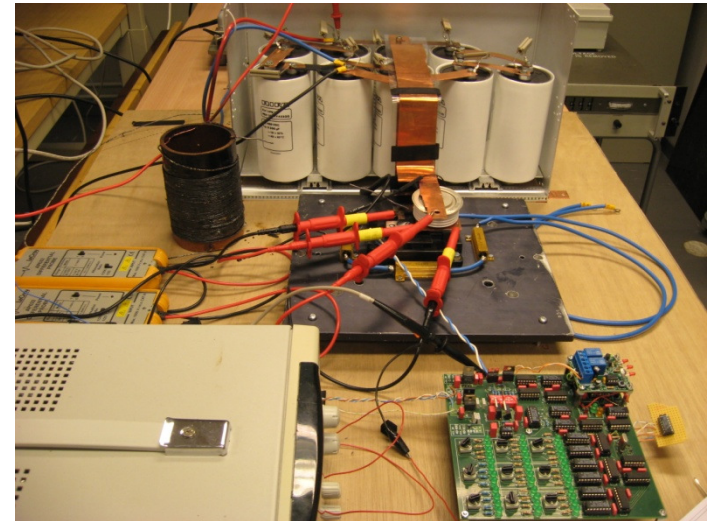


Elsäkerhet

Den elektriska faran



Thomas Hammarström

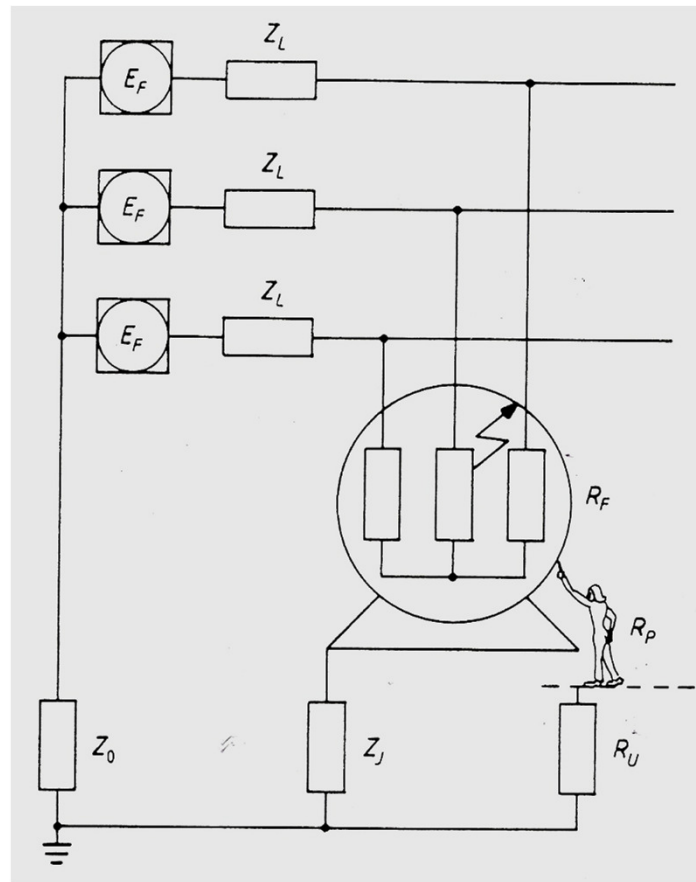


Personfara

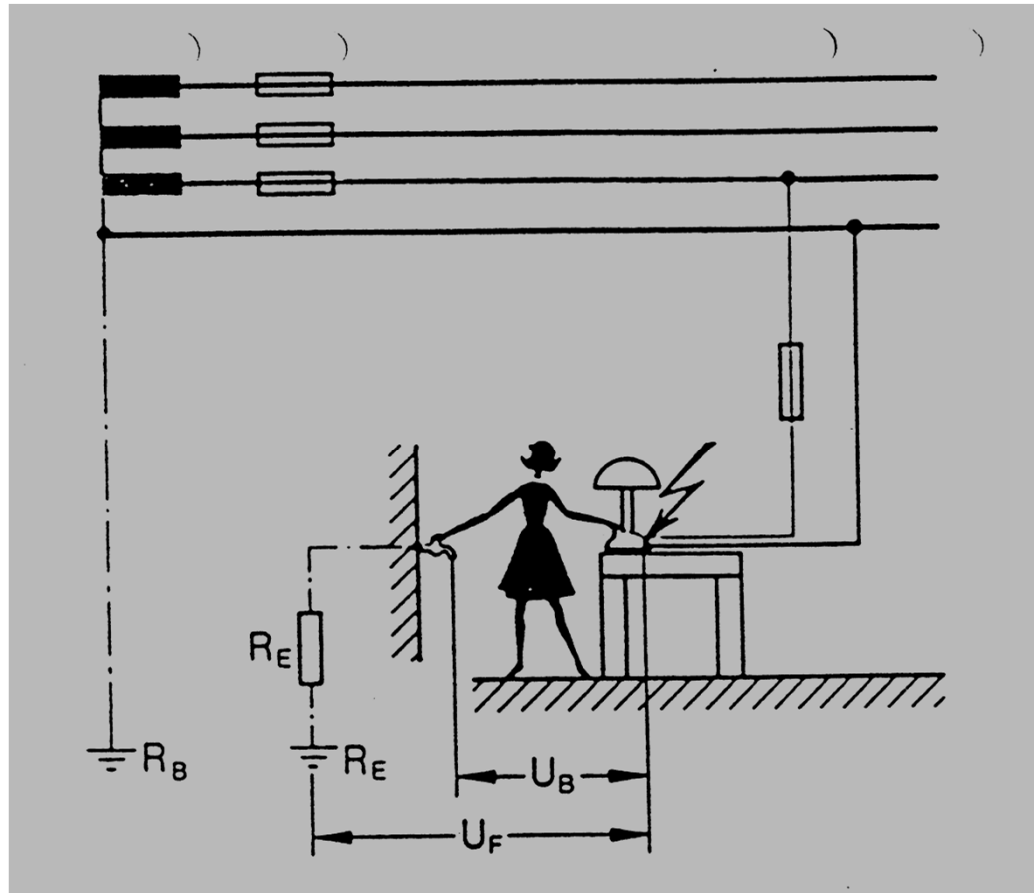
Vad är avgörande hur stor skadan blir?

- **strömstyrkan**
- **hur lång tid strömmen flyter genom kroppen**
- **vilken väg strömmen flyter genom kroppen**
- **kroppens kontaktyta med spänningsförande del**
- **kroppens fuktighet**
- **strömmens frekvens**
- **hudimpedans**
- **...**

Strömkrets vid beröring av ett hölje som spänningssatts på grund av isolationsfel



Ett fel i lampans hölje:



U_F - felspänning

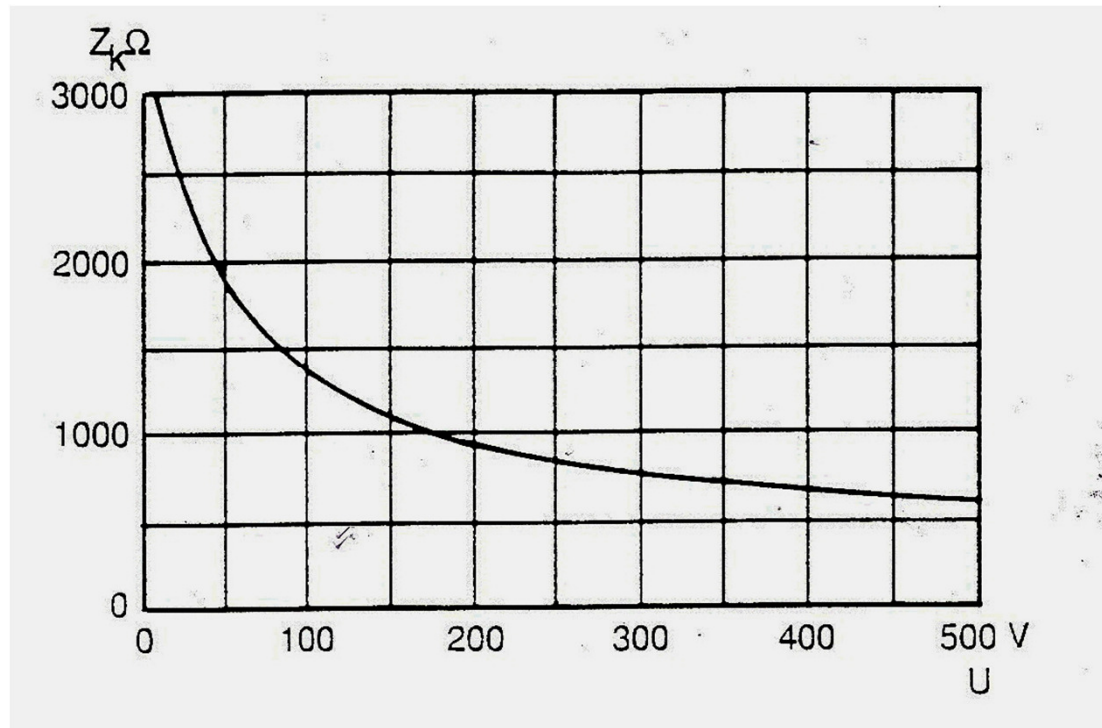
U_B - beröringsspänning

R_M - kroppens inre resistans

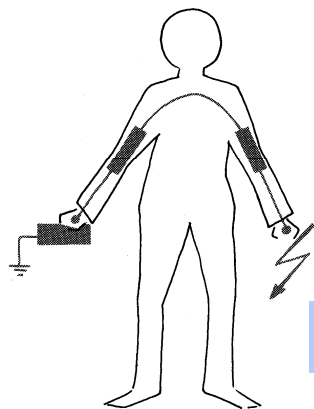
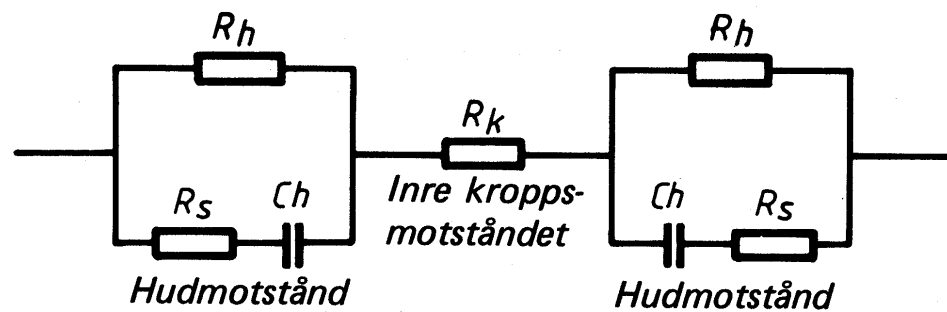
R_E - yttre resistans (jordresistans)

$$U_B = \frac{U_F \cdot R_M}{R_E + R_M}$$

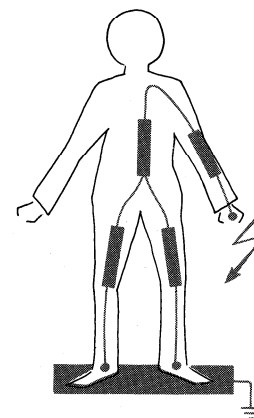
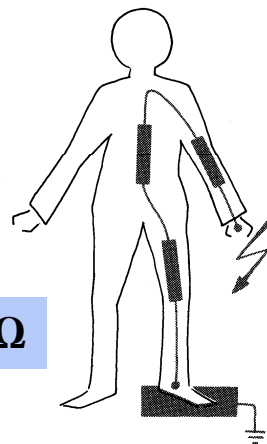
Kroppsimpedansen som funktion av beröringsspänningen (DC och AC - 50 Hz)



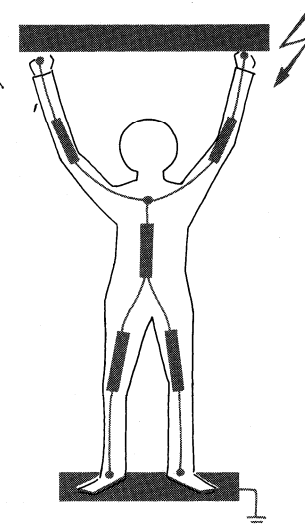
Kroppens ekvivalensschema



1300 Ω

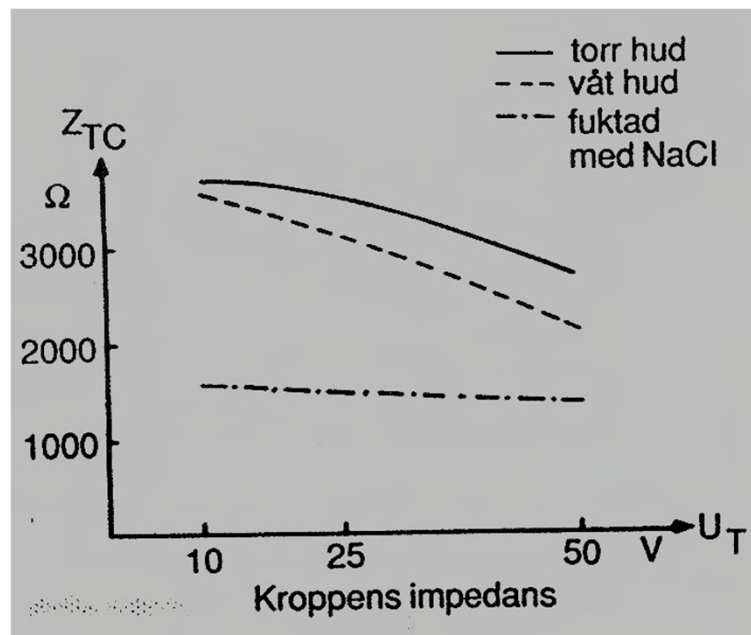


975 Ω

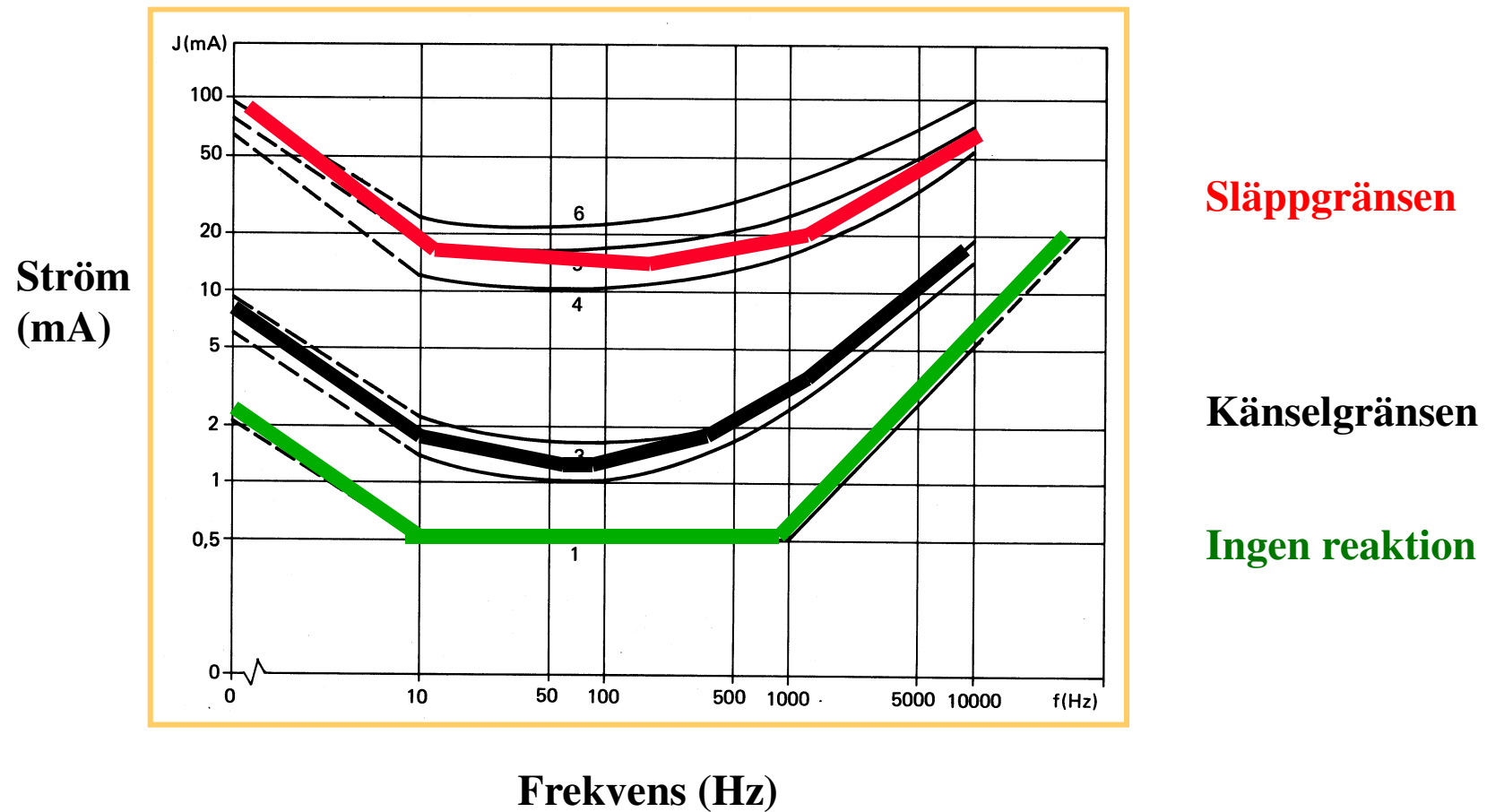


650 Ω

Fuktighetens inverkan på kroppsimpedans och begynnelse-resistans vid beröringsspänning 10 – 50 V

