

IV KONFERENCJA

LINIE I STACJE ELEKTROENERGETYCZNE

25-26 PAŹDZIERNIKA 2023 R., WISŁA



PTPIREE

Linie napowietrzne z przewodami izolowanymi

Historia i teraźniejszość



od 2020 r



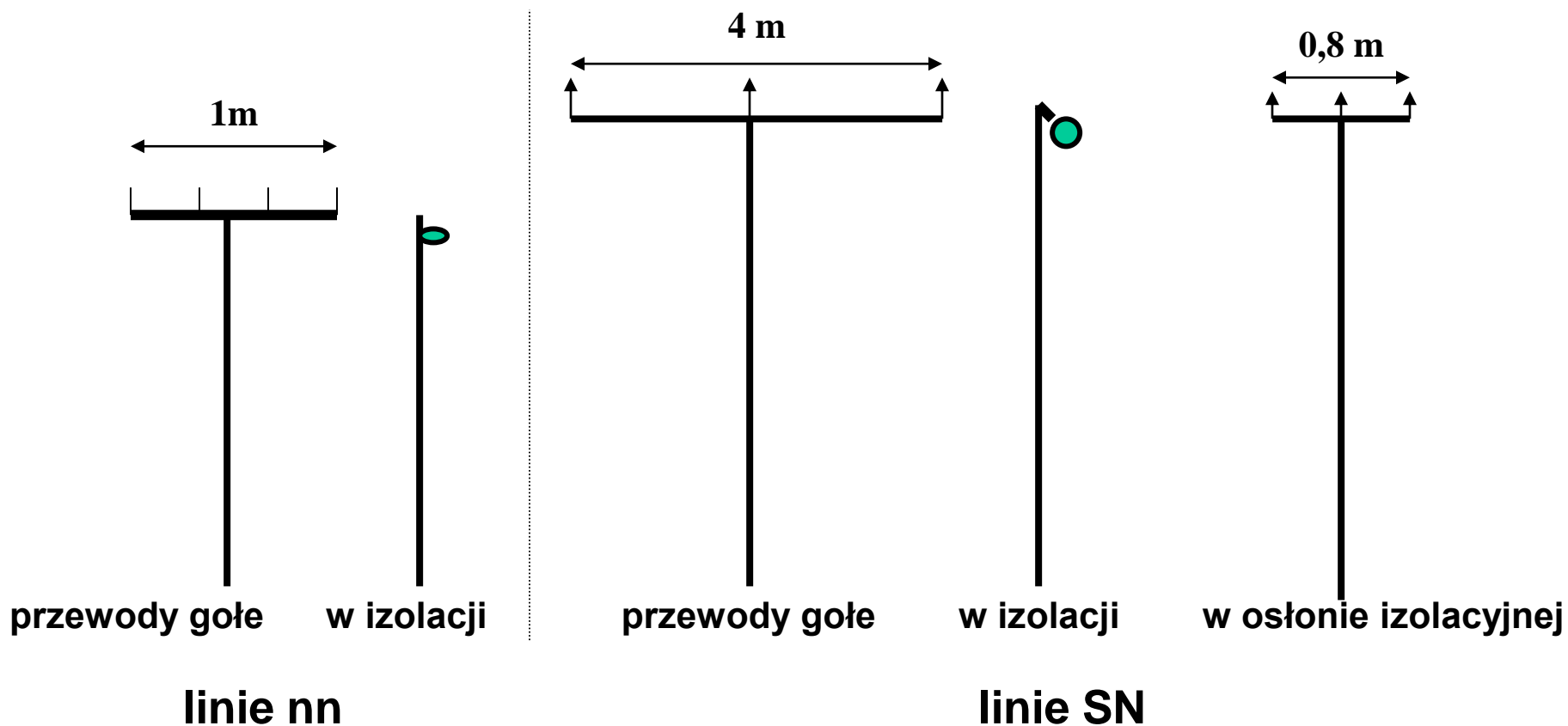
Wydział
Inżynierii
Środowiska
i Energetyki



Aleksandra Rakowska, Andrzej Grzybowski
Politechnika Poznańska

Po II wojnie światowej, z powodu szybkiej urbanizacji miast i ochrony terenów zielonych w miastach, zaszła pilna potrzeba wprowadzenia nowych technologii w budowie linii elektroenergetycznych, tzn. zastąpienia linii z przewodami gołymi, liniami z przewodami izolowanymi. Początkowo takie linie powstawały w USA, później na przełomie lat 50 i 60-tych we Francji i Finlandii. Początkowo stosowano wszędzie systemy linii nn z linką nośną, później dodawano inne systemy a przewody izolowane zaczęto stosować także w liniach SN a nawet w WN.

Porównanie gabarytów linii „klasycznych” z przewodami gołymi i linii z przewodami w izolacji i tzw. osłonie izolacyjnej (linie SN i WN) jednoznacznie wykazuje wyższość linii izolowanych.



Przykłady wprowadzania do energetyki europejskiej linii Napowietrznych z przewodami izolowanymi na poziomie nn i SN



Początkowo brak było w Polsce
wspólnego nazewnictwa linii
z przewodami izolowanymi

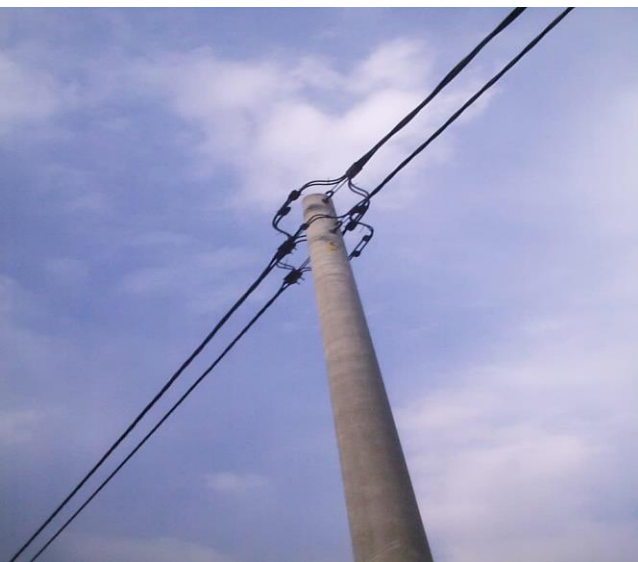
LINIE SN

**w osłonie
izolacyjnej**

**w
izolacji**

Niepełnej izolacji

Pełnej izolacji



LINIE nn

w pełnej izolacji

**tory główne przyłącza
i linie na
fasadach budynków**



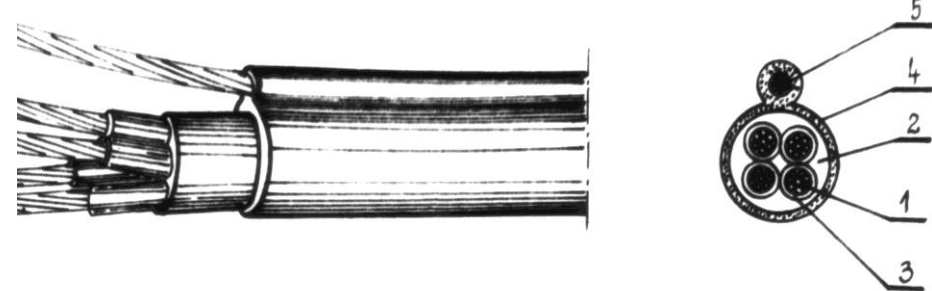
Napowietrzne linie kablowe - prace studialne i wdrożeniowe były prowadzone w Polsce już od roku 1974 m.in. przez **BSiPE Energoprojekt Poznań i Warszawa**.

Posiadane wówczas ograniczone środki finansowe pozwoliły jedynie na realizację kilku odcinków eksperymentalnych linii niskich napięć.

W ramach serii prototypowej Fabryka Kabli w Ożarowie wyprodukowała ponad dziesięć kilometrów „splotowego kabla napowietrznego”. Kabel składał się z 3 przewodów fazowych typu LAKY 3 x 50 mm² oraz jednego przewodu zerowego* i nośnego typu AFLY – 50 mm².

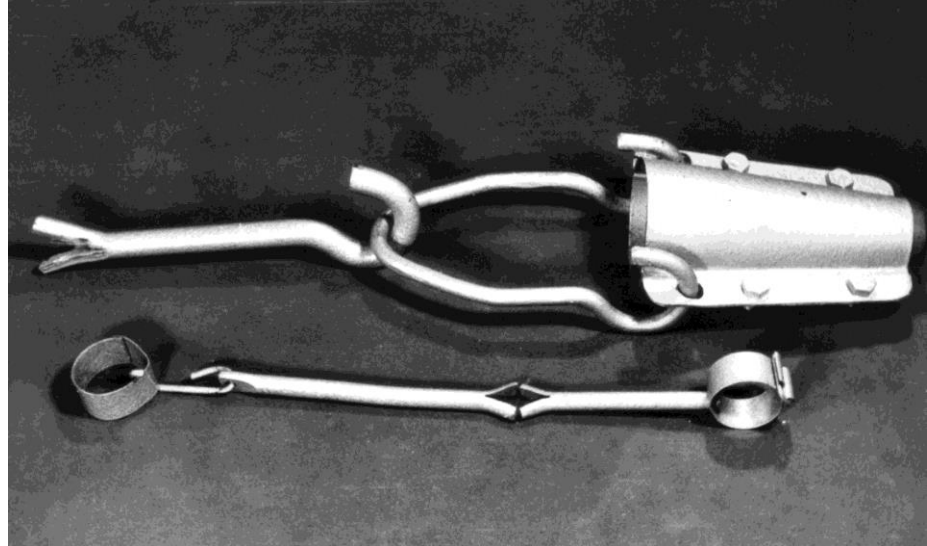
Fabryka Kabli i Przewodów w Szczecinie Załomiu wyprodukowała samonośne, izolowane przewody przyłączowe o symbolu YALYn 4 x 16 mm². Najczęściej dodatkowo do tych przewodów „dowieszano” wiązkę przewodów do zasilania oświetlenia ulicznego (np. ALY 25 mm²).

*Linia nn z przewodami w izolacji w **Miejskiej Górcie** koło Rawicza o długości 1 km została zbudowana przez ELTOR-Poznań wg projektu Energoprojektu Poznań na słupach betonowych typu ŻN wzdłuż pięknie zadrzewionej ulicy. Dzięki temu drzewa miały być tylko lekko przycięte. Inne prototypowe realizacje z tamtego okresu to dwie linie w **Puszczykowie pod Poznaniem** (0,8 km) oraz linia w **Magdalence pod Warszawą** (ok.5 km), zaś w Gliwicach zbudowano linię prowadzoną po fasadach budynków. Nierealny kurs dolara nie pozwalał na import osprzętu potrzebnego do budowy linii napowietrznych z przewodami izolowanymi, stąd próby wykonania tych elementów w kraju, a dokładnie z **Zakładzie Doświadczalnym EP w Poznaniu**.*

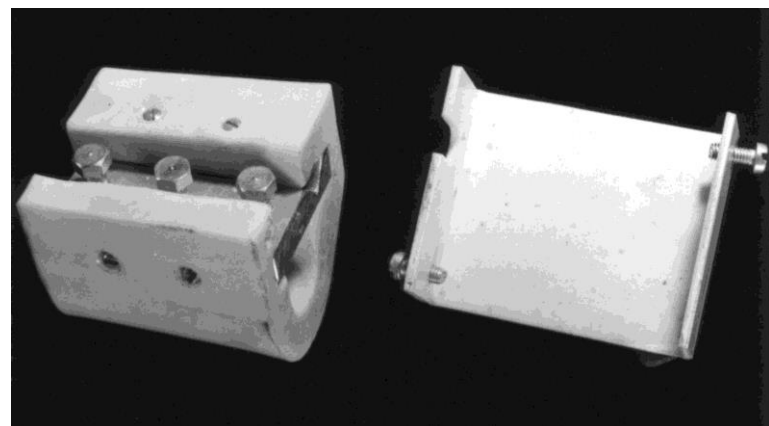
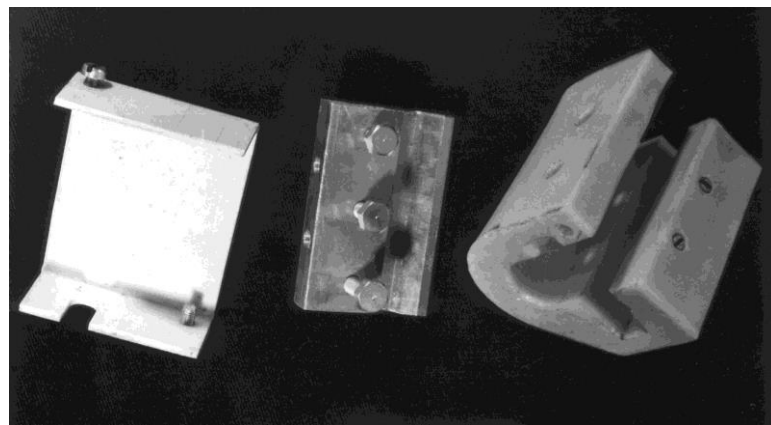
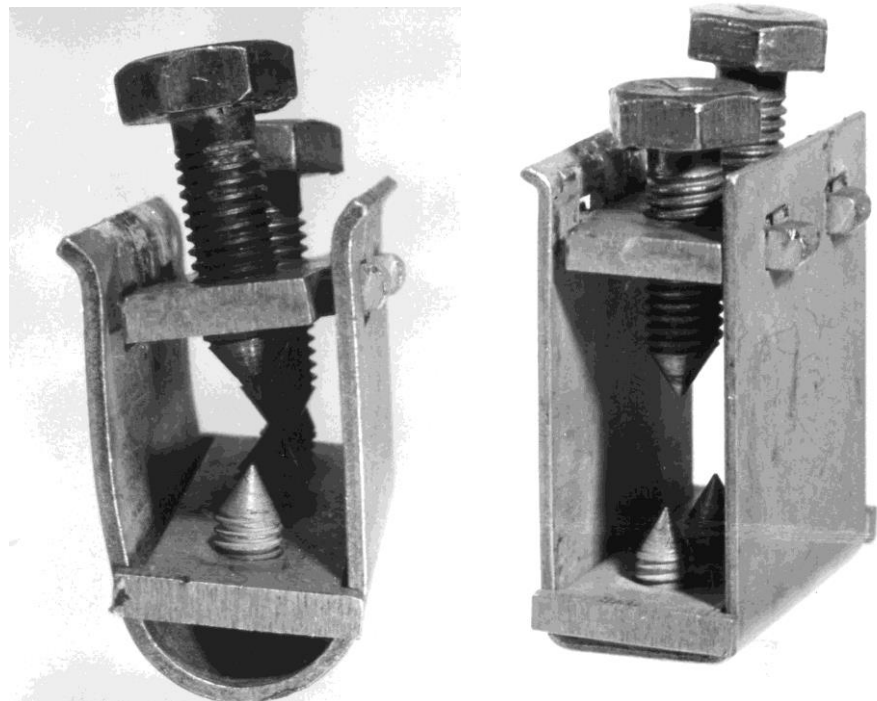


