

Kraftelektronik:

Beräkna: Diodlikriktare enfas/trefas, likspänningsomriktare, spänningars och strömmars tidsfunktioner.

Kunna: Grundprinciper, komponenter, övertoner, användningsområden, strömriktare, PWM.

Kraftelektronik

En **ventil** – en elektrisk komponent som för en viss strömriktning kan vara ledande, spärrande eller blockerande.

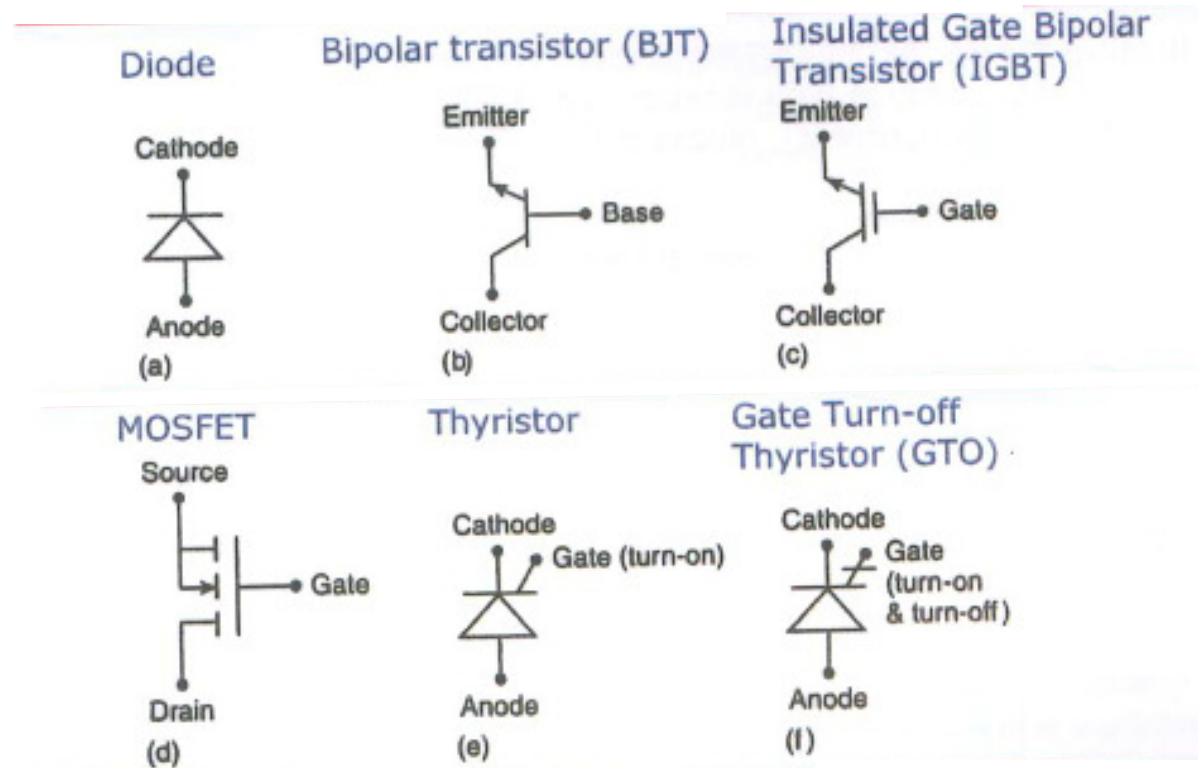
Slide 2

TH1

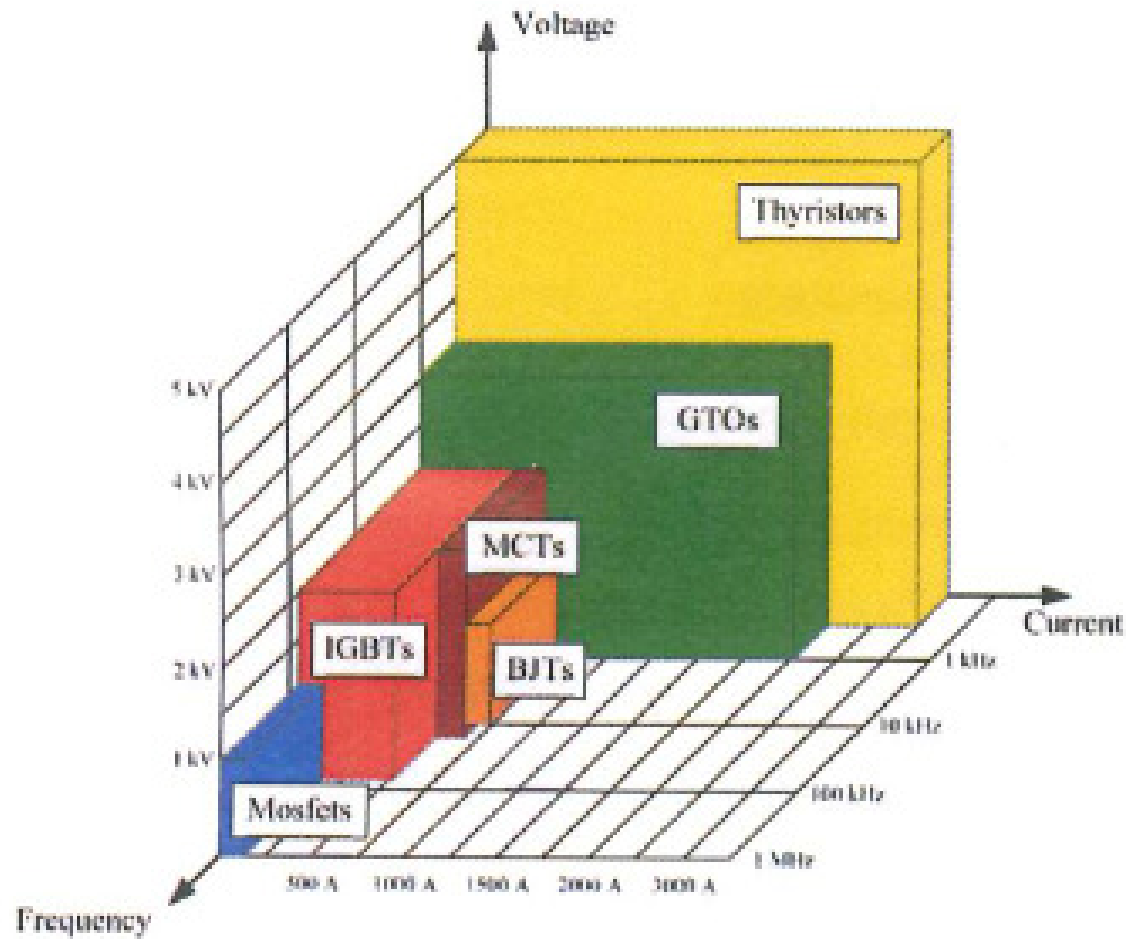
Numera oftast halvledarkomponenter vilka utvecklas i snabbt tackt på senare år.

