

# Systemy pomiarowe Megger PFL – lokalizacja uszkodzeń w kablach energetycznych

Tomasz Koczorowicz

Brytyjska firma Megger Limited wprowadziła do swojej oferty serię mobilnych systemów pomiarowych do lokalizowania uszkodzeń w kablach energetycznych. Urządzenia są alternatywą dla kosztownych systemów pomiarowych montowanych na specjalnie do tego celu przystosowanych samochodach. Systemy pomiarowe Megger serii PFL wyposażono w najnowsze metody diagnostyczne. Dystrybutorem rozwiązań w Polsce jest firma Tomtronix.

Wskazania urządzeń pomiarowych służących do lokalizowania uszkodzeń w kablach energetycznych nie są tak jednoznaczne, jak np. podczas pomiaru napięć czy prądów. Każde uszkodzenie ma swoją specyfikę i wymaga indywidualnego traktowania. W zależności od charakteru uszkodzenia, lepiej sprawdzają się różne metody pomiarowe. Dlatego bardzo istotne jest, aby aparatura była wyposażona w dużą liczbę funkcji opartych na wielu metodach pomiarowych.

W skład nowej serii przyrządów do lokalizowania uszkodzeń w kablach energetycznych wchodzi dwa urządzenia PFL20M (rys. 1) oraz PFL40A (rys. 2).

## Test wysokim napięciem stałym

Systemy pomiarowe wyposażono w możliwość badania kabli napięciem stałym 40 kV przy obciążeniu prądem do 25 mA (Megger PFL40A) lub 20 kV przy obciążeniu prądem do 60 mA (Megger PFL20M). Pomiar ten potwierdza integralność kabla oraz pozwala identyfikować uszkodzenia w sieci kablowej. Przyrządy mają płynnie regulowane napięcia wyjściowe. Obsługujący określa wartość progową prądu upływowego, po przekroczeniu której wyłączane jest napięcie pomiarowe. Takie rozwiązanie ogranicza energię doprowadzaną do miejsca uszkodzenia i chroni badany obiekt w przypadku przebicia. Pomiar napięciem stałym jest przeprowadzany zawsze w pierwszej kolejności. Potwierdza



Rys. 1. System pomiarowy Megger PFL20M



Rys. 2. System pomiarowy Megger PFL40A

niesprawność, informuje o tym, której żyły kabla dotyczy problem. Badanie to należy traktować jako wstępne. Operator stopniowo zwiększa napięcie przykładane do kabla do wymaganego poziomu, a następnie utrzymuje określoną jego wartość przez pewien okres czasu. Jeżeli prąd upływowy nie występuje lub jest niewielki, wówczas wskaźnik napięcia przykładanego do kabla zachowuje się stabilnie – kabel jest sprawny. Jeżeli natomiast odczyt napięcia nie jest stabilny lub wartość napięcia maleje i towarzyszy temu gwałtowny wzrost prądu, wówczas kabel jest klasyfikowany jako uszkodzony. Badanie wysokim napięciem stałym powinno być wykonywane również po czynnościach naprawczych w celu potwierdzenia, że w danym kablu nie występują inne uszkodzenia, oraz że naprawa została wykonana prawidłowo.

### **Metody lokalizacji uszkodzeń**

Metody lokalizacji uszkodzeń w kablach energetycznych można umownie podzielić na nieniszczące i niszczące. Po stwierdzeniu uszkodzenia zawsze w pierwszej kolejności powinno się korzystać z metod tzw. lokalizacji wstępnej, które nie narażają kabla na dalszą degradację, czyli metody reflektometru (TDR – *Time Domain Reflectometry*), reflektometru wysokonapięciowego



Rys. 3. Kolorowy wyświetlacz VGA

(ARM – Arc Reflection Method), metody odbicia impulsu prądowego ICE lub napięciowej fali wędrownej (Decay).