BUDOWA KABLA NAPOWIETRZNEGO

1. żyła aluminiowa
2. płaszcz wypełniający
3. izolacja polwinit chloridowa
4. płaszcz polwinit chloridowy czarny
5. przewód nośny o średnicy 6,3 mm stalowy

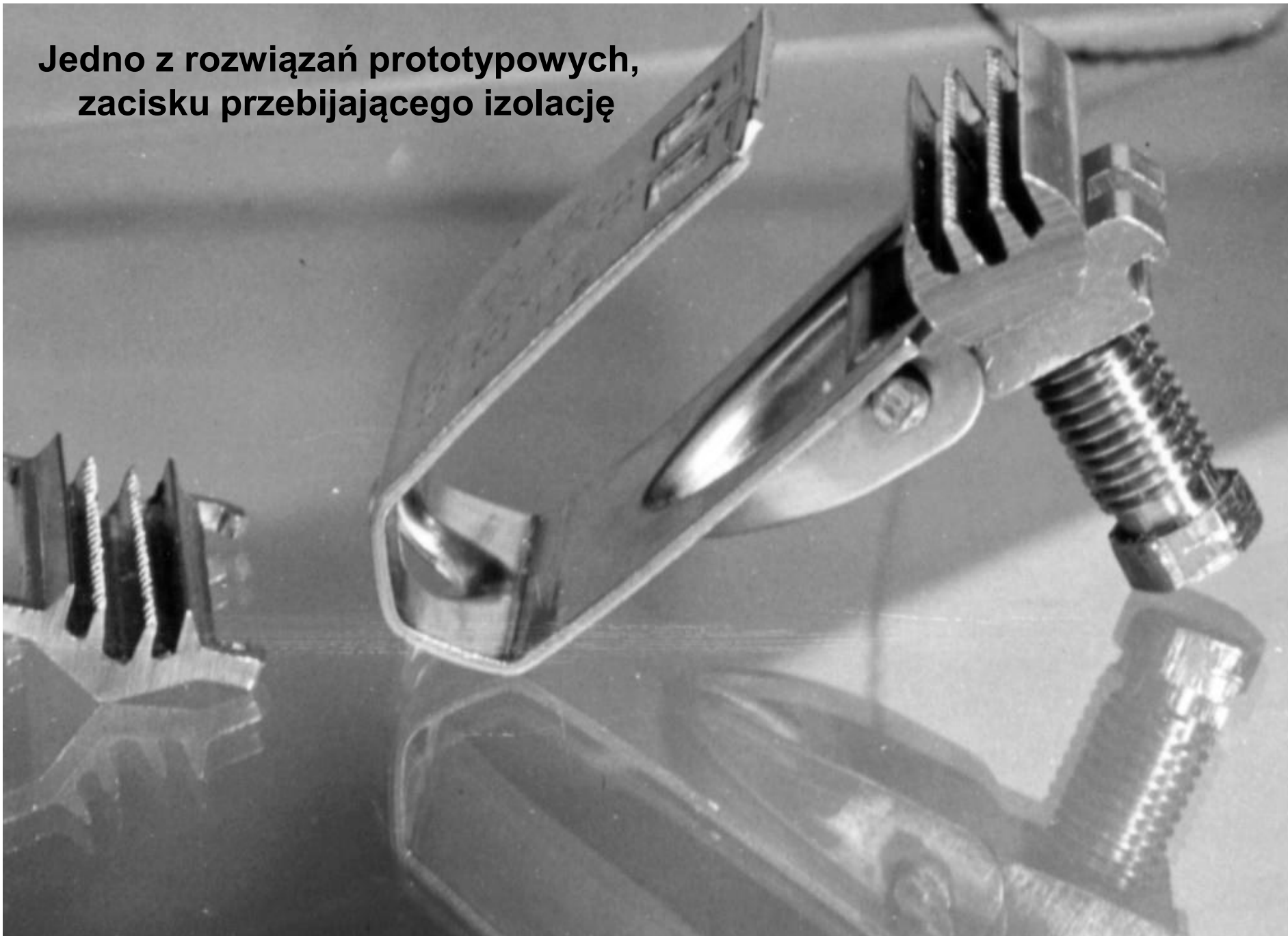


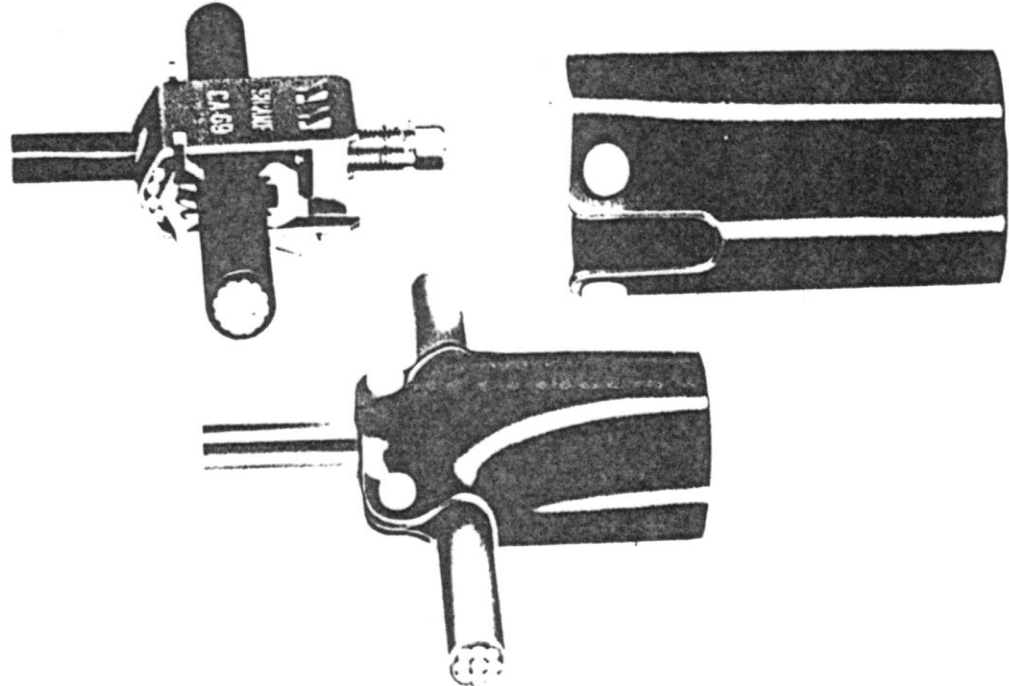
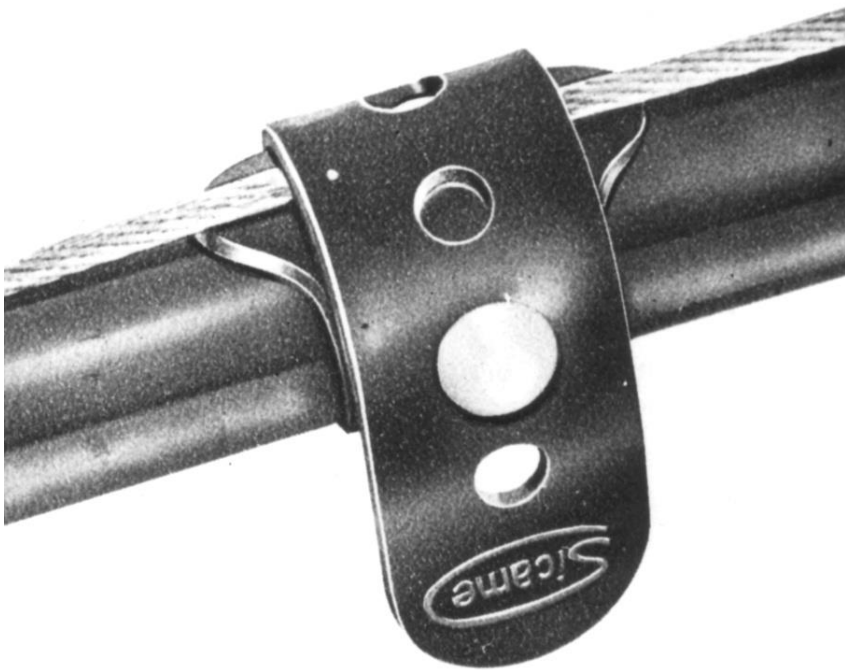
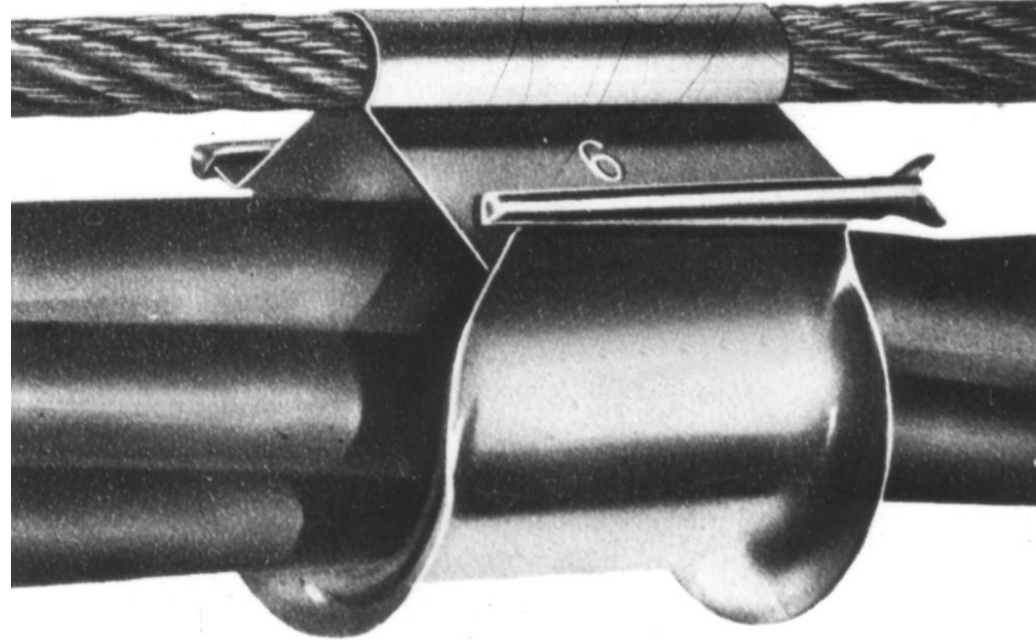
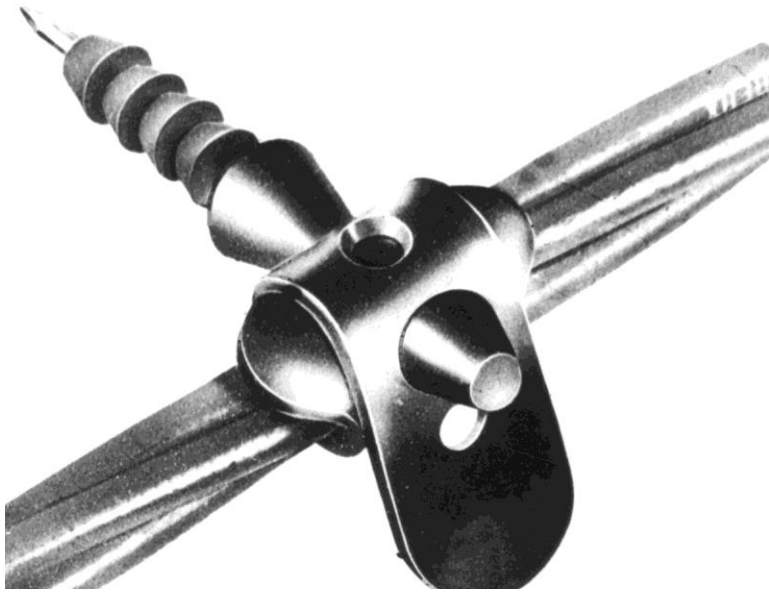
Polskie rozwiązania prototypowe przewodów i osprzętu z lat 70 tych XX w.



