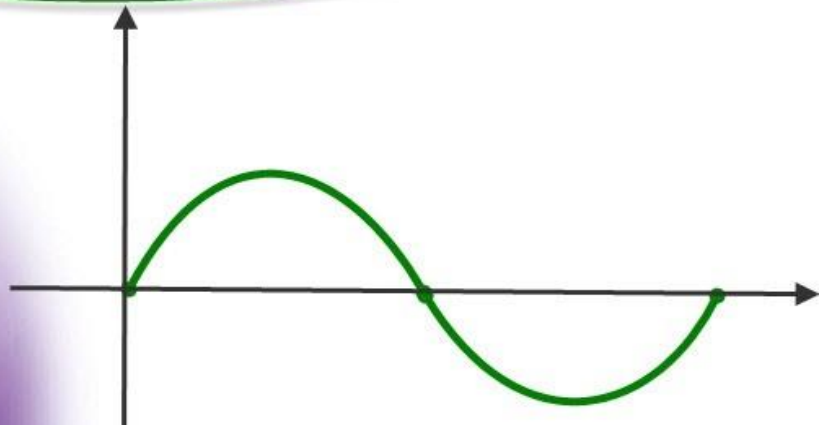


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

تخلیه جزئی در عایقها

برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

(شماره پروژه = ۳۸۶)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده

عیب در سیستمهای عایقی در اثر پروسه های الکتریکی ، مکانیکی و حرارتی ناشی از ساخت و یا بهره برداری از آنها ایجاد می شود . ایجاد این عیوب ، باعث کاهش موضعی استقامت الکتریکی سیستمهای عایقی شده که تخلیه جزئی (Partial Discharge) را در محل عیب بدنبال خواهد داشت . وجود منافذ، حفره ها و یا کانالهای تخلیه الکتریکی به شکل درخت در عایقهای الکتریکی باعث بالا رفتن شدت میدان الکتریکی و بوقوع پیوستن تخلیه جزئی در این نقاط خواهد شد . ادامه این تخلیه جزئی که بصورت جرقه های کوچکی می باشد، بتدریج باعث خورده شدن عایق و در نهایت خرابی کامل دستگاه می شود. بنابراین برای اطمینان از عملکرد مطمئن تجهیزات فشار قوی، آشکار سازی پالسهای تخلیه جزئی جهت تشخیص و مکان یابی عیوب داخلی عایقها ، حائز اهمیت زیادی می باشد.

در این پروژه مطالعات جامعی بر روی پدیده تخلیه جزئی، کمیتهای مربوطه، روشهای الکتریکی و غیرالکتریکی آشکار سازی پالسهای تخلیه جزئی، مدارات مختلف آشکار سازی و نمونه برداری از این پالسها، روشهای حذف تداخلات ناشی از سیگنالهای ناخواسته صورت گرفته است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فهرست

صفحه	عنوان
	فصل اول : پدیده تخلیه جزئی و کمیت‌های مربوطه
7	مقدمه
۸	انواع تخلیه جزئی
۱۷	مدار معادل تخلیه جزئی
	کمیت‌های الکتریکی مرتبط با دامنه تخلیه جزئی
۲۱	
۲۶	خلاصه فصل
	فصل دوم : روش‌های غیر الکتریکی آشکار سازی تخلیه جزئی
۲۹	مقدمه
۲۹	آشکار سازی صوتی تخلیه جزئی در هوا
۳۵	آشکار سازی نوری تخلیه جزئی
	آشکار سازی وجود تخلیه جزئی بر مبنای واکنش‌های شیمیایی
۳۹	
۴۰	خلاصه فصل
	فصل سوم : اصول آشکار سازی الکتریکی تخلیه جزئی
۴۲	مقدمه
۴۲	افت ولتاژ ترمینال‌های نمونه عایق (V0δ)
	طرح کلی مدار آشکار سازی الکتریکی تخلیه جزئی
۴۴	
۴۵	امپدانس آشکار سازی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

صفحه	عنوان
۴۹.....	تقویت پالسهای تخلیه جزئی حساسیت مدار آشکارساز تخلیه جزئی
۵۲.....	دقت تشخیص (Resolution) مدار آشکارساز تخلیه جزئی
۶۴.....	مشاهده پالسهای تخلیه جزئی
۶۷.....	خلاصه فصل
۷۰.....	فصل چهارم : حذف تداخلات تدریجی از سیستم آشکارساز تخلیه جزئی
۷۳.....	مقدمه
۷۳.....	تداخلات ناشی از شبکه برق
۷۳.....	تداخلات ناشی از مدار فشار قوی
۷۵.....	آشکارسازی امواج الکترومغناطیسی موجود در محیط
۷۶.....	تداخلات ناشی از نویز کنتاکتها
۷۸.....	خلاصه فصل
۸۰.....	فصل پنجم : مدارات عملی اندازه‌گیری و آشکارسازی پالسهای تخلیه جزئی
۸۰.....	مقدمه
۸۰.....	آشکارساز مستقیم
۸۷.....	آشکارساز تعادلی
۹۶.....	کالیبراتورهای آشکارسازی تخلیه جزئی
۱۰۲.....	خلاصه فصل
۱۰۳.....	منابع و مأخذ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل اول

پدیده تخلیه جزئی و

کمیت‌های مربوطه



WikiPower.ir (۱-۱) مقدمه

تخلیه جزئی به تخلیه های موضعی داخل سیستم عایقی که فقط محدود به یک قسمت از ماده دی الکتریک بوده و بصورت جزئی بین الکترودها پل برقرار می کند ، گفته می شود. عایق ممکن است شامل مواد جامد، مایع و یا گاز و یا ترکیبی از آنها باشد. اصطلاح تخلیه جزئی نسبتاً جدید بوده و مشتمل بر محدوده وسیعی از تخلیه های الکتریکی می شود.

تاثیر با اهمیت تخلیه های الکتریکی در طول عمر عایقها از مدت‌ها پیش شناخته شده است. هر نوع تخلیه الکتریکی که بر روی سطح و یا درون عایقهای الکتریکی ، بصورت جزئی یا کلی رخ دهد، باعث اصابت الکترونها پر انرژی و یا یونهای شتابدار به ماده عایقی شده که نتیجه آن انجام واکنشهای شیمیایی و نهایتاً تخریب عایق می باشد. بعنوان مثال انجام تخلیه جزئی در درون عایق ترموپلاستیکی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چون PE، ممکن است ظرف چند روز باعث شکست کامل عایق گردد. البته وجود تخلیه جزئی چون کرونا در حول خطوط انتقال انرژی الکتریکی، اثری در طول عمر این خطوط ندارد ولی تلفات الکتریکی و تداخلات مخابراتی را به همراه خواهد داشت.

اصولاً تخلیه های الکتریکی با سرعت گرفتن الکترونهاى آزاد در گازها از طرف میدان الکتریکی آغاز می شوند. در صورتی که شدت میدان الکتریکی به اندازه کافی بالا باشد، این الکترونهاى در مسیر شتاب گرفتن خود، به اندازه کافی انرژی کسب نموده و در اثر برخورد با اتمها موجود، موجب آزاد شدن الکترون از آنها می شوند. این پدیده به پدیده یونیزاسیون (Ionization) موسوم می باشد. ابتدا این پدیده با الکترونهاى آزادى که به دلایل مختلف چون اشعه های کیهانی، تشعشعات رادیواکتیو در فضا بین الکترونها وجود دارند آغاز می شود. در اثر برخورد یک الکترون به یک اتم، آن به یک الکترون و یک یون مثبت تجزیه می شود. البته اگر انرژی الکترون برخورد کننده به اندازه کافی نباشد، در اثر این برخورد ممکن است تنها آن اتم تحریک شود. یعنی الکترونی و یا الکترونهاى از آن از سطح پایین تر انرژی به سطحى بالاتر رفته که چون در آن سطح بالا پایدار نمی باشند، پس از بازگشت به سطح اولیه انرژی خود، انرژی کسب شده بصورت نور و امواج الکترومغناطیسی فرکانس پایین (نویز رادیویی) ظاهر می شود.

تخلیه جزئی بعنوان نوعی تخلیه الکتریکی، بدلیل بالا بودن در میدان الکتریکی در محدوده خاصی از سیستم عایقی انجام می ود و همراه با تشعشع نور، صدا، تلفات دی الکتریک، انتشار امواج الکترومغناطیسی، واکنشهای شیمیایی، بالا رفتن فشار گاز و پالسهای الکتریکی ناشی از انتقال بار الکتریکی می باشد.

۱-۲) انواع تخلیه جزئی

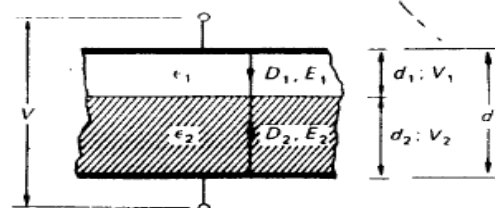
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

کلمه تخلیه جزئی به محدوده گسترده ای از تخلیه های الکتریکی که در تمام آنها تخلیه الکتریکی بصورت جرقه های کوچکی که کاملاً مسیر بین الکترودها را نمی پیماید، بلکه موضعی بوده و در یک محدوده کوچکی برقرار می شود، اطلاق می شود. انواع تخلیه جزئی بقرار زیر می باشد:

۱-۲-۱) تخلیه جزئی در داخل عایقهای الکتریکی بدلیل وجود منافذ و حفره ها در آنها

در این نوع تخلیه جزئی بدلیل بالا بودن شدت میدان الکتریکی در منافذ و حفره های موجود در عایق ، هر چند که ابعاد این حفره ها و منافذ خیلی خیلی کوچک باشد ، رخ می دهد . این نوع تخلیه می تواند بدلیل کاملاً متصل نبودن عایق به الکترودها در اثر وجود ناهمواریهای سطحی بر روی عایق نیز رخ دهد . برای آنکه مفهوم بالا بودن شدت میدان در داخل حفره ها و یا فاصله ایجاد شده بین الکترودها و عایق درک شود، یک خازن صفحه ای را در نظر می گیریم و فرض می کنیم که بین صفحه های خازن دو نوع عایق مختلف با ضرایب دی الکتریک ϵ_1 و ϵ_2 وجود داشته باشد.

مطابق شکل (۱-۱) فصل مشترک دو عایق یک خط هم پتانسیل می باشد. در اینجا برای سادگی جوشنهای خازن ، دو صفحه موازی فرض شده اند . فصل مشترک دو عایق نیز صفحه ای موازی با جوشنها



می باشد .

شکل ۱-۱: خازنی با دو عایق مختلف

بردار چگالی شدت میدان در هر دو عایق مساوی و برابر است با :

$$D_1 = D_2 = \frac{Q}{A}$$

(۱-۱)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

که در رابطه فوق Q بار و A سطح جوشن ها می باشد. از طرف دیگر داریم:

$$(۲-۱)$$

$$D = \epsilon E$$

لذا:

$$(۳-۱)$$

$$D = \epsilon_1 E_1 = \epsilon_2 E_2$$

و یا:

$$(۴-۱)$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_{R2}}{\epsilon \cdot \epsilon_{R1}} = \frac{\epsilon_{R2}}{\epsilon_{R1}}$$

افت ولتاژ در عایق شماره یک برابر است با:

$$(۵-۱)$$

$$U_1 = E_1 d_1 = \frac{D_1}{\epsilon_1} d_1$$

در عایق شماره دو افت ولتاژ برابر است با:

$$(۶-۱)$$

$$U_2 = E_2 d_2 = \frac{D_2}{\epsilon_2} d_2$$

با توجه به اینکه $D_1 = D_2$ است مجموع افت ولتاژ در دو عایق برابر است با:

$$(۷-۱)$$

$$U = U_1 + U_2 = D \left(\frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2} \right)$$

U ولتاژ بین دو جوشن است. تقسیم ولتاژ بین دو عایق از روابط زیر بدست می آید:

$$(۸-۱)$$

$$U_1 = U \frac{d_1 \epsilon_2}{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}$$

$$(۹-۱)$$

$$U_2 = U \frac{d_2 \epsilon_1}{d_1 \epsilon_2 + d_2 \epsilon_1}$$

و شدت میدان الکتریکی در دو عایق از روابط زیر نتیجه می شود:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۱۰-۱)

$$E_1 = U \frac{\epsilon_2}{\epsilon_2 d_1 + \epsilon_1 d_2}$$

(۱۱-۱)

$$E_2 = U \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2 d_1 + \epsilon_1 d_2}$$

حال فرض می کنیم که عایق شماره یک ، هوا با $\epsilon_r = 1$ و ضخامت 0.1 میلیمتر و عایق شماره دو سلولز با عدد دی الکتریک $\epsilon_r = 4$ و ضخامت 5 باشد ، در حقیقت سلولز عایق اصلی است ولی فرض می نماییم به دلیلی بین سلولز و الکتروود یک شکاف هوایی بوجود آمده باشد . ولتاژ بین دو جوشن خازن 20 کیلوولت فرض می شود . می خواهیم شدت میدان الکتریکی در دو عایق مختلف را حساب کنیم . شدت میدان الکتریکی در سلولز برابر است با :

$$E_2 = 20 \frac{1}{(0.1 \times 4) + (5 \times 1)} \cong 3.7 \text{ kv/mm}$$

و شدت میدان الکتریکی در فاصله هوایی برابر است با:

$$E_1 = 20 \frac{4}{(0.1 \times 4) + (5 \times 1)} \cong 14.8 \text{ kv/mm}$$

بنابراین شدت میدان الکتریکی در فاصله هوایی هر چند این فاصله خیلی خیلی کوچکتر از ابعاد عایق باشد ، بزرگتر بوده و این باعث بوجود آمدن جرقه هایی که همان تخلیه جزئی می باشد، در فاصله هوایی می گردد . در حقیقت اگر فاصله هوایی نبود ، شدت میدان الکتریکی در سلولز برابر چهار کیلو ولت بر میلیمتر بوده که این میدان برای سلولز چندان قابل ملاحظه نیست .

از این مثال معلوم می شود که شدت میدان الکتریکی در شکاف هوایی بوجود آمده بین عایق اصلی و جوشن و یا حفره موجود در عایق باعث بوجود آمدن شدت میدان الکتریکی شدید در فاصله هوایی می گردد . و از آنجایی که استقامت الکتریکی هوا نسبتاً کم می باشد ، در این فاصله هوایی ، جرقه زده می شود . این جرقه ها می توانند در طول زمان باعث خورده شدن و از بین رفتن عایق اصلی گردند . بعضی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از عایقها مانند سلولز و پلی اتیلن در مقابل این جرقه ها بسیار حساس هستند و زود از بین رفتن عایق اصلی گردند. بعضی از عایقها مانند سلولز و پلی اتیلن در مقابل این جرقه ها بسیار حساس هستند و زود از بین می روند.

در صورتی که وجود فاصله بین عایق و الکترودها اجتناب ناپذیر باشد، باید این فاصله را با ماده ای که ضریب دی الکتریک آن نزدیک به عایق اصلی و استقامت آن نیز نزدیک استقامت عایق اصلی است پر نمود. برای مثال می توان از روغن و یا گاز SF6 استفاده نمود.

گاهی ممکن است در داخل عایق ها جامد و یا مایع حباب گاز باقی بماند. این حباب بصورت یک حفره می باشد. در صورتی که عدد دی الکتریک عایق و ϵ_r عدد دی الکتریک گاز یک باشد، برای شدت میدان الکتریکی داخل حفره کروی شکل می توان نوشت:

(۱۲-۱)

$$E_i = \frac{3\epsilon_r}{2\epsilon_r + 1} \times E_0$$

که ر این رابطه E_0 شدت میدان الکتریکی داخل عایق E_i و شدت میدان الکتریکی داخل حفره می باشد.

فرض می کنیم عایق از جنس رزین اپوکسید (Epoxy resin) همراه با پودر کوارتز (Quartz) باشد که معمولاً در صنعت به عنوان عایق بکار می رود. این نوع ماده ابتدا بصورت سیال است که در قالبهای دلخواه ریخته شده و سپس بر اثر گرما سخت می گردد. در این بین ممکن است حبابهای گاز داخل ماده باقی بماند عدد دی الکتریک این عایق $\epsilon_r = 4$ است و شدت میدان الکتریکی داخل آن تا چند کیلو ولت برای هر میلیمتر انتخاب می کنند. شدت میدان الکتریکی در حالت کار عادی در اینجا برابر $E_0 = 3$ کیلو ولت بر میلیمتر فرض می کنیم. در داخل حفره شدت میدان الکتریکی برابر است با:

$$E_i = \frac{3 \times 4 \times 3}{2 \times 4 \times 1} = 4 \text{ kv/mm}$$

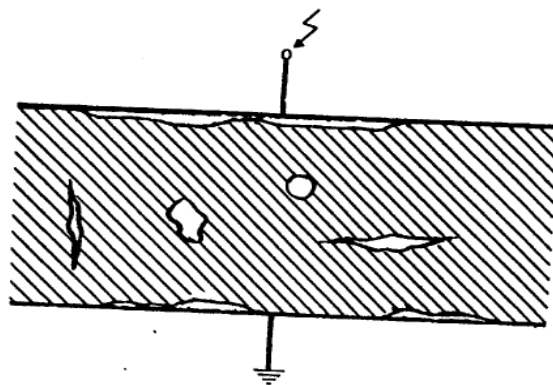
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

و این میدان نسبتاً قوی است. هوای حفره تحمل این شدت میدان الکتریکی را ندارد و در داخل حفره جرقه های کوچکی زده می شود. که همان تخلیه جزئی می باشد. با خورده شدن عایق در اثر این جرقه ها، حفره بزرگتر و بزرگتر شده و سرانجام باعث خرابی کامل دستگاه می شود.

در حقیقت رزین اپوکسید، شدت میدان الکتریکی تا ۱۵ کیلو ولت بر میلیمتر را تحمل می کند و انتخاب سه کیلو ولت بر میلیمتر در شرایط کار عادی، برای رزین اپوکسید، چندان زیاد نیست ولی در حفره ها و حبابها هوای داخل آن شکست الکتریکی انجام می گیرد. لذا باید دقت شود در داخل عایق حفره و حباب باقی نماند. در صورت عدم وجود حفره شدت میدان الکتریکی داخل رزین اپوکسید را می توان بیشتر انتخاب نمود و برعکس اگر روش قالبکاری و ریختگی مناسب نباشد، باید از شدت میدان الکتریکی کمتری برای کار عادی استفاده نمود.

در شکل (۱-۲) نمونه هایی از حفره هایی که در داخل و یا سطح اتصال عایق و الکترودها ممکن است موجود باشد، مشاهده می شود.

لازم به ذکر است که تشخیص و آشکارسازی چنین تخلیه ای مشکل می باشد و روشهای غیر الکتریکی آشکارسازی تخلیه جزئی در این مورد از کارایی لازم برخوردار نمی باشند و باید از روشهای الکتریکی آشکارسازی استفاده نمود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱-۲: تخلیه های داخلی

۱-۲-۲) تخلیه سطحی

این نوع تخلیه بر روی سطح خارجی عایق جامد و یا مایع صورت می پذیرد و در حقیقت تخلیه سطحی، تخلیه ای است که بر روی سطح مشترک دو عایق جامد و گاز و یا جامد و مایع و یا مایع و گاز رخ می دهد.

استقامت الکتریکی بر روی فصل مشترک دو عایق الکتریکی کمتر از استقامت الکتریکی هر یک از عایقها به تنهایی می باشد و تخلیه جزئی بدلیل بالا بودن شدت میدان در نقاطی از این سطح رخ می دهد. موارد زیر باعث پایین آمدن استقامت الکتریکی در فصل مشترک عایقها می گردد:

الف- سطح عایق جامد دارای برآمدگی و فرورفتگی هایی است و شدت میدان الکتریکی در فرورفتگی ها زیادتر از شدت میدان الکتریکی یکنواخت در گاز می باشد در نتیجه در فرورفتگی ها امکان تخلیه جزئی وجود دارد.

ب- سطح خارجی عایقها اغلب کاملاً تمیز نمی باشد و یا حداقل میزان تمیزی بر روی سطح یکنواخت نیست. بر اثر قرار گرفتن مواد مختلف بر روی سطح خارجی عایق و یا مرطوب شدن غیریکنواخت این سطح، تقسیم ولتاژ بر روی آن یکنواخت نخواهد بود. بلکه قسمتهای مرطوب و یا کثیف دارای قابلیت هدایت الکتریکی بیشتری بوده و قسمتهای خشک و تمیز قابلیت هدایت الکتریکی کمتری را دارا هستند. این اختلاف در قابلیت هدایت الکتریکی بر روی سطح عایق سبب تقسیم غیریکنواخت ولتاژ در طول عایق می شود و در قسمتهایی که هدایت بهتری دارند، ولتاژ کمتری افت کرده و قسمتهایی که خشک و تمیز هستند و در نتیجه مقاومت الکتریکی بیشتری دارند، بایستی شدت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

میدان الکتریکی قویتر را تحمل کنند و همین زیاد شدن شدن میدان الکتریکی در بعضی قسمتها باعث تخلیه های جزئی می شود .

ج- معمولاً بر روی سطح خارجی عایق جامد بارهای الکتریکی قرار می گیرند . این بارها الکتریکی ممکن است در اثر تخلیه های الکتریکی جزئی بر روی سطح عایق قرار گیرند وجود بارهای الکتریکی بر روی سطح خارجی عایق باعث تقسیم غیریکنواخت ولتاژ می گردد.

د- ذرات معلق هادی بر روی سطح خارجی عایق و خصوصاً در نزدیکی الکترودها جمع شده و باعث پایین آمدن استقامت الکتریکی می گردند .

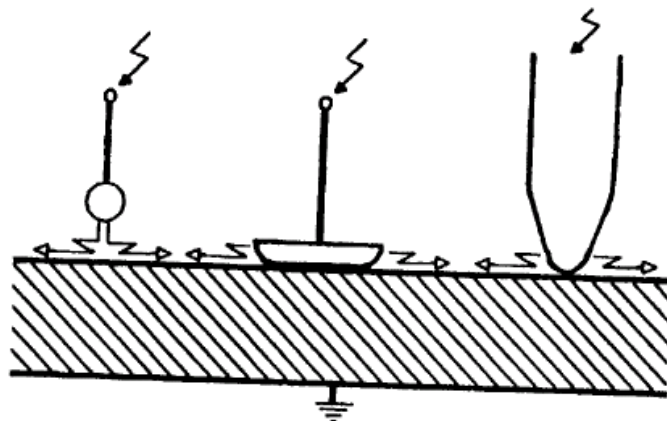
ه- یکی دیگر از دلایل پایین آمدن استقامت الکتریکی بر روی فصل مشترک دو عایق جامد و گاز ، وجود رطوبت هوا و پولاریزه شدن و نهایتاً یونیزه شدن آب می باشد و در صورتی که رطوبت گاز تا حد اشباع بالا رود ، استقامت الکتریکی بر روی فصل مشترک دو عایق جامد و گاز کاهش می یابد .

با آنچه بیان شد نتیجه می شود که در صورتی که فصل مشترک دو عایق در جهت خطوط نیرو و میدان الکتریکی باشد و یا بعبارت دیگر این فصل مشترک تشکیل یک خط هم پتانسیل را ندهد ، استقامت الکتریکی این فصل مشترک کمتر از هر یک از عایقها می باشد . بنابراین قرار دادن فصل مشترک دو عایق در جهت خطوط هم پتانسیل بسیار مناسب و بر عکس قرار دادن .

فصل مشترک دو عایق در جهت خطوط نیرو بسیار نامناسب می باشد . در صورتی که امکان قراردادن فصل مشترک بر روی سطح هم پتانسیل وجود نداشته باشد، باید سعی کرد که فصل مشترک دو عایق با خطوط نیرو زاویه بزرگی را داشته باشد .

تخلیه جزئی سطحی در عمل ممکن است بر روی پایه های عایقی ، بوشینگها ، انتهای کابلها، بین صفحات خازنها و... رخ می دهد . در شکل (۱-۳) نمونه هایی از این نوع تخلیه جزئی مشاهده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۱-۳: تخلیه سطحی

۱-۲-۳ کرونا

کرونا نوعی تخلیه جزئی می باشد که بدلیل بالا بودن شدت میدان الکتریکی در نوک تیز هادیها و تجهیزات فشار قوی و همچنین حول خطوط انتقال انرژی الکتریکی رخ می دهد. این نوع تخلیه معمولا بر روی نقاط تیز با پتانسیل فشار قوی رخ می دهد بر روی نقاط تیز با پتانسیل زمین که در میدان الکتریکی قرار می گیرد و یا حتی در الکترودهای تیزی که در وسط میدان الکتریکی قرار می گیرند نیز مشاهده می شود.

بعنوان مثال مقدار شدت میدان الکتریکی در فاصله ۲ از هادی یک خط انتقال با پتانسیل U برابر است

با :

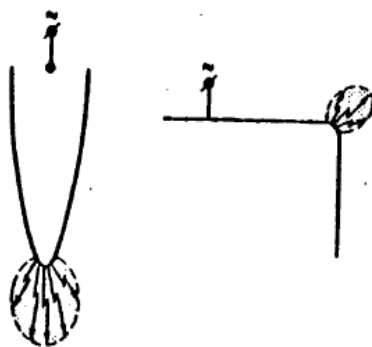
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۱۳-۱)

$$E(r) = \frac{u}{r \cdot \ln\left(\frac{r}{r_i}\right)}$$

که در این رابطه r_i شعاع هادی و r فاصله تا مرکز هادی می باشد. از این فاصله چگونگی تغییرات شدت میدان در اطراف خطوط انتقال انرژی الکتریکی مشخص می باشد و هر چه به هادی نزدیکتر می شویم شدت میدان بالاتر می رود. در فاصله خیلی کوچکی از سطح هادی شدت میدان الکتریکی خیلی زیاد خواهیم داشت که این موجب تخلیه های جزئی می شود. این تخلیه های جزئی باعث یونیزه شدن هوا و تولید اوزن (O_3) می شوند. هر چه شعاع هادی (r_i) کمتر باشد و یا بعبارت دیگر آن تیزتر شود، شدت میدان در اطراف آن بالاتر می رود. از اینرو، برای کاهش شدت میدان الکتریکی حول خطوط انتقال، قطر هادیها بزرگتر می شود و یا از خطوط باندل استفاده می شود.

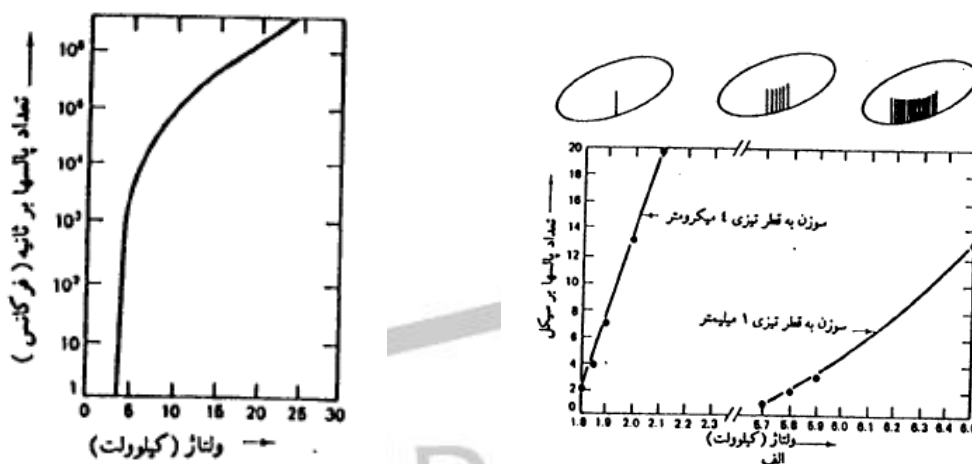
اگر چه ایجاد کرونا بر روی خطوط انتقال تاثیری بر طول عمر این خطوط ندارد و تنها باعث تلفات الکتریکی و نویزهای مخابراتی می شود ولی وجود نوکهای تیز درون تجهیزات فشار قوی که در مجاورت عایقهای الکتریکی می باشند، باعث خازن شدن و ایجاد ولتاژهای بالا می شود.



شکل ۴-۱: تخلیه کرونا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در ولتاژ a.c، با افزایش ولتاژ ابتدا پالسهای کرونا در نیم سیکل منفی رخ می دهد و با افزایش مجدد ولتاژ کم کم در نیم سیکل مثبت هم پالسهای کرونا مشاهده می شود (شکل ۱-۵-الف). با افزایش ولتاژ تعداد و فرکانس تکرار پالسهای کرونا افزایش پیدا می کند. و شکل (۱-۵-الف) برای دو سوزن با قطه های ۴۰ و یک میلیمتر رابطه بین افزایش ولتاژ و تعداد پالس کرونایی که در هر سیکل رخ می دهد، نشان داده شده است. همچنین رابطه بین تعداد پالس های کرونا، که در هر ثانیه در ولتاژ d.c منفی رخ می دهد و افزایش ولتاژ را می توان در شکل (۱-۵-ب) مشاهده نمود.



شکل ۱-۵-الف): تکرار پالسهای کرونا در ولتاژ ac به ازای تغییرات ولتاژ از ۶ تا ۲۰ درصد بالاتر از ولتاژ

شروع کرونا

(ب): فرکانس تکرار پالسهای کرونا در ولتاژ dc منفی.

(۴-۲-۱) تخلیه الکتریکی در کانالهای تخلیه (Treeing)

وجود وجود حفره های کوچک در داخل عایقهای جامد و بالا بودن شدت میدان در این حفره ها نوع

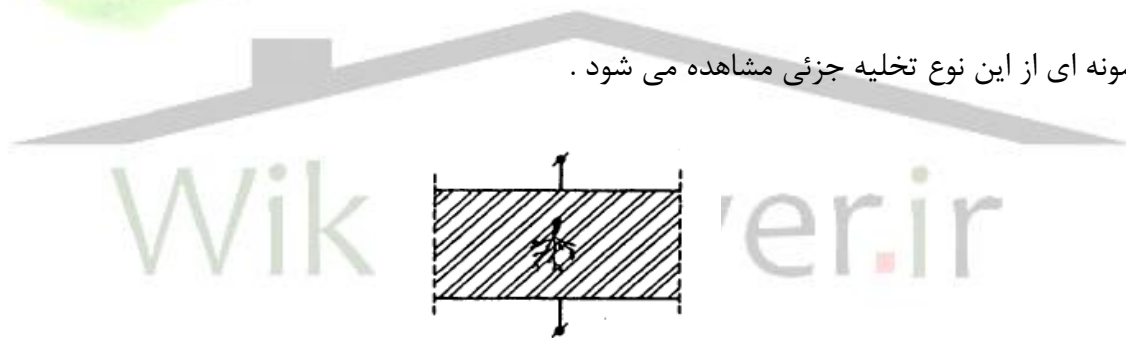
خاص دیگری از تخلیه جزئی را ایجاد می کند که عایق از داخل خورده شده و شکلهایی نظیر درخت و یا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بوته را بوجود می آورد که به آن ترینگ گفته می شود. این پدیده در حضور رطوبت بیشتر مشاهده می شود. ادامه این نوع تخلیه باعث گسترش شاخه های درخت ایجاد شده، خواهد شد که در نهایت تخلیه کامل را بدنبال خواهد داشت.

