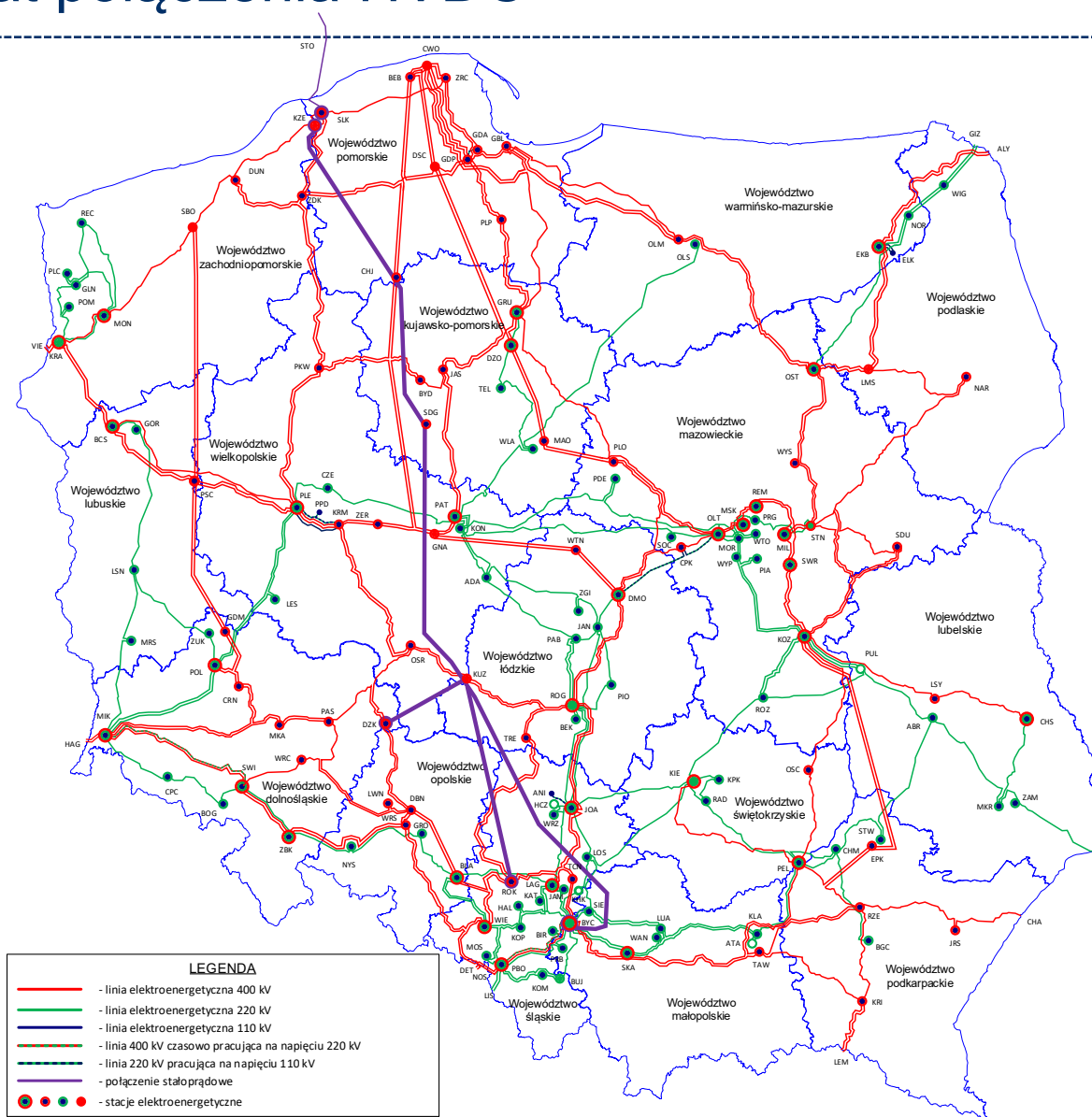

Różnice w projektowaniu linii napowietrznych najwyższych napięć AC i DC

Poglądowy schemat połączenia HVDC



Główne zalety:

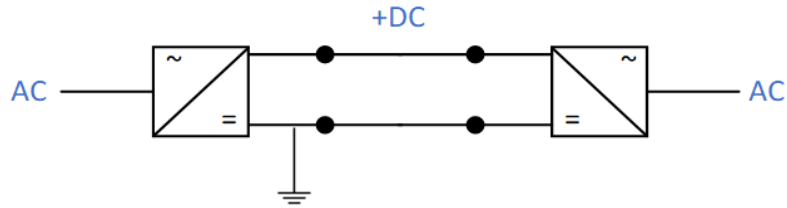
- Niższe koszty przy budowie długich linii
- Możliwość połączenia asynchronicznych systemów
- Brak ograniczeń związanych z długością linii
- Łatwiejsze sterowanie mocą przesyłaną
- Ograniczenie prądów zwarciovych
- Możliwości przesyłania dużych mocy

HVDC – dostępne technologie

Dostępne technologie	LCC (Line Commutated Converters)	VSC (Voltage Source Converters)
Zalety	- Technologia stosowana od lat 70 - Możliwość przesyłu dużych mocy - Niższe straty niż w technologii VSC	- Możliwość „black start” - Możliwość stosowania w „słabych” sieciach - Niski poziom harmoniczných - Niezależna regulacja mocy biernej i czynnej - Mniejszy obszar zajmowanej powierzchni
Wady	- Brak możliwości stosowania kabli XLPE - Duże zapotrzebowania na moc bierną co wymaga „mocnej” sieci - Generacja harmoniczných - Brak możliwości „Black Start” - Większy obszar zajmowanej powierzchni	- Większe straty konwersji - Mniejsze doświadczenia z technologią

HVDC – główne konfiguracje

Asymmetric monopol – układ jednobiegunowy niesymetryczny



Plusy:

Niskie nakłady inwestycyjne

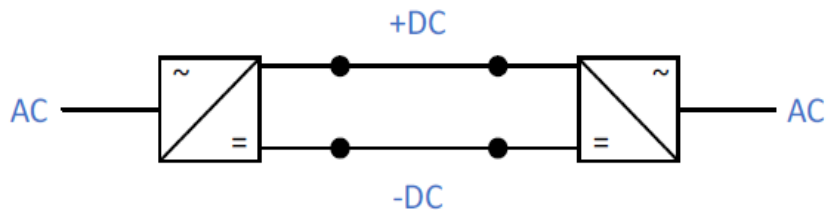
Możliwość przyszłej rozbudowy do układu dwubiegunowego

Minusy:

Utrata całej mocy w przypadku awarii stacji

Problemy środowiskowe i oddziaływanie na infrastrukturę otaczającą prądu DC przesyłanego ziemią

Symmetric monopol – układ jednobiegunowy symetryczny



Plusy:

Nie ma prądu DC przesyłanego ziemią

Niskie straty transmisyjne

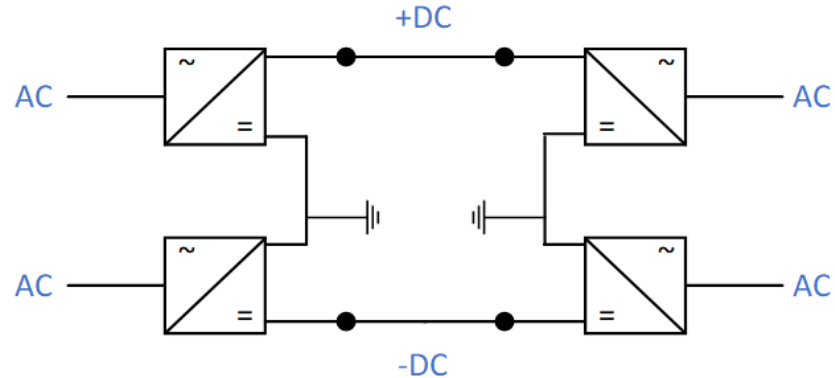
Minusy:

Utrata całej mocy w przypadku awarii stacji

Konieczność posiadania dwóch przewodów/kabli

HVDC – główne konfiguracje

Bipole – układ dwubiegunowy bez przewodu powrotnego



Plus:

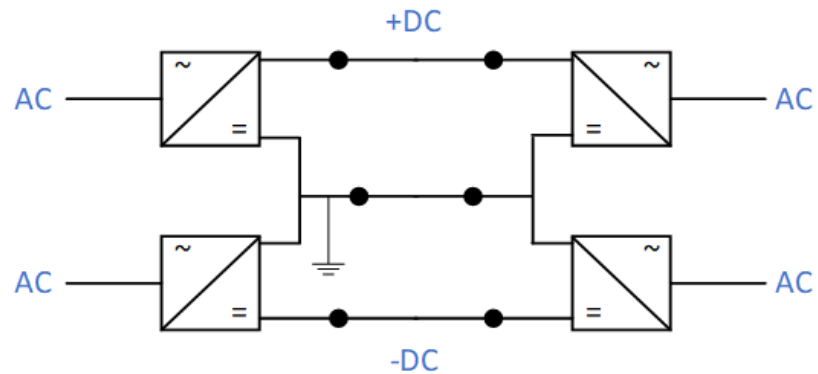
W przypadku awarii jednego konwertera możliwość przesyłania 50 proc mocy

Minusy:

Problemy środowiskowe i oddziaływanie na infrastrukturę otaczającą prądu DC - przesyłanego ziemią np. podczas awarii

Droższe niż jednobiegunowe

Bipole – układ dwubiegunowy z przewodem powrotnym



Plus:

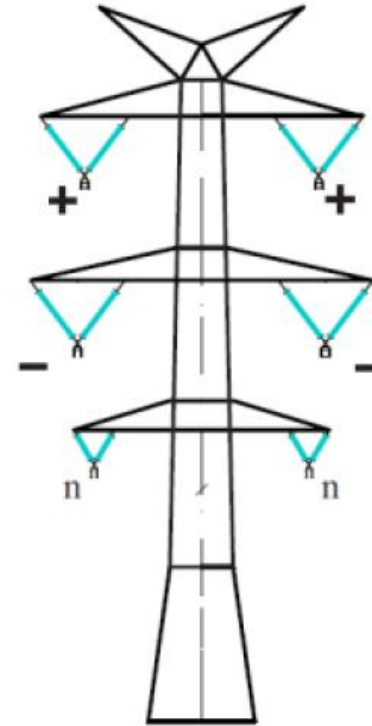
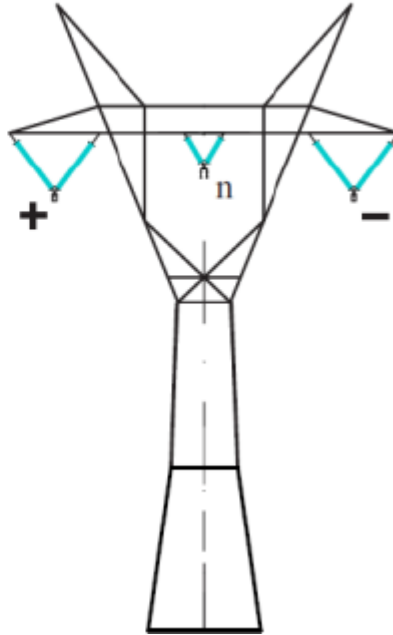
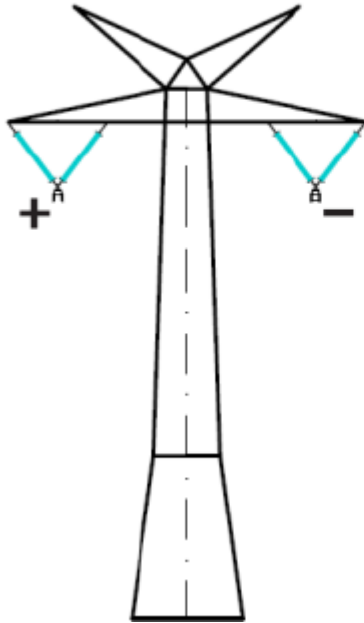
W przypadku awarii jednego konwertera możliwość przesyłania 50 proc mocy

