

## فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۵
مقدمه.....	۳۱

### بخش اول - مبانی سنکرون سازی

#### فصل اول: دینامیک شبکه های به هم پیوسته برق

۱-۱- اجزای دینامیکی شبکه های به هم پیوسته.....	۴۳
سیستم تحریک.....	۴۴
سیستم گاورنر توربین.....	۴۴
سیستم پایدارساز سیستم قدرت.....	۴۶
بارهای سیستم قدرت.....	۴۷
۲-۱- روابط الکترو دینامیکی سنکرون سازی.....	۴۷
الزامات ولتاژ و فرکانس.....	۴۷
مدل سنکرون سازی.....	۴۸
جریان ها و گشتاور.....	۵۰
۳-۱- پایداری شبکه های به هم پیوسته.....	۵۲
پایداری فرکانس و کنترل خودکار تولید.....	۵۲

۵۳	تغییرات فرکانس.....
۵۴	مراحل کنترل فرکانس.....
۵۷	اثر دروپ روی تنظیم فرکانس.....
۵۸	کار سنکرون چندین ژنراتور.....
۶۱	کنترل ثانویه و اصول عملکرد AGC.....
۶۱	AGC در سیستم تک‌ناحیه‌ای (ایزوله).....
۶۲	AGC در سیستم دوناحیه‌ای.....
۶۶	AGC در سیستم‌های چندناحیه‌ای.....
۶۷	تعلیق AGC.....
۷۰	معادله سوئینگ.....
۷۳	مدل کلاسیک سیستم تک‌ماشینه (SMIB).....
۷۵	نمایش فضای حالت.....
۷۶	فرکانس نوسانات و میرایی سیستم تک‌ماشینه.....
۷۸	پایداری سیگنال کوچک سیستم چندماشینه.....
۸۰	نوسانات بین‌ناحیه‌ای.....
۸۲	نوسانات بین‌ناحیه‌ای و نفوذ انرژی‌های تجدیدپذیر.....
۸۲	میراسازی نوسانات بین‌ناحیه‌ای.....
۸۳	روش‌های تحلیل مدهای نوسان.....
۸۳	پایداری گذرا.....
۸۷	پایداری ولتاژ.....
۸۸	۱-۵- تحلیل و کنترل کلاسیک پایداری دینامیک و استاتیک ولتاژ.....
۸۸	(۱) تحلیل پایداری ولتاژ دینامیک.....
۸۹	(۲) تحلیل پایداری استاتیک ولتاژ.....
۸۹	(۳) کنترل پایداری ولتاژ.....
۹۰	ارتباط مدهای بین‌ناحیه‌ای با پایداری دینامیک ولتاژ.....
۹۱	توضیحی در خصوص تحلیل مودال.....

- مقایسه‌ی روش‌های تحلیل استاتیک و دینامیک در پایداری ولتاژ..... ۹۲
- ۶-۱- جمع‌بندی..... ۹۲

### فصل دوم: سنکرون‌سازی شبکه‌های بزرگ برق از دیدگاه فنی و تجهیزات

- ۱-۲- مزایا و ریسک‌های بالقوه اتصال شبکه‌ها..... ۹۴
- پیچیدگی‌ها و ریسک‌های فنی اتصال شبکه‌ها..... ۹۵
- ۲-۲- پارامترهای فنی اتصال شبکه‌ها..... ۹۵
- ۱-۲-۲- مشخصات اصلی طراحی اتصال شبکه‌ها..... ۹۶
- ۲-۲-۲- عناصر اتصال شبکه‌ها..... ۹۷
- ۳-۲- مسائل فنی مرتبط با اتصال AC شبکه‌ها..... ۱۰۰
- ۱-۳-۲- ملزومات عمومی برای اتصال AC شبکه‌ها..... ۱۰۰
- ۲-۳-۲- مسائل فنی شبکه‌های سنکرون‌شده..... ۱۰۱
- مسائل مرتبط با انتقال توان در شبکه‌های بهم‌متصل..... ۱۰۱
- معایب استفاده از خازن سری..... ۱۱۵
- کنترل فرکانس..... ۱۴۵
- ۴-۲- مسائل فنی مرتبط با اتصال DC شبکه‌ها..... ۱۶۸
- ۱-۴-۲- چرا اتصال DC؟..... ۱۶۸
- ۲-۴-۲- ملاحظات تکنیکی برای شبکه‌های متصل شده از طریق HVDC..... ۱۶۹
- ۵-۲- جمع‌بندی..... ۱۷۰

