

ЛОКАЛИЗИРАНЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕТО НА ПОВРЕДИ В КАБЕЛНИ ЛИНИИ СЪС СПЕЦИАЛИЗИРАНА АПАРАТУРА

Емилия Димитрова
edimitrova@bitex.bg

**ВТУ „Тодор Каблешков“ – София, 1574, ул. "Гео Милев" 158
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** локализиране на кабелни повреди, рефлектометър, мобилна лаборатория*

***Резюме:** Съществено влияние върху правилното функциониране на всички кабелни мрежи оказва периодичното контролиране на амортизационните показатели на кабелната изолация. Изборът на стойностите на напрежение на тестване и тяхната продължителност при провеждане на изпитанията се явява важен компромис между значимостта на теста и възможното разрушаване на кабела. В доклада се разглежда уредът Teleflex MX, специално проектиран за бързо локализиране мястото на повредата в захванващи кабели. Той дава възможност автоматично да се определи разстоянието до края на линията и местоположението на кабелните повреди, като необходимото време се свежда до няколко минути. Показани са методики за провеждане на изпитанията и получени резултати.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Безпроблемната работа на всички кабелни мрежи зависи в голяма степен от актуалното състояние на кабелната изолация. От съществено значение е периодичното контролиране на амортизационните показатели. При провеждане на изпитанията е много важен изборът на стойността на напрежението на тестване и продължителността на изпитанието. Налага се необходимостта от използване на по-специфични методи на тестване в сравнение с класическите [1, 2].

КЛАСИЧЕСКИ МЕТОДИ ЗА ОТКРИВАНЕ НА ПОВРЕДИ НА КАБЕЛИ

При изследване на импрегнирани с масло кабели е установена практиката да се провеждат високоволтови тестове през регулярни периоди от време. Измерването на тока на утечка дава добра представа за надежността на кабела, разкривайки отделни дефекти. С широкото навлизане в практиката на кабелите с пластмасова изолация постояннотоковите тестове вече не се препоръчват и до тях се прибегва само в отделни специални случаи. Като алтернатива бяха предложени VLF /very low frequency/ тестове, променливотокови резонансни методи и методи, базираци се на осцилираща вълна. Всички те имат предимства, но и недостатъци - скъпи са за реализация, обемни и по-неудобни от традиционните постояннотокови тестове. При провеждане на изпитанията трябва да се има предвид ограниченото време на живот на кабелите с пластмасова изолация в стандартни условия на работа. Когато то е намаляло, силно се затруднява

изборът на стойността на напрежение на тестване. Прекомерно големите стойности биха могли да доведат до повреди на кабела и влошаване на надеждността. При подбор на твърде малки по стойност напрежения на тестване скъсяването на оставащото време на живот на кабела ще бъде пренебрежимо малко, но няма да бъде постигната целта на теста и е възможно някои съществени дефекти да останат незабелязани.

Следователно, налице е необходимостта от по-специфични методи на тестване в сравнение с класическите, чрез които се преценява издръжливостта на пренапрежение или обичайното решение „годен/ негоден“. Този проблем може да бъде решен по различни начини.

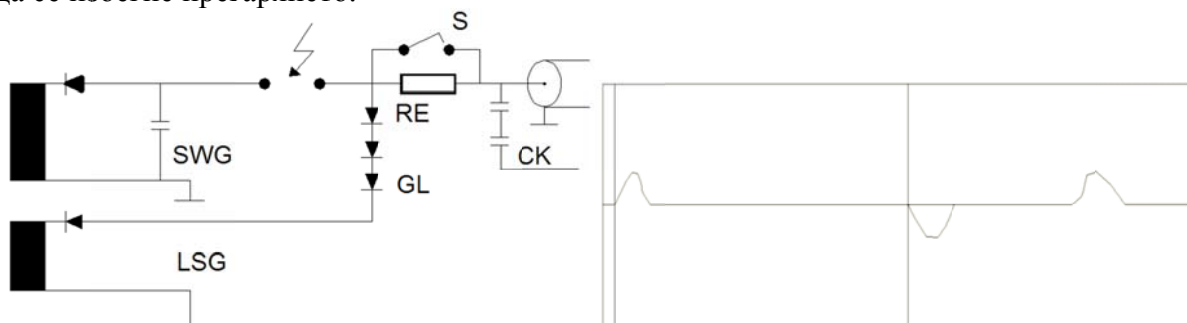
Анализът на частичния заряд е намерил широко приложение в производството и практиката, но се характеризира с висока цена и сравнително трудна реализация в работни условия. Прилагането му се оказва критично при диагностика на остарели кабели, тъй като началните форми на водни дървета (“water trees”) обикновено не позволяват да се получи частичен разряд. Наред с това не съществува линейно съответствие между стареенето на кабела и частичния разряд. За предизвикването на такъв са необходими значителни по стойност напрежения.

