

Varvtalsstyrning av likströmsmotorer

Föreläsning 6

Kap 3.6 Grundkretsar med transistorer, avsnitt Transistorn som switch sid 3-42.

Kap. 7.6 Krafterelektronik avsnitten Systemuppbyggnad sid 7-36, Likspänningsomvandlare och Ändring av likspänningsnivån med PWM-modulering sid 7-42.

Kap 7.7 Varvtalsstyrning av elmotorer avsnitt Varvtalsstyrning av likströmsmotorer sid 7-52.

Uppgift U7:24 Likströmsmotor, PWM-matning, varvtalsstyrning.

Varvtalsstyrning av likströmsmotorer

- Varvtalsstyrning- och varvtals- reglering.
- Systemuppbyggnader.
- Kvadranter.
- Transistor relä som kopplar in och ur, "switchar".
- Transistor och induktiv last. Frihjulsdiod.
- Pulsbreddsmodulering av motorspänningen, PWM.
 - Uppgift U7:24. Motor och Likspänningsomvandlare.
- Likspänningsomvandlare, H-brygga, uppbyggnad.

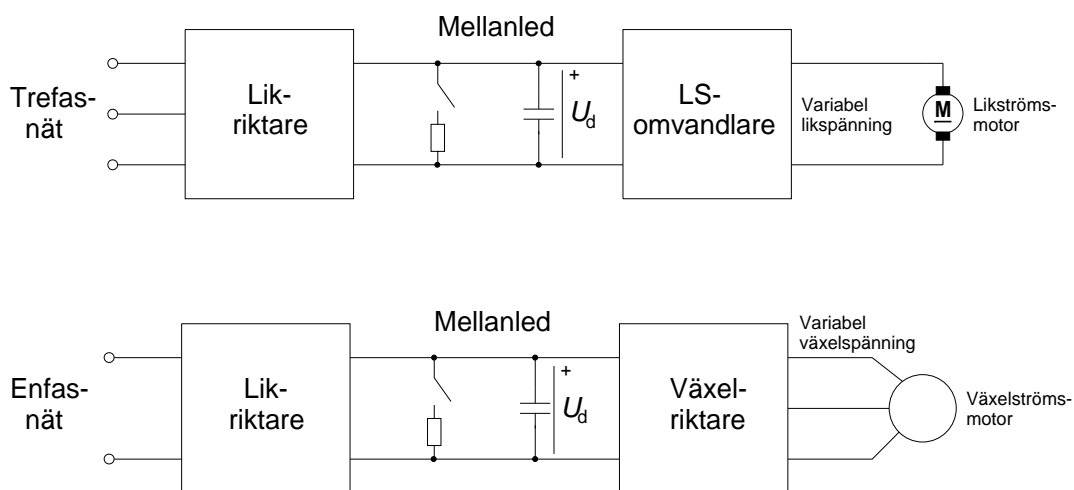
7.6 Krafterlektronik

Se bok

Systemuppbyggnad

Se bok

Ofta tas effekten från ett enfasigt eller trefasigt uttag och omvandlas till en konstant likspänning som kallas mellanledningsspänning. Denna mellanledningsspänning kan omvandlas till en variabel likspänning eller en variabel växelspanning. Dessa variabla spänningar kan användas för att mata elmotorer. Figur visar vanliga systemuppbyggnader. Kondensatorn har som uppgift att hålla mellanledningsspänningen konstant ("stabilisera spänningen"). Vid bromsning kan den även lagra en begränsad mängd energi (som ett svänghjul). Om spänningen på mellanledet blir för hög genom lagring av bromsenergi ($W = CU_d^2/2$) kan motståndet kopplas in och förbränna bromsenergin samt ladda ur kondensatorn till lämplig spänningsnivå. Av personsäkerhetsskäl kan kondensatorn laddas ur med samma motstånd när utrustningen tas ur drift.