### بخش دوم - امنیت و تاب‌آوری شبکه‌های بزرگ برق سنکرون‌شده

#### فصل سوم: مفاهیم اساسی تاب‌آوری در شبکه‌های برق

- ۱-۳- تعاریف و مفاهیم مرتبط..... ۱۷۴
- ریسک..... ۱۷۴
- قابلیت اطمینان..... ۱۷۵

ظرفیت.....	۱۷۵
خطر.....	۱۷۶
آسیب‌پذیری.....	۱۷۹
استقامت.....	۱۷۹
۲-۳- پارادایم تاب‌آوری: شیوه‌ای راهبردی مبتنی بر درس‌های آموخته‌شده با هدف افزایش انطباق‌پذیری و انعطاف‌پذیری.....	۱۸۱
تبیین اهمیت موضوع.....	۱۸۱
تاب‌آوری؛ پارادایمی جدید.....	۱۸۵
۳-۳- ارزیابی تاب‌آوری.....	۱۸۷

### فصل چهارم: نقش شبکه‌های انتقال بین‌ناحیه‌ای سنکرون در افزایش انعطاف و

#### تاب‌آوری شبکه‌های برق

۱-۴- تحول در سیستم‌های برق؛ حرکت از سیستم‌های منفک به شبکه‌های متصل.....	۱۹۲
۲-۴- شبکه‌های انتقال بین‌ناحیه‌ای و فراهم‌سازی سطح بالای تاب‌آوری.....	۱۹۵
۳-۴- سرمایه‌گذاری در شبکه‌های سنکرون بین‌ناحیه‌ای و تأثیرات مستقیم بر بهبود قابلیت اطمینان و تاب‌آوری.....	۲۰۲
توسعه‌ی یک شبکه‌ی انتقال مستحکم‌تر.....	۲۰۴
تعدیل و کاهش ابعاد آسیب‌های ناشی از یک رویداد.....	۲۰۷
بازیابی سریع پس از وقوع یک رویداد.....	۲۱۰
درس‌های آموخته‌شده.....	۲۱۲
۴-۴- پیش‌بینی چالش‌های آتی تاب‌آوری در شبکه‌های انتقال سنکرون‌شده.....	۲۱۲
۵-۴- جمع‌بندی.....	۲۱۵

#### فصل پنجم: امنیت انرژی و زیرساخت‌های متصل

۱-۵- مفهوم زیرساخت‌های حیاتی انرژی.....	۲۱۸
۲-۵- امنیت انرژی؛ چارچوبی تعبیری برای دسترسی بدون وقفه به منابع انرژی.....	۲۲۵

۲۲۶.....	۳-۵- سیستم انرژی؛ امنیت توسعه فرایندنگر.....
۲۲۷.....	سیستم و تفکر سیستمی.....
۲۲۷.....	سیستم انرژی.....
۲۲۸.....	۴-۵- تهدیدات پیش روی سیستم‌های انرژی؛ از سیاست تا وابستگی متقابل.....
۲۳۰.....	۵-۵- امنیت انرژی در شبکه‌های متصل به هم: مطالعه موردی اتحادیه اروپا.....
۲۳۳.....	۶-۵- جمع‌بندی.....

### فصل ششم: سنکرون‌سازی شبکه‌های بزرگ برق تلفیق امنیت و تاب‌آوری

۲۳۶.....	۱-۶- تشریح مفهوم امنیت انرژی و اهمیت نگرش نظام‌مند به این مقوله.....
۲۳۸.....	۲-۶- گذار از امنیت انرژی به امنیت برق.....
۲۴۰.....	۳-۶- انعطاف در شبکه‌های برق با ضریب نفوذ؛ دستاوردی غیرقابل انکار از سنکرون‌سازی.....
۲۴۶.....	۴-۶- رهیافت شبکه‌های سنکرون‌شده و مزیت افزایش تاب‌آوری شبکه برق در برابر تهدیدات.....
۲۴۷.....	۵-۶- سنکرون‌سازی شبکه برق منطقه‌ای؛ افزایش تاب‌آوری بین‌المللی.....
۲۴۹.....	۶-۶- توسعه صلح و امنیت بین‌الملل در سایه سنکرون‌سازی شبکه‌های برق.....
۲۵۰.....	۷-۶- پتانسیل سنجی ایجاد super-grid با همسایگان؛ تمایل و نیاز همسایگان برای اتصال الکتریکی.....
۲۵۱.....	۸-۶- جمع‌بندی.....

### بخش سوم - سیاست‌گذاری و مسائل نوین در سنکرون‌سازی

#### شبکه‌های بزرگ برق

### فصل هفتم: برنامه‌ریزی سنکرون‌سازی شبکه‌های برق

۲۵۶.....	۱-۷- اهمیت سنکرون‌سازی شبکه‌های برق.....
۲۵۷.....	۲-۷- برنامه‌ریزی و مدل‌سازی پارامترهای فنی اتصال شبکه‌ها.....
۲۵۷.....	گام‌های برنامه‌ریزی.....

