



## تشخیص کابل‌های MV دارای عایق پلی اتیلن از طریق آزمایش غیر مخرب

نویسنده : MR. Dr.-Ing M. Beigert / MR.Dipl.-Ing R. Madarasz

آدرس پستی : D - 96148 Baunach- Germany

www. Seba KMT.com

مشاور فنی کارخانجات Seba KMT آلمان

نماینده فروش در ایران : شرکت اسپیداد

صندوق پستی : تهران ۴۳۴۴-۱۱۳۶۵      تلفن: ۸۸۷۵۱۶۱۶      فکس: ۸۸۷۶۳۴۰۰

www. Espidaad.com      E-mail: info@ Espidaad.com

### چکیده

به نظر میرسد که باقیمانده عمر کابل های با ولتاژ متوسط که در دهه های اول سال ۱۹۷۰ کابل گذاری شده اند و تا شروع سال ۱۹۸۰ مورد بهره برداری قرار گرفته اند محدود باشد . بخصوص اینکه رفتار گذشت زمان عایق های پلیمری مورد استفاده در کابل ها اصولاً به شرایط سرویس دهی در زیر بار ( جریان ) اینگونه کابل ها بستگی دارد و بایستی تخریب و خرابی که در شرایط مستقل در آنها ایجاد میشود جهت امکان سرویس دهی ایمن تر در شبکه های کابلی ، حتماً مورد ارزیابی قرار بگیرد . این مقاله به اصول فیزیکی میپردازد که مارا به یک سیستم تشخیص قابل اطمینان جهت اجرای آزمایش در محل استقرار کابل هدایت مینماید .

### مقدمه

کهنگی و یا فرسودگی یک عایق کابل از جنس پلیمری تحت تاثیر عواملی از قبیل : الکتریکی ، فیزیکی ، مکانیکی و خواص ساختاری عایق قرار دارد. مقدار آب و شدت میدان الکتریکی هر دو توأماً همراه با کانال های میکرونی یا شبکه های درختی شکل میکرونی ایجاد شده در عایق همگی دست به دست هم داده و پروسه تخریب عایق را شتاب می بخشد که نتیجه آن ، کاهش طول عمر باقیمانده اینگونه عایق ها میباشد . شکل ۱ ، یک وضعیت واقعی از این پروسه را نشان میدهد . شاخه های درخت مانند ایجاد شده در عایق از لایه داخلی نیمه هادی از یک محل آسیب دیده شروع و تحت تاثیر میدان الکتریکی قرار گرفته و مستقیماً ادامه این وضعیت به لایه خارجی نیمه هادی ادامه می یابد .

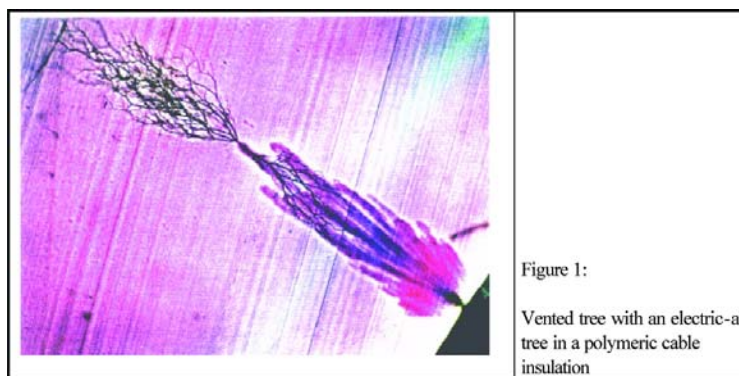


Figure 1:

Vented tree with an electric-al tree in a polymeric cable insulation

شکل ۱: شاخه های خالی درخت مانند همراه با یک میدان الکتریکی در یک عایق پلیمری کابل را نشان می دهد.

