

ArcPRO-6 – zwieńczenie 25 lat doświadczeń SPIE Energotest w dziedzinie ochrony przed zwarciami łukowymi

Michał Kaźmierczak, Wojciech Janikowski – SPIE Energotest

Streszczenie

W pierwszej części referatu (punkty 1-4) zostały przytoczone najważniejsze informacje dotyczące samych zwarć łukowych, ich destruktywnego charakteru, oraz kluczowego parametru decydującego o ograniczeniu skutków zwarć łukowych – czasu jego trwania. Następnie opisany został dorobek SPIE Energotest w obszarze zabezpieczeń łukoochronnych zgromadzony w ciągu ostatnich 25 lat pracy związanej z tym zagadnieniem. W końcowej części referatu zaprezentowane zostało nowe zabezpieczenie produkcji SPIE Energotest ArcPRO-6, w szczególności jego zalety i dodatkowe funkcjonalności w stosunku do starszych rozwiązań. Opisane zostały również przebieg i wynik prób zwarciowych ArcPRO-6 przeprowadzonych w Laboratorium Badawczym Aparatury Wysokonapięciowej w Warszawie – Sieć Badawcza Łukasiewicz w dniu 24.02.2023 r.

1. Czym są zwarcia łukowe?

Opisując zabezpieczenia łukoochronne warto zacząć od przytoczenia definicji samego zjawiska, w szczególności jego destruktywnego charakteru. Zwarcie łukowe – to ciągłe wyładowanie elektryczne zazwyczaj w gazie pod ciśnieniem normalnym (atmosferycznym) lub wyższym. Cechą charakterystyczną jest bardzo mały wewnętrzny opór elektryczny. W obszarze łuku elektrycznego gaz jest silnie zjonizowany, stanowi plazmę. Jej temperatura zależy od natężenia prądu, rodzaju elementów przewodzących, rodzaju i ciśnienia gazu. Pod ciśnieniem atmosferycznym i przy przepływie prądu 1 A wynosi ona 5000 – 6000 K (ok. 4720 – 5720 °C). [1] Wieloprądowe zwarcia łukowe w układach elektroenergetycznych stanowią bardzo poważne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego, oraz najczęściej pociągają ze sobą poważne straty materialne wynikające z przerw w zasilaniu, oraz kosztów usuwania zniszczeń spowodowanych łukiem elektrycznym.

2. Występowanie zwarć łukowych w rozdzielniach

Zwarcia łukowe mogą powstawać w następstwie zwarć jednofazowych lub wielofazowych. Szyny zbiorcze są w rozdzielni elementem systemu elektroenergetycznego, który wymaga szczególnej ochrony, ze względu na fakt występowania dużych mocy zwarciowych w miejscu nagromadzenia wielu urządzeń rozdzielczych na niewielkiej przestrzeni [2]. Zwarcia bezpośrednio zlokalizowane na szynach zbiorczych występują w praktyce rzadko, ale skutki takich zakłóceń mogą być bardzo poważne. Kolejnym elementem wymagającym większej ochrony są rozdzielnice wewnętrzne o charakterze otwartym. Zapobieganie wystąpieniu zwarć łukowych w takich warunkach jest trudne z uwagi na brak możliwości ograniczenia dostępu do urządzeń elektroenergetycznych różnym małym zwierzętom, takim jak myszy, szczury, kuny itp. które często potrafią znaleźć drogę do wnętrza stacji np. uszkodzeniami kanałów kablowych.

We wszystkich rodzajach rozdzielnic (w tym okapturzonych) występuje niemożność całkowitego wyeliminowania czynnika ludzkiego (błędy łączeniowe). Gdy przyczyną zwarcia łukowego są błędy ludzkie, siłą rzeczy szczególnie narażeni są ludzie. Stawka ochrony przed zwarciami łukowymi w takim przypadku szczególnie rośnie.

3. Występowanie zwarć łukowych w energetyce

W polskiej energetyce zawodowej i przemysłowej każdego roku dochodzi do kilkudziesięciu awarii, którym towarzyszą wysokoenergetyczne zwarcia łukowe. Są to zwarcia pojawiające się zazwyczaj w rozdzielniach średniego napięcia, gdzie prąd zwarcia wynosi od kilku do kilkudziesięciu kA. Wg danych Zakładu Bezpieczeństwa Pracy Instytutu Energetyki średnia częstość wypadków spowodowanych prądem z udziałem łuku elektrycznego zawiera się w zakresie 0,35 ... 0,45 wypadków na 1000 zatrudnionych. Należy pamiętać, że przytaczane statystyki dotyczą wyłącznie tej części wydarzeń, w których poszkodowani zostali ludzie. Wiele innych przypadków nie jest podawanych do wiadomości, a część z nich jest ukrywana. Należy podkreślić, że przypadki zwarć łukowych miały miejsce w zdecydowanej większości obiektów energetyki zawodowej i przemysłowej w Polsce i, że są to zjawiska niezwykle niebezpieczne. Co roku występuje kilkadziesiąt takich wypadków i niestety kilka kończy się śmiercią [3].

4. Wpływ czasu trwania na niszczącą energię zwarcia

Dobrze znane i opisane są najważniejsze przyczyny powstawania zwarc łukowych – starzenie się materiałów, złe rozwiązania konstrukcyjne, warunki środowiskowe i te najczęstsze – błędy ludzkie (60% wszystkich wypadków). Istnieje szereg teoretycznych opracowań opisujących model zwarcia łukowego, oraz zjawisk, które mu towarzyszą. Energia cieplna zwarcia jest uzależniona od dwóch zmiennych - czasu jego trwania, oraz poziomu prądu zwarcowego, wg wzoru $Q=I^2 \cdot t$. Możemy mieć wpływ tylko na jeden z tych czynników – czas. Skracanie czasu trwania zwarcia jest jednym sposobem na ograniczanie niekorzystnych skutków zwarc łukowych.

