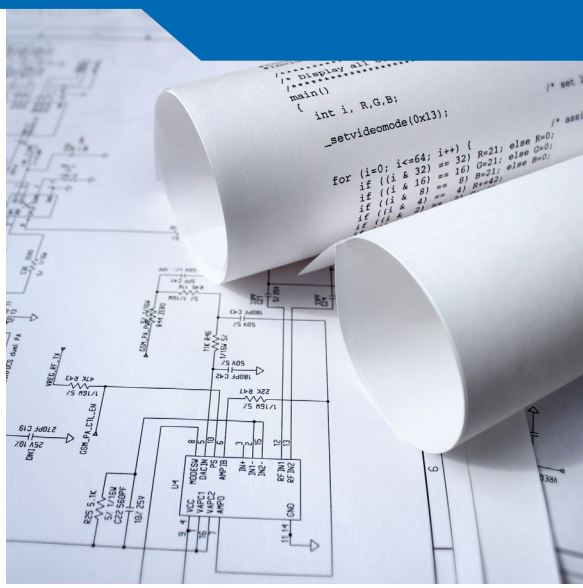
BUDNIOK TECHNIKA sp. z o. o.

Aplikacje kolejowe prądu stałego
Niskonapięciowe Ograniczniki Przepięć
BVL



Przyczyny i skutki prądów błądzących

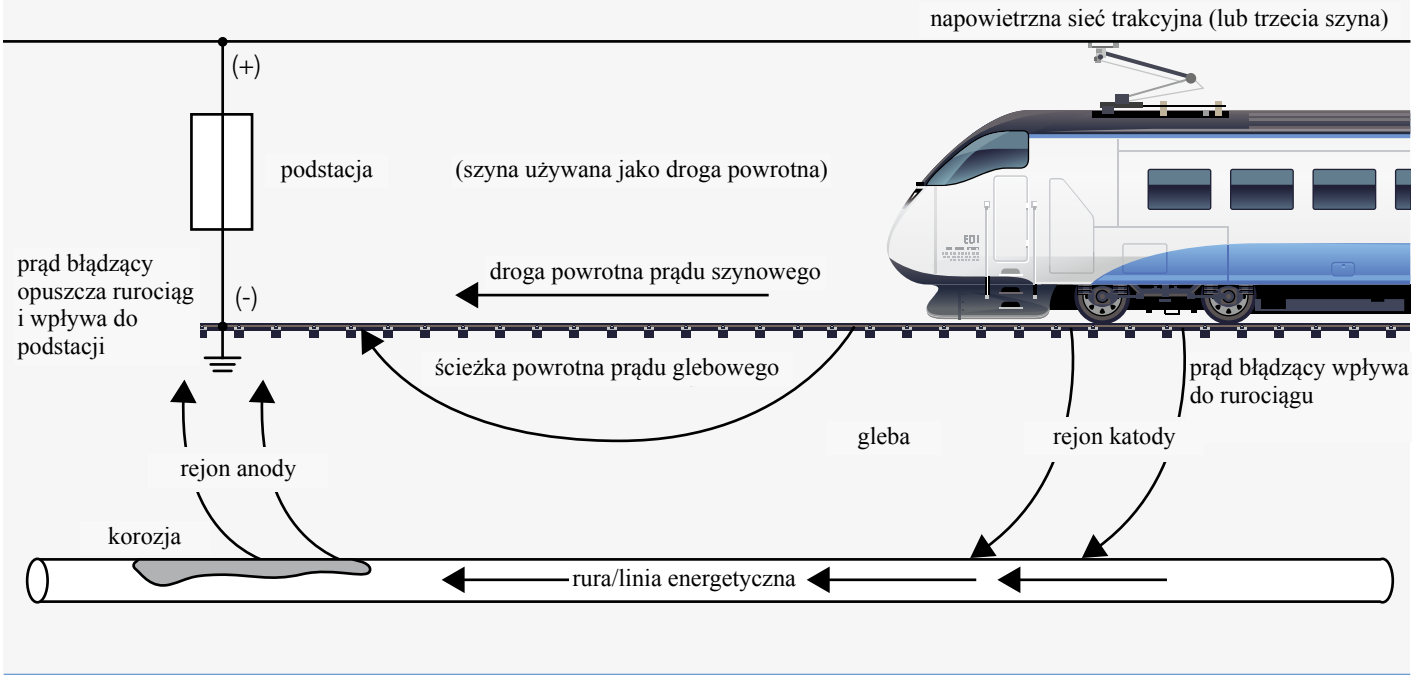
Koleje elektryczne wykorzystują szyny jako solidne przewodniki elektryczne dla prądów powrotnych z zespołów trakcyjnych z powrotem do podstacji zasilających. Ponieważ przewodność elektryczna nawet masywnej szyny jest ograniczona (tj. szyny mają określoną wartość rezystancji elektrycznej i indukcyjności), a szyn nie można idealnie odizolować od ziemi (oprócz regularnych prądów upływowych powstających w torze poprzez ograniczoną impedancję izolacji torowej można zaobserwować znaczne występowanie upływów prądu np. w miejscach z zanieczyszczoną podsypką, przejazdach kolejowych itp.), część prądu powrotnego, zwanego też prądem błądzącym, ucieka z szyn do otoczenia i wypływa na zewnątrz szyn równoległymi ścieżkami o najniższym oporze, tj. przez otaczający grunt, a w szczególności pobliskie konstrukcje przewodzące z powrotem do podstacji trakcyjnych, zgodnie z zasadami obwodu Ohma i Kirchhoffa.

Konstrukcje przewodzące to głównie konstrukcje stalowe lub zbrojenia osadzone w żelbetowych budynkach wzdłuż torów kolejowych (mosty, tunele, ...), rurociągów, metalowych kabli systemów sygnalizacji kolejowej, kabli telekomunikacyjnych itp. Prądy przemienne nie stanowią zagrożenia dla wyżej wymienionych struktur, ale bardziej niebezpieczne jest długotrwałe oddziaływanie prądów stałych. Zasadniczo jest to reakcja elektrochemiczna podobna do procesu powlekania galwanicznego cynkiem (galwanizacji), w której materiał metaliczny z anody cynkowej jest przenoszony na ocynkowany przedmiot (katodę) poprzez oddziaływanie bezpośrednich prądów i powodując zmniejszenie objętości anody cynkowej. Podobnie prądy błądzące powodują korozję w obszarze anodowym elementu przewodzącego (tj. w miejscu, w którym prąd błądzący opuszcza konstrukcję stalową leżącą równolegle do toru kolejowego), powodując tam utratę materiału metalicznego.

Długotrwała ekspozycja na te nawet niewielkie prądy może spowodować straty materialne, które później niszczą uszkodzoną konstrukcję. Jeśli chodzi o szybkość zmniejszania się materiału, możemy skorzystać z prawa Faradaya. Załóżmy, że średni prąd trakcyjny wynosi 1000 A, a udział prądów błądzących wynosi 0,1 procenta (czyli 1 A). W ciągu roku ten prąd błądzący jest w stanie przenieść do 9 kg żelaza lub ponad dwukrotnie więcej miedzi. Ponieważ prądy błądzące mogą osiągnąć wielokrotność rozważanej wartości, bardzo ważną rolę mogą odgrywać związane z nimi zagrożenia.