### Metoda reflektometru TDR

Metoda reflektometru oparta jest na zjawisku rozprzestrzeniania się fali elektromagnetycznej w niejednorodnym torze, w którym występuje nieciągłość impedancji falowej. Fala elektromagnetyczna, przemieszczając się wzdłuż kabla, ulega częściowemu odbiciu od tych miejsc, w których skokowo zmienia się ta impedancja. Amplituda sygnału odbitego zależy od różnicy impedancji i ma największą wartość w przypadku pełnego zwarcia lub przerwy. W zależności od tego, czy niejednorodność charakteryzuje się mniejszą czy większą impedancją względem średniej (znamionowej) falowej impedancji kabla, zmienia się faza odbitego sygnału. Urządzenie wysyła impuls energii o amplitudzie napięcia oko-

ło 20 V do pary przewodników (dwóch żył lub żyły i ekranu). Szybkość rozchodzenia się (propagacji) impulsu w kablu zależy od rodzaju izolacji między żyłami i charakteryzuje się współczynnikiem, który liczbowo stanowi ułamek szybkości rozprzestrzeniania się fali elektromagnetycznej w próżni. Mikroprocesor przyrządu mierzy czas, który upłynął od chwili nadania impulsu do chwili odbioru odbitego sygnału. Następnie mnoży go przez szybkość rozchodzenia się światła w próżni oraz przez współczynnik propagacji. W ten sposób obliczana jest odległość od punktu odbicia. System pomiarowe Megger PFL wyposażono w kolorowy wyświetlacz VGA (rys. 3), na którym użytkownik obserwuje jednocześnie dwa przebiegi impulsu – bieżący i archiwalny, oraz przebieg różnicowy. Widoczne są miejsca, w których występują uszkodzenia kabli, rozgałęzienia, niesprawności złączy, zawilgocenia, zagięcia itp. W miejscach o impedancji większej niż impedancja falowa kabla powsta-

ją odbicia o fazie zgodnej z nadawanym impulsem (dodatniej). Miejsca o mniejszej impedancji charakteryzują się odbiciami o fazie przeciwnej (ujemnej). Metoda reflektometru doskonale sprawdza się w przypadku ewidentnych przerw oraz niskoomowych zwarców w zakresie do około kilkuset  $\Omega$ . Jeżeli operator prawidłowo określi współczynnik propagacji, może spodziewać się małego błędu przy pomiarze odległości do uszkodzenia. Trzeba jednak zdawać sobie sprawę z tego, że pomiar wykonywany jest „po kablu”, a więc wszelkie zapętlenia kabla lub położenie kabla w gruncie niezgodne z dokumentacją będą wprowadzały nieoczekiwany, dodatkowy błąd podczas wyznaczania miejsca uszkodzenia. Reflektometr w systemach pomiarowych Megger PFL posiada automatyczną zmianę zakresów oraz automatycznie wyznacza odległość do miejsca uszkodzenia. Został także wyposażony w funkcję asystenta, która prowadzi operatora przez proces lokalizowania uszkodzenia.

