

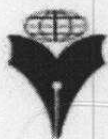
برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در

سیستم های قدرت

تألیف و گردآوری:

مهندس شمس‌الله نوری زاده

(کارشناس ارشد مهندسی برق قدرت و انشعاب سمنان)



نشر دانشگاهی فرهنگ

نام کتاب: برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در سیستم های قدرت

تالیف و گردآوری: حشمت الله نوری زاده

ویراستار: آرمان رستمی پور

چاپ اول: سال ۱۳۹۹

نوبت چاپ: اول

شمارگان: ۱۰۰

قیمت: ۳۸۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۳۱۵۰۰-۴

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فرهنگ محفوظ می باشد.

نشانی: تهران: خیابان انقلاب - بین ۱۲ فروردین و منیر جوی -

ساختمان ۱۳۲۰ - سبزه زینت - پستی: ۱۳۱۴۶۶۴۸۱۵

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۱۰۶۸۸-۶۶۹۵۷۷۴-۰۲۱

<http://www.farbook.ir>, farbook.pub@gmail.com,

سرشناسه	:	نوری زاده، حشمت الله، ۱۳۷۵ -
عنوان و نام پدیدآور	:	برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در سیستم های قدرت: تالیف و گردآوری حشمت الله نوری زاده
مشخصات نشر	:	تهران: نشر دانشگاهی فرهنگ، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	:	۲۸۸ص: جدول.
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۷۳۱۵۰۰-۴
وضعیت فهرست نویسی	:	فیا
یادداشت	:	کتابنامه: ص. [۲۷۵] - ۲۸۷.
موضوع	:	برق نیرو - انتقال -- برنامه ریزی
موضوع	:	Electric power transmission -- Planning
موضوع	:	برق -- تولید
موضوع	:	Electric power production
رده بندی کنگره	:	TK۳۰۰۱
رده بندی دیویی	:	۳۱۹/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی	:	۶۱۵۷۴۶۸

پیشگفتار ۱۷

مقدمه ۱۹

فصل اول : مقدمه‌ای بر سیستم های قدرت

۱-۱. مقدمه‌ای بر سیستم های قدرت ۲۵

۲-۱. ساختار سیستم قدرت ۲۶

۱-۲-۱. تولید ۲۶

۱-۲-۱-۱. ژنراتورها ۲۸

۲-۱-۲-۱. ترانسفورماتور ۲۸

۲-۲-۱. انتقال و فوق توزیع ۳۰

۳-۲-۱. توزیع انرژی الکتریکی ۳۱

۴-۲-۱. بار الکتریکی ۳۳

۳-۱. مطالعات سیستم های قدرت ۳۳

۴-۱. مطالعات بهره برداری در سیستم های قدرت ۳۴

۱-۴-۱. آرایش تولید ۳۴

۲-۴-۱. بخش بار اقتصادی ۳۵

۲-۴-۱. کنترل اتوماتیک تولید ۳۵

۵-۱. مطالعات برنامه ریزی در سیستم های قدرت ۳۵

۶-۱. اهداف برنامه ریزی در سیستم های قدرت ۳۷

۷-۱. انواع برنامه ریزی سیستم های قدرت ۳۷

۸-۱. نتیجه گیری نهایی ۴۰

فصل دوم : برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در سیستم های قدرت

۴۳	۱-۲. مقدمه ای بر برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۴۵	۲-۲. اهمیت برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۴۶	۳-۲. لزوم برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۴۷	۴-۲. برنامه ریزی شبکه انتقال در برنامه ریزی سیستم قدرت و ویژگی های آن
۴۸	۵-۲. دلایل برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۴۹	۶-۲. تفکات پروژه های برنامه ریزی شبکه انتقال
۵۰	۶-۲. طرح های تقویت شبکه
۵۰	۶-۲. طرح های توسعه شبکه
۵۱	۷-۲. پارامترهای مؤثر در برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۵۲	۱-۷-۲. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن هزینه برقراری امنیت
۵۲	۲-۷-۲. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن برنامه ریزی توان راکتیو
۵۳	۳-۷-۲. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن تولید پراکنده تجدید پذیر
۵۳	۴-۷-۲. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن ادوات FACTS
۵۴	۸-۲. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۵۵	۱-۸-۲. ارزیابی اقتصادی
۵۵	۲-۸-۲. ارزیابی فنی
۵۶	۹-۲. دسته بندی مدل سازی های مسئله برنامه ریزی توسعه انتقال
۵۶	۱۰-۲. برنامه ریزی توسعه انتقال از دیدگاه ساختار صنعت برق
۵۹	۱-۱۰-۲. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در ساختار سنتی صنعت برق
۶۴	۲-۱۰-۲. چالش برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در سیستم های تجدید ساختار شده
۶۵	۱-۱۰-۲. معیارها و اهداف توسعه
۶۵	۲-۱۰-۲. ارتباط با یار و تولید
۶۶	۳-۱۰-۲. مشکلات و مسائل سازمانی