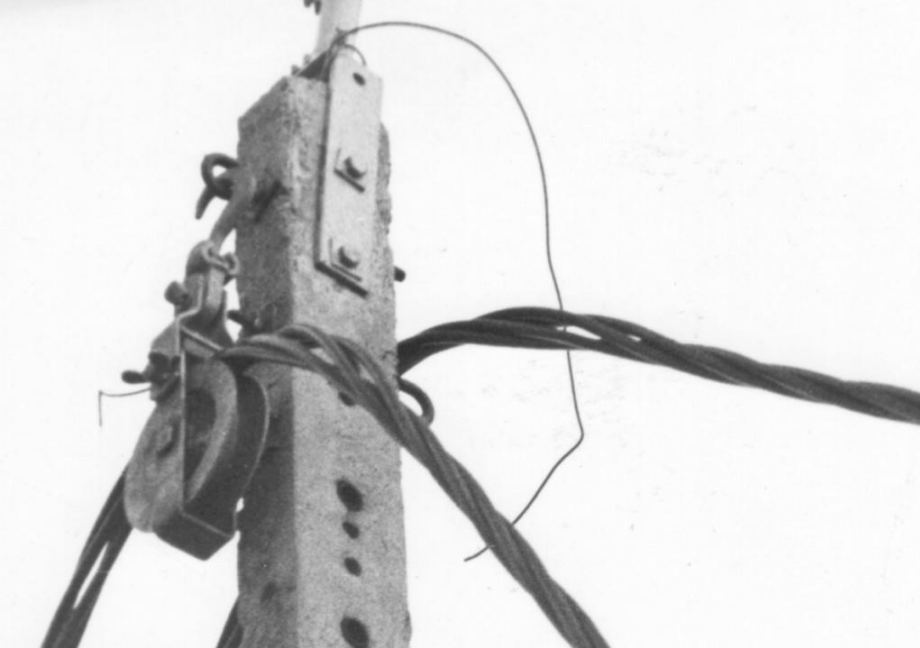
Z pracy inżynierskiej Janusza Grobelnego IE PP, wrzesień 1975

**Jedno z rozwiązań prototypowych,
zacisku przebijającego izolację**





Rozwiązania techniczne osprzętu francuskiego z lat 60 tych



Rok 1975/1976 Pierwsze linie z przewodami izolowanymi



Miejska Górka



1 km

Magdalenka



ok. 5 km



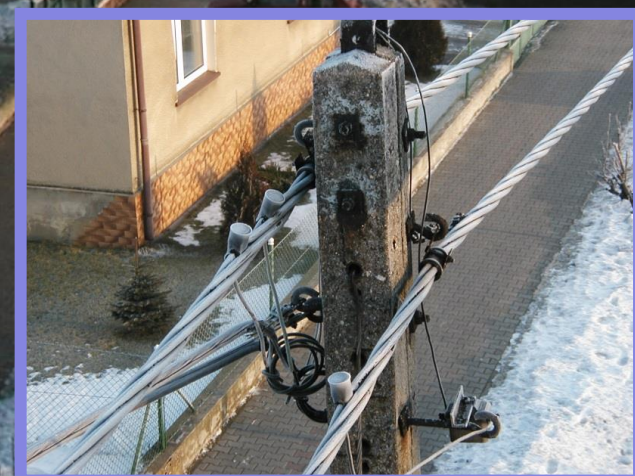
Jest linia, drzewa trzeba wyciąć !
Miejska Górka po montażu
przewodów izolowanych.



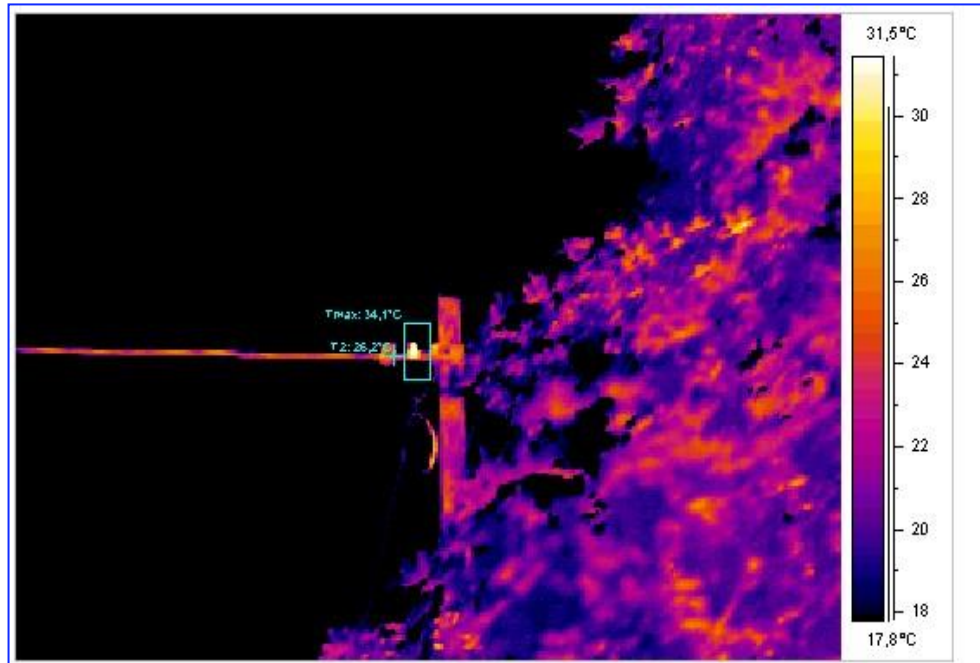
**Linia nn z przewodami izolowanymi
po 30 latach eksploatacji.
Energoprojekt Poznań/ELTOR Poznań
1974/76 Miejska Górka**



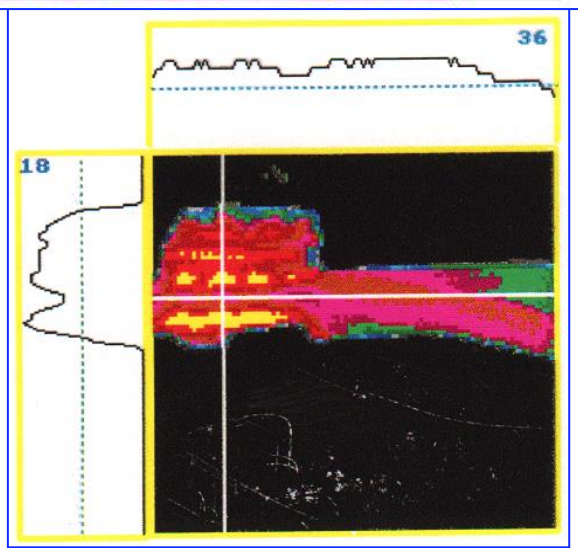
**Inne linie prototypowe:
Puszczykowo 1977
Magdalena 1976**



Ocena stanu linii napowietrznych nn z przewodami izolowanymi, które zaprojektowano (Energoprojekt Poznań) i wybudowano w latach 1976 i 1977 w Puszczykowie pod Poznaniem.



Badaniom, w roku 2002, poddano dwa odcinki linii napowietrznej niskiego napięcia z przewodami izolowanymi. Linie te do dziś są eksploatowane w Puszczykowie przy ulicach: Wiązowej i Kosynierów Miłostawskich. Wykryto jeden element wadliwy. Linie po oddaniu do eksploatacji muszą być izolowane. Problemem było: jak zbadać zaciski przebijające izolację **Tylko przy pomocy termowizji możliwa była ich kontrola**



Droga od krajowych rozwiązań prototypowych do nowoczesnych linii napowietrznych z przewodami izolowanymi była długa i kreta.

Podstawowymi problemami w latach 70 i 80 tych były:

- nierealny kurs złotego do \$ i innych zachodnich walut,
- próby (nie do końca udane) zastąpienia elementów importowanych linii - zamiennikami krajowymi,
- ograniczenie funduszy na tzw. wdrożenia (kryzys),
- ograniczenie do minimum kontaktów z „zachodem”



W przeciągu półtora roku doprowadzono do zdławienia hiperinflacji z poziomu **685,8%** (1990) do 60% i urealnienia kursu zł – wprowadzono sztywny kurs zł



Polska energetyka zaczęła się zmieniać ! Po roku 1990, urealnienie kursu dolara, pozwoliło wreszcie poważnie myśleć o modernizacjach sieci elen.

Pierwsze Seminarium PTPiREE nt. zastosowania przewodów izolowanych w liniach elektroenergetycznych niskiego i średniego napięcia w Polsce, odbyło się w Baranowie k. Poznania w dniach 25 i 26 lutego 1992 roku.

Referaty wprowadzające do dyskusji przygotowali i wygłosili:

Prof. Aleksandra Rakowska i dr Paweł Kuraszkiewicz z Politechniki Poznańskiej

POLSKIE TOWARZYSTWO

PRZESYŁU I ROZDZIAŁU ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Poznań, ul. Nowowiejskiego 11, 60-967 Poznań, tel. 530-163, fax 52-75-1

KOMUNIKAT

w sprawie zastosowania przewodów samonośnych izolowanych w liniach elektroenergetycznych napowietrznych niskiego i średniego napięcia.

W dniach 25 i 26 lutego br. w ramach PTPiREE zorganizowano w Baranowie Seminarium w sprawie szerszego zastosowania przewodów samonośnych izolowanych w liniach elektroenergetycznych napowietrznych niskiego i średniego napięcia w Energetyce. W Seminarium udział wzięli specjaliści z zakresu eksploatacji linii elektroenergetycznych z Zakładów Energetycznych (wg. załączonej listy obecności).

Prezentacja zagadnienia i wprowadzenia do dyskusji dokonali:
- Pan dr inż. Paweł Kuraszkiewicz - Politechnika Poznańska
- Pani dr inż. Aleksandra Rakowska - Politechnika Poznańska
- Pan inż. Pentti Strand - Fińskie Stowarzyszenie Zakładów Branży Elektrycznej

Program Seminarium został wzbogacony i uzupełniony poprzez wystąpienia przedstawicieli Firm zajmujących się problematyką przewodów izolowanych w liniach napowietrznych i tak:

1. Pan inż. Paull Wilander - "SEKKO-ENSTO" Finlandia - przedstawił asortyment osprzętu do przewodów samonośnych i technologię ich montażu w warunkach Energetyki Fińskiej.
2. Pan inż. Francois Cavalier - "DISYP" Francja - przedstawił system dystrybucji przewodów samonośnych i osprzętu oraz technologię montażu we Francji.
3. Pan inż. Marek Burza - Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Kablowego w Ożarowie Mazowieckim - przedstawił prace związane z opracowaniem warunków technicznych produkcji przewodów izolowanych.
4. Pan inż. Józef Wiącek - Fabryka Kabli w Ożarowie Mazowieckim - przedstawił gotowość Fabryki Kabli do uruchomienia produkcji przewodów izolowanych po podjęciu decyzji dotyczącej systemu przewodów, jaki ma być stosowany w kraju.
5. Pan dr inż. Kazimierz Ilkowski - Instytut Energetyki w Warszawie - przedstawił gotowość Instytutu do wykonania badań kompleksowych systemu przewodów izolowanych, który zostanie zaaprobowany do stosowania.
6. Pan inż. Zbigniew Jakubowski - "Energoprojekt" Poznań - ukazał gotowość Biura Projektowego do zaprojektowania linii z przewodami izolowanymi.

7. Pan dr inż. Grzegorz Paszek - "Tranzex" Gliwice - przedstawił aktualnie zaprojektowane przez "Tranzex" linie samonośne n.n. dł. ok. 10 km w Katowicach i w Gliwicach.

8. Pan inż. Tadeusz Gramatyka - ZWSS "Belos" Bielsko Biała - przedstawił możliwości Firmy w zakresie produkcji osprzętu do montażu linii samonośnych. Przedstawiciele Zakładów Energetycznych: Gdańsk, Gliwice, Poznań i Warszawa Teren przedstawił rodzaje rozwiązań linii samonośnych n.n. zbudowanych na ich terenie i doświadczenia wynikające z ich eksploatacji.

W powyższych wystąpieniach stwierdzono, że system izolowanych przewodów samonośnych w liniach napowietrznych jest stosowany w Europie od początku lat 60-tych. Aktualnie np. w Finlandii 50 % linii napowietrznych jest wykonanych w wymienionym rozwiązaniu konstrukcyjnym.

