فصل اول

نیاز به عیب یابی در کابل زیر زمینی

Power Plant Academy

سازندگان وسایل و تجهیزات الکتریکی از همان هنگامی که استفاده از کابلهای مدفون در زیرزمین موسوم شد با مسأله عیب یابی در کابلهای قدرت زیر زمینی دست به گریبان بوده اند. برای مقابله با این مشکل استفاده کنندگان و سازندگان دستگاههای تست انواع گوناگونی از دستگاهها و روشهای عیب یابی را ابداع کرده اند تلاش برای یافتن روشها و دستگاههای پیشرفته و کاملترو سبک فن آوری های نوین برای عیب یابی در کابل زیرزمینی همچنان ادامه دارد. در بعضی از شیوه های کلاسیک تست و عیب یابی کابل اعمال ولتاژ فشار قوی به انواع خاصی از کابلهای با عایقبندی در الکتریک جامد ممکن است تأثیرات منفی به همراه داشته باشد تحقیقات و مطالعات زیادی در این زمینه در حال انجام است. اگر چه روشهای کاملاً غیر مخرب در حال حاضر در دسترس نیستند سازندگان تلاش می کنند اثرات مخرب روشهای اعمال ولتاژ فشار قوی را به حداقل برسانند و تکنیکهای ایمن جدیدی را جایگزین آنها کنند.

عیب یابی کابل یکی از قسمتهای اساسی تعمیرات و نگهداری کابل می باشد بدون استفاده از روشهای عیب یابی مدرن شرکتهای توزیع کننده برق نمی توانند خدمات قابل اطمینانی را به صنعت و مصارف عمومی ارائه دهند به همین دلیل این موضوع توجه و حمایت گسترده ای را می طلبد این جزوه مکملی برای دفترچه های راهنما و دستور العملهای استفاده از دستگاههای تست عیب یابی می باشد.کاربران دستگاههای تست عیب یاب کابل باید با دفترچه های راهنمایی که تهیه شده اند و شامل دستورالعملها و اطلاعات ایمنی بسیار مهمی (مختص مدلهایی که استفاده می شوند) هستند آشنا شوند. بخشهای این جزوه از یکدیگر مستقل هستند این جزوه را می توان بعنوان خلاصه یک واحد درسی برای آموزش پرسنل عیب یابی کابل چه مبتدی و چه باتجربه به کار برد. فهرست مطالب شامل عناوین و جنبه های خاص عیب یابی کابل می باشد که می توانند نظر خواننده را جلب کنند . برای مثال بخش دوم که برای معرفی روشهای عیب یابی کابل نوشته شده است می تواند بعنوان مقدمه ای برای پرسنل بی تجربه و یا بعنوان یک مرجع تکنیکی عملی برای تکنیسینها در هر سطحی از تجربه مفید باشد . بخش سوم که در مورد عیب یابی کابل است می تواند بعنوان یک خلاصه درسی برای پرسنل نو آموز و آزموده که برای ردیابی مسیر کابل زیرزمینی علاقمند هستند به کار رود بخش چهارم به بررسی تست و تحلیلی که پروسه عیب یابی کابل زیرزمینی را تحت تأثیر قرار می دهند اختصاص دارد.

فصل دوم

مشخصه های عیب و روشهای عیب یابی کابل

Power Plant Academy

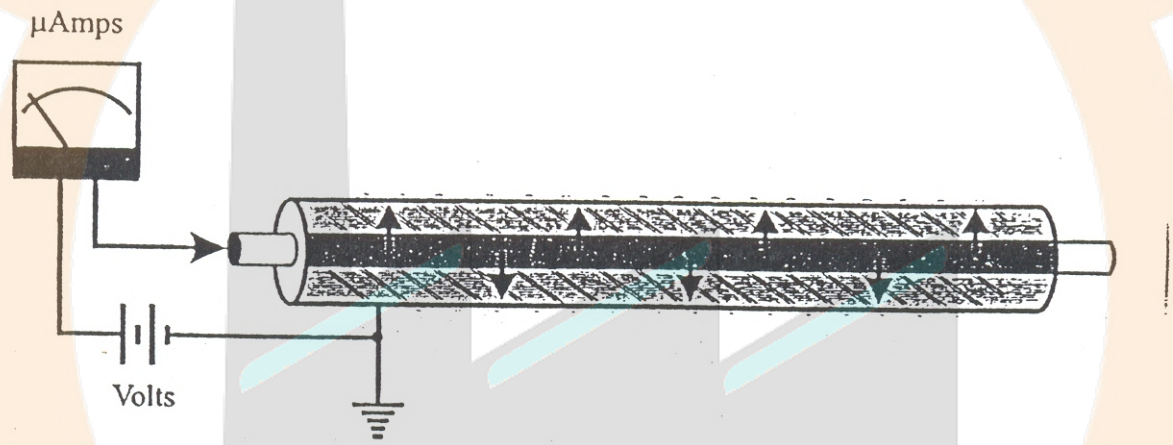
اهداف آموزشی فصل دوم

- توصیف عیب یاب کابل
- آشنایی با عیب یابی در کابل روزمینی
- آشنایی با عیب یابی در کابل مدفون شده

Power Plant Academy

۲-۱- چه موقع عایقبندی کابل سالم است

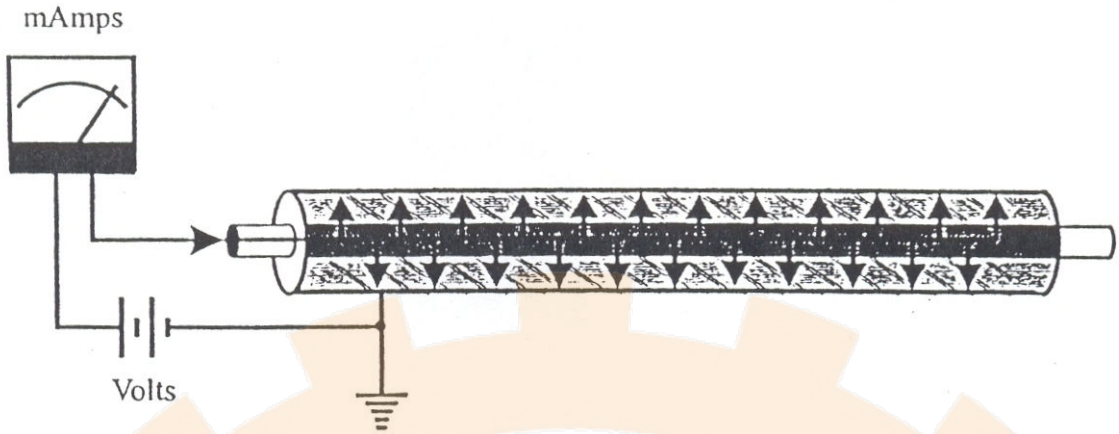
هنگامی که ولتاژ DC به هر عایقبندی اعمال می شود مقداری جریان به درون و اطراف عایقبندی نشت می نماید جریان شارژ خازنی، جریان جذب عایقبندی، جریان نشتی عایقبندی و جریان By-Pass هر کدام به مقداری وجود دارند با توجه به اهداف مطرح در این جزوه عیب یابی کابل تنها جریان نشتی گذرنده از عایقبندی به تفصیل بررسی می شود. برای ساختاری نظیر یک کابل غلاف دار، ماده عایقبندی برای محدود کردن نشت جریان بین هادی و زمین یا بین هادیهای با پتانسیلهای متفاوت به کار می رود تا وقتی که جریان نشتی از یک حد طراحی معین فراتر نرفته است، کابل سالم به حساب می آید و می تواند انرژی الکتریکی را بخوبی به بار برساند . بطور خلاصه عایقبندی کابل موقعی سالم است که جریان نشتی ناچیز باشد ولی حتی عایقبندی سالم نیز مقدار کوچکی نشت جریان در حدود میکرو و آمپر متر دارد. (شکل ۲۹)



شکل ۲۹: عایقبندی سالم

۲-۲-چه موقع عایقبندی کابل معیوب است

در صورتی که دامنه جریان نشتی از حد طراحی تجاوز نماید، کابل دیگر انرژی را بصورت کارآمد و با بازده بالا منتقل نخواهد نمود. (شکل ۳۰)



شکل ۳۰: عایقبندی معیوب

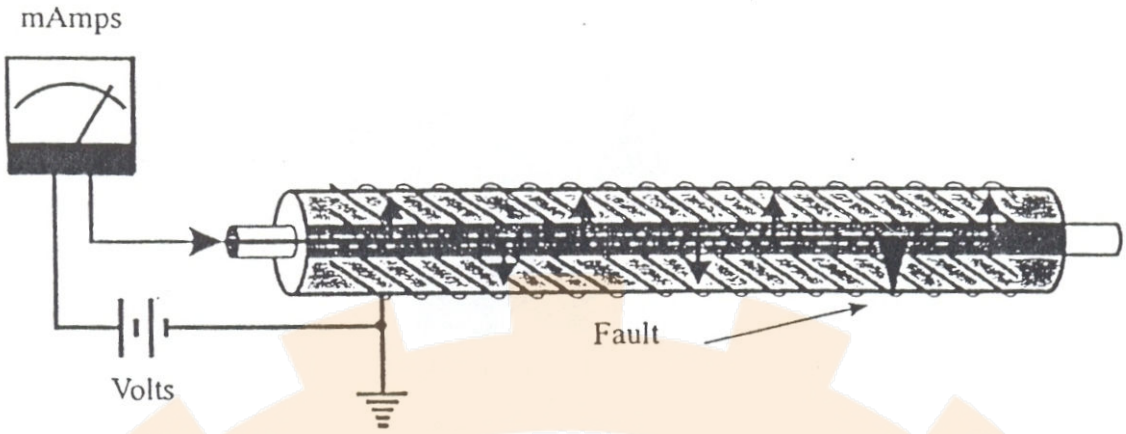
۲-۳-چرا یک کابل معیوب می شود؟

تمام عایقبندی ها با گذر زمان به صورت طبیعی دچار فرسودگی می شوند حتی وقتی که هیچ شرایط محیطی نامعلومی وجود ندارد و عایقبندی از نظر فیزیکی آسیب ندیده است بسیاری موارد همچون آب، روغن و مواد شیمیایی می توانند ایجاد آلودگی کرده و طول عمر کابل را کوتاه کنند و مشکلات جدی را موجب شوند. آسیب های ناشی از صاعقه ، حریق، بیش از حد گرم شدن ممکن است برای بازیابی سرویس نیاز به تعویض کابل داشته باشند.

۲-۴ -توصیف عیب کابل

هنگامی که در قسمتی از کابل عایقبندی به حدی فرسوده شده باشد که جریان به زمین نشت کند کابل بعنوان یک کابل معیوب در نظر گرفته می شود و محل حداکثر نشتی عموماً عیب کابل نامیده می شود وقوع عیب در یک نقطه خاص از کابل می تواند اثرات بسیار مخربی بر عایقبندی داشته باشد. (شکل ۳۱)

Power Plant Academy



شکل ۳۱: کابل معیوب

۲– ۵ –عیب یابی در کابل اولیه روزمینی

بعضی عیبها را می توان با جستجوی آسیبهای فیزیکی مشهود پیدا کرد بخصوص اگر کابل کوتاه باشد در صورت لزوم باید یک ژنراتور موج ضربه به کابل متصل شود و با قدم زدن در امتداد مسیر کابل و گوش دادن، صدای مربوط به جای دقیق عیب پیدا شود. اگر کابل خیلی طولانی باشد این کار ممکن است وقت زیادی بگیرد برای کاهش کل زمان صرف شده و به حداقل رساندن اعمال ولتاژ فشار قوی به کابل پیش از تلاش برای محل یابی دقیق عیب از یک تکنیک محل یابی موضعی استفاده کنید وقتی محل عیب بطور موضعی پیدا شود با گوش دادن می توان محل دقیق ضربه ناشی از شکست ایجاد شده بوسیله ژنراتور موج ضربه در محل عیب را پیدا کرد. برای عیبهای فلز – به – فلز (Bolted) در کابلهای مدفون نشده می توان از یک آشکار ساز ضربه الکترومغناطیسی استفاده کرد .

۲– ۶ –عیب یابی عیوب در کابل اولیه مدفون شده

عبارت اختصاصی TALL می تواند شما را به یاد سپردن استراتژی یافتن عیوب در کابل مدفون شده یاری دهد.

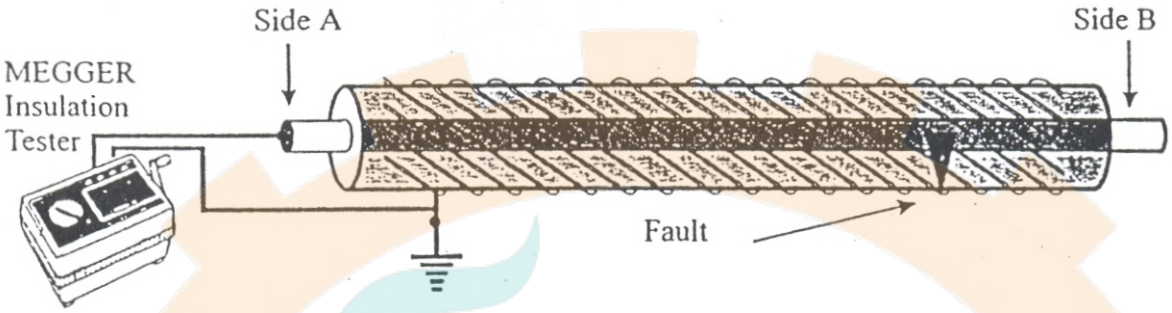
Test Analyze Localize Locate

۲–۶–۱تست با استفاده از یک تستر عایقبندی Megger :

پس از دشارژ کردن و ایزوله نمودن کابل برای عملیات عیب یابی اکیداً توصیه می شود که برای این کار مطابق یک برنامه مشخص انجام شود. اگر چه بیشتر عیبهای بین هادی و زمین هستند ولی عیبهای هادی – به – هادی و قطعی های (Open) سری نیز رخ می دهند با استفاده از یک تستر عایقبندی Megger که محدوده های مگا اهم و اهم هر دو را دارد می توان اطلاعات مفیدی در مورد مشخصات عیب به دست آورد.

با استفاده از تستر Megger یک سری اندازه گیری به شرح زیر انجام دهید:

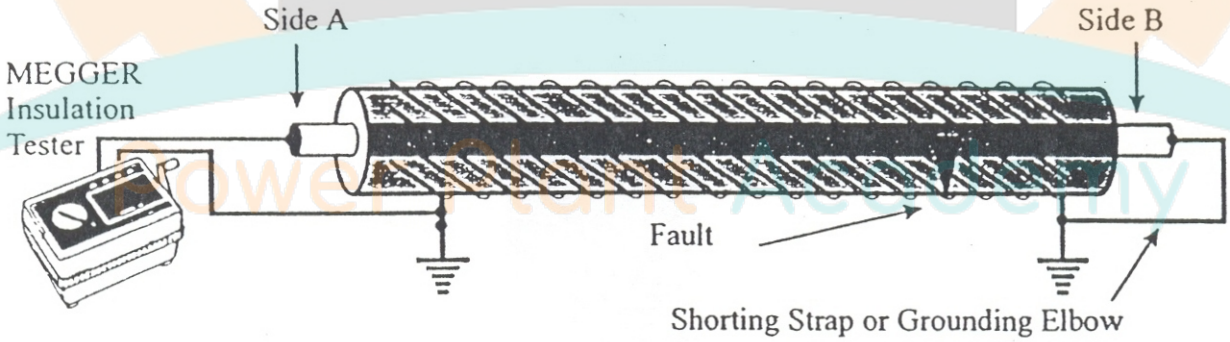
۱- مطابق شکل ۳۲، تستر Megger از طرف A بین هادی معیوب و زمین متصل کنید اندازه مقاومت عایقبندی فاز خوانده شده را ثبت کنید.



شکل ۳۲: تست Megger برای مقاومت عایقبندی فاز

۲-از طرف A تستر M egger را بین هر یک از دیگر هادیهای فاز (یکی در هر دفعه) و زمین وصل کنید (اگر کابل سه فاز است) و مقادیر اندازه گیری شده را ثبت نمایید.

۳-هادی فاز و نوترال را در طرف B مطابق شکل ۳۳ به یکدیگر اتصال کوتاه کنید و پیوستگی را از طرف A تست نمایید برای کابل با نوترال هم مرکز اگر مقادیر خوانده شده بزرگتر از ۱۰ اهم بود با استفاده از یک کابل سالم بعنوان مسیر برگشت، هادی و نوترال را بطور مستقل از یکدیگر تست کنید. به کمک این آزمایش می توان تعیین کرد که هادی معیوب است یا نوترال . اگر کابل سالمی در دسترس نبود از یک هادی عایق دار برای کامل کردن حلقه از طرف B استفاده کنید. اگر مقدار اندازه گیری شده بی نهایت باشد. احتمالاً هادی فاز یا نوترال بین سر A و سر B بطور کامل قطع است. این عیب می تواند ناشی از حفاری یا خطایی که باعث قطع شدن هادی فاز شده است باشد.



شکل ۳۳: تست Megger برای پیوستگی

٤-تمام تستهای Megger را از طرف B تکرار کنید و نتایج را ثبت نمایید

۲-۷ -تحلیل اطلاعات

اگر مقاومت عایقبندی هادی معیوب کمتر از اهم۵۰ را بیشتر از یک مگااهم باشد یافتن محل عیب نسبتاً آسان خواهد بود برای مقادیر بین ۵۰ اهم تا۱ Mاهم یافتن محل عیب مشکلتر خواهد بود از دلایل دشواری یافتن این عیبها می توان به احتمال وجود روغن یا آب در حفره ایجاد شده در اثر خطا یا وجود عیوب متعدد اشاره کرد.

اگر مقادیر مقاومت عایقبندی به دست آمده به وسیله تستر Megger کمتر از۱۰ اهم باشد، امکان ایجاد جرقه در محل عیب بوسیله روشهای ضربه زنی نخواهد بود این نوع عیب اغلب عیب bolted یا فلز به فلز (metal- to- metal) نامیده می شود. تست باید در صورت امکان از هر دو سر کابل انجام شود برای مثال اگر از طرف A مقدار اندازه گیری شده ۸ اهم و از طرف B برابر ۲۵۰ اهم باشد احتمالاً کابل قطع شده است و قسمتی که به سر A متصل است اتصال کوتاه به زمین شده است ولی قسمت متصل به سر B بدون عیب است:

۲-۸-محل عیب یابی موضعی (محل یابی اولیه / تقریبی)

انتخاب یک تکنیک محل یابی موضعی حداقل تا حدی بر اساس مشخصات عیب صورت می گیرد تکنیکها عبارتند از :

تقسیم بندی/ Divide & Coquer برای تمام عیبها

پل- برای عیبهای تکی

TDR / رادار ولتاژ ضعیف- عیبهای با مقاومت کمتر ازاهم۲۰۰ و تمام قطعی ها

روشهای رادار ولتاژ قوی- تمام عیبها

انعکاس قوی، انعکاس پالس ضربه و میرایی

آشکار سازی ضربه الکترومغناطیسی- تمام اتصال کوتاهها و بعضی قطعی ها

۲-۹- محل یابی دقیق عیب

پیش از حفاری بالای کابل دفن شده بایدمحل یابی دقیق انجام شود پس از عیب یابی موضعی یک ژنراتور موج ضربه به یک سر کابل معیوب متصل می شود و در محدوده تعیین شده به صدای ضربه برخاسته از عیب گوش داده می شود. اگر صدای ضربه به اندازه کافی بلند نباشد تا بتوان شنید باید از یک آشکار ساز موج ضربه یا آشکار ساز ضربه آکوستیکی برای محل یابی دقیق عیب استفاده کرد.

دستگاههای تست گرادیا ولتاژ برای محل یابی دقیق عیوب روی کابل ثانویه مستقیماً دفن شده مناسب هستند اما این روش بستگی به وجود عیب بین هادی و زمین دارد. اگر کابل داخل تیوب

باشد باید از یک روش دیگر استفاده کرد. هنگامی که یک کابل تکی داخل یک تیوب پلاستیکی قرار دارد، اتصال کوتاه به وجود نمی آید، مگر آنکه آب از طریق شکاف یا هر نقطه ورود دیگر با هادی تماس پیدا کنید. هنگامی که یک عیب روی می دهد جریان نشتی از هادی و از طریق شکاف عایقبندی جاری می شود و از مسیر آب وارد شده به شکاف زمین می رسد، در صورت استفاده از روش گرادیان ولتاژ جای ترک خوردگی یا شکاف در تیوب را می توان یافت ولی جای عیب در عایقبندی نا معلوم باقی می ماند.

پرسشها

۱. چه موقع عایق کابل سالم است؟
۲. چه موقع عایق کابل معیوب است؟
۳. تست یک کابل مدفون شده را با استفاده از MEGGERتوضیح دهید؟

Power Plant Academy

فصل سوم

محل یابهای کابل/ مسیر یابهای کابل

Power Plant Academy

اهداف آموزشی فصل سوم

- توصیف محل یابی کابل
- توصیف عملکرد گیرنده و فرستنده در محل یابی کابل

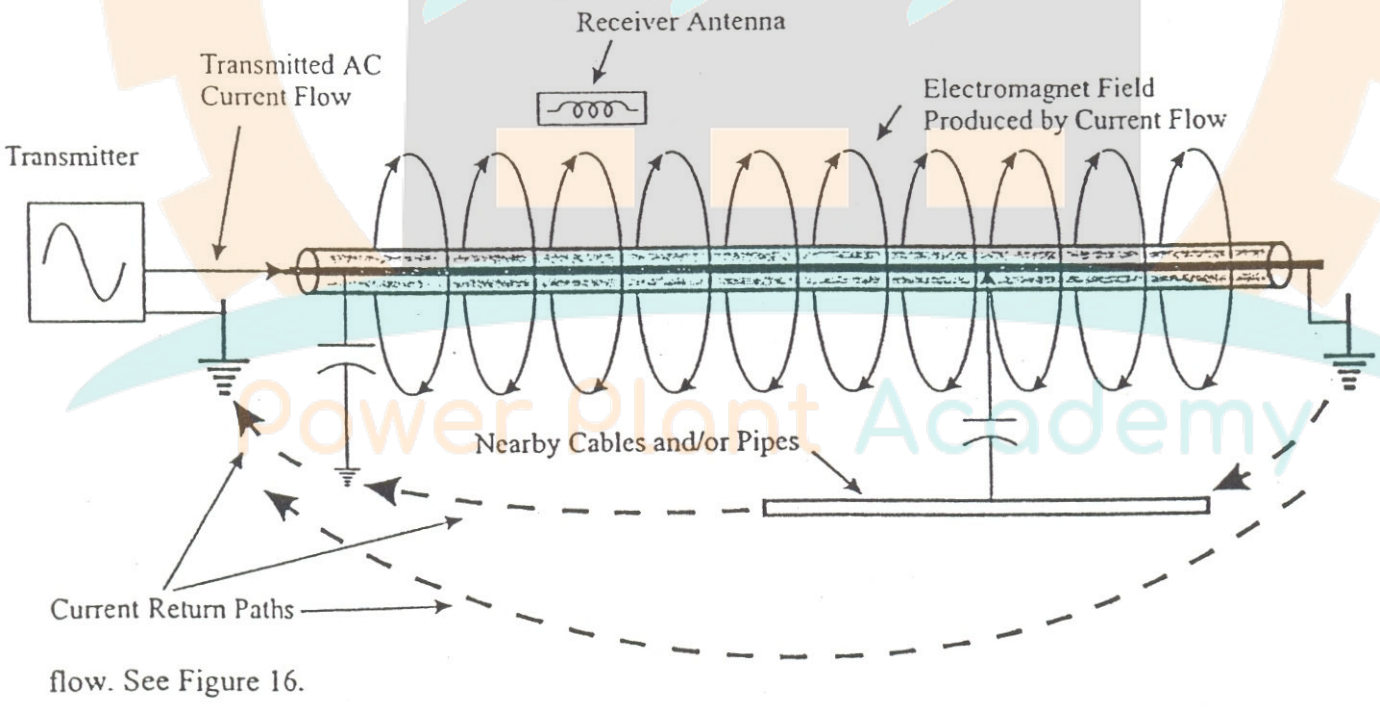
Power Plant Academy

۳-۱-مقدمه

پیش از تلاش برای یافتن جای عیوب کابل زیرزمینی، بخصوص عیوب کابل اولیه مستقیماً دفن شده لازم است محل قرار گرفتن کابل و مسیری که طی می کند معلوم شود اگر عیب روی کابل ثانویه باشد اطلاع از مسیر دقیق کابل ضروریست با توجه به این که یافتن عیب یک کابل بدون دانستن محل کابل بسیار دشوار است بهتر است پیش از آغاز پروسه عیب یابی به محل یابی و مسیر یابی پرداخته شود. موفقیت در محل یابی یا ردیابی مسیر کابل الکتریکی و لوله فلزی بستگی به دانش هنر و تجربه زیاد اپراتور دارد. محل یابی کابل کار پیچیده ای است و هر چه تجهیزات نصب شده در زیر زمین بیشتر باشند بر این پیچیدگی افزوده می شود آگاهی از نحوه کار و نوع دستگاهی که باید به کار رود از اهمیت زیادی برخوردار است. همه محل یابهای متداول متشکل از دو مدل هستند.

