

Zagadnienia energetyczne na I Międzynarodowej konferencji w Genewie dla wykorzystania energii atomowej

Doc. inż. Władysław Ney

Energia wyzwana przez rozszczepienie atomów uranu lub toru zostanie wskutek niskich kosztów wytwarzania zużytkowana bezpośrednio przede wszystkim w światowej gospodarce przemysłowej. Inne zastosowania energii atomowej, np. w dziedzinach techniki, medycyny, biologii itp. aczkolwiek niewątpliwie ważne i istotne, mają charakter procesów ubocznych. Dlatego też na Konferencji Genewskiej największą uwagę poświęcono zagadnieniom atomowej gospodarki energetycznej.

W okresie czterodniowej sesji ogólnej poświęcono zagadnieniom energetycznym aż trzy dni, tj. 6 plenarnych posiedzeń, na których wygłoszono ponad 80 referatów. Ponadto 4 posiedzenia dodatkowe poświęcono wyłącznie elektrowniom atomowym i reaktorom wielkiej mocy (25 referatów).

Należy stwierdzić, że pierwsze kroki na drodze wykorzystania energii atomowej w skali przemysłowej zostały już poczynione.

Już dzisiaj na podstawie uzyskanych doświadczeń praktycznych oraz wykonanych projektów można uznać w pełni opłacalność wytwarzania i użytkowania energii atomowej.

Postęp w tej dziedzinie dokonuje się nadzwyczaj szybko, gdyż w krajach najbardziej rozwiniętych gospodarczo zaangażowano znaczne środki techniczne i duże siły ludzkie.

Zagadnienia ekonomiczne

Pierwsza część sesji ogólnej dotyczyła spodziewanego rozwoju światowego zapotrzebowania energii i możliwości jego pokrycia w okresie najbliższych 50 lat.

Jak wiadomo, brak jest dotychczas uznanej metody planowania spożycia energii na dalszą przyszłość. Wszystkie plany sporządzane są jedynie na podstawie statystyki z lat ubiegłych i dosyć dowolnej ekstrapolacji.

W referacie ONZ scharakteryzowano strukturę światowego bilansu energetycznego w 1952 r. i przewidywaną dynamikę rozwojową do roku 1975 oraz do roku 2000. Spodziewane zużycie energii we wszystkich jej postaciach, przy założeniu rocznego współczynnika wzrostu 5 %, zostało obliczone dla roku 1952, 1975, 2000 i wyniosło odpowiednio 1,25; 3,9 oraz 13 miliardów tonn węgla umownego rocznie.

Prezes Brytyjskiej Komisji Atomowej J. Cockroft uważa, że wzrost spożycia energii będzie powolniejszy, a mianowicie obecne spożycie odpowiadające 1,7 miliardom tonn węgla zwiększy się w 2000 r. do 8 miliardów tonn, co odpowiada rocznemu współczynnikowi wzrostu 2,5 %.

W światowym bilansie energetycznym energia elektryczna zdecydowanie wysuwa się na pierwsze miejsce przed innymi postaciami energii i według przewidywań na końcu stulecia stanowić będzie około połowę pełnego światowego zapotrzebowania energii.

Większość referentów była zdania, że dalszy wzrost spożycia energii przy obecnej jego dynamice musiałby doprowadzić już po kilkudziesięciu latach do wyczerpania znanych dotychczas światowych zasobów energetycznych, a w konsekwencji — spowodować ograniczenie rozwoju produkcji przemysłowej.

Następnie omawiane były perspektywy wzrostu zużycia energii elektrycznej i ciepłej w różnych krajach, które zanalizowały swoje potrzeby w tej dziedzinie.

Referaty zostały wygłoszone przez przedstawicieli: Indii, Brazylii, Jugosławii, Australii, Belgii, Czechosłowacji, Japonii, Argentyny oraz dodatkowo — Egiptu, Pakistanu, Izraela oraz Ceylonu.

Istnieją duże i ekonomicznie uzasadnione możliwości zastosowania energii atomowej w celu przyspieszenia postępu w rozwoju gospodarczym tych właśnie krajów.

W dalszej części sesji omawiano przewidywaną sprawność wytwarzania oraz rolę w gospodarce energetycznej energii elektrycznej produkowanej w elektrowniach atomowych.

Anglia wkroczyła 9 lat temu w dziedzinie rozwoju przemysłu atomowego na drogę pełnej samodzielności i nie korzystając z obcej pomocy osiągnęła dobre wyniki. Jest to niewątpliwie najszlachetniejsza droga rozwoju dla kraju, który posiada odpowiednie zasoby techniczne i finansowe. Anglia może obecnie budować kompletne elektrownie atomowe. Koszty ich są jednak wyższe od zwykłych elektrowni ciepłych nawet przy pominięciu kosztu zakładów wzbogacania paliwa i chemicznej przeróbki, który dodatkowo należy ocenić na 20 do 30 milionów funtów.

Koszt wytwarzania 1 kWh trudno obliczyć, nie ma bowiem jednoznacznych danych dla ustalenia rocz-

nych kosztów stałych. W USA oprocentowanie kapitału prywatnego wynosi rocznie 15 %, państwowego zaś 5 %. Nie wiadomo, jakie przyjmować nakłady renowacyjne, jaki zakładać okres amortyzacji, w każdym razie należy liczyć się z czasem eksploatacji elektrowni atomowej krótszym niż elektrowni cieplnej. Podano następujące orientacyjne ceny zainstalowania 1 kW:

- 5 ÷ 15 \$/kW — produkcja plutonu lub toru,
- 40 ÷ 50 \$/kW — wzbogacanie paliwa atomowego,
- 30 ÷ 50 \$/kW — produkcja ciężkiej wody,
- 30 \$/kW — przeróbka zużytego paliwa,
- 200 ÷ 250 \$/kW — instalacja urządzeń elektrowni.

Całkowity koszt osiąga 350 \$/kW, podczas, gdy koszt elektrowni cieplnej o tej samej mocy wynosi obecnie około 160 \$/kW, a na transport i wydobycie węgla należy dodać jeszcze 20 ÷ 30 \$/kW. Z powyższego wynika, że elektrownia atomowa kosztuje dzisiaj dwa razy więcej niż elektrownia cieplna. Pomimo tego wszyscy uczestnicy konferencji zgodnie stwierdzali, że koszty te w miarę postępu techniki i budowy coraz większych obiektów przemysłowych będą się bardzo szybko obniżać. Na przykład koszt produkcji ciężkiej wody podawany ostatnio w literaturze na podstawie doświadczeń praktycznych sprzed około 2 lat wynosił 200 \$/kg, a na konferencji wymieniono już liczbę: 60 \$/kg a nawet 40 \$/kg.

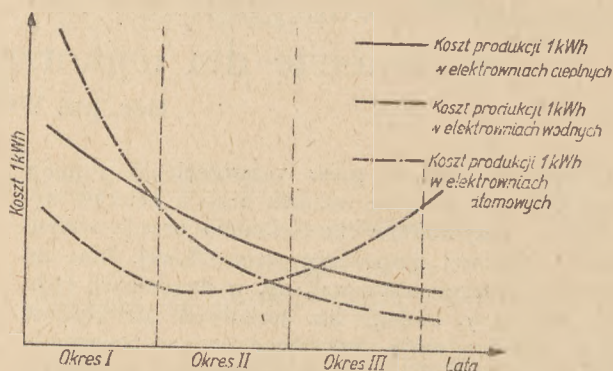
Celowość i potrzeba użytkowania energii atomowej zależy od bazy energetycznej poszczególnych krajów. Na przykład dla Norwegii i Jugosławii elektrownie atomowe nie będą gospodarczo uzasadnione w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat. Są natomiast kraje o ograniczonej bazie energetycznej lub o zasobach będących bliskich pełnego wykorzystania; dla nich energia atomowa ma specjalne znaczenie, nawet w wypadku jeśli koszt produkcji okaże się wyższy w porównaniu z innymi konwencjonalnymi źródłami energii. Do krajów specjalnie zainteresowanych w rozwoju energetyki atomowej należy Italia, Szwecja, Szwajcaria i Anglia. Ta ostatnia chociaż ma znaczne jeszcze złoża węgla kamiennego, wobec szybkiego wzrostu zużycia węgla oraz niemożności dostatecznego zwiększenia jego wydobycia, zainteresowana jest również w rozbudowie energetyki atomowej.

Możliwość szerokiego zastosowania energii atomowej nie wpływa bynajmniej na celowość wykorzystania energii wodnej. Dla wielu krajów mogą być aktualne następujące trzy okresy rozwoju gospodarki energetycznej.

Okres I — najbliższy. Koszty produkcji energii elektrycznej w elektrowniach ciepłych maleją. Istnieją możliwe do wykorzystania zasoby energii wodnej. Koszty energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach wodnych również maleją. Energia elektryczna z elektrowni atomowych jest jeszcze bardzo droga.

Okres II — późniejszy. Koszt energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach wodnych przekroczył już minimum i zaczyna wzrastać, gdyż zostały wyzyskane najkorzystniejsze zasoby energii wodnej. Koszt energii elektrycznej produkowanej w elektrowniach ciepłych dzięki postępowi technicznemu obniża się powoli w dalszym ciągu.

Okres III — w dalszej przyszłości. Koszt energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach wodnych szybko wzrasta, gdyż pozostały już do wykorzystania tylko najmniej opłacalne źródła energii wodnej. Koszt energii elektrycznej otrzymanej z elektrowni atomowych spada początkowo bardzo szybko, później — znacznie wolniej. Można by jednak spodziewać się, że w tym okresie koszt wytwarzania w elektrowniach atomowych będzie niższy niż w konwencjonalnych elektrowniach ciepłych i elektrowniach wodnych. Długości tych okresów będą oczywiście różne w poszczególnych krajach.



Rys. 1. Koszty wytwarzania 1 kWh w elektrowniach ciepłych, wodnych i atomowych w funkcji czasu

Omówione powyżej zależności przedstawiono na rys. 1.

Stany Zjednoczone mające znaczne zasoby paliw i energii wodnej uzależniają tempo rozwoju energetyki atomowej od wyników porównania kosztów wytwarzania energii elektrycznej. Jeśli koszt wytwarzania w elektrowniach atomowych będzie sięgał 0,9 centa/kWh, to w 1975 r. tylko około 1 % mocy zainstalowanej będzie oparte na paliwie jądrowym. Jeżeli natomiast obniży się koszt wytwarzania do około 0,6 centa/kWh, to udział energetyki atomowej może osiągnąć 15 %.

Energetycy kanadyjscy interesują się elektrocieplowniami atomowymi o małej i średniej mocy do zasilania nowych ośrodków przemysłowych, położonych w dużej odległości od złóż węglowych i rozbudowanych systemów elektrycznych.

Elektrownie atomowe dużej mocy (≥ 100 MW) projektowane w ZSRR w okęgach oddalonych od zasobów węgla będą wytwarzać energię elektryczną taniej niż podobne elektrownie węglowe oparte na paliwie transportowanym koleją na długich odcinkach.

Obecny stan doświadczeń w dziedzinie energetyki atomowej

Pierwszą na świecie i jedyną do dnia dzisiejszego jest radziecka elektrownia atomowa z reaktorem o powolnych neutronach i z moderatorem grafitowym chłodzonym zwykłą wodą pod ciśnieniem, o mocy elektrycznej 5000 kW (moc cieplna reaktora 30 000 kW), pozostająca w ruchu od czerwca ub. r.

W okresie tym elektrownia wykazała całkowitą pewność w eksploatacji — żadne awarie nie zdarzyły się. Reaktor wykazuje dużą stabilność w pracy; dla wymiany zużytych prętów paliwowych należy co kilka miesięcy zatrzymać go na 2 ÷ 3 dni. Obsługa

stanowi zaledwie $\frac{1}{3}$ liczby pracowników zatrudnionych w kotłowni oraz przy nawęglaniu odpowiedniej elektrowni cieplnej. Na podstawie zebranych doświadczeń eksploatacyjnych można już przystąpić do projektowania i budowy elektrowni atomowych o dużej mocy.

Koszt wytwarzania energii elektrycznej znacznie przewyższa analogiczne koszty w nowoczesnej elektrowni na paliwie miejscowym, co jednak jest wynikiem przede wszystkim małej mocy elektrowni.

Amerykanie podali wyniki doświadczeń uzyskane w ciągu dwuletniej pracy reaktora energetycznego typu parującego (BWR-Boiling Water Reaktor) o wydajności parowej odpowiadającej mocy około 3 500 kW. Ten typ reaktora jest specjalnie dogodny do produkcji energii elektrycznej w skali przemysłowej z uwagi na dużą prostotę układu, bezpieczeństwo pracy i możliwość uniknięcia pośrednich wymienników ciepła bezwzględnie koniecznych w układach z innymi reaktorami.

Plan budowy elektrowni atomowych w okresie lat najbliższych

1. ZSRR. Plany w tej dziedzinie zostały podane dosyć ogólnikowo w referacie głównym dotyczącym pierwszej elektrowni atomowej. Z danych tych wynika, że w Związku Radzieckim znajdują się w budowie elektrownie atomowe o mocy 100 MW — a nawet większe — na normalne parametry pary 30 ata, 400 °C dla typowych turbozespołów typu AK-50 o mocy 50 MW.

W elektrowniach tych będą zainstalowane reaktory o powolnych neutronach chłodzonych wodą pod ciśnieniem oraz reaktory innych typów.

Sprawności budowanych elektrowni atomowych będą wyższe niż sprawności nowoczesnych elektrowni węglowych, położonych w rejonach odległych od złóż węgla.

W porównaniu z konwencjonalnymi elektrowniami węglowymi tej samej wielkości elektrownie atomowe będą miały tylko 0,5 ÷ 0,6 załogi. Zużycie stali na urządzenia i konstrukcje wyniesie około 0,25, zużycie natomiast betonu będzie dwa razy większe.

Należy przypuszczać, że ZSRR nie pozwoli się wyprzedzić w dziedzinie atomowego budownictwa energetycznego i uruchomi pierwszą elektrownię o mocy około 100 MW przed elektrownią angielską o mocy 50 MW, która ma być uruchomiona w Calder Hall w Kornwalii w 1956 r.

2. Stany Zjednoczone przedstawiły dwa plany budownictwa:

a) plan państwowy Atomowej Komisji Energetycznej o charakterze badawczo-prototypowym:

- 1 — reaktor o powolnych neutronach, chłodzony zwykłą wodą pod ciśnieniem (PWR) — moc elektrowni 60 MW — rok 1957,
- 2 — reaktor parujący (EBWR) z elektrownią o mocy 5 MW — rok 1956,
- 3 — reaktor reprodukujący (EBR-2) z elektrownią o mocy 15 MW — rok 1958,
- 4 — reaktor jednorodny (HRE-2) z elektrownią o mocy 1 MW — rok 1956.

5 — reaktor jednorodny reprodukujący przy użyciu toru jako paliwa atomowego (TBR) z elektrownią o mocy 16 MW — rok 1959
oraz —

b) plan prywatnych przedsiębiorstw energetycznych:

- 1 — reaktor chłodzony zwykłą wodą pod ciśnieniem (PWR), Jankke Atomic El. 100 MW — rok 1957,
- 2 — reaktor parujący (BWR) Commonwealth Edison 180 MW — rok 1960,
- 3 — reaktor sodowo-grafitowy (SGR) Consumer Public 75 MW — rok 1959,
- 4 — reaktor reprodukujący (FBR) Detroit Edison 100 MW — rok 1958,
- 5 — reaktor chłodzony ciężką wodą pod ciśnieniem (PWR) Consolidated Edison 236 MW — rok 1959.

Z programu tego widać, że trzy elektrownie, które mają być najwcześniej uruchomione, są typu (PWR), tj. z reaktorami o powolnych neutronach, z moderatorami grafitowymi, chłodzonymi wodą pod ciśnieniem. Są to więc reaktory tego samego typu jak reaktor zastosowany obecnie w ZSRR w pracującej elektrowni atomowej.

3. Anglia. Po rozpatrzeniu około 40 możliwych koncepcji układów reaktorowych postanowiono w 1953 r. przystąpić do budowy dwu skrajnych typów:

- a) reaktory z powolnymi neutronami, z grafitowymi moderatorami, chłodzone dwutlenkiem węgla dla elektrowni o mocy 50 MW w Calder Hall. Budowa jest już bardzo zaawansowana, uruchomienie planowane — w 1956 r.;
- b) reaktor z szybkimi neutronami typu reprodukcyjnego („breeder“) chłodzony płynnym sodem; moc elektryczna około 15 MW. Elektrownia będzie położona w Dounreay w Szkocji, przewidywane uruchomienie około 1960 r.

Oprócz tego ogłoszony w br. plan 10-letni przewiduje uruchomienie w ciągu 1960 ÷ 1965 r. 12 elektrowni atomowych (8 chłodzonych gazem oraz ostatnie 4 — chłodzone prawdopodobnie płynnym metalem) o łącznej mocy 2000 MW.

Budowa pierwszych ośmiu elektrowni rozpoczęta będzie przed 1960 r.

4. Francja. Do 1957 r. zostaną uruchomione:

- G1 — reaktor grafitowy z uranem naturalnym, chłodzony powietrzem o mocy cieplnej 40 MW, położony w okolicy Avignon;
- G2 — reaktor grafitowy z uranem naturalnym, chłodzony dwutlenkiem węgla, podobny do reaktora angielskiego w Calder Hall, o mocy elektrycznej 30 MW.

Electricite de France (Państwowy zarząd do spraw elektryfikacji) przewiduje uruchomienie pierwszej elektrowni atomowej, opartej o reaktory typu G2 o mocy 60 MW w 1959 r., później co trzy lata przewidziano podwajanie mocy elektrowni atomowych.

Porównanie typów reaktorów energetycznych

Perspektywy na najbliższą przyszłość

Istnieje kilkadziesiąt możliwości wykonania różnych typów reaktorów atomowych do celów energetycznych.

W skali półprzemysłowej można zbadać w ciągu najbliższych kilku lat tylko niewiele typów. Dlatego możliwe są duże zmiany w okresie najbliższych 10 lat w poglądach na wybór najodpowiedniejszego typu reaktora i układu całej związanej z nim instalacji energetycznej.

Najbardziej rozpowszechnione są reaktory typu zastosowanego w radzieckiej elektrowni o powolnych neutronach z moderatorem grafitowym, chłodzone wodą pod ciśnieniem.

W Stanach Zjednoczonych z sześciu planowanych elektrowni przemysłowych — trzy będą tego właśnie typu.

We Francji i Anglii pierwsze elektrownie przemysłowe budowane są reaktorami podobnego typu, lecz chłodzone gazem.

Wykorzystanie paliwa w budowanych obecnie instalacjach jest małe. W elektrowni angielskiej Calder

Hall 1 kg uranu zastąpi 10 t węgla, przy zastosowaniu wielokrotnej regeneracji zużytego paliwa można będzie podnieść wykorzystanie paliwa 5 ÷ 10-krotnie.

Zastosowanie reaktora reprodukcyjnego (typu „breeder”) może zwiększyć wykorzystanie paliwa jądrowego przeszło 100-krotnie w stosunku do wyników spodziewanych w Calder Hall. Wówczas w reaktorze tego typu 1 kg uranu zastąpi 1000 t węgla.

Cykl reprodukcyjny na paliwie torowym pozwoli wykorzystywać wielkie zasoby toru.

Reaktory reprodukcyjne wymagają zastosowania znacznych ilości bardziej kosztownych paliw: silnie wzbogaconego w U^{238} lub Pu mniej więcej 10 ÷ 20 razy tyle co w odpowiednim reaktorze z neutronami powolnymi.

Obiecującym jest reaktor typu jednorodnego tzw. homogeniczny reaktor (HR) z uranem w postaci zawiesiny w ciężkiej lub nawet w zwykłej wodzie. Obsługa tego reaktora i obróbka chemiczna, paliwa są bardzo proste.

Należy się spodziewać, że do 1960 r. zostaną uruchomione instalacje półprzemysłowe, a w niektórych przypadkach — przemysłowe wszystkich wymienionych wyżej zasadniczych typów reaktorów.

Organizacja i metody budownictwa elektrowni ciepłych w ZSRR

Inż. B. Gutherc

Autor przebywając w sierpniu 1955 r. z ramienia Ministerstwa Energetyki w ZSRR zwiedził dwie będące w budowie elektrownie. Jedna z nich o łącznej mocy 600 MW, wyposażona w 6 turbin po 100 MW oraz w odpowiednią ilość kotłów o wydajności 230 t/h, 110 ata, 510 °C budowana jest w jednym etapie. W czasie zwiedzania elektrowni na ukończeniu były roboty budowlane dla instalacji podziemnych budynku głównego oraz konstrukcja stalowa budynku głównego. Odpowiednio zaawansowane były i inne działy elektrowni. Rozpoczęcie montażu planowane było w najbliższym czasie.

W drugiej elektrowni, o mocy około 800 MW, trzy turbozespoły po 100 MW i 6 kotłów o wydajności 230 t/h znajdują się już w eksploatacji. W trakcie uruchomienia był czwarty turbozespół, a w montażu — kocioł nr 7 i 8.

Autor ujął w artykule swoje spostrzeżenia, poczynione przy zwiedzaniu obu budujących się elektrowni. Spostrzeżenia te mogą zainteresować polskich energetyków i budowniczych elektrowni tym bardziej, że jednocześnie zostały naświetlone dwa zasadnicze zagadnienia, a mianowicie organizacja i wykonawstwo elektrowni.

REDAKCJA

A. ZAGADNIENIE ORGANIZACYJNE

Organizacja budowy elektrowni w Związku Radzieckim jest inna w obu kolejnych stadiach budowy. Stadium pierwsze obejmuje prace związane z opracowaniem i zatwierdzeniem poszczególnych faz projektów, a więc założeń projektowych, projektu wstępnego i technicznego, a przy powszechnie stosowanym obecnie projektowaniu w dwu stadiach: założeń i rozszerzonego projektu wstępnego. Przy pracach tych w roli inwestora występuje z reguły zarząd energetyczny okręgu. Pracami tymi w zarządzie kieruje zastępca dyrektora dla spraw inwestycyjnych, któremu podlega dział inwestycyjny zarządu. W tej fazie prac nie ma jeszcze dyrekcji budowy.

Stadium drugie — to właściwa realizacja budowy. W tym okresie, rozpoczynającym się po zatwierdzeniu projektu technicznego lub rozszerzonego projektu wstępnego, powołuje się dyrekcję budowy elektrowni

jako inwestora bezpośredniego oraz zarząd budowy elektrowni jako generalnego wykonawcę.

Dyrekcja budowy zostaje na kilka miesięcy przed rozpoczęciem eksploatacji elektrowni przemianowana na dyrekcję elektrowni, obejmującą od tego czasu funkcje inwestora i eksploatatora zakładu.

Organizacja dyrekcji budowy

Po zatwierdzeniu projektu technicznego lub rozszerzonego projektu wstępnego Minister Elektrowni mianuje dyrektora budowy elektrowni i głównego inżyniera, którzy z reguły obejmują następnie podobne stanowiska w dyrekcji elektrowni. Na te stanowiska dobierani są pracownicy z dużym doświadczeniem eksploatacyjnym; co najmniej jeden z nich powinien mieć również praktykę inwestycyjną.

W skład dyrekcji budowy wchodzi 11 ÷ 12 pracowników a mianowicie:

dyrektor elektrowni,
główny inżynier,
główny księgowy,
ekonomista,

sekretarka-maszynistka,

5 kuratorów, w tym 1 dla części budowlanej, 1 dla konstrukcji stalowych, instalacji sanitarnych i przemysłowych, 1 dla budowy osiedla mieszkaniowego, 1 elektryk i 1 mechanik.

Ze względów oszczędnościowych w rzeczywistości obsada bywa jeszcze mniej liczna. Na przykład w Worożytowgradzkiej Elektrowni, gdzie rozpoczynają się już roboty montażowe jest zatrudnionych na razie 2 kuratorów.

Zadaniem dyrekcji budowy jest dostarczenie zarządowi budowy dokumentacji technicznej, tj. rysunków roboczych. Rysunki te muszą być poprzednio przez dyрекcję zweryfikowane. Każdy rysunek zaopatrzony jest w pieczętkę z napisem „Dopuszczono do wykonania” i podpis głównego inżyniera lub dyrektora budowy elektrowni.

Zadaniem dyrekcji budowy jest ponadto nadzorowanie wykonywanych prac, a w szczególności odbiór ukończonych robót, sprawdzanie i likwidowanie rachunków, udział w opracowaniu cen jednostkowych na roboty nie ujęte w obowiązującym budowę cenniku, likwidowanie rachunków za urządzenia, kompletowanie przyszłego personelu eksploatacyjnego, opracowanie instrukcji szczegółowych itp. Do obowiązków generalnego wykonawcy należy dostawa urządzeń na budowę.

Na 6 miesięcy przed planowanym terminem uruchomienia elektrowni obsadzone zostają kierownicze stanowiska dyrekcji elektrowni, w pierwszym rzędzie kierowników poszczególnych oddziałów. Do obowiązków kierowników należy przede wszystkim odbiór do eksploatacji wszystkich urządzeń w podległych im działach. System ten przy odpowiednich kwalifikacjach personelu kierowniczego eksploatacji zapewnia w dużym stopniu wysoką jakość prac montażowych, jak również zaspokojenie wszelkich potrzeb eksploatacji. Pracownicy dyrekcji otrzymują stałe uposażenia i nie są premiowani.

Organizacja zarządu budowy elektrowni

Zarząd budowy elektrowni zostaje powołany równocześnie z dyрекcją budowy, tj. po zatwierdzeniu projektu technicznego lub rozszerzonego projektu wstępnego.

Zarząd budowy jest generalnym wykonawcą budowy. Do jego obowiązków należy wykonanie wszystkich robót budowlano-montażowych, dostarczenie urządzeń na budowę oraz uruchomienie elektrowni. Po 72-godzinnej pracy przy znamionowych parametrach, urządzenia przechodzą następnie do eksploatacji.

Przy budowie i montażu elektrowni zarząd budowy korzysta z usług innych specjalizowanych przedsiębiorstw, jak:

1. Przedsiębiorstwo montażu konstrukcji stalowych. Wykonuje ono montaż wszystkich konstrukcji stalowych, zewnętrzne urządzenia do transportu węgla, instalacje sanitarne, zewnętrzne rurociągi wody przemysłowej,

2. Przedsiębiorstwo montażu urządzeń ciepłno-mechanicznych elektrowni (Energomontaż).

3. Przedsiębiorstwo montażu urządzeń elektrycznych elektrowni (Elektromontaż).

4. Przedsiębiorstwa budowy kominów.

5. Przedsiębiorstwo robót zmechanizowanych. Wykonuje ono roboty ziemne, drogi kołowe i tory kolejowe.

Przy budowie elektrowni z reguły zatrudniane są przedsiębiorstwa wyspecjalizowane, należące do resortu budowy elektrowni. Wyspecjalizowane przedsiębiorstwa budowlane podlegają temu samemu zjednoczeniu, co przedsiębiorstwa ogólnobudowlane.

Schemat organizacji zarządu budowy elektrowni

Z zakresu działania poszczególnych komórek organizacyjnych warto omówić bardziej szczegółowo ze względu na ich znaczenie i odmienną organizację — dwie komórki, a mianowicie oddział urządzeń oraz grupę projektowo-kosztorysową.

Oddział urządzeń

Jak już podano, do obowiązku generalnego wykonawcy należy również dostarczenie na budowę wszystkich urządzeń. Generalny wykonawca otrzymuje od inwestora łącznie z dokumentacją szczegółową specyfikację wszystkich urządzeń potrzebnych do montażu. Jeden egzemplarz specyfikacji otrzymuje również Zarząd Koordynacji Dostaw w Ministerstwie Budowy Elektrowni, który odpowiada za dostarczenie urządzeń w terminach, umożliwiających ich montaż i oddanie do eksploatacji, zgodnie z harmonogramem.

Zarząd Koordynacji Dostaw otrzymuje przydziały na całość krajowego zapotrzebowania, które po uzgodnieniu z Ministerstwem Elektrowni rozdziela na odpowiednie budowy.

Generalnym dostawcą urządzeń elektrycznych dla elektrowni jest specjalnie w tym celu utworzona komórka w Centralnym Zarządzie Zbytu Ministerstwa Przemysłu Elektrotechnicznego, a mianowicie Zarząd Koordynacji Dostaw.

Podobny Zarząd Koordynacji Dostaw do elektrowni istnieje w Ministerstwie Przemysłu Ciężkiego, który jest generalnym dostawcą urządzeń ciepłno-mechanicznych.

Dyrekcja elektrowni uzgadnia z wytwórcami głównych urządzeń (turbiny, generatory, transformatory, kotły) szczegółowe dane. Umowy z dostawcami urządzeń podpisuje z upoważnienia dyrekcji elektrowni zarząd budowy elektrowni.

Urządzenie nie wchodzące w zakres dostaw dostawców generalnych dostarcza Zarząd Koordynacji Dostaw w Ministerstwie Budowy Elektrowni. Rachunki za dostarczone urządzenia reguluje dyrekcja elektrowni. Wyładowanie i magazynowanie urządzeń należy do obowiązków generalnego wykonawcy. Za wszystkie te usługi generalny wykonawca otrzymuje 1,25% wartości urządzeń.

W oddziale urządzeń zwiedzanej budowy pracowało łącznie z magazynierem trzech pracowników. Kierownikiem oddziału był doświadczony inżynier energetyk.

Grupa projektowo-kosztorysowa

Rozliczenie między generalnym wykonawcą a inwestorem następuje na podstawie kosztorysu generalnego, dostarczonego łącznie z projektem technicznym (lub z rozszerzonym projektem wstępnym). Rachunki tymczasowe wystawiane są na podstawie pomiaru wykonanych robót i cen jednostkowych obowiązujących dla danej budowy. Ceny jednostkowe opracowuje i ustala biuro projektowe. Różnice w cenach jednostkowych dla różnych budów zależą głównie od kosztów transportu. Rachunki sprawdza i potwierdza inspektor nadzoru.

Jesli wykonawca stwierdzi na podstawie analizy kosztorysu lub postępu robót, że kosztorys jest za niski, koryguje go (opierając się na rysunkach roboczych), uzgadnia z inspektorem, następnie przekazuje do biura projektowego w celu dokonania odpowiednich zmian. Poprawiony kosztorys zatwierdza Ministerstwo Elektrowni.

Podobnie wykonawca opracowuje ceny jednostkowe na roboty, nie ujęte w katalogu, które wymagają również uzgodnienia z inwestorem oraz z biurem projektów.

Dyrektor elektrowni ma prawo zatwierdzić wstępnie ceny jednostkowe, honorowane następnie przez bank w ciągu trzech miesięcy. W tym czasie powinny one być zatwierdzone przez Ministerstwo Elektrowni.

W grupie projektowo-kosztorysowej zatrudnia się łącznie z kierownikiem grupy — trzy osoby.