Thomas Hammarström; 2016-05-02

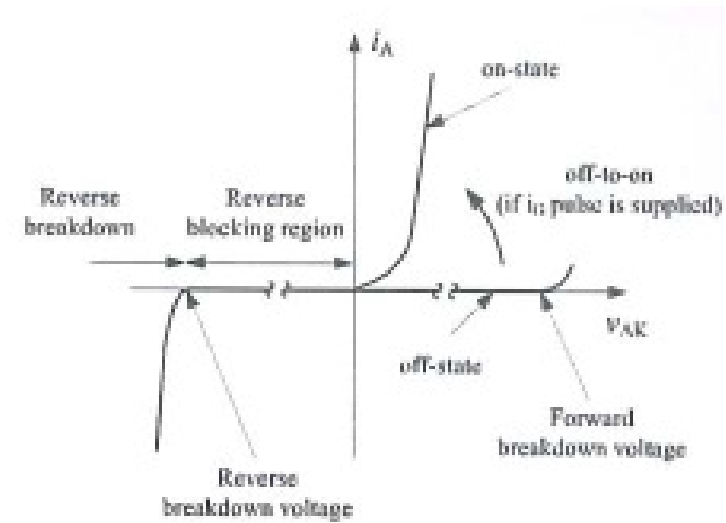
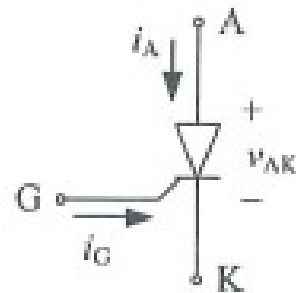
Några av de vanligaste ventilerna:



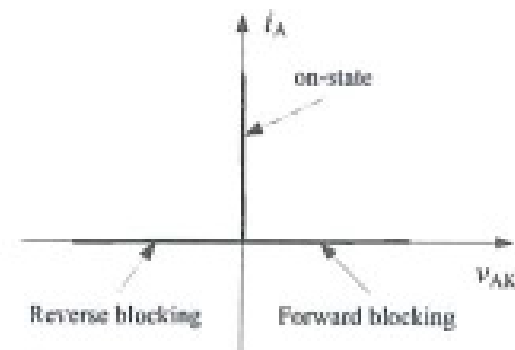
Komponentval beror på spänningsnivå, frekvens, ström
(och förstås applikation!)



Tyristor

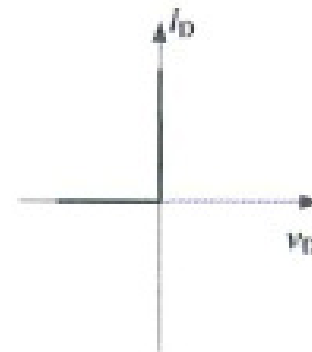
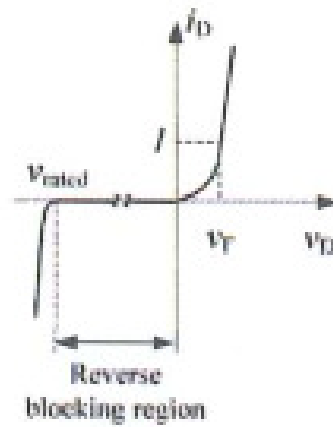
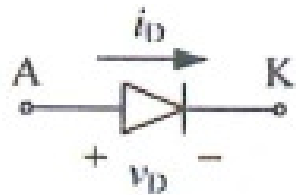


- Hög spänning/strömnivå
- Tänds med strömpuls
- Släcks när strömmen "byter riktning"

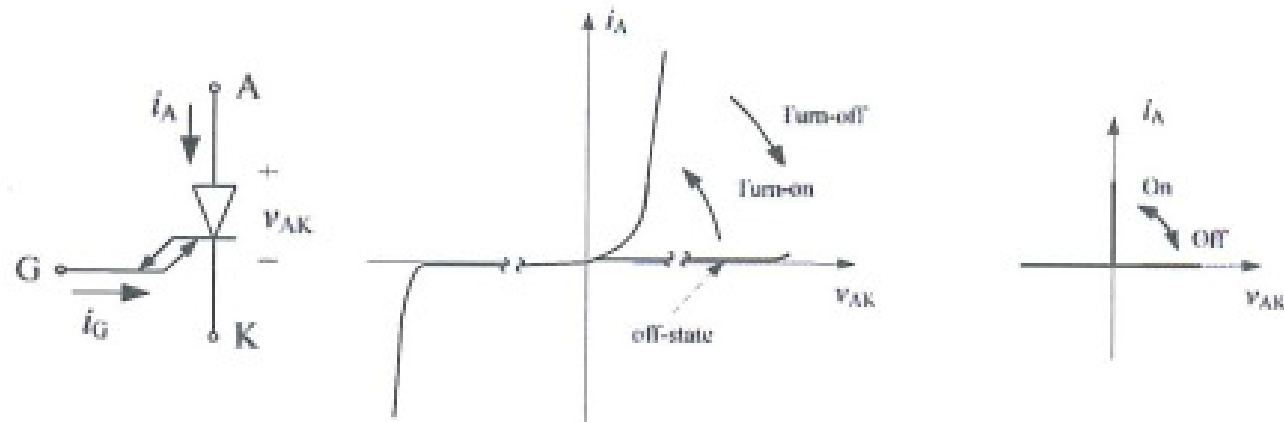


Diod

- Blockerar ström i en riktning
- Leder i den andra
- Stora spänningar/strömmar



GTO (Gate turn off thyristor)



- Like a thyristor but **with turn-off capability**
- High voltage and current ratings
- Very much used in FACTS devices for transmission-level VSC
- Forward voltage drop 50% higher than thyristor