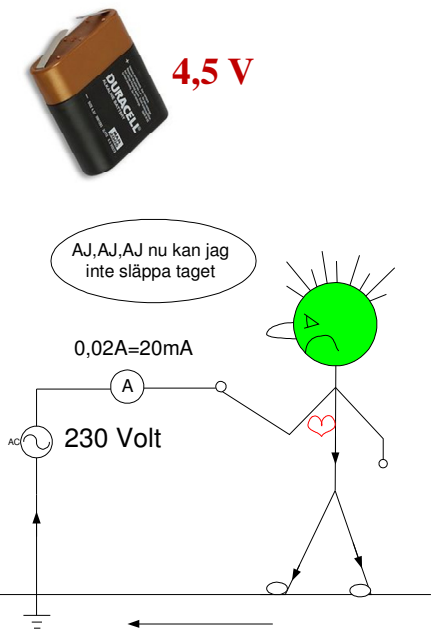


Frekvensens inverkan på kroppens känslighet för strömmen



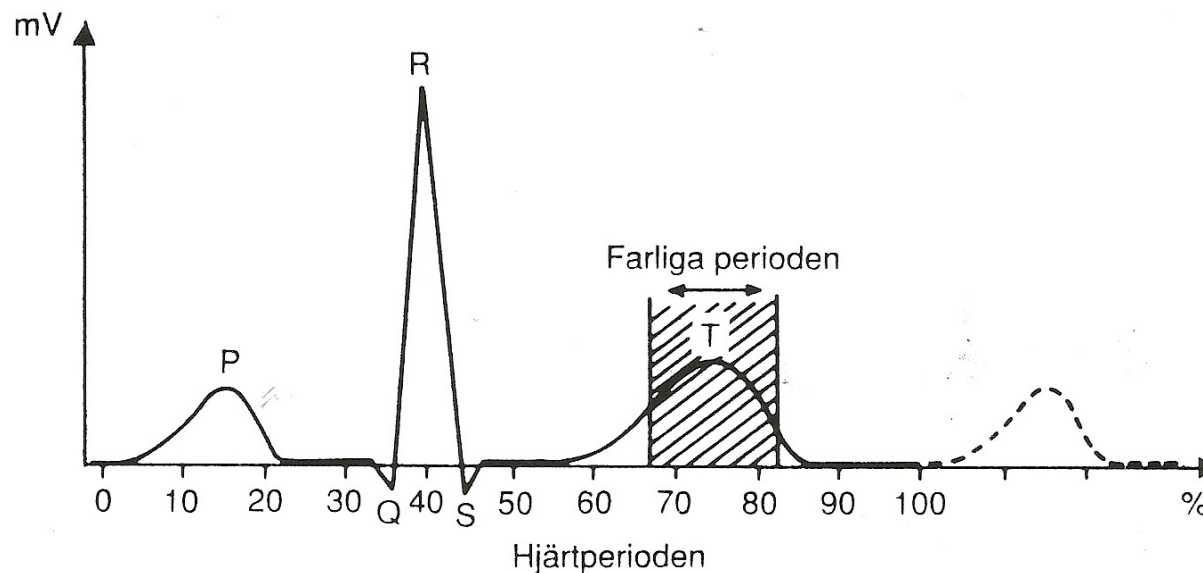
Fysiologisk inverkan på människokroppen av växelström 50 Hz

Ström	Fysiologisk verkan
45 μ A	Kan uppfattas med tungan
0,5 – 1 mA	Känslgräns för fingrarna – häftig reaktion möjlig
1 – 10 mA	Obehagliga stickande smärtor i kontaktytan
>10 mA	Muskelkramper
15 – 20 mA	Släppgränsen , andningsbesvär
20 – 40 mA	Medvetslöshet
40 – 400 mA	Kraftig chock med smärtsam svår kramp, syretillförsel störs -> hjärnan skadas
>400 mA	Hjärtkammerflimmer om T-fasen ingår
flera A	Svåra brännskador, hjärtstopp...



EKG – elektrokardiogram

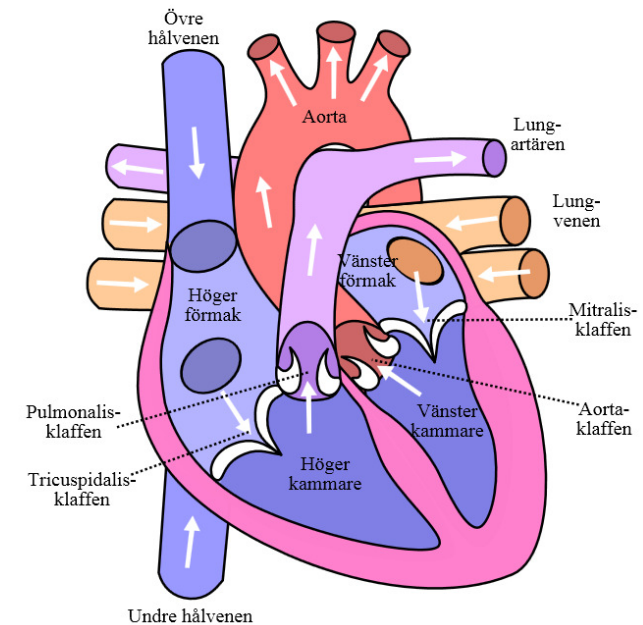
elektrisk aktivitet från hjärtmuskeln



Q-R-S kammarkontraktion

T återställning – vulnerabla (ömtåliga) perioden

$1 \div 1,6 \text{ mV}$
 $1,1 \div 1,3 \text{ Hz}$



Defibrillator, eller hjärtstartare

Tillåten beröringsspänning U_{Tp} som funktion av felets bortkopplingstid

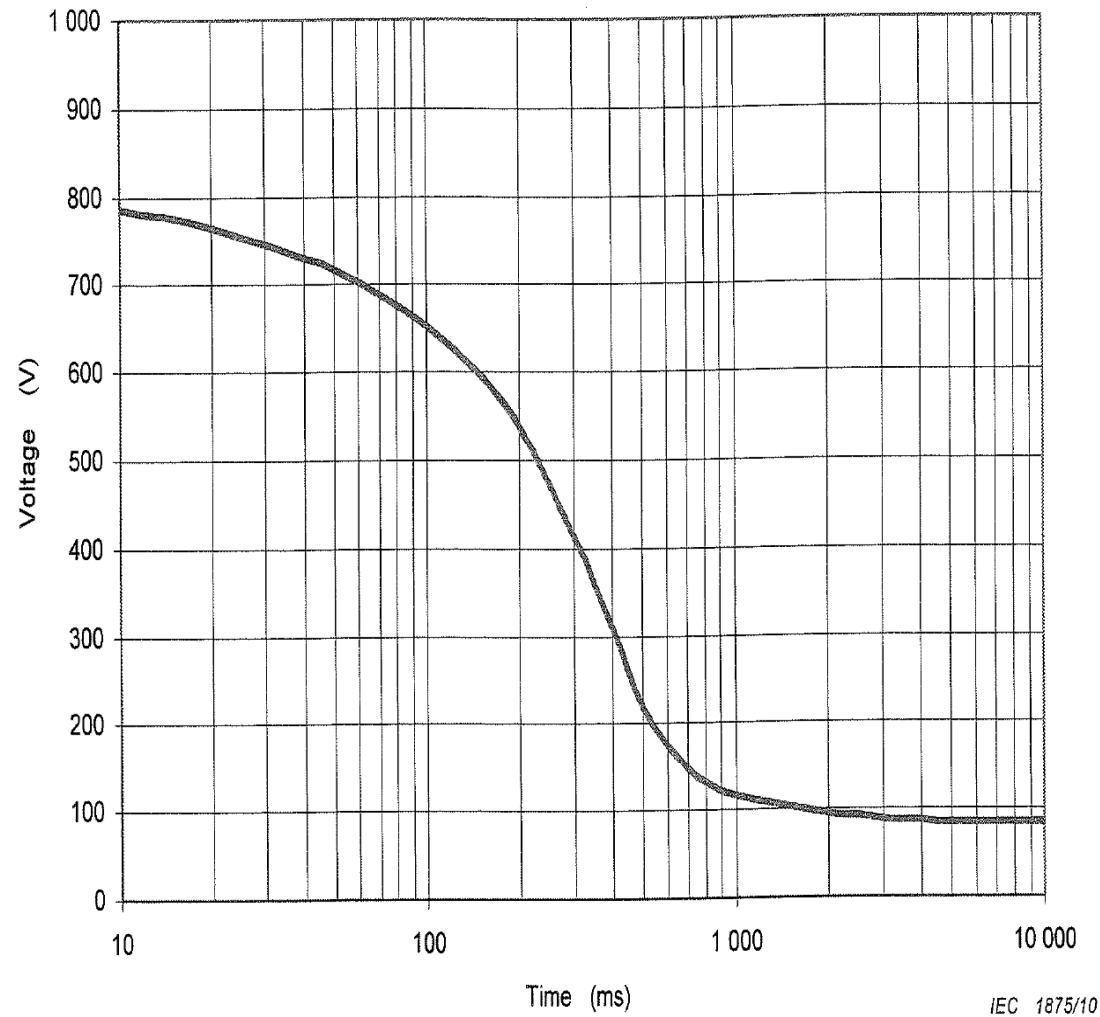
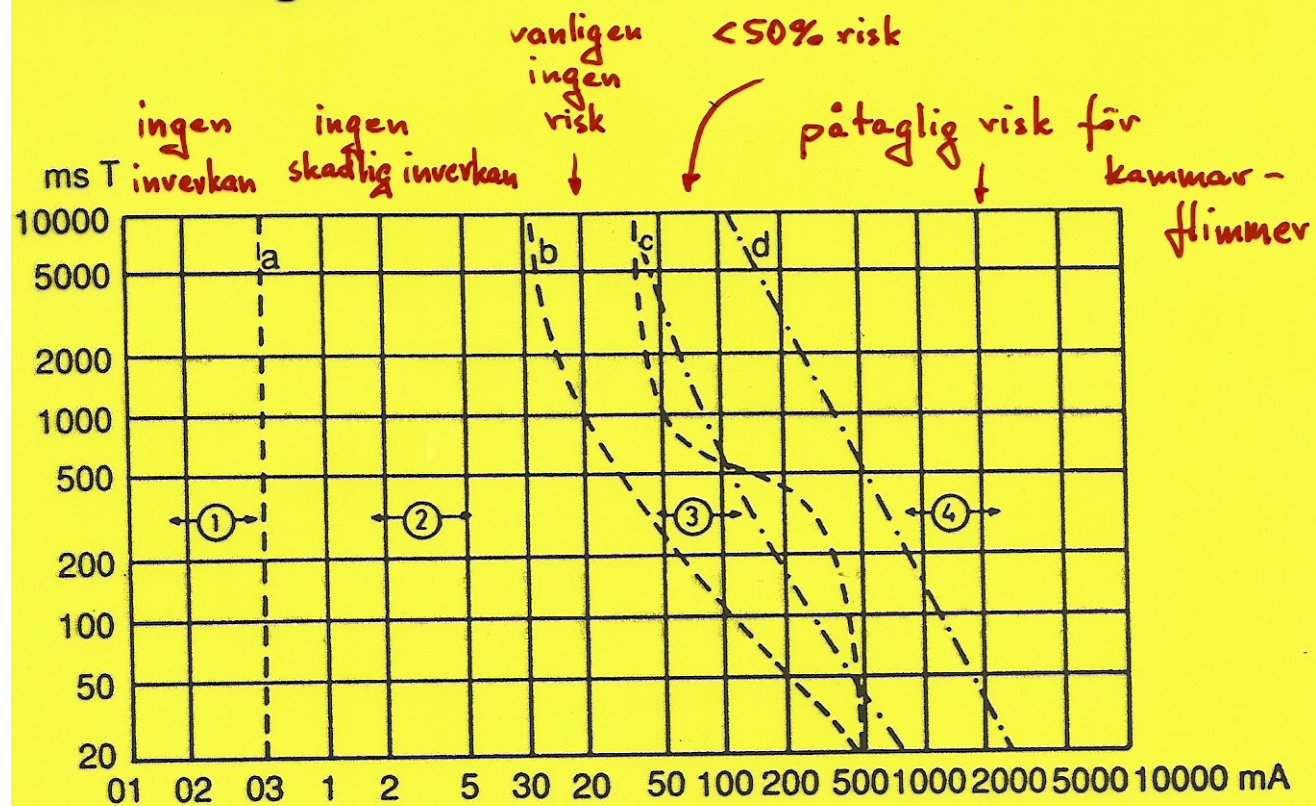
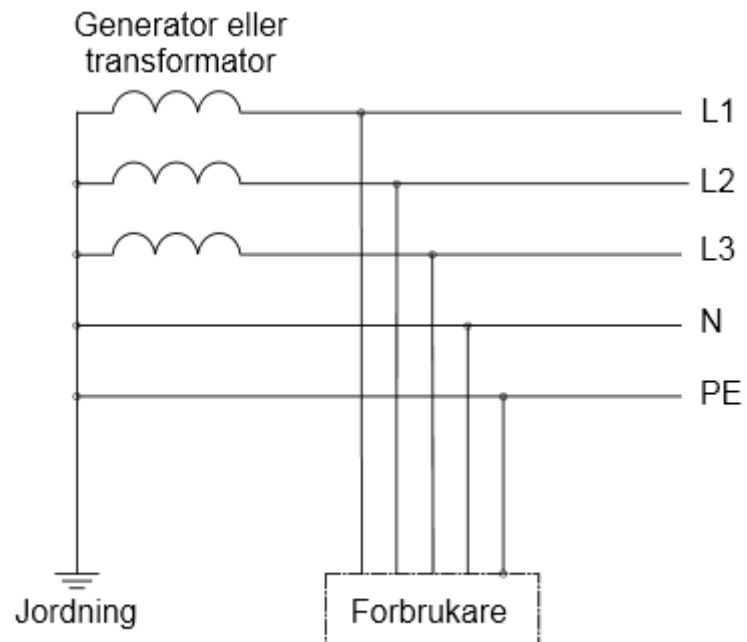


