

بررسی پیکربندی‌های اندازه‌گیری تخلیه جزئی با تاکید بر روش‌های Z_m و HFCT

چکیده

در این مقاله، روش‌های مختلف اندازه‌گیری تخلیه جزئی (PD) مورد بررسی قرار گرفته است. تمرکز بر دو تکنیک رایج، یعنی استفاده از امپدانس اندازه‌گیری (Z_m) و ترانسفورماتور جریان فرکانس بالا (HFCT) بوده و مزایا، معایب، حساسیت، طراحی فیلتر و کاربردهای عملی آن‌ها تحلیل شده‌اند.

واژگان کلیدی

تخلیه جزئی، HFCT، امپدانس، Z_m فیلتر، ایزولاسیون، نویز

۱ مقدمه

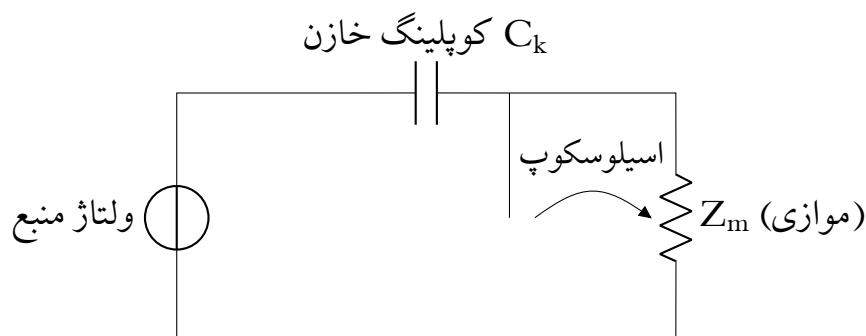
پدیده تخلیه جزئی یکی از عوامل اصلی کاهش عمر و شکست عایق در تجهیزات ولتاژ بالا است. برای تشخیص دقیق آن، استفاده از پیکربندی‌های مناسب اندازه‌گیری نقش کلیدی دارد. این مقاله به بررسی پیکربندی‌های مختلف با تمرکز بر Z_m و HFCT می‌پردازد.

۲ پیکربندی‌های مبتنی بر Z_m

۱.۲ پیکربندی موازی (Z_m) در شاخه

در این پیکربندی، مقاومت Z_m به صورت موازی با مسیر جریان اصلی قرار می‌گیرد.

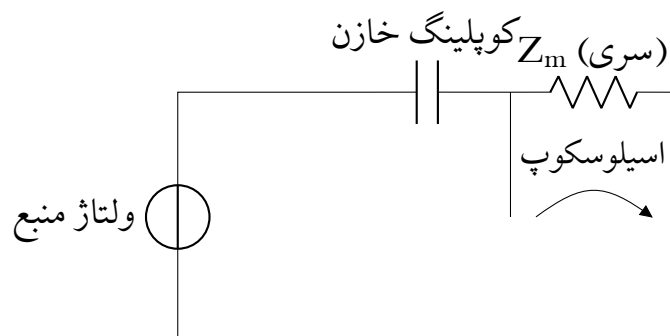
- ایمنی بالا در ولتاژ زیاد
- کاهش حساسیت نسبت به سیگنال‌های ضعیف



۲.۲ پیکربندی سری Z_m

در این حالت، Z_m به صورت سری با مسیر اصلی جریان قرار می گیرد.

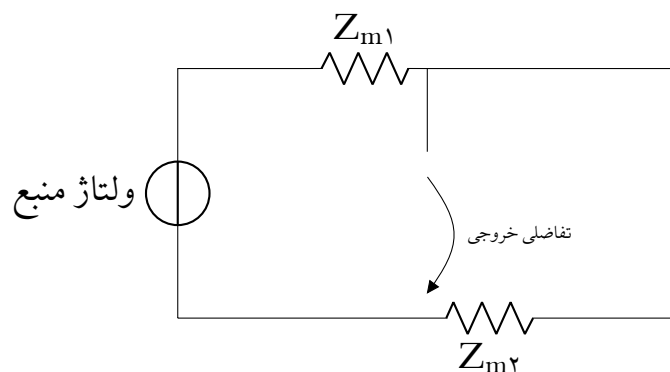
- حساسیت بالا
- افزایش ریسک در ولتاژهای بالا



۳.۲ پیکربندی پل (Bridge)

این پیکربندی برای حذف نویز حالت مشترک و بهبود دقت اندازه گیری طراحی می شود.