- ۶۶ برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال در محیط تجدید ساختار یافته
- ۷۲ تفاوت‌های برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال در محیط‌های سنتی و رقابتی
- ۷۳ ویژگی‌های سرمایه‌گذاری در برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال
- ۷۵ انواع برنامه‌ریزی توسعه شبکه از دیدگاه دوره زمانی مورد مطالعه
- ۷۶ مسئله برنامه‌ریزی دینامیکی توسعه شبکه انتقال (DTEP)
- ۷۹ مسئله برنامه‌ریزی استاتیکی توسعه شبکه انتقال (STEP)
- ۸۰ منابع عدم قطعیت
- ۸۰ ۱۴-۲-۱. عدم قطعیت بار
- ۸۱ ۱۴-۲-۲. عدم قطعیت در رشد بار
- ۸۲ ۱۴-۲-۳. عدم قطعیت در نرخ تولید
- ۸۳ ۱۴-۲-۴. عدم قطعیت در رخت
- ۸۵ ۱۵-۲. انواع عدم قطعیت
- ۸۵ ۱۵-۲-۱. عدم قطعیت درونی و بیرونی
- ۸۵ ۱۵-۲-۳. عدم قطعیت کوتاه‌مدت و بلندمدت
- ۸۶ ۱۵-۲-۴. عدم قطعیت قابل سنجش و غیر قابل سنجش
- ۸۶ ۱۶-۲. تقسیم‌بندی روش‌های برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال از دیدگاه عدم قطعیت‌ها
- ۸۷ ۱۶-۲-۱. روش‌های قطعی
- ۸۸ ۱۶-۲-۲. روش‌های غیر قطعی
- ۸۹ ۱۶-۲-۱. عدم قطعیت‌های تصادفی
- ۹۲ ۱۶-۲-۲. عدم قطعیت‌های غیر تصادفی
- ۹۸ ۱۷-۲. تقسیم‌بندی روش‌های برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال از دیدگاه افق برنامه‌ریزی
- ۹۸ ۱۷-۲-۱. پیش‌بینی بسیار کوتاه‌مدت
- ۹۸ ۱۷-۲-۲. پیش‌بینی کوتاه‌مدت
- ۱۰۰ ۱۷-۲-۳. پیش‌بینی میان‌مدت بار

- ۱۰۱ ۴-۱۷-۲. پیش‌بینی بلندمدت
- ۱۰۲ ۱۸-۲. روش‌های حل ریاضی مسئله توسعه شبکه انتقال
- ۱۰۴ ۱-۱۸-۲. بهینه‌سازی ریاضی
- ۱۰۴ ۲-۱۸-۲. بهینه‌سازی ابتکاری
- ۱۰۳ ۳-۱۸-۲. روش‌های فرا ابتکاری
- ۱۰۴ ۱۹-۲. نتیجه‌گیری نهایی
- فصل سوم: روش‌های بهینه‌سازی مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال**
- ۱۰۷ ۱-۳. مقدمه بر روش‌های بهینه‌سازی
- ۱۰۸ ۲-۳. تعریف بهینه‌ازی
- ۱۰۹ ۳-۳. مفاهیم اساسی در بهینه‌سازی
- ۱۰۹ ۱-۳-۳. ساختن یک مدل بهینه‌سازی
- ۱۱۰ ۲-۳-۳. مشخص کردن نوع مسئله بهینه‌سازی
- ۱۱۱ ۱-۲-۳-۳. مسائل بهینه‌سازی «پیوسته» و بهینه‌سازی «گسسته»
- ۱۱۲ ۲-۲-۳-۳. مسائل بهینه‌سازی «مقید» و بهینه‌سازی «نامقید»
- ۱۱۲ ۳-۲-۳-۳. مسائل بهینه‌سازی «قطعی» و بهینه‌سازی «تصادفی»
- ۱۱۳ ۴-۲-۳-۳. مسائل بهینه‌سازی بدون هدف، تک هدفه و چند هدفه
- ۱۱۴ ۴-۳. روش‌های حل مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال
- ۱۱۶ ۵-۳. روش‌های حل مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال در محیط‌های سنتی
- ۱۱۶ ۱-۵-۳. روش‌های بهینه‌سازی ریاضی
- ۱۱۸ ۱-۱-۵-۳. برنامه‌ریزی خطی
- ۱۱۸ ۲-۱-۵-۳. برنامه‌ریزی غیرخطی
- ۱۲۰ ۳-۱-۵-۳. برنامه‌ریزی عدد صحیح
- ۱۲۱ ۴-۱-۵-۳. برش‌بندرز

