

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

انتقال اطلاعات بر بستر خطوط نیرو

انتقال اطلاعات بر بستر خطوط نیرو

دکتر داود غرویان

محسن جانی پور



۵۹۰

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

انتقال اطلاعات بر بستر خطوط نیرو

دکتر داود غرویان

محسن جانی پور

ویراستار فنی: احمد قاسمی فینی
حروف نگار و صفحه آرا: سمیرا دهقان

طراح جلد: امیرشاهرخ فریوسفی

ناظر چاپ: صفر ممیزاد

چاپ اول: ۱۳۹۴

شمارگان: ۱۰۰۰

قیمت: ۲۰۰.۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

شماره کنگره:	۱۳۹۴ الف ۸ غ ۵۱۰۱ TK
شماره دیویی:	۱۳۹۴ الف ۲۵ غ ۳۸۲ / ۶۲۱
پدیدآور(ان):	غرویان، داود جانی پور، محسن
تألیفان:	۱. دانشگاه شهید بهشتی. مرکز چاپ و انتشارات
عنوان:	انتقال اطلاعات بر بستر خطوط نیرو
فروست:	انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۵۹۰
موضوع:	۱. مخابرات -- سیستمها. ۲. مدوله سازی. ۳. ارتباط رقمی.
محل نشر:	تهران
ناشر:	دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات
سال نشر:	۱۳۹۴
شابک مجموعه:	۹۷۸ ۹۶۴ ۴۵۷ ۳۲۷۹
مشخصات ظاهری:	بیس، ۴۲۸ص: مصور، جدول، نمودار

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

www.pub.sbu.ac.ir
unipress@mail.sbu.ac.ir

تقدیم به

پدر و مادر گرانقدرم، همسر عزیزم و دخترم ریحانه

داود غرویان

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	نوزده
فصل ۱. PLC های مخابراتی.....	۱
۱.۱. مقدمه.....	۱
۲.۱. بسترهای ارتباطی.....	۱
۳.۱. مخابرات از طریق خطوط انتقال برق.....	۸
۴.۱. مزایای استفاده از PLC در شبکه های برق.....	۱۱
۵.۱. محدودیت های موجود در زمینه استفاده از PLC در شبکه های برق.....	۱۲
۶.۱. تاریخچه PLC.....	۱۳
۷.۱. برخی از کاربردهای PLC.....	۱۶
۱.۷.۱. ارتباط تلفنی.....	۱۶
۲.۷.۱. تلگراف و پست تصویری.....	۱۷
۳.۷.۱. کنترل و نظارت از راه دور.....	۱۷
۴.۷.۱. حفاظت از راه دور.....	۱۷
۵.۷.۱. استفاده در شبکه های LAN.....	۱۸
۸.۱. کیفیت سرویس، قابلیت اعتماد، ایمنی و امنیت.....	۱۹
۹.۱. چشم انداز استفاده از PLC.....	۲۰
۱.۹.۱. تجهیزات PLC در شرکت های مختلف.....	۲۰
۲.۹.۱. توسعه تحقیقاتی PLC در کشورهای مختلف.....	۲۰
فصل ۲. PLC یک کانال مخابراتی.....	۲۳
۱.۲. مقدمه.....	۲۳
۲.۲. مدل یک سیستم ارتباطی.....	۲۳
۱.۲.۲. مبدأ و مقصد.....	۲۳
۲.۲.۲. کدگذاری و کدگشایی کانال.....	۲۴
۳.۲.۲. مدوله ساز و وامدوله ساز کانال.....	۲۴

