[27] Wiśniewski G., Michałowska-Knap K., Koć S., Instytut Energetyki Odnawialnej (EC BREC IEO)," Energetyka wiatrowa – stan aktualny i perspektywy rozwoju w Polsce http://www.senat.gov.pl/gfx/senat/userfiles/_public/, Warszawa, sierpień 2012.
[28] Szywała P., Warchim A., Łukoochronność aparatuty średniego napięcia, *Energetyka* 2003, nr 9, s. 612-614.
[29] Koza K., Warachim A., „Perspektywy stosowania żerdzi z betonu wirowanego w liniach energetycznych średnich napięć", *Elektro* z 11 listopada 2008 (69), s. 94-95.
[30] Koza K., Łodo A., Warachim A., „Kierunki rozwoju konstrukcji betonowych dla potrzeb dystrybucji energii elektrycznej, *Energetyka* 2008, nr 8-9, s. 593-595.
[31] INEXT SF6 Napowietrzny rozłącznik średniego napięcia w izolacji SF_6 24/36 kV, KAT: 7/04/2008, *INAEL S.A.*
[32] Oferta i materiały firmy *Zakład Obsługi Energetyki Sp. z o.o.,* ul. Kuropatwińskiej 16, 95-100 Zgierz, http://www.zoen.pl/index.php.
[33] Oferta i materiały firmy *Technitel Polska S.A.,* ul. Górnicza 12/14, 91-765 Łódź, http://www.technitel.pl/site,main,7.html.
[34] Materiały informacyjne 27. Międzynarodowych Energetycznych Targów Bielskich ENERGETAB 2014, http://www.energetab.pl/.

Marek Szadkowski, Andrzej Warachim

Bezpieczeństwo eksploatacji stacji elektroenergetycznych SN typu PF-P

Operational security of PF-P type MV substations

Jednym z bardzo ważnych zagadnień w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (KSE) jest bezpieczeństwo użytkowania wszystkich elementów instalacji elektroenergetycznych [1], w tym zarówno całych stacji SN jak i ich poszczególnych elementów (rozdzielnic, transformatorów, łączników itp.). Stacje (rozdzielnie) SN to przede wszystkim stacje wnętrzowe ustawiane często w miejscach wysoko zurbanizowanych, gdzie zbliżenie się do nich osób postronnych jest rzeczą naturalną. Z tego między innymi powodu jednym z najważniejszych kryteriów wyboru rozwiązań konstrukcyjnych, aparaturowych i budowlanych takich stacji jest bezpieczeństwo pracowników energetyki oraz (a może przede wszystkim) osób postronnych.

W polskim systemie elektroenergetycznym, a szczególnie w stacjach SN, zdarza się około kilkudziesięciu awarii rocznie, powstających w wyniku zwarć łukowych [2]. W wyniku takich zwarć w torach prądowych urządzeń i w ziemi pojawia się prąd zwarciowy o wartości od kilku do kilkudziesięciu kA. Podstawowe przyczyny zwarć łukowych to: starzenie się materiałów, błędy konstrukcyjne, narażenia środowiskowe i eksploatacyjne (przepięcia, przetężenia) oraz bardzo często niestety tzw. czynnik ludzki (błędny montaż, błędne operacje łączeniowe czy nieprzygotowana praca pod napięciem) [1-3].

Niestety zdarza się, że w wyniku zapalenia się łuku poszkodowani zostają ludzie – najczęściej pracownicy energetyki. Częstotliwość takich wypadków w Polsce to 0,35 - 0,45 osób na 1000 zatrudnionych w ciągu roku [2]. Gwałtowność i skutki oddziaływania zwarć łukowych sprawia, że wiele zdarzeń kończy się ciężkimi obrażeniami ciała lub nawet śmiercią osób, które znalazły się w obszarze oddziaływania łuku [3].

Spełnienie kryteriów wymaganej ochrony przeciwporażeniowej, ochrony przed skutkami łuku elektrycznego, a także odpowiedniej odporności ogniowej, eliminacji lub gwarantowanej utylizacji szkodliwych odpadów, ograniczenia hałasu oraz wpływu pola elektromagnetycznego na środowisko, szczelności i branie pod uwagę wszelkich innych zagadnień związanych z bezpieczeństwem eksploatacji muszą stanowić absolutny priorytet w procesie projektowania i budowy stacji elektroenergetycznych. Zagadnienia te opisano na przykładzie stacji transformatorowo-rozdzielczej SN typu PF-P.

System stacji średniego napięcia typu PF-P

Stacje typu PF-P to stacje z obsługą wewnętrzną. Są one przystosowane do pracy w kablowej i napowietrznej sieci rozdzielczej energetyki zawodowej i przemysłowej. Dzięki specyficznej modułowej konstrukcji możliwe jest zaprojektowanie niemal dowolnego wariantu stacji. Inwestor i projektant mają zatem do dyspozycji system, który pozwala dowolnie kreować ostateczną funkcjonalność i przeznaczenie stacji [4]. Wielkość stacji oraz rozmieszczenie w niej urządzeń uzależnione jest jedynie od ich liczby i typu (rys. 2).