Jak z powyższych danych wynika, rola generalnego wykonawcy jest w ZSRR znacznie większa niż u nas. Opisana organizacja wymaga zatrudnienia mniejszej ilości pracowników i w warunkach budownictwa ZSRR usprawnia przebieg budowy. Wymaga to oczywiście od generalnego wykonawcy dużej znajomości zagadnienia, co osiąga się przez specjalizację przedsiębiorstw. Również i obsada kierownictwa samych przedsiębiorstw jest dobrze przemyślana.

Na obu zwiedzanych budowach w zarządzie budowy głównymi inżynierami byli specjaliści energetycy. Również i główny inżynier zjednoczenia budowy elektrowni był inżynierem energetykiem.

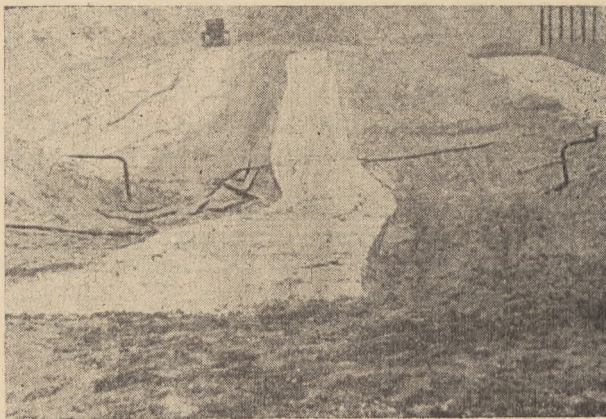
B. ZAGADNIENIE WYKONAWSTWA

a) Wykonawstwo robót budowlanych. Roboty budowlane na zwiedzanej elektrowni oraz wykop pod budynek główny wykonane były w jednym etapie dla pełnej mocy elektrowni. W celu usprawnienia pracy maszyn wywożących ziemię z wykopu ułożono drogę z prefabrykowanych płyt żelbetowych (rys. 1).

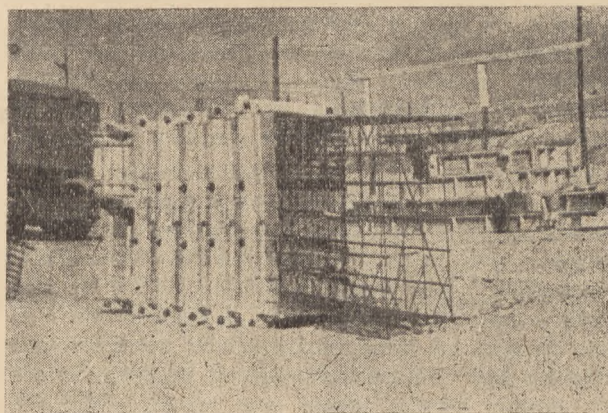
Następnym etapem budowy budynku głównego było wykonanie fundamentów pod konstrukcję nośną. Zbrojenia i szalunki (rys. 2) zostały wykonane na bazie montażowej: zbrojenie w dwóch częściach — płyta i kolumna; szalunki zaś z elementów przenośnych skręcanych śrubami. Ustawianie szalunków w blokach ze zbrojeniem odbywa się za pomocą dźwigu.

Po zabetonowaniu fundamentów budynku głównego zmontowano na nich most roboczy. Most ten poruszał się na torach ułożonych na czterech rzędach fundamentów. Na górnej części mostu zainstalowano dźwig jezdny (rys. 3). Dźwig ten służył do transportu i montażu zbrojenia oraz szalunków instalacji podziemnych.

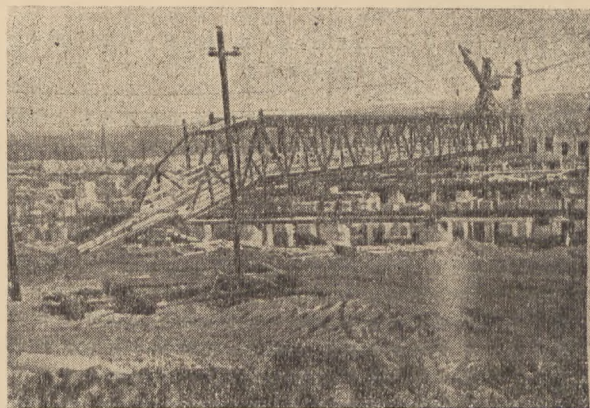
Na dole mostu przymocowany jest szereg zbiorników na beton, pod którymi jeżdżą odpowiednio skonstruowane trzy podajniki betonu (rys. 4). Beton z centralnej wytwórni betonu przewożony był na wywrotkach i wyładowywany na moście do bunkrów, z których kierowano go z kolei podajnikami na odpowiednie miejsca budowy.



Rys. 1. Prowizoryczna droga w wykopie (z elementów żelbetowych, prefabrykowanych)



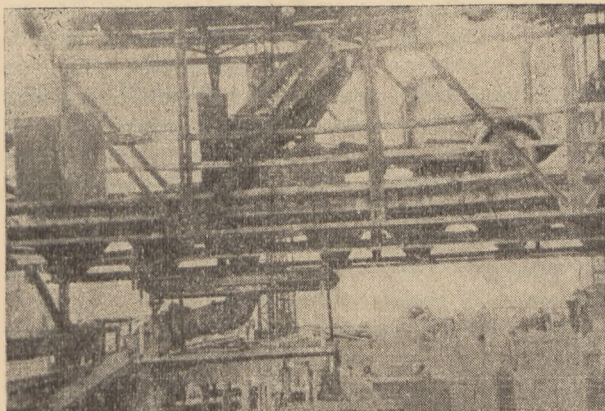
Rys. 2. Zblokowane zbrojenie z szalunkiem słupów fundamentowych hali głównej



Rys. 3. Widok ogólny mostu roboczego z przymocowanymi u spodu bunkrami na beton i z podajnikami betonu

Zastosowanie w omawianych warunkach mostu roboczego było bardzo celowe ze względu na duże zagęszczenie fundamentów.

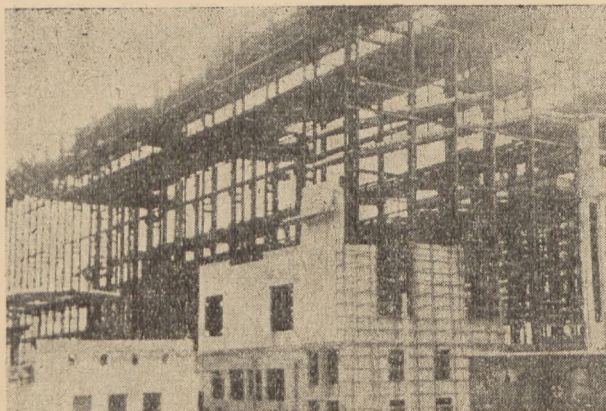
Montażu konstrukcji stalowej budynku głównego dokonywano za pomocą dźwigu wieżowego typu BK-405 o nośności do 600 t i zasięgu 40 m.



Rys. 4. Fragment przesuwnego mostu roboczego z dźwigiem samojezdnym

Tory jezdne dźwigu ułożono na fundamentach środkowych rzędów słupów w elementach przekładanych tym samym dźwigiem. Dźwig wyposażony jest w dwa odcinki torów. Po wykonaniu pracy na jednym odcinku, dźwig przejeżdża na następny, a zwolniony odcinek torów przenosi na następne fundamenty. Pozwoliło to uniknąć budowy specjalnego podtorza. Dzięki temu pozostał również wolny poziom 0,0 w kotłowni i maszynowni. Dźwig obsługiwał cały budynek główny i ustawiał zmontowane na osobnym placu montażowym bloki, o wielkości ograniczanej nośnością dźwigu. Tym samym dźwigiem układano płyty dachowe. Zdaniem kierownictwa budowy nośność dźwigu jest jednak już za mała.

Po ustawieniu i wyważeniu pierwszych 3 ÷ 4 osi słupów i wiązarów zmontowano stałe suwnice w maszynowni i w kotłowni. Suwnice te wykorzystywano następnie przy budowie, a przede wszystkim przy wypełnianiu ścian i stropów prefabrykatami (rys. 5). Za pomocą suwnicy w maszynowni wykonywano również fundamenty turbozespołów. Ze względu na powtarzalność zastosowano tu szalunki metalowe. Zbrojenie do fundamentów wykonywano w warsztacie i montowano za pomocą suwnicy.

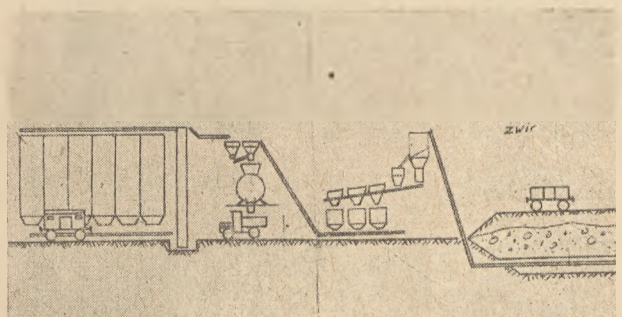


Rys. 5. Wypełnianie ścian hali głównej blokami prefabrykowanymi

W prosty lecz pomysłowy sposób przystosowano suwnice do przesuwania bloków do każdego punktu budynku głównego, w tym również i do bunkrowni oraz do pomieszczenia odgazowywaczy. Na haku suwnicy zawieszono wysięgnik o długości około 10 m z hakiem poruszającym windą wiszącą na tym wysięgniku i sterowanym z kabiny suwnicy. Urządzenie to pozwalało osiągnąć suwnicą kotłowni każdy punkt kotłowni i bunkrowni a suwnicą maszynowni każdy punkt maszynowni i pomieszczenia odgazowywaczy.

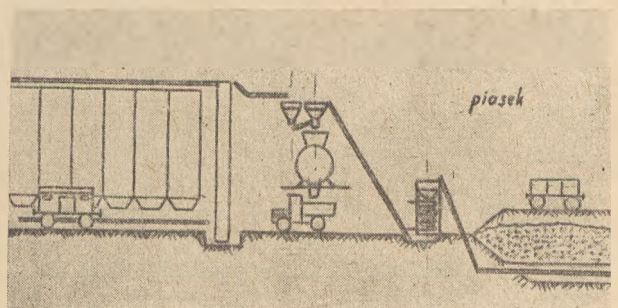
Pomysłowo wykonano również zamknięcie budynku. Na obu omawianych budowach zastosowano przesuwne ściany zawieszone na torze suwnicy. Ścianę wykonano z prefabrykatów sylikatowych na szkielecie stalowym. Przesuwa się ją za pomocą suwnicy. Dół ściany wisi na zawiasach i może być za pomocą wielokrążków podnoszony w razie wjazdu wagonów do wnętrza budynku. Górna część ściany nad torem suwnicy musi być przy przesuwaniu ściany rozbiegana. Ten sposób zamknięcia jest stosowany nawet w razie wykonania budynku całego w pierwszym etapie ze względu na trudności w ogrzewaniu tak dużego budynku przed całkowitym ukończeniem montażu.

b) Przygotowanie betonu. Proces przygotowania betonu oraz wyładowanie z wagonów piasku, żwiru, cementu oraz transport tych materiałów do centralnej betoniarni jest w dużym stopniu zmechanizowany. Szkic wytwórni betonu pokazano na rys. 6a.



Rys. 6 a. Schemat wytwórni betonu (podawanie żwiru łącznie z sortowaniem i ewentualnym kruszeniem)

Zarówno żwir, jak i piasek wyładuje się na dwóch specjalnie zbudowanych estakadach wyładowniczych, wykonanych w wykopach. Szyny na estakadzie są ułożone na poziomie 0,0. Kruszywo transportuje się z placu do betoniarni za pomocą przenośników taśmowych. Materiał na przenośniki ładują chwytki. Na linii transportu piasku ustawiony jest budynek



Rys. 6 b. Schemat wytwórni betonu (podawanie piasku z ewentualnym ogrzewaniem w okresie zimowym)

ze zbiornikami, w którym podgrzewa się piasek w ziemie (rys. 6b).

Na linii transportu żwiru zmontowane są sita i łamacz, za pomocą których sortuje się żwir (rys. 6a). Żwir sortowany na odpowiednie granulacje składany oddzielnie, jest następnie transportowany podziemnym przenośnikiem do betoniarni.

Cement transportuje się na budowę nie w workach, lecz w stanie sypkim w wagonach i magazynuje w silosach. Ustawionych jest 10 silosów o pojemności po 100 t. (Zdaniem kierownika budowy potrzeba więcej silosów). Cement z wagonów transportuje się na przenośniki ślimakowe, skąd z kolei przenośnikiem kubełkowym, a następnie znów poziomym przenośnikiem ślimakowym — do odpowiedniego silosu. Pod silosa-

mi zainstalowany jest przenośnik, którym transportuje się cement do betoniarni. Gotowy beton gromadzi się w zbiorniku, z którego automatycznie pobierają go wywrotki i rozwożą po budowie.

c) **Wytwórnia prefabrykatów.** Na budowie znajduje się wytwórnia prefabrykatów betonowych, pokrywająca częściowo zapotrzebowanie budowy. Dużą część swego zapotrzebowania pokrywa budowa z fabryki prefabrykatów zjednoczenia.

d) **Montaż blokowy budynku głównego.** Na budowie znajduje się plac do montowania bloków elementów konstrukcyjnych (przede wszystkim konstrukcji stalowej). Plac obsługiwany jest przez dwa dźwigi po 20 t. Wielkość bloków ograniczana przez nośność dźwigów dochodzi do 40 t.

Jako przykład można podać, iż jeden blok składa się z dwu wiązarów ze wszystkimi połączeniami, świetlikami i pokryciem dachu, wykonanym z płyt prefabrykowanych. W przyszłości mają być na placu wykonywane nawet roboty szklarskie.

e) **Zaopatrzenie budowy w gazy techniczne.** Na budowie czynna jest własna wytwórnia tlenu i acetyleny. Gazy te rozprowadza się po budowle rurociągami. Para do celów technologicznych wytwórni prefabrykatów betonowych jak i do ogrzewania (nagrzewanie piasku, budynków) wytwarzana jest w kotłach ustawionych na platformach kolejowych. Wydajność kotłów wynosi około 5 t/h, ciśnienie 18 ata.

Wykonawstwo robót montażowych

Dla zobrazowania tempa prac podano w tabeli 1 i 2 harmonogramy montażu kotłów nr 1, 2, 3, 4 i turbozespołów nr 1, 2 i 3.

Jak z tabeli 1 i 2 wynika, czasy montażu urządzeń energetycznych są znacznie krótsze od osiąganych w naszej praktyce. Zaznaczyć należy, że na omawianej budowie wystąpiło wiele trudności, które hamowały przebieg prac. W pierwszym rzędzie brakowało nie-

Tablica 1

Harmonogram montażu kotłów (230 t/h)

Czynności	K o c i o ł			
	1	2	3	4
1. Początek montażu	17. III. 54	5. V. 54	6. VII. 54	1. XII. 54
2. Montaż walczaków	11. IV. 54	26. V. 54	19. VII. 54	12. XII. 54
3. Okres od początku montażu do ustawienia walczaków (dni)	23	12	12	11
4. Początek obmurowywania	21. IV. 54	22. VI. 54	13. IX. 54	17. XII. 54
5. Okres od ustawienia walczaków do początku obmurowywania (dni)	31	42	60	15
6. Próba wodna	8. V. 54	5. VII. 54	17. X. 54	14. I. 55
7. Okres montażu powierzchni ogrzewalnej od ustawienia walczaków (dni)	24	34	78	28
8. Czas trwania obmurowki (dni)	82	47	62	48
9. Ługowanie kotła	26. VIII. 54	14. IX. 54	23. XI. 54	11. II. 55
10. Okres od ługowania do włączenia kotła do sieci parowej (dni)	29	13	15	13
11. Próbné rozpalenie kotła i oddanie do eksploatacji	26. IX. 54	28. IX. 54	9. XII. 54	25. II. 55
12. Okres montażu kotła (dni)	165	126	134	73

Tablica 2

Harmonogram montażu turbin (WK-100)

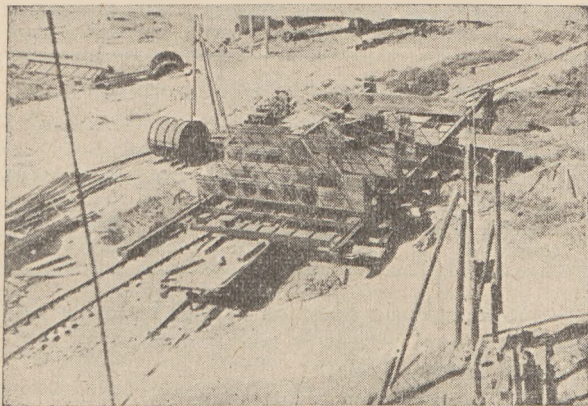
Czynności	T u r b i n a		
	1	2	3
1. Początek montażu	18. V. 54	25. VIII. 54	24. I. 55
2. Zalewanie płyty fundamentowej turbiny	17. VII. 54	27. X. 54	10. III. 55
3. Okres od początku montażu do zalania płyty fundamentowej turbiny (dni)	61	55	39
4. Zamknięcie turbiny	12. II. 54	26. XI. 54	29. III. 55
5. Okres od początku montażu do zamknięcia turbiny (dni)	83	81	56
6. Próbné uruchomienie turbiny	24. IX. 54	5. XII. 54	2. VI. 55
7. Okres od początku montażu do pierwszego uruchomienia (dni)	120	86	
8. Pierwsze obciążenie turbozespołu	26. IX. 54	23. XII. 54	24. VI. 55
9. Pełny okres montażu turbiny (dni)	122	101	129

których urządzeń i materiałów. Również roboty budowlane na tej budowie nie wyprzedzają dostatecznie robót montażowych. W rekordowym czasie, gdyż w ciągu 73 dni zmontowany został kocioł nr 4. Przy montażu turbozespołów najszybciej przebiegały prace nad turbozespołem nr 2, który zmontowano w ciągu 101 dni.

Od czasu rozpoczęcia montażu do oddania do eksploatacji pierwszego turbozespołu 100 MW wraz z dwoma kotłami po 230 t/h upłynęło 6,5 miesiąca. Po 15 miesiącach od rozpoczęcia montażu moc dyspozycyjna elektrowni wynosiła już 300 MW. Ponieważ czwarty turbozespół został uruchomiony w dniu 31. VIII. br., przeto w ciągu niespełna roku uruchomiono turbozespoły o łącznej mocy 400 MW.

Montaż kotła

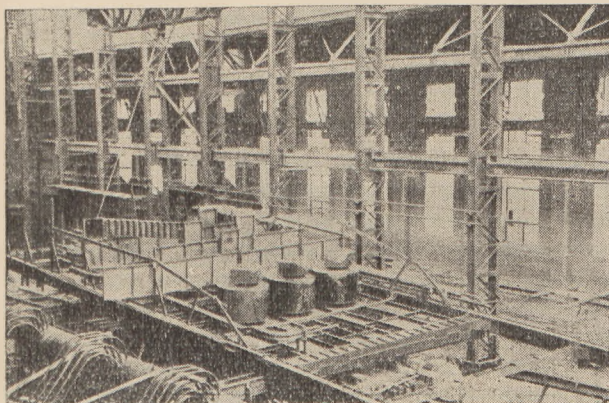
Na skrócenie czasu montażu kotła decydująco wpływa prowadzenie robót systemem blokowym. Na placu montuje się bloki o wadze do 60 t. Kotłownia wyposażona jest w dwie suwnice o nośności po 30 t, umożliwiające ustawianie tych bloków.



Rys. 7. Blok ściany bocznej w trakcie transportu do kotłowni

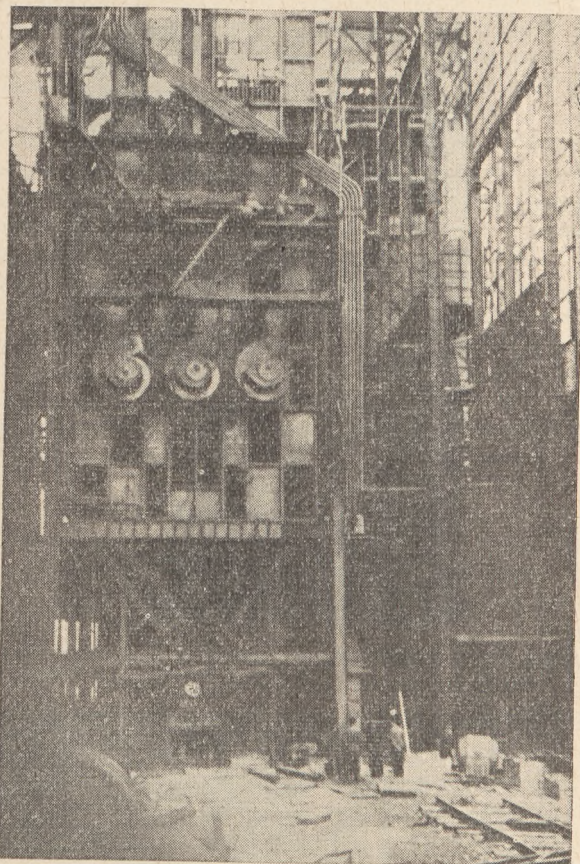
No rys. 7 pokazano blok ściany bocznej, transportowany do kotłowni. Blok ten składa się z konstrukcji nośnej wraz z podestami, schodami i palnikami.

Na rys. 8 przedstawiono blok tej ściany przed ustawieniem w kotłowni na fundamencie. Z rys. 8 widać, że poza elementami pokazanymi na rys. 7 do bloku włączono i rury opadowe. Ciężar bloku wynosi 54,5 t.

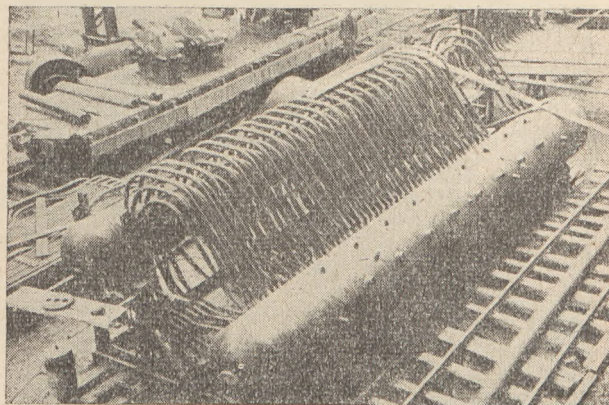


Rys. 8. Blok ściany bocznej kotła przygotowany do ustawienia

Na rys. 9 pokazano blok ściany bocznej w trakcie ustawiania na fundamencie. Widać nim dość wyraźnie zmontowane rury opadowe.



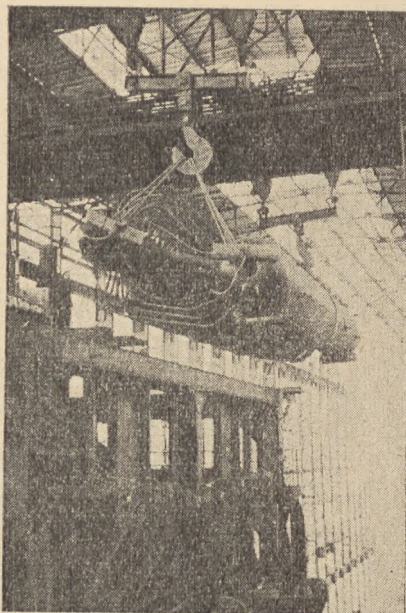
Rys. 9. Blok ściany bocznej kotła w trakcie ustawiania na fundamencie



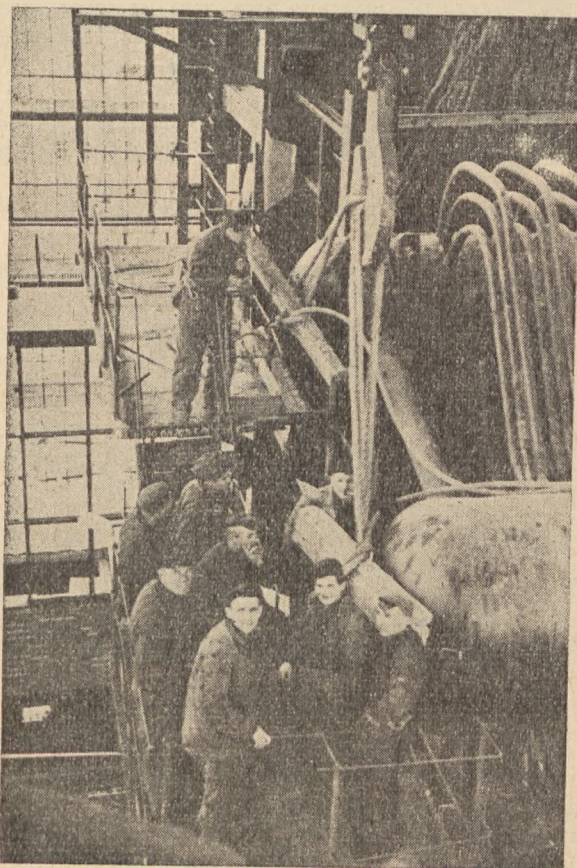
Rys. 10. Bloki walczków wraz rurami łączącymi

Specjalnie ciekawie przedstawia się blok pokazany na rys. 10. Składa się on z obu walczków i rur międzywalczkowych. Rury są zawalcowane. Ciężar bloku wynosi 69 t. Przy podnoszeniu tego bloku suwnice są nieco przeciążone. Pracochłonny i bardzo trudny do wykonania przy dotychczasowych metodach pracy element kotła jest składany na placu montażowym. Daje to dużą oszczędność czasu i robocizny, eliminując jednocześnie jeden z najbardziej trudnych odcinków pracy.

Na rys. 11 przedstawiono ten sam blok w trakcie podnoszenia, a na rys. 12 — po ustawieniu go na właściwym miejscu.



Rys. 11. Transport bloku walczaków wraz z rurami łączącymi za pomocą dwu dźwigów kotłowni



Rys. 12. Ustawianie na konstrukcji nośnej kotłów — bloku walczaków wraz z rurami łączącymi

Również i pewne fragmenty obmurówki kotła wykonywane są na placu montażowym. Na przykład na placu obmurowuje się komorę żuźlową i zimny lej ko-

tła. Duży i mały strop montuje się również w blok i obetonowuje na placu.

W większym stopniu niż u nas zmechanizowany jest transport materiałów do obmurówki kotła już na fundamencie. Masa szamotowa wyrabiana jest w mieszalnikach i transportowana w rurach powietrzem sprężonym (średnica rur 3", ciśnienie powietrza 6 ata). Masę przygotowuje się w pomieszczeniu wentylatorów. Każdy kocioł obsługują dwie windy. Cegłę transportuje się w kontejnerach po 120 sztuk. Dużą oszczędność czasu i robocizny daje centralna wytwórnia gazów technicznych, która jest czynna na budowie podobnie, jak w poprzednio omawianej elektrowni.

W wytwórni gazów można również napełniać gazami butle, używane następnie w miejscach, gdzie nie doprowadzono rurociągów zasilających.

Dzięki takiej organizacji odpadają znaczne koszty i trudności związane z transportem gazów technicznych na budowę oraz na samej budowie. Odpadają również częste u nas postoje spawaczy z powodu braku gazów.

Tablica 3

Rzeczywisty czas pracy na montaż i obmurowanie kotłów

Kocioł	1	2	3	4	5
Liczba roboczo-dni	15150	13670	13730	13260	10960
w tym:					
montaż bloków	2020	1970	1910	1865	1720
obmurze	2200	2070	1980	1950	1591

Wskaźniki nakładu pracy na montaż kotłów w omawianej elektrowni podano w tablicy 3, w której ujęto:

1. montaż samego kotła,
2. montaż młynów wraz z instalacją,
3. montaż wentylatorów wraz z instalacją,
4. wykonanie instalacji do odpylania,
5. wykonanie obmurza,
6. wykonanie odżużlania,
7. próbę parową.

Podane w tablicy 3 wskaźniki odbiegają znacznie od uzyskiwanych u nas i świadczą o dużych rezerwach i możliwościach potaniania naszego budownictwa.

Montaż najbardziej pracochłonnych elementów kotłowni (montaż samego kotła) prowadzony jest na dwie zmiany, przy czym przy wielu robotach pracują brygady kompleksowe. Wykonują one całe elementy (montaż, spawanie itp.), a pracownicy jej w miarę potrzeby pracują na dwie zmiany.

Montaż turbiny

Przy montażu turbiny oraz tam, gdzie to jest możliwe, stosowany jest system składania bloków. Na przykład konstrukcja stalowa pod podesty turbozespołu wykonana jest z 6 ÷ 8 bloków. Rurociągi składane są również w bloki. W blokach ustawia się chłodnice oleju, np. dla turbiny WK-L00 2 bloki po trzy chłodnice, połączone już wszystkimi rurociągami.

Kondensator ustawia się ze zmontowanymi i z jednego końca zawalcowanymi rurkami. Drugi koniec rur zawalcowuje się już po ustawieniu kondensatora na fundamencie.

Przy montażu urządzenia kondensacyjnego zatrudnionych było 5 + 6 brygad, liczących łącznie około 60 pracowników.

Przy montażu samego turbozespołu pracowało około 35 pracowników. Stanowią oni jedną pełną brygadę, pracującą na wspólne zlecenie. Montaż odbywa się na dwie zmiany.

Montaż turbozespołu pochłania łącznie (góra i dół) około 6 000 roboczodni, z czego około 500 roboczodni (12%) przypada na montaż generatora. Liczba ta nie obejmuje montażu konstrukcji stalowej.

Uruchomienie elektrowni

W końcowym etapie montażu urządzeń elektrowni zarządzeniem Ministrów Elektrowni i Budowy Elektrowni zostaje powołana komisja rozruchowa w następującym składzie:

przewodniczący komisji: dyrektor zjednoczenia energetycznego okręgu,

z-ca przewodniczącego — główny inżynier zjednoczenia energetycznego okręgu,

członkowie: dyrektor elektrowni, główny inżynier elektrowni, dyrektor zjednoczenia budowy elektrowni, kierownik budowy, kierownicy „Elektromontażu“ i „Elektrobudowy“.

Komisja w tym składzie zatwierdza schemat technicznego minimum rozruchowego i decyduje o gotowości urządzenia do rozpoczęcia ciągłej, próbnej pracy (72-godzinnej pracy) oraz o przyjęciu urządzenia do eksploatacji wstępnej. Komisja wyznacza ponadto technicznego kierownika rozruchu. Jest nim z reguły główny inżynier elektrowni. Zastępcą kierownika technicznego rozruchu jest odpowiedzialny pracownik wyznaczony przez generalnego wykonawcę.

Szczegółowy program rozruchu elektrowni ustala główny inżynier elektrowni. Wszystkie czynności rozruchu wykonuje personel eksploatacyjny elektrowni, który całkowicie odpowiada za układ i warunki pracy

oraz za wykonywane czynności, zgodnie z obowiązującymi przepisami i instrukcjami. Wszelkie dostrzeżone usterki usuwa personel wykonawczy.