۲۵	.....۳.۲ کانال ارتباطی
۲۶	.....۴.۲ معرفی برخی پارامترهای مهم در یک سیستم مخابراتی
۲۸	.....۵.۲ مدوله‌سازی
۲۹	.....۱.۵.۲ مدوله‌سازی حامل آنالوگ - اطلاعات آنالوگ
۲۹	.....۲.۵.۲ مدوله‌سازی حامل آنالوگ - اطلاعات دیجیتال
۲۹	.....۳.۵.۲ مدوله‌سازی حامل دیجیتال - اطلاعات آنالوگ
۳۰	.....۴.۵.۲ مدوله‌سازی حامل دیجیتال - اطلاعات دیجیتال
۳۰	.....۶.۲ مروری مختصر بر روش‌های کدگذاری و مخابراتی داده
۳۰	.....۱.۶.۲ سیگنال دیجیتال باند پایه
۳۰	.....۱.۱.۶.۲ کدگذاری خطی
۳۱	.....۲.۱.۶.۲ کدگذاری چندسطحی
۳۲	.....۳.۱.۶.۲ پالس ساعت
۳۴	.....۲.۶.۲ روش‌های مدوله‌سازی سیگنال
۳۴	.....۱.۲.۶.۲ مدوله‌سازی دامنه AM
۳۴	.....۲.۲.۶.۲ مدوله‌سازی فرکانس و فاز
۳۵	.....۳.۶.۲ انتقال دیجیتال اطلاعات
۳۶	.....۱.۳.۶.۲ مدوله‌سازی شیف
۳۷	.....۲.۳.۶.۲ نرخ بیت و نرخ مدوله‌سازی
۳۸	.....۳.۳.۶.۲ ترکیب روش‌های مدوله‌سازی
۳۹	.....۴.۶.۲ سیستم‌های طیف گسترده
۳۹	.....۱.۴.۶.۲ DS-SS
۳۹	.....۲.۴.۶.۲ FH-SS
۴۳	.....۵.۶.۲ روش‌های کاهش خطا
۴۵	.....۶.۶.۲ روش‌های دسترسی به کانال مخابراتی
۴۵	.....۱.۶.۶.۲ رأی‌گیری
۴۶	.....۲.۶.۶.۲ رقابت
۴۶	.....۳.۶.۶.۲ ارسال علامت
۴۷	..... فصل ۳. اصول کلی BPL
۴۷	..... ۱.۳ مقدمه

۴۷	۲.۳.۳ BPL چیست؟
۵۲	۳.۳.۳ اهمیت BPL
۵۵	۱.۳.۳ نقش BPL در فرایند توزیع برق
۵۵	۲.۳.۳ نقش BPL در رقابت با سایر بسترهای مخابراتی
۵۵	۳.۳.۳ دسترسی به شبکه ارتباطی پرسرعت برای خرده فروش های الکتریسیته
۵۵	۴.۳.۳ BPL و کاربران اینترنت
۵۵	۵.۳.۳ شبکه هوشمند
۵۶	۴.۴.۳ مشکلات موجود در استفاده از BPL
۵۶	۱.۴.۳ شبکه برق یک بستر نامناسب برای ارسال اطلاعات
۵۷	۲.۴.۳ امکان تداخل سیگنال های ارسالی بر بستر BPL
۵۸	۵.۳.۳ معرفی برخی اصطلاحات رایج در BPL
۵۹	۶.۳.۳ BPL در مقایسه با رادیو HF
۶۰	۱.۶.۳ تضعیف
۶۱	۲.۶.۳ تضعیف زیاد در محل ترانسفورماتورهای توزیع
۶۱	۳.۶.۳ اجتناب از اختلال
۶۱	۷.۳.۳ فرکانس های مجاز
۶۳	۸.۳.۳ روش های مدوله سازی
۶۵	۹.۳.۳ تفاوت های عمده میان BPL و NPL
۶۶	۱.۹.۳ فرکانس های مورد استفاده
۶۶	۲.۹.۳ ظرفیت اطلاعات
۶۷	۳.۹.۳ سطوح توان
۶۹	۴.۹.۳ لایه فیزیکی
۷۰	۵.۹.۳ NPL باند باریک و باند پهن
۷۰	۱.۵.۹.۳ حفاظت
۷۱	۲.۵.۹.۳ ادوات مدوله سازی
۷۱	۳.۵.۹.۳ ادوات بسته بندی اطلاعات
۷۲	۴.۵.۹.۳ نویز تکرارشونده
۷۲	۶.۹.۳ باند پهن، نرخ داده پایین PLC
۷۲	۱.۶.۹.۳ محدوده های فرکانسی
۷۳	۲.۶.۹.۳ روش های مدوله سازی