Brak problemów środowiskowych i oddziaływania na infrastrukturę otaczającą z uwagi na brak prądu DC przesyłanego ziemią

Minusy:

Droższe niż jednobiegunowe

HVDC – sylwetka słupa



Przykład sylwetki słupa dla systemu dwubiegunowego bez przewodu powrotnego, z przewodem powrotnym oraz dwóch systemów dwubiegunowych z przewodami powrotnymi

HVDC – dobór przewodów

Materiał przewodów – typowe przewody np. ASCR (Aluminium Conductor Steel Reinforced itp.) i temp pracy (80 C) jak dla linii AC

Wiązka przewodów – wybór typu przewodów oraz konfiguracja wiązki przewodów uzależniona jest od funkcji strat Joula, strat od wyładowań koronowych oraz pola elektrycznego. Typowe konfiguracje dla linii +/- 525/600 HVDC to wiązki trzy lub czteroprzewodowe

Straty Joule – w liniach HVDC nie występuje efekt naskórkowości, który zwiększa rezystancję przewodu. (Rezystancja dla prądu stałego jest od 3 do 8% niższa niż impedancja dla prądu przemiennego przy częstotliwości sieciowej)



Przerój przewodu, gęstość prądu z uwzględnieniem efektu naskórkowości (linia AC) oraz bez (linie DC)

Straty od wyładowań koronowych – zauważono, że w liniach HVDC wyładowania występują częściej latem z uwagi na unoszące się w powietrzu owady i zanieczyszczenia. Gęstość występowania owadów jest znacznie wyższa na przewodzie o polaryzacji dodatniej.

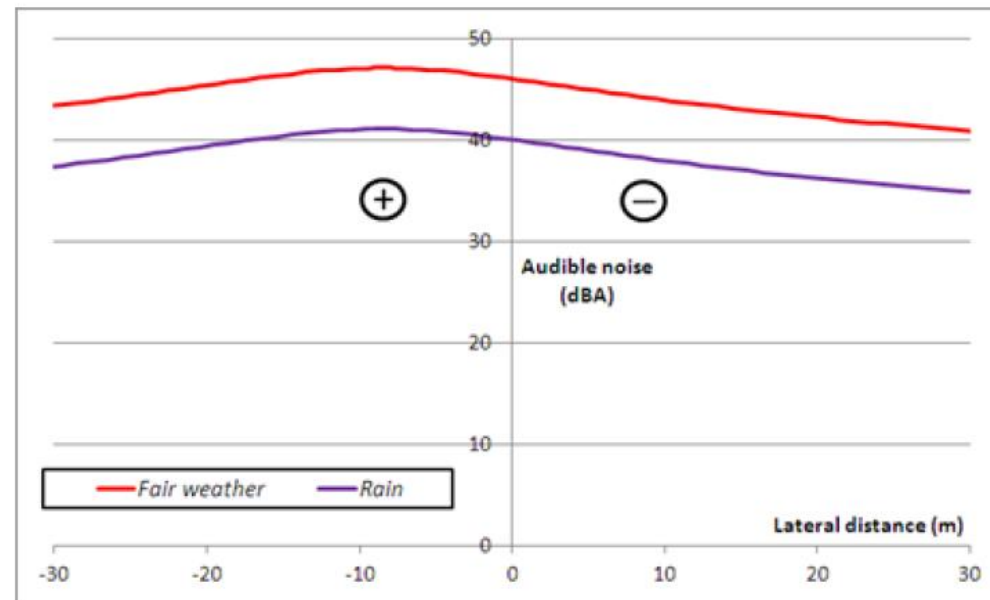
Pole elektryczne – w przypadku linii przesyłowych prądu stałego, do scharakteryzowania wszelkich efektów indukcyjnych wymagane są wielkości zarówno pola elektrycznego, jak i prądów jonowych generowanych przez zjawisko wyładowań koronowych na poziomie gruntu.

Pole magnetyczne – w liniach AC zmienne pole magnetyczne indukuje prądy w ciele człowieka, natomiast w liniach DC stałe pole magnetyczne nie ma takiego efektu indukcyjnego jak AC.