فرستنده: یک ژنراتور جریانی که سیگنال جریان مورد نیاز برای ردیابی کابل زیرزمینی یا لوله را تأمین می کند.

گیرنده: میدان الکترومغناطیسی تولید شده بوسیله جریانAC فرستاده شده را آشکار می کند (شکل ۱۶)



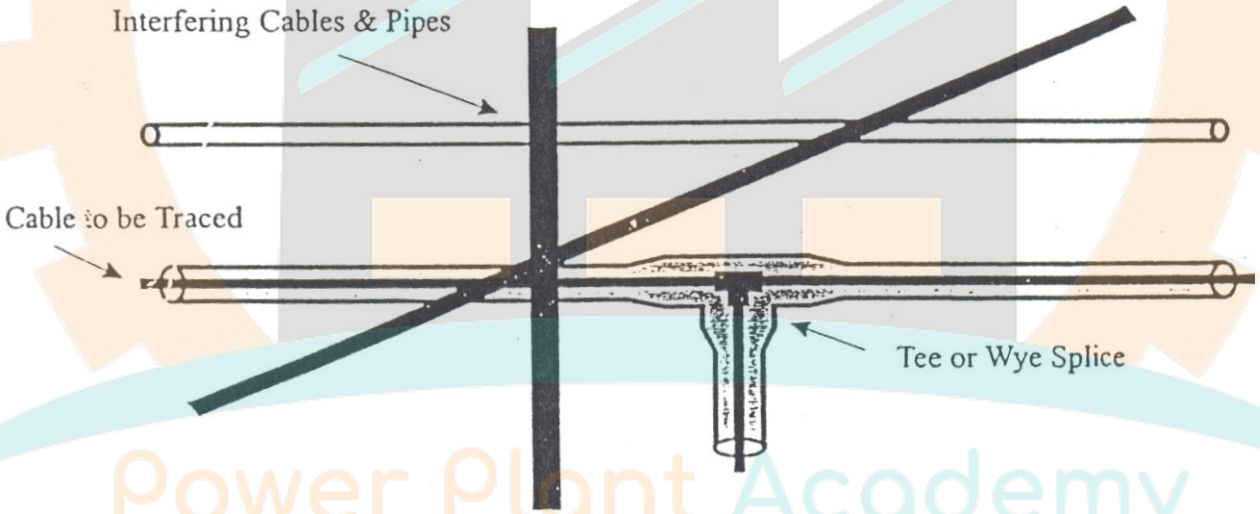
شکل ۱۶: نحوه کار محل عیب یاب کابل

پیش از آغاز کار پاسخ دادن به سؤالات ذیل مفید واقع خواهد شد.

- کابل از چه نوعی است؟
- آیا در کل مسیر، نوع کابل یکسان است؟
- آیا کابل مورد نظر تنها کابل موجود در کانال است؟

- آیا تپی وجود دارد؟
- کابل تک فاز است یا چند فاز؟
- کابل غلاف دار است یا بدون غلاف؟
- کابل مستقیماً دفن شده است یا داخل تیوب است؟
- آیا لوله های فلزی یا دیگر سازه های زیرزمینی زیر، رو یا نزدیک کابل مورد نظر وجود دارد؟
- آیا کابل مورد نظر از طریق نوترال به دیگر کابلها متصل است؟

پاسخ به این پرسشها شما را در انتخاب مناسبترین محل یاب و محل یابی موفقیت آمیز کابل یاری می دهد.(شکل ۱۷)

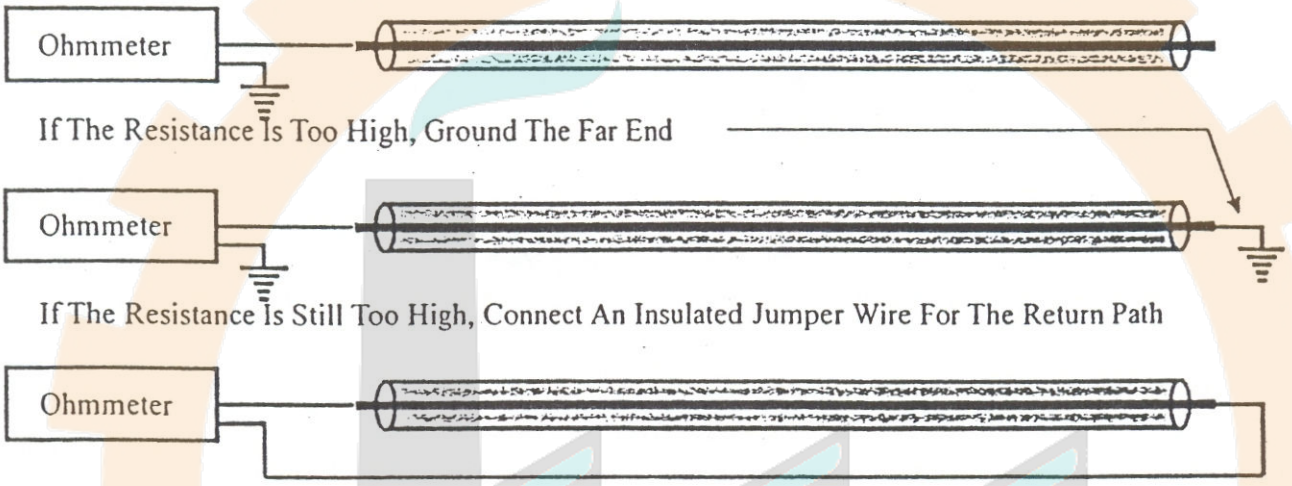


شکل ۱۷: کابل تحت آزمایش

اگر فرستنده ها مجهز به وسایلی برای نشان دادن مقاومت مداری که جریان را به آن می فرستند هستند و می توانند جریان فرستاده شده را اندازه بگیرند جریان خروجی را می توان به چندین طریق چک کرد بدین ترتیب:

۱- بوسیله اندازه گیری مقاومت مداربا یک اهم متر

اگر مقاومت کمتر از مقدار ذکر شده در دفترچه راهنما باشد (معمولاً حدود80000 max اهم)جریان کافی برای ردیابی مناسب کابل وجود خواهد داشت البته این عبور جریان فرستاده شده از کابل مورد نظر را تضمین نمی کند زیرا ممکن است مدارهایا لوله های دیگری بصورت الکتریکی به کابل مورد نظر متصل باشند و بصورت مقاومتهای موازی عمل کنند و در نتیجه مقاومت اندازه گیری شده را تحت تأثیر قرار بدهند. (شکل ۱۸)



شکل ۱۸: به کار گرفتن یک اهم متر برای اندازه گیری مقاومت مدار

۲- بوسیله مشاهده قدرت سیگنال واقعی منتقل شده توسط فرستنده: اکثر فرستنده ها دارای اندازه گیری یا شاخصی از جریان خروجی می باشند ممکن است یک سطح سیگنال حداقل برای ردیابی موفقیت آمیز در دفترچه راهنما ذکر شده باشد.

۳- بوسیله توان سیگنال دریافتی توسط گیرنده: در بسیاری از محل یابها اعداد شاخص سطح سیگنال بصورت دیجیتالی در گیرنده نمایش داده می شوند در مدلهای قدیمیتر، توان سیگنال بوسیله میترهای آنالوگ یا گرافهای میله ای نمایش داده می شود سطح سیگنال متناسب با دامنه جریانی است که بطور واقعی در کابل تحت آزمایش جاری می شود با کسب تجربه در زمینه ردیابی، اپراتور توانایی قضاوت در مورد به اندازه کافی بالا بودن یا نبودن اعداد نمایش داده شده پیدا می کند در بین این سه راه ذکر شده این راه عملی ترین راه برای چک کردن جریان سیگنال است به خاطر داشته باشید که شدت میدان الکترومغناطیسی آشکار شده به وسیله

گیرنده، نسبت مستقیم با مقدار جریان جاری شده درهادی و فاصله تا هادیی که ردیابی می شود دارد.

۳-۲- محل یابی کابل

تستهای آزمایش محل یابی کابل که اغلب با نام مسیر یابهای کابل از آنها یاد می شود با توجه به ظرفیت ردیابی مسیر کابل به دو نوع تقسیم می شوند:

- فرکانس پایین معمولاً زیر ۲۰KHZ که گاهی فرکانس شنوایی نامیده می شود.
- فرکانس بالا معمولاً بیش از ۲۰ KHZو در محدوده RF حدود ۱۲۰KHZ
- اکثراً ردیابها دارای مورد۶۰ HZ هستند تا امکان ردیابی کابلهای برق دار وجود داشته باشد.

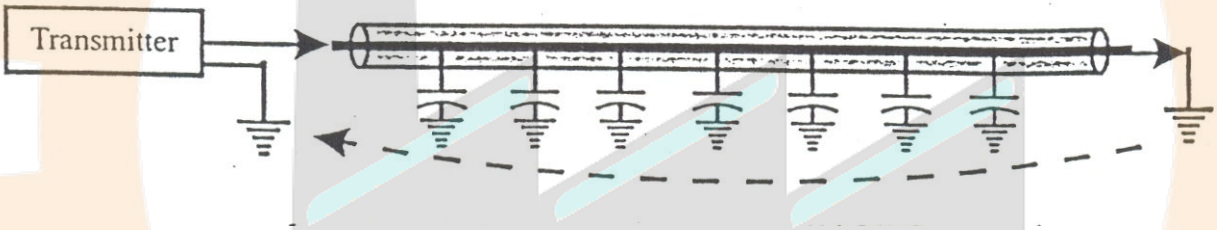
گزینه فرکانس پایین (شنوایی) از عمومیت بیشتری برخوردار است زیرا در ردیابی مسیر کابلهای واقع در مناطق پر ازدحام مؤثرتر است فرکانس پایین در فواصل بزرگتر مؤثرتر است زیرا نشتی خازنی کمتر است .کاربرد فرکانس بالا محدود به مناطق بدون ازدحام و همچنین کابلهای با طول نسبتاً کوتاه می باشد اگر یک مسیر بازگشت مناسب تعبیه شده باشند فرکانسهای پایین و بالا را می توان بطور مؤثری برای فواصل بسیار طولانی بکار برد هم اکنون محل یابهایی در دسترس هستند که به امکان انتخاب یک سیگنال فرکانس پایین (AF) فرکانس بالا (RF) یا ۶۰HZرا با توجه به نیاز به یک کاربرد خاص می دهند.

HOOkUPS-1-2-3

هنگامی که باید یک کابل ثانویه مستقیماً دفن شده ردیابی شود فرستنده به هادی متصل می شود هنگامی که انواع کابلهای کواکسیال باید ردیابی شوند، سیگنال را می توان در هادی فاز یا نوترال فرستاد.

هر گاه امکان پذیر باشد سرسیمهای تست اتصال مستقیم را که در محل یاب تعبیه شده است به کابل مورد نظر متصل کنید، به این روش اتصال اغلب روش اتصال هادی (Conductive) می گویند یکی از سرسیمهای خروجی فرستنده (معمولاً قرمز) را به هادی تحت آزمایش متصل کنید و از تماس کامل گیره سوسماری اطمینان حاصل کنید سر سیم دیگر (معمولاً سیاه) را به میله زمین فلزی متصل کنید و مطمئن شوید که پین تماس کامل با زمین برقرار کرده است هنگامی که زمین خشک است شاید لازم باشد میله زمین فلزی بلند تری به کار رود و آب روی میله زمین ریخته شود تا میله تماس بهتری با زمین برقرار کند میله زمین را تا جای ممکن دور از کابل تحت آزمایش قرار دهید اما نباید از روی کابلها و لوله های مجاور عبور کند شاید لازم

شود جای میله زمین برای به دست آوردن نتایج مناسب، عوض شود. هنگامی که از یک کوپلر کلمپ (برشگریا محدود کننده) برای القای سیگنال جریان به کابل مورد آزمایش استفاده می شود ممکن است نیاز به تکمیل حلقه جریان سیگنال باشد با اتصال سیمهای جامپر از دو سر کابل به زمین می توان جریان کافی از کابل تحت آزمایش عبور داد. بخاطر داشته باشید که برای عبور جریان باید یک حلقه یا مسیر برگشت به منبع وجود داشته باشد. هنگامی که ماجول فرستنده برای فرستادن سیگنال بصورت القایی به کار می رود فرستنده باید روی زمین بالای کابل تحت تست قرار داده شود. از کامل بودن حلقه جریان سیگنال، اطمینان حاصل کنید و ماجول فرستنده را برای جلوگیری از تداخل سیگنالهای تولید شده در اندازه کافی دور از گیرنده نگه دارید به خاطر داشته باشید که بهترین تکنیک اتصال سرانتهایی ایزوله شده کابل مورد نظر به یک میله زمین دور از سر انتهایی کابل می باشد این کار مقاومت حلقه را کاهش می دهد جریان فرستاده شده را افزایش می دهد و شدت سیگنالی که باید به وسیله گیرنده آشکار شود را افزایش می دهد. (شکل ۱۹)

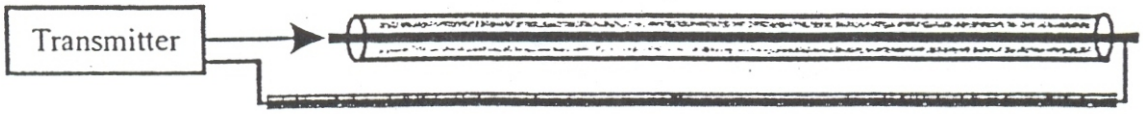


شکل ۱۹: Hookup نشان دهنده میله زمین در سر انتهایی کابل تحت آزمایش

هنگامی که سر انتهایی پارک و ایزوله شده است جریان حلقه کاملاً وابسته به کوپلینگ خازنی از طریق عایقبندی یا Jacket کابل و از طریق هر خطای نسبت به زمینی که موجود باشد است. (شکل ۲۰)

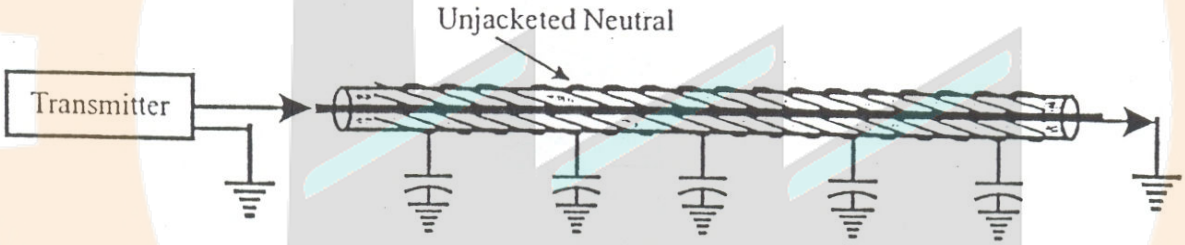
شکل ۲۰: Hook up بدون میله زدن در سر انتهایی کابل تحت آزمایش

اگر مقاومت حلقه هنوز خیلی زیاد بود می توانید برای بهبود حلقه جریان سر انتهایی کابل تحت آزمایش را به وسیله یک سیم جامپر عایق دار به فرستنده متصل کنید (شکل ۲۱) بخاطر داشته باشید که مسیر سیم جامپر را برای جلوگیری از تداخل دور نگه دارید.



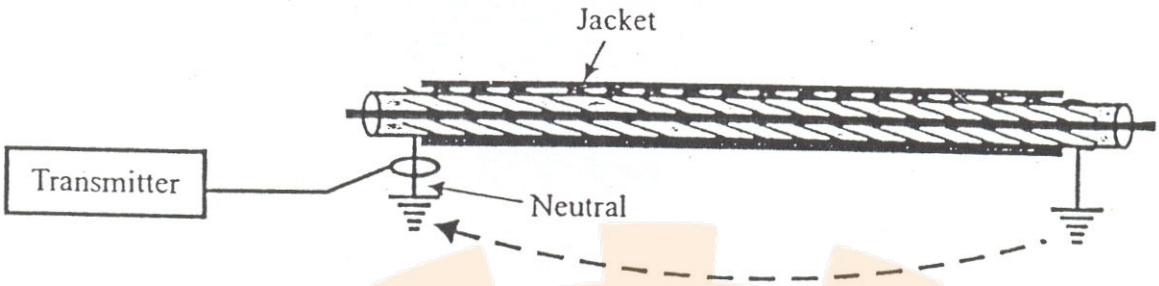
شکل ۲۱: استفاده از سیم جامپر برای بهبود حلقه جریان

کابل کواکسیال مستقیماً دفن شده را می توان با اتصال فرستنده به هادی یا به نوترال، ردیابی کرد به یاد داشته باشید که هنگامی که فرستنده به هادی متصل می شود سیگنال می تواند بسیار راحت تر به دیگر کابلها که ممکن است به سیستم نوترال متصل باشند جاری شود. با این حال هنگامی که فرستنده به نوترال متصل می شود، سیگنال ردیابی گاهی قویتر است این موضوع بخصوص هنگامی که از یک کلمپ یاکوپلر جریان استفاده می شودصادق است (شکلهای ۲۲ و ۲۳ و ۲٤)

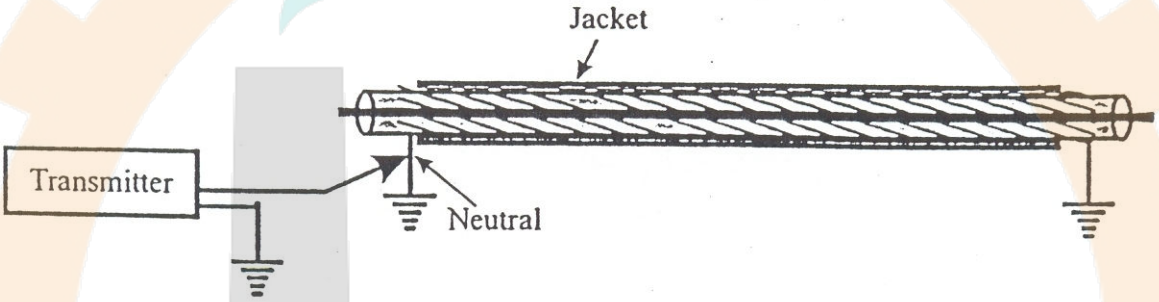


شکل ۲۲: اتصال مستقیم به هادی در کابل اولیه بدون Jacket

توجه داشته باشید که قسمتی از جریان فرستاده شده به هادی جریانی را در نوترال القا می کند ولی قویترین جریان از هادی عبور می کند بنابراین قویترین میدان قابل آشکار سازی به وسیله هادی تولید می شود همچنین انتظار می رود جریان خازنی تولید شده بوسیله دیگر کابلها با نوترال مشترک میدانهای قابل آشکار سازی ضعیفتری تولید کند.



شکل ۲۳: اتصال مستقیم به نوترال در کابل اولیه Jacket دار



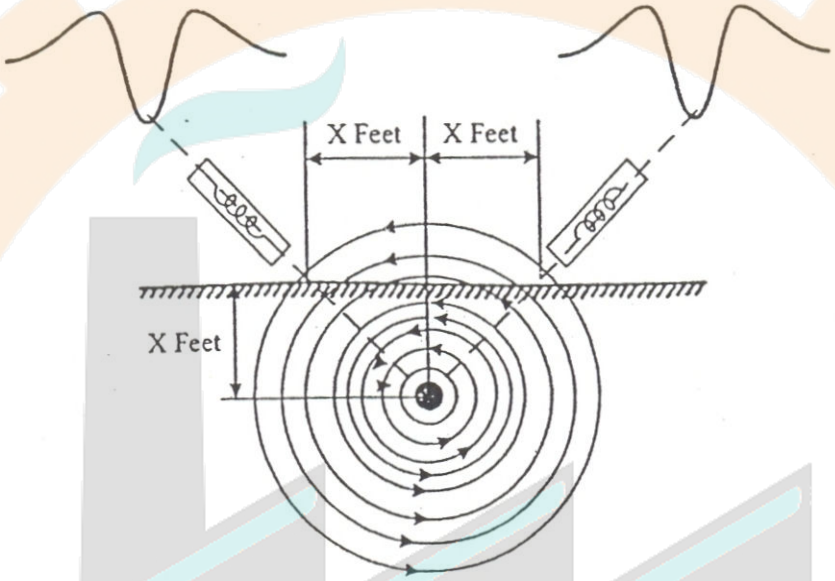
شکل ۲۴: اتصال کوپلر جریان به نوترال در کابل اولیه Jacket دار

۳-۲-۲-استفاده از گیرنده:

پس از اتصال مناسب فرستنده توجه خود را معطوف گیرنده می نماییم در بسیاری از گیرنده های مدرن می توان بوسیله تکمه های مود Nullingیا Peaking ردیابی راانتخاب کرد.دربعضی از مدلهای قدیمی تر لازم است وضعیت سر آنتن از حالت افقی به حالت عمودی تغییر داده شود. در بسیاری از گیرنده های جدیدتر با فشار یک دکمه می توان عمق را به صورت اتوماتیک اندازه گیری کرد در گیرنده های قدیمی تر لازم است سر آنتن در وضعیت ٤٥ درصد قرار داده شود و به دنبال آن پروسه نشان داده شده در شکل(۲۵) انجام داده شود در مورد عملکردی Peaking هنگامی که گیرنده دقیقاً روی کابل تحت آزمایش قرار می گیرد، سطح سیگنال آشکار شده حداکثر است.

در مورد عملکردی Nulling هنگامی، که گیرنده دقیقاً روی کابل مورد نظر قرار می گیرد سطح سیگنال آشکار شده حداقل است (شکل ۲۶) در بعضی گیرنده ها ،هر دو مود به صورت همزمان نمایش داده می شوند. در حالت کلی هنگامی که هدف از ردیابی یافتن فقط مسیر تقریبی کابل مورد نظر است مود Peaking توصیه می شود. در صورتی که ردیابی دقیقتری مورد نیاز باشد (مثلاً برای عیب یابی ثانویه یا محل یابی گره) مود Nulling می تواند مناسبتر

باشد. سطح سیگنال گیرنده می تواند به وسیله یک نمایش گراف میله ای، یک عدد دیجیتالی یک تن صدای با ولوم متغیر و یا هر سه بیان شود. برای آغاز پروسه ردیابی، از نقطه اتصال به سمت کابل تحت آزمایش دایره ای به شعاع ۱۰ فوت یا بیشتر را جستجو کنید تا وضعیتی با قویترین دریافت سیگنال را در مود Peaking پیدا کنید. (شکل ۲۷)

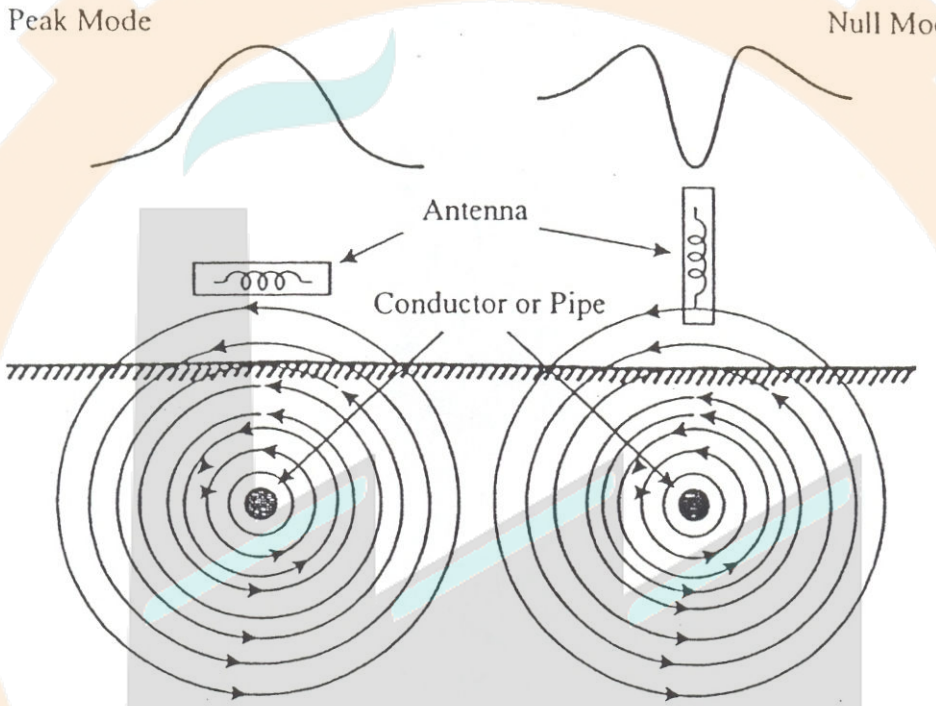


شکل ۲۵: اندازه گیری عمق با استفاده از روش نول با آنتن در زاویه ۴۵ درجه

در امتداد مسیر با قویترین سطح سیگنال پیش بروید و هنگامی که خواندن سطح شدت سیگنال در گیرنده به کار رفته امکان پذیر شد، به مقدار آن توجه کنید در طول ردیابی کابل مورد نظر، عمق را تناوباً چک کنید اگر با پیش رفتن در امتداد مسیر و دور شدن از فرستنده مقدار سطح سیگنال افت کند بدین معنی است که، عمق افزایش یافته است. اگر با پیش رفتن در امتداد مسیر سطح سیگنال افزایش پیدا کند بدین معنی است که عمق کاهش یافته است اگر سطح سیگنال کاهش یابد بدون اینکه عمق افزایش یابد بدین معنی است که گیرنده از یک خطای زمین یا یک گره عبور کرده است.

