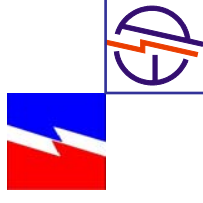


PRIJENOS I DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

**8. PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE  
ISTOSMJERNOM STRUJOM VISOKOG  
NAPONA**

dr.sc. Vitomir Komen, dipl.ing.el.

# PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE ISTOSMJERNOM STRUJOM PRI VISOKOM NAPONU

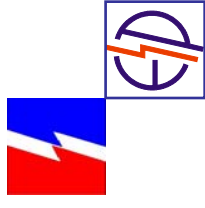


## POJAM

### PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE ISTOSMJERNOM STRUJOM PRI VISOKOM NAPONU

- ISVN: PRIJENOS ISTOSMJERNOM STRUJOM VISOKOG NAPONA
- HVDC: High Voltage Direct Current (engl.)
- HGÜ: Hochspannungs Gleichstrom Übertragung (njem.)
- CCHT: courant continu haute tension (franc.)
- ППТ: передача постоянного тока (rus.)

Mi bismo, možda, mogli reći “prijenos ISVN” (prijenos istosmjernom strujom visokog napona), dakle ponekad i ISVN-prijenos, ISVN-stanica, ISVN-pretvarač i t.sl., premda našem jeziku i pisanju bolje odgovara stanica ISVN i pretvarač ISVN. Ovdje ćemo ponekad pisati kolokvijalno “istosmjerni prijenos”.

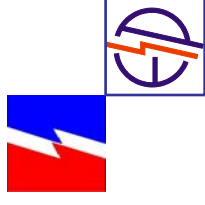


## DEFINICIJA

Prijenos istosmjernom strujom pri visokom naponu je tehnika prijenosa električne energije unutar elektroenergetskog sustava ili između elektroenergetskih sustava trofazne električne struje, korištenjem pretvarača koji ispravlja izmjeničnu struju u istosmjernu (ispravljač), i pretvarača koji tu istosmjernu struju opet pretvara u izmjeničnu (izmjenjivač), čime je povezivanje čvorova mreže izmjenične struje izvedeno posredovanjem istosmjerne struje.

ISVN-prijenos:

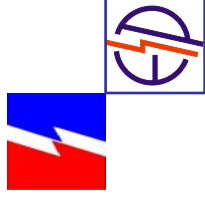
- VISOKI NAPON ( $\geq 100$  kV), VELIKE SNAGE ( $\geq 50$  MW)
- TREND SREDNJI NAPON, MANJE SNAGE



# MOTIVI PRIJENOSA ISTOSMJERNOM STRUJOM

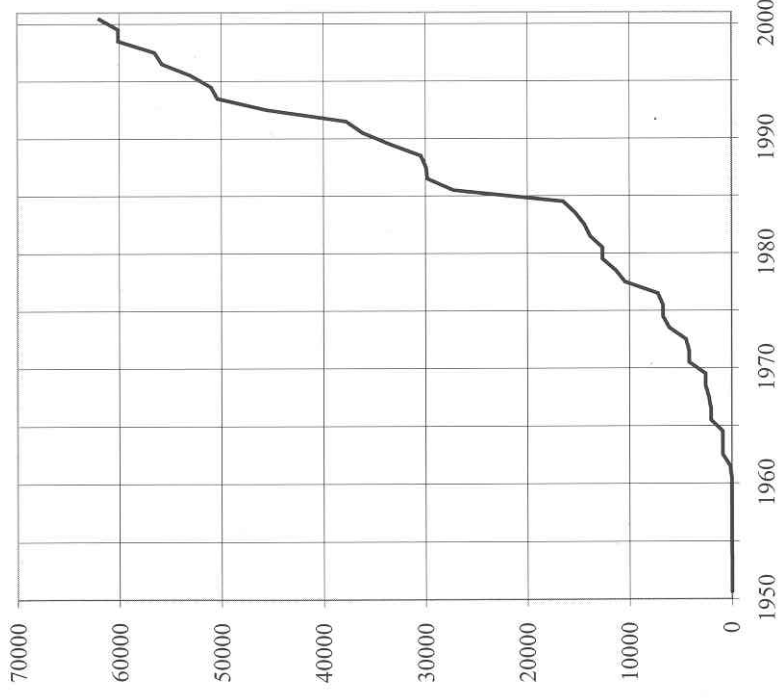
- RAZVOJ EES-a temelji se na primjeni sustava trofazne izmjenične struje:
  - prijenos velikih snaga uz razumno veliku struju
  - energetske transformator – transformiranje el. energije  
SN-VN-VVN-VN-SN-NN
- Mane prijenosa el. energije trofaznim izmjeničnim sustavom
  - pad napona na vodovima uslijed uzdužnog induktivnog otpora nadzemnog energetskog voda (razmjerni duljini voda)
  - smanjivanje prijenosne moći voda  $P = U_1 \cdot U_2 / X$  uslijed induktivnog otpora voda
  - smanjivanje prijenosne moći energetskog kabela uslijed protjecanja kapacitivne struje – struja koja teče od vodiča prema plaštu kabela kapacitetom kabela
  - skin efekt u vodičima energetskih vodova, dielektrični gubici u izolaciji energetskih kabela, korona na vodičima energetskih nadzemnih vodova
  - nemogućnost povezivanja dva EES-a različitih pogonskih frekvencija (npr. 50 Hz i 60 Hz) ili različitih sustava P-f regulacija.

# POVIJEST PRIMJENE ISTOSMJERNE STRUJE ZA PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

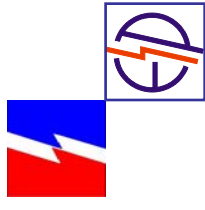


- Prijenos ISVN započeo primjenom živinih usmjerivačkih ventila, a pravi razvoj doživio primjenom tiristorskih ventila (od 1972. godine)
- Početak: pokusni prijenos nadzemnim vodom istosmjerne struje 1950 godine KAŠIRA – MOSKVA (tadašnji SSSR) prijenosne snage 30 MW/napon 100 kV/duljina 112 km
- Puni komercijalni prijenos: podmorsko kabelsko povezivanje Švedsko kopno – otok Gotland, prijenosna snaga 20 MW/napon 100 kV/duljina 96 km
- Od početka 70-tih godina nagli rast broja prijenosa i ukupne instalirane snage
- Današnje stanje:
  - više od 100 prijenosa ISVN
  - ukupna instalirana snaga veća od 75000 MW
  - rast instalirane snage prikazan na slici 1.