برخلاف حالت نرمال، ای تخلیه خیلی ناپایدار می شود. برای مدت طولانی هیچ نشانه ای از تخلیه مشاهده نمی شود اما پس از شروع به رشد این درخت در مدت کوتاهی به تخلیه کامل منجر می شود. برای اینکه با شکست الکتریکی کامل با این سرعت زیاد رخ ندهد، باید ولتاژ را کاهش داد.

ابعاد ترینگ اغلب کوچک و در حدود میلیمتر می باشد و تخلیه جزئی در این حالت بسیار ضعیف است و به سختی توسط دستگاههای آشکار ساز تخلیه جزئی قابل تشخیص می باشد. به همین دلیل اغلب این تخریب ناشناخته می ماند و ممکن است شکست عایق بدون انتظار پیش بیاید. در شکل (۱-۶) نمونه ای از این نوع تخلیه جزئی مشاهده می شود.



شکل ۱-۶: ترینگ در عایق جامد

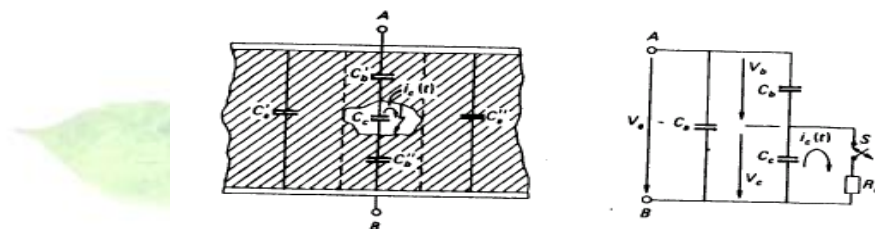
۱-۳) مدار معادل تخلیه جزئی

با مدلسازی مداری هر یک از انواع تخلیه جزئی می توان رفتار تخلیه های جزئی را بهتر بررسی و توجیه نمود. از آنجایی که روشهای الکتریکی آشکارسازی و اندازه گیری تخلیه جزئی مبتنی بر اندازه گیری آن از طریق ترمینالهای سیستم عایقی می باشد، ارائه یک مدل الکتریکی مناسب، کمک زیادی در یافتن مدارهای الکتریکی آشکار ساز تخلیه جزئی خواهد نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

در ابتدا عایق جامد یا مایعی را در نظر می گیریم که بین ترمینالهای B و A قرار دارد در درون آن یک حفره و یا حبابی گاز قرار دارد. این حفره را می توان با یک خازن و یک فاصله هوایی که مانند یک کلید کنترل شونده با ولتاژ دو سر حفره، مدل نمود. (شکل ۷-۱).

کلید Sها که با ولتاژ V_c که همان ولتاژ دو سر حفره است، کنترل می شود فقط برای لحظه بسیار کوتاه وصل می شود که در طی آن جریان $i_c(t)$ برقرار می شود. مقاومت R_c محدود بودن دامنه جریان i_c را مدل می کند.

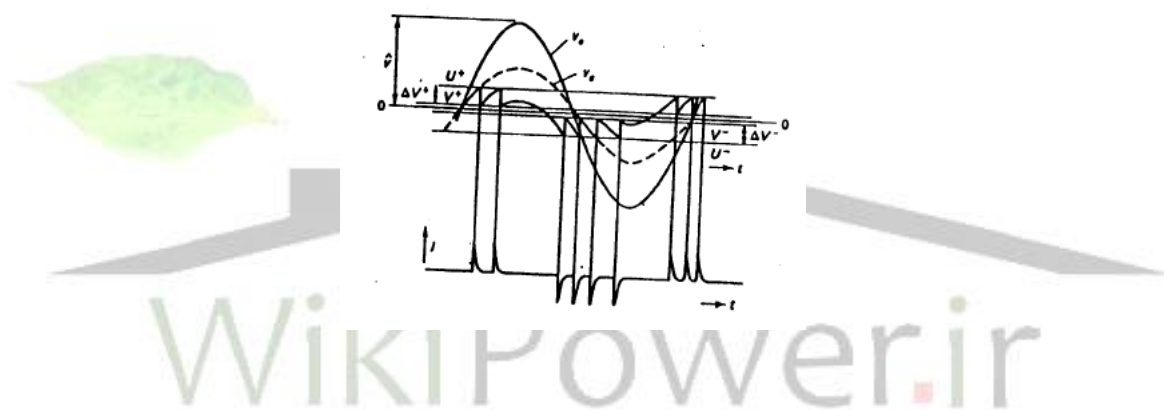


شکل ۷-۱: مدلسازی تخلیه جزئی

اگر ولتاژ V_a ، بین ترمینالهای B و A اعمال شود، افت ولتاژی به اندازه V_c را بر روی حفره خواهیم داشت. با افزایش ولتاژ خازنها تماماً شارژ می شوند. با خازن C_c ، ولتاژ دو سر آن و طبعاً ولتاژ دو سر فاصله هوایی افزایش می یابد تا بالاخره در ولتاژ خاصی که به ابعاد، نوع و فشار گاز موجود درون حفره بستگی دارد، در فاصله هوایی تخلیه الکتریکی رخ می دهد و خازن C_c تا حدی که ولتاژ آن برای قطع شدن تخلیه کافی باشد، تخلیه می شود. با قطع تخلیه، بار دیگر خازن C_c شارژ و سپس و دشارژ می شود این دشارژهای پی در پی خازن C_c ، در واقع همان پالسهای جریانی تخلیه جزئی را ایجاد می نمایند که به کرات رخ می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای ولتاژ a.c ، همانطور که در شکل (۷-۱) مشاهده می شود، اولین تخلیه در نیم سیکل مثبت ایجاد شده و سبب می شود که ظرفیت C_c شدیداً تخلیه شود. جریان دشارژ که نمی تواند بصورت فوری اندازه گیری شود. چرا که شکل موجی شبیه تابع ضربه دیراک دارد. یعنی جریان ، یک پالس بسیار کوتاه در حدود نانو ثانیه می باشد. بار با پلاریته مخالف که بر اثر دشارژ ایجاد شده به دیواره ها و در جهت میدان رانده می شود و اثر میدان اصلی را خنثی می کند. اگر هنوز ولتاژ افزایش یا کاهش یابد خطوط میدان جدید ساخته شده و بنابراین پدیده تخلیه در هر سیکل به کرات تکرار می شود.



شکل ۸-۱: تکرار پالسهای تخلیه جزئی در یک سیکل ولتاژ ac

مطابق شکل (۸-۱) با رسیدن ولتاژ دو سر حفره به U^+ و ایجاد تخلیه ، ولتاژ دو سر حفره به V^+ افت می کند و در این ولتاژ ، تخلیه قطع می شود و بار دیگر ولتاژ دو سر حفره بالا رفته و بار دیگر تخلیه رخ می دهد. در نیم سیکل منفی هم این پروسه تکرار می شود و تخلیه های الکتریکی مداوم ، باعث انتقال مداوم بار الکتریکی از حفره می شوند.

مقدار بار الکتریکی که از حفره در هر بار رخ دادن تخلیه جزئی و پالس جریان $i_c(t)$ انتقال می یابد

برابر است با :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

(۱۴-۱)

$$\delta q_c = C_c \cdot \delta V_c = C_c \cdot \Delta V$$

با مقایسه بار موجود در سیستم قبل و بعد از این تخلیه، افت ولتاژ بر روی ترمینالهای A و B را می

توان بسادگی بصورت زیر محاسبه نمود.

(۱۵-۱)

$$\delta V = \frac{C_b}{C_a + C_b} \delta V_c$$

بار ظاهری انتقال یافته بین ترمینالها B و A بصورت زیر بدست می آید:

(۱۶-۱)

$$q = \int i(t) dt = (C_a + C_b) \delta V_a = C_b \delta V_c$$

مقدار بار q چند ده برابر کوچکتر از مقدار انتقالی واقعی در حفره می باشد ولی چون این بار متناسب

با افت ولتاژ می باشد، قابل اندازه گیری است و پارامتر مناسبی برای نشان دادن شدت و نوع عیب

محسوب می شود و دستگاههای آشکارساز تخلیه جزئی بر مبنای آن ساخته می شوند. (در بخش ۱-۴ در

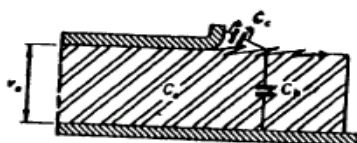
مورد این بار بیشتر صحبت خواهد شد.)

برای تخلیه جزئی سطحی نیز مدار معادلی همچون شکل (۱-۹) مدنظر گرفته می شود. این مدار

معادل شامل خازن C_b که ظرفیت عایق سیستم و خازن C_c موازی با فاصله هوایی می باشد. لازم بذکر

است که ولتاژ شروع تخلیه سطحی با ضخامت عایق رابطه مستقیم و با ضریب دی الکتریک عایق نسبت

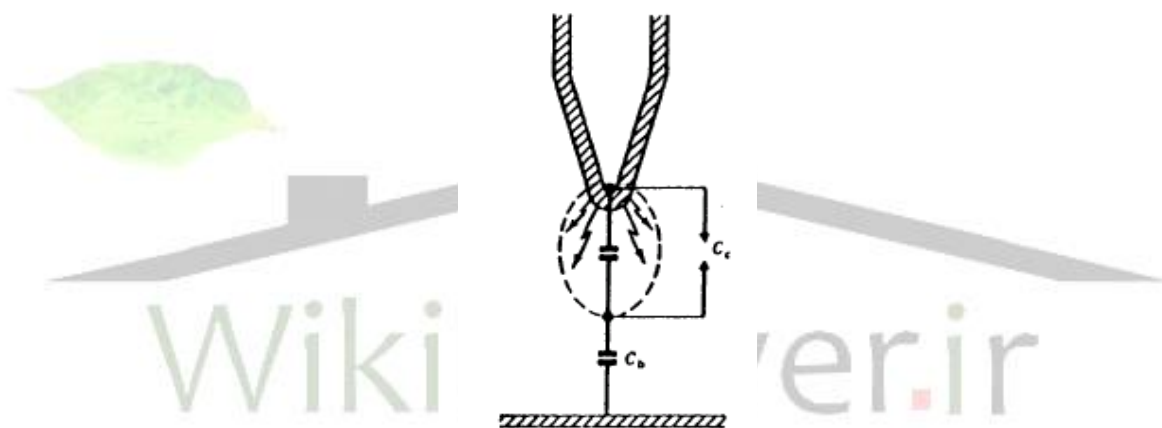
معکوس دارد. همچنین تیزی و یا شعاع انحنای الکتروود نیز بر روی ولتاژ شروع تخلیه اثر دارد.



شکل ۱-۹: مدل الکتریکی تخلیه سطحی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

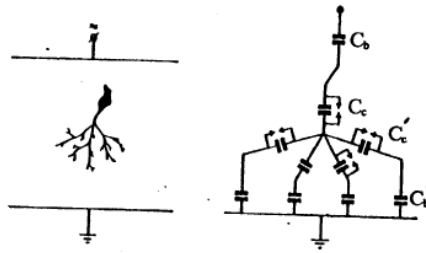
همچنین می توان برای تخلیه جزئی کرونا، مدار الکتریکی همچون شکل (۱-۱۰) ارائه نمود. در این مدل محدوده حول الکتروود تیز که در آنجا کرونا رخ می دهد با یک خازن و یک فاصله هوایی موازی با آن مدل می شود و مابقی مسیر تا الکتروود بعدی با خازنی دیگر مدل می گردد.



شکل ۱-۱۰: مدار معادل تخلیه جزئی کرونا

در نهایت می توان مدل الکتریکی نسبتاً پیچیده تری همچون شکل (۱-۱۱) را برای تخلیه تریینگ ارائه داد. پیچیده تر بودن مدل این نوع تخلیه جزئی به دلیل این است که همزمان در کانالهای مختلفی تخلیه جزئی رخ می دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱-۱۱: مدل معادل الکتریکی تخلیه ترینگ

۴-۱) کمیت‌های الکتریکی مرتبط با دامنه تخلیه جزئی از آنجایی که پدیده تخلیه جزئی، پدیده ای فیزیکی می باشد که دارای آثار فیزیکی، الکتریکی و شیمیایی است، جهت آشکارسازی پالسهای تخلیه جزئی از کمیت‌های قابل اندازه گیری مرتبط با آثار مذکور استفاده می شود. لازم است در اینجا قبل از بحث آشکار سازی الکتریکی پالسهای تخلیه جزئی اشاره مختصری به کمیت‌های الکتریکی مرتبط با دامنه تخلیه جزئی شود.

۱-۴-۱) بار الکتریکی انتقالی

این کمیت در حقیقت همان بار الکتریکی انتقالی از حفره هایی که در آنها تخلیه جزئی رخ می دهد و یا در حالت تخلیه سطحی بار انتقالی از روی سطح عایق می باشد. با فرض اینکه نمونه عایق تحت تست با ولتاژ V_a شارژ شده و ترمینالهای B و A دیگر به منبع ولتاژ وصل نیستند، اگر سوئیچ S در شکل (۷-۱) برای یک لحظه بسته و باز شود، یعنی تخلیه جزئی صورت گیرد، جریان $i_c(t)$ بار، $\delta q_c = C_c \cdot \delta V_c$ از خازن C_c آزاد می کند. باری که در کل سیستم تلف می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

از آنجایی که با انتقال از قسمت معیوب عایق مستقیماً با مقدار تخریب عایق رابطه دارد، δq_c جالبترین کمیت الکتریکی برای تشخیص وضعیت عایق از لحاظ تخلیه جزئی می باشد، اما δq_c را نمی توان با هیچ آشکارسازی، اندازه گیری نمود. بنابراین، کمیتی عملی برای آشکارسازی تخلیه جزئی نمی باشد. البته لازم به ذکر است که اخیراً در بعضی از مراکز تحقیقاتی فعالیتهایی در جهت آشکارسازی این بار در دست اقدام می باشد.

(۲-۴-۱) بار ظاهری انتقالی از نمونه عایق

این کمیت در واقع بار انتقالی بین دو سر عایق می باشد که طبق رابطه (۱-۱۶) برابر است با:

$$\delta q = C_b \delta V_c \quad (17-1)$$

با مقایسه بار در سیستم قبل و بعد از تخلیه افت ولتاژ روی ترمینالها (δV_c) ناشی از انتقال بار به سادگی محاسبه می شود که نتیجه می دهد:

$$\delta V_a = \frac{C_b}{C_a + C_b} \delta V_c \quad (18-1)$$

هر چند ظاهراً، افت ولتاژ δV_a ، اطلاعاتی در مورد مقدار بار انتقالی از محل عیب یعنی به ما نمی دهد، ولی جمله $C_b \delta V_c$ ، بصورت غیر مستقیم با این بار رابطه دارد چرا که خازن متناسب با ابعاد حفره می باشد و δV_c مقدار افت ولتاژ بر روی حفره را در اثر تخلیه جزئی نشان می دهد. از طرفی دیگر چون افت ولتاژ δV_a قابل اندازه گیری می باشد و یک کمیت عملی به حساب می آید، مبنای کار بسیاری از آشکارسازهای پالسه‌های تخلیه جزئی بر اندازه گیری این افت ولتاژ به عنوان کمیت مرتبط با بار ظاهری انتقالی (δq) قرار گرفته است.

(۳-۴-۱) انرژی تخلیه جزئی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

انرژی تلف شده در تخلیه جزئی را می توان بعنوان یک کمیت که متناسب با شدت تخریب عایق می باشد ، جهت اندازه گیری انتخاب نمود .

مطابق شکل (۸-۱) در صورتی که در اثر انجام تخلیه جزئی ولتاژ دو سر حفره از U^+ به V^+ افت نماید و ابعاد عایق خیلی بزرگتر از ابعاد حفره باشد ($C_a \gg C_b$) که معمولاً اینطور است ، این انرژی برابر است با :

$$P = \frac{1}{2} C_c [(U^+)^2 - (V^+)^2] \quad (19-1)$$

اگر بتوان این انرژی را مشخص نمود، این کمیت نیز کمیت مناسب برای اندازه گیری تخلیه جزئی می باشد . اما باید توجه داشت که این کمیت بین خطا بزرگ و یا چند خطا کوچک که به یک اندازه تلفات انرژی را سبب می شوند تفاوت قائل نیست .

(۴-۴-۱) تلفات عایقی ناشی از تخلیه جزئی

کل انرژی تلف شده ناشی از انجام تخلیه جزئی در یک سیکل برق شهر تقریباً برابر است با :

$$W \cong \sum \frac{1}{2} (C_b + C_c) \delta V_c^2 \quad (20-1)$$

این کمیت را می توان همچنین برای الکترودهای مختلف با پل شرینگ مشخص نمود . در آزمایشاتی که تعداد بسیار زیادی از تخلیه های الکتریکی در حال رخ دادن می باشد ، این کمیت می تواند مشخص کننده کیفیت عایق باشد .

بهر صورت این کمیت، معمولاً برای تشخیص تخلیه جزئی استفاده نمی شود، چرا که تمایزی بین تخلیه بزرگ که ممکن است خطرناک باشد و چندین تخلیه کوچک که ممکن است خطر زیادی ، لااقل در کوتاه مدت به همراه نداشته باشد، قائل نمی شود.

(۵-۴-۱) کمیت های انتگرال گیری شده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

این کمیتها را می توان با مدارات خاص همچون مدار اندازه گیری کل بار انتقالی در یک نمونه عایق در واحد زمان، اندازه گیری نمود. متناوباً پالسهای منفی و مثبت از یکدیگر جدا شده و بارها و یا انرژی تلف شده، جداگانه انتگرال گیری می شوند.

یکی دیگر از کمیتهای انتگرال گیری شده، مقدار متوسط جریان تخلیه در طول زمان بر حسب کوان بر ثانیه و یا آمپر می باشد که برابر است با:

$$(۲۱-۱)$$

که T ، طول زمانی انتگرال گیری و q_i ، بار ظاهری تخلیه های جزئی مجزا می باشد. با چنین تعریف، کمیتی که شامل تمام پالسهای مجزا و نرخ تکرار پالسها می باشد بدست می آید. اندازه گیری چنین کمیتی با استفاده از تقویت کننده خطی و یکسوسازی جریانهای تخلیه جزئی و یا بوسیله پردازش کمیتهای خروجی آشکار سازهای بار ظاهری با انتگرال گیری و محاسبه مقدار متوسط آن، امکان پذیر می باشد.

عیب تمام کمیتهای انتگرال گیری شده این است که تمایزی بین یک خطای بزرگ و یا چند خطای کوچک قائل نیستند.

جزئی

(۴-۶) دلایل انتخاب بار ظاهری q بعنوان کمیت مناسب برای اندازه گیری تخلیه

همانطور که بیان شد، کمیتهای الکتریکی مختلفی را می توان جهت تشخیص وضعیت عایقهای

الکتریکی از لحاظ تخلیه های جزئی، در نظر گرفت. بعضی از این کمیتها چون مقدار بار واقعی که در اثر

تخلیه جزئی در محل عیب انتقال می یابد، قابل اندازه گیری نمی باشند، بعضی دیگر چون کمیتهایی

انتگرال گیری شده، با مدارهای الکتریکی و الکترونیک خاص قابل اندازه گیری می باشند ولی تمایزی بین

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

یک خطای بزرگ و یا چندین خطای کوچک قائل نمی باشند. در بین کمیت‌هایی که بیان شد، بار ظاهری انتقال یافته بین ترمینال‌های نمونه عایق تحت تست بدلیل نداشتن معایب فوق، کمیتی مناسب برای آشکارسازی و اندازه‌گیری پالسهای تخلیه جزئی محسوب می شود. بطور کلی دلایل انتخاب این کمیت را بعنوان کمیتی مناسب برای اندازه‌گیری تخلیه جزئی عبارتند از:

الف - عملی بودن اندازه‌گیری بار ظاهری q

همانطور که بیان شد بار ظاهری انتقال یافته بین ترمینال‌های نمونه عایق تحت تست را می توان بوسیله اندازه‌گیری افت ولتاژی که ناشی از انتقال این بار بر روی ترمینال نمونه عایق ایجاد می شود، تعیین نمود. بنابراین این کمیت، یک کمیت قابل اندازه‌گیری و عملی برای اندازه‌گیری تخلیه جزئی می باشد.

ب - رابطه بار ظاهری q با انرژی تخلیه جزئی

بار انتقال از نمونه عایق تحت تست بطور مستقیم با انرژی تخلیه جزئی مرتبط می باشد زیرا مطابق

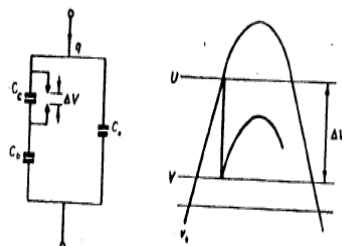
شکل (۱۲-۱) داریم :

$$P = \frac{1}{2} C_c (U^2 - V^2) \quad (۲۲-۱)$$

$$P = \frac{1}{2} C_c (U - V)(U + V) \quad (۲۳-۱)$$

$$P = \frac{1}{2} C_c \Delta V_c (U + V) \quad (۲۴-۱)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۱-۱۲: افت ولتاژ ناشی از تخلیه جزئی

با صرف نظر از V در مقابل U ، مطابق شکل (۱-۱۲) مقدار تقریبی انرژی تخلیه جزئی با حدود ۱۰ درصد

کاهش برابر است با:

$$P = \frac{1}{2} C_c \Delta V (U) \quad (25-1)$$

از طرف دیگر، می توان نوشت:

$$(26-1)$$

$$U = \frac{C_b}{C_b + C_c} V_i$$

V_i ولتاژ شروع تخلیه جزئی برای نمونه عایق تحت تست (ولتاژ ترمینالهای عایق) می باشد. با

جایگذاری V داریم:

$$(27-1)$$

$$P = \frac{1}{2} C_c \cdot \Delta V \cdot \frac{C_b}{C_b + C_c} \times V_i$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چون C_b در مقابل C_c کوچک می باشد پس :

(۲۸-۱)

$$P = \frac{1}{2} C_b \cdot \Delta V \cdot V_i$$

(۲۹-۱)

$$P = \frac{1}{4} q V_i$$

ولتاژ شروع تخلیه جزئی معمولا با مقدار موثر ولتاژ بیان می شود پس :

(۳۰-۱)

$$P = 0.7 q V_i$$

بنابراین بار ظاهری q ، کمیت مناسبی برای بیان انرژی تخلیه جزئی می باشد و می توان بوسیله آن

شدت تخریب عایق را مشخص نمود .

ج- رابطه بار ظاهری q با ابعاد مکان تخلیه جزئی

از آنجایی که بار ظاهری q برابر است با $q = C_b \cdot \Delta V$ ، بنابراین این برا متناسب با ابعاد مکانی که تخلیه

جزئی در آن رخ می دهد ، باشد . مطابق شکل (۱۳-۱) مساحت مکان تخلیه جزئی A و قطر عایق d می

باشد . اگر قطر فاصله هوایی که در آن تخلیه رخ می دهد نسبت به قطر عایق d به اندازه کافی کوچک

باشد و میدان الکتریکی تقریبا یکنواخت باشد داریم :

(۳۱-۱)

$$b \cong \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

در نتیجه :

(۳۲-۱)

$$q = \varepsilon_r \Delta V \frac{A}{d}$$

بنابراین مقدار q با بزرگ شدن A افزایش می یابد (اگر تغییرات ΔV_c جزئی بگیریم). همچنین بار

ظاهری q نسبت معکوس با قطر عایق دارد . بنابراین مقدار بار ظاهری q با افزایش حجم نقطه ای که

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تخلیه جزئی در آن رخ می دهد ، افزایش می یابد و این یکی از مزایای جالب بار ظاهری q برای تشخیص تخلیه جزئی می باشد. تنها عیب q ، نسبت عکس آن با قطر عایق d می باشد و این باعث می شود که اندازه گیری عایقهای قطور با دقت کمتری انجام شود.

بار دیگر لازم بتذکر است که q بار ظاهری انتقالی از نمونه عایق تحت تست می باشد و مساوی با بار انتقالی از حفره نمی باشد و بار انتقالی از حفره چند ده برابر بزرگتر از بار ظاهری q می باشد .

مثال: برای اینکه دیدی از تناسب بار q و ابعاد حفره پیدا داشته باشیم ، نمونه عایقی از جنس پلی اتیلن را به قطر ۱۰ میلیمتر در نظر می گیریم. برای پلی اتیلن $\epsilon_r = 2/2$ می باشد $(\epsilon_r = 9 \times 10^{-12} F/M)$ اگر کوچکترین باری که می توان بوسیله نشان دهنده های متداول تخلیه جزئی مشاهده نمود ، یعنی بار ۰/۰۱ پیکوکولن ، اندازه گیری شود، محاسبه نشان میدهد که این بار متناسب با حفره ای با ابعاد $100 \mu m \times 100 \mu m \times 50 \mu m$ میکرومتر در عایق پلی اتیلن می باشد.

همچنین اگر کوچکترین باری که بوسیله تستهای صنعتی قابل آشکارسازی می باشد یعنی بار ۱ پیکوکولنی را در نظر بگیریم ، محاسبه نشان می دهد که این بار متناسب با حفره ای با ابعاد $1 mm \times 1 mm \times 60 \mu m$ می باشد . و بالاخره یک تخلیه نسبتاً بزرگ چون $100 pc$ متناسب با حفره ای به ابعاد $10 mm \times 10 mm \times 10 mm$ می باشد.

۵-۱ خلاصه

همانطور که بیان شد تخلیه جزئی به رنج گسترده ای از تخلیه الکتریکی چون کرونا ، تخلیه های درختی ، تخلیه در حفره های حبابهای موجود در عایقهای الکتریکی و تخلیه سطحی اطلاق می شود که

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در تمام آنها تخلیه بصورت جرقه های کوچکی مسیر بین الکترودها را نمی پیمایند ، اتلاق می شود که برای مطالعه بهتر این پدیده ، مدل های الکتریکی ارائه شده است .

این نوع تخلیه الکتریکی دارای آثار الکتریکی و غیرالکتریکی متعددی می باشد که جهت آشکار سازی الکتریکی آن کمیتهای الکتریکی چون بار انتقالی ، بار انتقالی ظاهری از نمونه عایق، انرژی تخلیه جزئی ، تلفات عایقی ناشی از تخلیه جزئی و کمیتهای انتگرال گیری شده ، نام برد که بار ظاهری بدلیل عملی بودن اندازه گیری ، رابطه آن با ابعاد مکان تخلیه جزئی و انرژی تخلیه جزئی بعنوان مناسب ترین کمیت جهت آشکار سازی الکتریکی تخلیه جزئی محسوب می شود .



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل دوم

روشهای غیر الکتریکی آشکار سازی تخلیه جزئی

۱-۲ مقدمه

روشهای غیر الکتریکی آشکار سازی تخلیه جزئی بر مبنای آثار غیر الکتریکی که وجود تخلیه جزئی در یک عایق ایجاد می کند، بنا می شود و توسط این روشها تنها می توان به وجود یا عدم وجود تخلیه جزئی پی برد و اندازه گیری دامنه تخلیه با این روشها میسر نمی باشد. البته از این روشها می توان به نحو موثری در مکان یابی نقطه و یا نقاطی از عایق که در آنها تخلیه جزئی رخ می دهد، استفاده نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پدیده های غیرالکتریکی که مبنا رو شهای غیرالکتریکی آشکار سازی تخلیه جزئی قرار می گیرند عبارتند از :

۱- واکنشهای شیمیایی

۲- فشار گاز

۳- حرارت

۴- صدا

۵- نور

از بین پدیده های فوق ، پدیده های نور و صدا در آشکار سازی تخلیه جزئی عملاً حائز اهمیت زیادی می باشند.

۲-۲) آشکار سازی صوتی تخلیه جزئی در هوا
تخلیه های جزئی در هوا همچون کرونا و تخلیه سطحی را می توان بوسیله روشهای صوتی (Acoustic) مکان یابی نمود .

۲-۲-۱) توسط گوش

روش تشخیص وجود تخلیه جزئی بوسیله گوش ساده ترین و قدیمی ترین روش بحساب می آید .
تخلیه های چند صد پیکوکولنی را می توان بوسیله گوش شنید . در یک محیط ساکت با گوشهای تیز ،
می توان حتی تخلیه های جزئی با شدت ۵۰ پیکوکولن را نیز شنید . بنابراین ممکن است که بعنوان مثال

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تخلیه سطحی بر روی پوشینگ‌ها را که بین ۲۰ تا ۸۰ میکروکولن است را بعنوان تشخیص داد. البته وجود مقادیر نسبتاً کم نویزهای خارجی نیز باعث کاهش حساسیت این روش خواهد شد.

(۲-۲-۲) روش فراصوتی (Ultrasonic)

نتایج عالی از آشکارسازی تخلیه جزئی بوسیله این روش حاصل می‌شود. معمولاً یک باند باریکی در حدود ۳۰ تا ۵۰ کیلوهرتز انتخاب می‌شود. این باند فرکانسی، بالای طیف شنوایی گوش انسان که بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز است، می‌باشد. بنابراین بسیاری از نویزهای موجود در محیط در این محدوده فرکانسی اهمیت خود را از دست می‌دهند و در فرکانسهای بالا دقت سیگنالهای صوتی خیلی بیشتر خواهد بود.

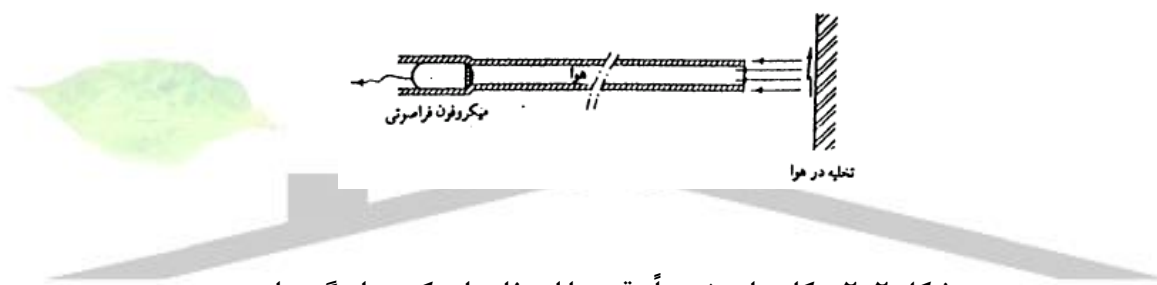
سیستمهای آشکارسازی فراصوتی بسیاری بصورت تجارتي ساخته شده‌اند. در یکی از این سیستمها از یک رفلکتور سهموی و یک میکروفون فراصوتی قابل تنظیم در فرکانس ۳۰ کیلوهرتز استفاده شده است. سیگنالهای صوتی به صدای قابل شنیدن با گوش تبدیل می‌شوند و دامنه آن را می‌توان از روی دسی بل متر خواهد (شکل ۱-۱)



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۲-۱: مکان یابی منشا پالسهای فراصوتی در هوا بوسیله یک میکرون فراصوتی

تخلیه هایی تا چند پیکوکولن را می توان با چنین وسیله ای تشخیص داده و مکان آنها را مشخص نمود. برای تشخیص مکان تخلیه از یک لوله پلاستیکی بطول یک الی دو متر و قطر چند سانتیمتر و یک میکروفن فراصوتی در انتهای آن، استفاده می شود. این لوله به مشابه یک هدایت کننده عمل کرده موج ناشی از انجام تخلیه را به میکروفونی که در انتهایش قرار دارد منتقل (شکل ۲-۲). بدین وسیله می توان مکان عیب را با چند سانتیمتر دقت مشخص نمود. دقت در مکان یابی را می توان با بکارگیری روشهای نوری اصلاح نمود.



