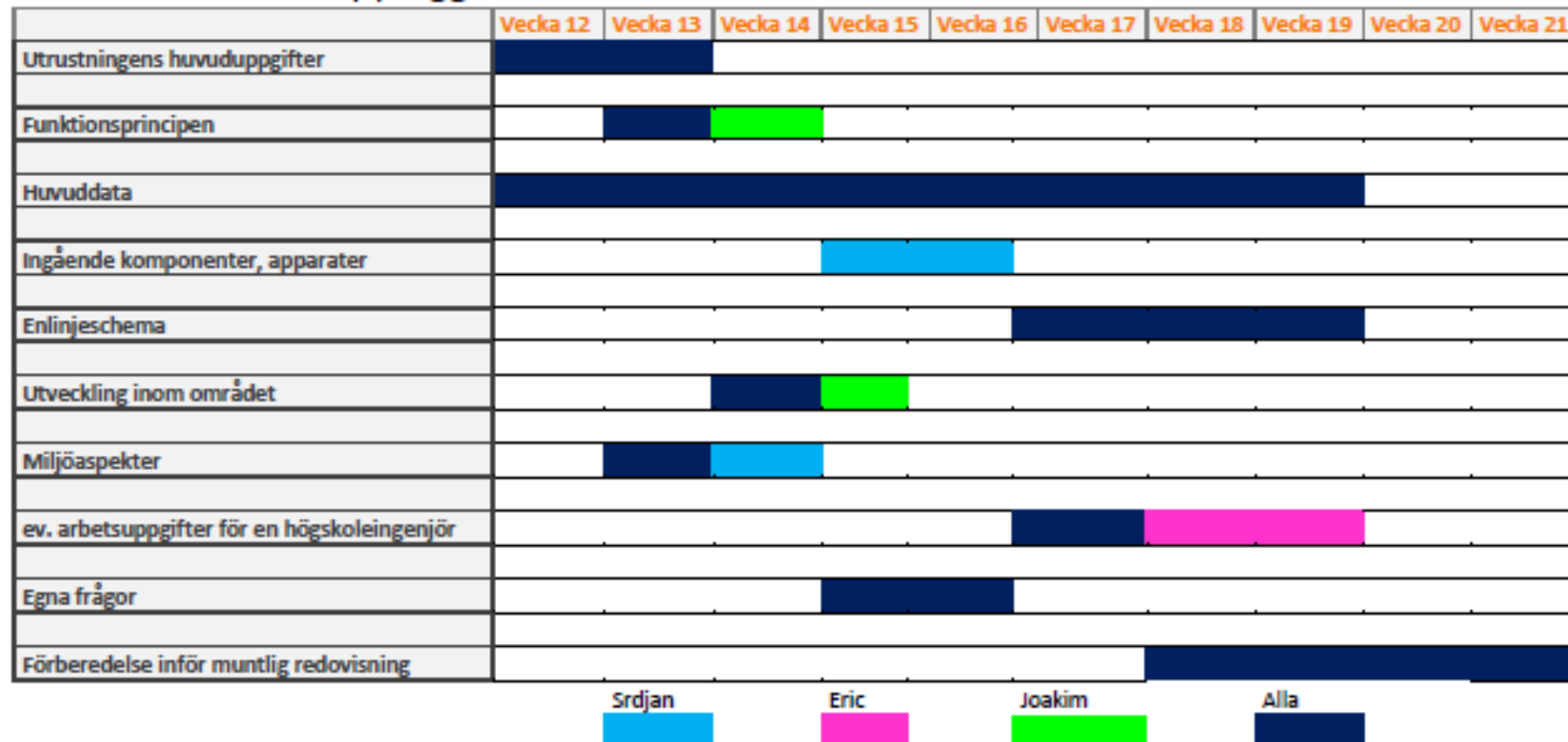


1. Till ett trefasnät med symmetrisk spänning på 690 V inkopplas, via en ledning med impedansen $\underline{Z}_L = 2,6 \angle 70^\circ \Omega/\text{fas}$, en symmetrisk Δ – kopplad belastning. Varje gren av Δ - kopplingen består av en resistans på 150 Ω parallellkopplad med en ideal kondensator med kapacitansen 40 μF .
- a) Bestäm fasströmmen som nätet belastas med (anges i komplex form).
(3p)
 - b) Bestäm strömmen genom, samt spänningen över, varje gren i belastningen (anges i komplex form).
(3p)
 - c) Rita ett visardiagram över fas och gren strömmar med nätets fasspänning som referens.
(1p)
 - d) Bestäm den från nätet totalt avgivna skenbara effekten (anges i komplex form)
(1p)

Värmekraft - Tidsupplägg



Dagens program:

- **Orientering av kabel/luftledning**
- **Bestämning av R, L & C i kablar/luftledning**
- **Faskompensering (serie/parallellt)**

Elkraftsystemets funktionella struktur

- **Produktion** – kraftstationer – omvandling av olika energi former till elenergi
- **Transmission** – överföring av stora energimängder över långa avstånd 220 – 400 kV
- **Subtransmission** – fördelning av el, regionnät < 220 kV
- **Distribution** – fördelning av el inom t.ex. tätort ≤ 20 kV
- **Konsumtion** – omvandling av elenergi till andra energiformer < 690 V