MOSFET

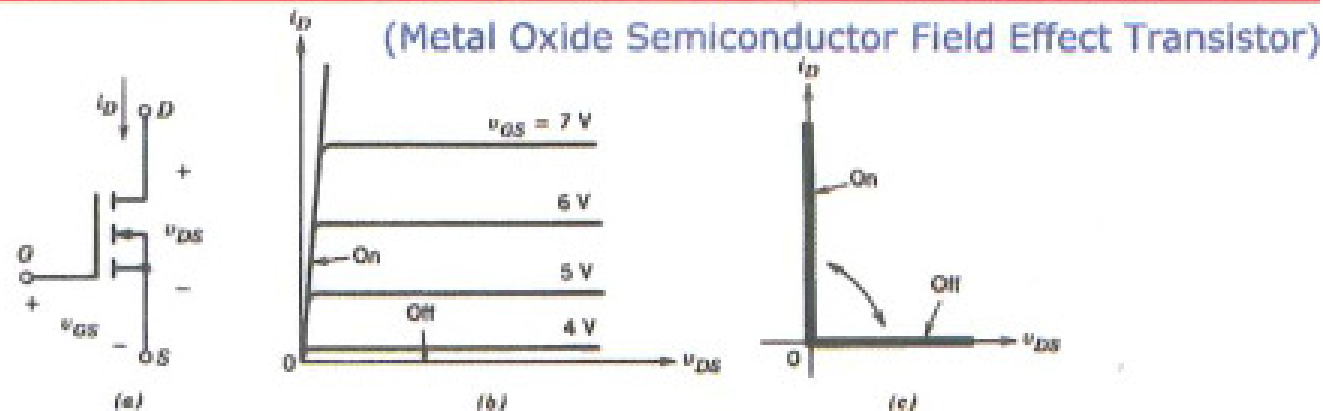


Figure 2-9 *N*-channel MOSFET: (a) symbol, (b) i - v characteristics, (c) idealized characteristics.

- Fast switching speed (hundreds of kHz).
- On-resistance increases rapidly with blocking voltage: not used for high-power applications
- Easy to drive.
- MOSFETs are useful in low-voltage high-current applications: the device of choice for blocking voltages less than 500 V.

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

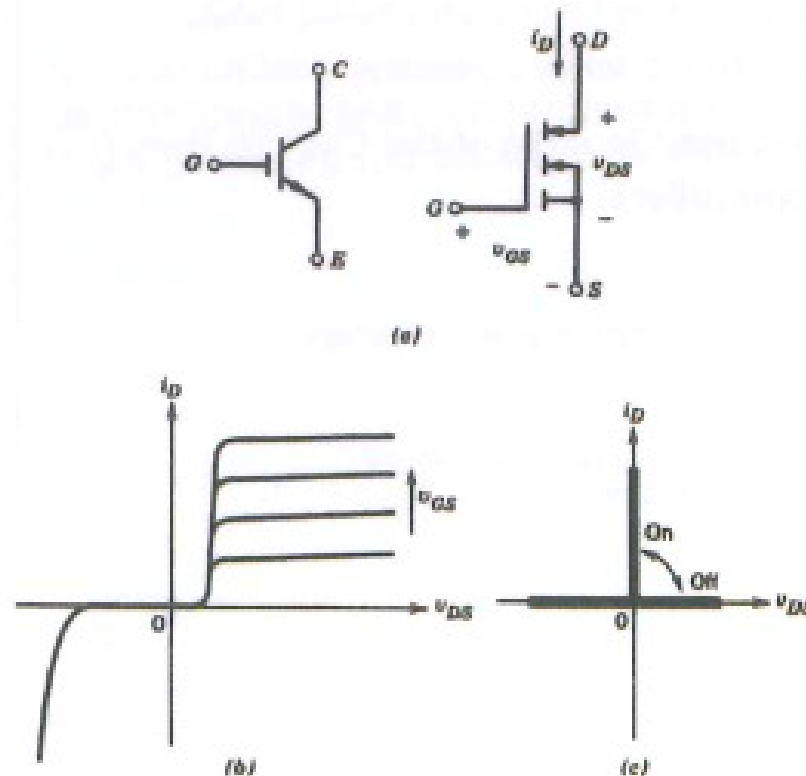
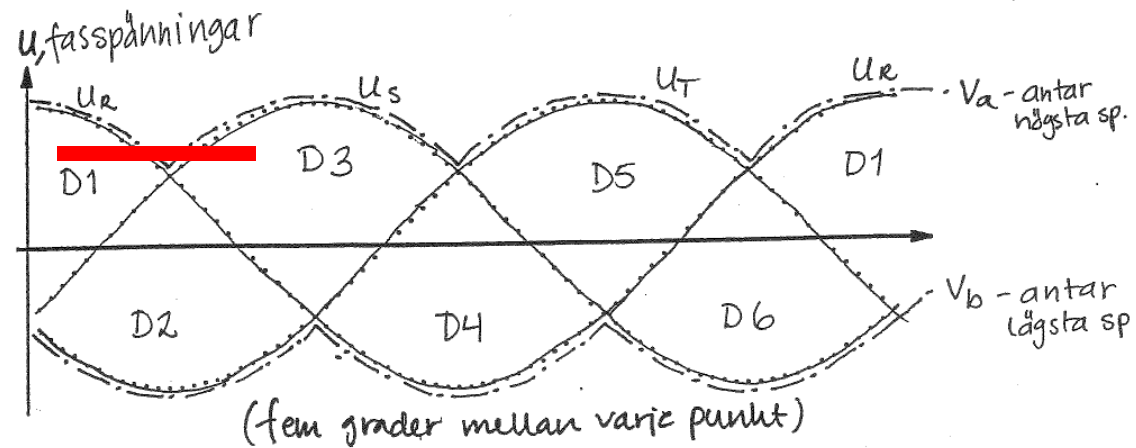
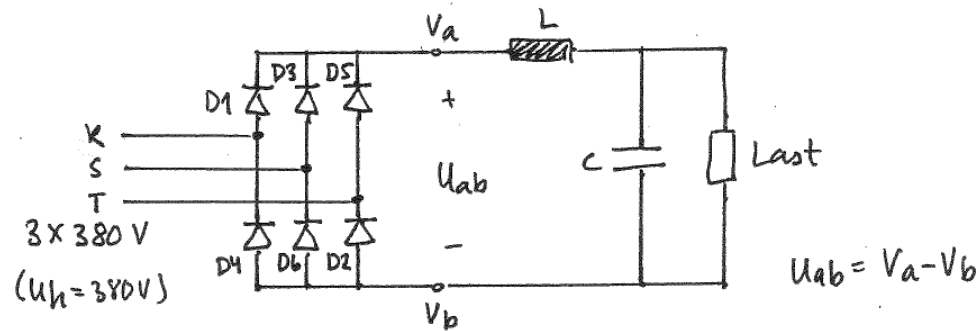