Współczynnik korelacji czasu trwania zwarcia i wyzwolonej energii wzrasta wraz ze wzrostem prądu zwarcia. W przypadku zwarc wysokoenergetycznych, o prądach zwarcowych na poziomie od kilku do kilkudziesięciu kA wzrost energii jest bardziej niż proporcjonalny [3]. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że pierwsze poważne skutki zwarc pojawiają się po przekroczeniu czasu trwania zwarcia ponad 100 ms. Każdy kolejny próg czasowy to coraz dalej idące skutki:

- 100 ms – zapalają się kable,
- 150 ms – zapala się miedź,
- 200 ms – zapala się stal,
- 500 ms – następuje gwałtowny wzrost uwolnionej energii.

Biorąc pod uwagę powyższe podstawową ideą działania zabezpieczenia łukoochronnego jest możliwe jak najszybsza detekcja zwarcia łukowego, a następnie wysłanie impulsu wyłączającego zasilanie zwarcia.

5. Dorobek SPIE Energotest w obszarze zabezpieczeń łukoochronnych

5.1. Pierwsze polskie zabezpieczenia łukoochronne

Doceniając wagę problemu szybkiego likwidowania zwarc łukowych pod koniec lat dziewięćdziesiątych Energoteście - Energopomiarze (aktualnie SPIE Energotest sp. z o.o.) podjęto działania konstrukcyjno - wdrożeniowe mające na celu opracowanie nowoczesnego zabezpieczenia światłowodowego łukoochronnego dla rozdzielnic i innych urządzeń elektrycznych, w których istnieje ryzyko wystąpienia zwarcia łukowego [4]. W wyniku podjętych działań rozwojowych opracowane zostały dwie wersje zabezpieczenia:

- **ZŁ-1**, w którym detektorem światła łuku elektrycznego były pętle światłowodowe włączone do przekaźnika pomiarowego typu PŁ-1. Człon kontroli napięcia przekaźnika podłączony był do obwodów wtórnych przekładników napięciowych w przypadku rozdzielnic średniego napięcia lub transformatorów pośredniczących 380/100 V w rozdzielnicach niskiego napięcia. Mierzył więc napięcie na szynach chronionej rozdzielnicy. Zabezpieczenie typu ZŁ-1 wyłączało zasilanie całej rozdzielnicy, niezależnie od miejsca powstania zwarcia. Zabezpieczenie ZŁ-1 przeznaczone było do stosowania w stacjach transformatorowych, oraz w rozdzielnicach typu otwartego i zamkniętego (średniego i niskiego napięcia) w przypadkach, kiedy nie jest istotne selektywne wyłączanie poszczególnych pól odpiływowych. Mogło chronić również inne urządzenia elektryczne.
- **ZŁ-2**, w którym detektorem światła łuku elektrycznego były światłowodowe czujniki czołowe usytuowane w poszczególnych przedziałach pola rozdzielnicy. Dzięki zastosowaniu detektorów innego typu - czujników czołowych rozmieszczonych w poszczególnych przedziałach pola - zabezpieczenie typu ZŁ-2 umożliwiało selektywne wyłączanie poszczególnych pól, w zależności od miejsca zwarcia. Jeżeli zwarcie powstało w przedziale szynowym lub wyłącznikowym, to zostawał otwarty wyłącznik pola zasilającego całą rozdzielnicę, jeżeli zaś w przedziale przyłączeniowym - odcięte zostawało tylko pole, w którym wystąpiło zwarcie. Zabezpieczenie ZŁ-2 przeznaczone było do stosowania głównie w rozdzielnicach typu zamkniętego średniego i niskiego napięcia - zapewniając selektywne wyłączanie poszczególnych pól - stacjach transformatorowych, oraz innych osłoniętych urządzeniach elektrycznych.

Zabezpieczenia ZŁ-1 i ZŁ-2 przeszły z pozytywnym wynikiem próby zwarcowe w Instytucie Energetyki, oraz w Laboratorium Badawczym Aparatury Wysokonapięciowej w Warszawie – Sieć Badawcza Łukasiewicz w dniu 31.03.2000.

5.2. Pierwsze polskie autonomiczne zabezpieczenia łukoochronne o budowie rozproszonej

W roku 2009 w Energoteście - Energopomiarze opracowane zostało kolejne zabezpieczenie łukoochronne – ZŁ-4. Przy konstruowaniu tej wersji zabezpieczenia przyjęto następujące założenia [5]:

- kryterium działania powinno pozostać bez zmian, ponieważ uzyskane doświadczenia eksploatacyjne potwierdziły poprawność wyboru kryteriów od pojawienia się światła, oraz obniżenia się napięcia na szynach,
- zabezpieczenie miało zapewnić selektywność wyłączeń poszczególnych pól w zależności od miejsca wystąpienia zwarcia,
- mając na względzie prostotę montażu i przejrzystość projektowania zabezpieczenie zaprojektowano w strukturze rozproszonej: jednostki centralnej ZŁ-4JC, oraz jednostek polowych ZŁ-4JP. Pozwalało to na łatwą zabudowę na etapie produkcji rozdzielnicy u Wytwórcy, jak i rozbudowę w miejscu posadowienia u Klienta.
- należało zastosować taki sposób transmisji między elementami zabezpieczenia, aby nie powodował istotnego opóźnienia działania, a tym samym transmisja musiała być odporna na zakłócenia elektromagnetyczne pojawiające się przy zwarcia łukowych. Z tego powodu pomiędzy poszczególnymi elementami zabezpieczenia wymiana informacji została poprowadzona poprzez magistralę CAN.