# POVIJEST PRIMJENE ISTOSMJERNE STRUJE ZA PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

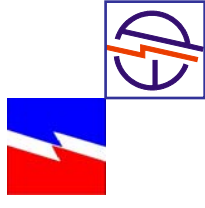


Instalirana snaga istosmjernih prijenosa u svijetu (MW)



## PODRUČJA KORIŠTENJA PRIJENOSA ISVN

- prijenos velike snage nadzemnim vodom na veliku udaljenost (najčešće preko 500 kilometara)
- prijenos podmorskim (eventualno podzemnim) kabelom na relativno veliku udaljenost (od nekoliko desetaka kilometara na više)
- asinkrono povezivanje elektroenergetskih sustava koje nije moguće neposredno povezati (primjerice 50/60Hz ili sustava s različitim regulacijom frekvencije)
- povezivanje pri kojem se iskorištavaju regulacijska svojstva prijenosa istosmjernom strujom, a kojih svojstava nema prijenos izmjeničnom strujom.

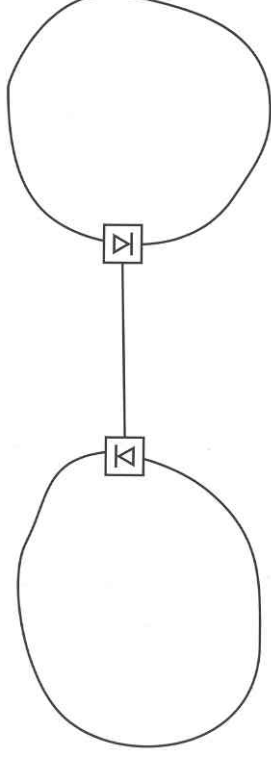


## VRSTE PRIJENOSA ISVN

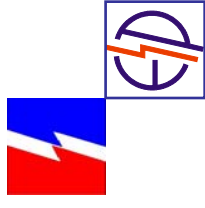
### PRVI NAČIN: PRIJENOS “TOČKA – TOČKA” (POINT – TO – POINT)

Istosmjerni prijenos sadrži, pored dva usmjerivača, i dalekovod (nadzemni, podzemni i – osobito – podmorski) istosmjerne struje, a primjenjuje se:

- za prijenos vrlo velikih količina električne energije na vrlo velike udaljenosti (red veličine više stotina megavata na oko 700 kilometara ili više)
- za prijenos ispod morskih prepreka (duljine veće od 50-tak kilometara)
- za podzemno uvođenje u gradske zone (red veličine duljine sličan kao kod podmorskog kabela)





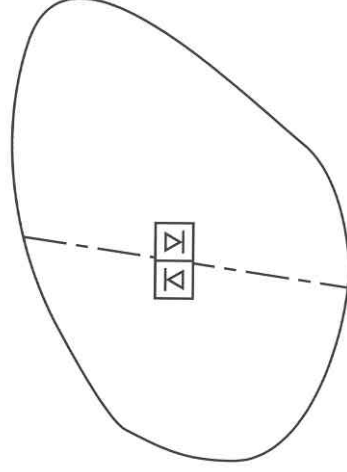


## VRSTE PRIJENOSA ISVN

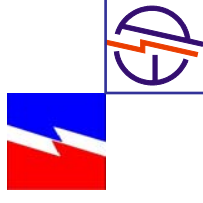
### DRUGI NAČIN: PRIJENOS “LEĐA – U - LEĐA” (BACK – TO – BACK)

Istosmjerni prijenos ne sadrži vod istosmjerne struje, nego samo dva usmjerivača jedan – do – drugoga, leđima – u – leđa, koji su licima povezani na čvorišta mreža izmjenične struje i služe

- za povezivanje mreža raznih pogonskih frekvencija, npr. 50 i 60 Hz u Japanu
- za asinkrono povezivanje mreža raznih načina regulacije snaga – frekvencija u pogonu, svojedobno npr. interkonekcije UCPTÉ i OES SEV
- kada se želi spriječiti povećanje struje kratkog spoja u povezanim sustavima ili povećati stabilnost tog povezivanja



# PRIJENOS NADZEMNIM VODOM NA VELIKU UDALJENOST

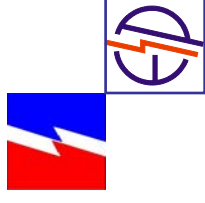


Prijenos električne energije nadzemnim vodom izmjenične ili istosmjerne struje

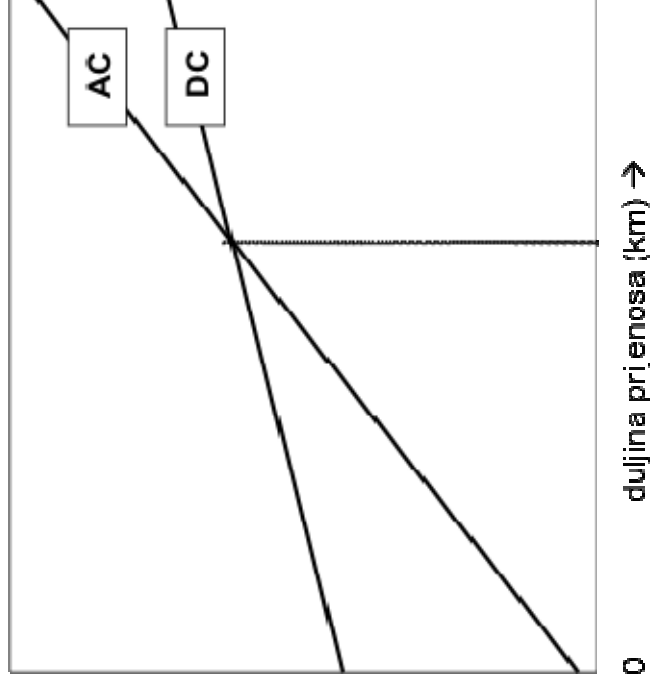
## KRITERIJ:

- Troškovi investicijske izgradnje, pogona i održavanja
- Troškovi prijenosa vodom izmjenične struje
  - vod – znatno skuplji
  - priključna polja – znatno jeftinija
- Troškovi prijenosa vodom istosmjerne struje
  - vod – znatno jeftiniji
  - dvije pretvaračke stanice – znatno skuplje

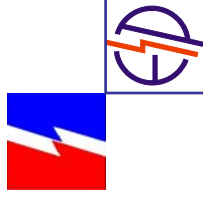
# PRIJENOS NADZEMNIM VODOM NA VELIKU UDALJENOST



Troškovi izgradnje prijenosa iste snage istosmjernom strujom (DC) i izmjeničnom strujom (AC)



# PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE DULJIM KABELSKIM VODOM

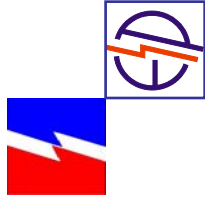


Prijenos električne energije kabelskim vodom izmjenične ili istosmjerne struje

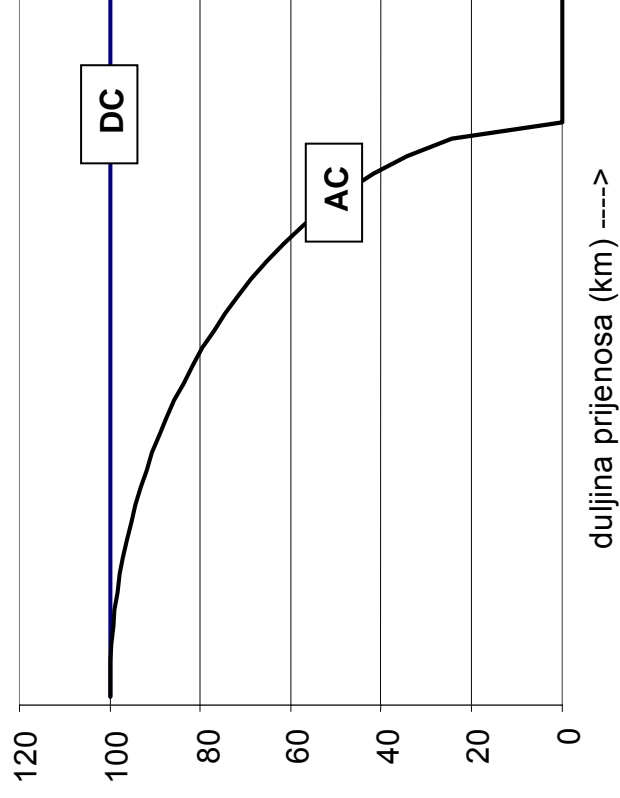
## KRITERIJ:

- Troškovi investicijske izgradnje, pogona i održavanja
  - smanjenje mogućnosti opterećenja djelatnom komponentom struje unutar dopuštene strujne opteretivosti kabela, a radi opterećenja kapacitivnom komponentom izmjenične struje srazmjerne duljini kabela
- Kabelski vod – GRANIČNA DULJINA PRIJENOSA – ekonomski opravdano i tehnički nužno primjeniti kabel istosmjerne struje umjesto kabela izmjenične struje

# PRIJENOS KABELSKIM VODOM NA VELIKU UDALJENOST



Opteretivost kabela istosmjernom strujom (DC) i izmjeničnom strujom (AC)

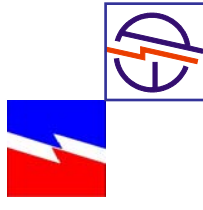




## POVEZIVANJE SUSTAVA RAZLIČITIH FREKVENCIJA ILI RAZLIČITE REGULACIJE FREKVENCIJA

Prijenos ISVN koristi se za:

- Povezivanje dviju mreža izmjenične struje različitih nazivnih pogonskih frekvencija
  - primjer Japan ili Južna Amerika (50Hz i 60 Hz)
- Povezivanje dvaju sustava istih nazivnih pogonskih frekvencija ali kojima su različita svojstva regulacije frekvencija
  - primjer Europa – sinkroni rad interkonekcije UCTE i interkonekcije CENTREL (različita regulacijska odstupanja frekvencije)



# KORIŠTENJE REGULACIJSKIH SVOJSTAVA PRIJENOSA ISVN

Prijenos trofaznim vodom izmjenične struje

$$\text{Prijenosna snaga} \quad P_{12} = \frac{U_{a1} \cdot U_{a2}}{X} \cdot \sin(\delta_1 - \delta_2)$$

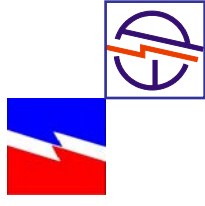
Vod je pasivan element –  $X = \text{konst.}$

Vod je generator/potrošač jalove snage

Granica prijenosne snage – granica stabilnosti prijenosa

Prijenos vodom istosmjerne struje

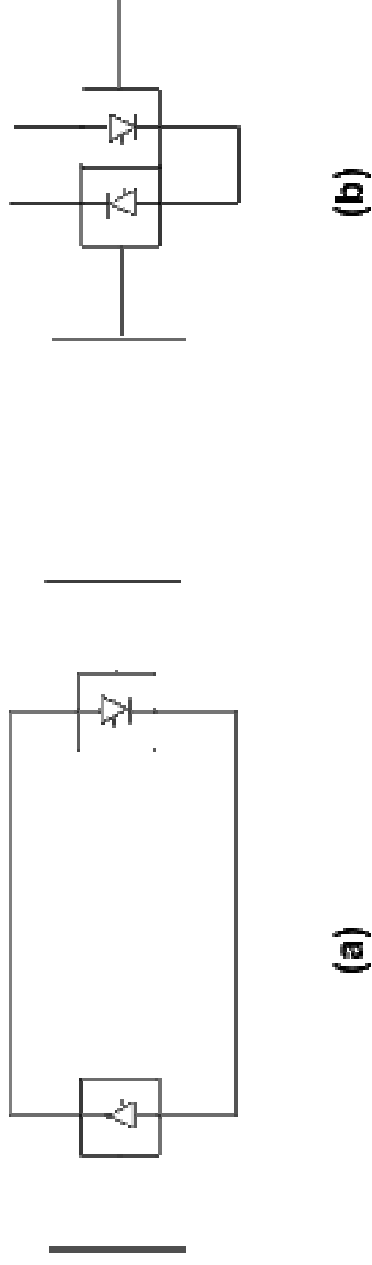
$$\text{Djelatna snaga prijenosa} \quad P_{12} = \frac{U_{d1} - U_{d2}}{R} \cdot U_{d2}$$