Една друга възможност за диагностициране е измерване стойността на $\text{tg } \delta$ и проследяване зависимостта ѝ от напрежението на тестване.

СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА ЛОКАЛИЗИРАНЕ НА ПОВРЕДИ НА КАБЕЛИ

Импулсният метод за откриване на повреди в кабелните линии се основава на отражението на импулса, след като е претърпял изменение в мястото на нееднородност в хомогенната верига, изразяваща се в промяна на вълновото съпротивление на кабела - настъпват при късо съединение между жилата, прекъсване или серийни повреди. От времето за разпространение на импулса може да се измери разстоянието до мястото на отражение, ако се знае скоростта V на разпространение на импулса в кабела. Конструирането на импулсните уреди за измерването на времето за преминаване на импулса включва импулсен генератор, усилвател и осцилоскоп.

Метод на електрическата дъга- посредством импулсен разряд от щосгенератор SWG се създава електрическа дъга и настъпва пробив в мястото на повредата (фиг.1). За увеличаване времетраенето на дъгата през уреда за стабилизиране LSG и разделителните диоди GL към дъгата протича ток с високи стойности и я поддържа над 20ms. През това време се провежда импулсно-ехово измерване. Връзката става през високоволтов кондензатор C_K . Необходимо е получената ехограма да се запамети от уреда. Преди измерването с електрическа дъга може да се измери ехограмата на жилото и също да се запамети. При сравняване на двете ехограми се вижда ясно къде се намира повредата. Методът се прилага най-често там, където кабелната повреда не може да се преобразува в нискоомна с помощта на прегарящо устройство, а и винаги, когато може да се избегне прегарянето.



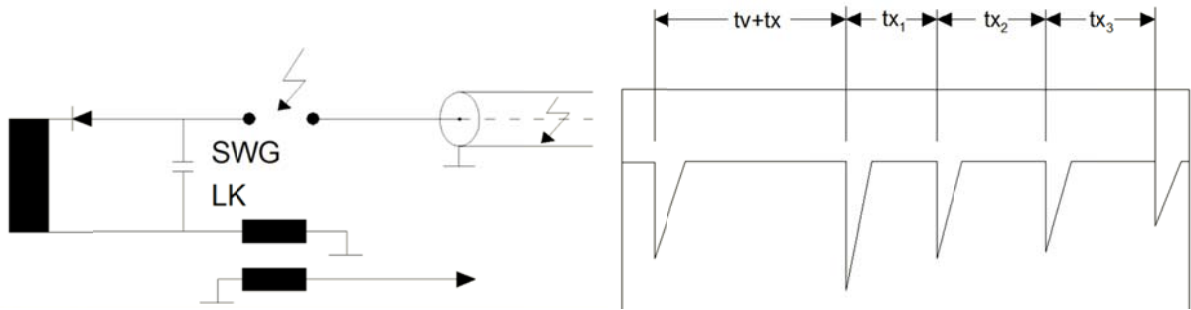
фиг. 1 Стабилизиране на електрическата дъга и двойна ехограма

Методът на токовия импулс е удобен при локализиране на еднократни пробиви в мястото на повредата. Необходими са само един щосгенератор SWG с линейно звено за

