

Testowanie automatyczne różnicowych zabezpieczeń szyn zbiorczych z wykorzystaniem podejścia systemowego

Christopher Pritchard | OMICRON electronics

Zarządzanie produktem

Klaus, Austria

christopher.pritchard@omicronenergy.com

Streszczenie – Ze względu na dużą moc zwarciovą w stacjach przesyłowych i większych stacjach rozdzielczych, stosowane są specjalne zabezpieczenia szyn zbiorczych. Dotkliwość skutków zwarć na szynach zbiorczych determinuje wysokie wymagania związane z szybkością działania i stabilnością zabezpieczeń szyn zbiorczych. Ponieważ w poszczególnych stacjach występują różne topologie szyn zbiorczych, każda konfiguracja zabezpieczeń, w szczególności logiczna, jest unikatowa. Dla zagwarantowania precyzji działania są niezbędne testy całości zabezpieczeń szyn zbiorczych na etapie przekazywania do eksploatacji.

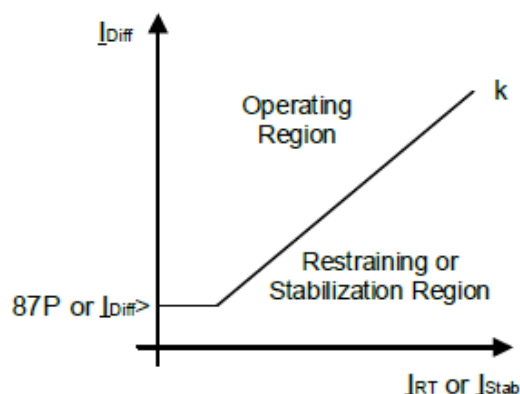
Testowanie i weryfikacja zabezpieczeń szyn zbiorczych w przypadku złożonych topologii z wieloma szynami, sprzęgłami i polami, zawsze stanowiły jedno z najtrudniejszych zadań na etapie przekazywania systemu do eksploatacji. Pojedynczy test procentowej charakterystyki tłumienia nie daje wystarczającej pewności prawidłowego działania zabezpieczeń. Zastosowanie podejścia systemowego, w którym jest modelowana cała topologia szyn zbiorczych ze wszystkimi konfiguracjami jej odłączników, oferuje nowe możliwości badania wszystkich scenariuszy zwarć, których weryfikacja jest istotna.

W niniejszej pracy opisano doświadczenia zebrane w różnych przedsiębiorstwach z całego świata, związane ze stosowaniem tego innowacyjnego podejścia, a także błędy wykryte dzięki temu.

Słowa kluczowe – testowanie zabezpieczeń szyn zbiorczych, testowanie systemowe

I. TESTOWANIE ELEMENTÓW RÓZNICOWOPRĄDOWYCH

Podstawowa funkcja zabezpieczenia szyn zbiorczych jest realizowana przez elementy różnicowoprądowe, w których zastosowanie ma prawo Kirchhoffa w celu identyfikacji zwarć w przypisanych do nich obszarach. Pomiarów różnicowoprądowych są najczęściej stabilizowane przy użyciu charakterystyk procentowych, jak pokazano na rys. 1.



$$I_{RT} = |I_1| + |I_2| \dots + |I_3|$$

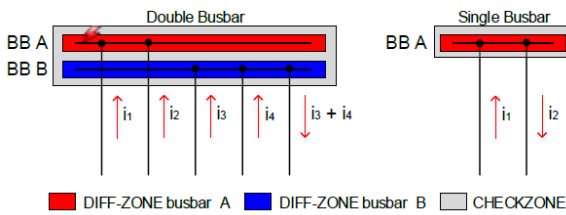
$$I_{diff} = |I_1 + I_2 \dots + I_n|$$

RYSUNEK 1: CHARAKTERYSTYKA PROCENTOWA

Nowoczesne rozwiązania w zakresie testowania umożliwiają wizualizację charakterystyk, a dzięki umieszczeniu ich obrazów na płaszczyźnie, moduł programowy oblicza prądy dla testera, a następnie dokonuje oceny dla sytuacji, w których zabezpieczenie zadziałało oraz takich, w których nie zadziałało. Tester generuje dwa trójfazowe sygnały prądowe do dwóch jednostek polowych.