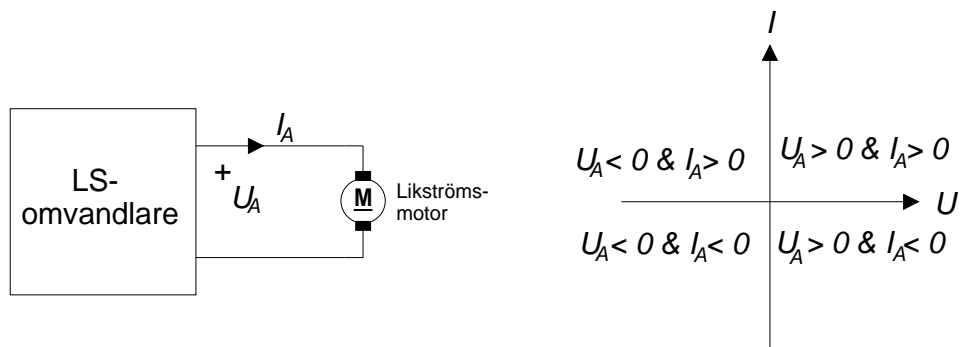


Figur 7.25 Systemuppbyggnader

Likspänningsomvandlare

Kvadranter

Figuren visar en likspänningsomvandlare som källa och en likströmsmotor som last och de olika kvadranterna.

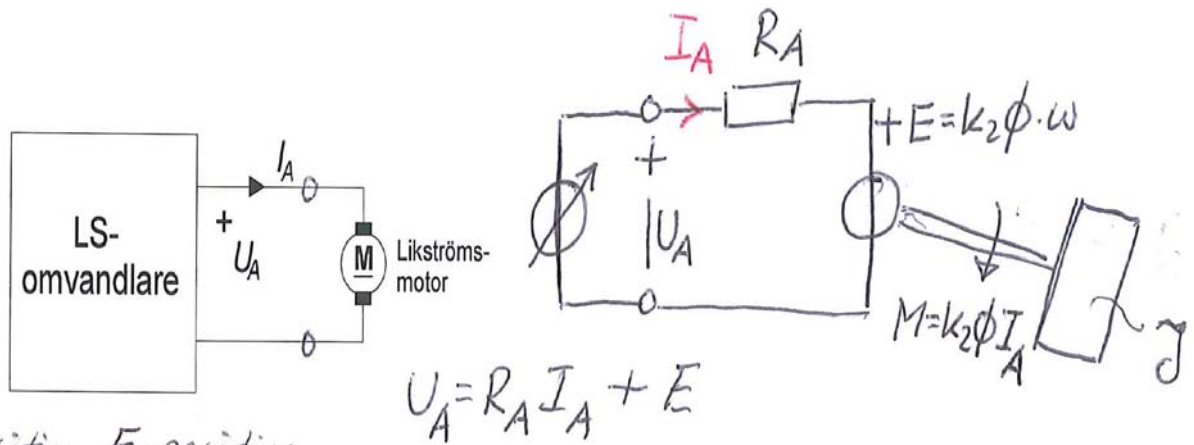


Figur 7.33 Likspänningsomvandlare belastad med likströmsmotor och de olika kvadranterna

I kvadrant ett är både spänning och ström positiva. Elektrisk effekt levereras till lasten som kan vara en elmotor som omvandlar delar av denna effekt till mekanisk effekt. Nedan beskrivs de övriga kvadranterna.

| | |
|--|--|
| <p>Andra kvadranten</p> <p>$U < 0$ och $I > 0 \Rightarrow P = UI < 0$</p> <p>Omvandlaren tar emot effekt från lasten (motorn)</p> | <p>Första kvadranten</p> <p>$U > 0$ och $I > 0 \Rightarrow P = UI > 0$</p> <p>Omvandlaren levererar effekt till lasten (motorn)</p> |
| <p>Tredje kvadranten</p> <p>$U < 0$ och $I < 0 \Rightarrow P = UI > 0$</p> <p>Omvandlaren levererar effekt till lasten</p> | <p>Fjärde kvadranten</p> <p>$U > 0$ och $I < 0 \Rightarrow P = UI < 0$</p> <p>Omvandlaren tar emot effekt från lasten</p> |

- Kvadranter.