5.3. Pierwsze zabezpieczenia łukoochronne z czujnikami optycznymi i z funkcją auto-testu

W roku 2013 została wprowadzona modyfikacja zabezpieczenia ZŁ-4 o nazwie ZŁ-4A. Ta wersja urządzenia (cały czas oferowana – stan na r. 2023) różni się w stosunku do standardowego zabezpieczenia ZŁ-4 dodatkową funkcjonalnością: auto-testu czujników czołowych. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że wszystkie zabezpieczenia łukoochronne zaprojektowane w Energoteście zawsze posiadały elementy detekcji światła zwarcia zbudowane wyłącznie w oparciu o podzespoły optyczne (bez przetworników światło prąd poza przekaźnikiem). W przypadku tego rodzaju rozwiązań pewnym wyzwaniem było stworzenie funkcji auto-testu czujnika czołowego. Dużo łatwiej było wprowadzić funkcję auto-testu w zabezpieczeniu opartym o pętlową detekcję – wystarczyło wprowadzić impuls testowy na wyjściu i sprawdzić, czy dociera do wejścia. Podobnie łatwo było zrealizować funkcjonalność auto-testu w rozwiązaniach przetwornikowych. Trudnością była realizacja auto-testu w rozwiązaniu optycznym nie zamkniętym w pętli. Ostatecznie w roku 2013 takie rozwiązanie udało się opracować. Do czujnika czołowego w zabezpieczeniu ZŁ-4A doprowadzone zostały dwa światłowody – jeden realizujący funkcjonalność wejścia, a drugi wyjścia. W przypadku procedury autotestowania na wyjściu generowany jest impuls świetlny, który dochodzi do specjalnie zaprojektowanej głowicy czujnika czołowego, gdzie odbija się i wraca do wejścia urządzenia, potwierdzając ciągłość obwodów detekcyjnych. Jest to jedyne tego typu rozwiązanie w Polsce.

W ciągu ostatnich 25 lat zabezpieczenia łukoochronne SPIE Energotest zostały zainstalowane na przeszło dwudziestu tysiącach pól SN, głównie w energetyce krajowej, ale również na kilkudziesięciu ciekawych obiektach zagranicznych w tym w Afryce. Nie jest nam znany ani jeden przypadek rażącego zbędnego działania naszych zabezpieczeń. Są nam znane liczne przypadki gdzie nasze zabezpieczenia łukoochrone wprost uratowały życie ludzkie.

6. ArcPRO-6 nowa generacja autonomicznych zabezpieczeń łukoochronnych

W roku 2023 SPIE Energotest wprowadziło na rynek nowe autonomiczne zabezpieczenie łukoochronne o nazwie: ArcPRO-6. Zabezpieczenie to zawiera w sobie wszystkie podstawowe funkcjonalności dotychczas stosowane w zabezpieczeniu ZŁ-4A.

Dotychczas stosowane zabezpieczenia produkcji SPIE Energotest, w szczególności te oferowane w ostatnim czasie – ZŁ-4A, pod względem zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony przed zwarciami łukowymi wypełniały swoje zadania w 100%. Pojawia się więc pytanie, w jakim celu wprowadzać kolejną generację zabezpieczeń? ArcPRO-6 nie zwiększa już poziomu bezpieczeństwa w stosunku do wcześniej stosowanych ZŁ1/ZŁ2/ZŁ4/ZŁ4/A. Wprowadza natomiast liczne funkcjonalności usprawniające konfigurację, uruchomienie, oraz komunikację urządzenia.

W szczególności w stosunku do poprzednich wersji zabezpieczeń oferowanych przez SPIE Energotest, nowe zabezpieczenia ArcPRO-6 wyróżnia się następującymi funkcjonalnościami:

- rozbudowana struktura modułowa umożliwiająca optymalną konfigurację urządzenia do potrzeb konkretnego obiektu,
- możliwość obsługi rozdzielni dwu systemowych przez jedną jednostkę centralną,
- możliwość wykorzystania jako kryterium dodatkowej detekcji zwarcia łukowego zarówno spadku napięcia jak i pojawienia się prądu zwarciovego,
- usprawniona konfiguracja zabezpieczenia z poziomu jednostki centralnej,
- możliwość konfiguracji urządzenia z poziomu przeglądarki www,
- rozbudowane możliwości dystrybucji sygnałów wyłączających.

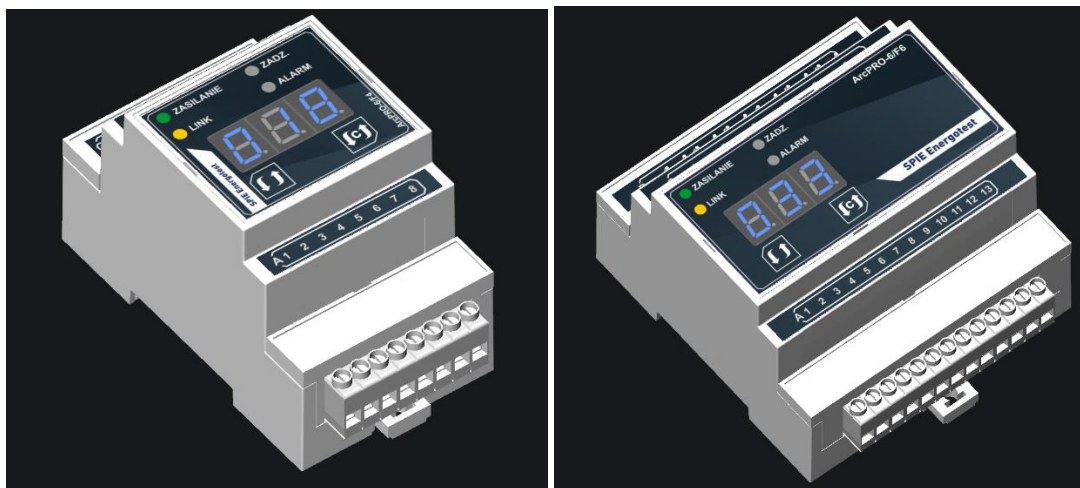
7. ArcPRO-6 rozbudowana struktura modułowa umożliwiająca optymalną konfigurację urządzenia do potrzeb konkretnego obiektu

ArcPRO-6 składa się z następujących modułów:

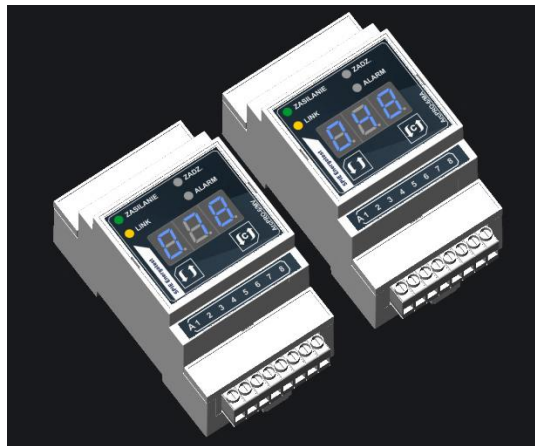
- ArcPRO-6/CU – jednostka centralna,
- ArcPRO-6/F4 – jednostka polowa z 4 czujnikami czołowymi,
- ArcPRO-6/F6 – jednostka polowa z 6 czujnikami czołowymi,
- ArcPRO-6/MV – jednostka kryterium napięciowego,
- ArcPRO-6/MA – jednostka kryterium prądowego,
- ArcPRO-6/TU – jednostka wyłączająca.



Rys. 1. ArcPRO-6/CU – jednostka centralna



Rys 2. ArcPRO-6/F4 – jednostka polowa z 4 czujnikami czołowymi,
oraz ArcPRO-6/F6 – jednostka polowa z 6 czujnikami czołowymi



Rys. 3. ArcPRO-6/MV – jednostka kryterium napięciowego, oraz ArcPRO-6/MA – jednostka kryterium prądowego



Rys. 4. ArcPRO-6/TU – jednostka wyłączająca

Należy zwrócić uwagę, że dostępne komponenty składające się na w pełni funkcjonalne zabezpieczenie łukoochronne są zestawione w taki sposób, aby zapewnić daleko idącą elastyczność w komponowaniu optymalnej konfiguracji zabezpieczenia. W szczególności w zależności od potrzeb istnieje możliwość wykorzystania jednostek polowych z 4, lub 6 czujnikami czołowymi, gdzie 4 czujniki są optymalne dla rozdzielnic jednosystemowych, natomiast 6 czujników jest optymalnych dla rozdzielnic dwusystemowych. Istnieją również osobne moduły dla dodatkowych kryteriów napięciowego i prądowego, dzięki czemu można uwzględnić w konkretnym systemie tylko to kryterium, które jest potrzebne lub w innym przypadku zastosować równolegle dwa różne dodatkowe kryteria detekcji zwarcia łukowego.

8. ArcPRO-6 możliwość obsługi rozdzielni dwusystemowych przez jedną jednostkę centralną

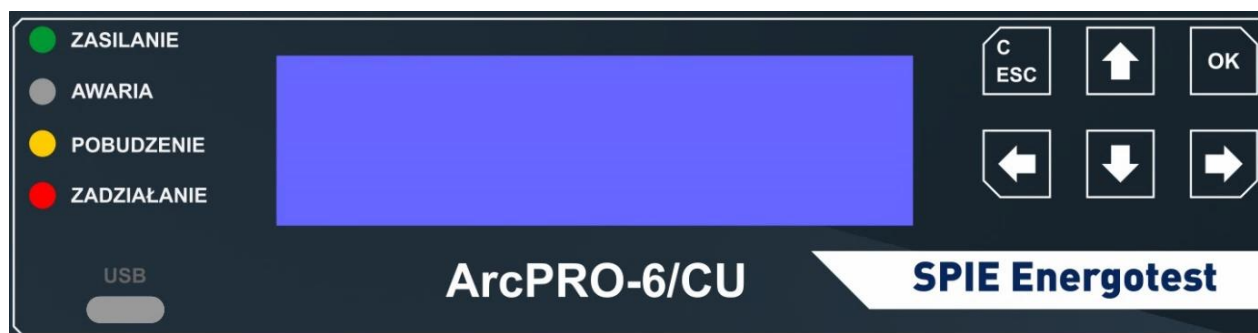
Do tej pory pewnym ograniczeniem zabezpieczenia ZŁ-4A była konieczność stosowania osobnych jednostek centralnych i osobnych jednostek polowych dla każdego z systemów w przypadku ochrony rozdzielnic dwusystemowej. Mankament ten został wyeliminowany w zabezpieczeniu ArcPRO-6. Poprzez zastosowanie modułu ArcPRO-6/F6 – jednostki polowej z 6 czujnikami czołowymi, można obsłużyć jedną taką jednostką całość pola uwzględniając oba systemy szyn zbiorczych. Dodatkowo jednostka polowa ArcPRO-6/F6 posiada dedykowane wejścia binarne do ustalenia, który system zasilania jest załączony. W zależności od tej informacji jednostka polowa ArcPRO-6/F6 decyduje czy pole ma zostać wyłączone. W nowym rozwiązaniu nie ma również konieczności dublowania jednostki centralnej. Dzięki temu całościowo zastosowanie zabezpieczenia ArcPRO dla rozdzielnic dwusystemowych można zrealizować z blisko 40% oszczędnością stosunku do takiego samego rozwiązania skonfigurowanego w oparciu o zabezpieczenie ZŁ-4A.