Rys. 1. Widok stacji SN typu PF-P

Rys. 2. Przykładowe warianty konstrukcji stacji typu PF-P

Oprócz modułowości podstawę systemu stanowią obudowy betonowe PF-P i orma SET-P oraz aparatura rozdzielcza firmy *ORMAZABAL* [5].

Możliwość zestawiania ze sobą obudów typu PF-P pozwala na wykonywanie niestandardowych [4,5] złożonych systemów zasilania, zawierających również transformatory dużych mocy (do 1600 kVA), agregaty prądotwórcze oraz układy automatyki SZR. Dzięki zestawieniu kilku obudów (o szerokości 250 cm lub 300 cm) możliwe jest stworzenie odpowiedniej przestrzeni do zainstalowania całego systemu zasilania. Posadowienie kilku obudów obok siebie wymaga wcześniejszego wykonania odpowiednio wypoziomowanych ław fundamentowych, w celu eliminacji tzw. klawiszowania. Po posadowieniu, połączenia pomiędzy obudowami są uszczelniane, a na złączeniach dachów wykonywane są obróbki blacharskie. System cechuje zdolność adaptacji architektonicznej do otoczenia. W tym celu stosowane są różne warianty dachów. Standardowo stacje typu PF-P przykryte są niskim dachem betonowym, którego lekko nachylona połać otoczona jest attyką. W przypadku dachu dwuspadowego lub czterospadowego na płycie betonowej zabudowana jest konstrukcja dachu spadzistego, która pokryta jest – w zależności od wymagań klienta – gontem bitumicznym, dachówką ceramiczną, blachodachówką lub innym materiałem. Jednocześnie zapewniona jest dowolna kolorystyka i rodzaj pokrycia ścian stacji [5]. Dzięki temu stacje PF-P doskonale spełniają wymagania stawiane przez urbanistów w odniesieniu do terenów osiedli mieszkaniowych i zakładów przemysłowych.

Obudowy stacji są produkowane, a także wyposażane w aparaturę rozdzielczą, sterującą i pomiarową w Pyskowicach na Górnym Śląsku. Lokalizacja producenta nie była przypadkowa, wynika bowiem z wieloletniej tradycji wytwórczości budowlanej realizowanej na potrzeby byłego Górnośląskiego Zakładu Energetycznego (GZE), w swoim czasie największego dystrybutora energii elektrycznej w Polsce. Już w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku, na bazie technologii produkcji ogrodzeń betonowych, w obecnej lokalizacji producenta obudów PF-P, produkowane były stacje typu „Pyskowice", które do dzisiaj są w wielu miejscach kraju z powodzeniem eksploatowane. Należy podkreślić, że do rozwoju produkcji tych stacji przyczynił się wybitny specjalista w zakresie betonowych konstrukcji budowlanych w energetyce – mgr inż. Bronisław Nohel.

Wzrost zapotrzebowania na moc szczytową odbiorców, pojawienie się rozproszonych źródeł energii elektrycznej, a w szczególności OZE, skutkuje koniecznością: monitorowania wytwarzanej energii, monitorowania dystrybucji tej energii, usprawnienia zarządzania operacyjnego siecią SN i zapewnienia niezawodności dostaw energii, zarządzania rynkiem energii, polepszenia jakości obsługi klienta oraz wprowadzenia nowych usług dla klientów końcowych. A zatem powstaje konieczność przekształcania tradycyjnych sieci SN w sieci typu „smart". Wyposażenie stacji typu PF-P obejmuje wiele nowoczesnych rozwiązań w zakresie automatyki, sterowania, pomiarów i łączności [6-10]. Są to zatem stacje, które mogą być stosowane w sieciach typu „smart".

Sieć typu „smart" [11, 12] jest najczęściej definiowana jako instalacja stosowana zarówno w systemie przesyłu jak i dystrybucji energii elektrycznej, która: zapewnia cyfrową, dwukierunkową komunikację, realizowaną w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do czasu rzeczywistego, umożliwia interaktywne i optymalne monitorowanie i zarządzanie procesem wytwarzania, przesyłu, dystrybucji i odbioru energii elektrycznej, integruje zachowania i działania wszystkich podłączonych do niej użytkowników – wytwórców, odbiorców oraz prosumentów (producent – konsument), w celu zapewnienia efektywnego ekonomicznie, zrównoważonego systemu elektroenergetycznego charakteryzującego się niewielkimi stratami, wysoką jakością i bezpieczeństwem dostaw energii elektrycznej, oraz bezpieczeństwem obsługi i osób postronnych. To, że stacje typu PF-P spełniają wymagania stawiane elementom sieci typu „smart" jest bardzo ważne w aspekcie polityki energetycznej kraju [13-15], aktów prawnych i działań legislacyjnych [16,17], powiązanych ze standaryzacją i typizacją urządzeń [18-20] oraz stosownych regulacji Unii Europejskiej.