۷۳	..... فناوری PLC (BPL) پهن‌باند.....
۷۵	..... BPL و شبکه هوشمند.....
۷۹	..... ۱۱.۳ محصولات برای انتقال اطلاعات بر روی خطوط برق.....
۷۹	..... ۱.۱۱.۳ محصولات گیگافست.....
۸۱	..... ۲.۱۱.۳ محصولات محدوده پهن‌باند فونیکس.....
۸۳	..... ۳.۱۱.۳ محدوده محصولات زیمنس.....
۸۴	..... ۴.۱۱.۳ محدوده محصولات لینکسیس.....
۸۴	..... ۵.۱۱.۳ محدوده محصولات شرکت نتگیر.....
۸۴	..... ۶.۱۱.۳ محدوده محصولات آسوکا.....
۸۵	..... ۱.۶.۱۱.۳ توصیف ویژگی‌های برخی از محصولات.....
۸۶	..... ۷.۱۱.۳ محدوده محصولات شرکت آیوگیر.....
۸۷	..... ۸.۱۱.۳ محدوده محصولات ST&T.....
۹۰	..... ۹.۱۱.۳ محدوده محصولات تلکونت.....
۹۱	..... ۱۰.۱۱.۳ محصولات کورینکس.....
۹۲	..... ۱۲.۳ شبکه‌سازی خطوط برق.....
۹۳	..... ۱۳.۳ PLC در مقابل دیگر محصولات پهن‌باند.....
۹۵	..... فصل ۴. پروتکل‌های PLC.....
۹۵	..... ۱.۴ مقدمه.....
۹۵	..... ۲.۴ مشخصه تغییرپذیر بودن شبکه برق با زمان.....
۹۸	..... ۳.۴ محدوده فرکانسی مناسب کار PLC.....
۹۹	..... ۴.۴ پهنای باند در استاندارد اروپایی CENELEC و FCC.....
۱۰۲	..... ۵.۴ مجمع PLC.....
۱۰۳	..... ۶.۴ پروتکل‌های ارتباطی.....
۱۰۳	..... ۱.۶.۴ ساختار توزیع یافته و یا متمرکز.....
۱۰۴	..... ۲.۶.۴ کانال با دسترسی چندگانه.....
۱۰۴	..... ۳.۶.۴ اشتراک کانال مخابراتی.....
۱۰۵	..... ۴.۶.۴ پیام‌ها و بسته‌ها.....
۱۰۵	..... ۵.۶.۴ استفاده بهینه از یک کانال.....
۱۰۶	..... ۶.۶.۴ شناسایی خطا.....

۱۰۷	کنترل جریان اطلاعات و خطا	۷.۶.۴
۱۰۸	برخی از پروتکل‌های مهم در PLC	۷.۴
۱۰۸	Plug-in PLX و Passport	۱.۷.۴
۱۰۹	X-10	۲.۷.۴
۱۱۲	CEBus	۳.۷.۴
۱۱۸	PowerPacket	۴.۷.۴
۱۲۱	LonWorks	۵.۷.۴
۱۲۸	HomePlug	۶.۷.۴
۱۳۰	فناوری Cognency's HomePlug	۷.۷.۴
۱۳۱	بررسی پروتکل‌های بر مبنای دسترسی چندگانه	۸.۴
۱۳۱	ALOHA	۱.۸.۴
۱۳۲	پروتکل ALOHA زمان‌بندی شده	۲.۸.۴
۱۳۲	روش‌های ارسال CSMA/CD و CSMA/CA	۳.۸.۴
۱۳۴	برخی از استانداردهای مطرح برای PLC	۹.۴
۱۳۴	استاندارد IEC 61334-5 برای PLC	۱.۹.۴
۱۳۴	بررسی بخش‌های مختلف استاندارد IEC 61334-5	۲.۹.۴
۱۳۵	بررسی چند استاندارد مطرح در زمینه PLC	۳.۹.۴
۱۴۱	مشخصات خطوط برق	۱۰.۴
۱۴۷	خصوصیات کلی کانال PLC	۱۱.۴
۱۴۷	سطح توان آرسالی در سیستم‌های PLC	۱۲.۴
۱۴۸	نکات کلی در طراحی یک شبکه PLC	۱۳.۴
۱۵۰	فصل ۵. مدارهای PLC	
۱۵۰	مقدمه	۱.۵
۱۵۰	بررسی تحلیلی PLC	۲.۵
۱۵۲	فرستنده / گیرنده	۱.۲.۵
۱۵۳	مدارهای هایبرید و پالایش‌کننده‌ها	۲.۲.۵
۱۵۳	تنظیم‌کننده خط	۳.۲.۵
۱۵۳	تله موج	۴.۲.۵
۱۵۷	مدارهای هایبرید و پالایش‌کننده‌ها	۵.۲.۵

