



طراحی و بهره برداری شبکه هوایی دابل فاصله دار فشار متوسط

تألیف:

دکتر مهرداد طرفدار حق

مهندس کریم روشن میلانی

مهندس یوسف سرافراز

سرشناسه	: روشن میلانی، کریم، ۱۳۴۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی و بهره‌برداری شبکه هوایی کابل فاصله‌دار فشار متوسط/ تألیف کریم روشن میلانی، مهرداد طرفدارحق، یوسف سرافراز.
مشخصات نشر	: تبریز: اطهران، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	: ۳۴۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-600-7014-45-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیا
موضوع	: برق نیرو -- ایران -- انتقال -- وسایل و تجهیزات
موضوع	: Electric power transmission -- Iran -- Equipment and supplies
موضوع	: برق -- ایران -- خطوط
موضوع	: Electric lines -- Carrier transmission -- Iran
موضوع	: برق نیرو -- ایران -- توزیع
موضوع	: Electric power distribution -- Iran
شناسه افزوده	: طرفدارحق، مهرداد، ۱۳۴۷ -
شناسه افزوده	: سرافراز، یوسف، ۱۳۴۰ -
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۵ ط۴/۸۷TK۳۰۰۱
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۳۰۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۴۰۰۷۳

شناسنامه کتاب

نام کتاب: طراحی و بهره‌برداری شبکه هوایی کابل فاصله‌دار فشار متوسط
تألیف و تدوین: دکتر مهرداد طرفدارحق - مهندس کریم روشن میلانی - مهندس یوسف سرافراز
ویراستار و مجری طرح: بهسون رفیعی (Rafiee_ir@yahoo.com)

طرح روی جلد: یوسف رفیعی

ناشر: انتشارات اطهران

لیتوگرافی: شرکت نگین فیلد

چاپ: صنوبر

قطع: وزیری/ ۳۴۴ صفحه

صحافی: لک لری تیراژ: ۳۰۰۰ جلد

محل انتشار: تبریز

شابک: ۵ - ۴۵ - ۷۰۱۴ - ۶۰۰ - ۹۷۸

نوبت چاپ: اول (شهریورماه ۱۳۹۵)

قیمت: ۴۵۰۰۰ تومان

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر محفوظ است.

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

تبریز - خیابان امام - بازار بزرگ تربیت - طبقه پائین پلاک ۷ : ۳۵۵۳۶۱۹۶ - ۳۵۵۳۸۶۰۳

تبریز - خیابان جمهوری - بن بست علیخان پلاک ۲۰ : ۳۵۵۶۸۳۳۴ - ۳۵۵۶۳۱۰۳

همه‌نگی: ۰۹۱۴۳۱۶۱۲۴۲

فهرست مطالب

۶	قدردانی.....
۱۴	پیشگفتار مؤلفین.....
۱۶	مقدمه به قلم پروفسور محمودرضا حقی فام.....

فصل ۱: معرفی و تاریخچه

۲۰	۱ - ۱ مقدمه.....
۲۲	عکس‌های شبکه‌های هوایی کابل فاصله‌دار اجرا شده در ایران.....
۲۳	عکس‌های شبکه‌های هوایی کابل فاصله‌دار اجرا شده در ایران.....
۲۵	عکس‌های شبکه کابل فاصله‌دار اجرا شده در دیگر کشورها.....
۲۶	۱ - ۲ - آشنایی اجمالی با ساختار شبکه‌های هوایی کابل فاصله‌دار.....
۲۹	۱ - ۳ - مزایای شبکه‌های کابل فاصله دار.....
۳۶	۱ - ۴ - محل‌های استفاده از شبکه کابل فاصله‌دار.....
۵۶	۱ - ۵ - مشکلات احتمالی شبکه کابل فاصله‌دار.....