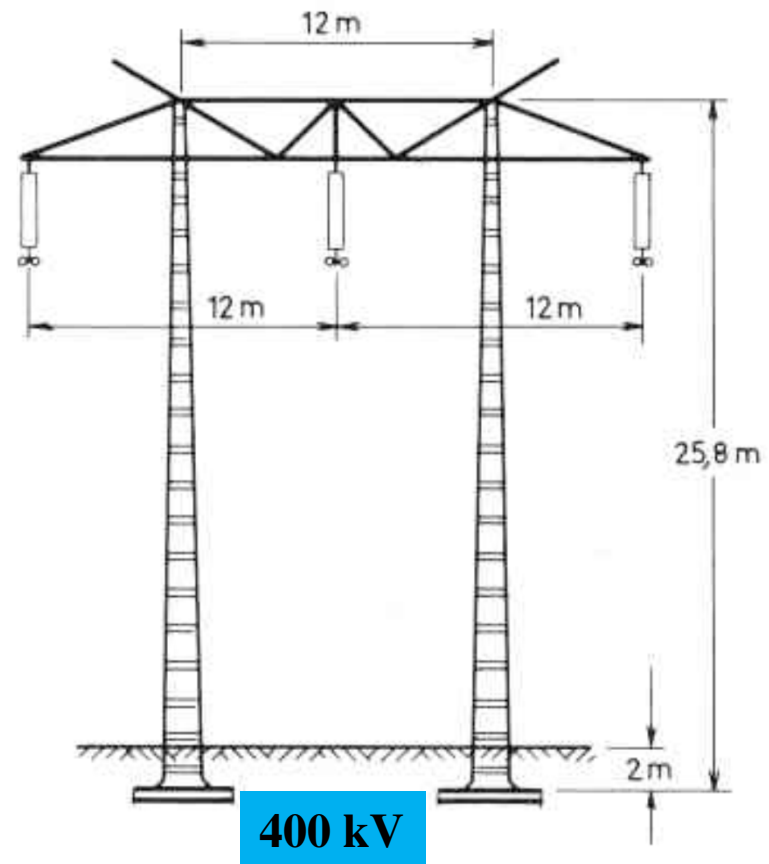
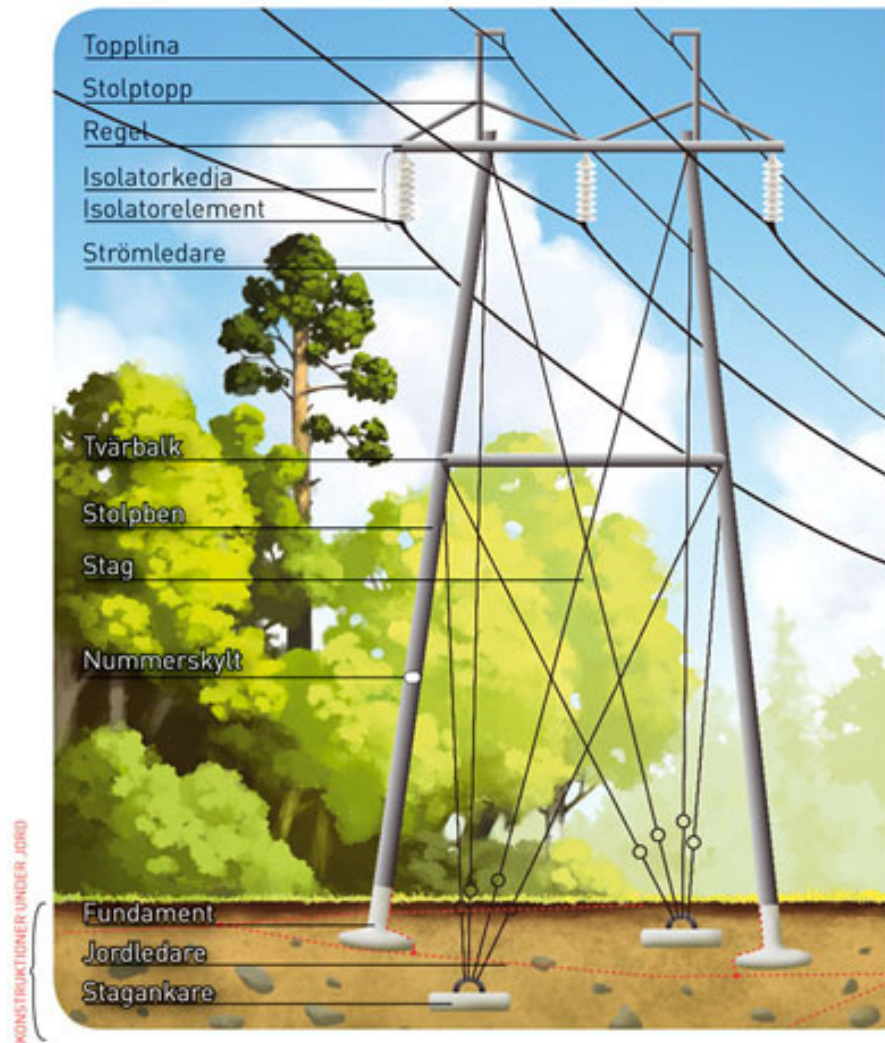
Krav på tillförlighet i leveransen av el!



Luftledningningar och kablar



Portalstolpe



Stålaluminium för luftledning:

	Ekv	Area, mm ²			Trådantal		Lindia- meter mm	Kommersiell benämning
	Cu-area	Al + Fe	Al	Fe	Al	Fe		
FeAl	10	20	16,8	2,8	6	1	5,7	Thrush
	17	31	26,4	4,4	6	1	7,1	Swallow
	27	49	42,6	7,1	6	1	9,0	Robin
	34	62	53,4	8,9	6	1	10,1	Raven
	34	99	85,2	14	6	1	12,8	Pigeon
	85	157	135,2	22	26	7	16,3	Partridge
	127	234	200,2	33	26	7	19,9	Ibis
	178	329	283,4	46	26	7	23,6	Dove
	253	454	405,0	52	54	7	27,7	Comder
	331	593	523,8	68	54	7	31,7	Curlew
Idag används AlMgSi	431	772	685,8	87	54	19	36,2	Martin
	507	910	804,6	102	54	19	39,3	Falcon
								Specialtyper
	343	593	562,8	29	42	7	31,7	Morkulla
	448	772	735,0	38	42	7	36,2	Ripa
	527	910	865,2	44	42	7	29,2	Orre

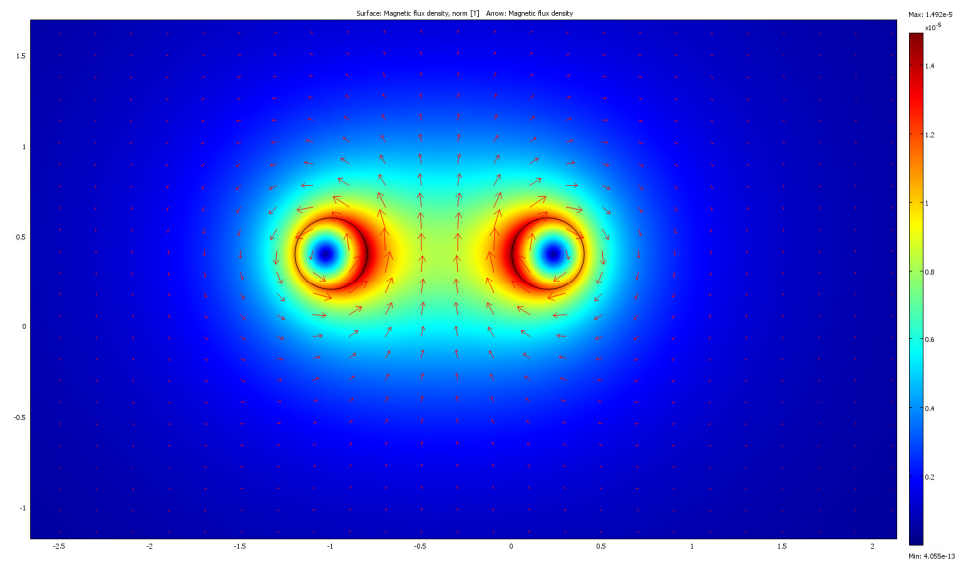
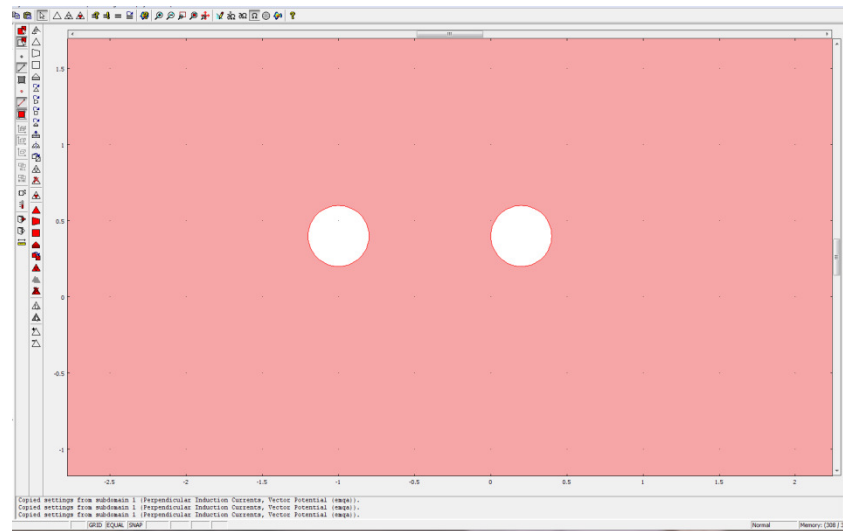
Kring stålkärnan, som består av en varmförzinkad tråd eller flera trådar slagna till lina, är ett eller flera lager hårda alunimiuntrådar slagna. De olika trådlagren är oavsett materialet slagna i motsatta riktningar så att yttersta lagret är högerslaget.

