بخش ششم: سیستم های مخابراتی در پست ها (سیستم PLC)

مدرس: دکتر علی کریمی

سیستم های مخابراتی در پست های الکتریکی

❖ این سیستم جهت انتقال وضعیت کلیدهای قدرت و برخی کمیات اندازه گیری شده به مرکز کنترل (Telemetry)، ارسال و یا دریافت سیگنال های حفاظتی از پست های مجاور (Tele protection) و انجام مکالمه با مرکز کنترل و یا پست های مجاور مورد استفاده قرار گرفته و معمولا یکی از انواع زیر است:

- ✓ PLC (انتقال اطلاعات از طریق خطوط انتقال انرژی)
- ✓ فیبر نوری (Fiber Obtic)
- ✓ Micro-wave

❖ در کنار بسترهای فوق:

- ✓ معمولا از تلفن کابلی برای ارتباط مستقیم با مرکز کنترل (DTS)، و بی سیم به عنوان سیستم مکمل تلفن کابلی و یا جایگزین آن و همچنین در کاربردهایی نظیر تعمیرات خطوط انتقال استفاده می شود.
- ✓ همچنین ممکن است از خطوط تلفن ثابت (PSTN) و همراه (GSM/GPRS) برای قرائت انرژی استفاده شود.

تلفن DTS در مرکز کنترل (دیسپاچینگ)

سیستم های مخابراتی در پست های الکتریکی

❖ سیستم Micro-wave:

✓ سیگنال به صورت امواج رادیویی و بدون سیم منتقل شده و توسط گیرنده های رادیویی در مقصد دریافت می شود:

- برای انتقال سیگنالهای کنترلی از مرکز کنترل (Tele-control) و ارسال سیگنال های وضعیت و اندازه گیری شده به مرکز کنترل و انجام مکالمه مناسب است ولی برای Tele-protection قابلیت اطمینان کافی را نداشته و معمولا برای این منظور استفاده نمی شود.
- برد آن در حد چند ده کیلومتر بوده و در فواصل بیشتر نیاز به تقویت کننده (Repeater) دارد .
- به عنوان نمونه این سیستم جهت ارتباط تعدادی از پست های فوق توزیع تهران با دیسپاچینگ فوق توزیع مورد استفاده قرار گرفته است.

❖ سیستم فیبر نوری:

✓ فیبر نوری شامل چندین رشته بسیار نازک بوده که از داخل سیم فولادی شیلد (گارد) خط انتقال عبور داده می شود

✓ هزینه اولیه اجرای این روش خیلی زیاد است، ولی دارای پهنای باند وسیعی (در حد چندین مگابیت در ثانیه) می باشد. لذ ا دارای سرعت زیاد انتقال اطلاعات، نویز پذیری کم و قابلیت اطمینان بالا بوده و در پستهای اتوماسیون نیز مناسب می باشد.

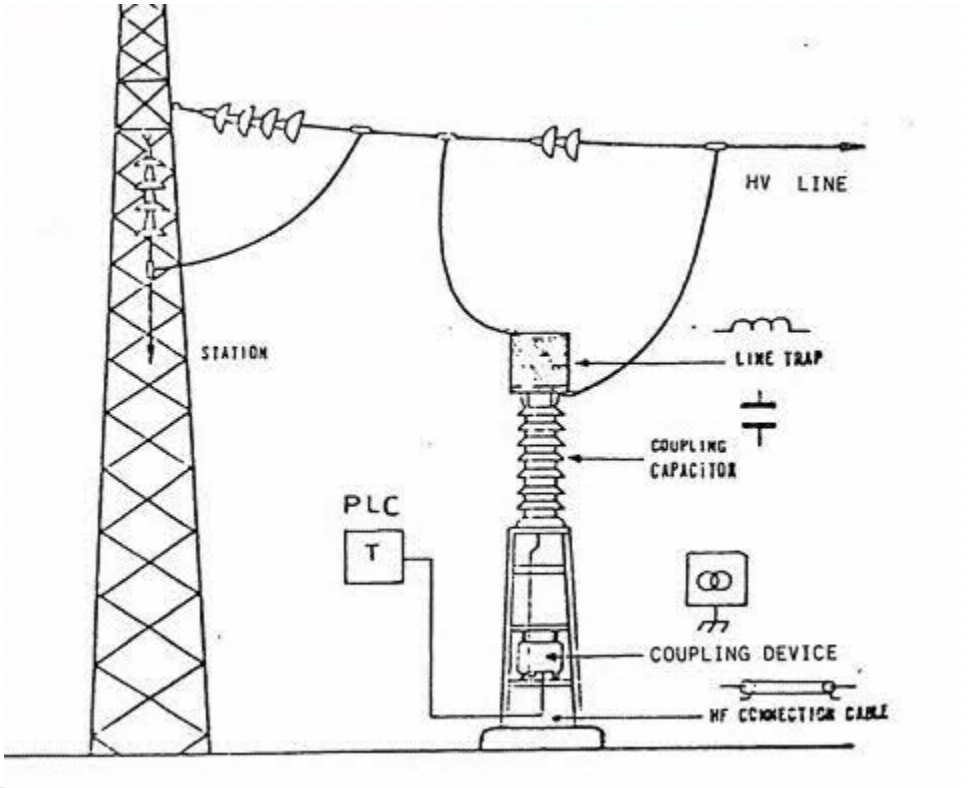
✓ نقشه راه صنعت برق ایران، استفاده از این بستر برای کل پست های شبکه برق است (در حال حاضر به صورت کامل نیست).

