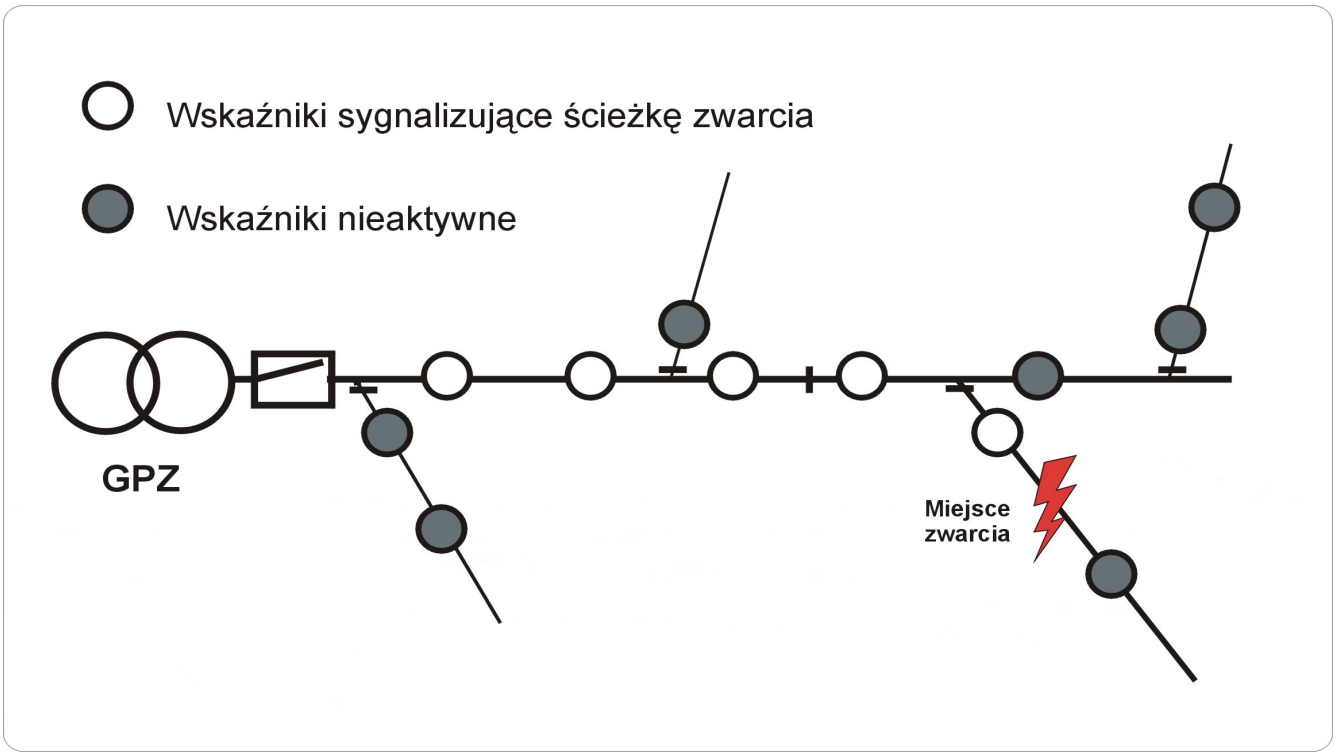
LineTroll 3100

Dokumentacja Techniczna programowalnego wskaźnika przepływu prądów zakłóceniowych - dla napowietrznych linii SN

1. Wprowadzenie

Wskaźnik przepływu prądu zwarciowego typu **LINETROLL 3100** służy do lokalizacji miejsc wystąpienia zwarć międzyfazowych i doziemień wzdłuż trasy rozgałęzionej linii napowietrznej SN. Jest to urządzenie przystosowane do pracy w sieciach trójfazowych, wykrywające wszystkie możliwe rodzaje zakłóceń. Wskaźniki te montuje się za pomocą śrub i opasek zaciskowych na słupach linii SN w ważnych punktach oraz na odcinkach odgałęzień, za odłącznikami sekcjonującymi, na wysokości od 3 – 5 metrów poniżej przewodów. Instaluje się je: łatwo, szybko i bezpiecznie na słupach linii będących w chwili montażu nawet i pod napięciem. Po wykryciu zwarcia, wskaźnik pobudza do świecenia światłem przerywanym swe diody świecące LED, których światło widoczne jest z odległości: 200 – 300 m. Moduł sygnalizacji wskaźnika można obracać, tak aby poprawić użytkownikowi widoczność sygnału optycznego pobudzonego wskaźnika. Urządzenia te usprawniają użytkownikom eksploatację napowietrznych sieci energetycznych SN. Innym ważnym aspektem zastosowania wskaźników przepływu prądu zwarciowego w sieci SN, jest ograniczenie ilości łączeń próbnych zarówno wyłącznika, jaki odłączników sekcjonujących w procesie lokalizacji miejsca wystąpienia zwarcia. Przyczyniają się one w ten sposób do ograniczenia zbędnych przeciążeń powstających w układach rozdzielni i sieci, powstających w czasie łączeń próbnych na zwarcia lub doziemienia.

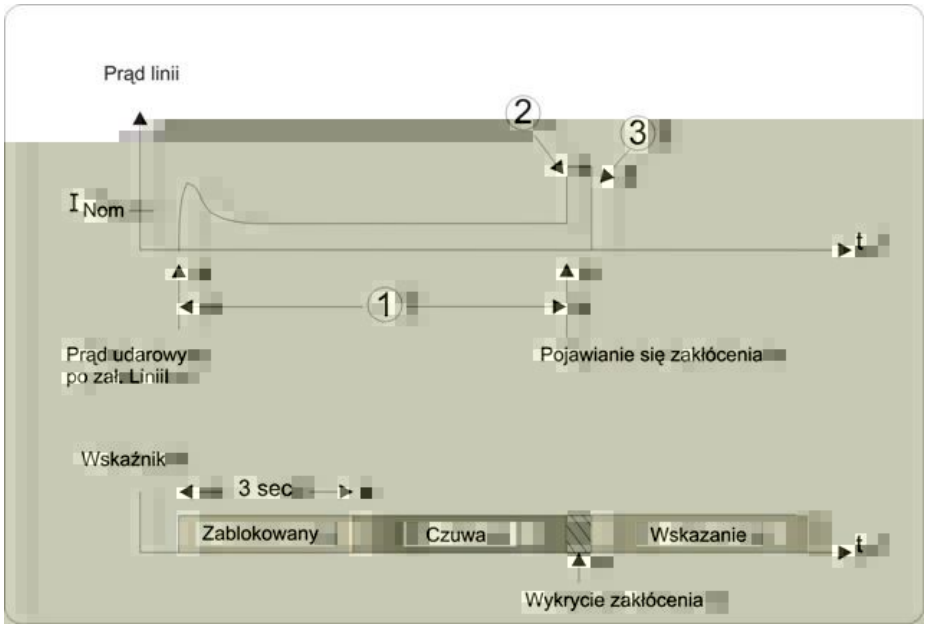


Rys 1 Sygnalizacja uszkodzonego odcinka linii przez wskaźniki

Na powyższym rysunku przedstawiono rozgałęzioną linię napowietrzną SN z zamontowanymi na niej w ważnych punktach sygnalizatorami typu **LineTroll 3100**. Po wystąpieniu zwarcia w punkcie wskazanym czerwoną strzałką, wskaźniki pracujące pomiędzy źródłem zasilającym - GPZ, a miejscem wystąpienia zwarcia – tzw. ścieżka zwarcia, pobudziły się. Wskaźniki zainstalowane poza ścieżką zwarcia pozostały nadal niepobudzone. **LineTroll 3100** umożliwia szybką lokalizację miejsca wystąpienia zwarcia w sieci SN i przyczynia się w ten sposób do skrócenia czasu trwania przerw w zasilaniu Klientów i usuwania zaistniałych awarii.

2. Opis funkcjonalny

Zasada wykrywania zwarć występujących w sieci SN przez **LineTroll 3100** oparta jest na pomiarze zmian pola elektromagnetycznego poniżej przewodów fazowych, występujących w stanie zwarcia. Sam wskaźnik jest w pełni autonomicznym urządzeniem i nie wymaga on instalacji żadnych dodatkowych układów pośrednich. Sygnalizację stanu uszkodzenia linii podejmuje on po przeanalizowaniu specyficznych parametrów fizycznych pola elektromagnetycznego pochodzącego od linii w miejscu swego zainstalowania.



Rys 2 Sekwencja cyklu SPZ-u na uszkodzonej linii

Warunki konieczne do pobudzenia się wskaźnika :

1. Linia musi być pod napięciem przez czas co najmniej 3 sekundy
2. Wartość prądu zwarciowego powinna narosnąć powyżej ustawionej wartości progowej
3. Linia SN powinna zostać wyłączona w GPZ przez swe zabezpieczenie.

Użytkownik może programować za pomocą mikroprzełączników, umieszczonych wewnątrz urządzenia wartości poziomu prądu pobudzeniowego danego wskaźnika.

2.1. Detektor adaptacyjny

Mierzone stale chwilowe wartości natężenia pola magnetycznego B podawana są do adaptacyjnego detektora pochodnej dB/dt. Detektor ten dopasowywuje się automatycznie do warunków nominalnych linii. Powolne zmiany wartości prądu obciążenia nie wpłyną na pobudzanie się detektora. Przepływający linią prąd zwarciowy, spowoduje gwałtowny wzrost wartości natężenia pola magnetycznego wokół przewodów, na który to wzrost zareaguje detektor wskaźnika.