۱۵۷	..... مدار هایبرید مقاومتی	۱.۵.۲.۵
۱۵۸	..... مدار هایبرید رآکتانسی	۲.۵.۲.۵
۱۵۹	..... مدار هایبرید نامتوازن	۳.۵.۲.۵
۱۶۰	..... Fیلترهای L/C	۶.۲.۵
۱۶۰	..... بررسی یک فیلتر نمونه	۷.۲.۵
۱۶۱	..... کابل‌های هم‌محور	۸.۲.۵
۱۶۲	..... خازن‌های کوپلینگ	۹.۲.۵
۱۶۳	..... تنظیم‌کننده خط	۱۰.۲.۵
۱۶۴	..... تشدید تک فرکانس	۱.۱۰.۲.۵
۱۶۵	..... تشدید دو فرکانسی	۲.۱۰.۲.۵
۱۶۶	..... باند پهن	۳.۱۰.۲.۵
۱۶۶	..... تنظیم‌کننده‌های بالاگذر	۴.۱۰.۲.۵
۱۶۷	..... تنظیم‌کننده‌های باندمیانی	۵.۱۰.۲.۵
۱۶۸	..... روش‌های توزیع	۱۱.۲.۵
۱۷۲	..... روش‌های مختلف کوپلاژ	۳.۵
۱۷۲	..... کوپلاژ فاز به زمین	۱.۳.۵
۱۷۳	..... کوپلاژ فاز به فاز	۲.۳.۵
۱۷۳	..... کوپلاژ از طریق سیم زمین ایزوله شده	۳.۳.۵
۱۷۴	..... کوپلاژ به کابل‌های قدرت	۴.۳.۵
۱۷۵	..... مثالی از محاسبات کانال PLC	۴.۵
۱۷۸	..... تلفات در شبکه PLC	فصل ۶
۱۷۸	..... مقدمه	۱.۶
۱۷۸	..... مدار معادل برای خطوط برق	۲.۶
۱۷۹	..... تلفات در PLC	۳.۶
۱۸۰	..... تلفات خط	۱.۳.۶
۱۸۰	..... طول خط	۱.۱.۳.۶
۱۸۱	..... تلفات در اتصال خطوط	۲.۱.۳.۶
۱۸۱	..... کابل قدرت	۳.۱.۳.۶
۱۸۱	..... عدم تطبیق سری در خطوط	۴.۱.۳.۶

۱۸۲	..... عوامل مؤثر بر سیگنال‌های ارسالی بر روی خطوط
۱۸۳	..... رفتار ترانسفورماتور در فرکانس RF
۱۸۴	..... تضعیف
۱۸۴	..... تلفات ناشی از شرایط محیطی
۱۸۵	..... تلفات ناشی از قطعات و اجزای PLC
۱۸۶	..... تلفات ناشی از روش کوپلاژ
۱۸۶	..... تلفات ناشی از ولتاژهای کم
۱۸۶	..... امیدانس مشخصه
۱۸۷	..... تلفات مربوط به خازن کوپلاژ
۱۸۹	..... طراحی یک سیستم
۱۹۱	..... موازی‌سازی فرستنده‌ها و گیرنده‌ها

فصل ۷. نویز در شبکه‌های PLC ۱۹۸

۱۹۸	..... مقدمه
۱۹۹	..... مشخصه زمانی نویز
۱۹۹	..... نویز ناشی از بارهای الکتریکی در محل‌های تجاری
۲۰۱	..... نویز در محیط‌های خانگی
۲۰۲	..... طیف فرکانسی نویز
۲۰۳	..... انواع نویز
۲۰۴	..... نویزهای همزمان با فرکانس برق شهر
۲۰۴	..... نویزهای غیرهمزمان با فرکانس برق شهر
۲۰۴	..... نویزهای با طیف یکنواخت
۲۰۵	..... نویزهای ضربه‌ای
۲۰۵	..... سایر علل نویز
۲۰۵	..... نویز ناشی از اندازه هادی
۲۰۵	..... نویز کورونا
۲۰۶	..... نویز ناشی از شرایط آب و هوایی
۲۰۶	..... مقادیر سیگنال به نویز قابل قبول برای انتقال سیگنال
۲۰۷	..... بررسی مشخصات الکتریکی برخی از منابع مهم نویز
۲۱۲	..... اعوجاج و تداخل در کانال PLC