# OSNOVNE SCHEME PRIJENOSA ISVN

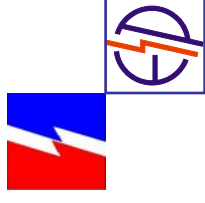
Osnovne sheme prijenosa ISVN

- a) TOČKA – TOČKA
- b) LEĐA – U – LEĐA





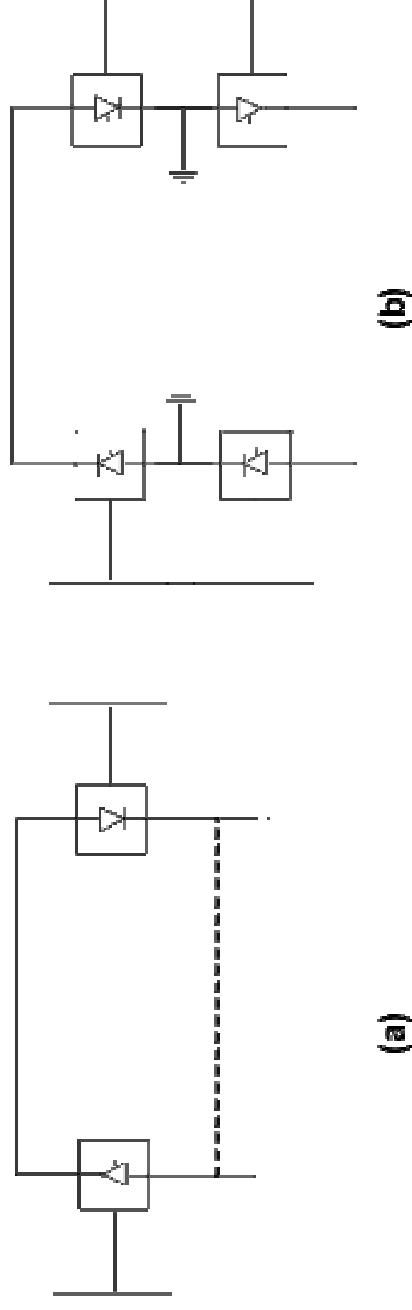
# VRSTE SHEMA PRIJENOSA ISVN UZ KORIŠTENJE VODA (točka – točka)

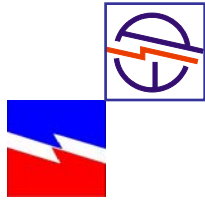


- a) jednopolni (monopolarni) prijenos (oznaka napona  $U_{mkV}$ ) – jedan pretvarački pol

Vod istosmjerne struje ima vodič (jednopolni vod) i povratni vodič (vodič izoliran za mali napon prema zemlji, gromobranski zaštitni vodič, ??? (zemlja, more))

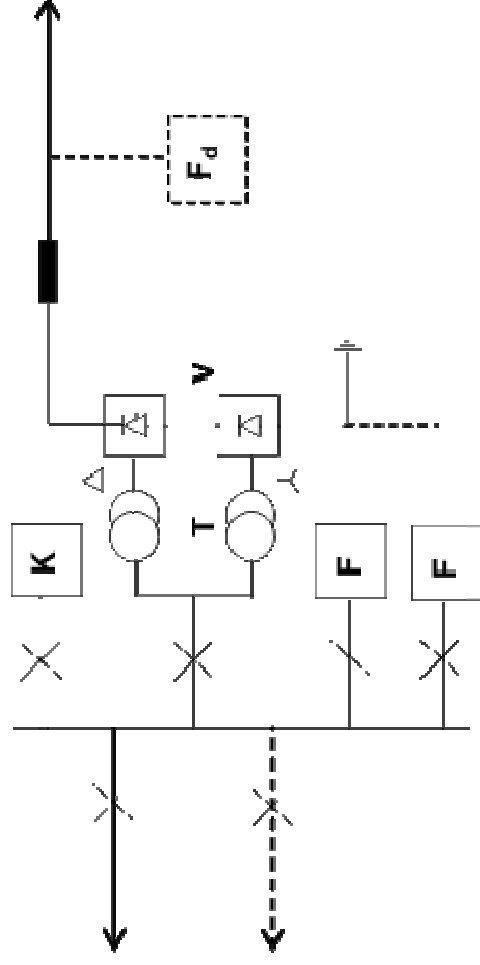
- b) dvopolni (bipolarni) prijenos (oznaka napona  $\pm U_{mkV}$ ) – dva pretvaračka pola  
Vod istosmjerne struje ima dva vodiča (dvopolni vod)





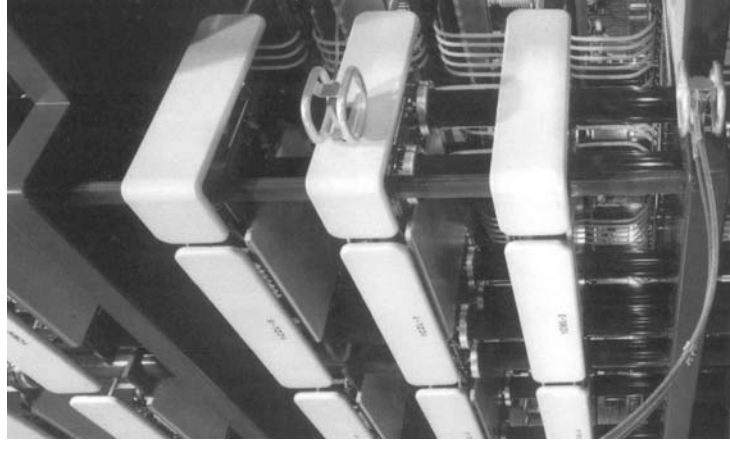
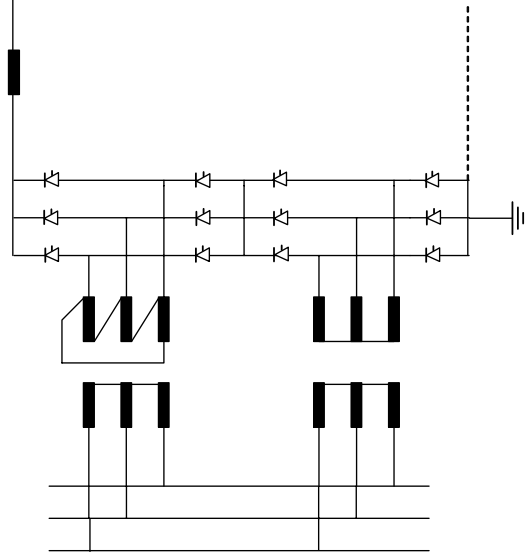
# IZVEDBA PRETVARAČKE STANICE

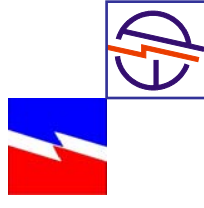
- PRETVARAČKA STANICA – struktura:
  - zgrada s usmjerivačkim ventilskim sklopovima, upravljanjem i regulacijom
  - pretvarački transformatori
  - visokonaponsko rasklopno postrojenje s vodnim poljima
  - polja za priključak kompenzatora jalove snage i filtera za popravak oblika izmjeničnog napona
  - površina pretvaračke stanice – do više desetaka hektara
- Pretvaračka postrojenja su skupocjena postrojenja
  - tiristorski ventilski slog (V)
  - pretvarački transformatori (T)
  - ventilska prigušnica (L)
  - eventualno: filter na istosmjernoj strani (Fd)
  - filteri na izmjeničnoj strani (F)
  - kompenzacija na izmjeničnoj strani (K)
  - upravljanje i regulacija, zaštita i komunikacija.