Konstrukcja stacji typu PF-P

Obudowa stacji PF-P składa się z trzech elementów: szczelnej, monolitycznej piwnicy kablowej, korpusu oraz dachu, wykonanych z żelbetu. Typowa stacja transformatorowo-rozdzielcza składa się z pomieszczenia rozdzielnicy SN i nn oraz komory transformatora. Pomieszczenie rozdzielnicy SN może być oddzielone od pomieszczenia rozdzielnicy nn w przypadku różnych właścicieli sieci nn i sieci SN. Dach stacji PF-P nie jest na stałe skręcony ze ścianami, co umożliwia jego nieznaczne uniesienie w przypadku wystąpienia stanów awaryjnych, skutkujących wzrostem ciśnienia wewnątrz stacji. Do obsługi poszczególnych

części stacji przewidziano oddzielne drzwi. Dostęp do piwnicy kablowej możliwy jest dzięki włazowi umieszczonemu w podłodze. Chłodzenie urządzeń oraz wentylacja pomieszczeń stacji możliwa jest dzięki kratkom wentylacyjnym umieszczonym w drzwiach i ścianach stacji, a także odpowiednio zabezpieczonej szczelinie pomiędzy ścianami a dachem. Drzwi i kratki wykonane są z ocynkowanej ogniowo blachy stalowej lub z aluminium i lakierowane proszkowo w określonym przez zamawiającego kolorze. Ściany ze stropem i podłogą ustawione są na piwnicy kablowej, w której pod komorą transformatorem wydzielono szczelną misę olejową. W piwnicy kablowej znajdują się również szczelne przepusty kablowe umożliwiające przeprowadzenie kabli SN i nn oraz przewodów uziemiających.

Piwnica kablowa, korpus stacji i dach mogą być transportowane i zabudowywane osobno. Jest to niewątpliwy czynnik stanowiący o elastyczności systemu PF-P. Mniejsze rozwiązania, typowe dla sieci dystrybucyjnej, mogą być transportowane w całości. Konstrukcja stacji PF-P zapewnia bardzo duże bezpieczeństwo obsłudze i osobom postronnym w zakresie łukoochronności, czyli spełnia najnowsze wymagania Unii Europejskiej. Potwierdzone jest to wynikami badań, które są wykonywane przez instytuty niezależne oraz niemieckie instytuty IPH oraz PEHLA, zgodnie z wytycznymi zawartymi w normach IEC. Stacje posiadają również stosowne atesty Instytutu Elektrotechniki w Warszawie i aprobatę Instytutu Techniki Budowlanej.

Troska o możliwie dużą łukoochronność jest stale kontynuowana w procesie rozwoju systemu obudów oraz aparatury rozdzielczej firmy ORMAZABAL [1].

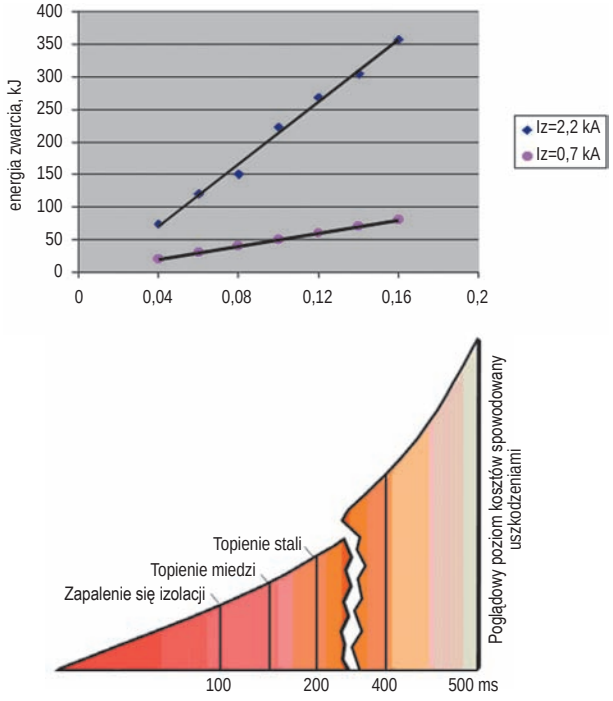
Nie bez znaczenia jest także fakt, że stacje PF-P są przyjazne dla środowiska, ponieważ misy olejowe przedziałów transformatorowych mogą pomieścić 100% zawartości oleju z transformatorów. Do produkcji stacji używa się wyłącznie materiałów i surowców przyjaznych środowisku, podlegających powtórnemu przetworzeniu. Wszystkie materiały wykorzystywane w procesie produkcyjnym posiadają atesty Państwowego Zakładu Higieny.