Detektor do swego pobudzenia wymaga spełnienia dwóch warunków:

1. Względny przyrost wartości: dB/dt % musi być większy od ustawionej przez wytwórcę wartości progowej

2. Bezwzględny wzrost wartości natężenia pola magnetycznego - dB/dt w µT musi przekroczyć ustawioną przez użytkownika w procesie programowania wartość .

Patrz rozdział pt. Programowanie.

Wartość natężenia pola magnetycznego w miejscu zainstalowania wskaźnika określa poniższy wzór matematyczny:

$$B[T] = \mu o \; I_{nastawy} / (2\pi d)$$

gdzie:

$\mu o = 4\pi \times 10^{-7}$ - przenikalność magnetyczna próżni

$I_{nastawy}$ = 2.5, 7, 15 lub 50 A

d = 3m – przyjęta odległość wskaźnika od przewodów fazowych

Przykład obliczeniowy:

dla $I_{nastawy}$ = 7 A - wartość przenikalności wyniesie: B = 0,47 μT

2.2. Kryteria rozruchowe

Jak wspomniano poprzednio wskaźnik do swego działania wymaga spełnienia specyficznej sekwencji przypomnianych jeszcze raz, poniżej warunków:

2.2.1. Blokowanie sygnalizacji w momencie załączania linii.

Linia musi znajdować się pod napięciem przez co najmniej 3 s, aby wskaźnik mógł zasygnalizować jej awarię. Pozwala to uniknąć pobudzania się wskaźnika udarem prądu magnesującego podczas załączania ciągu liniowego z dużą ilością transformatorów SN/nn.

2.2.2. Trasa przepływu prądu zwarciowego.

Wartość przepływającego prądu zwarciowego musi być na tyle duża, aby wywołała wystarczająco duży przyrost wartości natężenia pola magnetycznego

W przypadku gdy powyższe dwa warunki zostaną spełnione, wskaźnik wykryje zwarcie i zapamięta ten fakt. Natomiast sama opcja sygnalizacji optycznej zdarzenia zależy od tego co wydarzyło się na linii oraz jak został on zaprogramowany przez użytkownika.

2.2.3. Współpraca wskaźnika z wyłącznikiem

Ustawienie: Wyłączanie wyłącznikiem uszkodzonej linii – czynne;
(mikroprzełącznik nr 8 w pozycji: „załączony”)

Uszkodzona linia wyłączana jest w czasie krótszym niż 5 s → sygnalizacja

Uszkodzona linia wyłączana jest po czasie dłuższym niż:10 s → brak sygnalizacji

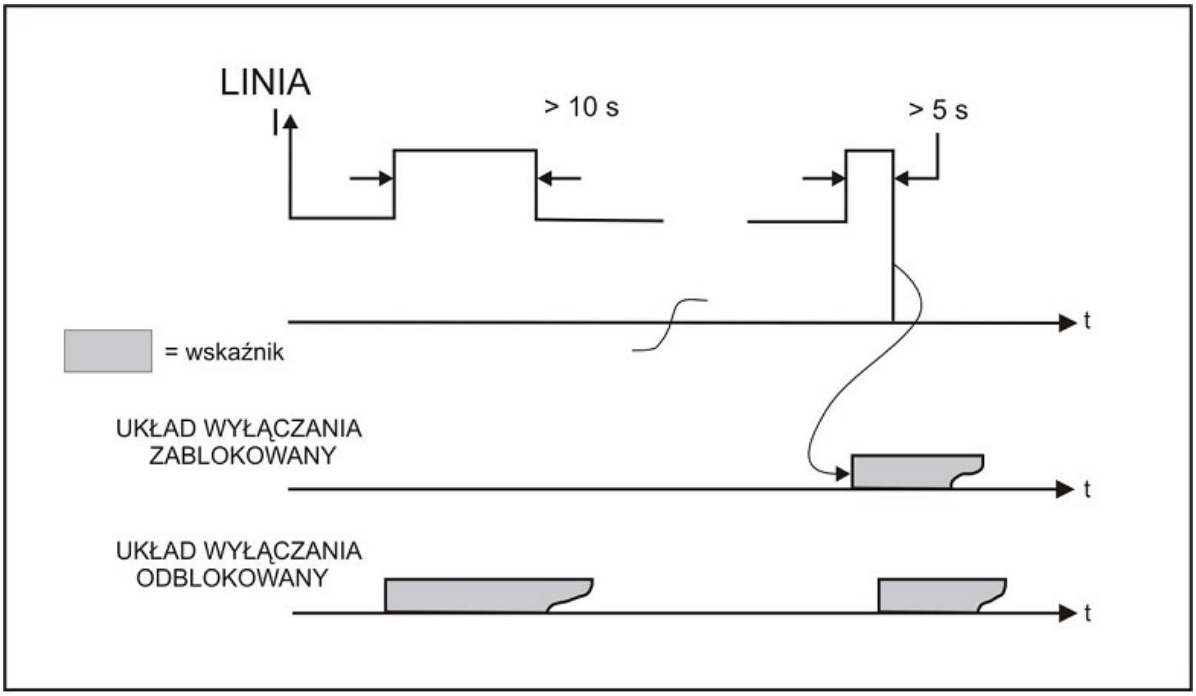
Ustawienie: Wyłączanie wyłącznikiem uszkodzonej linii – nieczynne;
(mikroprzełącznik nr 8 w pozycji: „wyłączony”)

Sygnalizacja uszkodzenia linii nie będzie zależała wówczas ani od tego, czy została ona wyłączona lub też załączona!

Uwaga:

W opcji kasowania wskaźnika powrotem napięcia linii, pobudzony sygnalizator jest zerowany po upływie nastawionej zwłoki czasowej: 15 lub 30 s, gdyby uszkodzona linia nie została wcześniej wyłączona przez zabezpieczenie np. w GPZ.

Jeżeli w ciągu liniowym użyto wskaźników typu **LineTroll 3100** w trybie braku wyłączania doziemionej linii, mikroprzełącznik nr 8 należy ustawić wtedy w pozycji „wyłączony”, tak aby sygnalizował on wykryte przez siebie doziemienia. Spełnienie tych dwóch kryteriów we właściwej sekwencji, zapewni prawidłową sygnalizację stanu awaryjnego linii przez wskaźnik.

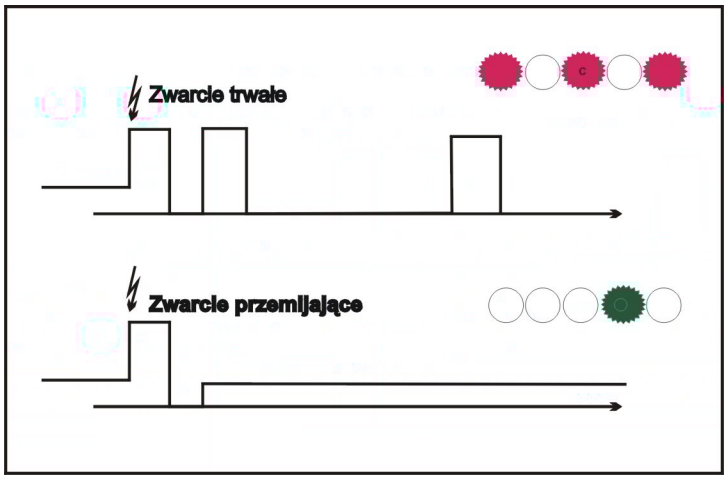


Rys 3 Współpraca LineTroll 3100 z wyłącznikiem

2.3. Sygnalizacja zwarcia na linii

2.3.1. Sygnalizacja optyczna diodami LED.

Diody LED wskaźnika, mogą sygnalizować zwarcia trwałe (trzy LED'y czerwone) i przemijające (jeden LED zielony). Mogą one sygnalizować nawet do 5 lat, co zapewnia naładowana bateria.

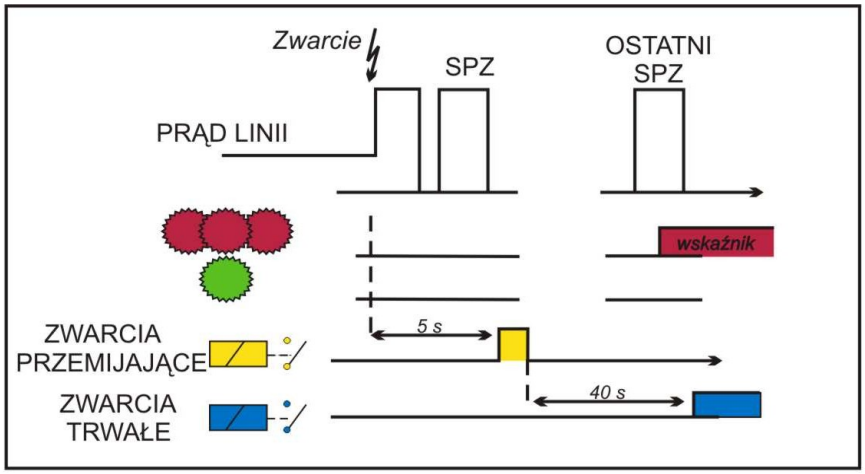


Rys 4 Sposoby sygnalizacji optycznej zwarć wskaźnika

2.3.2. Sygnalizacja przekaźnikami – styk NO.

Wskaźnik wyposażony w przekaźniki wyjściowe umieszczone na module dodatkowym posiadają styki kontaktowe normalnie otwarte - typu NO. Sygnalizacja stykami zwarć przemijających następuje po 1 lub 5 sekundach od wystąpienia zwarcia. Sygnalizacja stykami zwarć trwałych

następuje po upływie dodatkowo - 40 sekundach i trwa do momentu wyzerowania sygnalizacji zwarcia.