سیستم های PLC

- استفاده از خطوط انتقال نیرو به عنوان کانال مخابراتی یک امر پذیرفته شده است که در سطوح مختلف ولتاژ انجام می شود. به این سیستم ها PLC (Power Line Carrier) گفته می شود.
- در سیستم PLC، سیگنال مخابراتی از طریق یک یا دو فاز خط انتقال و با سرعت ۶۰۰ یا ۱۲۰۰ بیت در ثانیه ارسال می شود و در انتهای خط انتقال توسط لاین تراپ (Line Trap) و سایرتجهیزاتِ این سیستم، سیگنال مخابراتی از ولتاژ فشار قوی جدا می شود.
- محدوده فرکانسی مناسب برای سیستم های PLC بین ۳۰kHz تا ۵۰۰kHz و گاهی تا ۱MHz می رسد. محدودیت حد پایین آن به دلیل مخارج بیشتر سیستم کوپلاژ و محدودیت بالای آن به دلیل تضعیف ناشی از فرکانس های بالا می باشد (البته، در هر کشور، محدوده های فوق ممکن است به دلیل جلوگیری از تداخل با فرکانس های رادیوئی، حمل و نقل و دریایی محدود گردد).
- کاربرد سیستم PLC در ارسال اطلاعات آنالوگ (مانند MW، kV و MVar) یا دیجیتال (مانند وضعیت سوئیچ و مدارشکن ها) است.
- با توجه به اینکه انتقال سیگنال از طریق خط انتقال انجام می شود، اجرای این سیستم ساده و ارزان بوده و در اکثر پست های ایران استفاده شده است.
- در پستهایی که نیازی به حضور اپراتور در پست نبوده (Un-man) و کنترل پست از مرکز کنترل انجام می شود به دلیل سرعت پایین این سیستم و لزوم ارسال حجم بالای اطلاعات پست به مرکز کنترل، نمی توان از این سیستم استفاده کرد.

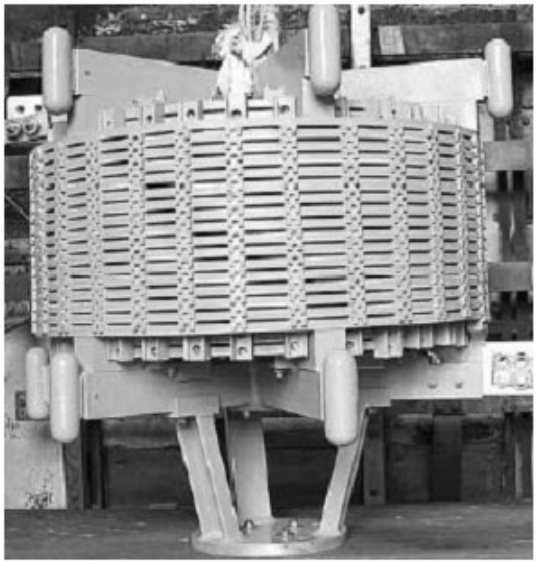
مسیر ارتباطی و تجهیزات کوپلاژ

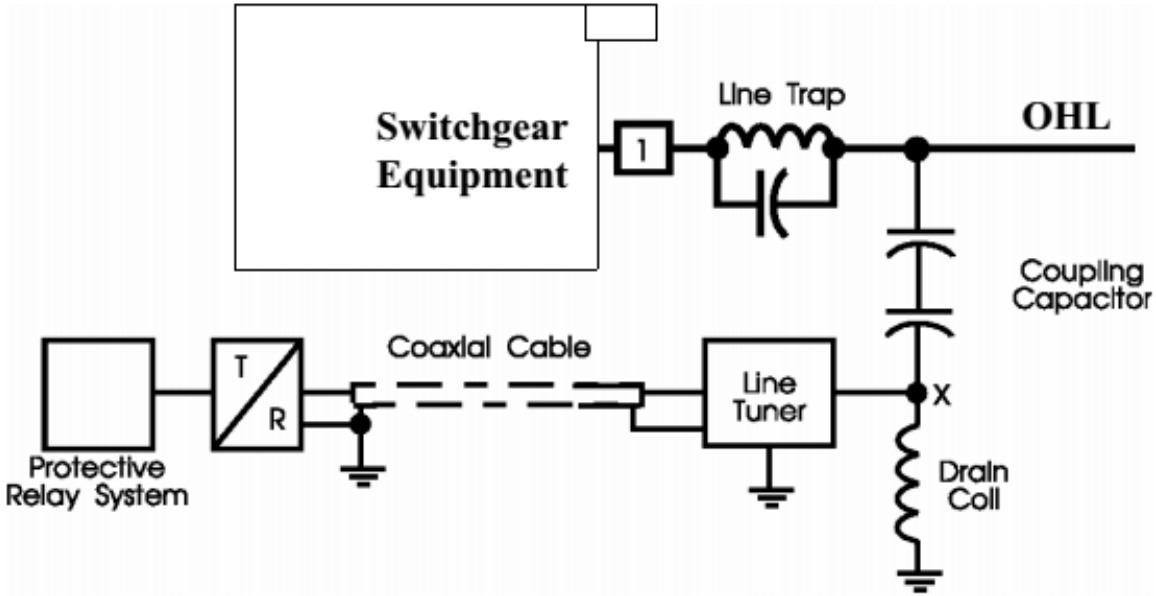
- برای اینکه بتوان از خطوط انتقال نیرو برای ارسال اطلاعات مخابراتی استفاده کرد و ارسال فرکانس بالا را بدون توجه به مسائل ولتاژ و فرکانس شبکه، رعد و برق، قطع و وصل و امپدانس خط انجام داد، به تجهیزات کوپلاژ احتیاج است.
- تجهیزات کوپلاژ ضمن جداسازی دستگاه مخابراتی از ولتاژ فشارقوی، امکان ارسال اطلاعات را با حداقل تضعیف فراهم می کند. این تجهیزات عبارتند از:
  - ✓ تله موج (Line Trap یا LT)؛
  - ✓ خازن کوپلاژ (Coupling Capacitor یا CC)؛
  - ✓ تجهیز کوپلاژ کننده (Coupling Device یا Line Matching Unit (LMU);



