



# BIULETYN

# TECHNICZNO - INFORMACYJNY



Zarządu Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 4/2008 (43)

ISSN 1428-8966

Grudzień 2008



[www.elester-pkp.com.pl](http://www.elester-pkp.com.pl)

*Rozwiązania tworzymy z pasją*



## Podstacje Trakcyjne

Projektowanie Budowa Modernizacja





# JUBILEUSZ STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH 1919 – 2009

## KONGRES ELEKTRYKI POLSKIEJ Warszawa, 2-4 września 2009 r.

### Główne cele Kongresu Elektryki Polskiej:

- określenie diagnozy stanu polskiej elektryki na początku XXI wieku, w 90. roku istnienia SEP;
- określenie strategicznych kierunków rozwoju tej bardzo istotnej dla życia i rozwoju społeczeństwa jako całości, a także poszczególnych obywateli, gałęzi nauki i gospodarki;
- uczczenie pamięci poprzedników, elektryków, którzy przyczynili się do rozwoju tej dziedziny techniki w Polsce i na świecie.



Miejsce obrad:  
Gmach Główny Politechniki Warszawskiej

Stowarzyszenie Elektryków Polskich  
Tradycja i nowoczesność !

Zapraszamy wszystkich członków i sympatyków SEP  
do udziału w obchodach Jubileuszu 90. lecia

**Spis treści:**

Kriotechnika i nadprzewodnictwo w zastosowaniu do transformatorów – <i>K. Zakrzewski</i> .....	2
Warianty modernizacji tramwajowych stacji prostownikowych na przykładzie Łódzkiego Tramwaju Regionalnego – <i>J. Jastrzębski</i> .....	9
Kompleksowa modernizacja tramwajowej stacji prostownikowej „1 Maja” w Łodzi – <i>J. Jastrzębski</i> .....	11
Wskaźniki obecności napięcia typu szynowego – normy, zasada działania, funkcjonalność – <i>J. Czyżewski</i> .....	18
IX Rada Prezesów SEP Arłamów, 25–28 września 2008 roku .....	23
VII Konferencja Naukowo Techniczna TRANSFORMATORY ENERGETYCZNE I SPECJALNE Perspektywy rozwojowe, zastosowania i koncepcje – <i>A. Boroń</i> .....	24
Forum Transformatory energetyczne – <i>A. Ketner</i> .....	25
Zebrań CKMiS i SRK w Łodzi – <i>A. Grabiszewska</i> .....	27
Wspomnienie o Bronisławie Pertkiewiczu – <i>J. Kosiorowski</i> .....	28
Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka w Radomiu .....	29
Jubileusz Oddziału Poznańskiego SEP .....	30
Galowo w Pałacu Herbsta .....	31
Doktor honoris causa Politechniki Łódzkiej .....	32
Prezentacja firmy OLMEX S.A. ....	32
Wyjazd szkoleniowy Koła SEP przy Dalkia Łódź S.A. – <i>J. Kuczkowski</i> .....	33
Wizyta w firmie DELL .....	34
List do Czytelników – <i>J. Kuczkowski</i> .....	36

**Komitet Redakcyjny:**

mgr inż. Mieczysław Balcerek – Sekretarz  
dr hab. inż. Andrzej Dębowski, prof. P.Ł.  
– Przewodniczący

mgr Anna Grabiszewska  
mgr inż. Lech Grzelak  
dr inż. Adam Ketner  
dr inż. Tomasz Kotlicki  
mgr inż. Jacek Kuczkowski  
prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński  
mgr inż. Krystyna Sitek  
dr inż. Józef Wiśniewski  
prof. dr hab. inż. Jerzy Zieliński

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń. Zastrzegamy sobie prawo dokonywania zmian redakcyjnych w zgłoszonych do druku artykułach.

**Redakcja:**

Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a, pok. 404  
tel. 042-632-90-39, 042-630-94-74  
Skład: Alter  
tel. 042-676-45-10, 0605 725 073  
Druk: Drukarnia BiK Marek Bernaciak  
Łódź, ul. Smutna 16  
tel. 042-676-07-78

Wydawca:

## Zarząd Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a

tel./fax (0-42) 630-94-74, 632-90-39

e-mail: seplodz@onet.pl seplodz@neostrada.pl

http://sep.p.lodz.pl www.sep.lodz.wizytowka.pl

Konto: I Oddział KB SA w Łodzi 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000

## Szanowni Państwo

Ostatni tegoroczny numer naszego biuletynu otwiera artykuł Kazimierza Zakrzewskiego, profesora Instytutu Mechatroniki i Systemów Informatycznych Politechniki Łódzkiej, znanego specjalisty w dziedzinie transformatorów i maszyn elektrycznych, poświęcony zastosowaniom kriotechniki i nadprzewodnictwa w nowych konstrukcjach transformatorów energetycznych. W artykule przedstawiono kronikę odkryć i wynalazków w dziedzinie nadprzewodnictwa i omówiono pojęcia podstawowe i rodzaje nadprzewodników nisko- i wysokotemperaturowych. Na podstawie literatury, przedstawiono ważniejsze prace dotyczące zastosowania tej techniki do budowy transformatorów. W następujących dwóch artykułach, Jacek Jastrzębski z firmy Elester-PKP omawia zagadnienia związane z modernizacją tramwajowych stacji prostownikowych. Na początek opisuje różne warianty modernizacji tramwajowych stacji prostownikowych, które zostały zrealizowane w dziesięciu stacjach na obszarze administrowanym przez Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi w związku z I etapem budowy Łódzkiego Tramwaju Regionalnego. Potem, na przykładzie jednej ze stacji, omawia dotychczasowe rozwiązania techniczne stosowane w latach 50., a następnie przedstawia szczegółowy opis techniczny zmodernizowanego obiektu, pokazujący aktualne standardy w zakresie modernizacji stacji prostownikowych dla potrzeb komunikacji miejskiej. Na zakończenie części naukowo-technicznej, Jan Czyżewski z Centrum Badawczego ABB omawia obowiązujące normy, zasady działania i funkcjonalność oferowanych przez tę firmę wskaźników obecności napięcia, instalowanych bezpośrednio na przewodach i szynach prądowych, stosowanych w systemach rozdzielczych średniego napięcia.

Część informacyjną biuletynu otwierają sprawozdania z kolejnego spotkania Rady Prezesów SEP – tym razem zwołanego do Arłamowa, z konferencji „Transformatory energetyczne i specjalne”, która tradycyjnie odbyła się w Kazimierzu Dolnym oraz z – także kolejnego, trzeciego już – forum „Transformatory energetyczne”, zorganizowanego przez ABB w Łodzi. Następnie informujemy o przebiegu plenarnego posiedzenia Centralnej Komisji Młodzieży i Studentów oraz Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP, które miało miejsce na Politechnice Łódzkiej.

Wspominamy także osobę zmarłego niedawno Bronisława Pertkiewicza, wieloletniego dyrektora pierwszej łódzkiej elektrociepłowni EC-2, wdrażającego w naszym mieście nowe rozwiązania w zakresie energetyki ciepłowniczej – kojarzącej ze sobą produkcję energii elektrycznej i ciepłej, inicjatora budowy następnych elektrociepłowni: EC-3 i EC-4, tak potrzebnych w naszym mieście. Łódź zawdzięcza mu czyste powietrze i komfort centralnie ogrzewanych mieszkań.

W dalszym części zamieszczamy sprawozdania z przebiegu obchodów Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka w Radomiu, jubileuszu Oddziału Poznańskiego SEP, wielkiej gali zorganizowanej w Pałacu Herbsta przez Zakład Energetyczny Łódź-Teren S.A. z okazji Dnia Energetyka, przyznania tytułu doktora honoris causa prof. Tadeuszowi Kaczorkowi i prezentacji nowych rozwiązań w zakresie aparatury średnich i wysokich napięć oferowanych przez firmę OLMEX S.A.

Część informacyjną zamykają sprawozdania z wyjazdu szkoleniowego zorganizowanego przez Koło SEP dla pracowników Dalkii Łódź S.A. do EC Żerań i odwiedzin działaczy OŁ SEP i zaproszonych gości w łódzkiej fabryce firmy DELL.

Kazimierz Zakrzewski

## Kriotechnika i nadprzewodnictwo w zastosowaniu do transformatorów

### Streszczenie:

W artykule przedstawiono krótką historię odkryć w dziedzinie nadprzewodnictwa. Omówiono pojęcia podstawowe, rodzaje nadprzewodników niskotemperaturowych LTS i wysokotemperaturowych HTS oraz technologię wykonania przewodów. Na podstawie literatury, przedstawiono prace w zakresie zastosowania kriotechniki i nadprzewodnictwa do transformatorów energetycznych

### 1. Wstęp

Odkrycie nadprzewodnictwa mogło dojść do skutku, dzięki opanowaniu techniki skraplania gazów, która pozwoliła na wytwarzanie niskich temperatur. Polscy uczeni: chemik Karol Olszewski (1846–1915) i fizyk Zygmunt Wróblewski (1845–1888) z Uniwersytetu Jagiellońskiego mieli tutaj ważny wkład osobisty wskutek skroplenia po raz pierwszy na świecie w warunkach laboratoryjnych: tlenu (1883), a następnie azotu, dwutlenku węgla i wodoru. Dzisiaj technika skraplania poprzez sprężanie i następnie gwałtowne rozprężanie gazów i dystrybucja gazów w postaci ciekłej została opanowana na skalę przemysłową. Jednocześnie doskonalone są chłodziarki, które mogą być stosowane lokalnie, dostarczając na miejscu określone cieczy kriogeniczne. W badaniach nad nadprzewodnictwem, ważną rolę odgrywa skroplony hel, zapewniający utrzymanie temperatury 4,2 K pod ciśnieniem normalnym, bardzo bliskiej temperatury zera bezwzględnego. Drugim powszechnie używanym gazem jest skroplony azot, którego temperatura wynosi 77,4 K pod ciśnieniem normalnym. W Polsce istnieje dobrze opanowana technologia uzyskiwania gazowego helu z pokładów gazu ziemnego, zalegającego w strukturach geologicznych czerwonego spągowca, w okolicach Odolanowa, jak również istnieje powszechna dostępność ciekłego azotu.

Niestety, kosztowne badania w zakresie elektroenergetycznych urządzeń nadprzewodnikowych, nie doczekały się realizacji programów, które zostały nakreślone przed czterdziestu laty i były częściowo realizowane w ramach współpracy międzynarodowej ówczesnych krajów socjalistycznych (INTERKRIOLEP). Dzisiaj możemy jedynie obserwować dokonania powstające za granicami naszego kraju.

### 2. Kronika odkryć i wynalazków w dziedzinie nadprzewodnictwa

W pracy [9] zestawiono kilka faktów, które wielu autorów prac i podręczników uważa za kamienie milowe w dziedzinie nadprzewodnictwa.

- 1911. Holenderski fizyk Heike Kamerlingh Onnes odkrywa zjawisko nadprzewodnictwa rtęci w temperaturze 4K.
- 1933. W. Meissner i R. Ochsenfeld odkrywają zjawisko wypierania strumienia magnetycznego z nadprzewodnika w stosunkowo słabych polach, które nazwano zjawiskiem Meissnera.
- 1941. Odkrycie właściwości nadprzewodzących azotku niobu w temperaturze 16 K.
- 1953. Odkrycie nadprzewodnictwa trójkrzemku wanału w temperaturze 17,5 K.
- 1962. Badacze z koncernu Westinghouse wyprodukowali pierwszy przewód handlowy z niobu-tytanu Nb-Ti.
- 1986. Uczeni z koncernu IBM Alex Muller i Georg Bednorz tworzą ceramiczne połączenie lantanu, baru i tlenku miedzi, które okazuje się nadprzewodnikiem w temperaturze 35 K.
- 1987. Grupa uczonych z Uniwersytetu Houston i Uniwersytetu Alabama w Huntsville zastępuje lantan przez itr i tworzy materiał ceramiczny, który staje się nadprzewodnikiem w temperaturze 92 K.
- 1988. Allen Herman z Uniwersytetu w Arkansas tworzy materiał ceramiczny zawierający wapń i tal, który staje się nadprzewodnikiem w temperaturze 120 K. Wkrótce koncern IBM przy współpracy z Laboratoriami AT i T. Bell wytwarzają nadprzewodniki ceramiczne o podwyższonej temperaturze krytycznej 125 K.
- 1993. A. Scilling, M. Cantoni, J.D. Guo i H.R. Ott z Zurichu tworzą nadprzewodnik zawierający ołów, bar i miedź ( $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_8$ ) o temperaturze krytycznej 133 K.
- 2001. J. Nagamatsu, N. Nakagawa, T. Muramaka, Y. Zenitani, J. Akimitsu odkrywają nadprzewodnictwo taniego związku dwuborku magnezu  $\text{MgB}_2$  w temperaturze 39 K.

### 3. Nadprzewodniki – pojęcia podstawowe

Nadprzewodniki charakteryzują się zerową rezystywnością i doskonałym diamagnetyzmem w określonych warunkach, wyznaczonych przez temperaturę, zewnętrzne pole magnetyczne i gęstość prądu elektrycznego przepływającego przez nadprzewodnik. Nadprzewodniki II rodzaju w pewnym przedziale natężenia pola magnetycznego mogą zachować tzw. stan mieszany, kiedy pewne fragmenty materiału są doskonałym diamagnetykiem, wypierającym pole magnetyczne, a pewne przewodzą kwantowany strumień w postaci fluksonów. Graniczne wartości tych wielkości fizycznych określane są jako krytyczne.

Stan nadprzewodnictwa utrzymuje się, jeżeli punkt pracy materiału wyznaczony przez temperaturę, gęstość prądu oraz natężenie pola magnetycznego znajduje się poniżej powierzchni krytycznej lub charakterystyki krytycznej, właściwej dla tego materiału. Powierzchnia krytyczna jest funkcją trzech zmiennych: temperatury, gęstości prądu i natężenia pola magnetycznego. Charakterystyka krytyczna, to zależność natężenia krytycznego pola magnetycznego od gęstości prądu krytycznego w temperaturze poniżej temperatury krytycznej.

Bardzo często natężenie pola krytycznego zastępuje się przy charakteryzowaniu nadprzewodnika indukcją pola magnetycznego. Definicje parametrów krytycznych nadprzewodników według PN-IEC 60050-815:2002- Międzynarodowy Słownik Terminologiczny Elektryki - Część 815: Nadprzewodnictwo [3] są następujące:

$T_c$  – temperatura krytyczna. Temperatura, poniżej której nadprzewodnik wykazuje nadprzewodnictwo przy zerowym natężeniu pola magnetycznego i przy zerowym prądzie elektrycznym

$H_{c1}$  – natężenie dolnego krytycznego pola (magnetycznego). Natężenie pola magnetycznego, przy którym flukson wnika po raz pierwszy do objętości nadprzewodników II rodzaju powodując odstępstwo od idealnego diamagnetyzmu.

$H_{c2}$  – natężenie górnego krytycznego pola (magnetycznego), poniżej którego nadprzewodnik drugiego rodzaju jest w stanie mieszanym.

$I_c$  – prąd krytyczny. Maksymalny prąd stały, który może być rozpatrywany jako płynący bez rezystancji. Zależy od temperatury.

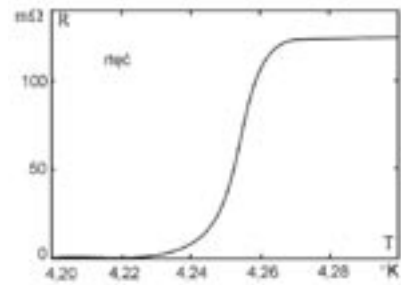
$J_c$  – gęstość prądu krytycznego. Gęstość prądu elektrycznego przy prądzie krytycznym określona albo dla całego przekroju przewodu (całkowita), albo gdy występuje stabilizator, dla niestabilizowanej części przewodu.

Granicą umowną podziału na nadprzewodniki niskotemperaturowe (LTS – *low temperature superconductor*) i wysokotemperaturowe (HTS – *high temperature superconductor*) jest  $T_c = 25$  K. Przejście od stanu przewodzenia do stanu nadprzewodnictwa i odwrotnie odbywa się w sposób bardzo stromy, ale nie skokowy.

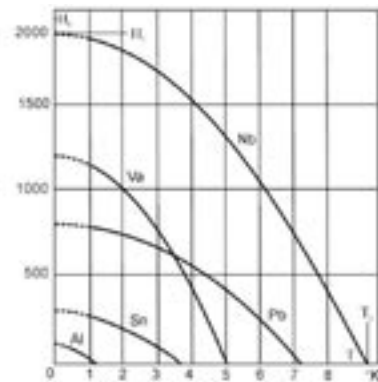
Przyjmuje się, że parametr osiąga wartość krytyczną, gdy rezystywność nadprzewodnika lub natężenia pola elektrycznego w nadprzewodniku osiąga wartość przyjętego kryterium. Dla nadprzewodników niskotemperaturowych stosowane są kryteria rezystancyjne – dziesięć do minus czternastej lub minus trzynastej ometra, lub połowe – dziesięć mikrowoltów na metr lub sto mikrowoltów na m. Dla nadprzewodników wysokotemperaturowych kryteria rezystancyjne wynoszą dwa razy dziesięć do minus trzynastej ometra i dziesięć do minus dwunastej ometra, lub połowe – sto mikrowoltów na metr i pięćset mikrowoltów na metr [2, 3].

#### 4. Przewody nawojowe nadprzewodnikowe

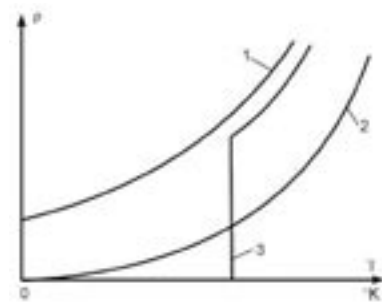
Producenci przewodów LTS podają charakterystyki krytyczne przewodów w postaci tabel lub wykresów dla



a) Przykładowa zależność  $R(T)$  dla rtęci

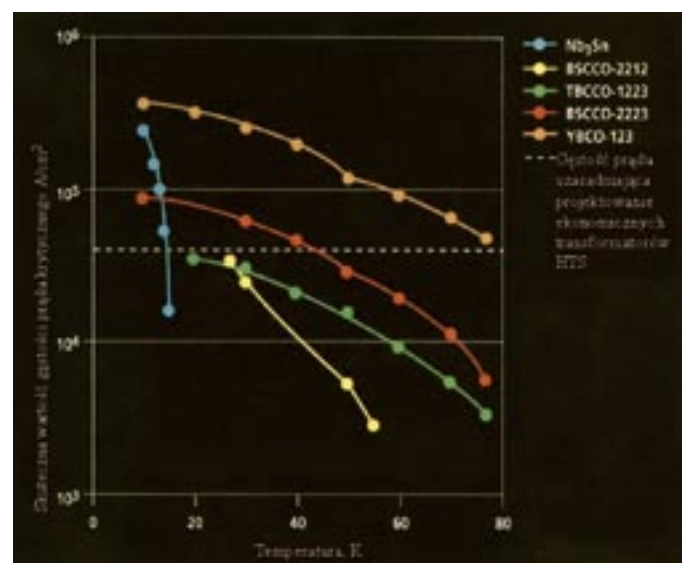


b) Zależność  $H_c(T)$  dla wybranych nadprzewodników LTS I-go rodzaju



c) Zależność poglądowa  $\rho(T)$  dla 1 – przewodnika rzeczywistego, 2 – przewodnika idealnego, 3 – nadprzewodnika

Rys 1. Podstawowe charakterystyki nadprzewodników niskotemperaturowych LTS I-rodzaju



Rys. 2. Porównanie charakterystyk gęstości krytycznej prądu różnych nadprzewodników wysokotemperaturowych HTS (IEEE Spectrum, July 1997 [4])

jednej lub dwóch wartości temperatury ciekłego helu: 4,2 K lub 1,8 K (temperatura w stanie nadciekłym helu). Jeśli chodzi o przewody HTS, to mogą one pracować w dużo szerszym zakresie temperatur, dlatego producenci podają charakterystyki dla licznych temperatur w przedziale od temperatury ciekłego azotu (77 K) do temperatury ciekłego helu (4 K).

Zastosowanie nadprzewodników, zamiast przewodników konwencjonalnych, umożliwia znaczne zwiększenie średnich gęstości prądu w przewidywanych urządzeniach. W niektórych przypadkach, ten wzrost może osiągnąć dwa rzędy wielkości.

Generalnie, duże wartości indukcji magnetycznej oraz duże gęstości prądu są źródłem naprężeń mechanicznych wskutek sił elektrodynamicznych (sił Lorentza) działających na przewody. Włókna nadprzewodzące, o stosunkowo małej wytrzymałości mechanicznej, są zatapiane w matrycy stabilizacyjnej o znacznie większym przekroju, aby przewód był zdolny do przejścia prądu w awaryjnym stanie wyjścia ze stanu nadprzewodnictwa i jednocześnie miał lepszą wytrzymałość mechaniczną. Matryca musi być materiałem o dobrej przewodności elektrycznej i cieplnej.

