

**Maciej Salasiński**  
**Biuro Techniczno-Handlowe PRO-MAC, Łódź**

## **KONTROLA OFF-LINE STANU IZOLACJI ODBIORNIKÓW CZASOWO ODLĄCZONYCH OD NAPIĘCIA**

### **OFF- LINE INSULATION MONITORING FOR LOADS TEMPORARILY DE-ENERGIZED**

**Abstract:** This article describes new method of insulation monitoring for de-energized devices. Many loads such as extinguisher pumps, emergency supply units, slide valve drives, antismoke lids, motors for pumps etc. are switch on only occasionally or works sequentially so during the shut- down periods the insulation faults may cause. Switching the device on may then lead to the tripping of the protective devices, that's why insulation monitoring turn out to be unnecessary.

#### **1. Wstęp**

Jednym z podstawowych wyznaczników jakości sieci elektrycznych zarówno zasilających, jak i odbiorczych jest stan jej izolacji. To właśnie od tego parametru zależy zarówno pewność zasilania poszczególnych elementów, jak i bezpieczeństwo użytkowania całej sieci. Projektanci, wykonawcy i użytkownicy instalacji elektrycznych muszą mieć zawsze świadomość konieczności spełnienia dwóch podstawowych warunków, jakie każda sieć elektryczna musi spełniać:

- być pewna, czyli bezprzerwowo dostarczyć energię elektryczną i zasilić odbiorniki, a w przypadku sieci sterowniczych aktywować lub dezaktywować elementy wykonawcze;
- być bezpieczna, czyli zapewnić ochronę, gwarantującą bezpieczeństwo ludzi, urządzeń i stosowanych procedur, jak również ochronę przeciwpożarową.

W poszczególnych obiektach i w różnych rodzajach sieci obie te funkcje: zasilania, a więc pewności i ochrony, a więc bezpieczeństwa muszą być zrealizowane na najwyższym uzasadnionym ekonomicznie poziomie. Poziom ten zależy od ważności sieci i odbiorników z niej zasilanych oraz koniecznego poziomu bezpieczeństwa.

#### **2. Idea kontroli off-line**

Jak wcześniej wspomniałem odpowiedni poziom rezystancji izolacji jest niezmiernie ważny dla zagwarantowania poprawnego działania systemu elektrycznego zarówno lokalnego (poziom obiektu), jak i globalnego. Jeżeli przez jakiś określony okres czasu pojedyncze urządze-

nie elektryczne lub grupa takich urządzeń pozostaje w stanie wyłączenia, stan izolacji może pogorszyć się w sposób niezauważony. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być: kurz, wilgoć, promieniowanie UV, wysoka temperatura, agresywne ciecze (słona woda, kwasy, ługi itp.) lub opary, uszkodzenia mechaniczne, czy wreszcie starzenie się izolacji. W przypadku podania napięcia i próby załączenia urządzenia możemy mieć do czynienia z dwoma przypadkami:

- jeżeli zadziała urządzenie zabezpieczające uruchomienie urządzenia nie jest możliwe i sytuacja może stać się krytyczna na przykład w przypadku pomp gaśniczych, czy zasuw awaryjnych;
- jeżeli nie zadziała urządzenie zabezpieczające wysoki prąd upływu może spowodować zagrożenie dla ludzi, niebezpieczeństwo powstania pożaru, uszkodzenie urządzeń, szkody materialne i wysokie koszty.

Trzeba wziąć pod uwagę, że w większości przypadków urządzeń czasowo pozostających w stanie wyłączenia rezystancja izolacji nie jest kontrolowana w sposób ciągły lub jest mierzona bardzo rzadko.

W około 80% przypadków wartość rezystancji izolacji nie zmniejsza się skokowo, lecz jest to proces ciągły i często długotrwały. Pomiary izolacji dokonywane w określonych odstępach czasu dają zawsze tylko chwilowy obraz jej tendencji spadkowych, nie pozwalając na prześledzenie całego procesu w czasie.

W każdym obiekcie zarówno przemysłowym, szpitalnym, czy użyteczności publicznej występują urządzenia elektryczne, których prawi-

dłowe działanie musi być zagwarantowane ze względów bezpieczeństwa. Do takich urządzeń należą między innymi:

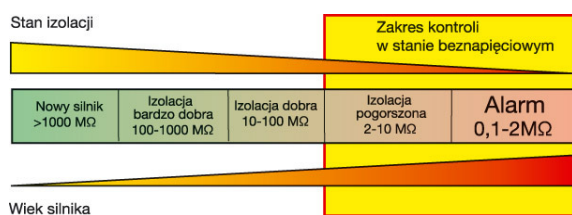
- automatyczne pompy gaśnicze,
- zasuwy i zawory bezpieczeństwa,
- urządzenia dźwigowe (szczególnie te przeznaczone dla straży pożarnej, czy też awaryjne),
- klapy oddymiające,
- generatory zasilania awaryjnego,
- pompy wody przeciwpożarowej i instalacji tryskaczowych,
- światła lotniskowe.