ω positiv, E positiv

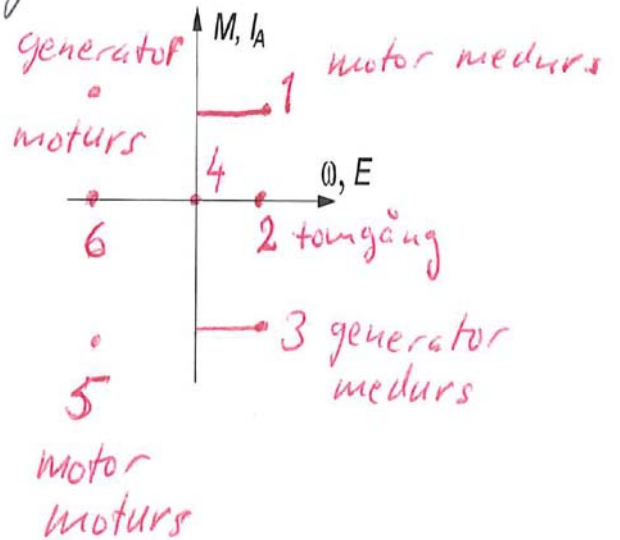
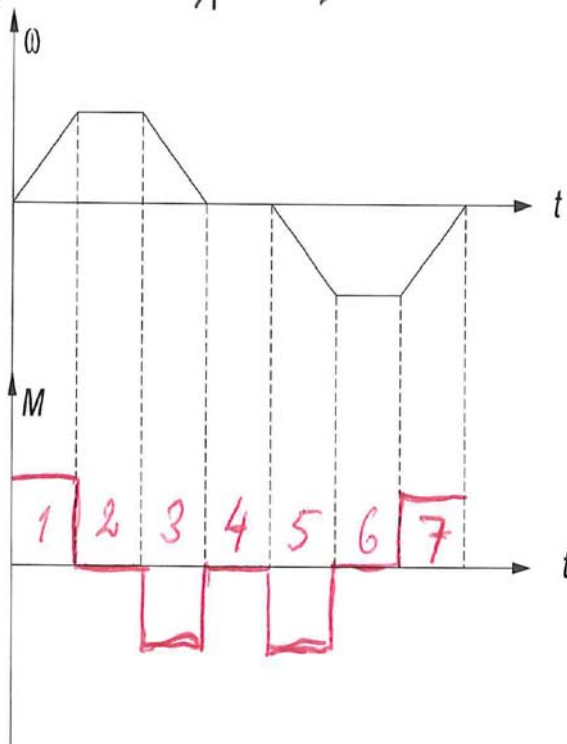
$U_A = E \Rightarrow I_A = 0$ tomgång

$U_A > E \Rightarrow I_A > 0$ motordrift

$U_A < E \Rightarrow I_A < 0$ generator drift

Tröghetslast

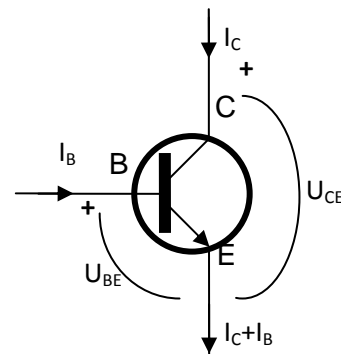
$$M = J \frac{d\omega}{dt}$$



- Transistor relä som kopplar in och ur, "switchar".

Det finns ett antal olika halvledarteknologier för transistorer och de har olika, men snarlika, kretssymboler. Figur 3.37 visar en bipolär transistor.

En annan vanlig typ heter MOSFET. De tre anslutningspunkterna kallas B (bas), C (kollektor) samt E (emitter). När transistoren är inkopplad i en krets arbetar den antingen i sitt linjära, aktiva område, eller så är den i något av "ändlägena" som kallas bottnad respektive strypt.