### Metoda reflektometru wysokonapięciowego ARM

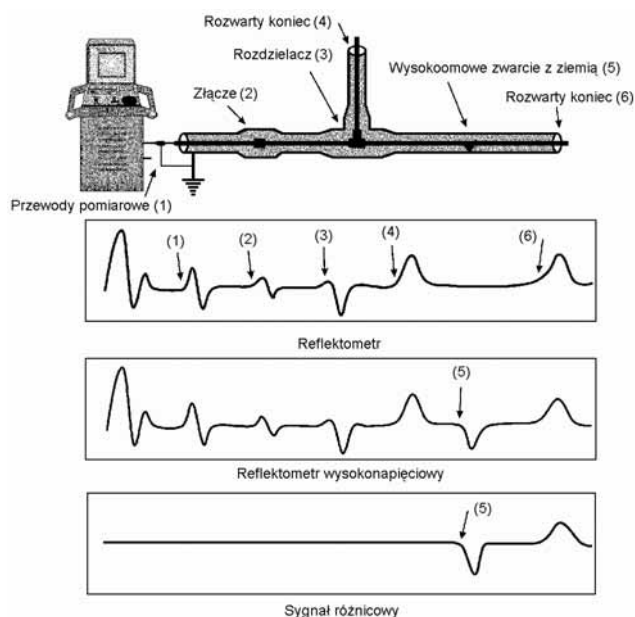
Metoda ta znana jest także jako metoda odbicia od wyładowania łukowego. Jak wspomniano wcześniej, reflektometr nie lokalizuje miejsc uszkodzeń o dużej impedancji, w takich przypadkach pomocny jest reflektometr wysokonapięciowy. Metoda reflektometru wysokonapięciowego zakłada jednocześnie użycie reflektometru, generatora udarów oraz wysokonapięciowego filtra, który ogranicza amplitudę napięcia oraz szerokość impulsu wysyłanego przez generator i chroni wejście-wyjście reflektometru przed impulsem wysyłanym przez generator udaru. Wysokonapięciowy filtr umożliwia jednocześnie wysyłanie impulsów zarówno niskiego, jak i wysokiego napięcia do badanego kabla. Podstawowym celem filtra jest umożliwienie podłączenia reflektometru w celu obserwacji kabla, gdy jest on poddawany udom, w sposób, który nie pozwoli na jego uszkodzenie. Z generatora udarów do kabla wysyłane są impulsy o krótkim czasie trwania i dużej amplitudzie do 34 kV (PFL40A) lub do 16 kV (PFL20M) (o małej energii). Duża amplituda impulsów powoduje, że w miejscu osłabienia izolacji powstają wyładowania łukowe. Łuk elektryczny w miejscu występowania tworzy mostek (zwarcie). W tym samym czasie z reflektometru wysyłane są impulsy, któ-

R E K L A M A



**TOMTRONIX**  
 APARATURA POMIAROWA  
 TEL.FAX.(42) 6747455  
 TEL.(42) 6760633  
 tomtronix@tomtronix.com.pl  
 www.tomtronix.com.pl

**Megger® PFL**  
**Wszystkie metody lokalizacji**  
**w przystępnej cenie**

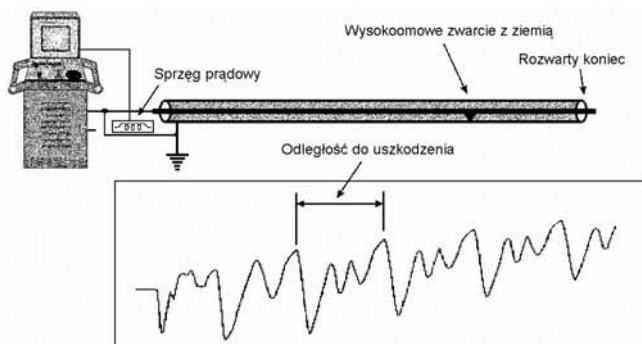


Rys. 4. Przebiegi na wyświetlaczu w metodzie reflektometru wysokonapięciowego

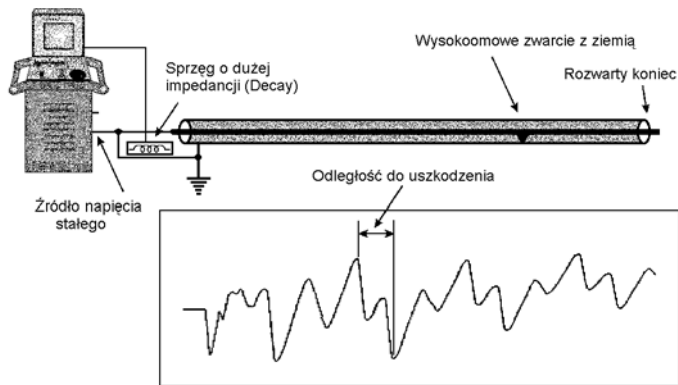
re odbijają się od łuku (zwarcia), a następnie wracają do wejścia-wyjścia przyrządu. Operator zapoznaje się z przebiegiem impulsu na wyświetlaczu reflektometru. Metoda reflektometru wysokonapięciowego jest najdokładniejszą i najprostszą metodą wstępnej lokalizacji uszkodzenia. W tej metodzie na wyświetlaczu reflektometru dostępne są dwa przebiegi (rys. 4): przebieg, który jest wynikiem badania sygnałem niskonapięciowym bez udziału generatora udarów (reflektometr), oraz drugi, który powstał w wyniku jednoczesnej pracy generatora udarów i reflektometru (reflektometr wysokonapięciowy). Pierwszy przebieg informuje o wszystkich punktach charakterystycznych kabla (rozgałęzienia, złącza, zagięcia itp.), ale nie pokazuje sygnałów odbitych od uszkodzeń wysokoomowych. Drugi przebieg zawiera również, oprócz punktów charakterystycznych kabla widocznych na pierwszym przebiegu, informację o miejscu występowania uszkodzenia o dużej rezystancji (wyładowania łukowego). Operator systemu pomiarowego Megger PFL może włączyć analizę różnicową i obserwować na przebiegu różnicowym tylko tę informację, która dotyczy wysokoomowego uszkodzenia.