W przypadku konstrukcji żelbetowych proces korozji związany jest z miejscową ekspansją skorodowanego zbrojenia, powodującą spękania bloczków żelbetowych pod wpływem ciśnienia, a tym samym utratę sztywności i nośności. W lepszym przypadku oznacza to okresowe przeglądy zaatakowanej infrastruktury, związane z kosztownymi naprawami, czyli bardzo wysokimi kosztami OPEX (wydatki operacyjne) i CAPEX (czyli nakłady inwestycyjne), a w skrajnych przypadkach śmiertelny wypadek .

Rys. 1 Stałe prądy błądzące i ich wpływ na konstrukcje stalowe, wynikające z uziemionych lub niewłaściwie izolowanych szyn.



Bezpieczeństwo ludzi i zwierząt na pierwszym miejscu

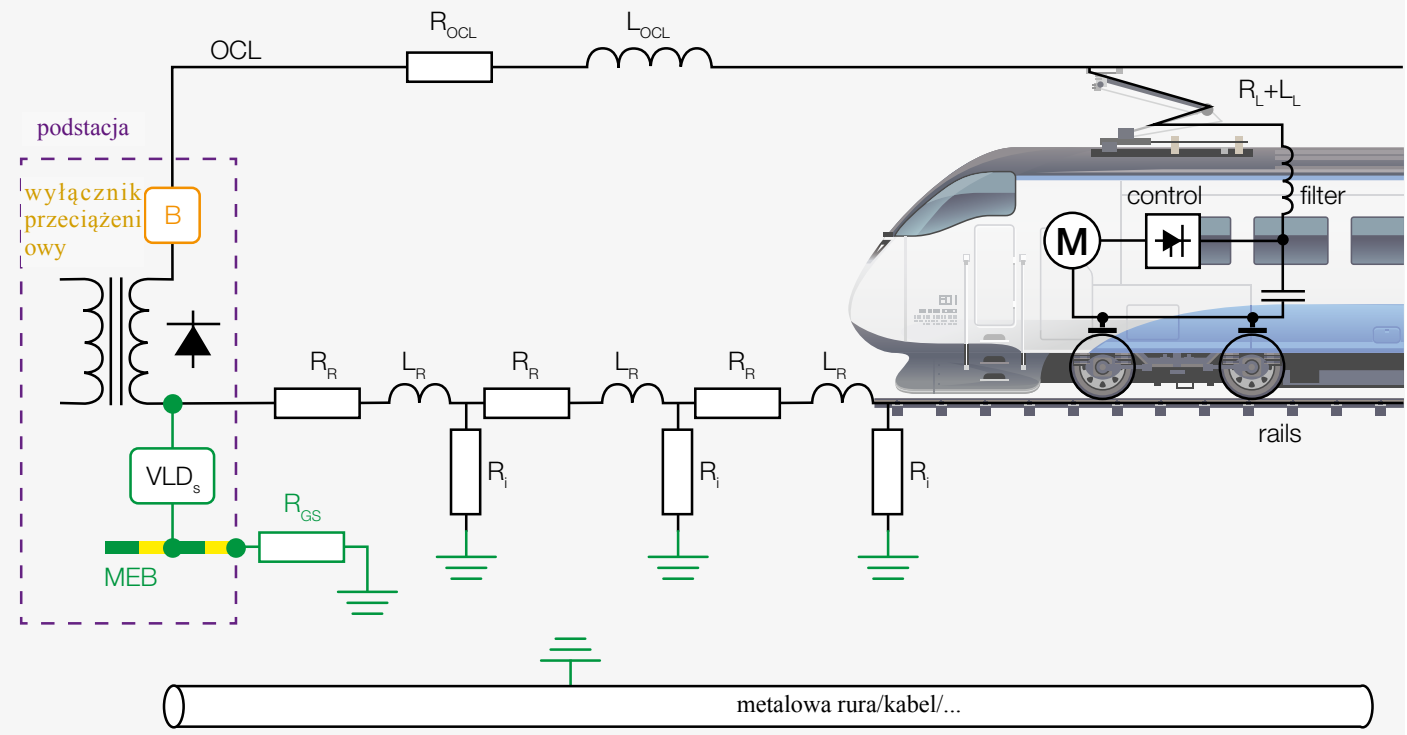
Większość kolejek elektrycznych zasilanych prądem stałym na całym świecie (tramwaje, koleje podziemne, koleje prądu stałego) wykorzystuje obwód powrotny (szyny) izolowany od systemu uziemiającego. Uproszczony schemat takiego układu przedstawiono na rys. 2, gdzie Ri reprezentuje jakość izolacji między szyną a otaczającym gruntem, RGS to jakość uziemienia podstacji zasilającej, a kombinacja szeregów ROCL + LOCL + Σ (RR + LR) to całkowita impedancja pętli trakcji elektrycznej (rozważana sieć trakcyjna i szyny na odcinku toru). Impedancję lokomotywy (silnika) (RL+LL) można w większości pominąć.

Celem tego podejścia inżynierskiego jest ograniczenie w miarę możliwości wycieku prądów błądzących do otoczenia linii kolejowej, gdzie często można znaleźć konstrukcje metalowe (zwłaszcza na obszarach miejskich), które mogą doznać śmiertelnych uszkodzeń w wyniku długotrwałego narażenia nawet stosunkowo małym prądom błądzącym DC. Osiągnięcie wysokich wartości Ri oznacza, że nawierzchnia torowa musi być projektowana i wykonywana na odpowiednim poziomie jakościowym, ale także odpowiednio konserwowana, gdyż zabrudzenia w podsypce, uszkodzenia izolowanych elementów mocujących itp. mogą po pewnym czasie znacznie pogorszyć Ri wartość impedancji i w konsekwencji prowadzić do zwiększonej korozji spowodowanej prądami błądzącymi.

Ta koncepcja szyn izolowanych ma jednak jeden istotny negatywny aspekt. Eksploatacja systemów kolejowych z pływającymi przewodami powrotnymi (szynami) powoduje spadki napięć powstające na przewodzie powrotnym z powodu impedancji przewodu powrotnego Σ(RR + LR). W pewnych okolicznościach napięcie powstające na izolowanych szynach względem podłoża może osiągać stosunkowo duże wartości i zagrażać życiu organizmów żyjących w sąsiedztwie linii kolejowej (pasażerów, personelu kolejowego, zwierząt gospodarskich, dzikich itp.).

Występowanie tak niebezpiecznych napięć może być również spowodowane długim odcinkiem kolejowym między podstacjami, większą liczbą składów poruszających się po odcinku kolejowym z zasilaniem wspólnym, pracą składów z hamowaniem odzyskowym, wolno reagującymi odłącznikami na podstacjach trakcyjnych oraz w w niektórych przypadkach również przez niemożność rozróżnienia przez rozłączniki stacyjne prądu zwarciowego (zwarciowego) od roboczego, co dotyczy w szczególności zwarć powstających w większej odległości od stacji elektroenergetycznej (np. szyny lub zwarcie w lokomotywie), w którym to przypadku całkowita impedancja powoduje ograniczenie prądu zwarciowego do wartości zbliżonych do zakresów prądu roboczego. Podobne sytuacje mogą wystąpić w momencie, gdy rezystancja doziemna układu uziemiającego MEB podstacji trakcyjnej ulegnie pogorszeniu (zwiększeniu) lub wypadnięciu sieci trakcyjnej poza szyny na uziemionych częściach infrastruktury kolejowej. W takim przypadku wyższa rezystancja pętli impedancji mogłaby spowodować obniżenie prądów zwarciowych poniżej wartości wyzwalających odłączników.

