



Wacław ZAJĄC

Zakład Produkcji Urządzeń Elektrycznych B. Wypychewicz S.A.

## Nowoczesna aparatura rozdzielcza w osłonie gazowej SF<sub>6</sub>

**Streszczenie.** Zakład Produkcji Urządzeń Elektrycznych B. Wypychewicz S.A. jest polskim producentem stacji transformatorowych i słupowych wyposażonych w nowoczesną aparaturę rozdzielczą oraz transformatory. Urządzenia mogą być sterowane i kontrolowane zdalnie, przystosowane do sterowania radiowego, współpracować z automatyką i zabezpieczeniami, dokonywać pomiarów i rozliczeń energii elektrycznej.

**Abstract. (Modern distribution apparatus with SF<sub>6</sub> insulation).** Zakład Produkcji Urządzeń Elektrycznych B. Wypychewicz S.A. is a polish manufacturer. ZPUE S.A. produces complete transformer stations and devices for overhead lines equipped with low and medium voltage switchgears and transformers. Substation can be controlled and checked via remote control system (radio communication). Devices can co-operate with systems of automation, protection and measuring set.

**Słowa kluczowe:** SF<sub>6</sub>, rozdzielnice i urządzenia w izolacji gazowej, urządzenia średnich napięć, gazoszczelność.

**Keywords:** SF<sub>6</sub>, gas insulated substations, medium voltage devices, gas-tightness.

### Wstęp

Zastosowanie gazu SF<sub>6</sub> na większą skalę datuje się od 1970r. Gaz SF<sub>6</sub> używany był przede wszystkim jako medium gaszące w wyłącznikach wysokich napięć. Nowością ostatnich kilku lat są rozwiązania urządzeń średnich napięć z osłoną gazową. Dzięki właściwościom izolacyjnym gazu SF<sub>6</sub>, opisywanym szeroko w literaturze [1,2,3,5,6] możliwe jest zminimalizowanie wymiarów rozdzielnic SN, a także stosowanie niższego poziomu ciśnienia gazu wewnątrz zbiornika. Pierwsze urządzenia w izolacji SF<sub>6</sub> produkcji ZPUE B. Wypychewicz S.A. pracują w energetyce od 1996 roku. Urządzenia wśród naszych odbiorców cieszą się dużym zadowoleniem oraz wzbudzają zainteresowanie nowych użytkowników. Wysoka jakość wyrobów rodzimej – polskiej – produkcji skutecznie konkuruje z rozwiązaniami znanych producentów firm zagranicznych.

### Charakterystyka wyrobów

W lipcu 2000 roku w Zakładzie Produkcji Urządzeń Elektrycznych B. Wypychewicz S.A. we Włoszczowie w wyniku zwiększenia sprzedaży rozszerzono produkcję urządzeń w izolacji SF<sub>6</sub>. Na nowej hali produkcyjnej o powierzchni 380 m<sup>2</sup> produkowane są:

- rozdzielnice wewnętrzne SN serii TPM 24 oraz TPM/C 24
- rozłączniki i rozłączniko-uziemniki napowietrzne SN typu THO 24 (36), THO/T 24 (36 kV).



Rys. 1. Produkcja rozdzielnic TPM w izolacji gazowej.

Nikogo nie trzeba przekonywać o zaletach urządzeń w izolacji SF<sub>6</sub>. Mały teren pozostający do dyspozycji, uniezależnienie się od środowiska, w jakim ma być zainstalowane urządzenie (warunki przemysłowe, wielkomiejskie, napowietrzne, nadmorskie), zwiększenie niezawodności pracy w stosunku do innych rozwiązań, a także bezpieczna i prosta eksploatacja oraz zmniejszenie kosztów w wielu przypadkach to zalety, których nie posiadają urządzenia w izolacji powietrznej.

Rozdzielnice umożliwiają łączenie, zasilanie, zabezpieczenie transformatorów (1 lub 2) i załączanie oraz wyłączanie pierścieniowych i promieniowych sieci SN.



Rys. 2. Produkcja rozłączników THO w izolacji gazowej.