9. ArcPRO-6 możliwość wykorzystania jako kryterium dodatkowej detekcji zwarcia łukowego zarówno spadku napięcia jak i pojawienia się prądu zwarciego

Od wielu lat SPIE Energotest jest jednoznacznie kojarzona jako firma, która promuje i sugeruje stosowanie jako dodatkowego kryterium detekcji zwarcia łukowego - spadku napięcia. Uważamy, że to kryterium jest „najbezpieczniejsze” z punktu widzenia priorytetu jakim jest ochrona życia ludzkiego. Spadek napięcia występuje zawsze na szynach rozdzielni w przypadku zwarcia łukowego, co powoduje, że uwzględnienie tego kryterium praktycznie eliminuje strefę martwą (z punktu widzenia kryterium dodatkowego). W praktyce spotkaliśmy jednak z rzadkimi sytuacjami, gdzie dwie rozdzielnice SN są zasilane z jednego transformatora trójzwojowego i rozdzielnice te są ustawione w taki sposób, że światło towarzyszące zwarcu łukowemu na jednej z nich dociera do drugiej. W takim wypadku dodatkowe kryterium prądowe umożliwia łatwe odseparowanie i zidentyfikowanie rozdzielnicy, na której faktycznie doszło do zwarcia. Dodatkowo kryterium prądowe pomimo swoich wad (ryzyka strefy martwej, gdy zwarcie jest przez przekładniki prądowymi) jest szeroko stosowane w szczególności w rozwiązaniach opartych na zabezpieczeniach zintegrowane ze sterownikami polowymi. Oczywiście wiemy, że taki stan rzeczy wynika wprost z faktu, że w zabezpieczeniu zintegrowanym w zależności od dostępnych pomiarów w polu trudniej może być zrealizować defekację w oparciu o kryterium napięciowe. Mimo wszystko zdecydowaliśmy się na wprowadzenie zabezpieczenia, które posiada wszelkie możliwe kryteria detekcji zwarcia i może być dopasowane do potrzeb każdego klienta.

10. ArcPRO-6 usprawniona konfiguracja zabezpieczenia z poziomu jednostki centralnej

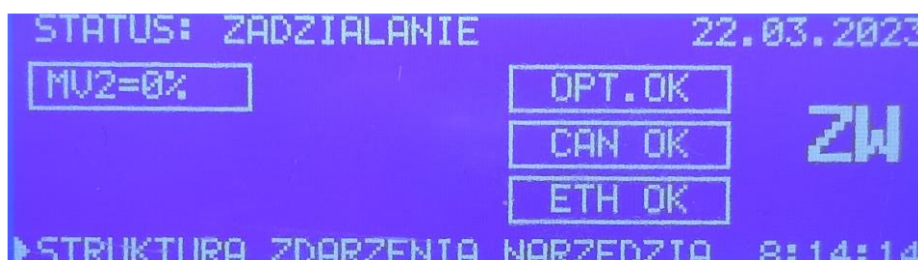
Systematycznie zbierając feedback od użytkowników dotychczasowych zabezpieczeń łukoochronnych zidentyfikowaliśmy, że w pewnym stopniu utrudniona jest sama konfiguracja naszych zabezpieczeń. Z tego powodu przeprowadziliśmy pogłębioną analizę interfejsu użytkownika z poziomu panelu urządzania, w wyniku czego wprowadziliśmy zmiany w sposobie konfiguracji i w sposobie przeglądania stanu urządzenia. Wygodniejsza konfiguracja zabezpieczenia ArcPRO-6 jest możliwa dzięki zastosowaniu bardziej rozbudowanego ekranu, na którym możemy zmieścić więcej informacji i okien dialogowych.



Rys. 5. Panel czołowy jednostki centralnej ArcPRO-6 z pokazanym ekranem do wprowadzania nastaw i przeglądu stanu urządzenia

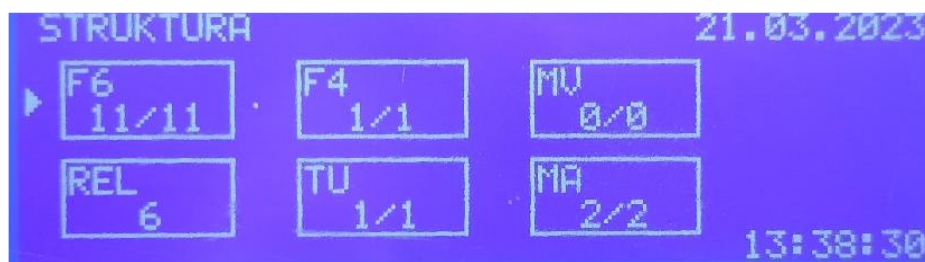
Podstawowy widok stanu urządzenia zawiera następujące informacje:

- status zabezpieczenia,
- rodzaj i procentowy poziom pobudzenia kryterium dodatkowego detekcji zwarcia,
- kontrolki weryfikujące: stan ciągłości czujników czołowych, stan połączenia CAN pomiędzy poszczególnymi komponentami, stan komunikacji ETH,
- wejście do rejestratora zdarzeń.



Rys. 6. Podstawowy ekran stanu zabezpieczenia ArcPRO-6 na jednostce centralnej.

Możliwy jest wygodny podgląd struktury zestawu urządzeń składających się na pełne zabezpieczenie – ArcPRO-6. Mamy do dyspozycji intuicyjny widok pokazujący zestawienie wszystkich komponentów z podziałem na typ komponentu, przy czym mamy również możliwość wejść w menu głębiej, czyli do poziomu konkretnego typu komponentu.



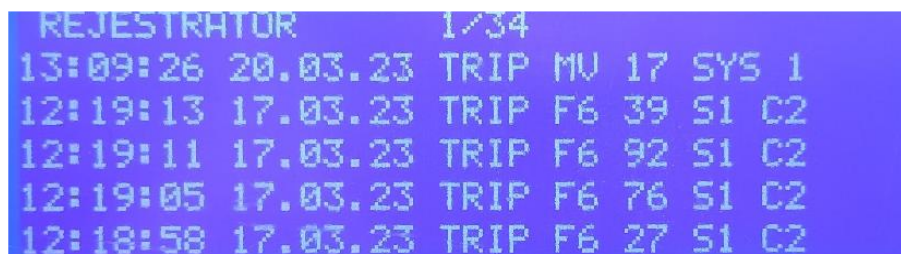
Rys. 7. Ekran przeglądu struktury komponentów zabezpieczenia ArcPRO-6

Z poziomu urządzenia możliwa jest wygodna konfiguracja połączeń CAN i ETH.