Rys. 2 Uproszczony model izolowanej trakcji kolejowej prądu stałego.



Z powyższych przykładów wynika, że niebezpieczne napięcia dotykowe wzdłuż linii kolejowej mogą powstać nie tylko podczas wystąpienia awarii, ale również podczas normalnej eksploatacji toru. Wszystkie te zagrożenia należy leczyć za pomocą urządzenia ograniczającego napięcie (VLD). Najwyższe dopuszczalne wartości napięć względem ziemi (tj. względem uziemionych, przewodzących prąd budowli zainstalowanych wokół torów) w funkcji czasu określa norma EN 50122-1. Przewoźnik jest zobowiązany dopilnować, aby w żadnym punkcie toru nie zostały przekroczone te ograniczenia. Najczęściej stosowane wartości graniczne w dowolnym miejscu torów to 120 V DC, aw warsztatach kolejowych 60 V DC (niektóre przepisy krajowe mogą określać niższe wartości). Zazwyczaj trudno jest przewidzieć występowanie tych niepożądanych szczytów napięcia, w szczególności w nowoczesnych kolejach, gdzie poza normalnymi parametrami na występowanie mają wpływ impedancja sieci trakcyjnej i obwodu powrotnego, sumowanie składów pociągów, ich zagęszczenie i rozmieszczenie wzdłuż linii kolejowej, rekuperacyjny układ hamulcowy, nowoczesne maszyny napędzane silnikami prądu przemiennego z przetwornicami IGBT DC/AC itp.
Nieprzekraczanie tych limitów można zapewnić na kilka sposobów – m.in. poprzez zmniejszenie długości toru trakcyjnego, a więc poprzez zwiększenie liczby podstacji zasilających, co skutkuje zmniejszeniem impedancji szeregowej danego obwodu trakcyjnego, poprzez zmniejszenie impedancji szeregowej obwodu zasilania elektrycznego (np. poprzez zwiększenie - sprawdzanie przewodności elektrycznej szyn lub przez pomocniczy przewód powrotny zainstalowany równolegle) itp. Środki te stoją jednak w sprzeczności z koniecznością znacznego zwiększenia inwestycji i innymi komplikacjami. W takich przypadkach urządzenia ograniczające napięcie (VLD) mogą być pomocnym i skutecznym rozwiązaniem w usuwaniu zagrożeń. Dzięki zbilansowaniu wszystkich powyższych rozwiązań można uzyskać funkcjonalny i bezpieczny system trakcyjny oraz zoptymalizowane CAPEX i OPEX.

Ograniczniki przepięć SALTEK stosowane w liniach kolejowych zasilanych prądem stałym

Ograniczniki napięcia (określane jako VLD, OVPD, RPCD itp.) mają za zadanie spełnić dwa sprzeczne wymagania w istotnych punktach kolejowych linii elektroenergetycznych:

1. Zapewnić bezpieczeństwo osobom, zwierzętom, a często niektórym ważnym technologiom zapobiegającym skutkom nadmiernych napięć powstających między izolowaną szyną a otoczeniem poprzez tymczasowe połączenie szyn z ziemią lub uziemionymi strukturami przewodzącymi w środowisku, ale w ten sposób

2. skrócić, na ile to możliwe, okres takiego tymczasowego uziemienia i skrócić czas, w którym prądy błądzące mogą płynąć przez ścieżkę przewodzącą, a w konsekwencji zminimalizować skutki prądów błądzących.

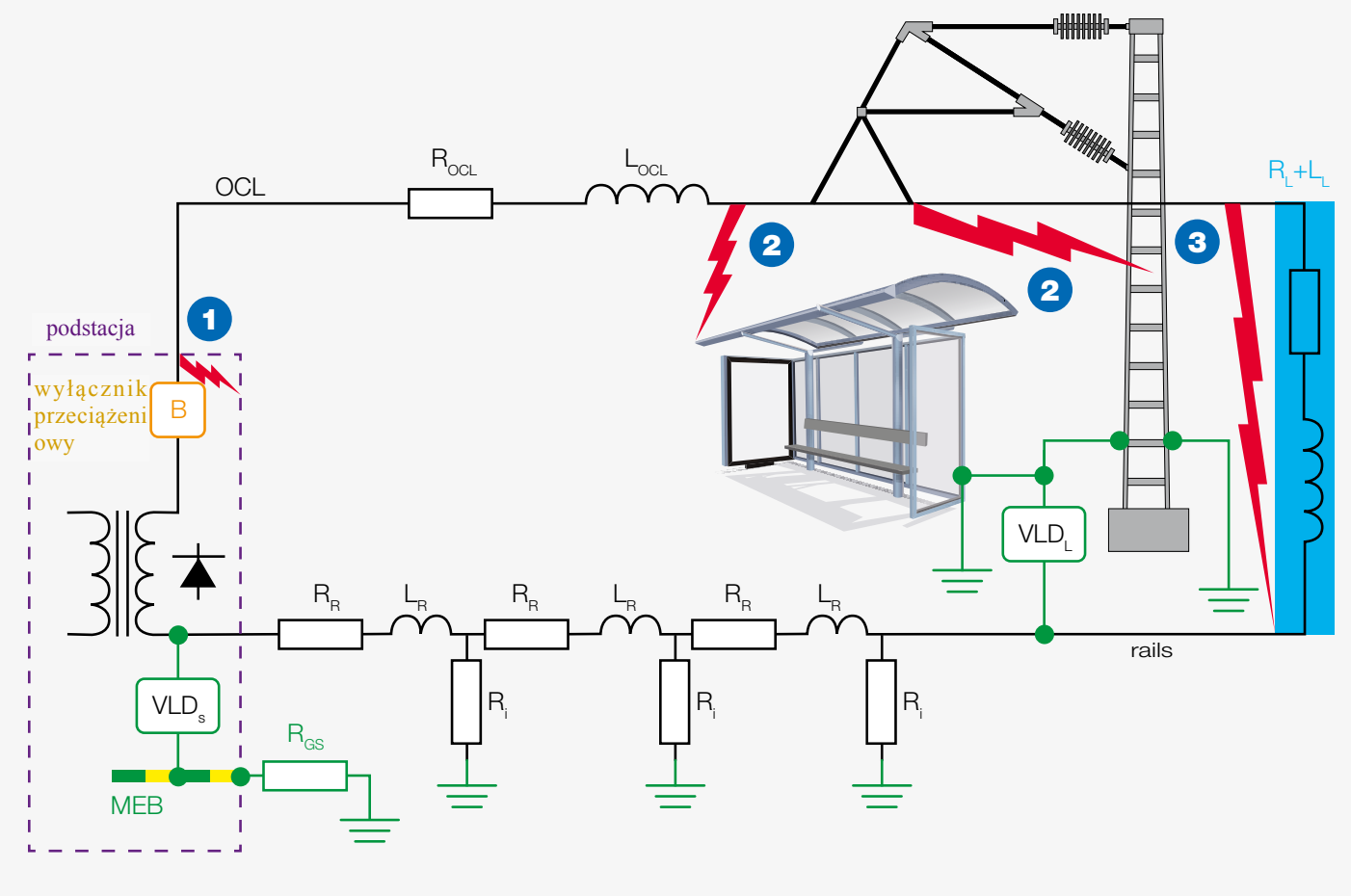
Norma EN 50526-2 dzieli VLD na cztery klasy w zależności od ich konstrukcji, jednocześnie określając podstawowe wymagania dotyczące ich działania i charakterystyki. Normy EN 50122-1 i EN 50526-3 definiują typy VLD zgodnie z ich funkcją (VLD-F i VLD-O) oraz określają metody ich wykorzystania. SALTEK oferuje trzy serie VLD, które w pełni pokrywają potrzeby wykorzystania ich w różnych sytuacjach. Rys. 3 przedstawia typowe sytuacje awaryjne.