W czasie rozruchu nadzorują urządzenia odpowiedni przedstawiciele przedsiębiorstw montażowych, którzy dysponują wszystkimi urządzeniami do chwili przekazania ich do wstępnej eksploatacji; nie tworzą oni specjalnych brygad rozruchowych.

Roboty elektryczne są sprawdzane przez Orgress. Prace z tym związane są finansowane z funduszu eksploatacyjnego. Podobnie z funduszu eksploatacyjnego opłacane są wszystkie koszty rozruchu. Koszty te musi elektrownia spłacić z dochodów w ciągu dwu lat.

Ten system finansowania rozruchu — w porównaniu ze stosowanym u nas — daje poważne oszczędności; poza tym umożliwia personelowi eksploatacyjnemu znacznie wcześniejsze i dokładniejsze zapoznanie się z urządzeniami. Wymaga to jednak od personelu eksploatacyjnego wstępnego przygotowania do prowadzenia ruchu i wysokich kwalifikacji kierownictwa.

Wnioski

Porównując organizację i poziom wykonawstwa na omawianych budowach i u nas stwierdzić należy, że stan budownictwa elektrowni w Polsce pozostaje jeszcze daleko w tyle. Poważne usprawnienie pracy i duże oszczędności uzyskać można przez lepszą organizację tak służb inwestycyjnych jak i wykonawstwa.

Szczególnie duże rezerwy kryje w sobie wykonawstwo. Dotychczasowy jego poziom, a przede wszystkim poziom organizacji i stopień mechanizacji robót uznać należy za niezadawalający i stwarzający poważne trudności dla realizacji znacznie zwiększonych w stosunku do obecnych zadań Planu 5-letniego. Opracowanie i zrealizowanie takiego programu usprawnień, które pozwolą na szybkie usunięcie naszego zacofania na tym odcinku, jest sprawą wielkiej doniosłości dla gospodarki narodowej.

621.311.17

Walka o zwiększenie ekonomii w budownictwie elektrowni — nakazem chwili

Inż. Wacław Fiszer

Treść. Dotychczasowe osiągnięcia w budownictwie elektrowni ciepłych. Zadania bieżącej chwili: budować szybko, dobrze i tanio; związek między tymi czynnikami. Zagadnienie skrócenia cyklu budowy elektrowni ciepłych. Korzyści budowy jednoetapowej.

Wstęp. Dotychczasowe osiągnięcia w budownictwie elektrowni

Aby zrozumieć wielki wysiłek i postęp, dokonany w minionym dziesięcioleciu Polski Ludowej w budownictwie elektrowni, trzeba sięgnąć pamięcią wstecz do sytuacji w Polsce sprzed września 1939 r. Wiadomo, że w ówczesnym okresie kapitalizm w dużej mierze zagraniczny, dominował również w tej, tak ważnej gałęzi gospodarki narodowej, jaką jest energetyka. Nie istniały polskie biura projektowania elektrowni. Dokumentację techniczną wykonywali z reguły zagraniczni dostawcy urządzeń. Wszystkie turbozespoły oraz prawie wszystkie kotły były importowane.

Urządzenia elektrowni były montowane przez monterów zagranicznych, gdyż nie istniały w kraju specjalne przedsiębiorstwa montażu elektrowni. Zależność gospodarki energetycznej kraju od kapitału zagranicznego pogłębiała się coraz bardziej, tworząc linię rozwojową interesów tegoż kapitału.

Radykalna zmiana stosunków gospodarczo-społecznych w Polsce Ludowej stworzyła dopiero podstawy do powstania i rozwoju krajowego budownictwa energetycznego. Całą gospodarkę krajową energetyką zawodową przejęła scentralizowana jednostka państwowa, która — przechodząc kolejne fazy organizacyjne — rozwinęła się na początku Planu 6-letniego

w resort energetyki o dużych uprawnieniach i szerokim zakresie działania. Resort energetyki spełnia między innymi rolę inwestora w budownictwie elektrowni zawodowych w kraju. W ramach resortu energetyki powstały i rozwinęły się również specjalne biura projektowania elektrowni ciepłych oraz specjalne przedsiębiorstwa montażu urządzeń elektrowni: jedne zdolne obecnie opracować kompletną dokumentację techniczną, drugie — przeprowadzać całkowicie samodzielnie budowę i montaż najbardziej nowoczesnych elektrowni i elektrociepłowni. Zadanie nie było łatwe. Trzeba było stworzyć od nowa duże biura projektowe i duże przedsiębiorstwa budowlano-montażowe; trzeba było przyswoić sobie nowoczesne rozwiązania techniczne oraz nowoczesne metody montażu, zapoznać się z konstrukcją nowoczesnych urządzeń i opłacać ich montaż, w szczególności zaś montaż blokowy wielkich kotłów oraz spawanie i obróbkę termiczną rurociągów ze stali stopowych.

Na początku bieżącego roku została przeprowadzona poważna reorganizacja w zakresie przedsiębiorstw budowlano-montażowych elektrowni, zmierzająca do usprawnienia budowy elektrowni. Znajdujące się dotychczas w różnych resortach przedsiębiorstwa budowlane (resort budownictwa przemysłowego) oraz przedsiębiorstwa montażowe (resort energetyki) scentralizowane zostały w ramach jednego Centralnego Zarządu Budowy Elektrowni. Utworzona została w ten sposób wielka jednostka organizacyjna, składająca się z kilkunastu dużych przedsiębiorstw budowlanych i montażowych, zatrudniająca kilkanaście tysięcy pracowników. Prezydium Rządu postanowiło włączyć Centralny Zarząd Budowy Elektrowni do resortu budownictwa przemysłowego. W ten sposób w obecnym zakresie zagadnień budowy elektrowni inwestor oraz biura projektowania znajdują się w resorcie energetyki, przedsiębiorstwa budowlano-montażowe zaś w resorcie budownictwa przemysłowego. Obecnie można powiedzieć, że zagadnienie budowy nowoczesnych elektrowni w kraju zostało w zasadzie opanowane. Należy jednak stwierdzić równocześnie, że budujemy elektrownie bardzo drogo i bardzo długo. Zasadniczymi przyczynami tego stanu rzeczy są:

a) nieekonomiczne rozwiązania techniczne, uwzględniające częstokroć nieodpowiednie urządzenia oraz przewidujące zbędne rezerwy;

b) opieszałość inwestorów w zakresie zaopatrzenia budów w dokumentację techniczną i urządzenia;

c) zła często jakość dostarczanych na budowę urządzeń i materiałów;

d) niedbałość wykonawców budów, wyrażająca się w pierwszym rzędzie prowadzeniem budowy bez zaprojektowania organizacji budowy lub niezgodnie z nią, budowaniem za pomocą metod przestarzałych przy notorycznym braku na budowach sprzętu budowlano-montażowego, materiałów oraz kadr wykwalifikowanych. Wskutek tego przedłużają się nadmiernie poszczególne fazy cyklu inwestycyjnego (przygotowanie dokumentacji technicznej, roboty budowlane, montaż urządzeń i rozruch instalacji), powstają znaczne dodatkowe koszty na utrzymywanie nadmiernie długo administracji inwestora i wykonawcy, przeróbki urządzeń dostarczonych bez właściwego odbioru technicznego u dostawcy lub urządzeń źle zmontowanych,

z przestojami brygad wskutek braku dokumentacji, urządzeń i materiałów itp.

Zadania bieżącej chwili: budować szybko, dobrze i tanio. Związek między tymi czynnikami

Zadania postawione przez Rząd i Partię: osiągnięcie znacznej poprawy bytu ludności — wymagają przeznaczenia większej niż dotychczas części dochodu narodowego na bezpośrednie potrzeby ludności. Wynikające stąd ograniczenie nakładów inwestycyjnych nie może jednak zmniejszyć tempa rozbudowy przemysłu krajowego, będącego zapleczem i podstawą do dalszej poprawy bytu ludności. Stąd wynika w gospodarce socjalistycznej konieczność ciągłego i znacznego obniżania kosztów budownictwa.

Na podstawie krajowej praktyki inwestycyjnej można stwierdzić bezspornie, że chcąc obniżyć koszty budowy należy ją prowadzić szybko i bez usterek. Badając zagadnienie dalej można ustalić następujące podstawowe zasady ekonomicznego budownictwa elektrowni:

1. Budowę należy rozpoczynać dopiero po opracowaniu ogólnego projektu technicznego oraz techniczno-robotowego projektu organizacji budowy.

2. W pierwszej fazie budowy należy stosownie do potrzeb wykonawców w pełni zagospodarować plac budowy, a przede wszystkim wykonać niwelację i drogi, elektryczną instalację dla światła i siły, doprowadzić wodę, wybudować magazyny i składy z odpowiednio zmechanizowanym transportem materiałów o masowym zapotrzebowaniu (żwir, cement i piasek), zorganizować laboratorium do badania betonu, centralne betoniarnie, centralne stacje tlenu i acetyleny, pomieszczenia dla pracowników itp.

3. Należy w możliwie jak największym stopniu zmechanizować wyładunek i załadunek oraz transport poziomy i pionowy materiałów oraz urządzeń zarówno dla robót budowlanych jak i montażowych, aby do minimum ograniczyć bezpośrednią, ciężką fizyczną pracę ludzką.

4. Należy wprowadzić montaż blokowy budynków i urządzeń w możliwie największych elementach, w szczególności konstrukcji stalowych, prefabrykatów konstrukcji i wypełnień oraz kotłów i rurociągów.

5. Należy zamawiać urządzenia o wypróbowanej jakości oraz wprowadzić systematyczne odbiory techniczne urządzeń u dostawców.

6. Należy rozwinąć jak najprędzej samowystarczalną produkcję urządzeń energetycznych w kraju, co ujednolici dostawy, ułatwi projektowanie oraz umożliwi stałe podnoszenie jakości urządzeń.

7. Należy wzmocnić etapową kontrolę techniczną robót budowlanych i montażu wykonywanego na budowie.

8. Należy kształtować odpowiednio cykl budowy, unikając rozdzielenia jej na etapy oraz stwarzając możliwie równomierną ciągłość prac dla wykonawców budowlanych i montażowych.

Każda z powyższych wytycznych ujmuje w obecnych warunkach bardzo poważne zamierzenia i wymaga ścisłego współdziałania inwestora, projektanta, wykonawcy, krajowego przemysłu wytwórczego oraz państwowych jednostek zaopatrzenia.

Panuje przekonanie nawet wśród wysokokwalifikowanych techników, że warunki „dobrze i tanio“ oraz „szybko“ są sprzeczne, inaczej mówiąc, że budowa prowadzona dobrze i tanio musi trwać dłużej. Należy z całym naciskiem stwierdzić, że tego rodzaju doktryna jest z gruntu fałszywa. Jeżeli dzisiaj na budowach stwierdza się często zużycie cementu, przekraczające znacznie ustalone normy, to przecież przyczyną tego nie jest chęć przyspieszenia budowy, lecz niewłaściwa jakość pospółki zużywanej do betonu oraz nienormowane dozowanie wody, kruszywa i cementu w betoniarniach, wskutek czego wytwarzany beton jest płynny zamiast plastyczny. Dążenie do prowadzenia robót za wszelką cenę — w danym przypadku bez właściwej jakości pospółki i właściwie wyposażonych betoniarni, powstające być może w zakresie danej budowy z chęci przyspieszenia robót powoduje w rezultacie niedobór cementu nawet w skali ogólnokrajowej, hamuje szereg innych budów oraz podraża budowę. Błędny pośpiech rozpoczynania budowy bez właściwie wyposażonych laboratoriów betonu nie sprzyja jakości robót i oszczędności materiałów zwłaszcza przy chronicznym braku niezbędnej ilości wibratorów, wskutek czego zatrzymuje się w dalszych fazach budowy wykonawstwo cienkościennych elementów betonowych.

Utrwaliła się niestety tendencja wchodzenia na plac budowy bez właściwie przygotowanej dokumentacji, bez pełnego projektu organizacji robót, bez zagospodarowania placu budowy oraz bez przygotowania właściwego sprzętu. Tendencja taka wynika z chęci przyspieszenia budowy (która okazuje się w trakcie prowadzenia budowy iluzją). Tendencja taka jednak wynika jednocześnie z niezdrowej tradycji zachowania starego porządku — w którym tania siła robocza nie uzasadniała potrzeby mechanizacji budowy. Przykro jest stwierdzić, że dziś tylko nieliczni kierownicy budów należycie pojmują znaczenie i korzyści zorganizowanego prowadzenia budowy przy wykorzystaniu właściwego sprzętu. Należy też zaznaczyć, że wykonawcy, którzy nie chcą się pogodzić z istniejącym stanem rzeczy, natrafiają na duże trudności w zaopatrzeniu budowy w techniczno-roboczy projekt organizacji robót oraz w najskromniejszy nawet sprzęt lub urządzenia do mechanizacji robót i transportu, jak np. estakady do automatycznego wyładunku żwiru, piasku i cementu z wagonów samowyładowczych, sita do sortowania żwiru, transportery dla materiałów sypkich, zautomatyzowane betoniarnie, pompy do podawania betonu na stanowiska robocze, wibratory, centralne wytwórnie tlenu i acetyleny, dźwigi o dużej nośności i dużym wysięgu itp.

Budowa prowadzona w takich warunkach przedłuża się nadmiernie, a powstające na budowie przestoje demoralizują załogę. Brak jest również przesłanek na takiej budowie dla realizacji jakiegokolwiek postępu technicznego. W rezultacie budowa prowadzona jest bardzo wolno, źle i bardzo drogo. Chcąc zdać sobie sprawę z wielkości nakładów inwestycyjnych, marnowanych przy tym poziomie wykonawstwa należy sobie uświadomić, że koszt robót budowlano-montażowych elektrowni o mocy 300 MW wynosi przy obecnym wykonawstwie 50 % kosztu ogólnego, tj. około 460 milionów zł (w tym roboty budowlane około 275 milio-

Tablica 1
Typowe zestawienie kosztów budowy elektrowni 300 MW z jednostkami 50 MW. 230 t/h — z rozbiorem na pozycje kosztorysu generalnego
Koszty w tysiącach zł

Nazwa pozycji kosztu	Razem																
Nr grupy kosztorysu generalnego	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Dokumentacja Nadzór i odbiory techniczne Urządzenia Roboty budowlane Roboty montażowe	30 600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30 600
	—	—	21 400	153 900	31 000	12 800	139 700	31 300	11 400	—	—	—	—	—	18 200	—	18 200
	—	—	22 300	88 700	56 900	4 300	23 300	16 800	27 400	—	—	—	2 000	—	—	1 100	425 700
	—	4 000	7 300	86 900	7 100	25 700	23 200	31 500	—	—	1 500	1 900	4 400	2 000	—	20 000	273 500
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 700	—	—	183 400
Razem	30 600	4 000	51 000	329 500	95 000	42 800	186 200	79 600	38 800	21 100	1 500	1 900	6 400	3 700	18 200	21 100	931 400

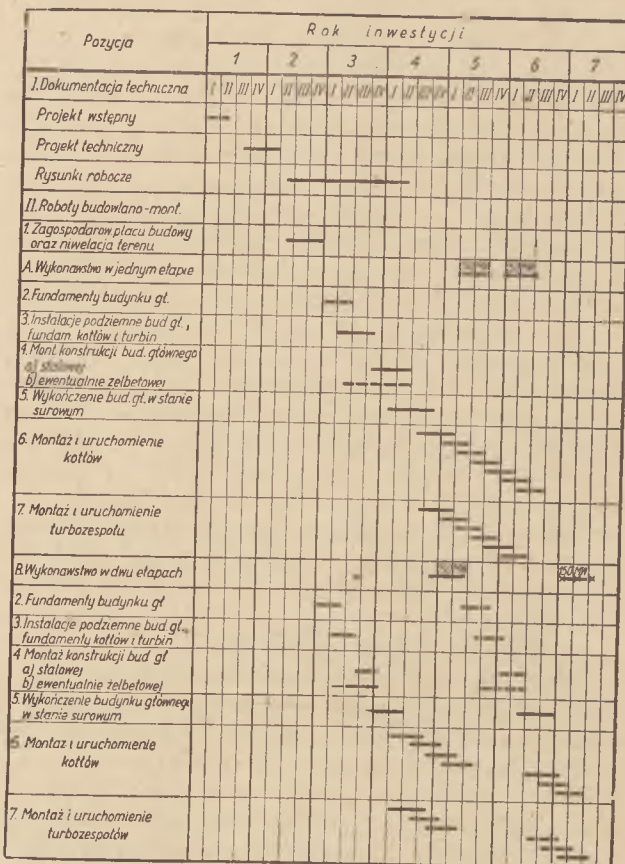
nów zł — tablica 1). Same tylko koszty wyładunku i transportu materiałów budowlanych osiągają przy obecnym sposobie ich realizacji do 20 % wartości robót budowlanych, tj. do 55 milionów zł. Ogólne oszczędności, dające się osiągnąć przy budowie takiej elektrowni przez zmechanizowanie wyładunku, transportu poziomego i pionowego, likwidację marnotrawstwa materiałów itp. można ocenić na co najmniej 50 milionów zł.

Zagadnienie skrócenia cyklu budowy elektrowni ciepłych

W naszym budownictwie elektrowni rozpowszechnił się na ogół system budowy w kilku etapach. O systemie budowy elektrowni w jednym czy w paru etapach zapada decyzja już na początku inwestycji i inwestor odpowiednio ustala opracowanie dokumentacji technicznej, zamawia podstawowe urządzenia oraz układa roczne plany inwestycyjne. Taka decyzja ciąży już na całości wykonawstwa inwestycji i zmiana jej w dalszych fazach w zasadzie nie jest możliwa.

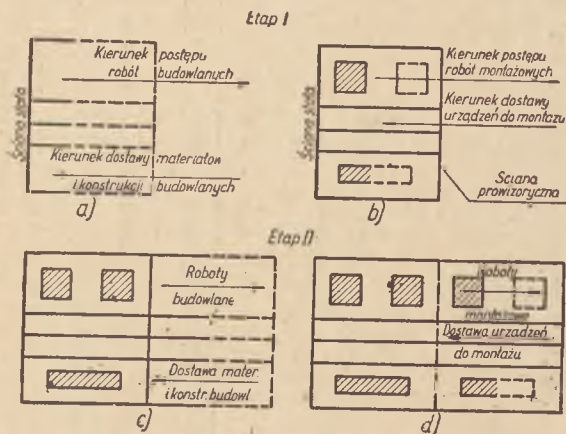
Przeanalizujemy pokrótce początkowe fazy cyklu inwestycyjnego. Inwestor przygotowuje dokumentację techniczną w fazie założeń projektu i projektu wstępnego dla całego obiektu. Następnie ustala budowę w dwu np. etapach i zamawia urządzenia podstawowe (kompletne kotły i turbozespoły) z terminami dostawy dla etapu I, np. za półtora roku, dla etapu II za trzy lata i żąda od dostawcy danych wyjściowych do projektowania. Dostawca daje te dane dla urządzeń pierwszego etapu, których program produkcyjny jest bliski, odmawia ich natomiast zwykle dla urządzeń etapu II, gdyż nie jest pewny, czy w późniejszym okresie nie wprowadzi zmian lub ulepszeń w konstrukcji, wpływających na dokumentację techniczną. Zmiany te zazwyczaj nie są tak duże, aby nie można było od razu budować całego budynku głównego, często jednak wpływają na dokumentację techniczną roboczą fundamentów pod urządzenia (kotły, turbozespoły, młyny, pompy itp.) oraz instalacji podziemnych budynku głównego. W rezultacie projekt techniczny i rysunki robocze wykonuje się najpierw dla pierwszego etapu budowy, co w konsekwencji stwarza możliwość wykonania instalacji podziemnych w budynku głównym tylko w zakresie etapu I. Można więc: przy budowie w kilku etapach wykonać albo

budynek główny w całości, instalacje podziemne zaś tylko w zakresie etapu I albo — co częściej się zdarza — zarówno budynek główny jak i instalacje podziemne tylko w zakresie etapu I.



Rys. 2. Harmonogram budowy elektrowni 300 MW w jednym oraz w dwu etapach

Przy wykonywaniu inwestycji elektrowni w dwóch etapach roboty budowlane etapu II, ze względu na kotłownię, można rozpocząć dopiero po zakończeniu zasadniczych robót montażowych etapu I, budowa bowiem budynku głównego i montaż urządzeń rozpoczyna się od tzw. ściany stałej, urządzenia zaś do montażu podawane są z bazy montażowej od strony „rozwojowej” budynku głównego (rys. 1). Z rysunku tego wynika, że w etapie I po wykonaniu robót budowlanych budynku głównego (rys. 1a) prowadzi się montaż urządzeń od ściany stałej w kierunku rozwoju budynku. Kierunek dostawy urządzeń do montażu z bazy magazynowej lub pola montażu bloków jest przeciwny do kierunku postępu robót montażowych (rys. 1b). Dlatego roboty budowlane etapu II można rozpocząć dopiero po zakończeniu zasadniczych robót montażowych etapu I (rys. 1c). W rezultacie między zakończeniem montażu ostatniej jednostki etapu I oraz uruchomieniem pierwszej jednostki etapu II następuje dość duża przerwa (około półtora roku). Na rys. 2 przedstawiono harmonogram budowy elektrowni o mocy 300 MW wyposażonej w 6 turbozespoły po 50 MW oraz w 7 kotłów po 230 t/h w jednym oraz w dwu etapach. Przy budowie w jednym etapie przyjęto, że wykonuje się od razu w całości:



Rys. 1. Kolejność i kierunek postępu robót budowlano-remontowych przy budowie w dwu etapach

- a) dokumentację techniczną,
- b) fundamenty budynku głównego,
- c) instalacje podziemne,
- d) część nadziemną budynku głównego.

Przedstawiony harmonogram budowy porównany został z wytycznymi harmonogramów według dokumentacji radzieckiej i zawiera w stosunku do nich pewne rezerwy czasowe. Harmonogram ten przewidywa jednak znaczne skrócenie czasu budowy elek-

trowni w stosunku do dotychczasowego wykonawstwa w kraju.

Z harmonogramu wynika, że od momentu wejścia na plac budowy po upływie 1½ roku od zatwierdzenia założeń projektu), po zatwierdzeniu projektu technicznego przy budowie w jednym etapie całą moc elektrowni oddaje się do użytku w trzecim i w czwartym roku budowy, uruchamiając co trzy miesiące jeden blok 50 MW (tj. całą moc elektrowni w ciągu

Rozdział nakładów inwestycyjnych elektrowni 300 MW na lata budowy
w milionach zł

Tablica 2

Nr i nazwa pozycji kosztu	Rodzaj kosztu	Rok inwestycji					
		1	2	3	4	5	6
1. Prace projektowe i badawcze	d	8,000	8,500	7,000	4,000	2,500	0,600
2. Prace przygotowawcze	rb	—	2,000	1,500	0,500	—	—
3. Nawęglanie	u	—	—	—	12,000	8,000	1,400
	rb	—	—	7,000	12,000	3,300	—
	rm	—	—	—	2,000	4,000	1,300
4. Kotłownia	u	—	—	—	36,000	80,000	37,900
	rb	—	1,500	15,200	60 000	8,000	4,00
	rm	—	—	—	21,000	44,000	21,900
5. Woda przemysłowa	u	—	—	—	20 000	7,000	4,000
	rb	—	—	16,000	30,000	9,000	1,900
	rm	—	—	—	4,000	2,000	1,100
6. Rurociągi	u	—	—	—	7,800	4,000	1,000
	rb	—	—	—	2 000	2,000	0,300
	rm	—	—	—	11,000	9,000	5,700
7. Maszynownia	u	—	—	—	45 000	70,000	24,700
	rb	—	1,000	5,000	12,000	3,300	2,000
	rm	—	—	—	5,200	13,000	5,000
8. Transformatory i rozdzielnie	u	—	—	—	15,000	14,000	2,300
	rb	—	—	3,000	8,000	4,000	1,800
	rm	—	—	—	12,000	14,000	5,500
9. Obiekty pomocnicze	u	—	—	2,000	4,000	4,400	1,000
	rb	—	5,000	14,000	6,000	2,000	0,400
10. Transport i łączność	u	—	0,500	5,000	10,000	5,000	0,600
11. Zewn. połączenia i doprowadzenia	rb	—	0,300	0,600	0,600	—	—
12. Uporządkowanie placu	rb	—	—	0,200	0,500	0,500	0,700
13. Potrzeby bytowe i kulturalne	u	—	—	0,500	0,500	0,500	0,500
	rb	—	0,500	1,000	2,000	0,500	0,400
14. Roboty specjalne i koszty niesprecyzowane	rb	—	—	0,400	1,000	0,400	0,200
	rm	—	—	—	0,800	0,700	0,200
15. Koszty nadzoru i odbioru technicznego	n	—	1,200	4,000	4,000	5,000	4,000
16. Prowizoryczne budownictwo i wyposażenie wykonawstwa	u	—	0,400	0,300	0,300	0,100	—
	rb	—	10,000	8,000	1,000	1,000	—
Razem	d	8,000	8,500	7,000	4,000	2,500	0,600
	n	—	1,200	4,000	4,000	5,000	4,000
	u	—	0,900	7,800	150,600	193,000	73,400
	rb	—	20,300	71,900	135,600	34,000	11,700
	rm	—	—	—	56,000	86,700	40,700
Ogółem		8,000	30,900	90,700	350,200	321,200	130,400

d — dokumentacja; n — nadzór i odbiory techniczne; u — urządzenia;
rb — roboty budowlane; rm — roboty montażowe

15 miesięcy). Cykl budowy całej elektrowni, tj. od momentu wejścia na plac budowy do momentu przekazania do eksploatacji ostatniego turbozespołu trwa przy tym systemie wykonawstwa 4 lata i 1 miesiąc. Przy budowie w dwóch etapach pierwszą jednostkę oddaje się do ruchu o 4 miesiące wcześniej, jednak cała budowa, tj. przekazanie do eksploatacji ostatniego turbozespołu przedłuża się o 13 miesięcy, trwa zatem 5 lat i 2 miesiące. Moce oddawane są do użytku w dwóch grupach po 150 MW: pierwsza część w trzecim roku budowy, druga część dopiero w piątym roku budowy. Dwudziestomiesięczną przerwę w oddawaniu mocy do użytku powoduje opóźnione wykonawstwo drugiego etapu budynku głównego. Istnieją również pośrednie przypadki wykonawstwa w dwóch etapach, np. wykonanie fundamentów budynku głównego i konstrukcji budynku głównego w jednym etapie, instalacji podziemnych natomiast w dwu etapach. W tych przypadkach spóźnione uruchomienie całej elektrowni w stosunku do budowy w jednym etapie jest nieco mniejsze.

Opierając się na harmonogramie z rys. 2 przy wykonawstwie w jednym etapie, rozdzielono nakłady inwestycyjne na lata realizacji inwestycji według ich rodzaju (tablica 2), a następnie wyprowadzono procentowy rozdział nakładów na lata budowy w podziale na zasadnicze grupy (tablica 3). Z nakładów podanych w tablicy 2 można obliczyć liczbę pracowników zatrudnionych na budowie, przyjmując średnią wydajność roczna na robotnika:

- dla robót budowlanych 48 500 zł,
- dla robót montażowych według tablicy 4.

Tablica 3
Procentowy rozdział kosztów elektrowni na lata budowy

Pozycja	Rok inwestycji					
	1	2	3	4	5	6
		o			xxxx	xx
Procentowy podział kosztów ogółem	0,8	3,3	9,7	37,7	34,5	14,0
w tym:						
urządzenia	—	0,2	1,8	35,4	45,4	17,2
roboty budowlane	—	7,4	26,3	49,6	12,4	4,3
roboty montażowe	—	—	—	30,6	47,3	22,1

o — wejście na plac budowy; x — uruchomienie turbozespołu 50 MW

Tablica 4
Wydajności roczne dla poszczególnych grup robót montażowych elektrowni

Asortyment	Wydajność roczna	Udział w montażu	Wydajność składowa
	zł	%	zł
Montaż ciepłno-mechaniczny	56 000	68	38 000
Montaż elektryczny	75 200	16	12 000
Aparatura pomiarowa	100 000	4	4 000
Izolacja i obmurówka	82 500	12	10 000
Razem	—	100	64 000

Obliczoną średnią roczną ilość robotników na budowie w kolejnych jej latach zestawiono w tablicy 5.

Tablica 5
Średnia roczna liczba robotników zatrudnionych na budowie elektrowni w kolejnych latach inwestycji

Rodzaj robót	Rok inwestycji					
	1	2	3	4	5	6
		o			xxxx	xx
budowlane	—	420	1 480	2 800	700	240
montażowe	—	—	—	880	1 370	640
Razem	—	420	1 480	3 680	2 070	880

Oznaczenia jak w tablicy 3

Korzyści budowy w jednym etapie

Pomimo korzyści wynikających z przyspieszonego uruchomienia pierwszych jednostek przy budowie w dwóch etapach należy ją uznać jako znacznie gorszą od budowy w jednym etapie. Budowa w jednym etapie przedstawia następujące zasadnicze korzyści.

1. Stwarza dogodne warunki dla przedsiębiorstw budowlanych i montażowych, umożliwiając im ciągłą i dość równomierną pracę. Wykonawstwo w kilku etapach powoduje zmienny potencjał produkcyjny przedsiębiorstw budowlanych i montażowych, zmusza je do schodzenia z placu budowy lub do znacznego ograniczania potencjału po pierwszym etapie i ponownego rozwijania go na placu dla prac następnego etapu.

2. Pozwala na znaczne skrócenie czasu budowy elektrowni.

3. Daje duże oszczędności w nakładach inwestycyjnych wskutek ciągłości pracy przedsiębiorstw budowlano-montażowych i unikania kosztownych prowizoriów, koniecznych przy budowie w kilku etapach oraz stworzenia warunków do szybkościowego, ekonomicznego wykonawstwa itp. W szczególności podkreślić należy powstające korzystne warunki wykonania całości instalacji podziemnych nowoczesnym, zmechanizowanym systemem, za pomocą mostu przesuwanego. Most taki przesuwany na szynach ułożonych wzdłuż wykonanych poprzednio fundamentów budynku głównego. Na moście porusza się dźwig z czerpakiem, wykonujący bardziej precyzyjne roboty ziemne dla instalacji podziemnych. Na most wjeżdżają równocześnie samochody ciężarowe z materiałami do wykonania wszystkich fundamentów pod urządzenia oraz kanałów w obrębie całego budynku głównego.

4. Stwarza duże korzyści w projektowaniu, umożliwiając tańsze wykonanie dokumentacji oraz jednolite rozwiązania. Budowa elektrowni w jednym etapie leży więc w interesie inwestora, projektanta i wykonawcy. Jedynym uzasadnieniem, przemawiającym za rozłożeniem budowy na etapy, byłaby niemożność wykorzystania na przestrzeni krótkiego okresu czasu całej mocy elektrowni przez system. Po rozważeniu konkretnych projektów budów elektrowni, przewidzianych w następnych latach stwierdzić należy, że przypadki takie są sporadyczne, budowa zatem w jednym etapie powinna być przyjęta jako zasadnicze rozwiązanie dla przyszłych inwestycji energetycznych w kraju.

