

Odisee
DE CO-HOOGESCHOOL

smart grids & e-mobility

lesmodule 2

overzicht

- 1 productie van elektrische energie
- 2 transmissie- en distributienetten
- 3 schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

overzicht

- 1 productie van elektrische energie
- 2 transmissie- en distributienetten
- 3 schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

productie van elektrische energie

Aan de productie van elektriciteit worden zeer hoge eisen gesteld:

- continu leverbaar
- op elk moment moet aanbod moet gelijk zijn aan vraag
- de spanning moet binnen bepaalde grenzen blijven
- de frequentie moet binnen zeer nauwe grenzen geregeld worden

Dit alles dient te gebeuren met:

- een zo hoog mogelijk energetisch rendement
- een zo laag mogelijke kostprijs

productie van elektrische energie

De productie kan gebeuren:

- op grote schaal in elektriciteitscentrales
- op kleine schaal: lokale, gedecentraliseerde productie
⇒ netaanpassingen nodig om dit mogelijk te maken!

⚠ Injectie gebeurt dus meer en meer op zowel hoog-, midden- als laagspanning!

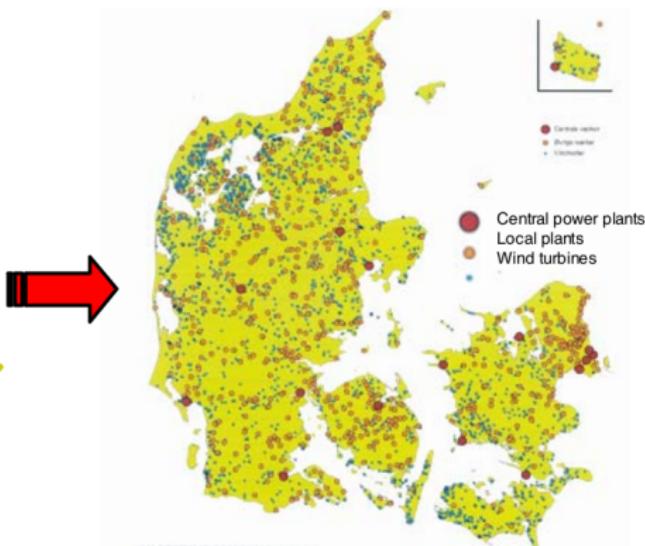
⚠ De energievoorziening kent belangrijke strategische economische en politieke aspecten!
(afhankelijkheid van grondstoffen, internationale politiek, ...)

productie van elektrische energie

voorbeeld: Denemarken 1980 → 2005



16 central power plants



16 central+1000 local CHPs+6000 wind turbines

⚠ Injectie gebeurt dus meer en meer op zowel hoog-, midden- als laagspanning!

productie van elektrische energie

GWh

120 000

100 000

80 000

60 000

40 000

20 000

0

Coal

Nuclear

Natural gas

Wind

Solar PV

1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2023

- Coal
- Oil
- Natural gas
- Biofuels
- Waste
- Nuclear
- Hydro
- Wind
- Solar PV
- Other sources

opwekking van elektriciteit in België (1990-2023) [1/2]

productie van elektrische energie

GWh

17 500

15 000

12 500

10 000

7500

5000

2500

0

1990

1995

2000

2005

2010

2015

2023

Wind

Solar PV

Biofuels

Waste

Hydro

opwekking van elektriciteit in België (1990-2023) [2/2]

productie van elektrische energie

opwekking van elektriciteit in België (2023)

category	energy source	generation capacity		energy produced		capacity factor %
		MW	% total	TWh	% total	
non-renewable	nuclear	4937	18.4%	31.3	40.1%	72%
	fossil gas	6988	26.1%	15.3	19.6%	25%
	fossil oil	450	1.7%	0.0	0.0%	0%
	hydro pumped storage	1308	4.9%	0.9	1.2%	8%
	waste	384	1.4%	2.1	2.7%	62%
	other non-renewable					
	total	14093	52.6%	55.5	71.2%	45%
renewable	wind offshore	2262	8.4%	7.9	10.1%	40%
	wind onshore	3053	11.4%	6.3	8.1%	24%
	solar	6475	24.2%	7.2	9.2%	13%
	biomass	730	2.7%	0.9	1.2%	14%
	hydro run-of-river	186	0.7%	0.2	0.3%	12%
	total	12706	47.4%	22.5	28.8%	20%
TOTAL		26799	100.0%	78.0	100.0%	33%

overzicht

- 1 productie van elektrische energie
- 2 transmissie- en distributienetten
- 3 schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

transmissie- en distributienetten

transmissienetten

- transmissienetten zorgen voor het transport van grote hoeveelheden elektrische energie
- meestal zonder vertakkingen
- 380 kV-net vormt de ruggengraat met grote productie-eenheden en interconnectie met buurlanden
- 30 kV tot 220 kV-netten zorgen voor transport en energievoorziening van zware industrie en DNB's