Rys 5 Dwa tryby sygnalizacji wskaźnika - optycznej i przekaźnikami

2.4. Sposoby kasowania wskaźnika

Wskaźnik typu: **LineTroll 3100** można wyzerować na różne sposoby:

A. Automatycznie – samym tylko powrotem napięcia, po załączeniu linii
B. Automatycznie – po upływie nastawionego wewnętrznego czasu opóźnienia
C. Ręcznie
D. Zdalnie – z systemu nadzoru

ad **A**. Automatyczne kasowanie wskaźnika powrotem napięcia po załączeniu linii

Możliwe do ustawienia stany:
i) opcja całkowicie wyłączona
ii) opcja załączona – zwłoka czasowa równa: 15 sekund
iii) opcja załączona – zwłoka czasowa równa: 30 sekund

ad **B**. Automatyczne kasowanie wskaźnika – po upływie wewnętrznego czasu opóźnienia

Dotyczy tylko opcji tych z lampą ksenonową
Programowane wartości czasów opóźnień kasowania sygnalizacji : 1,5 3, 6, 12, 24 godz

ad **C**. Ręczne kasowanie sygnalizacji:

Pobudzony wskaźnik typu **LineTroll 3100** można skasować ręcznie, obracając obudowę z wbudowanym magnesem w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara aż do pozycji Kasowanie
Specjalnym drążkiem izolowanym przekręcając obudowę wskaźnika z poziomu ziemi, gdy wskaźnik jest już zamocowany na słupie

ad **D**. Kasowanie zdalne.

Wskaźnik połączony z modułem transmisyjnym do systemu SCADA można skasować zdalnie – wysyłając odpowiedni rozkaz/sygnał.

2.5. Eksploatacja baterii zasilających

Do zasilania wskaźnika przewidziano od 1 szt. do 3 szt. połączonych równolegle baterii litowych o poziomie napięcia U = 3,6 V oraz o pojemności: 14,5 Ah, każda.
Zamiennie można użyć akumulatorka niklowo - kadmowego (Ni-Cd), zabudowanego wewnątrz panela ładowarki słonecznej. W stanie czuwania detektor wskaźnika pobiera ze źródła zasilania prąd o wartości tylko kilku µA, co umożliwia pracę baterii średnio przez okres od 7 do 10 lat. W stanie pobudzenia wskaźnika uaktywniona zostaje jego programowa funkcja zarządzania zużyciem energii ze źródła zasilania. Powoduje ona ograniczenie poboru energii ze źródła zasilania, gdy świeci sygnalizator.

3. Zastosowanie

Przed zainstalowaniem wskaźników przepływu prądu zwarciowego typu **LineTroll 3100**, należy starannie wybrać miejsce ich lokalizacji, tak aby uzyskać optymalny efekt z ich użycia. Dla uzyskania maksymalnych korzyści ekonomicznych zaleca się montować je w miejscach:

- łatwodostępnych do monitorowania punktach w razie awarii linii SN np. w pobliżu dróg, przed i za trudnodostępnymi obszarami (góry, lasy, bagna), rozgałęzieniami linii, aby szybko zlokalizować miejsce wystąpienia awarii. Eksploatatorzy podczas inspekcji uszkodzonej linii powinni być wyposażeni w lornetki.
- w każdej z gałęzi rozległej linii SN, tak aby informacja w każdym przypadku powstałej awarii była zarówno pełna, jak i jednoznaczna dla eksploatatorów. W przeciwnym wypadku gdyby miejsce awarii przemijającej znajdowało się w odgałęzieniu linii nie wyposażonej we wskaźnik, pobudzona sygnalizacja optyczna wskaźników poprzedzających nie wskazywałaby jednoznacznie uszkodzonego odcinka linii SN.
- w pobliżu rozłączników sekcjonujących, aby uzyskać szybką eliminację z pracy uszkodzonego odcinka linii wraz z łatwą i jednoznaczną jego identyfikacją.

Wskaźnik typu **LineTroll 3100** można stosować w napowietrznych liniach dystrybucyjnych sieci o napięciu nominalnym od 6 kV do 132 kV :

- na liniach o strukturze promieniowej
- w sieciach o izolowanym punkcie neutralnym
- w sieciach o punkcie neutralnym trwale uziemionym
- w sieciach o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor
- w sieciach trójfazowych i jednofazowych.

Nie należy montować wskaźników typu: **LineTroll 3100** na słupach:

- z przebiegającymi w pobliżu kablami elektroenergetycznymi
- z zamontowanymi na nich transformatorami SN/nn
- linii dwutorowych
- z odłącznikami sekcjonującymi
- rozgałęźnych (węzeł 3 odcinków) w kształcie litery „T";
- zlokalizowanych bliżej niż 150 m od linii WN 220 kV – 400 kV
- zlokalizowanych bliżej niż 300 m od linii WN 110 kV
- zlokalizowanych bliżej niż 100 m od linii SN 60 kV
- zlokalizowanych bliżej niż 50 m od innej linii SN 30 kV
- zlokalizowanych bliżej niż 35 m od innej linii SN 20 kV.
- na liniach zabezpieczanych tylko bezpiecznikami
- na liniach pierścieniowych, z wielostronnym zasilaniem
- na liniach, w których wartość prądu pojemnościowego przekracza wartość progową, nastawioną uprzednio we wskaźniku.

4. Uwagi eksploatacyjne

Celem tego rozdziału jest omówienie zachowania się wskaźnika LineTroll 3100 w różnych sytuacjach ruchowych i awaryjnych.

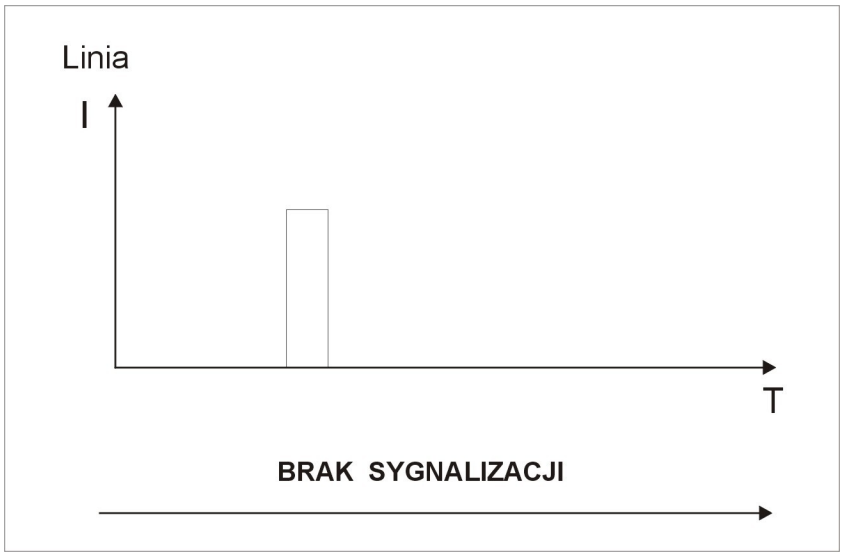
4.1. Załączanie linii pod napięcie

4.1.1. Załączanie linii sprawnej.

Ze względu na to, że wartość udarowa prądu magnesującego może być znaczna, detektor (dB/dt) wskaźnika blokowany jest przez pierwsze 3 s, aby wyeliminować jego zbędne pobudzenia w stanienie ustalonym załączanej linii. Po upływie czasu blokady, wskaźnik jest gotów do swej normalnej pracy. Patrz rys. 2.

4.1.2. Załączanie pod napięcie linii uszkodzonej gdy wskaźnik jest blokowany.

Wskaźnik jest wówczas blokowany, niezależnie od tego, czy załączana linia jest sprawna lub też nie. Wprowadzona fabrycznie blokada uniemożliwia w takich sytuacjach jakąkolwiek sygnalizację tego faktu.

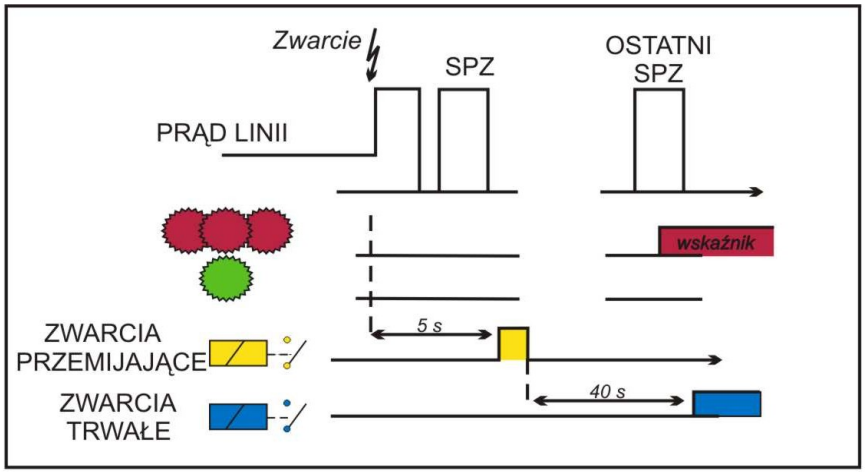


Rys 6 Załączanie linii uszkodzonej

4.2 Zwarcia

4.2.1. Zwarcia trwałe

Zwarcia trwałe sygnalizuje migotanie diód czerwonych LED wskaźnika przez zaprogramowany czas 1,5 3, 6 lub 12 godz. Gdy sprawność linii zostanie przywrócona i ponownie będzie zasilana wskaźnik wyzeruje się automatycznie.