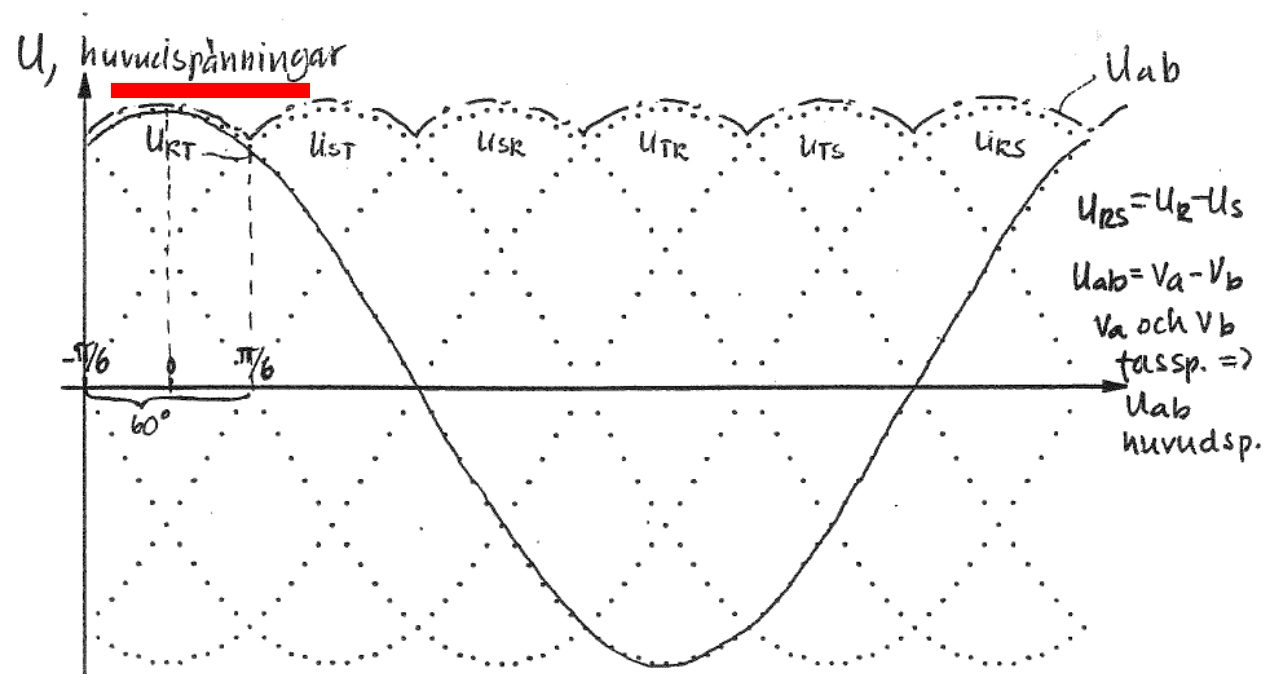
Figure 2-12 An IGBT: (a) symbol, (b) i - v characteristics, (c) idealized characteristics.

- Becoming the device of choice in 500-1700 V applications, at power levels of 1-1000 kW.
- Easy to parallel, build modules.
- Forward voltage drop: diode in series with on-resistance (2-4 V), lower than MOSFET, higher than thyristor/GTO
- Easy to drive
- Slower than MOSFET, but faster than GTO: typical switching frequencies 3-30 kHz
- Rapidly advancing technology (6 kV valves are now available)

5.8) Trefas diod likriktare C & L glättar U_{ab} resp. strömmen

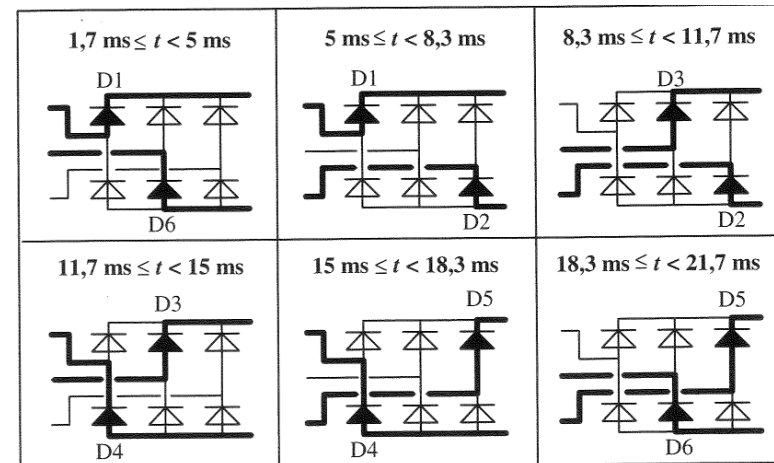
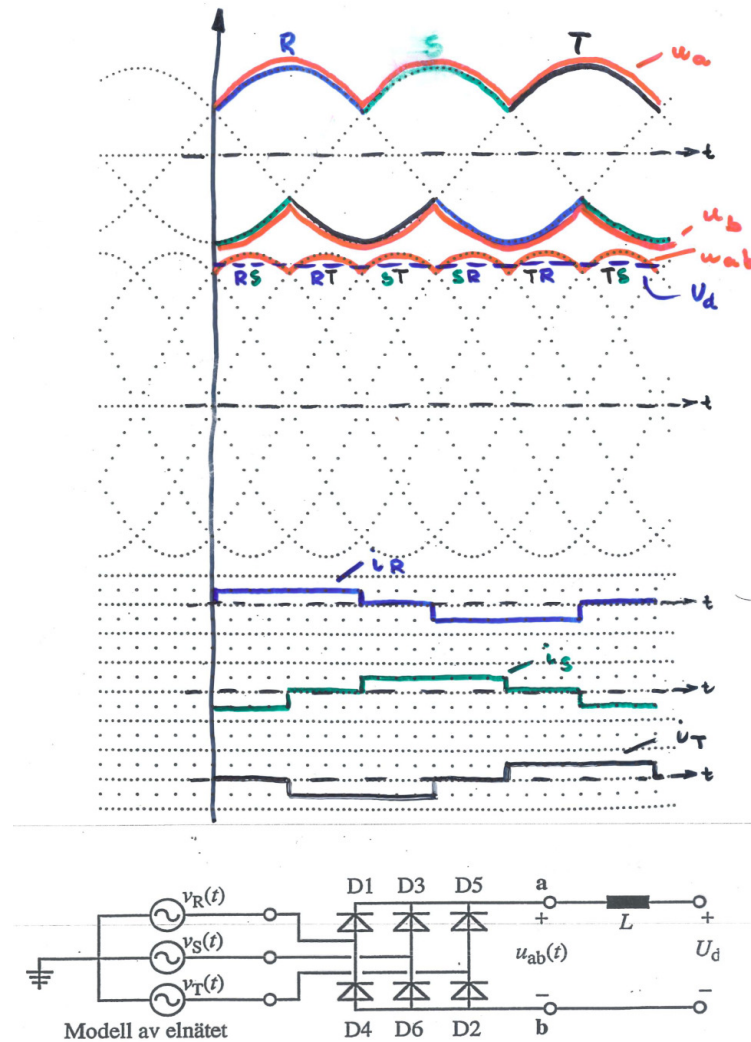


- a) den filtrerade lilspänningen = $\overline{U_{ab}}$
 Vi beräknar medelvärdet på en "puchel"



Vi får rippel med 6*frekvensen i den likriktade strömmen

Trefaslikriktare där vi glättat



Figur 5.5 Faspotentialerna på de tre faserna på ett 400 V/50 Hz elnät samt potentialerna i punkt a och b. Dessutom visas hur strömmen går i diodlikriktaren under olika delar av perioden.