### Metoda odbicia impulsu prądowego ICE

Metoda odbicia impulsu prądowego ICE zakłada jednoczesne użycie analizatora (oscylskopu z pamięcią), generatora udarów oraz sprzęgu prądowego, który pośredniczy w transmisji impulsu



Rys. 5. Przebieg na wyświetlaczu w metodzie odbicia impulsu prądowego ICE

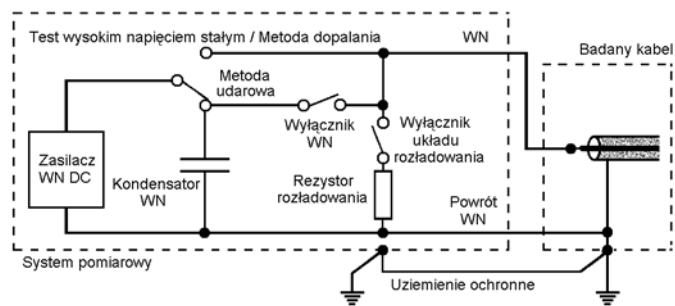


Rys. 6. Przebieg na wyświetlaczu w metodzie napięciowej fali wędrownej (Decay)

odbitego od uszkodzenia do wejścia analizatora. W metodzie tej generator udaru jest podłączony bezpośrednio do kabla bez pośrednictwa wysokonapięciowego filtra, który w metodzie reflektometru wysokonapięciowego ograniczał zarówno amplitudę napięcia, jak i energię doprowadzaną do kabla. Impulsy o amplitudzie do 34 kV (PFL40A) lub do 16 kV (PFL20M) wysyłane przez generator udaru powodują wyładowania łukowe w miejscu uszkodzenia.

Część energii odbija się od miejsca uszkodzenia. Odbite impulsy docierają do sprzęgu prądowego, a następnie są przechwytywane i wyświetlane przez analizator. Docierają one również do wyjścia generatora udarów, a część transmitowanej przez niego energii odbija się ponownie i znów podąża w kierunku uszkodzenia. W ten sposób między generatorem udaru i miejscem uszkodzenia powstają stopniowo gasnące oscylacje. Występują one do momentu, w którym energia zgromadzona w odbitych impulsach nie ulegnie całkowitemu rozproszeniu. Analizator pracuje w trybie pasywnym, co oznacza, że nie wysyła niskonapięciowych impulsów tak jak reflektometr. Energia impulsu udaru, większa niż w metodzie reflektometru wysokonapięciowego, pozwala lokalizować uszkodzenia na długich dystansach oraz identyfikować te uszkodzenia, w miejscu występowania których trudno uzyskać wyładowania łukowe metodą reflektometru wyso-