Rozłączniki służą do załączania i wyłączania znamionowych prądów i uziemiania obwodów rozdzielczych linii napowietrznych SN.

Zarówno rozwiązania wewnętrzne jak i napowietrzne przystosowane są do sterowania drogą radiową.

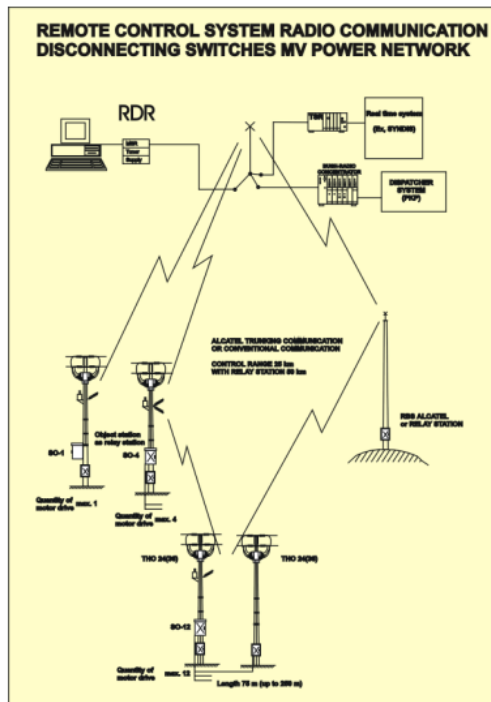
### Charakterystyka produkcji i technologii

Najważniejsze jest jednak oddziaływanie na środowisko. Wieloletnie badania wykazały, że ilość i skład produktów rozpadu SF<sub>6</sub>, zależy w decydującym stopniu od czystości montażu, suszenia, uzyskania wysokiej próżni i zachowania reżimu napełnienia gazem. Poniżej przedstawiono wybrane uwagi z *Instrukcji badania szczelności helowym detektorem nieszczelności UL 200 i napełniania gazem SF<sub>6</sub> nr 9/WE:*

1 Bezwzględnie nie należy wypuszczać gazu SF<sub>6</sub> do atmosfery.

- 2 "Gaz SF<sub>6</sub> jest nietoksyczny, bezbarwny, bezwonny i niepalny, bardzo stabilny – spośród znanych gazów najtrudniej wchodzi w reakcję chemiczną."
- 3 Nie podtrzymuje czynności życiowych - nie należy go wdychać. Jest sześciokrotnie cięższy od powietrza, zalega w zagłębieniach i obniżeniach przy powierzchni ziemi.
- 4 Podczas napełniania należy uruchomić wentylator na stanowisku napełniania gazem SF<sub>6</sub> w celu przewietrzenia pomieszczenia.
- 5 Gaz SF<sub>6</sub> nie jest odporny na wysoką temperaturę powyżej 200°C oraz na łuk elektryczny. W pomieszczeniach nie należy stosować urządzeń z otwartym ogniem, palić tytoniu, używać urządzeń, których temperatura przekracza 200°C.
- 6 Praca z gazem sprężonym do wysokiego ciśnienia wymaga używania rękawic, gdyż gwałtowne rozprężanie gazu (podczas napełniania) powoduje obniżenie temperatury, możliwe jest zamrożenie miejsca wypływu.
- 7 Wymagany jest wysoki reżim czystości od początku montażu aparatury w zbiorniku ze stali nierdzewnej, aparatura i zbiornik wielokrotnie przemywane jest acetonem do końcowego momentu napełniania czystym gazem SF<sub>6</sub>. Wysoka próżnia rzędu 10<sup>-1</sup> mbar w zbiorniku oraz w przewodzie łączącym butlę wymagana jest, aby nie wprowadzać zanieczyszczeń do układu. Powietrze jest również zanieczyszczeniem.

W procesie produkcji kluczowymi czynnościami kontrolnymi są badania spadków napięć, badanie szczelności zbiorników, badanie wytrzymałości dielektrycznej i wyładowań niezupełnych. Na rysunku 7 przedstawiono kartę szczelności rozłącznika napowietrznego THO.