Figur 3.37 NPN-transistorns symbol och beteckningar

Transistorer finns i miljontal i en integrerad halvledarkrets, på ett "chip", och är beståndsdel i tex OP-förstärkare, mikrodatorer etc. De finns även som diskreta komponenter i elkraftsystemet och i kretsar för att mata stora motorer. I dessa applikationer och i digitala kretsar "switchar" transistorerna mellan bottnad och strypt. I de digitala kretsarna är det dock fråga om några volt och nån mikroampere eller mindre. För större motorer kan det vara hundratals såväl volt som ampere och kylflänsar är monterade på transistorerna. Vi inskränker oss till transistorer som går från bottnad till strypt och vice versa, man säger att de "switchar".

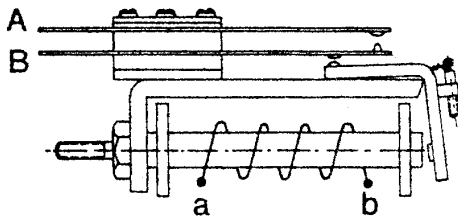
Frånläget (strypt transistor) { XE "strypt transistor" }

I frånläget ska I_C vara så liten som möjligt, dvs $I_B = 0$. Man skulle kunna lämna basanslutningen öppen, men läckströmmen blir då ganska stor, och i praktiken brukar man förbinda basen med emittern via ett motstånd. I så fall låses U_{BE} vid värdet noll och transistoren får betryggande låg läckström.

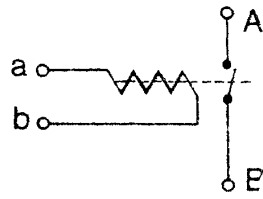
Medan man på reläer, även av enklaste typ, kan lägga spänningar på upp till flera hundra V över kontakterna i öppet tillstånd, tål många transistortyper inte större U_{CE} än 12 till 1500 V i frånläge. Det finns transistorer som kan hantera högre spänningar.

Tilläget (bottnad transistor) { XE "bottnad transistor" }

I tilläget skall restspänningen över transistoren, dvs U_{CESAT} , vara så låg som möjligt. Ett typiskt värde för en bipolär transistor är 0,2 V. Detta värde ökar dock med I_C och kan för en effekttransistor vara större än 1 V.

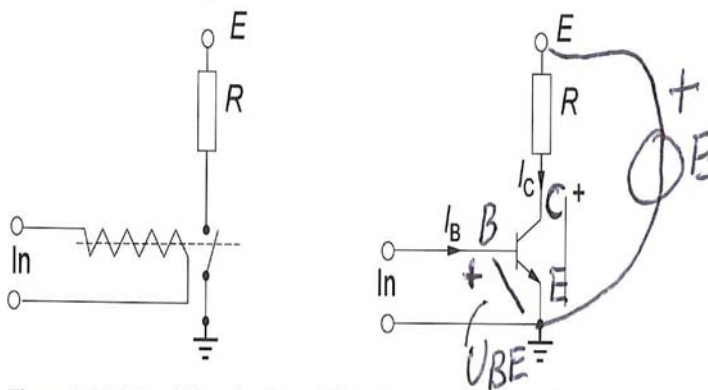


Principiellt utförande



Schemasymbol

Figur 3.37 Elektromagnetiskt relä



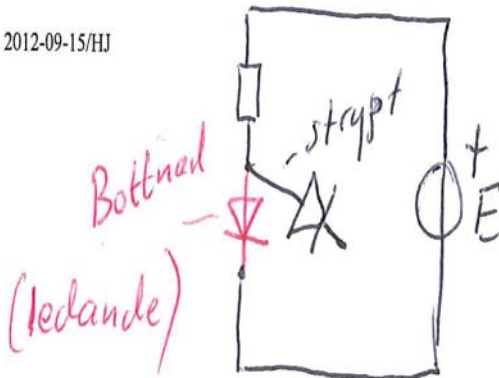
Figur 3.38 Ett relä kan i många fall ersättas med en transistor. Den matande spänningskällans pluspol ansluts till E och minuspolen till jord.

Om $I_B = 0$ transistorn är strypt.

Om $I_B > 0 \Rightarrow U_{BE} = 0,7V$ (som en diod)

Om I_B tillräckligt stor transistor bottenad.