تله موج (Line Trap)

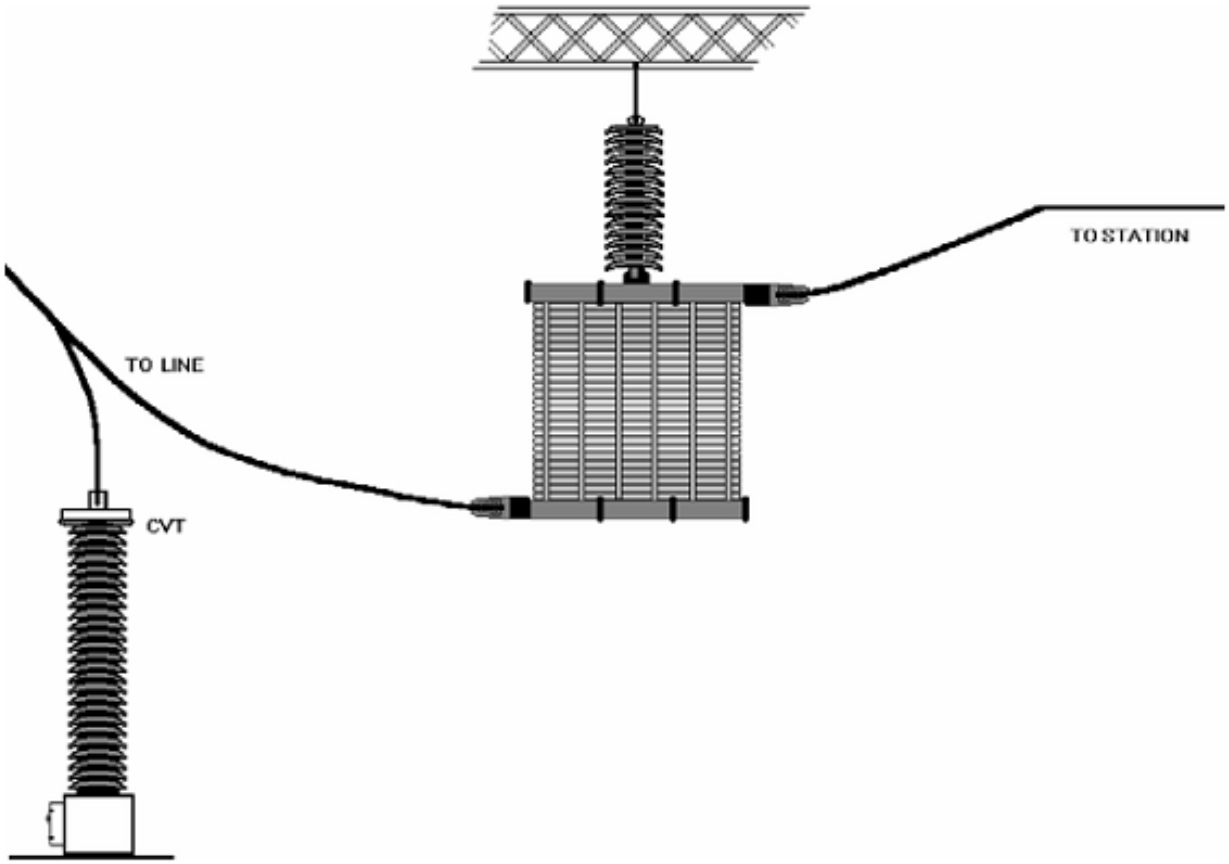
- در صورتی که از سیستم مخابراتی PLC در پست استفاده شود، نیاز به یک فیلتر بالاگذر است که امواج ارسالی با فرکانس در محدوده مشخص بین ۳۰ تا ۵۰۰ کیلوهرتز را به سیستم مخابراتی هدایت نماید. معمولا از خازن CVT و سلف سری (تله موج) استفاده می شود.
- نحوه نصب تله موج:
  - ✓ نصب به صورت آویز از روی گنتری (در تمامی اندازه ها)
  - ✓ نصب بر روی CVT (با توجه به محدودیت نیروهای وارد بر ترمینال CVT، برای LT کوچک مناسب است)
  - ✓ نصب بر روی PI (Post Insulator) جداگانه