Wielkości pola magnetycznego w liniach DC są zbliżone do poziomów pola magnetycznego ziemi, dlatego wpływ pola magnetycznego można uznać za nieistotny.

Zakłócenia radiowe i hałas:

- w liniach AC trzy fazy linii wpływają na ogólny poziom zakłóceń, natomiast w liniach DC głównie biegun dodatni.
- poziomy zakłóceń w liniach DC są znacznie wyższe przy dobrej pogodzie. W przeciwieństwie do linii AC, dla których wyższe wartości występują w czasie złej pogody.



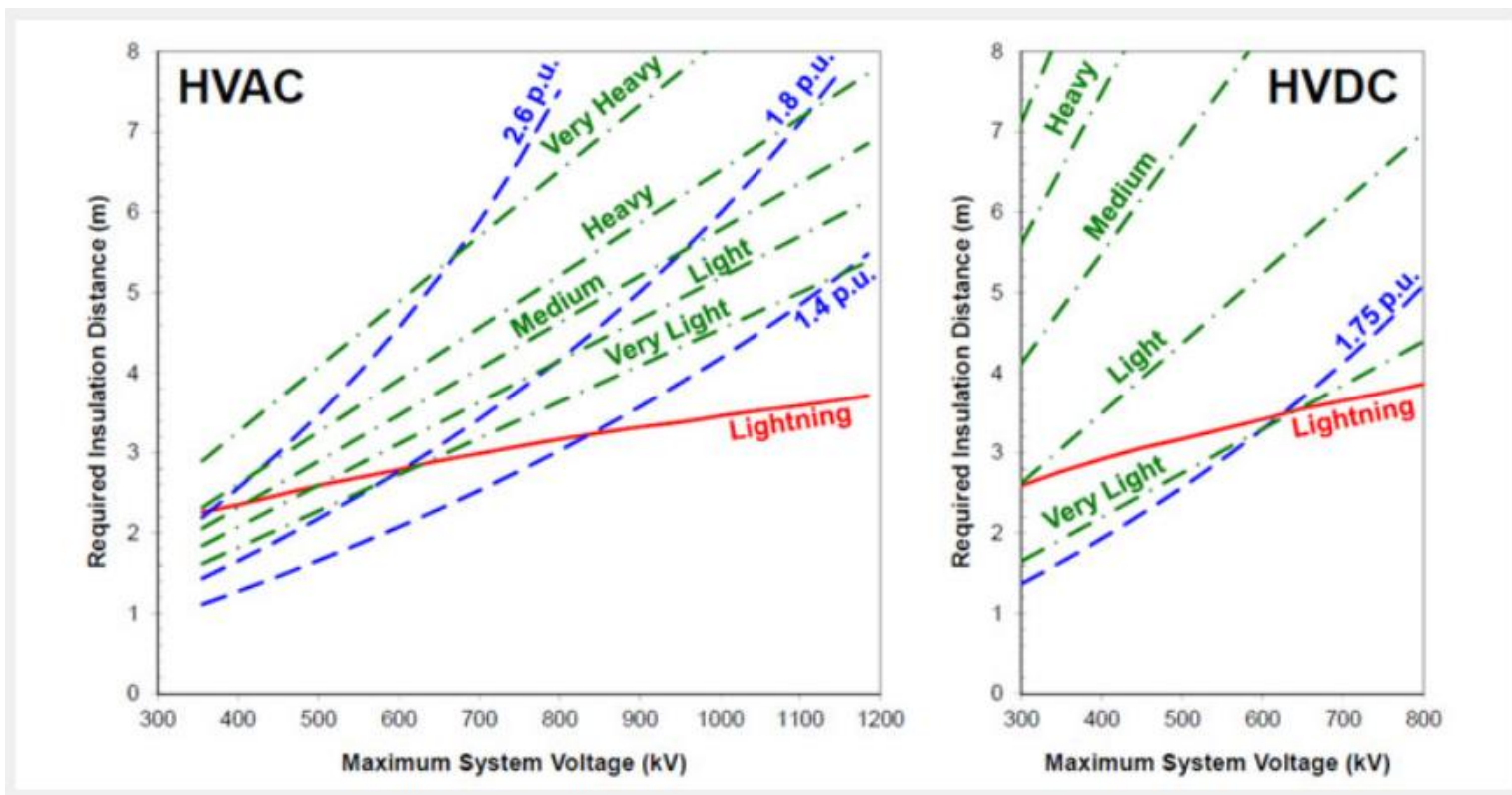
Kordynacja izolacji – uzależniona jest od przepięć i poziomów zanieczyszczeń.