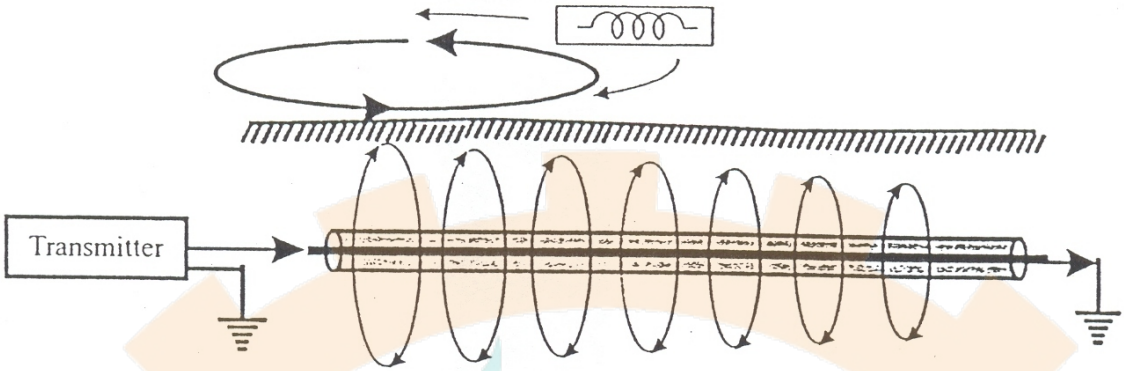
در فواصل بعد از عیب جریان فرستنده عبوری به شدت کاهش می یابد و تنها ناشی از نشت خازنی می باشد. بنابراین با کاهش سطح سیگنال می توان نتیجه گرفت که گیرنده از روی عیب عبور کرده است. گیرنده محل یابهای جدیدتر دارای آنتنهای ترکیبی است و در صورت نبود تداخل ، میدان مغناطیسی پیک و نول کابل تحت آزمایش هر دو حس می شوند تداخل ناشی از هادیها و لوله های دیگر مقادیر پیک و نول خوانده شده را تحت تاثیر قرار می دهد. این مشکل

در هنگام انجام محل یابی تشخیص داده نمی شود و تنها موقعی کشف می شود که حفاری انجام شده است برای جلوگیری از این مشکل باید سعی کرد از جاری شدن یا نشت جریان سیگنال به دیگر هادیهای موجود در منطقه جلوگیری کرد که اغلب غیر ممکن است. اگر چه محل یابهای جدید هم دارای آنتن نول و هم پیک هستند که به وسیله میکروپروسسور کنترل می شوند ولی در انواع قدیمیتر مودهای عملکردی نول و هم پیک مستقل از هم هستند شکل(۲۸) پاسخهای آنتن به میدانهای مغناطیسی تولید شده به وسیله هادیها و لوله های حاصل جریان و وضعیتهای محل یابی گوناگون را نشان می دهد.

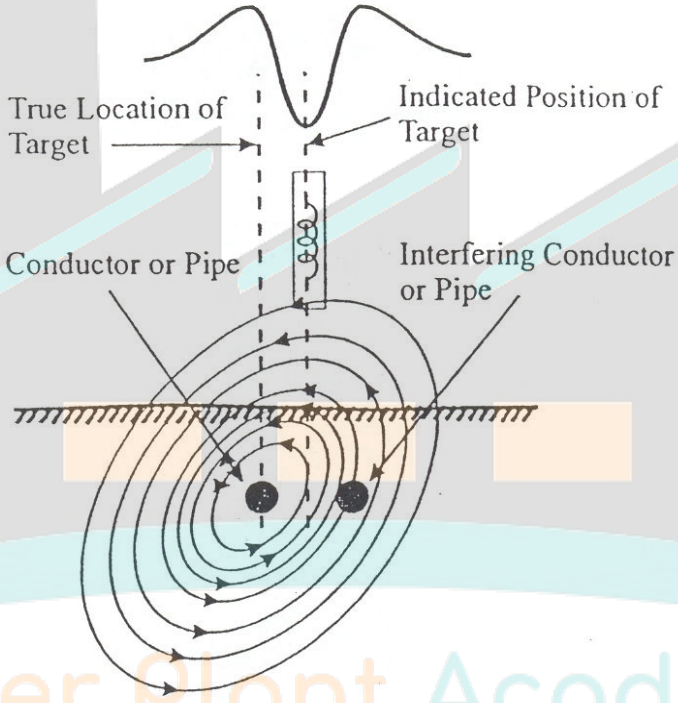


شکل ۲۶: بدون وجود تداخل – بدون وجود اختلاف بین مرکز میدان مغناطیسی و مرکز کابل

Power Plant Academy



شکل ۲۷: مسیر دایره زدن با گیرنده



شکل ۲۸: اختلاف ناشی از تداخل کابل به غیر از کابل تحت آزمایش

پرسشها

۱. **hookups**راتوضیح دهید؟

۲. گیرنده ها در محل یابی کابل به چه شکل عمل می کنند؟

فصل چهارم

ژنراتورهای موج ضربه ، فیلترها و کوپلرها

Power Plant Academy

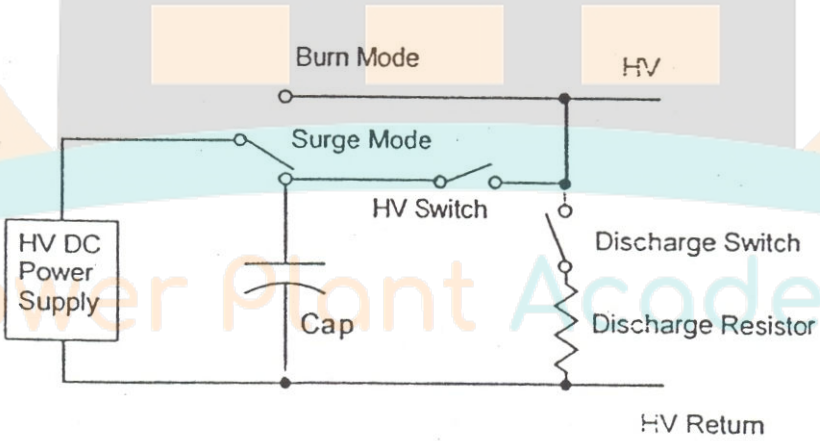
اهداف آموزشی فصل چهارم

- آشنایی با ژنراتورهای موج ضربه

Power Plant Academy

۴-۱-ژنراتور های موج ضربه

پیش از بررسی ژنراتورهای موج ضربه باید یاد آور شویم که دو راه اصلی برای عیب یابی وجود دارد روشهای ترمینال (Terminal) و روشهای ردیاب(Tracar) روشهای ترمینال مستلزم آزمایش کابل از انتهای کابل می باشند و شامل آزمایش دی الکتریک dc می شوند در این حالت کابل به شیوه ای خاص آزمایش می شود و نتایج با یک مرجع معلوم مقایسه می شوند. روشهای ردیاب همچنین ازانتهای کابل انجام می شوند، اما بجای مقایسه نتایج آزمایش با یک مقدار استاندارد یا معلوم ، یک سیگنال به کابل اعمال می شود و با حرکت در امتداد کابل یا ردیابی کابل تغییرات سیگنال آشکار می شوند. روش ردیاب بر اساس استفاده از ژنراتور موج ضربه می باشد یا به عبارت دقیقتر از نظر فنی روش دشارژ خازنی می باشد در سالهای اخیر ژنراتور های موج ضربه یا "Thumpers"به خاطر اثرات مخربی که می توانند روی کابلهای XLPE داشته باشند بحث و جدلهای بسیار زیادی را موجب شده اند تحقیقات نشان داده است که آزمایشهای dc ولتاژ قوی که بصورت بی رویه روی کابلهایی از نوع XLPE اعمال می شوند می توانند اثرات مخرب داشته باشند این مطلب در مورد کابلهای PILC که نوعاً به ولتاژ بالاتر و انرژی بیشتری برای عیب یابی نیازمندند صادق نیست و آسیبی به کابل نمی رسد این دستگاه که این همه روی آن حساسیتهای بی مورد نشان داده می شود در ساده ترین شکل خود چیزی بیش از یک منبع تغذیه نیست که یک خازن را شارژ می کند و سپس انرژی ذخیره شده در خازن بوسیله یک سوئیچ در کابل تحت آزمایش تخلیه می شود . (شکل ۴۲)



شکل ۴۲: نمودار بلوکی ژنراتور موج ضربه

استفاده از ژنراتور موج ضربه مستلزم ایزوله کردن کابل تحت آزمایش و رعایت تمام اصول ایمنی می باشد حین ارسال موج ضربه، باید در امتداد مسیر کابل قدم زد و با گوش

دادن به صدای ضربه (Thump) تولید شده در محل عیب ، جای عیب را پیدا کرد . بسته به انرژی قابل تولید بوسیله ژنراتور ، ولتاژ ، نویز محیط ، نوع عیب و عمق کابل این کار ممکن است به مدت زمان زیادی احتیاج داشته باشد در تمام این مدت، کابل تحت ضربات امواج ضربه ولتاژ قوی ۲۵ kv یا بالاتر با جریان لحظه ای چند هزار آمپر می باشد .

۴-۲-تست کابل

دستگاههای آزمایش دی الکتریک dcولتاژهای بسیار بالایی در سطوح جریان کم تولید می کنند و می توانند جریانهای نشتی بسیار کم را در کابلهای سالم بدقت اندازه گیری کنند دستگاه آزمایش همچنین باید قادر به آشکار سازی و جبران جریانهای سطحی باشد که بنام حفاظت (Guarding) نیز شناخته می شود .

تحقیقات نشان داده است، که آزمایشdc ولتاژ قوی به کابل XLPE آسیب می رساند . ژنراتورهای موج ضربه حداقل در مورد کابلهای XLPE جزو آزمایشهای مخرب به حساب می آیند. اگر چه ژنراتورهای ضربه نمونه تحت آزمایش را بطور کامل تخریب نمی کنند، ولی اعمال امواج ضربه ولتاژ قوی به مدت زیاد می تواند شتاب بیشتری به آسیبهای وارده در حین کار ببخشد و می تواند منجر به خرابی های زود هنگام شود. اعمال امواج ضربه همچنین می تواند باعث گسترش و تسریع مشکلات جزئی یا شاخه شاخه شدن یک عیب شود، ولی اگر امواج ضربه ولتاژ قوی و طول مدت اعمال امواج ضربه به حداقل رسانده شود هنوز مزایایی دارد . کابلهای مدرن امروزی با استانداردهای بالایی ساخته می شوند با این حال می دانیم که هیچ عایقبندی کامل نیست و باعث نشت مقداری جریان بین دوهادی که تحت آزمایش هستندمیشود. دربعضی مواردداین جریان از هادی مرکزی به نوترال هم مرکز یا غلاف نشت پیدا می کند و در موارد دیگر از فاز به فاز . هنگام انجام آزمایش دی الکتریک dc ، این جریان معمولاً در حد میلیونیم آمپر یا میکرو آمپر می باشد. بطور کلی، تا وقتی که سطح جریان نشتی درحد چند میکرو آمپر باشد این سطح نشت قابل قبول به حساب می آید . وقتی نشتی به سطح غیر قابل قبولی می رسد عیب یاب کابل باید منبع نشتی را بیابد و با توجه به وضعیت آن ، کابل را تعمیر یا تعویض نماید.

۴-۳-منظور از عیب چیست ؟

عیب باعث نقصان کابل و عدم تامین ولتاژ کار مورد نیاز بوسیله کابل می شود با توجه به این تعریف انواع متعددی از عیوب همچون مقاومت بالا ، مقاومت کم ، فاز به فاز ، فاز به زمین و غیره وجود دارد . عیب را میتوان همچنین همانند یک مقاومت غیر خطی موازی با یک شکاف هوایی قوس الکتریکی (Spark Gap) در نظر گرفت روشهای مختلفی برای محل یابی موضعی و محل یابی دقیق این عیبها به کار می روند هنوز روشی ابداع نشده است، که بتواند جایگزین روش ضربه زنی برای عیب یابی دقیق شود .

۴-۴-نگاهی گذرا به ژنراتور موج ضربه

این دستگاهها که بیشتر با نام "Thumper "شناخته می شوند اولین بار در اواخر ۱۹٤۰ بوسیله شرکت JamesG.Biddle همراه با شرکت Delmarva Power ابداع شده و مورد استفاده قرار گرفتند. دستگاههای ساخته شده از نظر عملکرد دارای نواقصی بودند و فاقد ظرافت بودند ولی در عین حال قابلیت اطمینان بسیار بالایی داشتند و کار را انجام می دادند. با گذشت زمان تست و آزمایش نقش بیشتری در مسئولیتهای تولید کنندگان برق پیدا کرد و معلوم شد که پیش از دوباره برق – دار کردن کابلهای تعمیر شده ، چند نوع آزمایش باید صورت بگیرید و روی کابلهای نو نیز باید آزمایشهایی انجام شود دستگاه آزمایش دی الکتریک نه تنها برای تست عایقبندی کابل به کار می رود بلکه برای چک کردن جامعیت تعمیر کابل نیز استفاده می شود. استفاده از ژنراتورموج ضربه مستلزم Hooking up و سپس اعمال پالس ولتاژ قوی به کابل می باشد از این نقطه رویه ای که پیش گرفته می شودایجاد ضربه (Thump) در کابل، قدم زدن و گوش دادن و امیدوار بودن به شنیدن صدای ضربه است. مگر اینکه از محل یابی موضعی استفاده شود استفاده مفرط از ضربه زدن بدون اندیشیدن به پیامدهای آن می تواند به کابل آسیب برساند . عیب یابی بطور صحیح کاری وقت گیر است .

این وقت صرف اندازه گیری فاصله واقعی تا عیب نمی شود بلکه این وقت صرف موارد ذیل می شود :

۱) رعایت نکات ایمنی
۲) پیدا کردن جای ترانسفورماتور مربوطه
۳) باز کردن آن
٤) از بین بردن حشرات و مارهایی که در کار بینتها لانه دارند .
۵) تشخیص کابل معیوب

Power Plant Academy

۶) اطمینان حاصل کردن از این که تمام کابلهایی که باید تست شوند بی برق و زمین شده اند و غیره

در عین حال که عیب یابی صحیح کمی وقت می برد همیشه فشار فزاینده ای برای انجام زودتر کار وجود دارد . این فشارها اپراتور را وادار می سازد تا از ولتاژهای بالاتری استفاده کند تا صدای ضربه را زودتر بشنوند و جای دقیق عیب را بیابد و آنرا تعمیر کند . با توجه به اینکه نیاز به ولتاژ قوی برای قسمت شارژ خازن تولید کننده ولتاژ ضربه لازم است ، استفاده از منبع تغذیه ولتاژ قوی در ژنراتور موج ضربه برای برآورده ساختن دو خواسته ذیل باید در طراحی لحاظ شود:

۱-برای عمل کردن بعنوان منبع تغذیه ولتاژ قوی برای قسمت ضربه

۲- برای عمل بعنوان تست dc

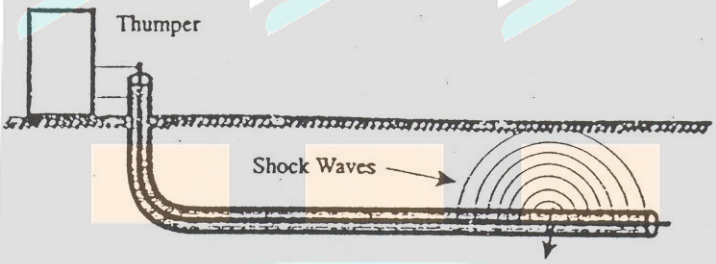
اعمال این ولتاژ بالا به کابل آزمایش "Proof"یا"Acceptance" نامیده می شود. که در ژنراتور های موج ضربه مدرن امروزی بعنوان مود وضعیت Proof/ Burn شناخته می شود . گاهی اوقات یک مشکل دیگر به وجود می آید که در آن شرایط عیب به گونه ای است که حتی وقتی که حداکثر ولتاژ ژنراتور موج ضربه هم به کابل تحت تست اعمال می شود شکست رخ نمی دهد. در این وضعیت از منبع تغذیه ولتاژ قوی ژنراتور ضربه برای ایجاد شکست در عیب و سپس فرستادن یک جریان ثابت به درون عیب استفاده می شود بطوری که وضعیت عیب به گونه ای تغییر می کند که در ولتاژی پائینتر از آن شکست رخ می دهد به این کار سوزاندن عیب می گویند و در مود Proof/ Burn انجام می شود .

۴-۵-مودهای عملکرد ژنراتورموج ضربه

سه مود عملکرد اصلی برای یک ژنراتور موج ضربه وجود دارد که بدون هیچ ترتیب خاصی عبارتند از Surge , Proof , Burn اجازه دهید درباره هر یک از این مودها و کاری که انجام می دهند و چیزی که اندازه می گیرند صحبت کنیم:

. تست Proof معمولاً برای تعیین خوب یا بد بودن عایقبندی کابل به کار می رود .تستهای Proofبر اساس نشتی آشکار شده عمل می کند ولتاژ اعمالی به کابل تحت آزمایش تا سطح ولتاژ مورد نیاز یا مطلوب افزایش داده می شود و در آن نقطه برای یک پریود زمانی از پیش تعریف شده نگاه داشته می شود اگر کابل بتواند این تست را تحمل کند ، خوب (سالم) به حساب می آید پارامتری که در حقیقت آزمایش می شود مقاومت عایقبندی است این تست باید در ابتدا انجام شود تا معلوم شود که کابل واقعاً بد (خراب) است و سپس وضعیت عیب از نظر اتصال کوتاه ، قطعی یا مقاومت بالا بودن تعیین شود پس از تعمیر ، می توان یک چک سریع از نظر جامعیت عایقبندی کابل و تعمیر انجام داد .

درطول تست Surge خازن ضربه داخلی تا سطح انتخاب شده با کنترل ولتاژ شارژ می شود و سپس به داخل کابل تخلیه می شود این پروسه زمان گیری و تکرار می شود و به ضربه زنی (Thumping) معروف است. این نام بخاطر صدای تولید شده در زمین در محل عیب انتخاب شده است، موج ضربه ناشی از تخلیه خازن کابل را طی میکند تا به محل عیب برسد این موج باعث ایجاد شکست در شکاف بوجود آمده در اثر بروز عیب می شود و جریان موج ضربه از طریق مسیر برگشت به خازن می گردد این قوس الکتریکی یا تخلیه انرژی یک صدای قابل تفکیک ایجاد می کند .(شکل ٤٣) تخلیه آنی انرژی باعث تولید نور ، گرما و صدا و در اصل یک قوس الکتریکی کنترل شده کوچک یا یک عیب کنترل شده می گردد. این قوس الکتریکی کوچک باعث به وجود آمدن یک پیشانی موج سیار در زمین می شود که در واقع همان ضربه قابل شنیدن است . با ایستادن در محدوده ای که انتظار می رود در آنجا این انفجار کوچک رخ دهد و گوش دادن به صدای ناشی از آن می توان محل دقیق عیب را تعیین کرد. گاهی اوقات چگالی زمین بالاست و یا صدا در جهت رو به پایین حرکت می کند و در نتیجه صدا را نمی توان شنید در این موارد باید از وسایل مناسب برای شنیدن صداهای ضعیف یا آشکار ساز موج ضربه برای محل یابی دقیق استفاده کرد.

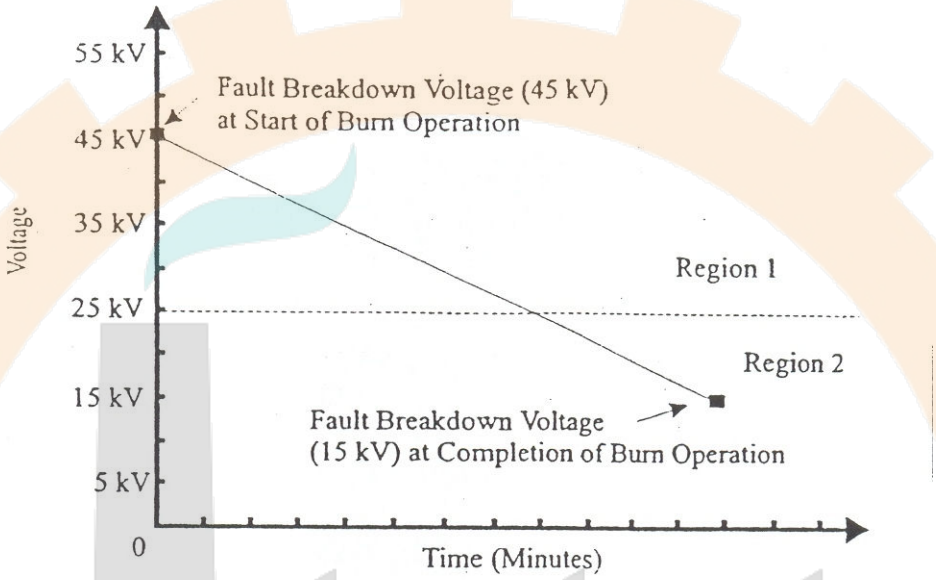


شکل ۴۳: موج ضربه اکواستیکی ناشی از قوس الکتریکی در عیب

Power Plant Academy

مود Burn موقعی به کار می رود که حداکثر ولتاژ قابل اعمال بوسیله منبع تغذیه برای ایجاد قوس در خازن ضربه و به دنبال آن کابل تحت آزمایش کافی نباشد . یعنی حتی با اعمال تمام ولتاژ در دسترس به کابل نیز، تخلیه صورت نمی گیرد این مسئله ناشی از مشخصات الکتریکی عیب است ،که می توان آن را با عمل سوزاندن تغییر داد با افزایش ولتاژ اعمالی به کابل تا حدی که شکست در عیب رخ دهد و سپس تثبیت با افزایش جریان ، سوختگی در محل عیب به وجود می آید و در نتیجه مقاومت عیب کاهش می یابد و ولتاژ لازم برای شکست کاهش می یابد .

تحقیقات اخیر نشان داده است که این عمل سوزاندن می تواند روی طول عمر کابلهای نوع XLPE تاثیر منفی داشته باشد لذا باید این مود را تنها وقتی که از نظر اقتصادی توجیه پذیر است روی این نوع کابل به کار گرفت انجام سوزاندن روی کابل PILC متداول است و اثرات زیانباری روی این نوع کابل ندارد (شکل ٤٤)

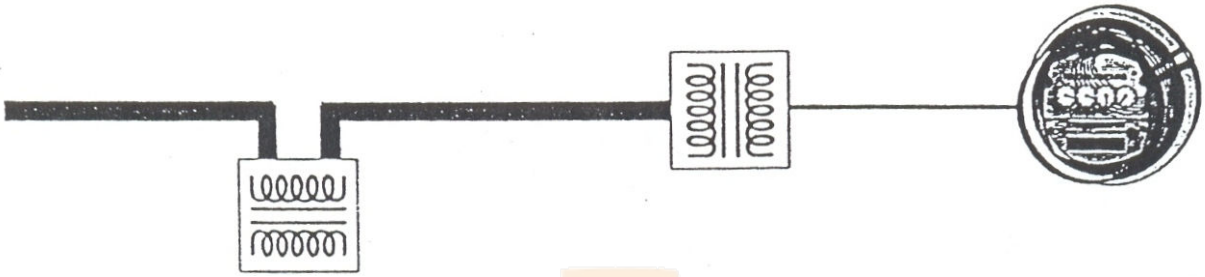


شکل۴۴: تاثیر سوزاندن روی ولتاژ شکست

با توجه به شکل بالا ، عیب ابتدا در ناحیه ۱ قرار دارد ناحیه ای که ولتاژ شکست در آن بیش از حداکثر ولتاژ ضربه قابل اعمال بوسیله ژنراتور موج ضربه است . پس از سوزاندن ، عیب به ناحیه ۲ منتقل می شود که در آن ناحیه می توان در محل عیب یابی ایجاد ضربه کرد و جای دقیق آنرا پیدا نمود .

