

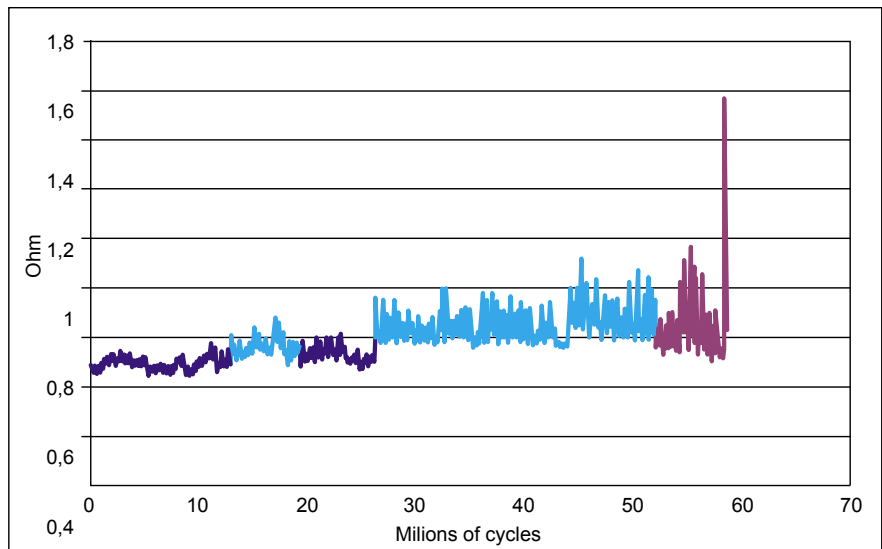
# Przełączanie sygnałów elektrycznych

*W artykule zawarto informacje, które należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu aplikacji wykorzystującej urządzenia przełączające.*

## 1. Żywotność przekaźnika

Żywotność przekaźników w urządzeniach NI specyfikowana jest bardzo zachowawczo. Definiujemy ją, jako minimalną liczbę cykli, które dany element będzie w stanie wykonać. Jeden cykl oznacza akcję zwania i rozwania przekaźnika. Oczekiwana żywotność jest podzielona na dwie główne kategorie: żywotność mechaniczną i elektryczną.

Wskazówka: Niektóre urządzenia przełączające mają funkcjonalność śledzenia zużycia przekaźnika. Więcej informacji na ten temat znajduje się w dokumentacji funkcji „niSwitch Get Relay Count.vi” oraz „niSwitch\_GetRelayCount” w plikach pomocy sterownika NI-SWITCH (NI Switches Help).



Rysunek 1. Rezystancja ścieżki w funkcji liczby cykli podanej w milionach

## Żywotność mechaniczna

Styki przekaźników mechanicznych ulegają zużyciu, przez co zwiększa się ich rezystancja zestykowa. Żywotność mechaniczna to zazwyczaj liczba cykli przełączania zanim rezystancja zestykowa wzrośnie powyżej 1 Ω. Oszacowanie to zakłada brak ładunku elektrycznego pomiędzy stykami w czasie przełączania.

## Żywotność elektryczna

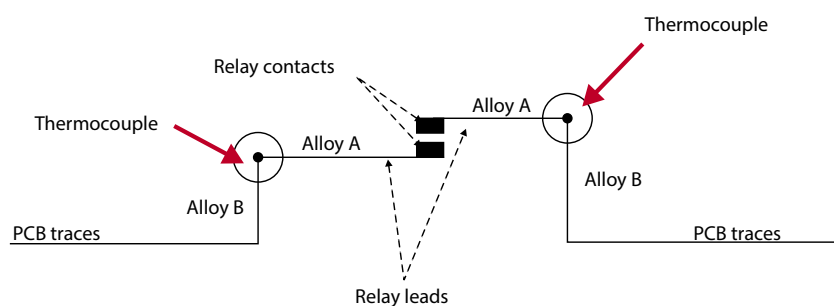
Przełączanie aktywnych sygnałów elektrycznych, w szczególności sygnałów o dużej mocy, skutkuje powstawaniem łuków elektrycznych. Łuki te wytwarzają ubytki na powierzchni styków i powodują przyspieszenie opisanego powyżej zużycia mechanicznego. Żywotność elektryczna to liczba cykli przełączania (w warunkach obciążenia), zanim rezystancja zestykowa wzrośnie powyżej 1 Ω.

