

**Piotr LACHOWSKI, Kamil PIEKUTOWSKI**

ABB Sp. z o.o.

## **Retrofit rozdzielnic SN i wykorzystanie zintegrowanego wyłącznika eVD4 w rozdzielnicach okapturzonych**

*W warunkach Polskich po kilkunastu latach obecności wyłączników próżniowych SN stały się one głównymi aparatami używanymi przez polską energetykę i przemysł. Artykuł zawiera doświadczenia autorów związane z retrofitem wyłączników starego typu (najczęściej małoolejowych).*

**Słowa kluczowe:** retrofit, modernizacja, wyłączniki SN, wyłączniki próżniowe

### **1. WSTĘP**

Od przeszło 20 lat w polskiej energetyce zawodowej i przemysłowej używane są rozdzielnice dwuczłonowe w obudowie metalowej. Taka konstrukcja rozdzielnicy SN wyparła już całkowicie wcześniejsze konstrukcje typu otwartego. Dalej jednak pracują jeszcze konstrukcje np. typu RU, RUp lub GIPO, które zostały skonstruowane i przebadane kilkadziesiąt lat temu. Z tego powodu pilną potrzebą stała się wymiana pracujących w nich aparatów na nowoczesne, obecnie produkowane. Obserwując zapotrzebowanie na wyłączniki SN, kupowane w wykonaniu do stałego przyłączenia do szyn, stwierdzić można, że około 1000 pól rozdzielnic typu otwartego rocznie jest modernizowanych tylko poprzez wymianę głównego aparatu, jakim jest wyłącznik. Zwykle odbywa się to w prostym zastąpieniu dotychczas pracującego wyłącznika małoolejowego nowoczesnym próżniowym. Czy taka zamiana spełnia swoją rolę i podnosi np. bezpieczeństwo obsługi lub niezawodność pola? Na tak postawione pytanie odpowiedź raczej nie będzie twierdząca. Przywrócenie funkcjonalności i podwyższenie niezawodności oraz bezpieczeństwa pracującej od wielu lat rozdzielnicy powinno dotyczyć zarówno obwodów pierwotnych, jak i obwodów wtórnych. W tych drugich w szczególności dotyczy to zamiany na nowe lub instalacji nowoczesnych zabezpieczeń.

W swoim artykule przedstawię nowoczesne rozwiązania modernizacji obwodów pierwotnych starych rozdzielnic SN i porównam je z najczęściej spotykanymi dotychczas sposobami unowocześniania starych pól.

### **2. DEFINICJA RETROFITU**

Pojęcie to funkcjonuje wśród producentów aparatury jak również jej użytkowników od kilkunastu lat. Można się z nim spotkać w katalogach, ulotkach reklamowych i na stronach internetowych. Ciekawe jest, że nigdzie nie można znaleźć definicji i znaczenia tego popularnego w energetyce słowa. Należy więc zastanowić się, czemu używa się tego obcego słowa – retrofit, a nie np. polskiego – modernizacja.

Modernizacją zwykło się nazywać każdy przypadek, kiedy stare, dotychczas pracujące urządzenia, wymieniano na nowe. Czemu więc tworzyć nowe słowo? Ma to sens, kiedy będzie ono oznaczało coś więcej niż jego dotychczasowe odpowiedniki. Właśnie dlatego, używając słowa retrofit, należy rozumieć je nie tylko jako wymianę aparatury dotychczas pracującej, ale jako zaplanowanie samej zamiany tak, aby poddawane jej

pole rozdzielniczy stało się np.: bardziej bezpieczne dla obsługujących je pracowników, zwiększyła się niezawodność pracy, poprawiła się ochrona aparatów od np. czynników zewnętrznych takich jak brud, wilgotność czy działanie łuku elektrycznego, jaki może pojawić się w polu w czasie awarii.

### **2.1. Dotychczas stosowane metody**

Aby rozwinąć ten wątek należy, zastanowić się w jakich okolicznościach i kiedy użytkownicy decydują się na wymianę aparatów w starych rozdzielnicach. Z praktyki można wymienić trzy takie sytuacje:

- uszkodzenie/zniszczenie jednego z dotychczas pracujących w polu aparatów,
- planowana wcześniej wymiana jednego lub kilku aparatów,
- decyzja o modernizacji całej rozdzielni.