شکل ۲-۲: مکان یابی نسبتاً دقیق با استفاده از یک هدایتگر ساده موج

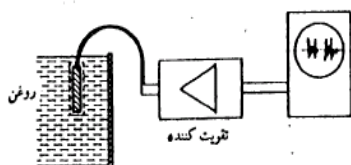
از آنچه بیان شد نتیجه می شود که روشهای آشکار سازی صوتی تخلیه جزئی روشهای عالی برای تشخیص وجود و یا عدم وجود تخلیه جزئی در هوا و تشخیص تقریبی مکان عیب می باشد.

۳-۲-۲) آشکار سازی صوتی تخلیه جزئی در روغن

در بسیاری از تجهیزات فشار قوی همچون ترانسفورماتورها، از روغن بعنوان عایق استفاده می شود. در چنین تجهیزاتی می توان با فرد بردن تراندیوسر فراصوتی در روغن به آشکار سازی و مکان یابی تخلیه جزئی پرداخت (شکل ۳-۲). معمولاً یک تقویت کننده با پهنای باند بالای ۳۰۰ کیلوهرتز استفاده می شود چرا که در فرکانسهای بالاتر دقت بیشتر می باشد. سیگنالها بر روی اسیلوسکوپ با مبنی زمانی ۵۰ تا ۶۰ هرتز مشاهده می شوند. بنابراین به چگونگی همزمانی این پالسها با ولتاژ اصلی پی برده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حساسیت این سیستم محدود می باشد. اگر تخلیه در خود روغن انجام شود، پالسهای با شدت ۱۰ پیکوکولن را می توان آشکار نمود ولی اگر تخلیه در قسمت های دیگر ترانسفورماتور که از عایق های جامد استفاده شده است رخ می دهد، پالسهای در حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ پیکوکولن را می توان آشکار نمود.

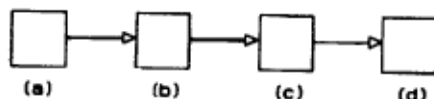


شکل ۲-۳: مدار آشکارسازی صوتی تخلیه جزئی در روغن ترانسفورماتور

بهر صورت، مانند دیگر روش های غیر الکتریکی آشکارسازی پالسهای تخلیه جزئی می توان دامنه تخلیه را اندازه گیری نمود. مزیت دیگر این روش این است که آشکارسازی متاثر از تخلیه های خارجی نمی باشد. بنابراین نتایج خوبی در محیط های که دارای نویزهای الکتریکی می باشند، بدست می آید. بدلیل روش آشکارسازی صوتی را می توان برای آشکارسازی پالسهای تخلیه جزئی در حالت کار دستگاه بکار برد. سیگنال های الکتریکی ناشی از سوئیچینگ، کرونا و اضافه ولتاژها و غیره در این روش تداخل ایجاد نمی کنند. بنابراین نتایج با قابلیت اطمینان بالا، ولی دقت پائین بدست می آیند.

(۴-۲-۲) مکان یابی

همانطور که بیان شد، می توان از آشکارسازی صوتی برای مکان یابی عیب در تجهیزات فشار قوی از جمله ترانسفورماتورها استفاده نمود. ترانسدیوسرهای مختلفی در یک زمان بکار گرفته می شوند و مکان عیب بوسیله پردازش الکترونیکی اطلاعات حاصله، مشخص می شود (شکل ۴-۲) البته نتایج بدلیل پیچیدگی طبیعی دستگاه همیشه دارای قابلیت اطمینان نیستند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۲-۴- شماتیکی از سیستم مکان یاب صوتی پالسهای تخلیه جزئی

(a) ترانسدیوسر و پیزوالکتریک (b) تقویت کننده (c) فیلتر میان گذر (d) اسیلوسکوپ حافظه دار

۲-۲-۵) آشکار سازی صوتی تخلیه جزئی در خازنها

خازنهای روغنی چند میکروفارادی را می توان با چسباندن ترانسدیوسر فرا صوتی به تانک آنها تست نمود. از سیلیکون روغنی و یا گلیسرین برای وصل ترانسدیوسر به تانک خازن استفاده می شود. دقت این روش در تشخیص پالسهای بالاتر از ۲۰ پیکوکولن می باشد.

مزیت آشکار سازی صوتی، همیشه مانند حساسیت یک آشکار ساز الکتریکی خوب که برای یک خازن قدرت ۱۰۰ میکروفاراد کمتر از ۱۰ پیکوکولن می باشد، واضح و آشکار نمی باشد. و انتظار یافتن مکان عیب در خازن را با این آشکار یاز نمی توان داشت. روش آشکار ساز صوتی در مورد خازنها را می توان بعنوان یک روش چک دوبله وجود و یا عدم وجود تخلیه در آنها بکار برد. اگر هر دو روش صوتی و الکتریکی دارای یک جواب بودند، وجود تخلیه در این خازن نسبتاً بزرگ حتمی می باشد.

۲-۲-۶) آشکار سازی صوتی تخلیه جزئی در عایقهای جامد

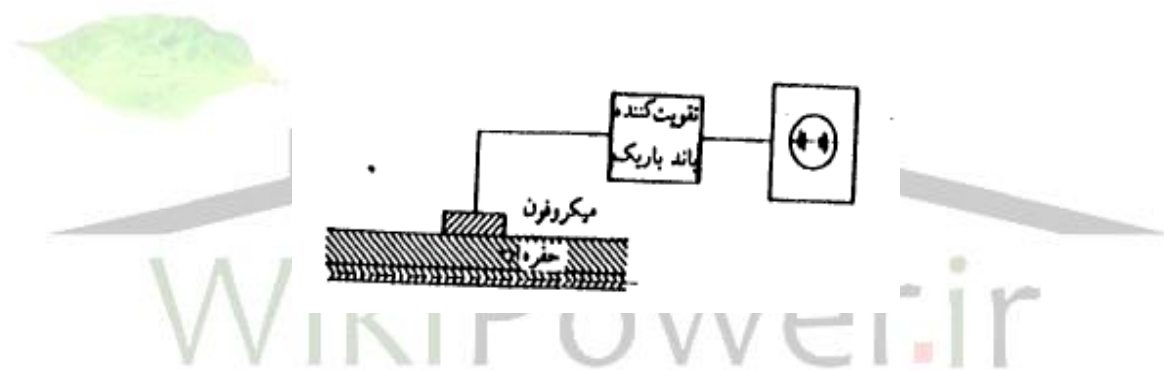
وجود یک فاصله نسبتاً کم بین مکانی که در آن تخلیه جزئی رخ می دهد و سطح کابل می تواند مزیتی برای تست کامل با این روش باشد. اگر یک میکروفن بر روی سطح کابل با مقداری گلیسرین وصل شود، می توان مکان این تخلیه را در داخل کابل مشخص نمود. این واقعیت با توجه به اینکه میکروفن و عایق کابل ایجاد یک سیستم الاستیک کرده و به پالسهای صوتی ایجاد شده ناشی از تخلیه جزئی در کابل پاسخ می دهد، قابل بیان می باشد. طیف فرکانسی سیگنال، نشان دهنده یک ماکزیممی در فرکانس مشخصه این سیستم الاستیک می باشد که این فرکانس تقریباً برابر است با:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

(۱-۲)

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{m}{s}}}$$

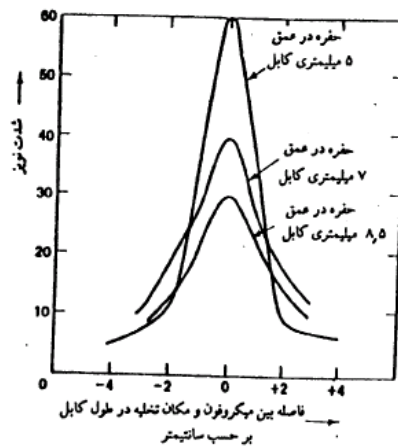
که در رابطه فوق m جرم میکروفون $1/s$ الاستیسیته ماده عایق زیر میکروفون می باشد. در شکل (۵-۲) روش تست کابل پلاستیکی نشان داده شده است. یک میکروفون به سطح کابل متصل شده و در طول آن حرکت داده می شود. مقدار سیگنال مشاهده شده بر روی اسیلوسکوپ، مکان عیب را مشخص می نماید. این میکروفون به یک تقویت کننده با باند باریک وصل می شود که می توان آنرا بر روی فرکانس مشخصه سیستم تنظیم نمود. بدین ترتیب نوسانات میراشونده ایجاد می شود و تخلیه جزئی بر روی اسیلوسکوپ آشکار می شوند.



شکل ۲-۵: مدار آشکارساز صوتی با یک تقویت کننده باریک و فرکانس مرکزی متغیر

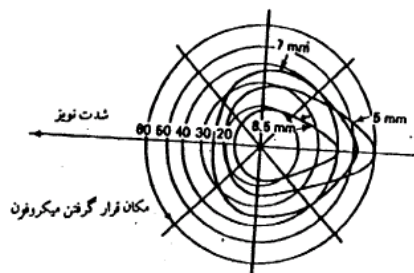
حال اگر میکروفون در طول کابل (چسبیده به آن) حرکت داده شود، دامنه سیگنال آشکار شده بر روی اسیلوسکوپ دارای ماکزیممی در مکانی که تخلیه در آن رخ می دهد، می باشد. تغییرات این دامنه برای سه کابل مختلف که حفره ای در عمق $7/5$ و $8/5$ میلیمتری سطح کابل ایجاد شده است، در شکل (۶-۲) مشاهده می شود. بدین ترتیب مکان تخلیه در طول کابل مشخص می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۲-۶: آشکارسازی نویز در کابل: تغییرات سیگنال نویز در طول کابل

می توان با چرخاندن میکروفن به دور کابل در نقطه مربوطه، مکان عیب را در محیط کابل نیز مشخص نمود. بطوری که در شکل (۲-۷) مشاهده می شود، با چرخاندن میکروفن به دور کابل، در یک نقطه بیشترین مقدار برای سیگنال نویز مشاهده می شود. که این نقطه در واقع نقطه ای است که در عمق کابل تخلیه جزئی رخ می دهد. بنابراین می توان مکان عیب را چه در طول و چه در محیط یک کابل معیوب مشخص نمود.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۲-۷: آشکارسازی نویز در کابل : تغییرات سیگنال نویز در محیط کابل

۲-۷) آشکارسازی صوتی تخلیه جزئی در عایقهای گازی تحت فشار

در پستهای گازی ، تخلیه هایی چون کرونا در نقاط تیز ، تخلیه سطحی در طول ایزولاتورها و یا تخلیه هایی در داخل ایزولاتورها ایجاد می شوند . اندازه گیری تخلیه جزئی داخلی مشکل می باشد اما آقای کونیش نشان داد که با مدل سازی مصنوعی می توان تخلیه در سطح یک عایق را با دقت ۲۵ پیکوکولن و مکان خطا را با دقت ۳۰۰ میلیمتر مشخص نمود .

۲-۳) آشکارسازی نوری تخلیه جزئی

آشکارسازی نوری تخلیه جزئی فقط در تخلیه کرونا ، تخلیه سطحی و تخلیه داخلی در عایقهای شفاف امکان پذیر می باشد. اگر نمونه تحت تست به یک اتاق تاریک منتقل شود، نور مرئی و نور ماوراء بنفش را می توان مشاهده نمود و محل عیب را مشخص کرد .

۲-۳-۱) تشخیص توسط چشم

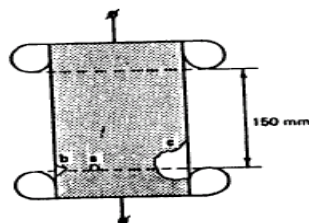
چشم انسان اگر برای مدت یک ربع ساعت در تاریکی باشد حساسیت زیادی نسبت به نور پیدا خواهد نمود . با وجود این تخلیه هایی در ناحیه ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ پیکوکولن راحتتر از یک پیکوکولن دیده می شوند .

۲-۳-۲) تشخیص بوسیله عسکبرداری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

امکان آشکارسازی تخلیه های سطحی بوسیله عکسبرداری بخوبی وجود دارد. نمونه در یک اطاق تاریک قرار داده می شود و دریچه دوربین برای مدتی که ولتاژ فشار قوی اعمال می شود باز می گردد. نوری ناشی از تخلیه سطحی در یک مدت کوتاه که دریچه دوربین باز است، روی فیلم حساس عکاسی اثر کرده و پس از ظهور فیلم می :

مشاهده می شود.



های سطحی با شدت متفاوت بر ر

شکل ۲-۸: تخلیه های سطحی با دامنه (a) ۳ پیکوکولن (b) ۲۵ پیکوکولن (c) ۱۰۰ پیکوکولن

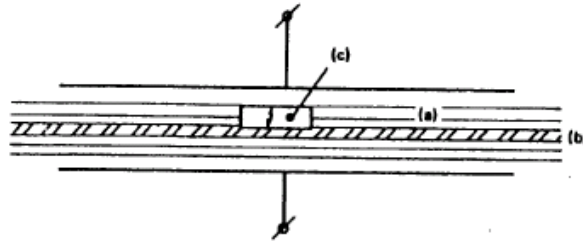
ممکن است بتوان تخلیه هایی در حدود یک پیکوکولن را توسط این روش مشخص نمود. اما از آنجایی که بین دو پالس متوالی تخلیه ای کوچکتر از ۱۰ پیکوکولن وقت نسبتاً زیادی لازم است، کار عکسبرداری مشکل می باشد. البته این زمان به نوع تخلیه نیز بستگی دارد. بعنوان مثال تخلیه کرونا که در نوک سوزن ایجاد می شود و دامنه آن حدود ۲۰ پیکوکولن می باشد را می توان در چند دقیقه ثبت نمود. برقراری یک رابطه بین دامنه تخلیه و شدت نور و با اندازه نوری که در عکس دیده می شود، مشکل می باشد. چرا که نوع تخلیه، فرکانس تکرار و امکان گسترش آن بر این رابطه تاثیر دارند.

مکان یابی عیب توسط این روش عالی می باشد، چرا که در عکس دقیقاً مکان عیب مشخص می گردد. عیب این روش این است که آن را فقط برای تخلیه های مشاهده پذیر می توان بکار برد. البته می توان با روشهای خاصی بعضی از تخلیه هایی که قابل مشاهده نمی باشند را نیز با این روش مشخص نمود. بعنوان مثال با قرار دادن یک فیلم عکاسی بر روی صفحه عایقی که در آن حفره ایجاد شده است می

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

توان شکل‌های لیشتنبرگ (Lichtenberg figures) را که در حفره ایجاد می شوند را مشاهده نمود. بدین

ترتیب توالی تخلیه ها در نقاط مختلف یک حفره بزرگ را می توان مطالعه نمود (شکل ۲-۹)



شکل ۲-۹: آشکار سازی تخلیه های داخلی بوسیله عکسبرداری (a) صفحه عایقی (b) فیلم عکاسی (c)

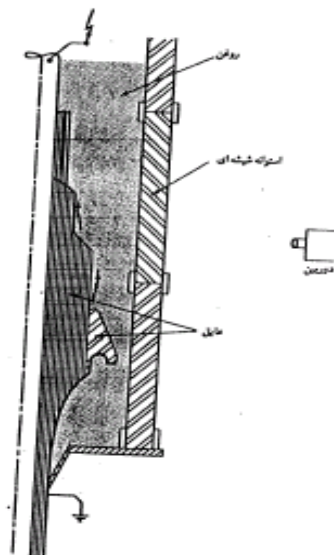
حفره مصنوعی ایجاد شده در عایق

بعنوان مثال دیگر، تخلیه های سطحی موجود در ترمینال کابلها که محل آنها مشخص نیست را با این

روش مکان یابی نمود. بطوری که بجای عایق چنین ترمینال، یک استوانه شیشه ای بزرگ قرار داده می

شود. (شکل ۲-۱۰). بدین ترتیب تخلیه های سطحی را می توان با عکسبرداری مکان یابی نمود و نقاطی

که دارای شدت میدان قوی تر می



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

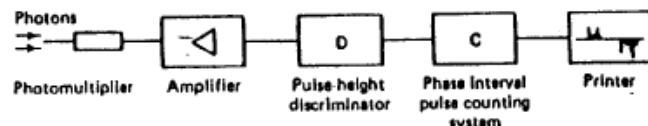
شکل ۲-۱۰: آشکار سازی تخلیه های سطحی در ترمینال کابلها به روش عکسبرداری

۲-۳-۳) تقویت کننده نور (Photomultiplier)

حساسیت روش آشکار سازی نوری را می توان بطور قابل ملاحظه ای با استفاده از یک تقویت کننده نور ، تصحیح نمود . این وسیله دارای حساسیت خوب و گین بالایی نسبت به ناحیه ماوراء بنفش می باشد و از آنجایی که نور ساطع شده از تخلیه الکتریکی عمدتاً در این ناحیه می باشد ، این وسیله بسیار مناسب می باشد .

در شکل (۲-۱۱) بلوک دیاگرام چنین آشکار سازی نشان داده شده است که ابتدا نمونه برداری انجام

می شود و پس از تقویت ، بین سیگنالهای مطلوب و ناخواسته تمایز قائل می شود.



شکل ۲-۱۱: آشکار سازی نور ناشی از تخلیه جزئی با سیستم نمونه برداری از پالسها

پس از حذف نویزهای ناخواسته نوری در روش آشکار سازی نوری توسط تقویت کننده نوری، نتیجه حاصله از آشکار سازی تخلیه سطحی جزئی ، بصورت شکل (۲-۱۲) می باشد . در این شکل همچنین نتیجه حاصله از آشکار سازی الکتریک این تخلیه سطحی نشان داده شده است . که می توان در تمام نقاط یک سیکل ولتاژ تحت تست این دو آشکار سازی را با هم مقایسه نمود. از مقایسه این دو روش نتایج زیر حاصله می شود:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

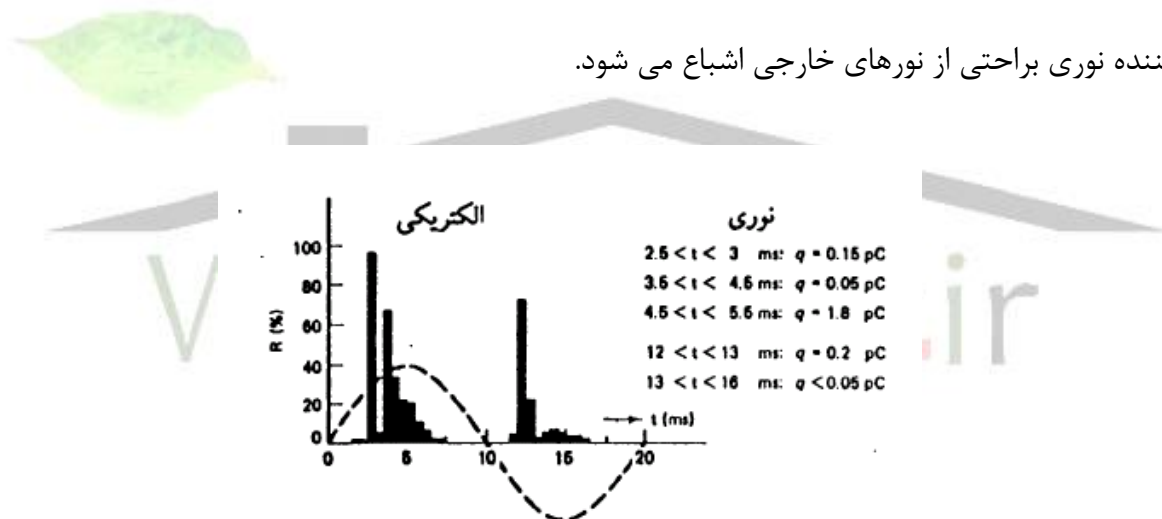
۱- یک همبستگی قوی بین آشکارسازی الکتریکی و نوری نسبت به رخ دادن پالسها در فازهای مختلف یک سیکل ولتاژ تحت تست مشاهده می شود .

۲- یک رابطه خطی بین تعداد پالسهای نوری و دامنه تخلیه وجود دارد . که از آن می توان برای کالیبره کردن آشکارسازی نوری بر حسب پیکوکولن در حالت‌های خاصی استفاده نمود (فقط در حالت‌های خاص).

۳- حساسیت سیستم آشکار ساز نوری با نرخ تکرار افزایش می یابد . یک حساسیت ۱/۰۵ پیکوکولنی امکان پذیر می باشد. حتی حساسیتی در حدود ۰/۰۰۵ نیز قابل دسترس می باشد.

۴- در این روش عملاً احتیاجی نیست که در حین تست و بعد از آن محیط مطلقاً تاریک باشد. تقویت

کننده نوری براحتی از نورهای خارجی اشباع می شود.



شکل ۲-۱۲: مقایسه نتایج حاصله از آشکار سازی نوری و الکتریکی تخلیه سطحی $R=100$ است. اگر در

تمام پریودها و در یک فاز بخصوص پالس مشاهده شود.

یکی از موارد کاربرد تقویت کننده نوری ، برای آشکار سازی تخلیه جزئی در داخل نمونه های عایقی

پلی اتیلن می باشد . عایق پلی اتیلن به اندازه ای شفاف می باشد که می تواند قسمتی از نور حاصله ناشی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

از تخلیه جزئی داخلی را عبور دهد. در حالتی که در هر ساعت فقط چند تخلیه رخ می دهد، این روش مفید می باشد چرا که آشکار ساز تحت تاثیر تخلیه های ناخواسته خارجی که ناشی از الکترودهای تیز و یا منبع فشار قوی و یا منبع تغذیه قرار نمی گیرد.

(۴-۳-۲) مبدل تصویری (The Image Converter)

این وسیله نه تنها شدت نور را تقویت می کند بلکه شکل تخلیه را هم نشان می دهد. بنابراین دارای وسیله خوبی برای آشکار سازی و مکان یابی تخلیه های نسبتاً کوچک بر روی سطح و درون عایقهای شفاف می باشد. این وسیله عمدتاً در تحقیقات پایه ای استفاده می شود.



(۴-۲) آشکار سازی وجود تخلیه جزئی بر مبنا واکنشهای شیمیایی از جمله آثار تخلیه جزئی در عایقهای الکتریکی، وقوع واکنشهای شیمیایی می باشد که بعضی از روشهای آشکار سازی جزئی بر مبنای این واکنشها بوده و توسط آنها می توان به وجود و یا عدم وجود و شدت تخلیه های انجام شده پی برد.

از جمله این روشها می توان روش گاز کروماتوگرافی روغن ترانسفورماتور و دیگر تجهیزات فشار قوی که در آنها از روغن استفاده می شود، نام برد. گاز کروماتوگرافی روغن بر مبنای نمونه برداری از روغن، جداسازی گازهای محلول در آن که در اثر تخلیه جزئی و یا تخلیه کامل ایجاد شده است، تفکیک گازها و نهایتاً تجزیه و تحلیل خطا موجود بر مبنای نسبت گازهای موجود، بنا می شود. در صورتی که مقدار هیدروژن تولیدی در اثر واکنشهای شیمیایی در چند برابر با شد، علت وجود تخلیه جزئی محسوب می شود و مقدار مطلق گازهای تولیدی شدت این تخلیه را مشخص خواهند نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲-۵) خلاصه

روشهای غیر الکتریکی آشکار سازی تخلیه جزئی، بطور کلی حاوی اطلاعاتی در مورد وجود و یا عدم وجود تخلیه جزئی می باشند. آشکار سازی صوتی تخلیه جزئی بر مبنای صدای ناشی از تخلیه جزئی بنا می شود و از مزایای در تشخیص وجود تخلیه و مکان یابی عیب با حرکت میکروفون در اطراف نمونه عایق تحت تست می باشد و عیب آن این است که نمی توان دامنه تخلیه را اندازه گیری نمود و حساسیت آن معمولاً بیش از ۱۰۰ پیکوکولون می باشد.

آشکار سازی نوری نیز یک روش کمکی عالی برای آشکار سازی تخلیه جزئی بوده و بر مبنای نور ساطع شده از تخلیه بنا می شود. و می توان آن را با حساسیت خوبی جهت مکان یابی تخلیه بکار برد و بدون اینکه اغتشاشات الکتریکی خارجی بر آن اثر داشته باشد. حتی می توان آن را با دوربین های معمولی نیز انجام داد. می توان حساسیت آن با استفاده از تقویت کننده های نور، مبدلهای موهومی که در مراکز تحقیقات فیزیک، کاربرد وسیعی دارند، به حدود ۰/۰۱ پیکوکولن نیز رساند. این روش دارای معایبی نیز می باشد از جمله فقط برای تشخیص تخلیه های قابل رویت با چشم مسلح و یا غیر مسلح قابل استفاده می باشد. عبارت دیگر فقط از آن می توان برای آشکار سازی عایقهای شفاف و یا آشکار سازی تخلیه سطحی استفاده نمود.

همچنین می توان گاز کروماتوگرافی روغن تراسفورماتور و دیگر تجهیزات فشار قویی که در آنها از روغن استفاده شده است را بعنوان یک روش غیر الکتریکی آشکار سازی تخلیه جزئی که بر مبنای واکنشهای شیمیایی ناشی از تخلیه جزئی می باشد، محسوب نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل سوم

اصول آشکار سازی الکتریکی

تخلیه جزئی

WikiPower.ir

۳-۱) مقدمه

همانطور که قبلا نیز اشاره شد، پدیده فیزیکی تخلیه جزئی علاوه بر آثار غیر الکتریکی خود، دارای آثار الکتریکی نیز می باشد که این آثار مبنای آشکار سازی الکتریکی قرار می گیرند. روشهای آشکار سازی الکتریکی پالسهای تخلیه جزئی، موفق ترین و پرکارترین روشهای آشکار سازی تخلیه جزئی به حساب می آیند. در روشهای الکتریکی آشکار سازی تخلیه جزئی، هدف جدا کردن پالسهای جریانی ناشی از تخلیه جزئی از پدیده های دیگر می باشد.

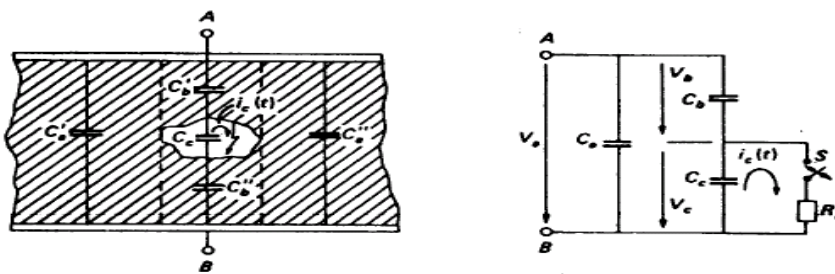
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در فصل یک (۱-۴) تعدادی از کمیت‌های الکتریکی مرتبط با دامنه تخلیه جزئی که پی بردن به وجود تخلیه جزئی در داخل سیستم‌های عایقی بسته، تنها از طریق ترمینال‌های آنها امکان پذیر می باشد، باید اصول آشکارسازی الکتریکی تخلیه جزئی بر اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی عملی بنا نهاده شود. با دلایلی که در بخش (۶-۴-۱) بیان شد، بار ظاهری انتقال بین ترمینال‌های سیستم عایقی، بعنوان یک کمیت فیزیکی مناسب که از طرفی مرتبط با شدت و نوع تخلیه های جزئی انجام شده می باشد، و از طرف دیگر با کمیت‌های الکتریکی قابل اندازه گیری چون افت ولتاژ دو سر ترمینال‌های عایق و جریان پالسی ناشی از انجام تخلیه جزئی رابطه دارد، مبنا آشکارسازی الکتریکی تخلیه جزئی قرار گیرد.

۳-۲) افت ولتاژ ترمینال‌های نمونه عایق (δV_0)

بار دیگر مدار معادل حفره موجود در یک نمونه عایق جامد و یا مایع را که به صورت ترکیب ساده ای

از خازنها می باشد را در نظر می گیریم (شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳: مدلسازی تخلیه جزئی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

اگر ولتاژ اعمالی به ترمینالهای B و A بگونه ای افزایش یابد که گرادیان میدان در حفره بصورت قوی افزایش یابد، این حفره بدلیل تفاوت ضرایب دی الکتریک عایق و گاز موجود در حفره معمولاً هوا می باشد، منشا تخلیه های جزئی خواهد بود.

برای ولتاژ $a.C$ اولین تخلیه در نیم سیکل مثبت ایجاد شده و سبب می شود که ظرفیت C_c بشدت تخلیه شود و جریان د شارژ (t) برقرار شود. این جریان را نمی توان بصورت فوری اندازه گیری نمود. چرا که شکلی شبیه تابع ضربه دیراک دارد یعنی جریان یک پالس بسیار کوتاه در حدود نانوثانیه می باشد و از طرف دیگر دامنه این پالس کمتر از $4-10$ آمپر می باشد. بارهای با پلاریته مخالف که بر اثر دشارژ ایجاد شده به دیوارها و در جهت میدان رانده می شود و بنابراین اثر میدان اصلی خنثی می گردد. اگر هنوز ولتاژ افزایش و یا کاهش داشته باشد، خطوط میدان جدید ساخته شده و بنابراین پدیده تخلیه در هر سیکل تکرار می شود.