W projektowanym uzwojeniu niezbędne jest zastosowanie dodatkowych elementów konstrukcyjnych w celu wzmocnienia mechanicznego.

Często, w celu pewności utrzymania wymaganej temperatury przewodu, są one zaopatrzone w wewnętrzne kanały przez które przepływa ciecz kriogeniczna – chłodząca.

Powyższe względy powodują, że współczynnik wypełnienia przekroju gotowego przewodu nośnikiem nadprzewodzącym, jest stosunkowo mały. W przypadku całego uzwojenia, które zawiera dodatkowo izolację elektryczną oraz konstrukcje nośne, współczynnik ten jest jeszcze mniejszy. Uogólniając, można stwierdzić, że na wartość tego współczynnika wpływają: kształt przewodu, rodzaj stabilizacji, sposób chłodzenia, elementy wzmacniające i izolacja elektryczna.

Przewody LTS stosowane w praktyce w temperaturach helowych są wykonywane: ze stopu Nb-Ti oraz ze związków intermetalicznych: Nb<sub>3</sub>Sn, Nb<sub>3</sub>Al i V<sub>3</sub>Ga.

Przykładowo, przewody z Nb-Ti są stosowane dotychczas w elektromagnesach bez rdzenia ferromagnetycznego, wytwarzających pola magnetyczne o indukcji do 8 T. Dla pól do 14 T wykorzystuje się Nb<sub>3</sub>Sn. W zakresie od 13 T do 18 T używa się przewodów V<sub>3</sub>Ga, natomiast do 30 T przewody wykonywane są z Nb<sub>3</sub>Al i Nb<sub>3</sub>(Al, Ge).

Przewody HTS z materiałów nadprzewodzących Bi-2212, Bi-2223, Y-123 stosowane do budowy uzwojeń pracują w temperaturach ciekłego azotu i niższych [3].

## 5. Technologia wykonywania przewodów nadprzewodnikowych

Przytoczymy jedną z dwóch technologii wytwarzania przewodów HTS – metodę rurowo-proszkową. Materiał nadprzewodzący sproszkowany umieszcza się początkowo w rurce, która będzie spełniać rolę matrycy (stabilizatora). Rurka wykonana jest ze srebra, chociaż bywają także matryce srebrno-złote. Matryce ze srebra nie domieszko- wanego wykonuje się w przewodach ogólnego zastosowa-

nia. Aby poprawić właściwości mechaniczne, dodaje się magnez i nikiel. Dla zwiększenia przewodności cieplnej stosuje się dodatek w postaci złota. Całość jest przeciągana do wymaganej średnicy. Wiązki, obrobionych wstępnie rurek, umieszczane są w kolejnej rurce i przeciągane aż do uzyskania przewodu o założonych wymiarach.

Drugi sposób, to technologia nakładania warstw (poszczególnych cienkich warstw) na podłoże matrycowe w procesie chemicznego lub fizycznego osadzania próżniowego lub w procesie osadzania metalurgicznego.

Więcej informacji na ten temat zawiera opracowanie [3].

Należy podkreślić, że w miarę opanowywania produkcji, cena przewodów niskotemperaturowych spadała dość intensywnie w latach 1996–2004 (blisko dziesięciokrotnie), osiągając cenę ok. 50 dolarów amerykańskich na kAm.

W przypadku metody rurowo-proszkowej, przewód po obróbce mechanicznej jest poddawany zazwyczaj obróbce termicznej w atmosferze tlenu i wtedy włókna proszkowe ulegają zestaleniu. Jedynie w atmosferze beztlenowej wygrzewane są przewody z Nb<sub>3</sub>Sn. Często istnieje potrzeba zastosowania w projektowanych urządzeniach przewodów taśmowych. Przewody taśmowe uzyskuje się w procesie technologicznym poprzez spłaszczenie przewodów okrągłych. Jednym z najbardziej liczących się producentów przewodów nadprzewodnikowych jest firma American Superconductor w USA, która może dostarczać przewody na specjalnych szpulach, bezpośrednio przydatnych w procesie nawijania uzwojeń, bez narażenia na uszkodzenia mechaniczne.

## 6. Chłodzenie uzwojeń nadprzewodnikowych

Uzwojenia nadprzewodnikowe muszą być umieszczone w kriostacie. Utrzymywanie uzwojeń w stanie nadprzewodnictwa polega na odbiorze ciepła powstającego wskutek strat zmiennoprądowych, jakiegokolwiek innej zmiany natężenia prądu obciążenia, załączania i wyłączania prądu oraz ciepła powstającego wskutek zakłóceń mechanicznych i dostającego się do wnętrza kriostatu z zewnątrz przez izolację termiczną, ścianki, przepusty prądowe i pomiarowe. Do chłodzenia mogą być wykorzystane kriochłodziarki oraz cieczy kriogeniczne: ciekły hel (4,2 K), ciekły wodór (20,4 K) oraz ciekły azot (77,4 K).

Wyróżnia się cztery podstawowe techniki chłodzenia: kąpiel, chłodzenie wymuszone, kontaktowe (przy wykorzystaniu kriochłodziarki) oraz chłodzenie w kąpeli ze wspomaganiami [3].

Uzwojenia LTS są chłodzone dwustopniowo. Znajdują się bezpośrednio w kąpeli poprzez zanurzenie w pojemniku z ciekłym helem, a ten z kolei jest umieszczony w pojemniku z ciekłym azotem. Można powiedzieć, że kriostat jest dwustopniowy. Chłodzenie wymuszone polega na przepływie ciekłego lub gazowego helu, wodoru i azotu w kanałach chłodzących wewnątrz uzwojenia i wymaga specjalnej budowy przewodów i także uzwojeń.

Chłodzenie kontaktowe polega na odbiorze ciepła przez kontakt z głowicą kriochłodziarki, połączoną z kompresorem helowym i jest stosowane do odbioru niewielkich ilości ciepła o mocy 30–40 W. Kąpiel ze wspomaganiami

polega na odbiorze ciepła od cieczy kriogenicznej przez kriochłodziarkę. Powyższy sposób, jak dotychczas, dotyczy niewielkich urządzeń, głównie laboratoryjnych.

## 7. Krioprzepusty

Krioprzepusty, jako niezbędne elementy łączące uzwojenia znajdujące się w cieczy kriogenicznej z pozostałą częścią obwodu elektrycznego pozostającego w temperaturze pokojowej, mogą być wykorzystane jako nadprzewodzące lub rezystywne. W sensie przepływu ciepła, dostarczają ciepło z otoczenia do wnętrza kriostatu, a także generują ewentualne straty Joule'a, powstałe wskutek przepływu prądu przez rezystancję przepustu. Przykładowo, krioprzepusty miedziane mają stopniowany przekrój, zmniejszający się w kierunku obszaru kriogenicznego, co wynika z kompromisu między rozkładem strat Joule'a i ograniczeniem dopływu ciepła z zewnątrz do kriostatu. Dopływ ciepła przez krioprzepusty prądowe ma znaczący udział w bilansie ciepła kriostatu, dlatego często są one chłodzone w sposób wymuszony na całej długości przepustu (konwekcja wymuszona).

Krioprzepusty prądowe, przystosowane do chłodzenia kontaktowego pracują w próżni. Odbiór ciepła następuje wtedy na drodze przewodnictwa cieplnego.

W odniesieniu do krioprzepustów HTS, oferowane są na rynku produkty firm: Furukawa Electric, American Superconductor, a w szczególności HTS ACCEL-Instruments o prądach znamionowych od kilkuset do kilkudziesięciu tysięcy amperów. Krioprzepusty doprowadzają do kriostatu zaledwie ok. 10% ciepła, które przechodziłoby przez tzw. przepust konwencjonalny [3]. Są to głównie krioprzepusty do celów badań laboratoryjnych.

## 8. Przewidywane zalety kriotransformatorów w porównaniu z transformatorami konwencjonalnymi

W zakresie transformatorów rozważa się zastosowanie nadprzewodników do budowy uzwojeń zamkniętych w kriostacie, pozostawiając konwencjonalny rdzeń z blach elektrotechnicznych chłodzony powietrzem lub umieszczony w kadzi olejowej. Nie rozważa się natomiast transformatorów bezrdzeniowych ze względu na dużą wartość prądu stanu jałowego. Podstawowe zalety transformatorów z uzwojeniami nadprzewodzącymi to:

- zmniejszony koszt transformacji wskutek zmniejszonych strat w uzwojeniach i zwiększona sprawność łączna z uwzględnieniem mocy wydatkowanej na chłodzenie.
- Transformatory konwencjonalne charakteryzują się dużą sprawnością, dlatego zysk energetyczny z tytułu nadprzewodnictwa dotyczy w szczególności jednostek o mocach ekstremalnych.
- znaczne zmniejszenie wymiarów geometrycznych i ciężarów transformatorów w porównaniu z konwencjonalnymi o równoważnej mocy znamionowej
- możliwość wykorzystania transformatora jako ogranicznika prądów zwarcia po przejściu do pracy w temperaturze normalnej;

- wzrost przepustowości sieci przesyłowej wskutek zmniejszenia impedancji transformatora z uzwojeniami nadprzewodzącymi wobec impedancji transformatora konwencjonalnego [9].

## 9. Prace badawcze i projektowe w zakresie kriotransformatorów

Transformatory, których uzwojenia wykonane są z nadprzewodników lub starannie oczyszczonej z zanieczyszczeń wewnętrznych i domieszek miedzi lub aluminium (o czystości powyżej 99%) o znacznie podwyższonej konduktywności w bardzo niskich temperaturach, noszą nazwę kriotransformatorów. Te z kolei można podzielić na nadprzewodnikowe i kriokonduktywne w zależności od materiału nawojowego uzwojeń.

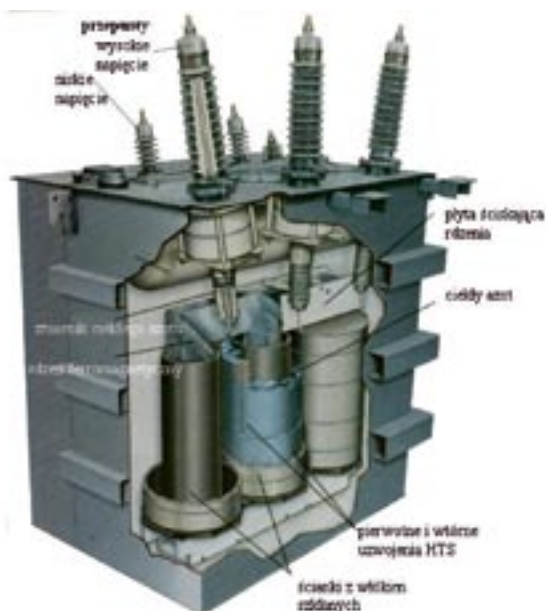
Ponad czterdzieści lat temu, w 1961 r. został wykonany pierwszy eksperymentalny kriotransformator nadprzewodnikowy, chłodzony ciekłym helem, o mocy 15 kVA, jako wynik współpracy Uniwersytetu w Syrakuzach i firmy Arther D. Little Incorporated w USA. W 1963 r. w firmie AEI (Wielka Brytania) powstał projekt koncepcyjny transformatora o mocy 570 kVA, w 1969 r. w firmie Ferranti (Wielka Brytania) i w 1970 r. w firmie CERL (Wielka Brytania), projekt koncepcyjny transformatora 600 MVA. Wydawało się, że sprawa kriotransformatorów nadprzewodnikowych będzie się rozwijać w szybkim tempie, lecz zauważono po pewnym czasie osłabienie zainteresowania tego rodzaju urządzeniami ze strony potencjalnych użytkowników. Podnosili oni przede wszystkim sprawę zapewnienia niezawodności urządzeń, które powinny pracować przez długi czas bezawaryjnie w systemach elektroenergetycznych i wykazywać odporność na występujące siły zwarcia. Mimo to, prace badawcze były nadal kontynuowane, szczególnie w Japonii, w której do tej pory istnieje zainteresowanie nadprzewodnictwem w niskich temperaturach, także ze względu na zastosowania nadprzewodnictwa: w maszynach synchronicznych, w zasobnikach mechanicznych energii kinetycznej, w urządzeniach medycznych itp.

W Uniwersytecie Nagoy, w porozumieniu z firmą Takaoka wykonano transformator o mocy 100 kVA, firma Kansai Electric wspólnie z koncernem Mitsubishi zbudowała transformator o mocy 200 kVA, specjaliści z Uniwersytetu w Osace oraz firmy Toshiba opracowali transformator o mocy 40 kVA. Większy transformator o mocy 1 MVA powstał we współpracy Uniwersytetu Kyushu i tejże Toshiba. Te wieloletnie badania miały na celu zbadanie stabilności uzwojeń w stanach przeciążenia, wpływu budowy przewodów i konstrukcji uzwojeń na straty mocy przy prądzie przemiennym.

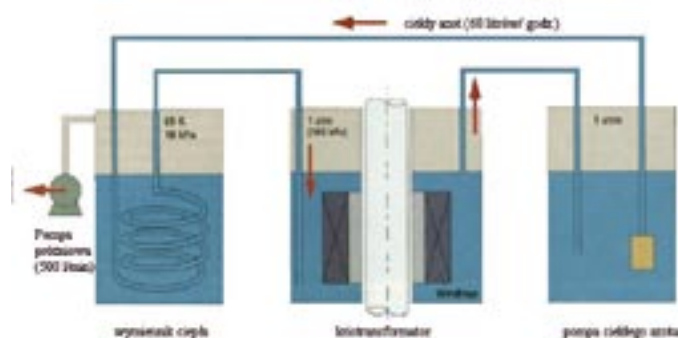
Należy podkreślić, że według ówczesnych możliwości technicznych skraplarek i materiałów izolacyjnych termicznie, na odprowadzenie 1 W mocy z obszaru o temperaturze ciekłego helu należało wydatkować ok. 1 kW mocy w urządzeniu skraplającym. Dlatego zainteresowanie wyższymi temperaturami pracy uzwojeń, możliwymi w przypadku transformatorów z uzwojeniami kriokonduktywnymi, miało atrakcyjny charakter. Wraz z obniżeniem temperatury, wspomniane czyste metale (Cu i Al. o czystości 99,999%) znacznie zmniejszają swoją rezystywność

w temperaturach helowych i wodorowych, w porównaniu z rezystywnością w temperaturach pokojowych (kilkaset razy). W ten sposób znacznie maleją straty obciążeniowe przy przewidywanej pracy uzwojeń w tak niskich temperaturach. W temperaturach skroplonego gazu ziemnego i podobnych, zmniejszenie rezystywności nie jest już tak drastyczne.

Transformatory kriokonduktywne były przedmiotem badań w następujących firmach: L'Air Liquide (Francja – 1965) – wykonanie i badanie transformatora 235 kVA, AEI (Wielka Brytania – 1965) – projekt koncepcyjny transformatora 700 MVA, Hitachi (Japonia – 1975) – wykonanie i badanie transformatora o mocy 1200 kVA z uzwojeniami i rdzeniem zanurzonymi w ciekłym freonie (ok. 120 K pod normalnym ciśnieniem) [1].



Rys. 3. Budowa kriotransformatora według projektu firmy Intermagnetics General i Waukesha Electric (IEEE Spectrum, July 1997 [4])



Rys. 4. Układ chłodzenia eksperymentalnego transformatora o mocy 500 kVA zbudowanego i zbadanego przy współpracy Uniwersytetu w Kyushu, Fuji Electric i Sumitomo Electric Industries (IEEE Spectrum, July 1997 [4])

Lata następne przyniosły odkrycie nadprzewodników wysokotemperaturowych HTS. W przeciwieństwie do nadprzewodników LTS stosowanych w temperaturach helowych, praca uzwojeń zachowujących nadprzewodnictwo w większych temperaturach wiąże się ze znacznie mniejszym nakładem mocy wydatkowanej na odprowadzenie 1 W ciepła z obszaru o niskiej temperaturze.

W końcu lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, w Stanach Zjednoczonych, powołano zespół zajmujący się projektowaniem, budową i badaniem transformatorów z uzwojeniami HTS, obejmujący następujące fabryki i organizacje: Waukesha Electric Systems (fabryka transformatorów), Super-Power (wytwórca przewodów HTS), Rochester Gas and Electric (przewidywany użytkownik transformatorów), Oak Ridge National Laboratory (badania wspomagające), Rensselaer Polytechnic Institute (badania wspomagające) [4,5].

Projektowanie obejmowało:

a) transformator jednofazowy o mocy 1 MVA i przekładni napięciowej 13,8 kV/6,9 kV,

b) Widok zewnętrzny transformatora jest podobny do transformatora konwencjonalnego. Nad pokrywą znajduje się walcowy konserwator z ciekłym azotem, spełniający rolę naczynia rozszerzalnego oraz chłodziarka spełniająca rolę wymiennika ciepła,

c) Każdą została zaopatrzona dodatkowo w ekrany chroniące przed dopływem ciepła z otoczenia,

d) transformator trójfazowy o mocy 5 MVA z możliwością trwałego dwukrotnego przeciążenia w ciągu 48 godzin (10 MVA). Przekładnia napięciową 24,9 kV/4,2 kV. Układ połączeń Dy,

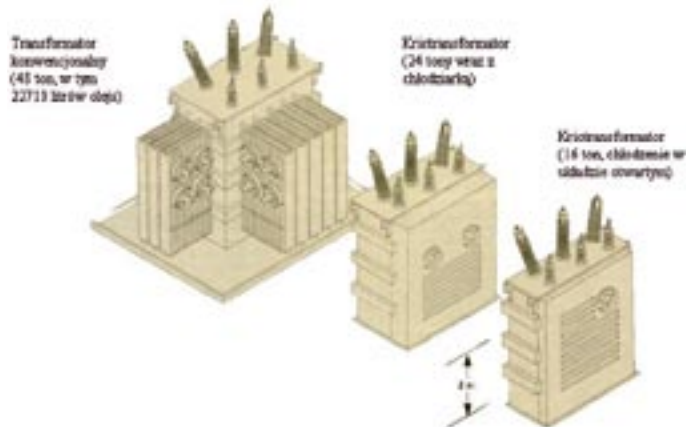
e) transformator trójfazowy o mocy 30 MVA z możliwością trwałego dwukrotnego przeciążenia w ciągu 48 godzin (60 MVA). Przekładnia napięciowa 138 kV/13,8 kV. Układ połączeń Dy.

Transformator o mocy 30 MVA jest uważany w Stanach Zjednoczonych jako typowy (najczęściej stosowany) transformator rozdzielczy. Początkowo wykonany został transformator jednofazowy, a następnie trójfazowy o mocy 5 MVA. Zastosowano przewody wykonane z nadprzewodnika BSCCO2223. Okazało się, że ze względu na straty zmiennoprądowe w uzwojeniach, w transformatorze 30 MVA trzeba będzie zastosować lepszy nadprzewodnik HTS typu YBCO (zawierający itr). Dane dotyczące szczegółów konstrukcji są niedostępne. Wymienia się jedynie dane przewodu nawojowego: szerokość 3–10 mm, grubość 0,05–0,15 mm, długość jednolita do 1000 m. Gęstość krytyczna prądu w warstwie YBCO w temperaturze ciekłego azotu (77,4 K pod normalnym ciśnieniem) wynosi 104 A/mm<sup>2</sup>. Wymagania mechaniczne stawiane przewodom: minimalny promień gięcia 100 mm, minimalne odkształcenie pod wpływem rozciągania 0,15%, minimalne naprężenie rozciągające 100 MPa przy przepływie prądu o wartości 95% I<sub>kr</sub>. Przewód musi być tak stabilizowany, aby uzyskać możliwość dziesięciokrotnej przeciążalności prądowej w czasie 1 sek. O ile podano do wiadomości, że w 2003 r. powstał transformator o mocy 5 MVA, to jak dotychczas brak doniesień w sprawie realizacji projektu transformatora o mocy 30 MVA.

W wyniku współpracy międzynarodowej koncernów i następujących instytucji: ABB, American Superconductor Corporation, Electricite de France, Service Industrielle de Geneve i Politechniki Federalnej w Lozannie zbudowano i włączono do sieci miejskiej w Genewie pierwszy transformator rozdzielczy o mocy 630 kVA i napięciach 18,7kV/0,42 kV. Transformator pracuje już kilka lat z dobrym skutkiem. Należy przy tym zauważyć, że rdzeń transformatora był chłodzony powietrzem.



Grupa japońska: Fuji Electric, Kyushu Transformer, Taiyo Toyo Samsu Co, Kyushu University i Kyushu Electric Power, opracowała i zbadała oraz włączyła do sieci transformator jednofazowy o mocy 1 MVA i napięciach 22/6,9 kV chłodzony ciekłym azotem. Grupa następnie rozpoczęła pracę nad podobną jednostką o mocy 3 MVA.