W pierwszym przypadku decyzja jest najczęściej szybka i nieplanowana. Zniszczone urządzenie wymienia się na nowe wg zasady „jak najszybciej”. Tu generalną przesłanką, jaką kierują się podejmujący decyzję jest dopasowanie nowych aparatów do starych (czyli parametry znamionowe i wymiary gabarytowe – podziałka międzybiegunowa) i szybkość dostawy.

Dwa kolejne przypadki wynikają z planowanych wcześniej inwestycji (ich przyczyną najczęściej jest: zużycie się dotychczas pracującej aparatury, brak części zamiennych lub potrzeba zwiększenia parametrów prądowych rozdzielnic). Wymienianym najczęściej aparatem jest tylko sam wyłącznik, ale dopiero kiedy wymianie poddane zostaną wszystkie pracujące urządzenia, możemy mówić o retroficie.

Jakie korzyści niosą opisane wyżej działania? Właściwie prócz poprawy niezawodności nie wnoszą nic z punktu widzenia bezpieczeństwa, a i niezawodność pracy pola, w którym wymieniono tylko wyłącznik, poprawia się bardzo nieznacznie. Podsumowując, można stwierdzić, że podczas modernizacji pola rozdzielnic SN, w czasie której wymieniany jest jeden lub kilka aparatów współpracujących ze sobą, użytkownik nie uzyskuje nic ponad nieznaczną poprawę niezawodności pola.

### **2.2. Nowe aparaty w „służbie” retrofitu**

Istotnym trendem w rozwoju rozwiązań retrofitowych jest stosowanie najnowszej aparatury SN. W ciągu ostatnich lat, to właśnie nowe konstrukcje wywarły znaczący wpływ na to co konstruktorzy i projektanci proponowali użytkownikom. Obecnie wiele wskazuje, że ta prawidłowość będzie kontynuowana.

Z najważniejszych aparatów, jakich rozwój techniczny, wpłynie na kontynuację tego zjawiska należy wymienić:

- sensory
- zabezpieczenia i nowe protokoły komunikacji
- zintegrowane wyłączniki SN.

#### **2.2.1. Sensory**

Ich rola w systemie, jest dokładnie odpowiednikiem dotychczas stosowanych powszechnie przekładników prądowych i napięciowych. Oferowane obecnie są w dwóch wariantach tzn.: prądowe i kombi sensory (prądowe i napięciowe w jednej obudowie).

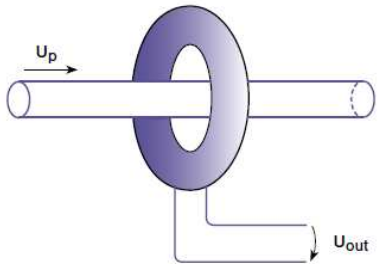
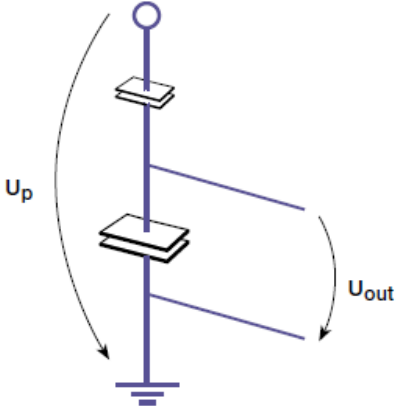
Pomiar prądu w sensorze odbywa się za pomocą cewki Rogowskiego, stanowiącej uzwojenie równomiernie nawinięte na zamkniętym okrągłym korpusie o stałym przekroju bez ferromagnetycznego rdzenia. Napięcie indukowane w uzwojeniu jest wprost proporcjonalne do zmian prądu przepływającego przez cewkę.

Sensory prądowe charakteryzuje niewystępowanie zjawisk nasycenia i histerezy oraz wysoka dokładność pomiaru prądów zwarciovych aż do maksymalnych ustawionych wartości progowych zabezpieczenia, z którym on współpracuje. Pomiar napięcia realizowany jest przez pojemnościowy dzielnik napięcia, który stanowi cylindryczną

## VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

metalową elektrodę uformowaną w sensorze. Napięcie sygnału wyjściowego jest bezpośrednio proporcjonalne do napięcia pierwotnego. Sensory napięciowe charakteryzują się brakiem zjawiska ferorezonansu.