връзка LK и импулсен уред с транзитно записващо устройство (фиг. 2). Интервалите от tx_1 , tx_2 , tx_3 са равни. Разстоянието до мястото на повредата се изчислява от:

$$(1) \quad L_x = tx_1 \frac{V}{2}$$

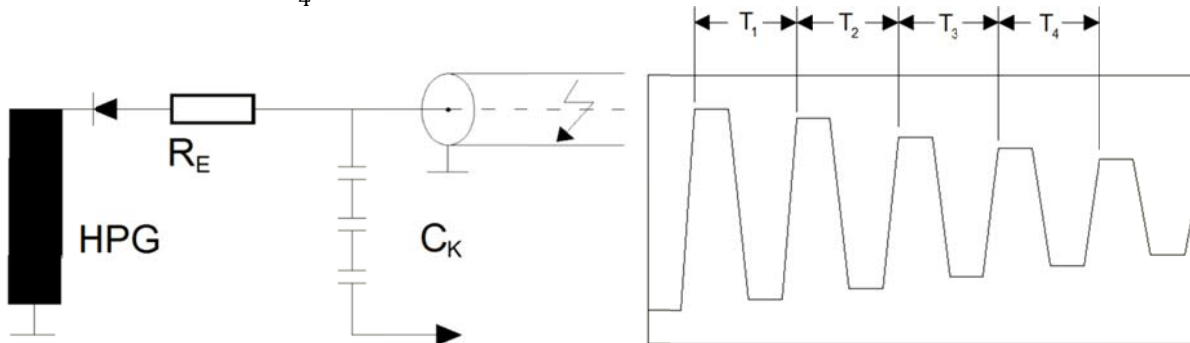
Отсечката $tv+tx$ съдържа освен времето на импулса, също и закъснението при настъпването на пробива в мястото на повредата tv . По тази причина първата отсечка от измерването не може да се използва за определяне мястото на повредата.



фиг. 2 Метод на токовия импулс и осцилограма на повреда поради пробив

Методът на затихване с връзка по напрежение е показан на фиг. 3. За зареждане на кабелния капацитет през съпротивлението R_E към жилото с пробива се включва уред за изпитване с високо напрежение HPG и високоволтов кондензатор C_K . При повишаване на изпитващото напрежение в мястото на повредата настъпва пробив. Следващите процеси се подават през кондензатора на транзитното записващо устройство на рефлектометра, за да се анализира след това като статична ехограма. Измерва се продължителността на периода T . За определяне на разстоянието до мястото на повредата се използва формулата:

$$(2) \quad L_x = T \frac{V}{4}$$



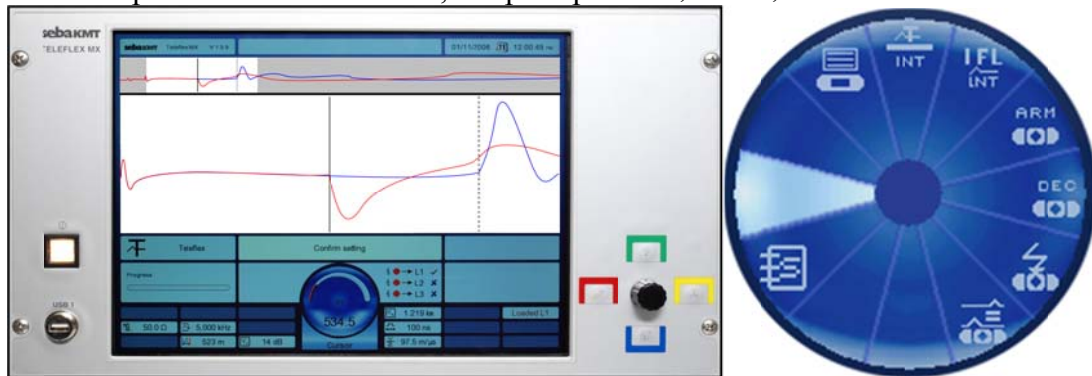
фиг. 3 Метод на токовия импулс и осцилограма на повреда поради пробив

МЕТОДИКА ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИЗПИТАНИЯ

Локализиране на повреди в захранващи кабели може бързо и сравнително точно да се извърши с рефлектометра с микропроцесорно управление Teleflex MX [2]. Уредът предлага няколко възможни метода, които се избират от главното меню (фиг.4):

ARM (Arc Reflection Method) –замерване със стабилизация на дъгата; DEC (Voltage Decay Method)– замерване по метод затихване на напрежението; ICE (Impulse Current Method) –замерване с метода на импулсния ток; Three-phase TDR (Time-domain reflectometry) – трифазно замерване с отражение на импулса(трите фази се изобразяват едновременно в различни цветове); IFL (Intermittent Fault Locating) –замерване за зависещи от времето повреди; ARM Burning (ARM прогаряне)– стабилизация на дъгата с прогаряне.