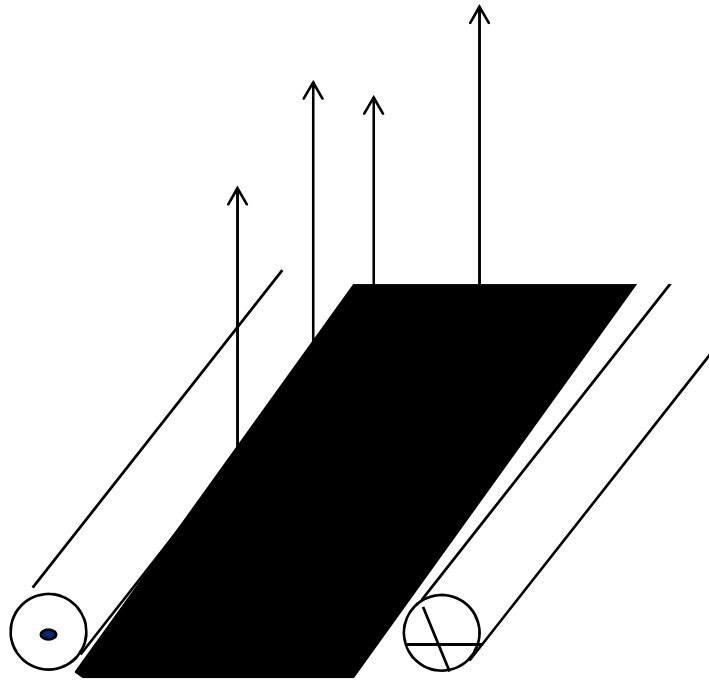
California - Condor



Faslina:

Area: 454 mm²; Antal trådar: Al – 54; Fe – 7; Vikt: 1523 kg/km; I_b = 381 A; I_k = 42,2 kA



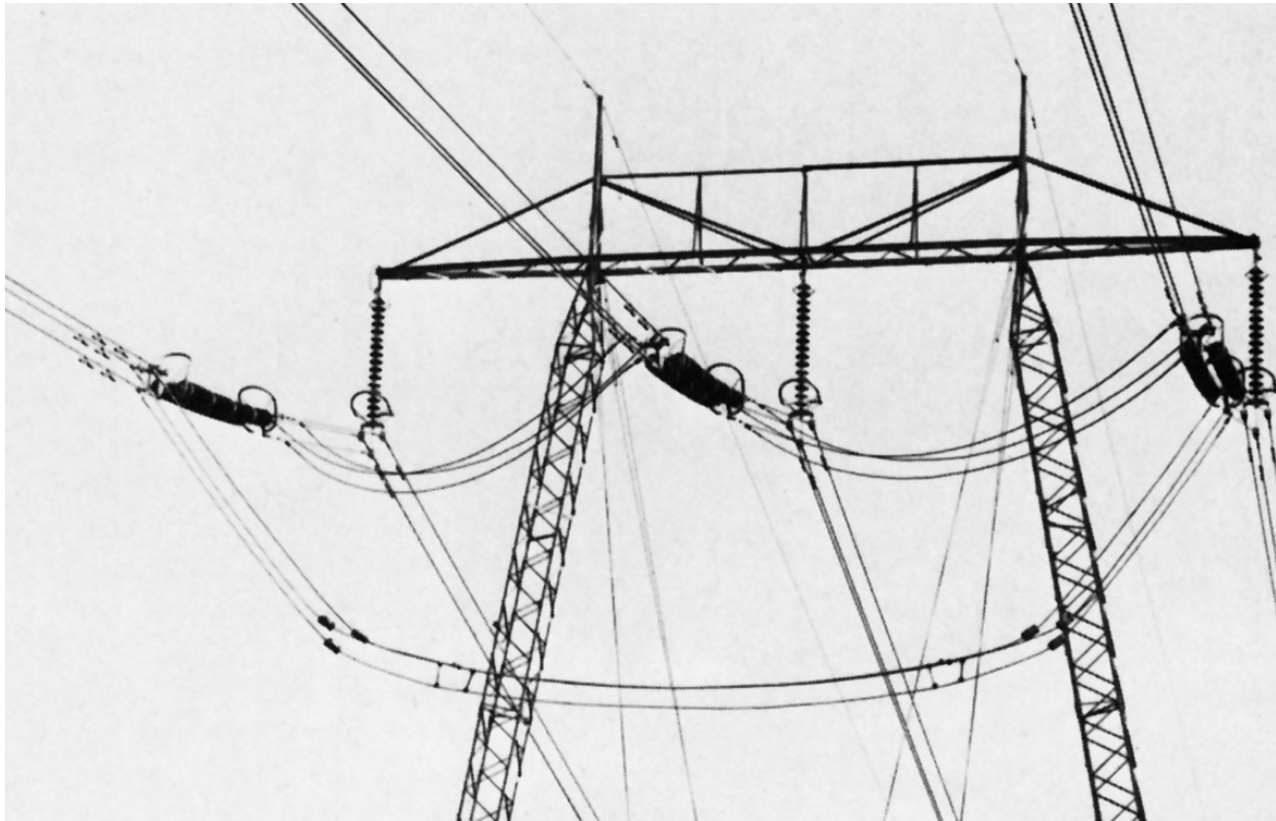


Två ledare: $B = B_1 + B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} + \frac{\mu_0 I}{2\pi(d-r)}$

För en ledare i ytan
emellan
(egeninduktans):