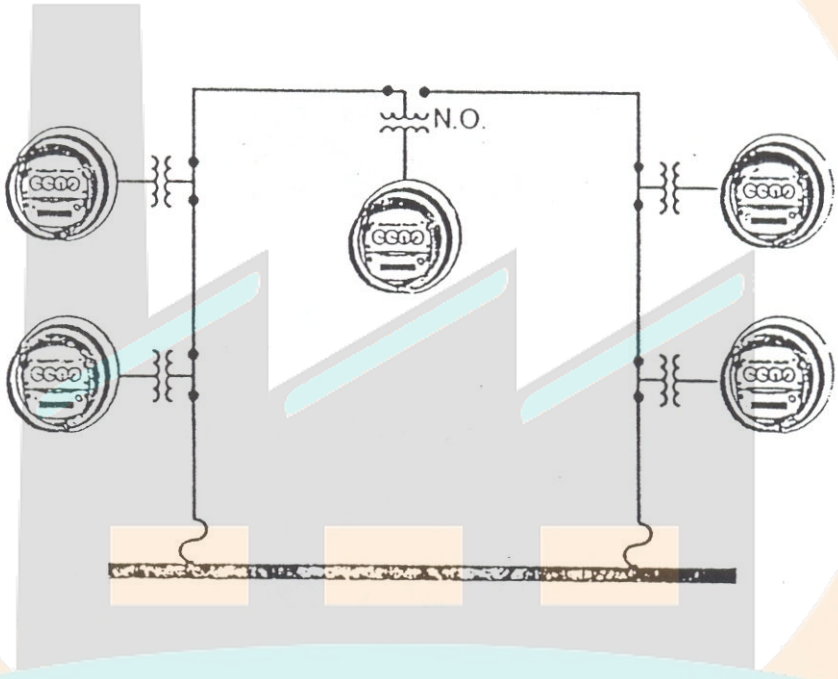
۴-۶-توزیع مسکونی زیر زمینی

توزیع مسکونی زیر زمینی (Underground Residential Distribution) که معمولاً با عنوان URD از آن یاد می شود آخرین مرحله در توزیع برق به مناطق مسکونی است . URD معمولاً بصورت تغذیه شعاعی بسیار ساده است (شکل ٤٥) و در نتیجه قابلیت اطمینان بسیار کمی دارد و در صورت وقوع عیب یا خطا قابلیت پشتیبانی بسیار ناچیزی دارد . در این نوع تغذیه یک ترانسفورماتور وجود دارد که از سیستم اولیه تغذیه می شود و مصرف کنندگان در طرف ثانویه را تغذیه می نماید .



شکل ۴۵: سیستم شعاعی URD

نوع دیگری از تغذیه بصورت حلقه باز (شکل ٤۶) است که در آن در صورت وقوع خطا یا عیب در اولیه قسمت معیوب را میتوان به آسانی ایزوله کرد و تغذیه را به تمام مصرف کنندگان ناحیه باز گرداند . کابلهای مستقیماً دفن شده اغلب از نوع XLPEیا (EPR) Ethylene Propylem Rubber هستند .



شکل ۴۶: سیستم حلقوی URD

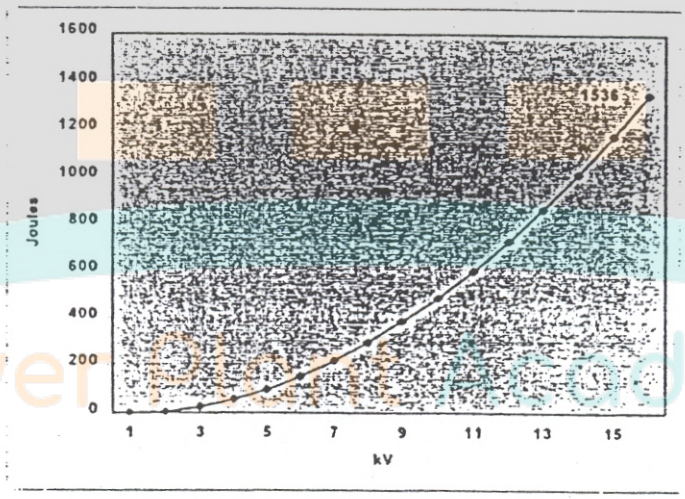
شبکه های کابلی در شهرهای بزرگ متشکل از مسیرهای کابل طویل و پیچیده می باشند کابلهای به کار رفته در این شبکه معمولاً از نوع PILC و درون ساختار نوع Duct honk / Manhole هستند فیدرها و شبکه ها در شهرهای بزرگ در زیر زمین از روی یکدیگر عبور می کنند و انرژی الکتریکی خانه ها و آسمان خراشها را تامین می نمایند عیب یابی در این شبکه های پیچیده نیاز به ژنراتور های موج ضربه ولتاژ بالا و توان بالا دارد ..

۴-۷-انرژی

برای محل یابی عیب روی کابلهای با طولها و ساختار مختلف نیاز به سطوح انرژی ژنراتور موج ضربه مختلفی می باشد کابلهای از نوع EPR , XLPE برای عیب یابی نیاز به انرژی بسیار کمتری نسبت به یک کابل Lead با همان اندازه و ساختار دارند . این اختلاف تا اندازه ای ناشی از خازن کابل و تا حدی نیز ناشی از متوسط طول کلی مدار است برای آن بخشهایی از کابل Lead که نمی توان آنرا به قسمتهایی کوچکتر تقسیم کرد نیاز به ولتاژ و انرژی بالا برای ایجاد قوس روی عیب می باشد . انرژی تولید شده بوسیله یک ژنراتور موج ضربه بر حسب ژول (وات – ثانیه) اندازه گیری می شود تولید یک وات در طول یک ثانیه معادل کار یک ژول است بصورت ریاضی ، ژول ۱ = ثانیه ۱ × وات ۱ . هر چه انرژی بیشتر باشد صدای تولید شده قوی تر خواهد بود انرژی تولید شده بر حسب ژول بوسیله یک ژنراتور موج ضربه از فرمول ذیل محاسبه می شود .

$$E = C / (2* V^2)$$

یا به عبارت دیگر برابر است با اندازه خازن بر حسب میکرو فاراد (µf) تقسیم بر ۲ ضرب در مجذور ولتاژ بر حسب کیلو ولت . (KV) اگر یک ژنراتور موج ضربه دارای یک خازن ۱۲µf باشد و تا ۱۶ هزار ولت شارژ و سپس تخلیه شود ، انرژی تولید شده ۱۵۳۶ ژول یا وات – ثانیه خواهد بود .(شکل ٤٧)



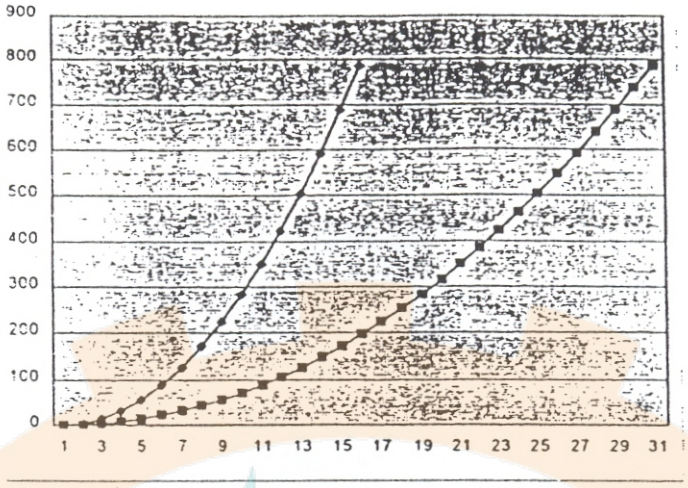
شکل ۴۷: انرژی بر حسب ولتاژ برای یک ژنراتور موج ضربه ۱۲µf

۴-۸-ظرفیت خازن

خازن انرژی الکتریکی را تا وقتی که تخلیه شود ذخیره می نماید خازن در ژنراتور موج ضربه بوسیله منبع تغذیه فشار قوی تا ولتاژ انتخاب شده شارژ می شود و سپس ازطریق یک سوئیچ فشار قوی به درون کابل تحت آزمایش تخلیه می شود اگر یک خازن ٤μF و یک خازن ۱۲μF هر دو تا ۲۵۰۰۰ ولت شارژ شوند و سپس به یک بار متصل شوند . انرژی تولید شده بوسیله خازن ٤μF برای ۲۵۰ ژول خواهد بود در حالی که انرژی منتقل شده توسط خازن ۱۲μF برابر ۷۵۰ ژول خواهد بود . کابلها با توجه به طبیعت خود خاصیت خازنی دارند زیرا خازن در اصل متشکل از دوهادی است که بوسیله یک عایق از یکدیگر جدا شده اند کابل قدرت دارای دو هادی فلزی است .یکی هادی فاز و دیگری نوترال هم مرکز یا غلاف . این دوهادی بوسیله XLPE , EPR یا کاغذ آغشته به روغن از یکدیگر جدا شده اند با توجه به این خاصیت خازنی ، حتی وقتی که کابل برق دار نیست نیز باید توجه و دقت کرد مگر اینکه بار خازنی کابل با زمین کردن آن تخلیه شود به همین دلیل پیش از انجام هر کاری روی کابل باید توجه زیادی به زمین کردن و رعایت نکات ایمنی مبذول داشت . اگر خازن ژنراتور ضربه کوچکتر از ظرفیت خازنی کابل باشد قوس الکتریکی در محل عیب برقرار نمی شود . تا این که ظرفیت خازنی کابل بطور کامل شارژ شود اگر ظرفیت خازنی کابل کمتر از ژنراتور موج ضربه باشد در اولین بار قوس روی عیب ایجاد می شود هر چه کابل طولانی تر باشد یا سیستم پیچیده تر باشد ظرفیت خازنی آن بیشتر خواهد بود .

۴-۹-انرژی ثابت بر حسب انرژی پیش رونده (Progressive)

در حال حاضر دو نوع ژنراتور ضربه در دسترس وجود دارد یکی بعنوان نوع انرژی ثابت و دیگری نوع انرژی پیش رونده ، ژنراتورهای موج ضربه انرژی نوع ثابت دارای دو یا چند خازن با یک محدوده ولتاژ برای هر یک از خازنها می باشند انرژی تنها در حداکثر ولتاژ هر محدوده ثابت است یک مثال نوعی از این نوع ، ژنراتور موج ضربه با دو محدوده ولتاژ از ۰ تا ۱۶kv و ۰ تا ۳۲kv می باشد . هنگامی که محدوده ۱۶kv انتخاب می شود یک خازن۱٤μF در مدار قرار می گیرد و هنگامی که محدوده ۳۲kv انتخاب می شود یک خازن ۵/۳μF مورد استفاده قرار می گیرد در این حالت انرژی ثابت بدین معنی است که در ولتاژ ماکزیمم چه در محدوده ولتاژ ۱۶kvو چه در محدوده ۳۲kv انرژی خروجی ثابت و برابر ۷۸۷ ژول می باشد . (شکل ٤٨)



شکل ۴۸: انرژی بر حسب ولتاژ برای یک ژنراتور موج ضربه انرژی ثابت ۱۴μF، ۵/۳ μF

تصمیم گیری در مورد سطوح ولتاژ ژنراتور موج ضربه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است . بدون ولتاژ باندازه کافی بالا ، شکست در عیب رخ نخواهد داد و ولتاژ بسیار زیاد هم ممکن است به کابل آسیب برساند اگر شکست در عیب رخ ندهد صدای ضربه ای هم برای تشخیص و عیب یابی دقیق وجود نخواهد داشت ، یک نکته بسیار مهم این است که پالس ولتاژ یا موج ضربه ، هنگام انعکاس از سرباز ایزوله شده کابل باز بدون عیب ،از نظر دامنه پیک به پیک دو برابر می شود . این وضعیت در حالتی که کابل عیب دار هست نیز وجود دارد اما دو برابر شدن ولتاژ فقط بین عیب و سر ایزوله شده کابل رخ دهد . بطور خلاصه اگر موج ضربه اعمالی ۱۵kv باشد کابل بین عیب و سرباز تحت تاثیر موج ضربه ۱۵kv پیک به پیک یا ۳۰kv خواهد بود. بنابراین پس از عیب یابی روی کابلی که گرههای متعدد دارد و آزمایش از یک سر کابل روی آن انجام شده است، باید کابل را از محل آخرین گره به بعداز نظرخطای جریانی بررسی کرد.این قسمت ازکابل تحت تاثیردوبرابر شدن ولتاژاز آخرین محل عیب بوده است و به احتمال زیاد در یک نقطه ضعیف از این قسمت کابل خطا ایجاد شده است .

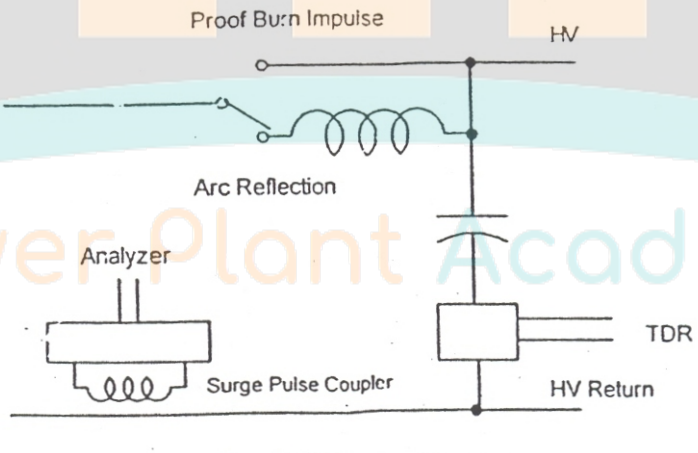
Power Plant Academy

۴-۱۰-فیلترهای انعکاس قوس

با استفاده از فیلتر انعکاس قوس می توان دستگاهی را که پالسهای ۱۰ ولت تولید می کند به کابلی متصل کرد که به آن امواج ضربه ۱۰۰۰۰ ولت اعمال می شود این فیلتر همچنین کمی هم کار مسیر یابی پالس را انجام می دهد تا از عبور پالسهای فشار قوی و ضعیف در کابل تحت آزمایش اطمینان حاصل شود هدف اصلی از به کار بردن فیلتر ، امکان آزمایش و بررسی کابل حین اعمال موج ضربه بوسیله آنالایزر است بدون این که این موج اثر مخربی روی آنالایزر

داشته باشند فیلتر می تواند دارای یک کوپلر برای تولید پالس ضربه باشد . دو نوع فیلتر انعکاس قوس وجود دارد سلفی و مقاومتی هر دو نوع مطابق شکل ٤٩ ، در مدار بین ژنراتور موج ضربه و کابل تحت آزمایش قرار می گیرند فیلتر سلفی دارای یک چوک است که تولید پالس ژنراتور ضربه را کند می نماید و پالسها را از نظر زمانی بسط می دهد با این کار ، قوس الکتریکی در محل عیب بیشتر طول می کشد و پالسهای TDR بیشتری منعکس می کند در نتیجه امکان دریافت و نمایش یک انعکاس پایین رونده افزایش می یابد اندوکتانس چوک همچنین مانع از بازگشت TDR به خازن ژنراتور ضربه و اتصال کوتاه شدن آن می شوند یکی از مزایای فیلتر سلفی این است که ولتاژ اعمالی به کابل تحت آزمایش را محدود به مقدار ولتاژ مورد نیاز برای ایجاد شکست در عیب می کند .چوک فیلتر سلفی همچنین مقدار کمی از انرژی ژنراتور موج ضربه را جذب می کند و قسمت اعظم آن وارد کابل شده و صرف ایجاد قوس در عیب می شود در نوع دیگر فیلتر از مقاومت برای انجام کار استفاده شده است و قیمت کمتر و اندازه کوچکتری نسبت به فیلتر سلفی دارد . مقاومت نیز عمل بوکله کردن پالسهای TDR را انجام می دهد و شکل موج پالس ژنراتور ضربه را کمی تغییر می دهد ولی ولتاژ را محدود نمی کند هر دو نوع فیلتر بخوبی کار می کنند و فرق چندانی نمی کند از کدام فیلتر در دستگاه استفاده شده باشد .

بیشتر فیلترها دارای یک کوپلر نیز می باشند و می توانند با استفاده از روش انعکاس پالس ضربه عمل محل یابی اولیه را انجام دهند کوپلر می تواند از نوع سلفی یا از نوع خازنی باشد هر دو نوع کوپلر بخوبی کار می کنند و تنها فرق آنها این است که شکلهای موجهای نمایش داده شده در دو حالت کمی با یکدیگر فرق دارند



شکل ۴۹: مدار انعکاس قوس

پرسشها

۱. ظرفیت خازنی کابل چه تاثیری درکارایی ژنراتورهای موج ضربه دارد؟

۲. انرژی ژنراتور موج ضربه چه تاثیری در عیب یابی کابل دارد؟

۳. مودهای عملکردی ژنراتور موج ضربه را توضیح دهید؟

Power Plant Academy

فصل پنجم

نحوه نگرش به مسائل کابل زیرزمینی

Power Plant Academy

اهداف آموزشی فصل پنجم

- توصیف شیوه های عملکرد آنالایزرها
- آشنایی با روش TDRولتاژضعیف و کاربردآن
- آشنایی با روش انعکاس قوس
- آشنایی با روش انعکاس قوس تفاضلی
- آشنایی با روش انعکاس

Power Plant Academy

۵-۱-توضیح کلی:

آنالایزرها امکان نمایش تصویری حوادث گوناگون روی کابل الکتریکی را فراهم می کنند و به عنوان مرکز کنترل سیستم های تست عیب یابی کابل پیشرفته به حساب می آیند.

-

۵-۲-شیوه های عملکرد:

نمایشهای تصویری (شامل نمایش ردها یا علامتهای کابل) بصورت مجزا می باشد. علامتها نمایانگر پالسهای منعکس شده ناشی از تغییرات امپدانس در کابل تحت آزمایش می باشند. هنگامی که نشانگرهای قابل تنظیم که کرسر نامیده می شوند حرکت داده شده و در امتداد انعکاسهای قرار داده می شوند، فاصله تا محل تغییر امپدانس بصورت دیجیتالی نمایش داده می شود. هنگامی که به عنوان یک TDR استفاده می شود، فاصله تقریبی تا نقاط برجسته مهم نظیر انتهای کابل، گره ها، اتصالات و ترانسفورماتورها را نیز می توان اندازه گرفت. در ادامه تعریفی کوتاه از پنج شیوه عملکرد برنامه ریزی شده که عمومیت بیشتری دارند آورده شده است.

۵-۲-۱- انعکاس سنجی حوزه زمانی

این روش که اغلب رادار ولتاژ ضعیف نامیده می شود شامل یک آنالایزر با یک ژنراتور پالس ولتاژ ضعیف که پالسهای فرکانس بالا را به درون کابل تحت آزمایش می فرستد و یک اسیلوسکوپ که انعکاسهای پالسها را نمایش می دهد می باشد. TDR ها، علامتهای مربوط به بسیاری از نقاط برجسته قابل تشخیص نظیر گره ها، مدار باز ها و عیبهای موازی کابل قدرت که مقاومتی کمتر از حدود ۲۰۰ اهم را داشته باشند، نمایش می دهد.

۵-۲-۲- TDR رادار تفاضلی

هنگامی که رادار ضعیف برای نمایش تفاضل جبری میان دو رد ورودی برنامه ریزی میشودبه آنTDR، رادار تفاضلی میگویند. اگر دور رد یکسان باشند، یک خط کاملاً مسطح نمایش داده می شود. از این ویژگی میتوان برای عیب یابی روی سیستم سه فاز استفاده کرد. بدین صورت که میتوان فاز معیوب را باز یک فاز سالم مقایسه کرد. با استفاده از TDR رادار تفاضلی، در صورت وجود هر اختلافی میان دو فاز،این تفاوت را میتوان براحتی روی صفحه نمایش تشخیص داد . خطا به احتمال زیاد در جایی است که اختلاف وجود دارد و با استفاده از کرسر میتوان فاصله تا نقطه عیب را اندازه گرفت .

۵-۲-۳-انعکاس قوس :

این روش که یک از روشهای رادار ولتاژ قوی می باشد محدودیت ۲۰۰ اهم رادار ولتاژ ضعیف را ندارد.علاوه بر TDR، نیاز به یک فیلتر انعکاس قوس و ژنراتور ضربه می باشد. ژنراتور موج ضربه یک موج ضربه جریان زیاد روی عیب موازی تولید می کند. که این موج ضربه باعث ایجاد یک اتصال کوتاه لحظه ای میشود که TDR آنرابصورت یک انعکاس پائین رونده نمایش میدهد. فیلتر به کار رفته ، TDR را در برابر پالس ولتاژ قوی تولید شده بوسیله ژنراتور ضربه حفاظت می کند و پالسهای ولتاژ ضعیف را به درون کابل هدایت میکند .

۵-۲-۴-انعکاس قوس تفاضلی

این روش رادار ولتاژ قوی که بوسیله شرکت Avo international ارائه شده است . در اصل بسط یافته روش انعکاس قوس است و بنابراین نیاز به یک ژنراتور موج ضربه، یک فیلتر انعکاس قوس و یک آنالایزر دارد . آنالایزر DART تفاضل جبری بین رد و لتاژ ضعیف و رد فشار قوی متعاقب آنرا نمایش می دهد. همانند TDR تفاضلی، انعکاس قوس تفاضلی تمام انعکاسهای یکسان پیش از عیب را حذف می کند. و اولین انعکاس پائین رونده ای که ظاهر میشود محل عیب کابل را نشان میدهد .

۵-۲-۵-انعکاس جریان ضربه

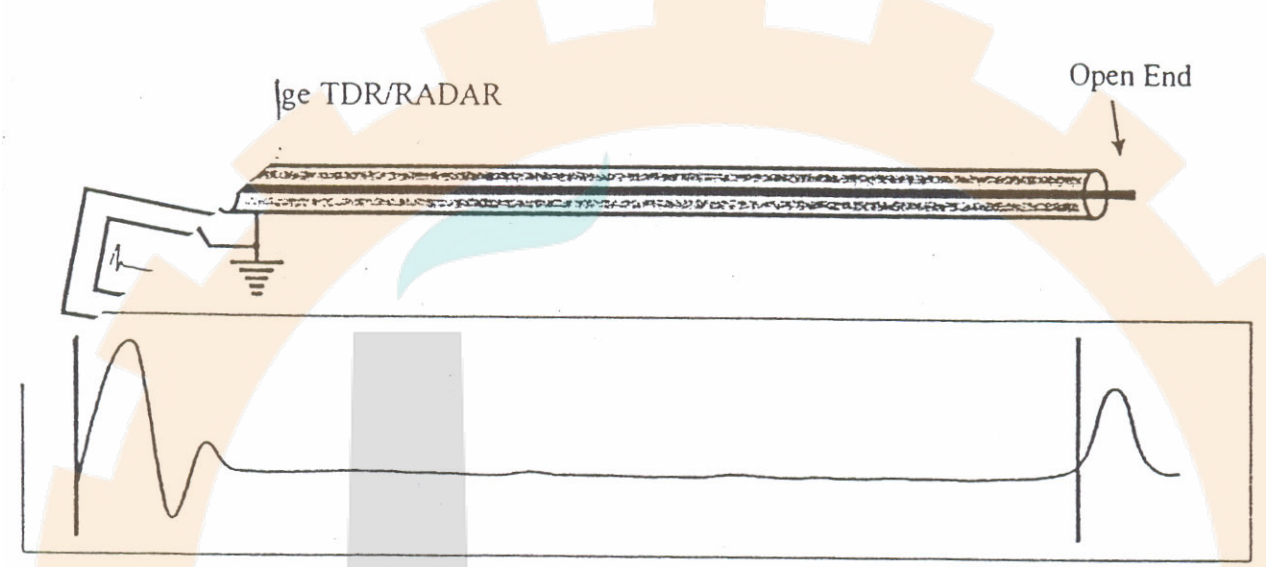
این روش نیاز به یک کوپلر موج ضربه، یک ژنراتور موج ضربه و یک آنالایزر دارد . آنالایزر کار یک اسیلوسکوپ حافظه دار را انجام میدهد و انعکاس پالس ولتاژ قوی در محل عیب را می گیرد و نمایش می دهد. عملکرد آنالایزر بصورت پسیواست یعنی برخلاف TDR هیچ پالسی به بیرون نمی فرستد. پالس موج ضربه بخصوص برای عیب یابی روی کابلهای بسیار طویل مدارهای ساده روی کابلهایی که عیوب آنها سختی یونیزه میشوند و در نتیجه با استفاده از انعکاس قوس بخوبی محل یابی نمی شوند موثر است .