Jeżeli użyje się określeń właściwych dla górnictwa, można stwierdzić, że obudowy PF-P (ze względu na zapewnienie odporności ogniowej oraz łukoochronności) mają cechy obudów wzmocnionych [1]. Opinie rzeczoznawców jednoznacznie wykazują, że zewnętrzne ściany pełne oraz stropy stacji posiadają 120-minutową odporność ogniową (REI 120). Umożliwia to ustawienie stacji ścianą pełną w granicy działki (dostawienie do istniejącego budynku, którego ściana „graniczna" spełnia wymagania ściany oddzielenia pożarowego).

Ochrona przed skutkami zwarć łukowych w stacjach tpu PF-P

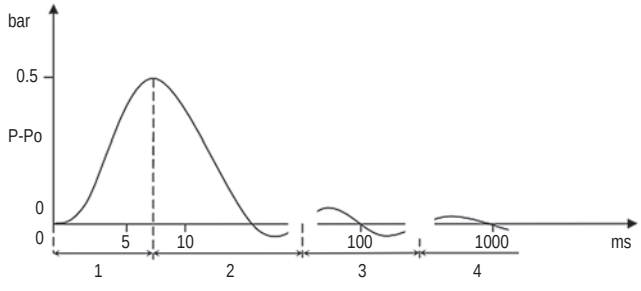
Obudowa całej stacji oraz konstrukcja zainstalowanych w niej rozdzielnic powinny zapewniać maksimum ochrony dla obsługi i osób postronnych, w przypadku wystąpienia zwarcia łukowego. Z tego powodu stacje, rozdzielnie i rozdzielnice powinny być zaprojektowane zgodnie ze stosownymi normami [21] i dokumentami związanymi, które precyzyjnie określają zarówno wymagania jak i metodykę badań i testów, jakim wymienione konstrukcje powinny być poddane, dla potwierdzenia ich odporności na skutki zwarć łukowych.

Skutki łuku elektrycznego zależą przede wszystkim od energii łuku zależnej od czasu palenia się łuku (rys. 2) i natężenia prądu zwarciowego [1-3]. Ponieważ na wartość prądu zwarciowego można wpływać tylko w procesie projektowania lub modernizacji stacji, jedynym parametrem, przy pomocy którego można ograniczać energię łuku, a co za tym idzie jego skutki, jest czas trwania zwarcia, a w zasadzie czas palenia się łuku. Czas ten determinuje dobór zabezpieczeń i nastaw tych zabezpieczeń. Same skutki łuku można także ograniczać stosując odpowiednie konstrukcje rozdzielnic i obudów stacji elektroenergetycznych.



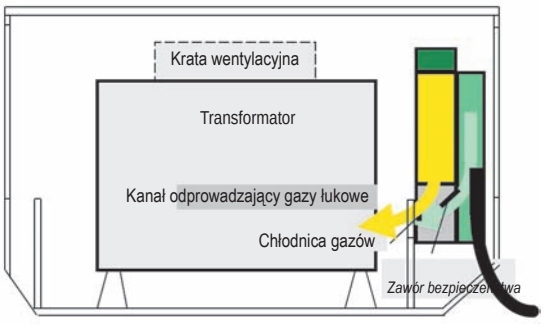
Rys. 3. Zależność energii zwarcia (łuku) i skutków łuku od czasu trwania zwarcia (łuku)

Kryteria testów na łukoochronność zakładają, że na skutek wystąpienia zwarcia łukowego w rozdzielnicy (lub stacji elektroenergetycznej): drzwi i osłony pozostają zamknięte, żadna z części nie ulega oderwaniu, w częściach zewnętrznych nie powstają żadne otwory, wskaźniki testowe nie ulegają zapaleniu, wszystkie połączenia uziemiające pozostają nienaruszone.



Rys. 4. Rozkład ciśnienia w zamkniętej przestrzeni podczas zwarcia łukowego

Łuk ma w obrębie stopy temperaturę prawie 4000 K (lub więcej) i około 10 000 K (lub więcej) w obrębie kanału łukowego (kolumny łukowej). Powoduje to gwałtowny wzrost temperatury otoczenia wskutek promieniowania cieplnego. Efektem wzrostu temperatury – oprócz zapalania się i topienia wszystkiego, co znajdzie się pod wpływem tak wysokiej temperatury – jest wzrost ciśnienia w obrębie zamkniętej przestrzeni. Ciśnienie to może osiągnąć wartości równe lub większe od granicznej wytrzymałości mechanicznej obudowy, jeżeli nie jest ona wyposażona w klapy wydmuchowe lub kompresję do wewnątrz. W takiej sytuacji często dochodzi do wyrwania drzwi lub rozerwania obudowy rozdzielnic. W przypadku rozdzielnic wyposażonych w klapy wydmuchowe następuje otwarcie tych klap po ok. 5-8 ms od momentu zapalenia się łuku i zredukowanie ciśnienie wewnątrz obudowy, co zapobiega jej zniszczeniu. Wielkość ciśnienia wewnątrz komór (przedziałów) rozdzielnic zależy nie tylko od temperatury, ale także oczywiście od objętości obudowy i mocy zwarciowej. Zatem testy wykonywane dla potwierdzenia odporności obudowy na działanie łuku muszą być przeprowadzane dla minimalnej objętości i maksymalnej dopuszczalnej dla danego urządzenia mocy zwarciowej, czyli w warunkach najbardziej niekorzystnych.