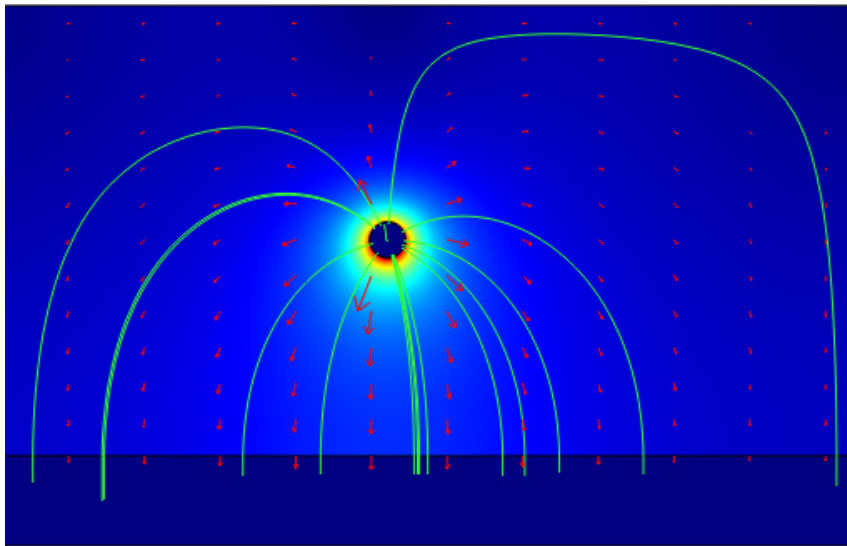
$$\phi_{el_{tot}} = \int_a^{d-a} B dr = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_a^{d-a} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{d-r} \right) dr \approx \frac{\mu_0 I}{\pi} \ln\left(\frac{d}{a}\right)$$

$$L_{el} = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln\left(\frac{d}{a}\right)$$

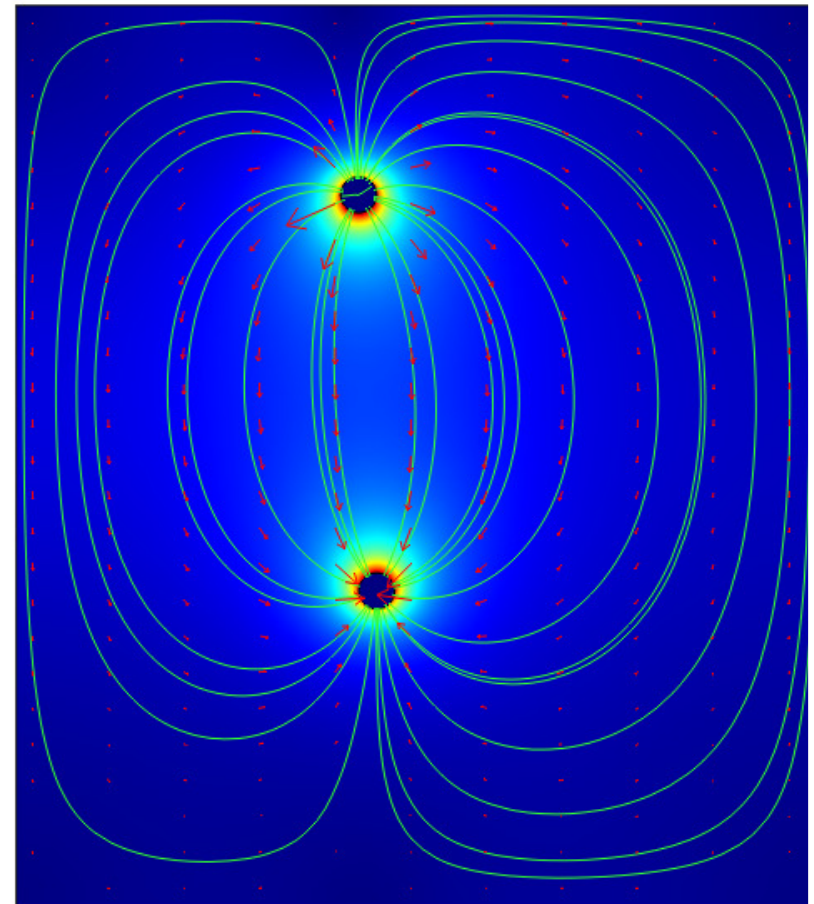


Vid en skruvning eller transponering av en ledning byter fasledarna plats.

Ledare över jordplan



Spegling verktyg för bestämning
av kapacitansen!



R, L och C för luftledningar och kablar

$$R = \frac{\rho}{A} l \quad \Omega/\text{fas} \quad \rho_{\text{Cu}} = 17,5 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{km}} ; \quad \rho_{\text{Al}} = 27,0 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{km}}$$

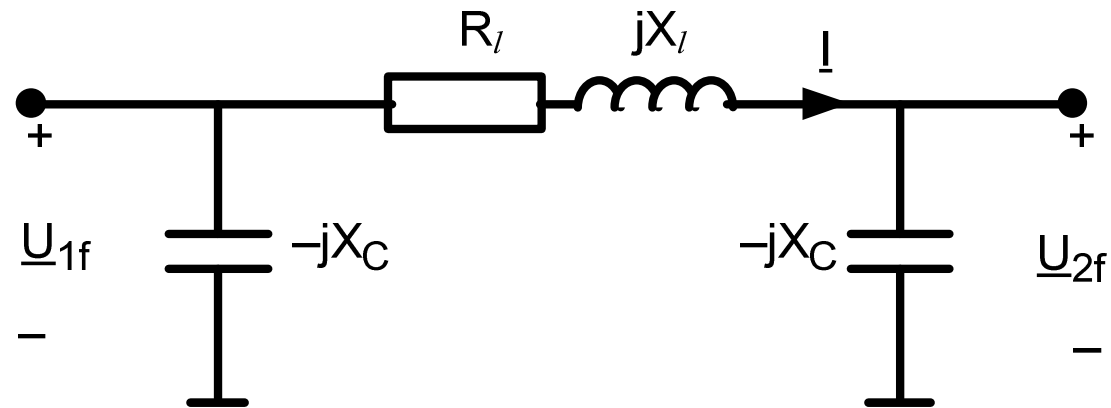
$$C = \frac{1}{18 \ln \left(\frac{\sqrt[3]{abc}}{r} k \right)} \quad \mu\text{F}/\text{km}/\text{fas} \quad a, b, c - \text{avstånd mellan faser}$$

$$L = 10^{-4} \left(2 \ln \frac{\sqrt[3]{abc}}{r} + 0,5 \right) \quad \text{H}/\text{km}/\text{fas}$$

3-fas ledningar skruvas (transponeras)

C för luftledningar: $9 \times 10^{-3} \div 11 \times 10^{-3} \mu\text{F}/\text{km}$

Ett ekvivalent Y-fasschema för
en ledning



π – schema

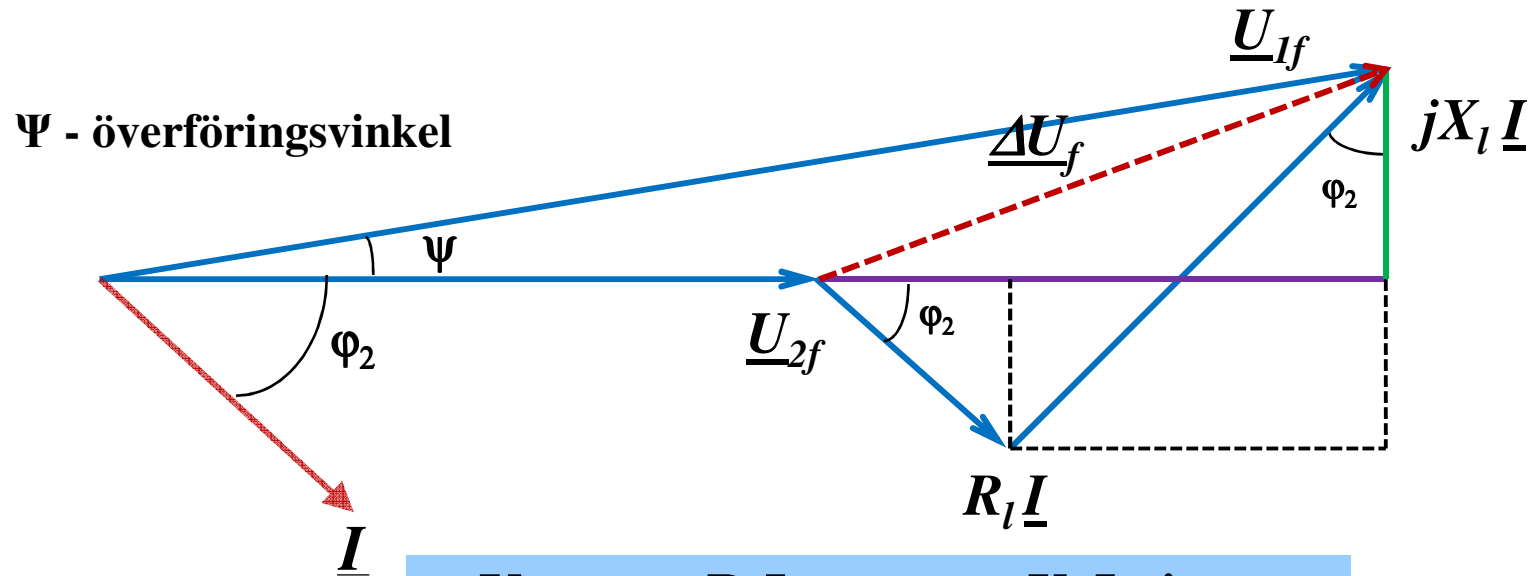
G - försummas

Koronaurladdningar



— längsspänningsfallet

— tvärspänningsfallet

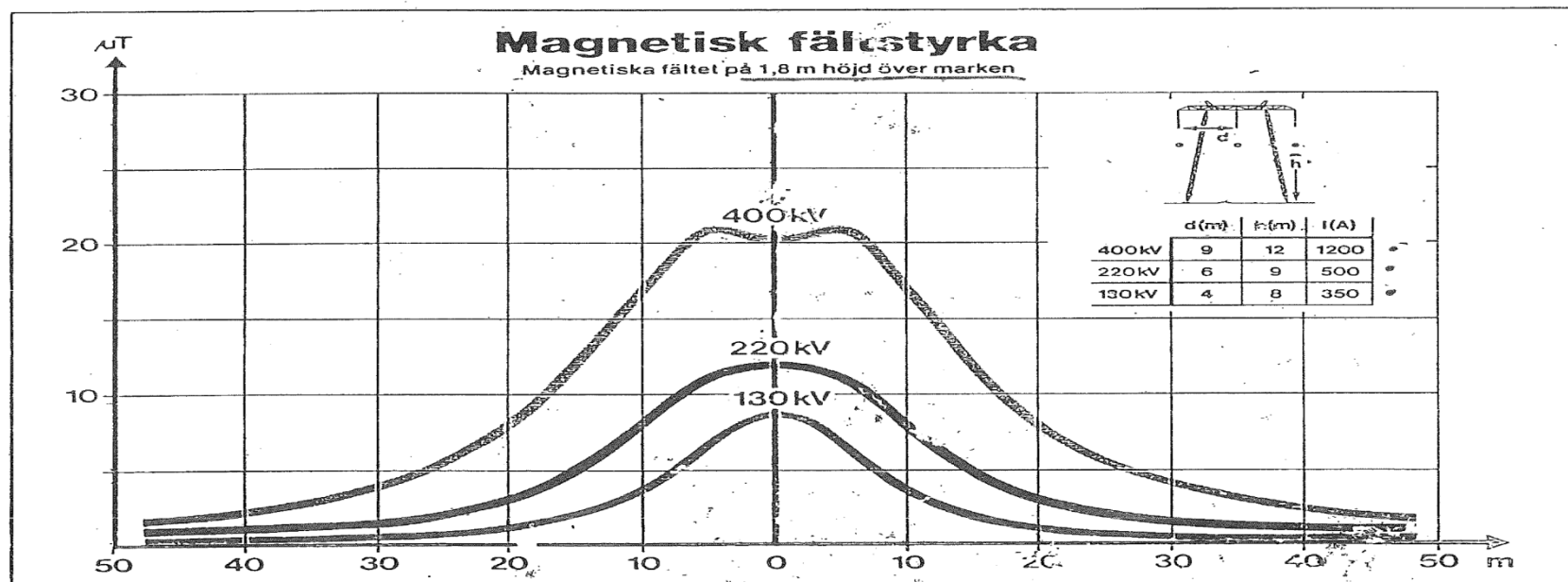
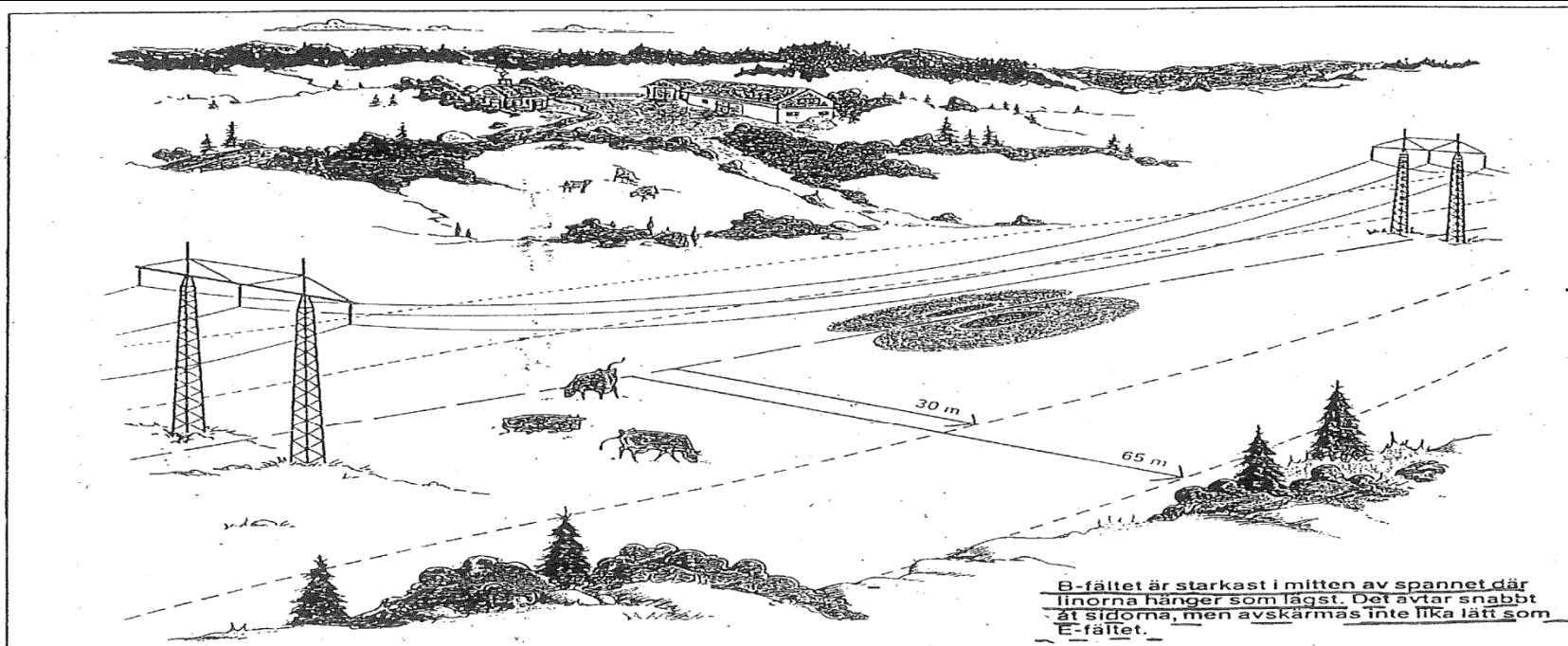


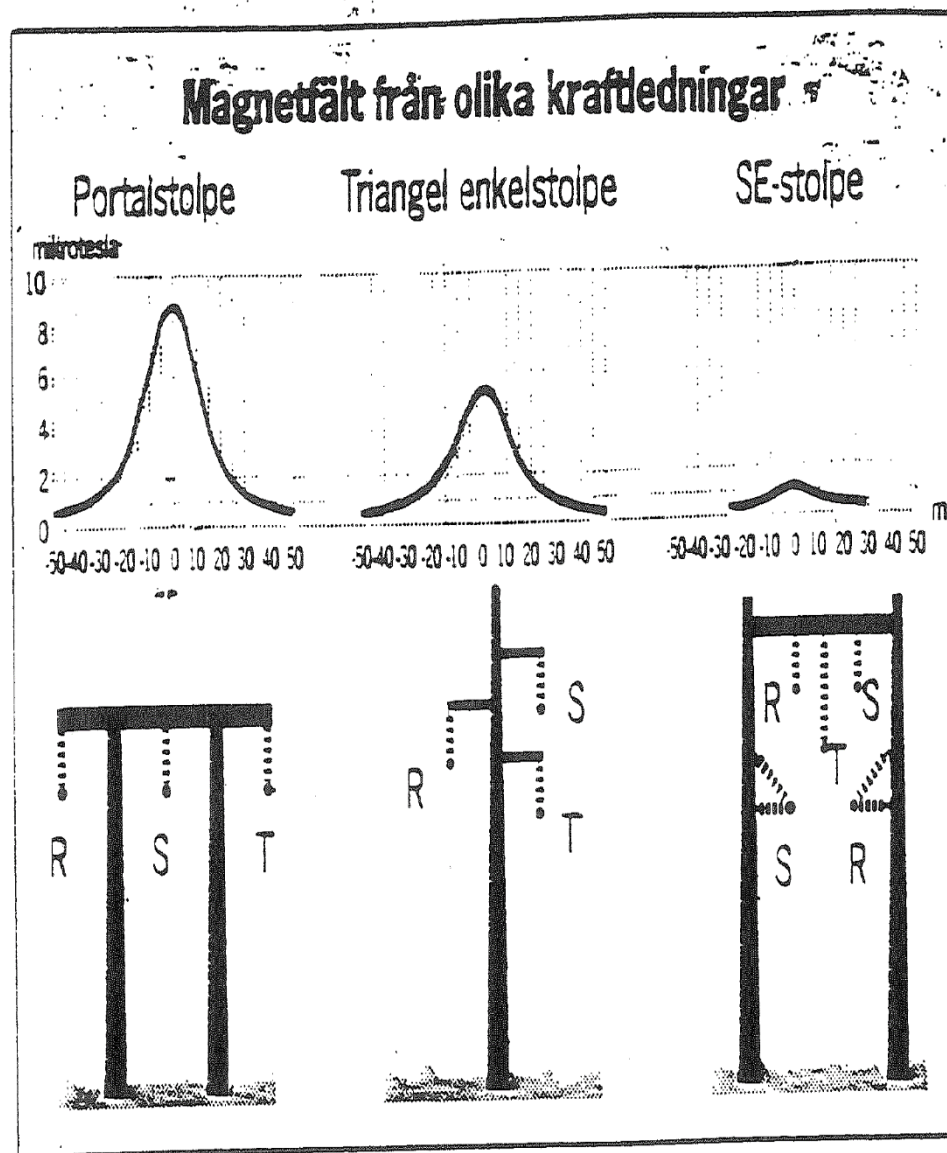
$$U_{\text{längsf}} = R_l I \cos \varphi_2 + X_l I \sin \varphi_2$$

$$U_{\text{tvärf}} = X_l I \cos \varphi_2 - R_l I \sin \varphi_2$$

$$U_{\text{längs}} = \frac{R_l P_2 + X_l Q_2}{U_2}$$

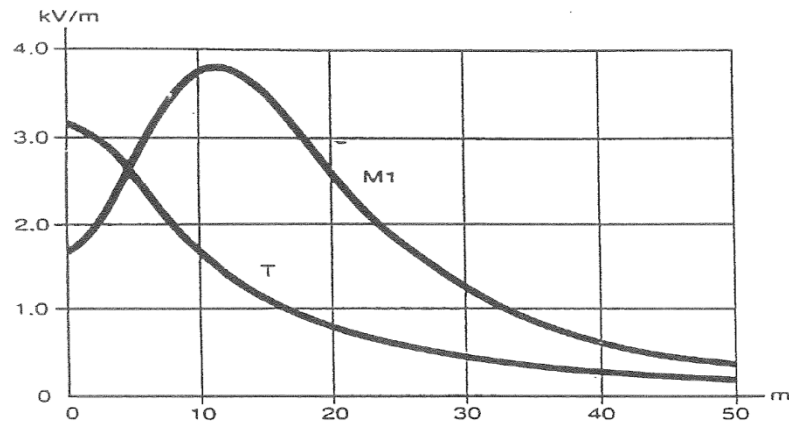
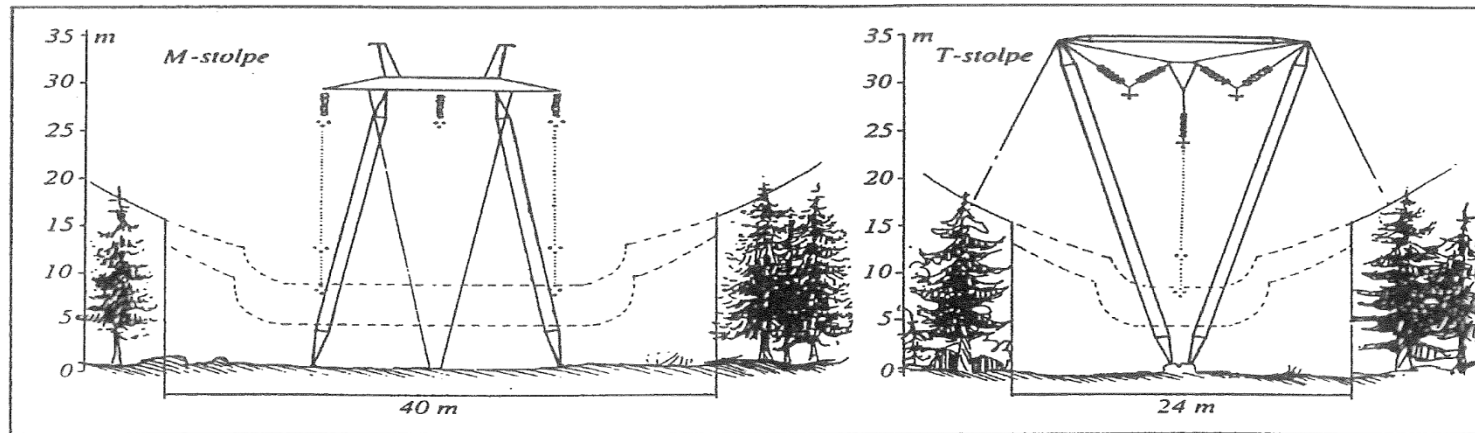
$$P_{\text{förl}} = P_1 - P_2 = 3R_l I^2 = R_l \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2}$$



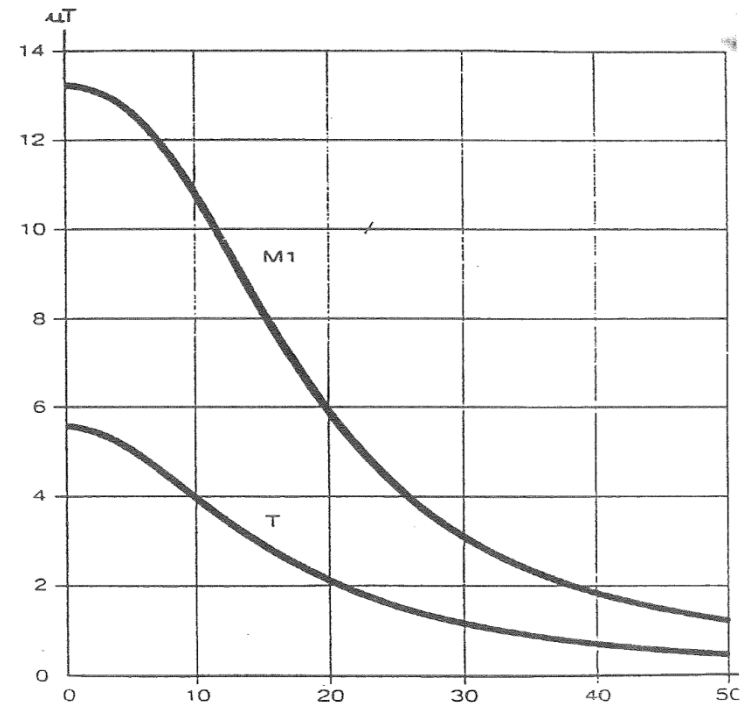


SE-STOLPENS LÅGA MAGNETFÄLT uppnås med fem faslinor placerade mot varandra.

TECKNING REGINA RICHTER



Figuren visar elektriska fältets variation för en M- resp. T-stolpleledning vinkelrätt mot ledningen.

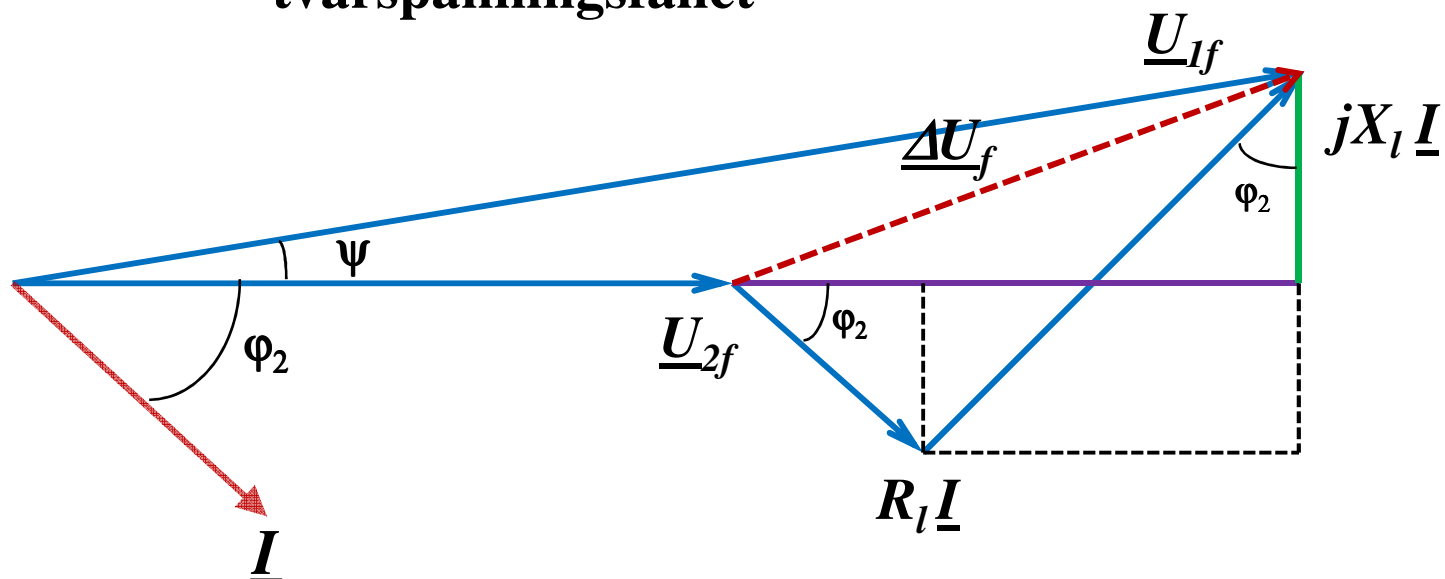


Figuren visar magnetfältets variation för M- resp. T-stolpen. I bägge fallen har beräkningarna gjorts för en belastningsström 1200 A.

Spänningsfall i en ledning

— längsspänningsfallet

— tvärspänningsfallet



Spänningsfall, förluster

$$U_{\text{längsf}} = R_l I \cos \varphi_2 + X_l I \sin \varphi_2$$

$$U_{\text{tvärf}} = X_l I \cos \varphi_2 - R_l I \sin \varphi_2$$

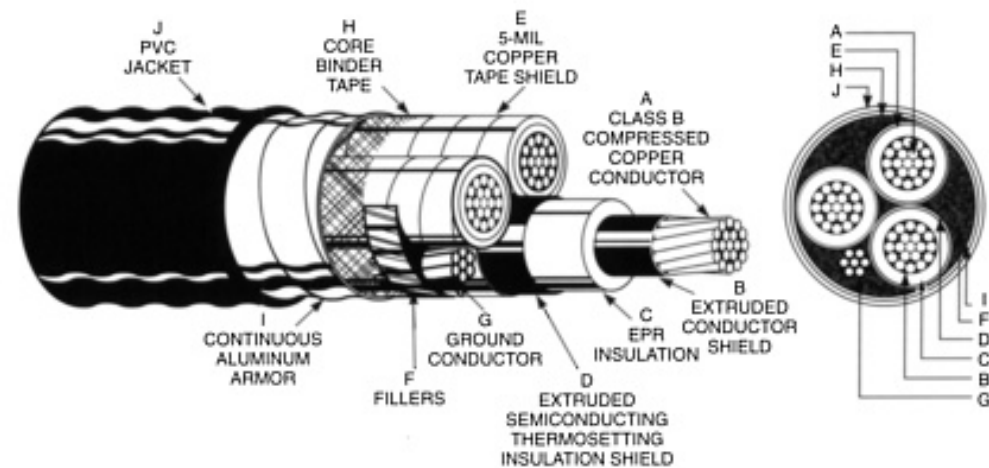
$$U_{\text{längs}} = \frac{R_l P_2 + X_l Q_2}{U_2}$$

$$P_{\text{förl}} = P_1 - P_2 = 3R_l I^2 = R_l \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2}$$

Kablar



I stället för luftledningar i tätbefolkade områden (städer)



Problem vid längre energitransporter: En kabel är en kondensator och det blir mycket reaktiv effektproduktion

Kondensatorbatteri



Faskompensering:

shuntkompensering

$$P_f = P_L; \quad Q_f = Q_L - Q_c$$

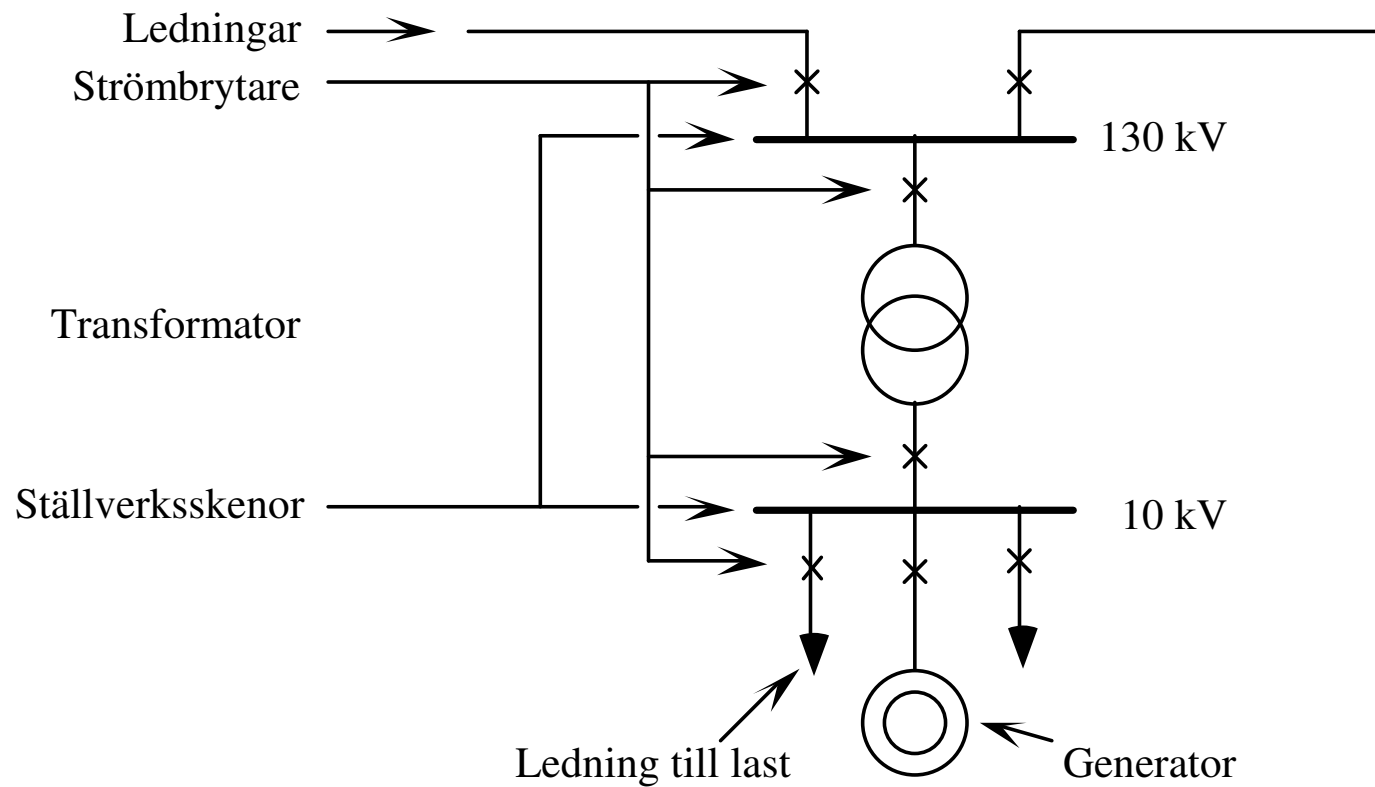
$$Q_c = 3 \cdot X_c \cdot I_c^2 = 3 \frac{U_c^2}{X_c} = 3 \cdot \omega \cdot C \cdot U_c^2$$

seriekompensering

$$U_{\text{längs}} = \frac{R_l P_2 + (X_l - X_c) Q_2}{U_2}$$

3.6 En 40 km lång luftledning av koppar med arean 70 mm^2 har reaktansen $0,4 \text{ } \Omega/\text{fas}$, km. I linjens mottagarände finns en industri, vars effektbehov är 8 MW vid effektfaktorn 0,8 och konstant spänning 50 kV.

- a) Beräkna spänningen i sändarändan samt linjens aktiva och reaktiva effektförluster.
- b) Man önskar minska de aktiva effektförlusterna till 0,3 MW genom att installera ett shunkondensatorbatteri i mottagarändan. Hur stor kapacitans skall inkopplas per fas?



**Exempel på ett enlinjeschema och symboler
som används i elnättscheman.**