Nawet testy prostej charakterystyki procentowej mogą być wyzwaniem w przypadku zabezpieczenia szyn zbiorczych. Aby uzyskać selektywne działanie zabezpieczenia szyn zbiorczych, zabezpieczenie odwzorowuje topologię szyn na podstawie pozycji odłączników (proces znany jako replika odłączników). Aby utrzymać wysoki poziom bezpieczeństwa, stosuje się dodatkową strefę kontrolną. Strefę kontrolną stanowi

dotatkowy element różnicowoprądowy z jedną strefą zawierającą wszystkie przekładniki prądowe (PP) danego pola. Strefa kontrolna jest niezależna od odwzorowania



RYSUNEK 2: RÓŻNE STREFY SZYN ZBIORCZYCH

odłączników [1]. Aby uniknąć nadmiernej stabilizacji, strefa kontrolna stosuje specjalną logikę przy doborze wartości stabilizacji, co wymaga szczególnej konfiguracji testowej, w której jeden trójfazowy sygnał prądowy jest zamknięty w pętli przechodzącej przez dwa pola, a drugi sygnał jest podawany do pola trzeciego [2]. Ponadto element selektywny szyny i strefa kontrolna nakładają się na siebie. W celu łatwego przetestowania każdej charakterystyki, podczas badania są zmieniane ustawienia, wyłączane elementy i wykorzystywane styki testowe. Uważamy, że jest to bardzo niebezpieczne i wątpliwe podejście. Niesie ono ze sobą ryzyko pozostawienia zabezpieczeń w niespójnym stanie lub obejścia faktycznej logiki zabezpieczeń, która jest aktywna podczas normalnej pracy.

Jak dotąd, taki test na podstawie nastaw umożliwia sprawdzenie, czy dany element i przekaźnik pracują prawidłowo, zgodnie z danymi ustawieniami. Zakończenie testu w tym punkcie byłoby jednak niewystarczające ze względu na złożoność nowoczesnych zabezpieczeń szyn zbiorczych. Szczególna uwaga jest wymagana podczas testowania:

- funkcji logicznych, np. awarii wyłącznika (AW), i wykrywania zwarć w strefie martwej;
- prawidłowej konfiguracji odwzorowania odłączników;
- zabezpieczeń ogólnych, obejmującego wszystkie funkcje działające razem;
- wszystkich wejść prądowych pracujących z odpowiednią przekładnią PP;
- koordynacji z polem, linią zasilającą i zabezpieczeniem rezerwowym.

Potencjalne problemy w tych obszarach są zwykle klasyfikowane jako błędy logiczne, projektowe lub błędy nastaw. Jak dowiodły badania [3], jest to najczęstsza przyczyna błędów w przypadku dowolnego zabezpieczenia. Ponieważ podczas testowania zabezpieczeń zawsze trzeba znaleźć odpowiednią równowagę pomiędzy dogłębnością badania a dostępnymi zasobami, wydaje się słusznym skupienie wysiłków na obszarach, w których wystąpienie błędów jest najbardziej prawdopodobne. Dlatego też uważamy, że test systemowy powinien być integralną częścią procesu testowania szyn zbiorczych.

II. TESTOWANIE SYSTEMOWE

Test na podstawie nastaw weryfikuje elementy i funkcje przekaźnika zgodnie z danymi ustawieniami. W przeciwieństwie do tego, test systemowy pozwala sprawdzić, czy system zabezpieczeń działa prawidłowo w rzeczywistych warunkach funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Zamiast testować charakterystyki wyjściowe w stanie ustalonym, oblicza się stany zwarcia (lub inne stany systemu), wykorzystując symulację systemu elektroenergetycznego, a wyniki tych obliczeń podaje się bezpośrednio na wyjścia. W ten sposób sprawdza się, czy system zabezpieczeń ze swoją logiką i ustawieniami faktycznie działa w ramach systemu elektroenergetycznego w sposób zgodny z założeniami projektowymi. Ponadto test systemowy gwarantuje znacząco oszczędność czasu na etapie przygotowań oraz wykonania i diagnostyki testów, co wykażemy w dalszej części.