## 2. Rezystancja zestykowa

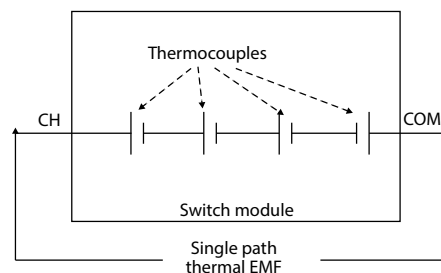
Rezystancja zestykowa odnosi się do rezystancji jednego zestawu zwartych styków w przekaźniku przy przepływie prądu stałego.

## 3. Rezystancja ścieżki

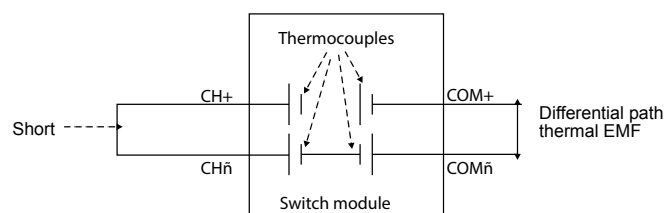
Rezystancja ścieżki to rezystancja występująca w macrycy przełączeniowej na drodze pokonywanej przez sygnał od terminali źródłowych do docelowych. Całkowita rezystancja zawiera oporność ścieżek PCB, przekaźników i złączy.