فصل ۲: شناخت تجهیزات و برق آلات شبکه‌های هوایی کابل فاصله دار

۶۲	۲-۱- مقدمه
۶۲	۲-۲- ساختار کلی شبکه کابل فاصله‌دار
۶۴	۲-۳- مشخصات عمومی کابل فاصله‌دار
۶۵	۲-۳-۱- هادی سه لایه ای کابل فاصله‌دار
۶۶	۲-۳-۲- پوشش نیمه‌رسانا روی هادی
۶۷	۲-۳-۳- روکش عایق (Insulation)
۶۷	۲-۳-۴- روکش بیرونی (Sheath) یا غلاف (Jacket)
۷۰	۲-۳-۵- نشانه گذاری روی روکش بیرونی کابل فاصله دار
۷۰	۲-۳-۶- رموز ای کبی کابل فاصله‌دار
۷۳	۲-۴- سیم نگهدارنده (Supporting)
۷۴	۲-۴-۱- آزمون‌های کنترل کیفی سیم‌های فولادی مسنجر
۷۵	۲-۵- فاصله نگهدار عایق (اسپیسر)
۷۷	۲-۵-۱- ساختار ابعادی مونتاژ شده
۷۸	۲-۵-۲- آزمون‌های کنترل کیفی اسپیسر
۷۹	۲-۵-۳- آزمون نیروی شکست اسپیسر
۸۳	۲-۵-۴- آزمون‌های الکتریکی
۸۴	۲-۶- بازوی ضد انحراف و نوسان
۸۶	۲-۷- صفحه اتصال پایه مفره دوتایی
۸۷	۲-۸- براکت عبوری
۸۷	۲-۸-۱- براکت عبوری ریخته گری آلومینیومی
۸۸	۲-۸-۲- براکت فولادی گالوانیزه
۸۹	۲-۹- کلمپ سیم نگهدارنده (Messenger clamp)
۹۰	۲-۱۰- مخصوص براکت عبوری
۹۱	۲-۱۱- سیم‌گیر مارپیچ (Dead End Grips , Helicaformed)
۹۱	۲-۱۱-۱- سیم‌گیر مارپیچ آلومینیومی نگهدارنده کابل
۹۳	۲-۱۱-۲- سیم‌گیر مارپیچ فولادی
۹۴	۲-۱۱-۳- آزمون کشش سیم‌گیر مارپیچ

- ۹۷- ۲- ۱۲- کلمپ انگشتی.....
- ۹۸- ۲- ۱۳- کلمپ انتهایی اتوماتیک (مخروطی شکل) سیم فولادی.....
- ۹۹- ۲- ۱۴- کنسول کششی C شکل.....
- ۱۰۱- ۲- ۱۵- سیم اصلی کردن روکش دار (باندینگ).....
- ۱۰۲- ۲- ۱۶- کلمپ های اشعاب و اتصال.....
- ۱۰۴- ۲- ۱۷- مفصل یا دو راهه.....
- ۱۰۵- ۲- ۱۸- شیگل (زنجیر).....
- ۱۰۵- ۲- ۱۹- کنسول زاویه (E شکل).....
- ۱۰۷- ۲- ۲۰- کلمپ زاویه.....
- ۱۰۷- ۲- ۲۱- سیم یا کابل.....
- ۱۰۸- ۲- ۲۲- سایید آرم مق سوزن.....