Ujęcie turbozespołów w analizie pracy elektrowni

Inż. Bogusław Tittenbrun

W analizie pracy elektrowni do najważniejszych czynności należy rozbić całkowitego zużycia ciepła lub paliwa na poszczególne zespoły albo grupy zespołów o jednakowych charakterystykach. W elektrowni mającej pewną liczbę kotłów o jednakowej wydajności i na te same parametry pary oraz pewną liczbę identycznych turbin, zagadnienie to nie istnieje. W warunkach krajowych jednak tego rodzaju dobór urządzeń zdarza się rzadko i w praktyce właściwie ogranicza się do nowych zakładów. W elektrowniach starszych nawet pod względem jakości jednostek produkcyjnych zbudowanych w sposób jednolity już po kilku latach eksploatacji występować mogą pewne różnice w sprawnościach poszczególnych kotłów i turbin.

W elektrowniach budowanych w kilku etapach rozpiętość wskaźników charakteryzujących pracę poszczególnych jednostek może być bardzo duża. Średnia sprawność wykazana w sprawozdawczości takiej elektrowni jest liczbą mało mówiącą. Jeżeli porówna się wskaźniki jej miesięcznych sprawności, to okaże się, że niektórych z nich bez dokładnej znajomości czasu pracy i produkcji poszczególnych jednostek nie będzie można wytłumaczyć. Znajac natomiast jednostkowe zużycie ciepła poszczególnych grup urządzeń $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ kcal/kWh i produkcję energii przez te grupy $A_1, A_2, A_3 \dots A_n$ kWh obliczymy ogólne zużycie ciepła Q przez elektrownię za dany okres sprawozdawczy za pomocą następującego prostego równania:

$$A_1 \cdot q_1 + A_2 \cdot q_2 + A_3 \cdot q_3 + \dots + A_n \cdot q_n = Q$$

Równanie to jest jednak proste tylko pozornie. Urządzeniem bezpośrednio produkującym energię elektryczną jest zespół turbina-generator, którego charakterystyka i średnie jednostkowe zużycie pary może być dokładnie znane. Turbina zasilana jest jednak parą wytwarzaną przez grupę kotłów o różnych charakterystykach, pracujących na kilka turbin lub też wydzielonych dla niektórych z nich. Para może dopływać do turbiny z kotłów wyższego ciśnienia przez reduktor, turbinę czołową albo upust turbiny wysokoprężnej itp. Teoretycznie możliwa liczba odmiennych układów zasilania turbiny jest duża. Ponieważ ponadto w ciągu okresu, jaki pragniemy zanalizować, np. w ciągu miesiąca, zmieniane są zwykle układy zasilania, więc chcąc sprowadzić analizę do podanego prostego wzoru trzeba posługiwać się pewnymi średniówkami. Szczególnie skomplikowana jest analiza pracy elektrowni o dwóch lub więcej ciśnieniach roboczych, jeżeli kolektory poszczególnych ciśnień powiązane są między sobą przez turbiny czołowe. Duże znaczenie w analizie ma wówczas poprawne zaszeregowanie strumieni ciepła, płynących przez turbiny czołowe. Sprawa ta bywa często decydowana niewłaściwie, co wypacza obraz energetycznej gospodarki elektrowni. Zachodzić bowiem może wątpliwość, do której części elektrowni — wysokoprężnej czy niskoprężnej — zaliczyć należy produkcję i zużycie ciepła

turbozespołu czołowego. Możliwe są tu następujące rozwiązania:

1. Całą ilość pary i odpowiadające jej ciepło zalicza się do zużycia niskoprężnej części elektrowni. Produkcję turbozespołu czołowego zalicza się do produkcji części wysokoprężnej.

Rozwiązanie to na pierwszy rzut oka wydaje się słuszne, gdyż para przepływająca przez turbinę czołową zużywana jest w części niskoprężnej, sama zaś turbina jest niewątpliwie maszyną wysokoprężną. Jednakże obliczenie według tej metody w niektórych wypadkach daje dla części wysokoprężnej wskaźnik jednostkowego zużycia niższy nawet, niż uzyskiwany przez najlepsze maszyny kondensacyjne o tych samych lub wyższych parametrach pary dołotowej, pracujące w najlepszych warunkach, eksploatacyjnych. Sposób ten zniekształca więc wskaźniki części wysokoprężnej, co może prowadzić do błędnych wniosków i niewłaściwego planowania produkcji.

2. Zarówno ciepło zużywane przez turbozespół czołowy jak i jego produkcję zalicza się do niskoprężnej części elektrowni.

Przy tym sposobie uzyskuje się poprawne wskaźniki dla części wysokoprężnej elektrowni, wskaźniki natomiast części niskoprężnej są zniekształcone. Ponieważ na ogół wskaźniki części wysokoprężnej są ważniejsze, gdyż odnoszą się zwykle do większej mocy i odgrywają poważniejszą rolę przy planowaniu, przeto sposób ten można uznać za lepszy od poprzedniego.

3. Część ciepła idąca na pokrycie strat turbozespołu czołowego dolicza się do produkcji wysokoprężnej. Pozostałe ciepło pary przepływającej przez turbinę obciąża część niskoprężną; produkcję turbozespołu czołowego dolicza się do produkcji wysokoprężnej części elektrowni.

Sposób ten poprawia częściowo dokładność obliczeń, ale również nie daje wyników całkiem poprawnych. Wskaźniki części wysokoprężnej są tu również sztucznie polepszone, choć w mniejszym stopniu, niż przy sposobie 1. Jest to spowodowane tym, że do zużycia turbin kondensacyjnych, obejmującego dużą pozycję strat — ciepła w wodzie chłodzącej dolicza się zużycie turbiny czołowej, w której strata ta nie występuje. Średni wskaźnik jednostkowego zużycia ciepła części wysokoprężnej musi wypaść zatem mniejszy niż dla samych turbin kondensacyjnych wysokoprężnych.

Tak więc wszystkie te trzy sposoby obliczania, w których produkcję turbozespołu czołowego dodaje się do produkcji którejkolwiek części elektrowni, obejmującej turbiny kondensacyjne, dają z reguły wyniki fałszywe. Wielkość błędu w obliczeniu wskaźników zależy przy tym od udziału turbozespołu czołowego w ogólnej produkcji energii. Ponieważ udział ten zazwyczaj zmienia się znacznie z miesiąca na miesiąc, przeto wywołuje to wahania wskaźnika jednostkowego zużycia ciepła w tej części elektrowni, do której dolicza się produkcję turbozespołu czołowego.

Wahania te bardzo utrudniają wszelkie analizy porównawcze oraz planowanie produkcji. Poprawna metoda analizy elektrowni dwuciśnieniowej wymaga ustalenia wskaźników jednostkowego zużycia nie dla dwóch grup turbin — wysokoprężnych i niskoprężnych, lecz dla trzech, przy czym do grupy trzeciej zalicza się łącznie turbiny czołowe, sprzęgające obie części elektrowni. Jeżeli elementem sprzęgającym nie jest odrębna turbina, lecz tylko upust turbiny wysokoprężnej, to traktuje się taką turbinę jako zespół turbiny przeciwpoprężnej i kondensacyjnej, a z produkcji jej generatora wydziela się część produkcji odpowiadającą upustowi pary w turbinie.

Do obliczenia zużycia ciepła przez turbinę czołową przyjmuje się różnicę ciepłota (entalpii) pary przed i za turbiną. Ciepłota pary przed turbiną lepiej jest ustalić na podstawie parametrów pary na wyjściu jej z przegrzewacza, gdyż w ten sposób uwzględnia się od razu sprawność rurociągów. Wskaźniki turbiny czołowej powinny być obciążone odpowiednim udziałem w stratach rurociągów. Straty mechaniczne turbozespołu i straty generatora uwzględnia się, wstawiając do obliczenia odpowiednie wartości szacunkowe. Zużycie ciepła przez turbozespół czołowy wyrazi się wzorem:

$$Q_c = \frac{D (i_1 - i_2)}{\eta_m \cdot \eta_g} \text{ kcal,}$$

gdzie D jest ilością pary, która przepłynęła przez turbinę w ciągu rozpatrywanego okresu, pozostałe zaś wielkości zostały wyżej omówione. Jeżeli cała para dopływająca do turbiny czołowej zawierała Q kcal, to turbiny niskoprężne otrzymały z turbiny czołowej

$$Q_n = Q - Q_c \text{ kcal}$$

Zużycie ciepła przez turbiny wysokoprężne odpowiada ilości pary pobranej z kotłów wysokoprężnych. Zużycie ciepła przez turbiny niskoprężne będzie sumą ciepła otrzymanego z kotłów niskoprężnych i z turbiny czołowej.

Do tak ustalonego zużycia ciepła przez poszczególne grupy turbin należy jeszcze wprowadzić pewną poprawkę, a mianowicie — kondensat otrzymany z turbin niskoprężnych powraca do kotłów wysokoprężnych w ilości odpowiadającej parze zużytej przez turbinę czołową. Kondensat ten przed kotłem musi być podgrzany w odgazowywaczu i w podgrzewaczach wysokoprężnych do wymaganej temperatury wody zasilającej. Do tego celu normalnie używa się (a przynajmniej tak być powinno) pary z upustów regeneracyjnych turbin wysokoprężnych. W tym układzie turbiny wysokoprężne muszą pobrać dodatkowe ilości pary na podgrzanie kondensatu z turbin niskoprężnych — tym większe, im więcej pary przepłynęło przez turbinę czołową. Obciążenie tym dodatkowym zużyciem pary wysokoprężnej części elektrowni byłoby niesłuszne. Poprawka obliczonych poprzednio wskaźników sprowadza się do objęcia zużycia ciepła na podgrzewanie odpowiedniej ilości kondensatu od zużycia części wysokoprężnej i dodanie do zużycia niskoprężnej części elektrowni.

Przebieg obliczenia wskaźników według proponowanej metody najlepiej przedstawić na przykładzie. Naświetlającym rozbieżność wyników otrzymanych przy różnych sposobach obliczania.

Przypuśćmy, że mamy elektrownię o dwóch ciśnieniach; w części starszej, niskoprężnej są turbiny kondensacyjne bez regeneracji o jednostkowym zużyciu pary około 6,5 kg/kWh, w nowszej części wysokoprężnej — turbiny z regeneracją o jednostkowym zużyciu około 4,4 kg/kWh; obie części sprzęga turbina czołowa, przez którą płynie nadmiar pary z kotłowni wysokoprężnej. Stan pary:

na wylocie z kotła wysokoprężnego —	40 ata, 450 °C, 795 kcal/kg
na wylocie z turbiny przeciwpoprężnej —	14 ata, 340 °C, 746 kcal/kg

W ciągu miesiąca wyprodukowano:

w turbozespołach wysokoprężnych	17 000 MWh
w turbozespołach niskoprężnych	6 000 MWh
w turbozespołach czołowym	1 000 MWh
razem	24 000 MWh

Produkcja i zużycie pary oraz zużycie węgla umownego:

	Kotły wysokoprężne t	Kotły niskoprężne t
Zużycie węgla umownego	12 000	3 000
Produkcja pary	100 000	20 000

	Część wysokoprężna	Część niskoprężna
Straty pary i zużycie na potrzeby własne	5 000	1 000
Zużycie turbin	95 000	19 000
(w tym kondensacyjnych)	75 000	19 000
(w tym czołowych)	20 000	20 000

Wskaźniki oblicza się w przyjętych obecnie u nas kilogramach węgla umownego.

Węgiel umowny, spalony w kotłowni wysokoprężnej dzieli się w stosunku do pary zużytej przez wysokoprężne turbiny kondensacyjne i przez turbinę czołową. Straty pary oraz parę na potrzeby własne zalicza się również do zużycia turbin. Na turbiny wysokoprężne przypada więc:

$$12\,000 \cdot \frac{75\,000}{95\,000} = 9\,470 \text{ t węgla umownego.}$$

na turbinę zaś czołową:

$$12\,000 \cdot \frac{20\,000}{95\,000} = 2\,530 \text{ t węgla umownego.}$$

Ciepło zużyte przez turbinę czołową równe jest iloczynowi rzeczywistego spadku ciepłota pary przez jej ilość. Zakładając sprawność mechaniczną turbiny $\eta_m = 0,97$ i sprawność generatora $\eta_g = 0,96$ oblicza się całkowite zużycie turbozespołu, wyrażone w węglu umownym:

$$\frac{D (i_1 - i_2)}{\eta_m \cdot \eta_g \cdot 7000} = \frac{20\,000 (795 - 746)}{0,97 \cdot 0,96 \cdot 7000} = 150 \text{ t}$$

i zużycie jednostkowe

$$\frac{150}{1000} = 0,15 \text{ kg/kWh}$$

Na część niskoprężną elektrowni należy więc zaliczyć $2\,530 - 150 = 2\,380 \text{ t węgla umownego.}$

Na turbiny niskoprężne przypada z kotłowni niskoprężnej

(wliczając w to straty i potrzeby własne)	3 000 t
z turbiny czołowej	2 380 t
razem	5 380 t

Do tak obliczonych wskaźników zużycia węgla wprowadza się umówioną wyżej poprawkę na podgrzewanie obcego kondensatu. Zakładając, że 20 000 t kondensatu otrzymanego z pary, która przepłynęła przez turbinę czołową, został podgrzany od 30° do 150 °C przy średniej sprawności podgrzewacza $\eta_p = 0,97$ i kotłów wysokoprężnych $\eta_k = 0,8$ znajduje się zużyty na to węgiel ze wzoru

$$\frac{D(150 - 30)}{\eta_p \cdot \eta_k \cdot 7000} = \frac{20\,000(150 - 30)}{0,97 \cdot 0,8 \cdot 7000} = 442 \text{ t}$$

Obecnie można już obliczyć rzeczywiste zużycie węgla i wskaźniki:

Zużycie kg/kWh	Część wysokoprężna	Część niskoprężna
całkowite	9470 — 442 = 9028 t	5380 + 442 = 5822 t
jednostkowe	$\frac{9\,028}{17\,000} = 0,591$	$\frac{5\,822}{6\,000} = 0,972$

Zużycie węgla oblicza się w następujący sposób:

część wysokoprężna	17 000 MWh · 0,531 t/MWh = 9 030 t
część niskoprężna	6 000 MWh · 0,970 t/MWh = 5 820 t
turbozespół czołowy	1 000 MWh · 0,150 t/MWh = 150 t
razem	24 000 MWh 15 000 t

Ciekawe jest zestawienie porównawcze wskaźników jednostkowego zużycia węgla umownego, obliczonych według omówionych poprzednio metod (tablica 1). Poprawka na podgrzewanie kondensatu została wszędzie uwzględniona.

Jak widać, rozbieżność wyników dochodzi w części wysokoprężnej do 6 %, w części niskoprężnej do 14 % dla przyjętej w przykładzie stosunkowo niewielkiej produkcji turbozespołu czołowego. Jeżeli produkcja ta byłaby np. dwukrotnie większa, to rozbieżność byłaby jeszcze większa.

W akcji o zaoszczędzenie każdego grama węgla na wskaźniku jednostkowego spożycia nie można dopuścić do takiej rozbieżności. Dlatego analiza pracy elektrowni powinna być prowadzona poprawnie, co można

Tablica 1
Porównanie wskaźników jednostkowego zużycia węgla według różnych metod

Sposób obliczania	Jednostkowe zużycie węgla umownego kg/kWh		
	Część wysokoprężna	Część niskoprężna	Turbina czołowa
Sposób 1. (Zużycie turbozespołu czołowego — do części niskoprężnej, produkcja energii el. — do wysokoprężnej)	0,501	0,995	—
Sposób 2. (Zużycie i produkcja energii el. — do części niskoprężnej)	0,531	0,855	—
Sposób 3. (Zużycie i produkcja energii el. — do części wysokoprężnej)	0,510	0,970	—
Sposób 4. (Zużycie i produkcja turbozespołu przeciwnieprężnego wyodrębnione)	0,530	0,970	0,150

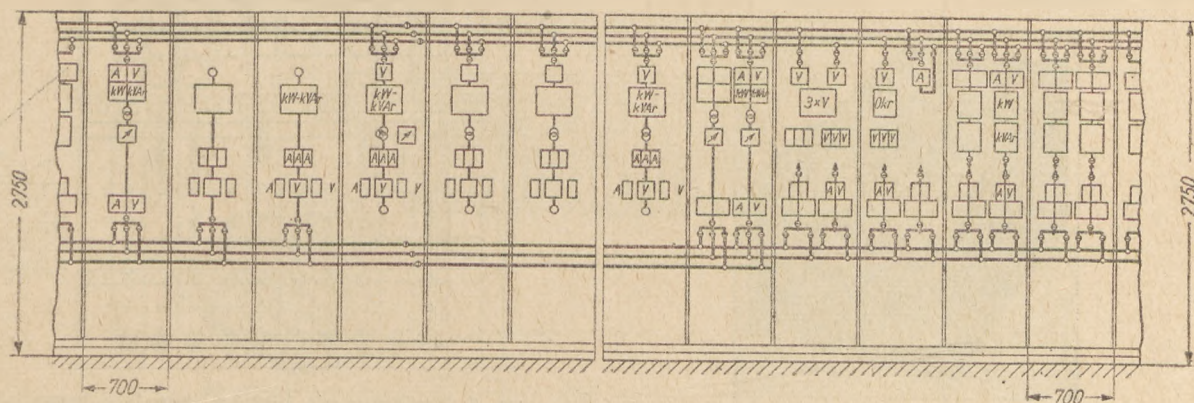
osiągnąć tylko, wyodrębniając zużycie i produkcję turbozespołów czołowych. Do tych wymagań powinna być również przystosowana sprawozdawczość eksploatacyjna elektrowni, a przede wszystkim jej formularze. Stosowane obecnie w resorcie energetyki wzory formularzy nie nadają się do przeprowadzania tego rodzaju analizy. Wzory te, bardzo drobiazgowo w niektórych częściach, nie dają jasnego obrazu pracy elektrowni i były wielokrotnie już przedmiotem krytyki. Należy spodziewać się, że będą one odpowiednio zmienione, aby ich układ umożliwiał przeprowadzenie analizy według podanych wyżej zasad.

621.11.176

Tendencje w budowie nastawni

Nastawnie w nowoczesnych elektrowniach i stacjach rozdzielczych najwyższych napięć są wyposażone w coraz więcej pól. Ponieważ szerokość pól nastawni wy-

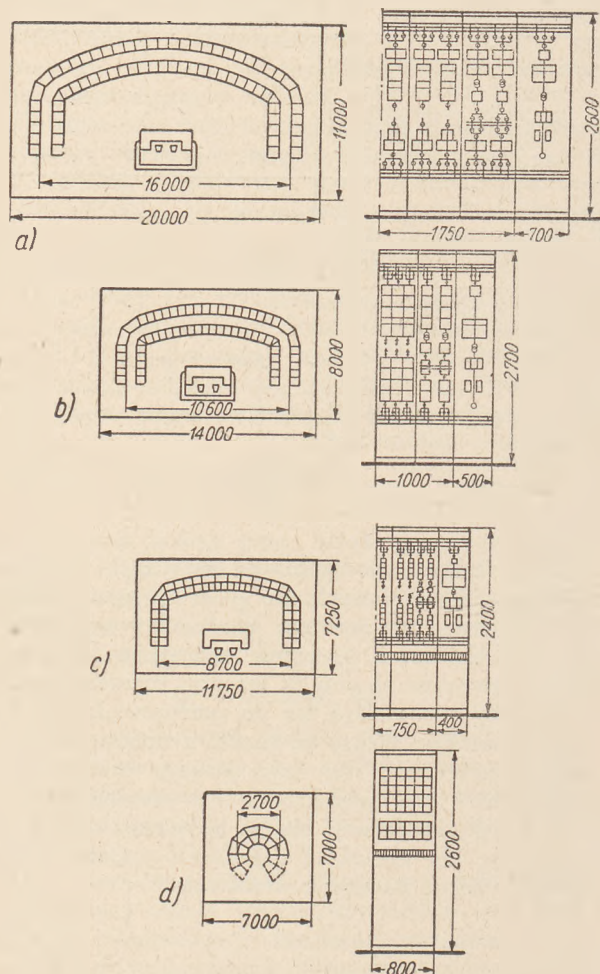
nosi 600 ÷ 700 mm, przeto nastawnie zajmują bardzo duże powierzchnie, a długości przewodów łączących rozdzielnię z nastawnią wynoszą kilkadziesiąt kilometrów.



Rys. 1. Rozwinięcie tablic nastawni

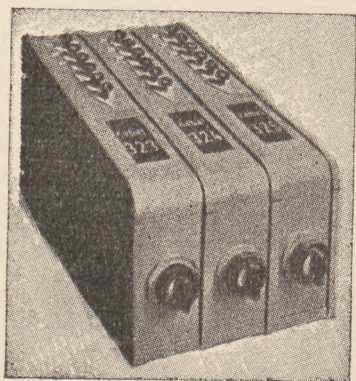
W związku z tym projektanci dążą do zmniejszenia zarówno wymiarów nastawni jak i długości obwodów wtórnych.

W tegorocznym nr. 11 austriackiego czasopisma „Elektrotechnik und Maschinenbau“ ukazał się artykuł poświęcony tym właśnie tendencjom. Ze względu na aktualność tematu podano poniżej streszczenie powyższego artykułu.



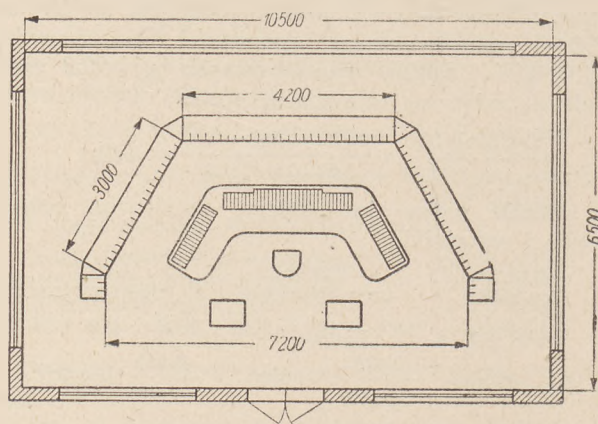
Rys. 2. Porównanie kilku kompozycji nastawni

- a) kontrola i sterowanie za pomocą prądu o napięciu 220 lub 110 V. Przyrządy pomiarowe o wymiarach 140 × 140 mm,
 b) kontrola i sterowanie za pomocą prądu stałego. Przyrządy pomiarowe jak w kompozycji a),
 c) zastosowanie prądów słabych i przyrządów pomiarowych o wymiarach 72 × 72 mm,
 d) nastawnia miniaturowa

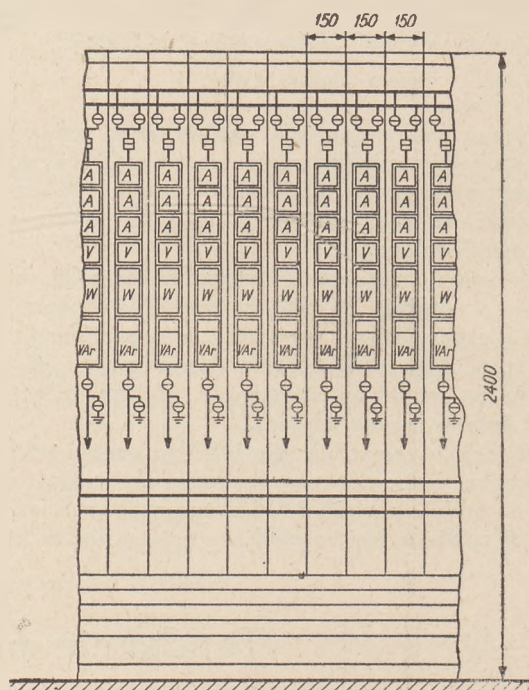


Rys. 3. Bloki sterująco-kwitujące

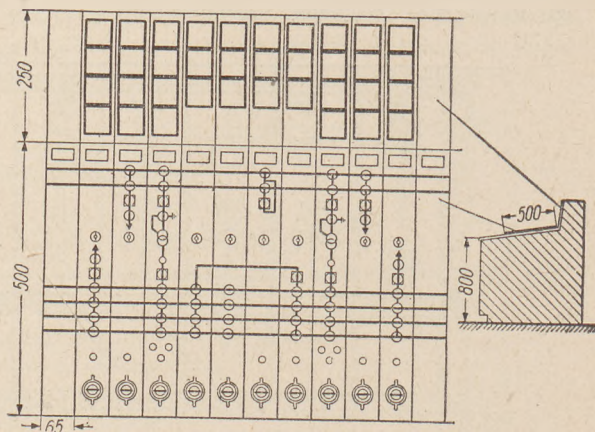
Ilość przyrządów meldujących, sterujących i pomiarowych w nowoczesnych wielkich elektrowniach i stacjach rozdzielczych tak wzrosła, że projektanci zostali zmuszeni do szukania dróg zmierzających do lepszego



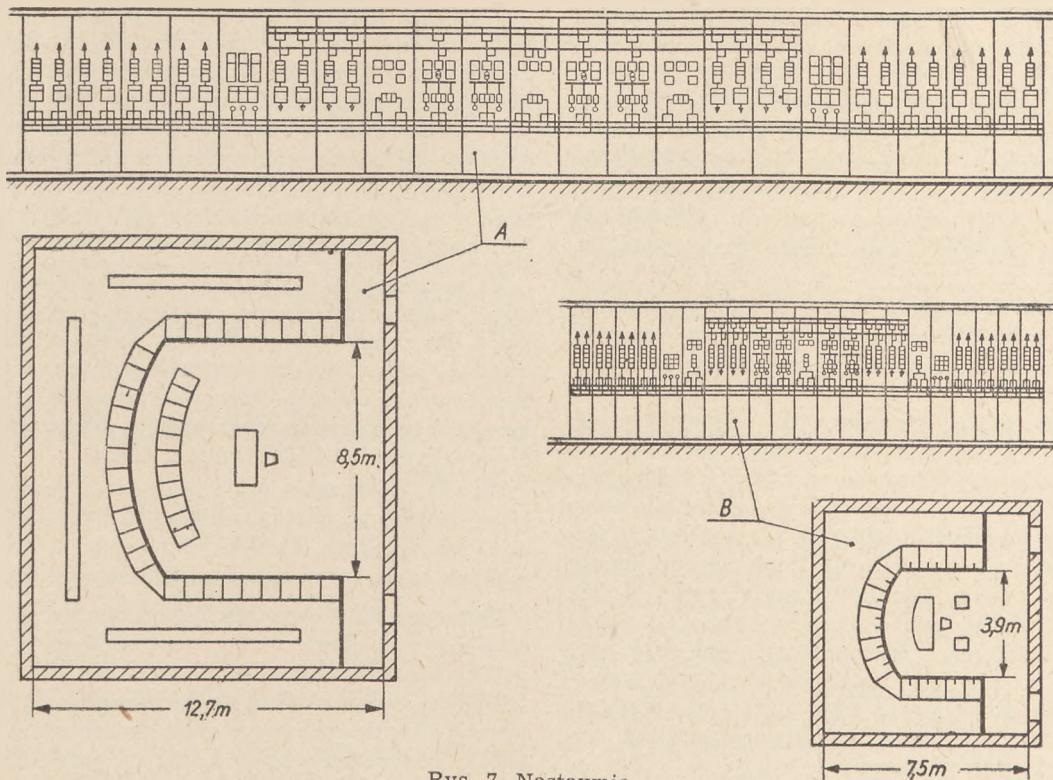
Rys. 4. Nastawnia miniaturowa



Rys. 5. Tablica rozdzielni miniaturowej



ys. 6. Umieszczenie bloków sterująco-kwitujących i miniaturowych przyrządów pomiarowych w pulpicie



Rys. 7. Nastawnia

A. przy zastosowaniu napięcia 110 lub 220 V, B. przy zastosowaniu prądów słabych

wykorzystania tablic i pulpitu nastawni. Wraz ze znacznym zmniejszeniem wymiarów przyrządów rejestrujących poczęto je umieszczać na czołowej ścianie tablic nastawni, co jeszcze pogorszyło sytuację.

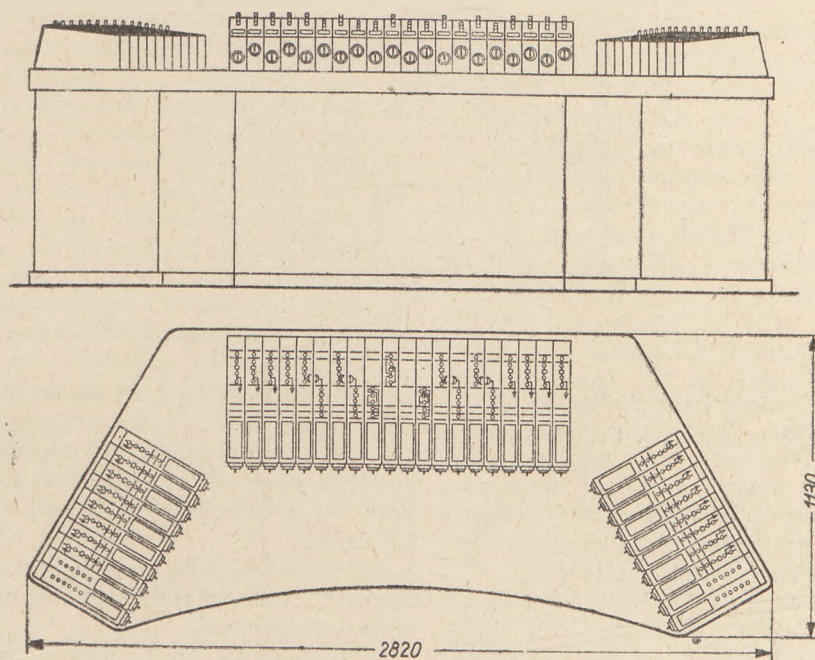
Pewne wyobrażenie o rozmiarach tablicy nastawni daje rys. 1.

Na rys. 2 podano cztery przykłady ukształtowania nastawni wielkiej elektrowni. Nastawnia a) zajmująca w powszechnie u nas spotykanym wykonaniu po-

wierzchnię 340 m^2 ($20 \times 17 \text{ m}$) została przy rozwiązaniu d) zredukowana do powierzchni 49 m^2 ($7 \times 7 \text{ m}$). W rozwiązaniach pośrednich powierzchnie nastawni wynoszą:

b) — 112 m^2 oraz c) — 85 m^2 .

W nastawni b) zastosowano przyrządy kontrolujące i sterujące na prąd słaby, w nastawni c) zastosowano ponadto przyrządy pomiarowe o wymiarach $72 \times 72 \text{ mm}$.



Rys. 8. Szkic biurka tablicowego w nastawni stacji rozdzielczej 220/110 kV

Rozwiązanie d) przedstawia nastawnię, którą można nazwać miniaturową, gdyż jest wyposażona w miniaturowe przyrządy pomiarowe.