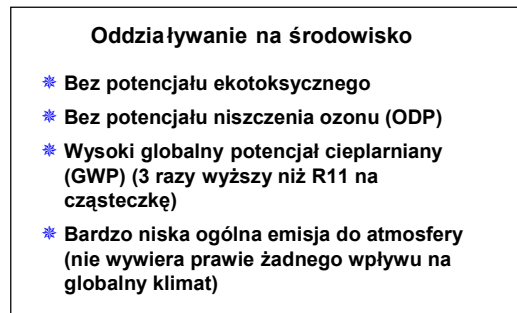


Rys. 3. Schemat ogólny sterowania urządzeniami drogą radiową.

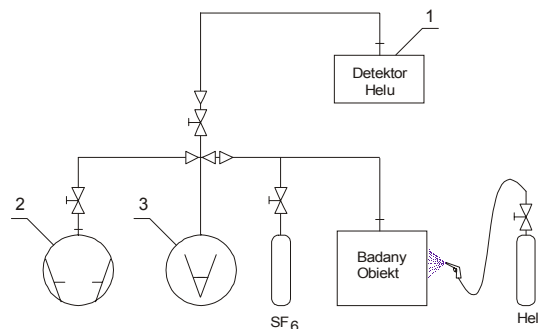
Producent gazu, firma Solvay, oraz badania przeprowadzone przez naukowców dowodzą, że wpływ gazu SF<sub>6</sub> na środowisko jest niewielki i dotyczy urządzeń z wyłącznikami zwłaszcza wysokich napięć.

Przyjęto (na międzynarodowej konferencji CIGRE) dopuszczalny poziom emisji 1% rocznie. Nasze urządzenia mają ubytek gazu < 0.1% i nie wymagają dopełnienia przez

cały okres pracy. Próby szczelności prowadzone są dla każdego urządzenia za pomocą detektora helowego znanej firmy Leybold metodą próżniową. Jest to jedna z najdokładniejszych metod określania nieszczelności całkowitej. Polega na opróżnieniu badanego obiektu do zadanej próżni i opryskiwania helem ze specjalnego pistoletu miejsc podejrzewanych o nieszczelność (rysunek 5). Każda ilość helu, która przedostanie się do wnętrza zbiornika zostaje wychwytywana przez detektor UL200 i informuje o istnieniu przecieku. Za pomocą tak dokładnej metody operator jest w stanie wykryć nie tylko niedokładności spawania, bądź skręcania, ale także błędy materiałowe blachy, z jakiej wykonany jest zbiornik. Wyniki zapisywane są w raporcie z produkcji.



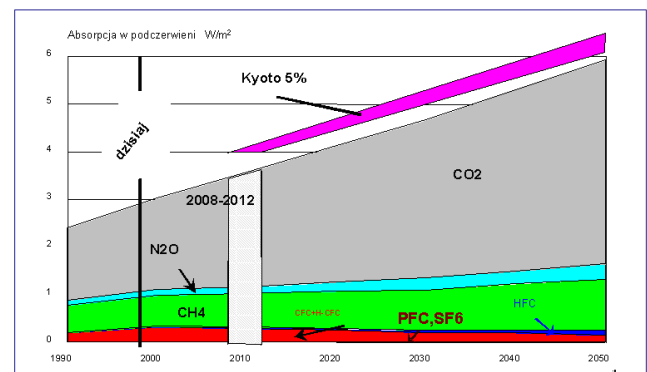
Rys. 4. Oddziaływanie na środowisko [4]



Rys. 5. Schemat stanowiska do badań szczelności urządzeń w izolacji SF<sub>6</sub> oraz do napełniania gazem, 1–detektor helu UL200, 2–pompa próżniowa, 3–przyrząd do pomiaru ciśnienia.

Po okresie eksploatacji gaz SF<sub>6</sub> używany w urządzeniach poddawany jest procesowi recyklingu. W urządzeniach średnich napięć – rozdzielnicach wyposażonych w rozłączniki – gaz nie ulega degradacji i po odfiltrowaniu może zostać ponownie użyty do napełniania zbiornika. W tym celu wykonuje się wstępny test czystości gazu, aby potwierdzić możliwość ponownego użycia.