۲۱۳	.....نویز و اعوجاج در فناوری PLC باند باریک NPL
۲۱۳	.....۱.۷.۷. ساختار دسترسی به NPL در خطوط ولتاژ پایین
۲۱۴	.....۲.۷.۷. تابع تبدیل کانال
۲۱۴	.....۳.۷.۷. تضعیف
۲۱۶	.....۴.۷.۷. امیدانس در نقطه دسترسی به شبکه برق
۲۱۸	.....۵.۷.۷. نویز در خطوط برق
۲۲۰	.....۸.۷. مقایسه نویز و تضعیف در شبکه MV و LV
۲۲۲	.....فصل ۸. کاربردهای PLC
۲۲۲	.....۱.۸. مقدمه
۲۲۲	.....۲.۸. سیستم‌های قرائت خودکار اطلاعات
۲۲۳	.....۱.۲.۸. اصول کلی
۲۲۴	.....۲.۲.۸. AMR چیست؟
۲۳۰	.....۳.۲.۸. PLC بستر ارتباطی مناسب برای AMR
۲۳۴	.....۱.۳.۲.۸. فناوری‌های غیر استاندارد PLC باند باریک
۲۳۵	.....۲.۳.۲.۸. فناوری‌های استاندارد PLC باند باریک
۲۳۶	.....۳.۳.۲.۸. فناوری‌های غیر استاندارد PLC باند پهن
۲۳۷	.....۴.۳.۲.۸. فناوری‌های استاندارد PLC باند پهن
۲۳۷	.....۴.۲.۸. سیستم‌های AMR با استفاده از PLC
۲۳۹	.....۵.۲.۸. روش‌های مسیریابی قابل تطبیق
۲۴۰	.....۳.۸. PLC مربوط به باند پهن (BPLC)
۲۴۱	.....۴.۸. سیستم‌های نظارت بر وضعیت CM
۲۴۱	.....۵.۸. انتقال داده و سرویس اینترنت
۲۴۳	.....۶.۸. اتوماسیون ساختمان
۲۴۵	.....۷.۸. تلفن همراه
۲۴۵	.....۸.۸. نرم‌افزارهای مدل‌سازی
۲۴۷	.....۹.۸. حفاظت
۲۴۷	.....۱.۹.۸. نحوه حفاظت
۲۴۸	.....۲.۹.۸. برقراری ارتباط در شبکه حفاظتی
۲۵۰	.....۱۰.۸. SCADA

۲۵۱	..... ۱۱.۸ تلفن
۲۵۱	..... ۱۲.۸ PLC بستر امن ارتباطی
۲۵۱	..... ۱.۱۲.۸ مقدمه
۲۵۳	..... ۲.۱۲.۸ PLC در شبکه دسترسی
۲۵۵	..... ۱.۲.۱۲.۸ ساختار شبکه دسترسی PLC
۲۵۵	..... ۳.۱۲.۸ ساختار شبکه خانگی PLC
۲۵۷	..... ۴.۱۲.۸ انواع تجهیزات PLC در شبکه ارتباطی
۲۵۷	..... ۱.۴.۱۲.۸ مودم‌های PLC
۲۵۷	..... ۲.۴.۱۲.۸ تکرارکننده
۲۵۹	..... ۳.۴.۱۲.۸ دروازه PLC
۲۶۱	..... ۱۳.۸ تجهیزات مربوط به PLC
۲۶۲	..... ۱۴.۸ برخی از فناوری‌های موجود در بازار
۲۶۶	..... فصل ۹. تداخل و تشعشع PLC
۲۶۶	..... ۱.۹ مقدمه
۲۶۶	..... ۲.۹ اختلال
۲۶۷	..... ۳.۹ مبانی ایجاد اختلال
۲۶۹	..... ۴.۹ انواع اختلال
۲۷۰	..... ۵.۹ حوزه‌های فرکانسی اختلال
۲۷۰	..... ۶.۹ چگونه می‌توان اختلال BPL را کنترل نمود؟
۲۷۱	..... ۷.۹ اختلال روی شبکه رادیویی محلی و روش‌های کاهش آن
۲۷۴	..... ۸.۹ عوامل مهم در ایجاد اختلال برای ارسال اطلاعات از طریق خطوط برق
۲۷۴	..... ۱.۸.۹ منابع تولید نویز بر روی خطوط برق
۲۷۴	..... ۲.۸.۹ چندمسیری
۲۷۵	..... ۳.۸.۹ محدوده دینامیکی گسترده
۲۷۵	..... ۴.۸.۹ تغییر مشخصات شبکه با زمان
۲۷۵	..... ۵.۸.۹ اثر موتورهای الکتریکی بر روی شبکه‌های BPL
۲۷۶	..... ۹.۹ استانداردهای BPL
۲۷۶	..... ۱.۹.۹ نیازمندی‌های کلی
۲۷۷	..... ۲.۹.۹ ایمنی