Rys. 5. Porównanie transformatora konwencjonalnego 30 MVA, 138/19,8 kV z dwiema wersjami kriotransformatorów HTS (IEEE Spectrum, July 1997 [4])



Rys. 6. Kriotransformator o mocy 630 kVA, 18,7/0,42 kV z uzwojeniami HTS (BSCCO - 2223) zainstalowany w Genewie. Przebadany przez ABB Brown Boveri Ltd. (IEEE Spectrum 1997 [4])



Rys. 7. Współtwórcy kriotransformatora doświadczalnego w Uniwersytecie Southampton. Od lewej: dr Maithan Al.-Mosawi, dr Richard Stoll, dr Kevin Goddard, prof. Carlo Beduz, dr Andrew Power, (National Grid Company) prof. Jan Sykulski

Od czasu do czasu pojawiają się doniesienia dotyczące transformatorów przeznaczonych do zasilania urządzeń w lokomotywach elektrycznych, gdzie brak miejsca wymusza rozwiązania niekonwencjonalne. Jedną z ostatnich prac w zakresie kriotransformatorów z uzwojeniami HTS jest realizacja transformatora jednofazowego o mocy 500 kVA, który powstał we współpracy Uniwersytetu Kyushu, Fuji Electric i Sumitomo Electric Corporation (SEC). W tym przypadku dysponujemy stosunkowo dużą ilością danych, które umieszczono w tabeli 1. [9].

Tab. 1. Wybrane dane kriotransformatora z uzwojeniami HTS (Uniwersytet Kyushu, Fuji Electric, Sumitomo Electric Corporation)

Moc	500 kVA	Uzwojenie pierwotne-nawijane trzema drutami równoległymi (z transpozycją) w trzech warstwach po 50 zwojów. Warstwy połączone szeregowo. 150 zwojów szeregowych.
Częstotliwość	60 Hz	Uzwojenie wtórne nawijane sześcioma drutami równoległymi (z transpozycją) w trzech warstwach po 25 zwojów. 75 zwojów szeregowych.
Przekładnia napięciowa	6600 V/3300 V	
Prądy	76 A/ 152 A	
Napięcie zwarcia	0,67%	
Kriostat typu GFRP – wysokość	1210 mm	
średnica zewnętrzna	597 mm,	
średnica wewnętrzna	509 mm	
Wysokość rdzenia	1580 mm	Przewody nawojowe
Szerokość rdzenia	1110 mm	Nadprzewodnik BSCCO2223
Przekrój rdzenia	986 cm <sup>2</sup>	Matryca (stabilizator) czyste srebro
Indukcja magnetyczna w rdzeniu	1,7 T	Przekrój 0,22 mm x 3,5 mm
Wysokość uzwojeń	748 mm	Liczba włókien
Średnice uzwojenia pierwotnego	509 mm/465 mm	61
Średnice uzwojenia wtórnego	597 mm/553 mm	Stosunek przekroju srebra do przekroju nadprzewodnika
		2,5
		Prąd krytyczny
		35 A

Kilka lat temu w Uniwersytecie Southampton (Wielka Brytania) wykonano doświadczalny kriotransformator z jednym uzwojeniem nadprzewodzącym, a drugim konwencjonalnym w celu zbadania strat w uzwojeniu nadprzewodzącym w warunkach obciążenia. W projekcie tym uczestniczył, między innymi, mój doktorant, a obecnie profesor Jan Sykulski. Ze względu na szczególny i podstawowy charakter badań, trudno było oczekiwać konstrukcji wykonanej pod kątem prototypowym.

Przed kilkoma laty pojawiła się kolejna możliwość wykorzystania nowego materiału, dwuborku magnezu MgO<sub>2</sub>, jako nadprzewodnika HTS [8]. Temperatura krytyczna dwuborku magnezu wynosi ok. 39 K. Odkrycia właściwości nadprzewodzących tego związku dokonało pięciu badaczy japońskich pod kierunkiem Jun Akimitsu w 2001 r. Dalsze badania następowały lawinowo, zwłaszcza idące w kierunku podwyższenia temperatury krytycznej nadprzewodnika i przetworzenia postaci proszkowej do postaci przewodów o właściwościach nawojowych. Jak dotychczas, zastosowania do budowy uzwojeń transformatorów nie odnotowano.

W 2004 r. odbyła się w Jacksonville w USA Konferencja Applied Superconductivity Conference ASC/04. Z grupy Waukesha w USA została przedstawiona praca C.S. Webera i innych na temat projektowania i badań testowych

transformatora 5/10 MVA, A. Tomioko i inni z Japonii przedstawili osiągnięcia związane z transformatorem jednofazowym 2 MVA, 66 kV/9 kV, S.H. Kim i inni z Korei Południowej zaprezentowali charakterystyki transformatora o mocy 1 MVA. Interesujące było doniesienie C. J. Lee i B. Y. Seoka z Hyundai Heavy Industries, CO, Ltd na temat projektu transformatora trójfazowego 40 MVA z uzwojeniami HTS nawijanymi przewodami typu YBCO. Nie było jednak informacji na tyle znaczących, aby można było je wykorzystać w ewentualnych badaniach w zakresie kriotransformatorów w innych ośrodkach, nie mających wystarczająco zaplecza oraz własnego doświadczenia badawczego.

## 10. Ciecze kriogeniczne jako izolatory

Właściwości cieczy izolacyjnych kriogenicznych zostały opisane przez F. Mosińskiego w pracy [9]. Założenia do badań wytrzymałości ciekłego helu i azotu, jak i metody analizy wyników są brane z obszernych doświadczeń zgromadzonych dla oleju transformatorowego. Generalnie, dla cieczy, akceptowaną hipotezą dla wyjaśnienia ilościowych zależności dla napięć przebicia, jest hipoteza słabego punktu, albo inaczej hipoteza słabego ogniwa. Prowadzi to do rozkładu Weibulla, jako do rozkładu opisującego dystrybucję napięć przebicia cieczy. Słuszny jest również efekt objętości szczególnie naprężanej, uzależniający natężenie pola elektrycznego, przy którym zachodzi przebicie cieczy izolacyjnej od objętości szczególnie naprężanej lub od powierzchni szczególnie naprężanej.

Powyższe cechy i właściwości ciekłego helu lub azotu są identyczne jak dla oleju mineralnego. W pracy [9] stwierdzono i zilustrowano, jakie różnice dotyczą wartości liczbowych.

Zasadnicza odmienność w odniesieniu do oleju wynika stąd, że ciekły hel i azot mogą zmienić stan skupienia. W przypadku gwałtownej zmiany temperatury (np. przy nagłym wzroście prądu w stanie zwarcia) dielektryk ciekły przechodzi w stan gazowy, ale wymogi wytrzymałości elektrycznej nie powinny ulec zmianom. Zatem interesująca jest nie tylko wytrzymałość elektryczna w fazie ciekłej, ale również w stanach przejściowych, gdy zaczynają powstawać pęcherzyki gazu i w końcu ciecz przechodzi w stan pary nasyconej.

Jak wspomniano, na świecie zbudowano już kilkanaście prototypowych nadprzewodzących jednostek transformatorowych i to zarówno w wykonaniu LTS, jak i HTS. Dla bezpośredniej izolacji zwojów i cewek nadprzewodzących wykorzystuje się izolację z żywic epoksydowych. Ciekły hel, lub ciekły azot stanowi izolację główną. Uzwojenia wykonane z nadprzewodników LTS są chłodzone ciekłym helem. Dewar helowy jest umieszczony z kolei w dewarze azotowym. Transformatory nadprzewodzące, na dzień dzisiejszy, projektuje się w zakresie średnich napięć, zatem problemy izolacyjne nie mają tak dużego znaczenia. Ważniejszy problem stanowi zachowanie odpowiedniej wytrzymałości w stanie szybkiego przejścia cieczy kriogenicznej w stan gazowy.

Technologia izolacji żywicznej wymaga zapewnienia eliminacji wtrącin gazowych, lecz w tej mierze istnieją już bogate doświadczenia praktyczne.

## 11. Zakończenie

Perspektywy zastosowania kriotransformatorów w elektroenergetyce w drugiej połowie dwudziestego wieku wydawały się bardzo odległe, ze względu na brak materiałów nadprzewodzących wysokotemperaturowych. Odkrycie i dalsze poszukiwania nadprzewodników HTS stwarza nowe nadzieje, co nie oznacza wcale, że rozwój aplikacji w tej materii będzie równie szybki, jak rozwój badań podstawowych. Należy wspomnieć, że nastąpił znaczący rozwój technologii chłodniczych, poprawiających sprawność urządzeń, lecz nie jest on jeszcze na tyle powszechny, aby mógł być wykorzystywany do badań w krajach biedniejszych, o niższym poziomie technicznym w porównaniu z takimi potęgami przemysłowymi, jak USA czy Japonia. Największe nadzieje należy wiązać z amerykańskim programem transformatorowym z udziałem Waukesha Electric System, dążącym do opanowania produkcji transformatorów rozdzielczych o mocy 30 MVA, z możliwością dwukrotnego przeciążenia w ciągu 48 godzin, dla potrzeb sieci północno-amerykańskich.

Przyszłość pokaże, czy ten ambitny program zostanie upowszechniony.

## Literatura

1. Ynui Y., Tsytsumi Y., Miyashita T., Masuda S., Sakamoto T., Kakao Y., Okuyama K.: *A feasibility Study and Experiments on Cryoresistive Transformer Cooled at  $-150^{\circ}\text{C}$  with Fluorocarbon*, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS-96, No 6, 1977.
2. T. Janowski (redaktor), *Nadprzewodnikowe ograniczniki prądu*, Wyd. Drukarnia LIBER, Lublin 2002.
3. T. Janowski (redaktor), *Nadprzewodnikowe zasobniki energii*, Wyd. Liber Duo S.C., Lublin 2007.
4. Metha S. P., Aversa N., Walker M. S.: *Transforming Transformers*, IEEE Spectrum-Superconductivity in Electric Power, July 1997, pp.43-49.
5. Metha i inni, *Technologia transformatorów energetycznych* (tłumaczenie z wersji angielskiej Power Transformers technology review and assessments Electra CIGRE 2008 Febryary), Urządzenia dla Energetyki Nr4/08 lipiec 2008 ss. 24-29.
6. Sawato R. Das: *The Sensible Superconductor*, IEEE Spectrum, July 2002, pp. 34-37.
7. Zakrzewski K.: *Perspektywy zastosowania nadprzewodników wysokotemperaturowych (HTS) w transformatorach energetycznych*, Materiały Konferencyjne II Krajowej Konferencji Transformatory Energetyczne i Specjalne, Kazimierz Dolny 14-16 października 1998 r., ss. 195-201.
8. Zakrzewski K.: *Nowy nadprzewodnik-dwuborek magnezu - potencjalny materiał nawojowy dla kriotransformatorów energetycznych*, Materiały Konferencyjne IV Krajowej konferencji Transformatory Energetyczne i Specjalne, Kazimierz Dolny 25-27 września 2002 r. ss. 113-117.
9. Zakrzewski K., Mosiński F.: *Rys historyczny nadprzewodnictwa i jego zastosowanie w transformatorach*, Wiadomości Elektrotechniczne, Rok LXXIII, nr 12, 2005, ss. 17-22.
10. HTS Transformer development in Japan - [http://www.wtec.org./loyola/scpa03\\_07.htm](http://www.wtec.org./loyola/scpa03_07.htm)

**prof. Kazimierz Zakrzewski**  
**Politechniki Łódzkiej**  
**Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych**

Jacek Jastrzębski

## Warianty modernizacji tramwajowych stacji prostownikowych na przykładzie Łódzkiego Tramwaju Regionalnego

### 1. Wprowadzenie

W latach 2007–2008, w ramach budowy I etapu Łódzkiego Tramwaju Regionalnego, została przeprowadzona modernizacja dziesięciu stacji prostownikowych trakcji tramwajowej na obszarze administrowanym przez Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi. Generalnym wykonawcą zadania była Elektrobudowa S.A. Spółka Elester-PKP uczestniczyła w przedsięwzięciu w charakterze podwykonawcy oraz dostawcy urządzeń elektronicznych. Ze względu na duże zróżnicowanie stanu technicznego stacji prostownikowych przed przebudową, modernizację przeprowadzono w dwóch wariantach (zakresach). Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie tych wariantów, ze szczególnym uwzględnieniem sposobu modernizacji rozdzielnic prądu stałego 660 V.



Hala stacji prostownikowej zasilającej ŁTR

### 2. Klasyfikacja stacji

Eksploatowane przez łódzkie MPK stacje prostownikowe pochodzą z różnych lat, poddawane były różnym przebudowom, a także z różnych przyczyn nie były jednakowo utrzymywane. W dużym uproszczeniu obiekty te można podzielić na „typowe” i „nietypowe”. Do obiektów „typowych” możemy zaliczyć stacje wyposażone w prefabrykowane rozdzielnice SN i 660 V, standardowe zespoły prostownikowe z transformatorami 1200 kVA i prostownikami PK-09 we wspólnej komorze, zasilane napięciem 15 kV oraz umieszczone w budynku, którego układ nie stanowi przeszkody do dalszej eksploatacji. Do obiektów „nietypowych” zaliczamy

natomiast stacje zasilane napięciem 6 kV (wycofywanym przez ŁZE), wyposażone w nietypowe zespoły prostownikowe bądź rozdzielnice oraz posiadające napowietrzne stanowiska transformatorów prostownikowych. Innym kryterium oceny stacji był także stan aparatury pierwotnej (głównie zespołów prostownikowych) pod kątem opłacalności jej rewitalizacji i dalszej eksploatacji. Na podstawie powyższych kryteriów stacje prostownikowe, biorące udział w zasilaniu trasy ŁTR, zakwalifikowano odpowiednio do modernizacji „miękkiej” lub „twardej”, a konkretnie:

#### modernizacja „miękką”:

- stacja „Starorudzka”,
- stacja „Rembielińskiego”,
- stacja „Piotrkowska”,
- stacja „Kęs”;

#### modernizacja „twarda”:

- stacja „Chocianowice”,
- stacja „Przechodnia”,
- stacja „Stocka”,
- stacja „Zachodnia”,
- stacja „Zgierska”,
- stacja „Helenówek”.

Nadmienić należy, że urządzenia zastane na kilku podstacjach stanowiły nie lada atrakcję dla entuzjastów rozwiązań historycznych, np. wyłączniki pełnoolejowe i oszynowanie miedziane (rurkowe) na stacji Stocka, agregaty sprężarkowe na stacjach Starorudzka i Rembielińskiego czy oryginalne transformatory z dławikami od prostowników rtęciowych na stacji Przechodnia.



Oszynowanie 6 kV stacji Stocka przed modernizacją”

### 3. Modernizacja „miękką”

Podstawowym założeniem modernizacji „miękkiej” było zachowanie na stacji prostownikowej dotychczasowych zespołów prostownikowych oraz wykorzystanie konstrukcji mechanicznych istniejących rozdzielnic. Zespoły prostownikowe typu ZPK-12/0,66 złożone z transformatora TZE3-1201 i dwóch pracujących równolegle prostowników PK-09/0,66-3 charakteryzują się, mimo upływu lat, wysoką niezawodnością i wystarczającą mocą. Wymiana tych zespołów na nowe wyłącznie ze względu na pulsację 6-fazową nie byłaby więc ekonomicznie uzasadniona.

Budynek stacji został poddany rewitalizacji. W rozdzielnicy 15 kV wymieniono przekładniki, wyłączniki małoolejowe zastąpiono próżniowymi VD4, a miejsce przestarzałych przekaźników elektromechanicznych zajęły sterowniki megaMUZ. Do obsługi pól 15 kV bez zabezpieczeń i realizacji automatyki SZR na dopływach SN wykorzystano sterownik CZAT 3000plus firmy Elester-PKP. Na stacjach Rembielińskiego i Kęs odłączniki w polach zasilających zastąpiono rozłącznikami typu NALF. W rozdzielnicy 660 V wyeksploatowane wyłączniki szybkie WSe zastąpiono wyłącznikami UR26 firmy Secheron. Wymianie uległy także wysłużone styczniki próby linii. Rozdzielnica wyposażona została w system automatyki rozproszonej SAT-CZAT, dostarczony przez Elester-PKP. W skład tego systemu wchodzi sterowniki CZAT 3000plus w polach zespołów prostownikowych, zasilaczy trakcyjnych, wyłącznika rezerwowego i potrzeb własnych. Do pomiaru prądu i napięcia w obwodach 660 V wykorzystano przetworniki HVM. Sterowniki CZAT 3000plus w rozdzielnicy prądu stałego oprócz funkcji *stricte* sterowniczych realizują także rozmaite funkcje zabezpieczeniowe. Przykładem może być tutaj zabezpieczenie stromościowe od zwarć odległych ( $di/dt$ ), zabezpieczenie pod- i nadnapięciowe (bardzo ważne przy hamowaniu rekuperacyjnym) oraz zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne sieci trakcyjnej o charakterystyce zależnej ( $I > t$ ). Ponadto wszystkie stacje prostownikowe wyposażone zostały w elektroniczne zabezpieczenia ziemnozwarciowe EZZ produkcji Elester-PKP, a także układ zasilania napięciem gwarantowanym 220 V DC (siłownia firmy ELMECH). Zmodernizowane obiekty włączone zostały do istniejącego systemu zdalnego sterowania za pośrednictwem szafy obiektowej systemu BUSZ-CZAT. W szafie



Zmodernizowana rozdzielnica prądu stałego 660 V

tej zabudowano również terminal komputerowy sterowania lokalnego z systemem zobrazowania OSSA firmy Elester-PKP, pozwalającym na wygodną, doraźną obsługę stacji przez dyżurnego elektromontera.

Modernizacja obwodów wtórnych rozdzielni 660 V wykonana została w systemie PAS-CZAT. System ten jest odpowiedzią spółki Elester-PKP na wzrastające wymagania klienta w zakresie przyspieszania oraz usprawniania prac modernizacyjnych w obiektach elektroenergetycznych. Ideą systemu PAS-CZAT jest prefabrykacja obwodów wtórnych w obrębie pojedynczego pola rozdzielnicy. Na podstawie dokumentacji technicznej i oględzin istniejącej rozdzielnicy prądu stałego w firmie Elester-PKP przygotowany zostaje i wykonany kompletny panel automatyki, którego konstrukcja i wymiary umożliwiają szybki i prosty montaż w istniejącym przedziale niskonapięciowym, a układ elektryczny – współpracę z istniejącymi urządzeniami obwodów pierwotnych. Równoległe z montażem panelu automatyki przeprowadzona zostaje adaptacja elewacji pola (schemat listewkowy, lampki sygnalizacyjne, przyciski sterownicze, wskaźniki położenia). Przeprowadzenie modernizacji w tym systemie zapewnia skrócenie do minimum czasu prac wykonywanych w obiekcie, znaczne uproszczenie prób pomontażowych, a także możliwość wykonania przebudowy obiektu w ruchu ciągłym przy niewielkim odsetku błędów wykonawczych. System PAS-CZAT sprawdził się przy „miękkiej” modernizacji stacji ŁTR.



Obwody wtórne zmodernizowanej rozdzielnicy 660V

### 4. Modernizacja „twarda”

W ramach modernizacji „twardej” wymianie uległo całe wyposażenie technologiczne obiektu. Zmodernizowane stacje otrzymały nowoczesne, 12-pulsowe zespoły prostownikowe, złożone z transformatorów żywiczych typu TZM3T-1200/15 produkcji AREVA T&D i prostowników PD-12/0,8dd dostarczonych przez łódzki WOLTAN. Nowy transformator potrzeb własnych (TZM-63/15) umieszczono na hali w obudowie

IP23. Rozdzielnicę średniego napięcia 15 kV (typu D-17PT) i rozdzielnicę prądu stałego 660 V (typu RT-1) dostarczył generalny wykonawca inwestycji – Elektrobudowa S.A. Pozostałe wyposażenie stacji jest identyczne jak w przypadku modernizacji „miękkich” z tą różnicą, że na stacjach zasilanych przed przebudową napięciem 6 kV wymieniono dodatkowo połączenia kablowe średniego napięcia.



Nowa rozdzielnica 660 V na stacji Przechodnia

## 5. Podsumowanie

Chciałoby się powiedzieć „nareszcie”. Po wielu latach głębokiego niedofinansowania łódzkie stacje prostownikowe doczekały się pierwszych modernizacji. Na dzień dzisiejszy z 35 stacji zasilających sieć tramwajową na obszarze aglomeracji łódzkiej, zaledwie 11 można uznać za nowoczesne. Bezawaryjna praca pozostałych obiektów jest zasługą tylko i wyłącznie dużego zaangażowania pracowników Zakładu Torów i Sieci łódzkiego MPK, prowadzących bieżącą eksploatację wysłużonych urządzeń. Miejmy nadzieję, że modernizacja 10 podstacji w ramach ŁTR, jak również wymuszona zmianą napięcia przebudowa stacji prostownikowej „1 Maja”,

stanowią dopiero początek złożonego procesu rewitalizacji układu zasilania elektrotrakcyjnego łódzkich tramwajów. Dla porównania, spółka Tramwaje Warszawskie modernizuje rocznie co najmniej jedną podstację trakcyjną. Najwyższy czas, by taki system wprowadzić w Łodzi, tym bardziej, że chwilowe obciążenia stacji prostownikowych będą systematycznie wzrastać. Brak inwestycji w układ zasilania może za kilka lat spowodować poważne zakłócenia w komunikacji miejskiej, a nawet spowodować zagrożenie dla życia i zdrowia pasażerów (wyłączalność zwarć, ochrona ziemnozwarciowa).