- حذف نویز حالت مشترک
- نیاز به تنظیم دقیق اجزا



۳ مدل امپدانس Z_m

مدار معادل امپدانس به صورت زیر تعریف می شود:

$$Z_m = R + j\omega L$$

که در آن R مقاومت، L اندوکتانس و ω فرکانس زاویه ای است.

- افزایش Z_m حساسیت بیشتر، اما احتمال اشباع
- کاهش Z_m پایداری بهتر در برابر جریان بالا، کاهش حساسیت

۴ ترانسفورماتور جریان فرکانس بالا (HFCT)

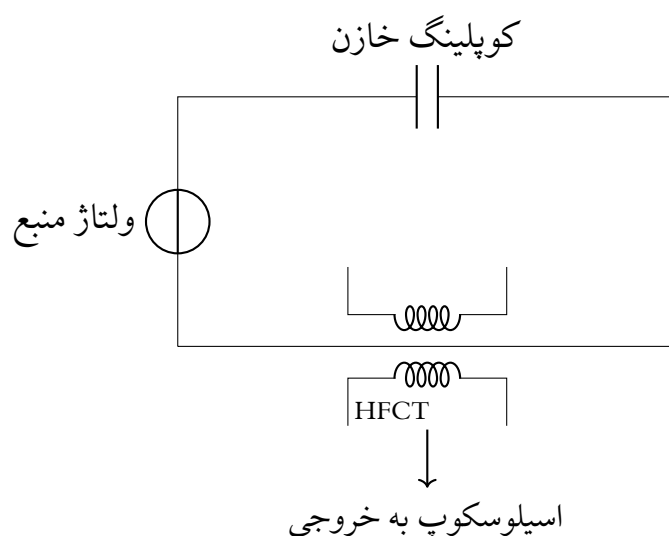
HFCT یک سنسور القایی است که جریان های با فرکانس بالا را بدون تماس مستقیم تشخیص می دهد.

مزایا

- عدم نیاز به تماس الکتریکی
- ایزولاسیون کامل
- بازه پاسخ فرکانسی بالا (۱۰۰ kHz تا ۱۰۰ MHz)

معایب

- اشباع در بارهای فرکانس پایین (۵۰/۶۰ Hz)
- نیاز به کالیبراسیون دقیق



۵ مقایسه HFCT و Zm

ویژگی	HFCT	Zm
نوع اتصال	القایی، بدون تماس	اتصال مستقیم
ایزولاسیون	بسیار بالا	نسبتاً پایین
حساسیت به نویز	پایین	وابسته به طراحی
نیاز به پردازش فرکانس بالا	دارد	ندارد
پیچیدگی نصب	ساده و قابل حمل	وابسته به نوع پیکربندی

۶ نقش خازن کوپلینگ

- افزایش ظرفیت [۹] بهبود نسبت سیگنال به نویز
- افزایش جریان لحظه‌ای منبع
- تأثیر بر پهنای پالس: $\tau = RC$

۷ مدیریت نویز و انتخاب باند فرکانسی

- نویز سفید: طیف یکنواخت در FFT
 - نویز کلیدزنی: ناشی از منابع تغذیه سوئیچینگ
 - تداخل سینوسی: ناشی از خطوط قدرت یا رادیو AM/FM
- نکته عملی: قبل از آزمون، طیف‌نگاری محیط انجام شود.

۸ جمع‌بندی

در انتخاب بین HFCT و Zm باید پارامترهایی مانند ایزولاسیون، حساسیت، محیط نصب و هدف تحلیل در نظر گرفته شود. HFCT مناسب ایزولاسیون بالا و تحلیل سریع است، در حالی که Zm برای اندازه‌گیری دقیق ولتاژ ترجیح داده می‌شود.