۵-۳-توضیحات و کاربردها

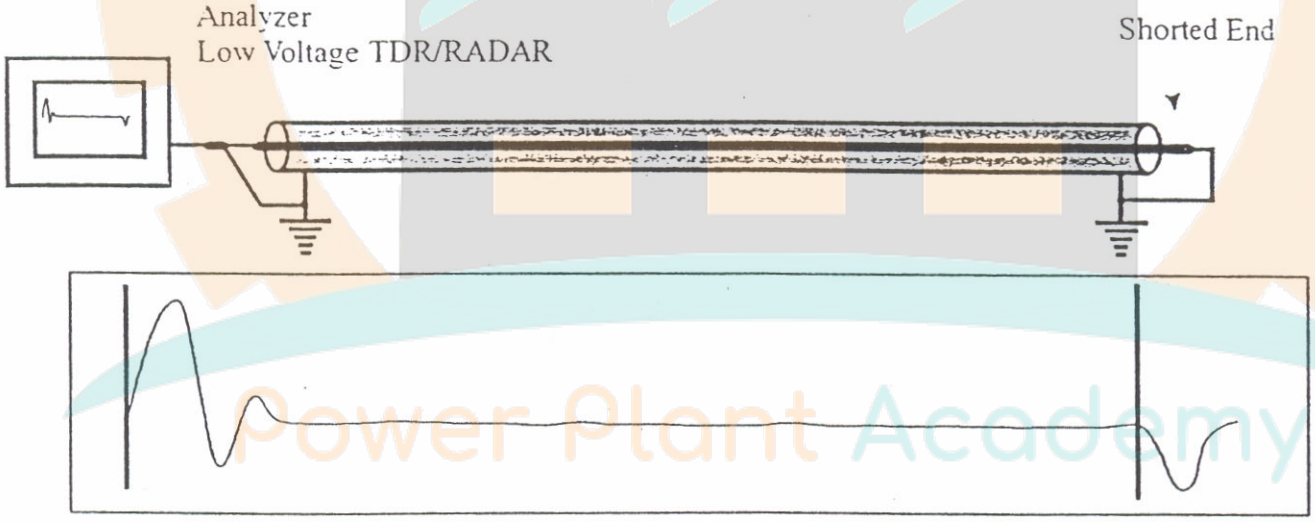
۵-۳-۱- TDR ولتاژ ضعیف / رادار کابل

رادار کابل ولتاژ که اغلب با نام TDR از آن یاد می شود، روشی مناسب برای عیب یابی موضعی و دیگر تغییرات امپدانس روی کابل الکتریکی نظیر ساختار ,Parallel Pair PairTwisted و کواکسیال می باشد. TDR ها بصورت کوچک و قابل جابجایی در دست ،

بزرگ و قابل حمل و نقل و قابل نصب برای انواع گسترده ای از کاربرد ها در دسترس هستند. این وسایل هم کار ژنراتور پالس و هم کار اسیلوسکوپ را انجام می دهند . TDR ها پالسهای ولتاژ ضعیف فرکانس بالایی تولید می کنند که کابل تحت آزمایش را طی می نمایند . هنگامی که امپدانس کابل تغییر میکند، قسمتی یا تمام انرژی ارسال شده به TDR انعکاس یافته و در آنجا نمایش داده میشود .



شکل ۳۴ استفاده از آنالایزر برای اندازه گیری طول کابلی که انتهای آن باز شده است .

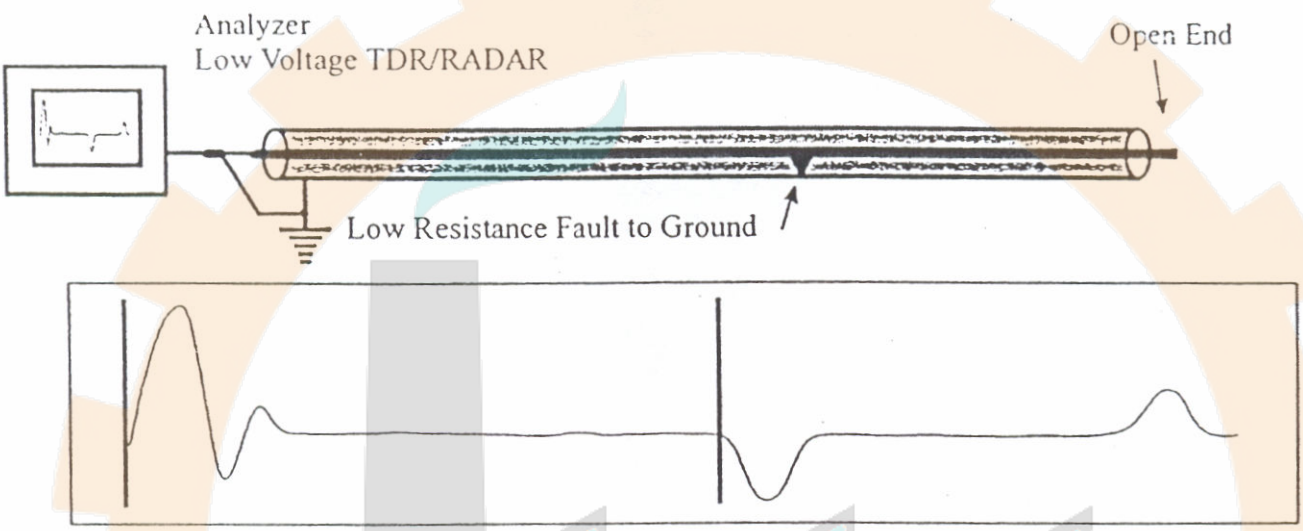


شکل ۳۵ استفاده از آنالایزر برای اندازه گیری طول کابلی که انتهای آن اتصال کوتاه شده است .

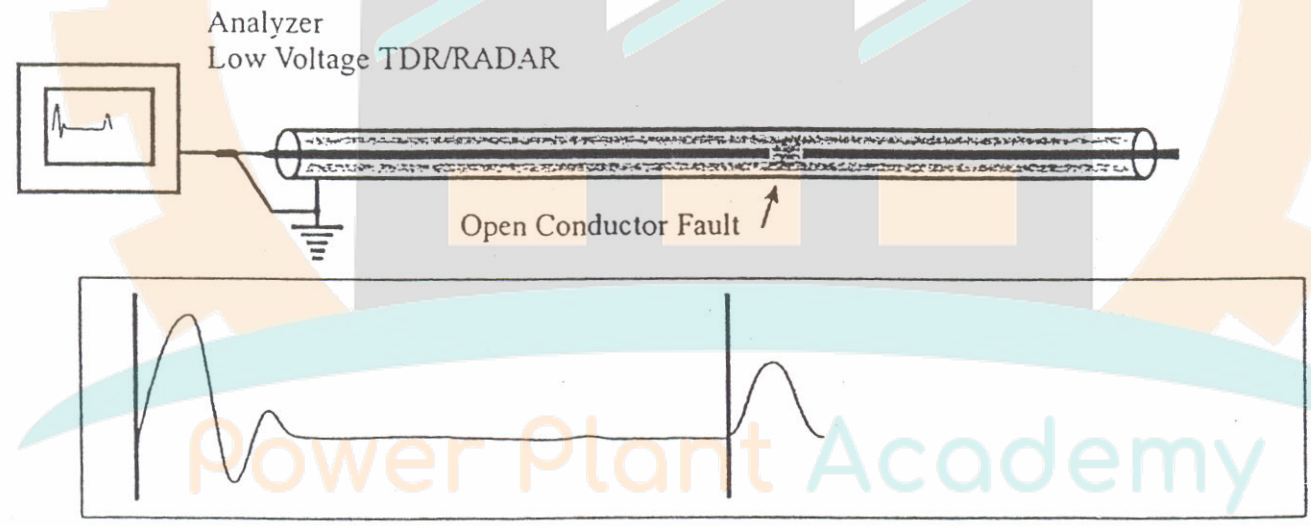
تغییرات امپدانس ناشی از عوامل متعددی نظیر عیوب و نقاط برجسته همچون انتهای کابل ، گرهها ، تپها و ترانسفورماتورها می باشد .

۵-۳-۲-عیبهایی که TDR هانمایش میدهند :

عیبهایی با مقاوت کم بین هادی و زمین یا عیبهایی بین هادیها بصورت انعکاسهای روبه پائین روی صفحه نمایش نشان داده میشوند قطعی ها با توجه به این که مقاومت بسیار بالایی دارند بصورت انعکاسهای رو به بالا نمایش داده میشوند .(شکلهای ۳۶ و ۳۷)



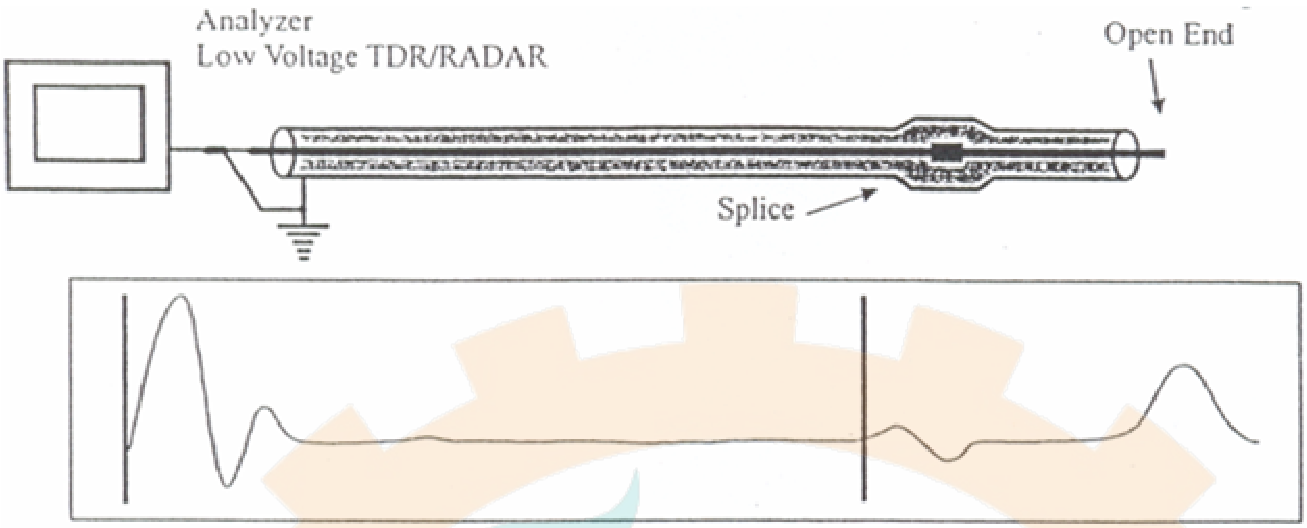
شکل ۳۶: اندازه گیری فاصله تا عیب نسبت به زمین مقاومت کم بوسیله آنالایزر



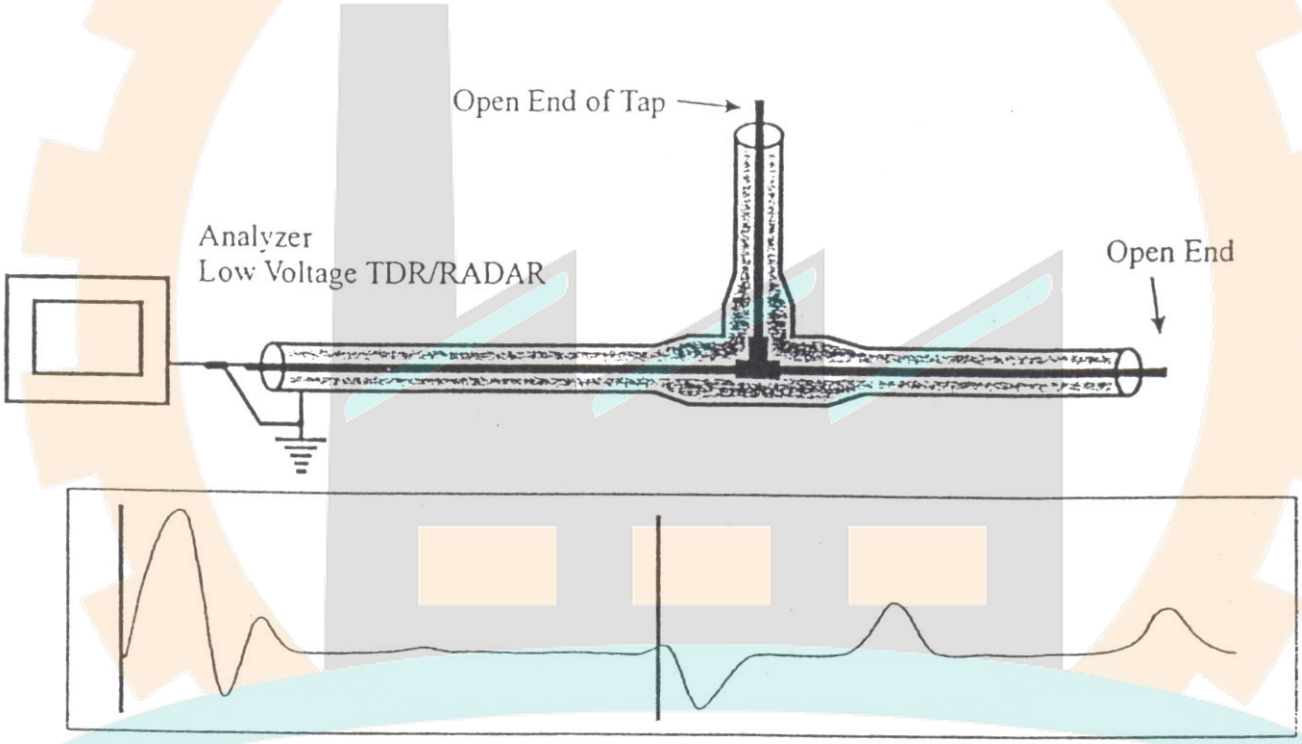
شکل ۳۷: کاربرد آنالایزر برای اندازه گیری فاصله تا محل قطعی در هادی

۵-۳-۳-نمایش نقاط برجسته بوسیله TDR ها:

TDR هامی توانند جای تقریبی نقاط برجسته ا ی همچون گره ها تپهای Y یاTی و ترانسفورماتور ها را تعیین کنند . (شکلهای ۳۸ تا ٤٠)

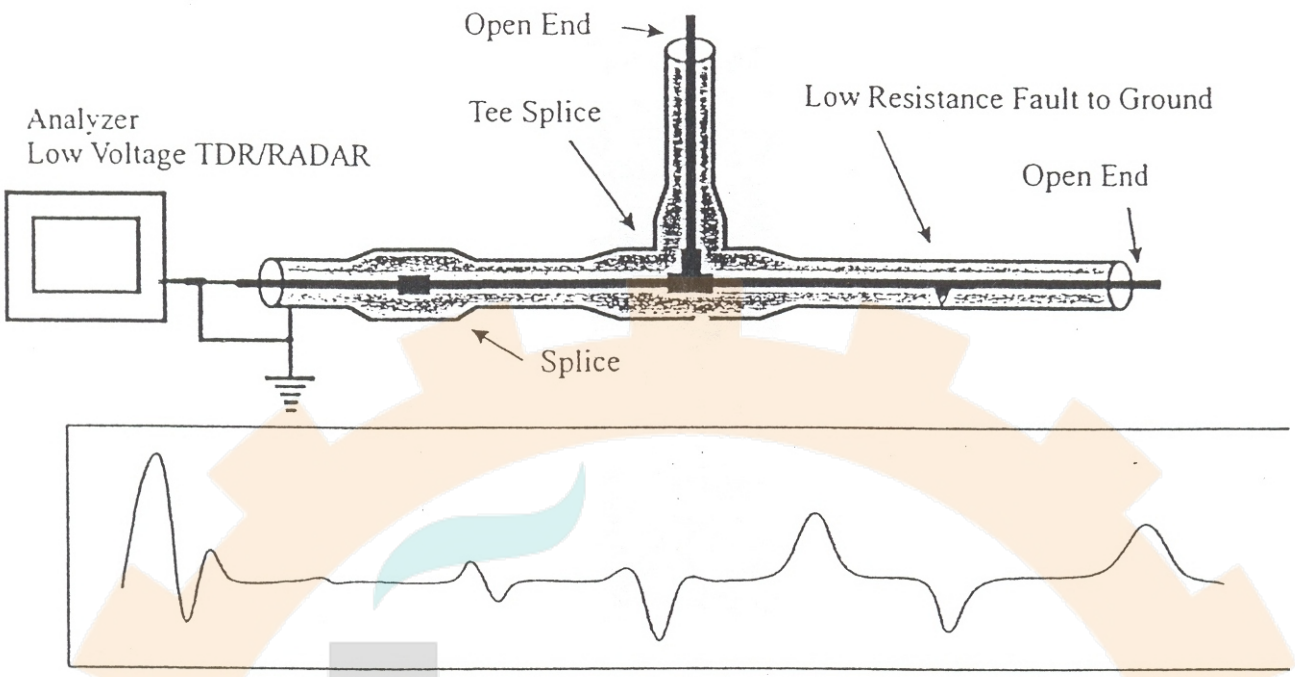


شکل۳۸:استفاده از آنالایزر برای تعیین فاصله تقریبی تا یک گره



شکل ۳۹: کاربرد آنالایزر برای تعیین جای تقریبی یک تپ Y

TDR به تعیین جای عیوب نسبت به دیگر نقاط برجسته روی کابل بخصوص در مدارهای پیچیده کمک می نماید. ردهای مدارهای طبیعتا" بسیار پیچیده است و تفسیر آنها دشوار است برای درک پیچیدگی این ردها بررسی و تائیدجای نقاط برجسته نسبت به عیوبی که مشاهده شده اند بسیار مفید است . (شکل ٤٠)



شکل ۴۰: استفاده از آنالایزر برای تعیین فاصله تقریبی عیب تا یک نقطه برجسته

۵-۳-۴-کنترلهاو ورودیهای TDR

الف-سرعت

پیش از اینکه TDR بتواند اطلاعات مربوط به فاصله را فراهم نماید باید اطلاعات خاصی جمع آوری شود. مهمترین این اطلاعات سرعت انتشار یا بعبارت دیگر سرعتی است که پالس فرستاده شده کابل تحت آزمایش را طی می کند . آنالایزر از این مقدار برای تبدیل زمان اندازه گیری شده به فاصله استفاده می نماید. این مقدار در درجه اول بستگی به نوع عایقبندی کابل دارد یک جدول مقادیر سرعت در دفترچه های راهنما وجود دارد و یا با فشار دادن تکمه Table روی آنالایزرهای پیشرفته نظیر DART پدیدار میشود.

یک روش دیگر برای تعیین مقدار سرعت بدین قرار است :

۱- کرسر راست را روی انعکاس بالا رونده در انتهای کابل تنظیم کنید .

۲- طول واقعی کابل تحت آزمایش را تعیین کنید .

۳- سرعت را آنقدر تنظیم کنید تا این که فاصله صحیح نمایش داده شود

اگر طول کابل معلوم باشد میتوان از روش بالا استفاده کرد. هرچه طول کابل تحت آزمایش بیشتر باشد سرعت تعیین شده دقیقتر خواهد بود . TDR در واقع زمان بین پالسهای ارسال شده که آنالایزر راترک می کنند و انعکاس دریافتی را اندازه میگیرد. با ضرب سرعت بر حسب فوت بر میکرو ثانیه در زمان اندازه گیری شده بر حسب میکرو ثانیه مقدار فاصله را

بر حسب فوت میدهد. واحد سرعت را میتوان بر حسب فوت بر میکرو ثانیه (ft/µs)فوت بر میکرو ثانیه تقسیم بر ۲(Vp/۲) یادرصدی (۰/۰) از سرعت نور وارد آنالایزر کرد .

ب-محدوده (Range)

محدوده ای را انتخاب کنید که انعکاس بالا رونده از انتهای کابل تحت آزمایش را نشان میدهد. با حرکت دادن کرسرراست تا آن انعکاس ،طول کلی را اندازه بگیرید. آیا مقدار اندازه گیری شده معنی داراست به سرانتهایی کابل بروید و فاز و نوترال را به هم اتصال کوتاه نمایید. اگر انعکاس بالا رونده واقعاً انتهای کابل باشد، با انجام اتصال کوتاه انعکاس بالا رونده به انعکاس پائین رونده تغییر می کند.اگر هادی فاز در جایی از طول بطورکامل بریده شده باشد با اعمال اتصال کوتاه در انتهای کابل تغییری در جهت انعکاس روی نمی دهد.

اگر مقدار اندازه گیری شده تا آن نقطه باز بسیار کمتر از طول معلوم کابل باشد بدین معنی است که یک قطعی در طول کابل وجود دارد. در این حالت بهتر است که یک اندازه گیری هم از سر مخالف کابل بوسیله TDR انجام شود. با جمع کردن مقدار خوانده شده اولی با مقدار خوانده شده دومی مقدار به دست آمده باید برابر طول کلی تخمین زده شده کابل باشد. اگر مقدار طول کلی بسیار کمتر از مجموع دو مقدار خوانده شده باشد، بدین معنی است که یک قطعی دیگر نیز در کابل وجود دارد و یا اینکه سرعت بسیار پایین تنظیم شده است .

اگر آزمایشهای اولیه انجام گرفته نشان دهنده یک عیب با مقاومت کمتر از ۲۰۰ اهم درکابل باشند، ممکن است سر مخالف کابل در ردنشان داده شده روی TDR ظاهر شود در این حالت یک انعکاس پایین رونده در محل عیب مقاومت کم رخ خواهد داد.

ج-بهره (Gain)

اغلب برای کابل بسیار بلند یا تغییرات امپدانس متعدد در امتداد مسیر یا وقتی که کابل به مداری پیچیده متصل است لازم است Gain افزایش داده شود افزایش بهره باعث افزایش دامنه انعکاسات در صفحه نمایش میشود این تنظیم تاثیری بر دقت اندازه گیری ندارد .

د-کرسرها (Cursors)

کرسر سمت راست (Right cursor) را به سمت انعکاس مورد نظر حرکت دهید تا TDR بتواند فاصله آن را محاسبه کند. در طول کالیبراسیون در کارخانه وضعیت صفر (ZERO) یا Left Cursor روی ترمینالهای خروجی در پشت آنالایزر تنظیم می شود. بنابراین اگر

کالیبراسیون را مجدداً انجام نداده اید لازم است طول سر سیم آزمایش را از تمام فواصل اندازه گیری شده با کرسر کم کنید. به خاطر داشته باشید کهTDR طول کابل از محل کانکتور روی دستگاه تا محل انعکاس مورد نظر را اندازه میگیرد بخصوص هنگامی که سر سیمهای آزمایش طویل هستند . (مثلاً ۱۵۰ فوت در بیشتر سیستمهای رادار ولتاژ قوی) بهتر است که سر چپ روی نقطه ای که سر سیمهای دستگاه به کابل تحت آزمایش متصل میشوند تنظیم شود. اگر کالیبراسیون بدین صورت انجام شود، فاصله نشان داده شده توسط کرسر راست شامل طول سر سیمهای آزمایش نمی شود. برای انجام این کالیبراسیون در محیط کار پیش از متصل کردن سر سیمهای دستگاه به یاد داشته باشید که برای تمام اندازه گیریهای TDR ، کرسر در طرف راست علامت درست جایی که انعکاسهای بالا رونده یا پایین رونده های خط افقی آغاز میشوند قرار داده میشود .

ه-زوم (Zoom)

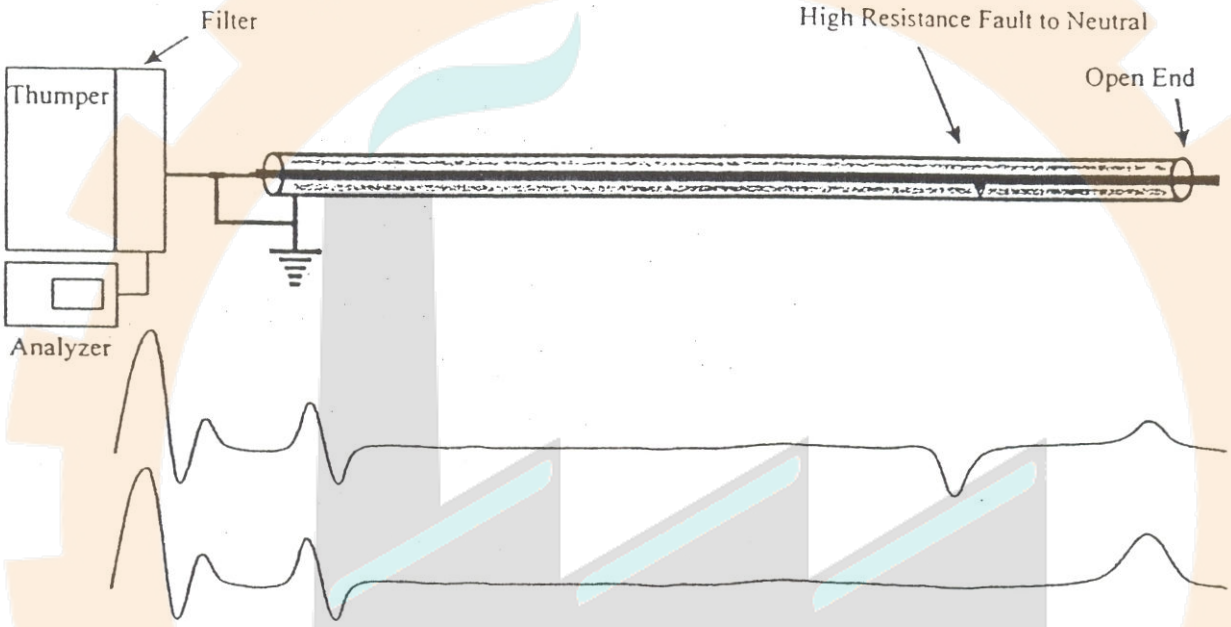
هنگامی که کرسر را روی انعکاس مورد نظر تنظیم می کنید فاصله تا آن نقطه روی کابل روی صفحه نمایش ظاهر می شود. هنگامی که قابلیت Zoom در دستگاه تعبیه شده باشدناحیه اطراف کرسر باندازه ضریب زوم انتخاب شده بزرگ می شوند. با فعال کردن مود Zoom و در نتیجه بزرگتر کردن انعکاس اغلب میتوان کرسر را با دقت بیشتری تنظیم کرد .