2012-09-15/HJ



- Transistor och induktiv last. Frihjulsdiod.

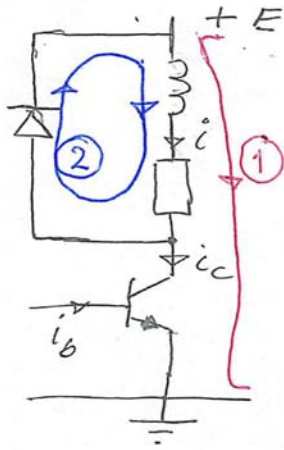


Fig 3.42

Transistor switch

① ^{ledande} ~~laddad~~ transistor $i = i_c$

$$E - L \frac{di}{dt} - Ri = 0$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{R}{L} (E - Ri)$$

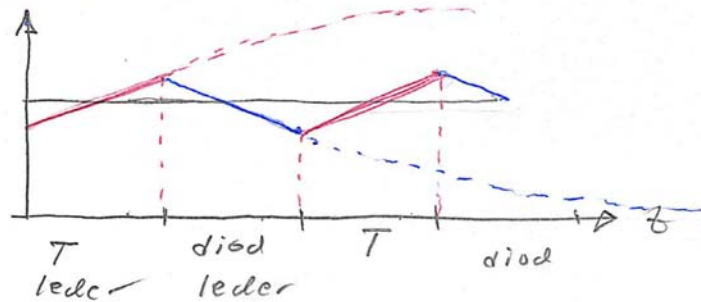
i ökar ($E > Ri$)

② Ströpt transistor

i går genom dioden istället för transistorn

$$-L \frac{di}{dt} - Ri - \underbrace{0}_{\text{diodspänning}} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{di}{dt} = -\frac{R}{L} i \Rightarrow i \text{ minskar}$$



- Uppgift U7:24. Motor och Likspänningsomvandlare.

U7:24

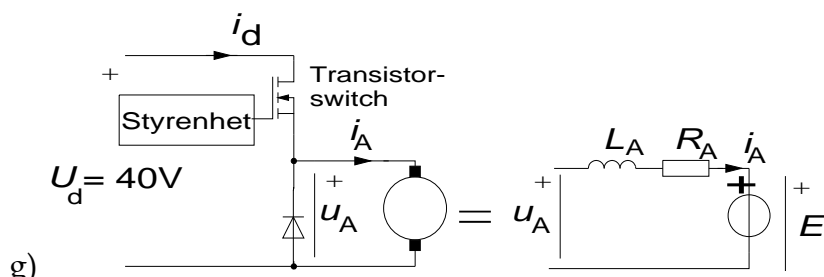
En permanentmagnetiserad likströmsmotor matas från ett switchat matningsdon enl figuren (se sista sidan). Transistorn arbetar med en pulsfrekvens på 8 kHz. Transistorns botten-
spänning och diodens framspänningsfall får anses vara försumbara.

Motorn har följande data:

$$R_A = 0,7 \Omega \quad L_A = 1,7 \text{ mH} \quad K_1 \Phi = \frac{0,02 \text{ V}}{\text{Varv / minut}}$$

a) Vilket värde antar u_A om transistorn leder (bottnad)?

b) Vilket värde antar u_A om transistorn inte leder (strypt) och i_A är positiv?



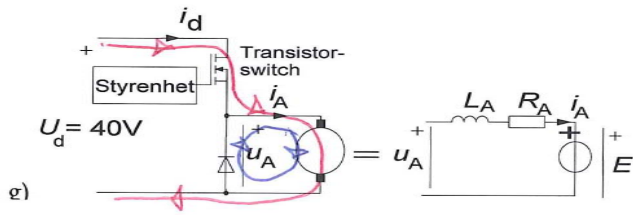
c) Hur lång tid skall transistorn vara bottenad respektive strypt för att medelvärdet U_A på
motorspänningen skall bli 27 V?

d) Hur stort blir medelvärdet I_A på motorströmmen vid 1000 varv/minut om $U_A = 27 \text{ V}$?