Szafa telemechaniki i terminal podstacyjny

**mgr inż. Jacek Jastrzębski**  
**P.P.H.U. Elester-PKP Sp. z o.o.**  
**90-569 Łódź, ul. Pogonowskiego 81**  
**tel. +48 42 253-46-13, fax +48 42 253-46-10**

Jacek Jastrzębski

## Kompleksowa modernizacja tramwajowej stacji prostownikowej „1 Maja” w Łodzi

### 1. Wprowadzenie

Niniejszy artykuł poświęcony został w całości modernizacji stacji prostownikowej „1 Maja” w Łodzi, przeprowadzonej w latach 2007–2008 przez łódzką spółkę ELESTER-PKP. Pierwsza część publikacji, dedykowana młodym inżynierom i entuzjastom trakcji tramwajowej, zawiera dokładny opis oryginalnych rozwiązań technicznych z 1959 r. W drugiej części opracowania przedstawiony

został szczegółowy opis techniczny zmodernizowanego obiektu, pokazujący aktualne standardy w zakresie modernizacji stacji prostownikowych komunikacji miejskiej.

### 2. Historia

Stacja prostownikowa trakcyjna przy ulicy 1 Maja w Łodzi zbudowana została w 1959 roku, w oparciu o do-

kumentację opracowaną przez łódzki „Elektroprojekt”. Zastosowane rozwiązania techniczne były identyczne jak na stacji Przechodnia. Budynek podstacji zaprojektowano jako parterowy o dwóch poziomach stropodachu. W części wysokiej budynku znajdowała się hala prostownikowo-rozdzielcza i komory transformatorów prostownikowych. W części niskiej zlokalizowano pomieszczenie nastawni, dyżurkę oraz pomieszczenia sanitarne i gospodarcze.



Budynek stacji prostownikowej przed remontem

Stacja zasilana była napięciem 6 kV. Zasilanie podstawowe stacji stanowił kabel 120 mm<sup>2</sup> ze stacji transformatorowej 30/6/3 kV przy ul. Łąkowej 9. Zasilanie rezerwowe o ograniczonym poborze mocy stanowiła wcinka w istniejący kabel 150 mm<sup>2</sup>, biegnący ulicą 1 Maja. Należy mieć na uwadze, że napięcie 6 kV było uważane w latach 50. za stosunkowo wysokie – równolegle funkcjonowała bowiem sieć o napięciu 3 kV. Pomimo częściowej automatyzacji sterowania pracą urządzeń stacja wymagała stałej obsługi ruchowej, głównie ze względu na kłopotliwe w eksploatacji i wymagające nadzoru prostowniki rtęciowe, a także brak na rynku krajowym urządzeń sterowania zdalnego dla tego typu obiektów. W związku z tym podstacja została przystosowana do wygodnej i bezpiecznej obsługi lokalnej z pomieszczenia nastawni – wszystkie sterowniki, mierniki i przekaźniki sygnalizacyjne zgrupowano na centralnej tablicy. Poniżej przedstawiony został obszerny opis techniczny oryginalnych rozwiązań z 1959 roku.



Hala główna podstacji przed przebudową

Rozdzielnica 6 kV wykonana została jako przyścienna i składała się z 8 celek. Pole dopływu podstawowego

i rezerwowego (dwukablowe) wyposażono w odłączniki wewnętrzne OW3A6/4 na prąd znamionowy 400 A, a pole sprzęgła w rozłącznik OM12 na prąd 200 A. Pole pomiaru wyposażone zostało w przekładniki prądowe JT6 (komplet dwufazowy i trójfazowy), a także suche przekładniki napięciowe US6 w układzie „V”, przyłączone do szyn SN przez odłącznik OW3A6/4 i bezpieczniki przekładnikowe PBR-TW6. Pierwszy komplet przekładników służył do pomiaru rozliczeniowego energii w układzie Arona, drugi zaś – do zasilania transformatora (przekładnika) nasyceniowego. Pola zespołów prostownikowych wyposażono w odłączniki OW3A6/4, przekładniki prądowe JT6 i wyłączniki małoolejowe WMGP-II-6/6/2 produkcji krajowej. Wyłączniki te posiadały napędy pneumatyczne N87 na ciśnienie 5 atm. oraz cewki wybijakowe na napięcie 100 i 220 V prądu przemiennego. Źródłem sprężonego powietrza dla wyłączników mocy był agregat sprężarkowy US2 ze zbiornikiem 150 l, umieszczony na hali obok rozdzielnicy. Pole transformatora potrzeb własnych wyposażono w odłącznik OW3A6/4 i bezpieczniki wielkiej mocy PDM 10/10. Należy pamiętać, że w latach 50. inżynierowie „Elektroprojektu” nie dysponowali katalogiem gotowych rozdzielnic SN – każda rozdzielnica musiała zostać zaprojektowana od podstaw. Wiązało się to m.in. z koniecznością wykonania rysunku każdego elementu konstrukcyjnego rozdzielnicy, a także przeprowadzenia żmudnych obliczeń wytrzymałościowych na siły zwarciove.



Rozdzielnica 6 kV z wyłącznikami WMRWS

Możliwości produkcyjne polskiego przemysłu elektrotechnicznego lat 50. oraz ówczesna myśl techniczna narzuciły zastosowanie na stacji trzech przestarzałych już wtedy, krajowych zespołów prostownikowych, złożonych z transformatora prostownikowego TONZ3/6-832/10, dławika wyrównawczego DZON1-200/1 oraz dwóch 6-anodowych prostowników rtęciowych typu PR-06c ze wspólną szafą sterowniczą. Moc znamionowa pojedynczego zespołu wynosiła 720 kW przy napięciu 600 V i prądzie 1200 A oraz przeciążalności typowej dla prostowników rtęciowych w naczyniach metalowych. Transformator prostownikowy (olejowy) o przekładni 6000±5/6x565 V i mocy 832 kVA posiadał uzwojenie wtórne połączone w gwiazdę 6-fazową z dławikiem wyrównawczym, umieszczonym w osobnej kadzi. Z zacisków uzwojenia strony dolnej transformatora

zasilane były dwa prostowniki PR-06c umieszczone na hali podstacji. W celu zapewnienia równomiernego obciążenia pracujących równolegle naczyń zastosowano dławiki anodowe TDA-2. Produkowane od 1950 r. żelazne prostowniki rtęciowe PR-06 były typem konstrukcyjnie przestarzałym, wyposażonym w kompletny układ pomp próżniowych: olejową pompę próżni wstępnej oraz rtęciową pompę dyfuzyjną. Uszczelnienia przepustów anod głównych i pomocniczych były typu nierozbieralnego, a jedynym rozbieralnym łącznikiem próżnioszczelnym było połączenie katody ze zbiornikiem kondensacyjnym. Łuk wzbudzenia utrzymywany był w układzie 3-fazowym, a zapłon prostownika następował z wykorzystaniem urządzenia wytryskowego. Chłodzenie prostownika zapewniał aluminiowy wentylator osiowy umieszczony w dolnej części blaszanej osłony. Intensywność chłodzenia była uzależniona od obciążenia prostownika. Do regulacji obrotów wentylatora wykorzystano transdaktor dobrany w taki sposób, że intensywne chłodzenie prostownika rozpoczynało się przy obciążeniu około 200 A. Podstawowym zabezpieczeniem zespołu prostownikowego od zwarć i przeciążeń były przekaźniki nadprądowe – czasowe o charakterystyce zależnej typu RJz-101. W przypadku zwarć i związanych z nimi zapadów napięcia pomocniczego 220 V źródłem energii niezbędnej do otwarcia wyłącznika 6 kV zespołu był transformator nasyceniowy, generujący napięcie ok. 100 V. W przypadku przeciążeń, kiedy napięcie generowane przez przekładnik nasyceniowy mogło być zbyt niskie, wyłączenie następowało napięciem 220 V poprzez przekaźnik RU-222 z cewką na 42 V. Zabezpieczenie prostownika PR-06c od skutków zapłonów wstecznych było wykonane za pomocą szybkich wyłączników anodowych prądu przemiennego, w odróżnieniu od prostowników PR-06 wyposażonych w bezpieczniki anodowe i produkowanych od 1962 r. prostowników PRB-06 wyposażonych w blokadę siatkową. Wyłączniki anodowe w liczbie 12 sztuk na zespół zabudowane zostały na szafach prostownikowych. Zadziałanie dowolnego z nich pociągało za sobą otwarcie wyłącznika zespołu po stronie 6 kV. Zespół prostownikowy wyposażony był także w komplet zabezpieczeń technologicznych działających na wyłączenie lub sygnalizację (przekaźnik Buchholta i termometr stykowy transformatora, zabezpieczenia temperaturowe naczyń prostownikowych, przekaźniki nadzorujące pracę obwodu wzbudzenia i pomp próżniowych).



Transformator prostownikowy i dławik wyrównawczy

Analogicznie, jak w przypadku rozdzielnic SN, inżynierowie „Elektroprojektu” byli zmuszeni zaprojektować od podstaw całą rozdzielnicę 600 V. Wykonano ją jako przyścienną, 11-polową, z celkami zamykanymi drzwiami siatkowymi. Z elektrycznego punktu widzenia rozdzielnica składała się z części katodowej (1 celka kabli powrotnych, 1 celka dopływów katodowych z prostowników), części wspólnej (1 celka obciążenia podstawowego i próby linii) oraz części anodowej (2 celki dopływów anodowych z dławików, 5 celek zasilaczy trakcyjnych, 1 celka wyłącznika rezerwowego). Pole kabli powrotnych i pole dopływów katodowych (plusowych) połączono ze sobą pojedynczą szyną i wyposażono w boczniki oraz amperomierze kontrolne (odłączniki „+” prostowników umieszczono na ich ramach). Pole obciążenia podstawowego zawierało układ próby linii złożony ze stycznika N-107-III-100A, rezystora żeliwnego 10  $\Omega$  i układu pomiaru napięcia próby, w którego skład wchodził opornik drutowy 2500  $\Omega$ , opornik suwakowy 900  $\Omega$ , bezpiecznik 2 A oraz przekaźnik napięciowy RA-001 z cewką na 110 V DC. Ponadto w celce obciążenia podstawowego zainstalowano zespół urządzeń wymuszających przepływ prądu magnesującego rdzenie dławików wyrównawczych przy małym obciążeniu, w którego skład wchodził opornik żeliwny 100  $\Omega$ , stycznik N-107-III-40A i bezpiecznik 10 A. Układ ten miał na celu likwidację podskoku napięcia przy biegu jałowym, charakterystycznego dla zespołów prostownikowych z uzwojeniami DN transformatora skojarzonymi przez dławik. Wszystkie obwody umieszczone w celce obciążenia podstawowego przyłączone zostały do szyny głównej (-) poprzez jeden wspólny odłącznik OW1A1/4 na prąd 400 A. Część anodowa (minusowa) rozdzielniczy wyposażona została w pojedynczą, niesekcjonowaną szynę zbiorczą i szynę obejściową. Układ ten pozwalał na zastąpienie wyłącznikiem rezerwowym dowolnego zasilacza trakcyjnego. Pola dopływów anodowych wyposażone były w odłączniki OW1B1/10 na prąd 1000 A (ze względu na obciążalność styków zastosowano po dwa odłączniki na jeden dopływ). Pola zasilaczy trakcyjnych oraz wyłącznika rezerwowego wyposażono w wyłączniki szybkie RPM 1000 produkcji krajowej. Konstrukcja tych aparatów opracowana została przez pracowników naukowych Politechniki Gdańskiej – Mieczysława Rodkiewicza i Przemysława Pazdro. Jako ciekawostkę należy zaznaczyć, że wyłączniki RPM 1000 nie były produkowane nigdy na skalę przemysłową – około 100 takich aparatów zostało wykonanych w warsztacie Katedry Napędu i Trakcji Elektrycznej PG. Wyłączniki RPM 1000 sterowane były napięciem 600 V prądu stałego, a więc odpadały samoczynnie przy zaniku napięcia wyprostowanego. Do pomiaru prądu poszczególnych zasilaczy zastosowano transduktory. Ponadto pola zasilaczy wyposażone były w odłączniki kablowe, szynowe i obejściowe typu OW1B1/10, odłączniki obwodów pomocniczych WN typu OW1A1/4 oraz styczniki cewek załączających WS typu N-107-III-40A. Wszystkie odłączniki w rozdzielniczy 600 V przystosowane były do obsługi za pomocą dźwika izolacyjnego. Stany WS poszczególnych zasilaczy odzwierciedlały czerwone i zielone lampki sygnalizacyjne na konstrukcji celki. Zasadniczym zabezpieczeniem rozdzielniczy prądu stałego i sieci trakcyjnej przed skutkami zwarć i przeciążeń były wyzwalnacze pierwotne wyłączników

szybkich. Zasilacze trakcyjne wyposażone zostały w automatykę samoczynnego powtórnego załączenia. Każde załączenie WS poprzedzane było działaniem automatyki próby linii, kontrolującej stan izolacji i zapobiegającej załączeniu wyłącznika na zwarcie. Ochrona stacji od zwarć doziemnych w obwodach 600 V zrealizowana została za pomocą przekaźnika kontrolującego napięcie pomiędzy szyną (+) i ziemią, działającego na otwarcie wyłączników 6 kV wszystkich zespołów prostownikowych.



Rozdzielnica 600 V z wyłącznikami szybkimi WSe

Potrzeby własne prądu zmiennego 380/220 V stacji zasilane były z olejowego transformatora potrzeb własnych TOc-50/10 o przekładni 6/0,4 kV i mocy 50 kVA, umieszczonego w celce rozdzielnic średniego napięcia. Zasilanie rezerwowe stanowiła linia niskiego napięcia z sieci miejskiej. Wybór pomiędzy zasilaniem podstawowym i rezerwowym odbywał się za pomocą zatablicowego przełącznika mocy



PZ-200. Rozdzielnicę 380/220 V wykonano jako pierwsze pole tablicy sterowniczej w nastawni. Stacja nie posiadała napięcia gwarantowanego 220 V= ani automatyki SZR na dopływach 380/220 V.

Tablica sterownicza w pomieszczeniu nastawni

Pod koniec lat 70. stacja prostownikowa poddana została modernizacji oraz rozbudowie, związanej m.in. z uruchomieniem w 1978 roku komunikacji tramwajowej na al. Włókniarzy. W rozdzielni SN wyłączniki WMGP-II/6/6/2

z napędem pneumatycznym zastąpione zostały przez wyłączniki WMRWS-15/6/3 ze zbrojeniem elektrycznym. Pozwoliło to na likwidację instalacji sprężonego powietrza i agregatu sprężarkowego. Prostowniki rtęciowe zastąpiono krzemowymi PK-09/0,66, pracującymi w układzie 6-fazowym jednokierunkowym bez zmiany transformatora (po dwa prostowniki na zespół). Zlikwidowano dławiki i wyłączniki anodowe. W rozdzielnic 600 V zlikwidowano pola kabli powrotnych, dopływów katodowych oraz celkę obciążenia podstawowego, zabudowując w pomieszczeniu nastawni szafę kabli powrotnych nowego typu i przenosząc rezystor próby linii do kanału kablowego. Pozyskaną w ten sposób przestrzeń, a także miejsce po zlikwidowanej sprężarce, wykorzystano do zwiększenia liczby zasilaczy trakcyjnych z 5 do 9. Wyłączniki szybkie RPM 1000 po blisko 20 latach eksploatacji zastąpiono wyłącznikami WSe, dostarczonymi przez zakłady „APENA” z Bielska Białej. W latach 80. podjęto pierwsze próby przystosowania stacji 1 Maja do zdalnego sterowania z wykorzystaniem urządzeń ZTT (Zestaw Telemechaniki Tonalnej) z Zakładów Radiowych im. M. Kasprzaka w Warszawie. Pozwoliło to niebawem na likwidację stałej obsługi (dyżurów). W drugiej połowie lat 90. uruchomiono w MPK Łódź system zdalnego sterowania stacji prostownikowych dostarczony przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Automatyki i Urządzeń Precyzyjnych. System oparty był na sterownikach MMT, MMR i radiotelefonach ERICSON. Jako medium transmisji danych wykorzystano nową generację systemu EDACS. Sterowanie pracą podstacji trakcyjnych, w tym stacji 1 Maja, odbywało się z Centralnej Dyspozytorni w Zakładzie Torów i Sieci, przy ulicy Dąbrowskiego 23.



Wyeksploatowane prostowniki PK-09/0,66

### 3. Modernizacja

Stacja prostownikowa 1 Maja pełni ważną funkcję w układzie zasilania trakcji tramwajowej w MPK Łódź. Obszar zasilania stacji obejmuje ulicę Legionów i ulicę Zieloną od skrzyżowań z ulicą Gdańską do pętli „Towarowa”, ulicę Cmentarną i Srebrzyńską do pętli „Koziny”, a także półkilometrowy odcinek alei Włókniarzy. Potrzeba modernizacji obiektu wynikała z nacisku ze strony Łódzkiego Zakładu Energetycznego na Zarząd Dróg i Transportu



w sprawie zmiany napięcia zasilającego stację z poziomu 6 kV (likwidowanego przez ŁZE) do poziomu 15 kV. Okolicznością sprzyjającą decyzji o modernizacji był także niezadowolający stan techniczny urządzeń podstawowych, z których wiele eksploatowanych było przez prawie 50 lat. Nie bez znaczenia była również konieczność ograniczenia zakłóceń, emitowanych przez prostowniki 6-pulsowe i kable zasilaczy, zaburzających pracę urządzeń RTV u okolicznych mieszkańców. Ostatecznie, w dniu 14 lipca 2005 roku Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi ogłosił przetarg na opracowanie dokumentacji, a w dniu 17 września 2007 roku na roboty budowlane pod nazwą „Przebudowa stacji prostownikowej przy ul. 1 Maja w Łodzi”. Zadanie to obejmowało swoim zakresem remont budynku i wymianę wyposażenia technologicznego. Zgodnie z wymaganiem inwestora, modernizacja stacji miała zostać wykonana w ruchu ciągłym, przy zasilaniu całego obszaru zasilania co najmniej jednym zespołem prostownikowym. Zadania tego podjęła się firma ELESTER-PKP z Łodzi, rekomendowana przez SEP między innymi w zakresie robót elektroenergetycznych dla trakcji transportu szynowego. Prowadzącym temat i kierownikiem budowy z ramienia ELESTER-PKP został Piotr Gawroński, do niedawna pracownik Zakładu Torów i Sieci Łódzkiego MPK. Wartość brutto zamówienia opiewała na kwotę 4,8 mln złotych.



Budynek stacji prostownikowej po remoncie

Przebudowa stacji składała się z robót budowlanych i elektroenergetycznych, prowadzonych równolegle i wzajemnie uzależnionych. Prace budowlane obejmowały kompleksowy remont pomieszczeń technologicznych i pomocniczych, komór transformatorowych, a także elewacji i dachu budynku (uzupełnienie ubytków tynku, wymiana drzwi, renowacja stolarki okiennej i siatek antywłamaniowych, odbudowa rampy, malowanie). Zlikwidowano niepotrzebne okna przepustowe między komorami transformatorów i halą główną, a także pozostałe okna w tym pomieszczeniu. Posadzki wymalowano farbą chlorokauczkową o własnościach niepylących. Wymieniono instalację elektryczną i rozdzielnicę instalacyjną, wyposażając budynek stacji w instalację oświetlenia awaryjnego, zasilaną napięciem gwarantowanym 220V=. Wprowadzono zmiany w systemie ogrzewania i wentylacji, obejmujące likwidację kanałów wentylacyjnych, zabudo-

wę elektrycznie sterowanych żaluzji oraz dwóch nowych wentylatorów wyciągowych w naświetlach dachowych. Ogrzewanie pomieszczeń zrealizowano przy pomocy grzejników panelowych z indywidualnymi termostatami. W ramach przystosowania obiektu do montażu nowego wyposażenia technologicznego wykonano konstrukcje pod urządzenia oraz podłogę dystansową na podporach stalowych. Zastosowanie podłogi technologicznej (podwyższonej) jest korzystne z punktu widzenia ewentualnej przyszłej rozbudowy lub modernizacji obiektu.