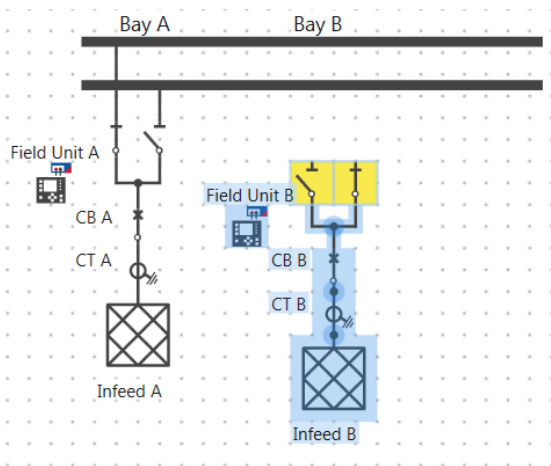
Biorąc pod uwagę mnogość możliwych topologii szyn zbiorczych, należy stwierdzić, że niemal każde zastosowanie systemu zabezpieczeń szyny zbiorczej jest unikatowe. Nie ma zatem standardowego sposobu testowania odwzorowania odłączników i innych logik. Dla prawidłowego działania zabezpieczenia szyn zbiorczych, jego logika musi uwzględniać topologię i pozycję odłączników dla wszystkich pól, sekcjonalizerów i łączników sprzęgłowych podczas pracy. System testowy musi zatem naśladować w sposób niesprzeczny cały system elektroenergetyczny szyn zbiorczych, ze wszystkimi informacjami binarnymi o stanach odłączników i prądach różnych pól. W tym przypadku niesprzeczność oznacza, że wartości analogowe są prawdopodobne, na przykład, że prąd jest mierzony tylko wtedy, gdy w danym obwodzie prądowym są zamknięte wszystkie odłączniki. W przeciwnym wypadku takie funkcje, jak kontrola pomiaru, kontrola odłącznika, czy wykrywanie awarii wyłącznika, uniemożliwią zadziałanie zabezpieczenia, jak miałyby to miejsce w warunkach rzeczywistych, i test nie zostanie zaliczony.

W przypadku idealnym prąd powinien być podawany do wszystkich pól jednocześnie, ale zależnie od liczby pól i dostępnych testerów, nie zawsze będzie to wykonalne. Jednak już dwa sześciofazowe zestawy testowe mogą podać prąd do trzech pól liniowych i jednego pola sprzęgającego, pozwalając na realizację niemal wszystkich istotnych scenariuszy testowych. Po udanym przetestowaniu pól liniowych można podłączyć testery do kolejnych jednostek połowych. Zależnie od projektu stacji, a także w przypadku zabezpieczeń rozproszonych, jednostki połowe mogą się znajdować w odległości kilku metrów od siebie. Określa to kluczowe funkcje systemu testowego, takie jak:

- symulacja stanów odłączników;
- obliczanie wszystkich prądów zestawu testowego, dla każdego etapu testu i każdego stanu w sekwencji testowej;
- sterowanie wieloma testerami synchronizowanymi czasowo.

Bez rozwiązania w formie testu systemowego, funkcje te często realizuje się przez przygotowanie arkusza kalkulacyjnego. Z każdym wierszem lub krokiem testowym jest powiązanych wiele kolumn definiujących stany odłącznika i prądy pól. Podczas wykonywania testu pozycje odłączników są kopiowane stosownie do zawartości bieżącego wiersza, poprzez mostkowanie styków binarnych w jednostkach polowych lub za pomocą specjalnie wykonanych rozdzielnic. W przypadku użycia więcej niż jednego zestawu testowego prądy są przenoszone do jednego lub kilku plików Sequencera. Stworzenie takiego arkusza kalkulacyjnego i uczynienie go wykonalnym może być bardzo czasochłonne. Nakład pracy wzrasta wykładniczo wraz z rozmiarem układu szyn. Inną kwestią, choć już nie techniczną, jest fakt, że takie arkusze nie są szczególnie zrozumiałe. Najczęściej przygotowuje je inżynier odpowiedzialny za test, przekładając rzeczywisty scenariusz na wiersze arkusza. Jeżeli w terenie pracuje inny technik i chce zrozumieć wiersz danego kroku testowego, musi ponownie przełożyć w swojej głowie zawartość arkusza kalkulacyjnego na scenariusz rzeczywisty. Takie ciągłe mapowanie w umyśle jest nieefektywne i stanowi potencjalne źródło błędów.

Narzędzie do testów systemowych może stanowić rozwiązanie całościowe w tej materii. W celu przygotowania modelu systemu elektroenergetycznego można edytować topologię szyn, włącznie z przekładniami PP i, w idealnym przypadku, prądami zwarciovymi linii zasilających, za pomocą edytora jednokreskowego. Wszystkie czynności definiujące krok testowy mogą być teraz wykonywane w obrębie jednego wiersza.