# IZVEDBA PRETVARAČKE STANICE

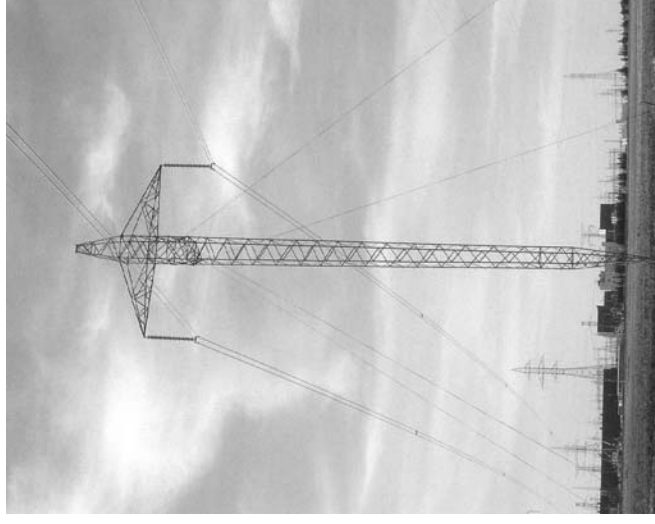
- Tiristorski ventilski slogovi (blokovi)
  - paralelno i serijsko spajanje istovrsnih modula tiristorskih dioda
  - tiristori – nazivni podaci 4 kA/8kV
  - uobičajeno spojeni u grane 12-pulsnog trofaznog mosta
  - serijsko spajanje u spiralu, prostorno oblikovano u pravokutnu prizmu
  - smješteni u ventilsku halu, hlađenje vodom, a izolacija je zračna
  - trend – cijena tiristorskih dioda pada, a vrijednost njihovih tehničkih parametara raste





# IZVEDBA NADZEMNIH VODOVA, KABELA I UZEMLJIVAČA KOD PRIJENOSA ISVN

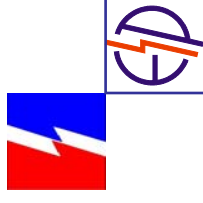
- Izvedbe nadzemnih vodova za prijenos ISVN
  - jednopolni sa zemljom kao povratnim vodičem
  - jednopolni s dva vodiča, odlaznim i povratnim
  - jednopolni s gromobranskim zaštitnim užetom kao povratnim vodičem
  - dvopolni s dva vodiča, eventualno kao druga etapa pri korištenju
  - dvostruki dvopolni s četiri vodiča.
- Konstrukcija nadzemnih vodova – Fe stupovi, vodiči, zaštitni vodiči i izolatori kao kod vodova izmjenične struje





# IZVEDBA NADZEMNIH VODOVA, KABELA I UZEMLJIVAČA KOD PRIJENOSA ISVN

- Izvedba energetske kabele za prijenos ISVN
  - podmorski kabel – jednopolna izvedba
  - jednopolni prijenos – jedan kabel
  - dvopolni prijenos – dva kabela
  - primjer: Kabel 1200 mm<sup>2</sup> Cu, uljno-impregnirana papirna izolacija debljine 17,5 mm s poluvodljivom ???



## VELIČINA TROŠKOVA IZGRADNJE

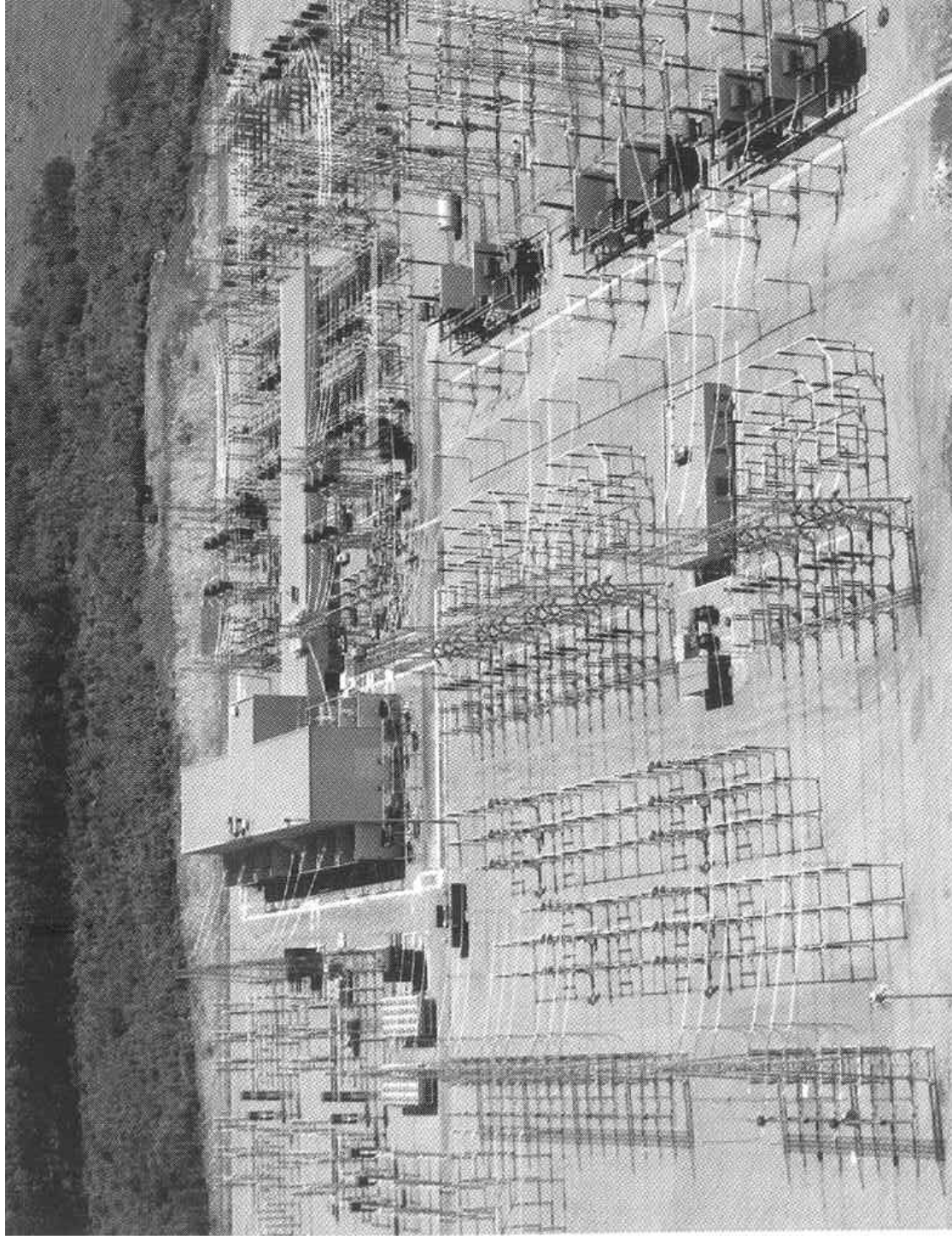
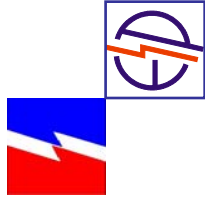
- Troškovi izgradnje pretvaračke stanice
  - ukupni troškovi:
    - 50% radovi (građevinski, el.montažni)
    - 50% oprema
      - 1/3 pretvarački transformatori
      - 1/3 tiristorski ventili
      - 1/3 ostala oprema
  - približni troškovi:
    - 100 USD/kW za “LEĐA – U – LEĐA”
    - 30% veća cijena za par pretvaračkih stanica