1) Ma to miejsce w przypadku zwarcia między wyjściem stacji elektroenergetycznej w kierunku sieci trakcyjnej a konstrukcją stacji (spowodowane np. upadkiem przewodu zasilającego na otaczający grunt). Podczas takiego zwarcia na przewodzących elementach stacji powstaje niebezpieczne napięcie, aw pobliżu pojawia się również niebezpieczne napięcie krokowe. Odpowiednio umiejscowiony i zwymiarowany VLDS otwiera drogę dla prądu zwarciowego, który z kolei inicjuje wyzwolenie odłącznika zainstalowanego na stacji. W przypadku upadku przewodu zasilającego na ziemię w pętlę prądową wchodzi również impedancja uziemienia stacji RGS, ale zasada ochrony pozostaje ten sam. Jednak w takim przypadku konieczne jest, aby impedancja RGS zapewniała ograniczenie prądu zwarciowego poniżej poziomu zadziałania odłącznika B, czyli odpowiednią jakość uziemienia MEB.

2) W przypadku upadku sieci trakcyjnej na podłoże lub uziemione konstrukcje stalowe usytuowane wzdłuż linii kolejowej (poczekalnie przystanków, maszty sieci trakcyjnej itp.) w otoczeniu awarii powstają niebezpieczne napięcia dotykowe i krokowe. W przypadku braku VLD-F w otoczeniu awarii, sprawę komplikuje impedancja szeregowa OCL, wartość impedancji RGS oraz rezystancja gruntu między miejscem awarii a podstacją zasilającą. Wszystkie te elementy znacząco redukują prąd zwarciowy, co oznacza, że na impedancję pętli prądowej mogą negatywnie wpływać takie czynniki jak odległość punktu zwarcia od stacji, przewodność toru uziemienia, regulacja VLDS na podstacji itp. Impedancja wynikowa może osiągnąć tak dużą wartość, że uniemożliwia szybką reakcję odłącznika B, a powstałe niebezpieczne napięcie może zagrażać życiu ludzi i urządzeniom zainstalowanym wzdłuż torów. Zainstalowanie i uruchomienie VLD-F wzdłuż toru spowoduje zastąpienie impedancji RGS i drogi gruntowej szynami, które są dobrymi przewodnikami i które zapewnią niezawodną i szybką reakcję odłącznika zainstalowanego na stacji.

3) W przypadku upadku sieci trakcyjnej na szynę lub powstania zwarcia w lokomotywie odłącznik B reaguje i pracuje w trybie standardowym. Konieczne jest jednak właściwe określenie zależności pomiędzy impedancją całkowitą obwodu trakcyjnego, napięciem znamionowym trakcji kolejowej oraz prądem zadziałania odłącznika B. Jeśli napowietrzny przewód zasilający spadnie w odległym punkcie, w którym na impedancji szyny powstaje bezpieczne napięcie dotykowe

Rys. 3 Typowe sytuacje awaryjne występujące w obwodach trakcyjnych linii kolejowej zasilanej prądem stałym.

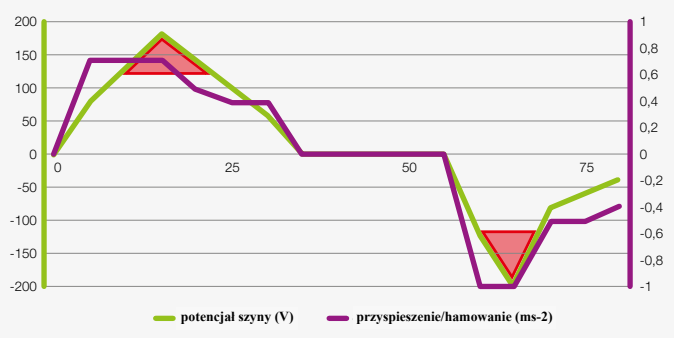


miejsca uderzenia i podstacji (Σ(RR + LR)) spowodowanego przepływem prądu zwarciowego, konieczne będzie obniżenie poziomu napięcia poprzez czasowe uziemienie szyn za pomocą urządzeń VLDL (w rzeczywistości utworzona równoległa ścieżka prądowa). Odpowiednio dobierając napięcie reakcji VLDL i umieszczając je wzdłuż linii kolejowej, można chronić nawet dłuższe odcinki kolejowe i konstrukcje instalowane wzdłuż linii. Należy jednak zawsze upewnić się, że suma napięć reakcji VLDL i spadków napięć na odcinku między VLDL a punktem awarii będzie poniżej granicy dopuszczalnego napięcia określonego w par. 9.3.2 normy EN 50122-1 (w odniesieniu do najdłuższego czasu odpowiedzi odłącznika B).

Porównując działanie VLDL w sytuacjach 2 i 3 można stwierdzić, że w różnych sytuacjach VLD jest narażony na działanie obu biegunowości napięć, co powoduje konieczność stosowania bipolarnych VLD.

Jak już wspomniano, niebezpieczne potencjały napięciowe mogą powstawać na szynach, a co za tym idzie w zespołach trakcyjnych, również podczas normalnego ruchu pociągów, przede wszystkim na skutek spadków napięcia spowodowanych przepływem prądu powrotnego przez impedancję szyny Σ(RR + LR) pomiędzy lokomotywą i podstację energetyczną. Na rys. 4 przedstawiono przykładowy przebieg czasowy napięcia występującego na szynie podczas rozpędzania pociągu wyjeżdżającego ze stacji kolejowych, na których nie zainstalowano podstacji elektroenergetycznej, tj. gdy impedancja obwodu powrotnego (szyn) jest stosunkowo wysoka. Podczas intensywnego przyspieszania pociągu (lub podczas hamowania rekuperacyjnego) na szynie pojawiają się potencjały napięciowe przekraczające bezpieczną wartość, czemu muszą przeciwdziałać urządzenia ochronne VLD-O instalowane w krytycznych punktach toru (gdzie osoby są zagrożone nadmiernymi napięciami dotykowymi). co najczęściej ma miejsce na dworcach). Sekcje zaznaczone na czerwono reprezentują długość okresów występowania niebezpiecznych napięć dotykowych, które należy leczyć za pomocą VLD-O. W układach z hamowaniem rekuperacyjnym stosowanie bipolarnych VLD jest obowiązkowe.

Rys. 4 Reakcja VLD podczas przyspieszania i hamowania



Przykład wzrostu potencjału szyny (V) podczas przyspieszania pociągu i hamowania odzyskowego (m/s2), powstającego w większej odległości od podstacji zasilającej, z wyznaczonym obszarem, w którym VLD-O zostaje włączony.

