



**دانشگاه زنجان**

**دانشکده مهندسی**

**گروه برق**

**پایان نامه کارشناسی**

**گرایش: کنترل**

**ساخت نمونه ی نیمه صنعتی دستگاه تشخیص فاز با استفاده**

**از تکنولوژی PLC**

**استاد راهنما:**

**دکتر عباس غایبلو**

**نگارش:**

**سمیه رسولی نسب**

**مرداد ۱۳۹۵**

## این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و امتنان تقدیم می نمایم

به:

▪ محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به خاطر همه‌ی تلاش‌های محبت آمیزی که در دوران زندگی من انجام داده‌اند و با مهربانی چگونگی زیستن را به من آموخته‌اند.

▪ به استادان فرزانه و فرهیخته مخصوصاً جناب آقای دکتر غایلو که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند.

▪ به آنان که در راه کسب علم و دانش راهنمایم بودند.

▪ به آنان که نفس خیرشان و دعای روح پرورشان بدرقه راهم بودند.

- الهی به من کمک کن تا بتوانم ادای دین کنم و به خواسته آنان جامه عمل بپوشم.

- خدایا توفیق خدمتی سرشار از شور و نشاط و همراه و همسو با علم و دانش و پژوهش

جهت رشد و شکوفایی ایران کهنسال عنایت فرما.

## چکیده

در حال حاضر یکی از مشکلات اصلی شبکه توزیع مسأله عدم تعادل بار در شبکه اعم از شبکه ی فشار ضعیف، ترانسفورماتورهای توزیع و شبکه فشار متوسط می باشد. این مؤلفه به عنوان یک عامل اختلال در عملکرد شبکه توزیع مورد توجه است و مشکلاتی از قبیل افزایش تلفات قدرت، افت ولتاژ در اثر نامتعادلی و خطرات ناشی از جریان دار شدن سیم نول را در پی دارد و به دو صورت عدم تساوی بار فازها و عدم تساوی ضریب توان بار فازها یا ترکیبی از آن دو ظاهر می شود. یکی از دلایل اصلی نامتعادلی بار در شبکه فشار ضعیف عدم تساوی بار مشترکین در هر لحظه روی هر فاز می باشد که یکی از روش های کاهش عوارض این مسئله توزیع یکسان مصرف کننده ها در هر فاز به وسیله دستگاه تشخیص فاز می باشد.

در این پروژه نمونه نیمه صنعتی از دستگاه تشخیص فاز که از تکنولوژی PLC<sup>۱</sup> در آن ها استفاده شده است، معرفی شده و به مرحله ی ساخت رسیده است تا هدف فوق یعنی کاهش تلفات شبکه توزیع با استفاده از برقراری تعادل بار در شبکه تامین شود.

این ابزار مجموعه ای از یک فرستنده و یک گیرنده است که واحد فرستنده در محل ترانس های شبکه پست و واحد گیرنده در مکانی که دریافت سیگنال های ارسالی از فرستنده برای ما اهمیت دارد (مصرف کننده) نصب می شود. انتقال اطلاعات با روش PLC انجام می شود به این صورت که اطلاعات ارسالی فرکانس بالا توسط واحد فرستنده، روی ولتاژ برق شهر با فرکانس 50-60 Hz مدوله می شوند و توسط سیم های قدرت به گیرنده می رسند و در آنجا با دمدوله کردن سیگنال دریافتی، داده ی ارسال شده از سمت فرستنده که در این پروژه نوع فاز است بازیابی می شود. به این ترتیب اپراتور می تواند فاز هر مصرف کننده را تشخیص دهد و برای متعادل کردن بار در هر فاز اقدام نماید. لازم به ذکر است که بخش فرستنده این دستگاه به صورت عملی تست شد و نتایج موفقیت آمیز حاصل گردید ولی بخش گیرنده با وجود پیاده سازی سخت افزاری به دلیل مشکلاتی به مرحله تست عملی نرسید.