RYSUNEK 3: EDYTOR JEDNOKRESKOWY

A. Symulacja odłącznika

W obrębie scenariusza testowego można modelować odłączniki bezpośrednio w edytorze. W ten sposób, w symulacji systemu elektroenergetycznego można poprawnie symulować rozptyw prądów. Ponadto w rozwiązaniu opartym na testach systemowych można mapować podwójne pozycje elementów odłącznika na wyjścia binarne testera. Przed wykonaniem kroku testowego

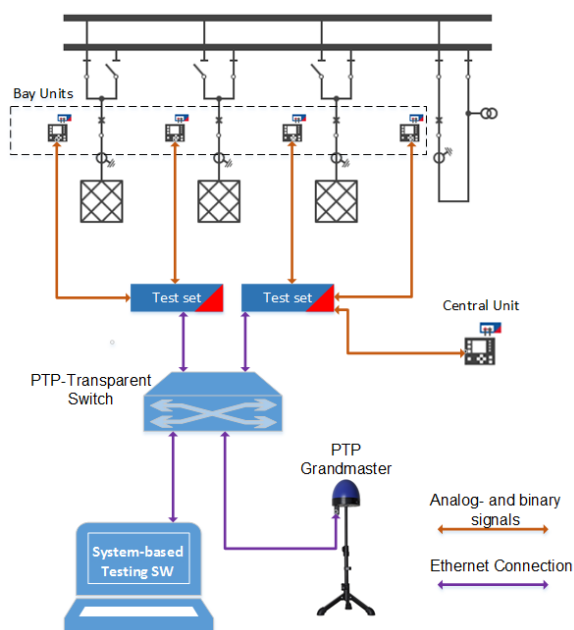
oprogramowanie ustawia wszystkie wyjścia binarne zestawu testowego zgodnie ze zdefiniowaną pozycją odłączników. W ten sposób test może być w pełni zautomatyzowany, bez konieczności ręcznego mostkowania styków odłącznika przed każdym krokiem testowym, co pozwala zmniejszyć liczbę błędów i zwiększyć wydajność. Gdy wszystkie odłączniki są symulowane przez rozwiązanie testowe, jest koniecznych wiele wyjść. Dlatego też niektóre zestawy testowe można łatwo rozbudować o wyjścia binarne, ponosząc jedynie ułamek kosztu całego dodatkowego zestawu.

B. Obliczanie prądów

Obliczanie prądów następuje w sposób niemal bezwysiłkowy i ciągły, bez względu na to, jak skomplikowana jest topologia. Po zmianie przepływu mocy, umieszczeniu zwarć lub dodaniu w oprogramowaniu zdarzeń związanych z wyłącznikami, w ramach symulacji systemu elektroenergetycznego są obliczane, za jednym podejściem, próbki prądu dla wszystkich lokalizacji PP.

C. Jednoczesna praca z wieloma testerami

Po obliczeniu, sygnały prądowe są przesyłane do jednego lub wielu testerów. Następnie oprogramowanie ustawia czas rozpoczęcia przebiegu. Ponieważ wszystkie testery są synchronizowane, rozpoczynają realizację testu w tym samym czasie. Po wykonaniu badania testery odsyłają wyniki pomiarów zdarzeń binarnych do oprogramowania, które może dokonać ich oceny. Wszystkie te kroki mogą być kontrolowane za pomocą jednego oprogramowania i rozpoczynane po prostym kliknięciu jednego przycisku. Nie jest wymagana koordynacja ze strony użytkownika. Nie jest potrzebny również osobny dokument testowy dla każdego testera.