Figure 12 – Permissible touch voltage U_{Tp}

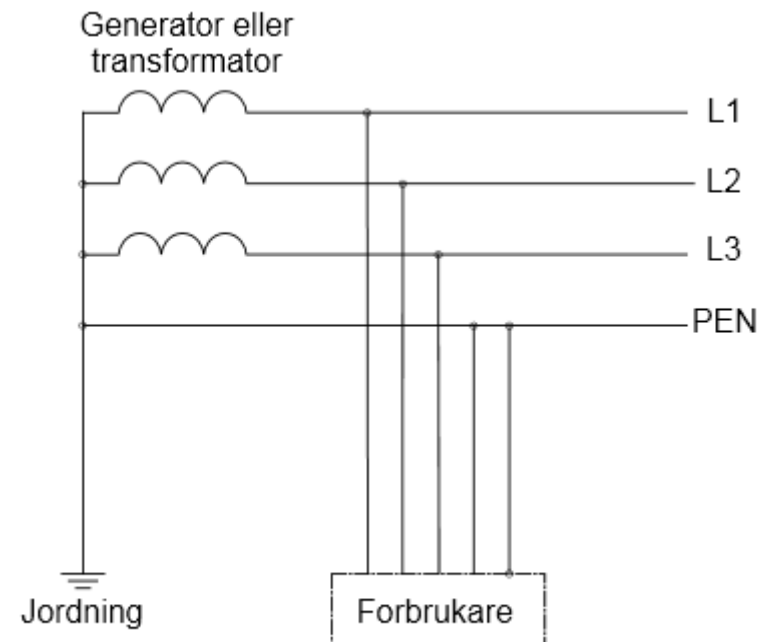
Riskzondiagram



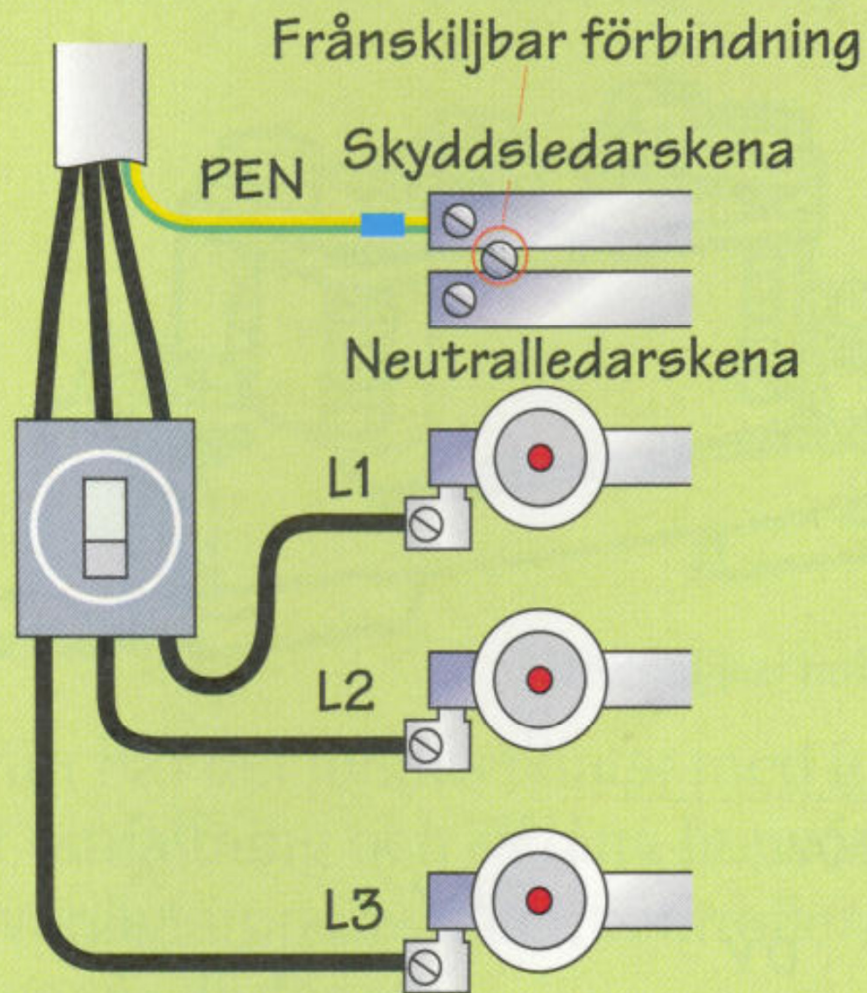
Allmänna distributionsnät för lågspänning ska vara utförda som TN-system



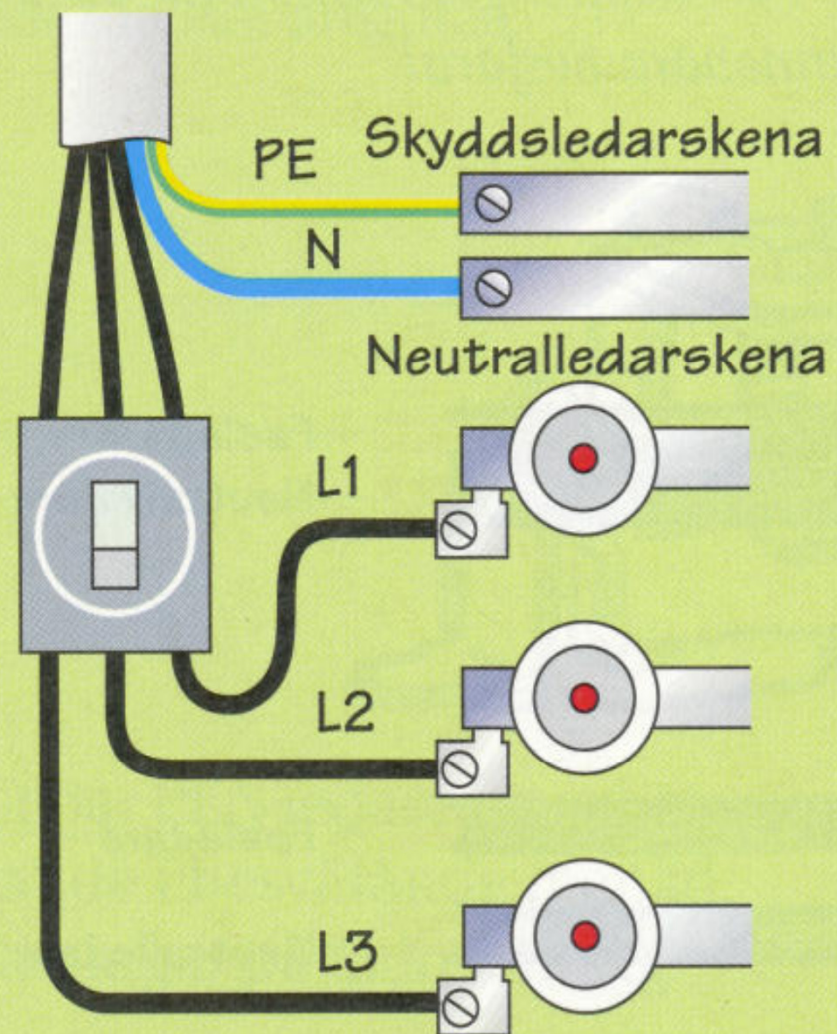
TN-S system



TN-C system

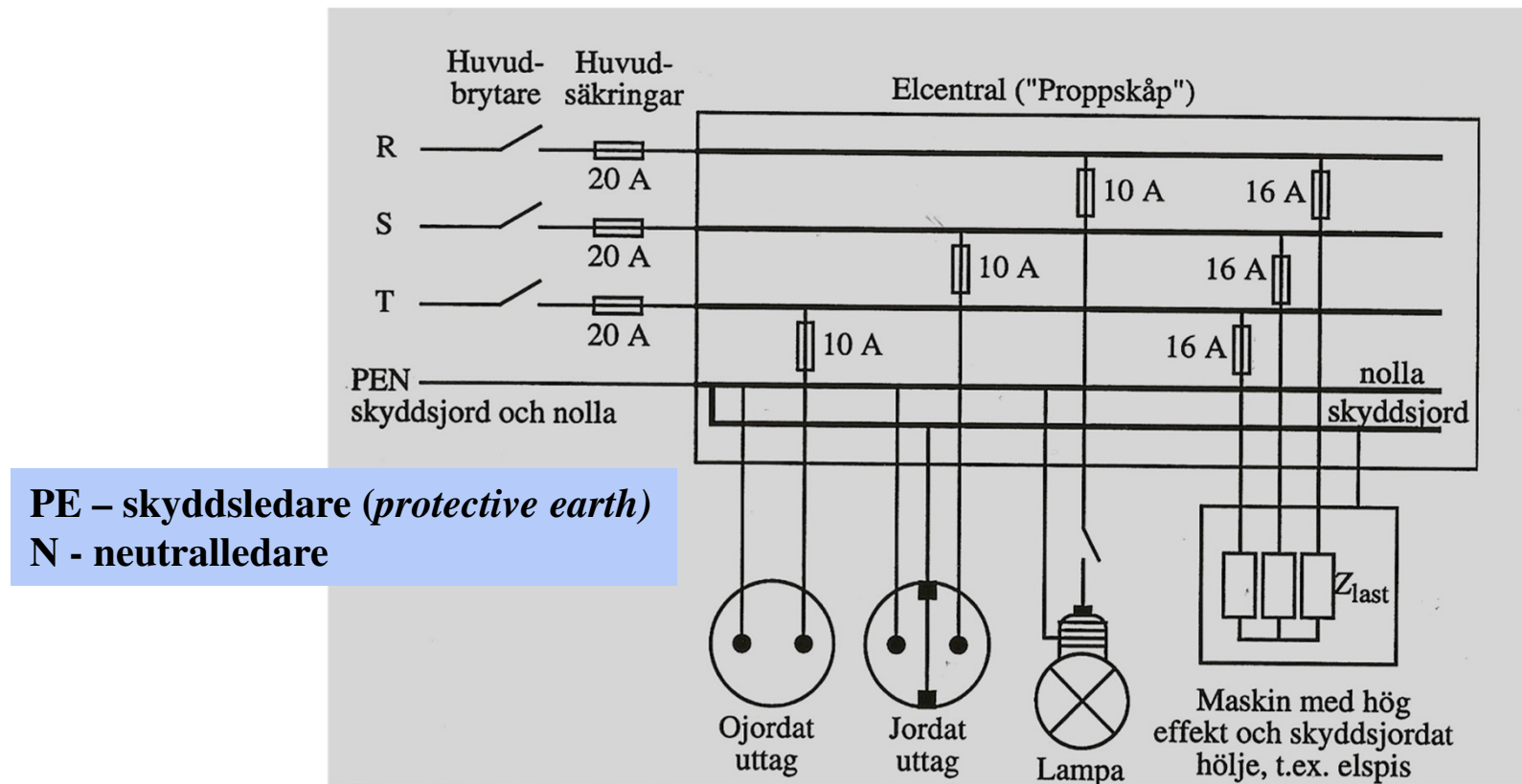


Anslutning TN-C-system.



Anslutning TN-S-system.