فصل ۲: دل طراحی شبکه های کابل فاصله دار

- ۱۱۰- ۳- ۱- مقدمه.....
- ۱۱۱- ۳- ۲- اصول و فرآیند طراحی شبکه های کابل فاصله دار.....
- ۱۱۳- ۳- ۳- محاسبات مکانیکی و کاربرد نرم افزار.....
- ۱۱۴- ۳- ۴- اصول محاسبه کشش و فلش در شبکه های کابل فاصله دار.....
- ۱۱۸- ۳- ۴- ۱- نحوه تنظیم کشش و وصل کردن کلمپ انتهایی سیم نگهدارنده فولادی.....
- ۱۱۹- ۳- ۵- استفاده از نرم افزار طراحی خطوط هوایی فشار متوسط برای پیمانه نمونه خط فاصله دار.....
- ۱۲۱- ۳- ۵- ۱- محاسبات الکتریکی خط فاصله دار نمونه.....
- ۱۲۵- ۳- ۵- ۲- محاسبات مکانیکی خط فاصله دار نمونه.....
- ۱۳۳- ۳- ۶- محاسبات مربوط به نیروهای وارده به پایه ها (Loading Table).....
- ۱۳۴- ۳- ۶- ۱- نیروی عمودی (Vertical).....
- ۱۳۴- ۳- ۶- ۲- افقی (Transverse).....
- ۱۳۵- ۳- ۶- ۳- نیروی طولی (Longitudinal).....
- ۱۴۵- ۳- ۷- محاسبات مربوط به جدول سیم کشی.....
- ۱۴۹- ۳- ۸- طراحی تمپلت.....
- ۱۵۰- ۳- ۹- محاسبات پایه ها (Tower Spotting).....

- ۱۵۰ ۳- ۹- ۱- محاسبه کشش پایه آویزی و یا توخطی:
- ۱۵۱ ۳- ۹- ۲- محاسبه کشش پایه کشی:
- ۱۵۲ ۳- ۹- ۳- محاسبه کشش پایه انتهائی:
- ۱۵۳ ۳- ۹- ۴- کاهش ضریب اطمینان پایه‌ها
- ۱۵۴ ۳- ۱۰- استفاده از مهار
- ۱۵۷ پیوست شماره یک: منحنی‌های سیم‌کشی (فلش - اسپین)

فصل ۴: نصب و بهره‌برداری شبکه‌های کابل فاصله‌دار

- ۱۶۸ ۴- ۱- مقادیر
- ۱۶۸ ۴- ۲- مسیر خط و پیاده‌سازی نقشه بر روی زمین
- ۱۶۹ ۴- ۳- نصب پایه‌ها بر اکت خنول‌ها
- ۱۷۰ ۴- ۳- ۱- پایه‌های عبور (او ز)
- ۱۷۱ ۴- ۳- ۲- پایه‌های زاویه‌دار
- ۱۷۲ ۴- ۳- ۳- پایه انتهائی (کشش)
- ۱۷۳ ۴- ۴- نصب سیم نگهدارنده فولادی
- ۱۷۵ ۴- ۵- وصل کردن کلمپ انتهائی سیم نگهدارنده
- ۱۷۶ ۴- ۶- کابل کشی هوایی کابل فاصله‌دار
- ۱۷۶ ۴- ۶- ۱- قرقره هوایی پیش رو و قرقره‌های سه تایی دنباله
- ۱۷۹ ۴- ۶- ۲- روش نصب کابل‌های شبکه فاصله‌دار
- ۱۸۵ ۴- ۷- کالسکه یا دوچرخه سیم کشی خط
- ۱۸۶ ۴- ۸- بستن سیم‌گیر مارپیچ آلومینیومی کابل‌های فاصله‌دار
- ۱۸۷ ۴- ۹- انتهائی کردن کابل‌های فاصله‌دار
- ۱۸۸ ۴- ۱۰- نصب کردن فاصله نگهدارهای عایق (اسپیسر)
- ۱۹۰ ۴- ۱۱- سیستم اتصال زمین
- ۱۹۱ ۴- ۱۲- سیستم برقگیر
- ۱۹۱ ۴- ۱۳- کابل لخت‌کن
- ۱۹۳ ۴- ۱۴- اتصالات هادی آلومینیومی
- ۱۹۳ ۴- ۱۵- انشعاب‌گیری از کابل شبکه فاصله‌دار

