گزارش پژوهشی:

مقایسه روش‌های اتصال شبکه برق کشورها جهت توسعه تجارت منطقه‌ای برق

اندیشکده اقتصاد مقاومتی

گروه انرژی

اردیبهشت ماه ۱۳۹۹

رهبر معظّم انقلاب: علاج برون رفت از مشکلات کشور «اقتصاد مقاومتی» است.

معرفی اندیشکده اقتصاد مقاومتی

اندیشکده اقتصاد مقاومتی یک کانون تفکّر با ماموریت «تصمیم سازی برای حل مسائل اقتصاد کشور در راستای تحقق اقتصاد مقاومتی» است که در سال ۱۳۹۵ فعالیت رسمی خود را آغاز نمود.

شناسایی شبکه مسائل در هر حوزه موضوعی، طراحی راهکار برای حل مسائل احصاء شده و هم‌اندیشی جهت ارزیابی و تدقیق آن، بررسی تجربیات جهانی، طرح مباحث در فضای نخبگانی و رسانه‌ای و پیگیری راهکارهای ارائه شده از دستگاه‌ها و مسئولین مرتبط به منظور اتّخاذ تصمیمات لازم، از جمله فعالیت‌هایی است که در اندیشکده انجام می‌شود.

مقایسه روش‌های اتصال شبکه برق کشورها جهت توسعه تجارت منطقه‌ای برق

گروه موضوعی:	انرژی
نوع گزارش:	پژوهشی
شناسه:	۱۳۹۹۰۲۱۱۲
تاریخ انتشار:	۱۳۹۹/۰۲/۲۵
تهیه و تدوین:	صالح رحیمی
مدیر مطالعه:	احسان امیدی
ناظر علمی:	محمدمهدی یزدانی

خلاصه مدیریتی

ایجاد شبکه بهم پیوسته برق منطقه‌ای به دلیل ایجاد وابستگی متقابل میان کشورهای حاضر در آن، امنیت بین‌المللی کشور را تقویت می‌کند و هزینه اعمال فشارهای اقتصادی علیه ایران را افزایش می‌دهد. همچنین بهبود پایداری شبکه، کاهش هزینه احداث نیروگاه‌های جدید و بهره‌برداری از اختلافات فصلی و تفاوت نیاز مصرف کشورها از جمله مزایای تشکیل این شبکه است. مزیت نسبی ایران در زیرساخت‌های تولید و انتقال و در اختیار داشتن منابع طبیعی متنوع برای تولید برق، منجر به کاهش هزینه تولید و برتری نسبی در مبادلات درون شبکه خواهد شد. موقعیت خاص جغرافیایی ایران و وجود زیرساخت‌های مناسب در کشور، ایران را نسبت به کشورهای منطقه در اولویت قرار گرفتن در جایگاه «هاب» انرژی برق، در صورت ایجاد یک شبکه برق منطقه‌ای قرار داده است.

کاربردهای فزاینده و ویژگی‌های انرژی الکتریکی، آن را از سایر حامل‌های انرژی متمایز کرده است. برق قابل ذخیره‌سازی نیست، لذا نمی‌توان آن را مانند نفت و گاز در بشکه و محموله‌های کوچک جابه‌جا نمود. در عین حال در یک سیستم قدرت، برای عملکرد پایدار شبکه باید همواره تولید و مصرف برق برابر باشند. انتقال انرژی الکتریکی از یک ناحیه به ناحیه دیگر باید با خطوط انتقال انجام شود. چنانچه بنا باشد شبکه برق کشوری با شبکه کشوری دورتر متصل گردد، باید از بستر شبکه برق کشورهای میانی استفاده کند. به عبارت دیگر، لازمه داد و ستد برق با کشورهای دورتر، ارتباط الکتریکی با همسایگان است.

مطالعات اتصال شبکه‌های قدرت در ابعاد منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای شامل مباحث متعدد و متنوعی است که نیازمند در نظر گرفتن ابعاد فنی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. از جمله می‌توان به قابلیت بهره‌برداری به صورت همگام (سنکرون) شبکه‌های اتصال یافته، میزان و جهت توان جاری شده بین شبکه‌ها، محدوده جغرافیایی اتصال و تفاوت‌های فنی و بهره‌برداری شبکه‌ها اشاره نمود.

