

تخمین حالت در شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی

تألیف:

مهندس امین اقبالی - مهندس سیاوش یاری

انتشارات فن آذر - انتشارات آشینا

سرشناسه	: اقبالی، امید، ۱۳۷۲- Eghbali, Omid
عنوان و نام پدیدآور	: تخمین حالت در شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی/تالیف امید اقبالی، سیاوش یاری.
مشخصات نشر	: تبریز: فن آذر، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۱۴۲ ص.
شابک	: ۲۸۰۰۰۰ ریال : 5-93-600-5552-978
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۱۴۲.
موضوع	: برق نیرو -- توزیع
موضوع	: Electric power distribution
شناسه افزوده	: یاری، سیاوش، ۱۳۷۰-
رده بنیاد کنگره	: ۱۳۹۸ ت ۷۳۱ الف / TK۲۰۰۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۱۹
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۶۳۴۸۶۲



انتشارات آشینا



انتشارات فن آذر

عنوان	: تخمین حالت در شبکه‌های توزیع انرژی الکتریکی
تالیف	: مهندس امید اقبالی - مهندس سیاوش یاری
ناشر	: انتشارات فن آذر
ناشر همکار	: انتشارات آشینا
نوبت چاپ	: اول - بهار ۱۳۹۸
تعداد صفحه و قطع	: ۱۴۲ صفحه - وزیری
تیراژ	: ۱۵۰۰ نسخه
چاپ و صحافی	: لک لری
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۵۵۲-۹۳-۵
قیمت	: ۲۸۰۰۰ تومان

کلیه مسئولیت مطالب و حق چاپ به عهده مؤلف بوده و هر گونه کپی برداری پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش: انتشارات آشینا - انتشارات فن آذر - انتشارات اطهران

تبریز - خیابان امام - بازار بزرگ تربیت - پلاک ۷ ☎ ۳۵۵۳۸۶۰۳

پیش‌گفتار مؤلفین

با توجه به این که شبکه‌های توزیع امروزه با نفوذ تولیدات پراکنده و بارهای غیرخطی و منابع ذخیره‌ساز دچار تغییرات اساسی شده است، شبکه‌های توزیع امروزی با نام شبکه‌های توزیع هوشمند و یا شبکه‌های توزیع اکتیو که جریان توان در خطوط به صورت دو طرفه می‌باشد، شناخته می‌شوند. با توجه به تغییرات بیان‌شده، توابع کنترلی و عملکردی در مرکز مدیریت انرژی این نوع شبکه‌ها نیاز اساسی به فراهم‌آوردن اطلاعات مفید شبکه و آگاهی از وضعیت شبکه در هر لحظه می‌باشد. از آنرو باید روشی اقتصادی، دقیق و قابل اطمینان ارائه شود که تخمین حالت یک روش بسیار مناسب می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که تخمین حالت قلب تپنده سیستم مدیریت انرژی در شبکه‌های توزیع هوشمند است که در صورت دقیق نبودن یا قابل اطمینان نبودن اطلاعات استخراجی از این روش نمی‌توان شبکه را به‌طور مناسب کنترل و بهره‌برداری کرد. بنابراین باید به تخمین حالت در شبکه‌های توزیع اکتیو توجه خاصی شود و تحقیقاتی جهت بهبود تخمین حالت در این نوع شبکه‌ها انجام گیرد. با توجه به تحقیقات انجام‌یافته در زمینه‌ی تخمین حالت شبکه‌های توزیع، شکاف‌های تحقیقاتی در زمینه‌ی تخمین وجود دارد که کم‌تر به آن‌ها توجه شده است که می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- در نظر گرفتن ویژگی‌های منحصر به فرد شبکه توزیع و رسیدن به واقعیت شبکه‌های توزیع
- تعداد کم اندازه‌گیرها در سیستم اندازه‌گیری و مشکل افزونگی اندازه‌گیری جهت مشاهده‌پذیری شبکه در فرآیند تخمین حالت شبکه توزیع و ارائه روشی در جهت حل این مشکل با در نظر گرفتن شاخص اقتصادی
- افزایش دقت تخمین متغیرهای حالت در شبکه توزیع اکتیو و کاهش زمان اجرای تخمین برای کاربردهای بلندرنج با توجه به امکانات موجود در شبکه توزیع اکتیو