Rys. 5. Labiryntowy system odprowadzania gazów z wnętrz obudowy

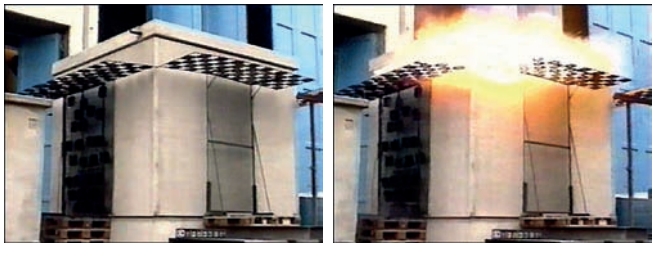
Czas palenia się łuku jest bardzo zróżnicowany (w dużej mierze zależy od konstrukcji i nastaw zabezpieczeń), ale w skrajnych sytuacjach (np. przy źle dobranych lub uszkodzonych zabezpieczeniach) może to być w sieci SN jedna i więcej sekund. W związku z tym ściany rozdzielnic w miejscach narażonych na działanie łuku konstruuje się jako podwójne, z warstwą powietrza pomiędzy arkuszami blach. Dzięki temu łuk działa tylko na wewnętrzną powierzchnię blachy wewnętrznej. Innym systemem jest system labiryntowego odprowadzania gazów (chłodnice gazów, w których wydłużenie drogi wydmuchu skutkuje zwiększeniem powierzchni wymiany ciepła), z wnętrza obudowy. Dzięki takiemu rozwiązaniu następuje dostateczne ochłodzenie i zmniejszenie ciśnienia gazów i wyrzucenie ich w kontrolowane strefy, tak aby nie zagrażały obsłudze.

Jeszcze innym sposobem ograniczania skutków łuku jest obudowanie wewnętrznej powierzchni przestrzeni narażonych na działanie łuku odpowiednim dielektrykiem. W rozdzielnicach SN przedział kablowy wyłożony jest tworzywem, które ogranicza miejsca, na których mogłaby oprzeć się stopa łuku. Gazy odprowadzane są natomiast poprzez stos gęstej siatki za rozdzielnicę. Ciśnienie i temperatura gazów zmniejsza się w wyniku przepływu tych gazów przez kolejne warstwy siatki. W wyniku tego na wylocie tunelu osiąga się poziom ciśnienia i temperatury bezpieczny dla obsługi.

Odporność urządzeń na wzrost ciśnienia jest sprawdzana w czasie testów wizualnie, za pomocą zdjęć z kamer rejestrujących. Dostateczne wychłodzenie gazów sprawdza się za pomocą łatwopalnych kawałków gazy bawełnianej, umieszczanych w miejscach, gdzie temperatura nie może przekraczać dopuszczalnej. W czasie prób gaza nie może ulec zapaleniu. Przy próbach należy zwrócić uwagę również na wysokość pomieszczenia, w którym rozdzielnice mają być instalowane. Jeżeli sufit stacji jest blisko rozdzielnicy, zagrożenie mogą stwarzać odbijające się od sufitu gazy. Aby sprawdzić czy takiego zagrożenia nie ma, wskaźniki pomiarowe umieszcza się poziomo przed rozdzielnicą. Ochrona osób może być dodatkowo podniesiona poprzez zastosowanie deflektorów zamontowanych do dachu rozdzielnicy.

Oczywistym jest, że bliskie maksymalnemu bezpieczeństwo użytkowania stacji elektroenergetycznych (tu średniego napięcia) może być zapewnione tylko przy odpowiedniej koordynacji rozwiązań konstrukcyjnych budynku (obudowy) stacji i zainstalowanych w niej rozdzielnic i innych urządzeń. Taka koordynacja występuje w stacjach elektroenergetycznych SN, wykonywanych w technologii odlewów betonowych. Nie bez znaczenia jest tu także czynnik ekonomiczny. Stacje te są testowane w sposób opisany powyżej, są zatem bezpieczne dla obsługi wewnątrz i dla wszystkich na zewnątrz. Spełniające kryteria łukoochronności obudowy stacji noszą znamiona obudowy wzmocnionej i mogą być stosowane w ciągach pieszych oraz w bliskim sąsiedztwie budynków użyteczności publicznej.