W Niemczech na ogół nie dąży się do osiągnięcia miniaturowych wymiarów nastawni, traktując nastawnie jako centralne i reprezentacyjne pomieszczenie elektrowni. Jednak trudności, które wystąpiły ostatnio przy budowie kilku większych nastawni skłoniły do zastanowienia się nad zagadnieniem zmniejszenia ich rozmiarów.

Przy analizie wykonania nastawni należy pamiętać, że wykonanie obwodów wtórnych jest co najmniej tak samo ważne, jak rozmieszczenie przyrządów na czołowej ścianie tablic.

Długość wielkich, nowoczesnych, napowietrznych rozdzielni stacji najwyższych napięć dochodzi do 1000 m. Wykonanie obwodów wtórnych w takiej rozdzielni wymaga ułożenia do 60 km kabli. Jeśli kable są ułożone w kanałach dostępnych dla kontroli, to należy wziąć pod uwagę, że koszt 1 mb takiego kanału kablowego wynosi od 400 do 600 marek niem. W celu zmniejszenia kosztu kabli i kanałów kablowych zastosowano podobnie jak w telemechanice prąd słaby przy użyciu kabli na napięcie robocze do 60 V oraz pomiarów zdalnych. Rozwiązanie takie może być korzystne, gdyż nadajniki do pomiarów zdalnych są i tak potrzebne dla dyspozycji mocy.

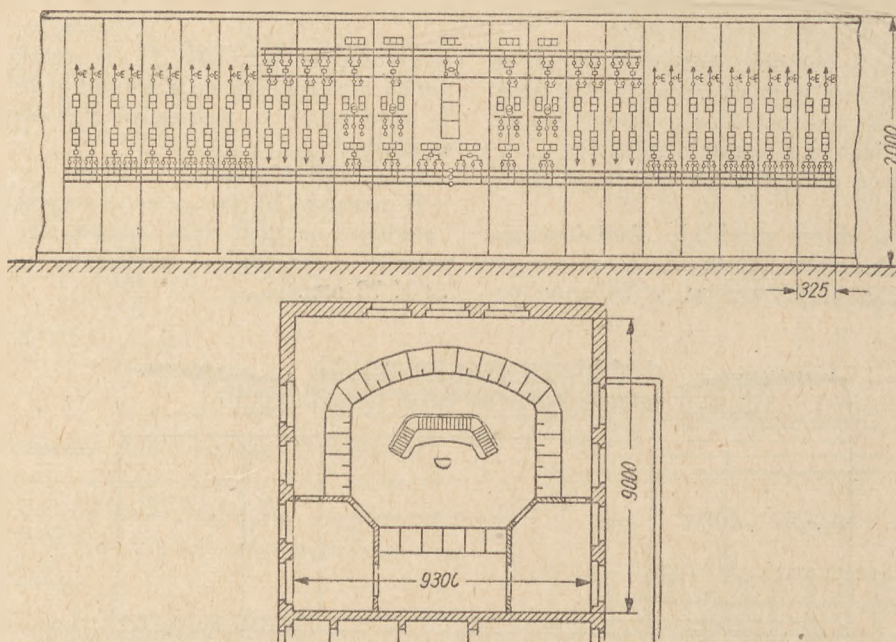
Ponieważ biurko dyżurnego ma ograniczone wymiary, przeto trudno byłoby umieścić na nim wszystkie przyrządy sterujące. Próbą pokonania tych trudności było skonstruowanie tzw. bloków sterująco-kwitujących. Każdemu polu rozdzielni odpowiada jeden blok sterująco-kwitujący, umieszczony w skrzyneczce o wymiarach $65 \times 175 \times 215$ mm (rys. 3). Na przedniej ścianie skrzyneczki umieszczony jest wyłącznik sterująco-kwitujący pola.

Za pomocą tego wyłącznika można sterować dowolnie trzema odłącznikami szynowymi, wyłącznikiem mocy lub odłącznikiem liniowym przez dodatkowe naciśnięcie odpowiedniego przycisku pomocniczego umieszczonego na górnej ścianie skrzyneczki. Specjalna konstrukcja przyłączy do zacisków bloku i samego bloku ułatwia kontrolę działania bloku.

Na rys. 8 pokazano szkic biurka tablicowego w nastawni rozdzielni stacji rozdzielczej 220/110 kV z czterdziestoma blokami sterująco-kwitującymi. Plan i rozwinięcie tablic tej nastawni podano na rys. 6.

Zastosowanie bloków sterująco-kwitujących ułatwiło w wielu wypadkach rozbudowę istniejącej nastawni w dotychczasowym pomieszczeniu.

Podane wymiary skrzyneczki odnosiły się do bloku sterująco-kwitującego przy napięciu roboczym 110 lub 220 V. Zastosowanie prądów słabych pozwoliło zmniej-



Rys. 9. Rozwinięcie tablic i plan nastawni stacji rozdzielczej 220/110 kV

Zastosowanie prądu słabego do obwodów wtórnych jest rozwiązaniem prostym, lecz jeszcze niedostatecznym. Jak widać (rys. 7) z porównania rozplanowania nastawni w normalnym wykonaniu i przy zastosowaniu prądów słabych w zmniejszonej nastawni, odstęp między tablicą a biurkiem dyżurnego są zbyt małe dla ustawienia pulpitu z przyrządami sterującymi.

W rezultacie nasuwa się potrzeba takiego rozwiązania, aby przyrządy sterujące i meldujące były umieszczone bezpośrednio na biurku tablicowego, co pozwoliłoby uniknąć budowy pulpitu.

zżyć szerokość bloku z 65 na 40 mm. Pozostałe wymiary bloku zostały również zmniejszone. Zastosowanie napięcia roboczego 60 V oraz odpowiednich przekładników pozwoliło na wykonanie połączeń za pomocą kabli słaboprądowych o przekroju żył 1 mm² a nawet 0,5 mm².

Wymienione środki umożliwiły wydatnie zmniejszyć wymiary nastawni przy zachowaniu jednak układu normalnej nastawni.

W podanej na rys. 4 nastawni zmontowane są na stole dyżurnego bloki sterująco-kwitujące; powierzch-

nia jej jest zmniejszona dzięki umieszczeniu małych przyrządów pomiarowych pola jeden nad drugim (rys. 5).

W takim układzie dało się zmniejszyć szerokość tablicy pola do 150 mm i dzięki temu 70-półowa nastawia zmieściła się w sali $10,5 \times 6,5$ m. Nastawia jest wyposażona w przyrządy pomiarowe o wymiarach 96×96 mm.

Na rys. 6 pokazano rozwiązanie nastawni z przyrządami pomiarowymi jeszcze mniejszymi, gdyż o wymiarach 55×55 mm. Tak małe przyrządy mogą być umieszczone bezpośrednio na pulpicie z blokami ste-

ruiaco-kwitującymi oraz ze schematycznym układem połączeń.

Chociaż w naszych nastawniach nie ma konieczności, aby uciekać się do opisanych rozwiązań, niemniej jednak jest wskazane zapoznać naszych czytelników z tendencjami rozwiązywania nastawni, umożliwiającego oszczędne wykorzystanie miejsca i zmniejszenie kosztów budowy.

Źródło: G. Meiners — Ueber den Bau von Kraftwerks- und Umwandlungswerkstätten. Wege von der Grosswarte zur Kleinwarte, von der Starkstromwarte zur Schwachstromwarte. F. u. M. nr 11/1955.

Opracował inż. Stefan Krzycki.

621.17.128

Oznaczanie fosforanu w wodzie metodą wizualną VM

Inż. Tadeusz Hapka

Wstęp

Niewątpliwa prostota oznaczania fosforanu metodą VM za pomocą fotokolorymetru „Visomat“ (5) skłoniła Laboratorium Działu Chemicznego „Energopomiaru“ do opracowania metody wizualnej VM, przydatnej do analizy ruchowej wody kotłowej. Metoda wizualna VM posługuje się cylindrami kolorymetrycznymi Nesslera i barwnym roztworem porównawczym. Podobnie jak w metodzie fotokolorymetrycznej VM do badanej wody dodaje się tylko jeden odczynnik.

Przy posługiwaniu się odczynnikami VM nigdy nie otrzymano nieproporcjonalnych intensywności zabarwienia w stosunku do stężenia fosforanu, jak to zdarza się z nieznanymi powodów przy metodach opartych na niebieskim zabarwieniu zredukowanego związku zespolonego fosforomolibdenianowego (1,2). Odczynnik VM trzymany w ciemności w butelce z trudnotopliwego szkła nie zmienia swych własności po upływie miesiąca. Przechowywany natomiast w zwykłym sodowym szkle i wystawiony na działanie promieni słonecznych nabiera odcienia zielonawego. Odczynniki metod „redukcyjnych“ zmieniają swe własności o wiele szybciej niż odczynnik VM. Dlatego w praktyce trzeba odczynniki takie często zmieniać i każdorazowo sporządzać skalę porównawczą.

Barwna skala porównawcza metody VM przyrządzana z zakwaszonego roztworu chromianu praktycznie nie zmienia się co najmniej przez jeden miesiąc.

Skala wzorców, np. metody benzydynamowej (2) już po 10 minutach traci na intensywności zabarwienia, wskutek czego staje się nieporównywalna w stosunku do barwy próbek zadanych odczynnikami niejednocześnie z roztworami wzorcowymi. Chociaż dla „redukcyjnych“ metod oznaczania fosforanu istnieją trwałe wzorce barwne, np. niebiesko zabarwione płytki szklane, to jednak używanie ich wskutek wyżej wymienionych powodów może być źródłem poważnych błędów w oznaczeniu. Powtarzalność wyników uzyskiwanych metodą VM pozwala, przy wizualnym sposobie wykonania oznaczenia, na zastosowanie trwałych barwnych roztworów wzorcowych.

Część doświadczalna

Przed rozpoczęciem właściwej pracy przyrządzono roztwory o znanej zawartości fosforanu i krzemionki.

Roztwór podstawowy fosforanu przygotowany, rozpuszczając dwuzasadowy fosforan sodu $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ w wodzie destylowanej. Zawartość P_2O_5 w tym roztworze, wynoszącą około 10 mg/ml, sprawdzono wagowo według Schmitza (4). Następnie roztwór podstawowy fosforanu rozcieńczono stokrotnie. Rozcieńczony roztwór o zawartości około 0,1 mg P_2O_5 /ml używano do przyrządzania roztworów o pożądanej koncentracji P_2O_5 . Podstawowy roztwór krzemianu przyrządzono, rozpuszczając w wodzie destylowanej 80%-owy krzemian potasu „Mercka“ z dodatkiem stałego wodorotlenku sodowego. Zawartość SiO_2 oznaczono przez podwójne odparowanie roztworu z kwasem solnym. Podstawowy roztwór krzemianu zawierał około 5 mg SiO_2 /ml. Roztwór ten posłużył do przygotowania rozcieńczonego roztworu krzemianu o zawartości około 1 mg SiO_2 /ml. Roztwór rozcieńczony krzemianu służył do przyrządzania roztworów o pożądanej koncentracji SiO_2 .

Wszystkie przygotowane roztwory krzemianu i fosforanu przechowywano w wyparafinowanych butelkach.

Odczynnik VM przyrządzono identycznie, jak w metodzie fotokolorymetrycznej, a mianowicie:

1. 166,6 ml HNO_3 c. wł. 1,5 rozcieńczono wodą destylowaną do 500 ml;
2. 1,25 g NH_4VO_3 rozpuszczono w 250 ml wody destylowanej o temperaturze 50°C . Po ochłodzeniu dodano do roztworu 10 ml stężonego HNO_3 i uzupełniono całość do 500 ml.
3. 25 g $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ rozpuszczono w 400 ml gorącej wody destylowanej i po ochłodzeniu uzupełniono do 500 ml.

Dla sporządzenia odczynnika VM zmieszano równe objętości roztworów w podanej kolejności 1, 2, 3. Dla uzyskania barwnej reakcji odczynnika VM z fosforanem zawartym w wodzie postępowano według następującego przepisu:

Do 50 ml wody badanej dodawano $1 + 3$ krople 0,3%-owego alkoholowego roztworu fenoltaleiny. Nadmiar alkaliczności neutralizowano, dodając kroplami 0,1 n HNO_3 . Do roztworu dodawano następnie 25 ml odczynnika VM, uzupełniono do 100 ml wodą destylowaną i mieszano. Uzyskane zabarwienie porównywano z zabarwieniem 100 ml wody destylowanej, do

której dodawano odpowiednią ilość roztworu porównawczego. Jako roztworów porównawczych próbowano użyć wodnych roztworów kwasu pikrynowego i chromianu potasu, używanych przy kolorymetrycznym oznaczaniu krzemionki. Jednak roztwory te miały odcień

tej krzywej wzorcowej sporządzono skalę porównawczą odpowiadającą zabarwieniom roztworów od 0 do 15 mg P_2O_5 , posługując się 16 cylindrami Nesslera (tablica 2). Wzorce skali chroniono przed zakurzeniem i odparowaniem. Stwierdzono, że roztwory nie zmieniły barwy po upływie jednego miesiąca.

Tablica 1

Sporządzenie skali wzorców trwałych

ml mianowanego roztworu fosforanu (0,1141 mg P_2O_5 /ml) w 50 ml	mg P_2O_5 /l	ml roztworu porównawczego
0	0	0,18
0	0	0,19
0,5	1,1	0,33
0,5	1,1	0,33
0,5	1,1	0,41
1,2	2,74	0,51
1,2	2,74	0,53
2,5	5,7	0,86
2,5	5,7	0,82
3,5	7,97	1,23
3,5	7,97	1,26
4,0	9,12	1,52
4,825	11,0	1,85
4,825	11,0	1,89
6,0	13,7	2,34
6,0	13,7	2,58
7,0	15,95	2,80
7,0	15,95	2,74

Tablica 2

Skala wzorców trwałych

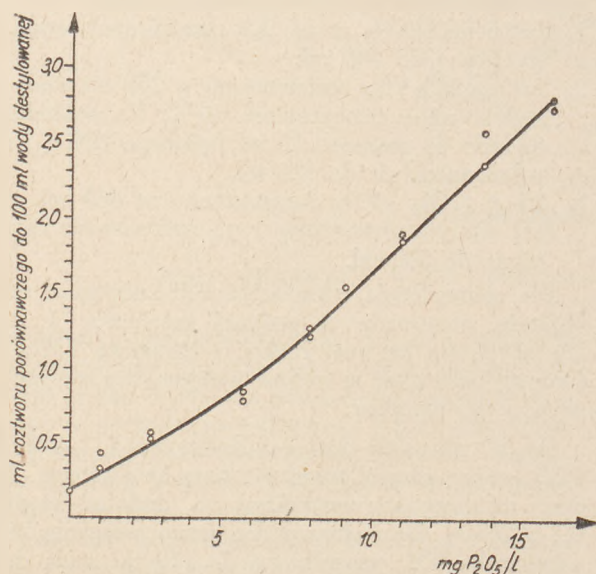
mg P_2O_5 /l	ml roztworu porównawczego
0,0	0,19
1,0	0,31
2,0	0,42
3,0	0,53
4,0	0,63
5,0	0,77
6,0	0,92
7,0	1,09
8,0	1,28
9,0	1,47
10,0	1,66
11,0	1,85
12,0	2,05
13,0	2,24
14,0	2,44
15,0	2,63

Tablica 3

Sprawdzenie wyników metody dla roztworów fosforanu zawierających 39,8 mg SiO_2 /l

Pracownik	ml mianowanego roztworu fosforanu (0,1143 mg P_2O_5 /ml) w 50 ml	mg P_2O_5 /l	Czas pomiaru	Wynik x w mg P_2O_5 /l podany
I	0,50	1,1	1 min	$1 < x < 2$ 4 13
	1,95	4,5	1 min	
	5,00	11,4	1 min 30 s	
II	0	0,	1 min 10 s	$0 < x < 1$ 2 2 4 4 5 7 7 12 12
	0,20	0,46	1 min	
	0,50	1,1	1 min 10 s	
	1,00	2,3	40 s	
	1,38	3,2	1 min 35 s	
	2,00	4,6	35 s	
	3,04	6,9	1 min 25 s	
	4,00	9,1	30 s	
	5,00	11,4	1 min 20 s	
	6,08	13,9	55 s	
III	0	0	55 s	$0 < x < 1$ 1 $1 < x < 2$ 3 $4 < x < 5$ 6 7 $10 < x < 11$ $13 < x < 14$ 15
	0,20	0,46	55 s	
	0,50	1,1	1 min 10 s	
	1,00	2,3	35 s	
	1,36	3,1	1 min 50 s	
	2,00	4,6	1 min 5 s	
	3,05	7,0	1 min 45 s	
	4,00	9,1	—	
	5,02	11,6	1 min 15 s	
	5,98	13,8	1 min 5 s	

bardziej żółty niż uzyskana barwa badanej wody. Odpowiednim okazał się dopiero roztwór, który w 200 ml zawierał 1,140 g wysuszonego przy 105 °C K_2CrO_4 i 34,7 ml 0,1 n HNO_3 . Roztwór ten przyjęto za porównawczy. Przeprowadzono w granicach zawartości od 1 do 16 mg P_2O_5 na litr porównanie między barwą roztworu o znanym stężeniu fosforanu, z dodatkiem odczynnika VM, a barwą wody destylowanej, do której dodano odpowiednią objętość roztworu porównawczego. Wyniki powyższego „miareczkowania”, zestawione w tablicy 1, posłużyły do sporządzenia krzywej wzorcowej, przedstawionej na rys. 1. Według



Rys. 1. Sporządzenie skali wzorców trwałych

Ponieważ przy sporządzaniu skali porównawczej nie dysponowano cylindrami Nesslera o tej samej

średnicy, a co za tym idzie o tej samej wysokości słupa roztworu, przeto zaznaczono na wszystkich cylindrach poziom odpowiadający 100 mililitrom na cylindrze, używanym dla badanej próbki. Jeżeli znak na danym cylindrze wypadł ponad kreską dla 100 ml, to dodawano wówczas roztwór porównawczy w odpowiednio większej ilości do 150 ml wody destylowanej w cylindrze miarowym i roztworem tym napełniono dany cylinder Nesslera do znaku. Jeżeli znak wypadł poniżej kreski dla 100 ml, to wówczas roztwór porównawczy sporządzony w cylindrze Nesslera odbierano pipetą do znaku.

Postępując w ten sposób popełnia się pewną niedokładność, która jednak nie wpływa na wynik oznaczenia. Metodę wizualną VM wypróbowano (dając do oznaczenia trzem pracownikom) roztwory o niezna-

nym im stężeniu fosforanu, zawierające oprócz fosforanu 39,8 mg/l SiO_2 . Ponieważ w obecności krzemionki wyniki zależą od czasu wykonania oznaczenia, przeto mierzono czas od chwili dodania odczynnika VM do chwili podania wyniku. Dane tego doświadczenia ujęto w tablicy 3.

W kolejnych badaniach oznaczono nieznaną koncentrację fosforanu w wodach kotłowych. Wody te po przesączeniu były prawie bezbarwne. Dla sprawdzenia wartości otrzymywanych wyników rozcieńczono próbki wód kotłowych lub dodawano do nich znaną ilość fosforanu. Jak widać z tablicy 4, otrzymane wyniki odpowiadały rozcieńczeniom i dodanym ilościom fosforanu. Wnioskować można, że wspomniane wody kotłowe nie zawierały substancji wpływających na oznaczenie P_2O_5 .

Tablica 4

Sprawdzenie wyników metody dla wód kotłowych

Woda kotłowa nr	Współczynnik rozcieńczenia	Dodane $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{l}$	Czas pomiaru	Wynik x podany w $\text{mg P}_2\text{O}_5/\text{l}$
1	—	—	1 m'n 10 s 55 s	$0 < x < 1$ 5
2	2,5	—	1 min 20 s	15
	2,5	3,5	2 m'n 20 s 1 min 25 s	6 9
3	2,5	—	1 min 5 s	3
	—	—	1 min 40 s	7
	—	2,4	2 min 5 s	9
4	—	—	1 min 40 s	$6 < x < 7$
	—	2,0	1 min 30 s	$8 < x < 9$
5	—	—	1 min 5 s	$13 < x < 14$
	2,5	—	1 min 5 s	5
	2,5	1,2	55 s	$6 < x < 7$

Wnioski

Wnioski z przeprowadzonych doświadczeń ująć można następująco:

1. Metodą wizualną VM można oznaczać fosforany w granicach stężeń $1 \div 15 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{l}$ w obecności krzemionki do $40 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$.
2. Dokładność pomiaru w najbardziej niekorzystnym wypadku wynosi $\pm 2 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{l}$. (Należy zauważyć, że po uzyskaniu wprawy dokładność oznaczenia wzrasta do $\pm 0,5 \text{ mg P}_2\text{O}_5/\text{l}$).
3. Czas wykonania oznaczenia waha się od 30 sek do 2 min (przeciętnie wynosi około 50 sek).
4. Powyższą metodę można stosować do badania wód kotłowych.

Literatura

1. J. Bochem — Mitteilungen der VGB 1952, 19, 140 (1952).
2. W. Demberg — Die Chemie 55, 318 (1942).
3. S. Gercke, B. Kurmes — Fresenius Zeitschrift für analytische Chemie 137, 15 (1952).
4. F. P. Treadwell — Lehrbuch der analytischen Chemie, t. III, wydanie XI, Franz Denticke, Wien, 369.
5. T. Hapka — Energetyka, zeszyt 1, 1955, str. 10.

621.315.1.004.14

Eksplotacja linii napowietrznych wysokiego napięcia w okręgach o dużym zabrudzeniu atmosfery

Inż. Bolesław Gliksman

Wstęp

Eksplotacja sieci w dużych okręgach przemysłowych stała się od 1940 r. przedmiotem szczególnego zainteresowania energetyków we wszystkich niemal krajach Europy.

Szybki wzrost produkcji przemysłu ciężkiego i związany z tym wzrost zapotrzebowania energii elektrycznej oraz stosunkowo powolny rozwój bazy technicznej przesyłu energii spowodował znaczne obniżenie pewności zasilania odbiorców.

Trudności w eksploatacji wielkich sieci elektrycznych wystąpiły szczególnie ostro na terenach przemysłowych, gdzie wzrost zabrudzenia atmosfery wpłynął na osłabienie izolacji. Rozbudowa elektrowni i sieci oraz związany z tym wzrost przesyłu energii i mocy zwarcia powodował przeciążenie aparatury

stacyjnej i przewodów. Intensywne wydobycie złóż kopalnych (w szczególności węgla) wywoływało ruchy górotworu, a tym samym i przerywanie linii kablowych. Duże nasilenie prądów błądzących w ziemi wskutek rozbudowy sieci trakcyjnej przyspieszyło korozję elektrolityczną powłoki kabli i ich zniszczenie.

Normy techniczne i przepisy budowy sieci elektrycznych nie uwzględniały w należytnym stopniu potrzeb eksploatacji w szczególnie trudnych warunkach dużych ośrodków przemysłowych.

Wskutek tego w sieciach elektrycznych na tych terenach powstały poważne, niemal katastrofalne zakłócenia.

Zakłócenia w pracy sieci wystąpiły w latach 1940–1942 w Niemczech w okręgu Ruhry i Saksonii, w 1952 r. w Czechosłowacji w okręgu Kar-

winy, w 1952 r. we Francji w okręgu Lille i w latach 1953 + 1954 w Polsce na terenie Południowego Okręgu Energetycznego.

Analiza zakłóceń pozwoliła na opracowanie środków technicznych w celu przystosowania sieci elektrycznych do zwiększonych wymagań eksploatacji. Jest charakterystyczne, że energetycy we wszystkich krajach ustalili podobne środki zaradcze przeciwko zakłóceniom w pracy systemów sieciowych na terenie ośrodków przemysłowych.

Zakłócenia w systemie śląskiego okręgu przemysłowego

W śląskim okręgu przemysłowym zdarzyły się kilkakrotnie poważne zakłócenia systemu. Szczególnie dużo zanotowano ich w latach 1953 + 1954, kiedy w okresie od 17 października 1953 do 18 marca 1954 r. powstało 7 zakłóceń systemu o podobnym charakterze. Zabrudzenie izolatorów w połączeniu z silną mgłą, panującą w Zagłębiu Węglowym, spowodowało przeskok i przebicie wielu łańcuchów izolatorów, przepalenie przewodów i linek odgromowych oraz uszkodzenia aparatury stacyjnej, wskutek czego wypadło z ruchu wiele linii 60 i 110 kV. Wnikliwa analiza zakłóceń potwierdziła, że istnieje związek między ogniskami zakłóceń a miejscami, w których występują najsilniejsze zabrudzenia izolatorów. Początkiem zakłóceń były przeskoki na łańcuchach izolatorów liniowych i stacyjnych, które wystąpiły po okresach długotrwałej suszy w czasie silnej mgły, przeważnie w godzinach nocnych. Na izolatorach pokrytych warstwą zabrudzenia w atmosferze gęstej mgły wskutek spadku temperatury skondensowała się para wodna, powodując obniżenie się napięcia przeskoku. W skompensowanej sieci 60 kV pod wpływem zwarcia na jednej fazie podskok napięcia w pozostałych fazach doprowadził do przeskoków na izolatorach tej samej lub innych połączonych z nią galwanicznie linii.

W sieci 110 kV z uziemionym punktem zerowym obniżenie się napięcia przeskoku powodowało wyładowania w formie łuku na łańcuchach izolatorów i wyłączenie linii. Dlatego ilość zakłóceń w sieci 110 kV była mniejsza niż w sieci 60 kV.

Wskutek przemijających zwarć w postaci wyładowań łukowych na łańcuchach izolatorów następowały częste wyłączenia linii bez trwałych uszkodzeń. Statystykę uszkodzeń w stosunku do ogólnej ilości wyłączeń podano w tablicy 1.

Tablica 1

Wskaźniki uszkodzeń w marcu 1954 r. w stosunku do ogólnej ilości wyłączeń w sieci 110 i 60 kV

Napięcie sieci	Liczba wyłączeń		Ogólna liczba wyłączeń
	bez uszkodz.	z uszkodzen.	
110 kV	41 (68%)	19 (32%)	60
60 kV	31 (58%)	24 (42%)	55

Jak wynika z tablicy 1, stosunek liczby uszkodzeń do ilości wyłączeń w sieci 110 kV wynosił 0,32, podczas gdy w sieci 60 kV stosunek ten osiągnął 0,42.

Uszkodzenia powstały wskutek przeskoków na łańcuchach izolatorów oraz przepływu prądu zwarcia przez przewody robocze i odgromowe, co spowodowało zniszczenie izolatorów i przepalenie przewodów na złączkach.

Wskutek przeskoków występowały następujące typowe uszkodzenia:

1. pęknięcia izolatorów,
2. zniszczenie glazury izolatorów,
3. przepalenie się przewodów prądowych w zaciskach nośnych i na mostkach,
4. przepalenie się linek odgromowych.

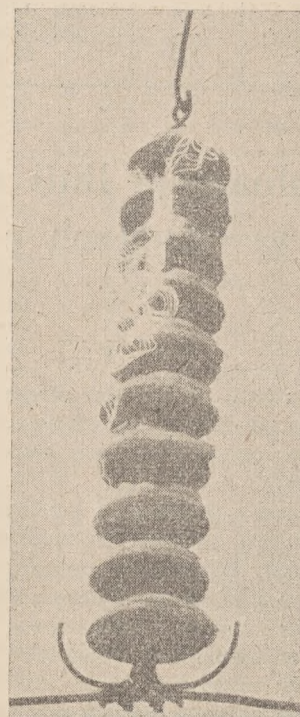
Statystykę uszkodzeń z podziałem na ich rodzaj podano w tablicy 2.

Tablica 2

Wskaźniki uszkodzeń linii i stacji na terenie Zagłębia Węglowego w okresie od października 1953 do marca 1954 r.

Napięcie sieci	Ilość uszkodzeń na łańcuchach izolatorów liniowych typu					Ilość uszkodzeń przewodów			Ilość uszkodzeń aparatów stacyjnych		
						prądowych na					
	Motor z daszkiem miedz.	Motor + Hewlett	VK	K	NK	zaciskach	mostkach	odgromowych	wyłączniki	odłączniki	izolatorów stacyjnych
110 kV	—	—	—	5	3	2	4	1	4	2	3
60 kV	33	8	3	10	4	55	10	0	2	1	—

Jak wynika ze statystyki, uszkodzenia izolatorów wystąpiły głównie w sieci 60 kV, gdzie izolatory wiszą kilkanaście lat dłużej niż w sieci 110 kV,

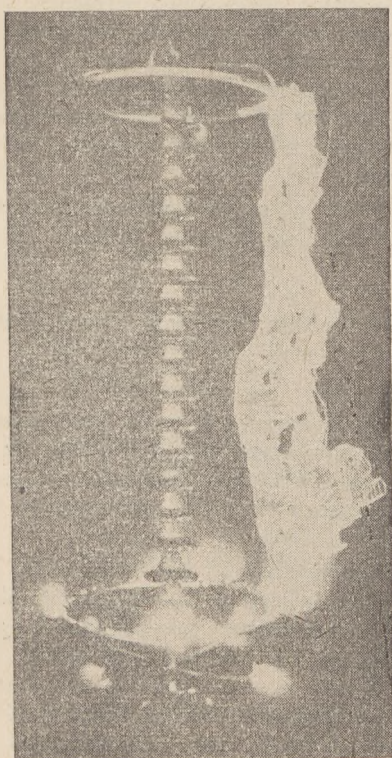


Rys. 1. Wyładowanie na łańcuchu izolatorów K3, pokrytych warstwą brudu i śniegu. Rożki ochronne zabezpieczają zacisk przed przepaleniem

a więc ich proces starzenia się jest posunięty znacznie dalej. Uszkodzenia przewodów prądowych powstawały głównie w pobliżu zacisków nośnych łańcuchów izolatorów wskutek lokalnego nagrzania w nasadzie łuku elektrycznego. Przepalenie się przewodów na zaciskach nastąpiło 55 razy w sieci 60 kV, w sieci 110 kV natomiast zaledwie 2 razy. Ten niekorzystny dla sieci 60 kV stosunek uszkodzeń był wynikiem dłuższych niż w sieci 110 kV czasów zadziałania zabezpieczeń, zwiększających niebezpieczeństwo termicznego zniszczenia przewodów oraz braku armatury ochronnej. Rys. 1 i 2 potwierdzają przydatność wszelkiego rodzaju armatury do ochrony przewodów w pobliżu zacisków nośnych.

Sieć 110 kV wyposażona jest w armaturę ochronną, wskutek czego niszczące działanie łuku było znacznie ograniczone. Przewody na mostkach przepaliły się wskutek przepływu prądów zwarcia oraz trwałego przeciążenia przewodów po wyłączeniu równoległych torów tej samej lub innej linii.