- ۱۲۱..... ۵-۳-۵. روش شاخه و کران
- ۱۲۲..... ۵-۳-۶. نظریه بازی‌ها
- ۱۲۳..... ۵-۳-۷. الگوریتم CHA
- ۱۲۳..... ۵-۳-۸. تجزیه سلسله مراتبی
- ۱۲۴..... ۵-۳-۹. برنامه‌ریزی بویا یا دینامیک
- ۱۲۴..... ۵-۳-۲. روش‌های بهینه‌سازی ابتکاری
- ۱۲۶..... ۵-۳-۱. آزمون اضافه‌بار
- ۱۲۶..... ۵-۳-۲. آنا‌لهای حساسیت
- ۱۲۷..... ۵-۳-۳. تشکیل ساختار
- ۱۲۷..... ۵-۳-۴. روش توسعه حوالی
- ۱۲۸..... ۵-۳-۵. روش حذف حوالی
- ۱۲۹..... ۵-۳-۶. الگوریتم کی-بردیک-لین همسایه
- ۱۳۰..... ۵-۳-۷. جستجوی درختی
- ۱۳۰..... ۵-۳-۸. ارزیابی جایابی مدارهای اضافه‌سوده استفاده از ضرایب حساسیت
- ۱۳۰..... ۵-۳-۹. روش‌های پیش رو پس رو
- ۱۳۱..... ۵-۳-۳. الگوریتم‌های فرا ابتکاری یا فراتکاملی یا فرا اکتشافی
- ۱۳۲..... ۵-۳-۴. دسته‌بندی الگوریتم‌های فرا ابتکاری
- ۱۳۳..... ۵-۳-۱. الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک (Genetic Algorithm)
- ۱۳۳..... ۵-۳-۲. الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (Particle swarm optimization)
- ۱۳۴..... ۵-۳-۳. الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان (Ant colony optimization algorithms)
- ۱۳۵..... ۵-۳-۴. الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری (Grey Wolf Optimizer)
- ۱۳۷..... ۵-۳-۴. الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ یا وال (The Whale Optimization Algorithm)
- ۱۴۰..... ۵-۳-۶. الگوریتم بهینه‌سازی کرم شب تاب (Algorithm Optimization Firefly)

- ۷-۴-۵-۳. الگوریتم بهینه‌سازی رقابت استعماری (Imperialist competitive algorithm) ۱۴۴
- ۸-۴-۵-۳. الگوریتم جستجوی موجودات همزیست (symbiotic organisms search) ۱۴۶
- ۵-۵-۵-۳. الگوریتم‌های متداول فرا ابتکاری مبتنی بر یک جواب ۱۴۹
- ۱-۵-۵-۳. الگوریتم بهینه‌سازی جستجوی ممنوعه (Tabu Search) ۱۴۹
- ۲-۵-۵-۳. الگوریتم تبرید شبیه‌سازی‌شده (Simulated Annealing) ۱۵۰
- ۶-۳. روش‌های حل مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال در محیط‌های رقابتی ۱۵۱
- ۱-۳. روش منطق فازی ۱۵۲
- ۲-۶-۳. سیستم‌های خبره ۱۵۳
- ۳-۶-۳. روش‌های کوچک ۱۵۴
- ۷-۳. نتیجه‌گیری نهایی ۱۵۴