Principiellt utförande av en vanlig elinstallation matad från ett fyrledarsystem



TN-C-S system



Jordat vägguttag



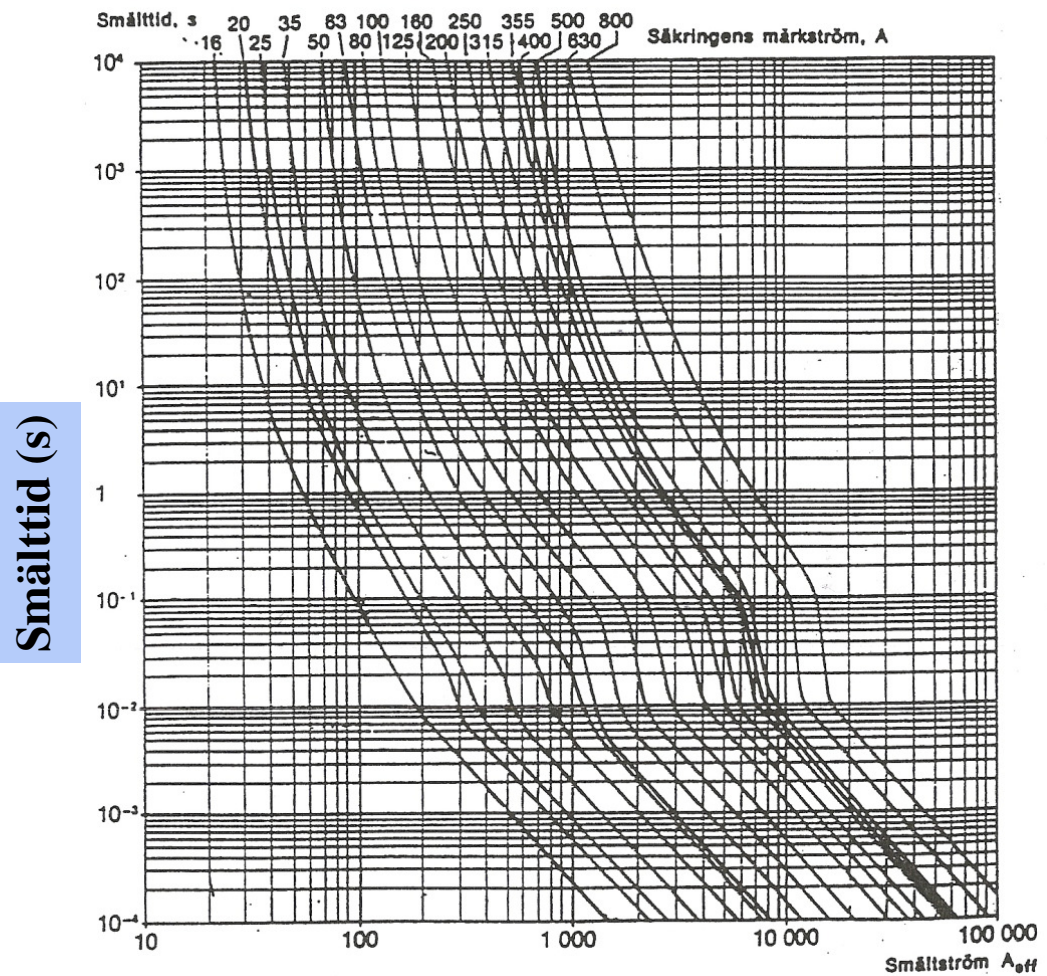
Proppsäkring = gängsäkring



Automatsäkringar =
dvärgbrytare



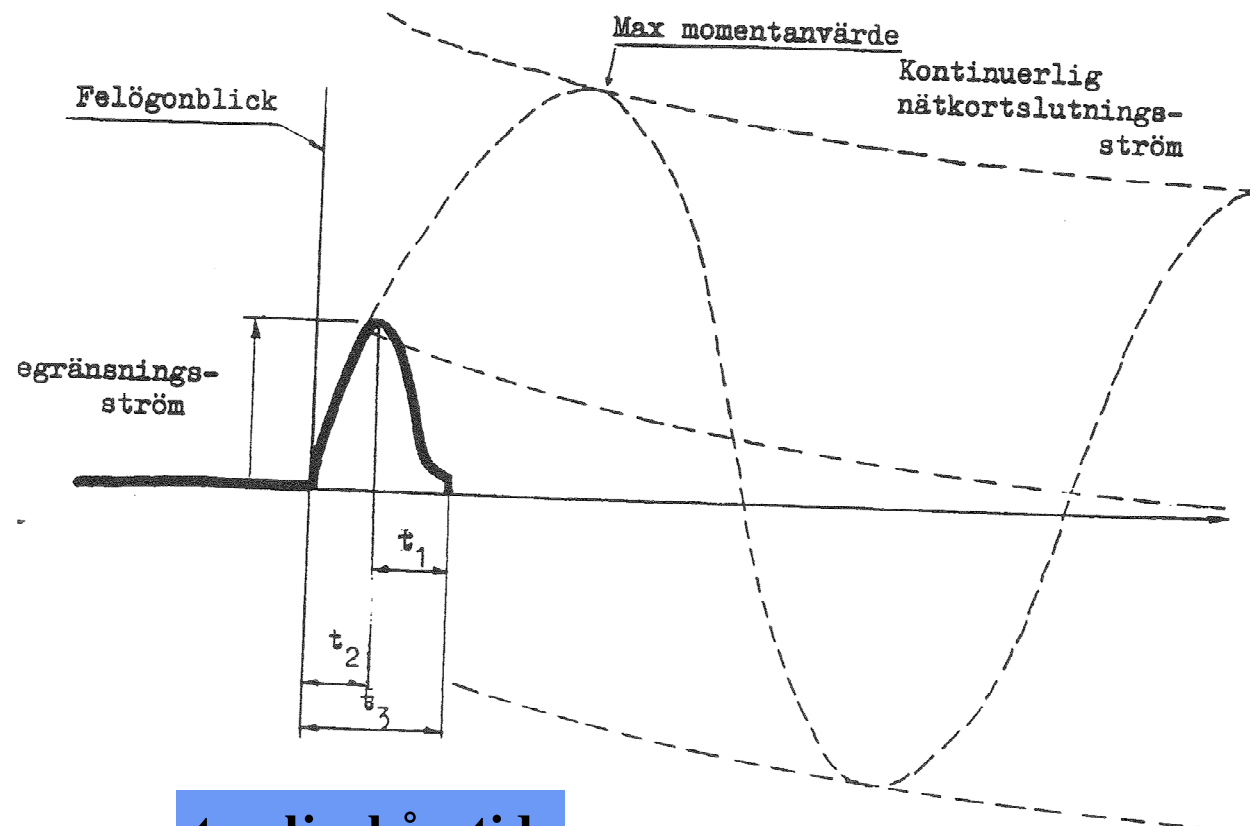
Smälttidskurvor för säkringar



Smälttid (s)

Ström (A)

Strömbegränsande brytförlopp med smältsäkring

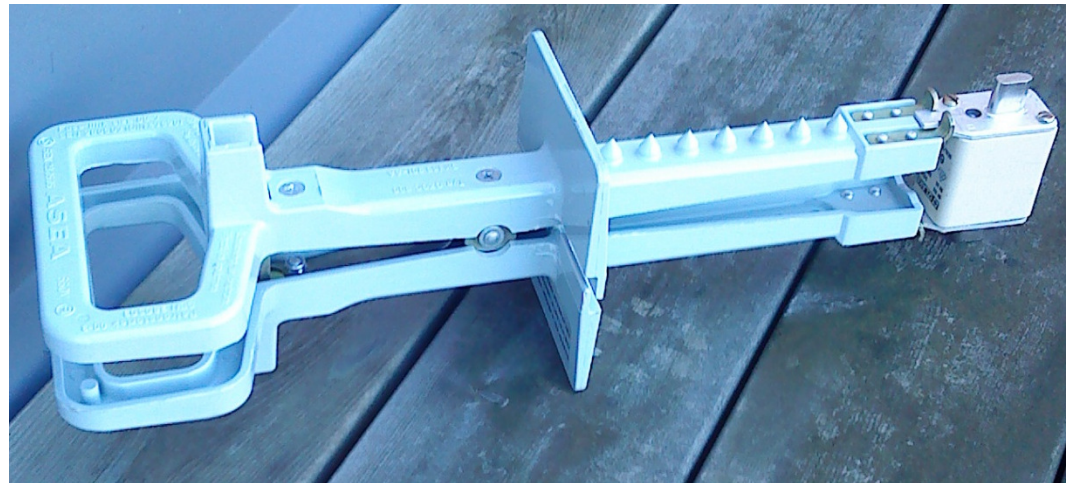


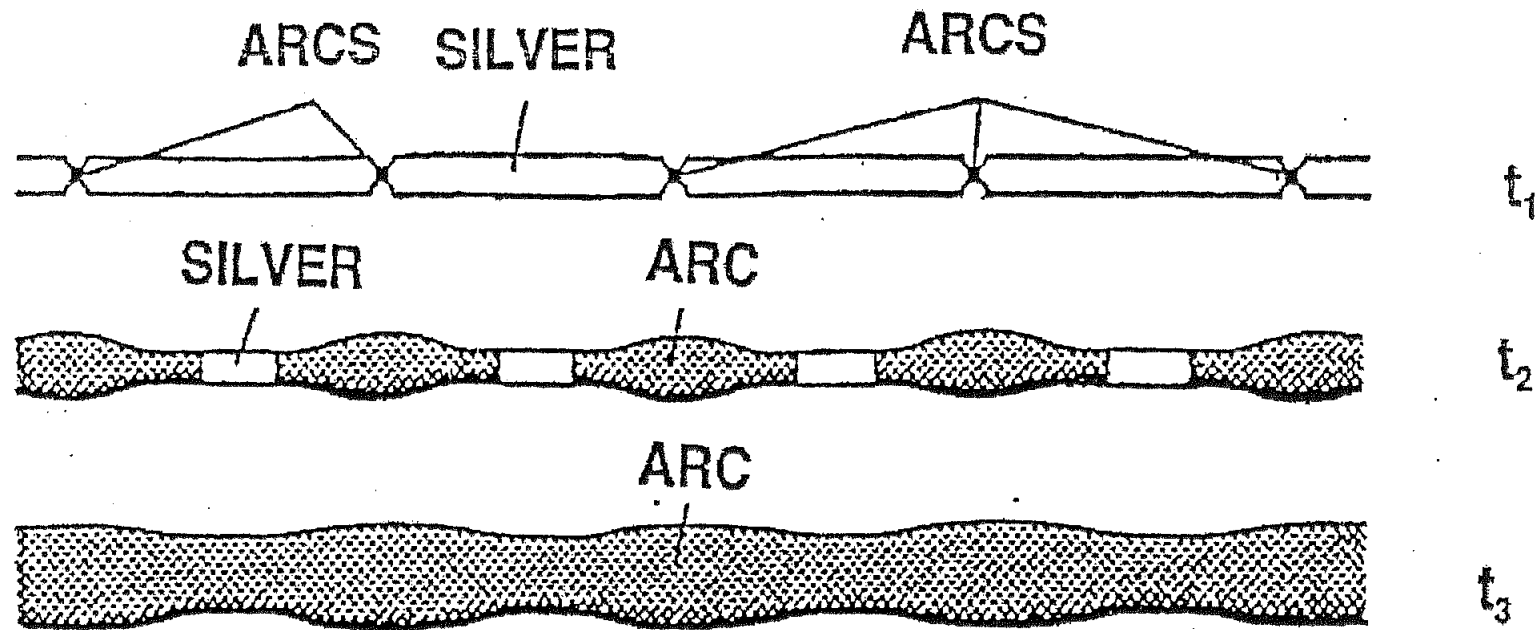
t_1 – ljusbågstad
 t_2 – smälttid
 t_3 – bryttid



Knivsäkring

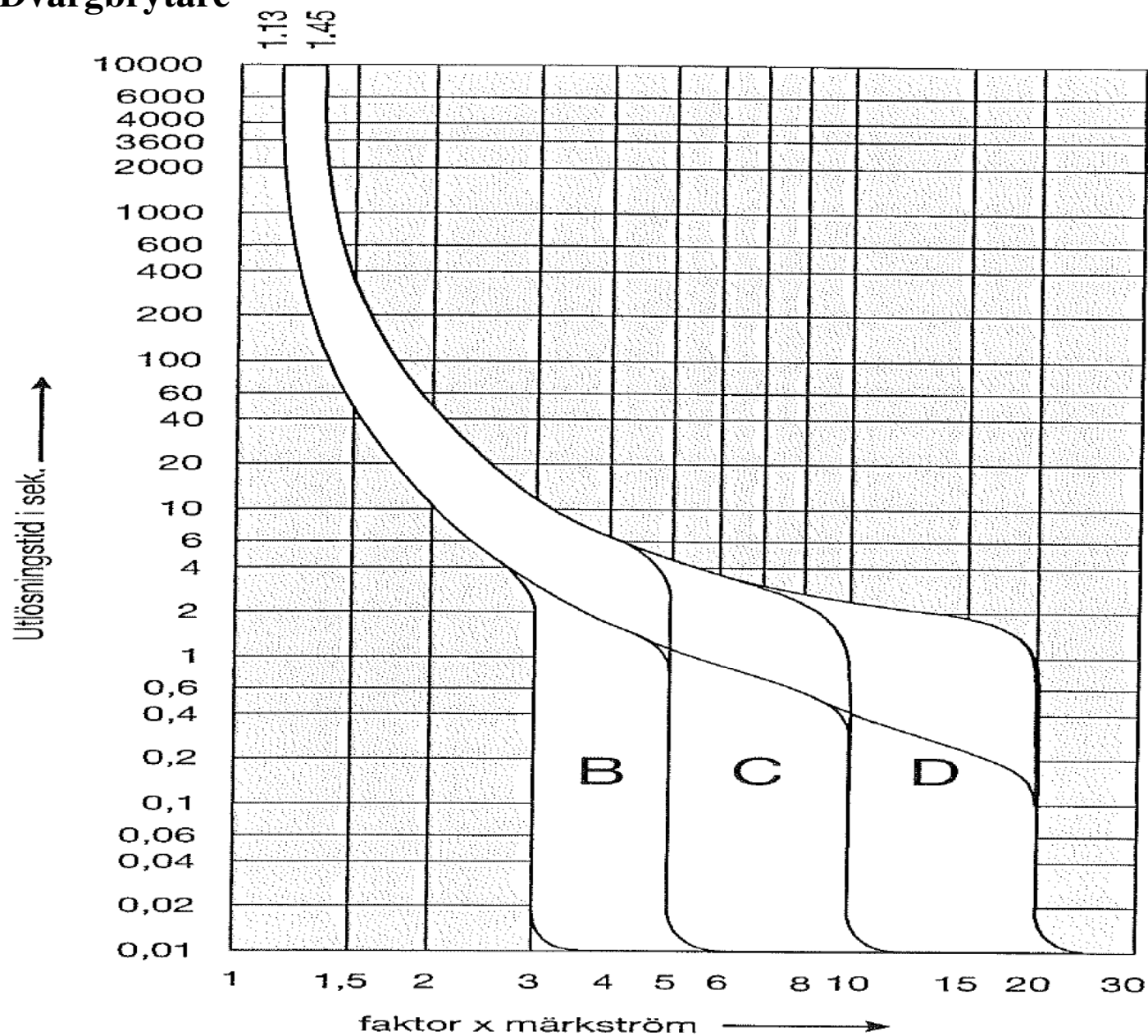
Verktyg för byte





Avsmältning av smältledare

Dvärgbrytare

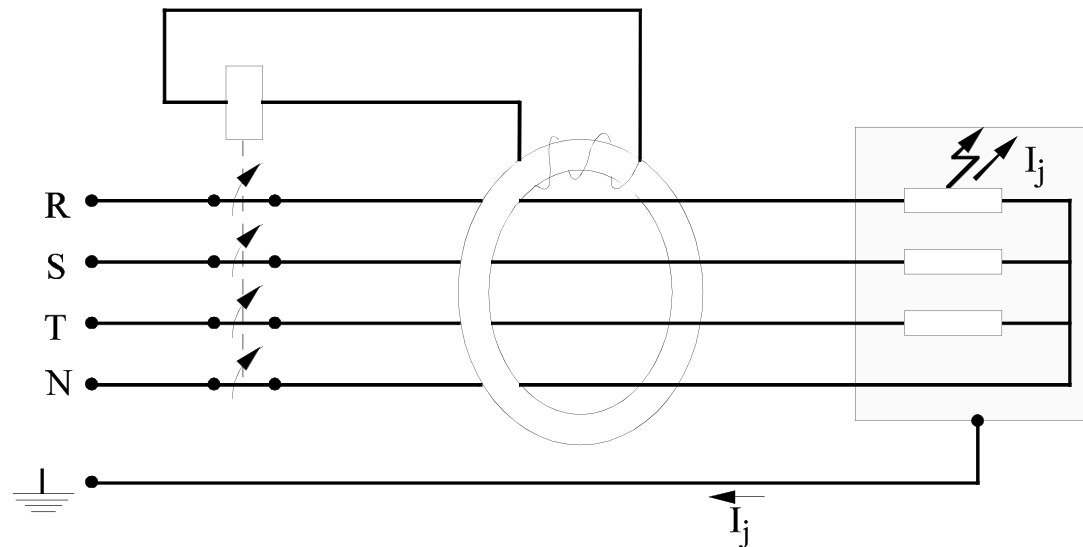


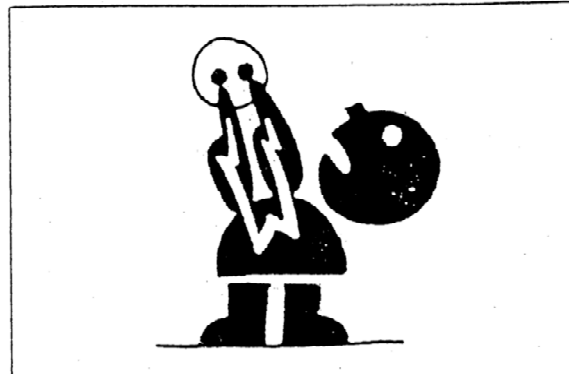
Utsatta delar skall skyddsjordas!