۵-۴-دریافت انعکاس قوس

انعکاس قوس یک روش رادار ولتاژ قوی برای عیب یابی موضعی است که به دلیل مقاومت بسیار بالایی که دارند، نمی تواند آنها را در رد کابل با استفاده از TDR ولتاژ ضعیف تشخیص داد. انعکاس قوس نیاز به استفاده از یک فیلتر انعکاس قوس و یک ژنراتور موج ضربه دارد فیلتر آنالایزر را در برابر ولتاژ بالای تولید شده بوسیله ژنراتور موج ضربه محافظت میکند و پالسهای TDR را به درون کابل هدایت می نماید . برای محل یابی موضعی یک عیب مقاومت کم با استفاده از روش انعکاس قوس کافیست آنالایزر را روشن کنید و کنترلهای آن را مطابق مراحلی که در بالا برای TDR ولتاژ ضعیف تشریح شده تنظیم نمایید . به عبارت دیگر باید سرعت محدوده و بهره را همانطور که لازم است تنظیم کنید اگر عیب واقعاً مقاومت بالا باشد (بیش از ۲۰۰ اهم)، هیچ انعکاس پایین رونده ای پیش از ارسال پالس ولتاژ قوی به کابل توسط ژنراتور ضربه، در رد مشاهده نخواهد شد. برای ظاهر شدن انعکاس

پایین رونده ،لازم است ابتدا یک قوس بوسیله ژنراتور موج ضربه روی عیب ایجاد شود. حال Sample و سپس Capture را انتخاب کنید که آنالایزر را برای دریافت و نمایش رد ولتاژ فشار قوی آماده می کند. ولتاژ را روی ژنراتور موج ضربه به بالا ببرید و وقتی که قوس روی عیب رخ داد رد ولتاژ فشار قوی توسط آنالایزر دریافت و نمایش داده می شود.هنگامی که یک انعکاس پایین رونده مشاهده شد کرسر را تنظیم کنید و فاصله تا عیب را بخوانید .

(شکل ٤١) مطمئن شوید که ژنراتور موج ضربه یا فیلتر انعکاس قوس در وضعیت سوئیچ مود"Are Reflection" باشد .



شکل ۴۱: کاربرد آنالایزر برای تعیین فاصله تقریبی تا یک عیب با استفاده از روش انعکاس قوس

۵-۵-دریافت و نمایش انعکاس قوس تفاضلی (DART)

DART در اصل توسعه داده شده انعکاس قوس است و تفاوت آن در این است که آنالایزر تفاضل جبری میان رد TDR ولتاژ ضعیف مربوط به کابل تحت آزمایش ورد TDR ولتاژ فشار قوی ناشی از ایجاد قوس روی عیب را محاسبه میکند .

آنالایزر برای محاسبه و نمایش تفاضل جبری بین ردهای ولتاژ ضعیف و ولتاژ قوی برنامه ریزی شده است اگر تا محل وقوع عیب ردها یکسان باشند یک خط مسطح روی صفحه نمایش انعکاس قوس تفاضلی ظاهر می شود و اولین انعکاس نمایش داده شده همیشه محل عیب را نشان میدهد.

۵-۶-دریافت و نمایش انعکاسی پالس ضربه

این یک روش رادارولتاژ قوی است که نیاز به استفاده از یک کوپلر جریان با یک ژنراتور موج ضربه و یک آنالایزر دار.د هیچ علامتی پیش از وقوع شکست ولتاژ فشار قوی روی عیب در صفحه نمایش ظاهر نمی شود . با انتخاب Sample, Capture آنالایزر برای دریافت و نمایش رد پدیدار شده پس از ایجاد قوس روی عیب بوسیله ژنراتور ضربه آماده یا به عبارتی مسطح (Armed) میشود.

پس از دریافت و نمایش رد گذرا بوسیله آنالایزر ، کرسر چپ را روی پیک دومین یا سومین قطار پالس منعکس شده تنظیم کنید، سپس کرسر راست را روی پیک بعدی قطار پالس منعکس شده بعدی تنظیم نمایید. بااستفاده ازقابلیت zoomمی توان کرسرها را با دقت بیشتری تنظیم کرد. با استفاده از این روش، نقاط برجسته کابل نظیر گرهها ، ترانسفورتورهایا تپها آشکار نمیشوند با این حال در مواردی که آب یا روغن در محل عیب وجود دارد این روش ممکن است کارگر باشد در حالی که روش انعکاس قوس ممکن است مفید واقع نشود. همچنین وقتی کابل طویل است روش انعکاس پالس ضربه ممکن است جواب دهد در حالی که روش انعکاس قوس ممکن است نتواند .

با استفاده از روش انعکاس پالس ضربه، جریان بالای فرستاده شده بوسیله ژنراتور موج ضربه باعث ایجاد قوس در عیب می شود. مقداری از انرژی آزاد شده در محل عیب به ژنراتور موج ضربه باز می گردد و در آنجا بوسیله خازن منعکس می شود. این انعکاس به عیب باز می گرددو از آنجا دوباره به سمت ژنراتور ضربه منعکس می شود این پروسه آنقدر ادامه می یابد، تا این که انرژی پالس نهایتاً از بین برود . کوپلر جریان متصل شده به سر سیم دستگاه امواج ضربه جریانی را حس می کند و آنها را بصورت یک رد متوالی روی صفحه نمایش آنالایزر نشان می دهد. هنگامی که دو کرسر روی دو پیک متوالی رد تنظیم می شوند، آنالایزر تفاضل زمانی را اندازه میگیرد و فاصله تا عیب را با استفاده از همان سرعت مثل TDR محاسبه می نماید .

بر خلاف انعکاس قوس، انعکاس پالس ضربه پالس ولتاژ خروجی ژنراتور ضربه کامل را به درون کابل تحت آزمایش می فرستد و باعث ایجاد قوس در بسیاری از عیوب می شود که در روش انعکاس قوس امکان ایجاد آن با جریان ضربه مقدور نبود. در مواردی که انعکاس قوس نمی تواند در محل عیب قوس ایجاد کند، میتوان از انعکاس پالس ضربه برای محل یابی موضعی استفاده کرد .

پرسشها

روش TDRولتاژضعیف را توضیح دهید؟

روش انعکاس قوس را توضیح دهید؟

روش انعکاس پالس ضربه را توضیح دهید؟

Power Plant Academy

فصل ششم

مقدمه ای بر روشهای عیب یابی کامل

Power Plant Academy

اهداف آموزشی فصل ششم

- آشنایی با روشهای کلی عیب یابی کابل
- آشنایی با روشهای عیب یابی موضعی قدیمی وانواع آن
- آشنایی با روشهای عیب یابی موضعی مدرن وانواع آن
- روشهای عیب یابی دقیق مدرن

Power Plant Academy

۶-۱-مروری بر روشهای عیب یابی کابل

روشهای عیب یابی کابل به دو دسته مجزا تقسیم می شوند: روشهای عیب یابی موضعی و روشهای عیب یابی دقیق. روشهای عیب یابی موضعی که گاهی روش عیب یابی اولیه نیز نامیده می شود، عموماً برای تعیین بخش معیوب کامل زیرزمینی یا جای تقریبی عیب روی کابل به کار می رود. روشهای عیب یابی دقیق برای تشخیص محل دقیق عیب یک کابل زیرزمینی بمنظور حفر یک سوراخ در زمین و تعمیر کابل بکار می روند. تعدادی از روشهای این دو دسته سالیان بسیاری است که به کار می روند و احتمالاً استفاده از آنها همچنان ادامه خواهد داشت. تکنیکهای بی نظیر را دار فشار قوی جدیدتری هستند و انتظار می رود در آینده بیشتر به کار روند و پیشرفت نمایند.

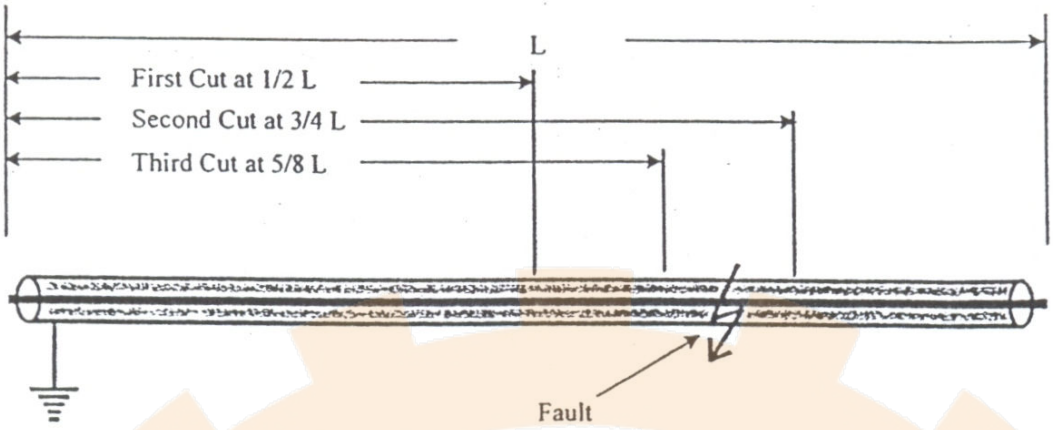
۶-۲- روشهای عیب یابی موضعی قدیمی

روشهای عیب یابی موضعی یا اولیه محدوده تقریبی وقوع عیب را تعیین می کنند. در بعضی وضعیتها (برای مثال وقتی که کابل داخل لوله است) یافتن محل تقریبی کافیست. در دیگر موارد (مثلاً در مدارهای توزیع مسکونی که بدون حفاظ در زیرزمین قرار دارند) به دنبال عیب یابی موضعی باید از یک روش دقیق و مناسب استفاده کرد، تعدادی ازروشهای عیب یابی موضعی اولیه به شرح زیر هستند:

۶-۲-۱- تقسیم بندی

قدیمی ترین روش تقسیم بندی روش Halfway Approach یا روش Cut and try یا روش سعی و خطا یا روش Divide and conquer می باشد. روش تقسیم بندی جز اولین تکنیکهایی است که برای عیب یابی در کابل مستقیماً دفن شده بکار گرفته شده است. امروزه کاربرد این روش محدود به راه حل آخر است. شکل یک را نگاه کنید

Power Plant Academy



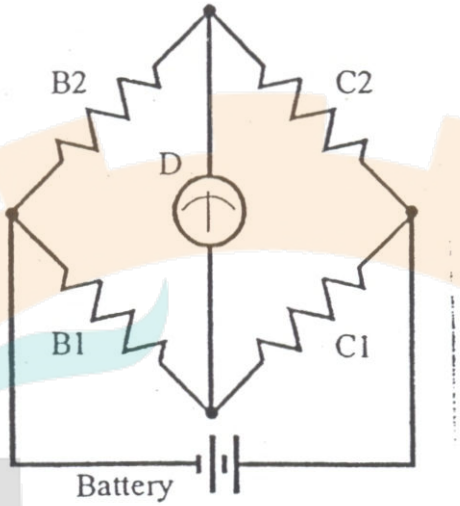
شکل ۱ : روش تقسیم بندی

پس از ایزوله کردن دو سر قسمتی از کابل که تحت آزمون است یک اهم متر یا مگااهم متر بین هادی و نقطه خنثی یا زمین متصل می شود کابل معیوب مقاومت عایقبندی کمتری نسبت به کابل بی عیب دارد برای اطمینان هر چه بیشتر از دسترسی تست کابل بجای استفاده از اهم متر یک مگا اهم متر (مثلاً یک تستر عایقبندی MEGGER) توصیه می شود بالا بودن ولتاژ دستگاه تست، عایقبندی کابل را تحت فشار قرار می دهد و هر چه دستگاه تست به مگا اهم بیشتری حساسیت داشته باشد اطلاعات مفیدتری می توان به دست آورد. پس از اندازه گیری مقاومت کابل معیوب یک علامت وسط کابل گذارده شده و کابل از آن نقطه برش داده می شود و مقاومت هر یک از نیمه های کابل اندازه گیری می شود نیمه معیوب کابل مقاومت کمتری نسبت به نیمه سالم خواهد داشت و مقدار مقاومت نیمه معیوب باید برابر مقاومت اندازه گیری شده روی طول کابل معیوب باشد. حفاری بعدی در وسط نیمه معیوب انجام می شود باز دوباره کابل در آن نقطه بریده می شود و مقاومت هر دو قسمت برای تشخیص قسمت معیوب اندازه گیری می شود در نهایت می توان قسمت معیوب باقیمانده را که نسبتاً کوتاه است تعویض نمود اگر کابل داخل مجرا یا لوله باشد می توان قسمت معیوب را بیرون کشید کابل جدیدی جایگزین آن نمود. این تکنیک علی رغم نیاز به برش و گره زدن زیاد لاقل نیاز به اعمال ولتاژهای تستdc فشار قوی مخرب به کابل ندارد

۶-۲-۲- نسبت مقاومت

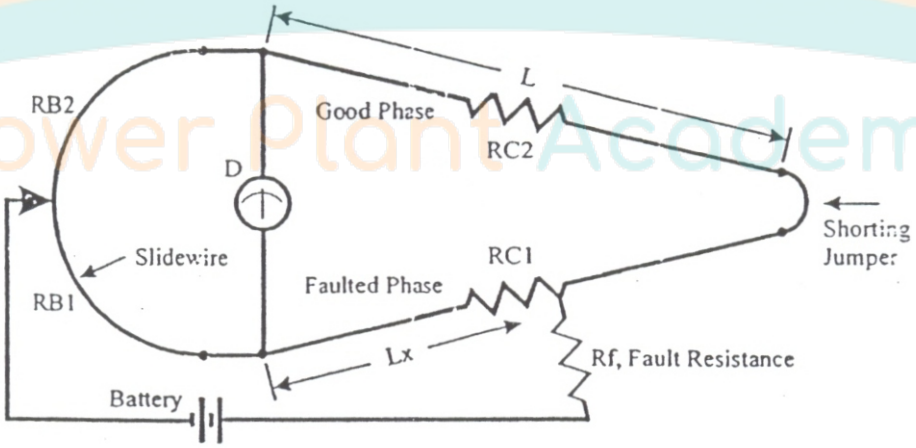
مثالی رایج از روشهای نسبت مقاومت روش پل می باشد که از تغییرات روی پل وتستون به دست می آید. (شکل ۲) در پل و تستون B_1 , B_2 , C_2 مقاومتهای معلوم C_1 مقاومت نامعلوم می

باشد. در حالت تعادل که با تنظیم مقدار مقاومت های B_1, B_2 بطوریکه آشکار سازنول D مقدار صفر را نشان می دهد به دست می آید داریم: $\frac{C_1}{C_2} = \frac{B_1}{B_2}$ خواهیم داشت : $C_1 = \frac{C_2 \times B_1}{B_2}$



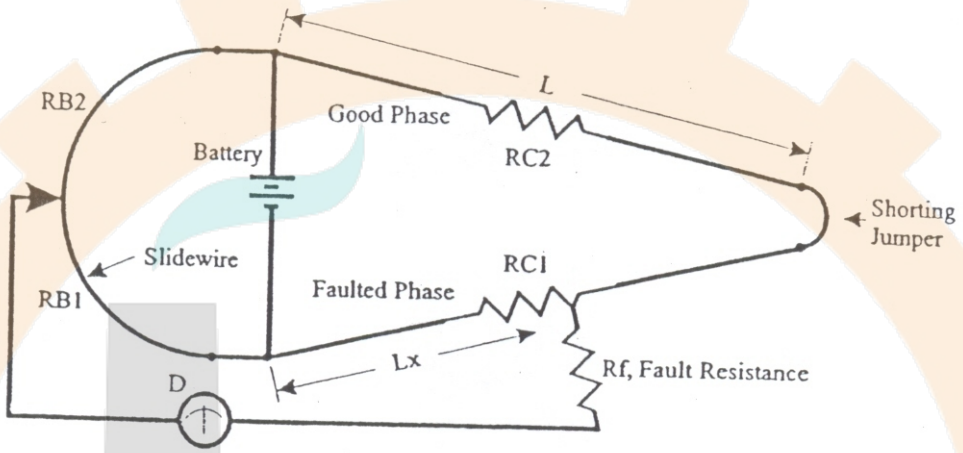
شکل ۲ : پل وتستون ابتدایی

با کمی تغییر روی پل وتستون، پل حلقه موازی (Murray Loop) به دست می آید. شکل ۳ نشان می دهد که مقاومتهای مجاور RC_1 که مربوط به کابل معیوب و RC_2 که مربوط به یک کابل سالم می باشد می توانند نشان دهنده مقاومتهای C_2 , C_1 پل وتستون باشند باشند به صورتی مشابه به دو بخش RB_2 , RB_1 یک مقاومت لغزان می توانند نمایانگر مقاومتهای B_2, B_1 باشند. در پل حلقه موازی در حالت تعادل $\frac{Rc_1}{Rc_2}$ برابر $\frac{RB_1}{RB_2}$ می باشند. با فرض اینکه مقاومت یک هادی یکنواخت بطورخطی متناسب با طول آن است در صورتی که طول کلی کابل تحت تست L باشد فاصله تا عیب LX بدین ترتیب محاسبه می شود: $LX = \frac{2L.RB_1}{RB_2}$



شکل ۳: کاربرد پل حلقه مورای کلاسیک

با تعویض جای باطری و آشکارساز نول، پل حلقه مورای معکوس به دست می آید (شکل ٤) که عملکرد بهتری برای عیب یابی کابل دارد. مجدداً با فرض اینکه مقاومت یک هادی یکنواخت متناسب با طول آن است در صورتی که طول کلی قسمتی از کابل تحت آزمون L باشد فاصله تا عیب LX بدین صورت محاسبه می شود: $LX = \frac{2L.RB_1}{RB_2}$



شکل ۴: کاربرد فرم کلاسیک

هنگام استفاده از روشهای حلقه مورای یا حلقه معکوس مقاومت سری و طول فاز سالم باید با فاز معیوب یکی باشد اگر مقاومتهای سری برابر نباشد (مثلاً وقتی که یکی از فازها یک گره داشته باشد و دیگری نداشته باشد) دقت اندازه گیری به شدت تحت تأثیر قرار می گیرد. به یاد داشته باشید که این روش یک روش دقیق عیب یابی نیست بلکه روش عیب یابی موضعی است.

۶-۲-۳- آشکار سازی موج ضربه الکترومغناطیسی

بیش از ۵۰ سال است که تکنیکهای آشکارسازی ضربه الکترومغناطیسی برای عیب یابی موضعی عیوب در کابلهای قدرت استفاده می شود. اگر چه از نظر تئوری این روشها را می توان برای عیب یابی در بسیاری از انواع کابلهای قدرت به کار برد، اما این روشها عموماً برای تشخیص قسمتهای معیوب کابلهای داخل تیوب یا لوله استفاده می شوند. روشهای آشکارسازی الکترومغناطیسی را باید به همراه یک ژنراتور موج ضربه (Thumper) که جریان ضربه مورد نیاز برای تولید میدانهای الکترومغناطیسی قوی را تامین می کنند به کار برد.

با توجه به جریان ضربه پلاریزه میدان ناشی از آن نیز پلاریزه خواهد بود که این خاصیت نقش اساسی برای عیب یابی در این روش دارد. با قرار دادن یک هسته آهنی با یک سیم پیچ ثانویه می

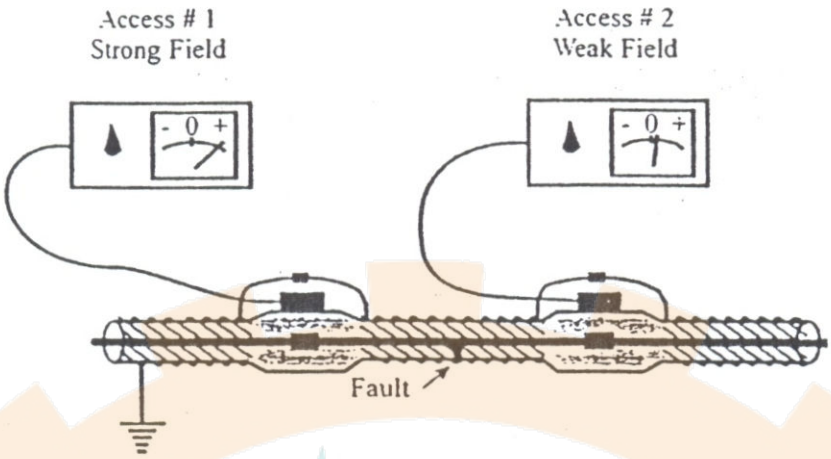
توان جهت میدان الکترومغناطیسی برآیند را تعیین کرد. با استفاده از این مشخصه های مهم می توان تعیین کرد که عیب جلو یا پشت سر آشکارساز است (شکلهای ۵ و ۶)

۶-۲-۳-۱-کابل قدرت کواکسیال تک فاز با پلهای نوترال روی گرهها

روشهای آشکار سازی الکترومغناطیسی را می توان برای عیوب در سیستم های کابل کواکسیال که دارای نقاط دسترسی نظیر Man hole، کابینتهاو PullBoxes هستند به کار برد (شکل ۵). هنگامی که سیستم کابل دارای پلهای نوترال روی گرهها می باشد، کویل جستجوگر(Pickup coil) مستقیماً روی کابل زیر نوترال قرار داده می شود. جریان تولید شده بوسیله ژنراتور موج ضربه با عبور از هادی فاز یک شاخص پلاریزه قوی تولید می کند و می توان جهت موج ضربه جریانی را تعیین کرد، تا موقعی که یک میدان الکترومغناطیسی قوی با پلاریزاسیون مثبت توسط کویل نشان داده می شود، عیب قسمتی از کابل که در جلو است قرار دارد با توجه به اینکه هادی فاز از سر انتهایی ایزوله شده است، موج ضربه جریانی از طریق نقطه معیوب هدایت می شود و از طریق نوترال به ژنراتور موج ضربه باز می گردد. به همین دلیل هنگام عبور از محل عیب میدان الکترومغناطیسی حس شده یا ضعیف است و یا صفر می باشد.

بنابراین می توان مشخص کرد که عیب در کدام جهت قرار دارد. هنگامی که کویل جستجوگر یک آشکارساز ضربه الکترومغناطیسی روی سطح کابل در یکی از نقاط دسترسی روی نوترال قرار داده می شود، میدان الکترومغناطیسی تولید شده بوسیله موج ضربه جریانی در هادی کاملاً توسط جریان بازگشتی از طریق نوترال خنثی می شود. بدیهی است که این خاصیت هیچ استفاده ای ندارد.

با این حال وقتی که در یک سیستم از زمینهای متصل به هم استفاده شده است، مثلاً در ساختار PILC (Paper – in – lead- cables) می توان از یک تکنیک عیب یابی موضعی بوسیله آشکارسازی الکترومغناطیسی استفاده نمود. علی رغم این که کویل جستجوگر باید روی نوترال باروکش سربی قرار گیرد .به بخش مربوط به کابلهای PILC مراجعه کنید. شکل ۵ یک تکنیک نوعی برای عیب یابی موضعی عیب روی کابلهای بدون پوشش سربی را نشان می دهد.