Prezentowano szczegółowo stosowane systemy w sieciach niskiego napięcia:

1. Fiński system AMKA - składa się z jednej do pięciu żył izolowanych i odpornych na wpływy atmosferyczne. Żyły są skrócone z jedną linką nośną, nieizolowaną lub izolowaną z aluminium stopowego. Linka nośna służy także jako przewód zerowy i jest dostosowana również do obciążeń statycznych linii. Przekrój przewodów fazowych 16 - 120 mm, przekrój linki nośnej 25 - 95 mm². W wiązce mogą być dodatkowo przewody o 1 - 2 żyłach izolowanych dla sieci oświetlenia ulicznego.
2. System francuski - składa się z izolowanego przewodu zerowego o przekroju 54,6 mm², służącego jako linka nośna i połączonego w wiązkę z przewodami fazowymi. Materiałem linki nośnej jest stop typu Aldey. Przewody fazowe mają przekrój 35 - 75 mm². Jako izolację przewodów zastosowano polietylen sieciowy (XLPE/PRC).
3. System "czteroprzewodowy" - składa się z 4 przewodów izolowanych PE lub XLPE/PRC o jednakowych przekrojach 25 - 95 mm² żył przewodów wykonane z aluminium stopowego.

Prezentowano również fiński system izolowanych przewodów w linii napowietrznej 20 kV - "PAS-SYSTEM". Umożliwia on zmniejszenie odległości między przewodami np. na słupie przelotowym w układzie płaskim do 40 cm. Zastosowano izolację PEX (XLPE). Stosowane przekroje przewodów 35 - 157 mm². W Finlandii stosuje się "PAS-SYSTEM" również na liniach ze słupami drewnianymi.

W drugiej części Seminarium wyłoniono Zespół w składzie:

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. Pan Kazimierz Korcheł | - ZE Zielona Góra |
| 2. Pan Marian Bombel | - ZE Będzin |
| 3. Pan Stanisław Chyliński | - ZE Płock |
| 4. Pan Zdzisław Kukulski | - ZE Łódź Miasto |
| 5. Pan Mieczysław Kwiecień | - ZE Skarżysko Kamienna |
| 6. Pan Józef Sieniuc | - ZE Skarżysko Kamienna |

który dokonał analizy merytorycznej możliwości i celowości wykorzystywania przewodów izolowanych w liniach elektroenergetycznych napowietrznych niskiego napięcia.

Dokonano następujących stwierdzeń:

1. Zebrani na Seminarium widzą celowość wdrożenia i stosowania w Zakładach Energetycznych izolowanej sieci napowietrznej n.n. jako rozwiązania alternatywnego w stosunku do istniejących sieci napowietrznych nieizolowanych i kablowych.
2. Uznaje się za wskazane przyjęcie jednakowego dla całego kraju systemu przewodów izolowanych n.n. Doświadczenia europejskie wskazują, że najbardziej przyszłościowy jest system "czteroprzewodowy" w izolacji z polietylenem usieciowanym niepalnym.
3. Zebrani widzą bezwzględna konieczność szybkiego opracowania uregulowań prawnych do tego systemu sieci.
4. Należy pilnie opracować rozwiązania typizacyjne dla sieci z izolowanymi przewodami napowietrznymi.
5. Oferowane przez krajowy przemysł kablowy przewody izolowane winny uzyskać pozytywną ocenę producenta osprzętu (np. firmy SEKKO z osprzętem której zebrani zostali zapoznani).
6. Biuro Polskiego Towarzystwa Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej w uzgodnieniu z zespołem będzie prowadziło prace koordynacyjne związane z wdrożeniem sieci izolowanych n.n.

DYREKTOR BIURA

[Podpis]
mgr inż. Andrzej Pozda

IV KONFERENCJA

LINIE I STACJE ELEKTROENERGETYCZNE

25-26 PAŹDZIERNIKA 2023 R., WISŁA



PTPIREE

Seminarium

**Kable samonośne i przewody izolowane
w liniach elektroenergetycznych
napowietrznych niskiego i średniego
napięcia, PTPIREE, Baranowo k/Poznania,
26-27.02.1992**

Na seminarium Towarzystwo podjęło się funkcji koordynatora działań zmierzających do upowszechnienia stosowania tej technologii. W trakcie seminarium, dla usprawnienia realizacji tego zadania wyłoniono Zespół ds. *przewodów izolowanych w liniach napowietrznych*, w którego skład weszło kilku przedstawicieli ówczesnych Zakładów Energetycznych i z uczelni.

Zespół ten, w nieco zmienionym już składzie, działa nadal i przyjął bardziej uniwersalną nazwę: **zespół ds. linii napowietrznych**

Program Seminarium został wzbogacony i uzupełniony o wystąpienia przedstawicieli firm zajmujących się problematyką przewodów izolowanych w liniach napowietrznych. Swoje wyroby zaprezentowało kilku przedstawicieli przemysłu krajowego oraz firmy zagraniczne

Przedstawiciele Zakładów Energetycznych omówili doświadczenia wynikające z eksploatacji odcinków linii izolowanych zbudowanych w latach 70 -tych.

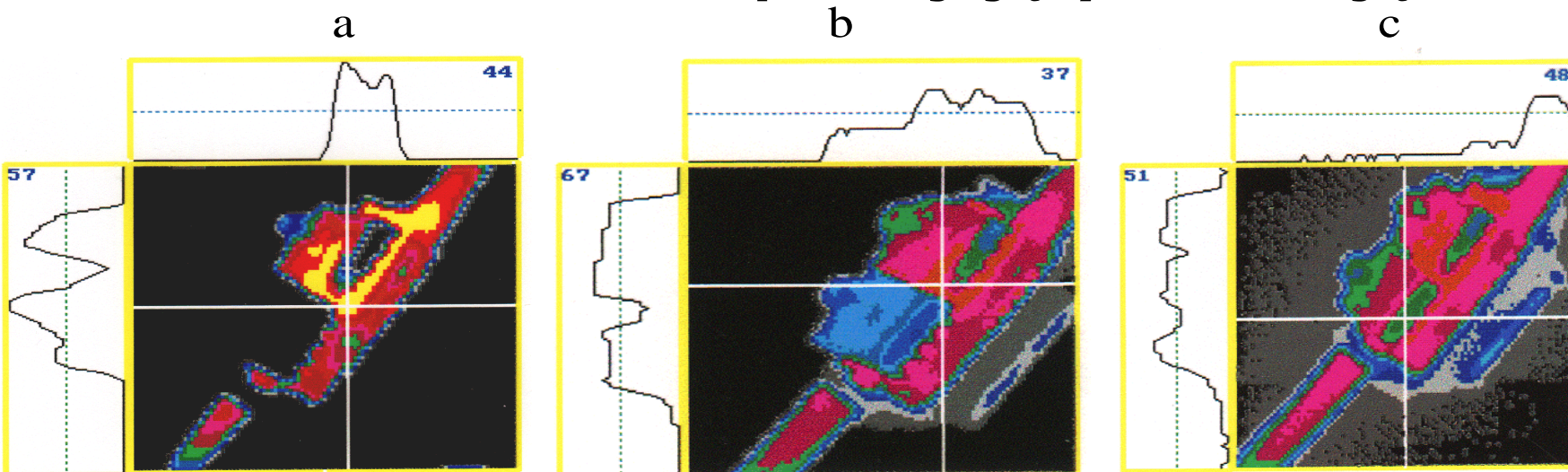
Analiza trzech podstawowych systemów napowietrznych linii izolowanych:

- fińskiego systemu z linką nośną,
- francuskiego systemu z przewodem zerowym* służącym jako linka nośna,
- systemu czteroprzewodowego z przewodami izolowanymi o jednakowych przekrojach, zwanego później systemem samonośnym.

Sześćosobowy zespół złożony z przedstawicieli ZE przedstawił sześć tzw. stwierdzeń, z których najważniejsze to przyjęcie do stosowania w warunkach polskich **systemu czteroprzewodowego w liniach nn**

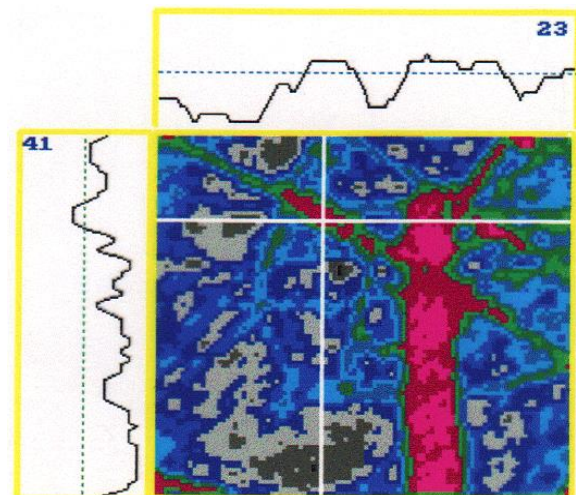
W ramach Seminarium firma ENSTO zaprezentowała, oprócz rozwiązań linii izolowanych nn, także system z przewodami w osłonie izolacyjnej (PAS), na izolatorach, do stosowania w liniach SN do 30 kV.

Wykorzystanie termowizji do oceny stanu zacisków przebijających izolację



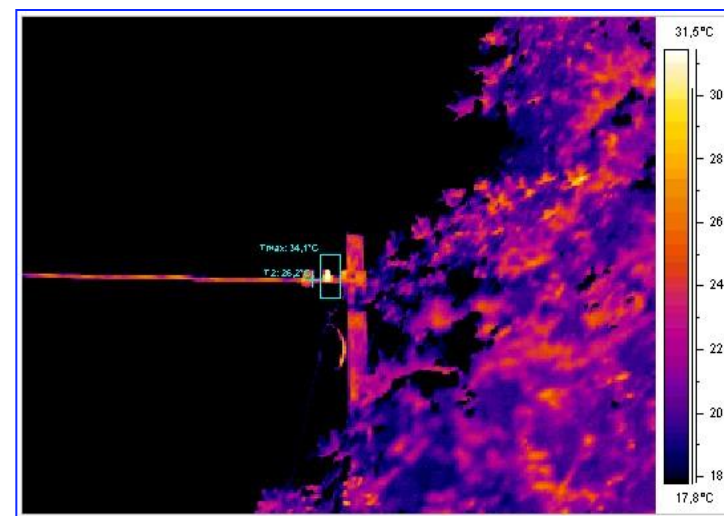
Badania laboratoryjne (IE PP)

Na rys. a – nieprawidłowe zamontowanie zacisku przebijającego izolację



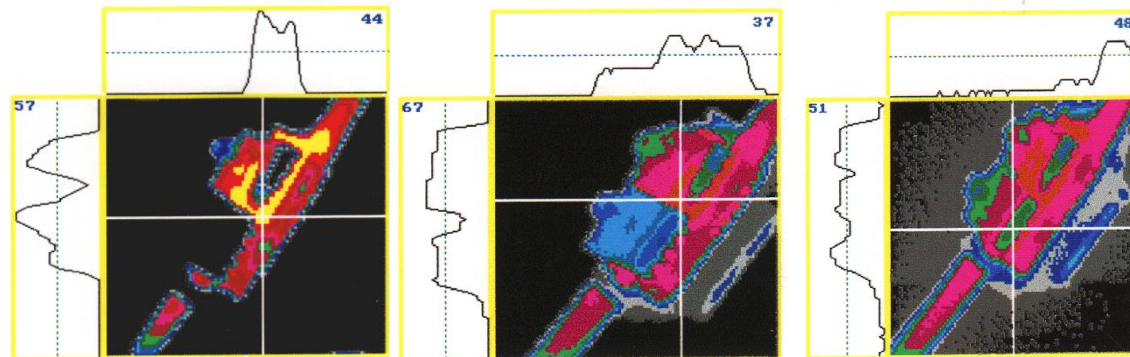
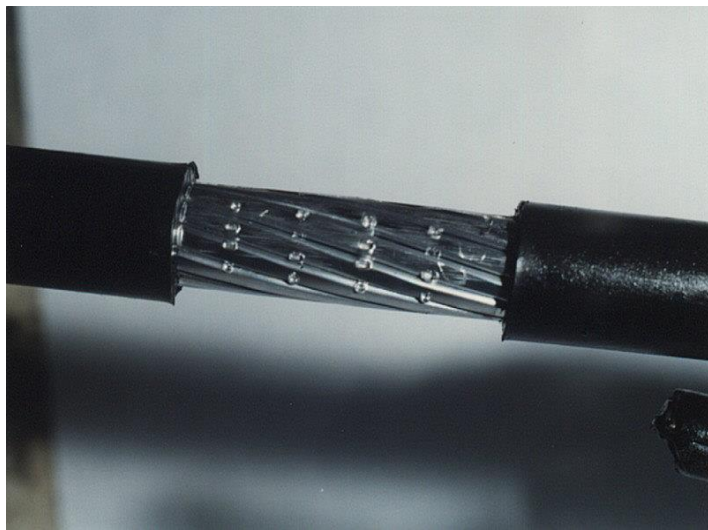
Badania linii w eksploatacji

Szerokie badania dotyczące przewodów i osprzętu dla linii z przewodami izolowanymi były prowadzone różnych instytucjach naukowych (m.in. PP) i certyfikujących. Efektem były: wspólne artykuły na seminariach, szkolenia teoretyczne i wyjazdy szkoleniowe. n.p. artykuł Jacka Ratajczaka ENSTO, i Andrzeja Grzybowskiego IE PP i praca „Krytyczna ocena norm....