۲۷۷	..... تطابق الکترومغناطیسی	۳.۹.۹
۲۷۷	..... کارایی و عملیاتی شدن	۴.۹.۹
۲۷۷	..... مشخصات	۵.۹.۹
۲۸۰	..... اندازه‌گیری تشعشع در BPL	۱۰.۹
۲۸۱	..... سیستم اندازه‌گیری	۱.۱۰.۹
۲۸۵	..... اندازه‌گیری تشعشع BPL	۲.۱۰.۹
۲۸۶	..... اندازه‌گیری تشعشع BPL در طول خطوط برق دارای انرژی	۱۱.۹
۲۹۱	..... سازگاری الکترومغناطیسی	۱۲.۹
۲۹۱	..... میدانی الکترومغناطیسی	۱.۱۲.۹
۲۹۴	..... میدان‌های تشعشعی از خطوط برق دارای چندهادی	۲.۱۲.۹
۲۹۶	..... منبع تحریک	۳.۱۲.۹
۳۰۲	..... فصل ۱۰. مدارات تزویج‌شدهٔ بهین‌باند، خطوط انتقال	
۳۰۲	..... ۱.۱.۰ مقدمه	
۳۰۲	..... ۲.۱.۰ مدار تزویج	
۳۰۳	..... ۱.۲.۱.۰ عناصر مدار تزویج	
۳۰۳	..... ۲.۲.۱.۰ خازن‌های تزویج	
۳۰۴	..... ۳.۲.۱.۰ ترانسفورماتورهای تزویج	
۳۰۴	..... ۴.۲.۱.۰ سلف‌های بازدارنده	
۳۰۴	..... ۵.۲.۱.۰ مقاومت‌ها	
۳۰۴	..... ۶.۲.۱.۰ مثالی از مدار تزویج	
۳۰۵	..... ۷.۲.۱.۰ تزویج سلفی	
۳۰۹	..... ۳.۱.۰ خطوط انتقال فرکانس بالا و روش‌های تطبیق	
۳۰۹	..... ۱.۳.۱.۰ مقدمه	
۳۱۰	..... ۲.۳.۱.۰ انواع خطوط انتقال	
۳۱۰	..... ۱.۲.۳.۱.۰ خط انتقال دوسیمه	
۳۱۰	..... ۲.۲.۳.۱.۰ خط هم‌محور	
۳۱۱	..... ۳.۲.۳.۱.۰ خطوط نواری	
۳۱۱	..... ۴.۲.۳.۱.۰ خطوط نوری	
۳۱۱	..... ۳.۳.۱.۰ خطوط انتقال	