konapięciowego. Taka sytuacja może mieć miejsce wówczas, gdy uszkodzenia są powodowane zawilgoceniem izolacji lub nasyceniem olejem i wymagają większego prądu jonizującego oraz wyższego napięcia niż oferuje to metoda reflektometru wysokonapięciowego. Metoda odbicia impulsu prądowego ICE pozwala lokalizować uszkodzenia podobne do tych, które są identyfikowane metodą reflektometru wysokonapięciowego, ale precyzja lokalizacji w tym przypadku jest gorsza, a interpretacja wyników trudniejsza. Na przebiegach uzyskanych metodą odbicia impulsu prądowego nie są widoczne miejsca charakterystyczne, tak jak ma to miejsce w metodzie reflektometru wysokonapięciowego. Miejsce występowania uszkodzenia określa się ustawiając kursory na kolejnych pikach przebiegu (rys. 5). Mikroprocesor analizatora oblicza różnicę czasów między kursorami. Następnie mnoży tę różnicę przez szybkość rozchodzenia się światła w próżni oraz przez współczynnik propagacji. W ten sposób obliczana jest odległość do punktu odbicia. Na rysunku 5 pokazano sytuację, która może powodować trudność w podjęciu decyzji o tym, gdzie należy umieścić kursory, aby uzyskać właściwą odległość do miejsca uszkodzenia. W wielu przypadkach interpretacja przebiegu sygnału na wyświetlaczu może być bardzo trudna z powodu dodatkowych odbić, które są powodowane



Rys. 7. Schemat ideowy generatora udarów

przez miejsca łążeń i rozgałęzień. Metoda odbicia impulsu prądowego ICE, pomimo swoich wad, stanowi uzupełnienie metody reflektometru wysokonapięciowego.

### Metoda napięciowej fali wędrownej Decay (tylko PFL40A)

Metoda napięciowej fali wędrownej zakłada jednocześnie użycie analizatora (oscylloskopu z pamięcią), źródła wysokiego napięcia stałego oraz sprzęgu o dużej impedancji Decay, który pośredniczy w transmisji impulsu do wejścia analizatora. W metodzie tej bezpośrednio do kabla jest podłączone źródło napięcia stałego o maksymalnej wartości 40 kV. Operator stopniowo zwiększa napięcie próby, które odkłada się na pojemności kabla, aż nie nastąpi przebicie w miejscu osłabienia izolacji o dużej rezystancji. Prąd rozładowania pojemności kabla (przebiecia) płynie przez miejsce uszkodzenia generując impuls napięciowy. Impuls ten przemieszcza się od miejsca uszkodzenia w kierunku do źródła napięcia, dociera do sprzęgu, a następnie jest przechwytywany i wyświetlany przez analizator. Impuls dociera również do źródła napięcia stałego, a część transmitowanej przez niego energii odbija się ponownie i podąża w kierunku uszkodzenia. Po ponownym odbiciu od miejsca uszkodzenia faza impulsu zmienia się na przeciwną. Między źródłem wysokiego napięcia stałego i miejscem uszkodzenia powstają stopniowo gasnące oscylacje. Występują one do momentu, w którym energia zgromadzona w odbitym impulsie nie ulegnie całkowitemu rozproszeniu. Miejsce występowania uszkodzenia określa się ustawiając kursory na następujących po sobie pikach i dolinie przebiegu (rys. 6). Mikroprocesor analizatora oblicza różnicę czasów między kursorami. Następnie mnoży tę różnicę przez szybkość rozchodzenia się światła w próżni oraz przez współczynnik propagacji. W ten sposób obliczana jest odległość do punktu odbicia.

### Metoda udarowa

Generator udarów wysokiego napięcia składa się z zasilacza wysokiego napięcia stałego, kondensatora WN oraz wielu łączników WN (rys. 7). W pierwszej kolejności zasilacz ładuje kondensator wysokim napięciem. Następnie zamykany jest wyłącznik WN, a kondensator gwałtownie rozładowuje się przez badany kabel. Jeżeli napięcie na kondensatorze jest wystarczająco wysokie, aby w miejscu uszkodzenia spowodować przebicie, wówczas energia zgromadzona w kondensatorze rozładowuje się przez wyładowanie łukowe, wywołując zjawiska akustyczne, a nawet drgania ziemi. Energia wyjściowa generatora udarów jest mierzona w dżulach [J] i obliczana ze wzoru:

$$E = U^2 * C/2$$

gdzie:

E – energia w dżulach

C – pojemność kondensatora WN w  $\mu\text{F}$

U – napięcie wyjściowe w kV

Najważniejszymi danymi technicznymi generatora udarów jest maksymalna wartość energii, którą może on dostarczyć do miejsca uszkodzenia, oraz maksymalna wartość napięcia wyjściowe-