Dzięki małym rozmiarom sensory mogą być zabudowywane w korpusach o dowolnym kształcie i rozmiarze. Pozwala to zabudowywać je w miejscach, gdzie dotąd instalacja tradycyjnych przekładników była niemożliwa (np. w izolatorach przepustowych i wsporczych).

<div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Transmitowany sygnał stanowi napięcie</b></p> $U_{out} = M \frac{di_p}{dt}$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dla prądu sinusoidalnego: W warunkach stanu ustalonego napięcie jest równe:</li> </ul> $\underline{U}_{out} = M * j * w * I_p$ <p>Sygnał jest napięciem sinusoidalnym, proporcjonalnym do prądu, z przesunięciem fazowym o 90° (przewód)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dzięki integracji transmitowanego sygnału nawet w sytuacji, gdy prąd pierwotny nie jest sinusoidalny, zawsze uzyskiwany jest sygnał odzwierciedlający rzeczywisty przebieg prądu pierwotnego.</li> </ul>	<div style="text-align: center;">  </div> <p><b>Transmitowany sygnał z dzielnika napięcia:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmitowany sygnał jest równy:</li> </ul> $U_{out} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} U_p$ <p>(pojemnościowy dzielnik napięcia)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• We wszystkich przypadkach transmitowany sygnał odzwierciedla rzeczywisty przebieg napięcia pierwotnego.</li> </ul>
--	---

### *Cewka Rogowskiego*

### *Pojemnościowy dzielnik napięcia*

#### **2.2.2. Zabezpieczenia**

Ciągły rozwój tych aparatów w zakresie funkcji jakie mogą one realizować, oraz ich miniaturyzacja, powodują że stają się one łatwiejsze w adaptacji w starych celkach SN. Możliwość stosowania niezależnego panelu sterowania (HMI) pozwala na jego instalację w dowolnym miejscu.

Najważniejszą nowością wydaje się jednak być nowa usługa GOOSE. Coraz powszechniejsza implementacja standardu IEC 61850 dotyczy szczególnie szybkiej komunikacji na zasadzie „każdy z każdym” poprzez szynę stacyjną. Terminale cyfrowe

zainstalowane w polach zasilających i odpływowych rozdzielnic współpracując przy pomocy komunikatów GOOSE mogą zrealizować stabilne, niezawodne i szybkie zabezpieczenie szyn. Zabezpieczenie szyn oparte o GOOSE jest uzyskane jedynie poprzez odpowiednią konfigurację terminali i dzięki temu jest ekonomiczne, a pewność działania zabezpieczenia jest zapewniona dzięki ciągłemu monitoringowi przekaźników oraz przesyłu ich komunikatów GOOSE poprzez szynę stacyjną.

Konsekwencją tego jest możliwość łączenia między sobą zabezpieczeń przy pomocy kabla internetowego, zamiast powszechnego na dziś oprzewodowywania pojedynczymi przewodami. Niesie to ogromnie oszczędności w czasie dotąd potrzebnym na instalację zabezpieczenia, drastycznie ogranicza możliwość popełnienia błędu przez instalatora, a zmiana konfiguracji/nastaw odbywa się z poziomu HMI i nie wymaga zmian w okablowaniu.

### 2.2.3. Zintegrowane wyłączniki SN

Pierwsze konstrukcje wyłączników zintegrowanych zostały pokazane już prawie dziesięć lat temu. Największym problemem technicznym, jaki stanął przed konstruktorami było zapewnienie odpowiedniej kompatybilności elektromagnetycznej całości układowi, na który składa się wyłącznik próżniowy, sensory i zabezpieczenie. Połączenie tych trzech, dotąd niezależnych aparatów, w jeden stanowi obecnie najdalej idące rozwiązanie z pkt. widzenia rozwoju rozdzielnic okapturzonych i retrofitu.