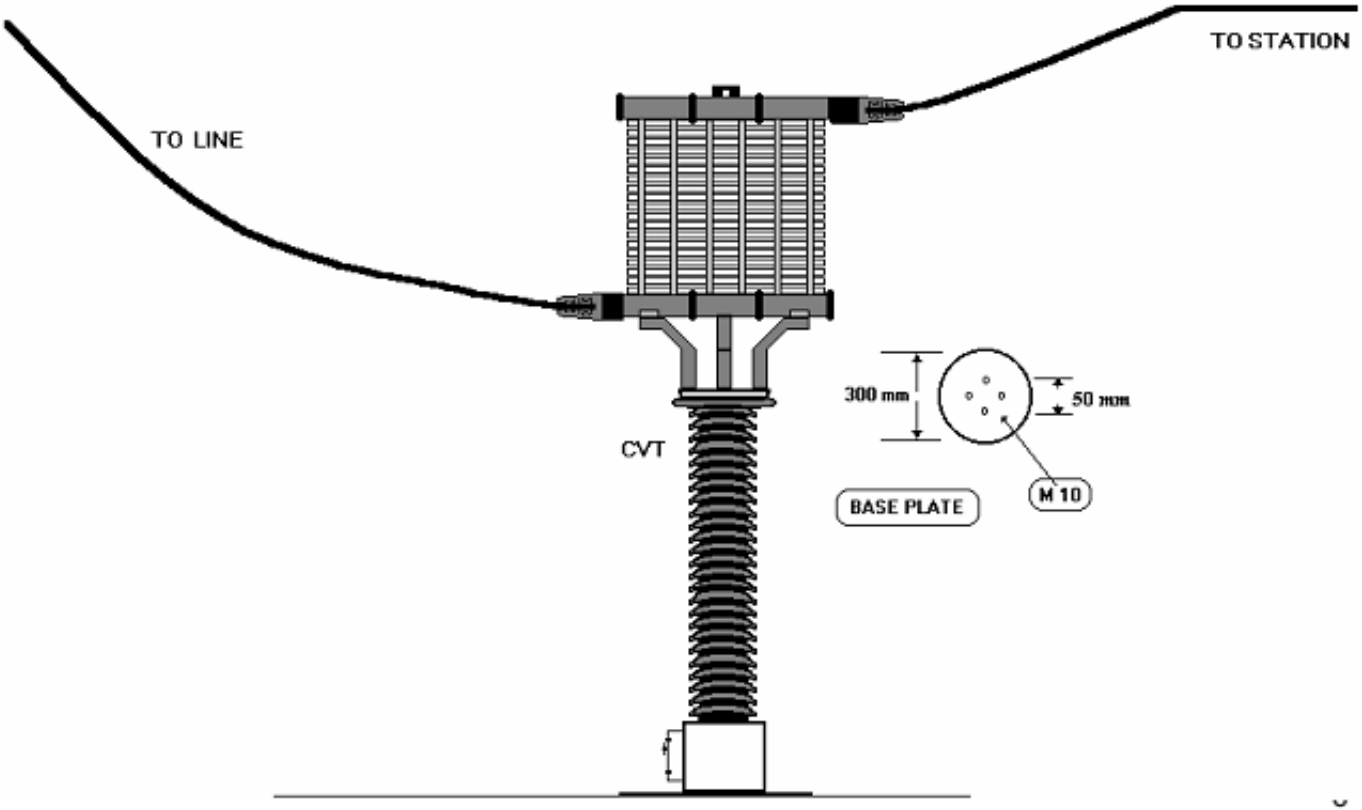


نصب به صورت آویز از روی گنتری

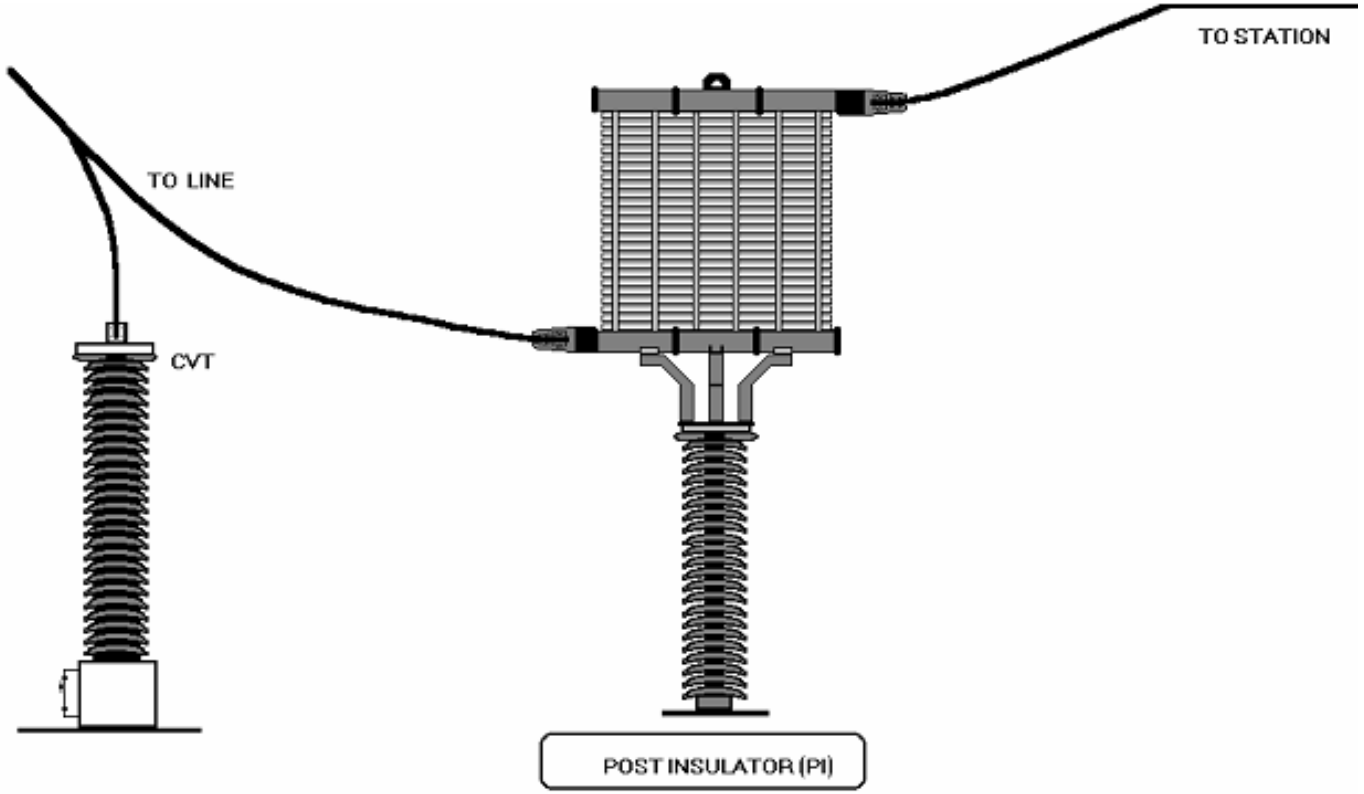
Suspension Line Trap



نصب بر روی CVT
Pedestal on CVT



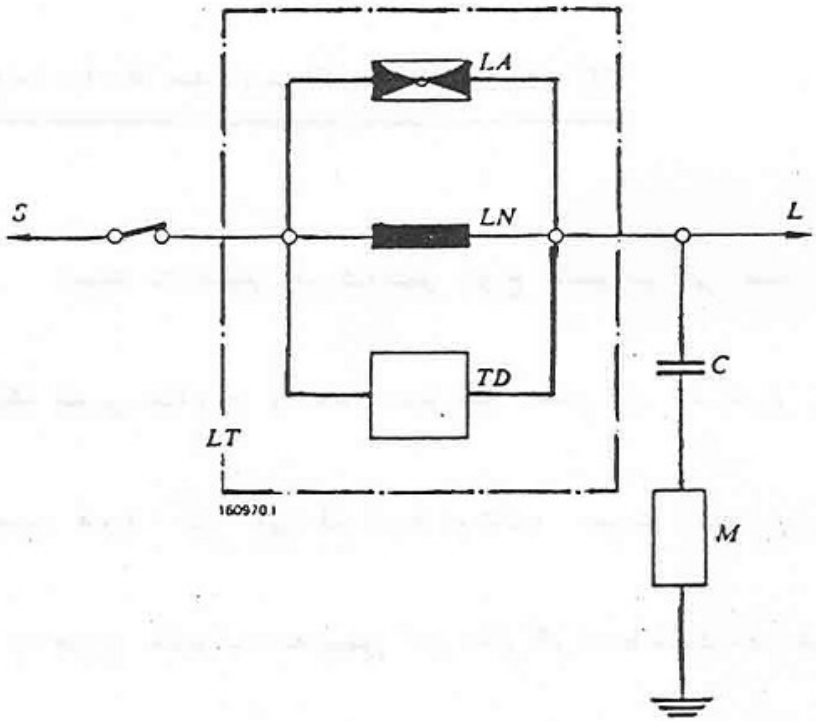
نصب بر روی PI
Pedestal on PI



تله موج (Line Trap)

❖ LT دارای یک مدار رزونانس موازی می باشد که به صورت سری با خط انتقال نصب می گردد که در مقابل فرکانس قدرت 50Hz دارای امپدانس کم و در مقابل سیگنال مخابراتی (30-500kHz) دارای امپدانس زیاد یا مدار باز است. در واقع، هیچگونه سیگنال مخابراتی وارد تجهیزات فشارقوی نمی شود. ساختمان داخلی LT:

- ✓ سیم پیچ اصلی (LN) که به صورت استوانه است و طوری طراحی می شود که قابلیت تحمل جریان اتصال کوتاه را از نظر الکتریکی و مکانیکی داشته باشد و جریان نامی شبکه دائما از آن عبور کند (مقدار اندوکتانس آن از 0.1mH تا 2mH است).
- ✓ وسیله تنظیم (TD) فرکانس LT که از یک سری خازن و مقاومت موازی با سیم پیچ اصلی تشکیل شده است.
- ✓ وسیله محافظ یا برقگیر (LA) برای محافظت در برابر موج ضربه؛

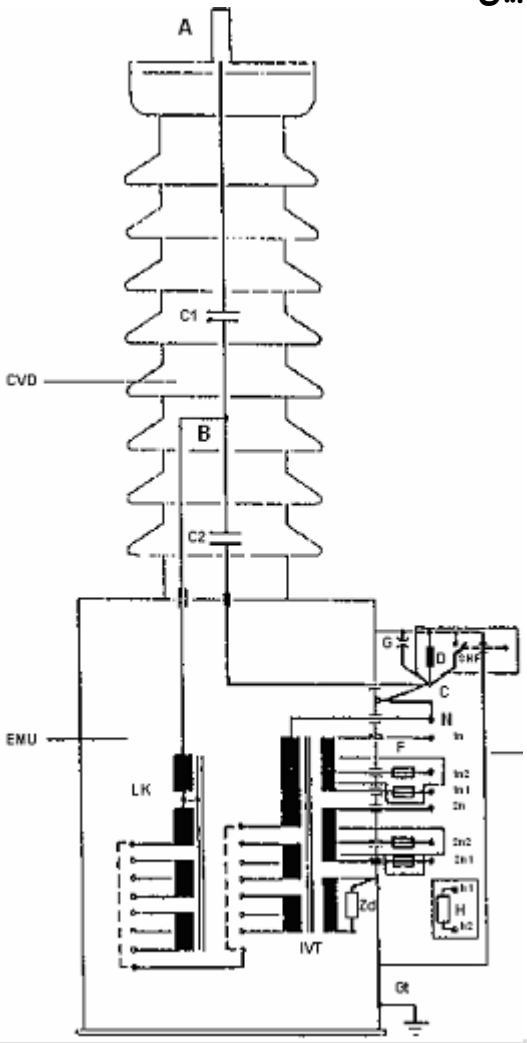


❖ مزایای LT:

- ✓ تضمین کار PLC در مواقع اتصال کوتاه و یا قطع خطوط فشارقوی؛
- ✓ جلوگیری از اتلاف زیاد سیگنال های مخابراتی
- ✓ تخصیص باند مورنظر برای تعداد زیاد PLC

خازن کوپلاژ (Coupling Capacitor)

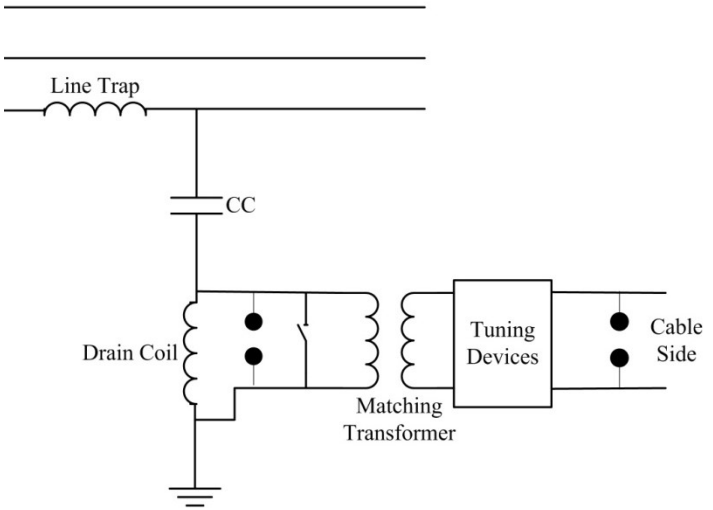
- خازن کوپلاژ و یا خازن CVT از تعدادی خازن سری تشکیل شده است که دستگاه PLC را از ولتاژ فشارقوی ایزوله می کند. این بخش، رابط بین خط فشارقوی و تجهیزات کوپلاژ است. ظرفیت این خازن ها بین 1000PF تا 10000PF است.
- خازن کوپلاژ به همراه تله موج تشکیل یک فیلتر بالاگذر می دهند.
- ظرفیت خازن کوپلاژ (در شکل روبرو، CC=C1.C2/(C1+C2)) حداقل فرکانس قابل قبول سیستم PLC را نشان می دهد. با افزایش ظرفیت خازن کوپلاژ، می توان تبادل اطلاعات را در فرکانس پایین تری انجام داد.