- توجه بیشتر به اندازه‌گیرهای کاذب و نحوه استفاده آن‌ها در فرآیند تخمین و انتخاب هوشمندانه آن‌ها با توجه به دقت پایین این نوع اندازه‌گیرها

این کتاب شامل ۴ فصل است. فصل ۱ مرور مختصری از شبکه‌های توزیع را ارائه می‌نماید. همچنین به بیان کلی تخمین حالت و تخمین حالت در شبکه‌های توزیع پرداخته می‌شود و روش‌های ناحیه‌بندی در فرآیند تخمین حالت مورد بحث قرار می‌گیرند. فصل ۲ تاریخچه پژوهش‌های انجام شده در مسئله تخمین حالت، تخمین حالت در شبکه‌های توزیع و ناحیه‌بندی را مورد مطالعه قرار می‌دهد. در ادامه این فصل بیان ریاضی تخمین حالت، مدل‌سازی اجزای سیستم توزیع سه‌فاز نامتعادل و معادلات اندازه‌گیری در شبکه‌های توزیع سه‌فاز متعادل و نامتعادل صورت می‌گیرد. در نهایت مسئله همبستگی میان اندازه‌گیرها بررسی می‌شود. فصل ۳ به‌طور کامل ناحیه‌بندی و معیارهای ناحیه‌بندی را مورد بحث قرار می‌دهد. همچنین روش‌های پیشنهادی این کتاب در مسئله ناحیه‌بندی در شبکه‌های متعادل و نامتعادل را بررسی می‌کند. فصل ۴ مثال‌های موردی از شبکه‌های متعادل و نامتعادل می‌باشد که با استفاده از نرم افزار MATLAB کدنویسی‌های مربوطه انجام شده است و نتیجه‌گیری‌ها آمده است.

اینجانبان سعی کرده‌ایم که در در نگارش این کتاب، متنی روان و شیوا عرضه کنیم. اما بی‌شک هیچ کتابی خالی از نقص نبوده و امید است اساتید محترم و خوانندگان عزیز نظریات ارشادی خود را برای اصلاح در چاپ‌های بعدی ارسال فرمایند.

در این جا لازم است از همه‌ی افرادی که در مراحل مختلف چاپ این کتاب، اینجانبان را یاری داده‌اند، صمیمانه قدردانی کنیم. در خاتمه از خانواده‌های خود که در مدت تألیف این کتاب صبورانه ما را حمایت کردند، صمیمانه قدردانی می‌کنیم.

امید آن‌که توانسته باشیم با تألیف این کتاب، خدمت ناچیزی را به جامعه علمی کشور عرضه کرده باشیم.