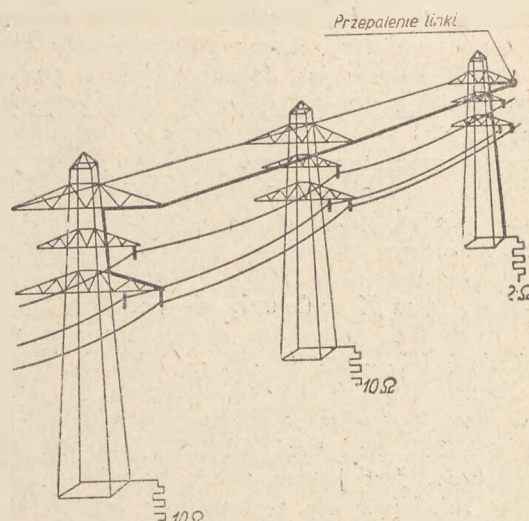
Linka odgromowa przepaliła się w 10 przypadkach w sieci 60 kV i jeden raz w sieci 110 kV. Prąd doziemny płynący przez linkę odgromową spowodował przepalenie się linki w zaciskach. Przepływ tego prądu przez linkę, zamiast bezpośrednio przez konstrukcję słupa do ziemi, nastąpił wskutek niejednakowych oporności uziemień mimo tego, że ich wartość odpowiadała przepisom. Drogę przepływu prądu doziemnego przez linkę odgromową pokazano na rys. 3.



Rys. 2. Wyładowanie na łańcuchu izolatorów złożonym z członów K 3. Pierścienie ochronne zabezpieczają izolatory i przewód przed zniszczeniem

Wskutek uszkodzeń linii powstawały przepięcia i przetężenia, powodując uszkodzenia wyłączników, odłączników i izolatorów w stacjach transformatoro-

wych. Stwierdzić należy, że izolacja stacji napowietrznych nie zawiodła mimo niekorzystnych warunków atmosferycznych i dużego zabrudzenia. Stosunkowo niewiele uszkodzeń aparatury stacyjnej wystąpiło jedynie jako zjawisko wtórne, tj. wskutek przepięć ziemnozwarciowych wywołanych działaniem łuku elektrycznego na izolatorach liniowych.



Rys. 3. Przebieg prądu zwarcia przez linkę odgromową

W tabelicy 3 podano wskaźniki umożliwiające przeprowadzenie właściwej analizy uszkodzeń dla różnych typów izolatorów liniowych w czasie zakłóceń systemowych.

Tabela 3

Wskaźniki uszkodzeń izolatorów podczas zakłóceń systemu w okresie od października 1953 r. do marca 1954 r.

Sieć	1. Ilość izolatorów zawieszon.	Typ izolatorów					Ra- zem
	2. Wskaźnik uszkodzeń %	Motor z daszk. miedz.	Hewlett	VK	K	NK	
110kV	1. sztuk 2. %	394 0,00	0 —	3702 0,00	13290 0,28	8408 0,22	25794 0,21
60kV	1. sztuk 2. %	3124 3,45	2471 0,65	10096 0,09	11832 0,34	2144 0,75	29667 0,63
Ogółem 110 i 60kV	1. sztuk 2. %	3518 3,05	2471 0,65	13798 0,07	25122 0,30	10552 0,32	55461 0,43

Tabelicę 3 zestawiono, przyjmując, że:

1. wszystkie ogniwa w łańcuchu zostały uszkodzone,
2. łańcuch izolatorów typu Motor w sieci 60 kV składa się średnio z 3 ogniw,
3. łańcuch izolatorów typu Hewlett+Motor w sieci 60 kV składa się średnio z 2 ogniw Hewlett + z 1 ogniwa Motor, łańcuch izolatorów typu VK w sieci 60 kV składa się średnio z 3 ogniw,
4. łańcuch izolatorów typu VK w sieci 60 kV składa się średnio z 3 ogniw.

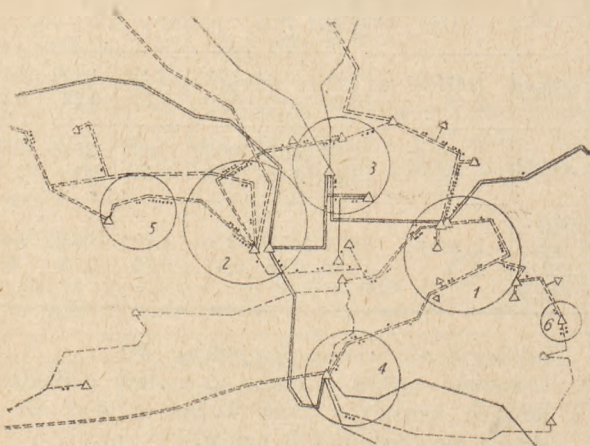
5. łańcuch izolatorów typu K w sieci 64 kV składa się średnio z 4 ogniw oraz w sieci 110 kV z 7 ogniw,
6. łańcuch izolatorów typu NK w sieci 60 kV składa się średnio z 4 ogniw oraz w sieci 110 kV z 6 ogniw.

Zawieszono w latach 1925 + 1930 izolatory typu Motor z daszkiem miedzianym miały największą liczbę uszkodzeń (3,05 %), co przypisać należy niszcącemu działaniu atmosfery okręgu przemysłowego w okresie kilkudziesięciu lat. Izolatory VK o podobnych własnościach wytrzymałościowych (elektrycznych i mechanicznych) — jak typu Motor — wykazały najmniej procent uszkodzeń (0,07 %). Wiszą one na liniach przebiegających przez tereny Górnego Śląska przeważnie od kilkunastu lat, przy czym około 30 % tych izolatorów zawieszono w okresie między jesieniami zakłóceniami w 1953 r. i wiosennymi w 1954 r. Izolatory typu K zachowały się podobnie jak izolatory typu NK, wykazując prawie ten sam procent uszkodzeń (K — 0,30 %; NK — 0,32 %). Wiszą one na liniach 110 i 60 kV od kilkunastu lat. Izolatory typu Hewlett zawieszono zaledwie na 3 liniach tak, że ich wskaźnik uszkodzeń (0,65 %) nie jest charakterystyczny. Jest jednak rzeczą znaną, że łańcuchy składające się wyłącznie z izolatorów typu Hewlett nie zostały w ogóle uszkodzone mimo, że wiszą one od 30 lat w okolicach zapyłonych.

Lokalizacja uszkodzeń potwierdza całkowicie zależność ilości uszkodzeń od nasilenia zabrudzeń. Miejsca uszkodzeń na liniach 110 i 60 kV przebiegających na terenie Zagłębia Węglowego pokazano na rys. 4, zaznaczając 6 rejonów o większym zagęszczeniu uszkodzeń.

Zagęszczenie uszkodzeń wystąpiło w następujących rejonach:

1. Chorzów — w kotlinie zapyłonej przez dwie elektrownie, trzy huty i fabrykę związków azotowych — razem 34 uszkodzeń.
2. Zabrze — w dolinie o promieniu około 6 km, zapyłonej przez dwie elektrownie, 3 kopalnie oraz huty — razem 30 uszkodzeń.



Rys. 4. Rozmieszczenie uszkodzeń, które wystąpiły w czasie zakłóceń w systemie od października 1953 do marca 1954

Kółkami zaznaczono zagęszczenie uszkodzeń w rejonach o bardzo dużym zabrudzeniu atmosfery
 ——— linia 10 kV, - - - linia 60 kV, Δ — stacja transformatorowa, — miejsca uszkodzenia linii

3. Bytom — w okolicy, w której źródłem zabrudzenia są dwie elektrownie, kopalnie i huta — razem 17 uszkodzeń.
4. Łaziska — w dolinie zapyłonej przez elektrownię i hutę — 10 uszkodzeń.
5. Gliwice — na wschód od miasta na terenie zapyłonym przez dwie kopalnie i hutę — 9 uszkodzeń.
6. Janów — na płaszczyźnie o promieniu kilkuset metrów kwadratowych, zapyłonej przez elektrownię i kopalnię — 6 uszkodzeń.

Na ogólną ilość 148 uszkodzeń linii 106, czyli około 70 % wystąpiło w rejonach największego zabrudzenia. Pozostałe uszkodzenia powstały na liniach przebiegających przez tereny narażone na zapylenie przenoszone przez wiatr z pobliskich elektrowni, hut, kopalń i fabryk chemicznych.

Przeprowadzone oględziny uszkodzonych łańcuchów izolatorów wykazały, że wszystkie izolatory były w mniejszym lub większym stopniu zabrudzone. Większość uszkodzeń zdarzyła się w dolinach, w których istniejące stawy lub mokre łąki sprzyjały powstawaniu oparów i mgieł. W dolinach tych z braku przewiewu zapylenie utrzymuje się dłużej, wskutek czego przy skłonności do powstawania mgieł częściej występują uszkodzenia linii wysokiego napięcia.

Przy analizie związku między okresem czyszczenia izolatorów a występującymi uszkodzeniami stwierdzono, że w rejonach, w których powstają zabrudzenia — występowały uszkodzenia już po upływie jednego miesiąca od oczyszczenia izolatorów. W wielu wypadkach uszkodzenia wystąpiły już w kilka dni po czyszczeniu, co należy przypisać szczególnie silnym zabrudzeniom lub też niestarym przeprowadzonym czyszczeniom. Zaobserwowano to przy łańcuchach izolatorów o ilości członów odpowiadającej w przybliżeniu zaleceniom Polskich Norm Elektrotechnicznych.

Sieć 20 kV w czasie zakłóceń systemowych nie uległa żadnym uszkodzeniom wskutek zabrudzeń izolatorów.

Dotychczasowy stan linii napowietrznych

Długość linii napowietrznych o napięciu 110 i 60 kV przebiegających przez teren górnośląskiego okręgu przemysłowego po przeliczeniu na jeden tor wynosi około 1000 km. Składają się one z dużej liczby stosunkowo krótkich odcinków o przeciętnej długości do 15 km.

Linie napowietrzne 60 kV wyposażone były przed wzmocnieniem izolacji w izolatory typu: Motor w ilości 2 ÷ 3 a w niektórych przypadkach 4 ogniw w łańcuchu, Hewlett w ilości 4 ÷ 5 ogniw, VK 75 — 3 ogniw, K3 — 4 ÷ 5 ogniw w wykonaniu żłobkowym i bezżłobkowym, NK3 i NK2 w ilości 3 ÷ 4 ogniw.

Linie napowietrzne 110 kV wyposażone były w izolatory K3 i K5 w ilości 6 ÷ 7 (wyjątkowo 8 ÷ 9) ogniw i NK3 lub NK2 w ilości 6 (wyjątkowo z 7 ÷ 8) ogniw. Izolatory typu Motor i VK75 zawieszono były na linii 110 kV w łańcuchach po 4 ÷ 5 członów. Łańcuchy izolatorów często składały się z członów różnych typów np. Hewlett i Motor, VK75 i K3.

Przewody linii są wykonane z miedzi, aluminium i stal-aluminium. Około 95% ogólnej długości linii 110 i 60 kV wykonane jest na słupach kratowych i wyposażonych w linki odgromowe o kącie ochrony od 30 do 60°. Stan izolatorów linii przed wzmocnieniem izolacji przeprowadzonym w 1954 r. charakteryzuje tablica 4.

Tablica 4

Wskaźniki uszkodzeń izolatorów wykrytych przy pomiarze rozkładu napięcia drążkiem Ferrantiego w 1954 r.

Sieć	Ilość izolatorów:	Typ izolatorów					Ogółem wszystkie typy
	1. zmierzonych. 2. uszkodzonych. 3. Wskaźnik uszkodzeń %	Motor	Hewlett	VK	K	NK	
110 kV	1. sztuk	394	0	3702	13290	8408	25794
	2. sztuk	21	—	66	234	110	431
	3. %	5,34	—	1,78	1,76	1,31	1,67
60 kV	1. sztuk	2896	303	9736	11808	2144	26887
	2. sztuk	52	4	116	197	54	423
	3. %	1,80	1,32	1,19	1,67	2,42	1,58
Ogółem 110 i 60 kV	1. sztuk	3290	303	13438	25098	10552	52631
	2. sztuk	73	4	182	431	164	853
	3. %	2,22	1,32	1,35	1,72	1,56	1,62

Pomiarami objęte zostały izolatory prawie wszystkich linii przebiegających przez teren Zagłębia Węglowego. Porównanie wyników pomiarów przeprowadzonych w lecie 1954 r. z wynikami lat ubiegłych wskazuje na wyraźne pogorszenie się stanu izolacji w okresie ostatnich trzech lat. Ilość np. uszkodzonych izolatorów typu K3, NK3 i NK2 na linii 110 kV zbudowanej przed 18 laty i przebiegającej przez teren silnie zapyłony wzrosła trzykrotnie w okresie 1951 do 1954. Dla porównania zestawiono w tablicy 5 wskaźniki uszkodzeń izolatorów na tej linii z 1951 i 1954 r.

Tablica 5

Porównanie wskaźników uszkodzeń izolatorów na linii 110 kV w 1951 i 1954 r.

Data pomiaru	Ilość zmierzonych izolatorów	Ilość uszkodzonych izolatorów	Wskaźnik uszkodzeń
lipiec 1951	3 687	17	0,46
lipiec 1954	3 873	52	1,34

Na około 17 000 izolatorów zmierzonych w 1951 r. wykryto 50 uszkodzonych, więc wskaźnik uszkodzeń wynosił 0,3. Wskaźnik ten w wyniku niszczącego działania atmosfery przy silnym wzroście zapylenia w okręgu przemysłowym wzrósł w 1954 r. do 1,62.

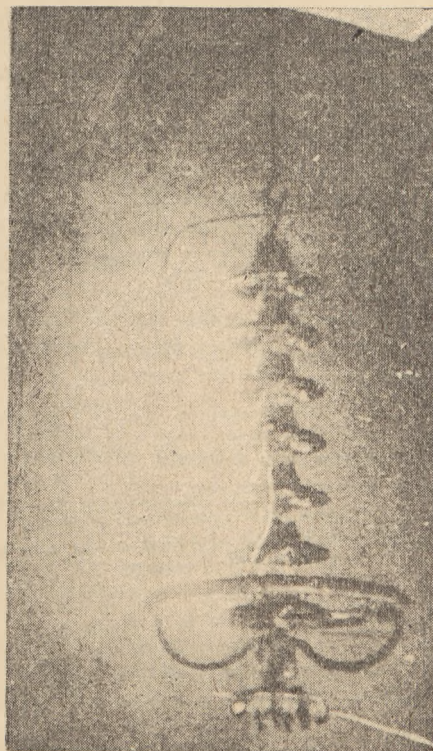
Porównanie wskaźników uszkodzeń izolatorów różnych typów prowadzi do wniosku, że izolatory na terenach silnie uprzemysłowionych ulegają procesowi starzenia, który z czasem przebiega coraz szybciej.

Na przykład izolatory typu Motor, które według powszechnego mniemania nie ulegają przebicciu, wykazują po 30 latach pracy wskaźnik uszkodzeń 2,22, izolatory typu K po przeciętnie 20 latach — 1,72, izolatory typu NK wiszące od 15 lat — 1,56, izolatory VK zawieszone natomiast przed 10 laty mają najniższy wskaźnik 1,35. Wskaźnika uszkodzeń izolatorów typu Hewlett nie można jeszcze uznać jako pewny, gdyż pomiary przeprowadzono zaledwie na 300 izolatorach tego typu.

Proces starzenia izolatorów

Uszkodzone izolatory w wielu przypadkach nie wykazują pełnego przebiccia. Za pomocą pomiarów spadku napięcia na izolatorach liniowych wykrywa się izolatory w stadium początkowego uszkodzenia, które mogą spowodować poważniejsze zakłócenia linii. Na izolatorach występują często wyładowania niezupełne, wywołane przez włoskowate pęknięcia porcelany w pobliżu okucia, powstające wskutek naprężenia lokalnego, przekraczającego wytrzymałość materiału, bądź też przez korodujące działanie zanieczyszczonej atmosfery. Prąd pojemnościowy jest jednak zbyt mały, aby pęknięty izolator został przebity. Włoskowate pęknięcia izolatorów powodują, że oporność izolatora obniża się i jednocześnie wzrasta jego stratność. Dlatego zmienia się rozkład potencjałów na łańcuchu izolatorów. Izolator uszkodzony zachowuje się tak jak zwarty, choć ściśle biorąc nie ma tu zwarcia metalicznego, lecz znacznie skraca się droga upływu. Wyjaśnia to wykrycie uszkodzonych izolatorów typu Motor i VK, mimo że nie były one całkowicie przebite.

Pomiary przeprowadzone w atmosferze pary nasyconej wykazały, że prąd upływu izolatorów typu Mo-



Rys. 5. Wyładowanie na łańcuchu izolatorów pokrytych warstwą brudu w atmosferze silnej mgły (w warunkach laboratoryjnych)

tor zdjętych z linii po około 30 latach wynosił $1 \div 2$ mA, podczas gdy prąd upływu nowego izolatora VK 75 dochodzi zaledwie do około $1 \mu\text{A}$.

Proces starzenia izolatorów w rejonach o dużym zabrudzeniu atmosfery przebiega znacznie szybciej niż w okolicach, gdzie atmosfera jest czysta. Wskutek kilkakrotnie niższej stałej dielektrycznej powietrza niż porcelany — w szczelinie izolatora powstaje znacznie większe natężenie pola elektrycznego. Wskutek tego wzdłuż szczeliny gromadzą się drobne cząsteczki brudu. Pod wpływem wilgoci w zabrudzonej szczelinie izolatora występują wyładowania żłobiące kanał przewodzący. Po zgaśnięciu powstałego łuku oporność izolacji kanału może osiągnąć wartość jak przed zabrudzeniem, jednak wytrzymałość elektryczna takiego izolatora zmniejsza się. (Izolator taki stanowi w łańcuchu element o mniejszej oporności, co zależy od stanu wilgotności powietrza. Prąd pojemnościowy i napięcie na tym ogniwie są za małe, aby przebieć go zupełnie; wystarczy jednak, aby powstały wyładowania niezupełne, które z czasem prowadzą do całkowitego zniszczenia izolatora).

Wyładowania na łańcuchu izolatorów złożonym z 7 członów K3 w atmosferze zapyłonej podczas mgły pokazano na rys. 5.

Zapylenie

Zaobserwowany w okresie 1951–1954 wzrost wskaźnika uszkodzeń izolatorów został spowodowany przez znaczne i stale postępujące nasilenie zabrudzenia atmosfery na terenie Zagłębia Węglowego. Wzrost produkcji energii elektrycznej i rozbudowa przemysłu przyczyniły się do zwiększenia zużycia węgla. W 1953 r. np. spalono o 50 % więcej węgla niż w 1948 r. Równocześnie wzrosła zawartość popiołu w węglu energetycznym z 17 do 22 %. Ponieważ ilość kotłów pyłowych powiększyła się a ponadto wzrosła produkcja zakładów syntezy chemicznej, przeto przyjąć można, że w 1954 r. zapylenie wzrosło o 100 % w stosunku do 1948 r., gdy rozpoczynał się plan 6-letni.

Zabrudzenia izolatorów rozpuszczają się częściowo w wodzie. Rozpuszczalne są cząstki soli organicznych i nieorganicznych, jak również związki, które w połączeniu z wilgocią atmosferyczną tworzą zasady i kwasy działające korodująco na metale.

Zabrudzenia nierozpuszczalne tworzą skorupę o szorstkiej powierzchni, na której łatwo osadza się nałot z zabrudzonej atmosfery.

Skład chemiczny pyłu pobranego z charakterystycznego dla górnośląskiego okręgu przemysłowego terenu Chorzowa na podstawie analizy przeprowadzonej przez „Energopomiar” podano w tablicy 6.

Zawartość substancji nierozpuszczalnych w wodzie waha się w granicach od 71,3 do 97,2 %.

Zabrudzenia rozpuszczalne w wodzie działają niszcząco na stalowe części słupów, a przede wszystkim na linkę odgromową. Pomiary zabrudzeń atmosfery przeprowadzone w Chorzowie wykazały, że zapylenie terenu wynosi od 0,688 do 26,749 g/m² na dobę. Średnio zapylenie Chorzowa wynosi 5 g/m² na dobę.

Pomiary przeprowadzone w okolicy Pyskowic oddalonych o około 17 km od źródeł silnego zabrudzenia (Zabrze, Bytom) wykazały zapylenie od 0,208 do 0,350 g/m² na dobę.

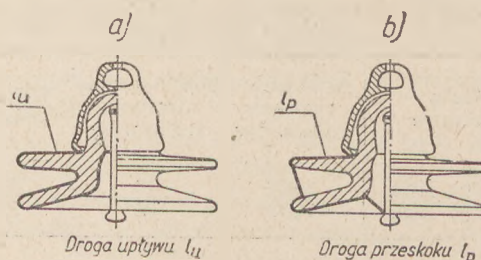
Zapylenie Zagłębia Węglowego o powierzchni około 1000 km² wynosi średnio od 0,25 do 5 g/m² na dobę. Z porównania pomiarów przeprowadzonych przez „Energopomiar” z mapką na rys. 4 wynika, że zagęszczenie zakłóceń wystąpiło na obszarach o średnim zapyleniu $2 \div 5$ g/m² na dobę.

Odporność izolatorów liniowych na zabrudzenia atmosfery

O przydatności rozmaitych typów izolatorów liniowych dla rejonów o silnym zabrudzeniu atmosfery decyduje:

1. stosunek drogi upływu do drogi przeskoku,
2. kształt ułatwiający samooczyszczanie izolatorów pod działaniem deszczu i wiatru,
3. środki zapobiegające osadzaniu się dużych ilości pyłu.

Rozkład napięcia na łańcuchach izolatorów pokrytych brudem jest prostoliniowy. Zwiększanie ilości ogniw w celu podwyższenia napięcia zapłonu na łańcuchu izolatorów jest naturalnym, aczkolwiek nie jedynym środkiem podniesienia odporności na zabrudzenia linii napowietrznych. Zastosowanie izolatorów specjalnej konstrukcji na terenach narażonych na zabrudzenia i mgły zmniejsza praktycznie ilość ogniw w łańcuchu w porównaniu z powszechnie używanymi izolatorami K3. Izolatory specjalne mają większy stosunek drogi upływu do drogi przeskoku.



Rys. 6. Droga upływu i droga przeskoku izolatora radzieckiego typu NS2

Na rys. 6a i 6b przedstawiono drogę upływu l_u i drogę przeskoku l_p izolatora radzieckiego NS2, skonstruowanego dla rejonów zabrudzonych.

Zaletą izolatorów specjalnych jest wysokie napięcie przeskoku w razie zabrudzenia w atmosferze pary nasyconej przy stosunkowo krótkiej drodze przeskoku.

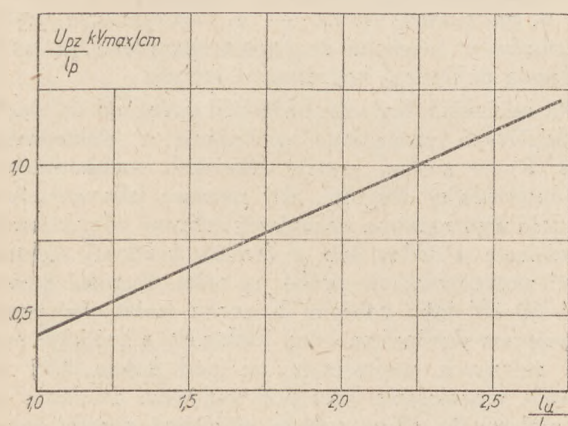
Tablica 6

Skład chemiczny pyłu z terenu miasta Chorzowa

Składnik	Udział procentowy na terenie			
	Azotów	Elektrowni	Huty	Miasta
Strata prażenia (850 °C)	37,96	32,29	24,68	28,86
Krzemionka SiO ₂	23,1	33,31	22,22	33,0
Żelazo Fe ₂ O ₃	8,79	12,1	38,04	15,29
Glin Al ₂ O ₃	12,8	15,36	6,55	12,31
Wapń CaO	5,7	3,51	2,65	3,94
Magnez MgO	1,98	2,0	0,97	1,98
Siarka SO ₃	2,75	1,86	4,17	3,1
Fosfor P ₂ O ₅	2,04	0,45	0,51	1,17

Przydatność izolatorów specjalnych dla rejonów zabrudzonych jest tym większa, im krótszy i lżejszy jest łańcuch izolatorów przy tym samym napięciu przeskoku.

Na podstawie sporządzonego przez prof. Sirotynskiego (ZSRR) wykresu przedstawiającego zależność średnich napięć przeskoku izolatorów od stosunku drogi przeskoku do drogi upływu (rys. 7) można porównać przydatność różnych typów izolatorów dla ośrodków przemysłowych. Wykres ten sporządzony został przy zabrudzeniu izolatorów pyłem przemysłowym o nasileniu 50 mg/cm².



Rys. 7. Zależność średnich napięć przeskoku izolatorów pracujących w warunkach zabrudzenia od stosunku drogi upływu do drogi przeskoku

Porównanie przydatności rozmaitych typów izolatorów liniowych stosowanych w Polsce dla rejonów zabrudzonych podano w tablicy 7.

Tablica 7
Przydatność izolatorów różnych typów przy zabrudzeniu pyłem przemysłowym ≈ 0 mg/cm²

Typ	l_u cm	l_p cm	l_u/l_p	U_{pz} l_p kV _{max} /cm	U_{pz} kV _{max}	U_{pz} kV _{skut}
NK3	61,3	23,2	2,64	1,2	27,8	19,7
NS2	41,1	22,2	1,85	0,83	18,4	13,0
VK 75	54,0	36,6	1,48	0,65	23,2	16,4
K 3	30,0	22,7	1,32	0,57	13,0	9,2
K 3 (bez żłóbk.)	23,0	22,7	1,01	0,43	9,8	6,9

l_u — droga upływu, l_p — droga przeskoku, U_{pz} — napięcie przeskoku w warunkach zabrudzenia

Z tablicy 7 wynika, że dla okręgu o silnym zabrudzeniu atmosfery i narażonym na działanie mgły najodpowiedniejszy jest izolator NK3.

Dalszym czynnikiem decydującym o wyborze typu izolatora w rejonach zabrudzonych jest jego zdolność do samooczyszczania pod wpływem deszczu i wiatru. Tę zaletę ma izolator typu NS2. Tak zwana „przyczepność” zabrudzeń wpływa również na przydatność izolatora. Konstrukcja izolatora NS2 powoduje stosunkowo małą „przyczepność” w porównaniu z izolatorem typu NK3. Te czynniki w połączeniu z dobrym stosunkiem napięcia przeskoku do długości drogi

przeskoku zadecydowały o zastosowaniu izolatorów typu NS2 w polskich okręgach przemysłowych dla linii napowietrznych o napięciu równym i wyższym od 30 kV. Ponieważ izolatory NS2 są zdolne do częściowego samooczyszczania, przeto wiesz się je na słupach odporowych, na których czyści się je w pewnych okresach. Trudniejsze do oczyszczenia są izolatory NK3. Dlatego wiesz się je na słupach przelotowych. Izolatory NK3 oczyszcza się w specjalnych zmywalniach.

Tablica 8
Dobór łańcucha izolatorów w rejonach zabrudzonych według autora

Napięcie znamionowe kV		220			110			60		
Strefa zabrudzenia		I	II	III	I	II	III	I	II	III
Poziom napięcia kV		352	304	267	178	152	134	120	105	60
NK 3	Ilość członów	18	15	14	9	8	7	6	5	3
	Napięcie przeskoku	354	296	276	177	158	138	118	99	59
NS 2	Ilość członów	27	23	21	13	12	10	9	8	4
	Napięcie przeskoku	351	299	273	169	156	130	117	104	52

Dobór ilości izolatorów w łańcuchu dla rejonów o silnym zabrudzeniu jest przedmiotem sporu wielu fachowców. Proponowana przez autora ilość członów ujęta w tablicy 8 opiera się na następujących założeniach:

1. W warunkach zabrudzenia napięcie przeskoku powinno być n -krotnie większe od napięcia linii pracującej w sieci skompensowanej.

W sieci ze skutecznie uziemionym punktem zerowym poziom odniesienia obniżony jest o 20 %.

2. Współczynnik n powinien wynosić: dla strefy o bardzo dużym zabrudzeniu (powyżej 2 g/m² na dobę) — 2, dla strefy o średnim zabrudzeniu (0,50 ÷ 2 g/m² na dobę) — 1,75, dla strefy o małym zabrudzeniu (poniżej 0,50 g/m² na dobę) — 1,5.

3. Rozkład napięcia na zabrudzonym łańcuchu izolatorów ma przebieg liniowy.

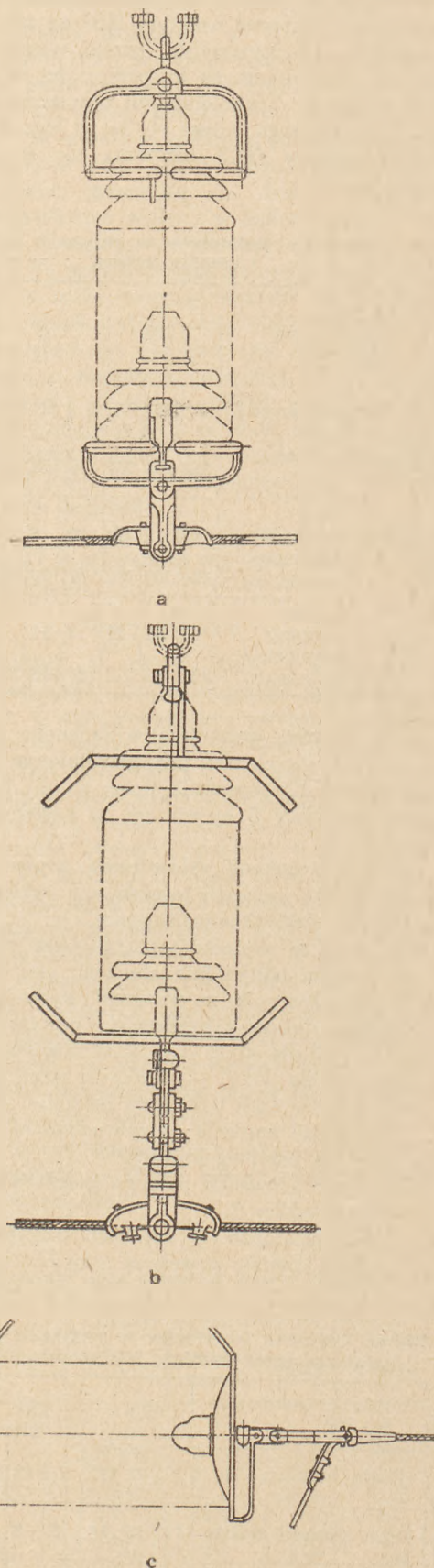
Napięcie przeskoku jednego izolatora zabrudzonego podano w tablicy 7.

Ilości izolatorów w rejonach zabrudzonych ustalone przez komisję powołaną przy Zarządzie Techniki

Tablica 9
Dobór łańcucha izolatorów w rejonach zabrudzonych, ustalony przez komisję Ministerstwa Energetyki

Napięcie znamionowe kV	220			110			60	30
Strefa zabrudzenia	I	II	III	I	II	III	I	II
Ilość członów NK 3	17	15	14	9	8	7	6	5
Ilość członów NS 2	23	21	19	12	11	10	8	7

Ministerstwa Energetyki (tablica 9) różnią się częściowo od propozycji autora.