فرض می کنیم که نمونه عایق با ولتاژ V شارژ شده اما ترمینالهای B و A دیگر به منبع ولتاژ وصل نیستند. اگر سوئیچ S بسته شود، جریان $i(t)$ بار $\delta q_c = C_c \delta V_c$ را از C_c آزاد می کند، باری که در کل سیستم تلف می شود. حال با مقایسه بار در سیستم قبل و بعد از این تخلیه افت ولتاژ روی ترمینالها δV_a بسادگی محاسبه می شود که نتیجه می دهد:

$$\delta V_a = \frac{C_c}{C_a + C_b} \delta V_c \quad (1-3)$$

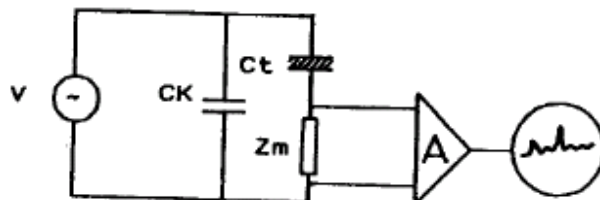
هر چند ظاهراً افت ولتاژ فوق اطلاعاتی در مورد مقدار بار انتقالی از حفره یعنی δq_c به ما نمی دهد ولی جمله $C_b \delta V_c$ بصورت غیرمستقیم با این بار و شدت پالسهای تخلیه جزئی متناسب می باشد چرا که مقدار خازن C_b متناسب با ابعاد حفره بوده و با افزایش قطر حفره بزرگ می شود بنابراین اولین روشی که برای آشکارسازی پالسهای تخلیه جزئی بنظر می رسد، اندازه گیری این افت ولتاژ می باشد. در واقع δV_a

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

کمیتی است که می تواند اندازه گیری شود و یک پله منفی ولتاژ که دارای زمان صعودی که به عرض پالس جریانی $i(t)$ بستگی دارد، می باشد. اگر چه افت ولتاژ درون حفره δV_c نسبتاً بزرگ بود و دارای محدوده ای حدود ۲ تا ۳۱۰ ولت است اما بدلیل اینکه نسبت $\frac{C_b}{C_a + C_b}$ با توجه به برقراری رابطه $C_a \gg C_c \gg C_b$ ، اغلب خیلی کوچک (کوچکتر از ۳-۱۰) می باشد، بنابراین با توجه به بزرگ بودن مقدار مطلق ولتاژ اعمالی به ترمینالهای عایق (V_a) نسبت به افت ولتاژ δV_c ، نسبت به خیلی کوچکتر از ۳-۱۰ می باشد. در نتیجه بنیان نهادن یک روش مستقیم تشخیص این ولتاژ پله ای بوسیله اندازه گیری ولتاژ ورودی یک کار بیهوده خواهد بود. و لزوم استفاده از مدارات آشکارسازی برای اندازه گیری کمیتهای مناسب دیگر ضروری بنظر می شد.

۳-۳) طرح کلی مدار آشکارسازی الکتریکی تخلیه جزئی

مدارات مختلفی برای آشکارسازی تخلیه جزئی بر مبنای آشکارسازی پالسهای جزیانی ناشی از تخلیه جزئی استفاده می شود. اما بصورت کلی می توان تمام این مدارها را در یک مدار اصلی، بصورت شکل (۲-۳) خلاصه نمود.



شکل ۲-۳: مقدار اصلی آشکارساز الکتریکی تخلیه جزئی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اجزاء این مدار عبارتند از :

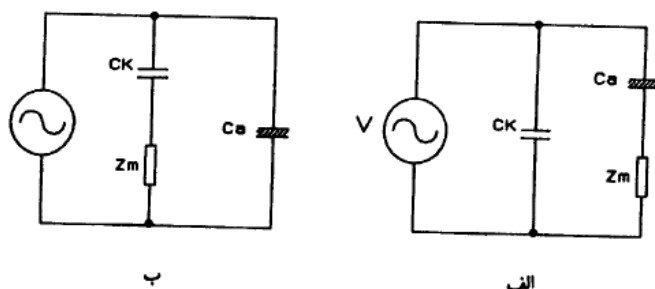
- ۱- یک منبع ولتاژ قوی که خود باید عاری از تخلیه جزئی باشد .
- ۲- نمونه عایق تحت تست که در آن تخلیه جزئی رخ می دهد (Ct)
- ۳- یک امپدانس (Zm) که پالسهای جریانی ناشی از جزئی در نمونه عایق تحت تست از آن عبور می کند و می تواند بصورت سری با نمونه عایق تحت تست و یا خازن کوپلینگ Ck قرار گیرد .
- ۴- خازن کوپلینگ Ck که امکان عبور پالسهای جریانی با فرکانس بالا از آن وجود دارد و پالسهای جریانی ناشی از تخلیه جزئی با همان دامنه از آن عبور می کنند . این خازن در واقع جریان مورد نیاز تخلیه جزئی را تامین کرده و افت ولتاژ ناشی از تخلیه جزئی را با برقراری جریان شارژی $i(t)$ بین خود و نمونه تحت تست تا حدودی جبران می کند . البته اگر $Ct > Ck$ (Ct=Ca+Cb) باشد افت ولتاژ δVa کاملاً جبران می شود .
- ۵- یک تثویت کننده جهت تقویت افت ولتاژ ناشی از عبور پالسهای جریانی تخلیه جزئی از امپدانس Zm
- ۶- یک وسیله جهت مشاهده پالسهای تخلیه جزئی تقویت شده ، که می تواند پیک ولت متر ، اسیلوسکوپ و یا یک سیستم نمونه برداری آنالوگ به دیجیتال می باشد .

۳-۴) امپدانس آشکارسازی

جهت آشکارسازی پالسهای جریانی ناشی از تخلیه جزئی در عایق تحت تست ، استفاده از یک امپدانس آشکارسازی ضروری بنظر می رسد ، بطوری که عبور پالسهای جریانی تخلیه جزئی از آن موجب افت ولتاژی متناسب با انتگرال جریان و یا همان بار ظاهری منتقله بین ترمینالهای عایق تحت تست شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تقویت و پردازش چنین ولتاژی که دامنه اش متناسب با بار ظاهری انتقالی می باشد ، اطلاعات جامعی را در مورد وضعیت عایق از نظر شدت و نوع تخلیه های جزئی به همراه خواهد داشت .
بطور کلی می توان این امپدانس را به دو صورت در مدار آشکار ساز قرار داد . اول بصورت سری با نمونه تحت تست (شکل ۳-۳-الف) و دوم بصورت سری با خازن کوپلینگ (۳-۳-ب) .



شکل ۳-۳: الف سری امپدانس آشکارسازی با نمونه عایق تحت تست

(ب) اتصال سری امپدانس آشکارسازی با خازن کوپلینگ

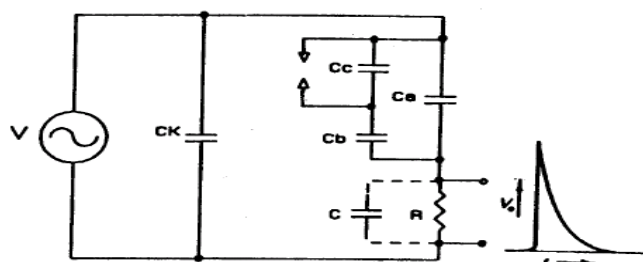
هر دو اتصال فوق با صرفنظر از خازنهای پراکنده ، از لحاظ الکتریکی یکسان می باشند و جریان یکسانی ناشی از تخلیه جزئی از هر یک با پلاریته مخالف عبور می کند . البته باید امپدانس منبع ولتاژ فشار قوی نیز به اندازه کافی بزرگ باشد تا جریان لازم برای تخلیه های جزئی تنها از طرف خازن کوپلینگ تامین شود . اما در عمل قرار دادن این امپدانس بصورت سری با نمونه تحت تست ، حساسیت بیشتری را برای اندازه گیری به همراه خواهد داشت . چرا که مطمئناً تمام پالسهای جریانی ناشی از تخلیه جزئی در نمونه تحت تست از آن عبور خواهد کرد . اما چنین اتصالی دارای این عیب است که ایجاد تخلیه کامل احتمالی در عایق تحت تست و عبور جریان تخلیه شدید از آن ، موجب صدمه دیدن آن خواهد شد . ولی اگر این امپدانس بصورت سری با خازن کوپلینگ قرار گیرد ، از این لحاظ حفاظت خواهد شد . هر چند تمام جریان ناشی از تخلیه های جزئی در نمونه تحت تست از آن عبور نکرده و مقداری از آن از خازنهای پراکنده موجود بین شین فشار قوی و زمین عبور خواهد کرد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

افت ولتاژ بر روی امپدانس آشکار سازی توسط یک کابل کوآکسیال به دستگاههای اندازه گیری اصلی منتقل می شود، تا تداخلات خارجی بر روی آن اثر نگذارد. امپدانس آشکار سازی و کابل کوآکسیال بعنوان قسمت انتگرال گیر تمام مدارهای اندازه گیری تخلیه جزئی بحساب می آیند. معمولا امپدانس آشکار سازی که در عمل استفاده می شود یا یک مقاومت R موازی با خازن پراکندگی (Parasitic Capacitor) یعنی یک امپدانس RC و یا یک مدار نوسانی RLC با ضریب کیفیت پایین می باشد.

۳-۴-۱) امپدانس آشکار ساز RC

شاید ساده ترین حالتی که برای امپدانس آشکار ساز Z_m می توان تصور نمود، استفاده از یک مقاومت تنها می باشد. ولی از آنجایی که وجود خازنهای پراکندگی به موازات آن اجتناب ناپذیر می باشد، بنابراین در عمل ساده ترین حالت همان امپدانس RC می باشد. در صورتی که پالسهای جریانی ضربه ای ناشی تخلیه جزئی را بعنوان ورودی و ولتاژ دو سر آن را بعنوان خروجی این امپدانس در نظر گرفته شود، می توان پاسخ این امپدانس را با استفاده از تبدیل لاپاس برای مدار شکل (۳-۴) محاسبه نمود.



شکل ۳-۴: پاسخ مدار RC به پالسهای جریانی ناشی از تخلیه جزئی

نتیجه محاسبات بقرار زیر می باشد:

$$V_0(t) = \frac{q}{C_a + C(1 + \frac{C_a}{C_k})} e^{-\frac{t}{2RC_c}} \quad (۳-۲)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$C_c = \frac{C_a \cdot C_k}{C_a + C_k} + C \quad (3-3)$$

که در رابطه فوق q بار ظاهری منتقله بین ترمینالهای عایقی ناشی از تخلیه می باشد و برابر است با

$$q = C_b \cdot \Delta V_c \quad (4-3)$$

و C_a, C_t, C_c, R در مدار شکل ۲-۴ مشخص می باشند .

همانطور که در پاسخ مدار RC به پالس جریانی ضربه ناشی از انتقال بار ظاهری q از نمونه تحت

تست مشاهده می شود ، دامنه خروجی این مدار متناسب با مقدار بار ظاهری q می باشد

ضریب این تناسب که دارای عناصری می باشد که بعضاً غیر قابل اندازه گیری می باشند را می توان با

انجام پروسه کالیبراسیون سیستم که در بخشهای بعد مفصلاً توضیح داده می شود، تعیین نمود . ثابت

زمانی پاسخ برابر $R \cdot C_c$ می باشد، که اگر مقاومت R کوچک باشد این ثابت زمانی کوچک خواهد بود در

نتیجه پاسخ خروجی تیزتر خواهد شد . این پالس تیز را نمی توان بطور کامل با یک تقویت کننده ،

تقویت نمود و در نتیجه بعضی از هارمونیکها آن تضعیف می

شود. همانطور که مشاهده می شود مقاومت R تاثیری بر دامنه پاسخ نخواهد داشت .

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC_c}$$

حکم فیلتر را خواهد داشت .

از طرف دیگر باید به ثابت زمانی سیستم توجه نمود تا خیلی طولانی نباشد . چرا که طولانی بودن آن

باعث تداخل پاسخ پالسهای متوالی خواهد شد که در چنین حالتی نمی توان بطور صحیح تعداد و مقدار

پالسها را بخوبی مشخص نمود . بنابراین بنظر می رسد که یک امپدانس آشکار ساز RC خوب باید دارای

$$f_1 = \frac{1}{2\pi RC_c}$$

یک مقاومت سلکتیو باشد تا بتوان مقدار مناسب برای آن انتخاب نمود .

نکته دیگری که از مشاهده پاسخ مدار آشکار ساز به پالسهای جریانی تخلیه جزئی بوضوح دریافت می

شود ، اینکه وجود خازن کوپلینگ CK ضروری می باشد $\frac{C}{k}$ در غیراینصورت مقدار کسر به سمت بی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

نهایت میل کرده و دامنه پالسها خیلی کوچک خواهد شد و آشکارسازی آن تقریباً غیر ممکن است. البته در صورتی که از خازنهای پراکندگی صرفنظر شود، عدم وجود CK باعث صفر شدن دامنه پالسهای خروجی خواهد شد.

۳-۴-۲) امپدانس آشکارسازی

اضافه کردن یک سلف به موازات امپدانس آشکارسازی RC، دارای این خاصیت می باشد که این سلف با نشان دادن امپدانس کم در مقابل جریانهای با فرکانس پایین، موجب حذف و فیلتر سازی فرکانسهای پایینی چون فرکانسهای موجود در ولتاژ سینوسی منبع ولتاژ سیستم از سیگنال خروجی خواهد شد. اما از طرف دیگر با داشتن یک امپدانس پاسخ خروجی یک پاسخی نوسانی خواهد بود. که زمانی میرائی این نوسانات از نقطه نظر اینکه با پالس بعدی تداخلی ایجاد نشود، مهم می باشد. در نتیجه باید ضریب کیفیت مدار RLC انتخابی، پایین باشد.

می توان پاسخ این امپدانس را نیز با استفاده از تبدیل لاپلاس برای مدار شکل (۳-۵) محاسبه نمود.

شکل ۳-۵: پاسخ مدار RLC به پالسهای جریانی ناشی از تخلیه جزئی

نتیجه محاسبات بقرار زیر می باشد:

$$V_0(t) = \frac{q}{C_a + C(1 + \frac{C_a}{C_k})} e^{-\left(\frac{1}{2RC_c}\right)} \cdot \cos \omega t \quad (۳-۵)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC_c} - \frac{1}{4R^2C_c^2}} \quad (۳-۶)$$

$$C_c = \frac{C_a \cdot C_k}{C_a + C_k} + C \quad (۳-۷)$$

q همان بار ظاهری انتقال از نمونه تحت تست می باشد که برابر است با:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$q = C_b \cdot \Delta V_c \quad (۸-۳)$$

همانند مدار RC، مشاهده می شود که دامنه ولتاژ خروجی متناسب با بار ظاهری q می باشد. بنابراین آشکارسازی این دامنه و انجام پروسه کالیبراسیون می توان مقدار بار ظاهری q را بر حسب پیکوکولن مشخص نمود. در این مدار نیز مقاومت R تاثیری به دامنه پاسخ ندارد. و تاثیر اصلی خود را بر ثابت زمانی پاسخ خواهد گذاشت.

در اینجا نیز مسئله مدت زمانی میرا شدن نوسانات پاسخ مدار RLC مطرح می باشد و این زمان که تعیین کننده دقت زمانی (Resolution time) مدار می باشد باید مقداری باشد که پالسهای متوالی با هم تداخل نداشته باشد. هرچه ضریب کیفیت مدار RLC (Q) کمتر باشد، این زمان کوتاهتر خواهد بود. معمولاً با یک ضریب کیفیت $Q=1$ می توان به میرائی مناسبی دست یافت.

چنین ضریب کیفیتی در حالتی که $R = \sqrt{\frac{L}{C_e}}$ باشد بدست می آید چرا که در این مدار آشکار ساز

داریم:

$$a = \frac{1}{2RC_e} \quad (۹-۳)$$

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{1}{LC_e} - \frac{1}{4R^2 \cdot C_e^2}\right)} \quad (۱۰-۳)$$

$$= \omega \cdot \sqrt{1 - a^2 LC_e}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC_e}} \quad (۱۱-۳)$$

$$Q = \frac{\omega \cdot R}{2a} = \frac{R}{\sqrt{L/C_e}} \quad (۱۲-۳)$$

با $Q=1$ ، $a = \frac{\omega}{2a} = \pi f$ ، بوده و اگر فرکانس رزونانس حدود ۱۰۰ کیلوهرتز باشد و مدت زمان میرائی

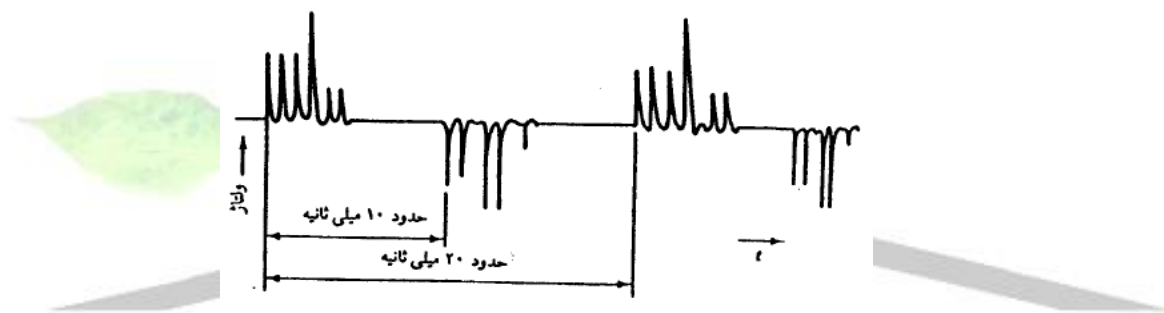
پاسخ را حدوداً برابر $\frac{3}{a}$ در نظر بگیریم، تقریباً ۱۰ میکروثانیه برای میرا شدن پاسخ زمان لازم است. در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نتیجه با چنین سیستمی می توان پالسهای که حدودا به فاصله ۱۰ میکروثانیه از یکدیگر رخ می دهند را بطور مجزا آشکار نمود.

۳-۵) تقویت پالسهای تخلیه جزئی

اگر یک مدار آشکارساز پالسهای تخلیه جزئی که بطور کلی دارای یک امپدانس آشکارساز RLC می باشد را در نظر بگیریم خروجی آن ، سیگنالهایی است که بصورت یک سری پالسهای کوتاه با ثابت زمانی حدود چند میکروثانیه مشاهده می شود. این پالها در دستههایی که در واقع نیم سیکاهای مثبت و منفی ولتاژ منبع تغذیه می باشد ، رخ می دهند.



شکل ۳-۶: الگوی نرمال پالسهای تخلیه جزئی در ولتاژ ۵۰ (یا ۶۰) هرتز

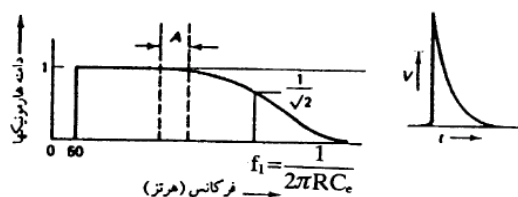
لازم به ذکر است که الگوی پالسهای تخلیه جزئی در هر نیم سیکل بخاطر تصادفی بودن پدیده تخلیه جزئی با نیم سیکلهای بعد متفاوت می باشد یعنی در نیم سیکلهای مجزا دامنه و فاز رخ دادن این پالسا متفاوت است. دامنه و فاز رخ دادن این پالسا بطور نسبی در محدوده خاصی قرار دارند.

از آنجایی که پالسهای تخلیه جزئی آشکار شده در خروجی امپدانس آشکارسازی از طرفی دارای دامنههای کوچک و از طرف دیگر احتمالا همراه با پالسهای ناشی از تداخلات خارجی دیگر می باشد ، لازم بنظر می رسد که با استفاده از یک تقویت کننده با یک پهنای باند گذر مناسب ، علاوه بر تقویت پالسهای تخلیه جزئی ، پالسهای ناشی از تداخلات خارجی احتمالی را نیز فیلتر نمود. چنین تقویت کننده ای نوعا برای فرکانسهای قطع پایین و بالایی حدود ۳۰ کیلوهرتز تا چند صد کیلوهرتز و درجه تضعیف 3dB- در فرکانسهای قطع طراحی می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

عموماً فرکانس‌های قطع پایین و بالای تقویت کننده طوری انتخاب می‌شوند که از طرفی باعث حذف سیگنال‌های فرکانس بالای ناشی از سیگنال‌های رادیویی و از طرف دیگر باعث حذف سیگنال‌های فرکانس پایین ناشی از هارمونیک‌های ولتاژ تغذیه شود. چنین تقویت کننده‌ای باعث حذف هارمونیک‌های تداخلات خارجی می‌شود. همچنین مشخصات باند گذر تقویت کننده قادر خواهد بود که پالس‌های کوتاه ولتاژ را که به آن داده می‌شود را انتگرال‌گیری نماید. چنین امکانی را می‌توان برای افزایش درجه حساسیت تمام مدار اندازه‌گیری بکار برد.

در صورتی که امپدانس آشکار ساز یک مدار RC باشد، و چنین امپدانس دارای پاسخ فرکانسی شبیه به شکل (۷-۳) خواهد بود. فرکانس قطع بالای چنین امپدانس برابر $f_1 = \frac{1}{2\pi RC_e}$ پهنای باند آن باید بین ۵۰ هرتز و f_1 قرار گیرد. اما با قرار دادن تقویت کننده‌ای با باند گذر مشخصی می‌توان، باند گذر سیستم را در محدوده A قرار داد. در عمل با قرار دادن باند گذر تقویت کننده بین ۱۰ تا ۱۵۰ کیلوهرتز می‌توان بطور مناسبی هارمونیک‌های فرکانس پایین ولتاژ شبکه و تداخلات فرکانس بالای رادیویی را فیلتر نمود.



شکل ۷-۳: پاسخ فرکانسی امپدانس RC

در صورتی که که امپدانس آشکار سازی RLC باشد پاسخ فرکانسی امپدانس شبیه به شکل (۸-۳) خواهد بود. فرکانس میانی (f_0) و پهنای باند پاسخ فرکانسی این امپدانس از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$(۱۳-۳)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C_e}}$$

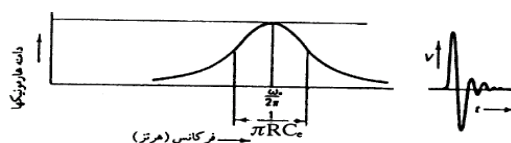
$$BW = \omega_2 - \omega_1 \quad (۱۴-۳)$$

$$= \frac{\omega_c}{Q}$$

$$= \frac{1}{R.C_e}$$

تقویت کننده باید دارای باند گذری برابر و یا بزرگتر از پهنای باند سیگنال باشد. در عمل احتیاج به یک

تقویت کننده با باند نسبتاً پهن بین ۴۰ تا ۳۵۰ کیلوهرتز می باشد.



شکل ۳-۸: پاسخ فرکانسی امپدانس RLC

گاهها لازم است که در موارد خاصی از تقویت کننده هایی با باند گذر باریک حدود ۹ کیلوهرتز و فرکانس

میانی قابل تنظیم همچون RIV (Radio Interferen Voltmer) متر استفاده شود.

۳-۶) حساسیت مدار آشکارساز تخلیه جزئی

طبق تعریف ، حساسیت یک مدار آشکارساز تخلیه جزئی عبارتست از کوچکترین تخلیه جزئی ناشی از

نمونه تحت تست را که در حضور تداخلات و نویزهای مزاحم می توان مشاهده نمود. دامنه این کوچکترین

تخلیه جزئی برحسب پیکوکولن بیان می شود.

همانطوری که در تعویض حساسیت یک مدار آشکارساز تخلیه جزئی بیان شد ، این مشخصه مدار

آشکارساز بوسیله دو دسته از سیگنالهای مزاحم خارجی تعیین می شوند. دسته اول ، سیگنالهای ناشی از

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تداخلات خارجی از جمله تداخلات امواج الکترومغناطیسی، تداخلات ناشی از شبکه، تداخلات ناشی از وجود تخلیه های جزئی در المانهای مدار، اتصالات و یا تخلیه های القایی می باشند. و دسته دوم، سیگنالهای ناشی از نویزهای حرارتی می باشند که از دو منبع اصلی نویزهای حرارتی مدار و نویزهای حرارتی تقویت کننده ناشی می شوند.

در صورتی که بتوان با اعمال تدابیری که در بحث مربوط به تداخلات خارجی بیان می شود، گام موثری در حذف تداخلات خارجی برداشت، می توان به یک حساسیت بهینه با انجام مطالعاتی بر روی تاثیر المانهای مختلف مدار بر سیگنالهای ناشی از نویزهای حرارتی و انتخاب بهینه آنها رسید. این در صورتی امکان پذیر است که تداخلات سیگنالهای خارجی دارای یک باند نویزی بزرگتر از نویزهای حرارتی نباشند. به هر صورت حذف تخلیه های خارجی در ولتاژهای بالا عملاً مشکل می باشد. بدین دلیل بدست آوردن حساسیتی کمتر از یک پیکوکولن در ولتاژ ۱۰۰ کیلوولت و بالاتر از آن خیلی مشکل است.

حال با فرض اینکه سیگنالهای ناشی از تداخلات خارجی دارای باند نویزی کوچکتری از نویزهای حرارتی می باشند، به بررسی چگونگی بهینه سازی حساسیت مدار با توجه به نویزهای حرارتی و تاثیر المانهای مختلف به آن می پردازیم.

۳-۶-۱) تعیین حساسیت مدار آشکارساز تخلیه جزئی با توجه به نویزهای ناشی از تقویت کننده

در این حالت حساسیت مدار با مقایسه دامنه پالسهای آشکار شده در سطح نویزهای ناشی از تقویت کننده بدست می آید. همانطور که در بخش ۳-۴ بیان شد دامنه پالسهای آشکار شده بر روی امپدانس آشکارساز برابر است با:

$$v = \frac{q}{C_{tot}} e^{(-\frac{1}{\tau})} \quad (3-15)$$

که در رابطه فوق C_{tot} معادل تمام خازنهای موجود و τ ثابت زمانی سیگنال آشکار بر روی امپدانس آشکارساز می باشد.

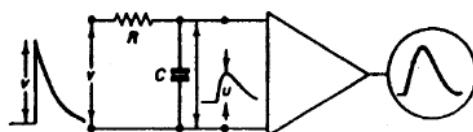
$$C_{tot} = C_a + C(1 + \frac{C_a}{C_k}) \quad (3-16)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\tau = R \cdot \left(\frac{C_a C_k}{C_a + C_k} + C \right) \quad (۱۷-۳)$$

سیگنال آشکار شده فوق باید به یک تقویت کننده با باند محدود اعمال شود. محدودیت پهنای باند تقویت کننده را می توان با یک مدار RC که به یک تقویت کننده ایده آل متصل است، نشان داد. شکل (۳-۹). بدین ترتیب ثابت زمانی تقویت کننده برابر است با:

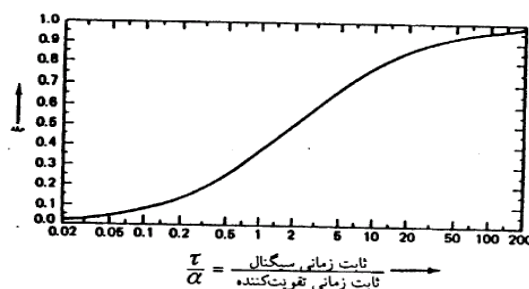
$$a = R_{amp} \cdot C_{amp} \quad (۱۸-۳)$$



شکل ۳-۹: مدار معادل تقویت کننده با یک باند محدود

تغییری که در شکل پالسهای ورودی به تقویت کننده بدلیل محدود بودن باند گذر آن داده می شود، در شکل (۳-۹) مشاهده می شود. همچنین مشاهده می شود که دامنه پالس ورودی به مدار RC ای که در واقع مدلی برای محدودیت باند گذر تقویت کننده می باشد، با ضریب ξ تضعیف می شود. مقادیر ضریب تضعیف دامنه پالس ورودی به مدار RC بر حسب نسبت ثابت زمانی سیگنال (τ) به ثابت زمانی (a) از شکل (۳-۱۰) بدست می آیند. بنابراین دامنه سیگنال خروجی قبل از اینکه یک تقویت ایده آل روی آن انجام شود برابر است با:

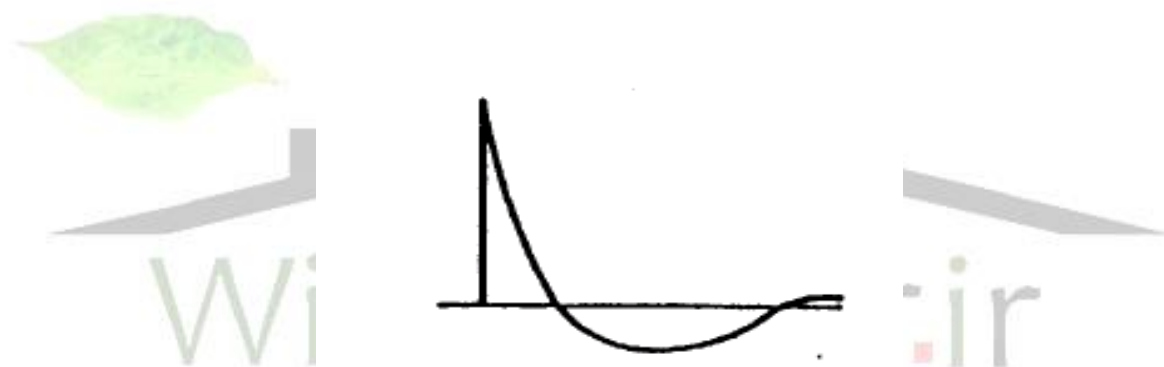
$$\hat{u} = \xi \frac{q}{C_{tot}} \quad (۱۹-۳)$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

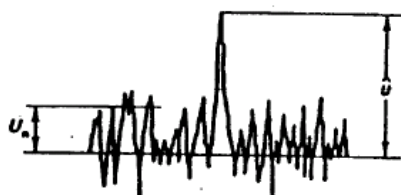
شکل ۳-۱۰: پاسخ یک تقویت کننده با باند گذر محدود به ورودی پالس

از طرف دیگر برای حذف هارمونیکهای مربوط به ولتاژ شبکه ، باید تقویت کننده دارای یک فرکانس قطع پایین نیز باشد. بدین ترتیب علاوه بر حذف قسمتی از سیگنالهای خارجی اشباع شدن تقویت کننده نیز جلوگیری به عمل می آید. چنین فرکانس قطع پایینی باعث ایجاد یک بالازدگی پس از صفر شدن سیگنال خواهد شد. (شکل ۳-۱۱). اگرچه چنین بالازدگی ، موجب تغییر شکل پاسخ خروجی تقویت کننده نسبت به سیگنال ورودی خواهد شد ، اما محاسبه و آزمایش نشان داده است که تاثیر بر دامنه پالس خروجی نخواهد داشت و چون هدف ما بیشتر مشخص کردن این دامنه می باشد ، مشکلی ایجاد نخواهد شد.