امید اقبالی - سیاوش یاری

فهرست مطالب

فصل اول - مقدمه‌ای بر تخمین حالت در شبکه‌های توزیع ۱۱

۱-۱ شبکه‌های توزیع ۱۱

۲-۱ تخمین حالت ۱۵

۳-۱ تخمین حالت در شبکه‌های توزیع ۱۹

۴-۱ تخمین حالت چند ناحیه‌ای در شبکه‌های توزیع ۲۲

۵-۱ فرضیات اولیه ۲۲

۶-۱ مراجع ۲۴

فصل دوم - مدل‌سازی سیستم‌های توزیع و محاسبات اندازه‌گیری ۲۹

۱-۲ تاریخچه پژوهش‌های انجام‌شده ۲۹

۱-۱-۲ مطالعات روی تخمین حالت در شبکه‌های توزیع ۲۹

۲-۱-۲ مطالعه روی تخمین حالت چند ناحیه‌ای در شبکه‌های توزیع ۳۵

۲-۲ تخمین حالت سیستم توزیع ۳۶

۳-۲ مدل‌سازی اجزای سیستم توزیع سه‌فاز نامتعادل ۴۱

۱-۳-۲ مدل خط ۴۲

۲-۳-۲ مدل ترانسفورماتور ۴۵

۳-۳-۲ مدل بار ۴۸

۱-۳-۳-۲ معادلات تبدیل مثلث به ستاره در اتصال بار ۵۱

۴-۳-۲ خازن‌های موازی ۵۲

۱-۴-۳-۲ بانک خازنی با اتصال ستاره ۵۲

- ۵۳..... ۲-۴-۳- بانک خازنی با اتصال مثلث
- ۵۵..... ۲-۳-۵- مدل رگولاتور
- ۵۵..... ۲-۳-۵-۱- رگولاتورهای با اتصال ستاره
- ۵۹..... ۲-۳-۵-۲- رگولاتورهای با اتصال مثلث باز
- ۶۵..... ۲-۴-۱- معادلات اندازه‌گیری در شبکه‌های توزیع سه‌فاز متعادل
- ۶۷..... ۲-۴-۱- اندازه‌گیرهای سنکرونیزه
- ۷۱..... ۲-۴-۲- اندازه‌گیرهای توان
- ۷۵..... ۱-۴-۱- اندازه‌گیرهای دامنه ولتاژ و جریان
- ۷۶..... ۲-۴-۴- اندازه‌گیرهای مجازی
- ۷۷..... ۲-۵-۱- انواع اندازه‌گیرها در شبکه‌های توزیع سه‌فاز نامتعادل
- ۸۵..... ۲-۶-۱- همبستگی اندازه‌گیرها
- ۸۶..... ۲-۶-۱- همبستگی در اندازه‌گیرهای سنتی
- ۸۹..... ۲-۶-۲- همبستگی در اندازه‌گیرهای PMU
- ۹۱..... ۲-۶-۳- همبستگی در اندازه‌گیرهای کلاسیک
- ۹۲..... ۲-۷- مراجع

فصل سوم- تخمین حالت چند ناحیه‌ای در شبکه‌های توزیع

- ۹۹..... ۳-۱- تخمین حالت چند ناحیه‌ای
- ۱۰۱..... ۳-۱-۱- مشخصه‌های مطلوب ناحیه‌بندی
- ۱۰۱..... ۳-۱-۲- تعاریف اولیه
- ۱۰۳..... ۳-۲- معیارهای طبقه‌بندی MASE
- ۱۰۴..... ۳-۱-۲- سطح مشترک ناحیه
- ۱۰۶..... ۳-۲-۲- معماری تخمین‌های محلی
- ۱۰۷..... ۳-۲-۳- هماهنگی تخمین‌های محلی

- ۳-۲-۴- هماهنگ‌سازی اندازه‌گیری..... ۱۰۸
- ۳-۲-۵- هماهنگ‌سازی فرآیند..... ۱۰۸
- ۳-۳- روش‌های پیشنهادی در تخمین حالت چند ناحیه‌ای..... ۱۰۹
- ۳-۳-۱- روش پیشنهادی در شبکه‌های توزیع متعادل..... ۱۰۹
- ۳-۳-۱-۱- مکان‌یابی اندازه‌گیرها..... ۱۱۲
- ۳-۳-۲- روش پیشنهادی در شبکه‌های توزیع نامتعادل..... ۱۱۴
- ۳-۴- مراجع..... ۱۱۷

فصل چهارم- شبکه‌های مورد مطالعه در تخمین حالت چند ناحیه‌ای ۱۱۹

- ۴-۱- تخمین حالت در شبکه توزیع متعادل..... ۱۱۹
- ۴-۱-۱- شبکه توزیع ۶۹ باس IEEE..... ۱۲۰
- ۴-۱-۲- نتیجه‌گیری شبکه توزیع متعادل..... ۱۲۶
- ۴-۲- تخمین حالت در شبکه توزیع نامتعادل..... ۱۲۷
- ۴-۲-۱- شبکه توزیع ۱۲ باس IEEE..... ۱۲۸
- ۴-۲-۲- شبکه توزیع ۲۷ باس IEEE..... ۱۳۵
- ۴-۲-۳- نتیجه‌گیری شبکه توزیع نامتعادل..... ۱۴۱
- ۴-۳- مراجع..... ۱۴۲