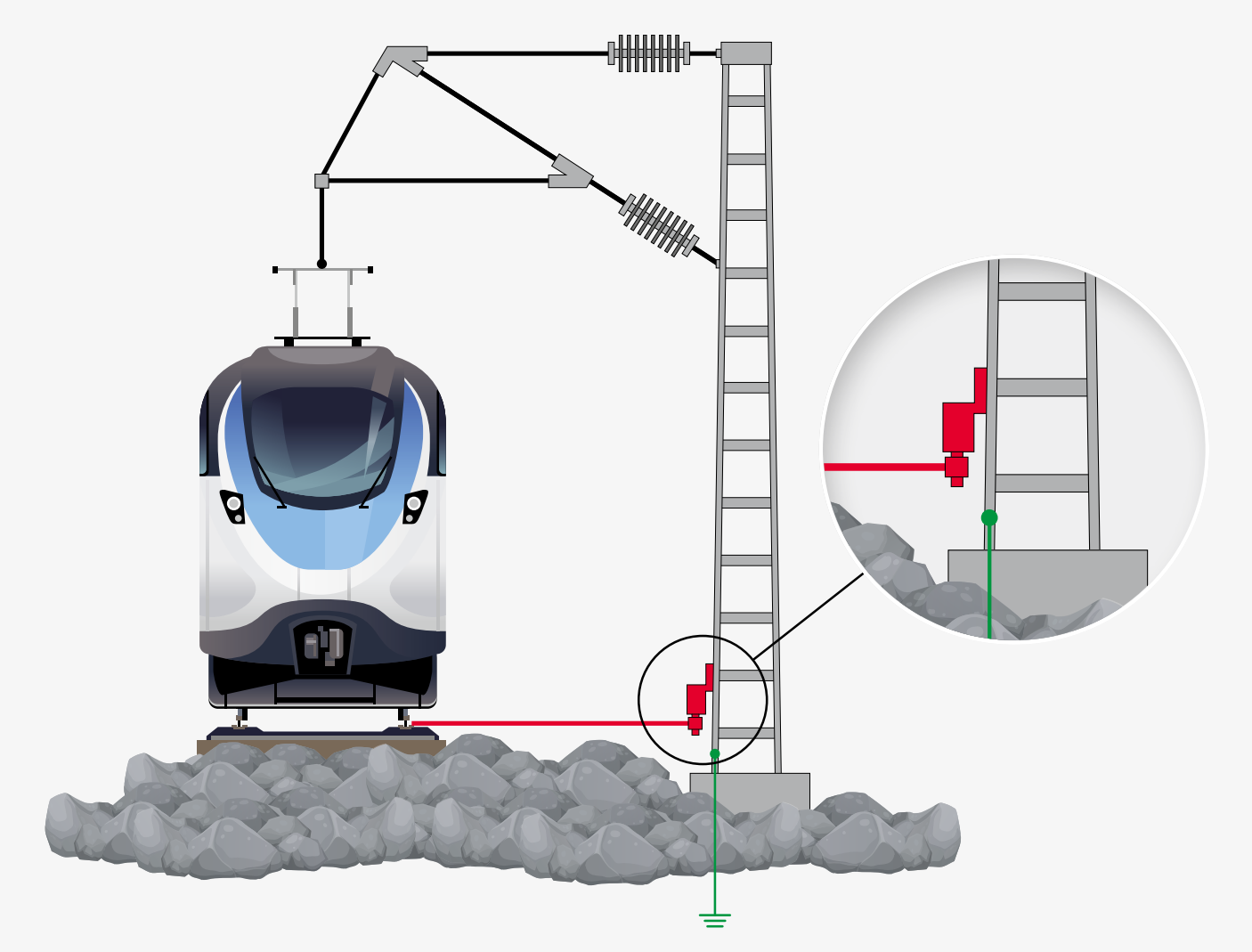
Proste VLD klasy 1 (VLD-F)

Ta niedroga VLD z serii SCG została opracowana w celu zapewnienia podstawowej ochrony odcinków linii kolejowych dotkniętych upadkiem z sieci trakcyjnej na konstrukcje przewodzące prąd elektryczny lub na ziemię lub powstających podczas awarii izolacji między siecią trakcyjną a innymi konstrukcjami przewodzącymi wzniesionymi w obrębie strefa sieci trakcyjnej (OCLZ). Oprócz tych zastosowań VLD-F może być używany wszędzie tam, gdzie wymagane jest połączenie z ochroną przed przepięciami atmosferycznymi. Charakterystyki elektryczne tych VLD są tak ustawione, aby VLD przechodził w stan przewodzenia w przypadku przekroczenia wybranego napięcia zapłonu i jednocześnie VLD był w stanie odzyskać swój stan dla krótkotrwałych prądów przepięć atmosferycznych, tj. tak długo, jak ładunek elektryczny prądu pioruna jest odprowadzany, VLD przywraca stan wysokiej impedancji.

Wręcz przeciwnie, jeśli wystąpi awaria sieci OCL, a następnie zacznie płynąć prąd zwarciowy, zintegrowany by-pass zwarciowy zapewnia trwałe zwarcie między zaciskami SCG, któremu towarzyszy prawidłowej reakcji odłączników zainstalowanych w odpowiedniej stacji, tj. spełniających deklarowaną funkcję VLD-F. Przykładowo prądy zadziałania rozłączników prądu stałego w tramwajowych liniach trakcyjnych 600 V (740 V) mieszczą się w granicach od 3 kA do 4,5 kA, w zależności od długości zasilanego odcinka i przewidywanej liczby tramwajów w zainteresowana sekcja. Seria SCG opatentowanych zwieraczy jest w stanie bezpiecznie rozłączyć linię zasilającą w całym zakresie ww. prądów zwarciowych. Ogólnym celem jest zaprojektowanie systemu trakcyjnego w taki sposób, aby osiągnąć stan, w którym VLD reaguje tylko na minimum sytuacji i zminimalizować przepływ prądów błądzących.

W przypadku uzyskania bardzo krótkich odstępów czasu pomiędzy momentem wystąpienia awarii sieci OCL a wyłączeniem zasilania np. stosując odłączniki o szybkiej odpowiedzi, można zastosować urządzenia serii SGC VLD-F o wyższym napięciu zapłonu. Cel ten spełniają urządzenia VLD-F o napięciu zapłonu 250 V lub 480 V (SCG-250-

Rys. 5 VLD-F (seria SALTEK SCG) i jego zastosowanie w trakcji tramwajowej zasilanej napięciem <750 V DC.



250 lub odpowiednio SCG-250-500). W tej konfiguracji aktywacja VLD spowodowana występowaniem krótkotrwałych skoków napięcia na przewodzie powrotnym (szynie) jest znacznie ograniczona, a prądy błądzące zredukowane do minimum. Przy doborze napięcia zapłonu należy uwzględnić zależność czasową dopuszczalnego napięcia dotykowego (tj. najdłuższy czas zadziałania odłącznika B) zgodnie z wymaganiami normy EN 50122-1.

Należy zauważyć, że zasada VLD-F polegająca na trwałym zwarciu w klasie 1 ma wyraźną wadę, wynikającą z zasady jej działania i wymagań normy EN 50526-2. Po zadziałaniu zwieracza (uziemnika) VLD klasy 1 pozostaje trwale w stanie niskiej impedancji, nawet po usunięciu przyczyny awarii i przywróceniu normalnego ruchu na odcinku kolejowym. Oznacza to, że dany odcinek linii kolejowej pozostaje trwale uziemiony, a zatem kanał dla prądów błądzących pozostaje otwarty. Na obszarach, gdzie może to oznaczać zagrożenie dla budynków i infrastruktury, to należy regularnie sprawdzać stan VLD-F (szczególnie w miejscu zgłoszenia awarii) i wymieniać zwarte VLD-F na nowe.