Wpływ gazów na efekt cieplarniany oraz prognozy na przyszłość przedstawiono na rysunku 6 [4].



Rys. 6. Wpływ gazów na efekt cieplarniany [4].

## Tendencje rozwojowe

Obserwuje się ciągły wzrost zainteresowania urządzeniami w izolacji gazowej, szczególnie na poziomie średnich napięć. Do roku 2010 producenci gazu spodziewają się wzrostu produkcji gazu SF<sub>6</sub> do poziomu 10<sup>7</sup> kg rocznie.

	Wydział produkcyjny W-3.6	
	Strona 1 z 1	
Raport technologiczny z produkcji urządzenia w izolacji gazowej SF <sub>6</sub>		

### KARTA SZCZELNOŚCI NR 1

**OBIEKT:** Rozłącznik THO 24 (36)/630  
**Nr FABRYCZNY:** 150/01

**METODA:** zgodnie z INSTRUKCJĄ BADANIA SZCZELNOŚCI DETEKTOREM HELOWYM UL-200

**ZAŁOŻONA WARTOŚĆ PRZECIEKU WZGLĘDNEGO:** <0.1%

**OBUDOWA:** stal nierdzewna, spawana

**USZCZELNIENIA:**

izolatorów, typu O-ring, EPDM, spoczynkowe	szt. 6
sprzęgła napędu, typu płaska, korkowa, spoczynkowe	szt. 1
presostatu, typu O-ring, EPDM, spoczynkowe	szt. 1
przyłącza zaworu do napełniania, typu O-ring, EPDM, spoczynkowe	szt. 1
zaworu bezpiecz., typu O-ring, EPDM, spoczynkowe	szt. 1

**CIŚNIENIE ROBOCZE:** P<sub>R</sub>=1,32 bar

**CIŚNIENIE MINIMALNE:** P<sub>M</sub>=1,01 bar

**WEWNĘTRZNA OBJĘTOŚĆ CZYNNA:**

V=70 litrów

**WARTOŚĆ NATĘŻENIA PRZECIEKU BEZWZGLĘDNEGO:**

$$F = \frac{0,001 \cdot (1+1) \cdot 70 \cdot 10^3}{31536000} = 4,4 \cdot 10^{-6} \left[ \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{s}} \right]$$

**PODZIAŁ NATĘŻENIA PRZECIEKU BEZWZGLĘDNEGO:**

uszczelnienia izolatorów	30%
uszczelnienia sprzęgła napędu	30%
uszczelnienia presostatu	3%
uszczelnienia przyłącza zaworu do napełniania	3%
uszczelnienia zaworu bezpieczeństwa	3%
połączenia spawane obudowy	30%

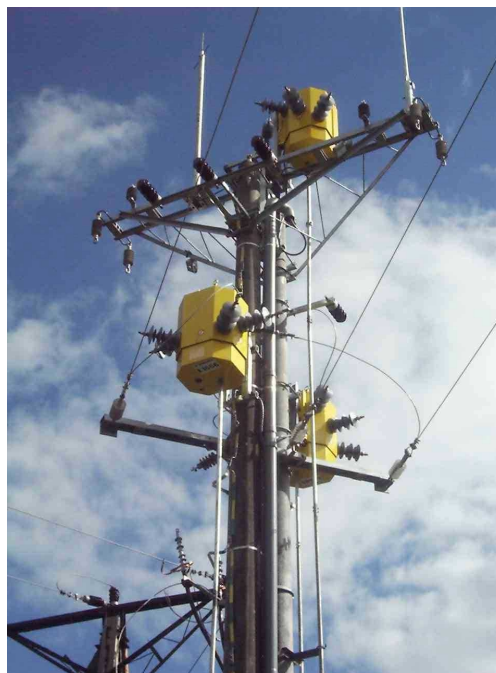
**CZAS MIĘDZY NAPEŁNIANIEM GAZEM**

$$T = \frac{(1,32 - 1,01) \cdot 70 \cdot 10^3}{4,4 \cdot 10^{-6} \cdot 31536000} = 156 [\text{zar}]$$

Rys.7. Karta szczelności rozłączników napowietrznych.