در انتهای شاخه های توخالی درخت مانند یک درخت الکتریکی به شکل و ساختار ساقه های درخت، در عایق کابل در دو جهت رشد مینماید. این پدیده میتواند بعنوان یک مشکل و نقص نگران کننده تلقی و بیان شود. نکته مهم این است که یک درخت الکتریکی در زمان کوتاهی منجر به ایجاد عیب در کابل میگردد. بنا براین لازم است که این ساختارهای اولیه درخت الکتریکی را مانند شاخه های آب در کابل را در مراحل تشکیل اولیه با یک سیستم تشخیص مورد جستجو قرار دهیم. انتخاب استفاده از ولتاژهای آزمایش خاص جهت جستجو کردن عیب و نقص های تکی همیشه یک ریسک آسیب زودرس را بین اهمیت کشف و پیدا کردن نقص اولیه و ایجاد خطری را که از این طریق به کابل وارد میشود را به همراه دارد. با در نظر گرفتن مجموعه ریسک ایجاد وضعیت آسیب به کابل در موقع اجرای جستجوی عیب یک روش جدیدی برای آزمایش عایق کابل XLPE بنام آنالیز IRC (IRC - Analysis) با حداقل ریسک خطر ارائه گردید که در سالهای اخیر بسیار مشهور و معروف شده است.

## روش

تغییرات ساختاری یک عایق کابل را میتوان همراه با طیف گسترده سیستم پلاریزاسیون عایق کابل مورد ارزیابی قرار داد. بالانس و تعادل موجود دو قطبی که در عایق وجود دارد در اثر میدان الکتریکی باعث ظهور و پیدایش پلاریزه در عایق میگردد و در فضای موجود شارژ یک جابجائی را ایجاد مینماید. در طول مدت پروسه تخلیه الکتریکی میتوان یک جریان دی پلاریزه را اندازه گیری نمود که به مکانیسم های مختلف توام با زمان های مختلف  $t_i$  بستگی دارد. بخصوص پلیمر آسیب دیده و تخریب شده همراه با ساقه های درخت حاوی آب مقادیر و سطوح جریان مخصوص  $a_i$  را دارند که میتواند از جریان نرمال عایق XLPE نو، مجزا گردد. جدول ۱ منابع واقعی و ثابت های زمانی دی پلاریزاسیون مربوطه که در عایق کابل XLPE مهم میباشد را نشان میدهد:

- منبع
- مقدار زیاد دی الکتریک
- رابط ها
- عیوب
- زمان های دی پلاریزاسیون قابل اندازه گیری
- در مقدار ۱۰ ثانیه
- تا ۱۰۰ ثانیه
- بیش از ۲۰۰ ثانیه
- نتایج

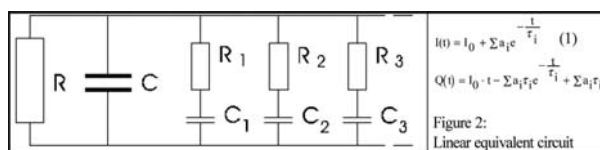


- عایق سالم
- اثرات کلی از قبیل فرسودگی کابل فواصل ( مرزهای ) لایه های نیمه هادی
- اثرات مربوط به محل کابل از قبیل شاخه های درخت آب

Source	measurable depolarization times •	reasons
bulk dielectric	in the range of 10 seconds	sound material
interfaces	up to 100 seconds	global effects such as ageing at the border of the semiconducting layers
defects	above 200 seconds	local effects such as water treeing

Table 1: Measurable depolarization effects, sources and reasons

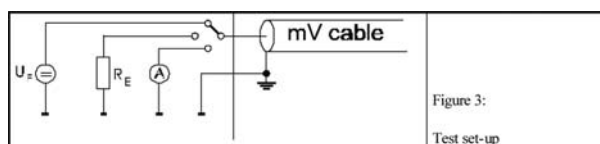
جدول ۱: اثرات دی پلاریزاسیون قابل اندازه گیری ، منابع و دلایل آنرا نشان میدهد .  
 بخصوص ، افزایش پدیده پلاریزاسیون آهسته و ملایم میتواند رفتار بحرانی و وخیم مربوط به سن ( عمر ) عایق کابل را بیان نماید . همراه با کمک مدار خطی معادل RC این اثرات فیزیکی را میتوان بطور الکتریکی بیان نمود. شکل ۲ ، سه اتصال R- C سریال که هر کدام یک زمان ثابت دی پلاریزاسیون را شرح و نشان میدهد . این مدار معادل فقط یک حدود تقریب اثرات خطی تحت ولتاژ های کم را ارائه مینماید ( معادله ۱ ) .