۱۶-۴	نصب ترانس فشار متوسط و کات اوت فیوز	۱۹۷
۱۷-۴	عملیات خط گرم	۱۹۹
۱۸-۴	کابلشوها و ترمینال بندی	۱۹۹
۱۹-۴	بست و اتصال دو هادی	۲۰۰
۱۹-۴-۱	روش لخت کردن کابل روکش دار سه لایه ضخیم	۲۰۲
۱۹-۴-۲	لخت کردن وسط کابل بدون قطع هادی آن	۲۰۳
۱۹-۴-۳	استفاده از موف میانی پرسی	۲۰۵
۱۹-۴-۴	کارگیری کلمپ های دو شیاره با محفظه مربوطه	۲۰۷
۲۰-۴	روش اجرایی کابل کشی فاصله دار به صورت تکرشته ای	۲۰۷
۲۰-۴-۱	نصب کابل کمک	۲۰۸

فصل ۵: تحلیل اقتصادی، حریم، ایمنی و ثبت دانش شبکه های هوایی کابل فاصله دار

۱-۵	تحلیل اقتصادی و برآورد قیمت شده	۲۱۲
۲-۵	حریم هوایی کابل فاصله دار	۲۱۶
۳-۵	اجرای ارت موقت ایمنی شبکه های هوایی روکش دار	۲۱۸
۴-۵	اجرای اولین پروژه پایلوت کابل فاصله دار و ثبت دانش	۲۲۳
۴-۵-۱	انتقال تکنولوژی و انتشار مقالات مرتبط	۲۲۶
۴-۵-۲	استاندارد شبکه های توزیع برق هوایی روکش دار عایق شده	۲۲۹
۵-۵	پژوهش های کاربردی و تحقیقات پیش رو	۲۳۲
۵-۵-۱	کاربرد فیبر نوری (OPGW) در مسنجر شبکه کابل فاصله دار	۲۳۲
۵-۵-۲	طرح خط کابل فاصله دار به صورت باندل	۲۳۴
۵-۵-۳	پیشنهاد طراحی، ساخت نمونه، انجام تست ها و نصب اولین شبکه کابل فاصله دار در ایران	۲۳۷
	پیوست شماره دو: مجموعه نقشه های تجهیزات و براق آلات کابل فاصله دار فشار متوسط	۲۴۳
	پیوست شماره سه: جزئیات اجرایی انواع آرایش های شبکه های هوایی کابل فاصله دار فشار متوسط	۲۶۵
	پیوست شماره چهار: مقالات منتشر شده	۲۹۵

پیشگفتار مفهومی

وابستگی روزافزون زندگی اجتماعی به انرژی الکتریکی، و اهمیت قابلیت اطمینان و اعتماد به تأمین برق مطمئن و پایدار، تداوم سرویس‌دهی، کیفیت مطلوب، ایمنی کافی و هزینه کم از جمله انتظارات مشترکین برق به شمار می‌رود. تقریباً برای تمام مشترکین، تداوم سرویس‌دهی و برخورداری از سرریز برق اهمیت بسیار زیادی دارد. از این‌رو طراحی و بهره‌برداری مناسب از شبکه‌های توزیع نیروی برق (به دلیل نزدیکی سیستم توزیع به مصرف‌کنندگان) ارزش فوق‌العاده‌ای پیدا کرده است.

با توجه به گستردگی شبکه‌های توزیع نیروی برق، تعداد زیاد طراحی این شبکه‌ها و تأثیر آن بر شاخص‌های قابلیت اطمینان، این ضرورت احساس می‌گردد که با انجام مطالعات کارشناسی بر روی هادی‌ها که یکی از اصلی‌ترین تجهیزات به کار رفته در خطوط هوایی توزیع نیروی برق می‌باشد، زمینه برای بهبود قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع نیروی برق فراهم شود. اکنون زمان آن فرا رسیده است تا تحول اساسی در خطوط هوایی شبکه‌های فشار متوسط کشور با توسعه و اجرای جدیدترین نسل خطوط روکش‌دار و عایق شده که به «شبکه‌های کابل فاصله‌دار» معروف هستند ایجاد گردد.