فصل چهارم: مدل‌های مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال

- ۱-۴. مقدمه بر مدل‌سازی مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۱۵۹
- ۲-۴. ساختار کلی مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۱۶۰
- ۳-۴. اصول مدل‌سازی برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۱۶۲
- ۴-۴. مدل‌سازی مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال ۱۶۷
- ۵-۴. مدل‌سازی ریاضی مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه‌های انتقال ۱۶۷
- ۶-۴. مدل‌سازی‌های پایه‌ای یا تک هدفه مسئله توسعه شبکه انتقال ۱۶۸
- ۱-۷-۴. برنامه‌ریزی استاتیکی (تک مرحله‌ای) بر اساس مدل DC ۱۷۱
- ۲-۷-۴. برنامه‌ریزی دینامیک (چند مرحله‌ای) بر اساس مدل DC ۱۷۳
- ۳-۷-۴. مدل حمل و نقل ۱۷۴
- ۴-۷-۴. مدل ترکیبی (هیبرید) ۱۷۵
- ۸-۴. مدل‌سازی‌های چند هدفه مسئله توسعه شبکه انتقال ۱۷۶
- ۱-۸-۴. مدل‌سازی مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن هزینه بهره‌برداری ۱۷۷
- ۲-۸-۴. مدل‌سازی مسئله برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال دینامیکی ۱۸۰

۱۸۲	۳-۸-۴. مدل سازی مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان
۱۸۵	۴-۸-۴. مدل سازی مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن عدم قطعیت بار
۱۸۸	۵-۸-۴. مدل سازی مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن تلفات خطوط انتقال
۱۹۱	۹-۴. مدل سازی عدم قطعیت ها
۱۹۲	۱-۹-۴. نظریه انتخاب سبد سهام
۱۹۳	۲-۹-۴. برنامه ریزی تصادفی
۱۹۳	۳-۹-۴. حداقل - حداکثر پشتیبانی
۱۹۳	۴-۹-۴. نامبریزی دینامیکی تصادفی
۱۹۳	۹-۴. نظر فازی
۱۹۴	۶-۹-۴. نظریه اعداد رای
۱۹۴	۱۰-۴. مدل کفایت شبکه
۱۹۴	۱۱-۴. مدل امنیت شبکه
۱۹۵	۱۲-۴. نتیجه گیری نهایی

فصل پنجم: مدل سازی برنامه رای توسعه شبکه انتقال

۱۹۹	۱-۵. معرفی شبکه ۲۴ باسهای IEEE
۲۰۳	۲-۵. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با استفاده از مدل DC
۲۰۷	۳-۵. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن هزینه بهره برداری
۲۱۰	۴-۵. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال شب دینامیکی (چند مرحله ای)
۲۱۳	۵-۵. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن قابلیت اطمینان شبکه قدرت
۲۱۵	۶-۵. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن تلفات خطوط انتقال
۲۱۶	۷-۵. برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن عدم قطعیت بار
۲۱۸	۸-۵. نتیجه گیری نهایی

فصل ششم: مدل سازی برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن منابع تولید پراکنده (DG)

۲۲۳	۱-۶. مقدمه ای بر منابع تولید پراکنده
-----	--------------------------------------

۲۲۳	۲-۶. مفهوم منابع تولید پراکنده
۲۲۵	۳-۶. تعاریف منابع تولید پراکنده
۲۲۵	۴-۶. انرژی بادی
۲۲۶	۵-۶. توربین های بادی
۲۲۷	۶-۶. بررسی مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با حضور توربین های بادی
۲۲۹	۷-۶. فرمول بندی مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۲۲۹	۷-۶. تابع هدف مسئله
۲۳۱	۷-۶.۱. قیود مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال
۲۳۲	۸-۶. مدل سازی و داده های ی
۲۳۳	۹-۶. مطالعه عددی بر روی شبکه ۲۱ باس IEEE
۲۳۶	۱۰-۶. مدل سازی بار ساعتی شبکه
۲۳۸	۱۱-۶. مدل سازی واحدهای بادی
۲۳۹	۱۱-۶.۱. سرعت باد
۲۳۹	۱۱-۶.۲. مشخصات فنی توربین های بادی
۲۴۲	۱۲-۶. پیاده سازی مدل پیشنهادی بر روی شبکه ۲۴ باس IEEE
۲۴۲	۱۲-۶.۱. سناریوی اول
۲۴۳	۱۲-۶.۲. سناریوی دوم
۲۴۴	۱۳-۶. نتیجه گیری نهایی