Grzejniki panelowe i elektrycznie sterowane żaluzje

Zasadniczą zmianą w układzie elektrycznym stacji była zmiana napięcia zasilającego z 6 kV na 15 kV. Zasilanie stacji po przebudowie stanowią dwie wydzielone linie kablowe 15 kV o przekroju 120 mm<sup>2</sup>, wyprowadzone ze stacji transformatorowych na ul. Więckowskiego 81 (zasilanie podstawowe) i ul. Żeligowskiego 7/9 (zasilanie rezerwowe). Zmiana ta uprościła znacznie współpracę służb ruchowych (dyspozytorskich) MPK i ŁZE, ograniczając między innymi konieczność dokonywania awaryjnych przełączeń w stacji przez pracowników ŁZE. Ponadto, nowy układ zasilania zapewniał znacznie większą moc zwarciovą na szynach 15 kV stacji prostownikowej, wpływając korzystnie na jej charakterystykę zewnętrzną i ograniczając spadki napięcia w sieci trakcyjnej.



Transformator potrzeb własnych w obudowie IP23

Na stacji 1 Maja zastosowano nowoczesną, pełnoprzemysłową rozdzielnicę 15 kV w izolacji powietrznej typu MultiCell firmy JM-Tronik. Rozdzielnica wykonana została jako 7-polowa z pojedynczym, niesekcjonowanym układem szyn zbiorczych. W skład rozdzielnicy wchodzi 2 pola zasilające, 1 pole pomiaru, 3 pola zespołów prostownikowych i 1 pole potrzeb własnych. Pola wyłącznikowe wykonano jako dwuczłonowe i wyposażono w wyłączniki próżniowe SN typu VC-1. Człony ruchome pól wyłącznikowych (wózki) wyposażono w napędy elektryczne. Sterowanie zdalne napędami wózków będzie możliwe w przyszłości (po modernizacji systemu nadzoru dyspozytorskiego) i wpłynie korzystnie na zwiększenie operatywności dyspozytora w zakresie przygotowania miejsca pracy dla brygad konserwacyjnych. Podziałka rozdzielnicy wynosi 650 mm. W celu ujednolicenia szerokości celek pole transformatora potrzeb własnych wyposażone zostało w wyłącznik mocy zamiast rozłącznika, wymagającego podziałki 800 mm.

Nową rozdzielnicę SN charakteryzuje ponadto wysoki poziom bezpieczeństwa obsługi dzięki zastosowaniu elektronicznych przekaźników blokady łączeniowej PB firmy ENERGETEST (ze wskaźnikami napięcia), a także szeregu blokad mechanicznych i uzależnień elektrycznych. Pola zespołów prostownikowych wyposażono w zabezpieczenia cyfrowe typu megaMUZ-TR firmy JM-Tronik oraz przekaźniki cyfrowe miniMUZ-RT tego samego producenta, pełniące funkcję rezerwowych zabezpieczeń nadprądowych. Do obsługi pozostałych pól rozdzielnicy wykorzystano sterownik CZAT 3000plus firmy ELESTER-PKP, wyposażony w niezbędną liczbę modułów wejść i wyjść. Realizuje on ponadto automatykę SZR na dopływach 15 kV.



Rozdzielnica 15 kV z zabezpieczeniami megaMUZ

Zmodernizowana stacja wyposażona została w trzy klasyczne zespoły prostownikowe złożone z suchych, trójuzwojeniowych transformatorów prostownikowych TZM3T-1200/15 produkcji AREVA T&D w Mikołowie oraz prostowników diodowych PD-12/0,8dd dostarczonych przez Łódzki WOLTAN. Transformator prostownikowy ma moc 1200 kVA, układ połączeń Yd11y0 i przekładnię 15,75 / 0,525 / 0,525 kV. Regulacja napięcia na szynach 660 V stacji odbywa się w stanie beznapięciowym, po stronie GN, w zakresie +4 x 2,5% i -2 x 2,5%. Napięcie zwarcia transformatora w kierunku obu uzwojeń prostownikowych

wynosi 11% i jest typowe dla tego typu jednostek. Prostownik trakcyjny składa się z dwóch mostków trójfazowych, połączonych równolegle po stronie prądu stałego i współpracujących z różnymi uzwojeniami transformatora zespołu. Zastosowany układ zapewnia 12-fazową pulsację napięcia wyprostowanego. Zarówno transformatory, jak i prostowniki wyposażone zostały w skuteczną ochronę przepięciową oraz zabezpieczenia technologiczne (czujniki temperatury i termostaty). Prąd znamionowy zespołu po stronie 660 V wynosi 1200 A w V klasie przeciążalności w/g IEC 146. Pozwala to na trwałe obciążenie stacji 1 Maja mocą na poziomie 2,4 MW, co z dużą rezerwą wystarcza na pokrycie bieżącego i prognozowanego zapotrzebowania.



„Transformator prostownikowy TZM3T-1200/15



Prostownik PD-12/0,8dd firmy WOLTAN

W ramach przebudowy stacja 1 Maja otrzymała nowoczesną, wolnostojącą rozdzielnicę prądu stałego 660 V typu RPSplus, dostarczoną przez GE Power Controls Sp. z o.o. z Bielska Białej. Jest to rozdzielnica powietrzna, dwuczłonowa z wyłącznikami szybkimi BWS 2000 A 660 V w wykonaniu wysuwnym. Człony ruchome pól wyłącznikowych (wózki), odłączniki obejściowe i odłączniki zespołów prostownikowych wyposażone zostały w elektryczne napędy silnikowe. Analogicznie, jak w przypadku rozdzielnicy

15 kV, sterowanie zdalne tych napędów możliwe będzie po modernizacji systemu nadzoru dyspozytorskiego. Rozdzielnicą składa się z 14 pól o podziałce 750 mm, w tym: 9 pól zasilaczy trakcyjnych, 1 pola wyłącznika rezerwowego, 3 pól zespołów prostownikowych oraz 1 pola kabli powrotnych. Zasilacze trakcyjne wyposażone są w indywidualne układy próby linii, zapewniające szybką odbudowę zasilania sieci trakcyjnej. Do ochrony ludzi i urządzeń przed skutkami zwarć doziemnych po stronie 660 V i uszkodzeń szynowej sieci powrotnej zastosowano elektroniczne zabezpieczenie ziemnozwarciowe EZZ, zabudowane w celce kabli powrotnych RPS. Produkowane przez ELESTER-PKP urządzenie EZZ stanowi fundament ochrony przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej w otoczeniu trakcji elektrycznej prądu stałego i jest szeroko rozpowszechnione także na podstacjach trakcyjnych PKP. Dodatkowo, w polach zespołów prostownikowych umieszczone zostały potrzeby własne 400/230 V prądu przemiennego, 220 V prądu stałego, sygnalizacja centralna oraz komputerowy terminal podstacyjny z ekranem dotykowym. Rozdzielnica prądu stałego 660 V wyposażona została w system automatyki rozproszonej SAT-CZAT, dostarczony przez ELESTER-PKP i szeroko rozpowszechniony również w trakcji kolejowej. W skład systemu wchodzi sterowniki CZAT 3000plus zainstalowane w polach zespołów prostownikowych, zasilaczy trakcyjnych, wyłącznika rezerwowego i potrzeb własnych. Każdy sterownik CZAT 3000plus wyposażony jest w indywidualny zasilacz, ochronnik przeciwprzepięciowy i odpowiednią liczbę modułów wejść/wyjść. Do pomiaru napięć i prądów w obwodach WN wykorzystano przetworniki HVM, zasilane z napięcia mierzonego i komunikujące się z jednostką centralną sterownika za pomocą światłowodu. Rozwiązanie to zapewnia całkowitą separację obwodów wysokiego i niskiego napięcia, wykluczając możliwość przeniesienia potencjału 660 V do obwodów wtórnych stacji. Do pomiaru napięcia na szynach 660 V i obciążenia sumarycznego zastosowano przetwornik HVM z bocznikiem na szynie „+”. Jako ciekawostkę należy dodać, że specjalnie na potrzeby MPK Łódź firma Elester-PKP opracowała nową gamę przetworników HVM (symbole HVMR i HVMRP), przystosowanych do pracy w układach zasilania o odwrotnej

polaryzacji napięcia (uszyniony biegun „+”). Zastosowane w rozdzielni prądu stałego sterowniki CZAT 3000plus oprócz funkcji sterowniczych realizują także rozmaite funkcje zabezpieczeniowe obwodów 660V, takie jak zabezpieczenie stromościowe od zwarć odległych (di/dt), zabezpieczenie pod- i nadnapięciowe czy zabezpieczenie nadprądowe zwłoczne o charakterystyce zależnej ( $I > t$ ).

Zasilanie podstawowe potrzeb własnych 400/230 V~ zmodernizowanej stacji prostownikowej odbywa się z nowego transformatora potrzeb własnych TZM-63/15 produkcji AREVA T&D, umieszczonego na hali głównej podstacji w estetycznej obudowie IP23. Jest to transformator suchy żywiczny o mocy znamionowej 63 kVA, przekładni 15,75 / 0,4 kV i układzie połączeń Yzn5. Zasilanie rezerwowe stanowi przyłącze nn z sieci miejskiej (automatyka SZR). Istotną zmianą w układzie potrzeb własnych podstacji jest wprowadzenie napięcia gwarantowanego 220 V=, zapewniającego ciągłą pracę układów automatyki, zabezpieczeń oraz telemechaniki w przypadku zaniku lub zapadu napięcia na szynach 15 kV i rezerwowym przyłączy 0,4 kV. Źródłem napięcia 220 V= jest siłownia PBI 220/40MS-33Ah, dostarczona przez APS Energia, posiadająca we wspólnej obudowie 19" dwa zasilacze PBIM 220/30 V (redundancja), miernik doziemienia SAN6-1 oraz baterię akumulatorów o pojemności 33 Ah. Z siłowni zasilania jest rozdzielnicą potrzeb własnych 220 V=.



Rozdzielnica 660 V z automatyką CZAT 3000plus



Siłownia prądu stałego 220 V

Zastosowany na stacji prostownikowej system sterowania i nadzoru ma strukturę rozproszoną i charakteryzuje się dużą odpornością na zakłócenia elektromagnetyczne występujące w stacji. Sterowniki mikroprocesorowe poszczególnych pól i urządzeń połączone są ze sobą podwójną magistralą komunikacyjną CANBUS / RS-485. Wymiana informacji między poszczególnymi elementami systemu odbywa się zgodnie z „Wytycznymi do budowy i eksploatacji systemów zdalnego sterowania urządzeniami zasilania elektroenergetycznego” (obowiązujący standard „PKP Energetyka”). Zastosowanie znormalizowanych wytycznych zapewnia otwartą strukturę systemu, a w szczególności możliwość jego współpracy w przyszłości z urządzeniami

innych producentów. Do sterowania lokalnego podstacji i sygnalizacji ogólnej zastosowano terminal komputerowy z ekranem dotykowym, umieszczony w rozdzielnicy 660 V i współpracujący ze sterownikiem CZAT 3000plus w polu potrzeb własnych. Sterowanie zdalne natomiast zostało zrealizowane za pomocą tymczasowej szafy obiektowej, przetwarzającej informacje cyfrowe z magistrali CANBUS / RS-485 na sygnały elektryczne, wprowadzane następnie do istniejącej szafy radiosterownika MMT. Układ taki musiał zostać zastosowany ze względu na zamkniętą strukturę wykorzystywanego w MPK Łódź systemu zdalnego sterowania (dostarczonego przez OBRAiUP) i wprowadza wiele istotnych ograniczeń w zakresie telepomiarów, telesterowania i telesygnalizacji (np. niemożność sterowania odłącznikami obejściowymi w rozdzielni 660V czy napędami wózków w rozdzielnicy 15 kV). Pełna funkcjonalność telemechaniki uzyskana zostanie po zmianie lub modernizacji systemu zdalnego sterowania.



Szafa obiektowa telemechaniki i urządzenia łączności



Terminal komputerowy z ekranem dotykowym

#### 4. Podsumowanie

Modernizacja stacji prostownikowej „1 Maja” przeprowadzona została sprawnie, bezpiecznie i terminowo. Zadanie to nie należało jednak do najłatwiejszych, ze względu na bardzo szeroki zakres przebudowy, zmianę napięcia zasilającego oraz konieczność prowadzenia wszystkich prac w ruchu ciągłym, a więc w pobliżu czynnych urządzeń elektrycznych „pod napięciem”. Kluczem do sukcesu okazało się jednak duże doświadczenie firmy ELESTER-PKP w zakresie prowadzenia tego typu robót, a także doskonała współpraca wykonawcy z zamawiającym, „Elektroprojektem” i służbami eksploatacyjnymi Zakładu Torów i Sieci MPK Łódź Sp. z o.o.

**mgr inż. Jacek Jastrzębski**  
**P.P.H.U. Elester-PKP Sp. z o.o.**  
**90-569 Łódź, ul. Pogonowskiego 81**  
**tel. +48 42 253-46-13, fax +48 42 253-46-10**

Jan Czyżewski

## Wskaźniki obecności napięcia typu szynowego – normy, zasada działania, funkcjonalność

### Streszczenie:

Artykuł dotyczy wskaźników obecności napięcia instalowanych bezpośrednio na przewodach i szynach prądowych stosowanych w systemach rozdzielczych średniego napięcia (ŚN), tj. należących w całości do obwodów pierwotnych systemu. Przedstawiono ogólne zasady działania takich wskaźników napięcia, różnice w zasadzie działania w stosunku do wskaźników z dzielnikiem napięcia oraz najważniejsze specyfikacje techniczne wskaźników. Omówiono również zakres funkcjonalności takich wskaźników w odniesieniu do obowiązujących w tym zakresie norm. Przed-

stawiono przykłady stosowanych wskaźników napięcia typu szynowego i zakres ich stosowalności.

### Wstęp

Wskaźniki obecności napięcia stanowią istotny element wyposażenia układów rozdzielczych średniego napięcia (ŚN). Szeroko używane są wskaźniki przenośne,

umieszczane na drążkach izolacyjnych – szczególnie przy procedurze dopuszczenia do pracy przy układach ŚN – napowietrznych i wewnętrznych. W instalacjach wewnętrznych, w zamkniętych rozdzielnicach powszechnie stosowane są wskaźniki stacjonarne wbudowane na stałe w panele rozdzielnic.

Osobną grupę wskaźników stacjonarnych stanowią wskaźniki montowane bezpośrednio na szynach prądowych i przewodach, które wskazują obecność napięcia poprzez wykrywanie pola elektrycznego wokół szyny lub przewodu, na którym są zainstalowane. W artykule tym skupimy się na tej ostatniej klasie wskaźników. Jednym z głównych zadań takich wskaźników jest zwiększenie bezpieczeństwa obsługi układów ŚN. Dla uproszczenia będziemy używać określenia „wskaźniki szynowe” dla określenia tej grupy wskaźników. Do niedawna wskaźniki takie były używane wyłącznie w instalacjach wewnętrznych. Obecnie dostępne są również wskaźniki szynowe dostosowane do stosowania w instalacjach napowietrznych – w których dotychczas bardzo rzadko stosowano jakiegokolwiek wskaźniki stacjonarne.

## Obowiązujące normy

Nie istnieją normy państwowe ani międzynarodowe opisujące wymagania dotyczące wskaźników szynowych. Wymagania dotyczące pozostałych typów wskaźników są szczegółowo unormowane. W szczególności, normy PN-EN 61243-1 oraz PN-EN 61243-2 [1] dotyczą przenośnych wskaźników drążkowych, a normy PN-EN 61243-5 [2] oraz PN-EN 61958 [3] opisują wskaźniki zabudowane w rozdzielnicach. Te dwie ostatnie normy są najbliższe wskaźnikom szynowym.

Według norm, funkcjonalność wskaźników dzieli się na wskazanie obecności napięcia, oraz na upewnieniu personelu o jego braku – a dokładniej, o tym, że jego wysokość jest poniżej określonego progu. Funkcje te, wbrew pozorom, są rozdzielne i mają inne znaczenie w odniesieniu do bezpieczeństwa obsługi układów.

Norma PN-EN 61243-5 dotyczy układów do sprawdzania obecności napięcia (VDS – *voltage detecting systems*). Wskaźniki według tej normy, podobnie jak wskaźniki drążkowe mogą być używane tak do sprawdzania obecności jak i do potwierdzenia braku napięcia – w szczególności jako element procedury dopuszczenia do pracy przy układach ŚN – przed uziemieniem systemu.

Norma PN-EN 61958 dotyczy układów wskazujących obecność napięcia (VPIS – *voltage presence indicating systems*). Wskaźniki działające w oparciu o tę normę, mogą być użyte wyłącznie w celu sprawdzenia obecności napięcia. Brak wskazania na takim wskaźniku nie może być interpretowany jako informacja o braku napięcia. Norma nakazuje umieszczenie w instrukcji wskaźnika sformułowania: „Samo wskazanie VPIS nie jest wystarczające aby dowieść, że układ jest bez napięcia: jeżeli procedury eksploatacyjne czynią to obowiązującym, należy zastosować odpowiedni wskaźnik napięcia zgodnie z normą IEC 61243”. Mimo tej – pozornie ograniczonej funkcjonalności – wskaźniki takie są powszechnie stosowane w rozdzielnicach wielu firm, w szczególności w rozdzielnicach pier-

ścieniowych (RMU – *ring main unit*), gdyż mają one bardzo istotny wpływ na bezpieczeństwo obsługi.

Dla przykładu, na rys. 1 pokazano wskaźniki pracujące w oparciu o obie powyższe normy stosowane w rozdzielnicach pierścieniowych SafeRing oraz SafePlus firmy ABB.



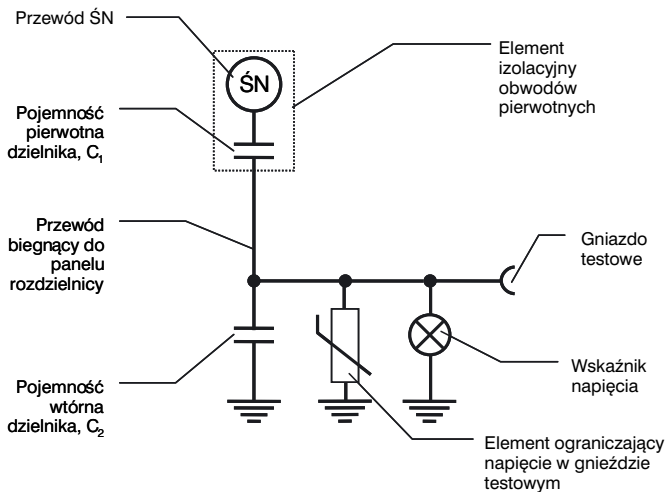
Rys. 1. Wskaźniki napięcia stosowane w rozdzielnicach pierścieniowych SafeRing oraz SafePlus firmy ABB:  
a) wg normy IEC 61243-5 – typ VDS – strona wtórna dzielnika wraz z gniazdam testowymi oraz moduł wskaźnika, który można umieścić na stałe w gniazdach,  
b) wg normy IEC 61958 – typ VPIS

Funkcjonalność wskaźników szynowych, podobnie jak dla powszechnie stosowanych wskaźników wg normy IEC 61958 polega wyłącznie na wskazaniu obecności napięcia.

## Zasada działania wskaźników

Wskaźniki napięcia, z reguły, nie reagują bezpośrednio na średnie lub wysokie napięcie. Zamiast tego, zawierają one dzielnik napięcia, po którego niskonapięciowej stronie (typowo napięcie mniejsze niż 100 V) podłączony jest wskaźnik. Najczęściej stosuje się pojemnościowe dzielniki napięcia, normy dopuszczają również w ograniczonym zakresie stosowanie dzielników rezystancyjnych [1].

Przykładowy schemat stacjonarnego wskaźnika wskazującego napięcie na jednej fazie pokazany jest na rys. 2. Wskaźnik zawiera pojemnościowy dzielnik napięcia, przy czym pojemność wtórna C2 jest znacznie większa od pojemności pierwotnej C1. Pojemność pierwotna C1 wbudowana jest typowo w któryś z elementów izolacyjnych obwodów pierwotnych, najczęściej przepust lub izolator wsporczy. Od pojemności C1 przewód biegnie do frontowej ściany rozdzielnicy gdzie (jako element obwodów wtórnych) znajduje się pojemność wtórna C2 oraz sam wskaźnik napięcia. Często, jak pokazano w przykładowym schemacie, oprócz wskaźnika znajduje się tam gniazdo testowe – używane np. do sprawdzania kolejności faz. Ze względów bezpieczeństwa, równoległe z pojemnością wtórną C2 umieszcza się urządzenie ograniczające napięcie – przykładowo, na schemacie, warystor.