شکل ۳-۱۱: تغییر شکل یک پالس اثر فرکانس قطع پایین تقویت کننده

با توضیحاتی که داده شد ، وقت آن است که حساسیت مدار با توجه به نویز ناشی از تقویت کننده تعیین گردد. نویز حرارتی تقویت کننده بصورت یک باند نورانی بر روی اسکوپ مشاهده پذیر می باشد. دامنه این باند ، که از صفر تا قله پالسهای آن بحساب می آیند ، در شکل (۳-۱۲) با U_a نشان داده شده اند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل ۳-۱۲: سیگنال اصلی (U) و نویز حرارتی تقویت کننده ()

$$U_a$$

دامنه پالس اصلی ناشی از تخلیه جزئی آشکار شده باید حداقل دو برابر دامنه باند نویزی مذکور باشد

تا بتوان آنرا از سیگنالهای نویز جدا نمود. یعنی:

$$\hat{U} = 2.U_a \quad (۲۰-۳)$$

با قرار دادن مقدار \hat{U} از رابطه (۳-۱۷) داریم:

$$\xi \frac{q}{C_{tot}} = 2.U_a \quad (۲۱-۳)$$

بدین ترتیب کوچکترین پالس تخلیه جزئی که می توان در حضور نویز ناشی تقویت کننده مشخص

نمود ، برابر است با:

$$q_{sens} = \frac{2}{\xi} \times u_a C_{tot} \quad (۲۲-۳)$$

q_{sens} همان حساسیت مدار آشکار ساز با توجه به نویزهای ناشی از تقویت کننده می باشد. دامنه نویز

تقویت کننده (U_n) بر حسب ولت اندازه گیری می شود. همانطور که قبلا نیز بیان شد ، خان C_{tot} ، خازن

معادلی است که بار انتقال q بر روی آنها تقسیم می شود. و برای نمونه عایقهای تحت تست بزرگ

$C_{tot} \cong C_a$ می باشد. از رابطه فوق مشخص می شود که حساسیت مدار متناسب با خازن معادل

می باشد. این بدان معنی است که در نمونه عایقهای تحت تست با ظرفیت بالا ، حساسیت مدار متناسب با

ظرفیت نمونه تحت تست می باشد. نویز ناشی از یک تقویت کننده متناسب با جذر پهنای باند تقویت کننده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر مسایت و به همراه فونت های لازم

می‌باشد. بنابراین اگر پهنای باند تقویت کننده افزایش یابد ، نویز زیاد می‌شود. از طرف دیگر ضریب تضعیف ξ نیز افزایش می‌یابد. یعنی از طرفی افزایش پهنای باند تقویت کننده با افزایش نویز و از طرف دیگر با افزایش ضریب تضعیف ξ ، موجب افزایش حساسیت مدار (کاهش مقدار کوچکترین تخلیه‌ای که می‌توان تشخیص داد) می‌شود. بنابراین باید یک مقدار بهینه‌ای برای پهنای باند تقویت کننده وجود داشته باشد که به ازای آن بهترین حساسیت نسبت به نویز تقویت کننده حاصل می‌شود. این مقدار بهینه در صورتی که ثابت زمانی سیگنال و تقویت کننده با هم برابر باشند ($\tau = a$) بدست می‌آید. بنابراین پهنای باند بهینه تقویت کننده برابر است با:

$$B = \frac{1}{2\pi\tau} \quad (23-3)$$

که τ همان ثابت زمانی سیگنال آشکار شده برای امیدانس آشکارساز می‌باشد که برابر است با:

$$\tau = R \times \left(\frac{C_a C_k}{C_a + C_k} + C \right) \quad (24-3)$$

در صورتی که $\xi = 0.5$ باشد ، حساسیت بهینه با توجه به نویز تقویت کننده برابر است با:

$$q_{sens} = 4U_n \cdot C_{tot} \quad (25-3)$$

$$C_{tot} = C_a + C \left(1 + \frac{C_a}{C_k} \right) \quad (26-3)$$

با توجه به رابطه فوق می‌توان نتیجه گرفت که:

- ۱- برای بدست آوردن حساسیت بهینه باید ظرفیت خازن کوپلینگ (C_k) چندین برابر ظرفیت نمونه تحت تست (C_a) باشد. در غیر این صورت اثر خازن پارازیتی C خیلی زیاد خواهد بود.

- ۲- حساسیت مدار بطور خطی با ظرفیت نمونه تحت تست افزایش می‌یابد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نکته مهمی که باید در اینجا به آن اشاره شود، نقش مقاومت R در بهینه‌سازی حساسیت مدار آشکار ساز می‌باشد. از آنجایی که ثابت زمانی سیگنال آشکار شده برای امپدانس آشکار ساز همانطور که قبلاً بیان شد برابر است با:

$$\tau = R \times C_e \quad (۲۷-۳)$$

برای رسیدن به حساسیت بهینه یعنی اعمال شرط $\tau = a$ ، می‌توان با تغییر دادن R به این مهم دست یافت. و در صورتی که ظرفیت خازن تحت تست کاهش یابد، می‌توان به همان نسبت مقدار مقاومت R را افزایش داد تا این حساسیت بهینه حاصل شود.

بعنوان نمونه حساسیت‌های بهینه‌ای که می‌توان با تغییر نمونه تحت تست و مقاومت R بدست آورد، در جدول (۱-۳) مشاهده می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود در صورتی که ظرفیت عایق تحت تست بزرگ باشد (بیش از ۱۰ میکروفاراد)، دیگر حساسیت خوبی برای مدار حاصل نمی‌شود.



جدول ۱-۳ حساسیت مدار با توجه به نویز تقویت‌کننده [۸]

ظرفیت نمونه	C_{tot}	مقاومت	حساسیت
عایق $C_a (=C_k)$		آشکار ساز R	q_{sens}

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

0	2000 PF	5 K Ω	0/2 PC
1000 PF	3000 PF	3/3 K Ω	0/5 PC
10 nF	12 nF	1 K Ω	1 PC
100 nF	102 nF	100 Ω	10 PC
1 nF	1 μ F	10 Ω	80 PC

آنچه در مورد حساسیت مدار آشکارساز با توجه به نویز تقویت کننده بیان شد ، چه برای امپدانس آشکار ساز RC و چه برای امپدانس آشکار ساز RLC صادق می باشد. و در هر دو حالت می توان گفت که حساسیت متناسب با ظرفیت نمونه تحت تست می باشد.

۳-۶-۲) تعیین حساسیت مدار آشکارساز تخلیه جزئی با توجه به نویز مدار(امپدانس آشکارساز)

نویز حرارتی ، ناشی از مقاومت امپدانس آشکار ساز R ، عامل دیگری در تعیین حساسیت سیستم آشکار ساز تخلیه جزئی می باشد. از آنجایی که این نویز قبل از تقویت کننده تولید می شود و در نهایت دامنه هریک از نویزهای تقویت کننده و امپدانس آشکارساز قرار می گیرد ، می توان با قرار دادن یک ترانسفورماتور افزایش یافته با نسبت تبدیل متغیر ، قبل از تقویت کننده ، سیگنال اصلی و نویز ناشی از مدار را قبل از تقویت نسبتی بزرگ نمود که دامنه نویز بزرگ شده مدار ، بزرگتر از دامنه نویز تقویت کننده شود. بدین ترتیب می توان با به یک اندازه بزرگ کردن سیگنال اصلی و نویز ناشی از مدار آشکارساز ، و مبنا قرار گرفتن این نویز بزرگ شده برای تعیین حساسیت مدار ، حساسیت سیستم را افزایش داد. در غیر این صورت ممکن است دامنه نویز ناشی از تقویت کننده در مقایسه با سیگنال اصلی به حدی بزرگ باشد که موجب پایین آمدن حساسیت مدار شود.

۳-۶-۲-۱) امپدانس آشکار ساز RC

مطابق با شکل (۳-۱۳) نسبت تبدیل ترانسفورماتور افزایش یافته ، افزوده می شود تا سیگنال نویز مدار

آشکار ساز RC بزرگتر از نویز تقویت کننده شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ولتاژ موثر ناشی از نویز بر روی مقاومت آشکارسازی برابر است با:

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{KT}{C_e}} \quad (28-3)$$

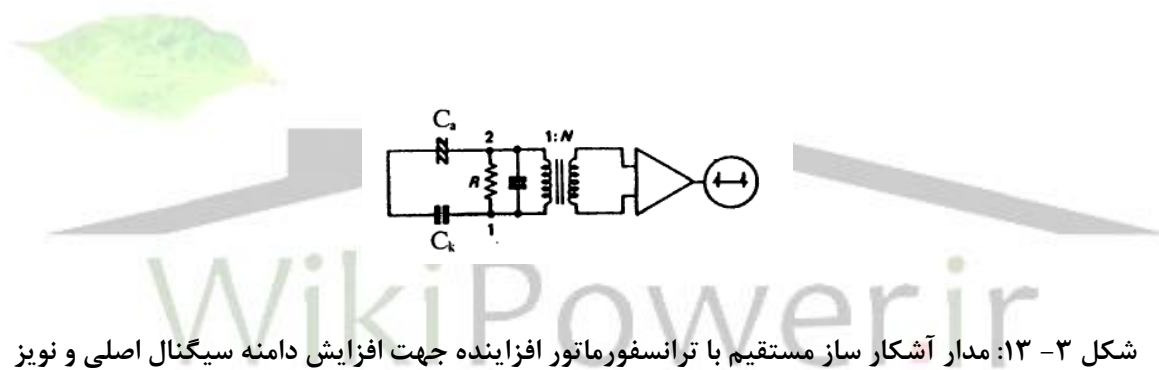
نشان داده شده است که دامنه نویز از صفر تا قله آن، $\frac{2}{5}$ برابر بزرگتر از U_{eff} می‌باشد پس دامنه نویز

ناشی از مدار آشکارساز برابر است با:

$$U_a = 2.5 \sqrt{\frac{KT}{C_a}} \quad (29-3)$$

در رابطه فوق، K ثابت بولتزمن (Boltzman s Constant) می‌باشد و برابر است با $\frac{J}{K}$

$T, K = 1.38 \times 10^{-23}$ دمای مطلق مدار و C_n ظرفیت خازن بین نقاط ۱ و ۲ در شکل (۳-۱۳) می‌باشد.



شکل ۳-۱۳: مدار آشکار ساز مستقیم با ترانسفورماتور افزایش دهنده جهت افزایش دامنه سیگنال اصلی و نویز

مدار به بیش از دامنه نویز تقویت کننده

رابطه برای محدوده فرکانسی صفر تا بی‌نهایت صادق می‌باشد. می‌توان نشان داد که C_n چه برای مدار

آشکارساز مستقیم و چه مدار آشکارساز تعادلی برابر است با:

$$C_n = \frac{C_{tot}}{(n+1)} \quad (30-3)$$

که n نسبت ظرفیت خازن تحت تست به خازن کوپلینگ می‌باشد $(n = \frac{C_a}{C_k})$ بدین ترتیب داریم:

$$U_a = 2.5 \sqrt{\frac{(n+1)KT}{C_{tot}}} \quad (31-3)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر‌م‌سایت و به همراه فونت‌های لازم

این نویز بوسیله ترانسفورماتور تا $1/2$ برابر دامنه نویز تقویت‌کننده افزایش داده می‌شود. در نتیجه نویز ظاهر شده برابر $1/3$ بزرگتر از نویز واقعی موجود در امپدانس آشکارساز خواهد بود. بنابراین دامنه ولتاژ نویز برابر خواهد بود با:

$$U_n = 1.3 \times 2.5 \sqrt{\frac{(n+1).KT}{C_{tot}}} \quad (32-3)$$

$$= 3.2 \sqrt{\frac{(n+1)KT}{C_{tot}}}$$

حال کوچکترین پالسی که می‌توان تشخیص داد باید دو برابر بزرگتر از این نویز باشد یعنی:

$$6.4 \sqrt{\frac{(n+1)KT}{C_{tot}}} \quad (33-3)$$

دامنه این پالس برابر است با:

$$\xi \frac{q}{C_{tot}} \quad (34-3)$$

با برابر قرار دادن دو رابطه فوق، حساسیت سیستم بصورت زیر بدست می‌آید:

$$q_{sens} = 6.u \frac{\sqrt{(n+1)KT} \cdot \sqrt{C_{tot}}}{\xi} \quad (35-3)$$

اگر مقدار K جایگذاری شود و T برابر 290 درجه کلوین در نظر گرفته شود داریم:

$$q_{sens} = 4 \times 10^{-4} \times \sqrt{\frac{n+1}{\xi}} \times \sqrt{C_{tot}} (PC) \quad (36-3)$$

در رابطه فوق q_{sens} ، کوچکترین تخلیه جزئی بر حسب پیکوکولن می‌باشد که توان آشکار نمود.

$n = \frac{C_a}{C_k}$ برای مدار آشکار ساز مستقیم و $n = \frac{C_a}{C'_a}$ برای مدار آشکار ساز تعادلی و $C_{tot} = C_a + C(1+n)$ می‌باشد.

همانطور که در رابطه فوق مشاهده می‌شود، کوچکترین تخلیه قابل تشخیص در حضور نویزهای مدار و

تقویت‌کننده متناسب با $\sqrt{C_{tot}}$ می‌باشد، برای پایین آوردن مقدار n که باعث کم شدن مقدار C_{tot} نیز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می شود و در نهایت موجب بالا رفتن حساسیت سیستم خواهد شد ، باید خازن کوپلینگ C_k خیلی بزرگتر از ظرفیت نمونه تحت تست احتیاج می باشد.

برای نمونه ، در صورتی که پهنای باند تقویت کننده سه برابر بزرگتر از پهنای باند سیگنال باشد ، طبق شکل $\xi = 0/6, 10-3$ خواهد شد. با محاسبه حساسیت سیستم نسبت به تغییرات پارامترهای مختلف و با در نظر گرفتن خازن پارازیتی برابر $C \cong 2000 pf$ ، و تغییر مقاومت امپدانس آشکر برای داشتن سیگنالی با ثابت زمانی $R.C_{tot} = 10 \mu s$ ، جدول (۲-۳) حاصل می شود

جدول ۲-۳ : حساسیت مدار آشکارساز تخلیه جزئی با توجه به نویز امپدانس آشکارساز

ظرفیت نمونه عایق $C_a (=C_k)$	مقاومت آشکارساز R	نسبت تبدیل ترانسفورماتور N	حساسیت محاسبه شده $q_{sens}(PC)$	حساسیت اندازه- گیری (PC)
0	2000	۲	0/045	-
1000 PF	۳۳۰۰ Ω	۲/۵	0/055	0/04
PF	3000	۵	0/1	0/08
10 nF	۷۵۰ Ω	۱۰	0/2	0/16
50 nF	۲۰۰ Ω	۱۵	0/3	0/2
100 nF	۱۰۰ Ω	۳۰	0/7	0/5
0/5 μF	102 nF	۳۰	1	1
10 μF	0/5 μF	۳۰	3	-
	1 μF	۳۰		
	10 μF	۴۵		
	۱ Ω			

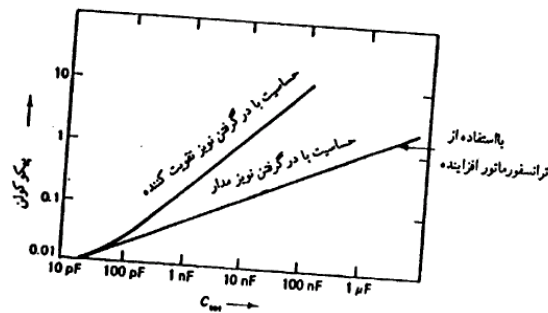
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

			۱۴۰		
--	--	--	-----	--	--

همچنین حساسیت سیستم را نسبت به تغییرات خازن معادل C_{tot} با توجه به نویز تقویت کننده و نویز مدار همراه با استفاده از ترانسفورماتور افزایشده، در شکل (۳-۱۴) مشاهده می شود. همانطور که مشاهده می شود با وجود بزرگ بودن ظرفیت عایق تحت تست (حتی با ظرفیت ۱۰ میکروفاراد)، حساسیت سیستم دارای مقدار قابل قبولی می باشد. که در حالتی که فقط نویز تقویت کننده مورد توجه قرار می گیرد، این حساسیت قابل قبول نیست.

نسبت تبدیل لازم برای ترانسفورماتور افزایشده مورد بحث باید برابر با:

$$N = \frac{1.2U_{amp}}{2.5 \sqrt{\frac{(n+1).K.T}{C_{tot}}}} \quad (3-37)$$



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل ۳-۱۴: حساسیت سیستم آشکار ساز تخلیه جزئی بعنوان تابعی از ظرفیت خازن معادل

C_{tot} باشد تا نویز مدار با اندازه $1/2$ برابر نویز تقویت کننده شود. در رابطه فوق U_{amp} همان دامنه نویز تقویت کننده بر حسب ولت می باشد؛ $U_{am} \lambda / 5 =$ میکروولت و قرار دادن مقادیر $K, T, n=1$ ، نسبت تبدیل برابر خواهد بود با:

$$N = 0.045 \sqrt{C_{tot}} \quad (3-38)$$

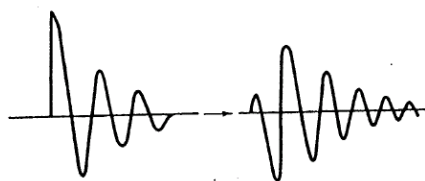
در رابطه فوق C_{tot} بر حسب پیکوفاراد می باشد.

۳-۶-۲-۲) امپدانس آشکار ساز RLC

پالس نوسانی آشکار شده بر روی امپدانس آشکار ساز RLC به تقویت کننده اعمال می شود و بدلیل محدودیت باندگذر تقویت کننده، تغییر شکل خواهد داد. بطوری که در شکل (۳-۱۵) نشان داده شده است.

همانند مدار RC، دامنه پالس آشکار شده متناسب با افزایش ظرفیت خازنی نمونه تحت تست کاهش می یابد. نویز مدار نیز متناسب با جذر ظرفیت خازنی نمونه تحت تست کاهش می یابد و حساسیتی که برای مدار RLC بدست می آید برابر است:

$$q_{sens} = 7.1 \sqrt{KT} \cdot \sqrt{\frac{n+1}{\eta}} \sqrt{C_{tot}} \quad (3-39)$$



شکل ۳-۱۵: تغییر شکل یک پالس نوسانی بوسیله یک تقویت کننده با باند محدود

با جایگذاری T, K در رابطه فوق ($T=290^0K$) خواهیم داشت:

$$q_{sens} = 4.5 \times 10^{-4} \frac{\sqrt{n+1}}{\eta} \sqrt{C_{tot}} \quad (3-40)$$

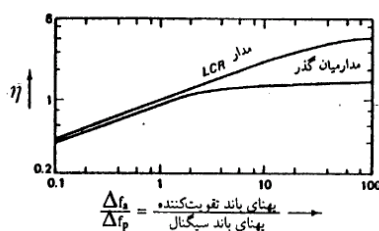
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تقویت کننده بر روی نويز مدار ناچيز فرض شده است ولی در فاکتور η آن در نظر گرفته شده است. فاکتور η از شکل (۳-۱۶) برحسب نسبت پهنای باند تقویت کننده به پهنای باند و سیگنال بدست می آید.

تقویت کننده بر روی نويز مدار ناچيز فرض شده است ولی در فاکتور η آن در نظر گرفته شده است. فاکتور η از شکل (۳-۱۶) برحسب نسبت پهنای باند تقویت کننده به پهنای باند و سیگنال بدست می آید.

تقویت کننده بر روی نويز مدار ناچيز فرض شده است ولی در فاکتور η آن در نظر گرفته شده است. فاکتور η از شکل (۳-۱۶) برحسب نسبت پهنای باند تقویت کننده به پهنای باند و سیگنال بدست می آید.

تقویت کننده بر روی نويز مدار ناچيز فرض شده است ولی در فاکتور η آن در نظر گرفته شده است. فاکتور η از شکل (۳-۱۶) برحسب نسبت پهنای باند تقویت کننده به پهنای باند و سیگنال بدست می آید.



شکل ۳-۱۶: تأثیر پهنای باند بر روی حساسیت سیستم

در شکل (۳-۱۶) دو منحنی مشاهده می شود، یکی مربوط به حالتی است که از یک مدار RLC بعنوان

امپدانس آشکارساز استفاده شود و دیگری مربوط به حالتی است از یک فیلتر میان گذر بعنوان امپدانس

آشکارساز استفاده شود. دومی ترجیح داده می شود چراکه عمل حذف فرکانس ۵۰ هرتز را بهتر انجام

می دهد.

بعنوان نمونه حساسیت سیستم در حالت های مختلف در جدول (۳-۳) مشاهده می شود. این مقادیر در

حالتی که ظرفیت خازن کوپلینگ C_k حدود ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ پیکوفاراد بوده و با مقدار C_a تغییر نمی کند.

در این صورت مقادیر نشان داده شده باید در فاکتور $\sqrt{\frac{C_a}{C_k + 1}}$ ضرب شود

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جدول ۳-۳: حساسیت سیستم آشکارساز تخلیه جزئی در حالات مختلف

ظرفیت عایق تحت تست C_a	حساسیت محاسبه شده $q_{sens}(PC)$ ($C_k \gg C_a$)	حساسیت مشاهده شده ($C_k \gg C_a$) $q_{sens}(PC)$	حساسیت محاسبه شده $C_k=100PF$ $q_{sens}(PC)$
130-270 PF	0/011	0/012	0/012
270-530 PF	0/016	0/016	0/018
530-1070 PF	0/02	0/02	0/03
1070-2100 PF	0/03	0/05	0/06
1/2-2/4 nF	0/04	0/06	0/08
2/4-3/8 nF	0/06	0/08	0/15
3/8-17 nF	0/09	0/11	0/3
17-33 nF	0/12	0/4	0/6
33-67 nF	0/18	0/2	3
130-270 nF	0/35	0/45	5

اگر $C_a \gg C$, $C_a \gg C_k$ باشد داریم:

$$q_{sens} = \frac{4.5}{\eta} \times 10^{-4} \sqrt{\frac{C_k + C}{C_k^2}} \times C_a \quad (3-41)$$

و اگر خازن کوپلینگ قابل تغییر نباشد و نمونه تحت تست خیلی بزرگتر از خازن کوپلینگ باشد ،

حساسیت سیستم متناسب با ظرفیت نمونه تحت تست افزایش می یابد.

لازم به تذکر است که بدست آوردن حساسیت هایی که بیان شد ، بدلیل وجود تداخلات

الکترومغناطیسی خارجی ، اغتشاشات شبکه ، تداخلات ناشی از سیستم زمین و تخلیه های جزئی در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

المانهای مدار مشکل می باشد و این تداخلات نیز در تعیین حساسیت مدار مطرح می باشند. چرا که جلوگیری از انجام تخلیه های خارجی وقتی ولتاژ بالا می رود ، مشکل می باشد و در نتیجه بدست آوردن حساسیتی بیش از یک پیلوکولن ، بخصوص وقتی ولتاژ بیش از ۱۰۰ کیلو ولت می باشد ، مشکل است.

۷-۳) دقت تشخیص (Resolution) مدار آشکارساز تخلیه جزئی
تخلیه هایی جزئی اغلب در دو ربع از شکل موج سینوسی ۵۰ یا ۶۰ هرتز ولتاژ شبکه رخ می دهند. (شکل ۳-۶) این تخلیه ها بصورت اتفاقی در فازهای مختلف رخ می دهند و بطور آماری یک فاصله زمانی بین دو پالس متوالی می توان تعیین نمود. برای بدست آوردن یک منظره واضح از پالسهای تخلیه جزئی بر روی صفحه اسیلوسکوپ و یا هر نشان دهنده دیگر ، آشکار ساز پالسهای تخلیه جزئی باید قابلیت جدا کردن این پالسهای متوالی از یکدیگر را داشته باشد. اگر این پالسها به اندازه کافی از یکدیگر جدا نشوند بر روی صفحه اسیلوسکوپ اثر مبهمی از خود باقی می گذارند و نمی توان پالسها را بطور مجزا مشاهده نمود و بدلیل جمع شدن پالسهای متوالی با یکدیگر ، نمی توان دامنه واقعی هریک از آنها را مشخص نمود. بر طبق تعریف ، تعداد پالسهایی که می توان در یک ربع ولتاژ سینوسی ۵۰ هرتز بطور مجزا از یکدیگر آشکار نمود دقت تشخیص مدار آشکار ساز تخلیه جزئی نامیده می شود. این تعریف با فرض اینکه بین هر دو پالس متوالی فاصله زمانی برابری وجود دارد ، بنا نهاده شده است.

دقت تشخیص یک مدار آشکار ساز تخلیه جزئی به دقت تشخیص اجزاء زیر وابسته می باشد:

۱- دقت تشخیص صفحه اسیلوسکوپ و یا هر نشان دهنده دیگری که بکار می رود.

۲- دقت تشخیص مدار آشکار ساز

۳- دقت تشخیص تقویت کننده

و پس از تعیین دقت تشخیص هر یک از اجزاء فوق ، کوچکترین مقدار بعنوان دقت تشخیص کل

سیستم آشکار ساز محسوب می شود.

۳-۷-۱) دقت تشخیص اسیلوسکوپ و یا هر نشان دهنده دیگر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مدت زمان وقوع پالسهای تخلیه جزئی به اندازه‌ای کوچک می‌باشد که بصورت خط‌هایی عمودی بر روی صفحه اسیلوسکوپ های معمولی حدود $2/0$ میلی‌متر می‌باشد. اگر صفحه اسیلوسکوپ 100 میلی‌متر پهنا داشته باشد، می‌توان ماکزیمم 500 خط و یا پالس را بر روی صفحه اسیلوسکوپ تجزیه نمود. و از آنجایی که باید بتوان دو ربع شکل موج سینوسی 50 هرتز را روی اسیلوسکوپ بطور کامل مشاهده نمود، نتیجتاً ماکزیمم تعداد پالسهای که در هر ربع می‌تواند وجود داشته باشد، 250 پالس می‌باشد. اگر بتوان مبنا زمانی اسیلوسکوپ را 10 برابر نمود تا فقط یک قسمت کوچکی از یک ربع موج سینوسی را مشاهده نمود، دقت تشخیص بهینه 2500 پالس بر هر موج سینوسی حاصل می‌شود. که معمولاً این تغییر مبنا زمانی انجام نمی‌شود و دقت تشخیص 250 پالس در هر ربع موج سینوسی بعنوان دقت تشخیص نوری صفحه اسیلوسکوپ در نظر گرفته می‌شود.

در صورتی که از نمونه بردارهای آنالوگ به دیجیتال جهت نمونه‌برداری از پالسهای تخلیه جزئی استفاده شود، سرعت نمونه‌برداری تعیین‌کننده دقت تشخیص نشان‌دهنده می‌باشد. چرا که محدودیتی برای رسم اطلاعات نمونه‌برداری شده در کامپیوتر وجود ندارد. و هرچه سرعت نمونه‌برداری بالاتر باشد، دقت تشخیص بالاتری حاصل می‌شود. و در واقع دقت تشخیص دیگر اجزاء مدار تعیین‌کننده دقت تشخیص کل سیستم آشکارساز خواهد بود.

۳-۷-۲) دقت تشخیص مدار آشکارساز

در صورتی که چندین تخلیه جزئی بطور همزمان در نمونه عایق تحت تست رخ دهد، پالسهای جریانی تقریباً با هم جمع می‌شوند. و پالسهای ولتاژی که بر روی امپدانس آشکارساز مشاهده می‌شوند بصورت پالسهای جمع شده همچون شکل (۳-۱۷) خواهند بود. چه در حالتی که امپدانس آشکارساز مدار RC و چه در حالتی که مدار RLC باشد، در هر دو حالت دنباله هریک از این پالسهای ولتاژی با پالس بعدی جمع شده و در نهایت مقادیر درستی برای دامنه پالسها آشکار شده بر روی صفحه اسیلوسکوپ و یا هر وسیله نشان‌دهنده دیگر نخواهد شد. و نمی‌توان این پالسها را از یکدیگر جدا نمود. برای جلوگیری از رخ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

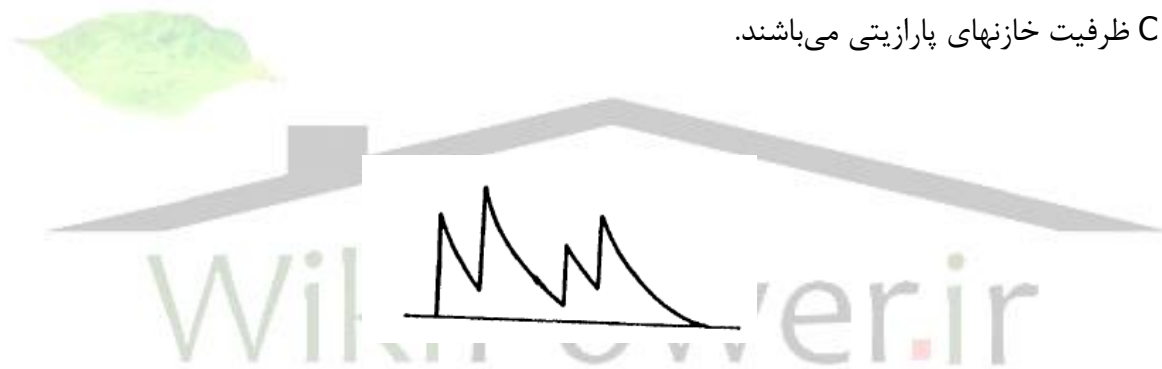
دادن چنین حالتی ، باید بین هر دو پالس متوالی یک زمان کوتاهی در حدود $1/5$ تا 3 برابر ثابت زمانی پالسها (τ) وجود داشته باشد. بدین ترتیب دقت تشخیص 2 برابر $r = \frac{1}{300\tau}$ و یا $r = \frac{1}{600\tau}$ بر هر بع موج سینوسی خواهد بود. در واقع τ ثابت زمانی مدار آشکارساز و یا همان امپدانس آشکارساز می باشد. که همانطور که قبلا مشاهده شد برابر است با:

(۳-۴۲)

$$\tau = R.C_e$$

$$C_e = \frac{C_a \cdot C_k}{C_a + C_k} + C \quad (۳-۴۳)$$

که R مقاومت امپدانس آشکارساز ، C_a ظرفیت نمونه عایق تحت تست ، C_k ظرفیت خازن کوپلینگ و C ظرفیت خازنهای پارازیتی می باشند.



شکل ۳-۱۷: تداخل پالسهای متوالی تخلیه جزئی بدلیل کافی نبودن دقت تشخیص مدار آشکارساز

(۳-۷-۳) دقت تشخیص تقویت کننده

اگر پهنای باند تقویت کننده کوچکتر از حد انطباق با سیگنال باشد ، تقویت کننده تعیین کننده دقت تشخیص سیستم خواهد بود. با در نظر گرفتن رابطه بین پهنای باند و ثابت زمانی تقویت کننده ، دقت تشخیص تقویت کننده برابر $r \cong \frac{B}{100}$ بر هر ربع شکل سینوسی خواهد بود که B پهنای باند تقویت کننده می باشد.

(۳-۷-۴) نتیجه گیری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

می‌توان گفت که تشخیص سیستم آشکارساز تخلیه جزئی برابر کوچکترین مقدار بدست آمده برای ۲ در سه حالت زیر می‌باشد:

(۱) دقت تشخیص نوری صفحه اسیلوسکوپ و یا دقت تشخیص هر نشان‌دهنده دیگری که

استفاده می‌شود. که برای اسیلوسکوپ معمولا این دقت تشخیص برابر ۲۵۰ پالس در هر ربع شکل سینوسی می‌باشد و معمولا دقت و تشخیص ثباتهای حالت گذرا تقریبا نامحدود می‌باشد.