Rys. 8. Ekran wyjściowy konfiguracji podstawowych połączeń ArcPRO-6

Z poziomu urządzenia możliwy jest wygodny dostęp do rejestratora zdarzeń.



Rys. 9. Ekran przeglądu rejestracji zdarzeń w zabezpieczeniu ArcPRO-6

W referacie zaprezentowane zostały tylko wybrane z wielu innych ekranów. Całościowo nowe zabezpieczenie ArcPRO-6 zostało zaprojektowane w taki sposób, aby konfiguracja (nawet z poziomu panelu) była wygodniejsza i bardziej intuicyjna niż miało to miejsce dotychczas w zabezpieczeniach ZŁ-4A.

11. ArcPRO-6 Możliwość konfiguracji urządzenia z poziomu przeglądarki www

Zupełnie nową funkcjonalnością dostępną w zabezpieczeniu ArcPRO-6 jest możliwość konfiguracji i przeglądu stanu urządzenia z poziomu przeglądarki www. Ta forma dostępu do parametrów urządzenia znacząco polepsza komfort konfiguracji, oraz przeglądu jego stanu. Do dyspozycji użytkownika jest wiele intuicyjnych ekranów, z których zaprezentowanych zostanie kilka przykładowych:

CU-TU

F4 1/1

F6 11/11

MV 1/1

MA

MAIN

SETTINGS

F4 basic information

INDEX	NODE ID	SN	Firm. ver.	MODE	STATUS
7	8	F01	50	1 SYSTEM	

F4 zone actions

S1S1	S1S2	S1M	S2M	S1	S2	S3	RS1
0	0	0	0	0	0	0	0

Sensors actions

EXCITED	FAULT
0	0

Sensors

	C1	C2	C3	C4
MODE	OFF	OFF	OFF	S3
STATE	0	0	0	0
LATCH	0	0	0	0
FAILURE	0	0	0	0
TEST	OFF	OFF	OFF	OFF

Relay/Bind

STATE	BIND
OPEN	---

Rys. 10. Podgląd szczegółowy parametrów jednostki polowej ArcPRO-6 z poziomu przeglądarki www

SPIE Energotest

14:40:42
Tue 21-03-2023

CU

CU-TU

F4 1/1

F6 11/11

MV 1/1

MA

TU

CU

Serial num.: FF

Firm. ver.: 255

Test delay: 255

Remote test: NO

ETHERNET

IP ADDRESS: 10.20.9.103

NETMASK: 255.255.0.0

GATEWAY: 10.20.5.45

DHCP: ON

RS 485

ADDRESS: 255

SPEED: 255

CAN

SPEED: 500 Mbps

SET PC TIME: 1000 Mbps

Submit

Reset

Rys. 11. Okno konfiguracji komunikacji jednostki centralnej ArcPRO-6 z poziomu przeglądarki www

gotest

Tue 21-03-2023

CU-TU

F4 1/1

F6 11/11

MV 1/1

MA

RELAYS

#	R1	R2	R3	R4	R5	R6
STATUS	0	0	0	0	0	0
MODE	S1	S2	S3	S1s1	S1s2	S1M

LOGIC FUNCTIONS

R1

R2

R3

R4

R5

R6

EMPTY

EMPTY

EMPTY

EMPTY

EMPTY

EMPTY

Rys. 12. Okno konfiguracji przekaźników jednostki centralnej zabezpieczenia ArcPRO-6 z poziomu przeglądarki www

NO.	DATE	EVENT	TYPE	STATE	DELETE
1	Tue 21-03-2023 14:27:47.139	TRIP: F6:83 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
2	Tue 21-03-2023 14:27:37.135	TRIP: F6:69 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
3	Tue 21-03-2023 14:27:34.128	TRIP: F6:23 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
4	Tue 21-03-2023 14:27:31.124	TRIP: F6:103 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
5	Tue 21-03-2023 14:22:14.149	TRIP: F6:176 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
6	Tue 21-03-2023 14:22:06.134	TRIP: F6:155 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
7	Tue 21-03-2023 14:22:03.128	TRIP: F6:163 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
8	Tue 21-03-2023 14:22:00.119	TRIP: F6:52 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
9	Tue 21-03-2023 14:20:56.606	TRIP: F6:96 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
10	Tue 21-03-2023 14:20:54.600	TRIP: F6:65 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
11	Tue 21-03-2023 14:20:41.580	TRIP: F6:65 S1 C2	ALARM	SAVED	☐
12	Tue 21-03-2023 14:20:36.579	TRIP: F6:37 S1 C2	ALARM	SAVED	☐

REFRESH

Select All

Unselect All

Delete

Rys. 13. Okno rejestratora zdarzeń zabezpieczenia ArcPRO-6 z poziomu przeglądarki www

12. ArcPRO-6 rozbudowane możliwości dystrybucji sygnałów wyłączających

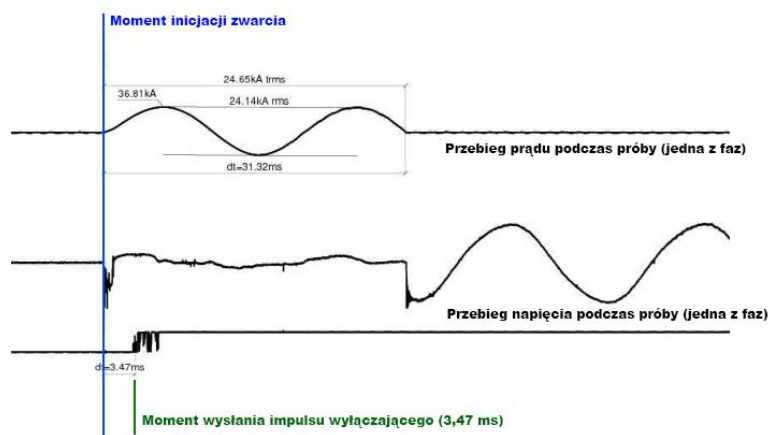
W systemie ArcPro-6 rozszerzono możliwości dystrybucji sygnałów wyłączających. Obok przekaźników wykonawczych w jednostce ArcPro-6/CU użytkownik ma możliwość zastosowania modułów ArcPro-6/TU wyposażonych w dwa konfigurowalne przekaźniki wykonawcze. Moduł realizuje wyłączenia w oparciu o zaprogramowaną logikę działania (podobnie jak w CU). Podstawowe jednostki F4/F6 uzupełniono o dodatkowy przekaźnik sygnalizacyjny. Umożliwia to wprowadzenia sygnału zadziałania F4/F6 bezpośrednio do sterownika pola, co ułatwia obrazowanie układu w systemach nadzorczych. W jednostkach polowych wprowadzono funkcję „bind” - sprzęganie zadziałania (jednostka powiela zadziałanie innej).