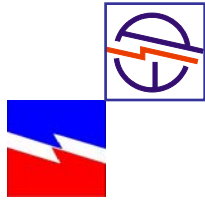
Primjer: cijena pretvaračke stanice 600MW “LEĐA – U – LEĐA” je oko 60 milijuna USD, a TS 400/110 kV, 2x300MW je oko 30 milijuna USD

- Troškovi izgradnje vodova istosmjerne struje
  - cijena nadzemnog voda istosmjerne struje za istu snagu prijenosa je oko polovine vrijednosti voda izmjenične struje (polovina mase čelika, manje izolatora, slična masa vodiča i uža trasa)
  - kabel istosmjerne struje jeftiniji je od ekvivalentnog kabla izmjenične struje
    - iskorištenija izolacija
    - primjena jeftinije čelične armature
    - dvopolni prijenos – dva kabla
    - jednopolni prijenos – jedan kabel



# VELIČINA TROŠKOVA IZGRADNJE

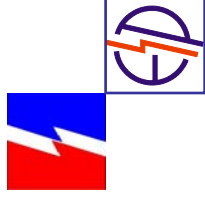




## DANAŠNJE STANJE PRIJENOSA ISVN U SVIJETU

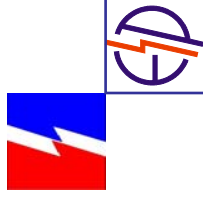
- Stanje 2005. godine: u pogonu 100 prijenosa ukupne instalirane snage veće od 75000 MW
- Trećina prijenosa ima snagu 300-600 MW
- Polovina prijenosa ima duljinu do 500 km
- Primjenjeni naponi jednog pola prema zemlji su u području 100-500 kV
- Naponi koji se primjenjuju počinju od oko  $\pm 100$  kV (jedan vodič  $+100$  kV prema zemlji, drugi vodič  $-100$  kV prema zemlji, dakle “linijski” napon 200 kV), da bi najveći broj prijenosa bio ostvaren uz napon  $\pm 250$  kV. Najviši napon istosmjernog prijenosa u pogonu je  $\pm 600$  kV.
- Nema kontinenta bez primjene prijenosa ISVN
- Sve velike otočke zemlje imaju prijenos ISVN među glavnim otocima (Japan, Novi Zeland, Filipini, a u izgradnji je prijenos otočnog i kopnenog dijela Malezije oko 600 km).





## DANAŠNJE STANJE PRIJENOSA ISVN U SVIJETU

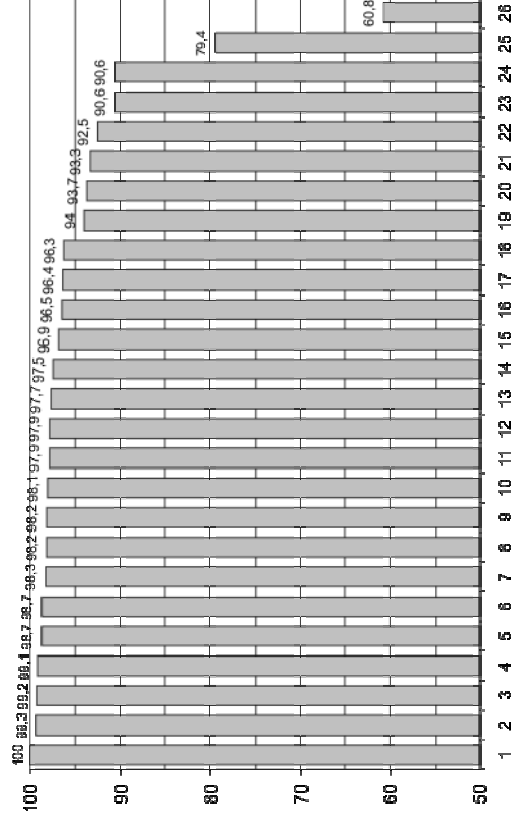
- Granična svjetska ostvarenja istosmjernih prijenosa pri visokom naponu koji su u pogonu su:
  - najsnažniji nadzemni prijenos: Itaipu 6300MW, kojim je ostvaren 785 kilometara dugi dvostruki dvopolni prijenos između najsnažnije hidroelektrane na svijetu HE Itaipu (12600MW, generatori 50Hz), na rijeci Parani (granica Paragvaj-Brazil) do brazilske mreže 60Hz u blizini Sao Paula
  - najdulji nadzemni prijenos: Inga-Shaba u Zairu kojim je povezana HE Inga na rijeci Zair i metalurški čvor proizvodnje bakra Kolwezi u pokrajini Shaba, s dva odvojena jednopolna voda duljine 1700 kilometara, uz snagu istosmjernog prijenosa od 560MW
  - najsnažniji podmorski prijenos: IFA 2000, kojim je ispod La Manchea povezana Francuska i Velika Britanija s dva bipola i ukupno osam jednožilnih kabela duljine 72 kilometra uz snagu prijenosa 2000MW radi kontinuiranog izvoza francuske električne energije u Veliku Britaniju, godišnje količine oko 15TWh (više od sadašnjeg godišnjeg konzuma Hrvatske)
  - najdulji podmorski prijenos: Baltic-kabel, koji povezuje Njemačku i Švedsku ispod Baltičkog mora, na duljini 250 kilometara uz snagu 600MW
  - najsnažnija leđa-u-leđa stanica: Vyborg, kojom su asinkrono povezani elektroenergetski sustavi Rusije i Finske snagom 1065MW.