Glättningsinduktans

Induktansen är en strömstyv komponent.
Strömmen genom L kan ej ändras
språngvis.

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{u_L(t)}{L}$$

$$U_d = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U \approx 1.35 \cdot U$$

Glättningsinduktans

$$\frac{di_L(t)}{dt} = \frac{u_L(t)}{L}$$

Glättningskondensator

Kondensatorn är spänningsstyv komponent.
Spänningen över C kan ej ändras språngvis.

$$\frac{du_c(t)}{dt} = \frac{i_c(t)}{C}$$

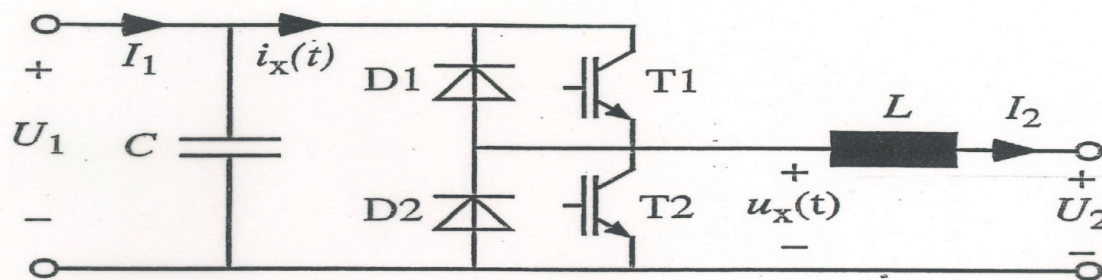
$$U_d = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U \approx 1.35 \cdot U$$

$$U_d = \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{\pi} U_f \approx 0.9 \cdot U_f$$

LS - omriktare (likspänningsomriktare)

Pulsbreddsmodulation (PWM)

Pulse Width Modulation



$$U_2 = \frac{1}{T} \int_0^T u_x(t) dt = \frac{t_p}{T} U_1 \quad \frac{t_p}{T} - \text{pulskvot}$$

$$I_1 = \frac{1}{T} \int_0^T i_x(t) dt = \frac{t_p}{T} I_2$$

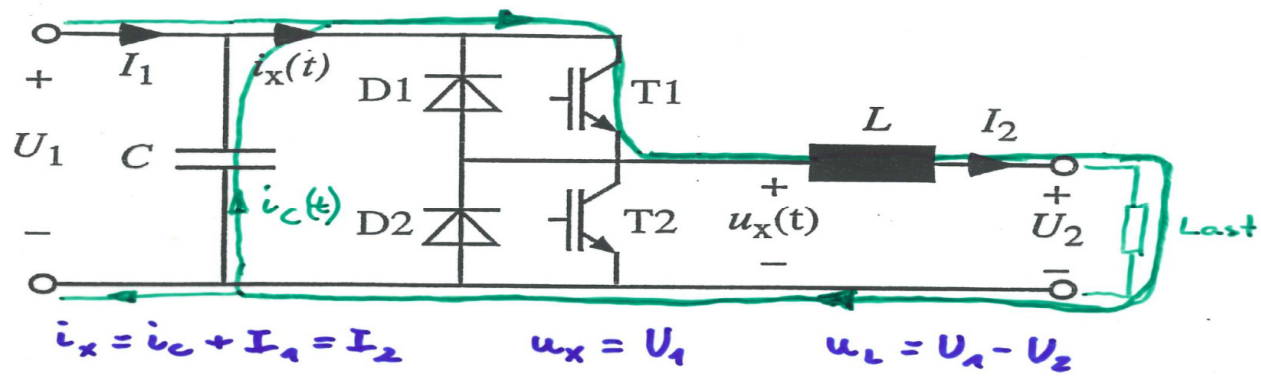
$$U_1 I_1 = U_1 \overline{i_x} = \overline{u_x} I_2 = U_2 I_2$$

En likspänningsomriktare skall användas för att driva en $2 \times 100\text{W}$ audioförstärkare från ett bilbatteri på 12 V. För att förstärkaren skall kunna driva normala $8\ \Omega$ högtalare behöver den en matningsspänning på 48 V. Modulationsperiodtiden är 0,1 ms. I hela talet är strömmen till förstärkaren 1 A likström, på 48 V-sidan.

- a) Rita upp en en-kvadrant LS-omriktare för denna uppgift. Omriktaren skall ha glättning på både batterisidan och lastsidan, så att strömmarna och spänningarna in och ut kan vara likströmmar och likspänningar.
- b) Ange hur omriktarens transistor skall styras i stationärtillstånd. (När är transistorn är på eller av?)
- c) Hur ser spänningen över induktansen i LS-omriktaren ut?
- d) Hur ser strömmen genom dioden ut och hur hög ström dras från 12 V batteriet?
- e) Hur ser spänningen över dioden ut?
- f) Hur ser strömmen i LS-omriktarens kondensator ut?