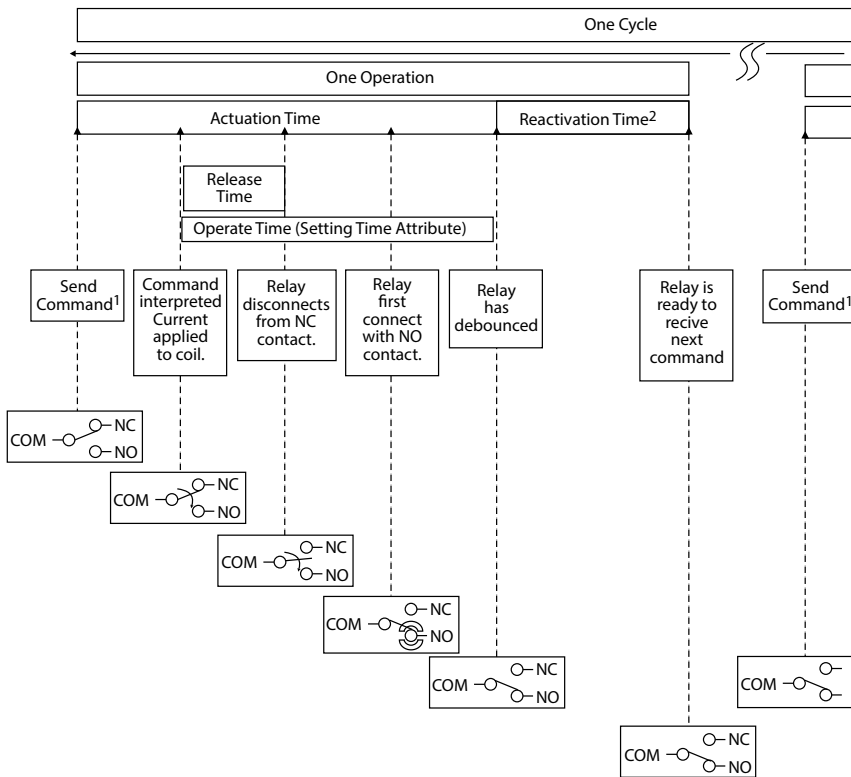
Rysunek 2. Termopary w przekaźniku



Rysunek 3. Pomiar SEM pojedynczej ścieżki



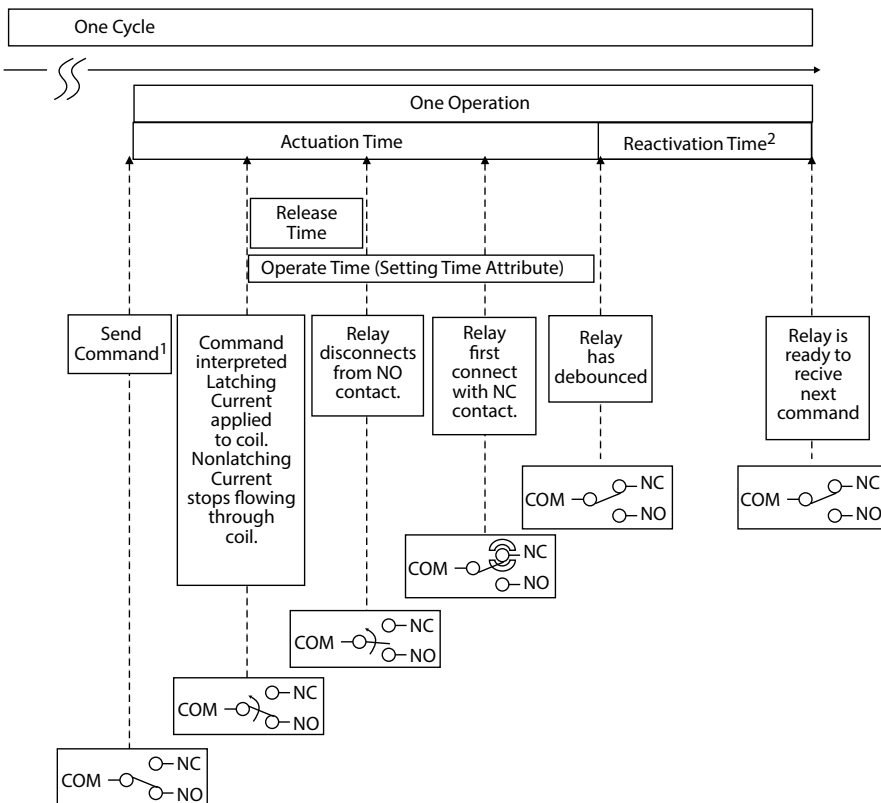
Rysunek 4. Pomiar SEM ścieżki różnicowej



<sup>1</sup>The command can be from a software or hardware trigger.

<sup>2</sup>The SCXI-1192 is the only National Instruments swith with a significant reactivation time: 475 ms.

**Rysunek 5-1. Pierwsza część cyklu pracy elektromechanicznego przekaźnika ogólnego przeznaczenia**



<sup>1</sup>The command can be from a software or hardware trigger.

<sup>2</sup>The SCXI-1192 is the only National Instruments swith with a significant reactivation time: 475 ms.

**Rysunek 5-2. Druga część cyklu pracy elektromechanicznego przekaźnika ogólnego przeznaczenia.**

Rezystancja ścieżek i złączy jest zazwyczaj stabilna, zaś w przypadku rezystancji zestykowej jej wzrost następuje wraz ze stopniem zużycia elementu. Poniższy wykres pokazuje typową oporność ścieżki dla modułu o żywotności mechanicznej 50 milionów cykli.

#### 4. Siła termoelektryczna i przesunięcie termiczne Tempopara

Kiedy dwa nieidentyczne metale zostaną połączone, powstaje napięcie (zjawisko Seebecka), które jest funkcją temperatury tego połączenia i składu obydwu metali. Napięcie to jest także znane, jako siła termoelektryczna. **Tabela 1** zawiera najczęściej używane metale i ich SEM.

#### Siła termoelektryczna w przełącznikach

Wyprowadzenia przekaźników elektromechanicznych są zazwyczaj zrobione z innych metali niż moduły przełącznika na płytce drukowanej, które najczęściej wykonane są z miedzi lub jej stopu. Połączenie tych elementów tworzy tempoparę, tak jak to przedstawiono na **rysunku 2**.

Charakterystyka tempopar powstałych w przekaźniku jest funkcją temperatury połączeń. Temperatura będzie zależeć od temperatury otoczenia, rodzaju modułów w przylegającym slocie, liczby aktywowanych przekaźników i przepływu powietrza wewnątrz modułu. Ścieżka sygnału może przebiegać przez jeden lub więcej przekaźników, w związku z czym siła termoelektryczna jest definiowana, jako suma wszystkich tempopar w ścieżce sygnału. Może być ona określona zarówno dla kanału pojedynczego, jak i różnicowego. **Rysunek 3** ilustruje SEM mierzoną w pojedynczej ścieżce. **Rysunek 4** ilustruje SEM mierzoną w ścieżce różnicowej.

Podczas pomiaru napięcia z wykorzystaniem multimetru cyfrowego i przełącznika, siła termoelektryczna musi być brana pod uwagę przy obliczeniu całkowitej dokładności systemu.