(۲) دقت تشخیص مدار آشکار ساز $r \cong \frac{1}{500\tau}$ که τ ثابت زمانی امپدانس آشکار ساز و یا

همان سیگنال می‌باشد.

(۳) دقت تشخیص تقویت کننده $r \cong \frac{B}{100}$ که B پهنای باند تقویت کننده می‌باشد.

لازم به تذکر است که اولین آشکارسازهای تخلیه جزئی دارای دقت تشخیص ۳۵ پالس در هر ربع موج سینوسی بودند که این دقت تشخیص کافی نبود، چراکه پس از گذشتن از ولتاژ شروع تخلیه جزئی خیلی زود پالس در هم آمیخته شده و نمی‌توان آنها را از یکدیگر جدا نمود. تجربه نشان داده است که دقت تشخیص برابر یا بزرگتر از ۲۵۰ پالس بر هر ربع شکل موج سینوسی کافی می‌باشد.

۳-۸) مشاهده پالسهای تخلیه جزئی

جهت مشاهده پالسهای تخلیه جزئی ممکن است از تجهیزات مختلفی استفاده شود. در اینجا به چند

نوع از نشان‌دهنده‌های پالسهای تخلیه جزئی اشاره می‌شود.

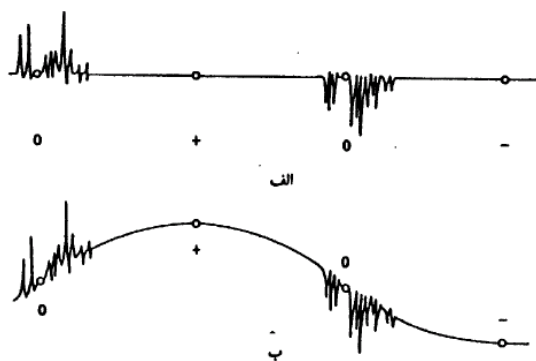
۳-۸-۱) اسیلوسکوپ

شاید بتوان گفت که کلاسیک‌ترین وسیله برای مشاهده پالسهای تخلیه جزئی، نمایش آنها بر

روی صفحه اسیلوسکوپ باشد. تخلیه‌های متوالی در یک سیکل موج سینوسی ولتاژ ۵۰ یا ۶۰ هرتز تقریبا

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

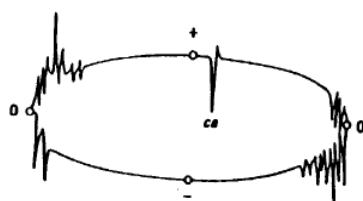
یک شکل ثابتی بصورت شکل ۳-۱۸-الف بر روی صفحه اسیلوسکوپ ایجاد خواهند نمود. برای اطلاع از فاز رخ دادن پالسها می توان این شکل موج را با شکل موج سینوسی اصلی جمع نمود تا شکلی چون شکل ۳-۱۷-ب حاصل شود.



شکل ۳-۱۸: (الف) نمایش پالسهای تخلیه جزئی بر روی صفحه اسیلوسکوپ

(ب) نمایش پالسهای تخلیه جزئی همراه با شکل موج سینوسی اصلی بر روی صفحه اسیلوسکوپ

همچنین می توان برای نمایش پالسهای تخلیه جزئی همراه با شکل موج سینوسی از شکلهایی با مبنای زمانی بیضوی استفاده نمود. این شکلهای با اعمال شکل موج سینوسی و شکل موج تاخیر فاز داده شده سینوسی به دو کانال اسیلوسکوپ و تنظیم اسیلوسکوپ برای نمایش این دو ورودی بر حسب یکدیگر حاصل می شود. همانطور که در شکل (۳-۱۹) مشاهده می شود می توان با اعمال متوالی یک پالس کالیبراسیون با دامنه مشخص ، آنرا مبنا تشخیص دامنه پالسها قرار داد.



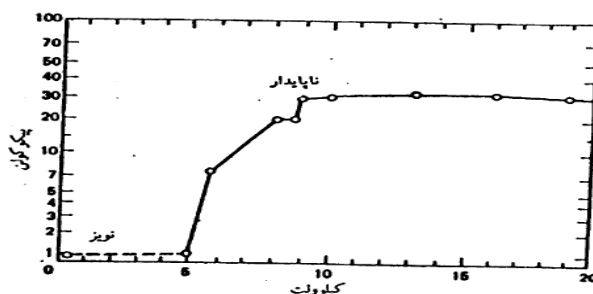
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۳-۱۹: نمایش پالسهای تخلیه جزئی بصورت مبنا زمانی بیضوی (پالس کالیبراسیون)

C_a

۳-۸-۲) پالس پیک ولت‌متر

این وسیله بزرگترین پالسی را که مدت زمانی که آن در مدار قرار دارد، رخ داده است خوانده و عقربه آن بر روی مقدار پیک این پالس باقی می‌ماند. در نتیجه می‌توان برای ولتاژهای مختلف دامنه بزرگترین پالس تخلیه جزئی انجام شده در یک نمونه تحت تست را بدست آورد و دیاگرامی چون شکل (۳-۲۰) را رسم نمود.



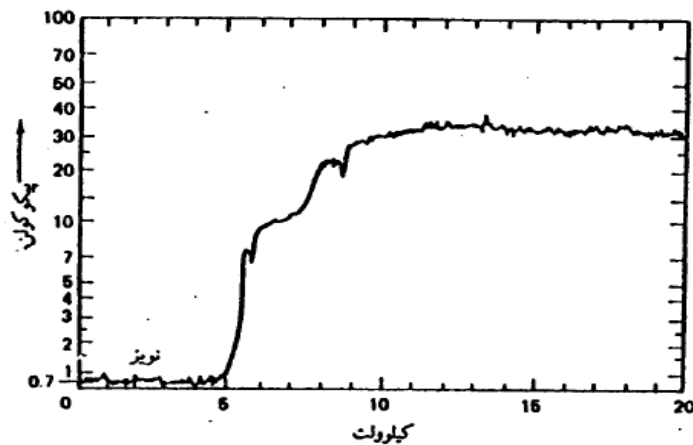
شکل ۳-۲۰: دیاگرام حاصله از ثبت بزرگترین پالسهای تخلیه جزئی بوسیله یک پالس پیک ولت‌متر

از آنجایی که استفاده از اسیلوسکوپ در مکانهای صنعتی جهت مشاهده پالسهای تخلیه جزئی پیچیده می‌باشد، براحتی می‌توان از پالس پیک ولت‌متر استفاده نمود.

۳-۸-۳) ثبات X-Y

یک دیاگرام دو بعدی X-Y را می‌توان بصورت اتوماتیک با استفاده از یک ثبات X-Y بدست آورد. سیگنال ولتاژ فشار قوی بوسیله یک مقسم ولتاژ به محور X اعمال می‌شود و یک سیگنال لگاریتمی ناشی از پالسهای تخلیه جزئی آشکار شده بوسیله از یک دستگاه اندازه‌گیری پیک پالسهای (معمولاً دستگاههای اندازه‌گیری تخلیه جزئی دارای این خروجی برای پلانترها می‌باشند) نیز به محور Y اعمال می‌شود. شکل (۳-۲۱) همان دیاگرام شکل (۳-۲۰) می‌باشد که بوسیله یک چنین ثباتی رسم شده است.

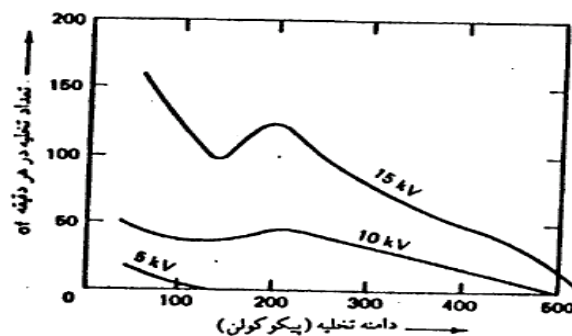
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-۲۱: دیاگرام دامنه پالسهای تخلیه جزئی بر حسب ولتاژ که بوسیله یک پلامتر بدست آمده است

شمارنده پالس (۳-۸-۴)

یک روش نسبتاً پیشرفته برای تست تخلیه جزئی استفاده از شمارنده تعداد پالسها می باشد. پالسها بر طبق دامنه شان کلاس بندی شده و شمرده می شوند. در نهایت دیاگرامی که نشان دهنده تعداد پالسها رخ داده بر حسب دامنه آنها می باشد، حاصل می شود. چنین دیاگرامی برای سه ولتاژ مختلف تست در شکل (۳-۲۲) مشاهده می شود. اگرچه این دیاگرامها دارای اطلاعات زیادی می باشند، دارای این عیب هم هستند که اگر چند پالس تخلیه جزئی با فاصله کمی از یکدیگر رخ دهند و دنباله یکی با دیگر جمع شود، قابل تفکیک نیستند. شمارنده پالسهای تخلیه جزئی، وسیله ای عالی برای تست تخلیه جزئی با ولتاژ d.c محسوب می شود چراکه در ولتاژ d.c، فقط چند تخلیه در هر ثانیه و یا حتی در هر ساعت رخ می دهد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۳-۲۲: دیاگرامهای حاصله از شمارنده پالسهای تخلیه جزئی

(۳-۸-۵) پردازش اطلاعات (Data Processing)

می توان اطلاعات موجود در پالسهای تخلیه جزئی که در سیکلهای متوالی ولتاژ شبکه رخ می دهد را به روش های مختلفی پردازش نمود و به نتایج مطلوبی رسید. این روش ، روشی پیشرفته برای تجزیه و تحلیل پالسهای تخلیه جزئی محسوب می شود و کارهای زیادی در این رابطه انجام شده است. اصول این روش بر مبنای نمونه برداری از پالسهای تخلیه جزئی بوسیله مبدل های آنالوگ به دیجیتال سریع و انتقال اطلاعات دیجیتال به کامپیوتر و سپس پردازش دیجیتالی این اطلاعات قرار دارد. مبنای این پروژه نیز بر استفاده از چنین امکانی برای پردازش سیگنالهای پالسهای تخلیه جزئی و بدست آوردن معیارهایی مناسب جهت تشخیص نوع و شدت عیب موجود در عایقها می باشد.

۳-۹ خلاصه

در این بخش اصول کلی آشکار سازی الکتریکی پالسهای تخلیه جزئی بیان شد و المانهای اصلی مدار آشکار ساز که شامل خازن کوپلینگ C_k ، امپدانس آشکار ساز Z_m ، فیلتر تقویت کننده و نشان دهنده می باشد معرفی گردید. چگونگی انتخاب این کمیتها با توجه به اینکه این عناصر تقویت روی تمام مشخصات سیگنال اصلی تخلیه جزئی که در نمونه عایق ایجاد می شود ، موثرند ، بسیار حائز اهمیت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می باشد و باید طوری انتخاب شوند که تغییر زیادی بر مشخصات فرکانسی پالسها ایجاد نکنند و از طرف دیگر باعث تداخل پالسهای متوالی نشوند.

امپدانس آشکار ساز Z_m ، بدین دلیل در مدار قرار داده می شود که عبور پالسهای جریانی تخلیه جزئی از آن افت ولتاژی متناسب با مقدار بار ظاهری انتقالی ایجاد نماید. بدلیل اینکه دامنه سیگنال آشکار شده بر روی امپدانس Z_m کوچک می باشد، ضرورتاً باید از یک تقویت کننده استفاده نمود. و از آنجایی که سیگنالهای خارجی ناخواسته موجود در محیط و ولتاژ شبکه ممکن است ایجاد تداخل در سیگنال اصلی تخلیه جزئی نمایند، لازم است که این تقویت کننده خاصیت یک فیلتر میان گذر که فرکانس قطع پایین آن از هارمونی های شبکه بالاتر و فرکانس قطع بالای آن از امواج رادیویی موجود در محیط پایین تر می باشد، را نیز داشته باشد. خازن کوپلینگ C_k جهت جبران افت ولتاژ ناشی از انجام تخلیه جزئی در مدار قرار می گیرد و در حقیقت مجموعه منبع و خازن C_k بصورت یک منبع ولتاژ ایده آل عمل می کنند. دو مشخصه مهم مدار آشکار ساز تخلیه جزئی که حساسیت و دقت تشخیص آن می باشد، معرفی گردید. حساسیت مدار عبارتست از کوچکترین تخلیه ای که در حضور نویزهای حرارتی مدار تقویت کننده و نویزهای خارجی، قابل تشخیص می باشد. که در حضور نویزهای حرارتی مدار تقویت کننده و نویزهای خارجی، قابل تشخیص می باشد. که در این بخش روش بهینه کردن آن بیان شد. و دقت تشخیص عبارت است از تعداد پالسهایی که می توان در یک ربع ولتاژ سینوسی ۵۰ هرتز بطور مجزا از یکدیگر آشکار نمود. همانطور که بیان شد، این کمیت برابر کمترین مقدار دقت تشخیص نشان دهنده دقت تشخیص، تقویت کننده و دقت تشخیص مدار آشکار ساز می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل چهارم

حذف تداخلات تدریجی از

سیستم آشکارساز تخلیه جزئی

(۱-۴) مقدمه

قابلیت اطمینان ، حساسیت مدارهای آشکارساز تخلیه جزئی بطور جدی تحت تاثیر تداخلات خارجی که بصورت سیگنالهای ناخواسته آشکار می شوند ، می باشند. چرا که اگر تداخلات سیگنالهای خارجی یک باند نویزی بزرگتر از نویزهای حرارتی مدار ایجاد نمایند ، اغلب نمی توان به مقدار بهینه حساسیت که در فصل ۳ (۳-۶) بدان اشاره شد نائل گشت. از طرف دیگر سیگنالهای خارجی اغلب وقتی که ولتاژ قسمت بالا برده می شود ظاهر می شوند و ممکن است با سیگنالهای تخلیه جزئی در نمونه تحت تست اشتباه شه و قابلیت اطمینان مدار آشکارساز کاهش یابد.

منشاء تداخلات خارجی را می توان به چهار دسته زیر تقسیم نمود:

الف- شبکه برق

ب- مدار فشار قوی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ج- آشکارسازی امواج الکترومغناطیسی موجود در محیط (Pick-up)

د- نویزهای ناشی از سوئیچینگ مدارات الکتریکی مجاور

در این بخش سعی بر آن است که علاوه بر شناخت هریک از تداخلات فوق ، روش هایی نیز برای برطرف کردن آنها پیشنهاد شود.

۲-۴) تداخلات ناشی از شبکه برق

تداخلات ناشی از شبکه برق در اندازه گیری های مدار آشکار ساز تخلیه جزئی اختلال ایجاد می کنند. قرار دادن یک فیلتر در ورودی تغذیه مدار آشکارساز تخلیه جزئی به مراتب باعث حذف این تداخلات خواهد شد. بخصوص وقتی که آزمایشات در نزدیکی مراکز صنعتی که کلیدزنی های الکتریکی مکرر ، ایجاد نویزهای فراوانی را می کنند ، انجام می شود ، قرار دادن فیلتر در ورودی منبع تغذیه ضرورت بیشتر دارد.

۳-۴) تداخلات ناشی از مدار فشار قوی

بالا بودن ولتاژ در مدار فشار قوی باعث می شود که اگر اتصالات و المانهای موجود در مدار خوب انتخاب نشوند ، شاهد تداخلاتی در آشکارسازی تخلیه جزئی باشیم.

۱-۳-۴) تداخلات ناشی از منبع فشار قوی

تخلیه های جزئی بوجود آمده در ترانسفورماتور فشار قوی موجب تداخلاتی در مدار آشکار ساز می شود. بنابراین این ترانسفورماتور باید عاری از تخلیه های جزئی باشد و یا یک فیلتر فشار قوی بعد از ترانسفورماتور حذف گردند. این فیلتر باید تمام فرکانسهایی که در رنج فرکانسی آشکار ساز می باشند را حذف نموده و تنها فرانسهای پایین مربوط به ولتاژ تست عبور دهد.

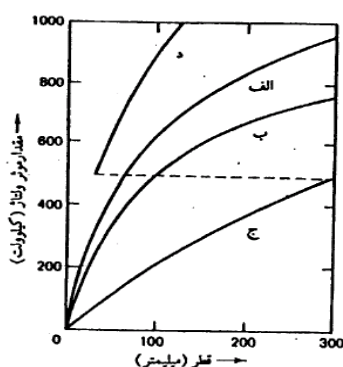
۲-۳-۴) تداخلات ناشی از اتصالات مدار فشار قوی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در صورتی که اتصالات مدار فشار قوی بطور صحیح طراحی نشوند ، تخلیه های جزئی کرونا در نوکهای تیز این تیز این اتصالات ایجاد می شوند. بنابراین باید اتصالات بصورت استوانه و کره با قطرهای کافی ساخته شوند تا از کرونا جلوگیری شود.

شکل (۱-۴) ولتاژ شروع کرونا را سازه های استوانه ای ، کروی و دوچنبره موازی را نشان می دهد. البته استراکچرهای فلزی با اشکال دیگر نیز در اتصالات مدار فشار قوی استفاده می شود. از جمله می توان از پوششهای کاسه ای شکل ، نیم کره های ساخته شده از تعداد زیادی صفحات کوچک نام برد. تمام این اتصالات استفاده شده دارای یک وضعی

(۱-۴) قابل مقایسه هستند.



ای آنها می باشد که در شکل



شکل ۱-۴: ولتاژ شروع تخلیه کرونا برای الکترودهای مختلف در هوا و بالاتر از ۵ متری زمین (الف) چنبره های دوپل با قطر $D=8d$ ، (ب) اتصالات استوانه ای با قطر d ، (ج) اتصالات کروی با قطر d ، (د) اتصالات کروی

با قطر $15d$

(۳-۳-۴) تداخلات ناشی از خازن کوپلینگ

خازن کوپلینگ و یا خازن بلوکینگ نیز باید عاری از تخلیه های جزئی باشد. فقط در مدارات تفاضلی

که دو نمونه همزمان مورد تست قرار می گیرند ، چنین خازن کوپلینگی لازم نمی باشد.

(۴-۳-۴) تداخلات ناشی از ترمینالها

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

در تاسیسات مختلف فشار قوی ، ترمینالها ، یک بخش ضروری دستگاههای تحت تست بحساب می آیند. ترمینالها به محل اتصال بوشینگ ترانسفورماتورها ، خازنها ، کابلها ، سرهای سیم پیچهای استاتور و غیره گفته می شود. ایجاد تخلیه های جزئی در ترمینالها باعث اشتباه در آشکار سازی تخلیه های جزئی احتمالی در دستگاههای تحت تست می شود. ترمینالها باید قبلا تحت تست قرار گیرند و وضعیت آنها مشخص شود و یا از مدار آشکار ساز تعادلی (در فصل ۵ مفصلا درباره آن صحبت می شود) استفاده گردد ، تا پالسها ناشی از تخلیه در ترمینالها جدا شوند.

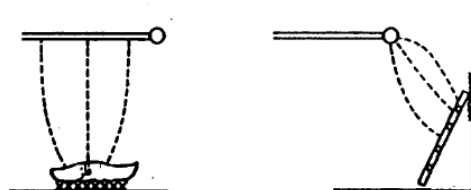
۴-۴) آشکار سازی امواج الکترومغناطیسی موجود در محیط ممکن است که امواج الکترومغناطیسی منتشره در محیط بوسیله مدار آشکار ساز ظاهر شوند. حلقه های وسیع شکل یافته بوسیله اتصالات فشار قوی ، مانند آنتن عمل کرده که تداخلات خارجی را آشکار می کنند. تداخلات خارجی همچون ، امواج رادیویی ، امواج ناشی از انجام کلیدزنی در مدارهای الکتریکی و غیره ، را می توان بطور موثر بوسیله قفس فاراده حذف نمود. در صورتی که چند تست فشار قوی در یک قفس فاراده و یا یک آزمایشگاه که بعنوان قفس فاراده عمل می کند ، انجام شود ، باید مراقب بود که تداخلات متقابل رخ ندهد.

یک قفس فاراده خوب دارای دو جدار می باشد (۱) جدار مغناطیسی که بعنوان مثال از جنس فولاد (Steel) است و کار حفاظت در مقابل تداخلات فرکانس پایین را انجام می دهد. (۲) جدار هدایتی که بعنوان مثال از جنس مس می باشد و کار حفاظت در مقابل تداخلات فرکانس بالا را بعهده می گیرد. قفس فاراده باید ضریب تضعیفی در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ دسی بل برای امواج خارجی ایجاد نماید.

۴-۴-۱) تخلیه القایی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

چنین پارازیت‌های مزاحمی، بدلیل بد زمین شدن اجزاء و یا وجود اجزاء کوچک معلق ایجاد می شود. در این اجزاء مقداری ولتاژ بوسیله ولتاژ تست القاء می گردد که بصورت متناوب در کنتاکتهای دارای خطا و یا زنگ زدن این اجزاء موجب تخلیه‌هایی می شود. (شکل ۴-۲)



شکل ۴-۲: تداخلات القایی ناشی از اجزاء معلق در نزدیکی مدار تست

اجزاء متعلق می توانند باعث مزاحمت‌هایی شوند که در بسیاری اوقات جدا کردن پالسهای ناشی از این تخلیه‌ها از پالسهای تخلیه جزئی واقعی در نمونه عایق تحت تست، مشکل می باشد و ممکن است ساعتها وقت برای ردیابی و حذف آنها صرف شود. تکه‌های فلزی یا سیم هایی که در کف آزمایشگاه قرار دارند، اتصالات زمین خورده شده، اتصالات ضعیف پایه و رفلکتور لامپها موجود در سقف قفس و یا آزمایشگاه، لامپهای نئونی و غیره باعث ایجاد تخلیه های القایی می شوند. یک حالت آزمایش شده این است که وجود یک نردبان فلزی در کنار دیوار آزمایشگاه فشار قوی باعث ایجاد پالسهای تخلیه جزئی پایداری شده که بر روی آشکار ساز، قابل رؤیت می باشند. بنابراین باید محیط آزمایشگاه فشار قوی عاری از اجسام خارجی کوچک و بزرگ باشد.

۴-۴-۲) زمین کردن چندگانه

یکی از منابع جدی تولید پارازیت در مدارهای آشکارساز تخلیه جزئی، زمین کردن چندگانه مدار آشکارساز می باشد. اگر مدار تست و آشکارساز در چند نقطه مختلف زمین شوند، ممکن است یک مسیر مشترک بین سیگنالها و اختلالات ایجاد شود و می تواند باعث مشکلات جدی گردد. منبع تغذیه آشکارساز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

و دیگر اسباب اندازه گیری کمکی نیز می توانند ایجاد زمین چندگانه کنند. یک زمین کردن تک نقطه ای دقیق برای یک آشکارسازی عاری از تداخلات خارجی می باشد.

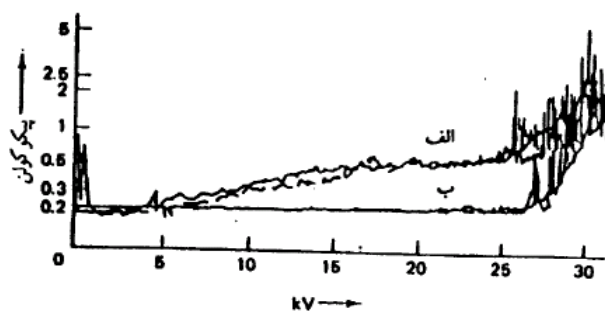
۴-۵) تداخلات ناشی از نویز کنتاکتها (Contact noise)

کنتاکتهای بد و ضعیف در مدار فشار قوی و یا سیستم زمین موجب تخلیه های جزئی و تداخلات بر روی سیستم آشکارساز خواهند شد که جداسازی آنها از پالسهای تخلیه جزئی در عایق تحت تست مشکل می باشد. بنابراین اتصالات خوب و زمین کردن محکم موجب بدست آمدن نتایج مطمئن تری خواهد شد. همچنین ممکن است که کنتاکتهای متغیر در خود نمونه عایق تحت تست موجود باشد. در خازنها وجود چنین کنتاکتهای متغیری بدلیل نوارهای کنتاکت دهنده و یا بدلیل ورقه های خازن که دارای کنتاکتهای داخلی متغیر را بوسیله جوش دادن آنها بهم که با برقراری یک جریان پالسی بحد کافی بزرگ از داخل نمونه تحت تست میسر است، محکم نمود، تا لاقط بطور موقتی تثبیت شوند. این کار ممکن است در خازنی بوسیله شارژ خازن با یک ولتاژ d.c در حدود ولتاژ کار خازن و سپس اتصال کوتاه ترمینالهای آن انجام داد. بدین ترتیب جریان پالسی لازم برای جوش خوردن کنتاکتهای متغیر داخلی فراهم می شود.

در تراز سفورماتورها، اتصالات ضعیف در تپنجر و یا صفحات مربوط به زمین کردن بو شینگ ممکن است باعث تخلیه هایی شوند که برای عایق تراز سفورماتور خطرناک نمی باشد اما با وجود این بزرگتر از تخلیه هایی هستند که در حالت سکون، در نمونه تحت تست بوجود می آید. در اینجا لازم است که به یک آزمایش انجام شده با یک کابل از جنس عایق پلاستیک اشاره شود. نویز در کنتاکتها بین لایه نیمه هادی و غلاف فلزی کابل تولید می شود. پالسهای ریز بدلیل کافی نبودن دقت تشخیص اضافه می شوند. بطوری که در ولتاژ تست یک باند نویزی مشاهده می گردد که به مراتب بزرگتر از نویز مدار می باشد. این پالسهای اضافی بوسیله افزایش دقت تشخیص مدار ورودی کاهش داده می شوند. شکل (۳-۴) نشان دهنده این

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

واقعیت می باشد که اگرچه بصورت تئوریک حساسیت در ولتاژ صفر بوسیله این اندازه گیری کاهش می یابد ، در عمل حساسیت در ولتاژ تست تصحیح می شود.



WikiPower.ir

شکل ۴-۳: نویز کنتاکتها (الف) دقت تشخیص نرمال (ب) دقت تشخیص افزایش یافته (ج) الگوی

اسیلوسکوپ

خلاصه (۶-۴)

آنچه در این بخش بیان شد ، نشان دهنده این است که تا چه حدی اطمینان به پالسهای دریافتی

توسط آشکارساز تخلیه جزئی بدلیل وجود سیگنالهای ناخواسته خارجی ، مشکل

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می باشد.

از لحاظ عملی خیلی خوب خواهد بود که بتوان تست تخلیه ای انجام داد که همه منابع ممکن تداخل و تخلیه های ناخواسته را از هم تمیز دهد. ممکن است مناسب باشد که برای تست یک مدار آشکار ساز تخلیه جزئی از یک نمونه عاری از تخلیه جزئی بعنوان مثال یک خازن گازی استاندارد استفاده شود. در جدول (۴-۱) خلاصه ای از تداخلات در سیستم آشکار ساز تخلیه جزئی و روش برطرف کردن آنها مشاهده می شود.

جدول ۴-۱: تداخلات و روش برطرف کردن آنها در سیستم آشکار ساز تخلیه جزئی

روش کنترل	مثال	تداخل	
<ul style="list-style-type: none"> قراردادن فیلتر در ورودی مدار و در طرف فشار قوی استفاده از ترانسفورماتورهای فشار قوی عاری از تخلیه جزئی و یا استفاده از فیلتر در طرف فشار قوی مدار استفاده از خازن کوپلینگ عاری از تخلیه جزئی و یا استفاده از مدار آشکار ساز تعادلی ترمینالها، پوشینگها و... باید عاری از تخلیه جزئی انتخاب شوند تمام اغتشاشات فوق را می توان با استفاده از مدار آشکار ساز تعادلی حذف نمود 	<ul style="list-style-type: none"> پالس های پله ای از مدارات الکترونیک قدرت تخلیه در ترمینال کابل ها ، پوشینگها و غیره 	<ul style="list-style-type: none"> تداخلات منبع تغذیه (شبکه) تخلیه در منبع تغذیه فشار قوی تخلیه در خازن کوپلینگ تخلیه در ترمینالها 	اغتشاشات و تخلیه های ناشی از مدار تست

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل پنجم

مدارات عملی اندازه گیری و

آشکارسازی پالسهای تخلیه

جزئی

۵-۱) مقدمه

در فصول قبل ، کلیاتی در مورد ماهیت تخلیه جزئی و اصول اندازه گیری آن بیان شد. در این فصل به تشریح مدارات واقعی آشکارسازی و اندازه گیری الکتریکی تخلیه جزئی می پردازیم در حقیقت برای استفاده از روشهای الکتریکی آشکارسازی و اندازه گیری تخلیه جزئی ، لازم است در مورد چگونگی بستن

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مدارات مربوطه و ملاحظاتی که لازم است در این خصوص در نظر گرفته شود ، بررسی هایی را داشته باشیم.

روش های الکتریکی تشخیص وضعیت یک نمونه عایق بوسیله تست تخلیه بر روی آن ، برمبنا آشکار سازی پالسهای تخلیه جزئی بوسیله مدارات الکتریکی بنا می شود. برای آشکار سازی این پالسها عمدتا از دو دسته از مدارات الکتریکی استفاده می شود که عبارتند از:

۱- مدار آشکار ساز مستقیم (Straight Detection Circuit)

۲- مدار آشکار ساز تعادلی (پل) (Balanced or Bridge Detection Circuit)

۵-۲) آشکار ساز مستقیم

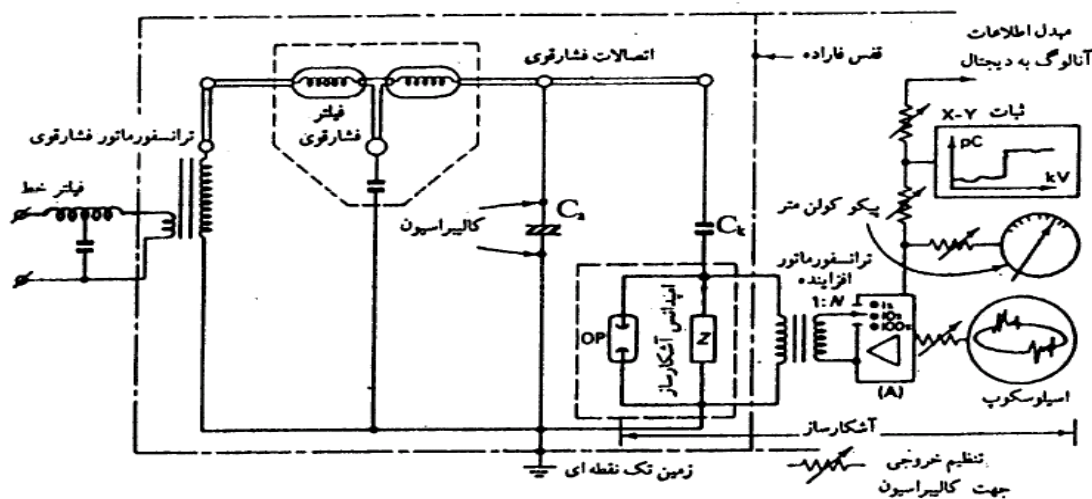
۵-۲-۱) مدار آشکار ساز مستقیم

دیگرام کامل آشکار ساز مستقیم پالسهای تخلیه جزئی بصورت شکل ۵-۱ می باشد.

