



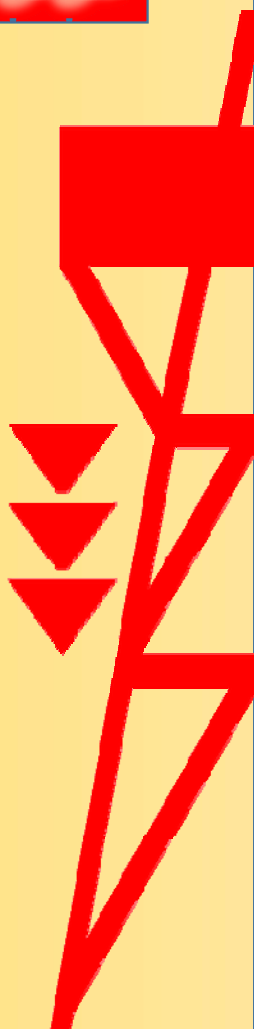
Bulk Power Transmission Center

مرکز توسعه فناوری سامانه‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

نخستین نشست هم‌اندیشی

شهریور ۱۳۹۵

ارائه: بهائون برهمند لور
مرکز توسعه فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



سرفصل مطالب

- تفکر و سیاستگذاری ایجاد مراکز توسعه فناوری در صنعت برق
- تصویب ایجاد مرکز توسعه فناوری "سیستمهای انتقال توان با ظرفیت بالا" توسط وزارت نیرو بر اساس پیشنهاد پژوهشگاه نیرو
- نحوه شکل گیری طرح کلان پژوهشی "انتقال توان با ظرفیت بالا"
- اهداف کلان مرکز
- ماموریتها
- سیاستها و اقدامات

شهریور ۱۳۹۵

اولین نشست هم اندیشی مرکز توسعه فناوریهای انتقال توان با ظرفیت بالا



Bulk
Power
Transmission
Center



سرفصل مطالب

- مفهوم کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا
- بکارگیری فناوری سیستمهای انتقال توان در ظرفیت بالا در جهان
- روشهای افزایش ظرفیت انتقال توان در شبکه
- مقایسه فناوریهای انتقال توان با ظرفیت بالا
- فرصت‌ها و چالش‌های اساسی در فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا
- جمع بندی نشست اول

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوریهای انتقال توان با ظرفیت بالا شهریور ۱۳۹۵



Bulk

Power

Transmission

Center



تفکر و سیاستگذاری ایجاد مراکز توسعه فناوری در صنعت برق

- یکی از کمبودهای موجود در برنامه‌های توسعه علمی و پژوهشی کشور در دهه‌های اخیر، توجه کمتر به توسعه فناوری در کنار توسعه پژوهش بوده است.
- فناوری به عنوان بخش مکمل پژوهش و تحقیقات، نقش مهمی در کاربردی ساختن نتایج تحقیقات و ورود آنها به صنعت دارد.
- وزارت نیرو، از چند سال پیش متوجه این خلأ در بخش برنامه‌ریزی علمی و پژوهشی کشور شده که ماحصل آن تهیه و ابلاغ "نظام‌نامه مدیریت و راهبری پژوهش و فناوری وزارت نیرو" در ابتدای سال ۱۳۹۴ بوده است.

شهریور ۱۳۹۵

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



Bulk

Power

Transmission

Center



تفکر و سیاستگذاری ایجاد مراکز توسعه فناوری در صنعت برق

- بدین ترتیب و با جدی شدن راهبرد جدید مدیریت تحقیقات و فناوری در این صنعت از سوی سیاست‌گذاران و متولیان صنعت برق، رصد فناوری‌های نوین و ورود آنها به عرصه صنعت برق به عنوان یکی از مهمترین و اساسی‌ترین زنجیره تشکیل‌دهنده مدیریت تحقیقات و فناوری، مورد عنایت جدی قرار گرفته است.
- بر این اساس پایه تشکیل مراکز توسعه فناوری برای توسعه درون‌زای فناوری در صنعت برق کشور و یا در مواردی ورود فناوری از خارج کشور و بومی‌سازی آن، شکل گرفت. پیش‌نیاز فعالیت این مراکز، نقشه راه فعالیت‌های آن است که این نقشه راه توسط انجام طرح‌های کلان فناورانه مرتبط با هر مرکز پدید می‌آید.



اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



Bulk
Power
Transmission
Center



مرکز توسعه فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا

- با توجه به توسعه شبکه برق کشور و بالا رفتن احجام تبادل توان در سال‌های آتی، یکی از فناوری‌های مورد نیاز در صنعت برق کشور، "فناوری سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا" است.
- پیشنهاد ایجاد مرکز "توسعه فناوری سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا" توسط پژوهشگاه نیرو در سال ۱۳۹۲ به وزارت نیرو ارائه شد و سرانجام ایجاد این مرکز در اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ در شورای عالی آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت نیرو به تصویب رسید.
- در این مصوبه مقرر شد پژوهشگاه نیرو، نقشه راه این مرکز را تهیه نموده و سپس با استفاده از تمامی ظرفیتهای موجود در کشور، عملیاتی و اجرایی شدن نقشه راه را در این مرکز انجام دهد.

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



طرح کلان پژوهشی "انتقال توان با ظرفیت بالا"

- یکی از مهمترین فناوری‌هایی که امروزه در دنیا مطرح است، "انتقال توان در حجم بالا و در مسافت‌های طولانی" است. این موضوع با عنوان کلی زیر شناخته می‌شود:

Long Distance Bulk Power Transmission

- بالا رفتن حجم توان‌های انتقالی بین مراکز تولید و مصرف، افزایش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و فاصله بین مراکز تولید این انرژی‌ها تا نقاط بار، محدودیتهای زیست‌محیطی و به تبع آن محدودیت افزایش خطوط انتقال، از جمله مهمترین رویکردها به فناوری "انتقال توان در حجم بالا و در مسافت‌های طولانی" است.



اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center

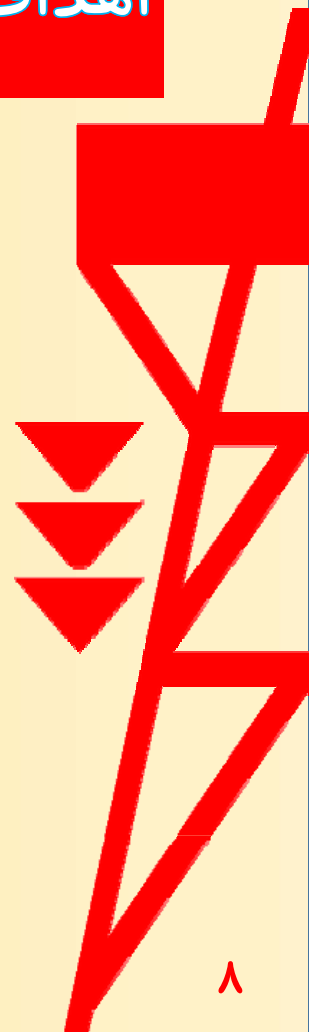


اهداف کلان مرکز

- پیاده‌سازی روش‌های نوین مطالعات برنامه‌ریزی و توسعه شبکه بر اساس سامانه‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- پیاده‌سازی روش‌های نوین طراحی خطوط سامانه‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سامانه‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- تدوین معیارهای طراحی بهینه پست‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- بهره‌برداری از سامانه‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- دستیابی به دانش فنی بهره‌برداری از تجهیزات پیشرفته برای پایش، کنترل و حفاظت سامانه‌های انتقال برق با ظرفیت بالا



اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



ماموریت‌ها

- توسعه و بومی‌سازی تکنولوژی انتقال توان با ظرفیت بالا
- امکان‌سنجی استفاده از کریدورهای با ولتاژهای خیلی بالا در ایران
- امکان‌سنجی اتصال به کشورهای همسایه توسط خطوط UHVAC یا EHVDC
- تدوین استراتژی بلندمدت به منظور دستیابی به فناوری طراحی و ساخت تجهیزات سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا
- تدوین استراتژی بلندمدت به منظور دستیابی به فناوری طراحی و بهره‌برداری از خطوط و پست‌های با ولتاژ خیلی بالا
- ساخت، تجهیز و راه‌اندازی آزمایشگاه‌های مرجع جهت تست تجهیزات سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا
- تدوین استاندارد جامع طراحی، ساخت و تست تجهیزات سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت‌های بالا
- پیاده‌سازی فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا در کشور

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



Bulk

Power

Transmission

Center



سیاست‌ها و اقدامات

- مطالعات امکان‌سنجی استفاده از کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا برای ایران
- امکان‌سنجی بکارگیری سیستم‌های HVDC در مقابل EHVAC برای انتقال توان در ظرفیت بالا برای کشور ایران
- راهبرد استفاده از فناوری انتقال توان در ظرفیت بالا در اتصال الکتریکی شبکه برق ایران به کشورهای همسایه
- مقایسه رویکرد استفاده از فناوری انتقال توان در ظرفیت بالا در مقابل رویکرد تولیدات پراکنده
- ایجاد زیرساخت‌های سخت‌افزاری سیستم انتقال با ظرفیت بالا
- دستیابی به روش‌های نوین طراحی خطوط انتقال برق با ظرفیت بالا
- امکان‌سنجی طراحی و ساخت تجهیزات اصلی خطوط سیستم‌های انتقال برق با ظرفیت بالا
- تهیه و تدوین استانداردهای مربوط به معیارهای طراحی و بهره‌برداری سیستم‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



Bulk
Power
Transmission
Center



سابقه در دنیا

- از حدود نیم قرن پیش، استفاده از سطوح ولتاژ فشارقوی UHV-AC و همچنین EHV-DC در دنیا متداول شده و خصوصاً در کشورهای پهناوری نظیر آمریکا، روسیه، کانادا، چین، برزیل و همچنین شبکه به هم پیوسته اروپا این فناوری به شکل وسیعی استفاده می گردد.
- دو فناوری UHV-AC و EHV-DC به موازات هم در دنیا گسترش یافته اند و هر یک از کشورها بر اساس سیاست گذاری و نقشه راه و نیز مطالعات فنی و اقتصادی انجام شده برای هر مورد، یکی را به عنوان گزینه برتر انتخاب نموده اند.