اتصال الکتریکی دو شبکه با هدف داد و ستد برق از نظر فنی به دو صورت کلی قابل انجام است؛ اتصال همگام (AC) و غیر همگام (DC) که هر کدام ویژگی‌ها و قابلیت‌های خود را دارد. حداکثر منافع ممکن از بهم پیوستگی دو شبکه برق در حالت اتصال همگام ایجاد می‌شود، اما بر حسب شرایط و اقتضائات، اتصال به صورت DC نیز امکان تجارت برق را فراهم می‌کند. اتصال DC امکان بهم پیوستگی آسنکرون (غیر همگام) شبکه‌هایی را که در فرکانس متفاوتی کار می‌کنند یا به صورت دیگری ناسازگار هستند، فراهم می‌کند.

اتصال دو شبکه برق به یکدیگر و انتقال توان الکتریکی میان آن‌ها به هر کدام از روش‌های جریان متناوب ولتاژ بالا (HVAC) یا به صورت جریان مستقیم ولتاژ بالا (HVDC) مزایا و معایبی دارد که به ویژگی‌های این دو فناوری مربوط می‌شود و لازم است مورد توجه و بررسی قرار بگیرد تا منافع حداکثری برای کشور حاصل شود. هدف از این پروژه، بررسی و مقایسه اتصالات AC و DC در شبکه‌های بهم پیوسته و بکارگیری آن‌ها برای ارتباطات الکتریکی ایران با کشورهای منطقه می‌باشد.

ایران در حال حاضر با تمام کشورهای هم‌مرز خشکی، تبادل توان دارد. اما این لزوما به معنی بهم پیوستگی شبکه‌های برق این کشورها با ایران نیست. به طور کلی تصمیم‌گیری برای چگونگی اتصال به شبکه برق کشورهای اطراف، متاثر از وضعیت و کیفیت شبکه برق دو طرف، برنامه‌های آتی سیستم قدرت هر کشور، شرایط زیست محیطی و اقتضائات فناوری و مالی طرفین و اهداف کشورها از این تبادل برقی است.

بر اساس مطالعات انجام شده، برای برخی مسیرهای ترانزیتی برق در منطقه، اتصال HVDC بهترین نوع اتصال (از منظر اقتصادی و حریم خط) است. برنامه‌ریزی برای اجرای این پروژه‌ها می‌تواند بستر ورود فناوری HVDC به کشور شود و زمینه بومی‌سازی آن را فراهم کند. اما نباید به توجیهی برای معطل ماندن پروژه‌ها و از بین رفتن منافع منطقه‌ای ایران و فرصت‌سوزی تبدیل شود.

از سوی دیگر فرکانس شبکه برق همه همسایگان ایران ۵۰ هرتز و با فرکانس شبکه برق کشور یکی است. همچنین با توجه به گستردگی شبکه برق ایران، اتصال به کشورهایی که شبکه برق آن‌ها تا نزدیکی مرز ایران توسعه یافته است (برای مثال افغانستان این گونه نیست)، به خطوط انتقال با مسافت زیاد نیاز ندارد، لذا برای اکثر همسایگانی که مرز خاکی با ایران دارند، الزامی برای اتصال HVDC وجود ندارد. تنها عامل اتصال به صورت DC با کشورهای همجوار می‌تواند عدم تاثیرپذیری شبکه‌ها و عدم انتقال اغتشاشات از یک شبکه به شبکه دیگر باشد که این موضوع باید برای هر کشور همسایه جداگانه بررسی شود و نهایتا در یک نقشه جامع، برنامه‌ریزی برای شبکه بهم پیوسته منطقه‌ای با محوریت ایران صورت گیرد.