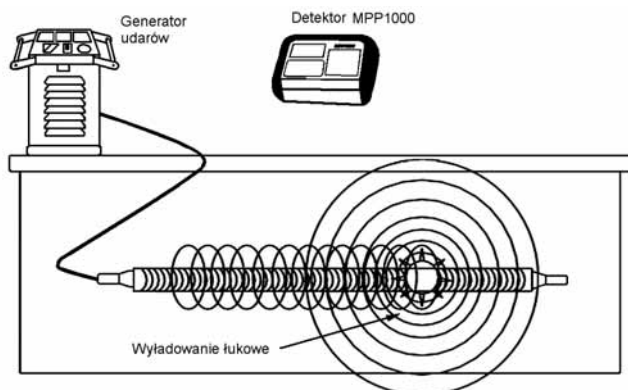
Rys. 8. Detektor miejsca uszkodzenia kabla

go. System pomiarowy Megger PFL40A oferowany jest w dwóch wersjach, z energią wyjściową 1500 J oraz 2000 J, w obu przypadkach maksymalne napięcie wyjściowe wynosi 34 kV. Energia wyjściowa systemu pomiarowego Megger PFL20M wynosi 1500 J, a maksymalne napięcie wyjściowe 16 kV. Energię udaru można zwiększyć na dwa sposoby, albo zwiększając napięcie, o czym decyduje użytkownik podczas badania, albo zwiększając pojemność kondensatora WN, o czym decyduje producent systemu pomiarowego na etapie projektowania. Lokalizacja uszkodzeń, w zależności od długości oraz typu badanego kabla, wymaga różnych poziomów energii udarów. Kable z izolacją z polietylenu usieciowanego XLPE lub z etylenopropylenu EPR zwykle wymagają znacznie mniejszej energii do lokalizowania uszkodzenia niż kable w powłoce ołowianej porównywalnych rozmiarów i budowy. Kable energetyczne, ze względu na swoją konstrukcję (dwa przewodniki oddzielone izolatorem) na ogół charakteryzują się dużą pojemnością. Jeden z przewodników stanowi przewód fazowy, drugi – ekran, pancierz lub koncentryczny przewód neutralny. Przestrzeń między przewodnikami wypełniona jest izolacją z polietylenu usieciowanego XLPE, polwinitu, etylenopropylenu EPR lub papieru przesyconego syceiwem. Im dłuższe są kable oraz im bardziej skomplikowane są sieci, tym większa jest ich pojemność. Jeżeli pojemność kondensatora WN jest mniejsza niż pojemność kabla, wówczas wyładowanie łukowe nie powstanie w miejscu uszkodzenia dopóty, dopóki pojemność kabla nie zostanie w pełni naładowana, co może wymagać wielu udarów. Jeżeli pojemność kabla jest mniejsza niż pojemność kondensatora WN, wówczas w miejscu uszkodzenia,

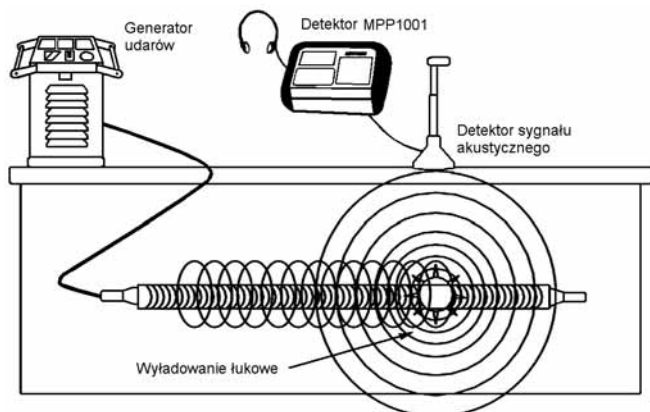
zwykle przy pierwszym udarze, pojawi się wyładowanie łukowe. Wartość napięcia wyjściowego generatora udarów jest bardzo istotna. Przy zbyt niskim napięciu nie nastąpi przebicie w miejscu uszkodzenia. Przy zbyt wysokim napięciu, przy wielokrotnych udarach, może nastąpić degradacja kabla co mocno ograniczy okres jego dalszej eksploatacji. Brak wyładowania łukowego skutkuje brakiem zjawisk akustycznych, które pozwalają zidentyfikować i wyznaczyć punktowo miejsca uszkodzenia.