اولین نشست هم اندیشی مرکز توسعه فناوری های انتقال توان با ظرفیت بالا



پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



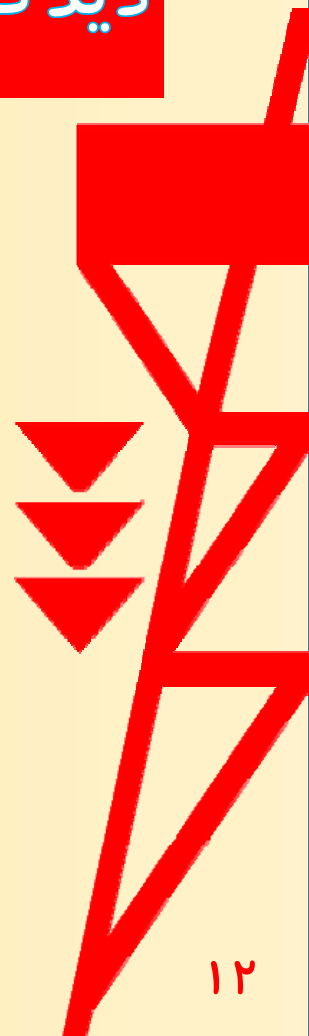
دیدگاه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

- یکی از مهمترین مفاهیم در بکارگیری فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا، معرفی و برنامه‌ریزی کریدورهای انتقال توان است.
- کریدورهای انتقال توان، مسیرهای انتقال توان در مقیاس گیگاوات برای ارتباط و اتصال بین دو ناحیه در یک کشور و یا بین دو یا چند کشور می‌باشند که در این مسیر فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا بکار گرفته می‌شود.
- کریدورهای انتقال توان معمولاً به دو دسته داخلی و فرامرزی تقسیم‌بندی می‌گردند.
- نظر به نیاز به برنامه‌ریزی کلان و آینده‌نگر برای ایجاد و توسعه کریدورهای انتقال توان، هر یک از کشورهای صاحب فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا، نقشه راه و سیاست‌گذاری مناسبی برای توسعه کریدورهای انتقال توان دارند.

شهریور ۱۳۹۵

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

۱۲





Bulk

Power

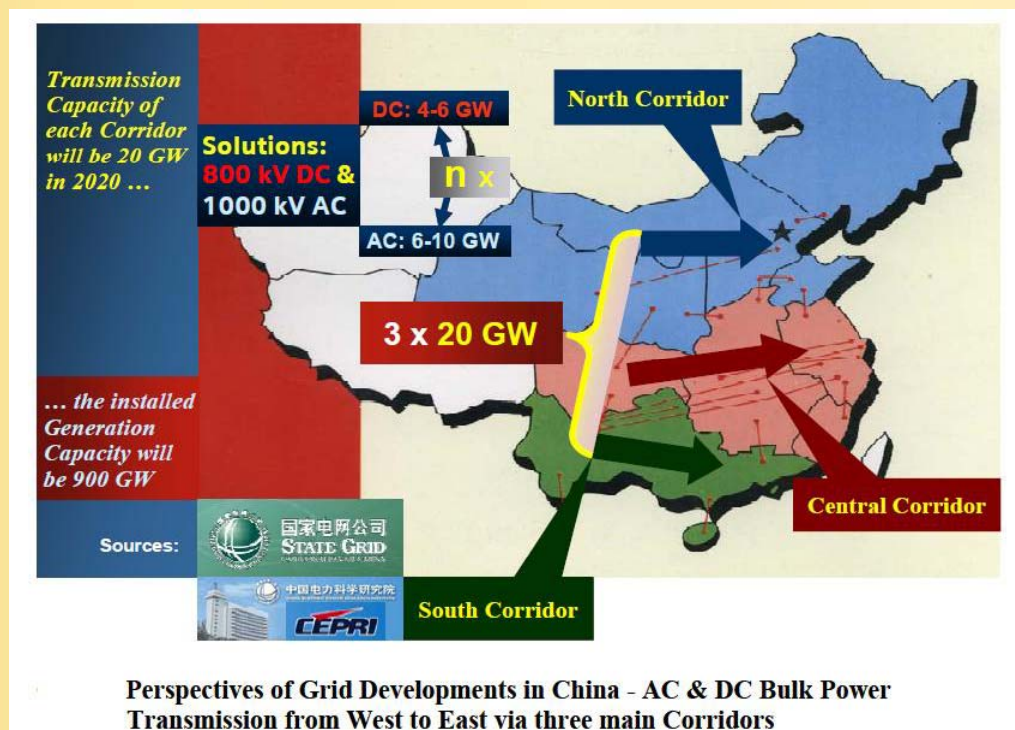
Transmission

Center



دیدگاه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

- نقشه راه و سیاست گذاری کشور چین برای توسعه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا تا سال ۲۰۲۰





Bulk

Power

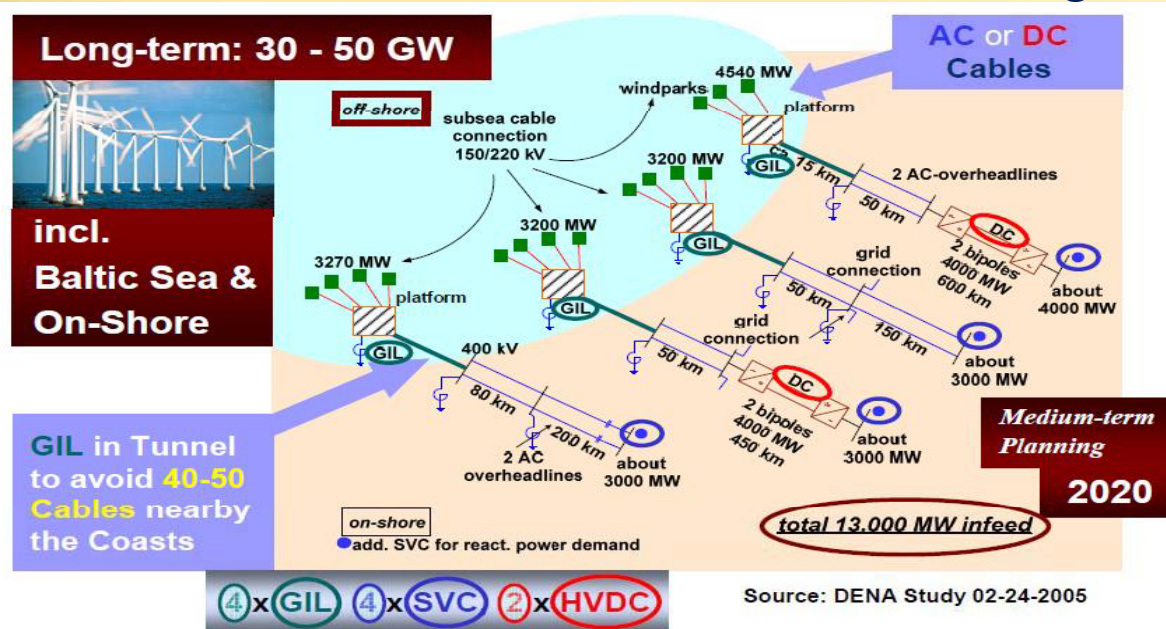
Transmission

Center



دیدگاه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

- در این شکل طرح جامع کشور آلمان برای احداث کریدورهای ظرفیت بالا برای انتقال توان نیروگاه‌های بادی در سال ۲۰۲۰ دیده می‌شود.