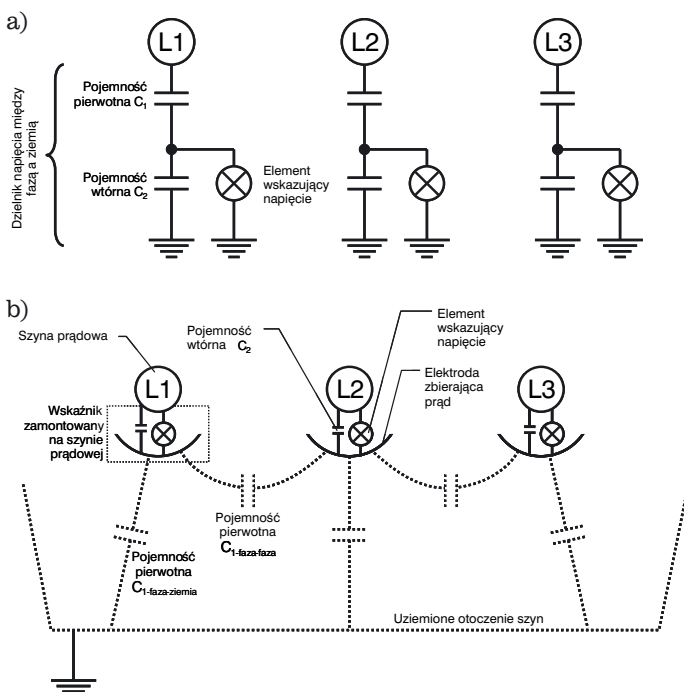


Rys. 2. Schemat wskaźnika napięcia z dzielnikiem pojemnościowym, gniazdem testowym i warystorem ograniczającym napięcie w gnieździe

Różnica w funkcjonalności wskaźnika z dzielnikiem napięcia przedstawionego na rys. 2 oraz wskaźnika szynowego ujawnia się gdy rozpatrujemy zastosowanie wskaźnika do układu trójfazowego. Uproszczony schemat działania wskaźnika z dzielnikiem napięcia oraz wskaźnika szynowego w układzie trójfazowym przedstawiono na rys. 3.

Wskaźniki z pełnym dzielnikiem napięcia pracują w pełni niezależnie na każdej z faz (rys. 3a). Każda faza posiada odrębny dzielnik napięcia z pojemnością  $C_1$  należącą do obwodów pierwotnych i pojemnością  $C_2$  i wskaźnikiem napięcia należącymi do obwodów wtórnych.

W przypadku wskaźnika szynowego, wszystkie jego elementy zlokalizowane są w jednej obudowie umieszczonej w całości na szynie lub przewodzie – tj. na obwodach pierwotnych (rys. 3b, zob. opis elementów na fazie L2). Obwód takiego wskaźnika również zawiera dzielnik napięcia, przy czym jedynie pojemność wtórna (lub ogólniej



Rys. 3. Schemat działania wskaźników z pełnym dzielnikiem napięcia (a) oraz wskaźników szynowych (b) w układzie trójfazowym

impedancja wtórna) znajduje się w obudowie wskaźnika. Pojemność pierwotna dzielnika znajduje się między elektrodą zbierającą prąd wskaźnika, a elementami uziemiającymi otaczającymi przewód ( $C_1$ -faza-ziemia). Wielkość tej pojemności zależy od geometrii układu – od odległości między szynami (podziałki), odległości szyn od elementów uziemiających, itp. W układzie trójfazowym, oprócz tej pojemności, występuje również pojemność pomiędzy elektrodami zbierającymi prąd wskaźników umieszczonych na sąsiednich fazach ( $C_1$ -faza-faza). Dlatego też wskaźnik szynowy reaguje nie tylko obecność napięcia faza-ziemia, ale również – bezpośrednio – na obecność napięcia międzyfazowego. Pojemność  $C_1$ -faza-faza zależy również od parametrów geometrycznych układu.

## Rodzaje wskaźników szynowych

Spośród typów wskaźników szynowych wyróżnić należy najprostsze wskaźniki neonowe, przedstawione na rys. 4. Były one powszechnie stosowane w otwartych rozdzielniach wewnątrzowych. Do ich podstawowych wad należy słaba widoczność (wyłącznie przy przyciemnionym świetle) oraz stosunkowo mała trwałość.

Inną klasą wskaźników są wskaźniki elektroniczne. Zawierają one układ elektroniczny i element sygnalizacyjny, którym typowo jest dioda świecąca LED (lub zespół diod) lub też wyświetlacz ciekłokrystaliczny LCD. Układ elektroniczny takiego wskaźnika typowo zawiera kondensator, który ładowany jest energią zbieraną z pola elektrycznego (prąd pojemnościowy płynący przez pojemności  $C_1$ -faza-ziemia i  $C_1$ -faza-faza do elektrody zbierającej prąd na rys. 3). Po osiągnięciu określonego progu napięcia kondensator rozładowuje się przez układ zasilający diodę LED lub przez układ sterujący wyświetlaczem LCD i widoczny jest błysk diody. Częstotliwość błyskania zależy typowo od wielkości napięcia na szynach. Wskaźniki tego typu produkowane są przez kilka firm na świecie, m. in. przez firmę WSE „Aktywizacja” SP w Polsce. Wskaźniki te nadają się wyłącznie do zastosowania wewnątrzowego.



Rys. 4. Szynowe wskaźniki neonowe

Wskaźnik VisiVolt firmy ABB pokazany na rys. 5 jest nowością w tej dziedzinie, ponieważ nie posiada on układu elektronicznego oraz nadaje się do stosowania w instalacjach napowietrznych. Jego elementem czułym jest opatentowany wyświetlacz ciekłokrystaliczny [4] o bardzo wysokiej czułości na pole elektryczne. Wysoka czułość osiągnięta jest m.in. przez zintegrowaną elektrodę zbierającą prąd w postaci przezroczystej warstwy przewodzącej naniesionej na powierzchni jednej z płytek szklanych wewnątrz konstrukcji samego wyświetlacza. Wyświetlacz zalany jest w hermetycznej obudowie wykonanej z elastomeru silikonowego, która, dzięki bardzo wysokiej rezystancji powierzchniowej – również w warunkach wilgotnych – np. deszczu – zapewnia możliwość stosowania wskaźnika w układach napowietrznych. Wskaźniki tego typu zostały szeroko opisane w literaturze [5].

Przykładowe instalacje wskaźników VisiVolt pokazane są na rys. 6.



Rys. 5. Pasywny wskaźnik napięcia VisiVolt

Specyfikacje techniczne wskaźników szynowych

Podstawowe specyfikacje wskaźników szynowych obejmują:

- zakres nominalnych napięć pracy – normalnych napięć międzyfazowych występujących w sieci,
- napięcie znamionowe – maksymalne dopuszczalne napięcie pracy – oraz napięcia wytrzymywane – w zależności od parametrów geometrycznych instalacji z zamontowanymi wskaźnikami,
- częstotliwość znamionową,
- napięcie progowe faza-ziemia dla wskazania obecności napięcia (normy PN-EN wymagają aby wynosiło ono 45% nominalnego napięcia międzyfazowego),
- napięcie progowe, poniżej którego nie występuje wskazanie obecności napięcia (normy PN-EN wymagają braku wskazań poniżej 10% nominalnego napięcia międzyfazowego),
- zakres zastosowania – napowietrzny, wewnętrzny – oraz zakres temperatur pracy,

a)



b)



c)



Rys. 6. Przykładowe instalacje wyposażone we wskaźniki VisiVolt: a) szyny prądowe instalacji wewnętrznej 6kV; b) transformator rozdzielczy; c) rozłącznik napowietrzny izolowany gazem

- czas odpowiedzi wskaźnika,
- prądy zwarciowe wytrzymywane.

Specyfikacje wskaźnika VisiVolt przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1. Podstawowe specyfikacje techniczne wskaźnika VisiVolt**

Typ VisiVolt™		VV-A	VV-B
System 3-fazowy	Napięcie nominalne (Un) kV	3.0 – 6.0 <sup>1)</sup> 6.0 – 15.0	13.8 – 36.0
	Napięcie znamionowe kV	3.6 – 17.5 <sup>2)</sup>	17.5 – 40.5 <sup>2)</sup>
	Napięcie progowe (p-g i p-p) <sup>3), 4)</sup>	> 0.6 kV < 45% Un	> 1.5 kV < 45% Un
Linia 1-fazowa	Napięcie nominalne (Un p-g) <sup>3)</sup> kV	4.8 – 8.0	8.0 – 20.0
	Napięcie progowe (p-g) <sup>3)</sup>	> 1.0 kV < 78% Un	> 1.5 kV < 78% Un
Częstotliwość znamionowa Hz		50 – 60	
Czas odpowiedzi s		< 1 at temperature –20°C and above < 3 at temperature –30°C < 10 at temperature –40°C	
Prąd zwarciový krótkotrwały wytrzymały (1s) <sup>5)</sup> kA		63	
Prąd zwarciový szczytowy wytrzymały <sup>5)</sup> kA		164	
Zakres temperatury pracy °C		–40 – +85	
Wymiary mm		H: 92 × W: 63 × D: 38	
Masa netto g		113	

- 1) Tylko na nie izolowanych przewodach oraz na szynach o szerokości do 30 mm  
 2) W zależności od podziałki międzyfazowej (zob. tabela zalecanych minimalnych odstępów)  
 3) p-g = napięcie faza-ziemia; p-p = napięcie międzyfazowe  
 4) Dla podziałek międzyfazowych w zakresie podanym w instrukcji montażu i obsługi  
 5) Podane prądy zwarciový wytrzymałe obowiązują wyłącznie dla wskaźników VisiVolt™ i nie są nadrzędne w stosunku do specyfikacji systemu, na którym zainstalowano wskaźniki

## Podsumowanie

Wskaźniki szynowe – ze względu na swoją prostotę i niski koszt – umożliwiają instalację w wielu punktach układu znacznie zwiększając bezpieczeństwo obsługi.

Często stawiane jest pytanie – jak możliwe jest zwiększenie bezpieczeństwa obsługi, skoro funkcjonalność takich wskaźników nie obejmuje potwierdzenia braku napięcia?

Okazuje się, że wskazanie obecności napięcia jest znacznie istotniejsze dla uniknięcia wypadku w sytuacjach awaryjnych, niż potwierdzenie jego braku. Najczęstsze przyczyny wypadków przy instalacjach elektrycznych ŚN (obciążonych największą ilością poważnych wypadków elektrycznych spośród systemów NN, ŚN i WN) polegają na fałszywym przeświadczeniu o braku napięcia. Wynika to zwykle z pomyłki w przekazanej informacji, wyłączeniu błędnego pola, itp. lub też nie pełnego przestrzegania zasad bezpieczeństwa. W sytuacji takiej wskaźnik pokazujący obecność napięcia natychmiast unaocznia pomyłkę i przestrzega przed fatalną w skutkach próbą dostępu do pola pod napięciem lub – również niebezpieczną – próbą jego uziemienia. Wskaźnik szynowy działa jak swoista „aktywna tabliczka ostrzegawcza” informująca o obecności napięcia – i to tak napięcia faza-ziemia, jak i napięcia międzyfazowego. W rozdzielnicach zamkniętych, funkcjonalność ta, jak wspomniano wcześniej, jest dobrze znana i powszechnie stosowana we wskaźnikach wg. normy PN-EN 61958.

Obecnie ta istotna funkcja dostępna jest również dla układów napowietrznych – poprzez zastosowanie wskaźnika VisiVolt. Znalazło to odzwierciedlenie w nowym wydaniu albumów typizacyjnych Polskiego Towarzystwa Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej (PTPiRE) [6],

w których w projektach słupowych stacji transformatorowych proponuje się umieszczenie wskaźników VisiVolt.

Wyposażenie stacji słupowych oraz rozłączników zainstalowanych na słupach we wskaźniki szynowe przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa obsługi takich punktów, dlatego jest nadzwyczaj godne polecenia. W przypadku rozłączników, instalacja wskaźników daje ponadto dodatkową informację potwierdzającą zadziałanie rozłącznika – co jest szczególnie istotne przy nowoczesnych, zamkniętych rozłącznikach bez widocznej przerwy pomiędzy jego stykami. Należy zaznaczyć, że wskaźniki VisiVolt mogą być instalowane nie tylko na gołych przewodach, ale również na szeroko stosowanych obecnie w układach napowietrznych, przewodach izolowanych.

## Literatura

- [1] PN-EN 61243-1:2007 *Prace pod napięciem -- Wskaźniki napięcia -- Część 1: Wskaźniki typu pojemnościowego do stosowania przy napięciach przemiennych powyżej 1 kV*; PN-EN 61243-2:2002 *Prace pod napięciem -- Wskaźniki napięcia -- Część 2: Wskaźniki rezystancyjne do stosowania przy napięciach prądu przemiennego od 1 kV do 36 kV*; odpowiedniki norm europejskich EN oraz międzynarodowych IEC o tych samych numerach.
- [2] PN-EN 61243-5:2004 *Prace pod napięciem -- Wskaźniki napięcia -- Część 5: Układy do sprawdzania obecności napięcia (VDS)*; odpowiednik normy europejskiej EN oraz międzynarodowej IEC o tym samym numerze
- [3] PN-EN 61958:2002 *Zestawy prefabrykowanych rozdzielnic wysokiego napięcia – Układy wskazujące obecność napięcia*; odpowiednik normy europejskiej EN oraz międzynarodowej IEC o tym samym numerze.
- [4] Czyżewski J., *Ciekłokrystaliczny wskaźnik obecności i/lub wielkości napięcia*, Patent RP nr P358856, patent Federacji Rosyjskiej nr RU2328750, patent USA nr US7336338 B2, patent ChRL nr ZL2004800004926.2 (2003-2008).  
Czyżewski J., *Ciekłokrystaliczny wskaźnik obecności napięcia* Patent RP nr P362262 (2003-2008).  
Czyżewski J., Huber R., Luto M., *Indicator of voltage presence*, Zgłoszenie patentowe RP nr P369639, międzynarodowe nr PCT/PL2005/000046 (2004-2005).
- [5] Czyżewski J., Wnęk M., Florkowski M., Liljenberg T., Kaltenecker K., *Don't touch! Passive voltage indicator – telling when the line is live*, ABB Review, 1/ 2005.  
Czyżewski J., Burzyński P., Wnęk M., Florkowski M., *PVI - nowa technologia wskaźników obecności napięcia*, Przegląd Elektrotechniczny. Konferencje, R. 3 [nr] 1 (2005) p. 62–65.  
Czyżewski J., *Novel Technology of Indication of Voltage Presence Based on Liquid Crystals*, Systems, Vol. 11, Special Issue 1/1 (2006), p. 3–8.  
*VisiVolt™ new technology of indication of voltage presence*, INMR Quarterly Review vol. Q3 - 2006, pp. 44–45.
- [6] PTPiREE-21 *Album słupowych stacji transformatorowych SN/nn STN, STNu z transformatorami o mocy do 630 kVA na żerdziach wirowanych*, PTPiREE-21/01,02,03-2007.

**Jan Czyżewski,**  
Centrum Badawcze ABB



## IX Rada Prezesów SEP Arłamów, 25–28 września 2008 roku

W dniach 25–28.09. 2008 r. odbyło się IX posiedzenie Rady Prezesów SEP, w Ośrodku Wypoczynkowym w Arłamowie. Uczestniczyło w nim 33 prezesów oraz 2 wiceprezesów Oddziałów. Gospodarzem spotkania był Oddział Krośnieński SEP. Prezesi Oddziałów dyskutowali nad projektem dokumentu Ministerstwa Gospodarki „Polityka energetyczna Polski do roku 2030”, zgłaszając uwagi do tego dokumentu. Omówiono stan przygotowań do Jubileuszu 90-lecia SEP oraz Kongresu Elektryki Polskiej – imprez, które odbędą się w Warszawie w 2009 r. – roku jubileuszowym, a także kalendarz imprez organizowanych z tej okazji w oddziałach. Omówiono wstępne założenia do budżetu SEP na 2009 r. i przyjęto założenia do reformy rozliczeń między oddziałami a Zarządem Głównym. Dyskutowano nad przygotowywaną bazą członków SEP, a także nad nową formą legitymacji członkowskich. Prezes Oddziału Krośnieńskiego SEP i prezes Oddziału Rzeszowskiego SEP zaprezentowali działalność oddziałów.

Bogaty program merytoryczny urozmaicony był prezentacją firm: ZPUE Włoszczowa S.A., ZAPEL S.A. Boguchwała, PELMET Sp. Jawna Krościenko Wyżne oraz ZPRE Jedlicze.

Osoby towarzyszące (głównie panie) miały spotkanie z artystą garncarzem. Okazało się, że niektóre z pań ujawniły talent w lepieniu garnków.

Organizatorzy Rady Prezesów przygotowali bardzo ciekawą ofertę wycieczkową, która pozwoliła na zapoznanie się z historią, kulturą, zabytkami kultury sakralnej oraz niepowtarzalną fauną i florą tego



Wetlina



Krasiczyn

pięknego zakątka Polski, jakim są Bieszczady. W czasie trzech wycieczek zwiedzono Krasiczyn, Przemyśl i Kalwarię Paclawską, z okien autokaru obejrzano Bieszczady, zatrzymując się na dłużej w Ustrzykach Dolnych, gdzie zwiedzono Muzeum



Solina

Przyrodnicze oraz, po zwiedzeniu kilku cerkwi oraz szymbów naftowych, zrelaksowano się rejsem po Zalewie Solińskim.

*(zdjęcia i tekst FM)*

[1] INFOSEPIK nr 60, 30.09.2008

[2] SPEKTRUM wrzesień 2008

## VII Konferencja Naukowo-Techniczna TRANSFORMATORY ENERGETYCZNE I SPECJALNE Perspektywy rozwojowe, zastosowania i koncepcje

W dniach 1–3 października 2008 r., w Kazimierzu Dolnym odbyła się VII konferencja naukowo-techniczna „Transformatory energetyczne i specjalne”, której organi-

zatorami byli: Polimex – Mostostal S.A. Zakład ZREW – Oddział Transformatory, Instytut Mechatroniki i Systemów Informatycznych Politechniki Łódzkiej, Zakład Wysokich

Napięć PŁ oraz Instytut Energetyki, Oddział Transformatorów w Łodzi. Patronat nad konferencją podjęły: CIGRE, PSE – Operator S.A. oraz SEP – oddziały Warszawski i Łódzki.

Konferencję rozpoczęto sesją wspomnieniową, poświęconą dwóm wybitnym postaciom, nierozzerwalnie związanymi z konferencją transformatorową od początku jej organizacji, którzy zmarli w ostatnich miesiącach – prof. Michałowi Jabłońskiemu i inż. Krzysztofowi Skulimowskiemu. Wspomnienia, osobiste refleksje i nieznanne szerszemu kręgowi osób zdarzenia związane z prof. Michałem Jabłońskim przekazał jego wieloletni przyja-



Komitet Naukowy i Organizacyjny VII Konferencji Naukowo-Technicznej „Transformatory energetyczne i specjalne”

ciel – prof. Kazimierz Zakrzewski. Wspomnienia oraz pokaz slajdów związanych z życiem prywatnym i zawodowym inż. Krzysztofa Skulimowskiego, wieloletniego pracownika ZREW i jednego z twórców konferencji transformatorowych, przekazał pan Dariusz Wojtala. W sesji wspomnieniowej uczestniczyli przedstawiciele najbliższej rodziny inż. Krzysztofa Skulimowskiego.



Od lewej: Andrzej Boroń i prof. Kazimierz Zakrzewski

Część naukowo-techniczną zainaugurowało wystąpienie Pawła Rychtera, wieloletniego prezesa ZREW-u, obecnie dyrektora Polimex-Mostostalu, w skład którego wchodzi ZREW. Obrady podzielono na 6 sesji:

- Problematyka olejów transformatorowych,
- Diagnostyka i monitoring (dwie sesje),
- Zagadnienia analityczne i obliczeniowe,



Od lewej: prof. Franciszek Mosiński i Adam Zawistowski

- Zagadnienia modernizacyjne,
- Sesję marketingową.

Duża ilość nadesłanych i zakwalifikowanych przez komitet naukowo-programowy referatów spowodowała, że część z nich była prezentowana na panelu dyskusyjnym poza sesjami głównymi.

Konferencja wzbudziła ogromne zainteresowanie. Do Kazimierza Dolnego przybyło ponad 150 uczestników. Poza częścią plenarną organizatorzy przygotowali szereg atrakcji – m.in. występy Jerzego Kryszaka czy wyjazd do Lublina.

Do zobaczenia na następnej konferencji transformatorowej za dwa lata, jak zwykle w pięknym Kazimierzu Dolnym.