**واژه های کلیدی:** شبکه توزیع، عدم تعادل بار، دستگاه تشخیص فاز، فرستنده و گیرنده، تکنولوژی PLC، برقراری تعادل بار در شبکه

<sup>۱</sup>. Power Line Carrier

## فهرست

صفحه	عنوان
۲	۱- فصل اول : معرفی تکنولوژی PLC (Power Line Carrier)
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۱-۲- تعریف
۳	۱-۳- تاریخچه
۴	۱-۴- معرفی تکنولوژی
۸	۱-۵- مدولاسیون و دی مدولاسیون
۹	۱-۶- ساختار شبکه PLC
۱۳	۱-۷- بررسی مزایا و معایب سیستم مخابراتی PLC
۱۴	۱-۸- مزایای سیستم PLC
۱۴	۱-۹- معایب سیستم PLC
۱۵	۱-۱۰- کاربردهای PLC
۱۷	۱-۱۱- مشکلات فنی موجود در به کارگیری فناوری PLC
۱۷	۱-۱۲- ظرفیت سیستم های PLC
۲۰	۱-۱۳- باندهای فرکانسی و روشهای مدولاسیون
۲۳	۱-۱۴- PLC های نسل بعد
۲۶	۲- معرفی دو نمونه ی صنعتی دستگاه تشخیص فاز
۲۶	۲-۱- مقدمه
۲۷	۲-۲- دستگاه تشخیص فاز ELF2
۲۷	۲-۲-۱- معرفی
۲۹	۲-۲-۲- فرستنده
۲۹	۲-۲-۳- گیرنده
۳۰	۲-۲-۴- مشخصات فنی دستگاه
۳۰	۲-۳- دستگاه تشخیص فاز 3ID HDE
۳۰	۲-۳-۱- معرفی
۳۱	۲-۳-۲- ویژگی ها
۳۲	۲-۴- طرز کار دستگاه تشخیص دهنده ی فاز کابل
۳۴	۲-۵- جای گذاری باتری در واحد فرستنده و گیرنده
۳۶	۳- شرح دستگاه
۳۶	۳-۱- مقدمه
۳۶	۳-۲- پنل دستگاه ساخته شده
۳۹	۳-۳- توصیف کلی عملکرد مدار پروژه
۴۷	۳-۴- بورد الکترونیکی دستگاه ساخته شده



# پایان نامه کارشناسی

## فصل اول

### معرفی تکنولوژی (Power Line Carrier) PLC





## ۱- فصل اول: معرفی تکنولوژی PLC (Power Line Carrier)

### ۱-۱- مقدمه

در پروژه حاضر اطلاعات میان واحد فرستنده و گیرنده دستگاه تشخیص فاز، به روش PLC مبادله می شود، از این رو در این پروژه ابتدا به معرفی و کلیات فنی فناوری PLC و مزایا و معایب آن می پردازیم.

این فصل جهت آشنایی بیشتر با فناوری انتقال اطلاعات از طریق خطوط برق یعنی PLC می باشد. انتقال اطلاعات از طریق خطوط برق از سال ها پیش در سطح ولتاژ فشار قوی انجام شده است. ولی امروزه کاربرد جدید این فناوری مربوط به استفاده از آن در سطح ولتاژ متوسط و ضعیف شبکه ی الکتریکی می باشد. در واقع به وسیله ی این فناوری، اطلاعات به مصرف کننده های نهایی نیز ارسال می شود و مشترکین برق می توانند از سرویس های جدید انتقال اطلاعات با PLC بهره بگیرند [1].

فناوری انتقال اطلاعات از طریق خطوط برق به مصرف کننده نهایی، یکی از فناوری های رو به رشد در بسیاری از کشورهای پیشرفته ی جهان است. بسیاری از کشورهای در حال توسعه نیز، برای استفاده و بکارگیری این فناوری در سطح شبکه ی برق مطالعاتی انجام داده و برخی از آنها به نصب آن پرداخته اند. یکی از مهمترین ویژگی های استفاده از سیستم PLC، عدم نیاز به ایجاد شبکه جدید برای تبادل اطلاعات و استفاده از شبکه الکتریکی موجود می باشد. این تکنولوژی به خاطر برخورداری از مزایایی همچون عدم اتلاف هزینه و زمان برای ساخت کانال مخابراتی جدید، می تواند انتخابی مناسب در بازار سرویس های با پهنای باند وسیع باشد. از طرفی با توجه به اینکه بخش بزرگی از یک شبکه الکتریکی را قسمت فشار ضعیف تشکیل می دهد، این فناوری یکی از بهترین روش ها از لحاظ پوشش جغرافیایی می باشد [1].

### ۲-۱- تعریف PLC [6]

PLC سر واژه عبارت POWER LINE CARRIER است که به معنای حامل خط قدرت است.