Integration of large Off-Shore Wind Farms by means of HVDC and FACTS

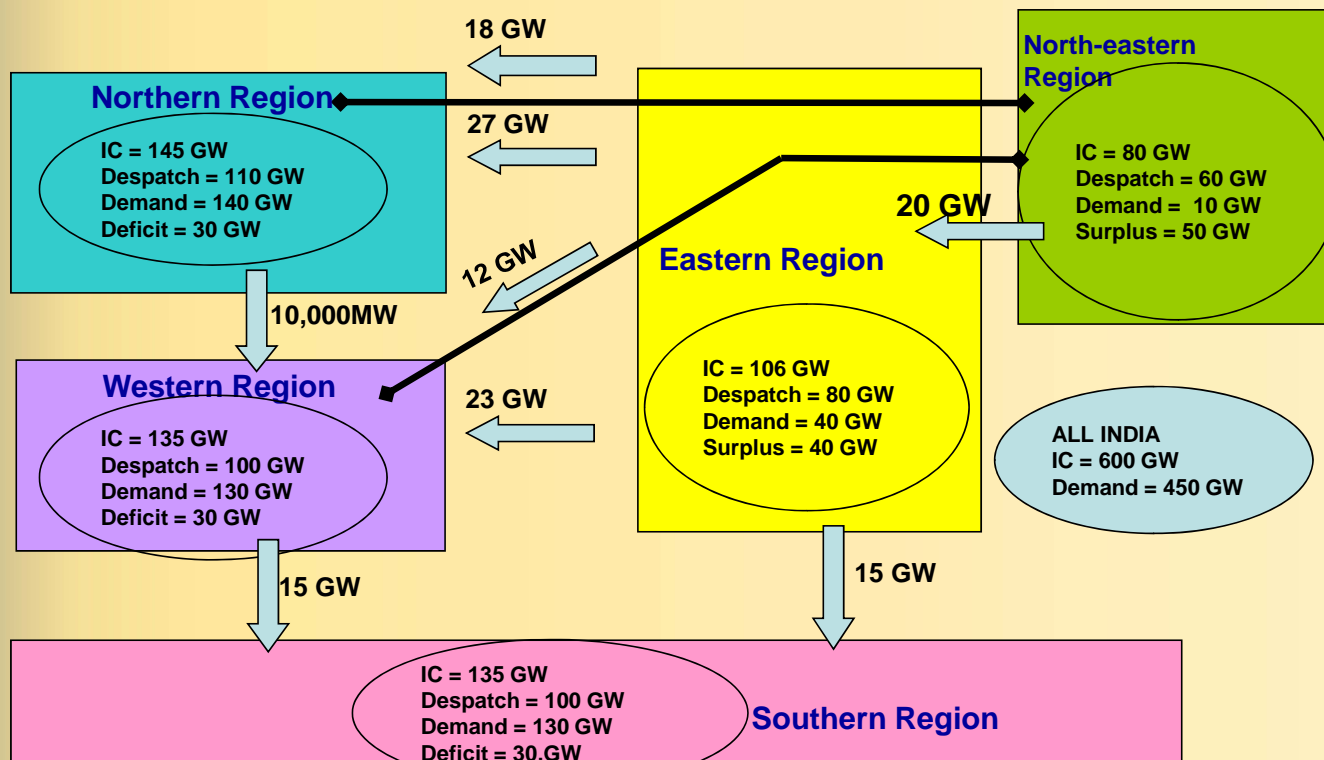


Bulk
Power
Transmission
Center



دیدگاه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

• برنامه‌ریزی کشور هندوستان برای کریدورهای داخلی انتقال توان با افق پانزده ساله ، تا سال ۲۰۲۷ (سال مبنا: ۲۰۱۲)





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

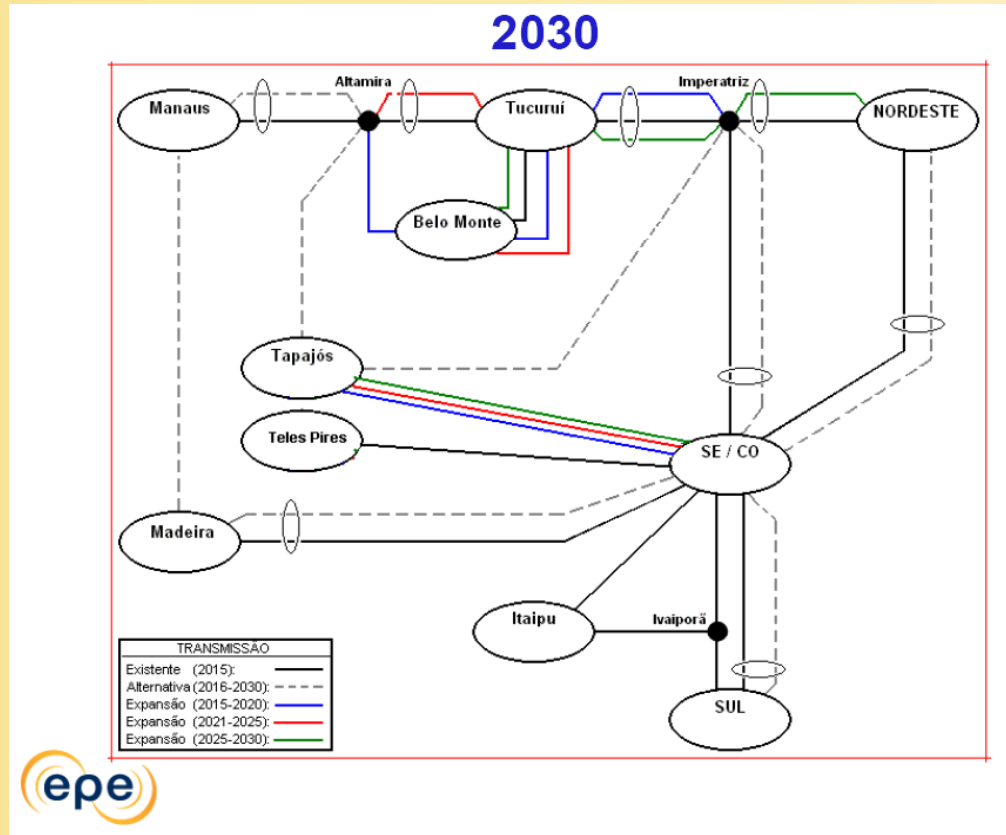
Transmission

Center



دیدگاه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

- برنامه‌ریزی کشور برزیل برای کریدورهای داخلی انتقال توان





Bulk
Power
Transmission
Center



دیدگاه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

• کریدورهای فرامرزی - ایران و کشورهای شرق آن



موجود یا در دست اجرا
در دست برنامه ریزی

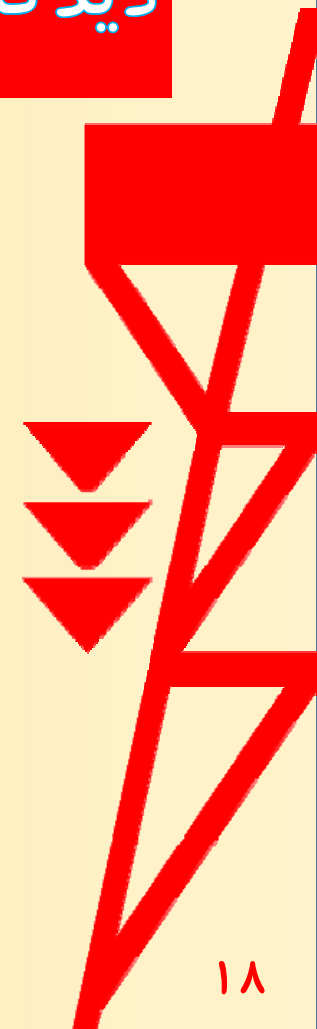


Bulk
Power
Transmission
Center



دیدگاه کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

• کریدورهای فرامرزی - طرح انتقال برق CASA1000



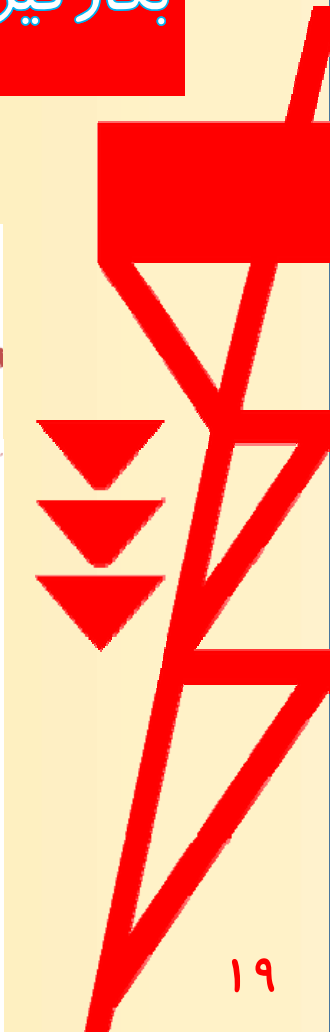
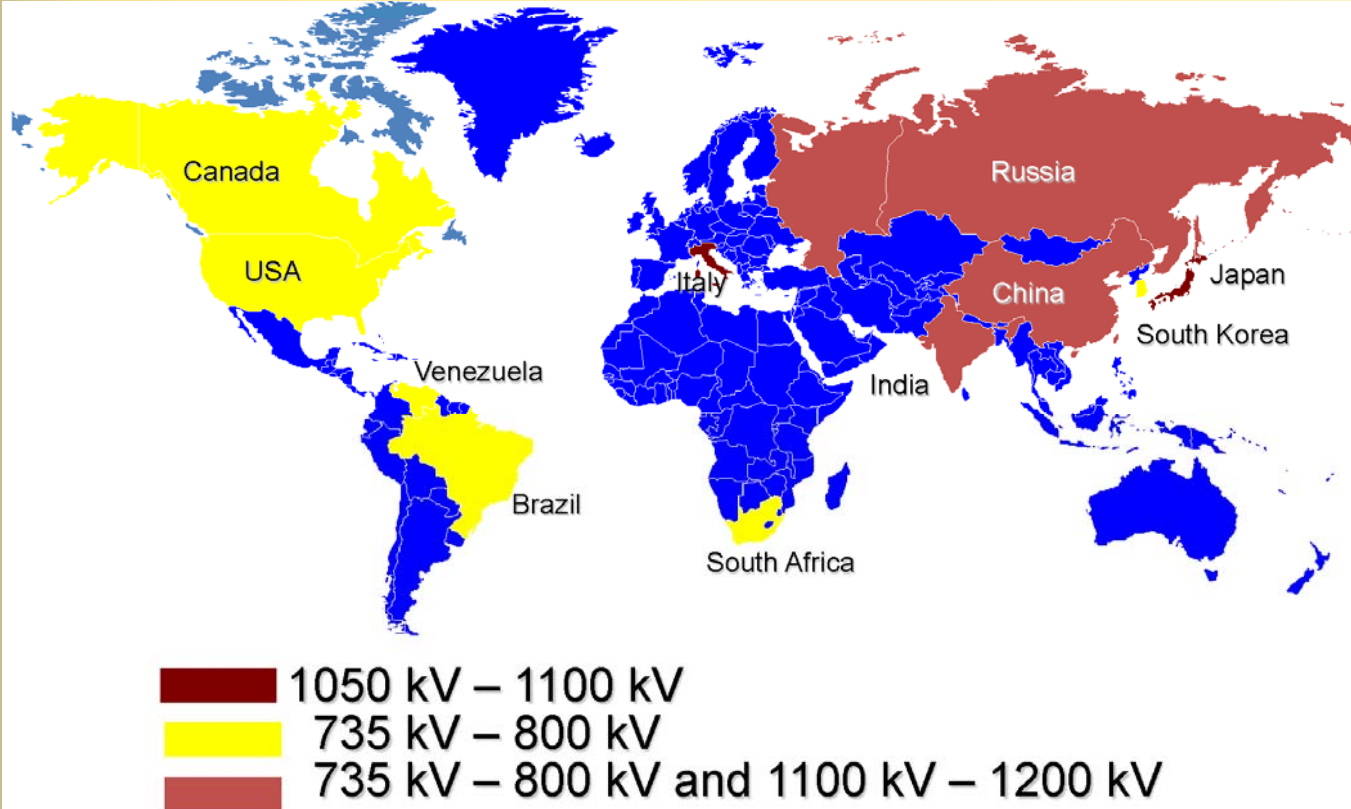