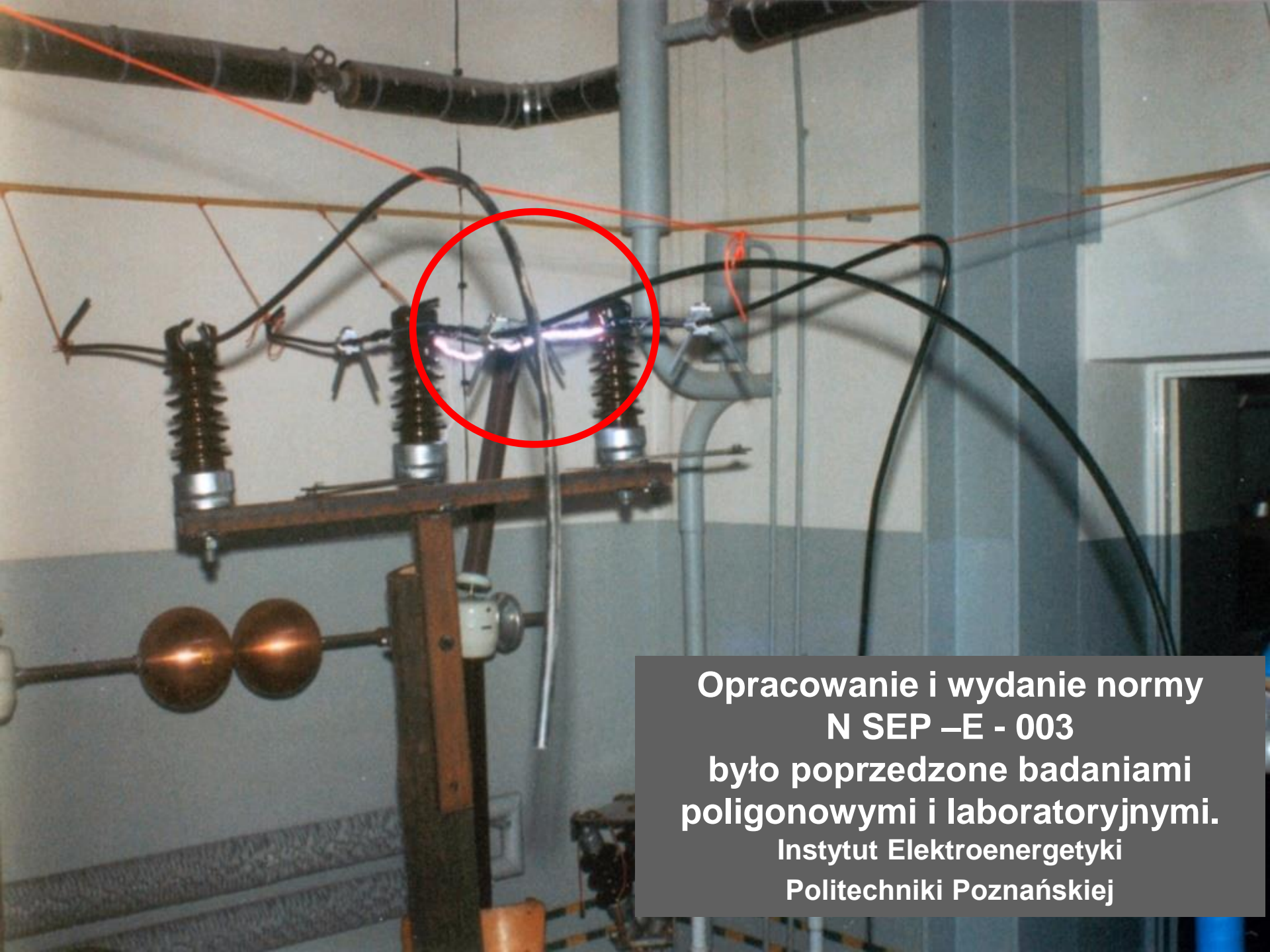


Osprzęt i badanie osprzętu w IE PP badania termowizyjne



Badanie oddziaływania warunków atmosferycznych na przewody i na konstrukcje wsporcze



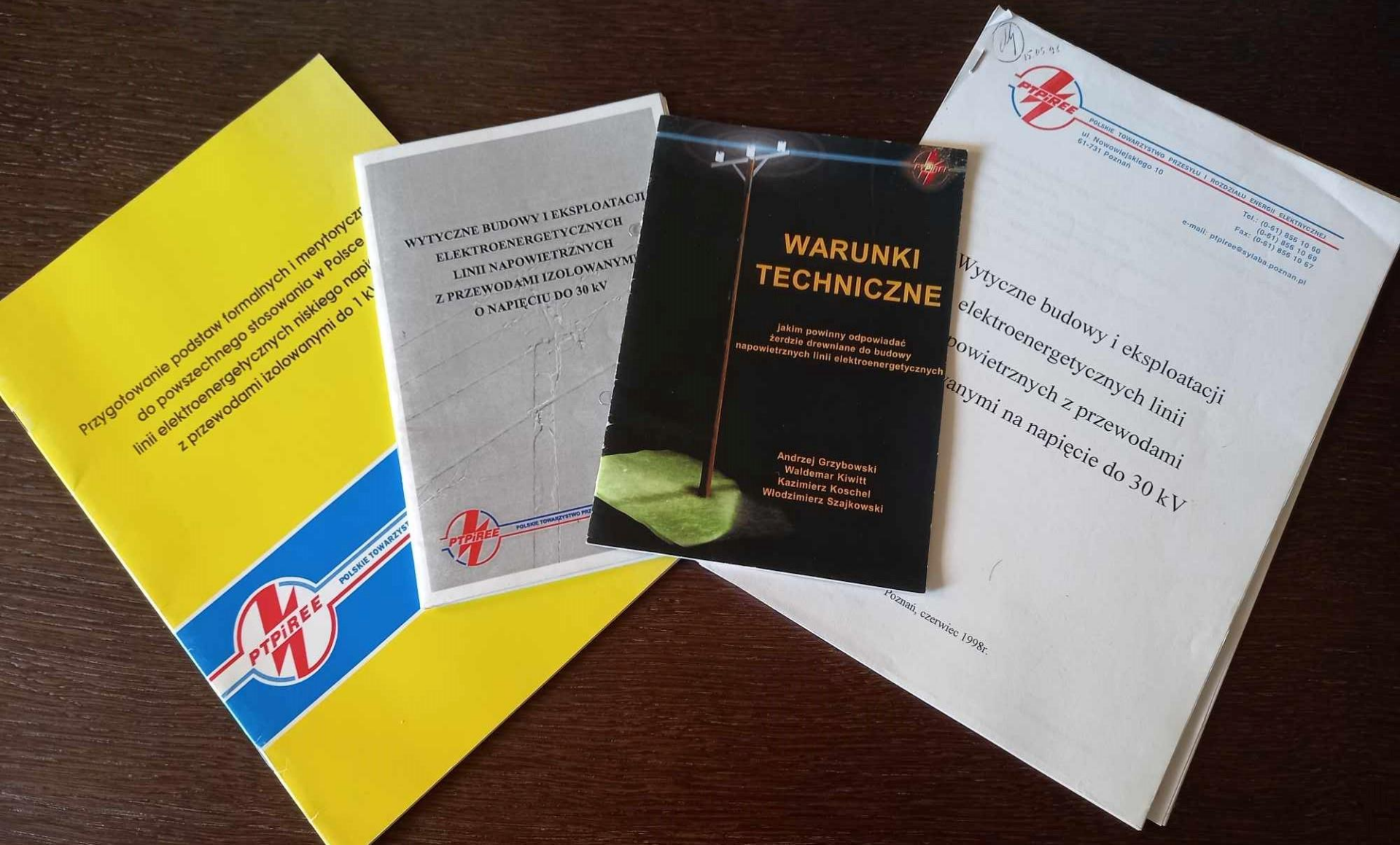


**Opracowanie i wydanie normy
N SEP –E - 003
było poprzedzone badaniami
poligonowymi i laboratoryjnymi.
Instytut Elektroenergetyki
Politechniki Poznańskiej**

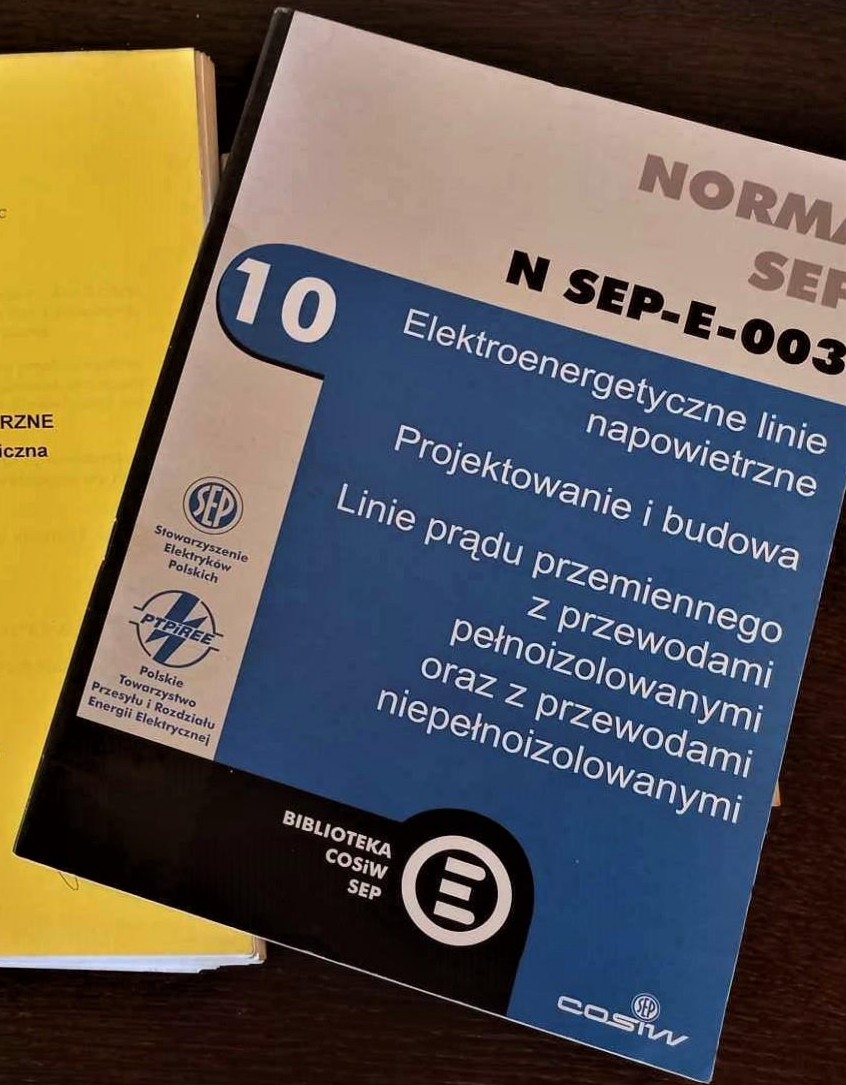
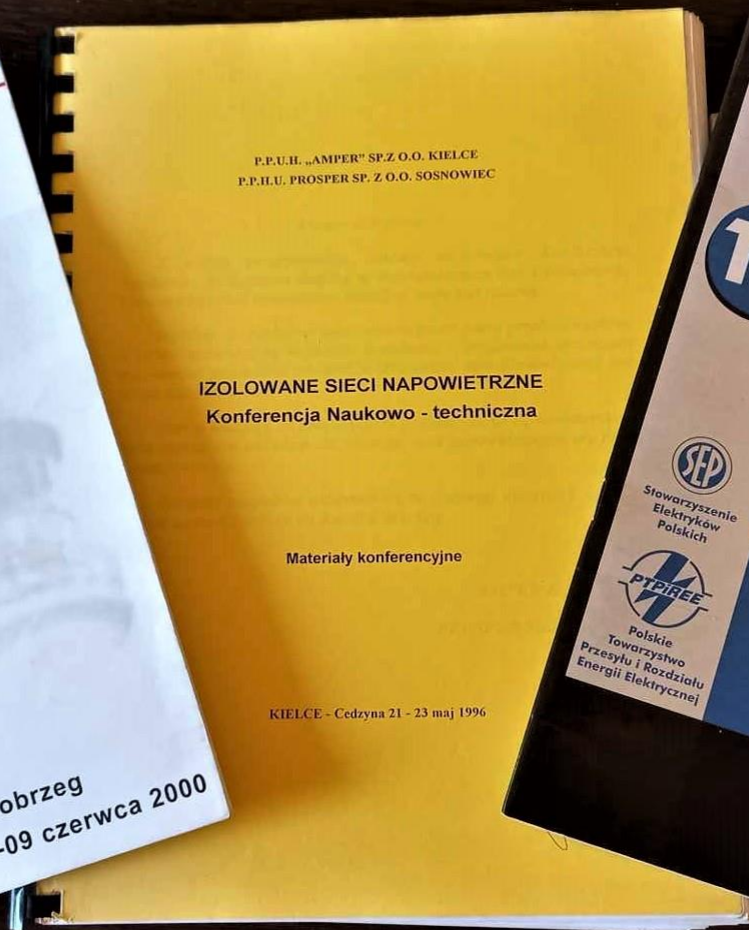


Pierwsza Konferencja Naukowo-Techniczna obradowała w marcu 1994 roku w Bielsku Białej (ZiAD). Autorzy reprezentujący środowiska naukowe, energetykę zawodową i producentów elementów do budowy elektroenergetycznych linii napowietrznych, tak krajowych jak i zagranicznych, przedstawili 21 referatów dotyczących linii izolowanych w warunkach polskich.