ترمینال فرکانس بالا

تجهیز کوپلاژ کننده (CD یا LMU)

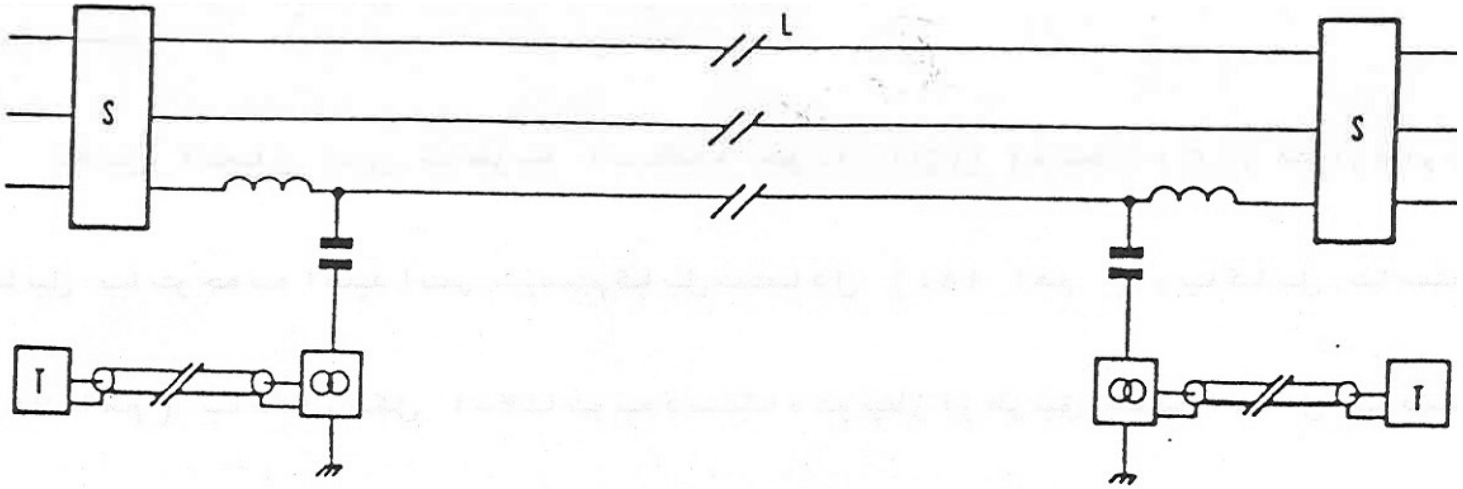
- به منظور تطبیق یا کوپل سیگنال های مخابراتی از دستگاه PLC به خط فشار قوی و بالعکس، از تجهیز کوپلاژ کننده یا LMU استفاده می شود. به این تجهیز، تطبیق کنندهٔ امپدانس هم گفته می شود.
- امپدانس خطوط انتقال نیرو از ۳۰۰ اهم (برای خطوط 400kV) الی ۵۰۰ اهم (برای خطوط 63kV) متغیر است؛ اما امپدانس تجهیزات مخابراتی ۷۵، ۱۲۵ و ۱۵۰ اهم می باشد. بنابراین، تطبیق امپدانس لازم است. بخش های LMU عبارتند از:
  - ✓ **سیم پیچ نشتی (Drain Coil):** دارای امپدانس کم در مقابل فرکانس شبکه و امپدانس زیاد در برابر فرکانس مخابراتی است.
  - ✓ **برقگیر اولیه:** به منظور حفاظت دستگاه PLC از رعدو برق و همچنین حوادث ناشی از قطع و وصل، استفاده می شود.
  - ✓ **سوئیچ اتصال زمین:** در مواقع تعمیر برای اطمینان از جداسازی از ولتاژ شبکه از این سوئیچ استفاده می شود.
  - ✓ **ترانسفورماتور تطبیق کننده:** ضمن جداسازی ثانویه و اولیه تجهیز کوپلاژ، تطبیق امپدانس خط فشارقوی با دستگاه PLC را انجام می دهد.
  - ✓ **تجهیز تنظیم (Tuning Devices):** تنظیمات نهایی برای تطبیق امپدانس را انجام می دهد.
  - ✓ **برقگیر ثانویه:** برای جلوگیری از صدمه دیدن دستگاه PLC در برابر اضافه ولتاژ استفاده می شود.