سیستم PLC در آغاز قرن بیستم در آمریکا جهت کنترل سیستم های روشنایی شهری، از یک سیگنال ۵۰۰ هرتز بهره می برد. هرچند کاربردهای PLC به شبکه های توزیع جهت کنترل بار توسعه داده شده است، اما از آن برای مصارف خانگی همچون کنترل روشنایی، آگاهی از خطر یا کنترل دما نیز استفاده می شود. استفاده اصلی PLC در خطوط انتقال و در رله های حفاظتی می باشد. یک کانال PLC، یعنی همان مسیری که محل عبور سیگنال حامل می باشد، جهت از بین بردن هرگونه خطا و عیبی در یک مدار دو طرفه در بالاترین سرعت ممکن بر روی خطوط انتقال استفاده می شود، سیستم های حفاظتی پایلوت (Pilot) با استفاده از این کانال مخابراتی، اطلاعات مربوط به رله های دو طرف خط مورد حفاظت را به یکدیگر انتقال می دهند.

همچنین این کانال می تواند جهت از مدار خارج کردن قسمت های مختلف خط از مسافت های دور، برای حفاظت از ترانسفورماتورها، حفاظت راکتورهای موازی و کلید های قدرت بکار برده شود.

### ۱-۳- تاریخچه [5]

PLC از سالها قبل در خطوط فشار قوی (400KV, 230KV, 132KV, 63KV) برای اهداف

کنترلی و حفاظتی بین نیروگاه ها و پست های فشار قوی و مراکز کنترل (دیسپاچینگ) استفاده می شود.

برای مثال می توان به کنترل تولید نیروگاه ها از راه دور (تنظیم نقطه مرجع نیروگاه)، ارتباط

تلفنی بین پست های فشار قوی و نیروگاه ها، ارسال مقدار توان، انرژی، ولتاژ و جریان کل شبکه به

مرکز دیسپاچینگ، فرامین حفاظتی و... نام برد. در واقع PLC انتقال داده های مخابراتی را در خطوط

فشار قوی بر عهده دارد و این اطلاعات از طریق هادی های فشار قوی انتقال می یابد. انتقال اطلاعات

از طریق PLC معمولاً به صورت آنالوگ صورت می گیرد که برای مدولاسیون سیگنالهای ارسالی از

روش های مختلفی استفاده می شود. این سیگنال ها معمولاً در محدوده فرکانسی کیلو هرتز (در ایران

بین 40KHz تا 500KHz) کار می کنند و به همین دلیل ظرفیت انتقال نسبتاً کمی را ارائه می دهند





که البته با توجه به این که اطلاعات کنترلی و حفاظتی شبکه قدرت خیلی حجیم نیست تاکنون PLC در شبکه قدرت جایگاه خود را حفظ کرده است.

کاربرد PLC به تدریج به خاطر سادگی آن در سیستم توزیع برق (33KV به پایین) در بعضی از

کشورهای پیشرفته مانند ژاپن و بعد از آن در اروپا و آمریکا شروع شد. علت اصلی استفاده از این

سیستم در بخش توزیع، اتوماسیون شبکه توزیع بود. اتوماسیون توزیع به معنی نظارت<sup>۱</sup> و کنترل

سیستم توزیع از یک مرکز اصلی مانند شرکت توزیع یا برق منطقه ای است. یعنی کلیه فرامین به

کلیدهای قدرت، خازن‌ها، راکتورها و یا فرامین حفاظتی از راه دور صورت گیرد. چنین بستری در

صنعت برق نیازمند کانال های مخابراتی است. همان طور که می دانیم امروزه کانال های مخابراتی

بسیار زیادی که هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند در دسترس است. در این شرایط برای

طراحان، PLC (در سیستم های توزیع به <sup>۱</sup>DLC نیز معروف است) به خاطر وجود هادی های

الکتریکی در سطح توزیع ساده ترین گزینه بود.

امروزه سعی بر این است که اتصال به اینترنت از طریق اتصال به خروجی های برق به آسانی

میسر شود. ارسال اطلاعات از طریق خطوط قدرت یا <sup>۲</sup>PLT، از خطوط الکتریکی موجود به منظور

انتقال پهنای باند مخابراتی به درون شبکه خانگی و ارائه سرویس های مخابراتی درون خانه ها و شرکت

ها استفاده می کند و مهمترین مزیت آن استفاده از شبکه برق موجود بدون نیاز به ایجاد کانال های

مخابراتی جدید می باشد.