Rys 7 Zwarcia trwałe – sygnalizacja diodami i przekaźnikami

4.2.2. Zwarcia przemijające.

Sygnalizacja zwarć przemijających zależy od tego, czy we wskaźniku odblokowano kasowanie jego sygnalizacji powrotem linii pod napięcie.

4.2.3. Kolejne zwarcie pojawiające się w trakcie sygnalizacji poprzedniego.

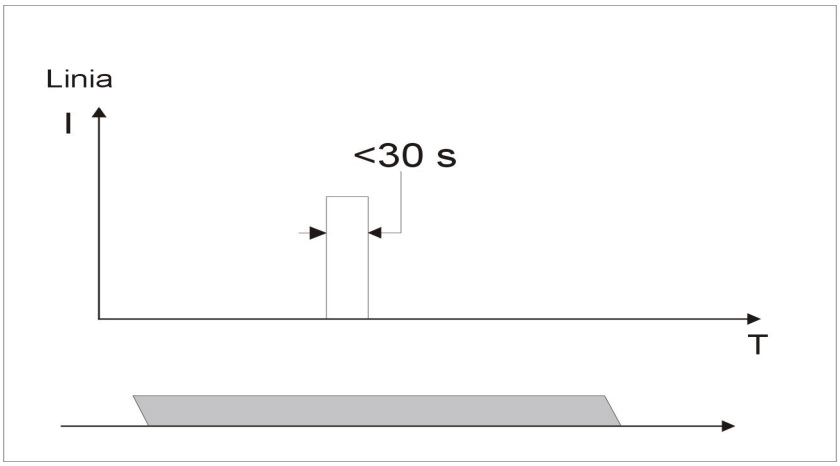
Jeśli kolejne zwarcie pojawia się w trakcie sygnalizacji przez **LineTroll 3100** jeszcze poprzedniego zwarcia, to wówczas wskaźnik kontynuuje sygnalizację wcześniejszego z nich.

4.3 Automatyka SPZ

Działająca automatyka SPZ-u nie pobudzi sama z siebie wskaźnika do świecenia. W przypadku gdy wskaźnik sygnalizuje jeszcze poprzecnie zwarcie, działanie automatyki SPZ-u może wpłynąć na zachowanie się wskaźnika, w zależności od tego, czy był to cykl udany lub też nie.

4.3.1. Nieudany cykl automatyki SPZ-u.

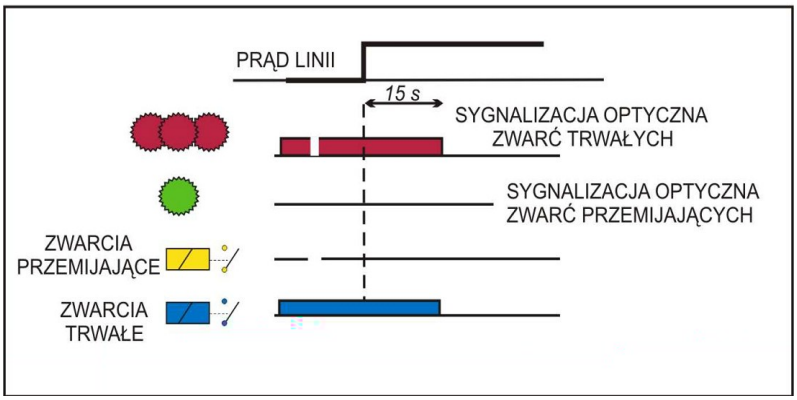
Zamykając wyłącznik uszkodzonej linii, generowany jest bezzwłocznie sygnał na otwarcie jej wyłącznika. Pobudzony wskaźnik oczekuje nastawiony 15/30 s na powrót linii pod napięcie, aby się samemu automatycznie skasować.



Rys 8 Nieudany cykl automatyki SPZ-u

4.3.2. Udany cykl automatyki SPZ-u.

Pobudzanie się wskaźnika - w przypadku udanego cyklu automatyki SPZ-u, zależy od tego, czy wybrano w nim opcję kasowania powrotem linii pod napięcie.



Rys 9 Udany cykl automatyki SPZ-u

4.4. Linie chronione bezpiecznikami

Jednym z kryteriów działania wskaźnika, jest wystąpienie trójfazowego wyłączenie linii. Gdyby uległ przepaleniu: jeden lub dwa bezpieczniki danej linii, to pozostałe napięcie/napięcia fazowe, mogłyby skasować pobudzony uprzednio wskaźnik. Dotyczy to zarówno tych wskaźników, pracujących „powyżej", jak i tych „poniżej" przepalonych bezpieczników. W przypadku, gdy czynne jest kryterium sterowania wyłącznikiem", **LineTroll 3100** nie pobudzi się tak długo aż nie nastąpi trójfazowe wyłączenie uszkodzonej linii w ciągu 5 s od momentu powstania zwarcia. W przypadku, gdy jest zablokowane kryterium „sterowania wyłącznikiem", **LineTroll 3100** pobudzi się na czas ustawiony uprzednio t.j. 15/30 s), chyba, że wpierw nastąpi wyłączenie uszkodzonego odcinka linii. W przypadku, gdyby wyłączono kasowanie sygnalizacji pobudzonego wskaźnika powrotem linii pod napięcie, wskaźnik będzie świecił się tak długo, aż nie zostanie on skasowany ręcznie lub dopiero gdy upłynie nastawiony przez użytkownika czas sygnalizacji.

4.5. Zwarcia rozwijające się

Tego typu zwarcia spotyka się często w sieci dystrybucyjnej. Uszkodzone jej elementy (spalone, rozerwane) w wyniku oddziaływania na nie sił elektrodynamicznych wywołanych przepływem prądów zwarciowych, mogą powodować dalsze uszkodzenia. Innym źródłem powstawania zwarć rozwijających się w sieci z izolowznym punktem neutralnym jest wzrost wartości napięć „zdrowych" faz aż o 70 %, w przypadku pełnego doziemienia jednej z nich. Punkty w sieci o osłabionej wartości izolacji mogą nie wytrzymać takiego wzrostu napięcia i mogą się stać przyczyną kolejnych awarii. Tego typu zwarcia trudno potem śledzić, jako że zazwyczaj są one przemijające i występują tylko w trakcie wcześniej powstałych doziemień.

4.6. Prądy rozładowania pojemności sieci

Wskaźnik przepływu prądu zwarciowego typu: **LineTroll 3100** wykrywa przepływ prądu zwarciowego, bez wskazania jego kierunkowości. W przypadku doziemienia, energia pojemnościowa sieci, rozładowana zostaje do punktu awarii. Dlatego też należy upewnić się wpierw, czy wartość prądu pojemnościowego fragmentu sieci leżącego „poniżej" punktu doziemienia nie jest większa od nastawionej wartości progowej we wskaźniku, aby nie powodowało to powstawania błędnej sygnalizacji powstałego już zwarcia. W przypadku, gdy wartość tego prądu pojemnościowego

przekracza nastawioną we wskaźniku wartość progową, zaleca się bądź to: podniesienie wartości nastawy lub też rozmieszczenie wskaźników także i w gałęziach bocznych linii, zamiast w linii głównej. Wartość prądu rozładowania pojemności sieci dla „gałęzi" bocznej zależy głównie od jej długości i jest dużo mniejsza niż dla toru głównego. Podziemne sieci kablowe mają dużo większą pojemność niż linie napowietrzne. Należy wziąć ten fakt pod uwagę, gdy mamy do czynienia z ciągiem napowietrzno-kablowym. Przedstawiony poniżej algorytm pozwala oszacować wartość prądu rozładowania pojemności fragmentu sieci napowietrznej SN:

gdzie:

IC - wartość prądu (w A) rozładowania pojemności fragmentu sieci SN
U - wartość nominalna (w kV) napięcia międzyfazowego sieci SN
LL - długość linii napowietrznej (w km)
LC - długość linii kablowej (w km)
K - współczynnik proporcjonalności równy:
10 – dla kabli olejowych SN
5 – dla kabli SN o izolacji z PEX (polietylenu sieciowanego)
3 – dla kabli SN o izolacji PVC