Andrzej Boroń



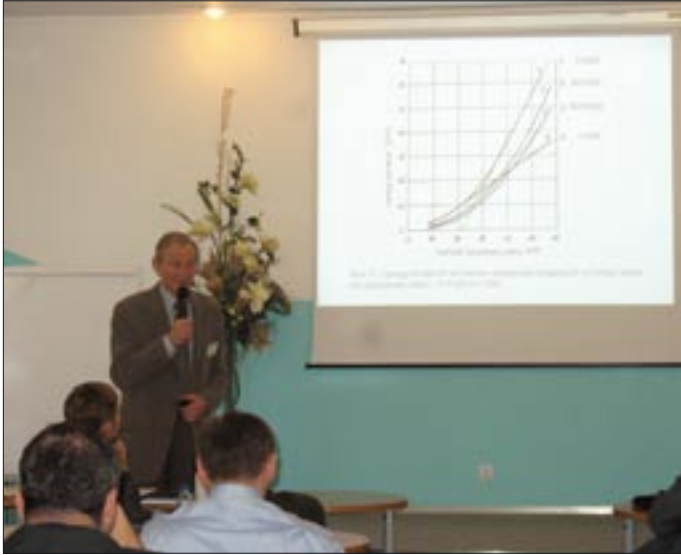
Dyrektor M. Florkowski otwiera Forum

## Forum Transformatory Energetyczne

W dniach 18–19 listopada 2008r. odbyło się w Łodzi kolejne, trzecie już Forum ABB Transformatory Energetyczne.

Na tegorocznym spotkaniu nie było z nami prof. Michała Jabłońskiego, zmarł 17 maja 2008 r. W materiałach tego Forum zamieszczono wspomnienia o Nim przygotowane przez współpracowników i kolegów – Kazimierza Zakrzewskiego (*Prof. dr hab. inż. Michał Jabłoński nestor elektrotechników polskich, Członek Honorowy Stowarzyszenia Elektryków Polskich 1920–2008*) oraz Adama Ketnera (*Michał Jabłoński – naukowiec i praktyk*).

Niestety, nie podzieli się On z uczestnikami Forum swoją ogromną wiedzą i bogatym wieloletnim doświadczeniem. Jego trafnych uwag i wniosków, a zwłaszcza Jego cennych rad i wskazówek będzie nam bardzo brakować.



Profesor J. Galczak przedstawia swój referat

W tym roku na Forum przygotowano następujące referaty:

1. *Transformatory energetyczne z izolacją SF6* – prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński,

2. *Zjawisko nadprzewodnictwa i jego zastosowanie w transformatorach* – prof. dr hab. inż. Kazimierz Zakrzewski,

3. *Podstawy mechanizmu wyładowań w oleju mineralnym* – prof. PŁ, dr hab. inż. Józef Galczak,

4. *Wpływ siły prasującej i sztywności podparcia uzwojenia na jego wytrzymałość dynamiczną na osiowe siły zwarcia* – dr inż. Władysław Pewca,

5. *Narażenia napięciowe zacisku neutralnego w eksploatacji i podczas prób wytrzymałości elektrycznej* – dr inż. Adam Ketner,

6. *Użyteczność fabrycznej próby grzania do szacowania stopnia zestarzenia izolacji i dopuszczalnych obciążeń w eksploatacji* – dr inż. Bogusław Bocheński,

7. *Przełączniki zaczepów pod obciążeniem – budowa, eksploatacja, diagnostyka* – dr inż. Marcei Kaźmierski,

8. *Przebiegi przenoszone w uzwojeniach transformatorów* – mgr inż. Andrzej Lech Maliszewski.

W dwóch pierwszych przedstawiono tematykę transformatorów z izolacją SF 6 oraz kriotransformatorów. Profesor Galczak, autor trzeciego referatu, przedstawił problematykę wyładowań niezupełnych w izolacji transformatora, a kolega W. Pewca – omówił interesujące zagadnienia z wytrzymałości dynamicznej uzwojeń. Koledzy A. Ketner i A. L. Maliszewski przedstawili wybrane zagadnienia z narażeń napięciowych występujących w eksploatacji i podczas prób w fabryce.



Widok ogólny sali obrad



Profesor K. Zakrzewski wspomina postać prof. M. Jabłońskiego

Natomiast kolega B. Bocheński przedstawił możliwość wykorzystania wyników próby grzania transformatora do szacowania długości życia izolacji transformatora oraz szacowania dopuszczalnych obciążeń w eksploatacji.

Referat kolegi M. Kaźmierskiego dotyczy zagadnień dotyczących budowy, eksploatacji i diagnostyki podobciążeniowych przełączników zaczepów.

Każdy referat wywołał ożywioną dyskusję – świadczy to o trafnym wyborze tematyki referatów prezentowanych na Forum.

W Forum uczestniczyło kilkadziesiąt osób na ogół z ABB (z centrum badawczego w Krakowie i fabryki transformatorów w Łodzi); w tym Forum roku uczestniczyli również przedstawiciele PSE.

Adam Ketner

Fotografie: z archiwum Oddziału Łódzkiego SEP

**Sprostowanie:** W numerze 3/2008 Biuletynu Techniczno-Informacyjnego:

- na stronie 5 w tabeli druga pozycja w rubryce „Badana ciecz” winna brzmieć „Olej silikonowy”;
- na stronie 22, w nagłówku tabeli błędnie podano daty. Prawidłowe daty to: 2004 i 2007. (redakcja)



Piotr Szymczak otwiera zebranie



Przemówienie prof. S. Wiaka dziekana Wydziału EEiA



Prof. Kazimierz Zakrzewski z Instytutu Mechatroniki i Systemów Informatycznych PŁ



Andrzej Boroń – wiceprezes – skarbnik SEP



Prof. Franciszek Mosiński – prezes OŁ SEP przedstawia historię i aktualną działalność Oddziału

## Zebranie CKMiS i SRK w Łodzi

W dniu 28 listopada 2008 r. odbyło się w gmachu Politechniki Łódzkiej XI plenarne posiedzenie Centralnej Komisji Młodzieży i Studentów i Studenckiej Rady Koordynacyjnej SEP.

W pierwszej części zebrania odbyło się spotkanie z władzami Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ, Zarządu Głównego i Oddziału Łódzkiego SEP. Zebraniu przewodniczył Piotr Szymczak – przewodniczący CKMiS, który po powitaniu zaproszonych gości i uczestników posiedzenia poprosił o zabranie głosu prof. Sławomira Wiaka – dziekana Wydziału EEiA, który przybliżył zebrany historię i aktualną działalność Wydziału. Następnie głos zabrali: prof. Kazimierz Zakrzewski z Instytutu Mechatroniki i Systemów Informatycznych PŁ – przewodniczący Komitetu Elektrotechniki PAN, Andrzej Boroń – wiceprezes SEP reprezentujący Zarząd Główny oraz prof. Franciszek Mosiński – prezes Oddziału Łódzkiego SEP, który przedstawił historię i aktualne kierunki działalności Oddziału.

W kolejnej części odbyły się oddzielne zebrania CKMiS oraz SRK. Głównymi tematami CKMiS był program przygotowań do jubileuszy 90-lecia SEP i 45-lecia CKMiS, informacja nt. realizacji badań socjologicznych młodzieży oraz propozycja harmonogramu posiedzeń na 2009 r. SRK po ukonstytuowaniu się, zajęła się problematyką udziału SRK w dokończeniu badań socjologicznych młodzieży, utworzeniu serwisu internetowego SRK, a także ustaliła harmonogram posiedzeń na 2009r.



Uczestnicy zebrania

Po krótkiej przerwie wznowiono wspólne obrady, podczas których Marek Pawłowski – przewodniczący Komitetu Organizacyjnego XI Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka, przedstawił ramowy program imprezy, która odbędzie się w dniach 16–19.04.2009 r., a organizatorem będzie Oddział Łódzki, przy współpracy z Oddziałem Piotrkowskim SEP. Zaakceptowano przedstawioną formułę imprezy poprzez przyjęcie stosownej uchwały. Wysłuchano również informacji o przygotowaniach Wakacyjnej Szkoły Młodych Liderów SEP oraz Młodzieżowej Agencji Fotograficznej SEP.

Na zakończenie spotkania Piotr Szymczak podziękował Oddziałowi Łódzkiemu SEP za gościnę, a kolejną okazją do wspólnego spotkania będą Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka,

## Wspomnienie o Bronisławie Pertkiewiczu

Energetyka ciepłownicza oparta o skojarzoną zasadę dostawy energii elektrycznej i ciepłej powstała dopiero po drugiej wojnie światowej. Studenci Politechnik, kończący nauki w latach pięćdziesiątych otrzymywali pierwszą porcję wiedzy na ten temat.

Bronisław Pertkiewicz rozpoczął pracę w ówczesnej, będącej w budowie, EC2 w 1957 r. Początkowo był szefem produkcji. Dał się szybko poznać jako dociekliwy inżynier i dobry organizator robót eksploatacyjnych, remontowych i prób technicznych na styku eksploatacja – inwestycja. Te osiągnięcia zostały ocenione bardzo pozytywnie, co pozwoliło powołać Go na stanowisko dyrektora Elektrociepłowni Nr 2.

Od samego początku najważniejszą dla Niego sprawą były kadry, liczone od robotników, do wysoko postawionych inżynierów. Dlatego rozwinął szeroki wachlarz wszelakiego rodzaju szkoleń podnoszących kwalifikacje ludzi zatrudnionych w EC 2.

Kwalifikacje były zawsze podstawą awansu w hierarchii nadzoru. To postępowanie spowodowało, że Jego wypowiedzi na temat przygotowania kadr były chętnie wysłuchiwane.

Bronisław Pertkiewicz spędził wiele czasu nad opracowaniem systemu ciepłowniczego. Jest autorem opracowania koncepcji, które miały ustalać rzeczywiste potrzeby przyrostów ciepła w związku z rozwojem naszego miasta. To On spowodował, że we władzach miasta powstał specjalny wydział badający te potrzeby.

Inicjatywz budowy EC 3 oraz EC4 zostały zapoczątkowane w momentach, które dla miasta stanowiły lata przełomowe. Opracowanie potrzeb i ich realizacja wymagały wielkiego wysiłku w pokonywaniu pojawiających się trudności. Otóż, Bronisław Pertkiewicz był mistrzem w pokonywaniu ówczesnej biurokracji. To dzięki Jego energii możemy się dzisiaj szczycić takimi pięknymi i technicznie nowoczesnymi zakładami.

Jako szef i przełożony był przyjacielem dla wszystkich. Dbał o budownictwo mieszkaniowe. W sumie w Łodzi wybudowano kilka bloków mieszkaniowych, które zabezpieczyły mieszkania pracownikom niezbędnym w procesie produkcji zakładów. Zajmował się także najbardziej skąplikowanymi problemami rodzinnymi naszych pracowników. Jest znany przypadek prośby żony pracownika, by wpłynął na poprawność zachowania jej męża w domu. Po upływie roku żona dziękowała Bronisławowi Pertkiewiczowi za przeprowadzoną interwencję.

Po latach pracy w łódzkim Zespole Elektrociepłowni poproszono Go by podjął pierwsze prace techniczno-organizacyjne dla budowy nowej Elektrowni w Bełchatowie. Wywiązał się z tego zadania bez zarzutu.

W czasie, kiedy był dyrektorem Zespołu Elektrociepłowni w Łodzi, Zespół uczestniczył we współzawodnictwie między elektrowniami i elektrociepłowniami w Polsce o miano najlepszego zakładu w kraju. Nagrodą



był Sztandar Przechodni Prezesa Rady Ministrów i Przewodniczącego CRZZ.

Za wzorową pracę, za osiągnięcie najlepszych wskaźników ekonomicznych w Polsce, za bezwypadkowość, po trzykrotnym zajęciu pierwszego miejsca w kraju, sztandar ten przeszedł na własność Zespołu.

Łódź zawdzięcza Mu czyste powietrze, komfort ogrzewania mieszkań, jak również wygodę w prowadzeniu gospodarstw domowych.

Po dwudziestu jeden latach pracy w Zespole EC został powołany na stanowisko dyrektora naczelnego Centralnego Okręgu Energetycznego. Później przeszedł do pracy w Ministerstwie Górnictwa i Energetyki, skąd odszedł na emeryturę.

Był człowiekiem o skrytalizowanych poglądach politycznych i wielkim patriotą Polski. Bolał nad tym, że usiłuje się obecnie usunąć z pamięć historii Polski najlepszy okres jej rozwoju i likwidacji jej zacofania przedwojennego we wszystkich dziedzinach życia naszego państwa. Cieszył się, że dane mu było pracować całe życie w dziedzinie, która jest podstawą rozwoju wszystkich innych gałęzi gospodarczych. Za swoją pracę otrzymał wiele odznaczeń państwowych.

Prochy Bronisława Pertkiewicza zostały złożone w dniu 11 września br. na Wojskowym Cmentarzu na Powązkach w Warszawie.

Odejdzie od nas na zawsze Bronisława Pertkiewicz ogarnięto smutkiem jego przyjaciół.

*mgr inż. Jerzy Kosiorowski*

## Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka w Radomiu

W dniach od 16 do 19 października br. odbyły się w Radomiu X Jubileuszowe Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka. Organizatorami spotkania byli: Stowarzyszenie Elektryków Polskich Oddział Radomski, Koło Studenckie SEP przy Politechnice Radomskiej, Centralna Komisja Młodzieży i Studentów SEP oraz Studencka Rada Koordynacyjna. Osobiście zaangażowanych było wiele osób, nie można jednak nie wymienić z imienia i nazwiska kolegów:

- Jacka Szydłowskiego – prezesa OR SEP,
- Jarka Rybskiego – przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego ODME'2008,
- Piotra Szymczaka – przewodniczącego CKMiS,
- Marka Grzywacza – członka ZG SEP

i koleżanki Barbary Cholewińskiej. Wielkie uznanie i słowa podziękowania dla tych, wyżej wymienionych i dla tych, których nazwiska tu nie padły, a jest ich wielu.



Inauguracja X ODME 2008. W pierwszym rzędzie Goście oficjalni

Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka są imprezą cykliczną, której głównymi organizatorami, ale i uczestnikami, są studenci wyższych uczelni technicznych, zrzeszeni w studenckich kołach SEP, samorządach uczelnianych, studenckich kołach naukowych oraz młodzi działacze oddziałowi SEP.

Najważniejszym celem tegorocznych ODME było propagowanie wśród młodych elektryków bogatej, już prawie 90-letniej tradycji SEP i zachęcenie młodych ludzi do aktywnej działalności w stowarzyszeniach i organizacjach skupiających elektryków. Równie ważnym zadaniem tegorocznych Dni była promocja proekologicznego podejścia do produkowania i użytkowania energii elektrycznej.



Od lewej: Jacek Szydłowski – prezes Oddziału Radomskiego SEP i Jerzy Barglik – prezes SEP

Formuła Dni daje doskonałą okazję do spotkania ludzi młodych z ich rówieśnikami z kraju i zagranicy, ale też i z ludźmi tworzącymi dziś naukę gospodarkę, politykę i struktury społeczne. W ofercie programowej przewidziane były spotkania z przedstawicielami firm działających na szeroko rozumianym rynku elektrycznym, prezentacje firm sponsorujących Dni (Głównym Sponsorem była **ABB**), seminaria, spotkania tematyczne, a także tradycyjnie odbywający się



Spotkanie uczestników z władzami SEP. Od lewej: Jolanta Arendarska – sekretarz generalna SEP, Jerzy Barglik – prezes SEP, Jacek Szydłowski – prezes Oddziału Radomskiego SEP, Jarosław Rybski – przewodniczący Komitetu Organizacyjnego ODME 2008, Piotr Szymczak – przewodniczący CKMiS SEP, członek Zarządu Głównego SEP



turniej pn.: „LIGA ELEKTRYKÓW”. Tu wypada wspomnieć, że w takim turnieju reprezentacja Studenckiego Koła SEP Politechniki Łódzkiej, w 2005 roku zdobyła I miejsce, a w roku bieżącym równie zaszczytne II miejsce.

Ogólnopolskie Dni Młodego Elektryka były też wymienną okazją do podziękowania i uhonorowania wyróżniających się nauczycieli i opiekunów kół SEP, a także do wręczenia młodym liderom SEP medali im. Michała Doliwo-Dobrowolskiego, twórcy systemu trójfazowego.

Impreza miała oczywiście Patronów Honorowych, a byli nimi:

- Marszałek Województwa Mazowieckiego pan Adam Struzik
- Prezydent Miasta Radomia pan Andrzej Kosztowniak
- Prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich pan Jerzy Barglik
- J.M. Rektor Politechniki Radomskiej pan Mirosław Luft

W programie imprezy ujęto również posiedzenie Centralnej Komisji Młodzieży i Studentów w pierwszym dniu oraz posiedzenie Studenckiej Rady Koordynacyjnej, na którym podsumowano roczną kadencję Rady oraz dokonano wyborów nowego Prezydium Rady na kolejną kadencję – przewodniczącym został kol. Piotr Rutkowski.

W przyszłym roku, w kwietniu, to Studenckie Koło Politechniki Łódzkiej będzie miało zaszczyt gości koleżanki i kolegów z Polski i zagranicy na XI ODME. Już dziś zapraszamy i obiecujemy dołożyć wszelkich starań, aby wszyscy, którzy do nas przyjadą, świetnie się bawili, zdobywali wiedzę i umiejętności, które zawiodą ich na szczyty nauki i biznesu, ale też zawsze będą mieli w pamięci swoje rodowody i tych, którzy przed nimi tworzyli zręby naszej i światowej elektryki.

(MB)

## Jubileusz Oddziału Poznańskiego SEP

W bieżącym roku Oddział Poznański obchodził jubileusz 80-lecia swojego istnienia. Dzień obchodów przypadł na 27 października i w tym też dniu członkowie Oddziału, jego władze oraz zaproszeni goście spotkali się w pięknym gmachu Akademii Muzycznej w Poznaniu. Pośród zaproszonych gości był prezes Oddziału Łódzkiego SEP prof. F. Mosiński, którego reprezentował dyrektor Biura OŁ SEP kol. M. Balcerek.

Początków organizacji elektryków polskich można szukać u schyłku XIX wieku. Elektrycy poznańscy skupiali się początkowo w Wydziale Przyrodników i Techników, utworzo-

nym w 1896 roku przy Poznańskim Towarzystwie Przyjaciół Nauki, a następnie w Towarzystwie Techników Polskich. Po odzyskaniu niepodległości w 1918 r. organizacje techniczne przemianowano na Stowarzyszenie Techników w Poznaniu i powołano 8 Wydziałów, w tym Wydział Elektrotechników. Umowna data powstania Oddziału Poznańskiego SEP przypada na dzień 1 czerwca 1928 roku. W tym dniu odbywało się w Toruniu VIII Zgromadzenie Delegatów Stowarzyszenia Elektrotechników Polskich, na którym zmieniono nazwę organizacji na Stowarzyszenie Elektryków Polskich i wprowadzono nazwę Oddziałów SEP zamiast Kół (terenowych).



Stefan Granatowicz, prezes Oddziału Poznańskiego przedstawia historię i współczesną działalność Oddziału Poznańskiego SEP



Życzenia i gratulacje od zaprzyjaźnionych oddziałów SEP przyjmuje Stefan Granatowicz, prezes O/Poznańskiego SEP





Duet fortepianowy Anna i Piotr Niewiedziałowie

Prezesem został Karol Trompeteur. W 1929 roku, w Poznaniu odbyło się Walne Zgromadzenie SEP. Obecnie prezesem Oddziału jest Stefan Granatowicz i właśnie jemu przypadła rola przedstawienia, na spotkaniu jubileuszowym, historii i zamierzeń Oddziału na następne lata. Po wystąpieniu prezesa na scenę kolejno wkraczali ci wszyscy, których z okazji Jubileuszu uhonorowano odznaczeniami: były Złote i Srebrne Odznaki Honorowe SEP, były medale SEP.

Potem przyszła kolej na życzenia i gratulacje ze strony gości. Nie sposób wymienić wszystkich. Na uroczystości

reprezentowany był Urząd Marszałkowski, Prezydent m. Poznania, władze zaprzyjaźnionych oddziałów SEP, przedstawiciele Członków Wspierających Oddział oraz sponsorów. Następnie część artystyczna: wyśmienicie zaprezentował się duet fortepianowy Anna i Piotr Niewiedziałowie, a po ich występie miejsce na scenie Sali Koncertowej zajął Chór mieszany Uniwersytetu Poznańskiego im. A. Mickiewicza.



Chór Uniwersytetu Poznańskiego im. Adama Mickiewicza

Spotkanie zakończyło się bankietem, z lampką wina i toastami na cześć jubilatów.

(MB)

## Galowo w Pałacu Herbsta

Pałac Herbsta stał się w dniu 6 listopada br., od godz. 13.00, miejscem Wielkiej Gali Zakładu Energetycznego Łódź – Teren S.A. z okazji Dnia Energetyka. Na miejsce spotkania energetycznej braci z terenu działania ZEŁ-T-u przybyli przedstawiciele wojewody łódzkiego, marszałka województwa, wiceprezydent Łodzi – Włodzimierz Tomaszewski, członkowie Rady Nadzorczej, zarząd Spółki, kadra kierownicza oraz pracownicy firmy i emeryci.

