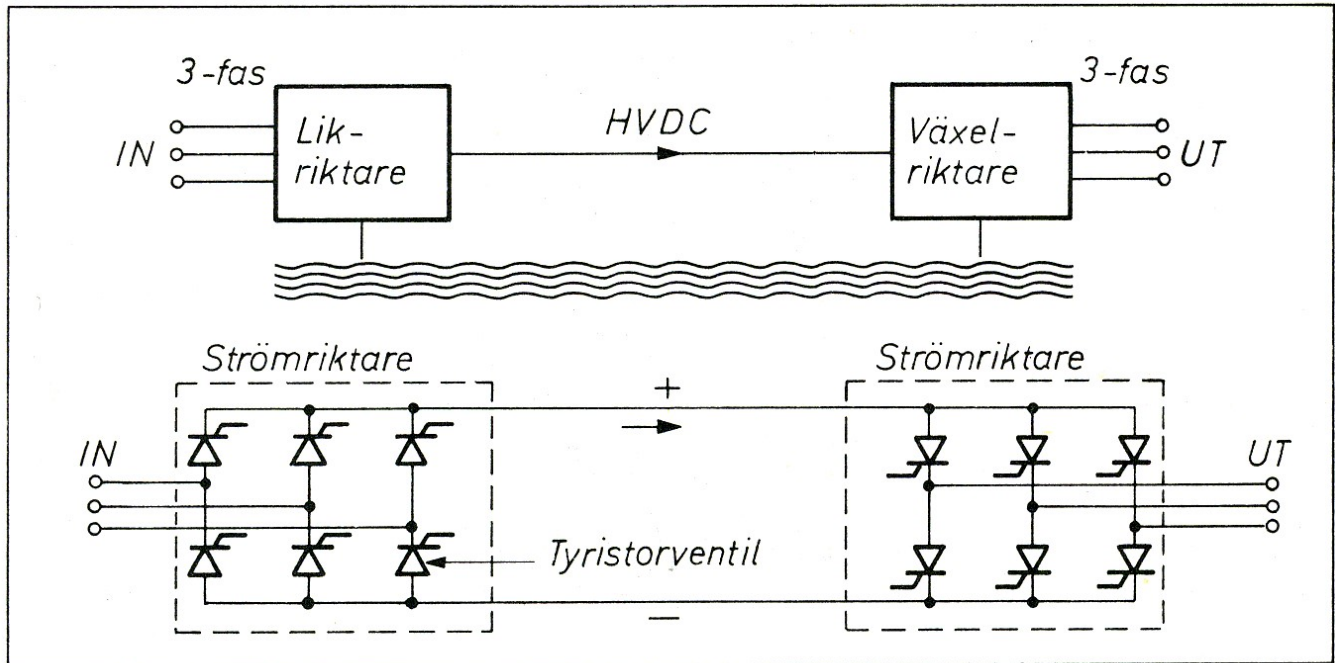


Släppringad asynkronmotor vars hastighet regleras genom återmatning av rotoreffekt till nätet.

Växelriktare



Syntetisering av sinusspänning med hjälp av pulsbreddsmodulation PWM



Principen för kraftöverföring med HVDC

High Voltage Direct Current

Gotland – 1954

Tyristorventiler – 1970