Skydd mot direkt beröring:

- 1. Genom isolering av spänningsförande del*
- 2. Genom avskärmningar eller kapslingar*
- 3. Genom placering utom räckhåll*

Principskiss av en trefasig **jordfelsbrytare**





**Jordfelsbrytaren skyddar inte vid
strömgenomgång från fas till
nolla(N-ledare)!!!**

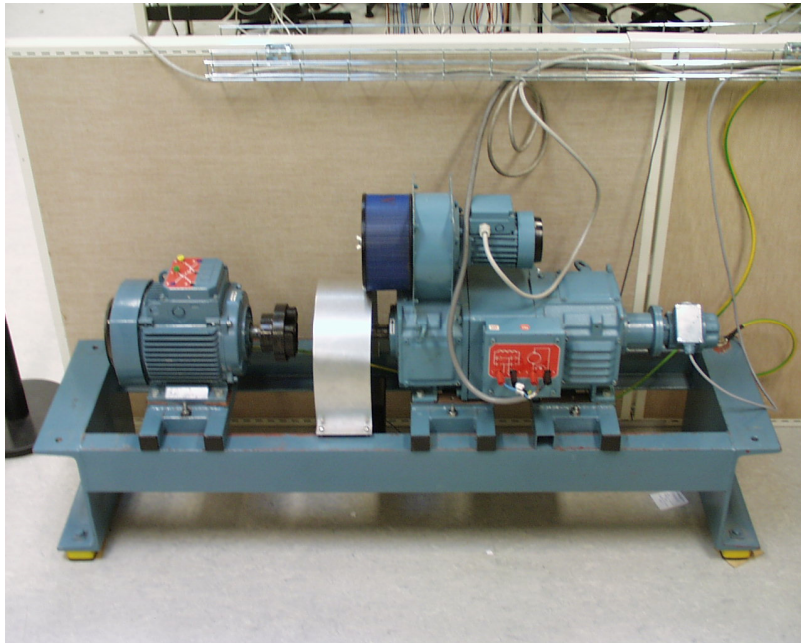
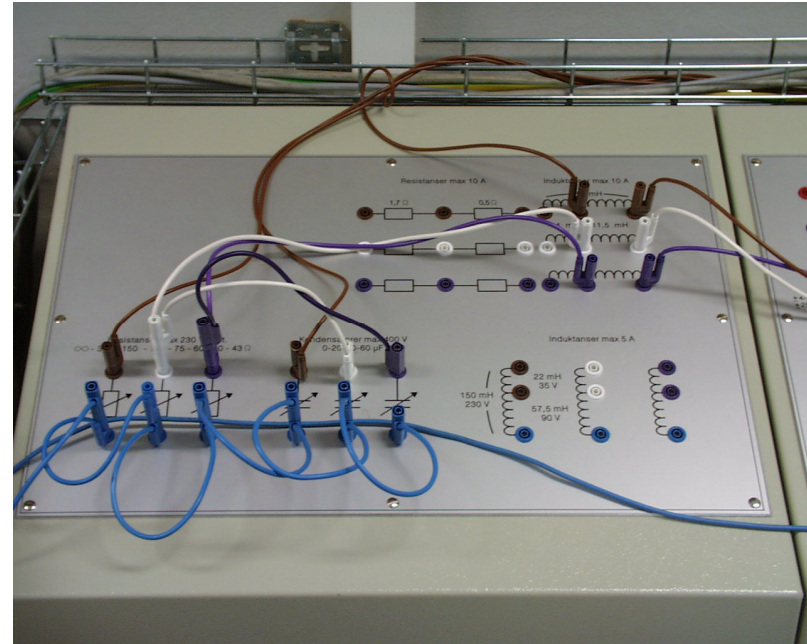
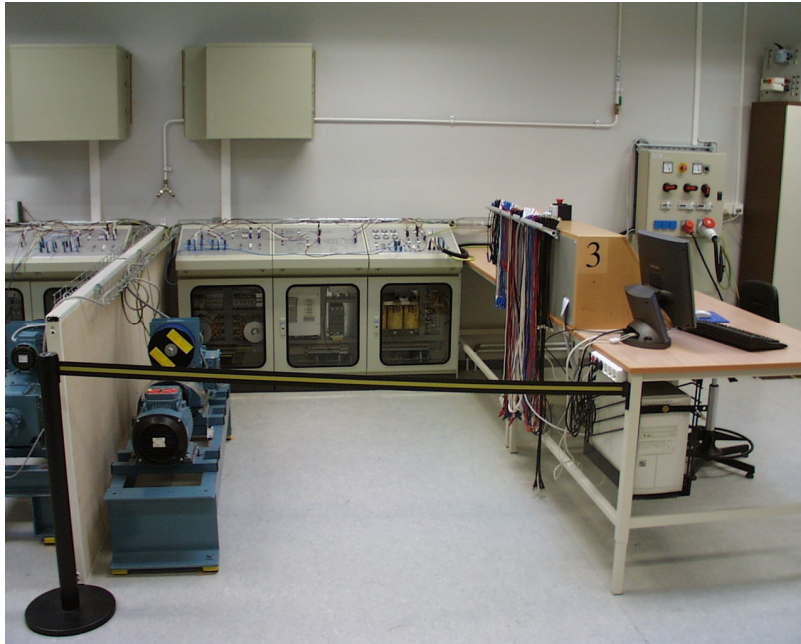
I våra lablokaler gäller:

- Det är förbjudet att arbeta med livsfarliga spänningar och maskiner i laboratorier och verkstäder, när inte annan person finns inom syn- och hörhåll!

Livsfarlig spänning:

AC	> 25 V
DC	> 60 V

- Alla kopplingar i labuppställningar för livsfarlig spänning skall ske i spänningslöst tillstånd!
- Slå inte på spänningen innan en labassistent har gett klartecken!
- De som arbetar med elektriska experiment bör undvika att bära ringar, armband, halskedjor och dylikt av metall.
- Då kondensatorer kan behålla laddningsspänningen under långa tider, får anslutna prov föremål inte beröras utan att kondensatorerna är kortslutna och jordförbundna.



Nödstopp

Registrering av tid för fränkoppling vid nödstopp.

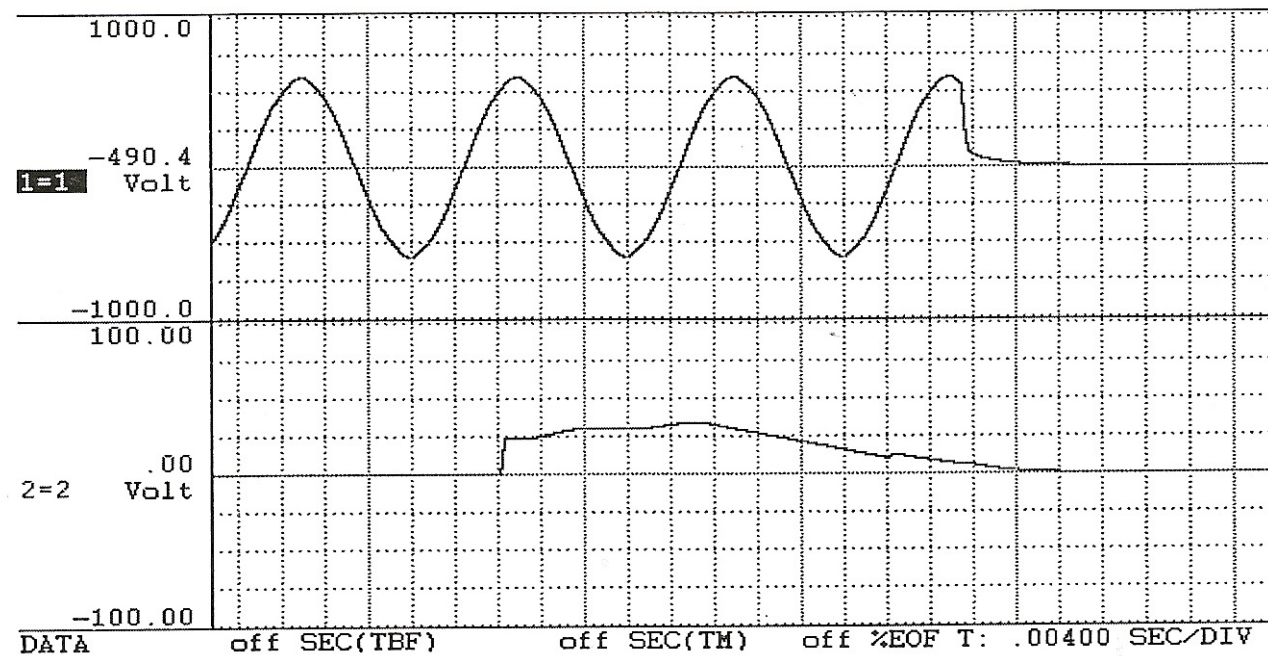
Datum: 991013

Provplats: +2565.3 Fast spänning 400V 63A.

Mätt med DATAQ DI-730.

Kanal 1: Huvudspänning.

Kanal 2: Direkt över nödstoppsknappen.



Vägledning – vid elskada

CHECKLISTA

- **Bryt ALLTID strömmen** eller dra bort den skadade från strömförande föremål.
- Tänk på din egen säkerhet, berör inte bar hud.
- Dra i den skadades kläder eller använd något föremål emellan dig och den skadade.
- Kontakta alltid sjukvården även om olyckan inte verkar så allvarlig.
- Berätta för vårdpersonalen att det är **EN OLYCKA ORSAKAD AV EL**.
- **RING 112 – TILLKALLA HJÄLP.**

Ljusbågsskador



- Släck brand i hår och kläder med brandfilt eller vatten.
- Ögon som utsätts för bländning från en ljusbåge kan svida.
- Doppa kompresser i svalt vatten och lägg på ögonen för att lindra.
- Ta inte av kläder som täcker skadan.
- Kyl skadan med svalt vatten tills ambulansen kommer.
- För ut den skadade i luften.

**RING 112 –
TILLKALLA
HJÄLP.**

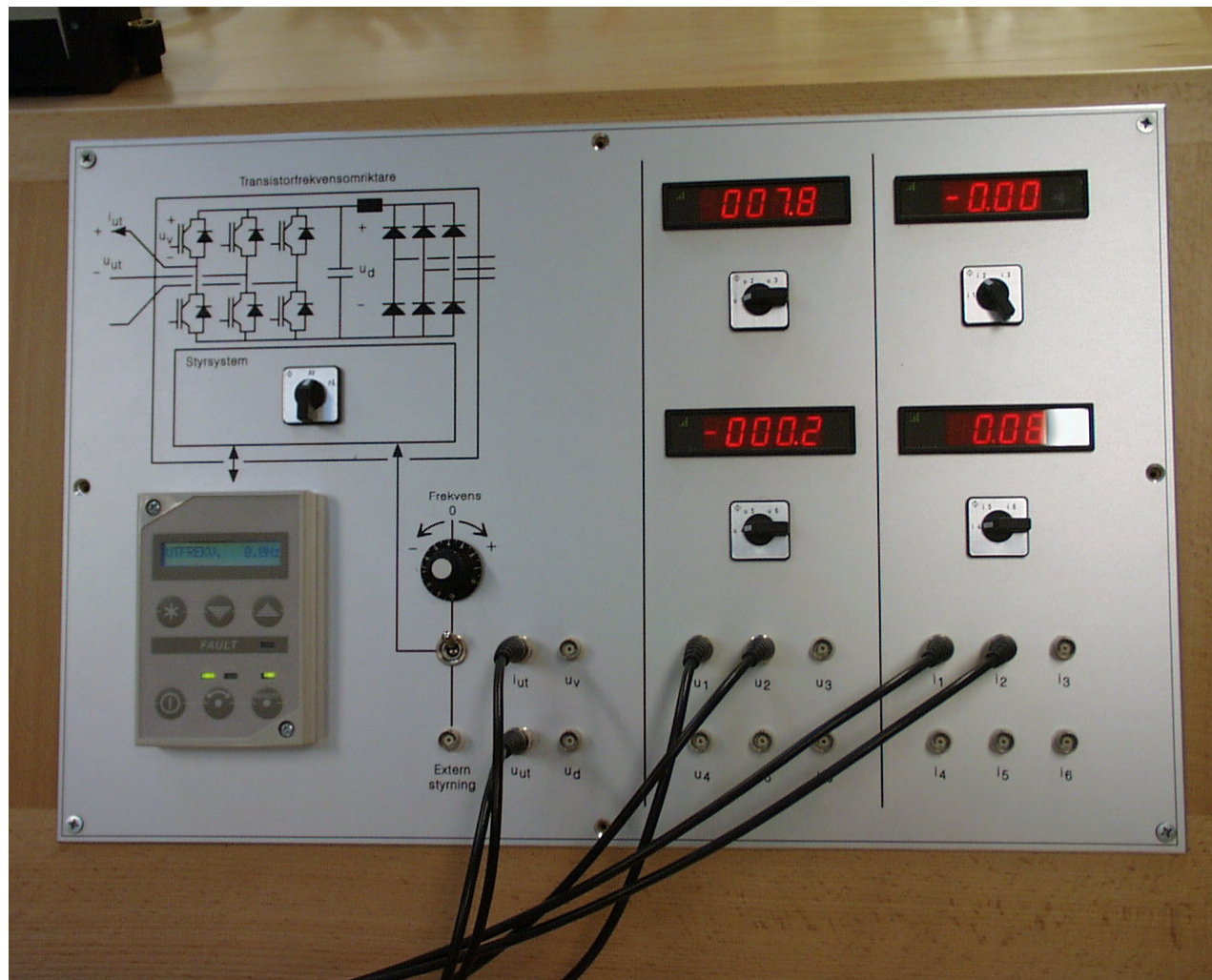
CHALMERS

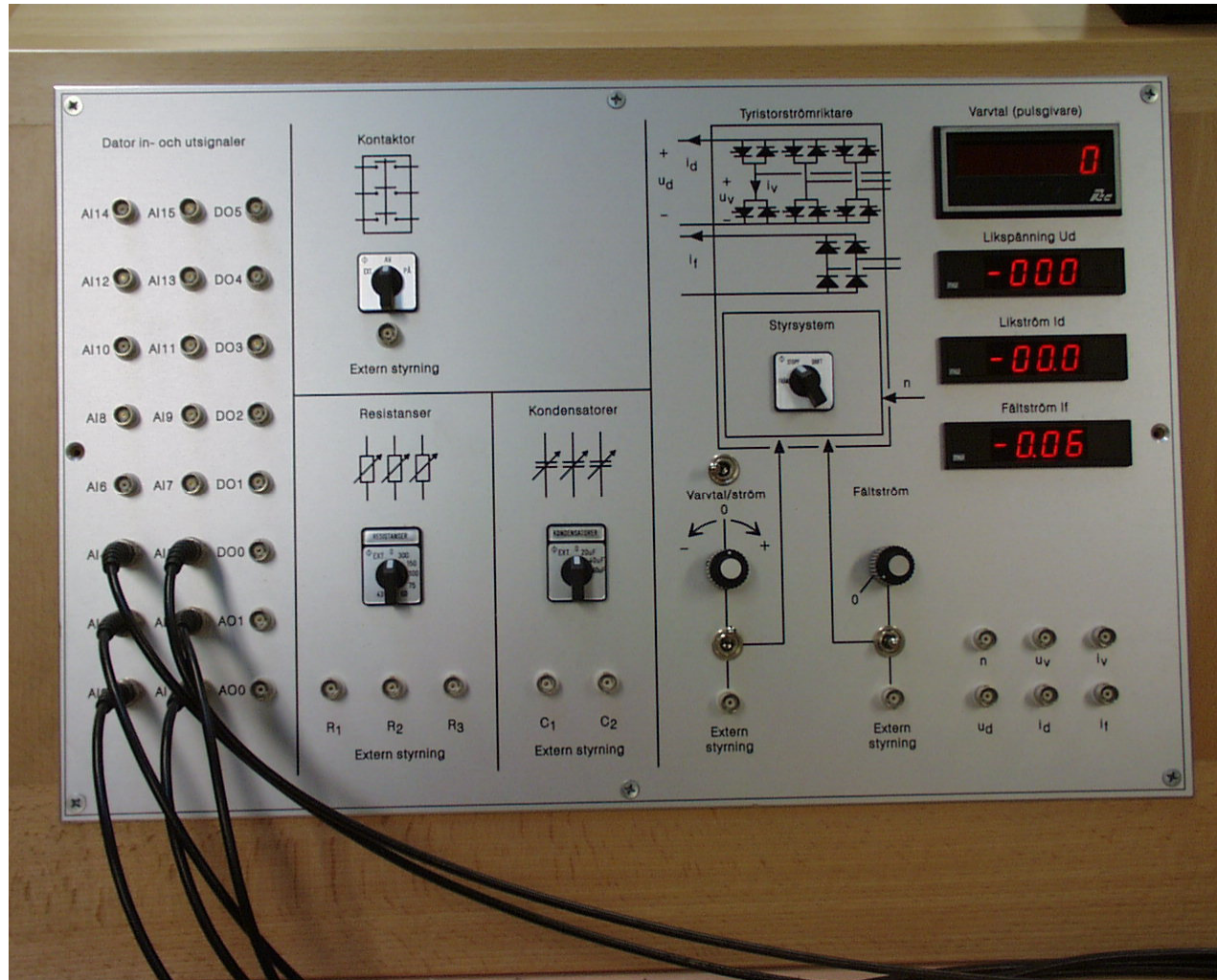




BRYT STRÖMMEN !!!