Rys. 8. Pierścienie ochronne z różkami na liniach 110 kV w rejonach zabrudzonych

a -- łańcuch wiszący pojedynczy, b -- podwójny, c -- odciągowy

W 1954 i 1955 r. dostosowano izolację linii 110 i 60 kV do wytycznych ustalonych przez Zarząd Techniki Ministerstwa Energetyki. Wobec braku odpowiedniej ilości izolatorów NS2 zawieszono na słupach odciągowych izolatory K3, które z czasem zostaną wymienione na izolatory typu NS2.

Na słupach podporowych zawieszono około 40 tys. izolatorów K3 i około 15 tys. izolatorów NS2, przy czym na liniach 60 kV łańcuch składał się z 9 członów K3 lub z 8 członów NS2, a na liniach 110 kV — z 12 członów K3 lub NS2. Na słupach przelotowych zawieszono około 25 tys. izolatorów NK3, przy czym liczba członów w łańcuchu na liniach 60 kV wynosiła 6, na liniach 110 kV — 9. Podwyższenie liczby izolatorów w łańcuchu wymagało oczywiście przeprowadzenia dokładnej koordynacji izolacji.

Na odcinkach linii stanowiących podejścia do stacji rozdzielczych zawieszono pierścienie z elektrodami (rys. 8) w postaci prętów żelaznych ocynkowanych o odpowiedniej długości, aby przerwa iskrowa odpowiadała wymaganiom wskazówek ochrony odgromowej. Pierścienie z jedną lub z dwoma krótkimi elektrodami zastosowano na próbę na całej długości dwóch linii 60 kV jako ochronę łańcucha izolatorów przed niszczącym działaniem łuku. Elektrody z krótkich prętów żelaznych umieszczone są pod kątem 45°, co ułatwia wygaśnięcie łuku pod wpływem działania sił dynamicznych. (Konstrukcja pierścieni została opracowana przez prof. T. Stępniewskiego na podstawie projektu racjonalizatorskiego, inż. J. Krawca i inż. J. Ćwienka z Zakładu Sieci Elektrycznych Gliwice).

Osprzet wszystkich innych przeizolowanych linii przystosowano do zawieszenia w przyszłości podobnych pierścieni ochronnych, jeśli w praktyce okaże się to celowe.

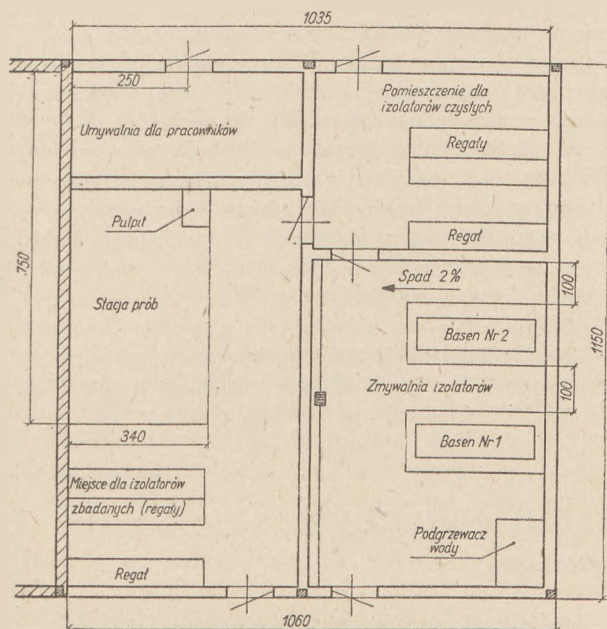
Doświadczenia z eksploatacji po przeizolowaniu linii potwierdzają słuszność znacznego wzmocnienia poziomu izolacji. Mimo silnych mgieł nie stwierdzono bowiem nigdzie uszkodzeń na odcinkach linii przeizolowanych, kilkakrotnie natomiast wystąpiły zakłócenia w miejscach nieprzeizolowanych mimo, że izolatory na tych liniach były czyszczone. Uszkodzenia te miały podobny charakter jak w opisanych zakłóceniach systemu.

Czyszczenie izolatorów

Poziom izolacji I strefy zabrudzenia według tablicy 9 odpowiada wytrzymałości elektrycznej dla zabrudzenia warstwą pyłu około 40 mg/cm². Opierając się na pomiarach nasilenia zabrudzeń w górnośląskim okręgu przemysłowym, które wykazały, że w strefie dużego zabrudzenia nalot pyłu wynosi więcej niż 2 g/m² na dobę (tj. ponad 0,2 mg/cm²) można w przybliżeniu ustalić okres czyszczenia izolatorów.

Na podstawie powyższych wartości przyjmuje się, że izolator w stanie beznapięciowym pokryje się warstwą pyłu 40 mg/cm² po około 200 dniach. Uwzględniając że pył jest przyciągany elektrostatycznie przez izolatory znajdujące się pod napięciem, wskutek czego zabrudzają się one co najmniej dwa razy szybciej, należy przyjąć, że okres między kolejnym czyszczeniem w strefie dużego zabrudzenia powinien wynosić około 100 dni, tj. około trzy miesiące. W strefie średniego zabrudzenia, gdzie wystarczy niższy poziom

izolacji, należy czyścić izolatory dwa razy w ciągu roku, tj. przed okresami wiosennych i jesiennych mgieł. W strefie małego zabrudzenia czyszczenie może się odbywać raz w roku, najlepiej przed okresem jesiennych mgieł. Na terenach o specjalnie dużym nasileniu zabrudzeń należy izolatory czyścić często, zależnie od wyników obserwacji stanu izolacji w czasie wilgotnej pogody, szczególnie w nocy.



Rys. 9. Zmywalnia izolatorów w Zakładzie Sieci Elektrycznych Gliwice

Izolatory należy czyścić dokładnie, pozostałości brudu tworzą bowiem przewodzące kanaliki, ułatwiające powstawanie wyładowań niezupełnych, przechodzących następnie w łuk elektryczny. Zaleca się czyścić izolatory w specjalnie do tego celu przeznaczonych zmywalniach (rys. 9). W tym celu trzeba oczywiście wymienić łańcuchy izolatorów. W ten sposób czyści się w Zakładzie Sieci Elektrycznych Gliwice izolatory wiszące na słupach przelotowych.

Izolatory zawieszone na słupach odporowych myje się na słupie, gdyż wymiana łańcuchów odciągowych pochłania wiele pracy i osłabia przewody w zaciskach.

Zmywalnie izolatorów wybudowano w kilku miejscach, aby skrócić drogę transportu i zwiększyć ogólną ich przepustowość. Zmywalnia wyposażona jest w dwie wanny betonowe z przegródkami drewnianymi dla każdego izolatora. W pierwszej wannie poddaje się izolatory kąpieli w gorącym, wodnym roztworze fluorku amonu, następnie czyści się za pomocą szczotek; z kolei w drugiej wannie płucze się izolatory w wodzie. Po wymyciu i oczyszczeniu poddaje się izolatory próbie napięciowej na stoisku probierczym. Zastosowanie pomiarów w zmywalni pozwoli ograniczyć pomiar rozkładu napięć tylko do łańcuchów odciągowych.

Roztwór fluorku amonu stosowany do czyszczenia izolatorów ma wprawdzie dobre właściwości czyszczące, i nie nagryza metalu, niemniej jednak działa

niekorzystnie na glazurę porcelany. Mimo małego stężenia roztworu (około 0,01 g/cm³) badania mikroskopowe ujawniły w porcelanie drobne rysy, które z biegiem czasu osłabiają wytrzymałość elektryczną izolatorów. Innego, równie skutecznego i zachowującego się obojętnie wobec metalu i porcelany środka dotychczas nie znaleziono. Przy czyszczeniu izolatorów pod napięciem metodą natryskową zastosowano środek chemicznie obojętny, a mianowicie produkt suchej destylacji węgla, tzw. kogazynę chlorowaną. Jest to jednak środek stosunkowo drogi, a ponadto nie ma tak dobrych właściwości zmywających jak fluorek amonu. Czyszczenie izolatorów pod napięciem wykonuje się wówczas, gdy wyłączenie linii wymaga znacznego ograniczenia w dostawie energii.

Przewody

Stan przewodów roboczych mimo wieloletniego działania zabrudzonej atmosfery nie budzi żadnych zastrzeżeń. Zdarzały się wprawdzie przypadki zerwania przewodów w środku przeseł, jednak przyczyn zakłócenia nie należy przypisywać chemicznemu zniszczeniu materiału przewodów, lecz raczej mechanicznym uszkodzeniom. Zdarzają się natomiast w eksploatacji wypadki przegrzania przewodów, a szczególnie złączek wskutek przeciążenia lub zwarcia. Przy przepływie dużych prądów przez złączki wzrasta oporność styku, co powoduje przepalenie się przewodu na złączce lub obok złączki. Prądy zwarcia wywołują również lokalne przegrzania i przepalenia złączek.

Rozpoczęta w 1954 r. wymiana złączek śrubowych na karbowane nie dała spodziewanych korzyści. Zastosowane złączki karbowane w kilku przypadkach uległy bowiem przepaleniu. Przyczyną uszkodzeń złączek jest raczej duża oporność styku. Przewody miedziane pokrywają się związkami chemicznymi, powstającymi pod wpływem korodującego działania zanieczyszczonej atmosfery. Dokładne oczyszczenie przewodów w miejscu styku jest bardzo trudne. Dlatego styk złączki po zakarbowaniu pod wpływem termicznego działania prądu stopniowo pogarsza się aż do przepalenia.

Przeprowadzane w lipcu 1955 r. próbne pomiary kilkunastu złączek karbowanych za pomocą milivoltomierza (pomógł pracownik Zarządu Energetycznego Okręgu Południowego, ob. Linka) wykazały dobry stan mierzonych złączek. Zastosowanie tej metody na szeroka skalę pozwoli dopiero na określenie stanu złączek karbowanych oraz śrubowych i przeprowadzenie właściwego porównania.

Linka odgromowa ulega znacznej korozji pod wpływem niszczonego działania rozpuszczalnych w wodzie zabrudzeń. Dokładne oględziny stanu linek odgromowych pozwoliły na stwierdzenie, że około 10% ogólnej ich długości nie nadaje się do eksploatacji. Korozja tak dalece osłabiła przekrój linki, że czasem nawet silniejszy wiatr powodował jej zerwanie. Przeprowadzona wymiana kilkudziesięciu kilometrów linki odgromowej poprawiła znacznie stan linii napowietrznych.

Organizacja eksploatacji sieci

Sieć wysokich napięć, tj. linie i stacje elektroenergetyczne o górnym napięciu powyżej 30 kV w śląskim

okręgu przemysłowym są eksploatowane przez jednostki organizacyjne, zwane rejonami wysokich napięć. Rejony te podzielone są na placówki dysponujące brygadami, złożonymi z monterów liniowych i stacyjnych. Wyodrębnienie eksploatacji sieci wysokich napięć z rejonów sieci obsługujących sieć o napięciu nie przekraczającym 30 kV okazało się konieczne z uwagi na odmienne wymagania technicznej obsługi.

Sieć o napięciu równym i wyższym od 30 kV narażona jest na zakłócenia spowodowane niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi (brud i mgła). Przy eksploatacji sieci wysokich napięć, którymi przesyła się duże ilości energii z elektrowni o mocy rzędu kilkuset MW trzeba wykorzystywać osiągnięcia nowoczesnej techniki.

Wszelkie czynności brygad podległych rejonom wysokich napięć wykonywane są jedynie za zgodą lub na polecenie dyżurnego dyspozytora ruchu, mającego swą siedzibę w dyrekcji zakładu sieci. Rola takiego dyspozytora jest szczególnie trudna i odpowiedzialna w przypadkach likwidacji zakłóceń.

W celu sprawnego i szybkiego usunięcia uszkodzeń

na liniach wysokich napięć zastosowano najnowsze środki organizacyjno-techniczne.

Miejsce uszkodzenia linii wykrywa się wstępnie z dokładnością do 2 km za pomocą lokalizatorów uszkodzeń zainstalowanych w ważniejszych stacjach systemu. Lokalizator uszkodzeń wysyła impuls, który odbija się od miejsca uszkodzenia i wraca do aparatu po czasie zależnym od odległości miejsca uszkodzenia. Na miejsce uszkodzenia udaje się niezwłocznie brygada monterska samochodem pogotowia technicznego, wyposażonym w warsztat, agregaty oświetleniowe i niezbędne narzędzia. W samochodzie pogotowia znajduje się kabina dla 8 monterów.

W siedzibach placówek podległych rejonom wysokich napięć przez całą dobę pełnią pogotowie awaryjne brygady monterskie. Ostatnio wyposażono rejonny wysoki napięć i samochody pogotowia technicznego w stacje krótkofalowe, umożliwiając zdalne kierowanie pracą brygady.

Tego rodzaju organizacja zapewnia osiągnięcie maksymalnej sprawności w obsłudze wielkich sieci elektrycznych, w trudnych warunkach panujących w centrum wielkiego przemysłu.

621.315.661.002.2

Metody stawiania słupów w budownictwie sieciowym

Inż. Czesław Rukszto

Jedną z zasadniczych pracochłonnych robót przy budowie sieci jest stawianie słupów. Obejmuje ono następujące czynności:

- a) roboty przygotowawcze, tj. rozmieszczenie sprzętu montażowego (dźwigarka, wielokrażki, bloki, nożyce pomocnicze, liny itd.),
- b) podniesienie słupa,
- c) ustawienie słupa w położeniu zgodnym z projektem linii,
- d) ustawienie słupa na fundamencie, aby mógł przejąć obciążenie przewodów, wiatru,
- e) demontaż sprzętu montażowego i przeniesienie na następne miejsce.

Do stawiania słupa przystępuje się dopiero wówczas, gdy jest on całkowicie zmontowany oraz gdy fundament dla niego jest wykonany i stężały. Niekiedy montaż i stawianie słupa odbywa się równocześnie, tj. słup ustawia się częściami, które łączy się w pozycji pionowej.

Tego rodzaju metodę stawiania słupów należy jednak stosować jedynie wówczas, gdy składanie słupa w położeniu poziomym, tj. na ziemi nie jest możliwe. Przy pionowym bowiem montażu słupów zarówno montaż jak i jego kontrola są zwykle trudniejsze.

Słupy linii elektroenergetycznych ustawia jedna lub kilka brygad, posuwających się, stopniowo wzdłuż trasy linii.

Zasadnicze metody stawiania słupów

Słupy zmontowane na ziemi ustawia się obecnie za pomocą:

1. ruchomych nożyc,
2. stałych nożyc, słupa lub masztu montażowego,
3. specjalnych mechanizmów.

Ostatnio rozpowszechniła się *obrotowa metoda stawiania słupów za pomocą ruchomych, padających nożyc*.¹⁾

Metodę tą stosuje się nie tylko do stawiania słupów lżejszych, ale też i cięższych, nawet w trudnych warunkach terenowych. Jest to metoda prosta i nie wymagająca specjalnych mechanizmów. Polega ona na ułożeniu słupa wzdłuż trasy linii, połączeniu jego dwu odnóży z fundamentem za pomocą specjalnego przegubu, podniesienia słupa za pomocą nożyc liną ciągnioną przez dźwigarkę (windę) lubciągnik.

Nożyce pracują, poczynając od położenia słupa na ziemi aż do wzniesienia jego wierzchołka do około 40 do 55° (do poziomu), tj. do momentu, w którym lina między słupem, nożycami a dźwigarką lub ciągnikiem przyjmie linie prostą (bez załomu). Od tego położenia dźwigarka lubciągnikciągnie bezpośrednio słup aż do położenia pionowego.

Stawianie słupów tą metodą ogranicza się więc do ustawienia nożyc, wind hamujących itd., podniesienia słupa, połączenia go z fundamentem, demontażu urządzeń pomocniczych i ich przewożu na nowe stanowisko pracy.

Przy podnoszeniu słupa ciągnikiem lub samochodem za pomocą ruchomych, padających nożyc zestawia się zwykle dwie brygady po 3 - 4 pracowników. Jedna brygada wykonuje roboty przygotowawcze, druga ustawia, reguluje i umocowuje słup do fundamentów. Liny, dźwigarki, nożyce przewozi się ze sta-

¹⁾ Szczegóły stawiania słupów metodą obrotową zostały podane w referacie inż. Hałki na naukowo-technicznym naradzie budownictwa sieciowego, która odbyła się w Krakowie w maju 1955 r.

nowiska na stanowisko ciągnikiem lub samochodem. Przed tymi brygadami postępuje zwykle naprzód jeszcze jedna brygada z 2 ÷ 3 robotników, zajmujących się oczyszczaniem terenu, umocowaniem dźwigarek, przygotowaniem lin, wielokrążków itd. Prace przygotowawcze trwają 1,5 do 2 godzin, samo ustawianie słupa ciągnikiem — 10 ÷ 15 minut.

Po wojnie 1939 ÷ 1945 r. metoda ta zastosowana została po raz pierwszy w 1946 r. przy budowie linii 110 kV Górny Śląsk — Dolny Śląsk. Metoda ta nie została jeszcze wykorzystana przy budowie linii 220 kV Śląsk-Łódź, ale już na trasie Łódź-Warszawa tylko kilkanaście słupów ustawiono za pomocą innych metod, większość zaś metodą obrotową. Na linii 220 kV Jaworzno-Rożki, budowanej w 1952 r. wszystkie słupy (z wyjątkiem jednego) ustawione zostały metodą obrotową. Na liniach 110 kV o słupach kratowych i drewnianych obecnie praktycznie już wszystkie słupy stawiane są według tej metody. Wprowadzenie w 1953 r. ciągnika gąsienicowego do budowy linii elektroenergetycznych usprawniło jeszcze bardziej stawianie słupów metodą obrotową.

W 1954 r. Zarząd Przedsiębiorstw Budowy Sieci opracował i zalecił stosować na wszystkich budowach „Instrukcję stawiania słupów metodą obrotową”. W ten sposób metoda ta stała się normalnie obowiązującą typową metodą pracy na budowach linii 110 i 220 kV.

Rzadko zdarzające się awarie przy stawianiu słupów omawianą metodą wynikały raczej z zaniedbań w czasie montażu lub niewłaściwego doboru parametrów układu. Powodem tych nielicznych zresztą awarii był raczej żywiołowy rozwój metody, przeważnie nie oparty na obliczeniach, określających warunki stosowania jej dla poszczególnych typów słupów i warunków ustawiania. Dla zobrazowania rozwoju omawianej metody warto podać wielkość stosowanych przy montażu wind-dźwigarek. Przy budowie Szyny Śląskiej w 1946 r. stosowano dwie lub trzy windy na 3 lub 5 tonn. W 1947 r. ówczesne Państwowe Budownictwo Energetyki rozpoczęło pracę tą metodą na innych liniach, używając wind na 15, rzadziej na 10 tonn.

Stosunkowo szybko przedsiębiorstwo to przeszło na windy 5, później 3 t. Przy budowie linii 220 kV Jaworzno-Rożki stosowane były już tylko 2 windy 3-tonnowe w układzie równoległym, a tylko wyjątkowo 3 windy. Sam jednak układ podnoszenia nie uległ znaczniejszej zmianie. Zmieniał się jedynie czynnik ciągnący (człowiek z dźwigarką, koń, samochód, ciągnik). Obecne utrzymanie lub zmodyfikowanie oraz dalsze zmechanizowanie tej metody wymaga starannego przeanalizowania i uzasadnienia obliczeniowego dla ustalenia najbardziej dogodnych i bezpiecznych warunków pracy. Naukowa podbudowa tej metody powinna również wskazać przypadki, w których nie powinno się jej stosować. Rozważania powinny wreszcie wykazać, jak należy poprawić „Instrukcję stosowania metody obrotowej do ustawiania słupów”, aby przy zachowaniu najdogodniejszych i najbezpieczniejszych warunków pracy można było jeszcze skrócić czas podnoszenia słupów, a tym samym przyspieszyć tempo budownictwa sieciowego.

Metodę tą należy porównać z innymi, aby wskazać na jej zalety i wady.

Ustawianie słupów za pomocą stałych, nieruchomych nożyc

Metoda obejmuje ustawienie nożyc, zaopatrzonych w linę, służącą do podnoszenia, zakotwiczenie linek utrzymujących nożyce, zakotwiczenie dźwigarki podnoszącej i hamującej, podniesienie słupa, zdemonstrowanie urządzeń do ustawiania słupa i przewiezienie ich na nowe miejsce.

Zastosowanie tej metody ogranicza się raczej do cięższych, wysokich słupów.

Stale, nieruchome nożyce prostej konstrukcji wykonuje się z drzewa. Nożyce ustawia się pionowo lub lekko pochylone. W tym położeniu utrzymują je linki, przymocowane do górnego końca nożyc. U góry nożyc osadza się za pomocą odpowiedniego uchwytu stały blok wielokrążka, służącego do podnoszenia słupa. Przy większych obciążeniach stosuje się nożyce składane z kilku drągów, połączonych uchwytami. Przy ustawianiu długich słupów stosuje się niekiedy nożyce przedłużone. Za granicą używa się nożyc z rur lub konstrukcji żelaznych. Wykonuje się je z ogniw o długości 7 ÷ 10 m, połączonych ze sobą za pomocą sworzni.

W celu uzyskania należytej stateczności nożyc stosuje się trzy linki odciągowe (kąt między nimi wynosi 120°) lub częściej cztery linki odciągowe (pod kątem 90°). Linki odciągowe powinny być tak ułożone, aby jedna z nich miała kierunek przeciwny niż siła działająca przy podnoszeniu słupa.

Kąt nachylenia linek do poziomu nie powinien być większy niż 45°. Linki odciągowe umocowuje się za pomocą żelaznych prętów (klinów kotwicznych) wbijanych do ziemi.

Spód nożyc wykonuje się z drąga drewnianego, wskutek czego zmniejsza się ciśnienie na grunt.

Przy porównaniu omawianej metody z metodą za pomocą nożyc ruchomych należy oddać pierwszeństwo metodzie drugiej (tj. podnoszenia słupów za pomocą ruchomych padających nożyc) jako bardziej zmechanizowanej a tym samym bardziej ekonomicznej i wydajnej.

Jednak i metoda ruchomych, padających nożyc ma poważne wady, a mianowicie:

- a) zbyt dużo czasu zajmuje montowanie i rozmontowanie nożyc,
- b) mało wykorzystane są ciągniki do robót przygotowawczych.

Prace przygotowawcze pochłaniają 70 do 80 % całego czasu, potrzebnego do ustawienia słupa. Trudno więc sposób ten uważać za oszczędny.

Ostatnio, w związku z coraz powszechniejszą mechanizacją prac montażowych, stosuje się za granicą inne sposoby stawiania słupów, wymagające jednak odpowiednich urządzeń. Należy podkreślić, że przy tych sposobach potrzebne są specjalne mechanizmy, a więc ciągnik z odpowiednio długim i silnym dźwigiem lub samochód z dźwigiem i ciągnik zwykły. W obu tych wypadkach odpada znaczna ilość prac przygotowawczych, dzięki czemu proces stawiania słupów skraca się 3 ÷ 4-krotnie. Ponadto odpada praca ręczna,

związana z podniesieniem i połączeniem słupa z jego odziomkiem w fundamencie za pomocą ruchomego uchwytu.

Dlatego też, jeśli tylko istnieją odpowiednie urządzenia, jak ciągnik czy samochód z dźwigiem, należy wykorzystać te metody.

a) *Ustawianie słupów kratowych linii 110 lub 220 kV za pomocą ciągnika gąsienicowego z dźwigiem*

Słup układa się przed fundamentem, przy czym oś słupa może nie być zgodną z osią trasy linii.

Ciągnik gąsienicowy podjeżdża do słupa. Robotnicy zaczepiają hak dźwigu za linowy uchwyt, który obejmuje słup nieco ponad środkiem ciężkości (ażby słup przy podnoszeniu się nie obrócił). Miejsce uchwytu musi być odpowiednio mocne ewentualnie należy je wzmocnić. Dla ochrony przed przetarciem liny chwytającej należy założyć drewniane podkładki. Sama lina chwytająca powinna być tak dobrana, aby po naciągu jej przez hak dźwigu kąt między nią a górnym wspornikiem słupa nie był mniejszy niż 45° . Dźwig podnosi słup i obraca go aż do położenia nad fundamentem, a następnie opuszcza w dół.

Robotnicy nasuwają spód słupa nad fundament i przykręcają go śrubami do odziomka. Dźwig utrzymuje słup aż do ostatecznego umocowania na fundamencie.

Wadą tej metody jest zbyt mała stateczność jazdy gąsienicowych ciągników (normalnie produkowanych) na nierównym terenie z podniesionym ramieniem dźwigu. Dlatego metodę tę stosuje się raczej na terenach równych. Konieczne jest zaprojektowanie i wykonanie dźwigu gąsienicowego z ramieniem teleskopowym, szybko składanym i podnoszonym do pracy.

Uzyskanie odpowiedniego dźwigu zwiększy użyteczność tej metody.

b) *Ustawianie słupów za pomocą dźwigu samochodowego 3 ÷ 5-tonnowego i ciągnika lub specjalnego ciągnika ustawiacza słupów, zastępującego dźwig samochodowy.*

Przebieg podnoszenia słupa przy zastosowaniu dźwigu samochodowego i ciągnika przedstawia się następująco:

Słup układa się wzdłuż linii i łączy na przegubach z fundamentem. Nieco powyżej środka ciężkości słupa umocowuje się uchwyt z liny, do którego przyczepia się hak dźwigu samochodowego. Do słupa przywiązuje się również linę podnoszącą słup za pomocą ciągnika. Początkowo za pomocą dźwigu samochodowego słup zostaje podniesiony do pozycji, w której jego nachylenie do poziomu wynosi $30 \div 35^\circ$. W tym położeniu ciągnik naciąga linę podnoszącą słup. Po jej naciągnięciu hak dźwigu zostaje zwolniony. Dalsze podniesienie słupa do pionu wykonuje się za pomocą ciągnika. Oczywiście w końcowym stadium stawiania konieczna jest operacja linkami hamującymi, tak jak przy metodzie z nożycami padającymi. Przy metodzie tej nie trzeba przewozić nożyc do montażu i demontażu, co daje duży zysk na czasie i sile roboczej.

Przy tej metodzie działają na podnoszony słup duże siły zginające zwłaszcza w pierwszej fazie ustawiania go ciągnikiem. Wielkość tych sił należy sprawdzić rachunkowo i w razie potrzeby słup wzmocnić.

Ostatnio w ZSRR użyto zamiast dźwigu samochodowego do ustawiania słupów, a ściślej do ich podnoszenia przy stawianiu ciągnikiem *specjalnego ciągnika zwanego „ustawiaczem słupów“*. Do celu tego użyty został ciągnik typu TR3, stosowany w przemyśle naftowym.

Charakterystyka jego jest następująca: udźwig 10 t, wysięg ramienia 4,5 m, wysokość podnoszenia 4,4 m, obciążalność haka 5 t.

Dla uzyskania po podniesieniu słupa nachylenia do poziomu $30 \div 35^\circ$ należało przedłużyć ramię dźwigu o 2 m.

Praca ciągnika jest podobna jak dźwigu samochodowego. Dźwig ustawia słup na przegubach, następnie unosi go na potrzebną wysokość. Z kolei po naciągu liny podnoszenie słupa przejmują drugi ciągnik. Praca brygady składającej się z 7 pracowników powinna być zorganizowana w następujący sposób:

Trzech pracowników bierze udział w podnoszeniu słupa, czterech zajmuje się zaś jego ostatecznym umocowaniem. W lecie jedna brygada robocza ustawić może 10 słupów dziennie. Zimą wydajność jest mniejsza. Przy słupach o ciężarze 3 ÷ 4 tonn można ustawić 5 słupów, przy ciężarze do 8 t tylko 3 słupy. Należy zaznaczyć, że omawiany ciągnik może być wykorzystany również i na terenach podmokłych.

Wnioski

Szczegółowe rozpatrzenie metody obrotowej stawiania słupów za pomocą ruchomych, padających nożyc i porównanie jej z innymi metodami nasuwa cały szereg wniosków.

Konieczność zajęcia się tą metodą lub jej modyfikacją wynika z poważnych zadań, jakie stają przed budownictwem sieciowym w Planie 5-letnim. Prawie dwukrotny wzrost inwestycji sieciowych w tym okresie wymaga zwiększenia tempa budownictwa, zastosowania ulepszonych lub nowych metod pracy, metod szybszych, tańszych a jednocześnie pewniejszych i bezpieczniejszych.

W tym kierunku zmierzają niżej wymienione wnioski:

1. Dla stosowanych w naszym budownictwie elektroenergetycznym typów słupów należy przy stosowaniu metody obrotowej do stawiania określić wielkość dopuszczalnych sił w miejscu mocowania lin i w miejscu naporu słupa na oś obrotu zawiasu stosowanego przy montażu, co pozwoliłoby na wykorzystanie najoszczędniejszego układu podnoszenia.

2. Dla tych słupów należy określić położenie środka ciężkości i miejsce umocowania lin rozkroku na słupie. Przy nowych typach słupów oprócz tego należy dążyć do przekonstruowania węzłów, w których mają być umocowane liny rozkroku tak, aby uchwycenie słupa było możliwie najprostsze.

3. Stosowane typy słupów należy przekonstruować, dążąc do uproszczenia i stypizowania osprzętu używanego do ich montażu metodą obrotową, a więc:

- a) nożyc i ich wiązania,
- b) zestawów olinowań,
- c) zawiasów łączących stawiany słup z odziomkiem (fundamentem).

4. Należy opracować taką metodę obrotową stawiania słupów, aby można było umocować na nich łańcuchy izolatorów jeszcze, gdy słupy leżą na ziemi

i ustawiać je razem z izolatorami. Usprawnienie to zastosowano po raz pierwszy w energetyce polskiej w 1951 r. przy budowie linii Boguchała-Stalowa Wola. Rozpowszechnienie tego usprawnienia może przyspieszyć tempo budowy linii, polepszyć stan bezpieczeństwa pracy na tych budowach i zmniejszyć zakres prac wykonywanych na słupie.

5. Należy opracować teoretycznie omawianą metodę obrotową, uwzględniając w obliczeniach ciężar nożyc, różne ułożenie słupów w stosunku do odziomka lub dołu fundamentowego (pewne podniesienie słupa w stosunku do poziomu ziemi w pierwotnym położeniu) itp., aby zapewnić jeszcze większe bezpieczeństwo pracy przy tej metodzie.

6. Ustawianie słupów metodą obrotową przy użyciu ruchomych nożyc ma swoje wady, a mianowicie:

- a) dużo czasu zajmuje przewóz, montaż i demontaż padających nożyc,
- b) w czasie prac przygotowawczych ciągniki, używane obecnie do ustawiania słupów nie są wykorzystane.