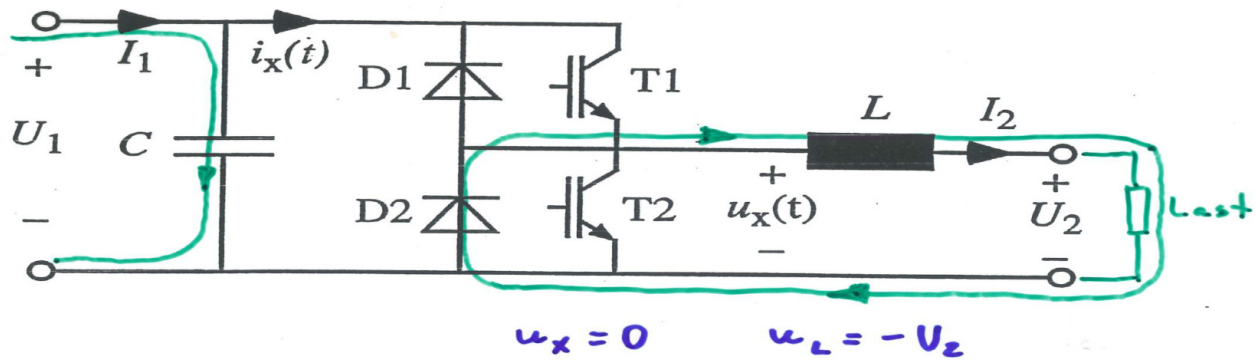
Nedspänningsomriktare

$$0 < t \leq t_p$$

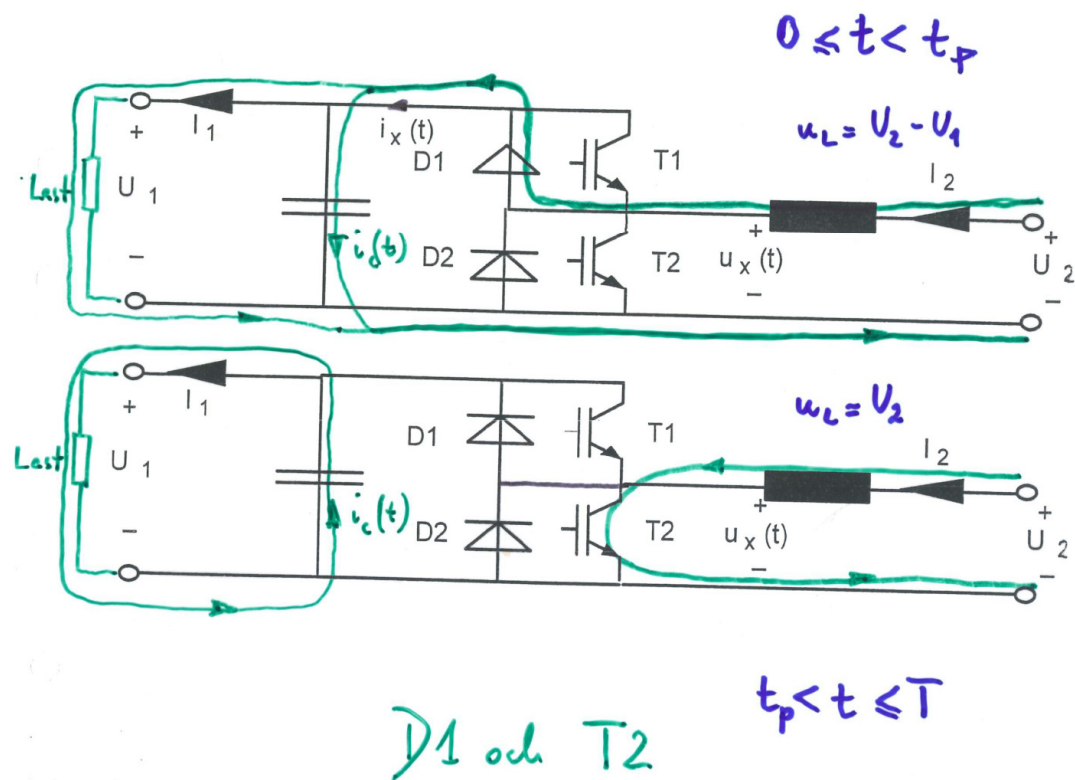


T1 och D2

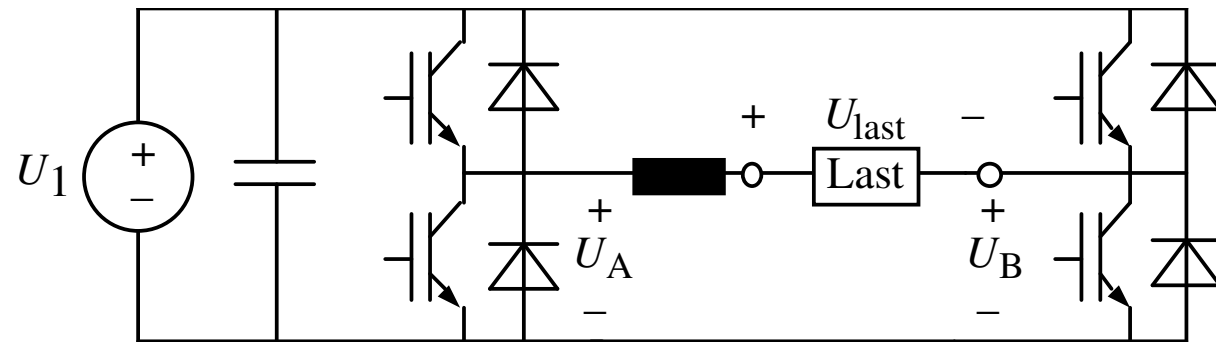
$$t_p < t \leq T$$



Uppspänningsomriktare

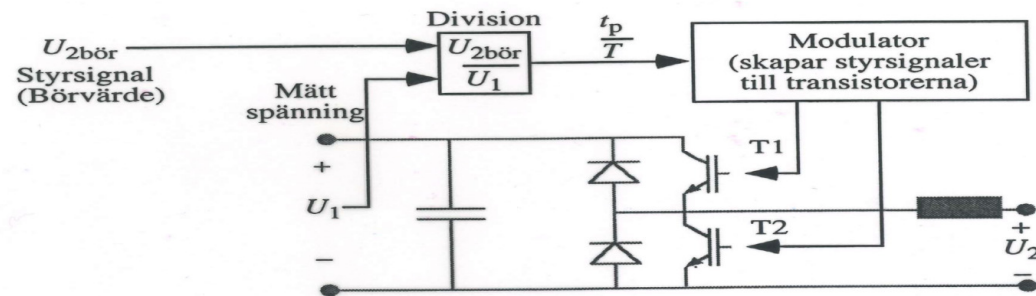


5. En LS-omriktare, enligt bifogad figur, används för att skapa en stabil likspänning på 324 V för provning av apparater som drar $I = 5 \text{ A}$. Omriktaren är ansluten till en trefasig diodlikriktare matad från ett 400 V trefasnät. Switchfrekvensen i omriktaren är 20 kHz.
- a) Beräkna pulskvoten. Använd bifogad figur för förklara omriktarens funktion, rita även strömmens bana under de olika delarna av modulationsperioden. (3p)
- b) Rita strömmen $i_c(t)$ och spänningen $u_L(t)$ under två perioder av modulationen. Gradera axlarna på diagramet. På vilket sätt kan man kontrollera att diagrammet är ritat på rätt sätt? (3p)
- c) Vad blir strömmen genom transistoren och strömmen ifrån likspänningskällan? Rita in dem i ett diagram med graderade axlar. (2p)



En fyrkvadrant LS-omriktare.