۲۵۸.....	ملزومات مدل‌سازی.....
۲۵۹.....	اطلاعات موردنیاز جهت برنامه‌ریزی.....
۲۶۰.....	نرم‌افزارها.....
۲۶۲.....	۳-۷- جمع‌بندی.....

### فصل هشتم: هوشمندسازی در شبکه‌های بزرگ برق سنکرون‌شده

۲۶۴.....	۱-۸- ویژگی‌های شبکه‌های قدرت هوشمند.....
۲۶۴.....	مشارکت آگاهانه مشترکین.....
۲۶۵.....	استفاده بهینه از تمامی امکانات تولید و ذخیره‌سازی.....
۲۶۵.....	امکان ارائه محصولات و خدمات جدید و پیاده‌سازی بازار برق.....
۲۶۵.....	تأمین کیفیت برق متناسب با نیاز مصرف‌کنندگان.....
۲۶۵.....	استفاده بهینه از دارایی‌ها و بهره‌برداری کارآمد.....
۲۶۶.....	تضمین تاب‌آوری شبکه در شرایط اختلال، حملات و بلایای طبیعی.....
۲۶۶.....	۲-۸- انرژی دیجیتال.....
۲۶۹.....	۳-۸- افزایش امنیت شبکه و حداقل‌سازی خاموشی‌ها از طریق هوشمندسازی.....
۲۷۰.....	۴-۸- اندازه‌گیری هوشمند بر پایه سنکروفازور و PMUها.....
۲۷۲.....	ظهور برنامه‌های بر پایه PMU.....
۲۷۳.....	۵-۸- کنترل هوشمند شبکه.....
۲۷۴.....	۶-۸- کنترل هوشمند فرکانس در شبکه‌های به‌هم‌پیوسته.....
۲۷۶.....	۷-۸- تشخیص هوشمند خطا و اختلال در شبکه‌های سنکرون‌شده.....
۲۷۷.....	۸-۸- داده‌ها در شبکه‌های هوشمند.....
۲۷۸.....	پایگاه داده‌های شبکه قدرت هوشمند.....
۲۷۹.....	۹-۸- بسته‌های مختلف هوشمندسازی شبکه.....
۲۸۰.....	۱۰-۸- یکپارچه‌سازی منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه‌های مدرن.....
۲۸۲.....	۱۱-۸- جمع‌بندی.....

### فصل نهم: سنکرون سازی شبکه های برق در عرصه بین الملل

- ۹-۱- تبادل و صادرات برق..... ۲۸۴
- ۹-۲- منافع حاصل از شکل گیری بازار منطقه ای برق..... ۲۸۷
- ۹-۳- اتصال سنکرون در بازارهای منطقه ای برق مناطق مختلف جهان..... ۲۸۸
- تبادلات برق در اروپا..... ۲۸۸
- تبادلات برق در منطقه کشورهای عضو ASEAN..... ۲۹۲
- تبادلات برق در منطقه ی کشورهای شبه قاره هند (SAARC)..... ۲۹۴
- بررسی اتصالات شبکه های برق کشورهای حوزه قفقاز و همچنین روسیه..... ۲۹۸
- بررسی اتصالات شبکه های برق کشورهای آسیای میانه و همچنین روسیه..... ۳۰۲
- اتصال شبکه های برق مابین کشورهای عضو اکو..... ۳۰۴
- مدل مطلوب کشورهای عضو سازمان اکو..... ۳۰۵
- شبکه مبادلات برق کشورهای عضو شورای همکاری خلیج فارس..... ۳۰۹
- ۹-۴- جمع بندی..... ۳۱۰

### فصل دهم: اتصال شبکه های برق از دیدگاه حقوقی و قانونی

- ۱۰-۱- توافقات حقوقی بین کشورها جهت سنکرون کردن شبکه های قدرت..... ۳۱۳
- ۱- مؤسسه ها و گروه های بالقوه درگیر در تجارت برق..... ۳۱۳
- ۲- موافقت نامه های حقوقی بین کشورها..... ۳۱۶
- ۴- ملزومات ملی برای پایدار بودن توافقات حقوقی بین المللی..... ۳۲۰
- ۵- پیچیدگی های بالقوه حقوقی..... ۳۲۱
- ۶- مزایای بالقوه اتصال شبکه ها برای سیستم های حقوقی ملی..... ۳۲۱
- ۱۰-۲- تطابق گرید کدهای کشورها جهت سنکرون کردن شبکه های قدرت..... ۳۲۲
- لزوم هماهنگی بودن گرید کدهای دو شبکه سنکرون شده..... ۳۲۲
- ۱۰-۳- جمع بندی..... ۳۲۶