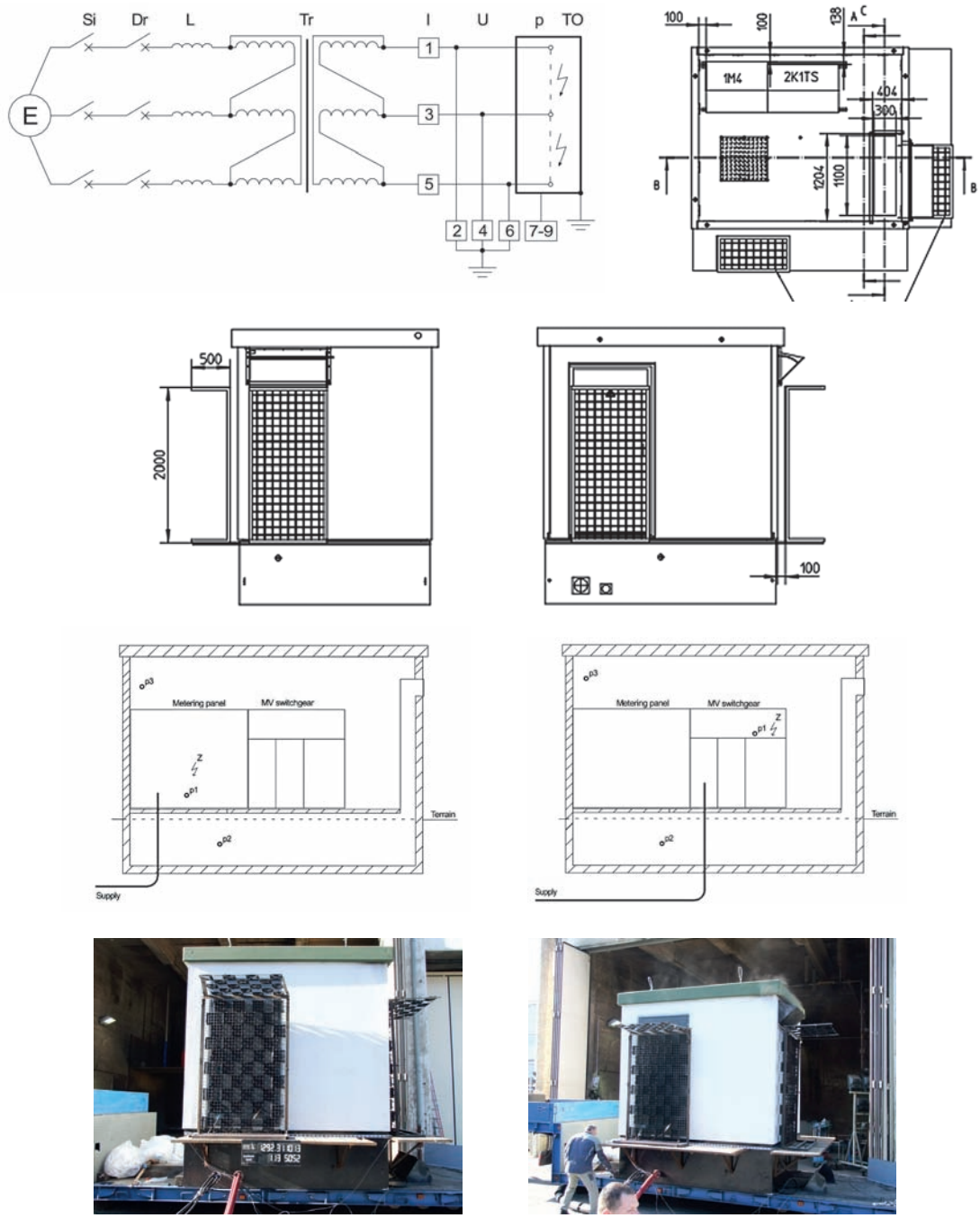
Kolejną zaletą omawianych obudów jest obniżenie ciśnienia gazów poprzez ich odprowadzenie przez dach budynku stacji. Podczas wybuchu dach unosi się na specjalnych prowadnicach i gazy odprowadzane są do atmosfery (rys. 6).



Rys. 6. Przygotowanie i przeprowadzanie próby na łukoochronność stacji elektroenergetycznej SN

Obudowy systemu PF-P posiadają potwierdzoną odporność na zwarcia łukowe przy prądzie 20 kA w czasie 1s, w związku z powyższym stanowią najbardziej nowoczesne i unikatowe rozwiązanie na rynku krajowym [22]. Efekt zwiększenia odporności tych obudów osiągnięto umieszczając dodatkową klapę wybuchową w obudowie. Dzięki takiej konstrukcji gazy łukowe rozprężają się szybciej niż w tradycyjnym rozwiązaniu zilustrowanym na rysunku 6.

Odporność systemu stacji PF-P na skutki zwarć łukowych potwierdzono badaniami. Schematy i zdjęcia takich testów dla pola pomiarowego i liniowego rozdzielnicy SN pokazano na rysunku 7. W obu przypadkach testy przeprowadzono dla kategorii dostępu A i B [1, 21, 22].