Bulk
Power
Transmission
Center



بکارگیری فناوری سیستمهای انتقال توان در ظرفیت بالا در جهان

• بکارگیری فناوری سیستمهای انتقال توان در ظرفیت بالا در جهان



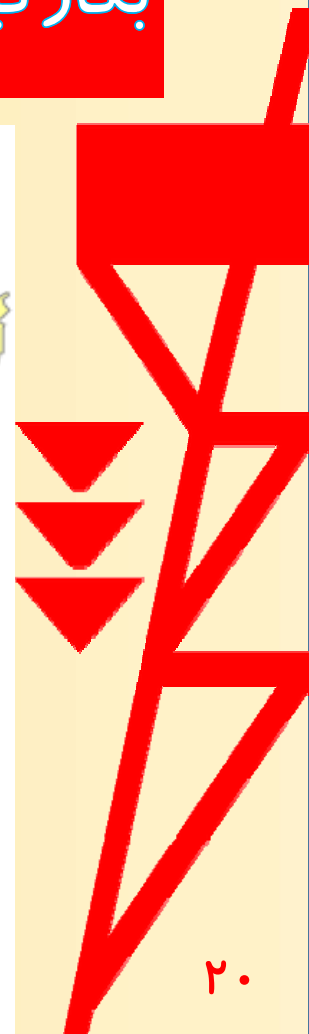
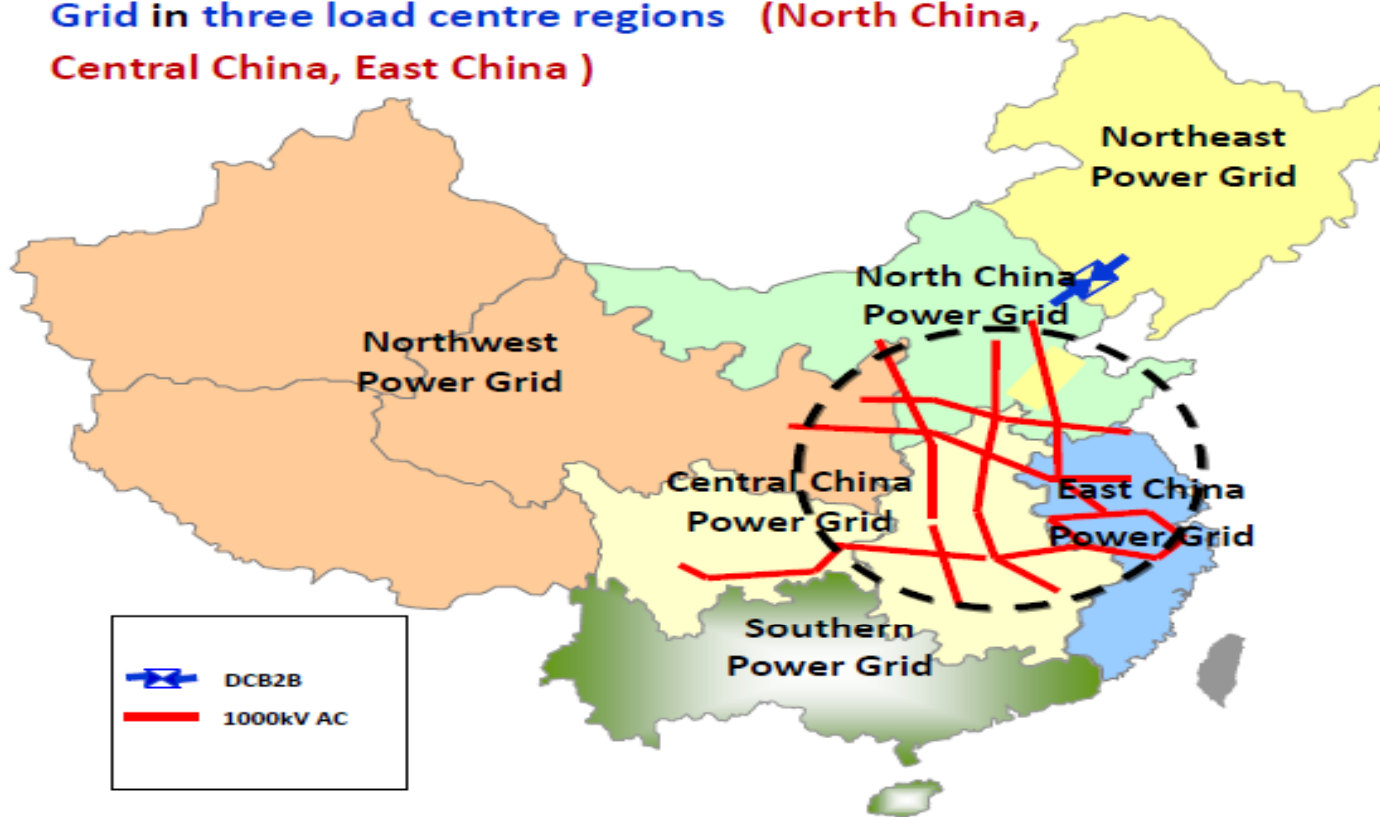


Bulk
Power
Transmission
Center



بکارگیری کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا در چین

- ◆ **Future plan- Construction of Strong UHV AC Grid in three load centre regions (North China, Central China, East China)**