Wyłącznik eVD4 to wyłącznik z napędem zasobnikowo-sprężynowym, zabudowanymi kombisensorymi prądowymi i napięciowymi oraz modułem zabezpieczenia i sterowania RBX615 opartym na technologii zabezpieczeń Relion®. Dzięki tak dobranemu rozwiązaniu wyłącznik zapewnia systemowi, w którym pracuje, wysoki stopień niezawodności (SIL). Średni czas naprawy (MTTR) systemu zarządzanego przez eVD4 jest znacznie krótszy w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań. Dlatego wyłącznik eVD4 jest idealnym rozwiązaniem dla wszystkich miejsc, w których wymagany jest wysoki stopień ciągłości pracy.

*Rys 1. Zintegrowany wyłącznik SN z panelem sterowania, oraz kombisensory zabudowane na wyłączniku*



## VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

Zastosowanie wyłącznika zintegrowanego znacznie upraszcza etap przewodowania (obwodów pomocniczych nn) rozdzielnic i w istotny sposób zmniejsza ryzyko błędów. Oznacza to skrócenie procesu produkcji rozdzielnic lub prac związanych z retrofitem, w tym szczególnie ograniczenie czasu, jaki jest potrzebny na prace techniczne, wykonanie okablowania oraz procedury odbioru końcowego rozdzielnic.

Wyłącznik eVD4 jest milowym krokiem jeśli chodzi o wydajność, niezawodność, bezpieczeństwo i opłacalność.

### **2.3. Nowa idea retrofitu rozdzielnic SN**

Jako dobry przykład może posłużyć tu dowolne nowoczesne pole rozdzielnic dwuczłonowej w izolacji powietrznej. Zmniejszono w nim ilość pracujących aparatów (występują tylko dwa: wyłącznik lub rozłącznik oraz uziemnik) jak również tak powiązane je systemem mechanicznych i elektrycznych blokad, że operujący aparatami pracownik nie może wykonać operacji zabronionej (np. zamknąć uziemnika, kiedy zamknięty wyłącznik znajduje się w pozycji praca). Właściwie do rozwiązania pozostaje tylko problem, w jaki sposób zapewnić w starych polach możliwość obsługi w standardzie nowoczesnych rozdzielnic?

Zastosowanie jednego z wymienionych rozwiązań (Kaseta lub Rama Wsporcza) niesie dodatkowe korzyści ponad zwiększenie niezawodności pola. Chroni obsługę przed wykonaniem nieprawidłowej operacji (nie można wjechać ani wyjechać z pola zamkniętym wyłącznikiem; bez uprzedniego zamknięcia uziemnika nie można członu wysuwnej przestawić z pozycji PRACA do pozycji PRÓBA; nie można zamknąć uziemnika przed otwarciem wyłącznika).



*Rys 2. Rama Wsporcza (człon stały) typu PB/F widok z przodu i tyłu*

Obie z konstrukcji wyposażone są w kurtyny przepustów izolacyjnych, czyli po ich zamknięciu i zablokowaniu obsługa nie ma możliwości dotknięcia do styków stałych w przepustach. Wysunięcie członu wysuwnego do pozycji PRÓBA i zastąpienie kurtynami przepustów izolacyjnych pozwala obsłudze stwierdzić jednoznacznie, że zarówno od strony zasilania jak i odpływu występuje widoczna przerwa izolacyjna w obwodzie – czyli wysuw członu spełnia rolę dwóch odłączników w starym systemie.

Wykorzystanie członu wysuwnego z wyłącznikiem lub stycznikiem zamiast aparatu stacjonarnego narzuca się w sposób oczywisty.

Jak zatem zainstalować wyłącznik wysuwny w polu, gdzie dotychczas zainstalowany był aparat na stałe przymocowany do szyn? Przeglądając ofertę różnych producentów, można znaleźć tzw człony stałe do wyłączników wysuwnych. Wydaje się to idealną odpowiedzią na wcześniej postawione pytanie. Człony takie występują w dwu wersjach: jako w pełni zabudowana i osłonięta KASETA zamykana od przodu drzwiami lub jako RAMA WSPORCZA (składa się tylko z płyty tylnej z przepustami izolacyjnymi i prowadnic dolnych dla członu wysuwnego).