تلاش و فعالیت متمادی در طی سه دهه گذشته بر روی خطوط هوایی شبکه‌های توزیع و آشنایی با تنگناهای فنی، محدودیت‌های طراحی و تحولات جدید در این



سیستم‌ها موجب گردید تا مقارن با ظهور شبکه کابل فاصله‌دار در ایران، بارقه‌امیدی برای حل بسیاری از مشکلات و نواقصات خطوط قبلی در ذهن‌ها متصور گردد.

پرواضح است کاربردی کردن موضوعات جدید علمی در صنعت برق، استانداردسازی علوم مهندسی در بخش توزیع و نشر و آموزش این فناوری‌ها از الزامات تلاشگران اجرایی و تحقیقاتی صنعت برق بوده و خواهد بود.

روش اجرای شبکه‌های هوایی با کابل فاصله‌دار فشار متوسط یکی از موارد نو در شبکه‌های توزیع نیروی برق بوده و هنوز هم با وجود برگزاری دوره‌های آموزشی متعدد توسط مؤلفان، پرسش‌های متعددی برای مجریان و بهره‌برداران وجود دارد. کتاب حاضر می‌تواند به عنوان یک مرجع کامل، پاسخگوی سئوالات همکاران و مجریان در سطح شبکه‌های توزیع نیروی برق سراسر کشور باشد.



یوسف سرافراز

رئیس هیأت‌مدیره
شرکت توزیع نیروی برق
آذربایجان شرقی
y.sarafraz@ezetelco.ir



کریم روشن میلانی

معاون برنامه‌ریزی و مهندسی
شرکت توزیع نیروی برق
آذربایجان شرقی
kr_milani@yahoo.com



مهرداد طرفدار حق

استاد دانشکده مهندسی برق
و کامپیوتر دانشگاه تبریز
tarafdar@tabrizu.ac.ir

مقدمه کتاب به قلم پروفور قتی فام



مقدمه

شرایط جغرافیایی، اقلیم، چگالی و نوع بار الکتریکی، حریم، طول شبکه و ملاحظات متنوع و خاص هر منطقه استفاده از فناوری‌ها و روش‌های متنوع تأمین برق را در شبکه‌های توزیع به یک ضرورت تبدیل کرده است.

یکی از روش‌های مؤثر برای انتقال بار شبکه‌های توزیع، استفاده از کابل‌های فاصله‌دار فشار متوسط می‌باشد که دارای مزایای قابل ملاحظه‌ای مانند نیاز به باند حریم کمتر، ایمنی بالاتر، نرخ خطای پایین‌تر و هزینه‌های بهره‌برداری کمتر نسبت به روش‌های معمول می‌باشد.

در این میان آشنا شدن مهندسان، عوامل طراحی، بهره‌بردار و مجریان طرح‌های شبکه‌های توزیع با این فناوری نوین برای انتقال توان در شبکه‌های توزیع، ضرورتی انکارناپذیر است.

کتاب حاضر که با تلاش، همت و دانش کارشناسان و اساتید صنعت و دانشگاه جناب آقای مهندس کریم روشن میلانی و همکاران ایشان آقای دکتر مهرداد طرفدارحق و مهندس یوسف سرافراز تهیه شده است با جزئیات کامل و به صورت دقیق ابعاد مختلف این فناوری از جمله نحوه طراحی و بهره‌برداری از آن را به خوبی مطرح نموده است که می‌تواند به توسعه آن در صنعت توزیع برق ایران کمک کند.



به نوبه خود این موفقیت ارزشمند علمی را در تهیه این کتاب به شرکت توزیع نیروی برق آذربایجان شرقی تبریک عرض نموده و توفیقات روزافزون نویسندگان دانشمند این مجموعه را از خداوند متعال مسئلت دارم.

محمودرضا حقی فام
معاون هماهنگی توزیع شرکت توانیر

www.ketab.ir