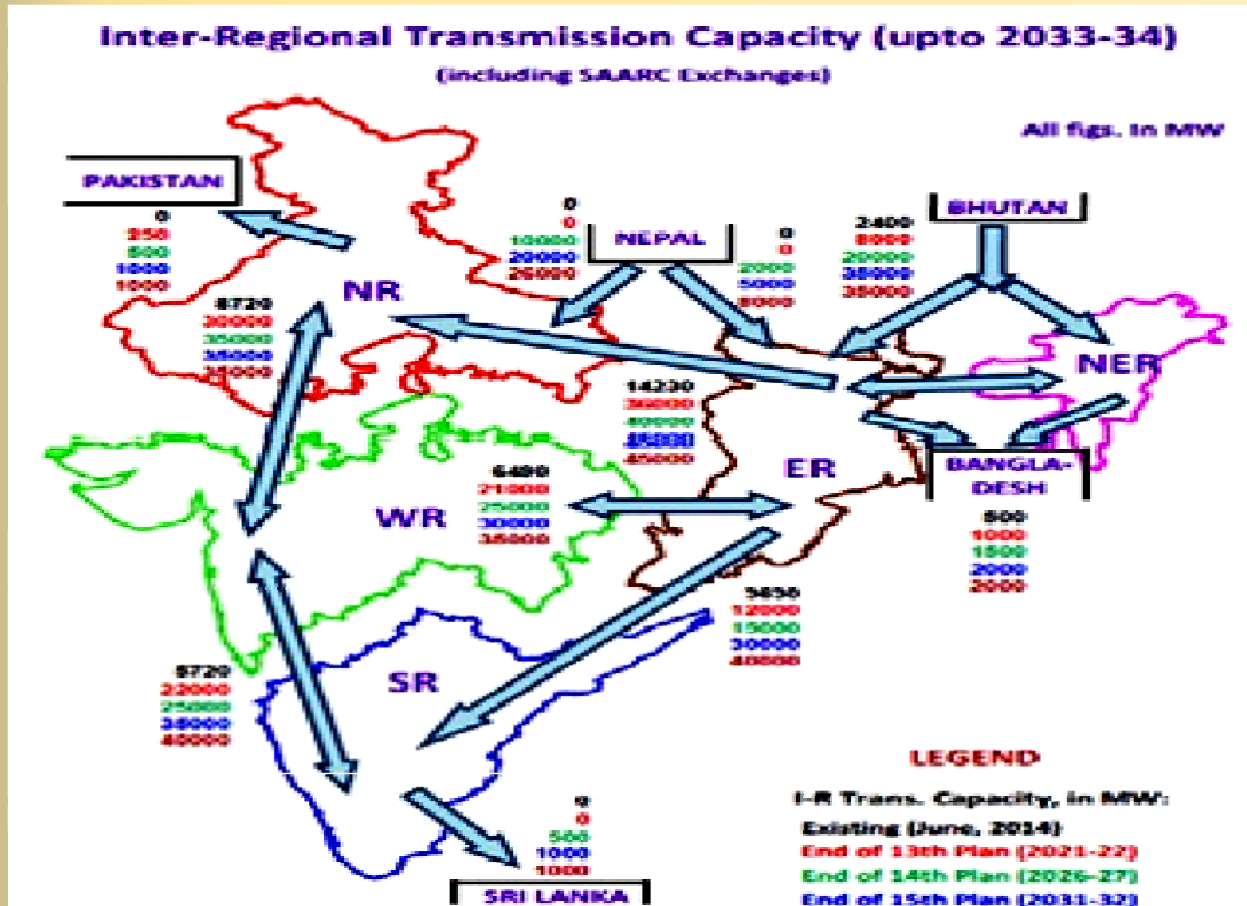




**Bulk
Power
Transmission
Center**



بکارگیری کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا در هند





Bulk
Power
Transmission
Center



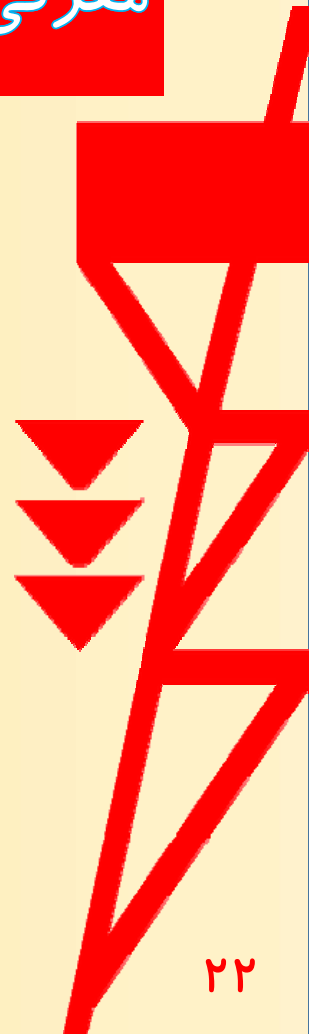
معرفی روند طراحی کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

- در این بخش روند طراحی کریدورهای داخلی برای یک نمونه طرح برنامه‌ریزی در کشور هندوستان ارائه می‌شود.

شهریور ۱۳۹۵

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

۲۲





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



روش‌های افزایش ظرفیت انتقال توان در کریدور

- افزایش سطح ولتاژ
- استفاده از فناوری انتقال توان DC
- افزایش تعداد هادی در هر فاز (افزایش مدار یا افزایش باندل)
- استفاده از هادی‌های با ظرفیت بالا
- استفاده از خازن سری (حذف محدودیت پایداری دینامیک خط)
- بکارگیری ادوات FACTS

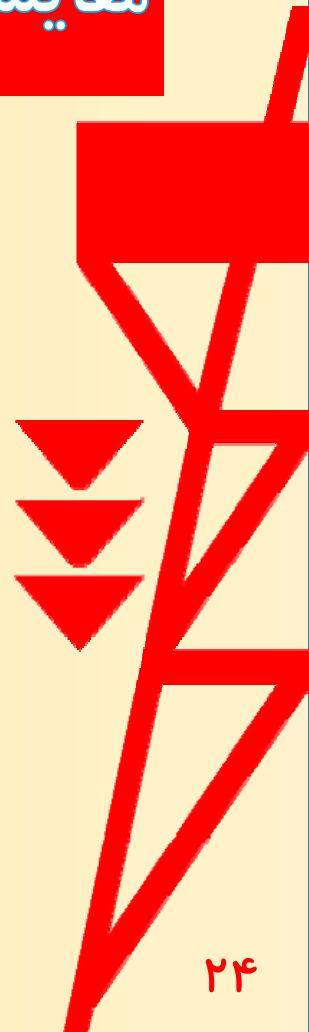
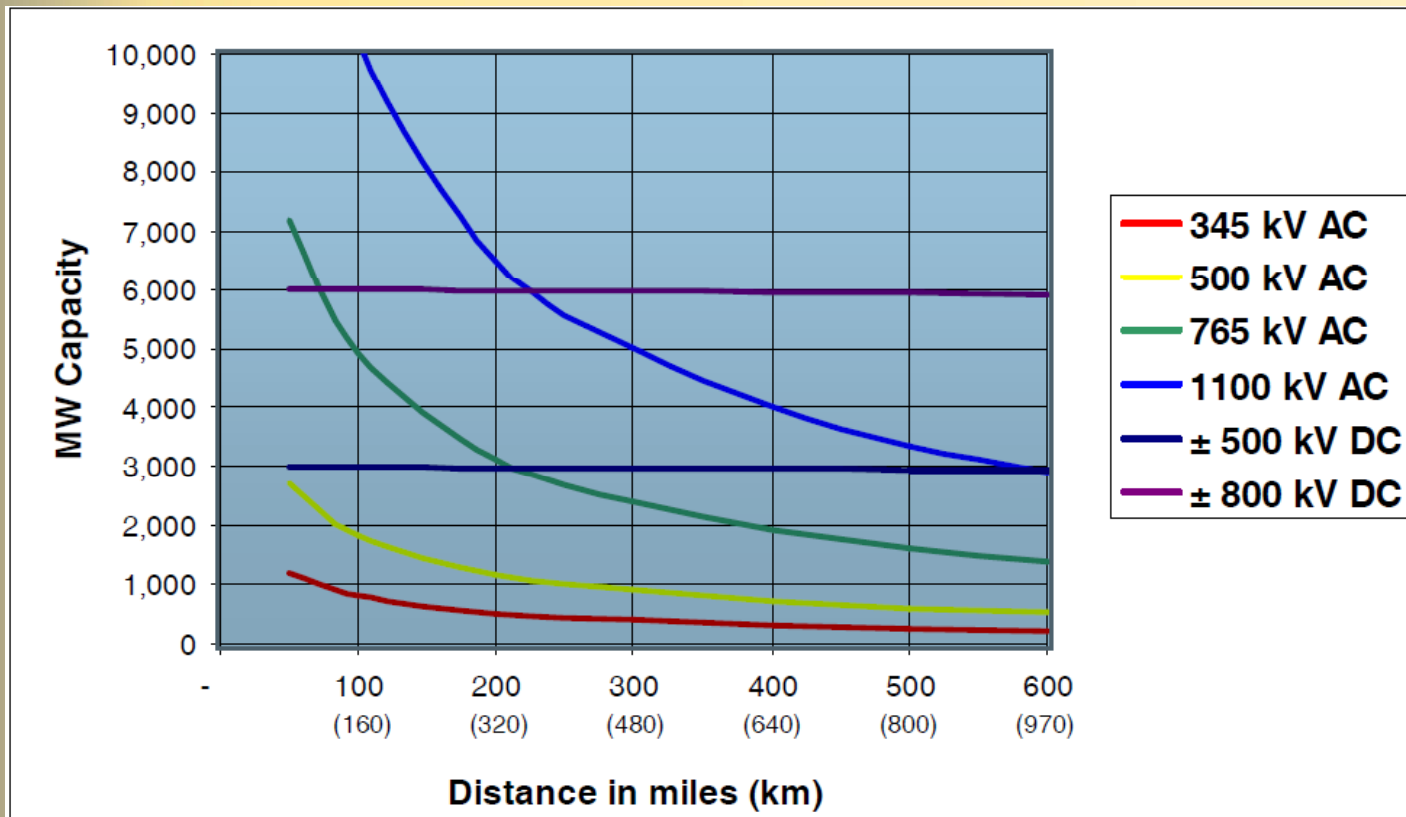
اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