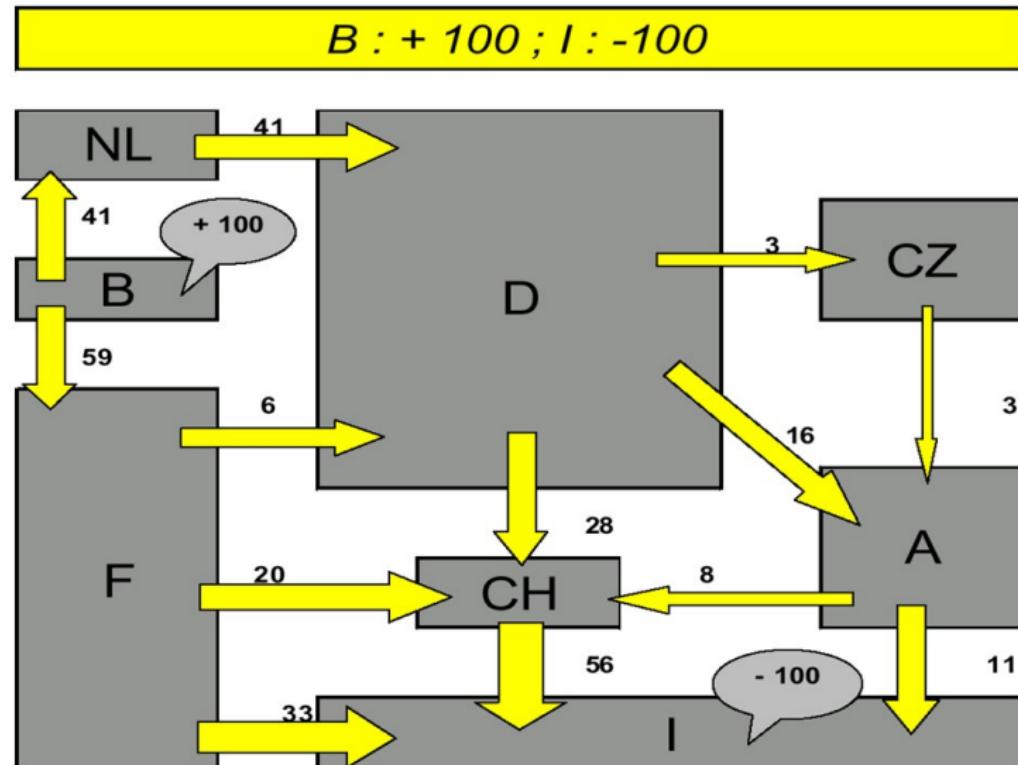
spanning [kV]	luchtroute [km]	kabel [km]	totaal [km]
380	940	180	1120
220	302	211	513
150	1878	776	2654
70	2800	337	3137
30 + 36	131	2083	2214
totaal [km]		3587	9638

Tabel: gegevens Synergrid, 31/12/2023

transmissie- en distributienetten

transmissienetten

voorbeeld van internationaal transport (verliezen worden hier genegeerd)



transmissie- en distributienetten

distributienetten

- distributienetten verdelen de elektrische energie aan de verschillende eindafnemers
- ze hebben een groot aantal vertakkingen of mazen
- het beheer wordt verzorgd door de DNB's (of intern bij grote bedrijven)
- middenspanning van 1 tot 29 kV, of laagspanning 230/400V

spanning [kV]	luchtlijn [km]	kabel [km]	totaal [km]
1 tot 29	4339	74224	78563
<1	47300	127511	174811
totaal [km]	51639	201735	253374

Tabel: gegevens Synergrid, 31/12/2023

transmissie- en distributienetten

lucht- en grondlijnen

- voordelen luchtrijnen
 - betere afkoeling mogelijk \Rightarrow kleinere sectie
 - goedkopere lijnen en accessoires
 - aanleg en herstellingen zijn goedkoper
- ↔
- voordelen grondlijnen
 - minder hinderlijk (esthetischer en benodigde ruimte kleiner)
 - hogere bedrijfszekerheid (niet blootgesteld aan atmosferische omstandigheden)
 - onderhoudsvriendelijk