13. ArcPRO-6 przebieg prób zwarciovych

24.02.2023 r. zostały przeprowadzone próby zwarciovych zabezpieczenia ArcPRO-6 w Laboratorium Badawczym Aparatury Wysokonapięciowej w Warszawie – Sieć Badawcza Łukasiewicz. Próby zostały przeprowadzone zgodnie z normą: PN-EN 62271-200:2022 -02 Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza -- Część 200: Rozdzielnice prądu przemiennego w osłonach metalowych na napięcie znamionowe powyżej 1 kV do 52 kV włącznie na rozdzielnicy D-17 produkcji Elektrobudowy. Zostały przeprowadzone próby w warunkach wewnętrznego zwarcia łukowego zgodnie z wg PN-EN IEC 62271-200:2022-02 pkt 7.105. Łuk inicjowano w przedziale szynowym rozdzielnicy, pomiędzy 3 fazami, za pomocą drutu miedzianego o średnicy 0,5 mm.

Próba pierwsza została przeprowadzona z załączonym zabezpieczeniem ArcPRO-6.

- Czas własny zadziałania zabezpieczeń: 3,47 ms,
- Czas trwania łuku: 35 ms,
- Spodziewany czas trwania zwarcia (z uwzględnieniem czasu własnego wyłącznika): 115 ms.



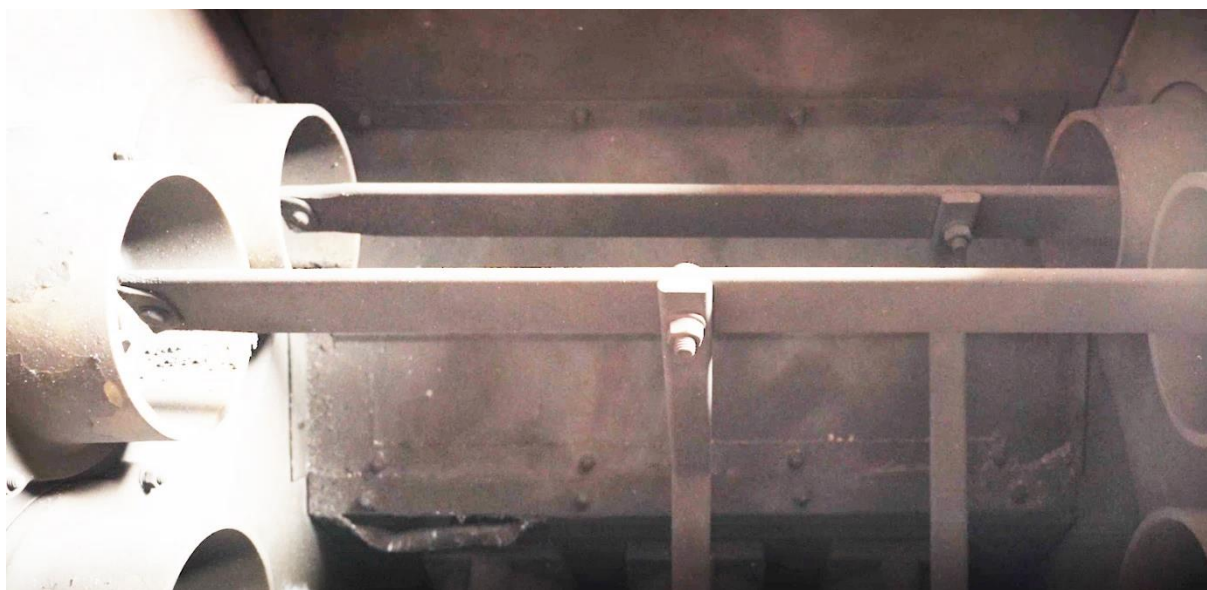
Rys. 14. Przebieg próby zwarciovych z załączonym ArcPRO-6 – wyciąg z protokołu badań

Czas zadziałania zabezpieczenia ArcPRO-6 był na tyle szybki, że po przeprowadzonej próbie we wnętrzu rozdzielnicy nie było praktycznie śladów po zwarcu.