Dlatego często bardziej efektywne (zwłaszcza z eksploatacyjnego punktu widzenia) jest zastosowanie na pozycjach ograniczników napięcia VLD-F klasy 2, takich jak regenerowalny VLD-O+F, ponieważ nieco wyższy CAPEX na początku jest dość szybko rekompensowane oszczędnościami w OPEX. Jeżeli w sąsiedztwie zainstalowanego VLD dostępna jest infrastruktura komunikacyjna, wskazane jest monitorowanie stanu VLD przez czujnik prądu poprzez system SCADA, który w odpowiednim czasie informuje operatora o konieczności wymiany VLD przy przeciążeniu. W momencie, gdy VLD-F pozostaje trwale w stanie przewodzącym, statystyki średniej wartości prądów przepływających przez VLD znacznie się zmieniają, co umożliwia zareagowanie w odpowiednim czasie i poprzez wymianę VLD na zmniejszenie błądzenia płyną prądy bez konieczności fizycznej i elektrycznej kontroli VLD stosowanych w danym systemie kolejowym.

Zaawansowany VLD klasy 2 (VLD-O+F)

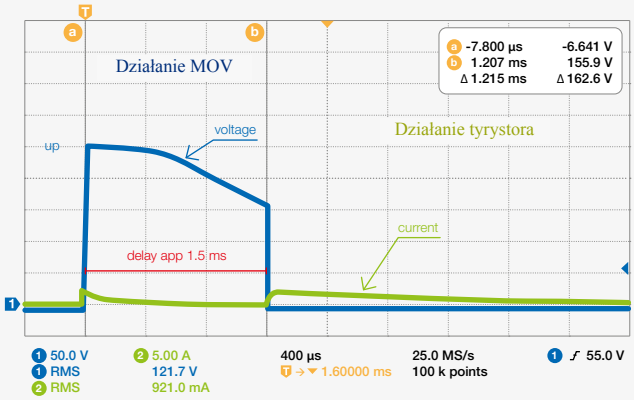
Urządzenia VLD klasy 2 firmy SALTEK serii BVL (dwukierunkowe) są autonomicznymi (tj. bez konieczności zewnętrznego zasilania) ogranicznikami przepięć stosowanymi dość licznie w trakcji kolejowej prądu stałego. Te VLD zostały zaprojektowane z myślą o przenoszeniu jak największych ilości energii awarii i zwarć w trybie powtarzalnym VLD-F, szybkiej reakcji również na przepięcia spowodowane ruchem kolejowym w trybie VLD-O, a w krytycznych przypadkach takie jak opóźniona reakcja rozłączników zasilania lub ekstremalnie wysokie prądy zwarciowe, do pracy nawet jako niepowtarzalny VLD-F.

Powtarzalność odpowiedzi przekaźników VLD serii SALTEK BVL predestynuje je do stosowania w systemach, w których oprócz priorytetu bezpieczeństwa konieczne jest ograniczenie upływu prądów błądzących. Jeśli tak określono, seria BVL daje znacznie lepsze wyniki w porównaniu z serią SCG lub w porównaniu z innymi konkurencyjnymi produktami klasy 2. Wydajność tej serii produktów jest dodatkowo zwiększona przez zintegrowany ogranicznik przepięć typu A2 (MOV), który niezwykle szybko reaguje na atmosferyczne impulsy przepięciowe, ale także na strome szczyty impulsów awarii sieci trakcyjnej wywołane składową indukcyjną impedancji sieci trakcyjnej. Jednocześnie chroni wewnętrzną elektronikę części półprzewodnikowej VLD przed uszkodzeniem.

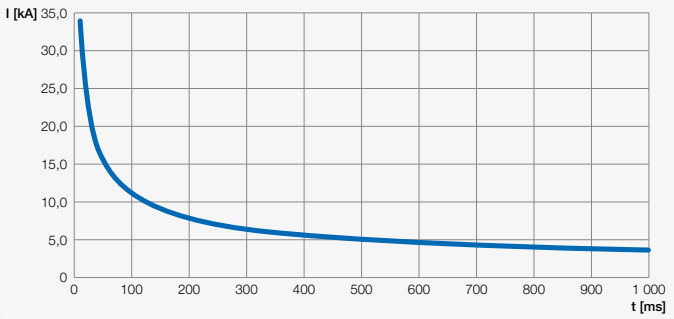
Strome piki napięciowe mogą powstać w nowoczesnych systemach transportu prądu stałego wykorzystujących hamowanie rekuperacyjne jako źródło energii pomiędzy jadącymi pociągami lub w nowych zespołach napędowych wyposażonych w falowniki IGBT DC/AC itp. SALTEK VLD typu 2 oparty jest na czuła elektronika (EDC), która natychmiast ocenia poziom napięcia na zaciskach VLD i po jego przekroczeniu przełącza się z niewielkim opóźnieniem typowo 1,5 ms, tyrystor mocy, który przejmuje obciążenie od pracujących już warystorów mocy, które zaczynają przełączać w ciągu 10” od momentu przekroczenia dopuszczalnego napięcia.

Wersja jednokierunkowa UVL pracuje z jednym zestawem EDC + tyrystor + A2 MOV i reaguje tylko na jedną polaryzację przepięcia. Ta ekonomiczna wersja jest odpowiednia do stosowania w starszych i prostszych systemach trakcyjnych, służąc jako VLD-O, gdzie skoki napięcia o ujemnej polaryzacji są całkowicie nieobecne lub bardzo rzadko spotykane i gdzie funkcja zespolona VLD-F nie jest wymagana. Dwukierunkowa wersja serii BVL wykorzystuje przeciwrównoległą kombinację dwóch tyrystorów mocy kontrolowanych przez oddzielne układy EDC i uzupełnioną o warystor mocy A2, szybko reagujący na gwałtowny ruch uliczny lub szczyty napięcia atmosferycznego. Ryc. 6 przedstawia typową odpowiedź UVL/BVL na impuls przepięciowy.

Rys. 6 Oscylogram przedstawiający odpowiedź BVL/UVL podczas symulacji stromego impulsu o wysokiej energii



Rys. 7 Wykres obciążeń UVL/BVL



BVL – maksymalny prąd w funkcji czasu

Na rys. 7 przedstawiono wykres obciążenia SALTEK VLD klasy 2 serii BVL/UVL. Z powyższego wynika, że poza bardzo dużymi prądami krótkotrwałymi, VLD jest w stanie wielokrotnie przełączać wartości prądów w zakresie charakterystyk wyzwalania koszulkowego nowoczesnych rozłączników podstacji do zasilania lekkich tramwajów i składów trakcyjnych. Okazuje się, że jeśli odłącznik służący do odcinania prądów zakłóceniowych zostanie ustawiony na wartości od 4 kA do 4,5 kA, czyli typowe wartości wyzwalania nadprądowego mniejszych podstacji zasilających tramwaje, technologia BVL jest w stanie współpracować z szybkimi odłączników nawet w trybie powtarzalnym, aw takim przypadku może być stosowany jako powtarzalny VLD-F nie tylko wzdłuż toru, ale w określonych warunkach nawet w podstacji trakcyjnej, gdzie powszechnie zaleca się stosowanie wielokrotnie droższych VLD klasy 4.