**Bulk
Power
Transmission
Center**



مقایسه ظرفیت قابل انتقال فناوری‌های مختلف

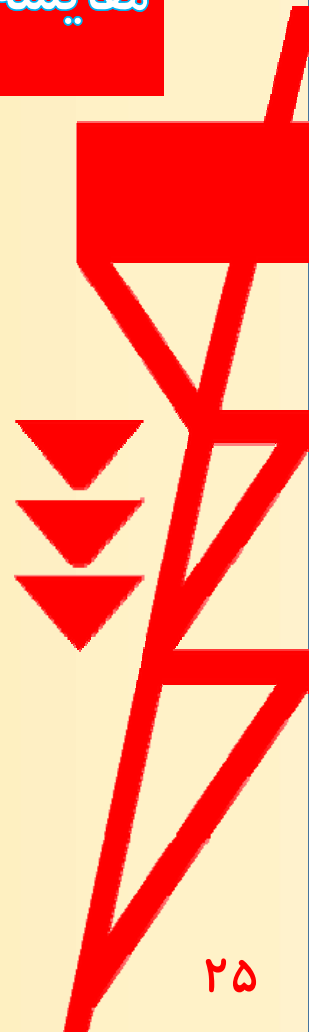
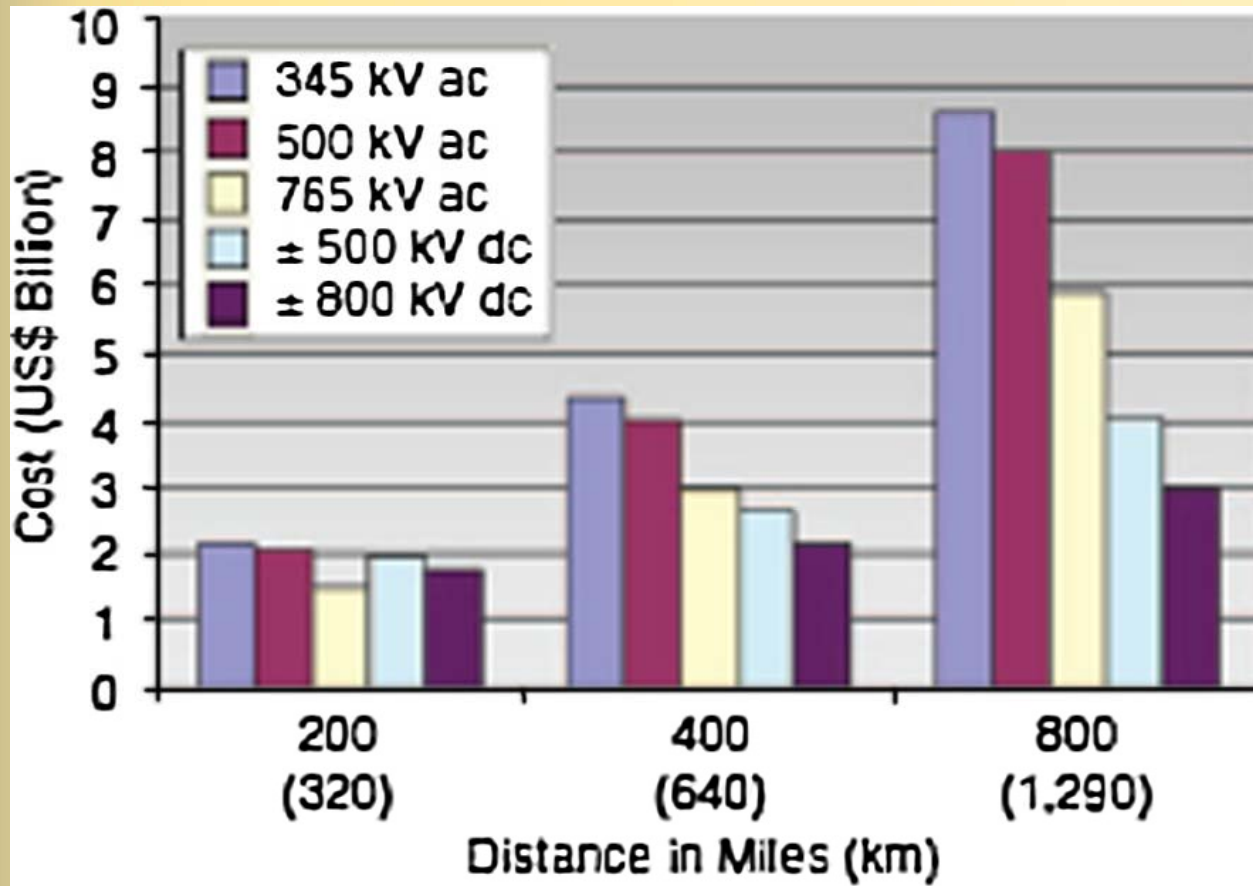




Bulk
Power
Transmission
Center



مقایسه هزینه ایجاد کریدور انتقال توان با ظرفیت ۶۰۰۰ مگاوات

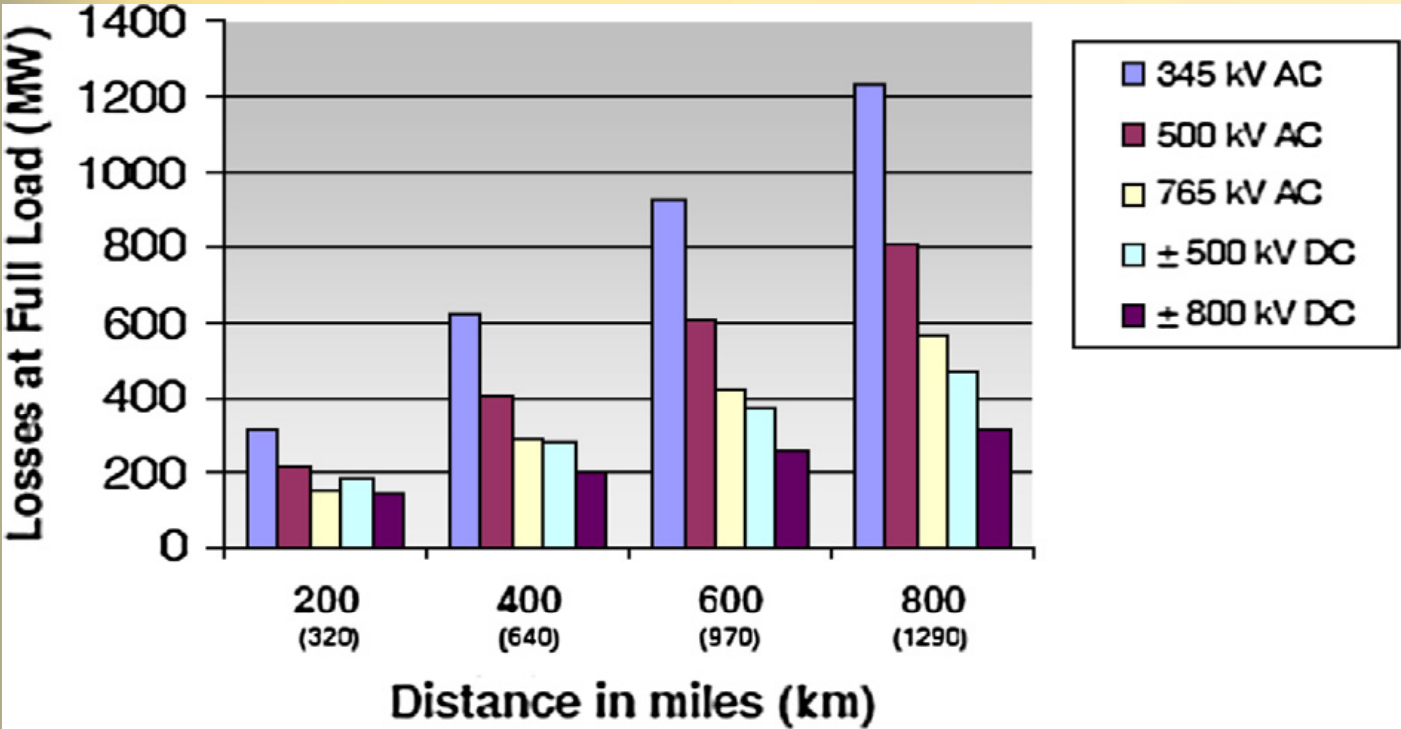




Bulk
Power
Transmission
Center



مقایسه تلفات کریدور انتقال توان با ظرفیت ۶۰۰۰ مگاوات





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

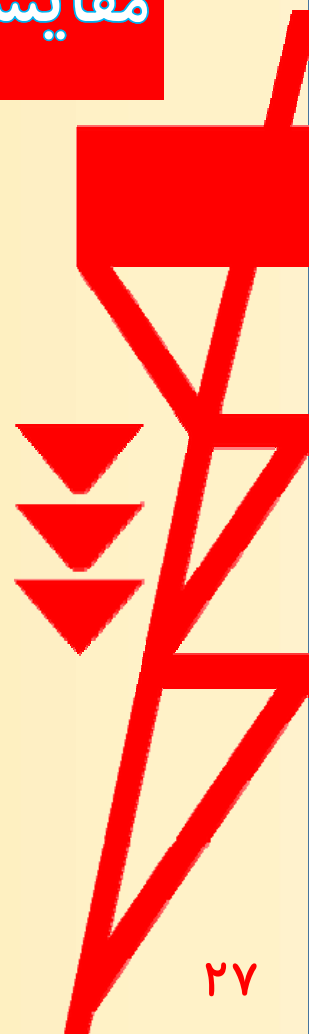
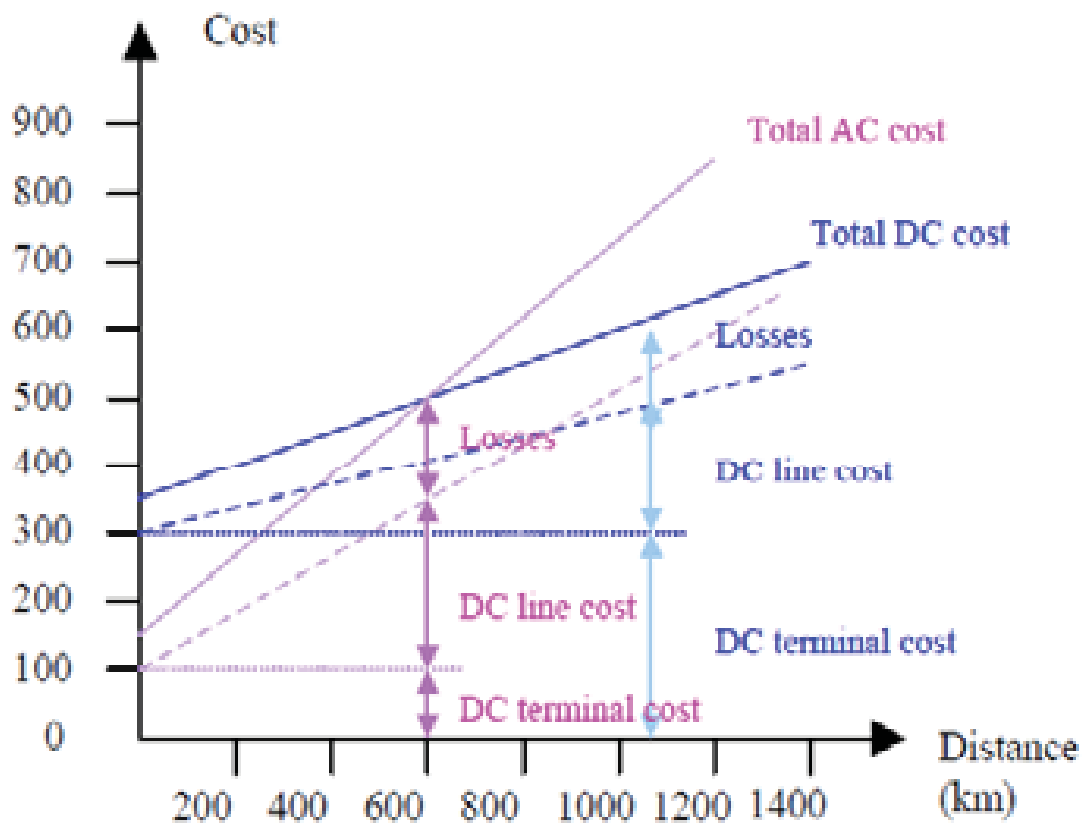
Power