transmissie- en distributienetten

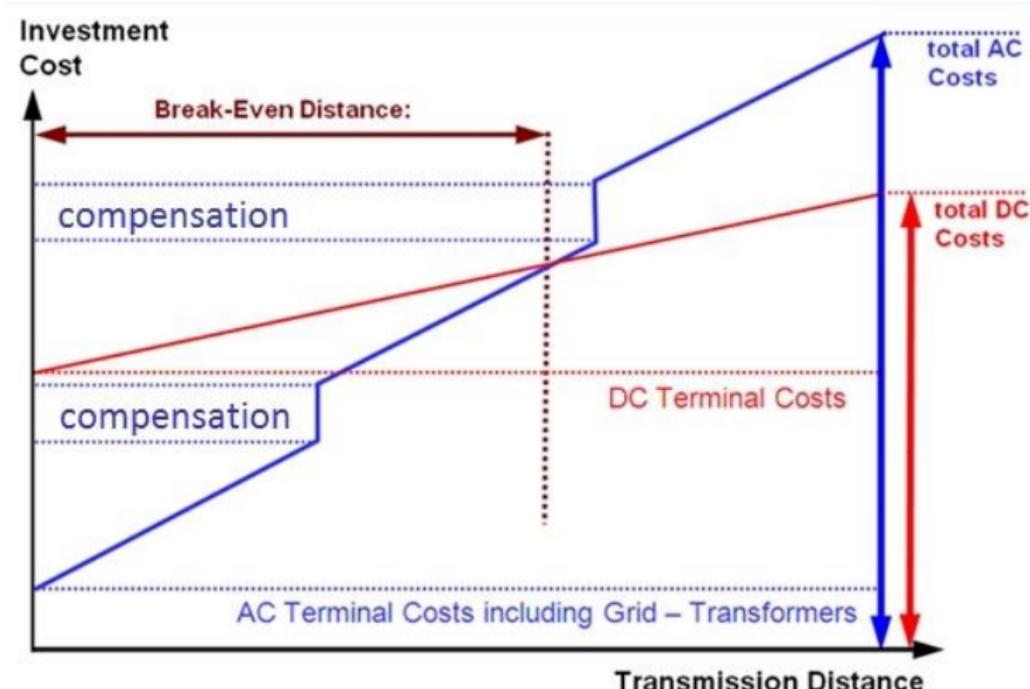
AC versus DC

- AC
 - + makkelijk op- en neertransformeren van de spanning
 - - verliezen (shuntcapaciteit, inductieve spanningsval, skineffect, ...)
 - - stabiliteitsproblemen
- DC
 - + betere benutting van de kabelsectie
 - + vermogenstroom sturen eenvoudiger
 - + maakt energieuitwisseling tussen asynchrone netten mogelijk
 - - complexere omvormingstations

AC versus DC

Wanneer kiezen voor DC? [1/3]

1) heel lange bovengrondse verbindingen

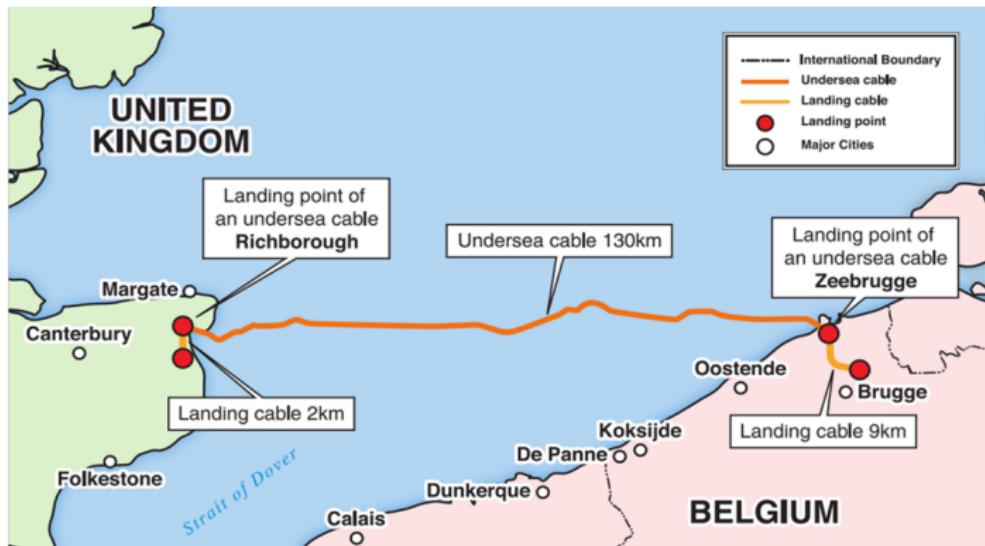


AC versus DC

Wanneer kiezen voor DC? [2/3]