Do zalet takiego rozwiązania, jakim jest zastosowanie w polu otwartym Kasety lub Ramy Wsporczej, należy dodać również tę, że na członie wysuwnym można zainstalować dowolny potrzebny aparat: wyłącznik próżniowy, wyłącznik gazowy z SF6 lub stycznik. Ponadto w przyszłości, kiedy użytkownik zdecydowałby się na kupno nowoczesnej rozdzielnicy okapturzonej dwuczłonowej, aparaty wysuwne, czyli już posiadane, można wykorzystać w nowej rozdzielnicy praktycznie bez dodatkowych przeróbek.

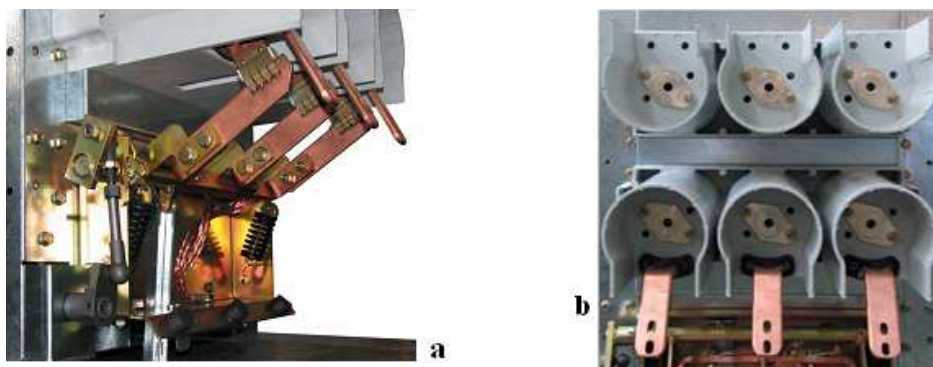


*Rys 3. Kasety: bez i z przedziałem przekładnikowym. Sposób ich przyłączenia do szyn zbiorczych jest identyczny jak w przypadku Ram Wsporczych*

## VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

Dodatkową zaletą członów stałych (Kaset i Ram Wsporczych) jest szybkość ich instalacji w polu. Czynność ta polega właściwie na usunięciu całej dotychczas pracującej aparatury wraz z szynami ją łączącymi, wstawieniu członu stałego w modernizowane pole, przymocowaniu do podłoża i połączeniu nowymi szynami z szynami zbiorczymi i podpięcie odpływu. Skracca to ogromnie czas, jaki należy poświęcić na pracę przy jednym polu w porównaniu, gdy decydujemy się na wymianę wszystkich starych aparatów na nowe tradycyjnym sposobem – „jeden za jeden”.

Również ekonomicznie jest to rozwiązanie opłacalne dla użytkowników. Gdy kalkulujemy razem koszty aparatury i robót przy jednym polu, czasu, na jaki dane pole musi być odłączone, okazuje się że zastosowanie członu stałego i aparatu wysuwnego jest bardzo opłacalne dla użytkownika.



*Rys 4. a – uziemnik i jego sposób instalacji; b – monobloki/przepusty izolacyjne i ich sposób podłączenia do szyn*

W przypadku zastosowania KASETY uzyskujemy ponadto ochronę członu z wyłącznikiem lub stycznikiem przed zanieczyszczeniami z powietrza, ale, co ważniejsze, chronimy zamknięty w kasecie aparat przed skutkami pojawienia się w polu łuku elektrycznego, co nieuchronnie prowadzi do zniszczenia najdroższego i najważniejszego w polu aparatu. Ponadto oczywisty jest fakt ochrony aparatury zainstalowanej poza kasetą przed uszkodzeniami jakie mogłyby wystąpić gdyby łuk elektryczny zapalił się wewnątrz Kasety.