Na przykład, jeśli multimetr cyfrowy ma dokładność równą 4 μV, a przełącznik charakteryzuje się siłą termoelektryczną ścieżki różnicowej o wartości 3 μV, całkowita dokładność systemu będzie wynosić:

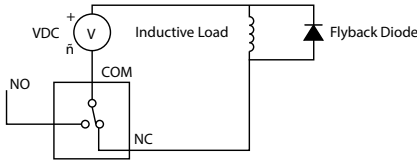
$$\sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \mu V$$

co jest równoważne 0,01% dokładności przy pomiarze sygnału o wartości 50 mV.

W przypadku pomiaru rezystancji istnieją metody kompensacji SEM, takie jak Offset Compensated Ohms (OCO) oraz inne techniki kalibracji wykorzystywane w przypadku bardzo dokładnych pomiarów.

#### Przesunięcie termiczne

Przekaźniki statyczne (SSR – od ang. *Solid State Relays*) i przekaźniki wykorzystujące tranzystory polowe charakteryzują się



Rysunek 6. Ochrona styków z wykorzystaniem diody impulsowej

przesunięciem termicznym większym niż występująca w nich siła termoelektryczna. Po upłynięciu od 10 do 15 minut od momentu włączenia zasilania przesunięcie termiczne jest zazwyczaj stałe i dzięki temu może zostać skalibrowane i skompensowane.

**5. Czas stabilizacji i cykl pracy**  
**Czas stabilizacji**

Czas stabilizacji odnosi się do czasu potrzebnego, aby sygnał osiągnął stabilny stan po wysłaniu polecenia wykonawczego do przekaźnika. Stan stabilny jest określany na podstawie wymaganej dokładności pomiaru. W związku z tym, bardzo precyzyjne pomiary wymagają dłuższego czasu stabilizacji niż pomiary mniej dokładne.

Czas stabilizacji jest istotnym parametrem w przekaźnikach statycznych o wysokiej rezystancji ścieżki i stałej czasowej RC.

W pewnych sytuacjach niezbędne może być zwiększenie domyślnego czasu stabilizacji. Więcej informacji na ten temat znajduje się w pomocy sterownika NI-SWITCH (NI Switches Help) po wpisaniu hasła „Adding Additional Settling Time”.

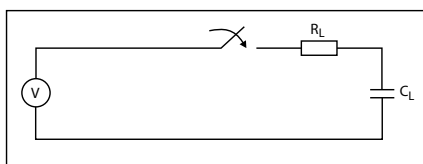
**Cykl pracy**

Na rysunku 5 pokazano schematy zawierające szczegóły dotyczące pojedynczego cyklu pracy elektromechanicznego przekaźnika ogólnego przeznaczenia. Pełen diagram znajduje się w pomocy sterownika NI-SWITCH (NI Switches Help).

**6. Przelączanie obciążeń indukcyjnych**

Kiedy do przekaźnika podłączone jest obciążenie indukcyjne, możliwe jest pojawienie się dużej, przeciwnie skierowanej siły elektromotorycznej w chwili zadziałania przekaźnika, spowodowanej energią zgromadzoną w obciążeniu. Te wsteczne napięcia mogą poważnie uszkodzić styki przekaźnika i zauważalnie skrócić jego żywotność.

Napięcia wsteczne obciążenia indukcyjnego można ograniczyć instalując diody



Rysunek 7. Obciążenie pojemnościowe z impedancją szeregową

impulsowe dla obciążeń stałoprądowych, lub stworzone z tlenków metali warystory dla obciążeń zmiennoprądowych – tak, jak to pokazano na rysunku 6.

Dokumentacja każdej matrycy przełączniowej zawiera dokładne informacje na temat przygotowania urządzenia do poprawnej obsługi obciążeń indukcyjnych.

**7. Przelączanie obciążeń pojemnościowych**

Używanie kontaktronów do przelączania obciążeń pojemnościowych – w szczególności o wysokich napięciach – wymaga szczególnej uwagi. Kiedy przelącznik zamyka się, przepływa przez niego prąd przejściowy, aby naładować pojemność. Może mieć on znacząco wyższą wartość, niż prąd płynący w stabilnym systemie. Istnieje wówczas możliwość zgrzania styków kontaktronu, – mimo, że napięcie i prąd w stanie stabilnym mieszczą się w granicach specyfikacji przelącznika. Prądy początkowe można kontrolować przy pomocy impedancji szeregowej, np. rezystora lub ferrytu, umieszczając je pomiędzy przelącznikiem, a pojemnością. Prądy początkowe mogą być powodowane zarówno przez pojemność reaktancyjnego urządzenia testowanego, jak i kabla koncentrycznego (rysunek 7).