#### Lokalizowanie uszkodzenia

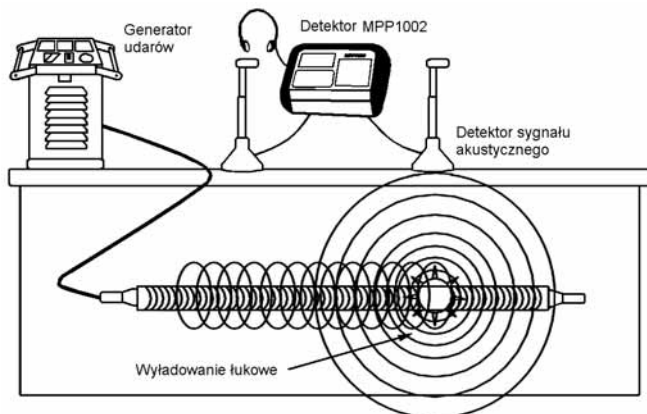
Procedura lokalizowania uszkodzenia metodą udarową polega na generowaniu impulsów wysokiego napięcia oraz przemieszczaniu się nad kablem w poszukiwaniu zjawisk akustycznych lub drgań gruntu. W ten sposób wyznaczane jest punktowo miejsce uszkodzenia. Zakłada się, że dźwięk przemieszcza się po prostej, w kierunku do powierzchni ziemi. Czasami jednak otoczenie kabla powoduje, że dźwięk kieruje się w kierunku przeciwnym do powierzchni ziemi lub jest tłumiony przez grunt i nie jest słyszalny. Ponadto, jeżeli w układzie pomiarowym występuje duża rezystancja ścieżki powrotnej do kondensatora WN (np. skorodowany przewód neutralny), wówczas poziom natężenia zjawisk akustycznych będzie minimalny. Z tego powodu bardzo istotne jest, aby w sposób właściwy został skonfigurowany układ pomiarowy, a w szczególności prawidłowo podłączone uziemienie ochronne generatora udarów. Jest to istotne również ze względów bezpieczeństwa, gdyż włączenie trybu uziemienia generatora udarów, przy prawidłowo podłączonym uziemieniu ochronnym, skutecznie uziemia i rozładowuje kondensator WN oraz badany kabel. Jeżeli występują trud-



Rys. 9. Detektor MPP1000



Rys. 10. Detektor MPP1001



Rys. 11. Detektor MPP1002

ności ze słyszalnością zjawisk akustycznych, które towarzyszą wyładowaniom, wówczas należy skorzystać z detektorów miejsca uszkodzenia kabla.

### Detekcja sygnału akustycznego i elektromagnetycznego

Użytkownik systemów pomiarowych Megger PFL może wyposażić stanowisko pracy w jeden z opcjonalnych detektorów miejsca uszkodzenia kabla (rys. 8). Detektor MPP1000 (rys. 9) mierzy i pokazuje amplitudę sygnału elektromagnetycznego emitowanego przez wyładowanie łukowe. Detektor MPP1001 (wyposażony dodatkowo w jeden detektor sygnału akustycznego) oraz MPP1002 (wyposażony dodatkowo w dwa detektory sygnału akustycznego) mierzą zarówno sygnał elektromagnetyczny, jak i akustyczny – emitowane przez wyładowanie łukowe. Przyrząd MPP1001 dzięki dwóm detektorom pozwala mierzyć opóźnienie między sygnałem akustycznym i elektromagnetycznym oraz wyznaczać odległość do miejsca uszkodzenia (rys. 10). Przyrząd