### **3. ROZDZIELNICE W OBUDOWIE METALOWEJ. JEDNO- I DWUCZŁONOWE**

W tym rodzaju rozdzielnic praktyczne zastosowanie może znaleźć tylko Rama Wsporcza. W większości konstrukcji jednoczłonowych postępowanie jest identyczne jak w przypadku rozdzielnic typu otwartego. Natomiast retrofit rozdzielnic dwuczłonowych jest prawdziwym wyzwaniem dla konstruktorów. Napęd wyłącznika, który ma być użyty do retrofitu członu wysuwnej rozdzielnicy okapturzonej odgrywa jedną z decydujących ról w możliwości adaptacji danego typu aparatu w miejsce dotychczas pracującego wyłącznika. Powiązanie istniejącego systemu blokad członu wysuwnego (przewidzianych np. do napędu wyłącznika SCI 4) z nowym napędem jest bardzo skomplikowane, a czasami wręcz niemożliwe. Nowoczesne wyłączniki wraz ze swoimi napędami konstruowane były głównie jako aparaty mające pracować w nowych

rozdzielnicach, oferowanych przez danego wytwórcę. W związku z tym tylko bardzo nieliczne typy wyłączników pozwalają na poprawne i bezpieczne wykonanie adaptacji w starych członach wysuwnych rozdzielnic. Konstrukcjami, jakie do dziś doczekały się swoich unowocześnionych członów wysuwnych są np. rozdzielnice: RSW 10, RD1, RD2, ELMOBLOK, PREM.

Dotychczas jedyną metodą było i jest zamienianie istniejących wyłączników małoolejowych na nowe przy jednoczesnym przekonstruowaniu zastanego systemu blokad w celu przystosowania ich do napędu nowego aparatu. Jednak w przypadku pól dwuczłonowych o dużej szerokości (podziałce pola) np. w starej rozdzielnicy typu ELMOBLOK szybszym i tańszym sposobem może okazać się zastosowanie członu stałego (Ramy Wsporczej) z aparatem wysuwным.



*Rys. 5. Człon wysuwny rozdzielnicy ELMOBLOK z wyłącznikiem próżniowym*

#### **4. RETROFIT PÓL Z WYŁĄCZNIKAMI WYPOSAŻONYMI W ZABEZPIECZENIA PIERWOTNE TYPU WIP**

W prezentowanym rozwiązaniu wyłącznik został dodatkowo wyposażony w 3 przekładniki prądowe typu MANDOLINO (IP 24), oraz w specjalną cewkę o bardzo niskim poborze energii, pozwalającą na bezpośrednią współpracę z zabezpieczeniem bez doprowadzania zasilania obwodów wtórnych. Jako konstrukcja wsporcza występuje tu specjalne wykonanie wózka jezdnego. Przekładniki prądowe pełnią wieloraką rolę: umożliwiają mierzenie wartości prądów w obwodach pierwotnych, zasilają zabezpieczenie współpracujące z wyłącznikiem i pozwalają na pomiar prądu przez zabezpieczenie.

Dzięki tak dobranym elementom pole rozdzielnicy, w którym pracuje przedstawiony zestaw, jest w pełni autonomiczny (nie wymaga doprowadzania zasilania obwodów



## **VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012**

wtórnych, pozwalając jednocześnie na niezawodną pracę pola), pozwala np. w pełni zastąpić dotychczas stosowane wyłączniki małoolejowe z wyzwalaczami pierwotnymi typu WIP 41.



*Rys. 6. Człony wysuwne rozdzielnic RSW 10, RD 1 oraz wyłącznik stacjonarny przystosowany do zastąpienia aparatu małoolejowego z wyzwalaczami pierwotnymi*

### **5. ZAKOŃCZENIE**

Problem retrofitu rozdzielnic SN jest jednym z najaktualniejszych tematów, z jakim można spotkać się w energetyce. Co roku przed problemem, co zrobić ze starą rozdzielnią, stają dziesiątki użytkowników i każdy z nich musi podjąć decyzję – wymienić tylko aparaty czy może kupić nową rozdzielnicę. Mamy nadzieję, że dzięki propozycji, którą przedstawiliśmy w artykule, dotychczasowa alternatywa rozwiązań rozszerzy się i dzięki temu każdy, kogo ten problem dotknie, będzie mógł lepiej dopasować swoje indywidualne rozwiązanie do własnych warunków technicznych i ekonomicznych.

### **6. BIOGRAFIA**

Materiały producenta.

---

**Autorzy:** dr inż Piotr Lachowski, mgr inż Kamil Piekutowski – ABB Sp. z o.o. Warszawa