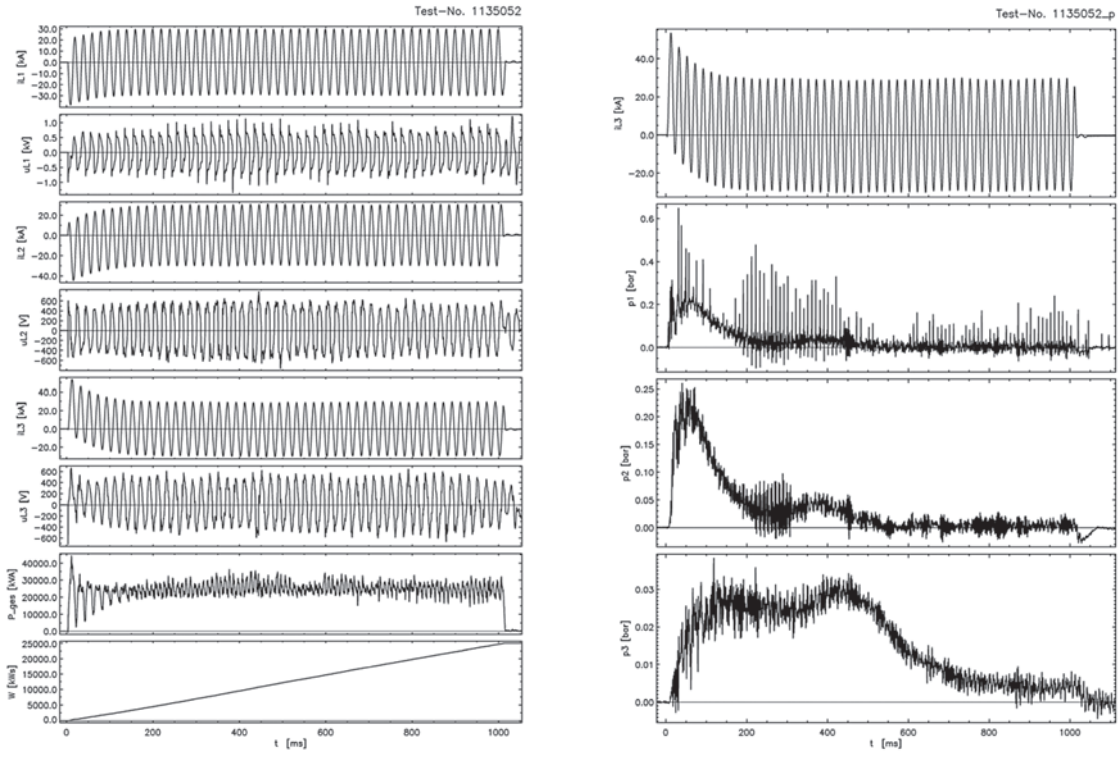
Rys. 7. Schematy, przekroje, warianty inicjacji zwarcia łukowego, rozmieszczenie wskaźników oraz proces przygotowania testów na łukoochronność stacji elektroenergetycznej w systemie PF-P

Dynamikę zjawiska zilustrowano na przebiegach czasowych prądów, napięcia oraz ciśnienia (rys. 8) w punktach pomiarowych zaznaczonych na rysunku 7. Po przeprowadzonej próbie widoczne jest otwarcie klapy wybuchowej (rys. 7), wskaźniki nie uległy nadpaleniu.

Podsumowanie

Opisany w artykule system PF-P jest systemem elastycznym, funkcjonalnym i łukoochronnym. Jako jedyny w kraju posiada potwierdzoną odporność na skutki zwarć łukowych 20 kA w czasie 1 s. Stanowi on istotne uzupełnienie oferty firmy *ORMAZABAL,* szczególnie w zakresie poprawy bezpieczeństwa eksploatacji stacji elektroenergetycznych SN.

Uwzględnienie tego rozwiązania w czasie projektowania i modernizacji stacji SN może znacząco wpłynąć na funkcjonalność, bezpieczeństwo i niezawodność sieci SN. Może to być także element przekształcania sieci SN w sieci typu „smart". Na podkreślenie zasługuje fakt, że system ten jest efektem pracy polskich inżynierów, a przede wszystkim ich wiedzy i doświadczenia w realizacji projektów konkurencyjnych dla rozwiązań europejskich.



Rys. 8. Przebiegi czasowe prądów, napięcia i ciśnienia podczas prób

27. Międzynarodowe Energetyczne Targi Bielskie ENERGETAB 2014 [23] są okazją do zapoznania się z praktycznymi rozwiązaniami stosowanymi w KSE. Przykładowe konstrukcje opisanego w artykule systemu stanowić będą element ekspozycji targowej firmy *Ormazabal Polska Sp. z o. o.* – Pawilon J, Stoisko 41.

Autorzy zachęcając do zapoznania się tymi rozwiązaniami składają podziękowania Zarządowi i Pracownikom firmy *ORMAZABAL* za pomoc w opracowaniu niniejszej publikacji. Autorzy mają nadzieję, że artykuł w połączeniu z misją miesięcznika *Energetyka* oraz Targów Bielskich będzie istotnym elementem dyskusji i analiz rozwiązań związanych z bezpieczeństwem w sieci dystrybucyjnej, w energetyce zawodowej i energetyce przemysłowej.