## ۱-۴- معرفی تکنولوژی [1]

اجزای اصلی یک سیستم شامل PLC که امروزه در سطوح مختلف سیستم قدرت به کار گرفته

می شود شامل موارد زیر می باشد:

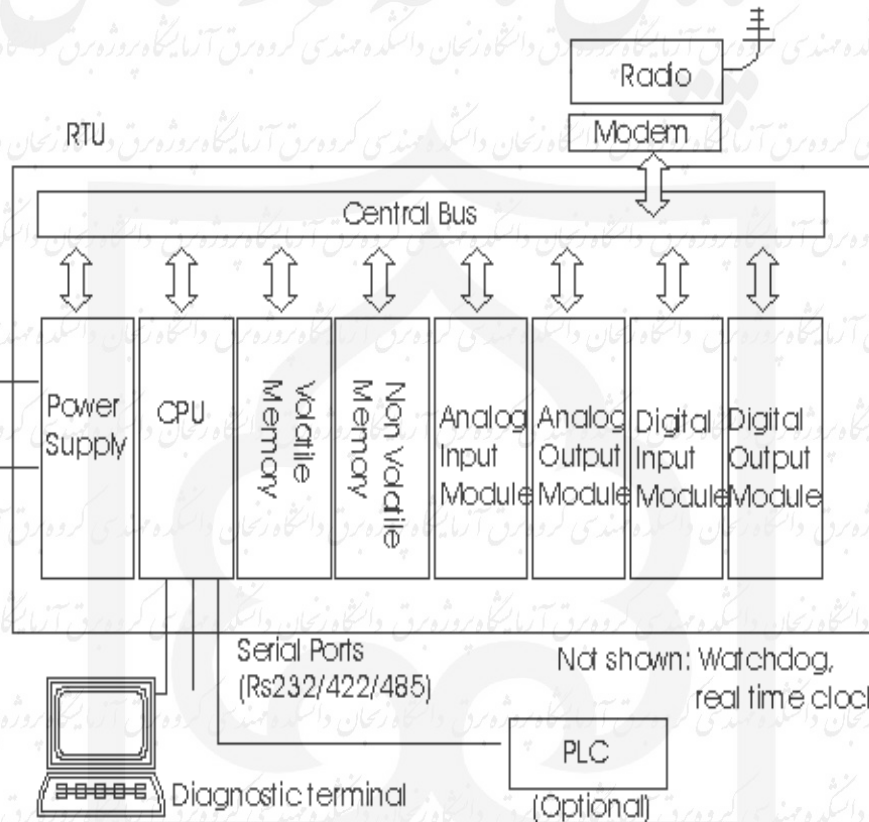
- RTU: این دستگاه شامل تعدادی ورودی و خروجی آنالوگ و دیجیتال می باشد. وظیفه ی اصلی

1. Monitoring

2. Distributed Line Carrier

3. Power Line Telecommunication

RTU تبدیل سیگنال های ارسالی به سیگنال های قابل انتقال از طریق کانال مخابراتی است که شامل قسمت هایی مثل CPU ، کارت های ورودی و خروجی آنالوگ و دیجیتال و مودم می باشد. شکل زیر یک نمونه RTU صنعتی را نشان می دهد.



شکل ۱-۱: RTU[1]

- تجهیزات مخابراتی شامل مدولاتور و دمدولاتورهای  $HF^1$  و  $IF^2$ ، تقویت کننده ها و فیلترهای مناسب (این گروه در خود دستگاه PLC قرار می گیرند).

- تجهیز تطبیق دهنده با کانال مخابراتی (در اینجا خطوط قدرت) یا  $LMU^3$ : به منظور انتقال

- 1.High Frequency
- 2.Intermedite Frequency
- 3.Line Matching Unit

برابر باشد.

- سیستم ایزوله کننده تجهیزات مخابراتی از ولتاژ بالا. (که معمولا یک خازن که معروف به CVT

است به کار گرفته می شود).