Zdolność do zadziałania tych urządzeń po załączeniu może mieć decydujące znaczenie zarówno dla ludzi, jak i bezpieczeństwa poszczególnych obiektów budowlanych i wszystkich znajdujących się w nim urządzeń.

Ponadto szereg odbiorników elektrycznych szczególnie w przemyśle pracuje dorywczo i załączana jest tylko w razie potrzeby. Dotyczy to pomp wody, młynów węglowych, wentylatorów, wentylatorów spalin i wielu innych.

Wartość rezystancji nowych silników elektrycznych wynosi wiele setek megaohmów. Z biegiem czasu, albo w przypadku niesprzyjających warunków otoczenia, czy też uszkodzeń mechanicznych wartość ta może znacznie obniżyć się osiągając poziom, który nie gwarantuje już bezpiecznej pracy lub w ogóle skutecznego załączenia.

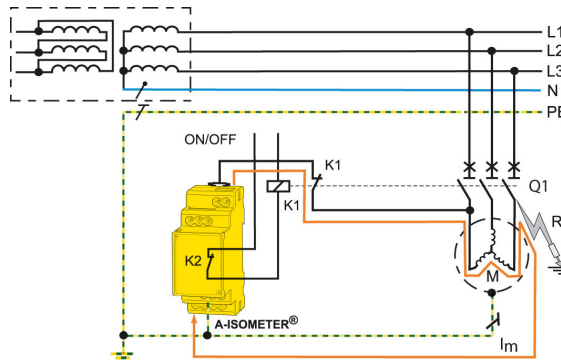
Rysunek nr 1 obrazuje orientacyjny przebieg wartości rezystancji silnika w czasie.



Rys. 1. Przebieg wartości rezystancji silnika w czasie

W przypadku silników niskiego napięcia za wystarczającą wartość rezystancji izolacji przyjmuje się granicę 10 MΩ. Poniżej tej wartości konieczny jest wzmożony nadzór nad silnikiem, natomiast od wartości 2MΩ rozpoczyna się już obszar krytyczny, który wymaga interwencji służb eksploatacyjnych lub ruchowych, ponieważ przy tych wartościach załączenie oraz prawidłowa praca jest zagrożona.

Aby uniknąć niekontrolowanego obniżania się wartości rezystancji konieczne jest ciągle jej monitorowanie i wykrywanie stanów przedkrytycznych i krytycznych. Możliwe jest to poprzez zastosowanie tak zwanego monitoringu off-line, czyli kontroli w stanie beznapięciowym izolacji odłączonych od sieci odbiorników. Ideę tę pokazuje rysunek nr 2.



Rys. 2. Idea kontroli off-line stanu izolacji silników niskiego napięcia (do ok. 790V)

Przez cały okres pozostawania silnika w stanie beznapięciowym na wyświetlaczu urządzenia (izometr off-line) pokazywana jest aktualna wartość rezystancji izolacji. Pogorszenie się stanu izolacji jest bezzwłocznie sygnalizowane poprzez załączenie się jednego z dwóch alarmów.

### 3. Zasada działania izometrów off-line

Przełączniki kontroli off-line są de facto izometrami pracującymi w sieci izolowanej IT i posługującymi się taki samymi metodami pomiarowymi jak inne izometry. Z reguły jednak izometry pracujące w sieci IT muszą wykorzystywać zaawansowane metody pomiarowe, tak wypracowane, aby na jakość pomiaru izolacji nie miały wpływu zakłócenia, które występują w kontrolowanej sieci (wyższe harmoniczne, składowa stała, pojemność doziemna). W przypadku kontroli off-line odcinek kontrolowanej sieci wraz urządzeniem (silnikiem) pozostaje bez napięcia, nie występują więc żadne zakłócenia, a ze względu na małą rozległość również pojemność jest na stosunkowo niskim poziomie. Dlatego też w urządzeniach off-line stosuje się prostszą, aktywną metodę pomiarową polegającą na podłączeniu przełącznika pomiędzy przewody fazowe za wyłącznikiem i ziemię. Wytwarzane napięcie stałe pomiarowe przez generator nakładane jest na kontrolowany odcinek sieci poprzez opornik sprzęgający i rezystancję pomiarową. Rezystancja doziemna

zamyka obwód pomiarowy, przez który przepływa prąd testujący i na tej podstawie możemy określić wartość rezystancji doziemnej odcinka sieci i wszystkich urządzeń galwanicznie z nim połączonych.