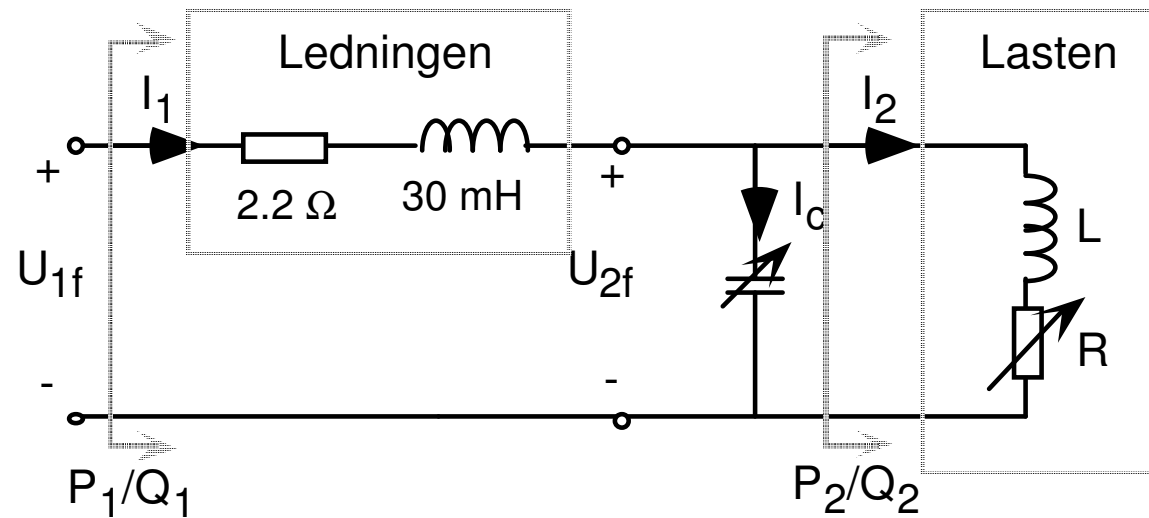
Lite mer inför Lab1



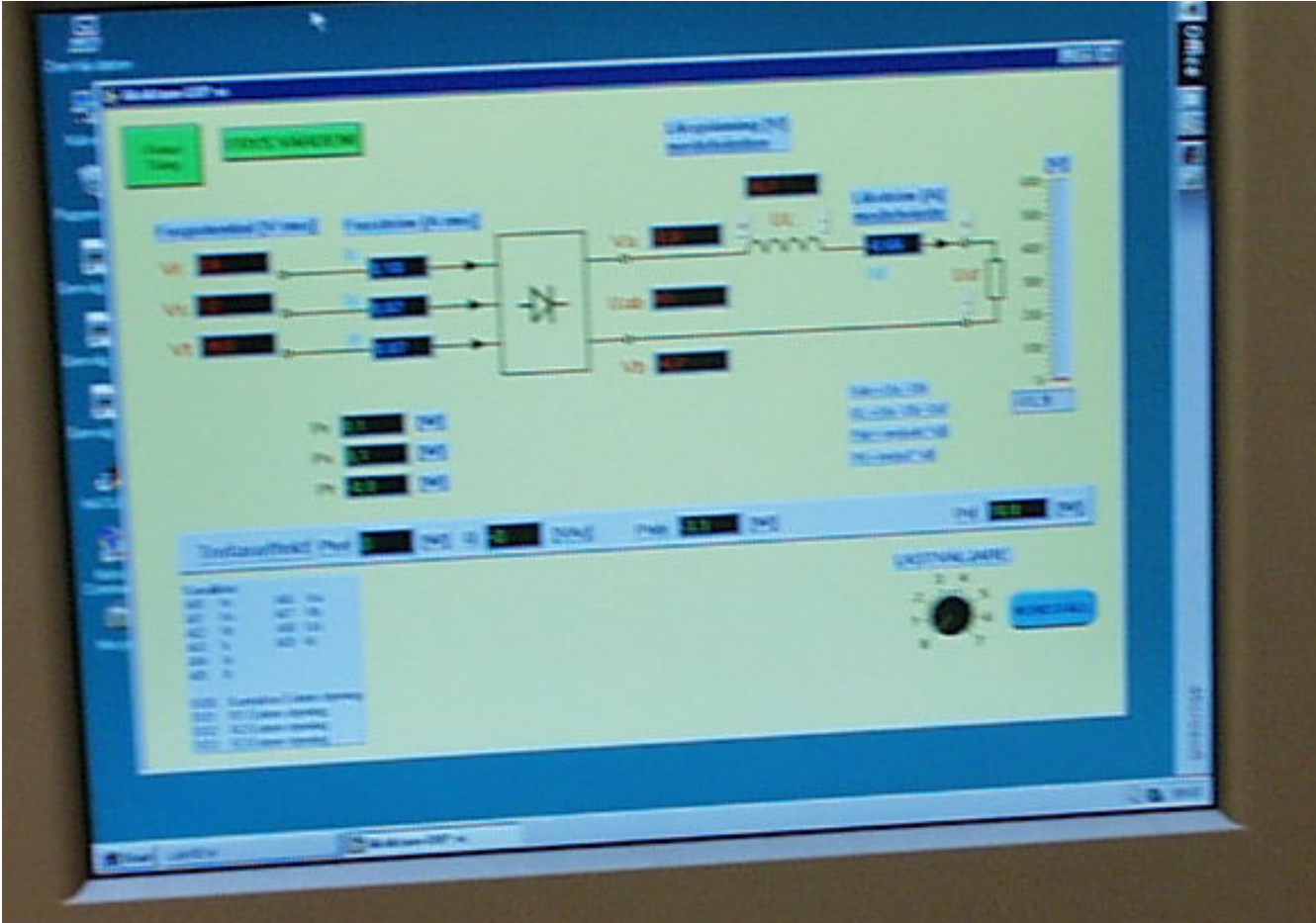


Lab 1

Induktiv och resistiv ledning, faskompensering

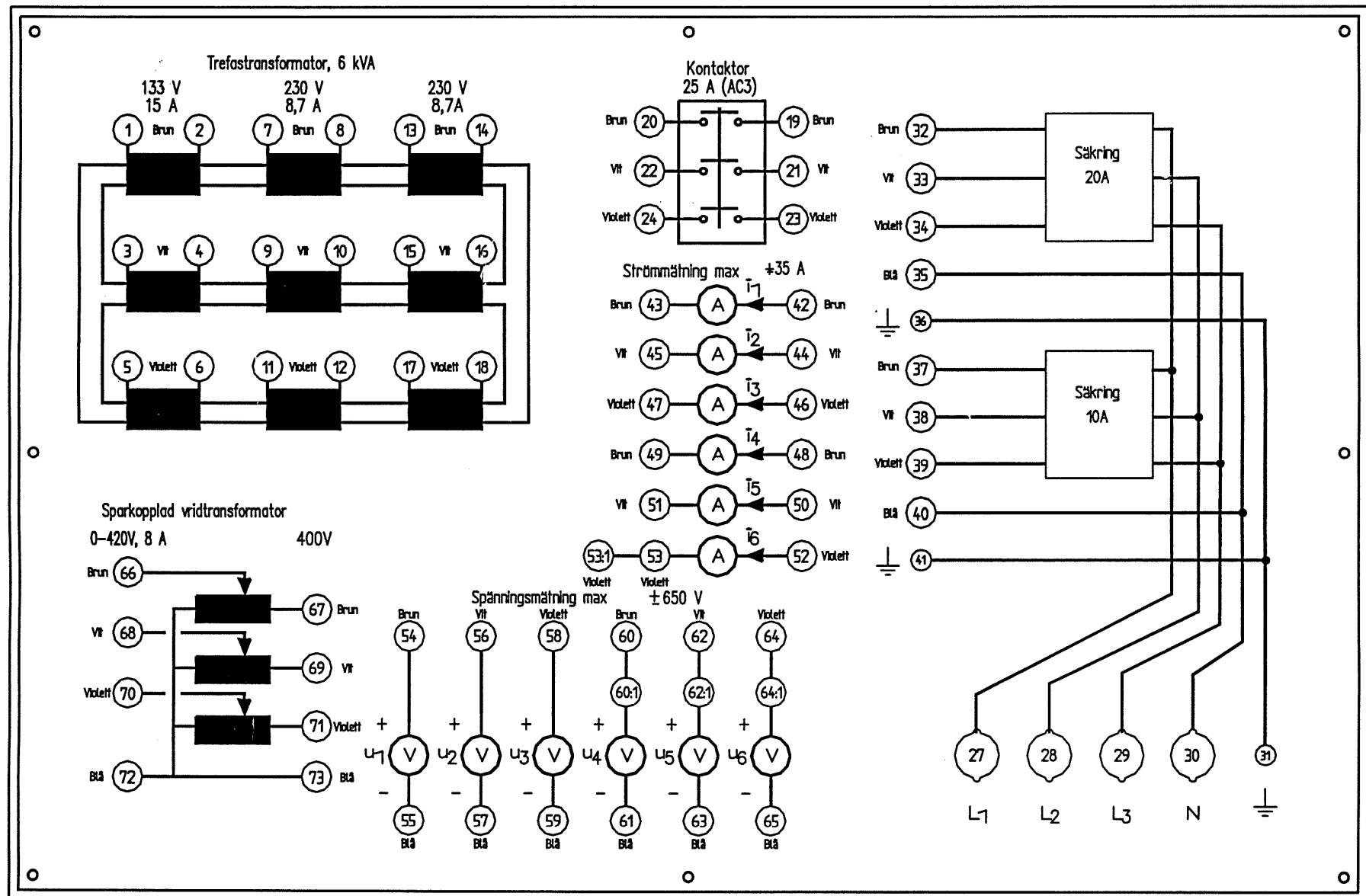


CHALMERS



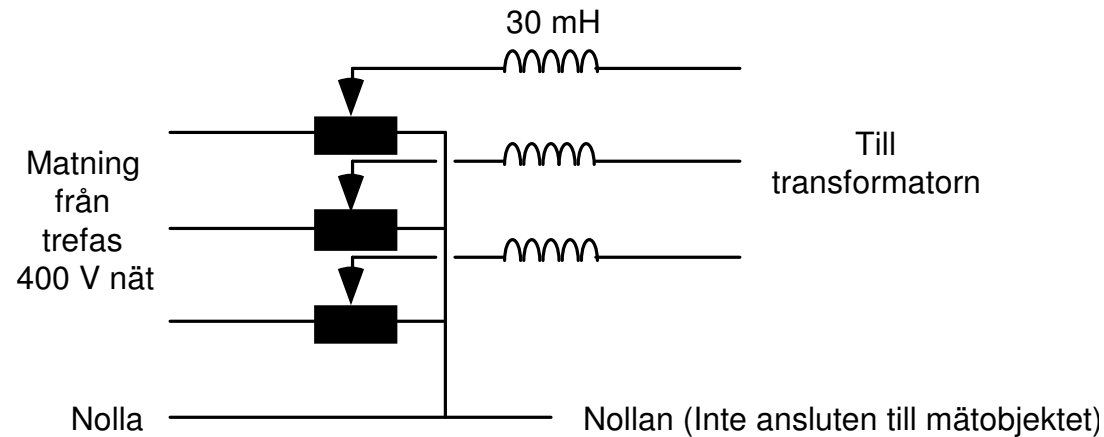
PLATS 1,3,5

Lab 1

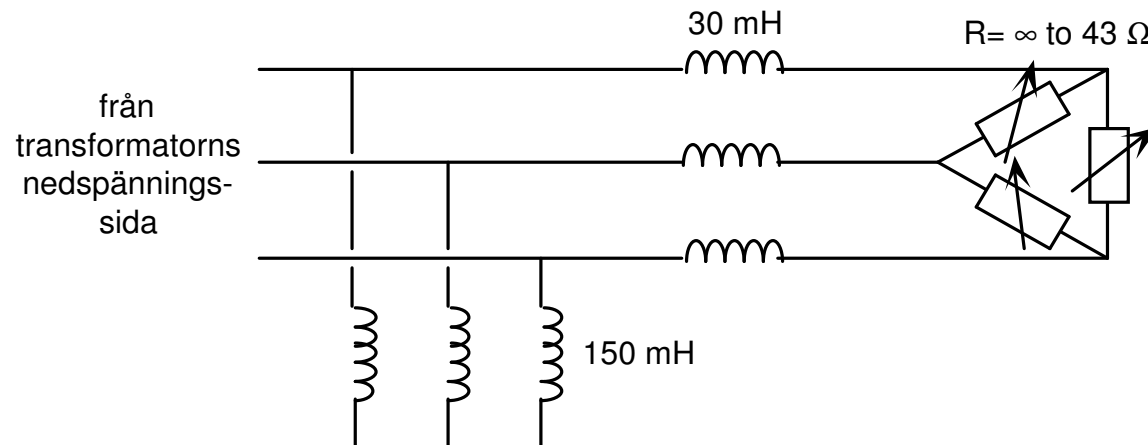


Lab 1

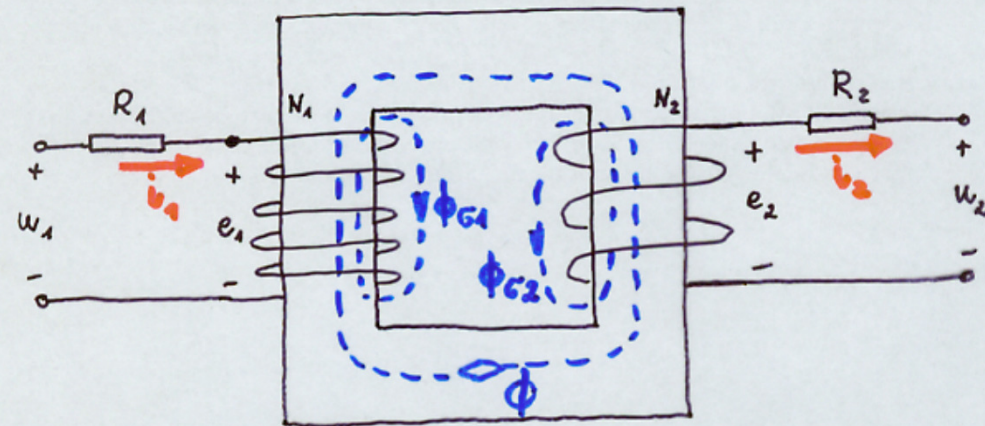
Kortslutningsprovet och tomgångsprovet på transformator