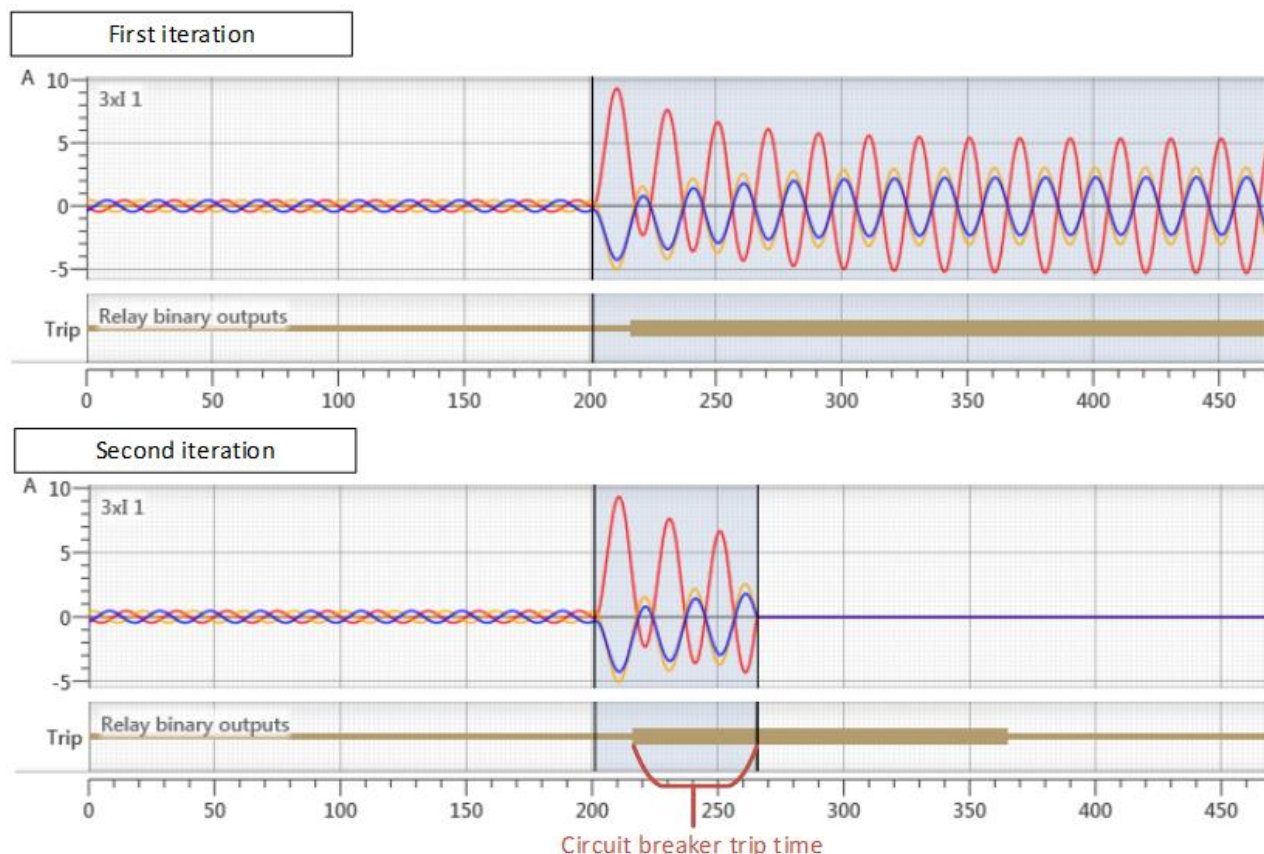
RYSUNEK 4: KONFIGURACJA DLA TESTU SYSTEMOWEGO ZABEZPIECZENIA SZYN ZBIORCZYCH

Podczas pracy z wieloma testerami wymagana jest synchronizacja. Każde opóźnienie wykonania będzie skutkowało przesunięciem fazowym pomiędzy prądami testerów, co może ostatecznie prowadzić do zadziałania elementu różnicowoprądowego, nawet przy normalnym przepływie mocy. Dla uniknięcia uciążliwego ustawiania anteny GPS dla każdego testera, można podłączyć testery do sieci Ethernet z aktywnym protokołem PTP. Taka konfiguracja wymaga tylko jednego źródła czasu PTP podłączonego do specjalnego przełącznika (przezroczystego dla zegara). Sygnał czasu z tego źródła jest rozprowadzany do wszystkich testerów. Jednocześnie można używać tej samej sieci do komunikacji pomiędzy oprogramowaniem a testerami.