e) Skissa motorströmmen

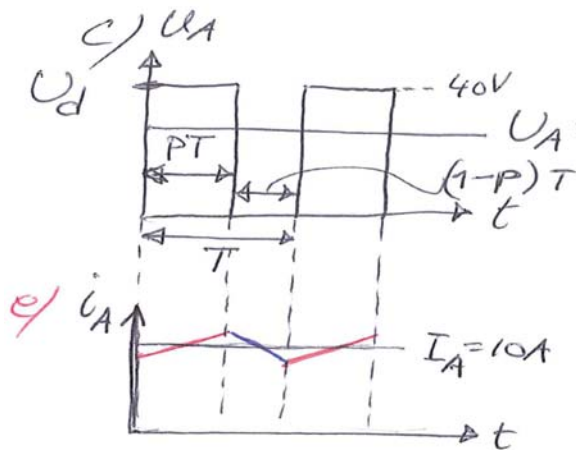
f) Beräkna axeleffekten och momentet (dess medelvärden).

h) Hur många kvadranter kan motorn arbeta i med det aktuella matningsdonet?



$$a) U_d - u_A = 0 \\ \Rightarrow u_A = U_d = 40V$$

b) pga induktansen "fritjular" strömmen genom dioden, $u_A = 0$ ty dioden kortsluter (eller kanske 0,7V?)



P kallas "duty cycle"

$$U_A = \frac{1}{T} \int u_A dt$$

$$U_A = \frac{1}{T} PT \cdot U_d \Rightarrow P = \frac{U_A}{U_d} = \frac{27}{40}$$

$$f = 8 \text{ kHz} \Rightarrow T = 125 \text{ ns}$$

Transistor botttid PT = 84 ns och stöyp 125 - 84 = 41 ns

$$d) U_A = R_A I_A + \frac{k_1 \Phi \omega}{E}$$

$$27V = 0,7 \Omega \cdot I_A + 0,02 \cdot 1000 V$$

$$\Rightarrow I_A = 10A$$

$$f) P_{mek} = M \cdot \omega = k_2 \Phi I_A \cdot \frac{E}{k_2 \Phi} = E \cdot I_A = 20V \cdot 10A = 200W$$

$$M = \frac{P_{mek}}{\omega} = \frac{200}{2\pi \cdot \frac{1000}{60}} = 1,9 \text{ Nm}$$

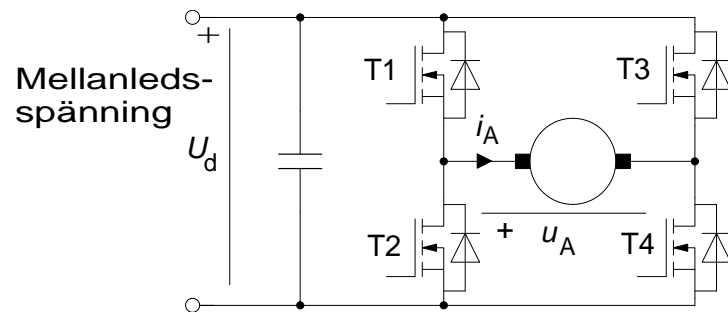
h) i_A och u_A kan bara vara > 0

\Rightarrow 1 kvadrant tex motordrift medurs (eller moturs om motorn kopplas om)

Likspänningsomvandlare, H-brygga, uppbyggnad.

H-brygga, en LS-omvandlare med fyra transistorer.

- LS-omvandlaren i Figur 7.36 kan arbeta i alla fyra kvadranterna.



Figur 7.36 Fyrkvadrants Likspänningsomvandlare kallas även H-brygga.

$u_A > 0$ och $i_A > 0$ om T1 och T4 leder.

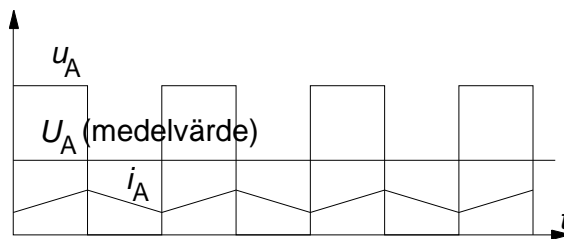
$u_A > 0$ och $i_A < 0$ om D1 och D4 leder.