۳۱۲	.....	۴.۳.۱۰. کاربرد خطوط انتقال
۳۱۲	.....	۱.۴.۳.۱۰. انتقال سیگنال
۳۱۲	.....	۲.۴.۳.۱۰. تولید پالس
۳۱۲	.....	۳.۴.۳.۱۰. فیلترهای شاخه‌ای
۳۱۲	.....	۴.۴.۳.۱۰. فرکانس و پهنای باند
۳۱۳	.....	۵.۳.۱۰. کانال
۳۱۴	.....	۴.۱۰. مشخصات فرکانس بالای کابل‌های توان کم‌ولتاژ
۳۱۷	.....	۵.۱۰. خطوط برق به عنوان آنتن
۳۲۲	.....	پیوست الف: مدل‌سازی ریاضی اختلال الکترومغناطیسی در خطوط برق
۳۲۶	.....	پیوست ب: محاسبات تک‌میلی نداخل و تشعشع در PLC
۳۲۸	.....	پیوست پ: معادلات خط انتقال و حل آنها
۳۳۸	.....	پ.۱. معادلات خط انتقال
۳۴۰	.....	پ.۲. حل معادلات خط انتقال
۳۴۲	.....	پ.۳. ضریب انعکاس و ضریب انتقال
۳۴۲	.....	پ.۱.۳. ضریب انعکاس
۳۴۴	.....	پ.۲.۳. ضریب انتقال
۳۴۷	.....	پ.۴. امپدانس و ادمیتانس خط
۳۴۷	.....	پ.۱.۴. امپدانس خط
۳۴۹	.....	پ.۲.۴. امپدانس بر حسب انعکاس
۳۵۱	.....	پ.۳.۴. تعیین امپدانس مشخصه
۳۵۱	.....	پ.۴.۴. امپدانس نرمالیزه
۳۵۲	.....	پ.۵.۴. ادمیتانس
۳۵۳	.....	پ.۵. موج ایستا و نسبت موج ایستا
۳۵۳	.....	پ.۱.۵. موج ایستا
۳۵۶	.....	پ.۲.۵. نسبت موج ایستا
۳۵۷	.....	پ.۶. خطوط هم‌محور و تبدیل امپدانس
۳۵۸	.....	پ.۱.۶. خطوط هم‌محور
۳۵۸	.....	پ.۱.۱.۶. خط هم‌محور دایروی
۳۶۰	.....	پ.۲.۱.۶. خطوط هم‌محور مربعی

- پ.۳.۱.۶. خط تغاری..... ۳۶۱
- پ.۴.۱.۶. خط نوع تخت..... ۳۶۱
- پ.۲.۶. اتصال دهنده‌های هم‌محور..... ۳۶۱
- پ.۳.۶. مبدل‌های امپدانس..... ۳۶۱
- پ.۷. نمودار اسمیت معمولی..... ۳۶۲
- پ.۱.۷. نمودار اسمیت..... ۳۶۳
- پ.۸. ساختار مداری یک خط انتقال..... ۳۶۷

- منابع..... ۳۷۴
- واژه‌نامه فارسی-انگلیسی..... ۳۹۰
- واژه‌نامه انگلیسی-فارسی..... ۴۰۴
- فهرست اختصارات..... ۴۱۸
- نمایه..... ۴۲۴

پیشگفتار

گسترش شبکه‌های انتقال اطلاعات از لحاظ قابلیت ارسال حجم زیاد اطلاعات به همراه افزایش قابلیت اطمینان به این شبکه‌ها سبب شده تا کاربری‌های متنوع و جدیدی برای آنها ایجاد شود. شاید بتوان گفت یکی از مهم‌ترین حوزه‌های کاربرد شبکه‌های ارتباطی، استفاده از آن در صنعت و سیستم‌های اتوماسیون است. پایه و اساس شبکه‌های اتوماسیون صنعتی، استفاده از بسترهای ارتباطی مورد استفاده است. به عبارت دیگر این بستر ارتباطی است که امکان به‌روزرسانی اطلاعات در سراسر شبکه صنعتی مورد نظر را ایجاد کرد و کنترل متمرکز و یا گسترده را محقق می‌سازد. شبکه ارتباطی مورد نظر باید قابلیت ارسال اطلاعات به‌صورت بهنگام را داشته و بتواند در گستره وسیع جغرافیایی قابل دسترس باشد. ویژگی گسترده‌گی جغرافیایی شبکه‌های صنعتی-که نمونه آشکار آن را می‌توان در شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع انرژی نظیر برق، نفت، گاز و یا شبکه‌های تأمین آب مشاهده کرد- محدودیت‌های زیادی را در انتخاب نوع شبکه ارتباطی مورد استفاده ایجاد می‌کند. امروزه با مطرح شدن مفهوم شبکه‌های هوشمند انرژی، گستره آن‌ها را می‌توان در حد گستره کشور و یا حتی وسیع‌تر از آن در نظر گرفت. به عنوان مثال شبکه برق یک کشور، از نیروگاه‌ها تا خطوط انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و حتی داخل خانه مشترک را در بر می‌گیرد. هر چند که نمی‌توان ویژگی یکسانی را برای بستر ارتباطی تمامی این شبکه گسترده در نظر گرفت اما از مشخصه‌های مشترک این بستر ارتباطی، گسترده‌گی جغرافیایی، قابلیت اطمینان بالا و همچنین هزینه اقتصادی مناسب است.