Pod koniec 1994 roku, pod redakcją Waldemara Skomudka, została opracowana i wydana przez PTPiRE pierwsza polska książka, w której autorzy przedstawili kolejno różne aspekty dotyczące tej tematyki.



Podstawowym problemem we wdrażaniu linii izolowanych do polskiej praktyki eksploatacyjnej był brak aktów prawnych regulujących zasady projektowania takich linii. PTPIREE podejmowało udane próby zastąpienia ich wytycznymi, warunkami technicznymi i innymi publikacjami mającymi pomóc w tym względzie



Konferencje i inne spotkania, które pozwoliły wypracować wspólne stanowisko na temat bezpiecznej eksploatacji linii napowietrznych z przewodami izolowanymi

Prof. ZBIGNIEW GACEK
Politechnika Śląska

Prof. ROMUALD KOSZTALUK
Instytut Energetyki Warszawa

Dr inż. GRZEGORZ PASZEK
PPHU TRANZEX Sp. z o.o., Gliwice

Krajowe linie napowietrzne średniego napięcia z przewodami w izolacji polimerowej Podsumowanie analiz i dyskusji*

Wstęp

Elektroenergetyczne linie napowietrzne z przewodami w izolacji polimerowej są coraz częściej obiektem analiz i prac studialnych oraz badań laboratoryjnych i poligonowych. Dotyczy to linii niskiego, średniego, a nawet wysokiego napięcia (110 kV). Zainteresowanie takimi liniami w kraju i zagranicą uzasadnia możliwość uzyskania podczas ich eksploatacji znaczących korzyści technicznych i ekonomicznych.

Doraźnie użytkowym efektem badań linii z przewodami w izolacji polimerowej jest coraz pełniejsza weryfikacja praktyczna różnych rozwiązań technicznych. Do bardziej dalekosiężnych celów prac studialnych i towarzyszących im badań należy zaliczyć: racjo-

nalizację, a nawet optymalizację obecnie dostępnych rozwiązań technicznych linii oraz poszukiwanie takich nowych rozwiązań, które byłyby wystarczająco niezawodne i jednocześnie najlepiej przystosowane do eksploatacji w zadanych warunkach lokalnych danego kraju lub regionu.

Przekonującym dowodem świadczącym o niesłabnącym zainteresowaniu światowej energetyki liniami napowietrznymi z przewodami w izolacji polimerowej jest m.in. fakt organizowania przez EA Technology w Wielkiej Brytanii corocznych seminariów, a obecnie już konferencji międzynarodowych, poświęconych tej tematyce ([10] i [11]). Czynnymi uczestnikami takich spotkań są znaczący przedstawiciele energetyki zawodowej, przemysłu oraz ośrodków badawczych i wdrożeniowych z wielu krajów świata. Opracowane i wygłaszane przez nich referaty są na ogół żywo dyskutowane.

* Artykuł polemiczny

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY R. LXXIV 2/1998

69

nalizacje. Należy to uwzględnić przed podjęciem w kraju na szeroką skalę prac konstrukcyjno-technologicznych w tym zakresie.

Linie napowietrzne SN z przewodami w izolacji polimerowej są budowane zgodnie z wytycznymi zawartymi w przepisach oraz normach europejskich i kraju producenta lub użytkownika (np. w normach fińskich i szwedzkich). Trwają prace nad krajowymi dokumentami normalizacyjnymi o charakterze norm państwowych oraz warunków technicznych, wskazówek i wytycznych dla przedsiębiorstw montażowych i energetyki zawodowej. Aktywną rolę w tych pracach odgrywa Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej.

Podsumowanie

• W krajowych sieciach rozdzielczych celowe jest stosowanie jedynie dostatecznie sprawdzonych rozwiązań linii napowietrznych SN z przewodami w izolacji polimerowej. Do takiej grupy rozwiązań technicznych należą m.in. linie wyposażone w przewody osłonięte o niepełnej izolacji.

• Linie napowietrzne SN z przewodami osłoniętymi spełniają wymagania w zakresie koordynacji izolacji, ochrony przed porażeniami i – w dostatecznym stopniu – ochrony przed przepięciami, pod warunkiem wyposażenia ich w nowoczesne odgromniki zaworowe.

• Stosowanie powyższych linii ma uzasadnienie merytoryczne i ekonomiczne w większości przypadków. Gdy od przewodów wymaga się takich własności jak od kabli ziemnych, wówczas uzasadnione jest stosowanie przewodów z pełną izolacją oraz żyłą powrotną i dodatkową osłoną zewnętrzną, czyli kabli napowietrznych.

• Oprócz skutecznej ochrony przed przepięciami, cechą niezwykle istotną dla bezawaryjnej pracy linii napowietrznych SN z przewodami w osłonie izolacyjnej jest ich odporność na inne narażenia eksploatacyjne, takie jak oddziaływania powodujące drgania i korozję przewodów oraz sadz.

• Upowszechnienie techniki linii z przewodami w izolacji polimerowej w krajowych sieciach rozdzielczych wpłynie znacząco na poprawę warunków i na jakość dostawy energii elektrycznej do odbiorców. Pomysłowy rozwój działań wdrożeniowych w tym zakresie leży w szeroko pojętym interesie społecznym.



Prof. dr hab. inż. ZBIGNIEW GACEK
Ur. w 1942 r. w Bełżynie. Studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej ukończył w 1965 r., doktoryzował się w 1972 r., stopień doktora habilitowanego uzyskał w 1981 r., a tytuł naukowy profesora w 1996 r. Specjalność: nauka - elektroenergetyka. Zainteresowania naukowe - technika wysokich napięć, a szczególnie wysokonapięciowa technika izolacyjna. Jest autorem lub współautorem 24-óch książek, czterech monografii, siedmiu skryptych oraz ponad stu opublikowanych artykułów i referatów. Członek kilku organizacji i towarzystw naukowych, m.in. CIGRE i Komisji Energetyki PAN. Pracuje na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Instytucie Elektroenergetyki i Sterowania Układów Politechniki Śląskiej. Jest zastępcą Dyrektora Instytutu d/s Naukowych oraz kierownikiem Zakładu Techniki Wysokich Napięć.



Dr inż. GRZEGORZ PASZEK
Ur. w 1952 r. w Tychach. Studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach ukończył w 1975 r., a doktoryzował się w 1986 r. Specjalność naukowa - elektroenergetyka. Zainteresowania naukowe i zawodowe - technika wysokich napięć, materiałoznawstwo elektryczne oraz urządzenia i sieci elektroenergetyczne, a w szczególności napowietrzne linie izolowane niskich, średnich i wysokich napięć oraz zagadnienia stykowe. Jest autorem jednej monografii oraz autorem lub współautorem blisko trzydziestu artykułów i referatów w tym m.in. na międzynarodowych konferencjach w USA, Japonii i Wielkiej Brytanii. Kierował zespołem projektującym jedną z pierwszych polskich napowietrznych linii z przewodami izolowanymi 110 kV. Do 1996 r. pracował na stanowisku adiunkta w Instytucie Elektroenergetyki i Sterowania Układów Politechniki Śląskiej. Obecnie współpracuje z firmą Transex Gliwice.

4) Kłótnie ze str. 63
- mgr inż. Bogusław Wiaderek: Możliwość zmniejszenia zagrożenia porażeniowego w starych zasobach mieszkaniowych (Realizacja bez wymiary przewodów).
- inż. Krzysztof Salasiński: Specyfika ochrony przeciwporażeniowej w szpitalach. (Omówienie podstawowych zasad i zaleceń).
- dr inż. Jerzy Kozłowski: Badanie ochrony przeciwporażeniowej opartej na wyłącznikach różnicowoprądowych. (Badanie w sieciach układu

LATA 90-te

Konferencje, sympozja, wycieczki techniczne, dyskusje i spory

1994 Bielsko Biąła

1996 Porażyn

1996 Kielce

1995 Książka pod red. W. Skomudka

1998 Bielsko-Biela

1998 Przegląd Elektrotechniczny

Prof. Gacek, prof. Kosztaluk, dr Paszek

Podsumowanie analiz i dyskusji

Zakończenie sporów i podjęcie

ważnych decyzji, pozwoliło na

opracowanie i wydanie w 2003 roku

Normy N SEP-E- 003

Elektroenergetyczne linie napowietrzne

Projektowanie i budowa

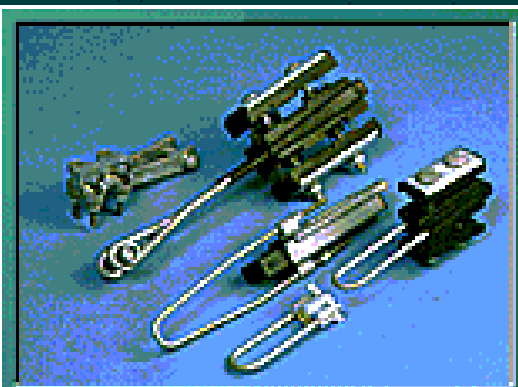
Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi

oraz z przewodami niepełnoizolowanymi.

Norma stanowiła uzupełnienie normy

PN-E-05100-1:1998 Linie z przewodami gołymi.

OSPRZĘT W LINIACH Z PRZEWODAMI IZOLOWANYMI nn



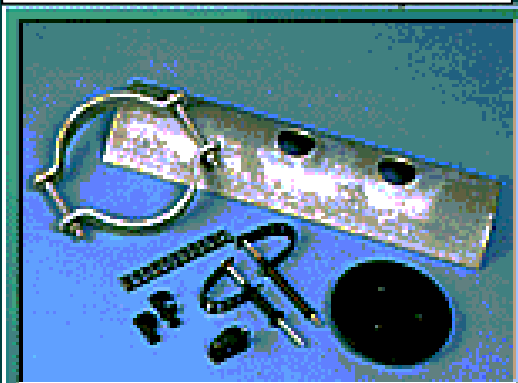
Uchwyty odciągowe



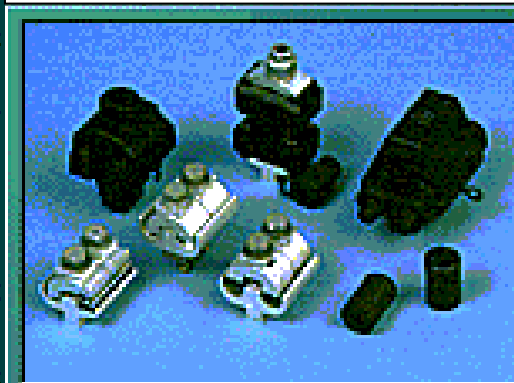
Uchwyty przelotowe



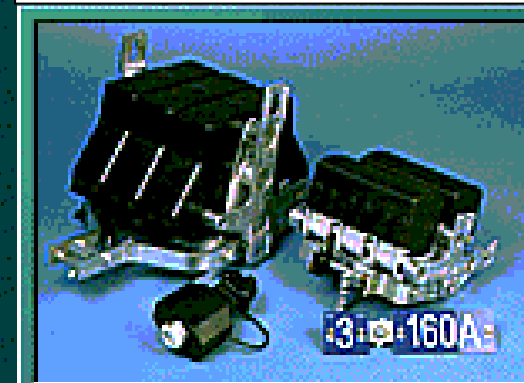
Haki do zawieszenia osprzętu



Osprzęt mocujący osprzęt do słupów



Zaciski przebijające izolację do przewodów izolowanych



*Rozłączniki słupowe
Bezpiecznik oświetlenia*

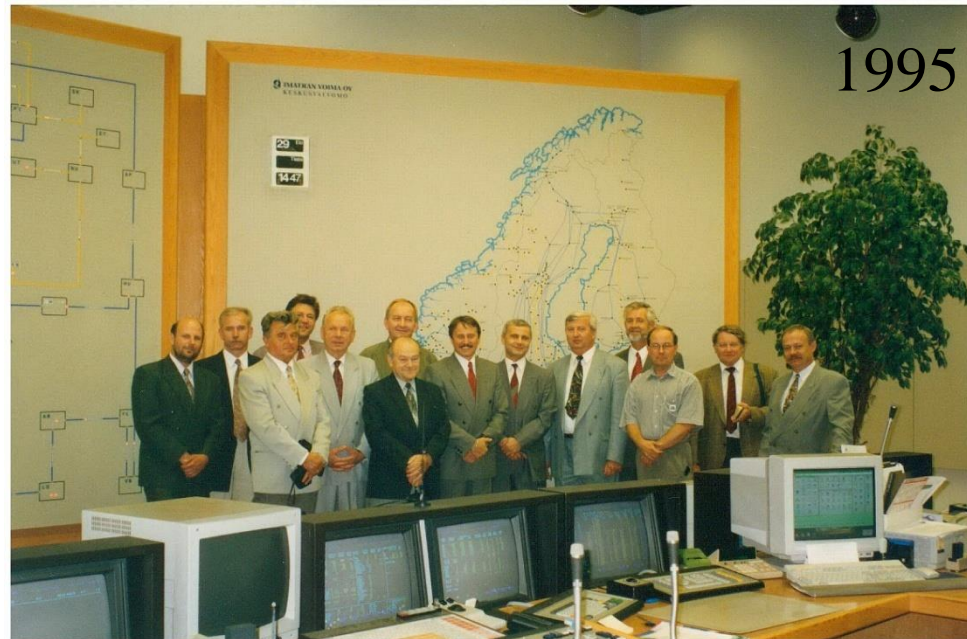
Równoległe z zakupami osprzętu zagranicznego (na rys. powyżej) od 1993 roku trwało wdrażanie do produkcji osprzętu u producentów krajowych.