Belastning av transformatorn med RL-last



En ickeideal transformator



Φ_G - läckflöde

Φ - huvudflöde

L_G - läckinduktans

X_G - läckreaktans

$$\left. \begin{aligned} \psi_1 &= N_1 \phi_{\sigma 1} + N_1 \phi = \psi_{\sigma 1} + N_1 \phi \\ \psi_2 &= -N_2 \phi_{\sigma 2} + N_2 \phi = -\psi_{\sigma 2} + N_2 \phi \end{aligned} \right\} \text{ magn. ekv.}$$

$$\psi_{\sigma 1} = L_{\sigma 1} i_1 \quad ; \quad \psi_{\sigma 2} = L_{\sigma 2} i_2$$

$$\left. \begin{aligned} u_1 - R_1 i_1 &= e_1 \\ e_2 - R_2 i_2 &= u_2 \end{aligned} \right\} \text{ elektr. ekv.}$$

$$u_1 = R_1 i_1 + e_1 = R_1 i_1 + \frac{d\psi_1}{dt} = R_1 i_1 + L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} + N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$u_2 = -R_2 i_2 + e_2 = -R_2 i_2 + \frac{d\psi_2}{dt} = -R_2 i_2 - L_{\sigma 2} \frac{di_2}{dt} + N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$\text{komplexform: } \frac{d}{dt} = j\omega$$

$$u_1 = R_1 i_1 + e_1 = R_1 i_1 + \frac{d\psi_1}{dt} = R_1 i_1 + L_{\sigma 1} \frac{di_1}{dt} + N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

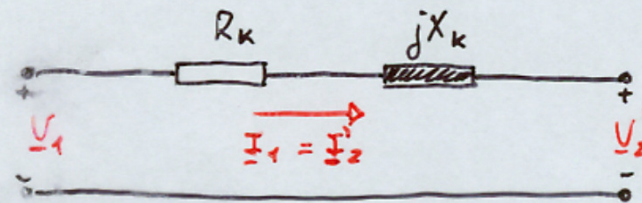
$$u_2 = -R_2 i_2 + e_2 = -R_2 i_2 + \frac{d\psi_2}{dt} = -R_2 i_2 - L_{\sigma 2} \frac{di_2}{dt} + N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$\text{komplexform: } \frac{d}{dt} = j\omega$$

$$\underline{U}_1 = R_1 \underline{I}_1 + j\omega L_{\sigma 1} \underline{I}_1 + j\omega N_1 \underline{\phi}$$

$$\underline{U}_2 = -R_2 \underline{I}_2 - j\omega L_{\sigma 2} \underline{I}_2 + j\omega N_2 \underline{\phi}$$

Förenklade ekvivalenta schema



Enkla ekvivalenta schema

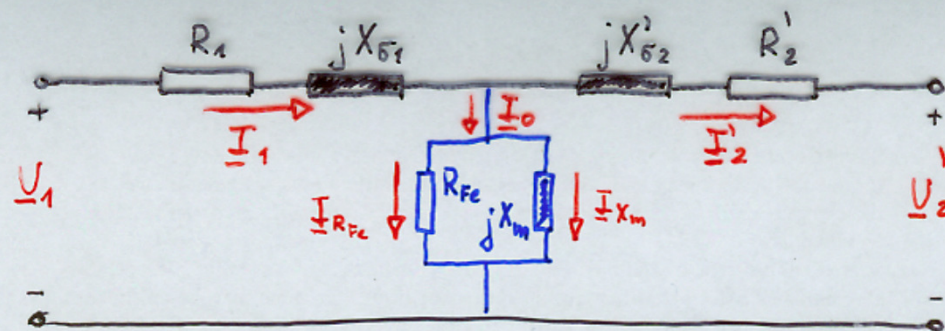
$$R_k = R_1 + R_2' \quad \text{kortslutningsresistans}$$

$$X_k = X_{1\sigma} + X_{2\sigma}' \quad \text{kortslutningsreaktans}$$

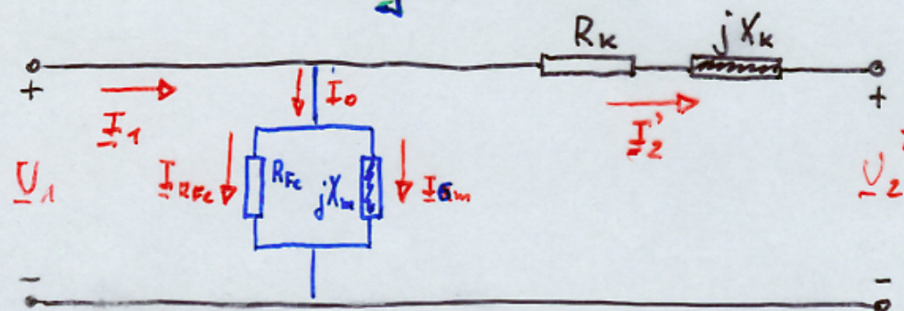


$$\underline{U}_1 = R_1 \underline{I}_2' + jX_{\sigma 1} \underline{I}_2' + R_2' \underline{I}_2' + jX_{\sigma 2}' \underline{I}_2' + \underline{U}_2'$$

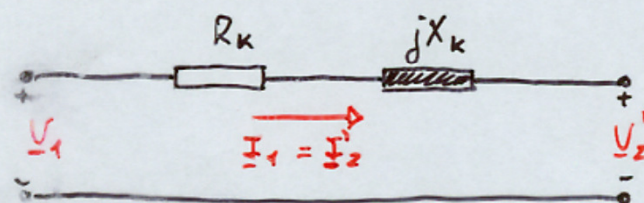
mmk balansen: $N_1 \underline{I}_1 - N_2 \underline{I}_2 = N_1 \underline{I}_0 \Rightarrow \underline{I}_1 = \underline{I}_2' + \underline{I}_0$



Fullständiga ekvivalenta schema



Förenklade ekvivalenta schema



Enkla ekvivalenta schema

$$R_k = R_1 + R_2'$$

kortslutningsresistans

$$X_k = X_{l1} + X_{l2}'$$

kortslutningsreaktans

Förluster och verkningsgrad

$$P_1 = P_2 + P_{\text{förl}}$$

$$P_{\text{förl}} = P_0 + P_{\text{Cu}}$$

$$\eta = \frac{P_1 - P_{\text{förl}}}{P_1} \cdot 100 \%$$

Tomgångsprov utförs från lågspänningssidan av trafo med märkspänning

$$U_0 = U_n \quad P_0 \quad I_0 \quad \rightarrow \quad R_{\text{Fe}} \quad X_m$$

Kortslutningsprov utförs från uppspänningssidan av trafo med märkström

$$I_k = I_n \quad P_k \quad U_k \quad \rightarrow \quad R_k \quad X_k$$

Basimpedansen definieras med transformatorns märkvärden, märkspänning (U_n) och märkeffekt (S_n), enligt:

$$Z_{bas} = \frac{U_n^2}{S_n}$$

Denna kvot motsvarar den impedans en trefasbelastning har som vid märkspänning förbrukar märkström.

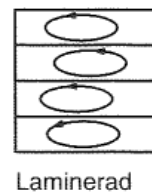
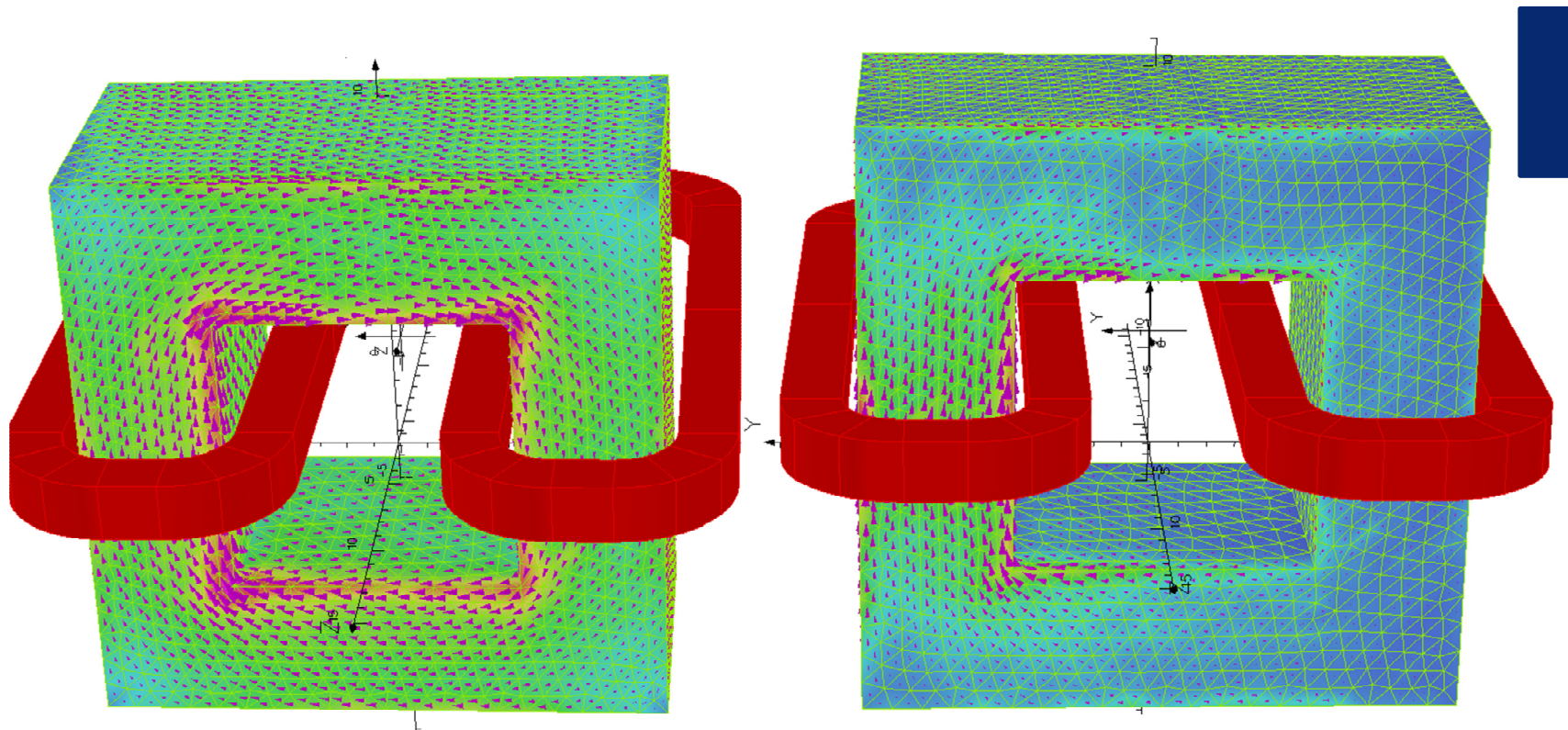
Förhållandet: $z_k = \frac{Z_k}{Z_{bas}} \cdot 100\%$ kallas för **relativa kortslutningsimpedansen**

på motsvarande sätt definieras:

$$r_k = \frac{R_k}{Z_{bas}} \cdot 100\% \quad \text{kortslutningsresistansen } (P_{cu})$$

$$x_k = \frac{X_k}{Z_{bas}} \cdot 100\% \quad \text{kortslutningsreaktansen}$$

Med massivt järn ökar förlusterna!

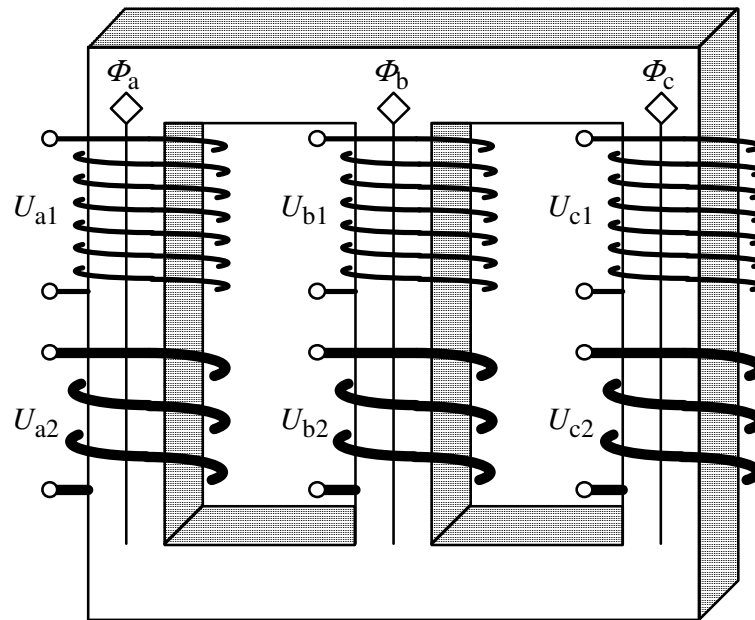


Laminering minskar
kärnförluster!



Trefastransformator

Y/y
YN/yn
 Δ /y-noll
 Δ/Δ
D/d
Y/z



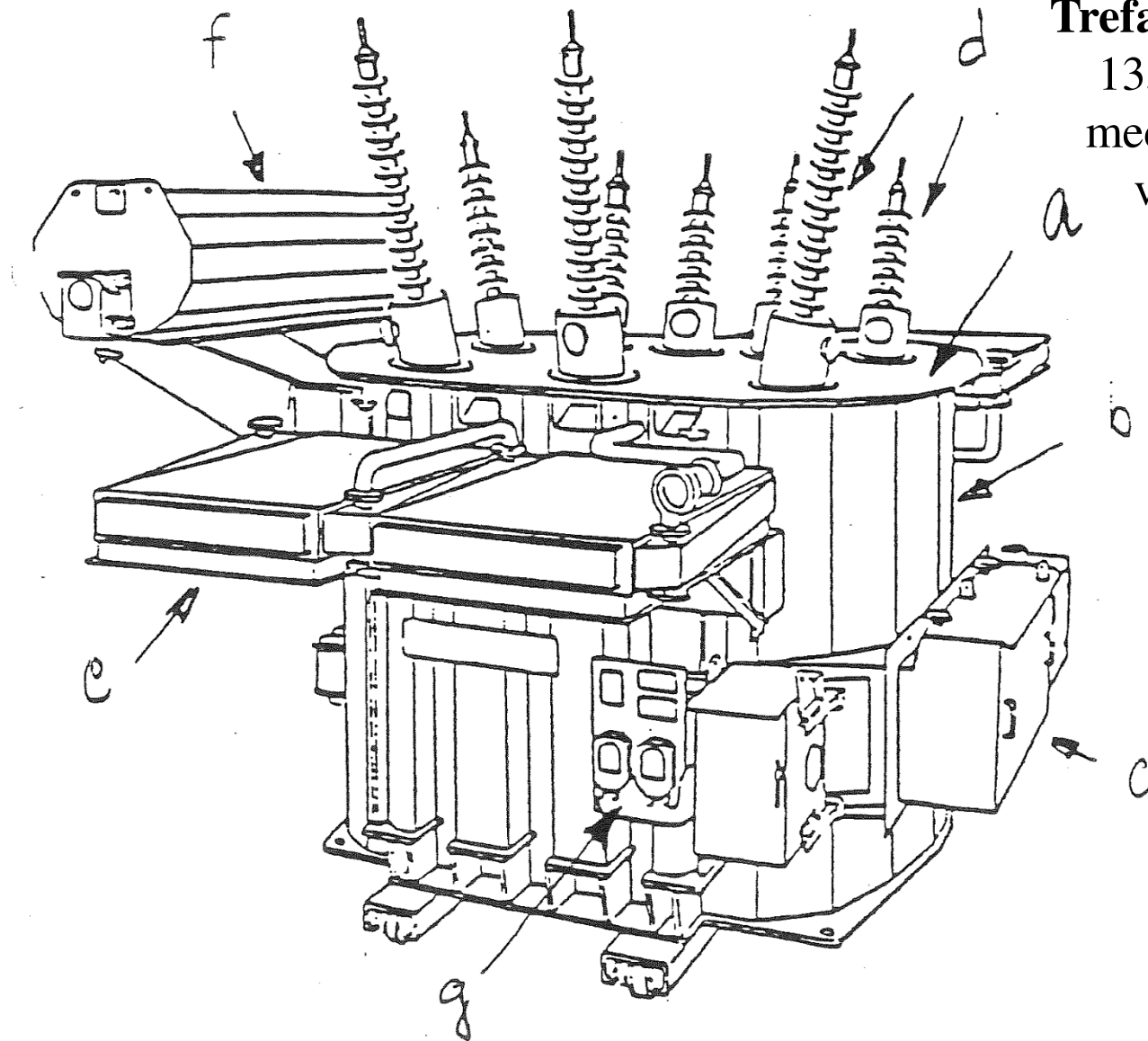
En principskiss av en trefastransformator.