Transmission

Center



مقایسه هزینه احداث کریدور انتقال توان AC و DC

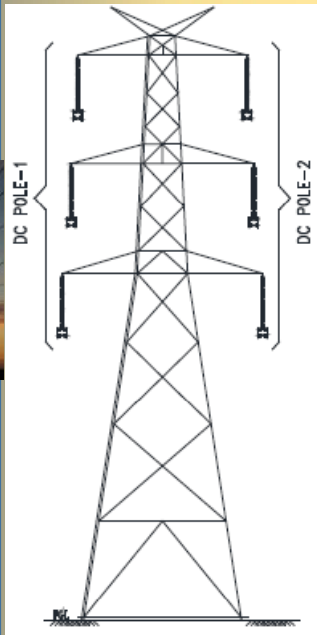




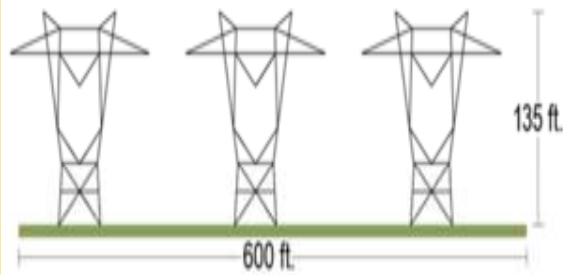
**Bulk
Power
Transmission
Center**



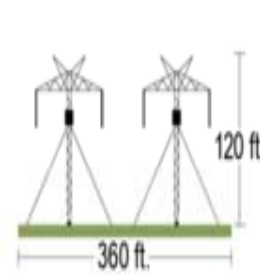
مقایسه آرایش خطوط انتقال توان AC و DC



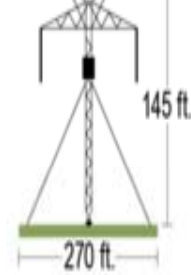
6,000 MW Capacity
765 kV AC (Three single-circuit)



500kV DC



800kV DC



شهریور ۱۳۹۵

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا



**Bulk
Power
Transmission
Center**



مقایسه افزایش ظرفیت کریدور با تبدیل فناوری AC به DC

Parameter	Twin Moose D/C line		Quad Moose D/C line	
	HVAC 400kV	HVDC +/- 200kV	HVAC 400kV	HVDC +/- 200kV
Power transfer capability (MW)	1030	1920	1300	3840
Line loss (MW)	47.5	127.9	37.8	255.8
Net power transfer (MW)	982.5	1792.1	1262.2	3584.2
Increase in power transfer	1.82		2.84	

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا شهریور ۱۳۹۵

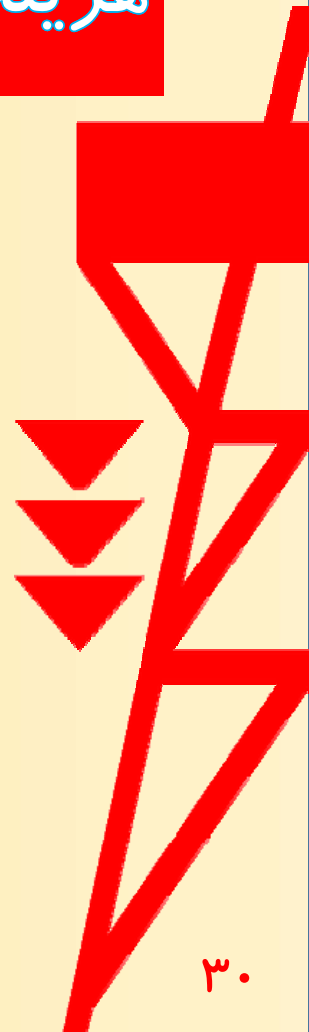


Bulk
Power
Transmission
Center



هزینه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

- هزینه احداث هر کیلومتر خط ۲۳۰ کیلوولت تکمداره: ۱۳۰۰ میلیون ریال
- هزینه احداث هر کیلومتر خط ۲۳۰ کیلوولت دومداره: ۱۵۰۰ میلیون ریال
- هزینه احداث هر کیلومتر خط ۴۰۰ کیلوولت تکمداره: ۱۷۰۰ میلیون ریال
- هزینه احداث هر کیلومتر خط ۴۰۰ کیلوولت دومداره: ۲۵۰۰ میلیون ریال





Bulk
Power
Transmission
Center

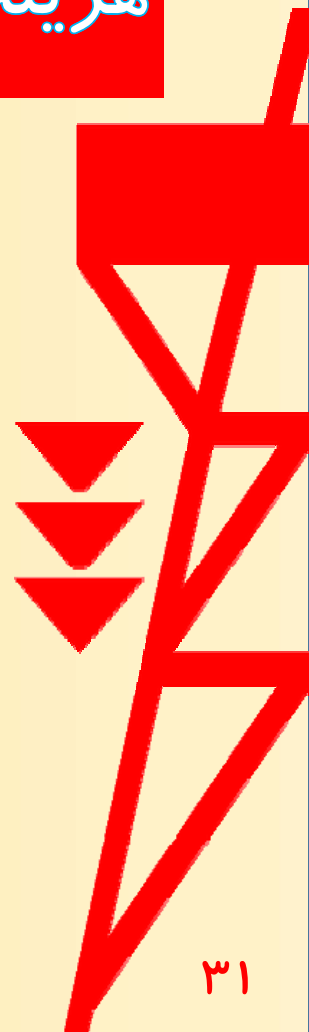


هزینه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

Table 1

Base costs for various transmission technologies.

Voltage (kV)	# Of circuits	MW capability	\$/Mile
<230	1	300	\$1,100,000
230	1	600	\$1,150,000
230	1	900	\$1,580,000
230	2	1200	\$1,800,000
345	UG	500	\$19,750,000
345	1	900	\$2,100,000
345	1	1800	\$2,500,000
345	UG	1800	\$25,000,000
345	2	3600	\$2,800,000
345	UG	3600	\$28,000,000
500	1	2600	\$3,450,000
765	1	4000	\$5,550,000
Semiconductor	UG	5000	\$8-11,000,000
HVDC	Bipole	2400	\$2,150,000
HVDC	Bipole UG	2400	\$7,500,000
HVDC terminal (both ends)			\$340,000,000





**Bulk
Power
Transmission
Center**



مقایسه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

- مقایسه ظرفیت و حریم خطوط ۷۶۵ کیلوولت و HVDC در سطوح ولتاژی مختلف

Table 2

Comparison of 765 kV to HVDC options for ROW and capacity.

Approach	No. of circuits	Circuits per tower	ROW (feet)	Per circuit		Total capacity (MW)	Conductor		
				SIL (MW)	Capacity (MW)		Type	No. in bundle	Conductor area kcmil (mm ²)
765 AC	2	1	400	2400	3100	6200	ACSR/TW	6	957 (485)
±500 DC	2	1	426	N/A	3000	6000	ACSR	3	2515 (1274)
±600 DC	2	1	526	N/A	3150	6300	ACSR	3	
±800 DC	1	1	246-328	N/A	6400	6400	ACSR	4	2515 (1274)
±200 DC	1	Under-ground	25	N/A	5000	5000 or more	Super-conductor	2	700



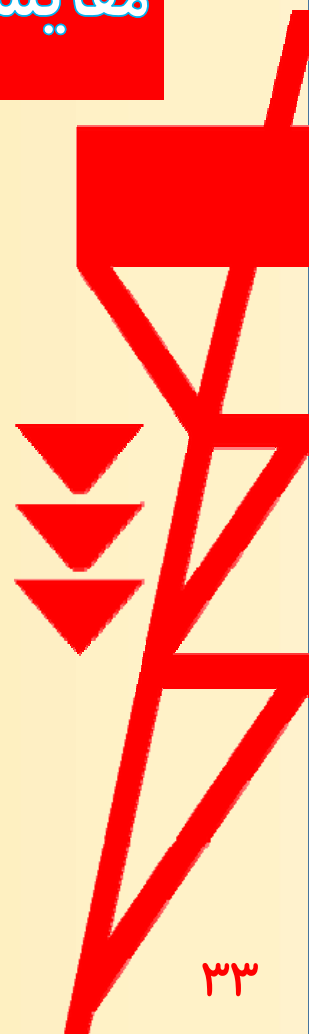
Bulk
Power
Transmission
Center



مقایسه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

• مقایسه شاخص‌های قابلیت اطمینان در سطوح ولتاژی مختلف (آمریکا)

Voltage (kV)	Lines		Transformers	
	Failure Rate λ oc/km.year	Mean Repair Time (hour)	Failure Rate λ oc/year	Mean Repair Time (hour)
69	3,1949	1,0142	0,2494	0,7835
138	0,0399	1,0144	0,6142	8,4360
230	0,0232	1,0114	0,7207	12,5366
345	0,0228	0,9107	0,7368	16,1616
440	0,0144	3,3770	0,5000	12,7187
500	0,0183	2,3547	0,5945	53,6546
525	0,0183	2,3547	0,5945	53,6546
765	0,0102	1,6525	0,3712	100,3958





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



مقایسه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

• مقایسه شاخص‌های قابلیت اطمینان در سطوح ولتاژی مختلف (کره)