فصل هفتم: برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن ادوات FACTS

۲۴۹	۱-۷. مقدمه ای بر برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن ادوات فکت PST
۲۴۹	۲-۷. ترانسفورماتور جابجا گر فاز
۲۵۱	۳-۷. مدل سازی ترانسفورماتور جابجا گر فاز (PST)
۲۵۲	۴-۷. مدل سازی ریاضی مسئله برنامه ریزی توسعه شبکه انتقال در حضور ترانسفورماتور جابجا گر فاز

۵-۷. مطالعات عددی برنامه‌ریزی توسعهی شبکه انتقال سیستم ۲۴ باسهی IEEE در حضور ترانسفورماتور جابجا	۲۵۴
گرفاز (PST)	
۶-۷. مورد مطالعاتی سیستم ۲۴ باسهی IEEE	۲۵۵
۶-۷. ۱- سناریوی اول	۲۵۶
۶-۷. ۲- سناریوی دوم	۲۵۷
۷-۷. مقدمه‌ای بر برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال با در نظر گرفتن ادوات فکت TCSC	۲۵۸
۸-۷. خازن سری با کنترل تریتوری (TCSC)	۲۵۹
۹-۷. مدل‌سازی خازن سری با کنترل تریتوری (TCSC)	۲۶۰
۱۰-۷. مدل ریاضی توسعهی شبکه انتقال در حضور خازن سری با کنترل تریتوری (TCSC)	۲۶۱
۱۱-۷. روند انجام الگوریتم	۲۶۲
۱۲-۷. مطالعات عددی برنامه‌ریزی توسعهی شبکه انتقال سیستم ۶ باسهی IEEE در حضور خازن سری با کنترل	
تریتوری (TCSC)	۲۶۵
۱۲-۷. ۱- حل مسئله برنامه‌ریزی توسعهی شبکه انتقال بدون در نظرگیری تلفات	۲۶۸
۱۲-۷. ۲- حل مسئله برنامه‌ریزی توسعهی شبکه انتقال در نظرگیری تلفات	۲۶۸
۱۲-۷. ۳- حل مسئله برنامه‌ریزی توسعهی شبکه انتقال با در نظرگیری جابجایی TCSC	۲۶۹
۱۳-۷. نتیجه‌گیری نهایی	۲۷۰
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی	۲۷۲
مراجع	۲۷۶

پیشگفتار

حمد و سپاس خداوند متعال را که به نویسنده در تدوین این اثر یاری داد و افتخار خدمت گذاری به بندگان را اعطاء فرمود تا بار دیگر برای دانش پژوهان علم کشور عزیزمان گامی هرچند کوچک برداشته باشیم. کتاب حاضر مجموعه‌ای کامل در مبحث برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال به اختصار (TEP) می‌باشد که نویسنده این کتاب سعی کرده است در حد امکان کتاب را به صورت شیوا و روان نگارش کند.

هدف نخست از تألیف و گردآوری این کتاب، در دسترس قرار دادن مجموعه‌ای کامل در زمینه برنامه‌ریزی توسعه شبکه انتقال به اختصار (TEP) می‌باشد. برای تهیه و تدوین این کتاب از مقالات متعدد و منابع علمی زیادی در زمینه مهندسی برق استفاده شده که در بخش مراجع در انتهای ذکر گردیده است.

امیدوارم که این کتاب مورد توجه علاقمندان قرار گیرد. از آنجایی که نویسنده هیچ ادعایی در پی عیب و نقص بودن کتاب ندارد لذا مانند هر اثر دیگر این کتاب خالی از ایراد نبوده علاوه بر آنکه چند بار، کتاب حاضر را در رایش نموده‌ایم تا بدون خطا ارائه گردد ولی ممکن است برخی از خطاهای احتمالی و ناخواسته در گزینه‌ها وجود داشته باشد. و سپاسگزارم که اساتید و دانش پژوهان عزیز اشکالات آن را تذکر شوند تا در چاپ‌های بعدی نسبت به رفع آن‌ها اقدام گردد. در خاتمه وظیفه خود می‌دانیم تا از زحمات بی‌دریغ مسئولین محترم نشر دانشگاهی فرهمند که چاپ و نشر این کتاب را متحمل شدند، تشکر نمایم.

«آرزوی موفقیت و سربلندی را از خداوند متعال برای شما عزیزان خواستاریم»

حشمت الله نوری زاده

eng.h.norizadeh@gmail.com