اجزاء این مدار عبارتند از:

۱- فیلتر منبع تغذیه - جهت حذف و یا محدود کردن تداخلات ناشی از شبکه برق شهر، ضروری است که در ورودی منبع تغذیه مدار فیلتری قرار داده شود. این فیلتر باید سیگنالهای اغتشاش که در رنج فرکانس حدود ۱۰ تا ۲۵ کیلوهرتز قرار دارند را تا حدود ۸۰ دسی بل محدود نماید. اگر جریان لازم برای ترانسفورماتور فشار قوی زیاد باشد ، چنین فیلتری برای منبع تغذیه مدار ، یک المان گران قیمت خواهد شد. همچنین ممکن است هزینه دیگر المانهای حذف تداخلات بقدری بالا باشد که در کل ، هزینه حذف تداخلات بیش از هزینه انجام خود تست تخلیه جزئی بشود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۵-۱: اجزاء مدار آشکارساز مستقیم تخلیه جزئی

۲- ترانسفورماتور فشار قوی - از آنجایی که وجود تخلیه در المانهای مدار از جمله ترانسفورماتور فشار قوی باعث خطا در مشخص کردن وضعیت نمونه عایق تحت تست می شود، باید ترانسفورماتور فشار قوی خود ایجادکننده پالسهای تخلیه جزئی نباشد.

۳- فیلتر فشار قوی - جهت حذف بیش از پیش تداخلات ناشی از شبکه و یا حذف پالسهای تخلیه جزئی احتمالی در ترانسفورماتور فشار قوی، این فیلتر در طرف فشار قوی مدار قرار داده می شود.

۴- اتصالات ارتباطی مدار - ارتباط بین قسمت‌های مختلف مدار باید توسط اتصالات خاصی که خود تولیدکننده پالسهای کرونا نباشند، انجام گیرد. این اتصالات باید از مفتولهای فلزی با قطر کافی (متناسب با ولتاژ تست) انتخاب شود.

۵- نمونه عایق تحت تست (Ca) - همانطور که در شکل (۵-۱) مشاهده می شود، نمونه عایق تحت تست بین فشار قوی و زمین قرار می گیرد. البته همانطور که در فصل ۱۳ اشاره شد، می توان جای آن را با خازن کوپلینگ عوض نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۶- خازن کوپلینگ (C_k) - خازن کوپلینگ با جبران افت ولتاژ ناشی از انجام تخلیه در نمونه عایق تحت تست ، باعث برقراری یک جریان شارژی بین خود و نمونه تحت تست می شود. این خازن نیز همچون ترانسفورماتور باید عاری از تولید پالسهای تخلیه جزئی باشد. این خازن معمولا با امپدانس آشکارسازی بصورت سری قرار می گیرد ، اما همانطور که اشاره شد ، می توان جای آن را با نمونه تحت تست عوض نمود.

۷- امپدانس آشکارسازی Z_m - این امپدانس می تواند یک امپدانس اهمی و یا یک مدار رزونانس تضعیف کننده و یا یک فیلتر میان گذر باشد. جهت حفاظت این جزء از مدار و اجزاء دیگر موازی آن ، معمولا این امپدانس با یک برقیگیر که حفاظت در مقابل اضافه ولتاژها را بعهده دارد ، موازی می شود. این جزء از مدار بعضی اوقات بصورت یک مدول مجزا ، شامل یک ترانسفورماتور افزایشنده $1:N$ و یک خروجی از مدار جهت اندازه گیری ولتاژ فشار قوی تست می باشد. برای دقت تشخیص مناسب ، پهنای باندهی در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوهرتز برای این امپدانس کافی می باشد. اما پهنای باندهای بیشتر تا ۵۰۰ کیلوهرتز هم استفاده می شود.

۸- ترانسفورماتور افزایشنده - این ترانسفورماتور باعث انطباق نویز تقویت کننده (جهت بالا بردن حساسیت مدار) همانطور که در فصل ۳ بیان شد ، می گردد. نسبت تبدیل آن $1:N$ می باشد و می توان با انتخاب درست مقدار N حساسیت مدار را بهینه نمود.

۹- تقویت کننده (A) - این تقویت کننده پهنای باند بیشتری از امپدانس آشکارسازی Z_m دارد. و گاهی اوقات پهنای باند آن متغیر می باشد و می توان با حذف تداخلات ناشی از منبع تغذیه ، باندهای باریک با فرکانس های میانی مختلف را انتخاب نمود. برای نمونه در آشکارسازهای واقعی امکان انتخاب باندهای فرکانسی زیر وجود دارد:

۱۰ کیلوهرتز	با فرکانس میانی	۷۵ کیلوهرتز
۳۰ کیلوهرتز	با فرکانس میانی	۱۵۰ کیلوهرتز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۳۵۰ کیلوهرتز با فرکانس میانی ۲۲۰ کیلوهرتز

بنابراین برای کاربردهای خاص می توان باندهای فرکانسی مناسبی را انتخاب نمود.

۱۰- تجهیزات نمایشگر پالسهای تخلیه جزئی - پالسهای تخلیه جزئی آشکار شده را می توان بر روی دیگرامهای بیضوی نمایش داد. می توان با استفاده از اسیلوسکوپ ، این پالسها بر روی دیگرامهای بیضوی نمایش داد. می توان با کالبیره کردن یک ولتمتر برمبنا پیکوکولن ، دامنه بالاترین پالس را برحسب پیکوکولن مشخص نمود و یا می توان از پیکوکولن مترهای معمولی استفاده نمود. همچنین می توان از یک ثابت $X-Y$ که به خروجی لگاریتمی پیکوکولن مترها وصل می شود و با یک سیگنال متناسب با ولتاژ فشار قوی تغذیه می گردد استفاده کرد و یا از مبدلهای اطلاعات آنالوگ به دیجیتال امروزی استفاده نمود و پالسهای را بر روی کامپیوتر نمایش داد.

۱۱- قفس فاراده - مدار تست باید در یک قفس فاراده و یا یک آزمایشگاه کامل فشار قوی که خود یک قفس فاراده محسوب می گردد ، قرار گیرد تا از ورود تداخلات ناشی از امواج مخابراتی جلوگیری بعمل آید. قفس فاراده و مدار تست باید هر دو در یک نقطه زمین شوند. منبع تغذیه آشکار ساز و دیگر تجهیزاتی که برای آشکار سازی پالسهای تخلیه جزئی استفاده می شوند ، باید مجهز به فیلتر باشند تا از تداخلات ناشی از شبکه که ممکن است در تست ، خطا ایجاد نماید ، جلوگیری شود.

۵-۲-۲) مشخصه های مدار آشکار ساز مستقیم

سه مشخصه اصلی هر مدار آشکار ساز عبارتند از: ۱) پاسخ مدار به یک تخلیه الکتریکی که همراه با انتقال بار q از نمونه تحت تست می باشد. ۲) حساسیت مدار ۳) دقت تشخیص مدار.

نحوه عملکرد مدار آشکار ساز مستقیم را نیز می توان با بررسی این سه مشخصه ، تعیین نمود.

۵-۲-۲-۱) پاسخ مدار آشکار ساز مستقیم

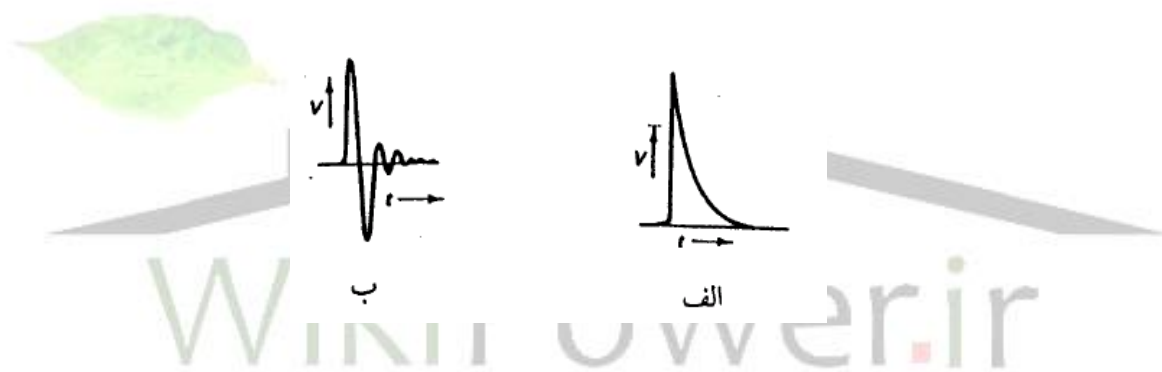
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پاسخ مدار به یک تخلیه الکتریکی که همراه با انتقال بار q از نمونه تحت تست باشد را می توان بر روی امپدانس آشکارساز Z_m مشاهده نمود. این پاسخ بسته به اینکه امپدانس آشکارساز اهمی خازنی (RC) و یا رزونانسی (RLC) باشد در شکل های ۵-۲-الف و ب مشاهده می شود. دامنه پالس پاسخ در هر دو حالت ، چه امپدانس آشکارساز RC و چه RLC باشد ، برحسب q و دیگر المانهای مدار برابر است با:

(۱-۵)

$$\hat{v} = \frac{q}{C_a + (1+n)C}$$

$$n = \frac{C_a}{C_k} \quad (۲-۵)$$



شکل ۵-۲: پاسخ مدار آشکارساز مستقیم (الف) امپدانس آشکارساز RC (ب) امپدانس آشکارساز RLC

دامنه پاسخ (\hat{v}) از چند میلی ولت در نمونه های تحت تست کوچک تا میکروولت در نمونه هایی با

ظرفیت بیش از یک میکروفاراد تغییر می کند.

۵-۲-۲ حساسیت مدار آشکارساز مستقیم

همانطور که در فصل ۳ بیان شد ، حساسیت یک مدار آشکارساز پالسهای تخلیه جزئی برابر با

کوچکترین تخلیه ای که در حضور نویزهای خارجی ، می توان آن را آشکار نمود. مقدار آن برحسب

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

پیکوکولن تعیین می شود و اگر نویز مدار بو سیله یک ترانسفورماتور افزایشده بر نویز تقویت کننده منطبق شده باشد ، برابر است با:

$$q_{sens} = 4 \times 10^{-4} \times \frac{\sqrt{(n+1)}}{\xi} \times \sqrt{(C_a + (1+n)).C} \quad (pc) \quad (5-3)$$

چگونگی بدست آوردن فوق در فصل ۳ توضیح داده شده است. در رابطه فوق C ظرفیت خازن امیدانس آشکارساز ، C_a ظرفیت نمونه عایق تحت تست برحسب پیکوفاراد ، n نسبت ظرفیت خازن تحت تست به خازن کوپلینگ (مطابق رابطه (۵-۲-۵) ، و ξ پاسخ تقویت کننده برحسب ثابت زمانی سیگنال به ثابت زمانی تقویت کننده می باشد که از منحنی شکل ۳-۱۰ بدست می آید.

نمونه هایی واقعی از مقدار حساسیت مدار آشکارساز مستقیم برحسب ظرفیت نمونه عایق تحت تست و نسبت تبدیل ترانسفورماتور افزایشده مذکور در جدول (۵-۱) مشاهده می شود.

جدول ۵-۱: چند نمونه از حساسیت مدار آشکارساز مستقیم

ظرفیت نمونه تحت تست	نسبت تبدیل ترانسفورماتور افزاینده	حساسیت (PC)
100 PF	2	0/01
10 nF	5	0/1
$F \mu 1$	45	1

۵-۲-۲-۳) دقت تشخیص آشکارساز مستقیم (Resolution)

دقت تشخیص مدار آشکارساز مستقیم عبارت است از تعداد تخلیه ای که این مدار در یک ربع سیکل برق شهر می تواند تعیین نموده و تشخیص دهد. مقدار آن همانطور که در فصل ۳ تشریح شد ، بو سیله دقت تشخیص اسیلوسکوپ ، امیدانس آشکارساز و تقویت کننده مشخص می شود. یک تصویر مناسب از شکل و تعدا پالسای تخلیه جزئی در یک ربع سیکل برق شهر را می توان با سیستمی که بتواند در هر ربع

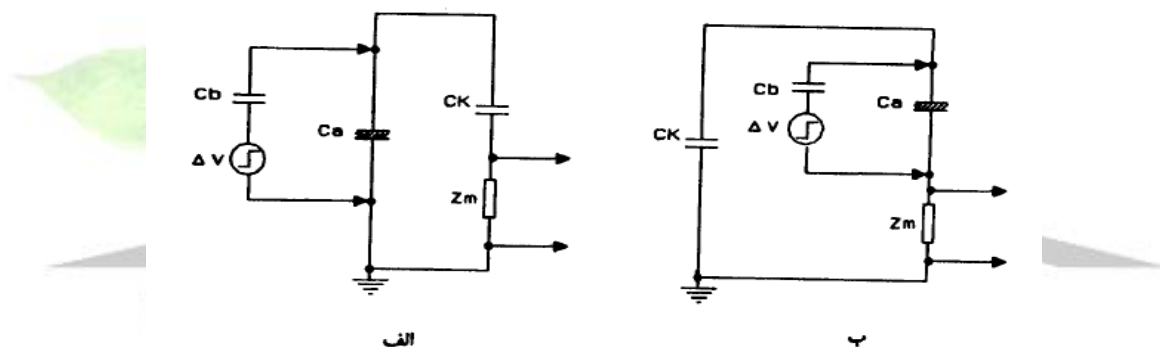
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

سیکل ۲۵۰ پالس را نشان دهد ، بدست آورد. بعبارت دیگر بین دو پالس متوالی ۲۰ میکروثانیه فاصله است.

(۳-۲-۵) کالیبراسیون مدار آشکارساز مستقیم

کالیبراسیون مدار آشکارساز مستقیم ساده می باشد. یک بار الکتریکی مشخص یک تا ۱۰۰ پیکوکولنی به نمونه تحت تست تزریق می شود. چین انتقال باری ممکن است بوسیله یک منبع ولتاژ پله چند ولتی که بصورت سری با یک خازن کوچک چند پیکوفاراد وصل شده شبیه سازی و انجام شود. مطابق شکل (۳-۵) چنین کالیبراتور مستقیم به ترمینال های نمونه تحت تست وصل می شود. مقدار بار انتقالی برابر:

$$q = C_a \cdot \Delta V \quad (۴-۵)$$



شکل ۳-۵: کالیبراسیون مدار آشکارساز مستقیم با تزریق بار به نمونه تحت تست و تنظیم

$$q = C_b \cdot \Delta V$$

پاسخ مدار (الف) امپدانس آشکارساز موازی خازن کوپلینگ (ب) امپدانس آشکارساز موازی نمونه عایق تحت

تست

می باشد که ΔV ، دامنه پالسهای پله ای منبع ولتاژ است.

کالیبراسیون قبل از انجام تست و در غیاب ولتاژ فشار قوی انجام می گیرد. پس از تزریق بار الکتریکی به نمونه تحت تست و آشکارسازی پاسخ آن ، نسبت تخلیه انجام شده برحسب پیکوکولن به خروجی مدار بدست می آید. این رابطه به امپدانس آشکارساز ، نسبت تبدیل ترانسفورماتور افزایشنده ، پهنای باند و غیره وابسته می باشد. می توان با تنظیم تقویت کننده و اسیلوسکوپ ، صفحه اسیلوسکوپ را برحسب پیکوکولن

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

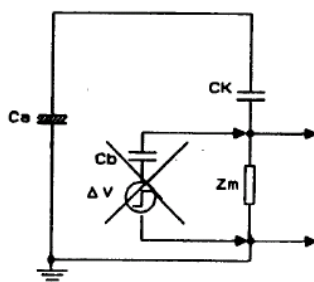
بر میلیمتر کالیبره کرد و به همین طریق تجهیزات نشان دهنده دیگری چون ثبات را نیز کالیبره می نمایند. بعد از کالیبره کردن باید کالیبراتور را از مدار جدا نمود و تمام تنظیم های انجام شده را ثبت نمود. نباید هیچ تنظیمی را در حین تست تغییر داد. مگر گین تقویت کننده که مقدار نشان داده شده را در ضرایبی از ۱۰ تا ۰/۱ ضرب می کنند. عیب این روش کالیبراسیون این است که در حین تست نمی توان سیستم کالیبره نمود.

روش دیگری برای کالیبراسیون مدار آشکارساز مستقیم تخلیه جزئی در بعضی از آشکارسازهای تجارتي تخلیه جزئی استفاده می شود. مطابق شکل (۵-۴) می باشد. در این روش بار مشخص $q_{cal} = C_b \Delta v$ به ترمینالهای امپدانس آشکارساز تزریق می گردد. حال اگر آشکارساز با چنین کالیبراسیون داخلی کالیبره شود آنچه که بر روی تجهیزات خوانده می شود دارای خطا می باشد. منتهی می توان بوسیله محاسبه رابطه بین بار تخلیه واقعی Q و بار تخلیه کالیبراسیون را بصورت زیر بدست آورد:

$$q = \left(1 + \frac{C_a}{C_k}\right) q_{cal} \quad (5-5)$$

در این روش معمولا بار واقعی بزرگتر از باری که نشان داده شده است. یعنی کالیبراسیون داخلی معمولا نشان دهنده مقداری پایین تر می باشد. خطا در نمونه های کوچک تحت تست، کم می باشد اما به محض اینکه نمونه تحت تست بزرگ می گردد، مثلا برابر خازن کاپلینگ می شود، خطا ۱۰۰ درصد

خواهد شد و برای نمونه های بزرگتر خطا با



شکل ۵-۴: کالیبراسیون مدار آشکارساز مستقیم با تزریق بار به امپدانس آشکارساز

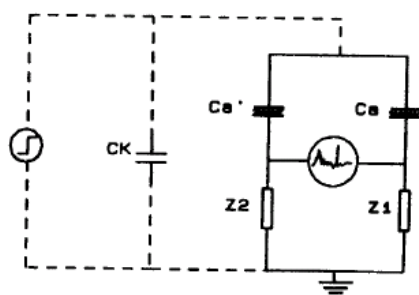
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با توجه به ضریب تصحیحی که از رابطه (۵-۵) بدست می آید ، می توان از خطا در کالیبراسیون جلوگیری نمود. اما در بسیاری از موارد ظرفیت خازنی نمونه تحت تست و حتی ظرفیت خازن کوپلینگ معلوم نمی باشد و باید بصورت مجزا تعیین شوند. از طرف دیگر نمونه تحت تست معمولا یک ظرفیت خازنی خالص نیست ، بلکه یک امپدانس پیچیده می باشد. بعنوان مثال می توان از ترانسفورماتور و کابل های طویل که مورد تست قرار می گیرند نام برد. که خازن های پراکنده با زمین و دیگر الکترودهای اطراف دارای نقش می باشند. در چنین حالاتی ضریب تصحیح $1 + \frac{C_a}{C_k}$ قابل استفاده نیست. در بعضی موارد حتی در راهنمای استفاده از چنین روش کالیبراسیون ، برای کالیبره کردن دستگاه های آشکار ساز تخلیه جزئی تجارتي هم اشاره به این مطلب نشده است و در نتیجه با خطا همراه است. بنابراین این روش کالیبراسیون پیشنهاد نمی شود.

۵-۳) آشکار ساز تعادلی

۵-۳-۱) اصول آشکار سازی به روش پل یا تعادلی

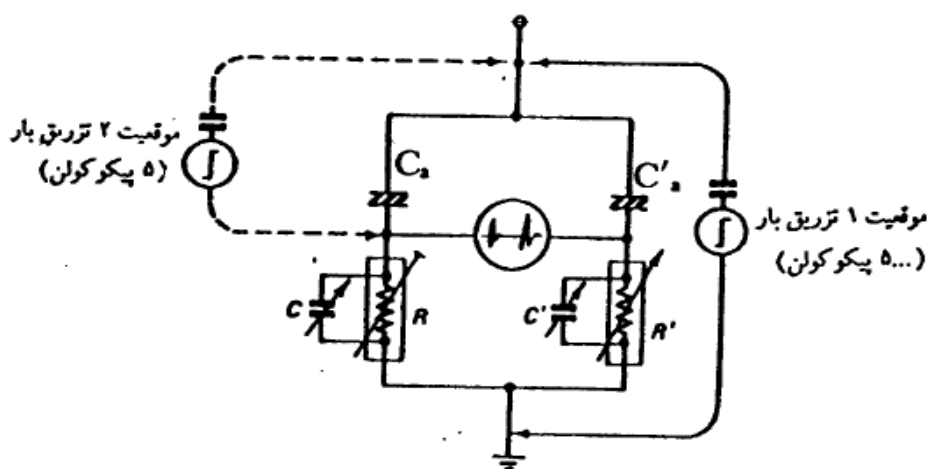
مدار آشکار ساز تعادلی تخلیه جزئی بصورت مختصر در شکل (۵-۶) مشاهده می گردد. آشکار سازی پالسهای تخلیه جزئی حاصل از نمونه تحت تست ، همچون آشکار سازی مستقیم صورت می گیرد و پاسخ مربوط به این پالسها بین نقاط ۱ و ۲ در شکل (۵-۵) دریافت می شود ، اما پالسهای ناشی از تداخلات خارجی ، چون در هر دو شاخه پل وجود دارند ، از هم کم شده و حذف می گردند. بنابراین تداخلات ناشی از ترانسفورماتور فشار قوی ، خازن کوپلینگ و منبع تغذیه و یا اتصالات در غیاب فیلتر و قفس فاراده نیز از پاسخ خروجی حذف می گردند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۵-۵: آشکارساز تعادلی

با تغییر امپدانسهای Z_1 و Z_2 پل را به تعادل می‌رسانیمو بهتر است که نمونه‌های تحت تست C_a و C'_a شبیه هم باشند ولی اگر C_a نمونه تحت تست و C'_a یک خازن کوپلینگ باشد نیز نتایج خوبی حاصل می‌شود. به تعادل رساندن نسبتا ساده می‌باشد. مطابق شکل (۵-۶) یک بار الکتریکی بزرگ به موقعیت ۱ به مدار پل تزریق می‌گردد. این بار یک تخلیه خارجی محسوب می‌گردد. در صورتی که پل در حالت تعادل باشد باید مینیمم پاسخ را به این تزریق در موقعیت ۱ بدهد. بنابراین می‌توان با تنظیم المانهای Z_1 و Z_2 به این وضعیت رسید.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۵-۶: به تعادل رساندن پل، پاسخ در موقعیت ۱ در مقایسه با موقعیت ۲ به حداقل رسانده میشود.

تزریق بار به موقعیت ۱ مدار شکل (۵-۶) برای به تعادل رساندن پل انجام می شود. همچنین برای کالیبره کردن مدار آشکارساز تعادلی، می توان با تزریق بار به موقعیت ۲ شکل (۵-۶) عمل کرد. چون کالیبراسیون فقط وقتی معتبر است که پل متعادل باشد، پروسه درست این است که اول در موقعیت ۱، پل به تعادل برسد، سپس آشکارساز در موقعیت ۲ کالیبره شود و بعد از آن پاسخ به تزریق خارجی در وضعیت ۱ بار دیگر مشخص گردد. بدین ترتیب اثر تداخلات خارجی منظور می شود. نسبت پاسخ تزریق بار بصورت خارجی (موقعیت ۱) به تزریق بار بصورت داخلی (موقعیت ۲) بر حسب پیکوکولن بر میلیمتر بر روی صفحه نمایشگر مقدار نسبت تزریق نامیده می شود و برابر است با:

نمایش تخلیه های خارجی (پیکوکولن بر

$M =$

میلیمتر)

نمایش تخلیه های داخلی (پیکوکولن بر

اختلاف

میلیمتر)

مقدار واقعی نسبت تزریق m به

نسبتهای

بین نمونه های C_a و C'_a بستگی دارد.

زیر بصورت تجربی مشخص شده اند:

$m=500$ برای دو نمونه کاملا مشابه ($C'_a = C_a$)

$m=100$ تا $m=500$ برای دو نمونه غیر مشابه اما همجنس از لحاظ مواد عایقی

$m=3$ تا $m=30$ برای تعادل یک نمونه عایق تحت تست و یک خازن کوپلینگ بجای C'_a

۵-۳-۲) مزایای آشکارساز تعادلی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

اگرچه آشکارساز تعادلی پیچیده تر از آشکارساز مستقیم می باشد ، اما دارای این مزیت اصلی است که تداخلات خارجی بر روی آن بی تاثیر می باشند، بصورت های مختلفی می توان از این مزیت استفاده نمود ، از جمله:

الف) آشکارسازی تخلیه جزئی را می توان با وجود تخلیه های خارجی و یا دیگر تداخلات انجام داد.
 ب) هنگامی که نخستین پالس های تخلیه آشکار شوند ، می توان به اینکه این پالسها دارای منبع داخلی و یا خارجی می باشند ، پی برد. به این صورت که با تغییر تعادل پل ، اگر منبع پالسها خارجی باشد ، تغییرات کمی دارند. این بزرگترین مزیت این نوع آشکارساز نسبت به آشکارساز مستقیم به حساب می آید.
 ج) می توان از آشکارساز تعادلی برای مکان یابی تخلیه جزئی نیز استفاده نمود.

۵-۳-۳ مدار آشکارساز تعادلی

یک مدار آشکارساز تعادلی که به پل کروگر (F.H. Kroeger) معروف شده است در شکل (۵-۷) مشاهده می گردد.

اجزاء مدار آشکارساز تعادلی عبارتند از:

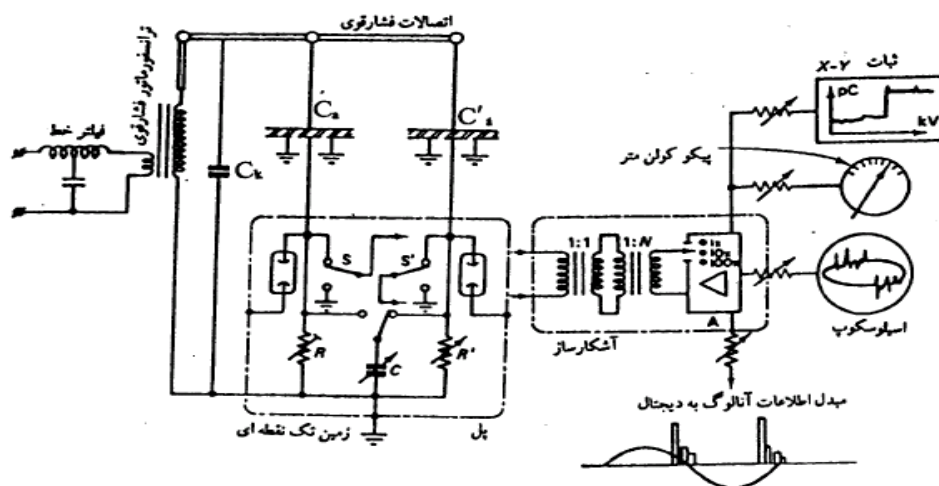
۱- فیلتر - ضرورت خیلی کمتری نسبت به مدار آشکارساز مستقیم برای استفاده از فیلتر مدار آشکارساز تعادلی وجود دارد. اما ممکن است یک فیلتر در منبع تغذیه و یا در طرف فشار قوی برای حذف تداخلات ناشی از شبکه استفاده شود.

۲- ترانسفورماتور فشار قوی - ضرورت ندارد که این ترانسفورماتور کاملاً عاری از پالسهای تخلیه جزئی باشد.

۳- اتصالات - احتیاجی نیست که اتصالاتی که ارتباط بین قسمت های مختلف مدار آشکارساز تعادلی را در طرف فشار قوی برقرار می کنند ، کاملاً عاری از کرونا باشند. اگرچه اتصالات عاری از کرونا ترجیح داده می شوند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴- خازن کوپلینگ C_k - این خازن هم ضرورتی ندارد کاملاً عاری از پالسهای تخلیه جزئی باشد. اما اگر نمونه‌ها تحت تست دارای ظرفیت‌های بزرگ باشند و خازن کوپلینگ کوچک باشد، حساسیت به تخلیه‌های خارجی افزایش می‌یابد. وقتی نمونه‌های بزرگ هستند یک خازن کوپلینگ به همان اندازه نمونه تحت تست باید قرار داده شود.



شکل ۵-۷: مدار آشکارساز تعادلی تخلیه جزئی معروف به پل کروگر

۵- نمونه‌های تحت تست C_a و C'_a - در این مدار نمونه‌های C_a و C'_a بعنوان نمونه‌های عایقی تحت تست مشابه نشان داده شده‌اند. ولی C_a می‌تواند نمونه تحت تست و C'_a یک خازن کوپلینگ با عایق کاغذ و یا یک خازن استاندارد گازی باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در این مدار نمونه‌های C_a و C'_a با الکترودهای پایینی که قسمت انتهایی آنها از قسمت مرکزی جدا شده و به زمین متصل گردیده است، نشان داده شده‌اند. و در واقع آنها می‌توانند بوشینگ ترانسفورماتورها، ترمینال کابلها، ورودی سیستمهای عایقی گازی و یا غیره باشند. یا زمین کردن قسمت انتهایی الکترودهای پایینی، امکان جلوگیری از تخلیه در لبه‌ها فراهم می‌شود و این یکی دیگر از خواص آشکارساز تعادلی بحساب می‌آید.

۶- مقاومت‌های R و R' - مقاومت R یک متغیر با تعداد معین تغییرات پله‌ای جهت انطباق با ظرفیت نمونه تحت تست می‌باشد و بوسیله آن می‌توان ثابت زمانی $R.C_a$ را نیز تقریباً ثابت نگهداشت و مقاومت R' یک مقاومت متغیر پیوسته می‌باشد و می‌توان با تغییر آن پل را به تعادل رساند.

۷- خازن C - این خازن متغیر، به موازات یکی از مقاومت‌های R و یا R' سوئیچ می‌گردد و تا بدین ترتیب پل با در نظر گرفتن خازنهای پراکندگی در شاخه دیگر به تعادل برسد.

۸- سوئیچهای S و S' - این سوئیچها، امکان ایجاد حالات مختلفی را ایجاد می‌کنند. بعنوان مثال اگر کلید S را ببندیم اولاً تخلیه‌های روی نمونه C_a ناپدید می‌شوند. ثانیاً توجه کرد که کلیدهای S و S' باعث تغییر ورودی ترانسفورماتور خواهد شد.

۹- ترانسفورماتورها - سیگنالهای تخلیه جزئی به یک ترانسفورماتور که معمولاً نسبت تبدیل آن ۱:۱ می‌باشد، داده می‌شوند تا ماکزیمم تقارن ایجاد شود. به این ترانسفورماتور، ترانسفورماتور یک ترانسفورماتور افزایشده $1:N$ بوده و همان نقشی را دارد که ترانسفورماتور افزایشده موجود در مدار آشکارساز مستقیم جهت بهینه کردن حساسیت مدار داشت.