D. Testowanie złożonych sekwencji logicznych

W wielu krokach testowych ważne jest reagowanie na polecenia układów zabezpieczeń. Po wysłaniu polecenia zadziałania, musi być symulowane otwarcie wyłącznika i nie można symulować przepływu prądu w odpowiednich gałęziach. Również w takiej sytuacji symulacja musi być niesprzeczna. W przeciwnym wypadku oprogramowanie uzna, że doszło do awarii wyłącznika i funkcje logiki, które powinny być realizowane po pierwszym zadziałaniu, nie będą mogły być wykonane. Zdolność symulacji do reagowania na polecenia testowanego systemu jest zwykle określana jako pętla zamknięta czasu rzeczywistego. Jednak systemy symulacyjne czasu rzeczywistego nadają się tylko

do badań laboratoryjnych, wymagają wiedzy eksperckiej i dużych nakładów inwestycyjnych, podczas gdy systemy testowe mogą być rozproszone. Odpowiednią alternatywą dla systemu czasu rzeczywistego z silnymi ograniczeniami czasowymi jest użycie algorytmu iteracyjnej pętli zamkniętej. Przy stosowaniu tego algorytmu do symulacji uwzględniającej zwarcie na szynach, pierwsza iteracja jest wprowadzana bez żadnych poleceń dla wyłącznika. Mimo to zabezpieczenie zareaguje na zwarcie, wysyłając polecenie zadziałania, które jest rejestrowane przez oprogramowanie testujące. Ponieważ zakładamy, że przełącznik powinien reagować z tym samym czasem zadziałania, przy sygnale prądowym o tym samym przebiegu, jak przy poprzednim podaniu, od początku będziemy podawać prąd o tym samym kształcie, po czym nastąpi otwarcie wyłącznika, krótko po oczekiwanym momencie zadziałania. Gdy zostanie wysłane polecenie kolejnego zadziałania lub zamknięcia, które nie było elementem wcześniejszych symulacji, realizuje się trzecią iterację, tym razem uwzględniającą dwa zdarzenia związane z wyłącznikiem. Ten algorytm jest realizowany, dopóki zabezpieczenie nie przestanie wysyłać nowych nieznanych poleceń zadziałania lub zamknięcia. Wówczas w ostatniej iteracji jest osiągnięty podobny rezultat, jak dla symulatora działającego w czasie rzeczywistym. Korzyścią płynącą ze stosowania tej metody jest prostota testowania logiki. Po umieszczeniu zwarcia w symulacji, zaczyna być realizowana iteracyjna pętla zamknięta. Rysunek 5 pokazuje przykład z dwiema iteracjami.



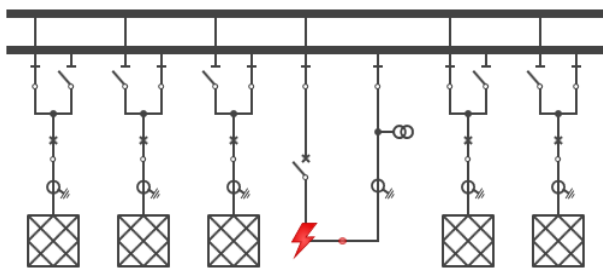
RYСУNEK 5: PRZYKŁADOWA SEKWENCJA ITERACYJNEJ PĘTLI ZAMKNIĘTEJ

III. DOŚWIADCZENIA PRAKTYCZNE

W ciągu ostatnich trzech lat zyskaliśmy wiele doświadczenia, testując zabezpieczenia szyn zbiorczych z wykorzystaniem specjalnego rozwiązania opartego na testach systemowych, co opisano ze szczegółami w pracach [4] i [5]. W niniejszej pracy chcieliśmy podkreślić wagę testów systemowych, opisaliśmy więc kilka błędów, które wykryliśmy w trakcie testów terenowych i fabrycznych. W większości przypadków podejście systemowe było zastosowane po raz pierwszy przez inżyniera lub technika odpowiadającego za test, natomiast zabezpieczenia często były już badane z użyciem tradycyjnych narzędzi i metod testowych. Można zatem powiedzieć, że większości z opisanych błędów nie wykryto by bez narzędzia umożliwiającego testowanie systemowe. Patrząc wstecz, trzeba stwierdzić, że wszystkie błędy, które tu opisujemy, były możliwe do wykrycia również za pomocą tradycyjnych narzędzi testowych, ale z naszego doświadczenia wynika, że prostota rozwiązania przeznaczonego wyłącznie do testów systemowych pozytywnie wpływa na jakość badań. Gdy przygotowanie i realizacja scenariusza testowego wymagają jedynie przeciągnięcia zwarcia na schemacie i naciśnięcia przycisku „Wykonaj”, testerzy wykonują więcej dogłębnych testów.