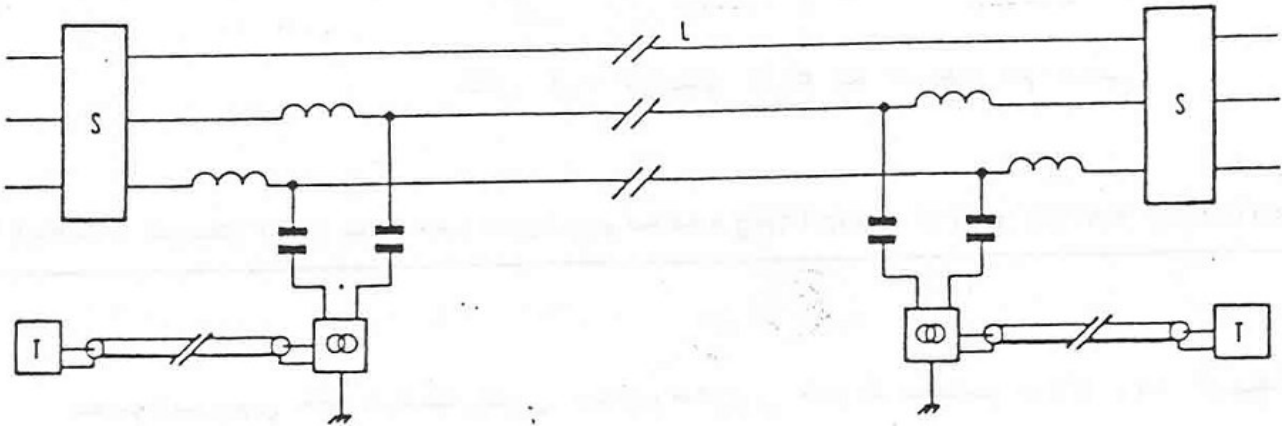
سایر نکات

- به غیر از تله موج، خازن کوپلاژ و تجهیز کوپلاژکننده، تجهیزات دیگری مانند کابل اتصال (Connecting Cable) و فرستنده/گیرندهٔ PLC نیز وجود دارند.
- کابل اتصال، ثانویهٔ تجهیز کوپلاژ را (که معمولا در فضای آزاد پست است) به فرستنده/گیرندهٔ PLC (که در اتاق مخابرات پست قرار دارد) متصل می کند. امپدانس موجی این کابل براساس استاندارد IEC ۱۵۰ و ۷۵ اهم است.
- فرستنده/گیرندهٔ PLC وظیفهٔ ارسال و دریافت سیگنال های مخابراتی را در محدودهٔ 30-500kHz برعهده دارد (سیگنال های پایش شبکه، حفاظت و گفتگو).
- روش های مختلف کوپلاژ سیستم PLC عبارتند از:

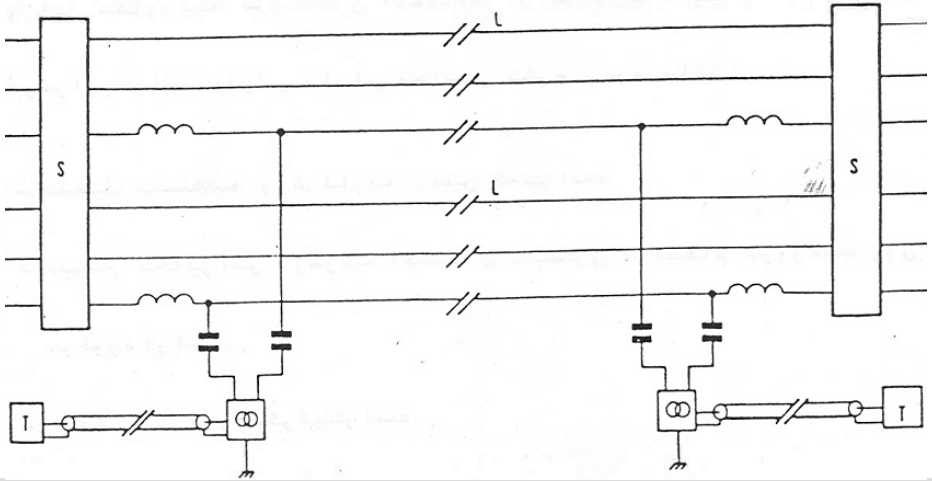
1. کوپلاژ فاز به زمین: یک دستگاه PLC بین یک فاز و زمین قرار می گیرد و در نتیجه به یک تله موج، یک خازن کوپلاژ و یک تجهیز کوپلاژ نیازمندیم. هزینه این روش کم است؛ ولی ضریب اطمینا ن آن کم (به دلیل آنکه روی یک فاز قرار گرفته است) و همچنین، میزان تضعیف و نویزپذیری آن نسبتاً بالاست.



2. **کوپلاژ فاز به فاز:** در این روش دستگاه PLC از طریق دو LT و دو CC به دو فاز یک خط متصل می شود. هزینه این روش نسبت به کوپلاژ فاز به زمین بالاتر است. میزان تضعیف در این روش کمتر، ضریب اطمینان بالاتر و نسبت S/N نسبت به روش قبلی زیادتر است.



3. **کوپلاژ PLC به دو خط هم مسیر (Inter Circuit Coupling):** همانند روش فاز به فاز و زمانی استفاده می شود که دو خط بر روی یک دکل باشند. در این روش اگر یکی از مدارها به طور کامل قطع باشد باز هم ارتباط برقرار است.



سایر نکات

4. **کوپلاژ از طریق سیم زمین (Insulated Earth Wire Coupling)**: درصورتی که سیم های زمین یا گارد از دکل ها ایزوله باشند، می تواند به عنوان کانال مخابراتی استفاده شود. در این شرایط، ولتاژ و جریان نامی تجهیزات به کار رفته کمتر می باشد. معایب این روش عبارتند از: تضعیف زیاد و کاهش اثر سیم زمین در شرایط Line Fault

5. **کوپلاژ کابل های قدرت:** در کابل های قدرت همانند خطوط هوایی کوپلاژ انجام می شود (فاز به زمین و یا فاز به فاز). در مقایسه با خطوط هوایی، کابل های دارای امپدانس مشخصهٔ کمتری هستند (چرا؟). در این کوپلاژها، اندوکتانس تله موج کمتر و مقدار ظرفیت خازن کوپلاژ بیشتر است.