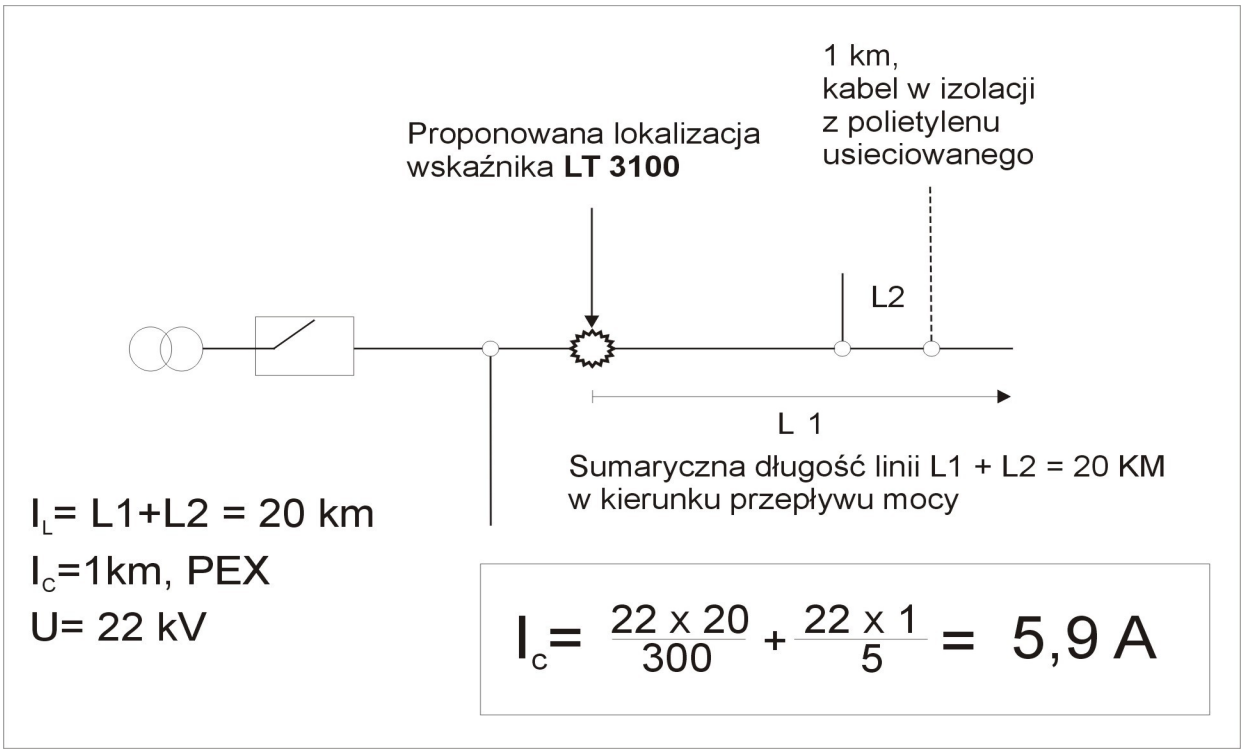
W celu uniknięcia zbędnego pobudzania się wskaźnika typu: **LineTroll 3100**, muszą zostać spełnione poniższe kryteria wartościowe:

$$1) \quad I_C < I_{nastawy}$$

gdzie:

IC - wartość prądu rozładowania pojemności fragmentu sieci, tej leżącej „poniżej" miejsca wystąpienia awarii
Inastawy - maksymalna, nastawiona wartość prądu doziemnego (możliwe nastawy we wskaźniku: 2.5, 7, 15 lub 50 A)

Aby obliczyć wartość prądu rozładowania pojemności fragmentu sieci, należy obliczyć wpierw wartości prądów udziałowych od wszystkich odgałęzień - zarówno tych napowietrznych linii, jak i kablowych.



Rys 10 Przykład obliczeniowy wartości prądu rozładowania pojemności fragmentu sieci SN

4.7. Konfiguracja wskaźnika oraz lokalizacja miejsca wystąpienia zwarcia

W sieciach SN, pracujących z izolowanym punktem neutralnym, wartość prądu doziemnego jest zazwyczaj stosunkowo mała. Tym ważniejsze staje się więc wówczas przeprowadzenie dokładnych wyliczeń: prądów udziałowych, aby wybrać optymalne miejsce do zainstalowania samego wskaźnika oraz jego parametrów nastaw ruchowych. Należy spełnić dwa kryteria, aby uniknąć fałszywej sygnalizacji wskaźników w przypadku wystąpienia awarii linii.

1) **IC < Inastawy**

gdzie:

IC - wartość prądu rozładowania pojemności fragmentu sieci, leżącej „poniżej” miejsca wystąpienia awarii

Inastawy - maksymalna, nastawiona wartość prądu doziemnego (możliwe nastawy we wskaźniku: 2.5, 7, 15 lub 50 A)

Celem uzyskania poprawnej sygnalizacji wskaźnika, w przypadku doziemienia sieciach powinien być spełniony jeszcze drugi warunek:

2) **Inastawy < IO - IC**

gdzie:

IC - wartość prądu rozładowania pojemności fragmentu sieci, leżącej „poniżej” miejsca wystąpienia awarii

Inastawy - maksymalna, nastawiona wartość prądu doziemnego (możliwe nastawy we wskaźniku: 2.5, 7, 15 lub 50 A)

IO - całkowita wartość prądu pojemnościowego danej sieci SN

Łącząc ze sobą warunki: (1) i (2), otrzymać można zależność na warunki brzegowe

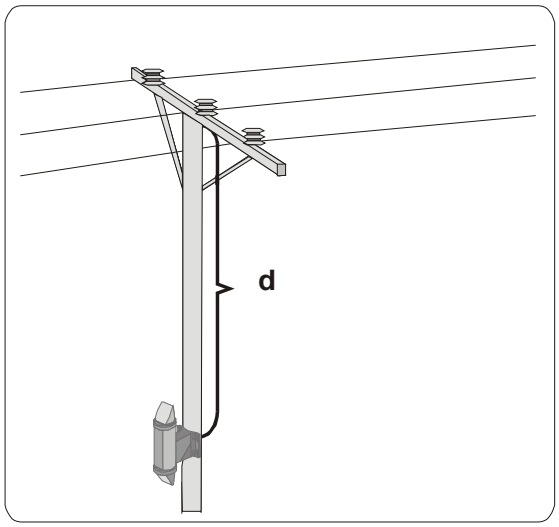
IC < Inastawy < IO - IC

4.8. Czułość sygnalizacji LineTroll 3100

4.8.1. Doziemienia.

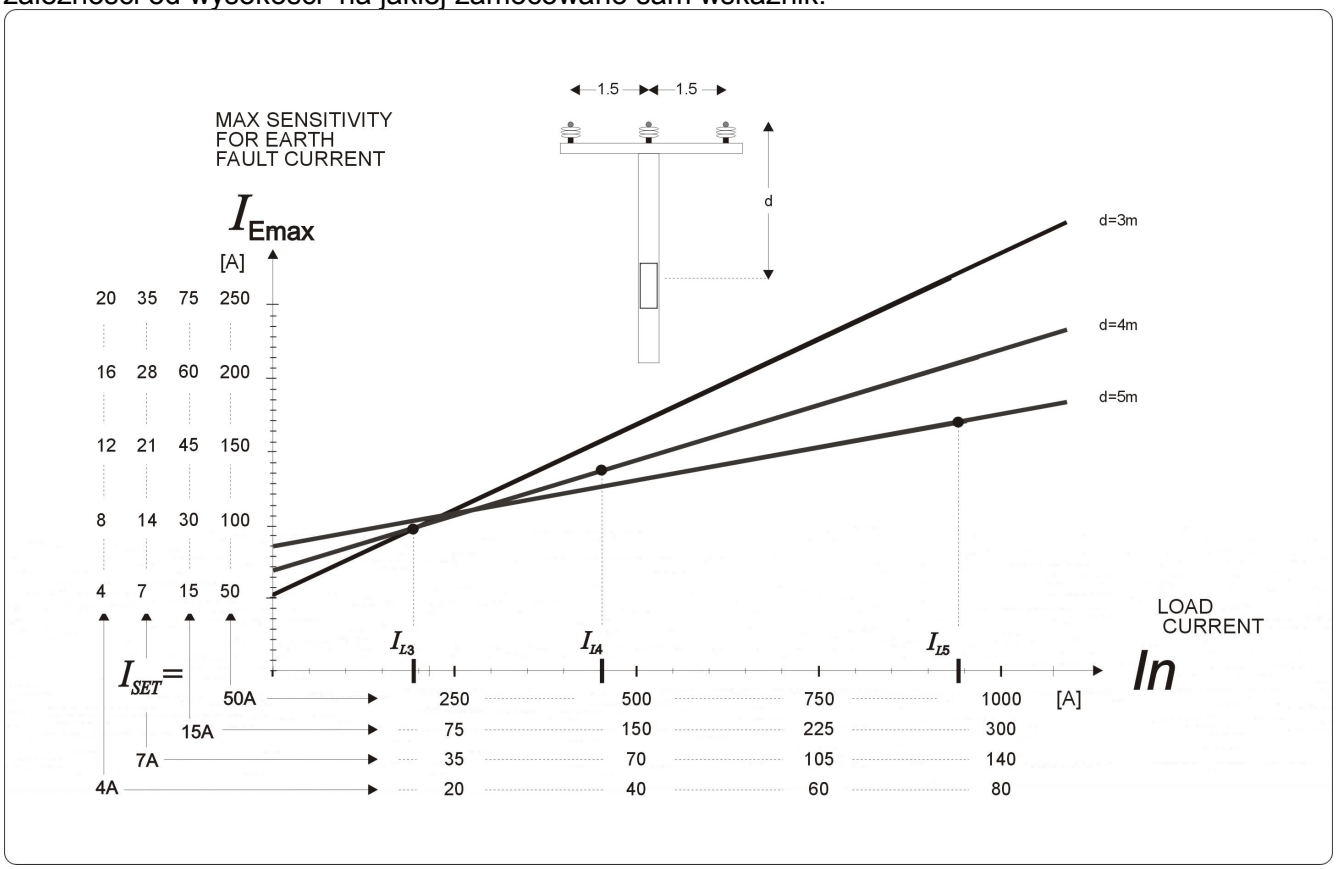
Wskaźnik typu: **LineTroll 3100** mierzy stale wypadkową wartość natężenia pola magnetycznego w miejscu swej pracy. Jego czułość jest funkcją poniższych zmiennych:

1. nastawionej wartości progowej prądu doziemnego (2.5, 7, 15 lub 50 A – patrz rozdział: 2.1.)
2. wartości prądu obciążenia linii w chwili powstania jej doziemienia
3. konfiguracji linii, „względem” słupa na którym został on zamocowany
4. odległości pomiędzy przewodami linii, a samym wskaźnikiem.