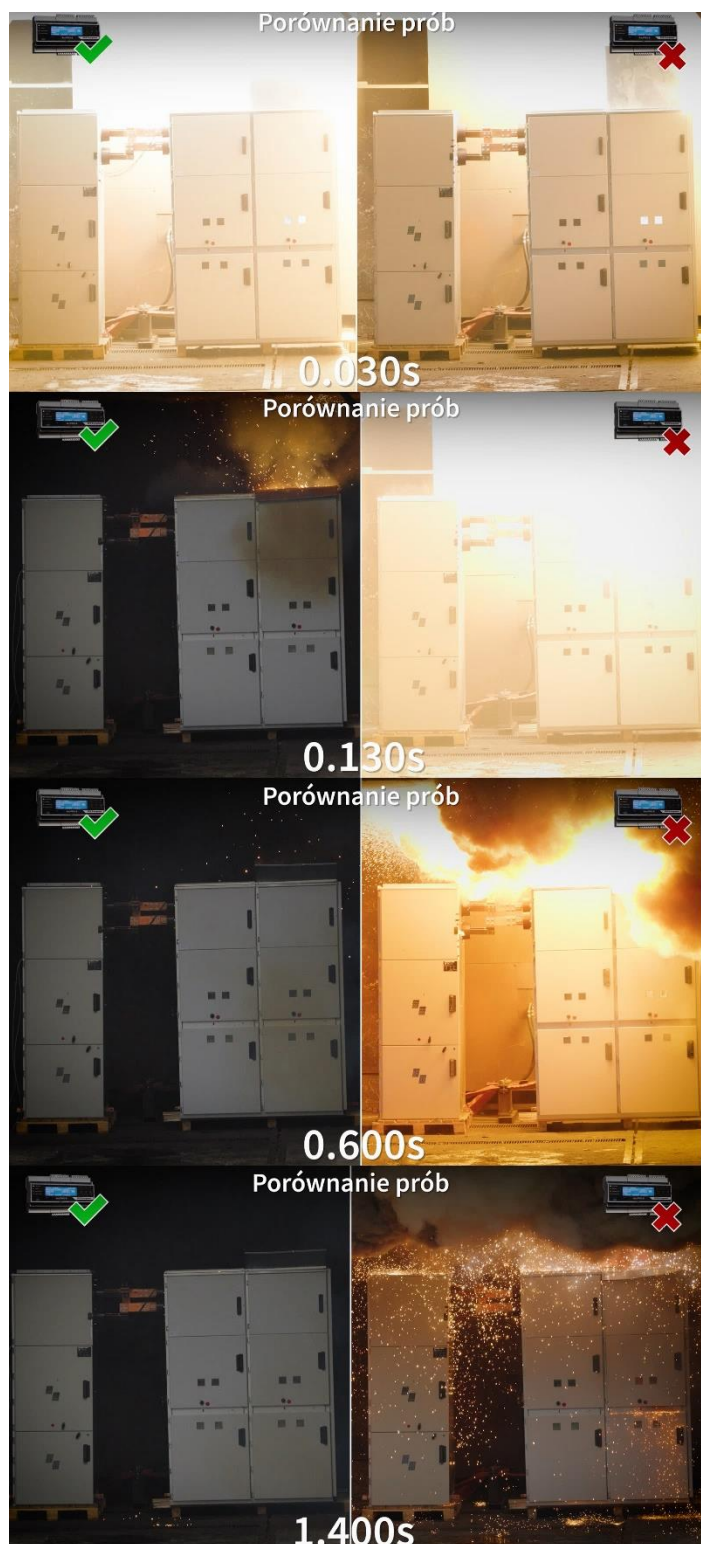
Rys. 15. Wnętrze przedziału szynowego rozdzielnicy D-17 po przeprowadzonej próbie z załączonym zabezpieczeniem łukoochronnego ArcPRO-6

Następnie na tej samej rozdzielnicy przeprowadzona została próbna zwarciowa jednosekundowa, bez załączonego zabezpieczenia łukoochronnego. W wyniku takiego zwarcia doszło do znacznych uszkodzeń we wnętrzu rozdzielnicy.



Rys. 16. Wnętrze przedziału szynowego rozdzielnicy D-17 po przeprowadzonej próbie, bez załączonego zabezpieczenia łukoochronnego ArcPRO-6

Wyobraźnię pobudza zestawienie filmowe obu prób (z załączonym i wyłączonym zabezpieczeniem ArcPRO-6). Na takim zestawieniu widać wyraźnie zasadniczą różnicę w przebiegu zwarcia i poziomu jego destruktywności w zależności od tego, czy jest ono szybko wyłączone przez zabezpieczenie łukoochronne.



Rys. 17. Porównanie (wybrane sekwencje z filmu) prób zwarciovych z załączonym i wyłączonym zabezpieczeniem ArcPRO-6

14. Podsumowanie

SPIE Energotest od blisko 25 lat jest liderem w Polsce w zakresie zabezpieczeń łukoochronnych zarówno w zakresie dostaw samych urządzeń, jak i kompleksowej realizacji uwzględniającej dobór optymalnego rozwiązania, projektowania i uruchomienia całości. Nasi pracownicy mają unikalne doświadczenie wynikające z instalacji zabezpieczeń łukoochronnych na przeszło 20 tysiącach pól SN. Jako pierwsi w Polsce wprowadziliśmy liczne urządzenia i unikalne funkcjonalności związane z obszarem ochrony przed zwarciami łukowymi. W roku 2023 SPIE Energotest wprowadził nowe zabezpieczenie ArcPRO-6, które jest zwieńczeniem 25 lat doświadczeń. Nowe zabezpieczenie łączy w sobie możliwości

zabezpieczeniowe porównywalne z urządzeniami z poprzedniej generacji, jest natomiast rozbudowane o nowe wygodne funkcjonalności:

- posiada bardziej elastyczną strukturę i nowe moduły umożliwiające dopasowanie do potrzeb wszystkich klientów,
- posiada rozbudowane i bardziej intuicyjne możliwości konfiguracji (zarówno z poziomu panelu jak i dedykowanej aplikacji www).

Literatura

- [1] Wikipedia. https://pl.wikipedia.org/wiki/łuk_elektryczny
- [2] Sęk T., Gawryał A., Kaźmierczak M.: Doświadczenia eksploatacyjne związane z łukoochronnym zabezpieczeniem ZŁ firmy Energotest, ENION S.A. Oddział w Tarnowie, 2009
- [3] Kaźmierczak M.: Zwarcia łukowe – doświadczenia eksploatacyjne w polskiej energetyce zawodowej i przemysłowej, Seminarium Energotestu „Automatyka w elektroenergetyce”, 2011
- [4] Rodoń F.: Problematyka zwarć łukowych i zabezpieczeń łukoochronnych, Seminarium Energotestu Automatyka w elektroenergetyce, 2006
- [5] Rodoń F., Janikowski W.: Nowe zabezpieczenie łukoochronne ZŁ-, Seminarium Energotestu Automatyka w elektroenergetyce, 2009