در سالیان اخیر، انتقال اطلاعات از طریق خطوط برق به‌صورت جدی مطرح شده است. شبکه برق به عنوان مسیری برای انتقال انرژی الکتریکی بستری آماده از لحاظ فیزیکی برای کاربری انتقال اطلاعات است. تلاش‌های زیادی برای مناسب‌سازی این بستر و استفاده از روش‌هایی به منظور افزایش کارایی آن در حال انجام است.

در کتاب حاضر تلاش شده است که مجموعه متنوعی از مسائلی که در ارتباط با انتقال اطلاعات از طریق خطوط برق مطرح است ارائه شود. این کتاب به منظور استفاده علاقه‌مندان و کارشناسان صنعت برق و آشنایی ایشان با مسائل مطرح در رابطه با این بستر ارتباطی طراحی و تألیف شده است.

فصل اول این کتاب به بررسی انتقال اطلاعات از طریق خطوط برق پرداخته، مزایا، معایب و چالش‌های پیش روی آن را مطرح کرده است. همچنین در این فصل به‌طور مختصر برخی از کاربردهای PLC* و تاریخچه و چشم‌انداز استفاده از آن طرح شده است. در فصل دوم به PLC از دید یک کانال ارتباطی نگریسته شود و مسائل مطرح در یک کانال ارتباطی برای آن بررسی شده است.

فصل سوم کتاب به بررسی مسائل مطرح در ارتباط با PLCهای پهن‌بند پرداخته است. در فصل چهارم به محدوده فرکانسی مناسب برای PLC اشاره شده و همچنین پروتکل‌های مطرح در انتقال اطلاعات از بستر خطوط برق مطرح شده است. فصل پنجم کتاب اجزای مختلف PLC را مورد بررسی قرار داده و مدارهای پیشنهادی را تا حدی مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. فصل ششم مسئله تلفات در شبکه برق و تأثیر آن بر عملکرد PLC را مورد بررسی قرار داده است.

فصل هفتم کتاب به صورت اختصاصی مسئله نویز در شبکه خطوط برق، انواع نویز و تأثیر آن بر عملکرد PLC را تحلیل می‌کند. در فصل هشتم کتاب به چندین کاربرد مهم PLC اشاره و تا حدی در مورد هر یک از این کاربردها بحث شده است.

فصل‌های نهم و دهم نیز به روابط تئوری در ارتباط با تحلیل تشعشع PLC از دیدگاه الکترومغناطیس و همچنین مسائل مطرح در تزویج سیگنال PLC به شبکه برق می‌پردازد. در پیوست‌های الف تا پ کتاب نیز به ترتیب مدل‌سازی اختلال الکترومغناطیسی در خطوط برق، برخی روابط تکمیلی مربوط به فصل نهم و همچنین بررسی روابط حاکم بر خط برق از دیدگاه یک خط انتقال اطلاعات بررسی شده است.

در پایان لازم است از تلاش‌ها و همکاری سرکار خانم مهندس لیلا غرویان، سرکار خانم فاطمه شیرین و سرکار خانم مهدیه‌سادات پریان که در ویرایش این کتاب به اینجانب کمک شایانی کردند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از آقای مهندس احمد ناجی که در تهیه بخشی از مطالب این کتاب مشارکت داشتند تشکر می‌کنم.

داود غرویان

تابستان ۱۳۹۴

* PLC شکل مخفف عبارت Power Line Carrier و به معنای انتقال اطلاعات از طریق خطوط برق است که در این کتاب بعضاً به جای آن عبارت استفاده شده است.