Biorąc pod uwagę, że nie jest konieczne umieszczanie na obszarze OCLZ żadnego pojedynczego masztu lub konstrukcji metalowej z VLD, lecz połączenie wielu konstrukcji przewodzących ze sobą poprzez spajanie, a następnie połączenie ich z szyną za pomocą odpowiedniego VLD, można argumentować, że w takim sposób można skutecznie leczyć cały system trakcyjny tramwaju prądu stałego lub lekkiego pociągu przy znacznie niższym CAPEX w porównaniu z innymi kosztownymi systemami. Minimalna konfiguracja rozmieszczenia VLD w sieci powinna obejmować VLD montowany między ujemnym biegunem zasilania (szyna) a ziemią (MEB) w każdej podstacji oraz między szyną a ziemią na każdym przystanku kolejowym. Oczywiście różne prądy maksymalne muszą być brane pod uwagę dla awarii (zwarć) powstających w pobliżu stacji, przy czym należy również wziąć pod uwagę parametry samej stacji, podczas gdy inne maksima prądu elektrycznego będą rejestrowane dla awarii (zwarcia obwody) na terenach odległych od stacji, gdzie prąd maksymalny zostanie obniżony o impedancję pętli zasilającej, w szczególności sieci trakcyjnej.

W przypadku stosowania VLD w sieci metra lub na torach prądu stałego z dużym obciążeniem pociągów należy zwrócić uwagę, że charakterystyki eksploatacyjne ciężkich pociągów są przesunięte względem wyższych wartości prądu elektrycznego. W praktyce oznacza to znacznie większe prądy podczas fazy ruszania (rozpędzania) (a także hamowania) pociągu, a co za tym idzie wyższe granice zadziałania prądów zwarciowych odłączników zainstalowanych na stacjach. W bardzo dokładnie zaprojektowanym i wykonanym systemie trakcyjnym możliwe jest zapewnienie ochrony przeciwprzepięciowej za pomocą przepięć klasy 2 (BVL) instalowanych w węzłach o niewielkim obciążeniu. Takie wdrożenie powinno jednak zostać zamodelowane za pomocą odpowiedniego oprogramowania, uwzględniającego każdą możliwą kombinację stanów eksploatacyjnych w okresach równoczesnej jazdy pociągów na wspólnie zasilanym odcinku kolejowo-drogowym lub zweryfikować jego skuteczność w jeździe próbnej. Kombinacja rozpędzania i hamowania wielu składów pociągów jednocześnie w różnych punktach odcinka trasy może ujawnić znaczne impulsy napięcia i prądu o dłuższym czasie trwania, których wartość może sięgać setek Amperów i zbliżać się do 1 kA, w odstępach czasu kilkudziesięciu sekund. W takich przypadkach konieczne jest zapewnienie ochrony mocniejszymi VLD klasy 3 lub 4.

Inteligentne VLD klasy 4 (VLD-O+F)

SALTEK posiada w swoim portfolio wydajne produkty VLD klasy 4 – seria PVL. W jego projekcie uwzględniono wszystkie znane obecnie wymagania zelektryfikowanych kolei na potężnych, nowoczesnych i interaktywnych VLD. Opracowując ten produkt SALTEK wybrał unikalną koncepcję opartą na połączeniu autonomicznej VLD klasy 2.2 z elektronicznie sterowanym obejściem prądowym. Pozwala to zapewnić najwyższy możliwy poziom niezawodności i ochrony osób w różnych sytuacjach eksploatacyjnych i awaryjnych przy jednoczesnej minimalizacji energii prądów błądzących.

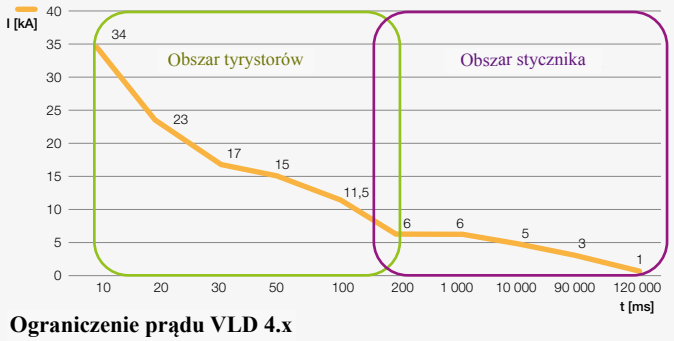
Zintegrowany BVL (dwubiegunowy VLD klasy 2.2 ze zintegrowanym ogranicznikiem przepięć A2) jako pierwszy reaguje na przekroczenie dopuszczalnego poziomu napięcia dotykowego i jest w stanie odprowadzić wysoką energię początkową wyładowania atmosferycznego lub prąd awarii (zwarcia). Jest to ogromna zaleta tej koncepcji, ponieważ podstawowe funkcje VLD-O+F są zapewnione w dowolnym momencie, jeśli wystąpi awaria jakiejś części VLD4 (np. . W porównaniu do konwencjonalnych rozwiązań z trwałym zwarciem VLD w podobnych sytuacjach, gdy obwód powrotny podczas konserwacji lub blokady jest cały czas podłączony do masy (z upływem prądów błądzących), PVL cały czas pozostaje w wysokim -impedancja i reaguje jak standardowy VLD klasy 2, czyli tylko wtedy, gdy zostanie przekroczony bezpieczny poziom napięcia. Trwałe zwarcie na zaciskach przyłączeniowych PVL jest tworzone automatycznie tylko w przypadku braku zasilania lub ręcznie. Nacisk na najwyższą niezawodność działania, jaki firma SALTEK stawia we wszystkich swoich produktach, jest podkreślony przez

możliwość automatycznego podtrzymania zasilania VLD. Można to osiągnąć poprzez zintegrowany układ źródeł zasilania w konfiguracji automatycznego podtrzymania 1+1, nie tylko dla zasilania AC 230 V, ale również dla kombinacji zasilania z akumulatorów stacyjnych (np. AC 230V + DC 48V) lub dowolnego innego konkretne zasilacze. Awaria źródła energii sygnalizowana jest zdalnie.

Czy w stanie normalnym (tj. przy obecności zasilania pomocniczego) logika programowa sterownika PLC, dzięki stałemu wykrywaniu napięcia i prądu na zaciskach VLD, może podłączyć równoległe obejście do zintegrowanego VLD 2 i w taki sposób zwiększyć długoterminową obciążalność prądową systemu. Obejście jest podłączane tylko wtedy, gdy jest to konieczne, tj. w przypadku przekroczenia pojemności energetycznej półprzewodnikowego VLD 2. Przedłuży to żywotność całego VLD. Możliwość wymuszonego zwarcia zacisków VLD, czy to poprzez wymuszone elektroniczne zamknięcie obejścia z panelu VLD4, czy też przez ręcznie sterowany uziemnik z blokadą mechaniczną, może być wykorzystana do pełnego zabezpieczenia osób wykonujących prace konserwacyjne. Krótko- i długookresowe krzywe graniczne nośności przedstawiono na rys. 8.

Z powyższych krzywych maksymalnego obciążenia widać, że PVL-1000 jest w stanie przetwarzać prądy elektryczne do 3,5 kA w odstępach czasu ok. 30 sekund (co jest średnim czasem przyspieszania lub hamowania, podczas którego VLD4 musi być w stanie wytrzymać duże obciążenie prądowe), co wystarcza do wszystkich sytuacji na drodze.