MPP1002 dzięki dwóm detektorom sygnału akustycznego określa również kierunek do miejsca uszkodzenia (rys. 11). Wyświetlacz przyrządu pokazuje siłę sygnału akustycznego i czas opóźnienia między impulsem elektromagnetycznym i akustycznym. W miarę zbliżania detektora do miejsca uszkodzenia rośnie siła sygnału akustycznego, natomiast różnica czasu między sygnałem elektromagnetycznym i akustycznym maleje. Bezpośrednio nad miejscem uszkodzenia różnica czasu ma swoje minimum, natomiast poziom sygnału akustycznego osiąga wartość maksymalną. Jeżeli wykorzystywane są dwa detektory akustyczne, na wyświetlaczu przyrządu pojawi się strzałka informująca o tym, który z detektorów znajduje się bliżej miejsca uszkodzenia. W momencie, w którym detektor znajdzie się bezpośrednio nad uszkodzeniem, użytkownik jest o tym informowany. Najlepsze rezultaty osiąga się dysponując przyrządem mierzącym zarówno sygnał elektromagnetyczny, jak i akustyczny, gdyż w wielu przypadkach lokalizowanie uszkodzenia na podstawie wyłącznie sygnału akustycznego jest kłopotliwe. Jeżeli np. uszkodzony kabel biegnie w rurze kablowej lub w kanale, wówczas maksimum emisji akustycznej będzie występować na końcu lub w miejscu nieszczelności rury (kanału). Podobnie, jeżeli kabel biegnie pod utwardzoną nawierzchnią – maksimum emisji akustycznej będzie występować w miejscu pęknięcia lub łączenia nawierzchni.

### Metoda dopalania

Metodę dopalania stosuje się wówczas, gdy metodą udarową, przy maksymalnym napięciu generatora udarów, nie udaje się uzyskać wyładowania łukowego w miejscu uszkodzenia. Metoda dopalania zmienia charakterystykę elektryczną miejsca uszkodzenia na taką, która gwarantuje przepływ prądu. Wiąże się to z dodatkowym uszkodzeniem izolacji w miejscu jej osłabienia, zmniejsza się rezystancja uszkodzenia oraz napięcie przebicia. W przypadku kabli z izolacją papierową przesyconą syciwem następuje wypalenie i zwęglenie izolacji, które zmienia charakterystykę miejsca uszkodzenia w sposób nieodwracalny. W przypadku kabli z polietylenu usieciowanego XLPE, ciepło wytwarzane przez wyładowanie łukowe w miejscu uszkodzenia może zmękczyć izolację, ale po zgaśnięciu łuku izolacja zwykle powraca do stanu sprzed badania, bez istotnej zmiany charakterystyki elektrycznej. Zdarza się jednak, że w wyniku dopalania dielektryk o niskiej temperaturze topnienia topi się. Stopiony materiał zaczyna płynąć i usuwa zwęgloną ścieżkę upływności. W wyniku takiego zjawiska zwiększa się impedancja miejsca uszkodzenia i w konsekwencji napięcie przebicia.

### Podsumowanie

Na umiejętność lokalizacji uszkodzeń kabli pod ziemią składa się wiedza, indy-

widualne predyspozycje i, być może w największym stopniu, praktyczne doświadczenie użytkownika. Procedura lokalizacji uszkodzeń w kablach nie jest zadaniem łatwym i prawdopodobnie, ze względu na nieustanną rozbudowę podziemnych instalacji, również w przyszłości pozostanie czynnością skomplikowaną. Najnowsze rozwiązania w zakresie metod diagnostycznych oraz konstrukcji, mobilność systemu pomiarowego oraz niski koszt zakupu najnowszych systemów pomiarowych firmy Megger stanowią ciekawą ofertę dla wielu firm usługowych oraz przedsiębiorstw do tej pory zlecających usługę lokalizacji uszkodzeń w kablach firmom zewnętrznym. Opisane w artykule systemy pomiarowe Megger PFL20M i PFL40A spełniają wymagania dyrektyw Unii Europejskiej. Systemy pomiarowe zostały oznaczone symbolem zgodności CE.

**Tomasz Koczorowicz**  
Autor jest xxxxxxxxxxxxxxxxxxx



### KONTAKT

#### TOMTRONIX

Aleja Piłsudskiego 135,  
92-318 Łódź

tel. (42) 676-06-33

tel./fax (42) 674-74-55

e-mail: tomtronix@tomtronix.com.pl

www.tomtronix.com.pl

R E K L A M A

# 1/3