۱۰- نمایشگرها - همچون مدار آشکارساز مستقیم می‌توان جهت مشاهده پاسخ مدار آشکارساز از نمایشگرهای مختلفی چون اسیلوسکوپ، ثبات، پیکوکولن متر، مبدل اطلاعات آنالوگ به دیجیتال و یا هر نمایشگر دیگر استفاده نمود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱۱- قفس فاراده - هرچند قرار داشتن مدار آشکارساز تعادلی در قفس فاراده ضرورتی ندارد اما از آنجائیکه محیط در حالات مختلف دارای تداخلات متفاوتی که برای سیستم حکم نویز را دارد، می‌باشد و در هر حالت تنظیم خاصی را برای به تعادل رساندن پل می‌طلبد، برپایی مدار آشکارساز تعادل در یک قفس فاراده و یا یک آزمایشگاه فشار قوی که حکم قفس فاراده را دارد، کمک زیادی می‌باشد.

(۴-۳-۵) مشخصه‌های آشکارساز تعادلی

مشخصه‌های آشکارساز تعادلی با در نظر گرفتن رابطه‌ای که با المانهای مدار در حالت تعادل دارند، همان مشخصه‌هایی می‌باشد که برای آشکارساز مستقیم در نظر گرفته شد. این مشخصه‌ها که بیان کننده وضعیت آشکارساز تعادلی می‌باشند عبارتند از:

(۱-۴-۳-۵) پاسخ مدار آشکارساز تعادلی

شکل و اندازه پالسهای تخلیه جزئی و یا همان پاسخ مدار آشکارساز به تخلیه‌ای همراه با انتقال بار q از نمونه تحت تست از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$V(t) = v \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (۷-۵)$$

$$\hat{V} = \frac{q}{C_a + C + (n+1)C^*} \quad (۸-۵)$$

$$\tau = R \times [C_a + C + (n+1)C^*] \quad (۹-۵)$$

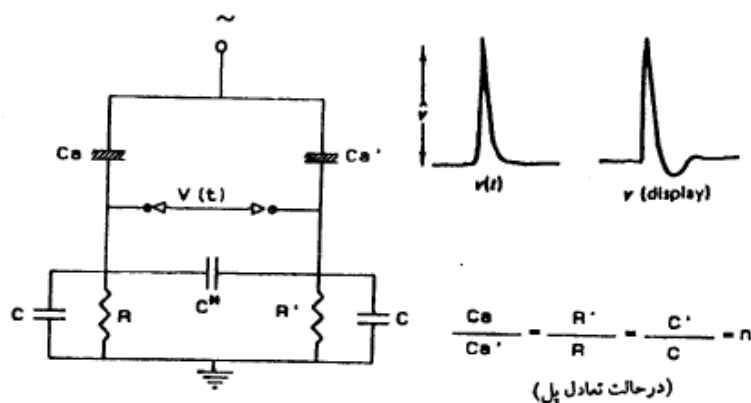
$$n = \frac{C_a}{C_a'} \quad (۱۰-۵)$$

سمبولهای موجود در روابط (۷-۵) تا (۱۰-۵) در شکل (۷-۵) مشاهده می‌شوند. C^* ظرفیت خازنهای پارازیتی می‌باشد. این روابط در حالت تعادل مدار معتبر می‌باشند. در صورتی که ظرفیت خازن تحت تست C_a کوچک باشد، مقادیر C و C^* بر مقدار C_a غالب می‌باشند و اگر C_a بزرگ باشد بطور عکس C_a بر C ، C' و C^* غالب شده و بطور تقریبی می‌توان نوشت:

$$\hat{v} = \frac{q}{C_a}, \quad (C_a \gg C^*) \quad (۱۱-۵)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

پالسهای آشکار شده در خروجی پل $(v(t))$ ، تحت تاثیر ترانسفورماتور پل و حد پایین فرکانس تقویت کننده قرار می گیرد. بطوری که پالسهای نمایش داده شد دارای مختصری بالازدگی (over shoot) می باشند که همانطور که در شکل (۸-۵) مشاهده می شود این پالسها با (display) نشان داده شده اند.



شکل ۵-۸: پاسخ مدار آشکارساز تعادلی پالسهای تخلیه جزئی

۵-۳-۴-۲ حساسیت مدار آشکارساز تعادلی

حساسیت مدار آشکارساز تعادلی به تخلیه های انجام شده در نمونه تحت تست C_a ، مشابه حساسیت مدار آشکارساز مستقیم می باشد و بصورت زیر بدست می آید:

$$q_{sens} = 4 \times 10^{-4} \times \frac{\sqrt{(n+1)}}{\xi} \times \sqrt{(C_a + (n+1)C^*)} \quad (\text{pc}) \quad (5-12)$$

q_{sens} عبارتست از کوچکترین تخلیه بر حسب پیکوکولن که می توان آشکار نمود. q_{sens} به تخلیه های

آشکار شده ای گفته می شود که حداقل دامنه آنها دو برابر دامنه نویزها باشد.

در رابطه (۵-۱۲)، n نسبت ظرفیتهای C_a و C'_a و ξ پاسخ تقویت کننده بر حسب ثابت زمانی سیگنال به ثابت زمانی تقویت کننده می باشد که از منحنی شکل (۳-۱۰) بدست می آید و معمولا بین $1/3$ تا $2/3$ می باشد. خازنهای C_a و C و C^* بر حسب پیکوفاراد می باشند.

در صورتی که ظرفیت نمونه تحت تست بزرگ باشد حساسیت مدار متناسب با $\sqrt{C_a}$ خواهد بود.

تنظیم درست نسبت تبدیل ترانسفورماتور افزایشنده، در رسیدن به حساسیت مدار آشکارساز تعادلی نسبت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به تغییرات ظرفیت نمونه تحت تست در جدول (۲-۵) مشاهده می شود. این مقادیر برای یک مدار متقارن $(C_a=C'_a)$ که خازن پارازیتی آن برابر $C+2C^*=2000 \text{ PF}$ می باشد و حساسیت برابر دو بار نویز می باشد ، حاصل شده است.

جدول ۲-۵ : نمونه هایی از حساسیت مدار آشکارساز تعادلی

ظرفیت نمونه تحت تست	نسبت تبدیل ترانسفورماتور افزایشنده	حساسیت (PF)
.	۲	۰/۰۵
1 nF	۲/۵	۰/۰۶
10 nF	۵	۰/۱
100 nF	۱۵	۰/۳
$\mu F 1$	۴۵	۱

۳-۴-۳-۵) دقت تشخیص مدار آشکارساز تعادل

دقت تشخیص مدار آشکارساز تعادلی (۲) همانند دقت تشخیص مدار آشکارساز مستقیم تعریف شده و

برابر کوچکترین مقدار دقت تشخیص های زیر می باشد:

الف- دقت تشخیص اسیلوسکوپ ، که معمولا برابر ۲۵ پالس در هر ربع می باشد.

$$\text{ب- } r \cong \frac{1}{500\tau}$$

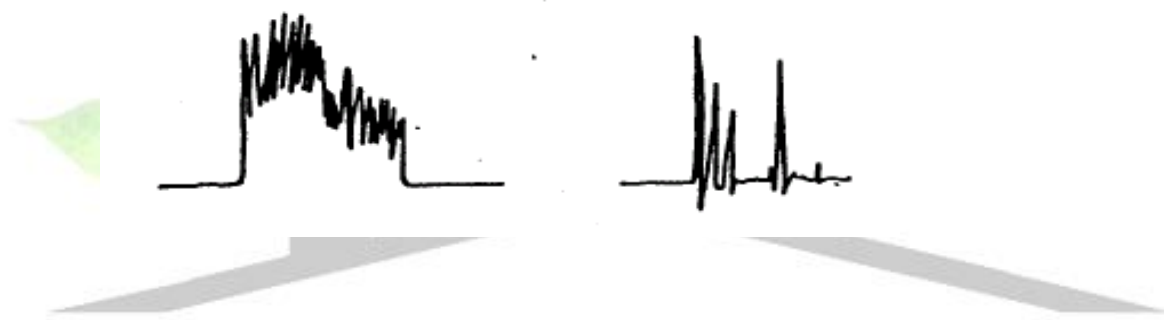
که τ ثابت زمانی پالسهای آشکار شده می باشد که در رابطه (۵-۹) آمده است.

$$\text{ج- } r \cong \frac{B}{100}$$

که B پهنای باند تقویت کننده می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تجربه نشان می دهد که دقت تشخیص بین ۲۵ الی ۵۰ پالس در هر ربع سیکل کافی و مناسب نبوده و یک دقت تشخیص ۲۵۰ الی ۱۰۰۰ عالی می باشد. دقت تشخیص بالاتر از ۲۵۰۰ ممکن است فقط برای نمایش پالسهای ضعیف روی اسیلوسکوپ بکار رود. دقت تشخیص های خیلی پایین باعث بدست آمدن یک شکل درهم درهم می شود که الگوهای تخلیه جزئی در آن نامشخص می باشد. در شکل (۵-۹) پالسهای آشکار شده با دقت تشخیص کافی و دقت تشخیص کم مقایسه شده اند. بنابراین دقت تشخیص پایین موجب می گردد که آنچه خوانده می شود دارای خطا باشد چرا که پالسها با یک روش نامعتبر آشکار شده اند.



شکل ۵-۹: (الف) الگوی تخلیه جزئی قابل تشخیص به جهت دقت تشخیص کافی

(ب) الگوهای تخلیه جزئی غیر قابل تشخیص به جهت پایین بودن دقت تشخیص

۵-۳-۴) نسبت تزریق

همانطور که قبلا بیان شد ، نسبت تزریق برابر است با پاسخ مدار به تخلیه های خارجی تقسیم بر پاسخ مدار به تخلیه داخلی برحسب پیکوکولن بر میلیمتر بر روی صفحه نمایشگر. این نسبت یکی از مشخصه های مدار آشکارساز تعادلی می باشد و نشان دهنده تاثیر نویزهای خارجی بر روی پاسخ می باشد. یک نسبت تزریق بالا (برای مثال $m = 1000$ یا بیشتر) را با C_a و C'_a یکسان بر راحتی می توان بدست آورد. گاهی اوقات قسمتهای انتهایی الکترودهای پایینی C_a و C'_a برای این کار لازم می باشند ، اگرچه در عمل به چنین مقادیر بالایی احتیاجی نیست. با نمونه های عایقی تحت تست

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

غیریکسان که دارای جنس عایقی مشابه می باشد ، می توان مقادیر متوسطی در حدود ۱۰۰ تا ۵۰۰ را برای این نسبت بدست آورد.

وقتی اندازه گیری در حضور تخلیه های خارجی غیر قابل حذف انجام می شود ، این خیلی مناسب می باشد که نسبت تزریق بالا باشد. برای مثال برای اندازه گیری تخلیه جزئی در کابل که در ترمینالها ، به نتایج دقیقتری رسید. و حتی مقادیر پایین این نسبت (در حدود $m=3$) نیز می تواند جهت تمیز دادن تخلیه های خارجی و داخلی بوسیله تغییر وضعیت کلیدهای S و S' مفید واقع شود.

۵-۳-۵) کالیبراسیون مدار آشکارساز تعادلی

تنها را قابل اطمینان برای کالیبره کردن این مدار نیز همچون کالیبراسیون مدار آشکارساز مستقیم ، تزریق بار مشخصی به نمونه تحت تست می باشد. همانطور که در شکل (۵-۱۰) مشاهده می شود ، با تزریق این بار به موقعیت ۱ ، آشکارساز تنظیم می شود. اگر نمونه های تحت تست C_a و C'_a یکسان نباشد ، ممکن است دو کالیبراسیون ، یکی با تزریق بار مشخص q_{cal} به نمونه C_a و دیگر تزریق این بار به نمونه C'_a لازم باشد.

می توان بار مشخص q_{cal} را به موقعیت ۲ تزریق نمود. در چنین حالتی رابطه بین بار تزریقی q_{cal} و تخلیه در نمونه تحت تست بصورت زیر می باشد:

$$q = (1+n)q_{cal} \quad (۵-۱۳)$$

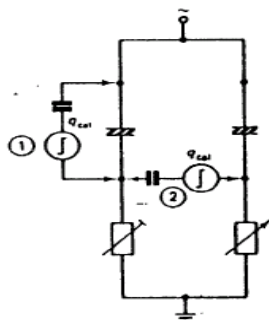
$$n = \frac{C_a}{C'_a} \quad (۵-۱۴)$$

در صورتی که نمونه های تحت تست مشابه باشند ($n=1$) این رابطه برابر است با:

$$q = 2.q_{cal} \quad (۵-۱۵)$$

بدین ترتیب کالیبراسیون می تواند داخلی انجام شود. ولی نباید فراموش کرد یک تزریق بار داخلی ۵۰ پیکوکولنی تخلیه ۱۰۰ پیکوکولنی را در نمونه ها بدنبال خواهد داشت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

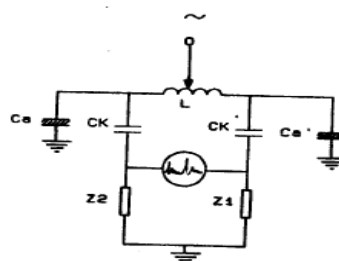


شکل ۵-۱۰: کالیبراسیون مدار آشکارساز تعادلی

۵-۳-۶) مداری دیگر برای آشکارساز تعادلی

عیب اصلی روش آشکارسازی تعادلی پالسهای تخلیه جزئی، پیچیدگی پروسه انجام آن می باشد، و باید بتوان نمونه تحت تست را از زمین ایزوله نمود. برای برطرف کردن این عیب می توان تدابیری اندیشید. در مداری که در شکل (۵-۱۱) مشاهده می شود، نمونه های تحت تست زمین شده اند و با دو خازن کوپلینگ C_k و C'_k وصل گردیده اند که متعادل شده و سیم پیچ L آنها را از هم جدا نموده است. این روش فاقد بعضی مزایای روش آشکارسازی تعادلی که تشریح شد، می باشد. از جمله نمی توان رینگ انتهایی برای الکتروود نمونه تحت تست در نظر گرفت و آن را به زمین وصل نمود چرا که کل الکتروود مربوطه زمین شده است. همچنین به خازن کوپلینگ عاری از تخلیه جزئی احتیاج می باشد و حساسیت مدار با فاکتور $\frac{C_a}{C_k}$ لطمه می بیند. اما تداخلات ناشی از منبع تغذیه یا اتصالات مدار فشار قوی حذف می شوند. این روش برای تست کابلها دفن شده در زیر خاک، برای نمونه های بزرگ زمین شده بدون قفس فاراده و برای تست قرقره های کابلها سه فاز استفاده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



شکل ۵-۱۱: مداری دیگر برای آشکارساز تعادلی که نمونه های C_a و C'_a را میتوان زمین کرد

۴-۵) کالیبراتورهای آشکارسازی تخلیه جزئی

جهت کالیبره کردن مدارهای آشکارساز تخلیه جزئی، باید بتوان تخلیه‌هایی با دامنه ثابت و مشخص

را که به معنی انتقال بار الکتریکی معینی از نمونه عایق تحت تست می‌باشد ایجاد نمود. اصولاً تخلیه‌های

با دامنه ثابت و مشخص را می‌توان به دو روش ایجاد نمود:

۱- روش الکترونیکی

۲- روش فیزیکی

روش الکترونیکی عبارتست از ایجاد پالس بار الکتریکی ثابت توسط المانهای الکترونیکی و روش

فیزیکی شامل ایجاد تخلیه‌های الکتریکی واقعی می‌باشد.

بطور کلی از چهار نوع کالیبراتور در کالیبره کردن آشکارسازهای تخلیه جزئی استفاده می‌شود که

عبارتند از:

۱- ژنراتور تولید موج مربعی

۲- کالیبراتورهای قابل حمل

۳- تخلیه سوزنی در فاصله هوایی

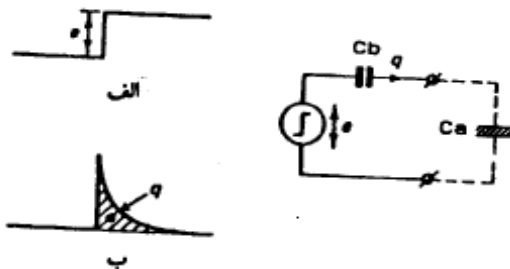
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۴- حفره مصنوعی

۵-۴-۱) ژنراتور تولید موج مربعی

پالس های ولتاژ مورد نیاز جهت کالیبراسیون مدارهای آشکار ساز تخلیه جزئی را می توان با استفاده از دستگاه های تولید موج مربعی که در دسترس می باشند، تولید نمود. با توجه به شکل (۵-۱۲) یک منبع ولتاژ مربعی با دامنه e با خازنی به ظرفیت C_b سری می شود و موجب انتقال بار $q = e.C_b$ خواهد شد. این بار انتقالی به نمونه تخت تست تزریق شده و عبور جریان ایجاد شده توسط آن از امیدانس آشکار ساز باعث افت ولتاژ متناسب با این بار خواهد شد. بدین ترتیب با ایجاد تخلیه هایی با دامنه مشخص می توان یک کالیبراسیون مستقیم بر حسب پیکوکولن بر روی دستگاه نشان دهنده انجام داد. لازم به تذکر است که نباید ظرفیت

صورت خطا زیاد می شو



شکل ۵-۱۲: کالیبراسیون با موج مربعی (الف) موج مربعی (ب) بار منتقل شده

۵-۴-۲) کالیبراتورهای قابل حمل (Portable Calibrator)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

یک کالیبراتور کلاسیک قابل حمل می باشد. این کالیبراتورها همچون ژنراتور تولید موج مربعی عمل می کنند. این نوع کالیبراتور دارای مزایای زیر می باشد:

۱- کوچک و قابل حمل است بطوری که به راحتی می توان برای تست تجهیزات فشار قوی از آن استفاده کرد.

۲- تغذیه آن از باطری که همراه آن است گرفته می شود.

۳- دارای یک خازن کوچک دارای چند پیکوفارادی می باشد.

۴- در هر سیکل ۵۰ یا ۶۰ هرتز می توان یک یا دو پالس تولید نماید.

۵- امکان سنکرون کردن آن با ولتاژ تست وجود دارد. بدین ترتیب که دارای یک فتوسل می باشد که قادر است دستگاه را با نور چراغهای آزمایشگاه سنکرون می نماید.

۶- می توان تخلیه هایی با دامنه های متفاوت ۵ ، ۵۰ ، ۵۰۰ و ۵۰۰۰ پیکوکولنی را ایجاد نمود.

۷- در بعضی حالات ، یک پالس دوپل را می توان با یک تاخیر زمانی تولید نمود. در این حالت باید دقت تشخیص آشکار ساز کنترل شود. تاخیر زمانی $\frac{L}{\Delta t}$ از ۲۰۰ میکروثانیه به پایین

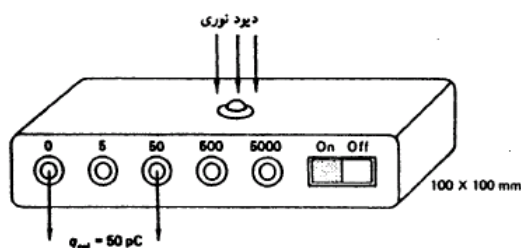
کاهش می دهیم (مطابق با یک دقت تشخیص ۲۵ پالس در هر ربع) به محض اینکه دو پالس در نمایشگر آشکار ساز با هم تداخل نمایند ، دقت تشخیص ۲ برابر خواهد بود :

$$r \cong \frac{500}{\Delta t} \quad (\text{پالس در ربع}) \quad (5-16)$$

بطوری که Δt بر حسب میکروثانیه می باشد.

یک نمونه از چنین کالیبراتور (اما بدون امکان تولید پالس دوپل) که در آزمایشات مربوط به این پروژه

جهت کالیبره کردن مدار آشکار ساز استفاده شده است ، مشاهده می شود. (۱۳۸۸)

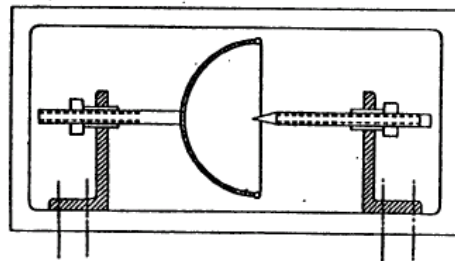


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۵-۱۳: کالیبراتور قابل حمل

۵-۴-۳) کالیبراتور تخلیه سوزنی در فاصله هوایی

این کالیبراتور یک منبع مناسب فیزیکی است که مبنای ایجاد کرونا در نوک یک سوزن در ولتاژ شروع تخلیه عمل می کند و در هر نیم سیکل ولتاژ سینوسی ۵۰ یا ۶۰ هرتز تولید یکیا دو پالس تخلیه جزئی می کند. اگر ولتاژ به تدریج افزایش یابد، تعداد تخلیه ها نیز افزایش می یابد اما دامنه تخلیه ها ثابت می ماند و یک الگوی تخلیه ای چون شکل (۵-۱۵) ایجاد می گردد.



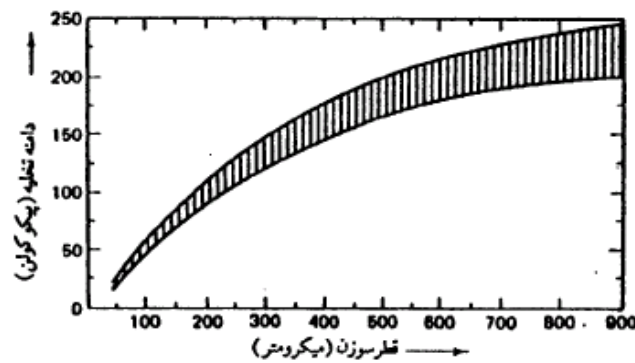
شکل ۵-۱۴: تخلی سوزنی در فاصله هوایی



شکل ۵-۱۵: الگوی تخلیه در نوک سوزن

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

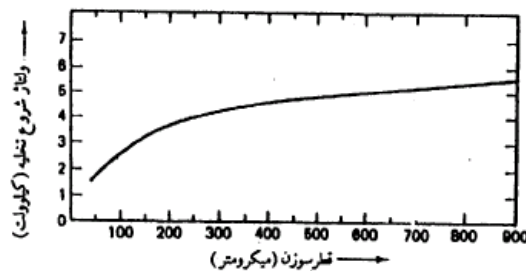
پالس تخلیه اولیه‌ای که رخ می‌دهد نشان دهنده پیک ولتاژ تست می‌باشد. در صورتی که سوزن به ولتاژ اصلی وصل می‌شود، تخلیه‌های اولیه در پیک منفی ولتاژ رخ می‌دهد و در صورتی که سوزن به زمین و الکتروود دیگر به ولتاژ وصل شود، تخلیه‌های اولیه در پیک مثبت ولتاژ رخ می‌دهد. تغییرات دامنه پالسهای تخلیه نسبت به تغییرات قطر سوزن در شکل (۵-۱۷) مشاهده می‌شود. از آنجایی که با یک قطر ثابت، دامنه پالسهای تخلیه همیشه یک مقدار ثابتی نمی‌باشد، برای هر قطر خاص، دامنه پالس تخلیه در یک محدوده قرار می‌گیرد.



شکل ۵-۱۶: تغییرات دامنه پالسهای تخلیه نسبت به تغییرات قطر سوزن

همچنین ولتاژ شروع تخلیه نیز نسبت به قطر سوزن تغییر می‌کند که نحوه این تغییرات در شکل (۵-۱۷)

(۱۷) مشاهده می‌گردد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

شکل ۵-۱۷: تغییرات ولتاژ شروع تخلیه نسبت به تغییرات قطر سوزن

رطوبت نسبی هوای محیط ، فاکتوری می باشد که هم بر دامنه پالسهای تخلیه و هم بر کیفیت الگو تخلیه تاثیر می گذارد. دامنه و کیفیت پالسهای تخلیه با رطوبت بصورت غیرقابل پیش بینی و حتی غیر قابل برگشتی تغییر می کند. ثابت شده است که رطوبت نسبی باید در حدود ۳۵ تا ۸۰ درصد نگه داشته شود (ترجیحا بین ۵۰ تا ۷۰ درصد). مقدار مجاز آلودگی هوا ناشی از گرد و غبار ، روغن ، بخار روغن ، تماس دست و غیره ، بوسیله استاندارد مشخص می شود. فاصله هوایی تخلیه باید از محیط ایزوله شود تا محیط تاثیر زیادی بر کالیبراتور نداشته باشد.

یک سیستم تخلیه سوزنی با فاصله هوایی پوشیده را می توان بطور متناوب در طول چند ماه بدون اینکه تغییری در دامنه تخلیه های تولیدی رخ دهد ، استفاده نمود. برای تست ۱ روزه ، ممکن است یک فاصله هوایی باز نیز مناسب باشد. تست باید کمی بالاتر از ولتاژ شروع تخلیه انجام شود چراکه در ولتاژ خیلی بالاتر الگوی تخلیه خراب می شود.

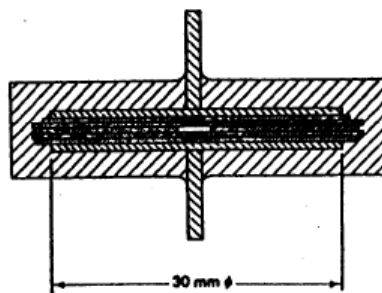
تخلیه سوزنی در فاصله هوایی به ندرت برای کالیبراسیون مدارهای آشکار ساز تخلیه جزئی استفاده می شود ولی برای مقاصد زیر مفید می باشد:

- ۱- برای تعیین پیک مثبت و یا منفی ولتاژ تحت تست بر روی اسیلوسکوپ.
- ۲- برای چک دقت تشخیص آشکار ساز با افزایش مختصر ولتاژ به بالاتر از ولتاژ شروع تخلیه تا پالسهای کرونا ناپدید شوند. به همین طریق می توان پیکوکولن متر را نیز امتحان نمود. بطوری که آنچه خوانده می شود ثابت بماند. بدون توجه به اینکه یک یا چند پالس کرونا در هر سیکل رخ دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳- در مدارهای آشکار ساز پیچیده همچون مداراتی که برای آشکار سازی پالسهای تخلیه در ترانسفورماتورهای با چند سیم پیچ و یا نمونه های کابلی با چند لوازم فرعی ، استفاده می شود ، می توان پاسخ به تخلیه ها را در مکانهای مختلف چک نمود.
۴-۴-۵) کالیبراتور حفره مصنوعی

طرح ساده ای از حفره مصنوعی ایجاد شده در یک عایق ، در شکل (۵-۱۸) مشاهده می شود. تعدادی لایه های پلاستیکی به قطر ۰/۱ میلیمتر بین دو الکتروود دایروی قرار داده می شود و تا قطری معادل ۳۰ میلیمتر را ایجاد نماید. با ایجاد سوراخی به قطر ۳ میلیمتر در وسط یکی از لایه های می توان حفره مصنوعی مورد نیاز را ایجاد نمود. مجموعه الکتروودها لایه های مذکور درون رزین و یا چسب قرار داده می شود. تخلیه های ایجاد شده در این حفره مانند تخلیه های ایجاد شده توسط کرونا منظم و ثابت نمی باشند ولی پایداری کافی را برای چک مدارهای آشکار ساز متصل به نمونه های عاری از تخلیه دیگر را فراهم می سازد. حفره های مصنوعی نیز همچون روش تخلیه سوزنی در فاصله هوایی ، ابزار مفیدی برای نمایش و مشاهده تخلیه جزئی می باشد.



شکل ۵- ۱۸: کالیبراتور حفره مصنوعی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵-۵ خلاصه

در این بخش اجزاء و مشخصات دو نوع مدار آشکار ساز تخلیه جزئی مستقیم و تعادلی، که معمولاً مورد استفاده قرار می گیرند بررسی شد و روش کالیبراسیون این مدارها و انواع مختلف کالیبراتورهایی که برای کالیبراسیون استفاده می شوند، تشریح گردید.

روش آشارسازی مستقیم، روش راحت تر بوده و بطور گسترده ای در تست های عادی (Routine tests) استفاده می شود و یک اپراتور کم تجربه نیز می تواند یک نمونه عایق را در مشاهده پالسهای تخلیه جزئی می توان از پروسه گسترده تر و مشاهده کننده مجرب تر استفاده نمود. عیب این روش این است که در صورتی که از المانهای عاری از تخلیه جزئی و فیلترهای مختلف در مدار فشار قوی و فشار ضعیف و همچنین قفس فاراده استفاده نشود و به اندازه کافی به حذف تداخلات خارجی توجه نگردد، نمی توان اطمینان حاصل کرد که تخلیه های مشاهده شده از نمونه تحت تست است.

روش آشکارسازی مستقیم را همچنین می توان برای کنترل و تنظیم تست های بلند مدت همچون مشاهده تاثیر حرارت بر طول عمر عایق تست سیگنالهای حرارتی، تست اضافه ولتاژ و از این قبیل تست ها که فقط یک چک ساده در مورد عدم وجود تخلیه های جزئی لازم است، بکار برد. مدار آشکار ساز تعادلی، مداری پیچیده تر می باشد که تنظیم و به تعادل رساندن آن نیز پیچیده بوده اما دارای این مزیت خیلی مهم می باشد که تداخلات خارجی تاثیر زیادی بر خروجی آن نداشته و خارج قفس فاراده و با المانهای نه کاملاً عاری از تخلیه جزئی نیز می توان نتایج خوبی بدست آورد.

این مدار عمدتاً در توسعه و تحقیق استفاده می شود. بعنوان مثال، برای تست جامع اولین نمونه های یک طرح جدید که احتیاج به دقت زیادی دارد، از این نوع مدار استفاده می شود. همچنین بعد از انجام یک تست عادی با مدار آشکار ساز مستقیم که نشان دهنده وجود تخلیه جزئی در این نمونه می باشد، می توان بای تشخیص دقیقتر از مدار آشکار ساز تعادلی استفاده نمود. از این مدار همچنین برای تست در محیط هایی که دارای تداخلات شدیدی ناشی از منبع تغذیه می باشند و یا مشخص کردن محل عیب در تجهیزات دارای تخلیه جزئی نیز استفاده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

منابع و مأخذ

- کافل و زانگل (۱۳۷۳)، " مبانی مهندسی فشار قوی"، ترجمه عبدالرضا رنجبران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، چاپ اول.
- ثقفی، مهدی و هو شمند، رحمت الله (۱۳۸۶)، " عایقهای فشار قوی"، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، چاپ سوم.
- محسنی، حسین (۱۳۷۳)، " مهندسی فشار قوی الکتریکی پیشرفته"، انتشارات دانشگاه تهران.
- فیض، جواد و محسنی، حسین و ثابت مرزوقی، اسحاق و نادریان جهرمی، علی (۱۳۸۳)، "محاسبه امیدانس اتصال کوتاه ترانسفورماتور بو سیله الکترومغناطیسی"، نشریه دانشکده فنی، جلد ۳۸، شماره ۳، شهریور.
- اینترنت

www.pezeshkian.ir

www.irandoc.ir