Rys 11 Odległość montażu wskaźnika od przewodów

Jak wspomniano już w rozdziale: 2. 1. maksymalne wartości nastaw prądu doziemnego wynosić mogą 2.5, 7, 15 lub 50 A. Wartości te odnoszą się do linii nieobciążonych, gdy wskaźniki zamontowano na słupach 3 m poniżej przewodów. W miarę wzrostu prądu obciążenia linii, maleje czułość wskaźnika dla zwarć doziemnych. Zwiększając odległość (d) pomiędzy przewodami linii, a wskaźnikiem uzyskuje się pogorszenie jego czułości dla - linii słabo obciążonych - pomimo utrzymania jej dla dużych obciążeń. Wykres przedstawia zależności maksymalnej czułości doziemnej wskaźnika w funkcji wartości prądu obciążenia linii. Na rysunku 12 przedstawiono przebiegi trzech takich funkcji, w zależności od wysokości na jakiej zamocowano sam wskaźnik.



Rys 12 Zależność maksymalnej czułości wskaźnika w funkcji wartości prądu obciążenia linii oraz odległości pomiędzy samym wskaźnikiem, a przewodami fazowymi linii SN

Przykład:

Załóżmy, że wskaźnik pracuje na słupie linii o nominalnym obciążeniu równym 30A. Prąd rozładowania pojemności fragmentu sieci - położonego „poniżej" punktu zwarcia - wynosi: IC = 8 A. Spodziewana wartość mierzonego prądu doziemnego (Io – Ic) wynosić będzie 35 A. Zgodnie z zależnościami: (1) i (2) z rozdziału nr 4.1, wskaźnik należy nastawić na jedną z wartości prądu z przedziału: 8 A < Inastawy < 35A

Wybrano wartość nastawy prądu wskaźnika równą 15 A.

Z zamieszczonych na rys. 12 przebiegów, można odczytać przybliżoną wartość maksymalnej czułości wskaźnika - dla założonej wartości prądu obciążenia linii, powinna ona być na poziomie: ~20 A. Przy prądzie obciążenia linii w granicach ~150 A, czułość wskaźnika powieszonego w odległości ~3 m poniżej przewodów waha się w granicach od 45 A do 50 A. Zwiększając odległość pomiędzy wskaźnikiem, przewodami do 5m, uzyskuje się powiększenie jego czułości do wartości ~35 A prądu doziemnego.

4.8.2. Zwarcia międzyfazowe.

Kryterium detekcji zwarć międzyfazowych jest takie same, jak dla doziemień, za wyjątkiem poziomu wyłączania. Na osi poziomej wykresu z rys.12 zaznaczono trzy punkty: IL3; IL4; IL5. Wartości nastawionych prądów - In, pozwalają odczytać z wykresu minimalną wartość prądu zwarciowego, przy założeniu, że dotyczy to zwarcia trójfazowego.

Przykład.

- d = 4 m – odległość pomiędzy wskaźnikiem, a przewodami fazowymi
- In = 15 A – nastawiona wartość prądu

Z przebiegów zamieszczonych na rys. 12 - po wstawieniu powyższych parametrów d i In, można odczytać wartość: IL4 = 130 A

Kryterium prądowe detekcji zwarcia trójfazowego, będzie następujące:

Izwarcia > 130 A

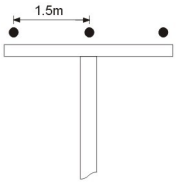
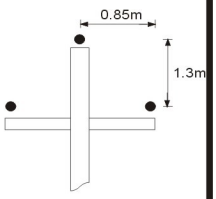
Izwarcia > 2 x Iobciążenia (= 100 % wzrostu)

Przeważnie wartości prądów dla zwarć międzyfazowych są stosunkowo duże. W przypadku zwarcia trójfazowego na końcu długiej linii SN, impedancja samych tylko przewodów może znacznie ograniczyć wartość prądu zwarciowego, wykorzystując In o wartościach 15 A lub 50 A.

4.8.3. Zalecane odległości montażowe wskaźników od przewodów fazowych na słupach. Niezbędna wartość prądu zwarciowego, potrzebna do wygenerowania odpowiednio silnego wzrostu pola magnetycznego, tak aby pobudzić detektor wskaźnika zależy od:

a) odległości wskaźnika od przewodów fazowych linii SN
b) konfiguracji samej linii SN
c) wartości prądu obciążenia roboczego linii SN.

Odległość d wskaźnika od przewodów, należy rozumieć jako odległość od przewodu najbliższej wskaźnikowi fazy.

	Odległość d [m]	
$\frac{In}{Iust}$		
0 - 2	3	3
2 - 5	3	4
5 - 10	4	4
10 - 15	4	5
15 - 20	5	5
> 20	5	5

Rys 13 Odległość wskaźnika od przewodów linii

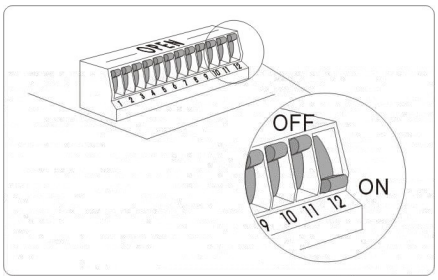
Tabela powyżej podaje zalecane odległości montażowe d wskaźników na słupach w zależności od proporcji: In / Iust oraz od układu przewodów na linii.

Przykład:

Prąd obciążenia nominalnego linii wynosi I = 30 A, we wskaźniku **LineTroll 3100** nastawiono Inastawy = 15 A. Iloraz: Io / In = 2, odczytana z tabeli nr optymalna odległość zamocowania wskaźnika od przewodów linii - w układzie płaskim - wynosi d = 3 m. Dla przypadku linii o przewodach w układzie trójkątnym, ta sama zalecana odległość wyniesie wówczas d = 4 m.

5. Programowanie

Wskaźnik programuje się wykorzystując trzy zespoły mikroprzełączników zlokalizowanych na jego płycie głównej. Poniżej przedstawiono rysunek mikroprzełączników.



Rys 14 Zestaw mikroprzełączników

Mikroprzełącznik **SW 1**

Numer mikroprzełącznika	Opis nastawianego parametru	Ustawienie dwustanowych mikroprzełączników
1	Czas pobudzenia przekaźnika wyłączającego	1sek – ustawić „0” 3 sek – ustawić „1”
2, 3	Wartość pobudzeniowa dla pierwotnego prądu doziemnego	(2.5 , 4) A – ustawić „00” 7A – ustawić „01” 15A – ustawić „10” 50A – ustawić „11”
4	Procentowe powiększenie nastawianej wartości rozruchowej dla prądu zwarciowego	100 % - ustawić „0” 200 % - ustawić „1”
5, 6	Pierwotna wartość rozruchowa wskaźnika dla prądu zwarciowego	100A – ustawić „00” 200A – ustawić „01” 500A – ustawić „10” 1000A – ustawić „11”
7	Czas zwłoki pobudzenia czujnika dla doziemień	60 ms – ustawić „0” 120 ms – ustawić „1”
8	Czas zwłoki pobudzenia czujnika dla zwarć międzyfazowych	60 ms – ustawić „0” 120 ms – ustawić „1”

Mikroprzełącznik **SW 2**

Numer mikroprzełącznika	**Opis nastawianego parametru**	**Ustawienie dwustanowych mikroprzełączników**
1	Tryb pracy przekaźnika wyłączającego we wskaźniku przepływu prądu zwarciowego	ON – działa na otwarcie wyłącznika OFF – nie działa na otwarcie wyłącznika
2	Automatyczne kasowanie pobudzenia wskaźnika po powrocie linii pod napięcie	ON - czynne OFF - wyłączone
3	Czas opóźnienia automatycznego kasowania pobudzenia wskaźnika powrotem linii pod napięcie	15 sek – ustawić „0” 30 sek – ustawić „1”
4, 5	Czas opóźnienia automatycznego kasowania pobudzenia wskaźnika	1,5 godz. – ustawić „00” 3 godz. – ustawić „01” 6 godz. - ustawić „10” 12 godz. - ustawić „11”
6, 7	Czas opóźnienia sygnalizacji pobudzenia się wskaźnika (do chwili trwałego zadziałania przekaźnika wyjściowego – łącznie z czasem własnym)	40 sek – ustawić „00” 70 ms – ustawić „01” 120 sek – ustawić „10” 180 sek – ustawić „11”
8	Czas trwania pobudzenia sygnalizacji wskaźnika, w przypadku zakłóceń przemijających	5 sek – ustawić „0” 10 sek – ustawić „1”

Mikroprzełącznik **SW 3**

Numer mikroprzełącznika	**Opis nastawianego parametru**	**Ustawienie dwustanowych mikroprzełączników**
1	Wydłużenie do 24 godz. sygnalizacji wykrycia zakłócenia przemijającego	ON – czynne OFF – wyłączone
2	Wydłużenie do 24 godz. sygnalizacji (z podtrzymaniem) wykrycia zakłócenia	ON – czynne OFF – wyłączone
3, 4	Wybór adresu danego wskaźnika dla radiowej obsługi zdalnej	1 - ustawić „00” 2 - ustawić „01” 3 – ustawić „10” 4 – ustawić „11”
5	Wersja sprzętowa dla komunikacji radiowej lub z dodatkowymi przekaźnikami	QuickLink/GSM - „0” Karta z przekaźnikami – „1”
6	Kasowanie stanu licznika czasu pracy baterii	TAK/NIE
7	nieużywany	-
8	Sygnalizator wystąpienia błędu wewnętrznego w urządzeniu	ON – załączony OFF – wyłączony

Po zaprogramowaniu, **każdy wskaźnik powinien zostać wyzerowany**, aby zostały zapamiętane jego nowowprowadzone parametry robocze.