فهرست مطالب

مقدمه ۶

فصل ۱. آثار ایجاد شبکه بهم پیوسته برق ۷

۱-۱- اثرات اقتصادی ۷

۱-۲- اثرات سیاسی ۸

۱-۳- امنیت انرژی ۸

فصل ۲. انواع بهم پیوستگی شبکه‌های برق ۱۱

۲-۱- بهم پیوستگی AC ۱۳

۲-۲- بهم پیوستگی DC ۱۶

۲-۲-۱- پیکره‌بندی تک قطبی و دو قطبی ۱۷

۲-۲-۲- ایستگاه‌های مبدل ۱۷

۲-۲-۳- فناوری Back to Back HVDC ۲۰

فصل ۳. تفاوت روش‌های AC و DC؛ مزایا و معایب ۲۲

۳-۱- مقایسه ابعاد فنی-اقتصادی ۲۲

۳-۱-۱- تحلیل هزینه-فایده ۲۵

۳-۲- مقایسه ابعاد سیاسی ۲۵

فصل ۴. نمونه‌های تجربه شده بهم پیوستگی AC سنکرون ۲۸

۴-۱- تجربه CEE و ENTSO-E ۲۸

۴-۱-۱- پیشینه تاریخی توسعه CEE و بهم پیوستگی با ENTSO-E ۲۸

۴-۱-۲- سیستم‌های قدرت کشورهای CEE ۳۱

۴-۱-۳- سیستم‌های انتقال کشورهای CEE ۳۱

۴-۱-۴- بهم پیوستگی‌های بین CEE و ENTSO-E ۳۲

۴-۱-۵- تحلیل سیستم قدرت ENTSO-E/CEE ۳۳

۴-۱-۶- ارزیابی نوسانات سطح منطقه در سیستم قدرت ENTSO-E-CEE ۳۳

۴-۱-۷- برنامه راهبردی اتحادیه اروپا ۳۴

۴-۱-۸- بازارهای برق در CEE ۳۶

۴-۲- تجربه سیستم برق ترکیه و ENTSO-E ۳۷

۴-۲-۱- معرفی ۳۹

۴-۲-۲- بررسی سیستم قدرت ترکیه ۴۰

۴-۲-۳- نوسان سطح منطقه در سیستم قدرت ENTSO-E قبل از بهم پیوستگی ۴۱

۴-۲-۴- سیستم برق وسعت‌یافته ENTSO-E بعد از بهم پیوستگی ۴۲

۴-۲-۵- سنکرون‌سازی سیستم‌های قدرت ENTSO-E و ترکیه ۴۳

فصل ۵. نمونه‌های تجربه شده بهم پیوستگی DC ۴۵

۵-۱- اتصال پارا به ریودوراژانیرو در برزیل ۴۵
۵-۲- اتصال عربستان به کشورهای حاشیه خلیج فارس ۴۵
فصل ۶. چالش‌ها، منافع و موانع برای ایران ۴۸
۶-۱- کریدورهای انتقال توان بالا برای ایران ۴۹
منابع ۵۲

فهرست جداول

جدول ۱. مزایا و مخاطرات بهم پیوستگی ۹
جدول ۲. ظرفیت منصوبه (به درصد بر حسب نوع) در ناحیه CEE ۳۱

فهرست اشکال

شکل ۱. روش‌های بهم پیوستگی سیستم ۱۲
شکل ۲. ایستگاه مبدل سیستم انتقال HVDC ۲۸۰۰ مگاوات فرانسه-اسپانیا ۱۸
شکل ۳. نمونه یک تالار درگاه (Valve hall) در یک ایستگاه مبدل HVDC ۱۹
شکل ۴. معرفی اجزای ایستگاه مبدل با فناوری LCC ۱۹
شکل ۵. معرفی اجزای ایستگاه مبدل با فناوری VSC ۲۰
شکل ۶. تصویر شماتیک از اتصال دو شبکه برق با روش back to back HVDC ۲۰
شکل ۷. مقایسه حریم خط در دو سیستم HVDC و HVAC ۲۲
شکل ۸. مقایسه هزینه سرمایه گذاری و هزینه بهره برداری دو سیستم DC و AC بر حسب فاصله خط انتقال ۲۳
شکل ۹. یک نمونه محاسبه هزینه-فایده برای اتصالات شبکه‌های برق در جنوب آسیا ۲۷
شکل ۱۰. مدل سیستم انتقال فوق ولتاژ بالا ترکیه ۴۱
شکل ۱۱. نوسان سطح منطقه بعد از قطعی برق نیروگاه ۱۲۰۰ مگاواتی در اسپانیا ۴۲
شکل ۱۲. نوسان در سطح منطقه شرق-غرب با میرایی ضعیف در ۲۰۰۵/۵/۱ ..... ۴۲
شکل ۱۳. بهم پیوستگی شبکه‌های برق کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس ۴۶
شکل ۱۴. ارتباطات الکتریکی فعلی و برنامه‌ریزی شده ایران با کشورهای همسایه ۴۸
شکل ۱۵. تصویر مقایسه جدولی از هزینه‌ها، خطای EENS و حریم خط میان فناوری‌های مختلف برای مسیرهای پیش‌بینی شده انتقال توان با ظرفیت بالا در ایران[۵] ۵۰
شکل ۱۶. تصویر مقایسه جدولی از مجموع هزینه‌ها و حریم خط دو فناوری HVDC و EHVAC برای مسیرهای ترانزیتی برق کشورهای همسایه در ایران[۶] ۵۱