Växelvriktare



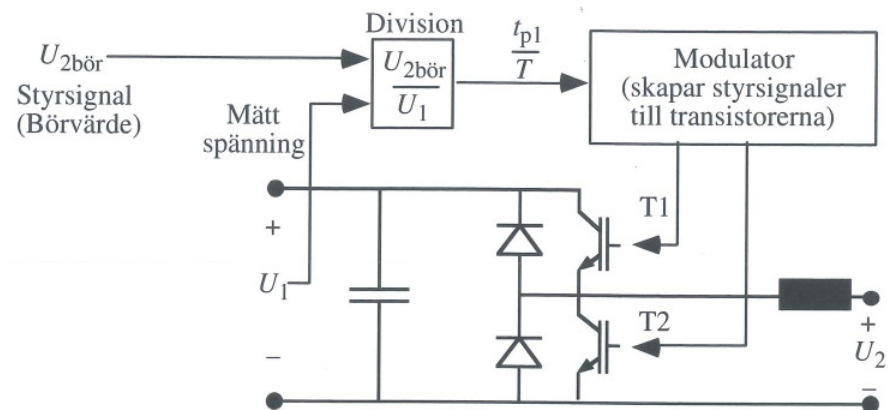
För att få en sinusformig utspänning skall styrsignalen variera sinusformigt med tiden.

Amplituden på styrsignalen bestämmer amplituden på den skapade spänningen

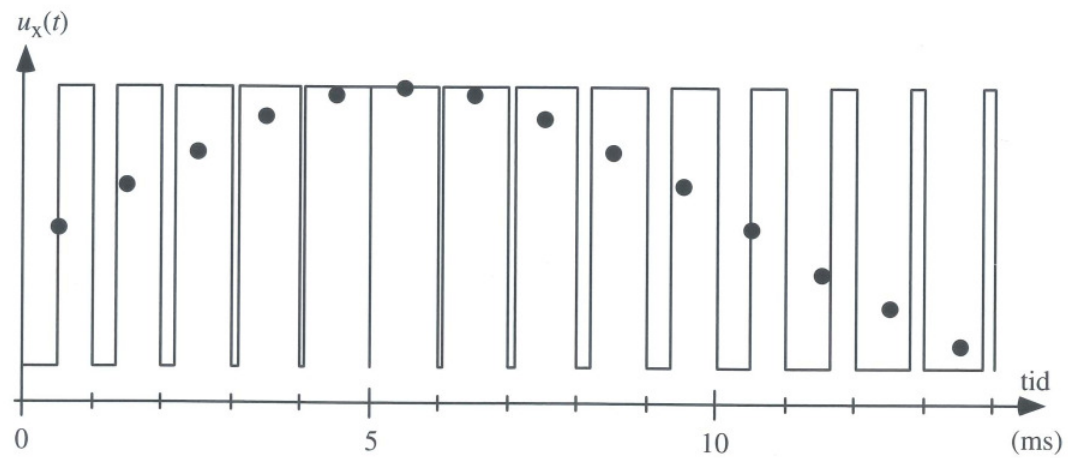
Ändring av frekvensen på styrsignalen
ändrar frekvensen på U_2

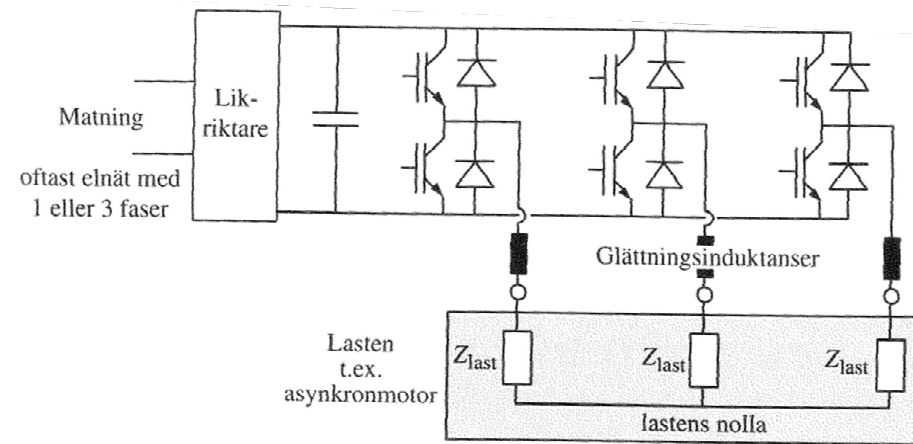
$$f_{mod} \gg f_{acut}$$

→ övertoner



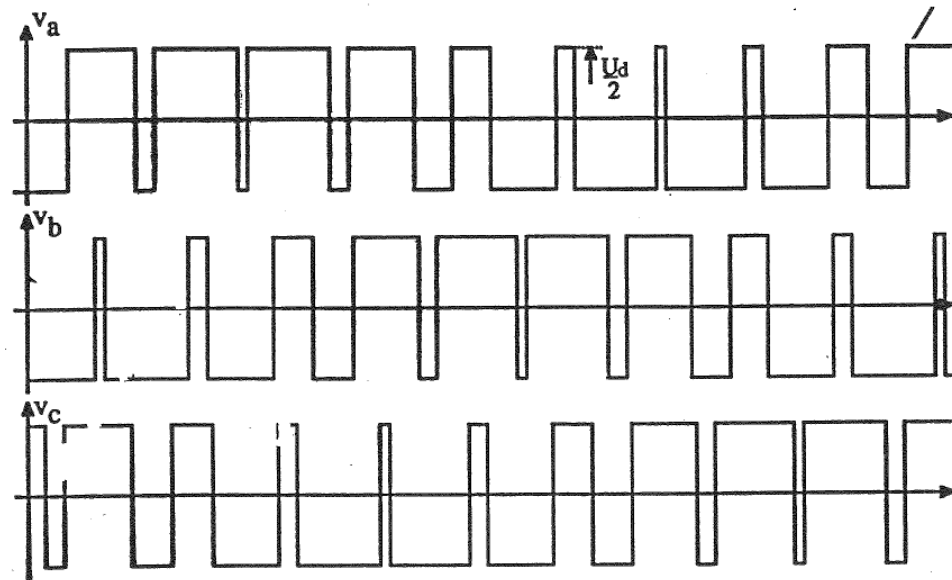
Figur 5.24 Principen för hur en omriktare kan styras med en styrsignal som påverkar hur modulatorens styr transistorerna.



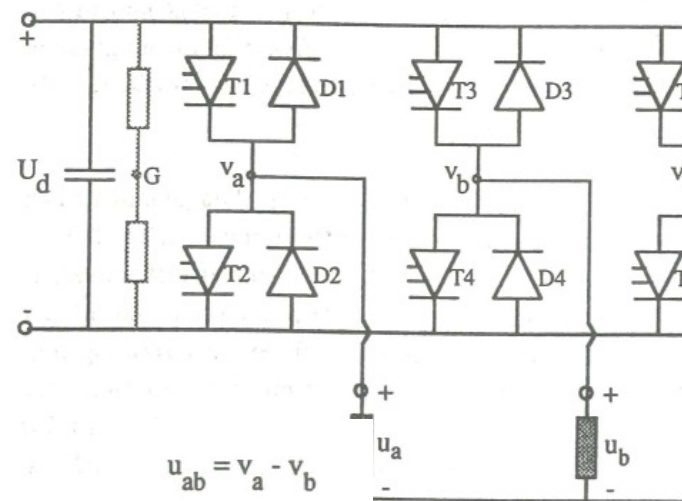


r 5.27 En trefas frekvensomriktare med symmetrisk last.