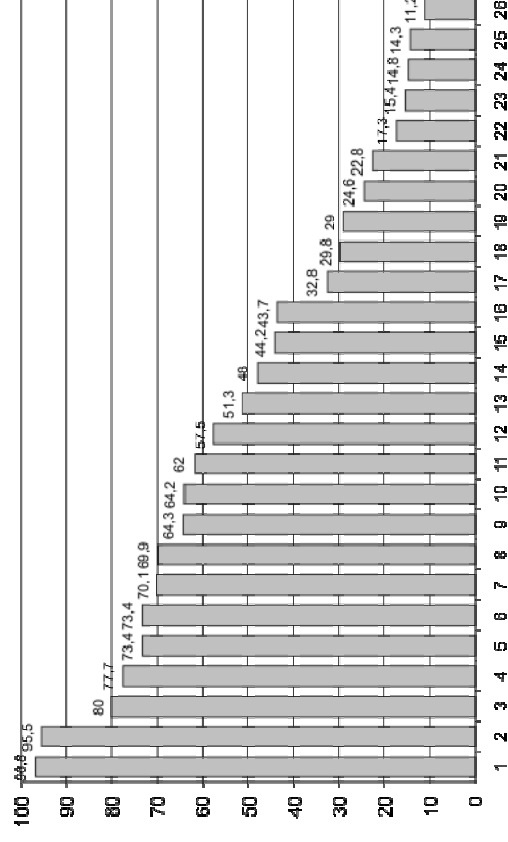
# DANAŠNJE STANJE PRIJENOSA ISVN U SVIJETU

- Isporučitelji opreme pretvaračkih stanica u svijetu su: oko 2/3 svih isporuka učinio je ABB (odnosno, svojedobno ASEA i BBC), a ostale isporuke izveli su Siemens (ranije Siemens/AEG/BBC), GEC Alsthom, General Electric, te japanski i ruski proizvođači.

RASPOLOŽIVOST 26 ISTOSMJERNIH PRIJENOSA S TIRISTORSKIM VENTILIMA U SVIJETU 1996.GODINE (%)



TRAJANJE GODIŠNJEG KORIŠTENJA MAKSI. TRAJNE SNAGE 26 ISTOSMJ. PRIJENOSA S TIRIST. VENTILIMA U SVIJETU 1996. GODINE (%)



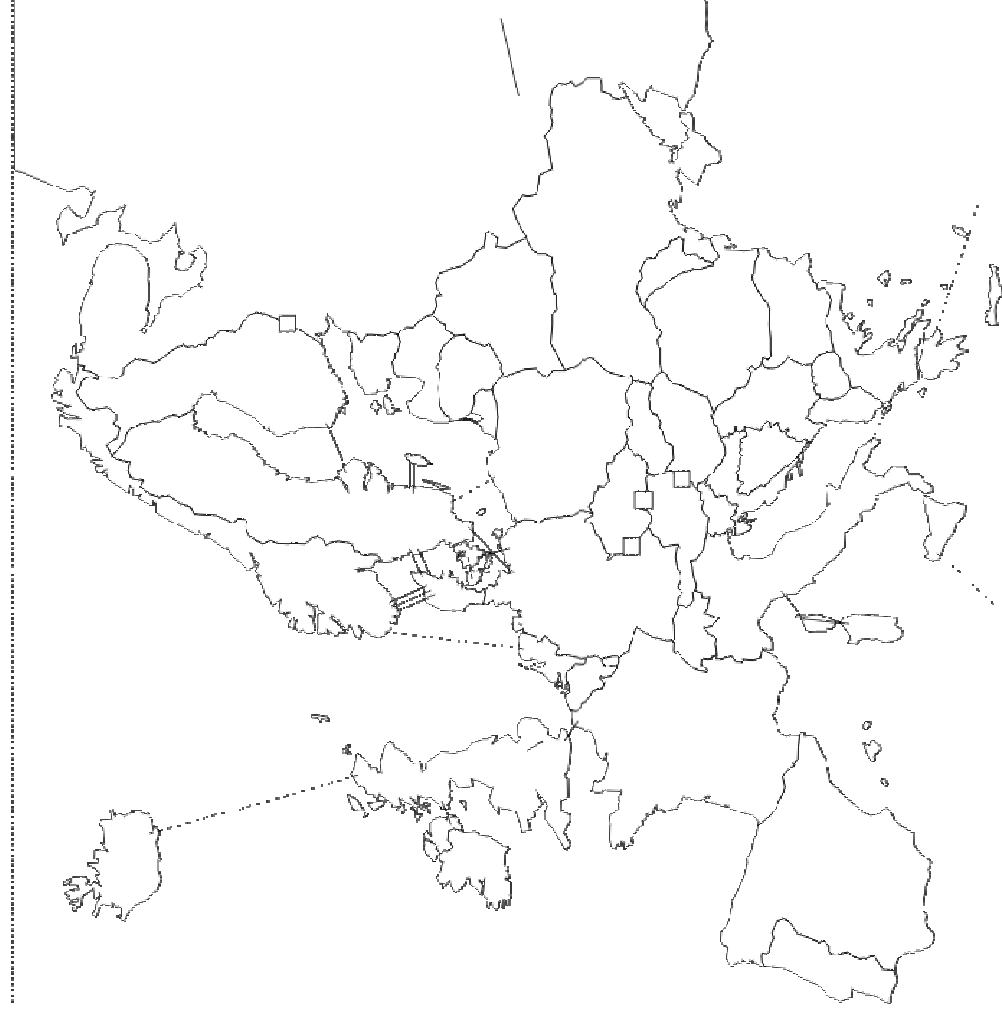


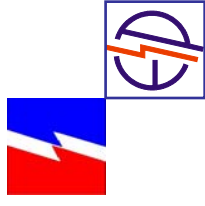
# STANJE I PREDSTOJEĆA OSTVARENJA PRIJENOSA ISVN U EUROPI

- Prijenos ISVN u Europi:
  - povezivanje nordijskih zemalja podmorskim kabelima prema kontinentu i među sobom
  - povezivanje velikobritanskog otoka s kontinentom
  - povezivanja u Mediteranu
  - leđa-u-leđa povezivanja, pretežno dezavuirana pomicanjem granice UCPTÉ na istok (Dürrrohr, Wien-Süd Ost, Etzenricht), i stanica Vyborg u korištenju.
  - u Europi nema prijenosa ISVN na daljinu
- Prijenos ISVN u izgradnji u Europi
  - Najdulji podmorski kabelski prijenos na svijetu NorNed – prijenos između Norveške i Nizozemske, pod sjevernim morem – duljina 580 km, dvožilni kabel, napon  $\pm 450$  kV, prijenosna moć 700 MW, izgradnja 2004. – 2007. godine
  - Projekt u pripremi – najdulji podmorski kabelski prijenos, veza Islanda s Europom duljine veće od 1000 km – jednožilni kabel, 1200 mm<sup>2</sup>, napon 400 kV, prijenosna moć 500 MW, a u konačnoj fazi udvostručenje (dubina mora oko 1000 m).