A. Zwarcie w strefie martwej

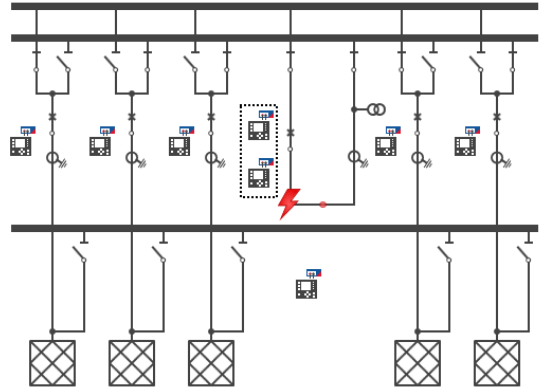
Dla uzyskania 100% selektywności najczęściej używa się w polach sprzęgła dwóch przekładników prądowych, instalując je po obu stronach wyłącznika, tak aby strefy selektywne szyn nakładały się na siebie. Często z przyczyn ekonomicznych instaluje się tylko jeden PP, co powoduje powstanie tzw. strefy martwej pomiędzy przekładnikiem a wyłącznikiem. Nowoczesne zabezpieczenia szyn zbiorczych posiadają specjalną logikę umożliwiającą wykrywanie zwarców w strefie martwej poprzez pomiar bitów stanu łącznika w sprzędle. Dla celów badania podczas uruchomienia zabezpieczenia szyn zbiorczych dla topologii z podwójnym systemem szyn, zdefiniowano scenariusz testowy, który powinien zweryfikować obecność zwarcia w strefie martwej, gdy wyłącznik w sprzędle był otwarty, co prowadziło do natychmiastowego zadziałania zabezpieczenia i wyłączenie szyny B. (Gdyby łącznik był zamknięty, najpierw zadziałałoby zabezpieczenie szyny A, a następnie szyny B.) W trakcie testu zabezpieczenie zadziałało nieselektywnie. Znalaziono błąd w nastawach zabezpieczenia szyn zbiorczych.



RYSUNEK 6: ZWARCIE W STREFIE MARTWEJ

B. Dwie jednostki polowe w polu sprzędła

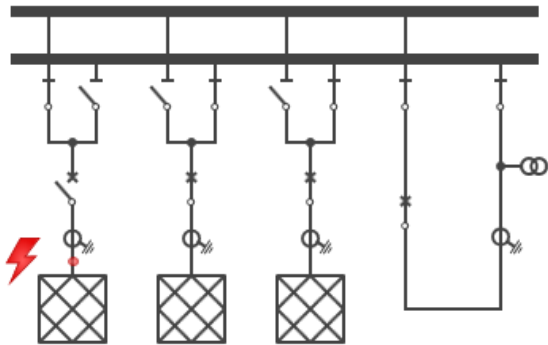
Kolejny błąd znaleziono w rozproszonym zabezpieczeniu szyn zbiorczych w topologii z podwójnym systemem szyn i dodatkową szyną obejściową. Ze względu na ograniczoną liczbę wejść w jednostce polowej, w polu sprzędła zainstalowano drugi jednostkę polową. Scenariusze testowe ze zvarciami w strefie martwej początkowo nie zostały ukończone pomyślnie podczas uruchomienia. Ze względu na konfigurację, obie jednostki polowe musiały dostarczyć wyłącznikowi bity stanu, ale tylko jeden z nich był podłączony do styków pomocniczych wyłącznika. Problem został rozwiązany poprzez połączenie styków pomocniczych wyłącznika również z drugą jednostką polową.



RYSUNEK 7: DWIE JEDNOSTKI POŁOWE W POLU SPRZĘGŁA

C. Niepożądane zadziałanie automatyki LRW

Opisany poniżej błąd został wykryty podczas weryfikacji koncepcji w laboratorium badawczym. Testowany system składał się z niskoimpedancyjnego zabezpieczenia szyn zbiorczych oraz dedykowanych zabezpieczeń liniowych. W ramach scenariusza testowego symulowano zwarcie poza strefą pomiaru różnicowoprądowego. Podczas, gdy na zwarcie powinno zareagować zabezpieczenie linii zasilającej, zabezpieczenie szyn zbiorczych natychmiast wyzwoliło wewnętrzny układ LRW w chwili pobudzenia zabezpieczenia w polu. Ponieważ test systemowy symulował również opóźnienie zadziałania wyłącznika, odkryto, że w nastawach LRW nie było wystarczającego marginesu bezpieczeństwa, co mogło prowadzić do nieselektywnego zadziałania zabezpieczenia szyn zbiorczych.