Системното меню дава възможност за конфигуриране на настройки, въвеждане, извеждане и изтриване на данни от замерването, както и за получаване на информация за системата. За всеки работен режим предварително избраните стойности (широчина на импулса, праг на задействане и компенсирани и др.) могат да бъдат зададени и запазени като такива по подразбиране. Може да се задава скоростта на разпространение на сигнала: NVP (Nominal Velocity of Propagation - Номинална скорост на разпространение) - определя отношението между скоростта на разпространение на сигнала и скоростта на светлината c , например $NVP 0,53 = 0,53.c$.



фиг. 4 Рефлектометър Teleflex MX и меню за избор на режим на работа

Скорост $V/2$ – определя скоростта на разпространение на сигнала като половината от действителната скорост. Индицират се както дължината на тествания кабел, така и мястото на повредата. Резултатите от измерванията могат директно да се разпечатват, да се архивират в *.pdf формат и да се изпращат към USB памет.

ARM замерването се използва за локализиране на повреди с високо съпротивление и често повтарящи се повреди. Изисква импулсен разряд с ВН, който причинява прекриване с късо съединение. За да се избегне трайна повреда на кабела, трябва да бъде установена подходящата стойност на напрежението, като се извърши тест на напрежението с DC. Върху кабела не трябва да се прилага импулсно напрежение по-високо от допустимото според параметрите на кабела и не по-високо от $4/3$ пробивното напрежение, установено при DC изпитването. Записват се еталонна крива и крива на неизправността и след това те се сравняват една с друга. Кривата на неизправността се регистрира при капацитивен разряд (пик), който води до ударно припокриване с късо съединение (дъга) на мястото на повредата, последвано от замерващ импулс, който предизвиква отражение при ударното късо съединение с ниско съпротивление.

Замерването с помощта на затихване се използва за локализиране на повреди с високо съпротивление и често повтарящи се повреди на кабели, по които може да има напрежение. По неизправният кабел се пуска ВН до нивото на пробив, което създава преходна вълна, движеща се между мястото на повредата и генератора на ВН (фиг. 5). Закъснението на тази вълна се използва, за да се изчисли разстоянието до повредата.

Разстоянието до повредата l_n се определя по формулата:

$$(3) \quad l_n = (l_{тп} + l_{в}) / 2$$

където $l_{тп}$ е дължина на тестовия проводник; $l_{в}$ - ефективно вътрешно окабеляване.

Докато дължината на тестовия проводник и ефективното вътрешно окабеляване зависят от конфигурацията на тестовата лаборатория и следва да бъдат определени с подходящото тестово замерване, стойността за разстоянието на пълния интервал може да бъде определена, като се използват курсорите. Червеният курсор се поставя на основна точка от кривата (пик или нулева позиция), като се използва навигационния бутон. Задържа се натиснат навигационният бутон за 2s и синият курсор се премества



фиг. 5 Осцилираща вълна при замерване с помощта на затихване

до позицията на червения. Премества се червеният курсор отново един интервал напред или назад. Пълното разстояние и половината разстояние между двата курсора е изписано в долния ляв ъгъл на дисплея (фиг. 6) и може да бъде използвано за изчисляване на разстоянието до повредата с помощта на формула (3), тъй като един пълен интервал представлява два пъти разстоянието между генератора на ВН и повредата.