2) ondergrondse verbindingen vanaf ≈ 50 km

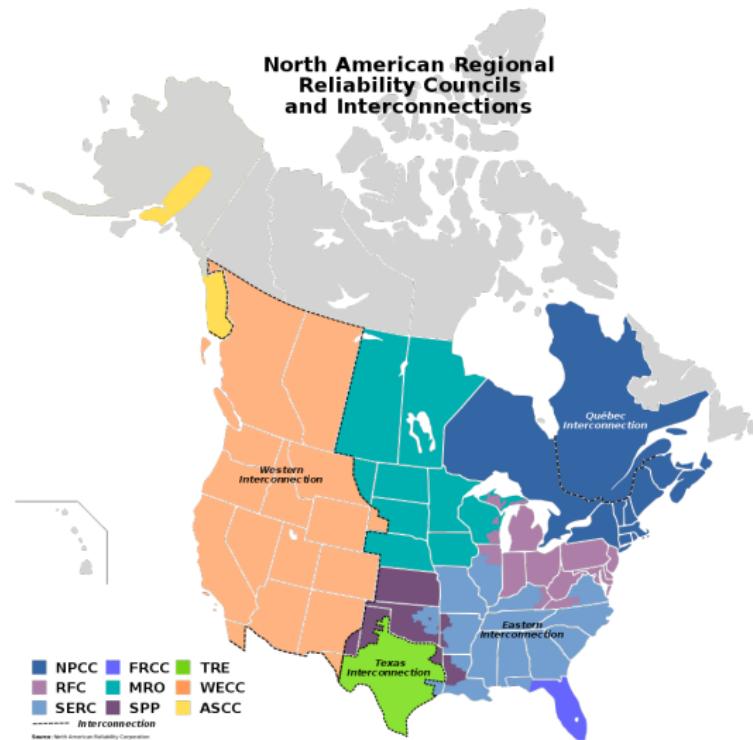
→ capacitive effects of AC cables become increasingly large



AC versus DC

Wanneer kiezen voor DC? [3/3]

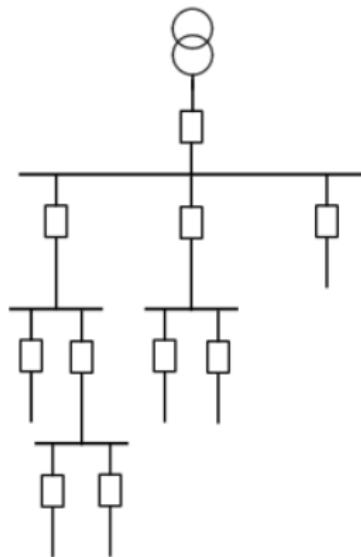
3) asynchrone netten met elkaar verbinden



transmissie- en distributienetten

radiale en lusverdeling

radiale verdeling



voordeel:

- eenvoudig aan te leggen en te beveiligen

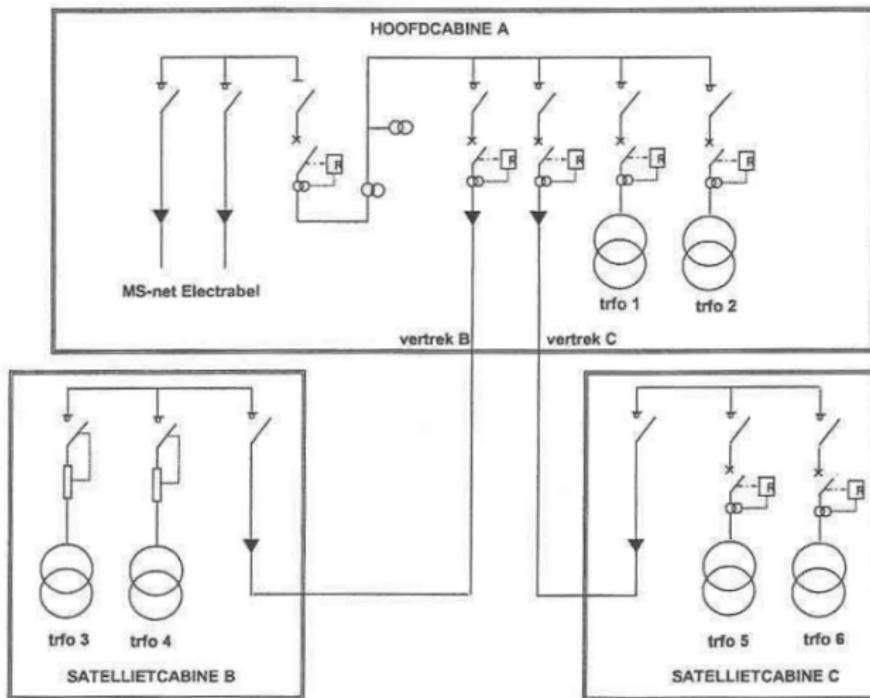
nadeel:

- lage bedrijfszekerheid

transmissie- en distributienetten

radiale en lusverdeling

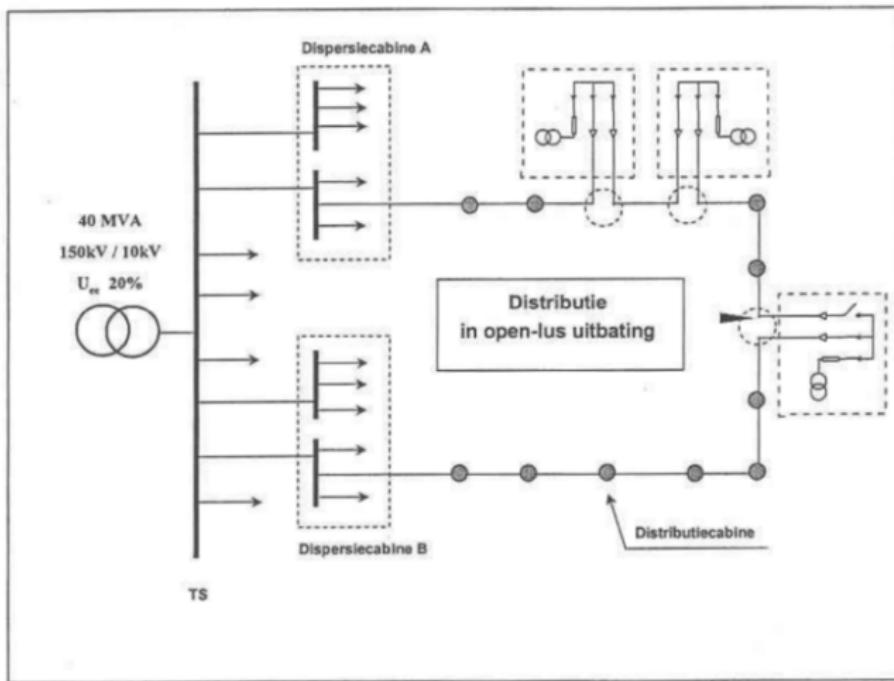
radiale verdeling



transmissie- en distributienetten

radiale en lusverdeling

open lusverdeling



transmissie- en distributienetten

radiale en lusverdeling

open lusverdeling

voordeel:

- verhoogde bedrijfszekerheid (elke distributiecabine kan langs twee kanten gevoed worden)

nadeel:

- beveiliging is complexer

De lus wordt meestal op één punt geopend zodat een eventuele fout niet langs twee wegen gevoed wordt.

overzicht

- 1 productie van elektrische energie
- 2 transmissie- en distributienetten
- 3 schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

Schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

Op knooppunten in de transmissie- en distributienetten moeten de energiestromen op een veilige en betrouwbare manier gestuurd worden.

Op deze knooppunten kunnen:

- verbindingen gemaakt worden met kabels en lijnen naar andere knooppunten
- transformaties plaatsvinden tussen verschillende spanningsniveaus
- bronnen van elektrische energie aangesloten worden
- verbruikers aangesloten worden

⚠ met andere woorden: de schakelposten zijn cruciaal

Deze installaties kunnen “open” of “gesloten” zijn.

schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

open schakelinstallaties



schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

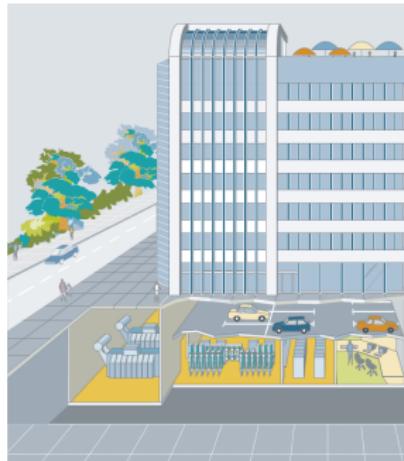
open schakelinstallaties

Air Insulated Substations: “open schakelpost”

- goedkoper
- neemt meer plaats in
- blootgesteld aan weer en wind

schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

gesloten schakelinstallaties



schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

gesloten schakelinstallaties

Gas Insulated Substations

- duurder
- veel compacter
- onderhoudsvriendelijk

schakel- en verdeelinstallaties (inleiding)

ook op middenspanning hetzelfde onderscheid