5.1. Nastawa czułości wskaźnika

Maksymalną czułość wskaźnika dla przypadku doziemień można wybrać jako jedną z czterech opcji możliwych do nastawienia opcji: 2.5, 7, 15 lub 50 A (wersja wskaźnika LT 3100T lub LT 3100K ma zakres : 4, 7, 15 lub 50 A).

5.2. Nastawa czasu opóźnienia kasowania sygnalizacji

Wartości tego czasu opóźnienia nastawiać można w granicach od: 1,5 godz do 24 godz.

5.3. Wyłączenie uszkodzonej linii w czasie do 5 s po powstaniu zwarcia

W przypadku uaktywnienia tej opcji sygnalizacja zwarcia, będzie działała dopiero wtedy, gdy linia wróci pod napięcie najpóźniej po 5 s od chwili powstania zwarcia.

5.4. Kasowanie pobudzonego wskaźnika powrotem linii pod napięcie

Opcja kasowania sygnalizacji pobudzonego wskaźnika, wymaga uprzedniej pracy linii pod napięciem przez co najmniej jedną z dwóch nastawialnych wartości: 15 s lub 30 s. Opcja ta może zostać także zablokowana przez użytkownika.

6. Uwagi eksploatacyjne

Zaleca się wykonywanie corocznych przeglądów wskaźników. Przegląd ten powinien obejmować wykonanie: testu funkcjonalnego, mającego na celu sprawdzenie zachowanie prawidłowej częstotliwości migotania sygnału optycznego sygnalizacji.

6.1. Wymiana baterii

Narzędzia niezbędne do wykonania wymiany baterii wskaźnika to: śrubokręt z końcówką o szerokości od 5 mm do 10 mm. Baterie umieszczone w przedziale bateryjnym, aby je wymienić należy wpierw odczepić sam wskaźnik od uchwytu, którym jest on przymocowany do słupa. Otworzyć pokrywę przedziału bateryjnego, a następnie odpiąć baterie od płytki elektroniki, zdejmując zaciski. Baterie zapasowe otrzymuje Klient zawsze z naklejkami na których umieszczono ich datę produkcji. Należy je włożyć w miejsce zużytych, właściwie podłączyć i zamknąć wieczko przedziału bateryjnego.

7. Obudowa sygnalizatora optycznego

Obudowę sygnalizatora optycznego wskaźnika wykonano z wytrzymałego niepalnego plastiku odpornego na promienie ultrafioletowe.

8. Parametry techniczne LineTroll 3100

- **Minimalne natężenie pola magnetycznego dla każdej z czterech możliwych wartości progowej prądu nastawy.**

Wersja LT 3100

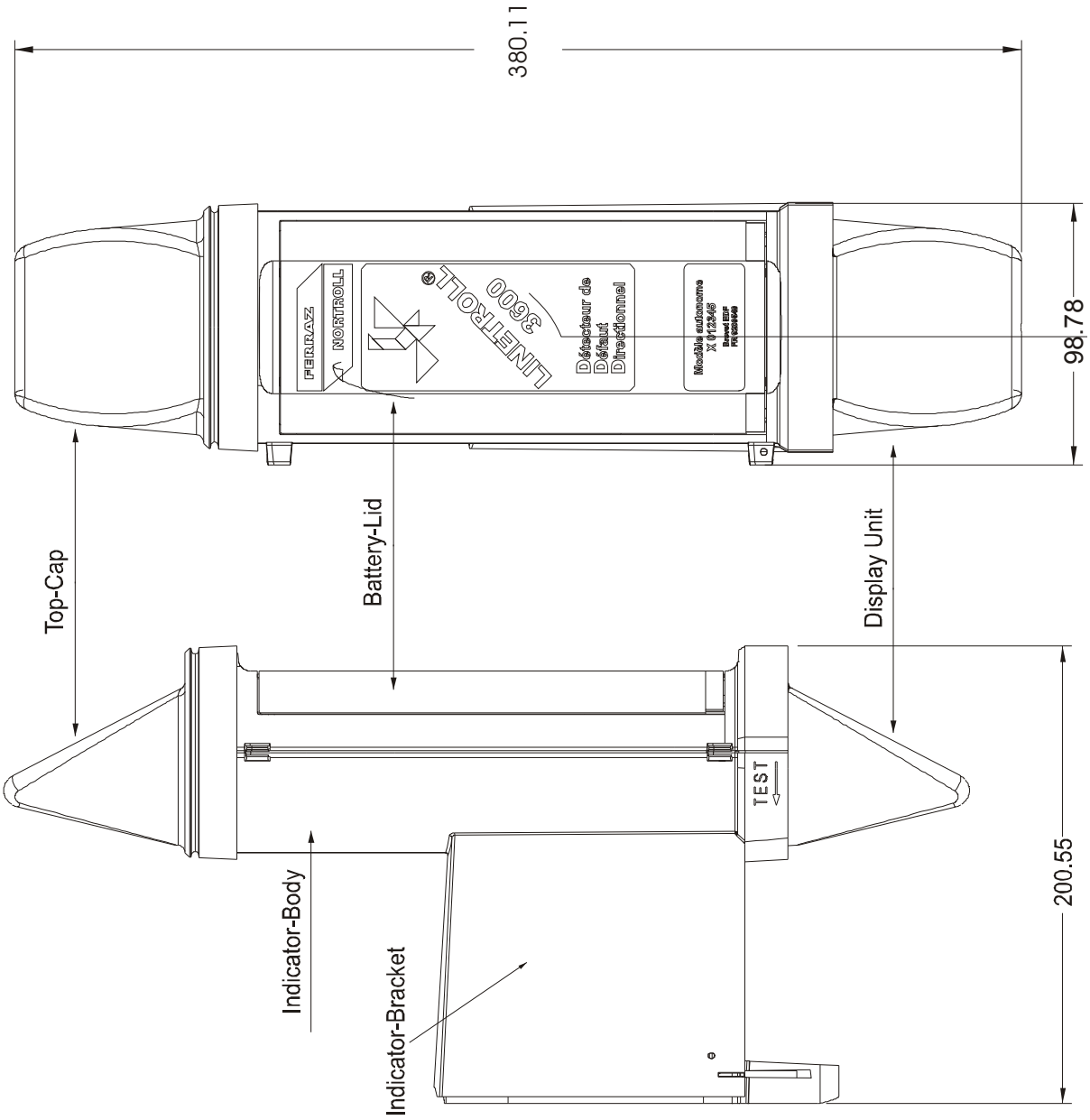
Inastawy A	B µT	Tolerancja w %
2.5	0,168	+ / - 15
7	0,47	+ / - 15
15	1	+ / - 15
50	3,33	+ / - 15

Wersja LT 3100T i Wersja LT 3100K

Inastawy A	B µT	Tolerancja w %
4	0,27	+ / - 20
7	0,47	+ / - 20
15	1	+ / - 20
50	3,33	+ / - 20

- **Czas blokady sygnalizacji podczas załączania linii pod napięcie TBl = 3 s**
- **Kryteria pobudzeniowe:**
  1. Linia pracuje pod napięciem dłużej niż 3 s
  2. Prąd obciążenia linii wzrósł o co najmniej:
     100 % w ciągu 20 ms przekraczając nastawiony poziom wyłączenia linii
  3. Uszkodzona linia zostanie wyłączona w czasie krótszym niż 5s.
- **Minimalny czas trwania zwarcia, tak aby zostało ono zasygnalizowane przez wskaźnik:** wynosi ok. 25 ms.
- **Konstrukcja sygnalizatora optycznego**
  Zespół diod świecących LED o dużej intensywności świecenia
- **Sposoby kasowania sygnalizacji:**
  1. po nastawionym czasie: 15 s / 30 s, gdy linia wróci pod napięcie,
     opcja ta może zostać zablokowana przez użytkownika
  2. bezwarunkowo, po nastawionej zwłoce czasowej - jednej z 5 możliwych do wyboru :
     1,5 godz. 3, 6, 12 lub 24 godz
  3. ręcznie za pomocą drążka izolowanego z końcówką z magnesem trwałym
  4. zdalnie z systemu nadzoru ruchu stacji
- **Źródła zasilania wewnętrznego**
  1. od: 1szt. do: 3 szt. baterii litowych - 3,6V/14,5h, o prądzie nominalnym 5mA w temperaturze: 20°C
  2. akumulator niklowo-kadmowy (Ni-Cd) typu: 3N – 1200SCK
     Baterie wskaźnika należy wymienić po: ~ 7 – 10 latach pracy.
- **Zasilacz zewnętrzny prądu stałego**
  Moduł zewnętrzny, o dopuszczalnym poziomie napięcia wejściowego z zakresu: 10V – 24V DC
- **Zakres temperatur pracy i przechowywania** - 40 ˚C - + 74 ˚C
- **Materiał, z którego wykonano obudowę**
  - Obudowa wraz z uchwytem – poliwęglan, wzmocniony włóknem szklanym
  - Pokrywa górna i dolna z soczewkami – przeźroczysty poliwęglan, odporny na promieniowanie ultrafioletowe.
  - Mechaniczna wytrzymałość obudowy IK 09 (6 J – w udarze). Nie palny otwartym płomieniem otwartym, w klasie: V - 0 ul., do: 750 ˚C
- **Ciężar i wymiary zewnętrzne wskaźnika przepływu prądu zakłóceniowego typu: LineTroll 3100**.
  Ciężar kompletnie wyposażonego wskaźnika - wraz z: uchwytem, wskaźnikiem optycznym - wynosi: 1400 gramów. Wymiary zewnętrzne: 100 x 380 x 200 mm.