Rys. 8 Krzywe graniczne nośności PVL-1000

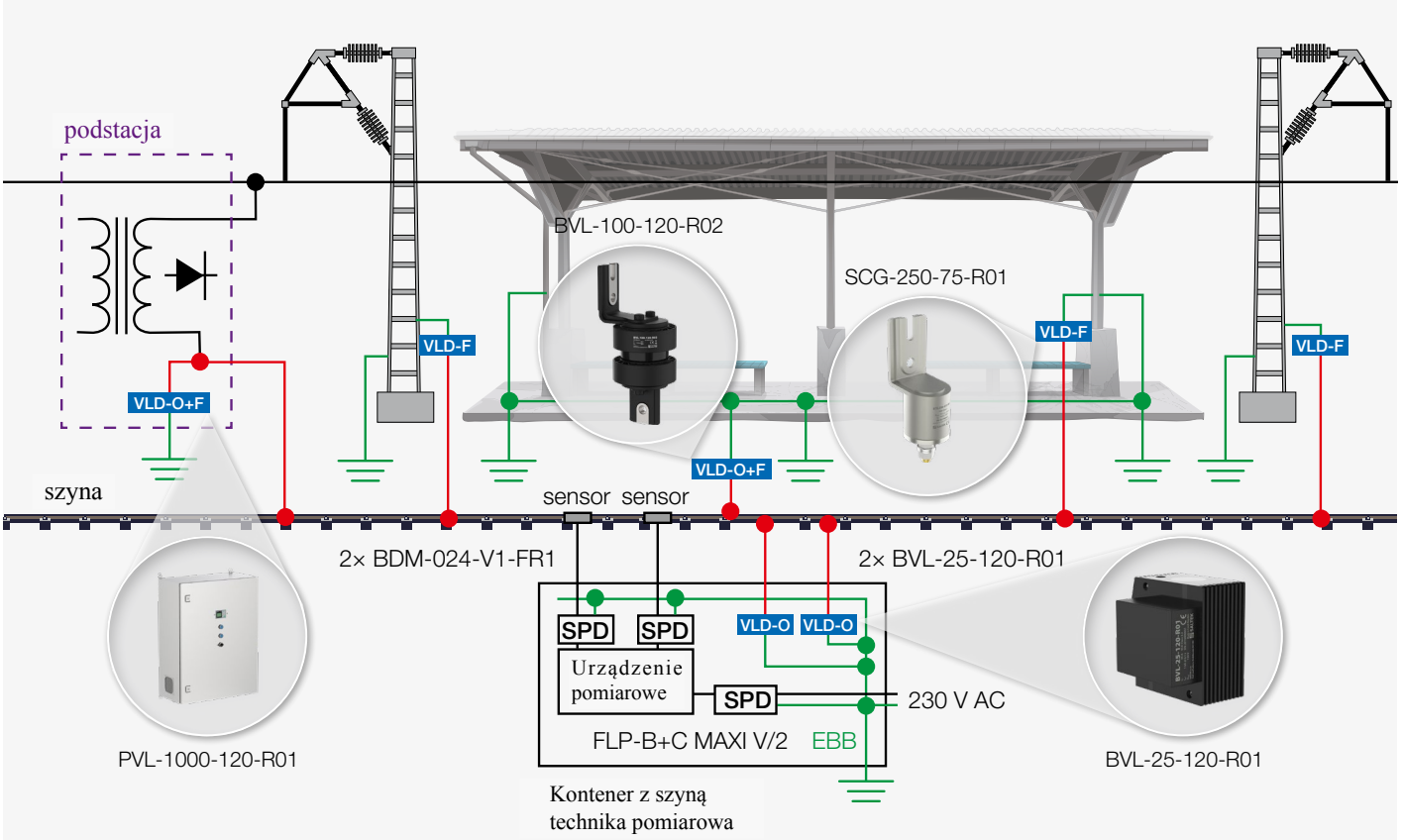


Ograniczenie prądu VLD 4.x

Również wyłączanie bypassu jest sterowane elektronicznie w taki sposób, aby uniemożliwić pompowanie (załączanie i wyłączanie) przekaźnika prądowego oraz skrócić czas załączenia (okres, w którym tor dla prądów błądzących jest otwarty) do minimum. Zachowanie całego VLD4 jest optymalizowane przez oprogramowanie do typowych wymagań operacyjnych. Jednak SALTEK jest również w stanie zaspokoić specyficzne potrzeby klientów i dostosować charakterystykę VLD do specyficznych potrzeb klienta w zakresie ruchu.

Interaktywność PVL-1000 jest istotną częścią nowoczesnego wyposażenia kolei. Monitorowanie i zdalne sterowanie PVL-1000 zapewnia komunikacja z centrum sterowania za pomocą standardowego interfejsu komunikacyjnego Ethernet z najbardziej

Rys. 9 Typowa instalacja VLD wzdłuż linii kolejowej.



powszechnie używany protokół MODBUS (przez TCP/IP). Takie podejście umożliwia zdalne skanowanie nie tylko podstawowego stanu węzła (chwilowego napięcia i przepływu prądu), ale także stanu niektórych ważnych elementów VLD i VLD jako całości, np. z wykorzystaniem systemu SCADA, a jednocześnie ustawić charakterystykę pracy systemu m.in. możliwość tzw. trybów wymuszonych, czyli zdalnego włączania VLD. Uzyskane w ten sposób informacje mogą być następnie analizowane przy użyciu odpowiedniego oprogramowania. PVL-1000 może więc pełnić zarówno funkcję ochronną, jak i kontrolną węzła sieci trakcyjnej. Oczywiście dostępna jest również opcja sterowania ręcznego bezpośrednio z interaktywnego panelu VLD. Na tle wielu podobnych produktów PVL-1000 wyróżnia się niską wagą i integralnością, dzięki czemu doskonale nadaje się do montażu w ograniczonej przestrzeni kontenerowych podstacji trakcyjnych, tuneli kolejowych itp.

PVL-1000 jest zwykle stosowany w miejscach, w których mogą wystąpić niebezpieczne potencjały napięciowe podczas przyspieszania lub hamowania ciężkich składów trakcyjnych (w szczególności w większej odległości od podstacji trakcyjnych), w systemach wykorzystujących hamowanie odzyskowe składów trakcyjnych, zarówno jako źródło zasilania dla innych pociągów lub odzysku energii z powrotem do sieci zasilającej, w podstacjach trakcyjnych prądu stałego, w odłącznikach sekcyjnych, na przystankach lub stacjach kolejowych, warsztatach kolejowych itp. Wybrane typowe przykłady zastosowania różnych typów VLD przedstawiono na rys. 9 (oczywiście jest też wiele innych przykładów).

SALTEK gwarantuje wysoką niezawodność, jakość i długą żywotność swoich ograniczników napięcia, połączoną z kompleksowym wsparciem klienta w zakresie projektowania, testowania i eksploatacji. Więcej informacji na temat tych produktów można znaleźć na stronie www.saltek.eu lub uzyskać osobiście w naszym dziale wsparcia technicznego.

Manufacture and headquarter:
SALTEK s.r.o.
Drážďanská 85
400 07 Ústí nad Labem
Czech Republic
Phone: +420 475 655 511
Fax: +420 475 622 213
E-mail: trade@saltek.cz
www.saltek.eu

BUDNIOK TECHNIKA Sp. z o.o.
ul. Narutowicza 79, 43-502 Czechowice-Dziedzice
www.budniok.com.pl
sklep internetowy https://budniok.com.pl/sklep/
YT https://www.youtube.com/channel/
UCG8bX8N_ElUGXAevxJu_EPQ