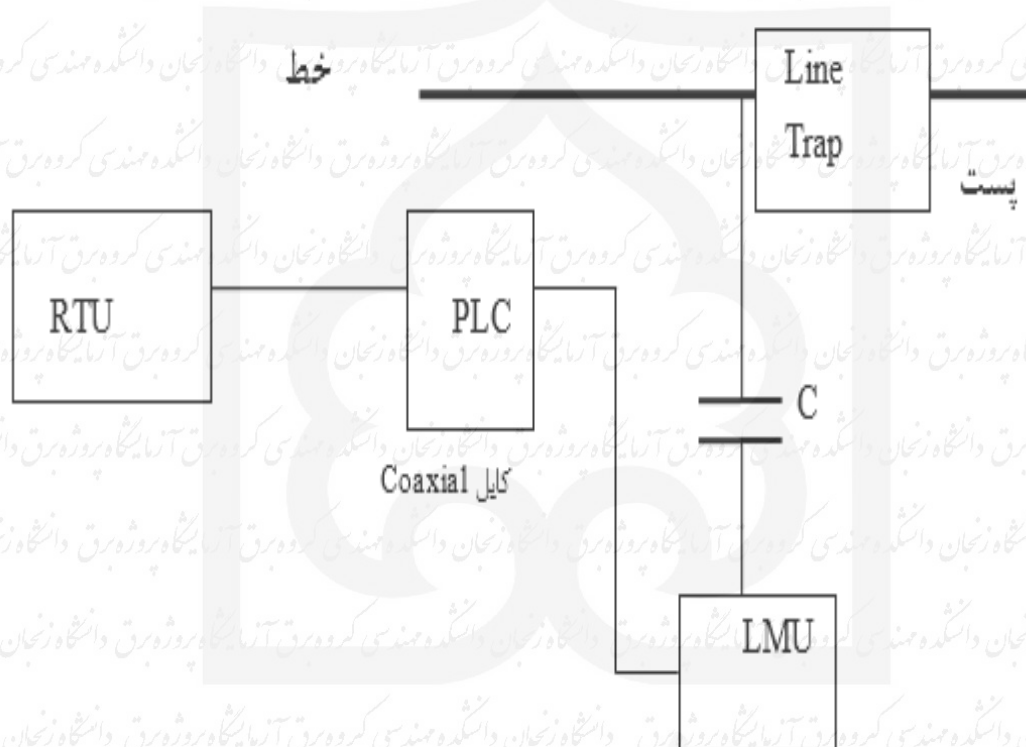
- کانال مخابراتی که در اینجا همان هادی های خطوط قدرت هستند.

- تله موج (Line Trap) که وظیفه آن جلوگیری از ورود اطلاعات به قسمت هایی به جز کانال

مخابراتی مانند پست های فشار قوی می باشد.

شکل ۱- ۲ و شکل ۱- ۳ به ترتیب بلوک دیاگرام و نمودار تک خطی PLC در شبکه قدرت را

نشان می دهد.



شکل ۱- ۲: بلوک دیاگرام در خطوط انتقال PLC [1]

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.



#### ۴- نتیجه گیری

در این پروژه به طراحی و ساخت یک نمونه دستگاه تشخیص فاز پرداخته شد. در نمونه های

خارجی قابلیت هایی نظیر تشخیص هر سه فاز به طور همزمان در خطوط سه فاز، تشخیص عیب در

کابل و تشخیص توالی فاز و... وجود دارد، ولی در ساخت این نمونه ابتدا سعی شده است که تنها نوع

فاز تشخیص داده شود که با ارسال و دریافت سیگنال با فرکانس معین انجام می پذیرد. در واقع هدف

اصلی این پروژه ارسال و دریافت اطلاعات با فرکانس معین می باشد و اطلاعات خاصی طی این انتقال

جز مقدار فرکانس انتقال نمی یابد و با ارتقا در آینده قابلیت های نمونه های خارجی را دارا باشد. علاوه

بر آن، نکته ی بسیار حایز اهمیتی که می توان به آن اشاره کرد بومی بودن محصول است، که با توجه

به در دسترس بودن سازندگان دستگاه در صورت لزوم می توان مواردی را که متخصصان در نمونه های

فعلی ناموجود می بینند، بر آن افزوده و بر قابلیت های دستگاه اضافه گردد. البته این دستگاه به طور

کامل تست نشده است و نیاز به تکمیل دارد



## ۵- مراجع

- [1] حامد معروفی و بهروز یوسفی، "PLC در خطوط انتقال"، پایان نامه کارشناسی ارشد
- [2] دیتا شیت ST7540 موجود در سایت ([www.kmbystems.eu](http://www.kmbystems.eu))
- [3] Power Line Carrier ([www.candrain.gr](http://www.candrain.gr))
- [4] Application note of ST7540
- [5] امیر شیری، "استفاده مخابراتی از خطوط نیرو با به کار گیری روش plc" پایان نامه کارشناسی آزاد تبریز، سال ۱۳۹۰

[6] محمد رضا برادر و محمد رضا یزدچی، "انتقال داده بر روی خطوط ولتاژ پایین با استفاده از پرونده برق دانشگاه زنجان" سیستم انتقال داده بر روی خطوط قدرت plc "

[7] دفترچه دستور کار با دستگاه ELF\_2

[8] کاتالوگ HDE Short From Product

[9] atmega32 datasheet

- [10] M.Shwehdi, "A power line data communication interface using spread spectrum technology in home automation", IEEE trans. On Power Delivery, vol. 11, no. 3, pp. 1232- 1237 Jul.1996.