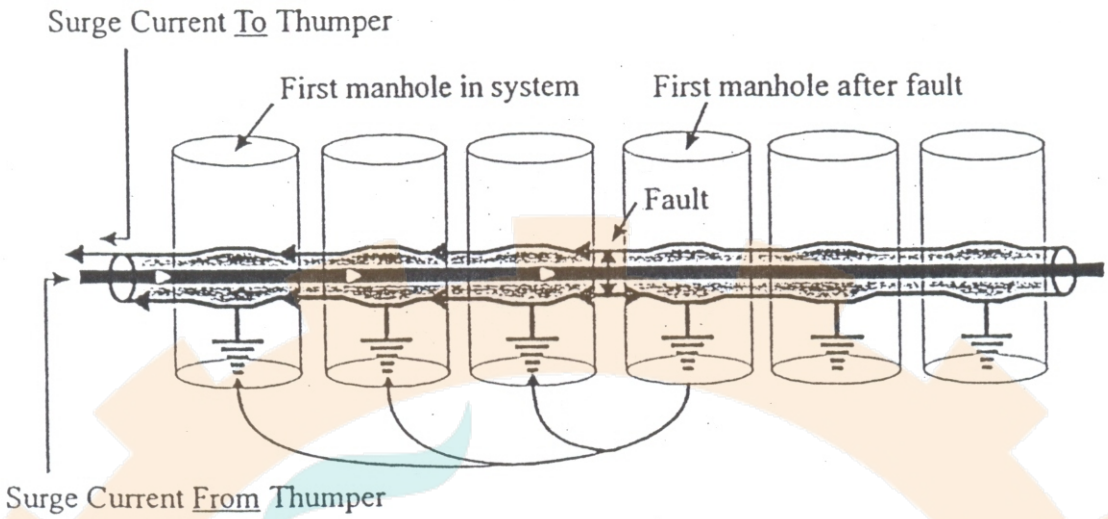


شکل۵ : کابل قدرت بدون پوشش سربی کواکسیال با پلهای نوترال روی گرهها

۶-۲-۳-۲-کابل PILC تک فاز داخل تیوب با زمینهای گروهی

همانگونه که در(شکل ۶) نشان داده شده است، این روش تنها به مدارهای با زمینهای گروهی، مثلاً سیستمهای تیوبی با Manhole ها اعمال می شود. بدون زمینهای گروهی جریان ضربه گذرنده از هادی فاز دقیقاً هم دامنه با جریان ضربه بازگشتی از طریق نوترال است. با زمینهای گروهی جریان ضربه خروجی گذرنده از هادی فاز کمی بزرگتر از جریان ضربه بازگشتی در نوترال می باشد این اختلاف ناشی از جریان ضربه کوچکی است که از طریق نوترال بعد از عیب از زمین گروهی اولین Manhole بعد از عیب در زمین جاری می شود و از طریق زمینهای گروهی قبل از عیب به ژنراتور ضربه باز می گردد. (شکل ۶)را نگاه کنید. هیچ جریانی از طریق زمین گروهی دوم پس از عیب جاری نمی شود مقادیر خوانده شده از آشکارساز که روی هادی قبل و بعد از عیب قرار داده می شود همگی مثبت خواهند بود. مقادیر خوانده شده روی هادی قبل از عیب تقریباً همیشه به مقدار قابل توجهی از نظر دامنه بزرگتر از مقادیر مربوط به بعد از عیب می باشند. با این حال این اختلاف اغلب به قدری کوچک است که نمی توان از محل عیب اطمینان حاصل کرد.

مهمتر این که با نزدیک شدن به بخش معیوب مقادیر خوانده شده روی زمینهای گروهی پیش از عیب بتدریج افزایش می یابد، همچنین مقادیر خوانده شده روی زمین گروهی در اولین Manhole پس از عیب نیز بالا خواهد بود. مقادیر خوانده شده روی زمین گروهی در دومین Manhole بعد از عیب و Manholeهای بعدی صفر خواهد بود. بر اساس این ویژگیها می توان بخش معیوب کابل را تشخیص داد.



شکل ۶: آشکار سازی الکترومغناطیسی در کابل PILC تک فاز با زمینهای گروهی

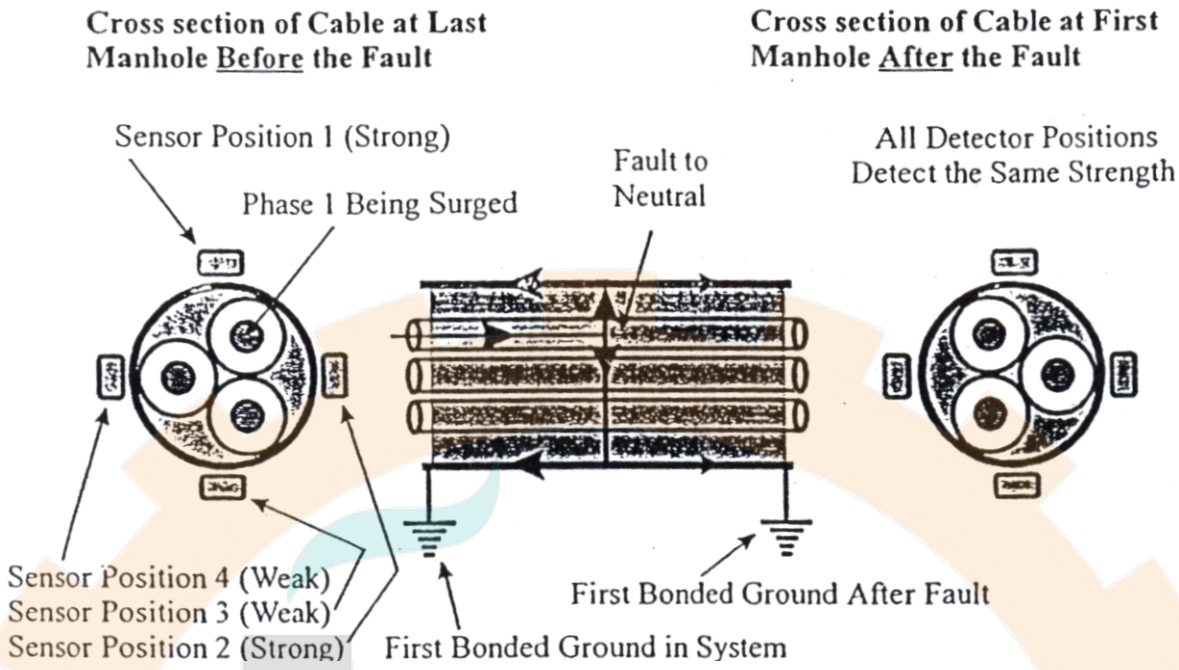
۶-۲-۳-۳-PILC سه فاز

اگر چه عجیب به نظر می رسد، ولی عیب یابی در کابل کواکسیال PILC سه فاز معمولاً نسبت به کابل تک فاز آسانتر است. (شکل ۷) عبور پالس جریانی تولید شده توسط ژنراتور موج ضربه از یک کابل سه فاز میدان مغناطیسی قویتری در نزدیکترین سطح کابل به فاز معیوب بوجود خواهد آمد.

هنگامی که آشکار ساز در مکانهای مختلف اطراف کابل قرار داده می شود مقادیر خوانده شده در جلوی عیب از نظر دامنه متغیر خواهند بود، هنگامی که آشکار ساز در مکانهای مختلف اطراف کابل در اولین Manhole پس از عیب قرار داده می شود، تمام مقادیر خوانده شده یکسان خواهند بود.

توجه داشته باشید که تقریباً تمام پالس جریان از طریق نوترال در محل عیب به ژنراتور موج ضربه باز می گردد. مقدار کمی جریان ضربه از نوترال بعد از عیب می گذرد و مسیر خود را از طریق زمینهای به هم شده پس از عیب به سمت ژنراتور ضربه می بندد.

Power Plant Academy



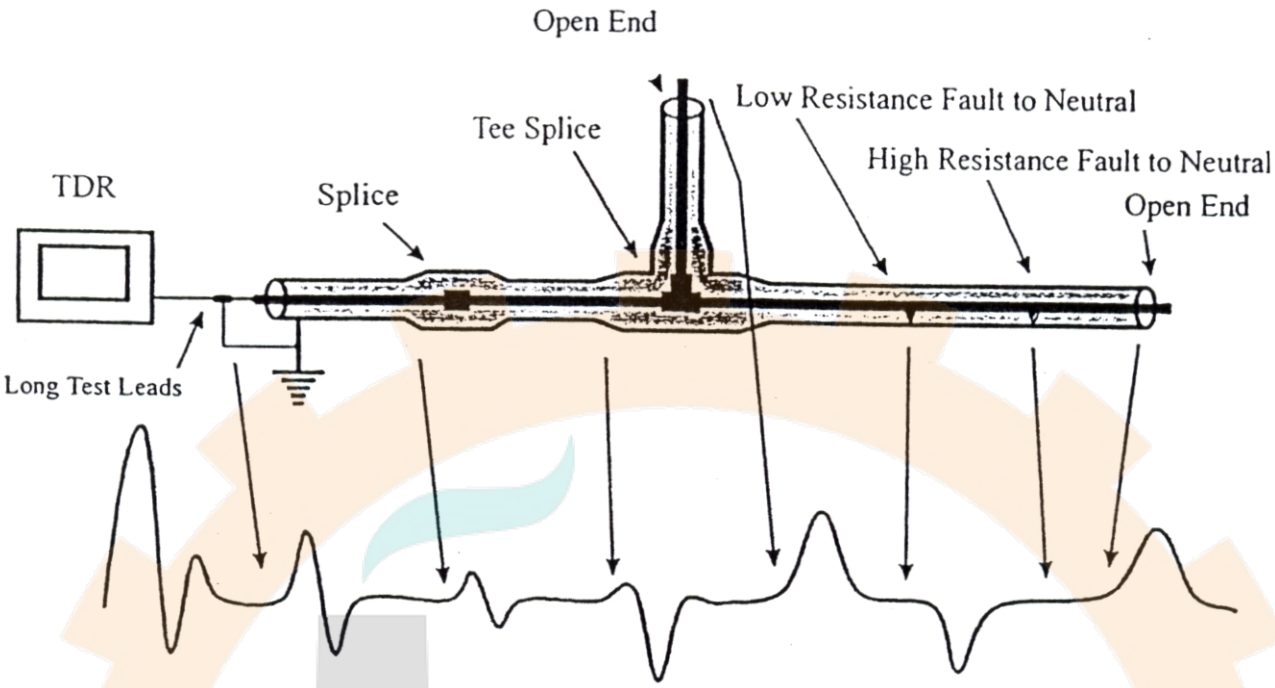
شکل ۷: آشکارسازی الکترومغناطیسی عیوب در کابل قدرت سه فاز

۶-۳-روشهای عیب یابی موضعی مدرن

۶-۳-۱-آنالیزر /TDR/ رادار فشار ضعیف

انعکاس سنج حوزه زمانی (Time Domain Reflectometer) که اغلب به عنوان TDR از آن یاد می شود، ست پالس اکو، یا رادار کابلی بیش از ۲۵ سال پیش بعنوان تکنیکی برای عیب یابی در خطوط تلفن توسعه داده شد. تنها در سالهای اخیر، رادار کابلی در کابلهای قدرت کاربرد پیدا کرده است. اگر چه پلهای مقاومتی ابزارهای مناسب برای عیب یابی موضعی عیوب موازی مقاومت بالاست ولی در عیوبOpens Multiple بی استفاده می باشد. انعکاس سنجهای حوزه زمانی بویژه برای یافتن عیوبOpens Multiple مؤثر هستند و لذا می توانند مکمل قابلیتهای پل باشند. بعلاوه این دستگاههامی توانند محل نقاط برجسته نظیر گرهها و ترانسفورماتورها را روی کابل تعیین کرده و نمایش دهند.

در صورتی که TDR برای کابل قدرت غلاف دار به کار رود این نقص بزرگ را دارد که نمی تواند عیوب موازی (زمین) مقاومت بالای بیش از حدود ۲۰۰ اهم را آشکار کند. در عمل، عیوب کابل قدرت بسیار بزرگتر از این سطح می باشد که کاربرد TDR فشار ضعیف راروی این کابلها محدود میکند.(شکل ۸)



شکل ۸: کاربرد TDR روی کابل قدرت

عملکردTDR بدین صورت است که پالسهای ولتاژ ضعیف فرکانس بالا توسط TDR به درون کابل فرستاده می شود. تغییر در امپدانس باعث انعکاس پالسهای فرستاده شده می شود که روی یک صفحه نمایش نشان داده می شود. بطور بسیار ساده، افزایش امپدانس باعث انعکاس بالا رونده وکاهش امپدانس باعث انعکاس پایین رونده می شود. اگر سرعت انتشار این پالسها در کابل معلوم باشد، با قرار دادن نشانه هایی می توان فاصله بین دو نقطه برجسته را اندازه گیری نمود. بدین منظور، TDR را می توان برای اندازه گیری تقریبی فاصله تا عیوب یا دیگر تغییرات امپدانس روی کابل مثل نقاط انتهایی کابل ،گره ها و ترانسفورماتورها به کار برد. با توجه به محدودیتهای عملی، دقت این دستگاهها در بهترین حالت حدود یک درصد است. بنابراین دقت اندازه گیری آنها برای عیب یابی دقیق به هیچ وجه کافی نیست و تنها می توان آنها را برای عیب یابی موضعی به کار برد. بعلاوه پالسهای TDR هرفوت کابل را بدون توجه به مسیر آن و شامل تمام حلقه ها طی می کنند. با توجه به اینکه اندازه گیریهای طول در سطح زمین انجام می گیرد. در تخمینها طولهایی از کابل را که زیر زمین پنهان هستند باید منظور داشت .سرعت پالس در کابل یا سرعت انتشار را می توان بطور قابل اطمینانی تخمین زد اما مقدار دقیق آن برای انواع کابلهای مختلف معلوم نیست. برای کابلهای داخل تیوب یا لوله ،فاصله تقریبی به دست آمده برای تشخیص قسمت معیوب و بیرون آوردن آن بین دو Manhole و تعویض آن کفایت می نماید. برای کابلهای URD که مستقیماً درون زمین دفن شده اند، پیش از حفر سوراخ باید به کمک یک تکنیک عیب یابی دقیق، محل عیب را پیدا کرد.

۶-۳-۲- آنالایزر / رادار فشار قوی

TDR به تنهایی قادر به تشخیص عیوب موازی مقاومت بالا نمی باشد و کاربرد آن به عنوان یک عیب یاب در کابلهای قدرت، محدود است. اگر TDR در یک سیستم رادار ولتاژ قوی بهمراه ژنراتورهای موج ضربه، فیلترها یا کوپلرها به کار رود، می تواند مقاومت پایین و بالا را آشکار کند توجه داشته باشید که دستگاههایی نظیر DART Analyzer کمپانی AVO International می توانند هم کارهای TDR و هم اسیوسلوکپ با ذخیره سازی را انجام دهند و می توانند از تمام روشهای عیب یابی کابل که در ادامه آمده است بهره برند. در طول ۱۵ سال گذشته سر سیستم رادار ولتاژ قوی توسعه شده است:

۱-انعکاس قوس (Arc Reflection)

۲-انعکاس پالس ضربه (Surge pulse Reflection)

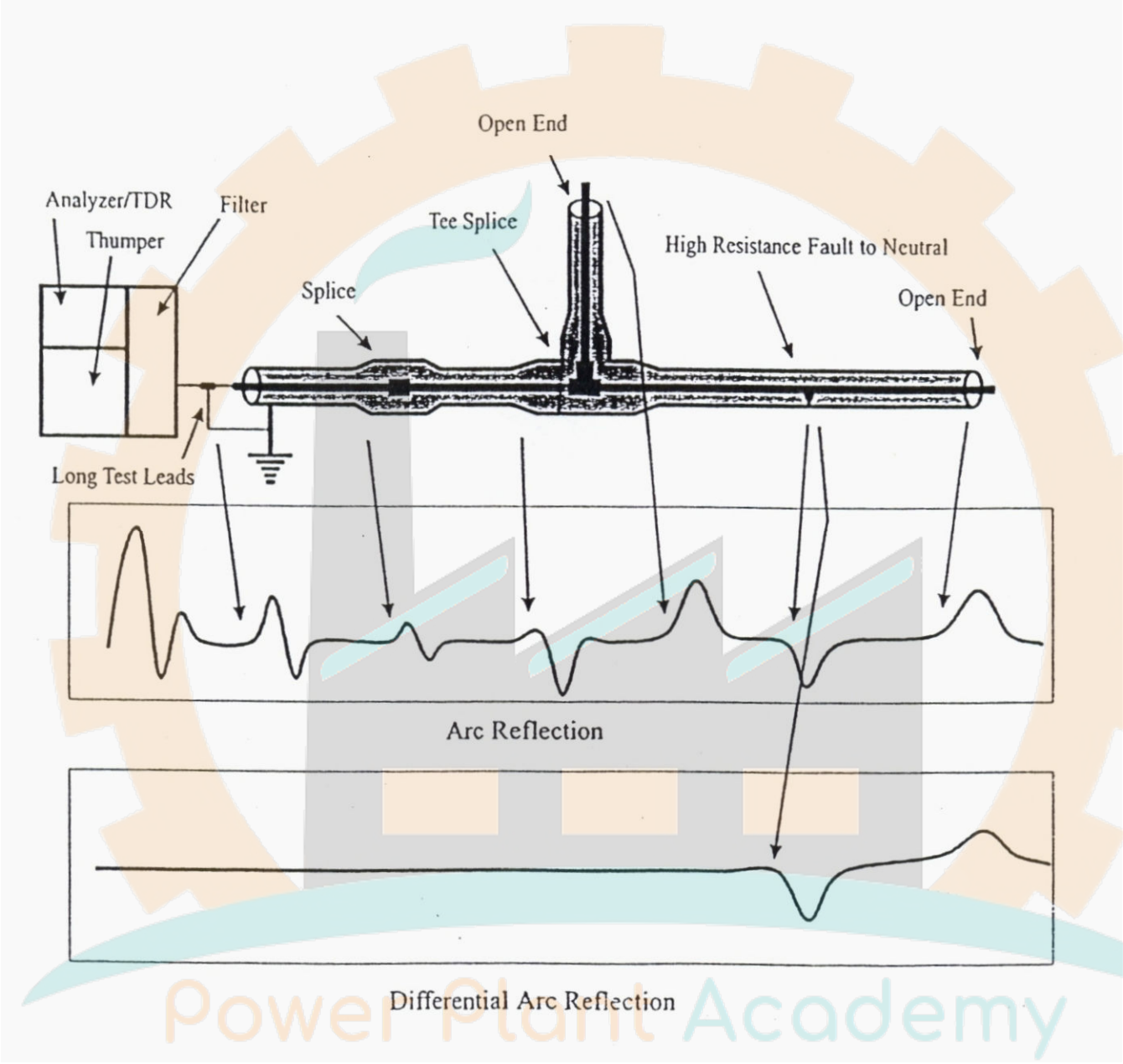
۳- انعکاس میرا شونده (Decay Reflection)

۶-۳-۲-۱-انعکاس قوسی و انعکاس قوس تفاضلی

دقیق ترین و ساده ترین روش های عیب یابی در کابلهای زیرزمینی، انعکاس قوس و توسعه یافته آن انعکاس قوس تفاضلی می باشند. این روش نه تنها عیبها را نمایش می دهند بلکه محل نقاط برجسته نظیر گره ها ، تپها و ترانسفورماتورها را نیز نشان می دهند و به نوعی یک نقشه الکتریکی از کابل تحت تست فراهم می کنند. تکنیک انعکاس قوس تفاضلی (DART) که به وسیله شرکت بین المللی AVO International ابداع شده است. راحتی و اطمینان بیشتری برای عیب یابی موضعی فراهم می نماید.

انعکاس قوس این مکان را برای TDR فراهم می کند تا رده های" پیش" و "پس" (Before and after traces) کابل را نمایش دهد. رد" پیش" علامت رادار ولتاژ ضعیف است که انعکاس رو به پایین یک عیب موازی مقاومت بالا را نشان نمی دهد. رد پس علامت رادار ولتاژ قوی است که شامل عیب می شود. حتی اگر مقاومت بزرگتر از ۲۰۰Ω باشد. این تضاد آشکار ناشی از این هست که قوس ایجاد شده بوسیله ژنراتور ضربه در محل عیب، یک بازه زمانی مرده کوتاه به وجودمی آورد .در طول این پریود زمانی، پالسهای TDR از قوس منعکس می شوند و انعکاس رو به پایین دررد ایجاد می کنند. اگر TDR یک مدل دیجیتالی باشد تصویر روی صفحه نمایش باقی می ماند (منجمد می شود). با توجه به اینکه رد دیجیتالی شده ،در حافظه ذخیره شده و نمایش داده می شود، کرسر را می توان به آسانی در هر نقطه قرار داد و فاصله تا عیب مقاومت بالا را خواند. انعکاس قوس تفاضلی که توسط AVOابداع شده است ،توسعه داده شده روش انعکاس قوس می باشد. در این تکنیک، یک صفحه نمایش دیگر نیز تعبیه شده است که تنها

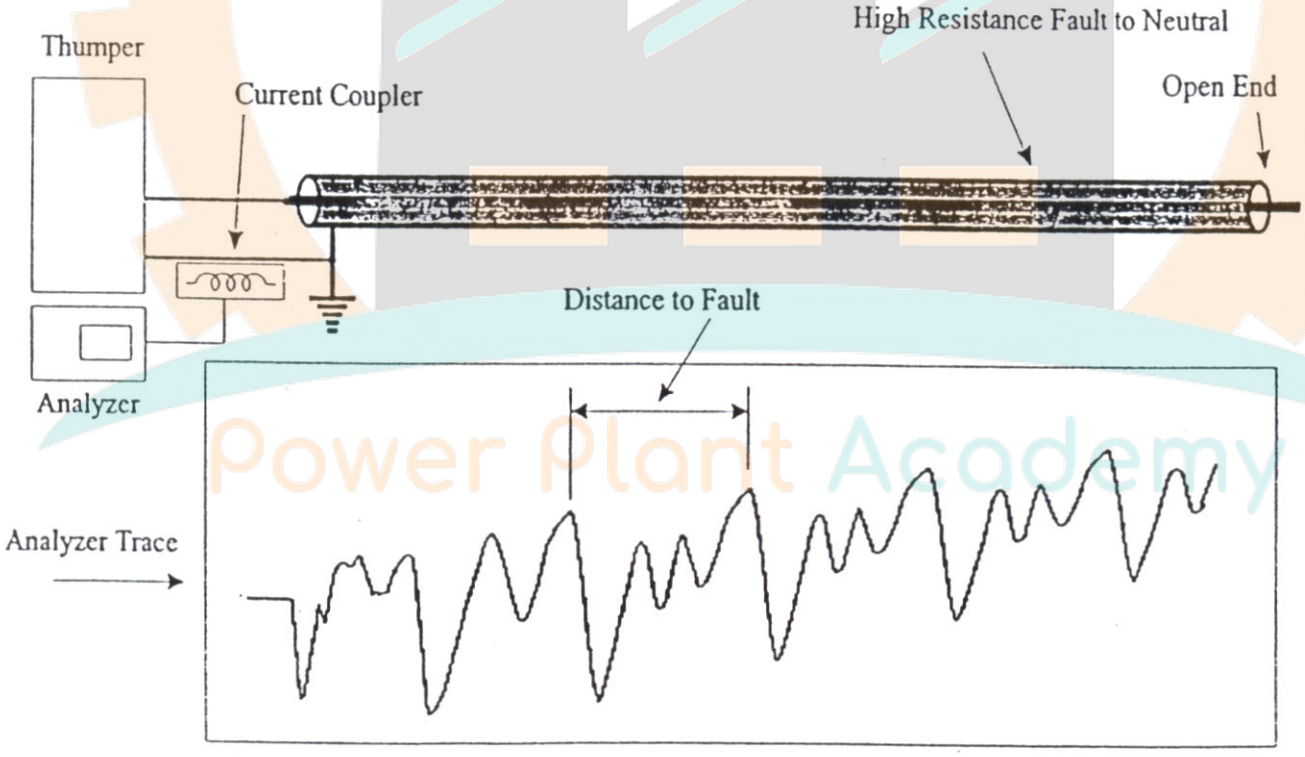
تفاضل جبری رد های ولتاژ ضعیف و ولتاژ قوی را نمایش می دهد. اگر ردها تا عیب یکسان باشند، در صفحه نمایش انعکاس قوس تفاضلی یک خط کاملاً مسطح پدیدار می شود و خطا ،اولین انعکاس رو به پایین خواهد بود. این خاصیت عیب یابی را بخصوص اگر انعکاس عیب خوب تعریف نشده باشد ساده می کند.