Głównym punktem programu było uhonorowanie dziesięciorga pracowników odznakami resortowymi „Za zasługi dla energetyki”. Prezes zarządu firmy – Rafał

Kuźniak wygłosił przemówienie do zebranych, w którym uzmysłowił wszystkim wielkość grupy PGE, nasze – Zakładu Energetycznego – znaczenie dla regionu oraz wyzwania, przed jakimi stoi firma. Spotkanie umilił występ damskiego kwartetu smyczkowego „Apertus”, który swym repertuarem, sięgającym korzeniami „ziemi obiecanej”, podkreślił historyczność miejsca, w którym byliśmy. Jak co roku, Międzyzakładowy Związek Zawodowy Pracowników ZEŁ-T S.A. przyznał Puchary BHP. Przypadły one tym razem Rejonom Energetycznym: Wieluń, Łowicz i Tomaszów.

Nie zabrakło czasu i nastroju na kulturalne rozmowy przy smakowicie zastawionych stołach.

(bmk)





## Doktor honoris causa Politechniki Łódzkiej

W dniu 3 grudnia 2008 r. o godzinie 12:00, odbyło się uroczyste posiedzenie Senatu, na którym tytuł i godność doktora honoris causa Politechniki Łódzkiej otrzymał prof. **Tadeusz Kaczorek**, twórca szkoły naukowej w zakresie teorii sterowania i układów dynamicznych. List gratulacyjny od prof. Jerzego Barglika – prezesa SEP, wręczył prof. Franciszek Mosiński – prezes OŁ SEP.

Działalność naukowa Profesora związana jest z zagadnieniami automatyki oraz elektrotechniki, a szczególnie teorią sterowania i teorią układów dynamicznych. Prof. Kaczorek jest absolwentem Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej (PW) (rocznik 1956). Tytuł profesora zwyczajnego otrzymał w 1974 roku. Jest członkiem rzeczywistym PAN, członkiem zwyczajnym Akademii

Inżynierskiej w Polsce oraz członkiem honorowym Węgierskiej Akademii Nauk.

W okresie ponad 50-letniej pracy zawodowej był pracownikiem Wydziału Elektrycznego PW oraz wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej. W PW pełnił wiele ważnych funkcji i stanowisk kierowniczych. Zorganizował na Wydziale Elektrycznym Katedrę Podstaw Elektroniki i Automatyki i był jej kierownikiem w latach 1965–1970. W latach 1969–1970 był dziekanem Wydziału Elektrycznego. W 1970 roku był organizatorem i pierwszym dyrektorem Instytutu Sterowania i Elektroniki Przemysłowej. W kadencji 1970–1973 pełnił funkcję prorektora Politechniki Warszawskiej.

Profesor Tadeusz Kaczorek ma bardzo silne związki z Politechniką Łódzką, których początków można upatrywać w latach 60. ubiegłego wieku, gdy Instytutem Automatyki PŁ kierował profesor Władysław Pełczewski. Był recenzentem szeregu prac promocyjnych oraz opiniodawcą publikacji książkowych pracowników Politechniki Łódzkiej.

*Źródło: strona internetowa Politechniki Łódzkiej [www.p.lodz.pl](http://www.p.lodz.pl)*

## Prezentacja firmy OLMEX S.A.

W dniu 6 listopada 2008 r. odbyła się organizowana przez Oddział Łódzki SEP prezentacja firmy OLMEX S.A. – członka wspierającego Oddziału Łódzkiego SEP.

Tematem była prezentacja nowych rozwiązań w zakresie aparatury średnich i wysokich napięć ze szczególnym

uwzględnieniem układów kompensacji mocy biernej średniego napięcia oraz rozdzielnic w izolacji gazowej (GIS).

W prezentacji uczestniczyło około 30 osób członków Oddziału i pracowników firm współpracujących z Oddziałem oraz przedstawicielstwem OLMEX S.A. w Łodzi.

*Fot.: Karol Konikowski (OLMEX S.A.)*



## Wyjazd szkoleniowy Koła SEP przy Dalkia Łódź S.A.

Kolejny wyjazd szkoleniowy przygotowany i zrealizowany dla pracowników Dalkii Łódź S.A. przez Koło Stowarzyszenia Elektryków Polskich dzięki finansowaniu przez Wydział Szkolenia i Rozwoju Personelu, poświęcony został poznaniu kolejnych kotłów fluidalnych, tym razem w EC Żerań. Następnie poznawaliśmy pracę niewielkiej elektrociepłowni w Płońsku, opartej na spalaniu biomasy.

Po krótkiej prezentacji Vattenfall Heat Poland mogliśmy zapoznać się z kotłami, które jako pierwsze w Polsce o takiej wydajności (450 t/h) zostały wybudowane na podstawie polskiego projektu.

Kotły fluidalne pozwalają uzyskiwać niskie parametry zanieczyszczenia środowiska ( $SO_x$  do 200 mg/Nm<sup>3</sup> i  $NO_x$  do 200 mg/Nm<sup>3</sup>), a po uruchomieniu instalacji pilotażowej do współspalania biomasy (od maja 2007) także uzyskiwać dalsze obniżenie emisji CO<sub>2</sub>. Obecnie spalanie biomasy do 15% masy paliwa obejmuje wióry, słomę, wierzbę, a nawet łuski kawy.

Z informacji technicznych, ciekawych dla osób nieco mniej szczegółowo zapoznanych z kotłami tego typu, istotne byłoby to, że kocioł, po zatrzymaniu dostarczenia paliwa, jeszcze pewien czas (do 40 minut) produkuje parę do turbiny, a nawet do 5 godzin na stację redukcyjno-schładzającą. Zakończenie zwiedzania upłynęło także w bardzo sympatycznej atmosferze, jak to zwykle wśród energetyków, przy przygotowanym przez gospodarzy obiedzie. Naszym przewodnikom, poza podziękowaniami, przekazaliśmy pamiątkowe albumy „100 lat Energetyki Łódzkiej” i „Szkice do portretu miasta” wydane dzięki współfinansowaniu przez Dalkię Łódź S.A.

Drugim poznany obiektem energetycznym była Elektrociepłownia Płońsk w Płońskim Przedsiębiorstwie Energetyki Ciepłej Sp. z o.o., która z mocą 35 MWt, w tym 5 MWt na ogrzewanie



i 2 MWe, pracuje na potrzeby miasta i zlokalizowanych w pobliżu zakładów przemysłowych: przetwórstwa owoców i młyną.





Kotły WR15 po modernizacji z szufladowym podawaniem paliwa, którym jest w 100% biomasa, głównie w postaci odpadów leśnych i wierzby z położonych w okolicy plantacji. Podpisano umowy z dostawcami, których w tym rejonie nie brakuje i zapewniają oni całkowite pokrycie potrzeb – do 90 000 t/rok.

Takie rozwiązanie, gdy dostawy realizowane są na krótkich trasach, jest rozwiązaniem rzeczywiście ekologicznym, bowiem zużyta w transporcie energia (np. olej napędowy) nie ma znaczącego udziału w bilansie energetycznym i nie zmniejsza efektu ekologicznego. Natomiast występujące problemy przy spalaniu biomasy, informacje dla nas istotne, to przede wszystkim duże wahania wilgotności. Biomasa zielona jest zwykle zbyt wilgotna, natomiast gałęzie z lasu czy odpady tartaczne zbyt suche. Optymalna wilgotność, według doświadczeń, to ok. 35%. Okres składowania biomasy nie przekracza 2÷3 miesięcy.

## Wizyta w firmie DELL

W dniu 26 listopada br. niektórzy członkowie Oddziału Łódzkiego SEP, w tym prezes, członkowie Zarządu, Komisji Rewizyjnej, prezesi kół, a także zaproszeni goście, m.in. prezes ŁRFSN-T NOT, mieli okazję i przyjemność gościć w łódzkiej fabryce firmy DELL, jednego z największych na świecie producentów sprzętu komputerowego. Powstające tu notebooki trafiają do odbiorców w Europie, na Bliskim Wschodzie i w Afryce.

Dell Inc. to amerykańska korporacja dostarczająca nowatorskie rozwiązania i produkty, którym klienci ufa-

Jednak nie tylko problemy techniczne były przedmiotem naszego zainteresowania w czasie tego wyjazdu. Wiele historycznych, a także z dziedziny kultury wiadomości, dostarczyło zwiedzenie z przewodnikiem kilku ciekawych miejsc położonych na trasie przejazdu. Twierdza Modlin ze swą sięgającą czasów napoleońskich bogatą historią gdzie zwiedziliśmy m.in. Kasyno Oficerskie, Wieżę Tatarską, Wieżę Wodną z 1847 r., Redutę Napoleona, a także zaliczyliśmy choć krótki spacer podziemnym chodnikiem saperskim.

Następnie Opinogóra związana z życiem i twórczością Zygmunta Krasińskiego. W krypcie kościoła płyty nagrobne poświęcone członkom rodu Krasińskich, a w zamczku i oficynie dwie, bardzo interesujące ekspozycje Muzeum Romantyzmu. Kościół i Klasztor w Czerwińsku, miejscu przeprawy wojsk Jagiełły, ze znanymi freskami z okresu Kazimierza Wielkiego.

Nie sposób opisać wszystkich ciekawych obiektów, ale wspomnieć trzeba o pałacu biskupów płockich, obecnie Domu Polonii w Pułtusku. Już blisko domu zwiedzaliśmy w Oporowie Muzeum Zamek i Klasztor Ojców Paulinów. Wybudowany na początku XV w., zamek obecnie jest bogato wyposażonym muzeum wewnątrz dworskich. Dzieła sztuki z różnych epok od XVI – XIX w., choć nie stanowiły pierwotnego wyposażenia zamku wzbudzały duże zainteresowanie, a nawet podziw zwiedzających.

W niewielkiej odległości od zamku usytuowany jest zabytkowy zespół klasztorny ojców paulinów. Jego zwiedzanie zakończyło ten zawodowo-turystyczny wyjazd.

Przygotowanie trasy, wytypowanie obiektów i organizacja w czasie imprezy spoczywały w doświadczonych rękach kolegi Stanisława Burdy, któremu pomagał przygotowując liczne informacje kolega Kazimierz Błaż. Oba kolegom składam serdeczne podziękowania za włożony trud i poświęcony czas.

*Jacek Kuczkowski*

ją i które cenią. To dlatego, że firma bierze pod uwagę opinie użytkowników. Sławę zdobyła przede wszystkim za sprawą komputerów osobistych i laptopów; produkuje także serwery, pamięci masowe i urządzenia zewnętrzne (m.in. drukarki).

Założona została w 1984 roku przez Michaela Della, wówczas studenta na University of Texas w Austin. Główna siedziba firmy mieści się w Round Rock w Teksasie.

Fabryka w Łodzi została uruchomiona 20 listopada 2007 roku. Wtedy właśnie rozpoczęto produkcję pierw-

szych notebooków. Cały zakład został wzniesiony w ekspresowym tempie: od momentu ogłoszenia inwestycji do jej zakończenia minął rok. Koszt budowy wyniósł 200 milionów euro. Fabryka będzie docelowo zatrudniać 3000 pełnoetatowych pracowników, na razie jest to 1700 osób, z czego ok. 1600 pracowników produkcyjnych. Zakład ma powierzchnię 35 tysięcy metrów kwadratowych. Uroczystość otwarcia prowadził sam Michael Dell, twórca i dyrektor zarządzający całej korporacji.

„Reprezentację SEP” przyjął osobiście dyrektor Centrum Spotkań z Klientami – FOCALPOINT p. Tadeusz Jarzębowski. Goście mieli możliwość zapoznać się z całą paletą produktów firmy DELL – a potem, w Sali Konferencyjnej, zapoznani zostali z historią i stanem obecnym korporacji, jej produktami i specyfiką produkcji. Następnie, po wyśmienitym lunchu, obejrżeli linie produkcyjne, w towarzystwie oprowadzających, którymi byli: dyrektor techniczny p. Marek Chmielowski i inżynier automatyk p. Robert Saternus.



Wizyta pozostawiła niezapomniane wrażenia, chęć powrotu, wdzięczność i ogromne uznanie dla organizatorów.

(MB)



Politechnika Łódzka  
Instytut Elektroenergetyki



Stowarzyszenie Elektryków Polskich  
Kolo przy PGE Elektrownia Bełchatów SA



PGE Elektrownia Bełchatów SA

IX  
MIĘDZYNARODOWA  
KONFERENCJA  
NAUKOWO-TECHNICZNA

**ELEKTROWNIE CIEPLNE**  
**EKSPLLOATACJA – MODERNIZACJE – REMONTY**

1-3 CZERWCA 2009  
SŁOK K/BELCHATOWA  
HOTEL WODNIK

### ZAPROSZENIE

Mamy przyjemność zaprosić Państwa do wzięcia udziału w IX Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej **ELEKTROWNIE CIEPLNE. Eksploatacja - Modernizacje - Remonty**, która odbędzie się w dniach 1-3 czerwca 2009 r.

Tematyka Konferencji dotyczy następujących zagadnień:

- nowe, wysokosprawne bloki energetyczne;
- modernizacje elektrowni i elektrociepłowni;
- doświadczenia z eksploatacji i remontów urządzeń;
- zasilanie i regulacja napędów potrzeb własnych;
- automatyka, pomiary i zabezpieczenia układów;
- diagnostyka i monitoring urządzeń i układów;
- przekształcenia i rozwój sektora elektroenergetycznego;
- wykorzystanie paliw alternatywnych w energetyce;
- energetyka a środowisko (aspekty techniczne, prawne i ekonomiczne)

Konferencji towarzyszyć będzie wystawa i sesje promocyjne z udziałem firm oferujących wyroby i technologie związane z przemysłem energetycznym.

Zainteresowanych udziałem w Konferencji prosimy o kontakt z Organizatorami: 042 631-25-98, 044 735-10-15. Szczegółowe informacje można znaleźć na stronie internetowej: [www.i15.p.lodz.pl/elektrownie](http://www.i15.p.lodz.pl/elektrownie).

## Szanowne Koleżanki, Szanowni Koledzy

Za kilka miesięcy będziemy obchodzić, jako członkowie jednego z sześciu oddziałów założycielskich, 90. rocznicę powołania Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Stało się już tradycją, że przy „okrągłych” jubileuszach Oddział organizuje spotkania służące integracji naszego środowiska. Spotkania te będą też okazją do spojrzenia na minione lata, jak również dadzą możliwość wytyczenia zadań na przyszłość.

Obchody jubileuszowe w naszym Stowarzyszeniu będą organizowane zarówno w oddziałach założycielskich (Warszawa, Łódź, Kraków, Poznań, Katowice), jak i centralnie – na imprezach dla całego środowiska. Przewiduje się sesję wyjazdową Zarządu Głównego i przedstawicieli oddziałów założycielskich do Lwowa, w którym w 1919 r. środowisko elektryków uczestniczyło w powstaniu Stowarzyszenia.

Oddział łódzki, poza organizacją spotkania jubileuszowego dla członków naszego Oddziału (20 listopada 2009 r.), jest również organizatorem Ogólnopolskich Dni Młodego Elektryka. ODME w 2009 r. będzie miało szczególnie charakter, gdyż należy do imprez jubileuszowych Stowarzyszenia.

Najważniejszymi dla SEP imprezami organizowanymi w ramach obchodów 90-lecia będą, organizowane w Warszawie: centralna uroczystość jubileuszu 90-lecia (czerwiec 2009), pod patronatem prezydenta Lecha Kaczyńskiego oraz Kongres Elektryki Polskiej (2–4 września). Obchody jubileuszu 90-lecia SEP będą połączone z Dniem Elektryki. Będzie im towarzyszyła wystawa osiągnięć elektryki, zorganizowana w Muzeum Techniki w Warszawie.

Kongres, na którym przewidujemy udział około 1000 uczestników z kraju i zagranicy, będzie najważniejszym wydarzeniem dla naszego środowiska. Kongresowi będą poświęcone oddzielne artykuły i opracowania, które zamieścimy w następnych numerach Biuletynu.

Zarząd Oddziału łódzkiego SEP wystąpił z kolejną inicjatywą nawiązania kontaktów z firmami energetycznymi i z branży elektrycznej na terenie naszego miasta, w celu odtworzenia, względnie założenia nowych kół. Przekształcenia ustrojowe, zainicjowane na początku lat 90., spowodowały między innymi to, że duża liczba firm na terenie łodzi przestała działać. Część naszych członków, zgrupowanych w kołach działających na terenie tych firm, odeszła, część nie znalazła swojego miejsca w naszym Stowarzyszeniu. Dla elektryków, informatyków, energetyków i działających w pokrewnych dziedzinach członków kadry technicznej mamy ofertę współpracy z SEP.

Należy tu wspomnieć, że oferta, z którą wyszliśmy kilka lat temu do młodzieży na Politechnice łódzkiej i w szkołach średnich, zaowocowała powołaniem nowych kół i aktywizowaniem tego środowiska.

Najlepszym na to dowodem jest fakt powierzenia naszemu Oddziałowi organizacji ODME.

Na zakończenie chciałbym podkreślić, że podsumowanie 90-lecia funkcjonowania naszego Oddziału znalazło miejsce w wydanej z tej okazji Monografii – suplementu do wydania sprzed pięciu lat, którą w przyszłym roku prześlemy naszym członkom.

Przesyłam pozdrowienia

Jacek Kuczkowski

Wiceprezes ds. Organizacyjnych

# STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH



Oddział Łódzki

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a

Dom Technika, IV p., pok. 409 i 404

tel./fax (0 42) 630 94 74, 632 90 39

e-mail: [seplodz@onet.pl](mailto:seplodz@onet.pl) [sep.lodz@neostrada.pl](mailto:sep.lodz@neostrada.pl)

<http://sep.p.lodz.pl>

**świadczy wszelkiego rodzaju usługi we wszystkich dziedzinach elektryki:**

- ▶ usługi techniczno-ekonomiczne w ramach Ośrodka Rzeczoznawstwa
- ▶ kursy specjalistyczne w zakresie doskonalenia zawodowego
- ▶ kursy przygotowawcze do egzaminów kwalifikacyjnych (wszystkie grupy)
- ▶ szkolenia audytorów wewnętrznych systemów jakości (normy ISO 9000)
- ▶ egzaminy kwalifikacyjne dla osób na stanowiskach EKSPLOATACJI I DOZORU w zakresach: elektroenergetycznym, cieplnym i gazowym
- ▶ usługi marketingowe
- ▶ prezentacje
- ▶ reklamy w Biuletynie Techniczno-Informacyjnym OŁ SEP
- ▶ rekomendacje dla wyrobów i usług branży elektrycznej
- ▶ organizacja imprez naukowo-technicznych (konferencje, seminaria)

## OŚRODEK RZECZOZNAWSTWA OŁ SEP

oferuje bogaty zakres usług technicznych i ekonomicznych:

- Projekty techniczne i technologiczne
- Ekspertyzy i opinie
- Badania eksploatacyjne
- Badania techniczne urządzeń elektrycznych, elektronicznych i elektroenergetycznych
- Ocena zagrożeń i przyczyn wypadków powodowanych przez urządzenia elektryczne
- Ocena prototypów wyrobów, maszyn i urządzeń produkcyjnych
- Ocena usprawnień, pomysłów, projektów i wniosków racjonalizatorskich
- Opracowywanie projektów przepisów oraz instrukcji obsługi, eksploatacji, remontów i konserwacji
- Wykonywanie wszelkich pomiarów w zakresie elektryki
- Prowadzenie nadzorów inwestorskich i autorskich
- Wykonywanie ekspertyz o charakterze prac naukowo-badawczych
- Prowadzenie stałych i okresowych obsług technicznych (konserwatorskich i serwisowych) oraz napraw
- Prowadzenie pośrednictwa handlowego (materiały, wyroby, maszyny, urządzenia i usługi)
- Odbiory jakościowe
- Pośrednictwo w zagospodarowywaniu rezerw mocy produkcyjnych, materiałów, maszyn i urządzeń
- Wyceny maszyn i urządzeń
- Ekspertyzy i naprawy sprzętu AGD i audio-video
- Tłumaczenia dokumentacji technicznej i literatury fachowej
- Doradztwo i ekspertyzy ekonomiczne
- Audyty i plany marketingowe
- Przekształcenia własnościowe
- Przygotowywanie wniosków koncesyjnych dla producentów i dystrybutorów energii

OR SEP tel. (0 42) 632 90 39, 630 94 74

**Pozycja i ranga SEP jest gwarancją najwyższej jakości, niezawodności i wiarygodności**



*Wszystkim Członkom  
i Sympatykom SEP,  
składamy  
serdeczne życzenia  
spokojnych, radosnych i pełnych ciepła  
Świąt Bożego Narodzenia,  
a w nadchodzącym 2009 roku -  
roku 90-lecia SEP i naszego Oddziału  
dużo szczęścia, zdrowia,  
wszelkiej pomysłowości i satysfakcji  
z działalności stowarzyszeniowej.*

*Komitet Redakcyjny*