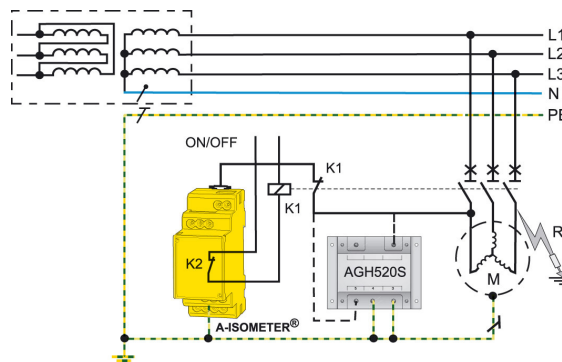
Izometry znajdują szerokie zastosowanie do monitorowania rezystancji izolacji sieci izolowanych IT, czyli pracujących z izolowanym punktem neutralnym. Oczywiście zdecydowana większość silników i innych urządzeń zasilana jest z sieci uziemionych, a więc pracujących w systemie TN. Tym niemniej, ponieważ odcinek sieci za urządzeniem wyłączającym jest odizolowany od ziemi (urządzenie zasilane jest przeważnie odbiorem symetrycznym np. silnik, a więc przewód N nie jest doprowadzony do niego) idealnym przyrządem do kontroli rezystancji jest właśnie izometr. Ze względu jednak na znacznie wyższe wartości kontrolowanej izolacji- krótki odcinek i pojedynczy odbiornik- możliwe wartości nastawianych progów alarmowych muszą być odpowiednio wyższe- na poziomie kilkunastu lub kilkudziesięciu megaomów- poziom ostrzeżenia i pojedynczych megaomów- poziom alarmu.

Z rysunku nr 2 wynika jeszcze jedna możliwość, a mianowicie niedopuszczenie do załączenia wadliwego urządzenia poprzez wstawienie styku rozwiernego związanego z alarmem w obwód załączający silnik.

Oczywiście po załączeniu urządzenia pod napięcie izometr off-line musi zostać od sieci odłączony- na przykład poprzez styk łącznika. Po zatrzymaniu silnika i otwarciu łącznika izometr zostaje ponownie załączony i rozpoczyna ciągły monitoring wartości rezystancji izolacji odłączonego odpływu. Prąd testujący izometru off-line- zależnie od konfiguracji uzwojeń silnika- jest równomiernie rozdzielony na wszystkie fazy i w ten sposób poszczególne przewody i uzwojenia kontrolowane są z jednakową czułością, również wtedy, gdy urządzenie podłączone jest tylko do jednej fazy (patrz rysunek nr 2).

#### 4. Monitoring off-line silników 6kV

W przypadku wyższych napięć, aby móc bezpiecznie podłączyć izometr do kontrolowanej sieci musi zostać zastosowana specjalna przystawka rozszerzająca zakres napięciowy. Obrazuje to rysunek nr 3.



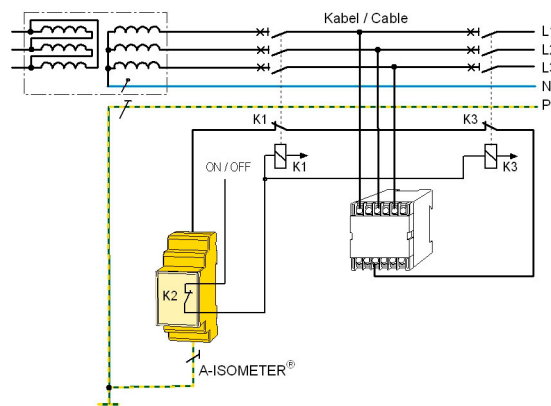
Rys. 3. Monitoring off-line silników 6kV

Przystawka rozszerzająca jest na stałe podłączona do kontrolowanego odcinka sieci, natomiast sam izometr jest odłączony w przypadku podania napięcia i załączenia kontrolowanego silnika poprzez styk wyłącznika. Po wyłączeniu napięcia izometr automatycznie zostaje podłączony ponownie i rozpoczyna ciągły monitoring izolacji silnika wraz z zasilającym go kablem.