شکل ۲: مدار معادل خطی

## اجرای آزمایش

تشخیص اینگونه اثرات در حوزه عملیاتی خیلی ساده نیست . ترتیب اجرای آزمایش ، حساسیت ( اجزای ) الکترونیکی و الگو مدل مکانیکی خاص ، برای دریافت نتایج قابل اعتماد و اطمینان مورد نیاز میباشد . شکل ۳ این روش را نشان میدهد . در اول شروع اندازه گیری ، کابل را از طریق یک رزیستور تا مقدار سطح ولتاژ 1kV را بطور کامل شارژ میکنیم . بعد از این مرحله که قبلاً گفته شده بمدت ۳۰ دقیقه طول میکشد ، انرژی ذخیره شده در خازن کابل را بمدت ۵ ثانیه تخلیه مینمائیم . دریافت داده ها در یک ترتیب آزمایش استاندارد شده بمدت ۳۰ دقیقه طول میکشد . اتصال کابل در میدان بسیار ساده است . شکل ۴ سیستم کامپیوتری را جهت بدست آوردن وضعیت های فرسودگی و آسیب دیدگی مخفی یک کابل در مدار دارای ولتاژ متوسط را نشان میدهد .



شکل ۳: برقراری آزمایش

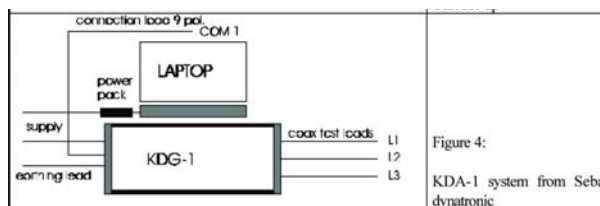


Figure 4:  
KDA-1 system from Seba dynatronic

شکل ۴: سیستم KDA-1 از کمپانی SEBA DYNATRONIC

با کمک یک محاسبه ریاضی میتوان به آسانی وضعیت های سالخوردگی و فرسودگی مختلف مربوط به یک عایق کابل را تشخیص و وضعیت فرسودگی آنرا با محاسبه ثابت های زمانی مختلف مورد بررسی و ارزیابی قرار داد. این کار میتواند بطور اتوماتیک بوسیله سیستم [۱،۲،۳،۴،۶] انجام شود. محاسبه یک فاکتور فرسودگی با استفاده از معادله ۲ در شکل [۱] امکان پذیر میباشد. نمودار خطی دو اندازه گیری انجام شده با وضعیت فرسودگی مختلف کابل را نشان میدهد.

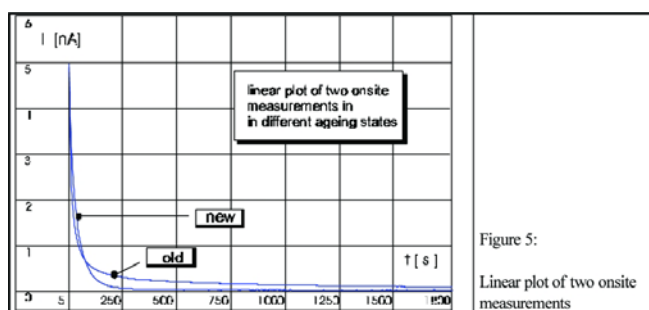


Figure 5:  
Linear plot of two onsite measurements

شکل ۵: یک نمونه ثبت شده واقعی مربوط به زمان جریانها دی پلاریزاسیون را نشان میدهد.