Fasförskjutna modulerade "sinuskurvor"



Med kopplingen i fig. 9.11 kan man bygga upp flerfasiga strömriktare, vilken består av tre fassgrenar. Denna koppling har konstant likspänningsmatning. Strömriktaren trefasspänningar med variabel frekvens och amplitud.



$$u_{ab} = v_a - v_b$$

$$u_{bc} = v_b - v_c$$

$$u_{ca} = v_c - v_a$$

Fig. 9.13. Strömriktare med styv likspänning

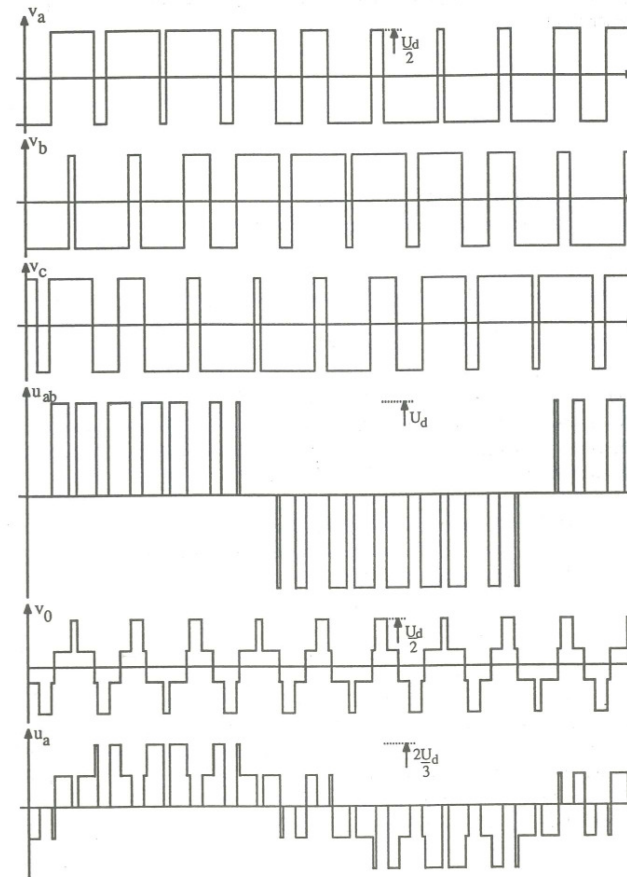


Fig. 9.14. PWM-styrda spänningar.

Övertoner

Sinusformade strömmar och spänningar som med en heltalsmultipel av grundfrekvensen finns överlagrade på grundtonen → leder till deformation av sinuskurvan

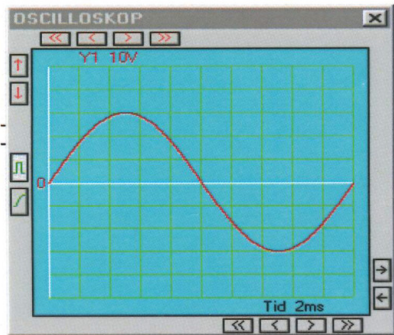
☐ ftast udda → $n = 3$ (150 Hz), 5 (250 Hz), 7, 9...

☐ rsakar bland annat: ökade förluster i maskiner, transformatorer, kondensatorer, resonansproblem mellan nätets induktiva och kapacitiva delar, störningar i elektronik (tex reläfunktioner), en sammanlagd returström i nollledaren...

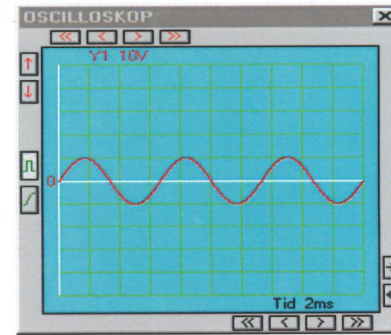
Största källan till övertoner: utrustningar med diod-kondensatoringång (datorer, bildskärmar, skrivare), motorstyrning, UPS...

Övertoner

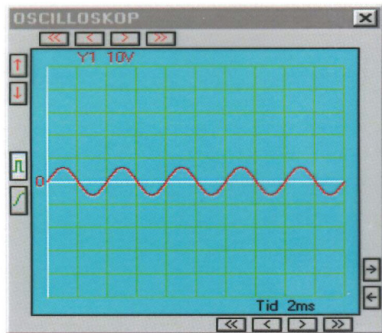
Sinusformad ström, 50 Hz



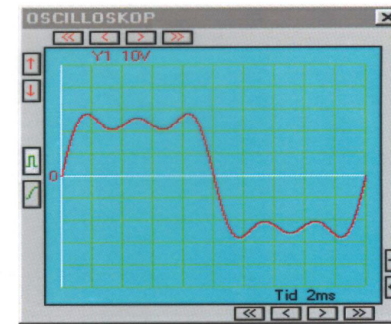
Sinusformad ström, 150 Hz



Sinusformad ström, 250 Hz



Summan av ovanstående strömmar

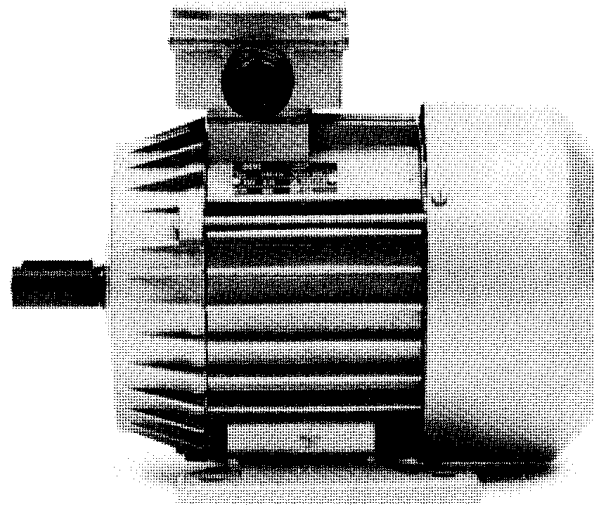


→
fyrkantvåg

Elteknik (EEK140)

Laboration 2

Nätansluten asynkronmaskin



Maskinuppkoppling för att testa asynkronmaskinen i normaldrift.