Ponieważ w przypadku silników 6kV wymagana jest wyższa wartość rezystancji izolacji, a więc również izometr monitorujący musi być przystosowany do pracy w wyższych zakresach rezystancji (na przykład do 40MΩ).

#### 5. Monitoring off-line kabli

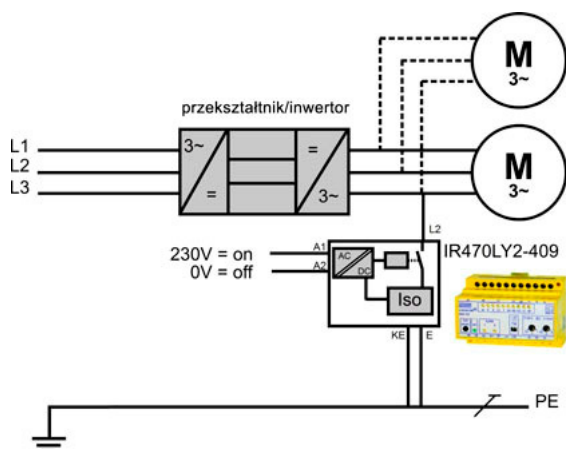
Kontrola izolacji off-line może być zastosowana również do kabli zasilających poszczególne urządzenia. Ponieważ przy odłączonym od zasilania kablu brakuje połączenia między poszczególnymi przewodami, konieczne jest zastosowanie specjalnej przystawki tworzącej sztuczny punkt gwiazdowy, służący do skojarzenia faz. Gwarantuje to równomierną kontrolę stanu izolacji wszystkich faz. Ilustruje to rysunek nr 4.



Rys. 4. Kontrola off-line stanu izolacji kabli odłączonych od napięcia

## 6. Monitoring off-line izolacji napędów regulowanych

W przypadku napędów regulowanych mamy możliwe dwa przypadki: podłączenie izometru off-line do kabla zasilającego przekształtnik lub za przekształtnikiem. W pierwszym wypadku możemy kontrolować tylko rezystancję kabla pomiędzy rozdzielnicą zasilającą a przekształtnikiem, w drugim zaś odcinek kabla pomiędzy przekształtnikiem a silnikami oraz sam silnik. Oczywiście drugi przypadek dostarcza zdecydowanie bardziej interesujących nas informacji. Przypadek ten pokazany został na rysunku nr 5.



Rys. 5. Kontrola off-line izolacji napędów regulowanych

Monitor off-line może być aktywny tylko wtedy, gdy przekształtnik odłączył silnik - sygnał ten musi być zagwarantowany od strony urządzenia klienta.

Jeżeli napięcie zasilające jest przyłożone do zacisków A1/A2, to wtedy pomiar rezystancji izolacji jest aktywny, jeżeli na zaciskach tych nie występuje napięcie, przekaźnik sprzęgający odłącza urządzenie pomiarowe od kontrolowanej sieci i nie dochodzi wtedy do wpływu izometru na układ napędowy.

## 7. Zalety zastosowania monitoringu off-line

Monitoring off-line jest coraz powszechniej stosowany w obiektach takich, jak elektrownie i elektrociepłownie, huty, kopalnie, papiernie i inne obiekty przemysłowe oraz obiekty użyteczności publicznej. Spowodowane jest to szeregiem zalet, które ta kontrola posiada:

- Zwiększenie rentowności poprzez zapewnienie pracy w ciągu 24 godzin na dobę dzięki ciągłej kontroli zamiast dorywczych pomia-

rów, minimalizacji kosztownych oraz nieplanowanych postojów urządzeń i w związku z tym wyższą wydajność produkcji.

- Wyraźne zwiększenie dyspozycyjności poprzez istotne ograniczenie czynników ryzyka takich, jak pożar i inne zagrożenia dzięki dwustopniowej sygnalizacji (ostrzeżenie i alarm), optymalizację utrzymywania urządzeń w dobrym stanie technicznym dzięki odpowiednio wczesnym komunikatom oraz unikanie przerw w pracy i stanów awaryjnych.
- Dostarczanie aktualnych informacji o stanie pracy dzięki ciągłości wskazań mierzonych wartości rezystancji na wyświetlaczu ciekłokrystalicznym lub przyrządzie analogowym i proste wprowadzanie nastaw wartości alarmowych adekwatnych do kontrolowanego urządzenia.
- Minimalizacja kosztów i wzrost wydajności spowodowany zmniejszeniem szkód materialnych wywołanych uszkodzeniami silników i wydłużeniem czasu życia urządzeń, redukcją kosztów eksploatacji i konserwacji oraz zmniejszeniem kosztów magazynowania części zamiennych do silników.