$u_A < 0$ och $i_A < 0$ om T2 och T3 leder.

$u_A < 0$ och $i_A > 0$ om D2 och D3 leder.

Mellanledet är vanligen matat från växelströmsnätet via diodlikriktare (enfas eller trefas). Detta gör att återmatning av effekt till nätet vid bromsning inte är möjlig. Ibland kan bromsenergin omvandlas till värme i ett bromsmotstånd som kopplas in parallellt med mellanledskondensatorn vid bromsning. Återmatning av bromsenergin till nätet är möjlig om likriktarna är bestyckade med tyristorer. Ibland kan mellanledet även vara batterier, till exempel vid elbilsdrift.

Ett önskat, variabelt, medelvärde på likspänningen kan åstadkommas genom pulsbreddsmodulering (PWM).

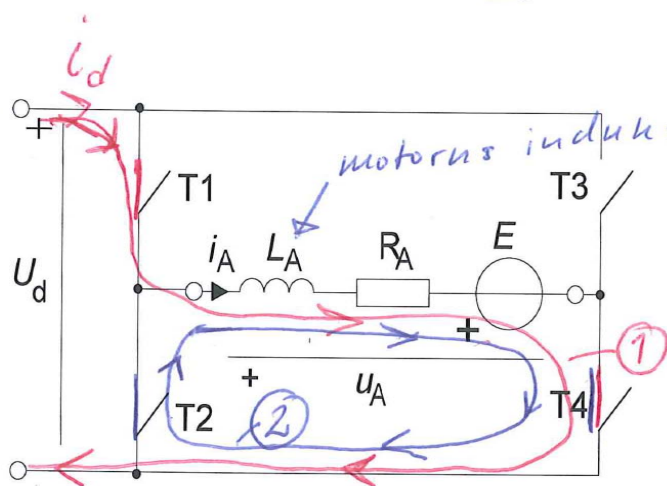


Figur 7.47 Spänningens och strömmens tidsförlopp

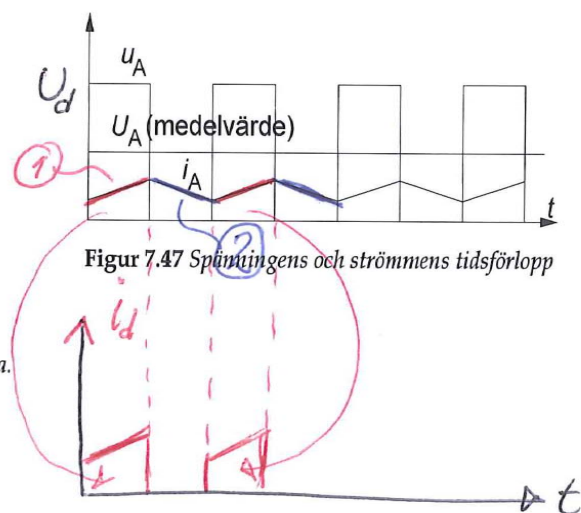
För att resonera om hur H-bryggan fungerar, kan vi tänka oss att transistorerna är omkopplare som i figuren nedan. Då T1 och T4 är bottnade (omkopplarna slutna= till) gäller strömbana 1. De andra två är då strypta (omkopplarna brutna=från). Motorspänningen blir då U_d . Då T1 blir "frånslagen" och istället T4 "tillslagen" gäller strömbana 2.

① T1 & T4 till: $U_d - L_A \frac{di_A}{dt} - R_A i_A - E = 0$ $U_d > E \Rightarrow i_A$ ökar

② T2 & T4 till: $-L_A \frac{di_A}{dt} - R_A i_A - E = 0$ i_A minskar



OH F2.2 Fyrkvadrants Likspänningsomvandlare kallas även H-brygga.



Figur 7.47 Spänningens och strömmens tidsförlopp