9. Widok wskaźnika LineTroll 3100



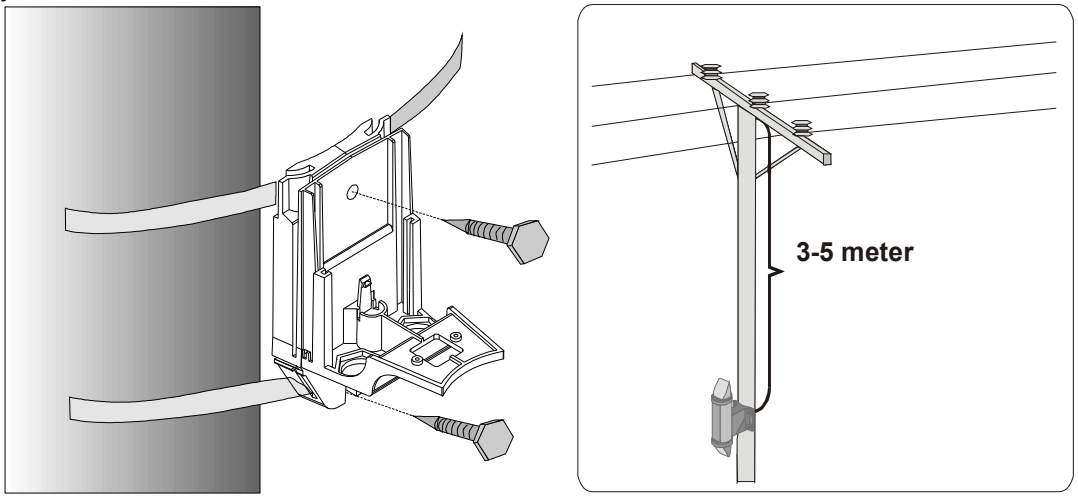
Rys 16 Widok wskaźnika i uchwytu montażowego

Okresowe sprawdzenie wskaźnika.

Sprawdź, czy baterie lub zewnętrzny zasilacz zostały prawidłowo podłączone. Gdyby **LT 3100** nie był jeszcze skonfigurowany, uczyń to ustawiając w odpowiednie położenia mikroprzełączniki .

Montaż wskaźnika na słupie linii SN.

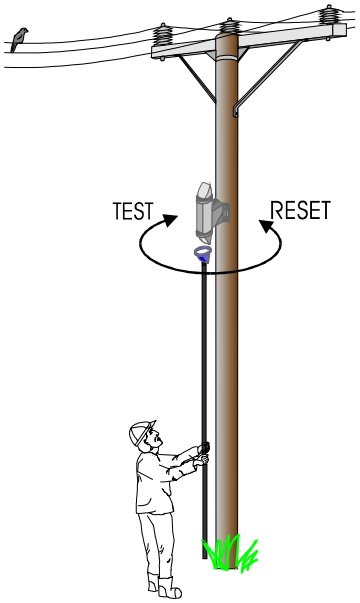
Wskaźniki **LineTroll 3100** montować należy na słupach w odległości od 3 do 5 m poniżej przewodów fazowych.



Rys 17 Sposób montażu uchwytu wskaźnika i widok zamontowanego na słupie wskaźnika

Wskaźnik na słupach można zamontować za pomocą bądź to wkrętów, bądź to dwóch opasek zaciskowych. W przypadku, gdy uchwyt wskaźnika mocowany jest do drewnianego słupa przy pomocy wkrętów, zaleca się wpierw wkręcić dolny z nich, następnie przyczepić do niego uchwyt, a dopiero potem wkręcić drugi (górny wkręt). Niezależnie od tego, czy uchwyt wskaźnika mocowany jest do słupa za pomocą: wkrętów, czy też tylko opasek zaciskowych, wskaźnik nasuwa się na uchwyt z góry. W momencie, gdy wskaźnik znajdzie się we właściwej pozycji usłyszymy charakterystyczny „klik”,świadczący o zatrzaśnięciu się zamka blokady mocującej urządzenie.

Testowanie i kasowanie pobudzonego już wskaźnika.



Rys 20 Sposób testowania i kasowania pobudzonego wcześniej wskaźnika

Kasowanie

Pobudzony wskaźnik można skasować ręcznie, przekręcając plastikową pokrywę sygnalizatora w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, aż przestanie on świecić, a następnie w stronę przeciwną .

Testowanie

Wskaźnik można testować - pobudzać jego sygnalizację - przekręcając jego plastikową pokrywę sygnalizatora, do oporu, w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, a następnie wracając do pozycji normalnej. **LT 3100** można także testować oraz kasować jego pobudzenie, używając do tego celu testera **TBX**.

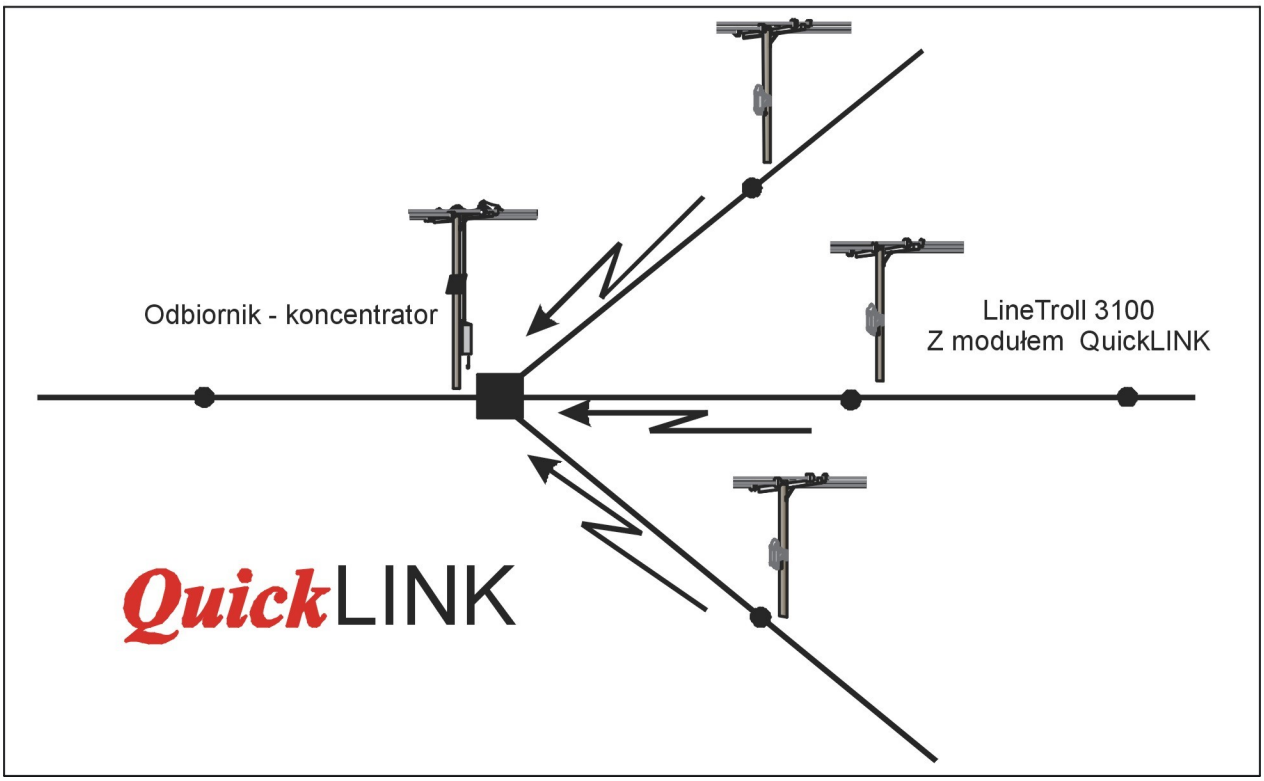
Sposób podłączenia LineTroll 3100 z modułem transmisyjnym

Wskaźnik **LineTroll 3100** może być wyposażony w wewnętrzny moduł przekaźników lub moduł transmisyjny połączony kabelkiem. Zaleca się używać do tego celu ekranowanej pary przewodów. Ekran tego kabelka powinien zostać uziemiony <u>tylko od strony modułu transmisyjnego</u>. Moduł przekaźników połączony jest z płytką elektroniki detektora. Moduł przekaźników **LT 3100** - współpracujący z systemem nadzoru - pozwala na zdalną sygnalizację zwarć przemijających i trwałych. Należy połączyć wóczas równolegle z modułem transmisyjnym styki jego dwóch przekaźników sygnalizacyjnych.

- zwarcie trwałe – dwa mikroprzełączniki w pozycji (ON) – załączony. Styki właściwych przekaźników zamkną się (po czasie 70 ms – ustawionym fabrycznie), oczywiście - jeżeli jeszcze wówczas zwarcie będzie trwało! Styki przekaźników zwierają się na czas 1 s.
- zwarcie przemijające – ustawione położenie dwóch właściwych mikroprzełączników nie ma wówczas znaczenia. Styki pobudzonych przekaźników zwierają się także na czas 1s.

QuickLink

Wskaźnik współpracuje z Modułem QUICKLINK – przesyła informację o wykrytych zwarciach drogą radiową. Szczegóły współpracy opisano w dokumentacji **QuickLink.** Poniżej zamieszczono rysunek obrazujący trzy wskaźniki **LineTroll 3100** z modułami **QuickLink** oraz jeden odbiornik, który przekazuje informację o zwarciach do systemu nadrzędnego.



Rys 20 Sposób komunikacji radiowej QuickLink wskaźników LT 3100