Energetyka zawodowa krajów wysokorozwiniętych skłania się ku nowym rozwiązaniom oraz wymianie pracujących urządzeń na te z gazem SF<sub>6</sub>, przekonana przez producentów i doświadczenie o bezpieczeństwie i ekonomiczności.

Pojawiają się nowe możliwości rozwiązań w oparciu o wysokiej klasy urządzenia, przystosowane na życzenie klienta do nowoczesnego sterowania drogą radiową.



Rys.8. Możliwość zabudowy nawet trzech rozłączników na jednym stanowisku słupowym.



Rys.9. Złącze kablowe z rozdzielnicą TPM typu TLL.



Rys.10. Złącze kablowe z rozdzielnicą TPM typu TLLL.



Rys.11. Stacja wieżowa WST rozdzielnicą TPM typu CLTL.

### Wnioski

Urządzenia produkcji ZPUE B.Wypychewicz S.A. (zdjęcia w tekście) spełniają oczekiwania użytkownika. Bezpieczne dla obsługi i dla środowiska naturalnego, bezobsługowe przez okres eksploatacji postrzegane są jako produkt najwyższej jakości.

Cechy, które wyróżniają te wyroby to:

- wysokie bezpieczeństwo personelu,
- łatwy montaż przyłączy kablowych,
- konwencjonalny sposób działania napędu,
- bezobsługowość,
- małe wymiary,
- wysoka wytrzymałość elektryczna i mechaniczna,
- niewrażliwość na wpływ klimatu i środowiska pracy.

Cechy, które przemawiają za zastosowaniem rozdzielnic w izolacji powietrznej to:

- niższy koszt zakupu,

- łatwość rozbudowy i tworzenia dowolnych konfiguracji pól,
- nie jest wymagana gospodarka gazowa i inwentaryzacja,
- niższe koszty utylizacji rozdzielnic po okresie eksploatacji.

Podsumowując porównanie można stwierdzić, że należy stosować rozdzielnice w izolacji powietrznej wszędzie tam, gdzie jest to możliwe. W przypadku rozwiązań w trudnych warunkach klimatycznych i zabrudzeniowych oraz gdy dostępna jest mała powierzchnia, zastosowanie mają nowoczesne urządzenia w izolacji gazowej SF<sub>6</sub>. Technologia produkcji urządzeń w osłonie gazowej jest bardzo zaawansowana i wymaga dużych nakładów finansowych. ZPUE B. Wypychewicz S.A. z sukcesem zakończyła proces badań i wdrożenia wyrobów w izolacji gazowej do seryjnej produkcji. Ciągły wzrost sprzedaży w kraju i zagranicą świadczy o zadowoleniu naszych Klientów.

### LITERATURA

- [1] Latour-Słowikowska H., *Rozdzielnice z izolacją gazową SF<sub>6</sub>*, Warszawa, Przegląd Elektrotechniczny, R. LXV, Z. 2/1989.
- [2] Piechocki A., *Zagadnienia bezpiecznej eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych z SF<sub>6</sub>*. Materiały szkoleniowe, Pyskowice, 1998.
- [3] Gleeson D. J., *Accessibility aspects of GIS with particular reference to maintenance, extension and repair*, Paris CIGRE, 1988.
- [4] Materiały producenta Solvay
- [5] Zając W., *Urządzenia elektroenergetyczne w izolacji SF<sub>6</sub> produkcji ZPUE S.A. Włoszczowa*. Bielsko-Biała, Gazoszczelne Urządzenia Elektroenergetyczne, 1999.
- [6] Zając W., *Urządzenia elektroenergetyczne w izolacji SF<sub>6</sub>*. Elektrosystemy, nr 10, Warszawa, 2000.

**Autor:** dr inż. Waław Zając, Politechnika Krakowska, Instytut Elektromechanicznych Przemian Energii, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, Zakład Produkcji Urządzeń Elektrycznych B. Wypychewicz S.A. Włoszczowa, Wydział Elektryczny, ul. Jędrzejowska 79C, E-mail: [pezajacw@cyf-kr.edu.pl](mailto:pezajacw@cyf-kr.edu.pl)