PIŚMIENNICTWO

[1] Szywała P., Warachim A., Łukoochronność aparatury średniego napięcia, *Energetyka* 2003, nr 9, s. 612-614.

[2] Kaźmierczak M., Zwarcia łukowe – doświadczenia eksploatacyjne w polskiej energetyce zawodowej i przemysłowej, Elektroenergetyka 2011, nr 2, s. 98-109.

[3] http://www.mszadkowski.pl/2.html.

[4] Warachim A., Wybrane zagadnienia konstrukcji nowoczesnego system produkcji stacji transformatorowo-rozdzielczych średniego napięcia w obudowie betonowej, Materiały konferencyjne Konferencji Naukowo Technicznej pt. „Stacje elektroenergetyczne WN/SN i SN/nN, Jelenia Góra, 28-29 maja 2001, s. 57-62.

[5] Karta katalogowa stacji PF-P, oferta, materiały niepublikowane firmy *ORMAZABAL Polska Sp. z o. o.,* http://www.ormazabal.com/pl/

[6] Saratowicz M., Warachim A.: Statistical monitoring of electric energy distribution, International Conference on Research in Electro technology and Applied Informatics, August 31 - September 3 2005, Katowice.

[7] Warachim A., Lesyk K., Chudzyński W., Parametry procesu przesyłu i rozdziału energii elektrycznej w stacjach transformatorowo-rozdzielczych systemu *Scheidt*, *Energetyka* 2002, nr 8.

[8] Januszewski W., Warachim A., Koncepcja systemu zdalnego monitorowania i sterowania procesem przesyłu i rozdziału energii elektrycznej w stacjach transformatorowych systemu *Scheidt*, *Energetyka* 2002, nr 7.

[9] Koza K., Łodo A., Warachim A., Kierunki rozwoju konstrukcji betonowych dla potrzeb dystrybucji energii elektrycznej, *Energetyka* 2008, nr 8-9, s. 593-595.

[10] Karty katalogowe rozdzielnic, oferta, materiały niepublikowane firmy *ORMAZABAL Polska Sp. z o. o.,* http://www.ormazabal.com/pl/

[11] Noga M., Ożadowicz A., Grela J., Hayduk G., Active Consumers in Smart Grid Systems- Applications of the Building Automation Technologies, *Przegląd Elektrotechniczny* 2013, R. 89, nr 6.

[12] Regulation (EU) No 347/2013 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2013 on guidelines for trans-European energy infrastructure and repealing Decision No 1364/2006/ECand amending Regulations (EC) No 713/2009, (EC) No 714/2009 and (EC) No 715/2009.

[13] Energy Policy of Poland until 2030, elaborated by the Ministry of Economy; Warsaw 10th of November 2009; Appendix to Resolution no. 202/2009 of the Council of Ministers of 10 November 2009, Document adopted by the Council of Ministers on 10 November 2009.

[14] Projection of demand for fuels and energy until 2030, Appendix 2 to draft "Energy Policy of Poland until 2030", Warsaw, 10 November 2009.

[15] National Report, The President of the Energy Regulatory Office in Poland, 2013.

[16] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. *Prawo energetyczne* (Dz. U. z 2012 r., poz. 1059 oraz z 2013 r. poz. 984 i poz. 1238), na dzień 1 stycznia 2014 r. Tekst ujednolicony w Departamencie Prawnym i Rozstrzygania Sporów URE.

[17] Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o efektywności energetycznej, Kancelaria Sejmu, Opracowano na podstawie Dz. U. z 2011 r. Nr 94, poz. 551.

[18] Stanowisko Prezesa URE w sprawie szczegółowych reguł regulacyjnych w zakresie stymulowania i kontroli wykonania inwestycji w AMI, Warszawa, 11 stycznia 2013.

[19] Stanowisko Prezesa URE w sprawie niezbędnych wymagań dotyczących jakości usług świadczonych z wykorzystaniem infrastruktury AMI oraz ram wymienności i interoperacyjności współpracujących ze sobą elementów sieci Smart Grid oraz elementów sieci domowych współpracujących z siecią Smart Grid, Warszawa, 10 lipca 2013.

[20] Position of the President of Energy Regulatory Office on necessary requirements with respect to smart metering systems implemented by DSO E taking into consideration the function of the objective and proposed support mechanism in context of the proposed market model, Warsaw, 31 may 2011.

[21] Polska Norma PN-EN 62271-202, Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza, Część 202: Stacje transformatorowe prefabrykowane wysokiego napięcia na niskie napięcie, PKN Warszawa, wrzesień 2010.

[22] Type test report No. 1292.2131187.036, IPH Berlin, 31 października 2013, materiał niepublikowany *ORMAZABAL Polska Sp. z o. o.*

[23] Materiały informacyjne 27. Międzynarodowych Energetycznych Targów Bielskich ENERGETAB 2014, http://www.energetab.pl/