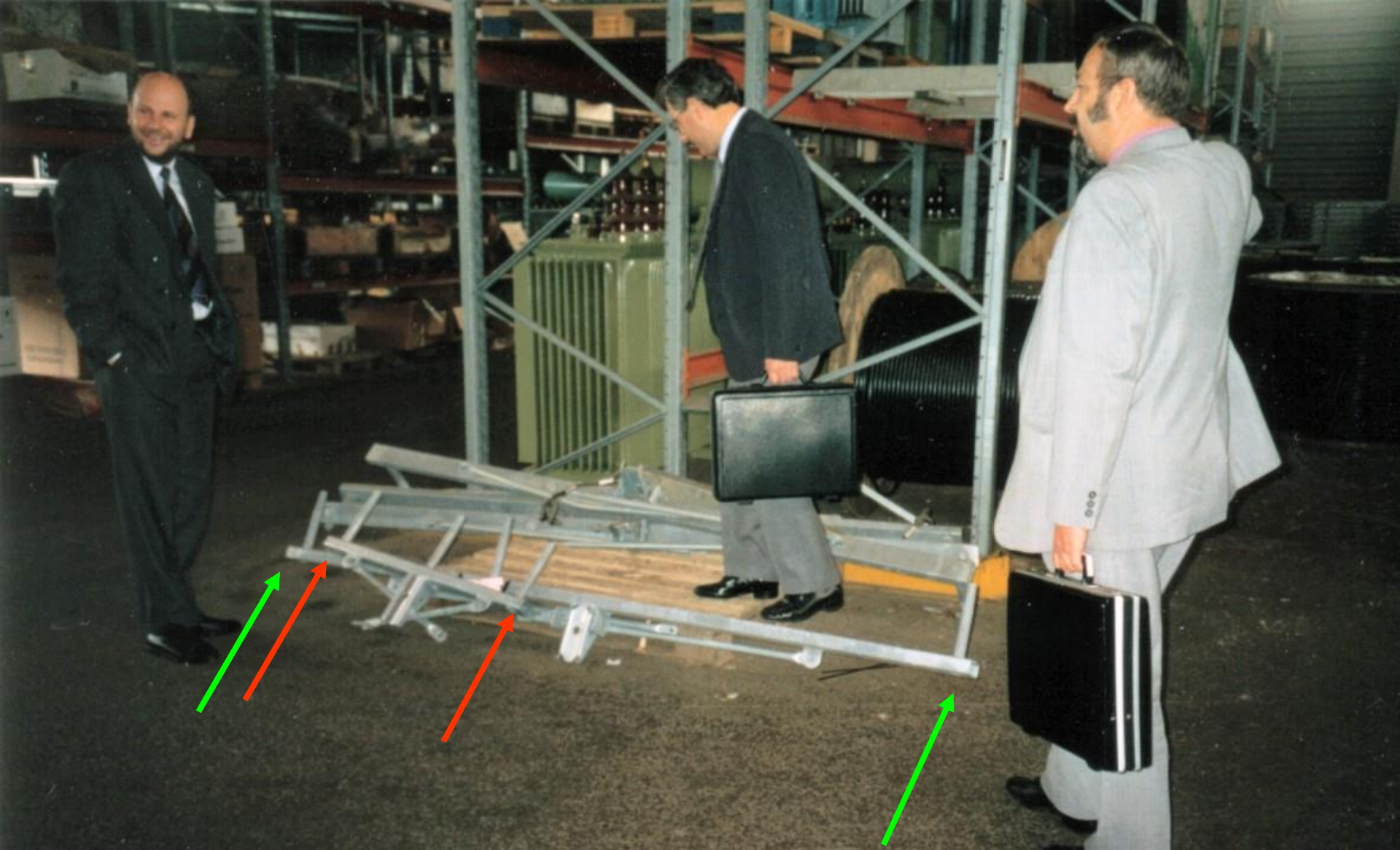
Na jednej z konferencji poświęconych tematowi przewodów izolowanych w liniach napowietrznych powstała inicjatywa zrzeszenia tego rodzaju zakładów w stowarzyszeniu SPIN (rok 1997). Początkowo akces zgłosiło 7 producentów.

Poszukiwania najlepszych rozwiązań i dostawców dla modernizacji polskiej sieci elektroenergetycznej



Wybór najlepszego dostawcy z zagranicy trwał od 1992 roku






1993 – FINLANDIA Porvoo

'93 9 7

**Linia SN „leśna” na słupach drewnianych
z przewodami niepełnoizolowanymi
(przewody w osłonie izolacyjnej wg projektu SEP i EN)
Ludwikowo – projekt i budowa 1994**





Linie SN
z przewodami
w osłonie
Izolacyjnej.
Przegląd
najstarszych
rozwiązań



**Linia
Ludwikowo
1994
ElProjekt**



**Znaczne zadrzewienie, możliwość
przeskoku do gałęzi drzew**

(zdjęcia: Studenci PP V r specjalność SiAE)



Linia w Kiekrzu / k. Poznania 2001



ZE Białystok

**IV KONFERENCJA
LINIE I STACJE ELEKTROENERGETYCZNE
25-26 PAŹDZIERNIKA 2023 R., WISŁA**

PTPIREE



**Finlandia 2000
Fourth International Covered
Conductor Conference**





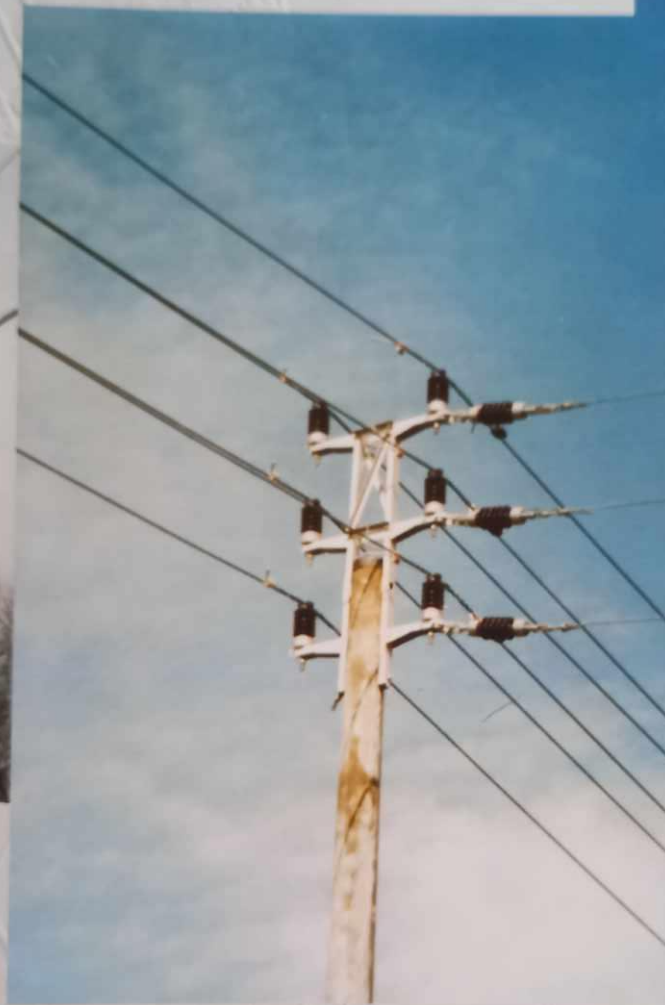
*Wybudowana w latach 90-tych linia z przewodami izolowanymi nn
poprowadzona w terenie zalesionym - jak widać liniom izolowanym drzewa nie straszne ...
(Zakład Energetyczny Białystok SA)*

1 znowu "2 w 1", tym razem SN i SN

*Śniegi i mrozy im nie straszne.
A co na to "golasy"?*



*Linia dwunapięciowa
z przewodami izolowanymi SN-nn
na słupach drewnianych
(Beskidzka Energetyka SA)*



*Linia wielotorowa
z przewodami izolowanymi SN typu PAS
(Energetyka Poznańska SA)*



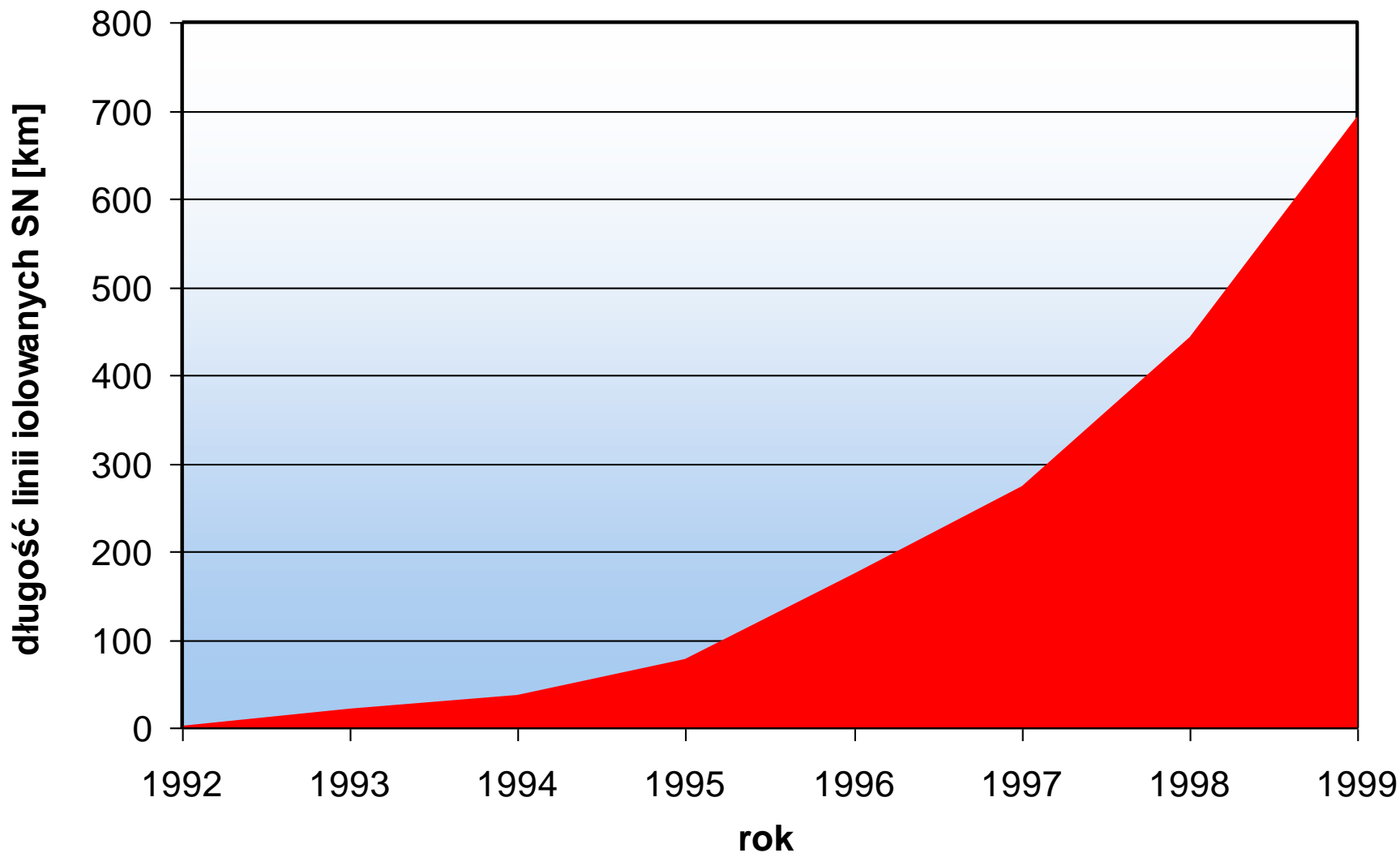
*Linia dwunapięciowa
z przewodami izolowanymi SN-nn
na słupach wirowanych
(STOEN SA)*