## نتیجه گیری

ضمناً در بررسی سیستم های کابل پلیمریک منجر به یک پیامد مهم جهت جلوگیری از تعمیر در روی کابل نیز میگردد. علاوه بر ابزارها و الگوهای مدرن محاسباتی که بر اساس دانش آماری استوار است و بانک داده های مورد استفاده اجرای یک تشخیص قابل اطمینان مربوط به برآورد و کهنگی ( فرسودگی ) و وضعیت های آسیب های وارده به کابل نیز در یک شبکه برق دارای سیم نیوترال نیز امکان پذیر است [۳،۴]. کاربرد این تکنولوژی یک نمایش واضح و روشنی از دی الکتریک (عایق) پلیمریک دریافت مینماید و قادر خواهد بود تا درمورد اینکه آیا یک کابل دچار عیب گردیده یا نه ، و یا اینکه نیاز به مرمت دارد یا نه بایستی تعویض گردد ، میتواند تصمیم گیری نماید .

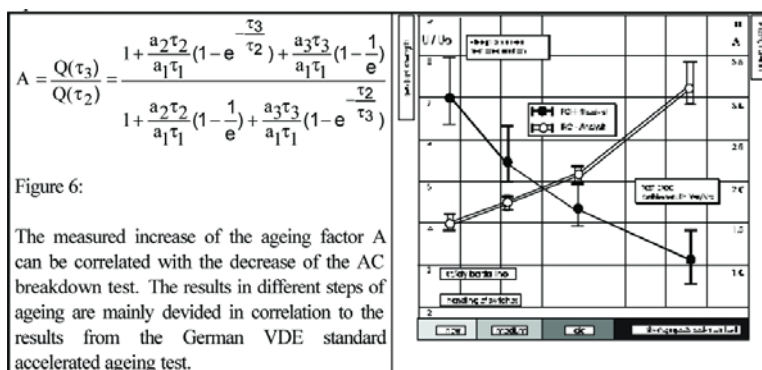


Figure 6:

The measured increase of the ageing factor A can be correlated with the decrease of the AC breakdown test. The results in different steps of ageing are mainly divided in correlation to the results from the German VDE standard accelerated ageing test.



شکل ۶ افزایش فاکتور A مربوط به سالخوردگی ( فرسودگی ) کابل که اندازه گیری شده میتواند مربوط به کاهش آزمایش قطع ولتاژ AC باشد . نتایج حاصله از مراحل مختلف مربوط به فرسودگی کابل اصولاً در ارتباط با نتایج حاصله از آزمایش استاندارد آلمانی VDE ، تقسیم بندی میشود .

## منابع و مأخذ

- [1] M. Beigert, H.-G.Kranz: Destruction Free Ageing Diagnosis of Power Cable Insulation Using the Isothermal Relaxation Current Analysis, IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Pittsburgh, PA USA, 1994, S. 17-21.
- [2] M. Beigert, H.-G.Kranz, D. Steinbrink: Dielectric Destruction Free Ageing Diagnosis of Medium-Voltage Cables, International Symposium on High Voltage Engineering, Österreich, 1995.
- [3] H.- G. Kranz, D. Steinbrink, F. Merschel: IRC-Analysis: A new test procedure for laid XLPE-Cables, 10th ISH Montreal, Kanada, 1997.
- [4] H.- G. Kranz, D. Steinbrink: Destruction free ageing diagnosis of medium voltage cables based on the IRC-Analysis, ICDI-Budapest, Ungarn, 1997.
- [5] F. Petzold, H. Schlapp: Kabeldiagnose - Beurteilung des Alterungszustandes von PE/VPE-Kabeln mit IRC-Analyse, 40. Internationales wissenschaftliches Kolloquium, Ilmenau, 1995.
- [6] R. Plath, W. Kalkner, I. Krage: Vergleich von Diagnosesystemen zur Beurteilung des Alterungszustandes PE/VPE-isolierter Mittelspannungskabel, Elektrizitätswirtschaft, Jg. 96 (1997), Heft 20.