# STANJE I PREDSTOJEĆA OSTVARENJA PRIJENOSA ISVN U EUROPI

- Prijenos točka-točka u pogonu
- - - Prijenos točka-točka u pripremi ili izgradnji
- Povezivanje leđa-u-leđa



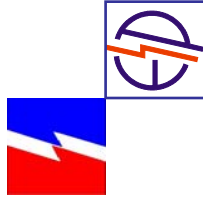


# STANJE I PREDSTOJEĆA OSTVARENJA PRIJENOSA ISVN U EUROPI

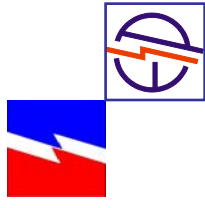
Tablica 1. PRIJENOSI ISTOSMJERNOM STRUJOM VISOKOG NAPONA U EUROPI KRAJEM 90-TIH GODINA

Prijenos	Država A	Država B	Nadž. (km)	Kabel (km)	Ukupno (km)	Napon (kV)	Snaga (MW)	Pogon	Opaska
<b>U pogonu:</b>									
1	Volgograd-Donbas	europ.dio Rusije	470	0	470	±400	720	1962	Sad.stanje od 1965
2	Konti-Skan 1	Danska	95	85	180	250	250	1965	
3	Sardinia	Italija(kopno-Sardinija)	292	121	413	200	200	1967	Od 1986: SACOI-1, a od 1992: SACOI-2, 300MW
4	Kingsnorth	Velika Britanija	0	82	82	±266	640	1974	Duboki kabeiski uvod u urbano područje Velikog Londona
5	Skagerak 1 i 2	Danska	113	127	240	±250	500	1976	Sad.stanje od 1977
6	Vyborg	tad.SSSR	-	-	-	±85x3	1065	1981	Asinkrono povezivanje, sad.stanje od 1984
7	Dümröhr	Austrija	-	-	-	145	550	1983	Asinkrono povezivanje, mog.proširenje na 1100MW
8	Gotland 2	Švedska(kopno-Gotland)	7	96	103	150	130	1983	Prijenos 20MW iz 1954. poveć.na 30MW 1970.obust.1987
9	IFA 2000	Francuska	0	72	72	±270x2	2000	1985	Sad.stanje od 1986 (prijenos 160MW iz 1961.obust.1984)
10	Korzika	ital.kopno	-	-	-	200	50	1956	Priključak Korzike na SACOI-1
11	Gotland 3	Švedska(kopno-Gotland)	7	96	103	150	130	1987	
12	Konti-Skan 2	Danska	95	85	180	285	300	1988	
13	Fenno-Skan	Švedska	33	200	233	400	500	1990	
14	Skagerak 3	Danska	113	127	240	350	500	1993	Proširenje za jedan pol. povratni vodič: tlo
15	Wien Süd-Ost	Austrija	-	-	-	145	550	1993	Asinkrono povezivanje
16	Eizenricht	Njemačka	-	-	-	160	600	1993	Asinkrono povezivanje, moguće proširenje na 2x600MW
17	Baltic-kabel	Njemačka	0	250	250	450	600	1994	
18	Kontek-kabel	Njemačka	118	52	170	400	600	1996	
19	Scotl.-North Ireland	Ujedinjeno Kraljevstvo	0	60	60	150	250	1998	
<b>U izgradnji, pripremi izgradnje ili razmatranju:</b>									
20	Korfu	Italija	155	160	315	±300	600	2000	Konačna veličina: ±400kV, 1000MW
21	NorNed-kabel	Nizozemska	0	500	500		600	2001	
22	Store Baelit	ist./zap.Danska	35	30	65	280	350	2003	Prva etapa: jednopolno, povratni vodič: tlo
23	Euro-kabel	Njemačka	0	500	500		600	2003	
24	Viking-kabel	Njemačka	0	500	500		600	2003	
25	SWePol-kabel	Pojlska	30	230	260		600	2003	
26	Tunis-Sicilija	Tunis	0	~150	~150		...	...	
27	Grčka-Turska	Grčka	0	~250	~250		...	...	
28	Island-kabel	Island	0	~950	~950		1100	2005	+Razm.opskrbe Hamburga s Islanda, ekološki motivirano

# STANJE I PREDSTOJEĆA OSTVARENJA PRIJENOSA ISVN U EUROPI



- Prijenosi ISVN u Hrvatskoj:
  - nema prijenosa u pogonu
  - godine 1957. razmatran je kabelski prijenos istosmjernom strujom ispod jadrana Hrvatska – Italija, studijom Ekonomske Komisije za Energiju Ujedinjenih naroda
  - trenutno u studijskoj pripremi istosmjerni kabelski podmorski prijenos Hrvatska – Italija, za uvoz energije u Italiju s istoka, tranzitom preko hrvatske prijenosne mreže.



## ZAKLJUČAK

- Prijenos istosmjernom strujom u usporedbi s prijenosom izmjeničnom strujom znade biti povoljniji u pogledu: regulacijskih svojstava, ukupne veličine i dinamike investiranja, gubitaka električne energije pri prijenosu, pogonske pouzdanosti i djelovanja na okolinu, a sve to uz postizanje visoke raspoloživosti suvremenih tehničkih rješenja pretvaračkih stanica. U nekim prilikama: prijenos, odnosno povezivanje istosmjernom strujom, jedino je tehnički moguće rješenje.
- Očekivani pravci razvoja prijenosa ISVN
  - komercijalno ostvarenje DC prekidača
  - širenje primjene na srednjenaponsko područje
  - daljnji razvoj FACTS sustava na VN i SN području