фиг. 6 Резултат от замерване с помощта на затихване

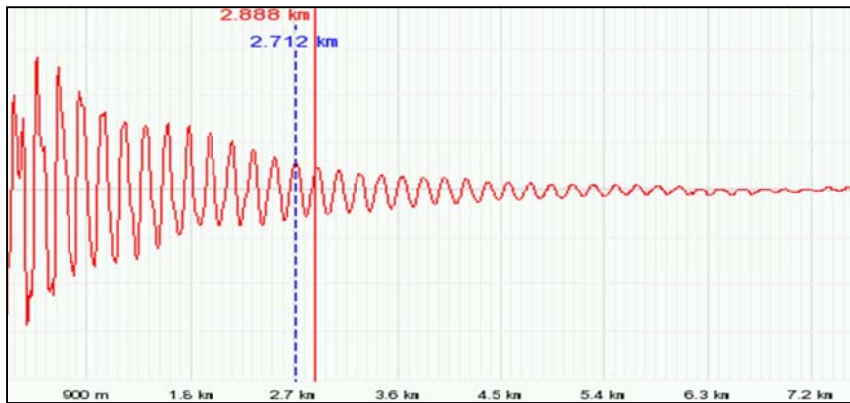
ICE замерването се стартира с кондензаторен разряд на импулсен ток, което води до припокриване с късо съединение, продължаващо няколко милисекунди. Като резултат, вътрешна разпространяваща се вълна е отразена при мястото на повредата и се движи между тази позиция и генератора на ВН (фиг. 7). За да се избегне трайна повреда на кабела, трябва да бъде установена подходящата стойност на напрежението, като се извърши предварително тест на напрежението с DC, както при ARM замерването. Стойността за разстоянието на интервала може да бъде определена, като отново се използват курсорите (фиг. 8-а) Пълното разстояние между двата курсора е изписано в долния ляв ъгъл на дисплея и може да бъде използвано за изчисляване на разстоянието до повредата с помощта на формулата:

$$(4) \quad l_{\text{п}} = l_{\text{инт}} \cdot (l_{\text{тп}} + l_{\text{в}}), \text{ където } l_{\text{инт}} \text{ е цялото разстояние за измерения интервал.}$$

Друга възможност за определяне на разстоянието на цял интервал е методът на преместването. При активирането му се създава нов екземпляр на кривата. Той се премества с един интервал напред или назад чрез навигационния бутон, докато нулевите позиции на двете криви съвпадат. Разстоянието, което в момента е изписано на менюто за избор (фиг. 8-б), е разстоянието на пълен интервал и може да бъде използвано за изчисляване на разстоянието до повредата с помощта на формула (4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диагностицирането на повреди на кабели се определя не само от продължителността на експлоатация, но и от специфичните условия на работа на кабелите. В доклада е предложена методика за бързо и точно локализиране на повреди, като се използва съвременна апаратура, монтирана в мобилна лаборатория. Потребителите могат посредством безразрушителен анализ да решат проблема за ремонт или временна подмяна на дадена кабелна отсечка.



фиг. 7 Осцилираща вълна при ICE замерване



a)

б)

фиг. 8 Резултат от ICE замерване

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Николов Н., Кабелна съобщителна техника ч.III „Измервания за локализиране на повреди по съобщителни кабели“, Нови знания, София 2000
- [2] Wester F., Condition Assessment of Power Cables using Partial Discharge Diagnosis at Damped AC Voltages- OWTS the advanced technology for PD-diagnosis, Optima Grafische Communicatie, Rotterdam, The Netherlands, 2004
- [3] Teleflex MX–TDRtime domain reflectometer for cablefault location, Technical specification, Seba KMT, 2008

CABLE FAULT LOCATION BY SPECIALIZED EQUIPMENT

Emiliya Dimitrova
edimitrova@bitex.bg

*Todor Kableshkov University of Transport - Sofia, 158 Geo Milev str.
 BULGARIA*

Key words: cable fault location, reflectometer, mobile laboratory

Abstract: The periodic monitoring of depreciation indicators of the cable insulation is essential for the operation of all cable networks. The correct choice of the values of testing voltage and their duration in the tests is an important compromise between the importance of the test and the possible destruction of the cable. The time domain reflectometer for cable fault location Teleflex MX is described in this paper. It has been especially designed to determine the fault location in power cables quickly. There is possibility of precise automatic recognition of the cable end and the fault position. The required time is reduced to a few minutes. Methods for examinations and tests by this instrumentation as well as obtained results are also described.