W przypadku izolatorów prądu przemiennego głównym parametrem wymiarującym jest zazwyczaj przepięcie łączeniowe w warunkach deszczowych, w przypadku izolatorów prądu stałego jest to stopień zanieczyszczenia powietrza, który definiuje wymaganą drogę upływu, a tym samym wpływa na wymaganą długość izolatora.

Izolatory DC gromadzą więcej zanieczyszczeń niż AC (w przypadku linii AC osadzanie zanieczyszczeń występuje głównie pod wpływem wiatru, w przypadku linii DC pod wpływem statycznego pola elektrycznego - zwłaszcza jest to istotne przy niskich prędkościach wiatru).

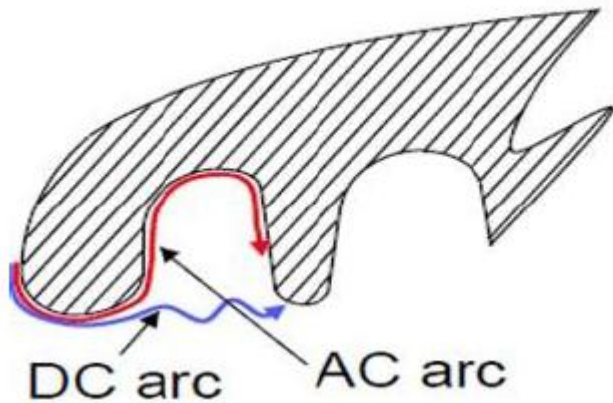
Przykładowe urządzenie do badania zanieczyszczeń:



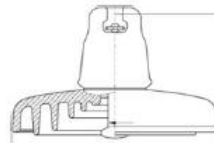
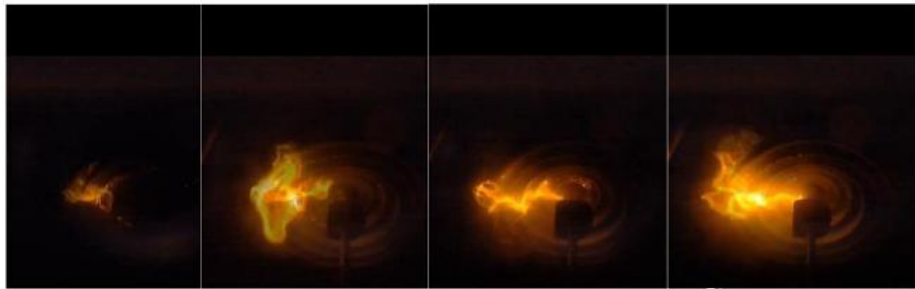


Przepięcia łączeniowe – z uwagi na możliwość płynnego zwiększania napięcia przepięcia łączeniowe są mniejsze niż w liniach AC. Obliczenia wskazane przez CIGRE mówią o maksymalnych przepięciach łączeniowych ok $2 U_{dc}$

Przepięcia piorunowe – z uwagi na ograniczenie prądu zwarciovego przez system sterowania stacji HVDC przepięcia piorunowe nie mają tak dużego wpływu jak w liniach AC.

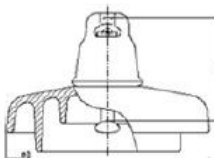


Różnica w powstawaniu łuku między DC a AC



Rozwój łuku w warunkach mgły solnej.

Górny izolator źle zaprojektowany, dolny dostosowany do wymagań DC (oba izolatory o tej samej drodze upływu)



Dziękuję za uwagę