شکل ۹: روشهای انعکاس قوسی و انعکاس تفاضلی رادار ولتاژ قوی

۶-۳-۲-۲-انعکاس پالس ضربه

محل اکثر عیوب قابل شناسایی بوسیله انعکاس قوسی را می توان با استفاده از پالس ضربه مشخص نمود. اما معمولاً با دقت و قابلیت اطمینان کمتر ، همچنین در پالس ضربه، تفسیر علامت نمایش داده شده دشوارتر است و نقاط برجسته در ردها پدیدار نمی شوند. خوشبختانه پالس ضربه توانایی عیب یابی تعدادی از عیوب نسبتاً متداول را دارد که با استفاده از انعکاس قوس قابل شناسایی نمی باشد. در این روش ژنراتور موج ضربه مستقیماً و بدون استفاده از فیلتر که ولتاژ و جریان اعمالی به عیب را محدود می کند به کابل متصل می شود. برای بعضی از عیوب، همچون مواردی که در حفر عیب، آب یا روغن جمع می شود ،نیاز به جریان یونیزه کننده بیشتر و ولتاژ بالاتری نسبت به ولتاژ و جریان تأمین شده توسط روش انعکاس قوس می باشد. در پالس ضربه، ژنراتور موج ضربه، یک پالس فشار قوی را به درون کابل تحت آزمایش می فرستد که باعث ایجاد قوس در محل عیب می شود. این قوس باعث انعکاس انرژی به عقب به سمت ژنراتور موج ضربه و سپس بصورت رفت و برگشت بین عیب و ژنراتور ضربه می شود تا وقتی که تمام انرژی تلف شود. این پالس فشار قوی باعث انعکاسهایی شبیه ولتاژ ضعیف TDR می شود. یک کوپلر جریان، موج ضربه منعکس شده و انعکاس موج ضربه پریودیک متعاقب آن را حس می کند که سپس بصورت یک رد روی صفحه نمایش نشان داده می شود . (شکل ۱۰)

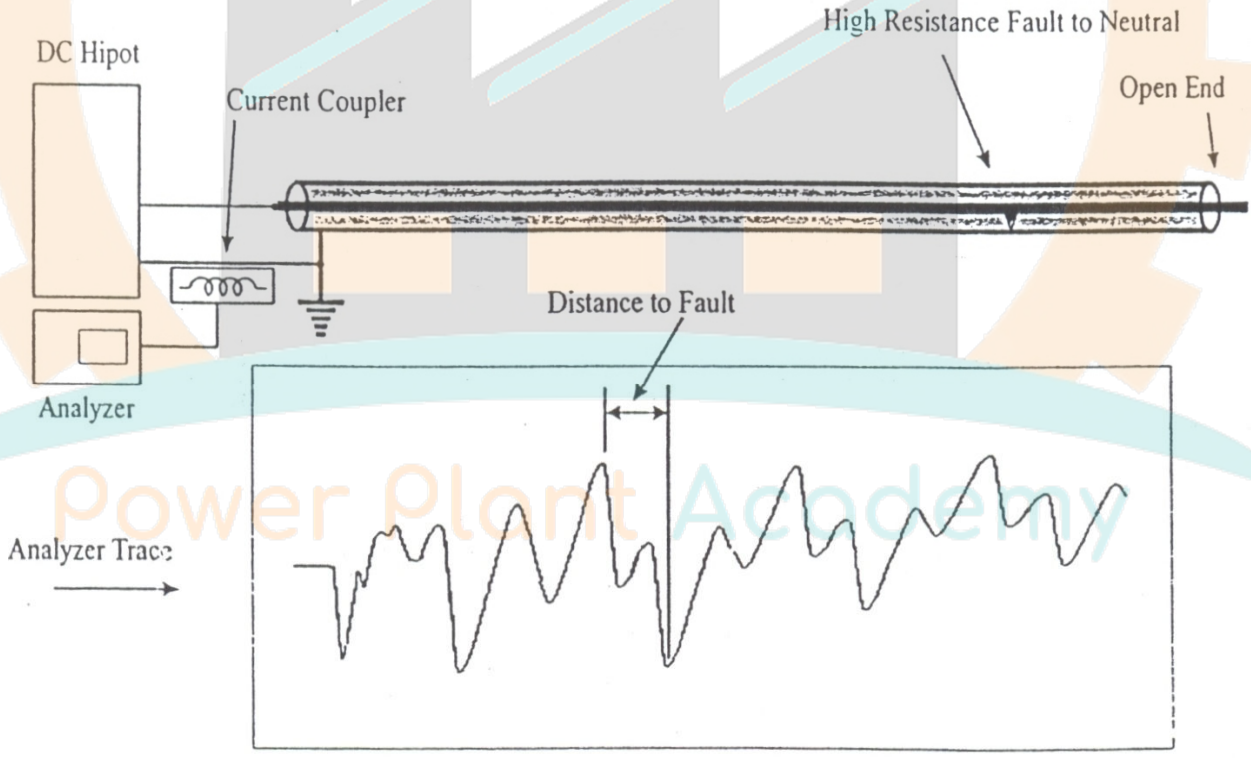


شکل ۱۰: روش انعکاس پالس ضربه رادار فشار قوی

برای تعیین محل عیب ،کرسرها در پیکهای متوالی رد قرار داده می شوند. آنالایزر زمان را اندازه می گیرد و فاصله تا عیب را با استفاده از سرعت انتشار، محاسبه می نماید. برای رد نشان داده شده در(شکل10) تعیین فاصله تا عیب چندان دشوار نیست با این حال در بسیاری موارد تفسیر شکل موج می تواند به دلیل انعکاسهای اضافی ایجاد شده به وسیله گره ها و تپها بسیاردشوار باشد. تغییر سرعت انتشار با توجه به فاصله از عیب نیز بر دقت پالس ضربه تأثیر می گذارد علیرغم معایب ذکر شده تعیین محل بعضی عیوب بدین روش بسیار ساده تر نسبت به دیگر روشها است.

۶-۳-۲-۳-انعکاس میراشونده

این روش در اصل برای عیب یابی در کابلهای کلاس انتقال به کار می رود که نیاز به ولتاژهای شکست بزرگتری نسبت به ولتاژهای تولید شده توسط ژنراتورهای موج ضربه نوعی دارند. برای شکست در محل عیب و حصول حالتهای گذرای با استفاده از یک کوپلر مناسب و یک آنالایزر، ممکن است نیاز به تستهای تست دی الکتریک DC با قابلیت خروجی حداقل ۱۶۰ KV باشد. (شکل ۱۱)



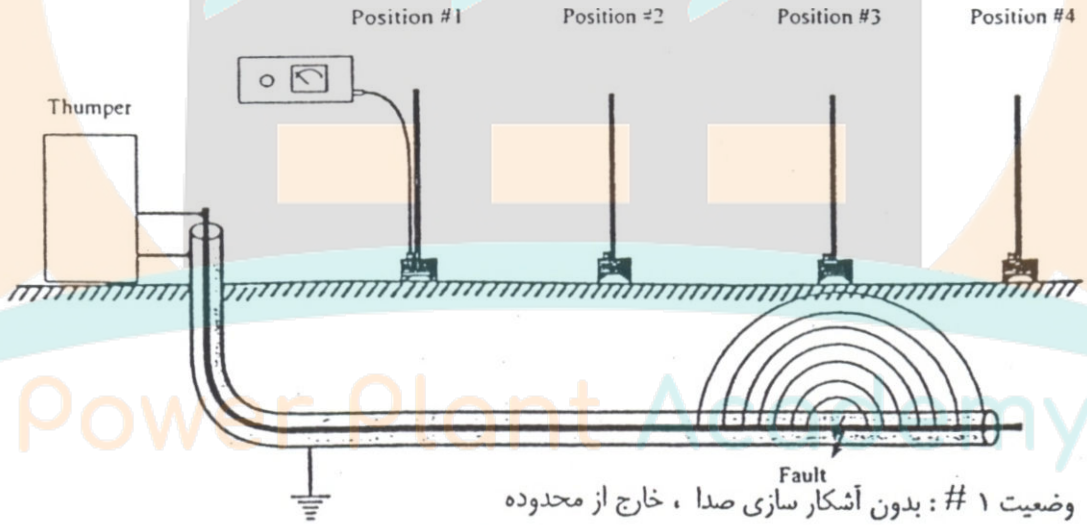
شکل ۱۱: روش میرایی

با اعمال ولتاژ DC فشار قوی به کابل تحت آزمایش، خازن آن شارژ می شود ولتاژ بتدریج افزایش داده می شود تا وقتی که عیب مقاومت بالا دچار شکست شود. با وقوع شکست، خازن کابل از طریق عیب، دشارژ می شود و یک پالس ولتاژ تولید می کند که به دستگاه آزمایش می رود و از آنجا به عیب انعکاس می یابد. هنگامی که پالس ولتاژی به عیب می رسد پلاریته آن معکوس می شود و دوباره به سوی دستگاه آزمایش باز می گردد. این انعکاسها آنقدر ادامه می یابد تا انرژی موجود در موج تلف شود . یک کوپلر جریان، حالت گذرا و انعکاس های موج ضربه پریودیک متعاقب آن را حس می کند که سیگنالهای حاصله بصورت یک رد روی صفحه نمایش نشان داده می شوند. (شکل ۱۱) برای تعیین محل عیب کرسرها روی یک پیک و پیک منفی متوالی از رد قرار داده می شوند. آنالایزر زمان را اندازه می گیرد و فاصله تا عیب را با استفاده از سرعت انتشار محاسبه می کند.

۶-۴-روشهای جایابی دقیق مدرن

۶-۴-۱- آشکار سازی موج ضربه آکوستیک

آشکار سازی ضربه با استفاده از یک ژنراتور موج ضربه و یک آشکار ساز آکوستیک، مهمترین روش عیب یابی دقیق در ۵۰ سال اخیر بوده است. مهمترین ویژگی آن ،ثبت تقریباً کامل موفقیت در عیب یابی دقیق در کابلهای زیرزمینی مستقیماً دفن شده است. در حالت کلی، در این روش تنها یکبار در کابل مستقیماً دفن شده حفاری صورت می گیرد. (شکل ۱۲)



شکل ۱۲: آشکار سازی موج ضربه آکوستیک

۶-۴-۲-روش عیب یابی دقیق در کابل مستقیماً دفن شده :

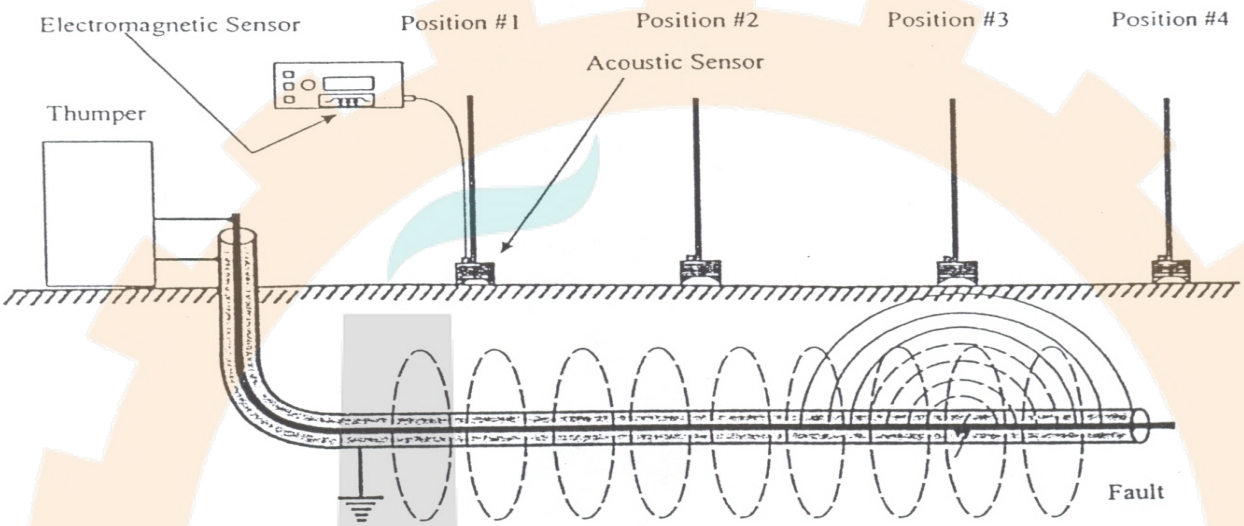
این تکنیک از زمانی که ژنراتورهای موج ضربه برای نخستین بار ابداع شدند یعنی از سال ۱۹۵۰ به کار گرفته شده است ایده اصلی این تکنیک تولید یک ضربه محکم (Thump) در محل عیب است. به گونه ای که صدای آن را بتوان در سطح زمین شنید هر چه ولتاژ ژنراتور ضربه بالاتر باشد ضربه تولید شده نیز بزرگتر خواهد بود. هر چه ضربه بزرگتر باشد، یافتن جای عیب آسانتر خواهد بود. ساده ترین راه برای شنیدن ضربه استفاده از گوشی های شیپوری یا به سادگی قرار دادن گوش روی زمین است. برای این کار می توان از آشکارسازیهای آکوستیکی با تقویت کننده کمک گرفت. با صرف وقت کافی برای راه رفتن روی مسیر کابل و با اندازه کافی بلند بودن صدای ضربه محل عیب پیدا می شود. پالس ولتاژ قوی ژنراتور ضربه ممکن است ، اثرات مخربی روی کابلXLPE(Cross – linked Polythylene) داشته باشد لذا کاربرد این روش برای این کابل جای سؤال دارد. امروزه تلاش برای به حداقل رساندن سطح ولتاژفشار قوی و کاهش طول مدت اعمال ولتاژ ضرب فشار قوی با استفاده از روشهای عیب یابی موضعی و بهبود تجهیزات عیب یابی دقیق می باشد . اولین عیب یابهای موضعی، پلها و به دنبال آن رادار کابل فشار ضعیف و رادار کابل فشار قوی بوده اند. در حال حاضر صنعت وابستگی شدیدی به ضربه زنی (Thumping) فشار قوی برای عیب یابی دقیق آکوستیکی روی کابلهای مستقیماً دفن شده و عیب یابی موضعی قسمتهای معیوب کابل داخل تیوب از طریق آشکارسازی موج ضربه الکترومغناطیسی دارد. احتمالاً سالهای زیادی طول می کشد تا کاربرد ژنراتور ضربه کاملاً منسوخ شود.

۶-۴-۳- آشکار سازی موج ضربه آکوستیکی الکترومغناطیسی

اخیراً پیشرفتهایی در زمینه تجهیزات عیب یابی دقیق صورت گرفته است که به کاهش ولتاژ فشارقوی اعمالی به کابل تحت آزمایش کمک می کنند. آشکارسازهای آکوستیکی پیشین تنها متکی به آشکارسازی صدا بودند.هنگامی که حساسیت آشکارساز بالاست، نویزهای محیطی، ضربه تولید شده در عیب را تحت الشعاع قرار می دهند. هنگامی که حساسیت بسیار کم است، صدای تولید شده در عیب اصلاً شنیده نمی شود. طراحی های جدید هم پالس جریانی ناشی از ژنراتور ضربه و هم نویز به وجود آمده در محل عیب را آشکار می نمایند این تکنیک حتی زمان بین موج ضربه جریان و صدای تولید شده در عیب را اندازه می گیرد . هنگامی که این زمان اندازه گیری شده، حداقل است عیب دقیقاً زیر واحد جستجوگر (Pickup) قرار دارد. هنگامی که

از یک جفت جستجوگر استفاده می شود، سیگنالهای دریافتی به علائم جهت داری تبدیل می شوند که به محل عیب اشاره می کنند.

استفاده از این دستگاه عیب یابی دقیق، بازده پردازش سیگنالها را افزایش می دهد و ولتاژ فشار قوی اعمالی به کابل را کاهش می دهد. (شکلهای ۱۳ و ۱٤)



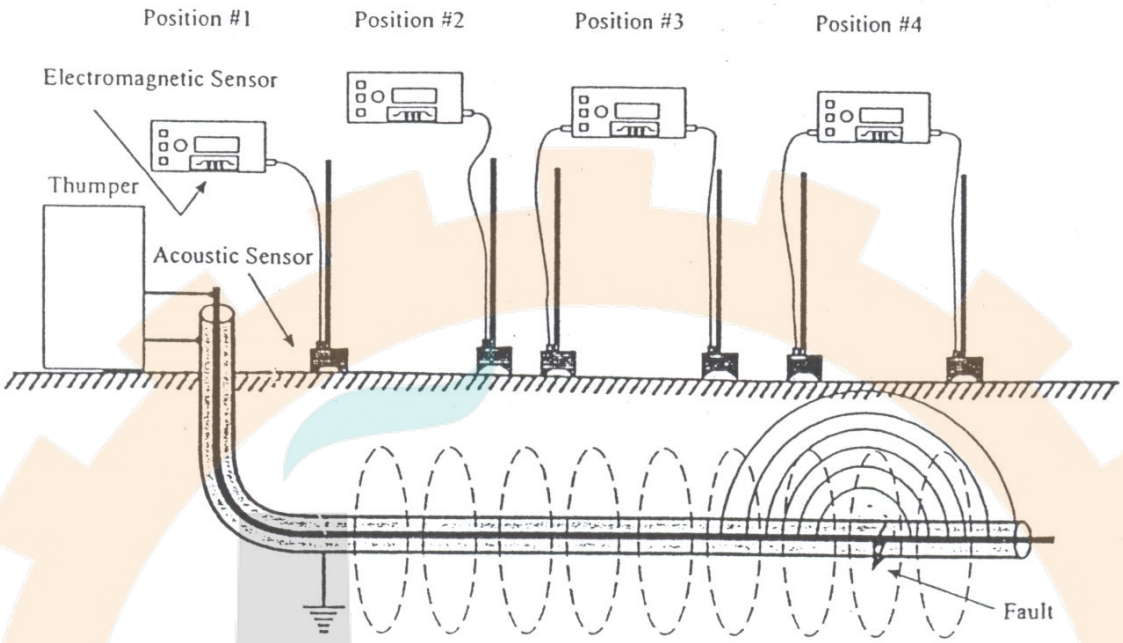
شکل ۱۳: عیب یابی دقیق آکوستیکی / الکترومغناطیسی روی کابلهای اولیه مستقیماً دفن شده با یک سنسور آکوستیکی

وضعیت ۱#سیگنال الکترومغناطیسی حاصل از موج ضربه آشکار می شود.هنوز صدائی آشکارنشده است خارج از محدوده

وضعیت۲#با انتخاب فرکانسی که بهترین تفکیک صدا رابدهد ،صدای ضعیفی آشکار میشود،دریافت صداازفاصله ٤۰ فوتی عیب آغاز میشود.تفاضل زمانی آشکارشده زیاداست.

وضعیت۳#صدای بلندتری دریافت میشود.تفاضل زمانی کوتاهتری آشکارمی شود.

وضعیت٤#صدای دریافت شده حداکثر است،کوتاهترین تفاضل زمانی آشکار میشود.



شکل۱۴ : عیب یابی دقیق آکوستیکی / الکترومغناطیسی روی کابلهای اولیه مستقیماً دفن شده با دو سنسور آکوستیکی

وضعیت ۱#یک سنسور آکوستیکی.هنوز صدائی آشکارنشده است خارج از محدوده سیگنال الکترومغناطیسی ناشی از موج ضربه آشکار می شود

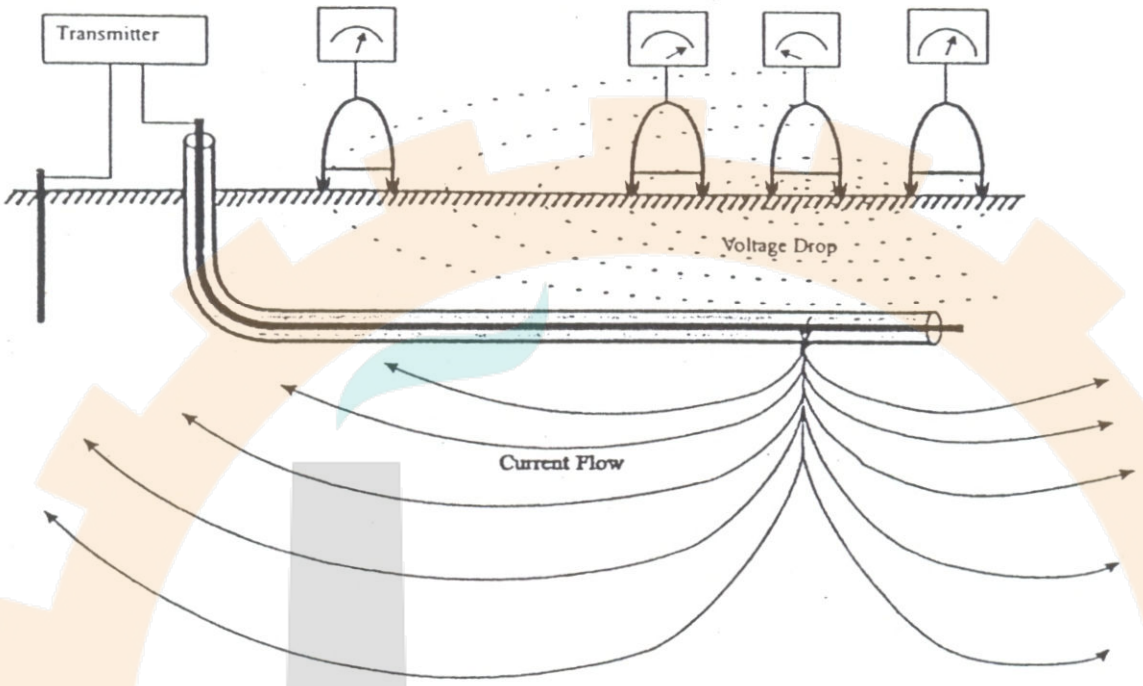
وضعیت۲# یک سنسور آکوستیکی. در حدود، ٤٠ فوتی،صدای ضعیفی آشکار میشود. تفاضل زمانی آشکارشده زیاداست

وضعیت۳# دو سنسور آکوستیکی. روی صفحه نمایش،یک فلش به سمت نزدیکترین سنسور به عیب آشکار می شود

وضعیت٤# دو سنسور آکوستیکی. روی صفحه نمایش، فلشها ،هنگامی که دو سنسور نزدیک همدیگر هستندو عیب بین آنها ودقیقا" در زیر آنها قرار دارد، به یکدیگر اشاره می کنند.

۶-۴-۴- گرادیان ولتاژ AC

بحث انگیز ترین موضوع در سالهای اخیر، آسیبهای احتمالی ناشی از ولتاژفشار قوی بر کابلهای زیرزمینی بوده است. در نتیجه تحقیقات پیوسته ای برای یافتن روشهای عیب یابی دقیق دیگری که غیر مخرب باشند صورت گرفته است. دستگاه آزمایش گرادیان ولتاژ AC که در اصل برای عیب یابی دقیق روی کابل ثانویه مستقیماً دفن شده طراحی شده است، اگر چه نمی تواند جایگزین ژنراتور موج ضربه شود اما در مواردی می توان آن را برای عیب یابی دقیق روی کابلهای اولیه مستقیماً دفن شده به کار برد (شکل ۱۵)



شکل ۱۵: گرادیان ولتاژAC برای عیب یابی دقیق روی کابل مستقیماً دفن شده

با استفاده از یک فرستنده AC مطابق (شکل ۱۵)وقتی که فریم شبیه (A-FrameA) به عیب نزدیک می شود ولتاژ اندازه گیری شده افزایش می یابد، هنگامی که عیب بین دوشاخه فریم A قرار میگیرد ولتاژ اندازه گیری شده به صفر می رسد. با عبور از محل عیب ولتاژ دوباره افزایش می یابد، فریم A باید دقیقاً در امتداد مسیر کابل حرکت داده شود بنابراین باید قبلاً مسیر کابل ردیابی شود . در یک تکنیک مشابه دیگر از یک ژنراتور DC استفاده می شود که یک پالس ولتاژ چندین ثانیه ای با فاصله زمانی منظم تولید می کند. در این مورد، با نزدیک شدن به عیب، عقربه اندازه گیر با مرکز صفر فریم A برای هر پالس به یک طرف منحرف می شود. هنگامی که فریم A درست روی عیب قرار دارد اندازه گیر صفر را نشان می دهد و پس از عبور از عیب عقربه آن به سمت مخالف منحرف می شود . مزیت این روش در این است که در بیشتر موارد ولتاژ بسیار بالاتر از ولتاژ تولید شده به وسیله یک ژنراتور AC است و بنابراین جریان بالاتری در زمین جاری می شود که آن نیز ولتاژ گرادیان زمین بالاتری تولید می نمایند این دو تکنیک گرادیان زمین بیشتر برای کابلهای ثانویه به کار می روند.

۶-۵-نتیجه گیری :

عیب یابی در کابلهای قدرت زیر زمینی را به شکلهای گوناگونی می توان انجام داد با آشنایی با نحوه کار دستگاههای عیب یابی مختلف ، شما می توانید بهترین دستگاه را برای کاری که در دست دارید انتخاب کنید از تجهیزات مناسب استفاده نمایید و پروسه عیب یابی را با کارایی بیشتری و در زمان کمتر و با تلاش کمتری انجام دهید هنر عیب یابی را با انجام کار می توان کسب کرد هر عیبی کمی با عیب دیگر تفاوت دارد و شما می توانید از هر عیب یابی نکته ای یاد بگیرید .

پرسشها

۱. آشکارسازی ضربه الکترومغناطیسی را برای عیب یابی موضعی توضیح دهید؟
۲. روش عیب یابی موضعی مدرن باTDRرادار فشارضعیف را توضیح دهید؟
۳. انواع روشهای رادار فشارضعیف را توضیح دهید؟
٤. انوا ع روش عیب یابی دقیق مدرن را توضیح دهید؟

موفق باشید .

Power Plant Academy