**8. Napięcie, natężenie i moc prądu przelączania**

Poziomy sygnałów w przelączniku muszą spełniać wymogi specyfikacji w kwestii napięcia, natężenia i mocy prądu przelączania (rysunek 8).

**Napięcie przelączania**

Napięcie przelączania odnosi się do maksymalnego napięcia sygnału, które może być bezpiecznie utrzymane przez moduł przelącznika. Napięcie przelączania jest zdefiniowane, jako różnica potencjałów między kanałem, a uziemieniem oraz pomiędzy dwoma różnymi kanałami. Napięcie między kanałem, a uziemieniem to potencjał pomiędzy linią sygnałową i uzie-

mionym podłożem. Napięcie między dwoma kanałami to potencjał pomiędzy dowolną parą linii sygnałowych w module. Składają się na nie napięcia pomiędzy otwartych styków przekaźnika, jak również napięcia pomiędzy przyległymi terminalami przyłączeniowymi.

Wskazówka: oznaczenie CE w urządzeniach pomiarowych i kontrolnych wymaga zgodności ze standardem IEC 61010-1. Matryce przełączniowe przeznaczone do sygnałów o wysokich napięciach (>60 VDC/30 V<sub>rms</sub>) są oceniane pod kątem przynależności do odpowiedniej kategorii zgodnie z definicjami tego standardu. Kategorie te opisują akceptowalne przejściowe przepięcia i stopień ochrony niezbędny do bezpiecznej pracy. Dokument *Read Me First: Safety and Radio-Frequency Interference* zawiera więcej informacji na powyższy temat.

**Natężenie prądu przelączania**

Natężenie prądu przelączania to maksymalne dozwolone natężenie prądu, które może przepłynąć przez przelącznik podczas zwierrania lub rozwierania styków. Przelączanie aktywnych prądów powoduje powstawanie łuków elektrycznych, które mogą uszkodzić styki przekaźników elektromechanicznych. Wartość minimalnego natężenia prądu wskazuje najmniejszy prąd, który może w sposób niezawodny przepłynąć przez przelącznik.

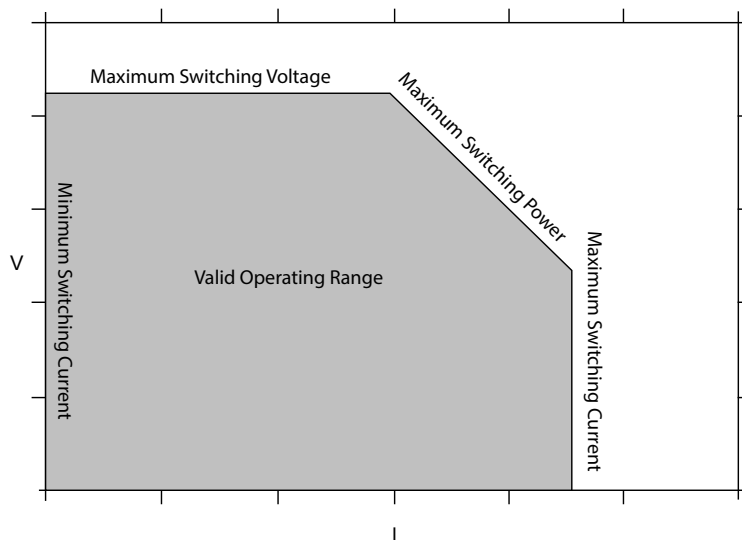
**Moc prądu przelączania**

Moc prądu przelączania to ograniczenie charakteryzujące związek napięcia na otwartym styku z prądem na zamkniętym styku sygnału w przelączniku.

Moc prądu przelączania = Napięcie przelączania × Natężenie prądu przelączania

Przelączanie sygnałów o wysokiej mocy powoduje powstawanie łuków elektrycznych na stykach elektromechanicznych, skracając użyteczną żywotność przelącznika.

National Instruments



Rysunek 8. Prawidłowe zakresy pracy dla pojemności przelączania