Trefas krafttransformator

135/46 kV; 40 MVA

med lindningskopplare

vikt med olja 50 ton



a – lock

b – låda

c – lindningskopplare
(manöverdon)

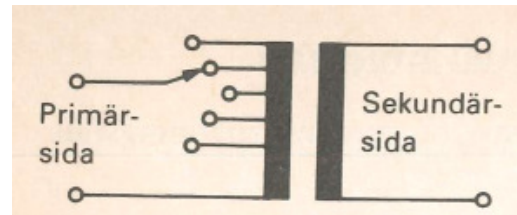
d – genomföring

e – kylutrustning

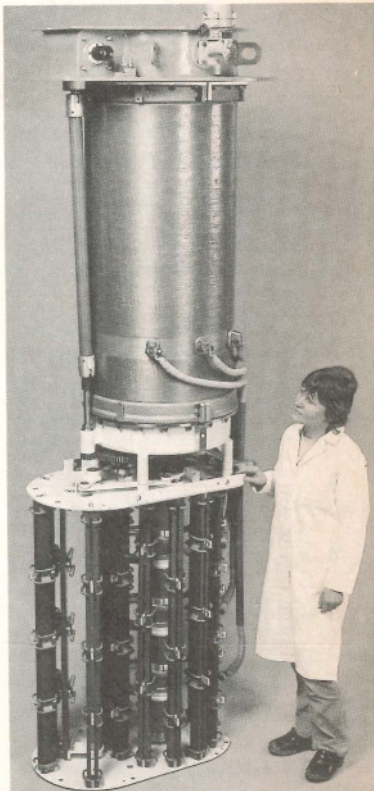
f – expansionskärl

g - termometrar

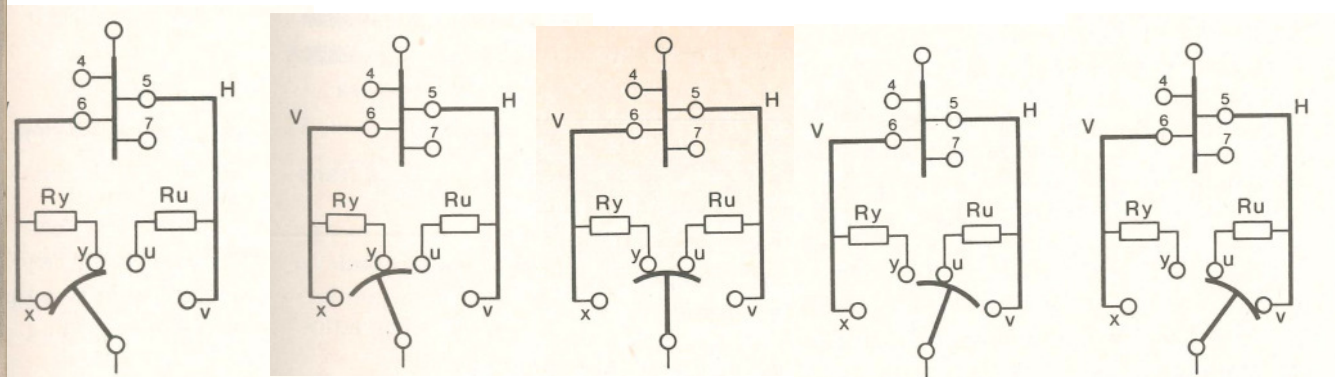
Omsättningsomkopplare (princip)



b. Lindningskopplare till en 150 MVA krafttransformator.



Lindningsomkopplare (princip)



Lindningsomkopplare (princip)

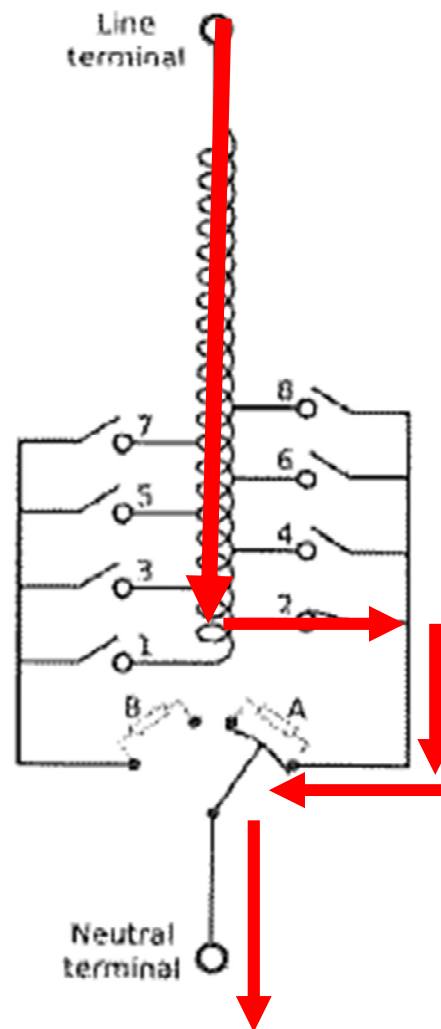


ABB Trafo-BB

3 - Fas - Transformator

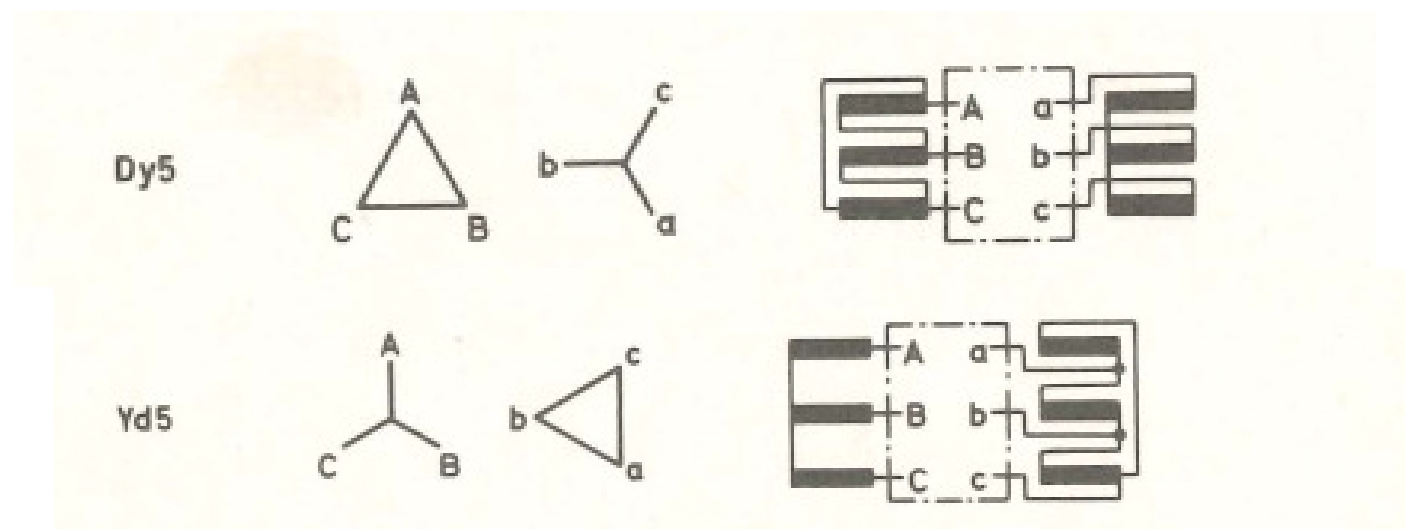
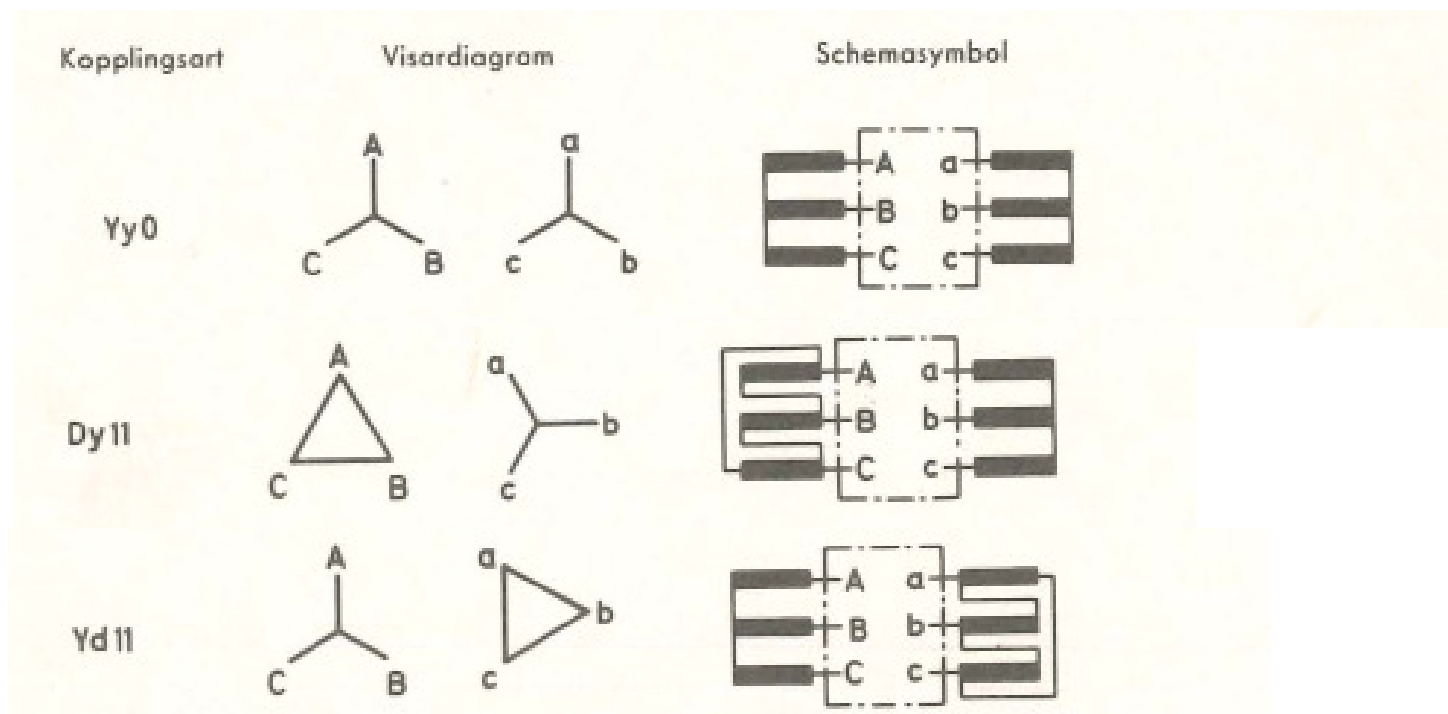
Typ	DYHK	Tillverknings-nr	14297 1809/ 2	IEC 726
Märkeffekt	kVA	1 250	Tillverkningsår	1998
Märkspänning V	11 000	420	Frekvens Hz	50
Märkström A	65.6	1 718	Kopplingsgrupp	Dyn 11
Kortslutningsström	kA		Kylform	AN
Isolations klass	HS/LS	F / F	Skyddsform	IP 00
Lindningsmaterial	HS/LS	Cu / Al	Vikt t	3.25
Stötspän. klass	L175	AC28 / AC3	Max. system spg. kV	12 / 1.1
Max. varaktighet kortslutn.	s	2	Kortslutningsspg %	5.9
		Klass	E2 / C2 / F1	

Högspänning

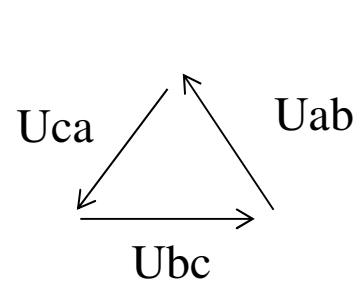
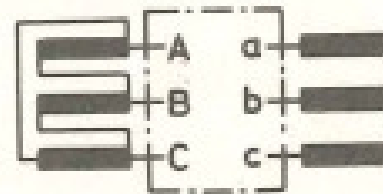
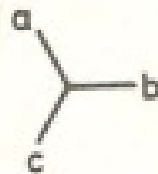
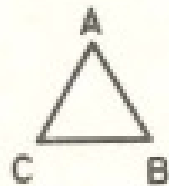
Lågspänning

Högspänning		
Volt	koppling	Anslutning
11 550	1 - 3 ; 2 - 8	1U 1V 1W
11 275	1 - 4 ; 2 - 8	
11 000	1 - 4 ; 2 - 7	
10 725	1 - 5 ; 2 - 7	
10 450	1 - 5 ; 2 - 6	

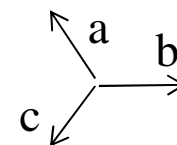
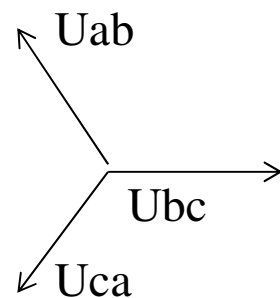
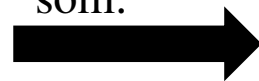
XAL 140 105 - 318 SC



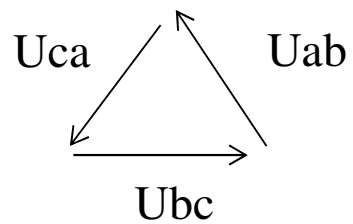
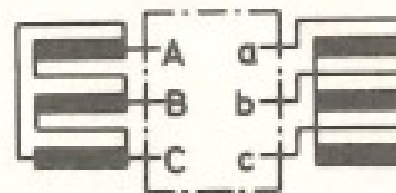
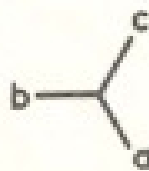
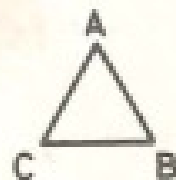
Dy11



Tänk
som:



Dy5



Tänk
som:

