

Den historiska utvecklingen av elenergisystemet



Göran Andersson
2023.04.18

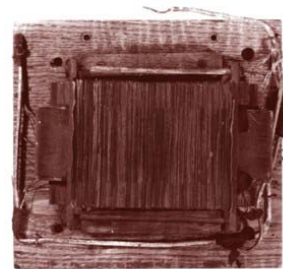
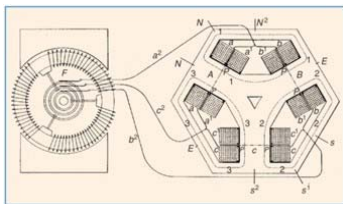
Innehåll

- Elkraftsystemets utmaningar - en kort historik
- Utvecklingen av det svenska systemet - några viktiga milstolpar
- Slutkommentarer

History of challenges in electric power engineering

From Professor Goran Strbac, Imperial College

Challenge 1: To make it work (≈ 1880 – 1920)



Challenge 2: To make it big and affordable (\approx 1920 – 1990)



2023.04.18

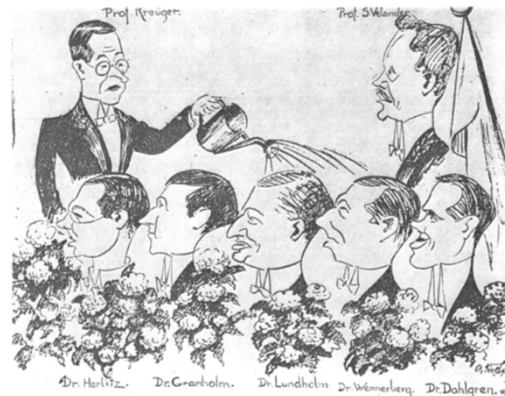
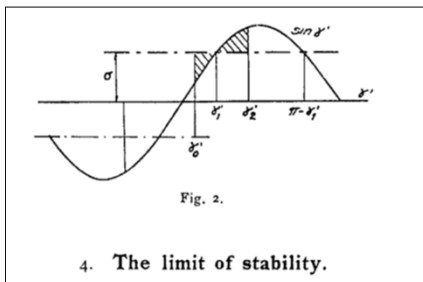
Sture Lindahl 80 år

5

KTH, 1928: Första disputationen för teknologie doktorsgraden i Sverige, Ivar Herlitz

THE DYNAMIC STABILITY OF LONG TRANSMISSION LINES

BY
IVAR HERLITZ



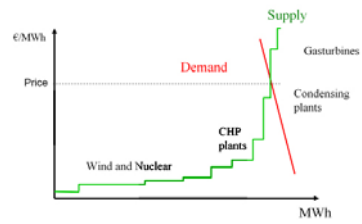
Promotion 25 maj 1929 (Kungliga Musikaliska Akademiens stora sal)

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

6

Challenge 3: To make it sustainable, market based and still affordable ($\approx 1990 -$)

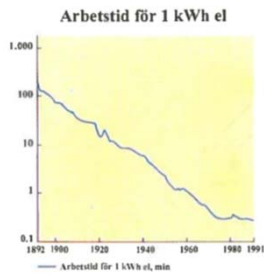


2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

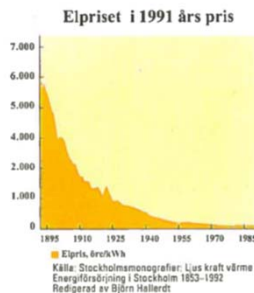
7

Elprisets utveckling



1892: 1 kWh kostade 80 öre

80 öre 1892 \sim 45 kr 2023

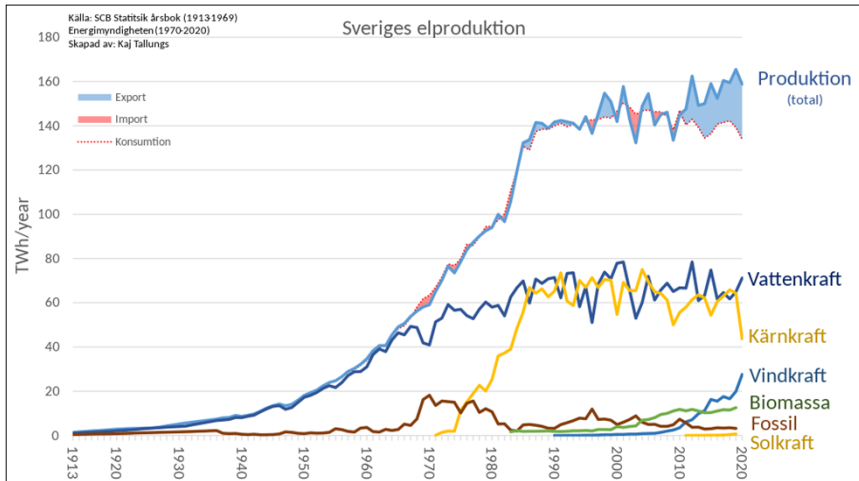


2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

8

Sveriges elproduktion 1913 - 2020

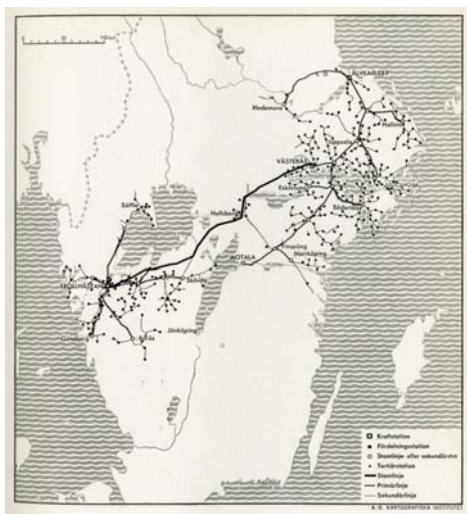


2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

9

Stamnätets framväxt, 1



2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

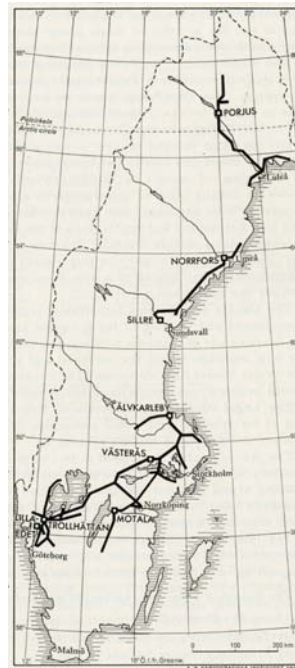


Fig. 1. General map. State power stations and main transmission lines.

10

Stamnätets framväxt, 2

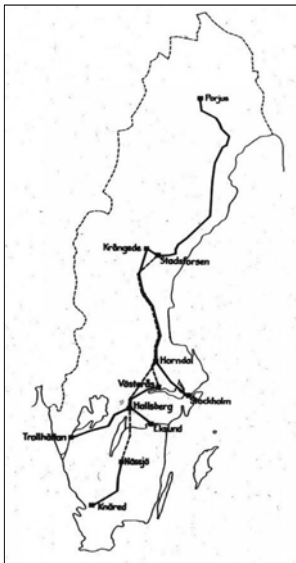
- 1936: 220 kV-ledning Krångede – Horndal
- Vattenfall & Krångede/Sydkraft planerade "i hemlighet" fler ledningar
- Gösta Malm, GD Vattenfall menade att en så viktig nationell angelägenhet som byggandet av ett stamnät inte skulle avgöras i hemlighet. "Det gick mig djupt till sinnes" skrev han i sina anteckningar.
- 1936: Axel Granholm, SJ:s GD, leder utredning om den fortsatta utbyggnaden av det nationella stamnätet.
- 1938: Hela kraftnätet samkörs för första gången. Centrala Driftledningen (CDL) etableras under andra världskriget.

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

11

Stamnätets framväxt, 3



Stamnätet, 1960
Granholms förslag



Plan för stamnätet 1955

Framtaget av Krångede & Sydkraft 1937

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

12

Stamnätets framväxt, 4

- Ytterligare två 220 kV-ledningar från Indalsälven byggdes 1941 – 43 resp. 1942 – 44.
- Efter kriget ville Vattenfall och övrig kraftindustri bilda ett gemensamt bolag som skulle planera, bygga och driva stamnätet.
- 1946 beslutade riksdagen att Vattenfall får monopol på att bygga och äga ledningar med spänning 220 kV och högre. De övriga kraftföretagen fick utnyttja nätet genom ett stamnätsavtal.

1950-talet: Första 380 kV-ledningen

- 1952 tas världens första 380 kV-ledning i drift. 100 mil lång mellan Harsprånget och Hallsberg.
- HVDC hade diskuterats som alternativ, men risken med den nya tekniken ansågs för stor.
- Seriekompensering hade installerats 1950 i 220 kV-ledningen Stadsforsen – Hallsberg, och installerades även i den nya 380 kV-ledningen 1954.
- Tillsammans med andra åtgärder höjdes överföringsförmågan från Norrland från 1000 MW till 1500 MW.

Harsprångsledningen



“Spänningen var så hög att den inte kunde ses från marken med blotta ögat.”

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

15

Uno Lamm (ASEA) 1946:

*“...utsikterna är **ringa** att få likströmssystemet fullt klart och i tillräcklig skala utprovat till Harsprångets första utbyggnad, medan utsikterna synes goda att ha systemet färdigt i så pass god tid att det kan tillämpas vid större delen av utbyggnaderna i övre Norrland.”*

“... att man går försiktigt fram i början, och att, även om man för verkliga framtida storanläggningar siktar på mycket stor enhetseffekt, man för nästa etapp bör välja måttlig sådan.”

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

16

1950-talet: Gotlandskabeln, världens första kommersiella HVDC – överföring, 1954

- 20 MW, 100 kV, 96 km sjökabel med jordåterledning.
Har senare uppgraderats ett flertal gånger.
Idag: 130 MW, 150 kV
- Viktigaste systemfördelar med Gotland I:
 - Ökad försörjningssäkerhet på Gotland
 - Lägre elpris på Gotland (billig vattenkraft från fastlandet)
 - Termiska kraftverk på Gotland kunde drivas effektivare då likströmslänken tog över frekvensreglering

Vid kontraktsskrivningen 1950 (Enligt Uno Lamm) Åke Rusck var Vattenfalls GD

Rusck: *Hör du Lamm, är du säker på att det här kommer att fungera?*

Lamm: *Nej, det har jag aldrig sagt säkert. Vi har ju ännu ingenting som fungerar, men vi ser väldigt stor chance att det ska gå att övervinna de sista svårigheterna.*

Rusck (skrattande): *När jag var kallad till statsutskottet för min anslagsfråga ... gav jag nästan precis samma svar.*

Därefter satte Rusck pennan till kontraktet och skrev under.

Gotlandslänken blev 2017 Sveriges första IEEE Milestone



Dr Uno Lamm, 1904 – 89, ASEA 1928 –



Dr Erich Uhlmann, 1904 – 88
TH München, TH Braunschweig
AEG, Berlin: 1929 – 34
ASEA, Ludvika: 1934 -

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

20

1960 – talet: Nordiskt elsamarbete inleds

- Elsamarbete mellan Sverige och Danmark (Själland) redan 1915: Öresundsförbindelsen, två 25 kV-kablar, c:a 6 MW
- 1959: 220 kV-ledning mellan Sverige och Finland tas i drift
- 1960: 220 kV-ledning mellan Sverige och Norge tas i drift
- 1965: Kontiskan HVDC-kabelförbindelse mellan Stenkullen (Göteborg) och Vester Hassing (Jylland) tas i drift. 150 km, 250 kV, 250 MW

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

21

1960 – talet: Nordiskt elsamarbete fördjupas och formaliseras

- 1961: Nordisk samkörningskonferens
Samarbete beträffande driftstörningsstatistik och karftförsörjningsstatistik. Även samarbete inom forskning och utvecklingsarbete.
- 1963: Nordel bildas. Två permanenta arbetsutskott, ett för driftfrågor ett för planeringsfrågor.
- Europeiskt samarbete med UCPTÉ, UCTE innan ENTSO-E bildades

1960 – talet: Kompetensförsörjningen förstärks

- 1964: Sture Lindahl börjar på Chalmers, elektroteknik

1960-talet: Kärnkraften introduceras i Sverige

- R1 vid KTH, 1954 – 1970, var en forskningsreaktor
- Ågesta kärnkraftvärmeverk, 1964 – 1974.
Fjärrvärme: 55 MW. El: 10 MW.
Effekthöjning 1970



2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

25

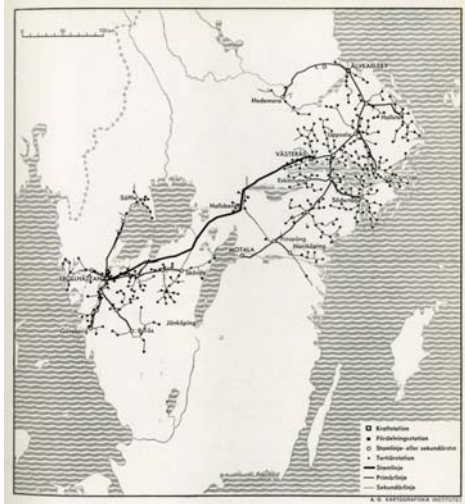
1970-talet: Storskalig utbyggnad av kärnkraft i Sverige

- 1972: Oskarshamn 1, 473 MW
- (9 reaktorer i Barsebäck, Forsmark, Oskarshamn och Ringhals)
- 1985: Forsmark 3, 1 172 MW & Oskarshamn 3, 1400 MW
- Installerad effekt 1985: $\approx 11\ 000$ MW
- Sedan 1999 har sex reaktorer stängts av. Idag är sex reaktorer i drift $\approx 7\ 000$ MW

2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

26



2023.04.18



Sture Lindahl 80 år

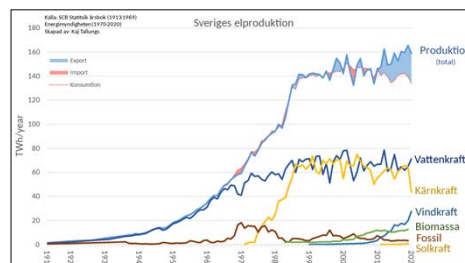
27

Gunnar Janckes lag - en variant av Moore's law

- Gunnar Jancke (1960-talet):

”Elkonsumtionen i Sverige ökar med 7-8% per år, dvs fördubblas på tio år.”

1960: 35 TWh
 1970: 70 TWh
 1980: 130 TWh
 1990: **140 TWh**



2023.04.18

Sture Lindahl 80 år

28

Elmarknadsreformen 1996

- 1992: Statens Vattenfallsverk blir Vattenfall AB
- 1992 : Svenska kraftnät bildas
- 1 januari 1996: Ny ellag träder i kraft.
Nord Pool blir tillgänglig för svenska aktörer. Ny metod för prissättning.

“... den utan tvekan största energipolitiska reformen under efterkrigstiden.”

- Vattenfall 1985: *“Taxepolitiken har varit självkostnadstäckning med rimligt avkastningskrav.”*

Vad jag inte har nämnt

- Storstörningar: ..., 1983, 2003, ...
- 800 kV som blev 2 x 400 kV
- “När folkhemselen blev internationell”
- ...



Slutkommentarer

- nnnn