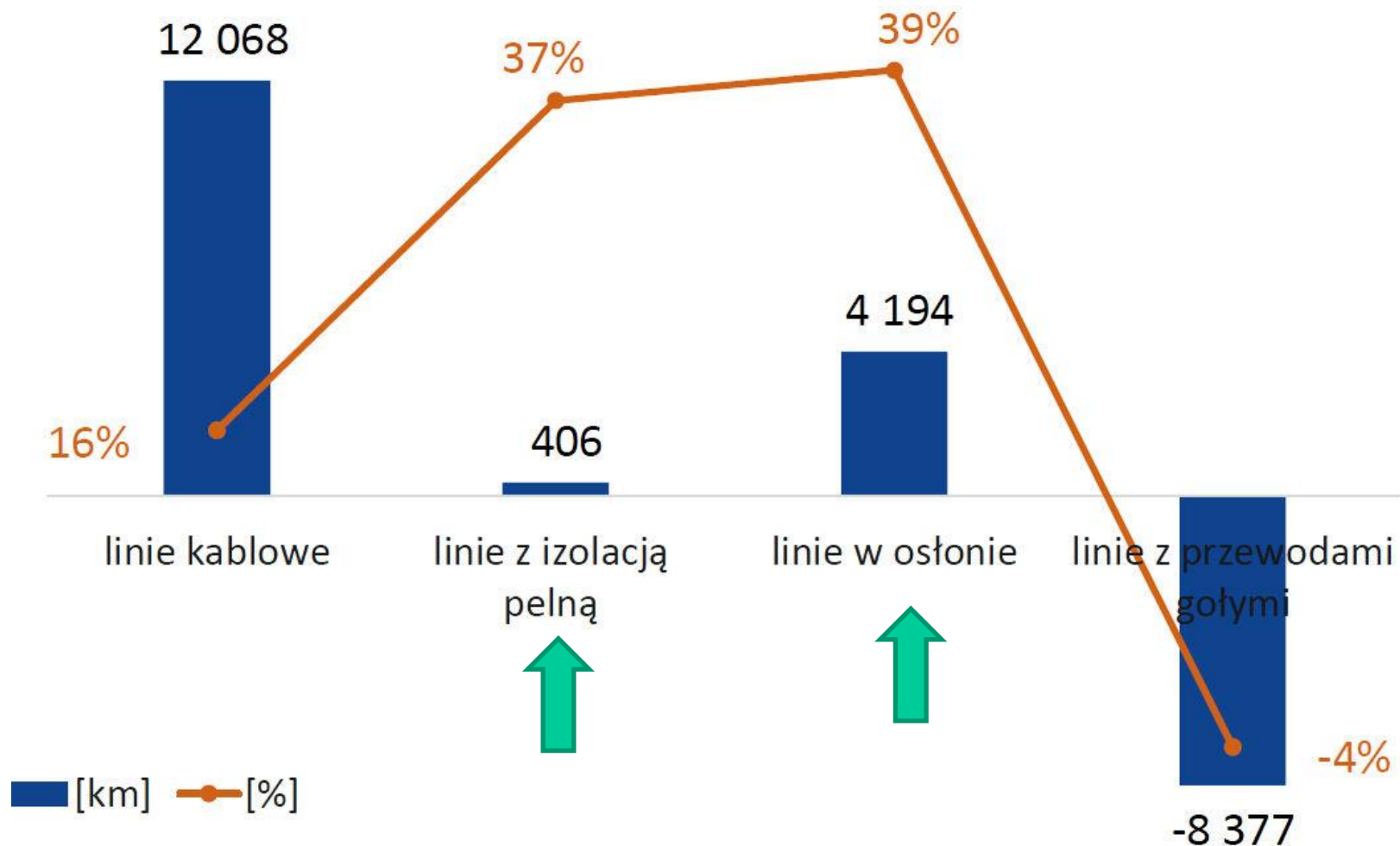


Czy istnieją możliwości (teoretyczne i praktyczne) wprowadzenia takich zmian w procesie projektowania, budowy i eksploatacji napowietrznych linii elektroenergetycznych, aby ograniczyć do minimum efekty oddziaływania ich na środowiska naturalne?

- 1. Ustalenie na podstawie rzetelnych badań i wieloletnich obserwacji oddziaływań**
- 2. Określenie standardów do projektowania i budowy linii oraz jej elementów**
- 3. Stosowanie przejrzystych procedur przy ocenie wariantów projektowych**
- 4. Ocena techniczno-ekonomiczna; Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne**
- 5. Wybór optymalnego procesu inwestycyjnego poprzez wybór wykonawców**
- 6. Stosowanie do budowy jedynie sprawdzonych materiałów i elementów**
- 7. Właściwy nadzór na pracami budowlano-montażowymi**
- 8. Nadzór i przeprowadzenie rozruchu linii elektroenergetycznej**
- 9. Opracowanie instrukcji eksploatacji inwestycji i zabezpieczenie dokumentacji**
- 10. Kontrola i badanie zastosowanych nowych technologii**
- 11. Przygotowanie i sprawdzenie w praktyce procedur awaryjnych**
- 12. Opracowanie systemu oceny awarii pod kątem jej intensywności i rozległości**
- 13. Przygotowanie materiałowe i organizacyjne do usuwania skutków awarii**

Długość napowietrznych linii izolowanych średniego napięcia w pierwszych latach ich stosowania w Polsce





Zmiana długości poszczególnych typów linii SN w 2020 r. do 2016 r.;
podany przyrost długości w [km] i [%], na podstawie danych z OSD

J.Tomczykowski „Zmiany w sieci dystrybucyjnej w okresie 2016-2020”,
 Konf. *Linie i stacje elektroenergetyczne*, Wisła 3-4 listopada 2021r., PTPIREE,



Rozwiązania techniczne linii z przewodami izolowanymi w kolejnych latach

Linia dwunapięciowa
słupy drewniane
Energa ZE Kalisz

Słupy drewniane, mimo ich wielu zalet i opracowania przez PTPIREE „Warunków technicznych” znajdują stosunkowo małe zastosowanie w Polsce. Słupy betonowe wirowane mają większą wytrzymałość mechaniczną, mogą więc pracować w linii jako pojedyncze, mocne, jednak duża ich masa komplikuje prace montażowe

Napowietrzne linie z przewodami izolowanymi pozwalają do minimum ograniczyć wycinkę drzew.



Linie SN izolowane i w osłonie izolacyjnej w terenie leśnym



Lekkie linie napowietrzne z przewodami izolowanymi i w osłonie izolacyjnej



Lekkie poprzeczniki AL zaprojektowane przez Elprojekt Poznań i słupy drewniane pozwalają na budowę linii napowietrznych w trudnodostępnym terenie, ograniczając problemy z transportem elementów linii na plac budowy



**Przewody uniwersalne w linii SN
i linie izolowane nn**

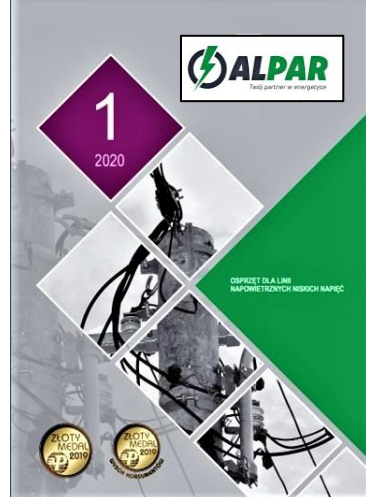
(fot. A.Rakowska)

Teraźniejszość

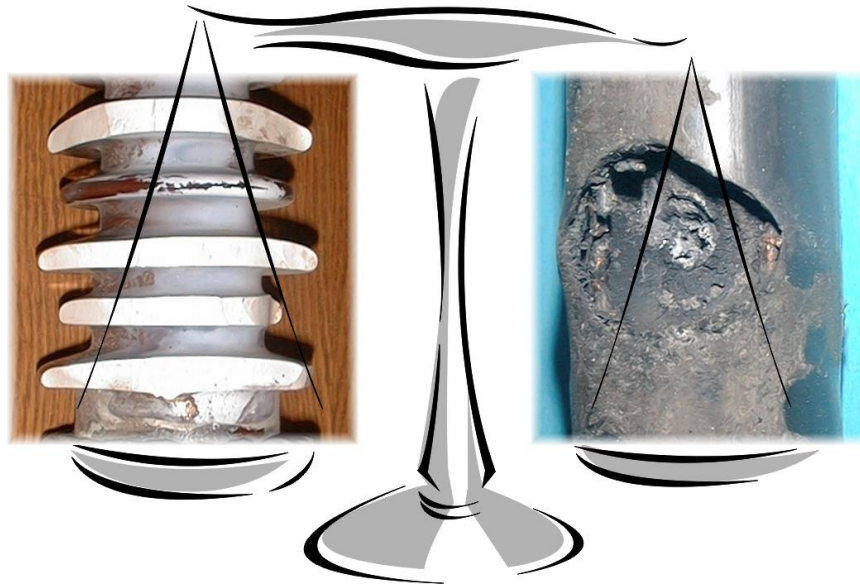
Linie napowietrzne czy kabel ?



Nie ma problemu, istnieją nadal albumy i katalogi do projektowania



Ale czy zawsze linie kablowe SN?



Zalety:

- estetyczne (mniej widoczne elementy),
- wymaganie mniejszego pasa technicznego,
- teren na trasę linii może być wykorzystywany przez inne instalacje,
- mniejsze problemy z oddziaływaniem na otoczenie, mniejsze możliwości uszkodzenia przez wyładowania atmosferyczne, wyższa odporność na wandalizm

Wady:

- wyższy koszt budowy linii,
- wyższy koszt napraw,
- dłuższy czas usuwania skutków awarii/uszkodzenia linii,
- częste przypadki uszkodzeń mechanicznych czyli duże potencjalne zagrożenie przez „nieostrożne” prace ziemne w pobliżu linii.....

Najczęściej formułowane przez operatorów sieci dystrybucyjnej działania mające na celu ograniczanie przerw nieplanowych to:

- wymiana linii SN z przewodami gołymi na linie kablowe lub z przewodami w osłonie,
- modernizacja najbardziej awaryjnych odcinków sieci,
- skracanie ciągów SN – poprzez dobudowę stacji WN/SN,
- zmiana topologii sieci SN – dążenie do układów pierścieniowych
- itd.



*W okolicy
była...
modernizacja
linii SN*

Wybrane pozycje literaturowe

1. Ratajczak J., Grzybowski A., Badania osprzętu w napowietrznych liniach z przewodami izolowanymi, EIProjekt, Techniczny Biuletyn Informacyjny, nr 1/10/99
2. Rakowska A., Grzybowski A., Izolowane linie napowietrzne – historia, stan obecny, Materiały Kongresowe Systemy Linii Izolowanych w Polsce Poznań, luty 2002
3. Ratajczak J., Grodecki P., Doświadczenia europejskie w zakresie stosowania napowietrznych linii elektroenergetycznych niskiego i średniego napięcia z przewodami izolowanymi, Materiały Kongresowe Systemy Linii Izolowanych w Polsce Poznań, luty 2002
4. Rakowska A., Grzybowski A., Tomczykowski J., Ocena niezawodności eksploatacyjnej napowietrznych linii z przewodami izolowanymi i w osłonie izolacyjnej, I Konferencja Naukowo-Techniczna Elektroenergetyczne linie napowietrzne niskiego i średniego napięcia, Kołobrzeg, 8-9 czerwca 2000
5. Grzybowski A. Normalizacja dotycząca linii z przewodami w izolacji polimerowej Materiały Konferencji Elektroenergetyczne linie napowietrzne z przewodami izolowanymi Bielsko -Biała 3-4 grudnia 1998
6. Rakowska A., Grzybowski A., Doświadczenia wynikające z eksploatacji napowietrznych linii izolowanych, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 10s'2002, 2002
7. Paszek G., Skomudek W. Oczekiwania w zakresie normalizacji, przepisów i instrukcji dotyczących linii z przewodami izolowanymi. Materiały Konferencji Elektroenergetyczne linie napowietrzne z przewodami izolowanymi Bielsko -Biała 3-4 grudnia 1998
8. Anikainen T., Ratajczak J. Aktualny stan prawny w zakresie badań osprzętu dla napowietrznych linii z przewodami izolowanymi. Materiały Konferencji Elektroenergetyczne linie napowietrzne z przewodami izolowanymi Bielsko -Biała 3-4 grudnia 1998
9. Wytyczne budowy i eksploatacji elektroenergetycznych linii napowietrznych z przewodami izolowanymi na napięcie do 30 kV, Praca zbiorowa PTPiREE Poznań , wrzesień 1998
10. Andrzej Grzybowski, Aleksandra Rakowska, Krzysztof Hajdrowski Krytyczna ocena obowiązujących norm oraz projektu opracowywanej aktualnie normy europejskiej dotyczącej badania osprzętu przewodowego stosowanego w liniach napowietrznych z przewodami izolowanymi. Praca dla Ensto Sekko OY Finlandia
11. Kongres Systemy Linii Izolowanych w Polsce Materiały wydane przez PTPiREE, Poznań 26-27 lutego 2002
12. Norma SEP-E-003 Elektroenergetyczne linie napowietrzne Projektowanie i budowa Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz z przewodami niepełnoizolowanymi. Zespół autorski: Skomudek W., Burza M., Grzybowski A., Koschel K., Spyra F. COSiW SEP Warszawa 2003

**Autorzy
dziękują
za uwagę!**

Konferencja
nt. linii izolowanych
Sarnówek 2001

**IV KONFERENCJA
LINIE I STACJE ELEKTROENERGETYCZNE
25-26 PAŹDZIERNIKA 2023 R., WISŁA**

PTPIREE