Voltage level [kV]	Single circuit failure rate [outages/km/years]
765	$\lambda = 0.000273 \times l + 0.00915$
345	$\lambda = 0.000546 \times l + 0.0183$
154	$\lambda = 0.002883 \times l + 0.02031$
66	$\lambda = 0.00576 \times l + 0.04062$
Under 23	$\lambda = 0.00576 \times l + 0.04062$

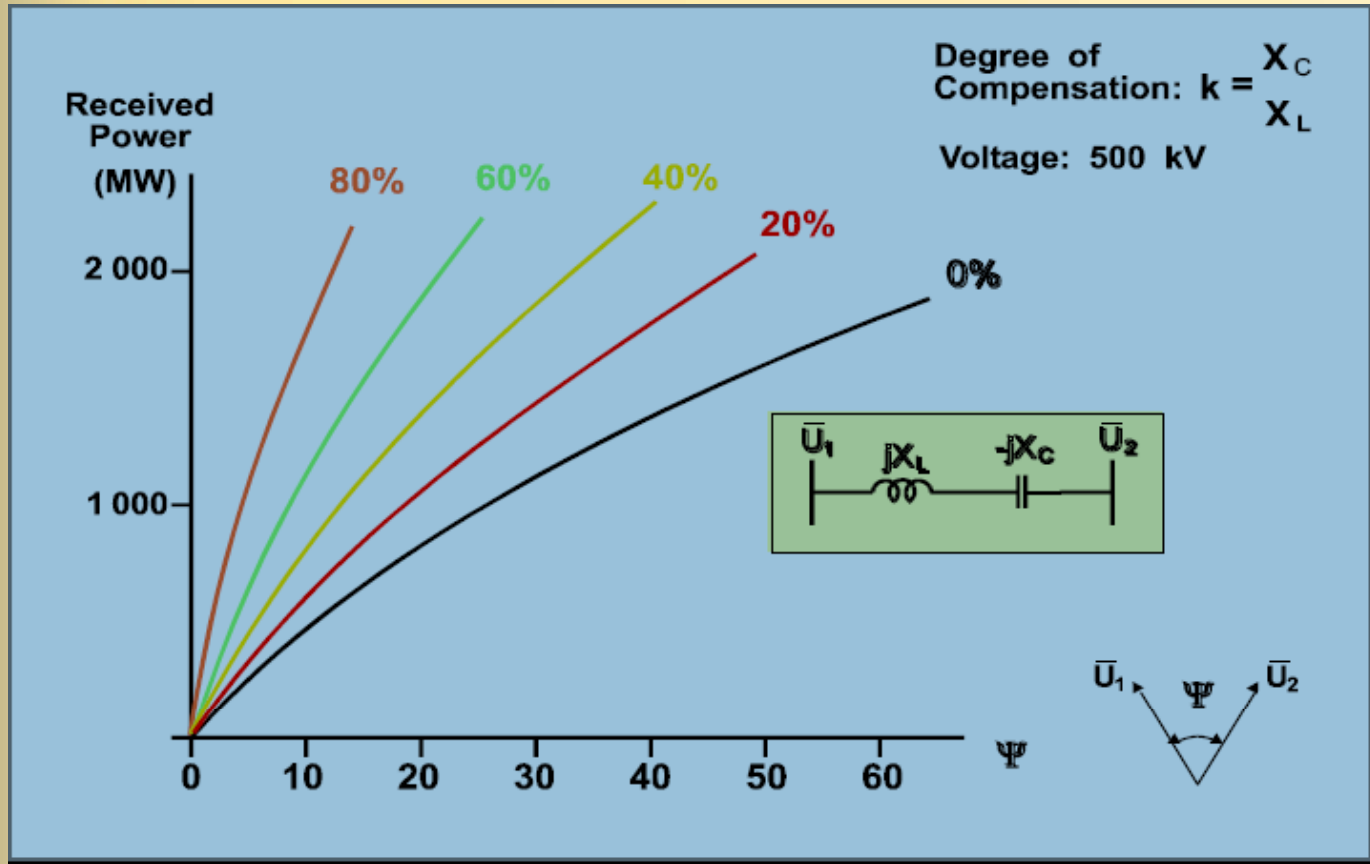
(l = transmission line length)



Bulk
Power
Transmission
Center



بکارگیری خازن سری برای افزایش ظرفیت انتقال توان





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



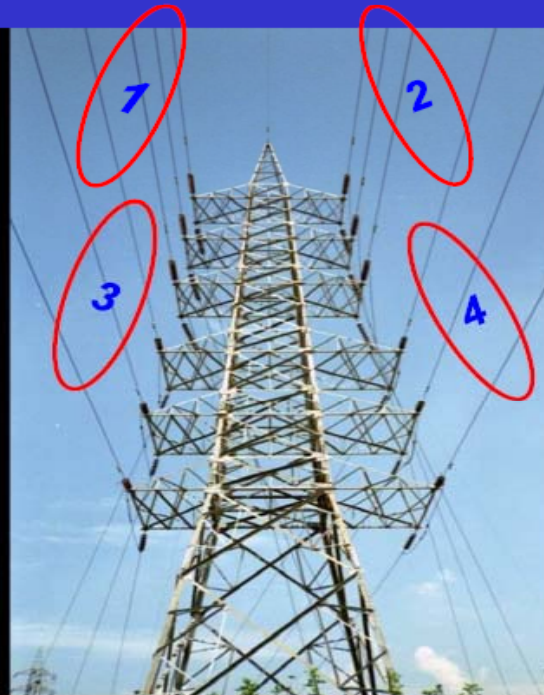
بکارگیری خطوط چندمداره برای افزایش ظرفیت کریدور

DOUBLE CIRCUIT TOWER

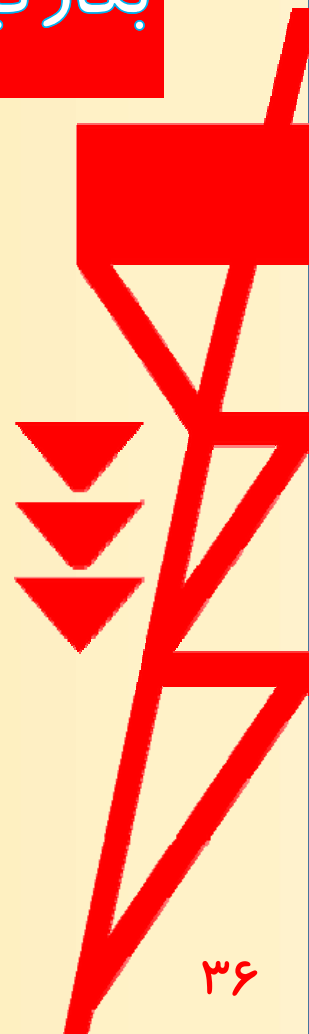


(45 m. High)

MULTI CIRCUIT TOWER



(70 m. High)





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

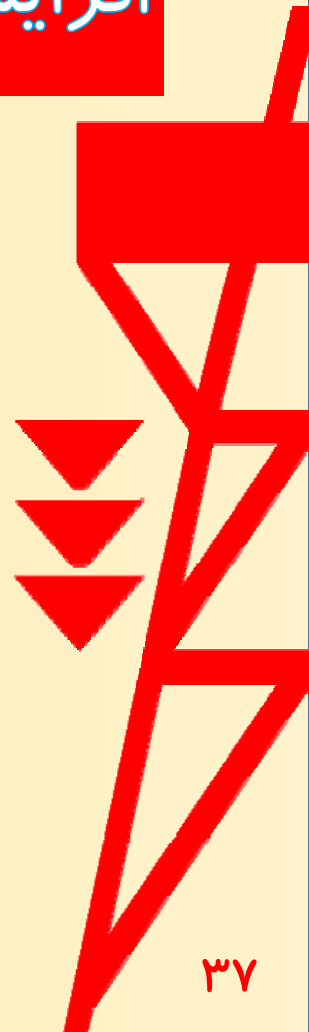
Transmission

Center



افزایش تعداد باندل برای افزایش ظرفیت کریدور

Multi-conductor Bundle line





پژوهشگاه نیرو
وزارت نیرو

Bulk

Power

Transmission

Center



فرصت‌ها و چالش‌های اساسی در فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا

- الف - رویکرد و فلسفه توسعه شبکه انتقال و لزوم بکارگیری کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا
- ب - توسعه تبادلات فرامرزی برق با استفاده از فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا
- ج - انتخاب فناوری (فناوری‌های) مناسب برای انتقال توان با ظرفیت بالا بر اساس:
 - ج - ۱ - ارتقاء سطح ولتاژ
 - ج - ۲ - بکارگیری فناوری DC
 - ج - ۳ - افزایش تعداد مدار یا تعداد باندل
 - ج - ۴ - بکارگیری تجهیزات جبران ساز نظیر خازن سری و ادوات FACTS

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا شهریور ۱۳۹۵



Bulk
Power
Transmission
Center



فرصت‌ها و چالش‌های اساسی در فناوری انتقال توان با ظرفیت بالا

- د - امنیت و قابلیت اطمینان کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا
- ه - پایش و حفاظت کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا
- و - کنترل ولتاژ و توان راکتیو در کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا
- ز - کنترل گردش توان اکتیو در شبکه با وجود کریدورهای انتقال توان با ظرفیت بالا

شهریور ۱۳۹۵

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

۳۹



Bulk
Power
Transmission
Center



باسکرفراوان از حسن توجه شما

پرسش‌ها

شهریور ۱۳۹۵

اولین نشست هم‌اندیشی مرکز توسعه فناوری‌های انتقال توان با ظرفیت بالا

۴۰