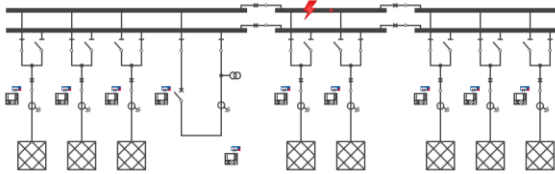


RYSUNEK 8: ZWARCIE ZEWNĘTRZNE

D. Nieprawidłowo połączone wejście prądu zerowego

Opisany poniżej błąd został wykryty w zabezpieczeniu szyn z podwójnym systemem szyn zbiorczych w sieci dystrybucyjnej. System elektroenergetyczny pracował z uziemionym punktem neutralnym poprzez małą impedancję, co skutkowało niskim natężeniem prądów podczas zwarcia doziemnych.

W standardowym elemencie różnicowoprądowym tak mały prąd zwarciovowy zostałby stłumiony przy pełnym prądzie trójfazowym obciążenia. Przedsiębiorstwo obsługujące sieć rozwiązało ten problem, wybierając zabezpieczenie szyn zbiorczych ze specjalną procentową charakterystyką tłumienia dla prądu zerowego (I_N). Wielkość I_N była mierzona przez odseparowane wejście prądowe podłączone do układu Holmgreena. Scenariusz testu systemowego wykazał, że zewnętrzne zwarcia faza-ziemia powodują nieselektywne zadziałanie zabezpieczenia szyn zbiorczych. Było to spowodowane nieprawidłową polaryzacją wejścia prądowego I_N . Wcześniejszy test niesystemowy nie ujawnił tego błędu, ponieważ każde pole testowano tylko z pojedynczym podaniem prądu.



RYSUNEK 97: ZWARCIE W SEKCJI ŚRODKOWEJ SZYNY

IV. PODSUMOWANIE

Błędy znalezione podczas badań terenowych pokazują, że testowanie systemowe jest koniecznością w ramach testów współczesnych zabezpieczeń szyn zbiorczych. Specjalne rozwiązanie do testów systemowych bardzo upraszcza wykonywanie takich testów.

V. BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Ziegler, Numerical Differential Protection: Principles and Applications, Erlangen: Publicis Publishing, 2012.
- [2] Siemens, Instrukcja użytkownika SIPROTEC 7ss52x, Siemens, 2004.
- [3] Protection System Misoperations Task Force, „Misoperations Report”, North American Electric Reliability Cooperation (NERC), Atlanta, 2013.
- [4] C. Pritchard and T. Hensler, „Test and verification of a busbar protection using a simulation-based iterative closed-loop approach in the field”, opublikowano w ramach sympozjum *Australian Protection Symposium*, Sydney, 2014.
- [5] F. Fink, J. Köppel and T. Hensler, „Effective commissioning of bus bar protection systems using a dynamic simulation in the field”, opublikowano w ramach konferencji *Development in Power System Protection 2016 (DPSP)*, Birmingham, 2016.

OMICRON to firma międzynarodowa służąca branży elektroenergetycznej innowacyjnymi rozwiązaniami w zakresie testowania i diagnostyki. Zastosowanie produktów firmy OMICRON pozwala użytkownikowi z dużą dozą pewności ocenić stan urządzeń podstawowych i dodatkowych zainstalowanych w systemie. Gamę produktów uzupełniają usługi w obszarze konsultacji, uruchomień, testowania, diagnostyki i szkoleń.

Klienci w ponad 160 krajach polegają na zdolności firmy do dostarczania najnowocześniejszej technologii o doskonałej jakości. Nasze centra serwisowe na wszystkich kontynentach zapewniają dostęp do obszernej bazy wiedzy oraz doskonałej obsługi klienta. Wszystko to, w połączeniu z rozległą siecią partnerów handlowych, sprawia, że nasza firma jest liderem w branży elektroenergetycznej.

Szczegółowe informacje, dodatkowe publikacje oraz dane kontaktowe naszych oddziałów na całym świecie można znaleźć na naszej stronie internetowej.