Przewóz, montaż i demontaż urządzeń pomocniczych zajmuje około $\frac{3}{4}$ całkowitego czasu przeznaczonego na montaż słupa i w najlepszym razie wynosi około 45 minut, gdy samo ustawianie słupa trwa

10 ÷ 15 minut. Uwzględnić jeszcze należy znaczną ilość pracowników (około 10 lub więcej) zatrudnionych przy ustawianiu słupów tą metodą.

Biorąc to pod uwagę stwierdzić należy, że metoda ta jest mało ekonomiczna.

7. W związku ze zbyt wielkim nakładem czasu na prace przygotowawcze oraz stosowaniem już za granicą nowszych, 3 ÷ 4-krotnie szybszych i bardziej ekonomicznych metod ustawiania słupów, *należy zwrócić uwagę na metody bezpośredniego stawiania słupów przy użyciu specjalnego dźwigu gąsienicowego lub dźwigu samochodowego i ciągnika.*

Dlatego należy:

- a) zająć się konstrukcją i montażem ciągnika gąsienicowego z szybko wysuwającym teleskopowym ramieniem;
- b) wypróbować przy budowie linii zmodyfikowaną metodę obrotowego stawiania słupów przy zastosowaniu dźwigów samochodowych (3 ÷ 5 tonn) i ciągnika. Przy zastosowaniu tej metody trzeba sprawdzić istniejące typowe konstrukcje słupów, czy wytrzymają one dość znaczne siły, jakie działają na słup w pierwszej chwili podnoszenia go przez ciągnik.

621.315.22

Powłoki metalowe kabli jako przewody zerowe

Prof. dr Stanisław Bładowski

Powłoki ołowiane i pancerze kabli trójżyłowych używane są niekiedy w sieciach trójfazowych jako przewody zerowe. Rozwiązanie takie stosuje się w sieciach kablowych trójżyłowych przy przejściu z napięcia 3×220 V na napięcie 380/220 V w celu uzyskania większej obciążalności i zmniejszenia spadków napięć. Odpada wówczas konieczność wymiany kabli trójżyłowych na czterożyłowe lub ułożenie osobnego przewodu zerowego. Ostatnio w niektórych projektach linii kablowych na 380/220 V projektuje się kable trójżyłowe zamiast kabli czterożyłowych, przy czym powłoki metalowe tych kabli mają być wykorzystane jako przewód zerowy. Ponieważ kable trójżyłowe są tańsze od kabli czterożyłowych, przeto zachodzi pytanie, czy i w jakich warunkach jest dopuszczalne użycie powłoki ołowianej i pancerzy kabli jako żył zerowej oraz jaką należy przyjąć obciążalność powłok metalowych w warunkach normalnych i zwarciovych.

Głównym zadaniem płaszcza ołowianego i pancerza kabli jest ochrona izolacji przed wilgocią i wpływami chemicznymi oraz przed uszkodzeniami mechanicznymi. Przewodzenie prądu elektrycznego przez te powłoki mogłoby być więc dopiero zadaniem wtórnym.

Rozważania na ten temat ograniczone zostaną do kabli z żyłami aluminiowymi i na napięcie 1 kV, wykonanych według przepisów PN/E-6.

Oporność powłok kablowych

W tablicy 1 podano oporności powłok ołowianych wykonanych z czystego ołowiu bez żadnych dodatków stopowych, stosowanego zwykle do produkcji kabli elektroenergetycznych. Oporność właściwa takiego ołowiu wynosi około 0,22 om. mm²/m. Grubość powłoki ołowianej odpowiada przepisom PN/E-6.

Kable trójżyłowe o przekroju do 10 mm² mają kształt żył okrągły, powyżej 10 mm² — sektorowy.

W tablicy 2 podano wartości współczynnika

$$m = \frac{R_o}{R_z}$$

Tablica 1

Oporności czynne powłok ołowianych kabli trójżyłowych na napięcie 1 kV

Przekrój żyły kabla	Grubość ołowiu	Średnica		Przekrój powłoki ołowianej	Oporność powłoki ołowianej R_o
		pod powłoką ołowianą	na powłoce ołowianej		
mm ²	mm	mm	mm	mm ²	om/km
3 × 2,5	1,1	8,1	10,3	31,8	6,90
3 × 4	1,1	9,2	11,4	35,6	6,16
3 × 6	1,1	10,3	12,5	39,4	5,60
3 × 10	1,1	12,0	14,2	45,2	4,86
3 × 16	1,1	12,8	15,0	48,10	4,57
3 × 25	1,1	16,2	18,4	59,78	3,70
3 × 35	1,1	18,2	20,4	66,30	3,30
3 × 50	1,2	20,8	23,2	79,30	2,76
3 × 70	1,2	24,0	26,4	95,00	2,31
3 × 95	1,3	26,7	29,5	114,30	1,94
3 × 120	1,4	30,1	32,9	138,50	1,59
3 × 150	1,4	33,7	36,5	154,4	1,42
3 × 185	1,5	37,0	40,0	181,4	1,21
3 × 240	1,6	42,7	45,9	222,6	0,97
3 × 300	1,7	47,0	50,8	262,8	0,84

wyrażającego stosunek oporności czynnych powłoki ołowianej R_o do oporności żyły kabla R_z .

Tablica 2

Współczynnik „m” dla kabli z żyłami aluminium na napięcie 1 kV

Przekrój żyły kabla mm ²	Oporność żyły kabla R_z om/km	Oporność powłoki ołowianej R_o om/km	$m = \frac{R_o}{R_z}$
3 × 2,5	11,6	6,90	0,597
3 × 4	7,25	6,16	0,955
3 × 6	4,83	5,60	1,280
3 × 10	3,00	4,86	1,62
3 × 16	1,87	4,57	2,44
3 × 25	1,20	3,70	3,08
3 × 35	0,857	3,30	3,85
3 × 50	0,600	2,76	4,60
3 × 70	0,428	2,36	5,52
3 × 95	0,316	1,94	6,15
3 × 120	0,250	1,59	6,36
3 × 150	0,200	1,42	7,10
3 × 185	0,162	1,21	7,46
3 × 240	0,125	0,97	7,75
3 × 300	0,100	0,84	8,40

Oporności pancerza z taśm stalowych

Najczęściej stosowany pancerz kabla składa się z dwóch taśm stalowych nawiniętych spiralnie na kabel.

Wymiary taśm stalowych kabli na napięcie 1 kV podano w tablicy 3.

Tablica 3

Oporności czynne pancerzy z taśm stalowych kabli trójżyłowych na napięcie 1 kV

Przekrój żył kabla mm ²	Wymiary taśm pancerza b × d mm × mm	Przekrój taśmy pancerza mm ²	Średnia średnica pancerza D_{sr} mm	Oporność czynna pancerza R_p om/km
3 × 2,5	25 × 0,5	12,5	14,3	5,40
3 × 4			15,4	5,83
3 × 6			16,5	6,24
3 × 10			18,2	6,88
3 × 16	35 × 0,5	17,5	19,2	3,68
3 × 25			22,4	4,30
3 × 35			24,4	4,69
3 × 50			27,2	5,23
3 × 70	35 × 0,5	17,5	30,4	5,34
3 × 95			33,3	6,4
3 × 120			36,9	7,10
3 × 150			40,5	7,80
3 × 185	50 × 0,8	40,0	44,5	2,58
3 × 240			50,5	2,93
3 × 300			55,4	3,20

Do obliczenia oporności czynnej pancerza z taśm stalowych przyjmuje się, że

- prąd elektryczny przepływa spiralnie wzdłuż taśmy pancerza,
- obie taśmy nawinięte są spiralnie na kabel w taki sposób, że w każdej warstwie pozostaje niepokryta 1/3 część szerokości taśmy;
- zewnątrzna taśma pancerza pokrywa 66% powierzchni taśmy wewnętrznej;

- obie taśmy pancerza połączone są równolegle w muflach na początku i na końcu odcinków kabla, tak że na całej długości kabla mają ciągłość metaliczną.

Oporność czynną pancerza kabla z dwóch taśm stalowych połączonych ze sobą na początku jak i na końcu odcinka, zmierzoną prądem stałym określa wzór:

$$R_{st} = \frac{3 \cdot \pi \cdot D_{sr} \cdot 1000}{8 d b^2 \cdot \gamma} \text{ omów/km}$$

gdzie

D_{sr} — średnia średnica zmierzona między taśmami pancerza,

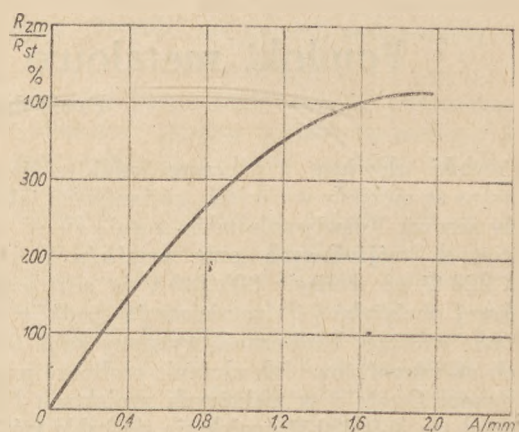
d — grubość taśmy stalowej równa 0,5 lub 0,8 mm.

b — szerokość taśm stalowych według tablicy 3,

γ — przewodność właściwa taśmy (8 m/om. mm²).

Oporności pancerza zmierzone prądem stałym podane są w tablicy 3.

Oporność pozorną pancerzy stalowych zmierzona prądem zmiennym R_{zm} zależy w dużym stopniu od gęstości prądu przepływającego przez taśmy. Stosunek oporności pozornej taśmy stalowej pancerza R_{zm} do oporności czynnej zmierzonej prądem stałym R_{st} podano na rys. 1 jako funkcję gęstości prądu przepływającego przez taśmy. Oporność taśm przy przepływie prądu zmiennego wzrasta o 100 do 300% w stosunku do wartości otrzymanej przy prądzie stałym.



Rys. 1. Procentowy wzrost oporności R_{zm} taśmy stalowej pancerza 0,5 mm w zależności od gęstości prądu przy 50 Hz w stosunku do oporności zmierzonej prądem stałym R_{st}

Ponieważ oporność pozorną taśm stalowych jest dość duża, przeto przy równoległym połączeniu pancerza i płaszcza ołowianego kabla przepływ prądu przez taśmy pancerza będzie stosunkowo mniejszy, zwłaszcza przy większych przekrojach kabla.

Istnieje jeszcze jeden poważny powód przemawiający za nieuwzględnianiem przepływu prądu przez pancerze z taśm stalowych kabla. Taśmy stalowe łączone są podczas pancerzenia kabla we fabryce w jedną długość za pomocą spawania punktowego lub też na zakładkę, wskutek czego powstaje dość duża oporność w miejscu styku. Taśmy stalowe w kablach zakopanych w ziemi po pewnym czasie ulegają przeżarciu przez rdzę, tak że zachowanie ciągłości metalicznej pancerza dla przepływu prądu jest bardzo wątpliwe.

Przy obliczaniu obciążalności powłok metalowych kabli ułożonych w ziemi nie uwzględniono więc przepływu prądu przez pancerze z taśm stalowych, zakładając, że prąd składowej zerowej płynie wyłącznie

przez powłoki ołowiane kabli. W kablach zaś opancerzonych drutami okrągłymi (Fo) lub płaskimi (Fp) należy przy obliczaniu obciążalności powłok metalowych kabli uwzględnić przepływ prądu przez druty stalowe pancerzy.

Obciążalność trwała powłok ołowianych kabli trójżyłowych 1 kV

Dla obliczenia dopuszczalnej trwałej obciążalności powłok ołowianych kabli przyjęto, że:

1. straty energii w kablach przy przepływie prądu przez powłokę ołowianą są takie same przy obciążeniu symetrycznym jak i przy obciążeniu niesymetrycznym,

2. straty energii w powłoce ołowianej są takie same jak w żyłce przewodowej kabla.

Z warunku 1 wynika, że:

$$n \cdot I^2 \cdot R_z = n \cdot I_z^2 \cdot R_z + I_o^2 \cdot R_o$$

gdzie

n — liczba żył przewodowych (w kablu trójżyłowym $n = 3$),

I — natężenie prądu przy obciążeniu symetrycznym.

I_z — natężenie prądu płynącego w żyłach przy obciążeniu niesymetrycznym,

I_o — natężenie prądu w powłoce ołowianej

R_z — oporność żyły kabla om/km,

R_o — oporność powłoki ołowianej kabla om/km.

Ponieważ

$$\frac{R_o}{R_z} = m,$$

przeto

$$I^2 = I_z^2 + I_o^2 \cdot \frac{m}{n}$$

Z warunku 2 wynika, że

$$I^2 R_z = I_z^2 R_z + I_o^2 R_o$$

Tabela 4

Obciążalność powłok ołowianych I_o kabli z żyłami aluminiowymi na napięcie 1 kV

Przekrój żył kabla mm ²	Obciążenie żył kabla		Dopuszczalne obciążenie powłoki ołowianej I_o	$\frac{I_o}{I_z} \cdot 100$
	symetryczne I	niesymetryczne I_z		
	A	A	A	%
3 × 2,5	30	26	(33,8) ¹⁾	100
3 × 4	40	35	(36,4) ¹⁾	100
	50	43,5	38,4	88
3 × 10	70	61	48,0	78,5
3 × 16	90	78	50,4	64,5
3 × 25	120	104	59,5	57,2
3 × 35	140	122	62,3	51,0
3 × 50	170	148	69,2	46,8
3 × 70	210	185	78,0	42,1
3 × 95	250	217	87,6	40,5
3 × 120	285	248	98,5	39,7
3 × 150	320	278	104,5	37,6
3 × 185	370	322	118,0	36,7
3 × 240	425	370	133,0	36,0
3 × 300	480	416	144,0	34,6

¹⁾ Wartości podane w nawiasach dla obciążenia I_z dopuszczalne są teoretycznie dla powłoki ołowianej; praktycznie nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnych dla żyły przy obciążeniu niesymetrycznym I_z .

lub

$$I_z^2 = I_o^2 \cdot m$$

stąd

$$I_o = I \cdot \frac{1}{\sqrt{m + \frac{m}{n}}}$$

Dla kabli trójżyłowych ($n = 3$)

$$I_o = \frac{I}{1,15 \sqrt{m}}$$

Wielkość dopuszczalnego prądu przepływającego przez żyły przy obciążeniu niesymetrycznym trójfazowym wyniesie:

$$I_z = 0,87 \cdot I$$

Poza tym przy obciążeniu jednofazowym musi być spełniony warunek:

$$I_z \leq I_o$$

Wartości dopuszczalnych obciążeń przy obciążeniu symetrycznym I , niesymetrycznym I_z oraz obciążenia powłoki ołowianej kabli trójżyłowych dla kabli aluminiowych na napięcie 1 kV podano w tablicy 4.

Wartości obciążeń odnoszą się do kabli zakopanych w ziemi. Zależnie od warunków ułożonych kabli obciążalności te będą mniejsze.

Obciążalność zwarciova powłok ołowianych kabli 1 kV

Wielkość ustalonego prądu zwarciowego, który może przepływać przez powłoki ołowiane kabli, określa równanie:

$$I_{zw} = \frac{q \cdot C}{\sqrt{t}}$$

gdzie:

q — przekrój powłoki ołowianej w mm², przez którą przepływa prąd zwarciowy,

C — stała,

t — czas przepływu prądu zwarciowego w sekundach

Stać C wynosi:

$$C = \sqrt{\frac{c \cdot \vartheta}{\rho_t}}$$

gdzie

c — ciepło właściwe ołowiu równe 1,72 Ws/cm³,

ρ_t — oporność właściwa ołowiu w temperaturze ϑ_1 równa 0,22 om mm²/m,

$\vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_0$ — przyrost temperatury powłoki ołowianej spowodowany przepływem prądu zwarciowego,

ϑ_1 — najwyższa temperatura powłoki ołowianej przy zwarcu, równa 100 °C ze względu na lutowane łączenie,

ϑ_0 — temperatura otoczenia, równa 15 °C,

ϑ — 100° — 15° = 85 °C przyrost temperatury powłoki ołowianej przy przepływie prądu zwarciowego w czasie 1 sek,

α — współczynnik cieplny wzrostu oporności (dla ołowiu = 40 · 10⁻⁴),

ρ_t — oporność właściwa ołowiu (w temperaturze ϑ):

$$\rho_t = 0,22 (1 + 40 \cdot 10^{-4} (100 - 15)) = 0,295$$

Stąd stała C

$$C = \sqrt{\frac{1,72 \cdot 85}{0,295}} = 22,5$$

Dopuszczalna gęstość prądu w powłoce ołowianej przy zwarcu w ciągu 1 sek wynosi

$$\frac{I_{zw}}{q} = \frac{C}{\sqrt{t}} = 22,5 \text{ A/mm}^2$$

W tablicy 5 podano wielkości dopuszczalnego natężenia prądu zwarciovego przepływającego w czasie 1 sek przez powłoki ołowiane.

Tablica 5

Dopuszczalne wielkości natężenia prądu zwarciovego w ciągu 1 sek dla powłok ołowianych kabli trójżyłowych miedzianych i aluminiowych na napięcie 1 kV

Przekrój żyły kabla	Przekrój powłoki ołowianej kabla q	Największe natężenie 1 sekundowego prądu zwarciovego I_{zw}
mm ²	mm ²	A
3 × 2,5	31,8	720
3 × 4	35,6	800
3 × 6	39,4	890
3 × 10	45,2	1020
3 × 16	48,1	1080
3 × 25	59,78	1340
3 × 35	66,70	1500
3 × 50	79,30	1780
3 × 70	95,0	2140
3 × 95	114,3	2560
3 × 120	138,55	3100
3 × 150	154,39	3480
3 × 185	184,43	4060
3 × 240	222,67	5000
3 × 300	304,80	6820

Obliczone wielkości prądu zwarciovego są wartościami granicznymi ze względu na wytrzymałość cieplną powłok ołowianych kabli. Zabezpieczenia zwarciovie linii kablowej nie powinny dopuszczać wzrostu natężenia prądu zwarciovego powyżej tych wartości.

Przyjmuje się, że w liniach kablowych poszczególne odcinki kabli łączone w mufach przelotowych mają połączone metalicznie powłoki ołowiane za pomocą przewodów o przekroju dostatecznym dla prądów zwarciovych. Połączenia te muszą być wykonane np. za pomocą drutów miedzianych, ocynowanych, nawiniętych w kilku zwojach na powłoki ołowiane, do nich przylutowanych i połączonych w sposób pewny z kablami muf przelotowych i głowic.

Wykorzystanie powłok ołowianych kabli jako przewodów zerujących

W urządzeniach elektrycznych, w których zerowanie stosowane jest jako ochrona przed rażeniem, prąd zwarciovym przepływający w przypadku zwarcia dowolnej fazy z częścią zerowaną powinien być tak duży, aby spowodował natychmiastowe zadziałanie zabezpieczenia zwarciovego i wyłączenie uszkodzonej linii spod napięcia. Wyłączenie powinno nastąpić po czasie nie dłuższym niż 1 sek.

Warunki natychmiastowego wyłączenia uszkodzonego urządzenia zabezpieczonego przez zerowanie zostaną spełnione, jeżeli wartości prądu zwarciovego wynoszą: $I_{zw} \geq 5 I_{zn}$ bezpieczników topikowych normalnych według PN/E-40 lub $I_{zw} \geq 10 \div 20 I_{zn}$ bezpieczników z działaniem opóźnionym, gdzie I_{zn} — prąd znamionowy bezpieczników topikowych.

Oporność obwodu zwartego musi być więc tak mała, aby przepłynął dostatecznie duży prąd zwarciovym, który spowodowałby natychmiastowe wyłączenie obwodu zwartego.

Przyjmując podane w tablicy 5 wartości prądu zwarciovego dopuszczalnego dla powłok ołowianych kabli można obliczyć graniczne długości kabli L , powyżej których warunki zachowania skuteczności ochrony przez zerowanie nie będą spełnione, gdyż przepływający przez powłoki ołowiane prąd zwarciovym będzie za mały, aby powodować natychmiastowe samowylączenie.

$$L_{gr} = \frac{U \cdot \gamma \cdot s}{k \cdot I_{zn} \cdot (1 + m)}$$

gdzie:

- U — napięcie fazowe (220 V),
- γ — przewodność żyły aluminiowych,
- s — przekrój żyły kabla w mm²,
- I_{zn} — prąd znamionowy bezpiecznika linii kablowej,
- k — krotność prądu znamionowego bezpiecznika, przy której następuje natychmiastowe (po upływie 1 sek) przepalenie topika.

Przyjmując, że dla normalnych bezpieczników $k = 5$, otrzymuje się stosunkowo małe długości graniczne od 50 do 60 m, powyżej których zerowanie jako ochrona przed porażeniem może być nieskuteczna, jeżeli jako przewód zerowy lub zerujący wykorzystana zostanie tylko sama powłoka ołowiana kabla. W obliczeniach przyjęto dla uproszczenia jedynie oporności czynne obwodu. W przypadku uwzględnienia oporności biernych linii kablowych długości graniczne będą nawet cokolwiek mniejsze.

Przy zastosowaniu bezpieczników zwłocznych o większym prądzie i czasie wyłączenia zachodzi poważne niebezpieczeństwo wytopienia powłok ołowianych (zazwyczaj w miejscach zwarcia i łączenia w mufach) wskutek nadmiernego prądu zwarciovego lub dłuższego czasu przepływu prądu. W przypadku niezadziałania zabezpieczenia zwarciovego wskutek zbyt małego prądu zwarciovego wszystkie części zerowane a także i powłoka ołowiana kabla mogą się znaleźć pod napięciem niebezpiecznym ze względu na rażenie.

W kablach ułożonych w ziemi prąd przepływający przez powłokę ołowianą w tych miejscach, w których powłoka ołowiana przypadkowo styka się z pancerzem, spłynie przez pancerz do ziemi, powodując w tych miejscach duże nieraz wytopienie powłoki ołowianej. Z tego powodu zarówno na początku jak i na końcach odcinków kabli powłoka ołowiana kabla musi być metalicznie połączona z pancerzem i uziemiona lub połączona z uziemionymi częściami metalowymi. Naturalnymi uziemiami linii kablowej są mufy przelotowe, ułożone w ziemi.

Wnioski

1. Powłoki ołowiane kabli trójżyłowych na napięcie 1 kV mogą być tylko wyjątkowo wykorzystane jako żyła zerowa w sieciach przewodowych prądu trójfazowego, np. przy przejściu w sieci 3 × 220 V na napięcie 380/220 V i zachowaniu ułożonych już kabli trójżyłowych.

2. W projektach linii kablowych na napięcie 380/220 V należy z reguły stosować kable czterozżyłowe z żyłą zerową o takim samym przekroju jak żyły fazowe przy obciążeniu niesymetrycznym, z żyłą zaś zerową o przekroju równym połowie przekroju żyły fazowej kabla przy obciążeniu symetrycznym, jeżeli stosowane jest zerowanie lub układ przewodów ochronnych jako ochrona przed rażeniem.

3. Powłoki ołowiane kabli trójżyłowych mogłyby być stosowane jako przewody zerowe lub zerujące pod warunkiem, że długość odcinków linii kablowej nie

przekracza 50 m oraz jeśli zabezpieczenia i oporności obwodu zapewniają natychmiastowe zadziałanie ochrony zwarciowej w razie zwarcia fazy z częściami zerowanymi.

4. Przy wykorzystaniu powłok ołowianych jako przewodu zerowego należy starannie wykonać łączenia powłok ołowianych szczególnie w mufach przelotowych, przewodami o odpowiednim przekroju. Ponadto należy łączyć pancerze stalowe metalicznie na początku i na końcu linii oraz w mufach przelotowych z powłoką ołowianą kabla.

621.315.62

Zagadnienie produkcji i eksploatacji elektroenergetycznych izolatorów wiszących oraz sprzętu sieciowego

Prof. Tadeusz Stępniewski

Część I

Treść. Rozpatrzone zagadnienia konstrukcji i technologii izolatorów wiszących, stosowane dotychczas metody badań oraz nowe metody badań nieniszczących.

W zakresie osprzętu omówiono koordynację wytrzymałości mechanicznej, konstrukcje uchwytów przelotowych tłumiących, drgania, uchwytów odciągowych i złączek prasowanych, zadania osprzętu ochronnego izolatorów, zastosowanie tłumików drgań oraz ochronę przeciw korozji.

Określono potrzeby budownictwa sieciowego w zakresie prac nad nowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi izolatorów i osprzętu oraz narzędzi montażowych.

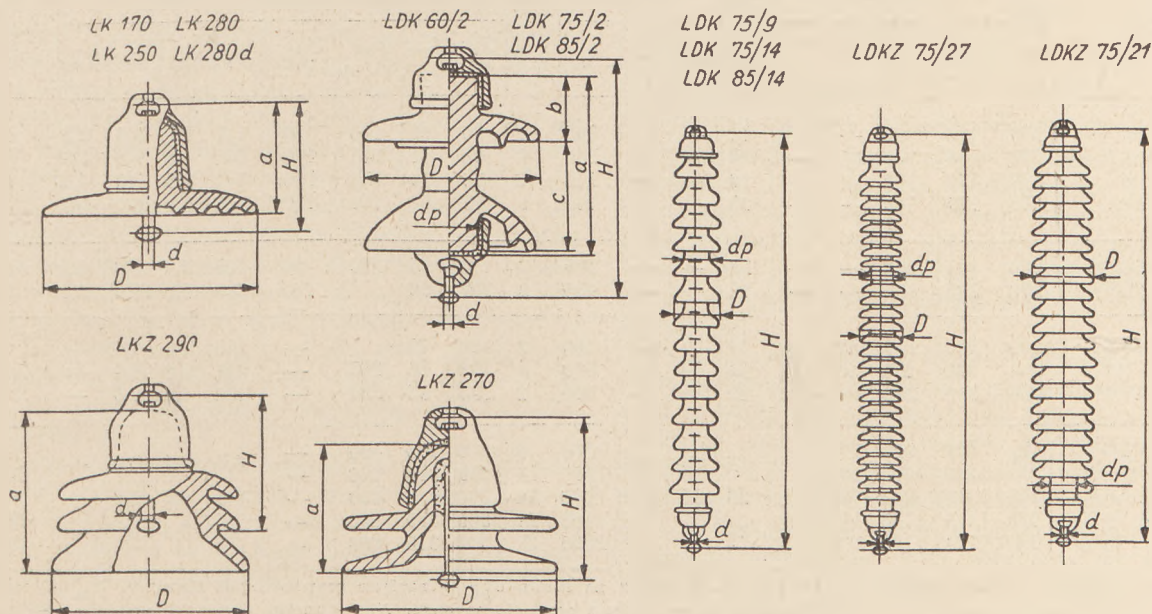
Izolatory wiszące wysokiego napięcia

Izolatory wiszące tworzą zespoły konstrukcyjne, składające się z części izolacyjnej oraz z okuć. Na izolatory działają naprężenia elektryczne, pochodzące od napięcia roboczego lub od krótkotrwałych przebiegów i bardzo duże naprężenia mechaniczne, pochodzące głównie od naciągu przewodów. Naprężenia mechaniczne i elektryczne działają równocześnie. Dlatego wytrzymałość elektromechaniczna izolatorów ma wyjątkowe znaczenie w warunkach długotrwałej eksploatacji (około 25 lat.).

Wzrastające wymagania pewności ruchu nawet w ciężkich warunkach eksploatacyjnych w okręgach silnie zapyłonych wpływają na wybór konstrukcji izo-

latorów o odpowiedniej wytrzymałości elektrycznej. Oprócz spełnienia zasadniczego warunku, że napięcie przeskoku pod deszczem powinno być większe od napięcia probierczego ustalonego według wzoru $U_{pr} = 2,2 U_n + 20$ kV wymaga się, aby izolatory były wytrzymałe na przebicie nawet w razie zanieczyszczenia powierzchni oraz w czasie mgły. Duże znaczenie ma termiczna odporność izolatorów na działanie łuku elektrycznego oraz na uniknięcie wyładowań cząstkowych, zakłócających odbiór radiowy i telewizyjny.

Formy konstrukcyjne. Kształt i własności izolatorów wiszących zmieniają się stale wskutek coraz większych wymagań eksploatacyjnych oraz postępu w zakresie technologii wykonania.



Rys. 1. Izolatory wiszące różnych typów

Materiały izolacyjne. W warunkach krajowych część izolacyjną wyrabia się wyłącznie z porcelany wysokiego napięcia.

Porcelana ma bardzo dobre własności elektryczne oraz mechaniczne i łatwo daje się formować. Wadą porcelany jest natomiast długi cykl produkcyjny, duże koszty wytwarzania wskutek znacznego nakładu pracy ręcznej oraz stosowania skomplikowanych urządzeń produkcyjnych, duże różnice w wymiarach i wreszcie brak w kraju surowców wysokiego gatunku, szczególnie kaolinu.

Dlatego w wielu krajach stosuje się coraz powszechniej izolatory szklane nawet w sieciach najwyższych napięć. W porównaniu z porcelaną szkło ma wiele cennych zalet, a mianowicie:

- a) cykl produkcyjny jest szybszy,
- b) można w większym stopniu zmechanizować produkcję,
- c) stosowane surowce są tańsze,
- d) prostsze i tańsze są urządzenia produkcyjne,
- e) różnice w wymiarach wypadają małe,
- f) metody badania są łatwe i szybkie,
- g) wytrzymałość elektryczna na przebicie jest większa,
- h) odporność na wpływy atmosferyczne jest co najmniej taka sama jak porcelany,
- i) wytrzymałość mechaniczna jest duża,
- j) widzialność w terenie jest mała.

Szkło zwykle ma małą wytrzymałość mechaniczną i dlatego nie nadaje się do produkcji izolatorów na duże obciążenia mechaniczne, podlegających nagłym zmianom temperatury. Do tego celu używa się natomiast szkła naprężonego o znacznie większej wytrzymałości mechanicznej na rozciąganie. Tę własność szkła naprężonego uzyskuje się przez wytworzenie w warstwach powierzchniowych naprężeń ściskających, poddając izolator podgrzany do temperatury około 700 °C nagłemu ochłodzeniu strumieniem powietrza. Izolatory ze szkła naprężonego stosowane już ponad 15 lat okazały się bardzo dobre w eksploatacji.

Wytrzymałość mechaniczna na rozciąganie izolatorów kołpakowych szklanych dochodzi do 20 tonn, przy czym przy próbach zwykle okucia ulegają rozerwaniu. Duża wytrzymałość na zmiany temperatury podwyższa odporność izolatora na działanie łuku w porównaniu z izolatorem wykonanym z porcelany.

Warto zwrócić uwagę na bardzo charakterystyczną cechę izolatorów ze szkła naprężonego. Izolator zachowuje swą pełną wytrzymałość mechaniczną tak długo, dopóki zewnętrzna warstwa szkła nie zostanie w którymkolwiek miejscu uszkodzona. W razie uszkodzenia, np. przez odbicie części klosza lub przy przebiciu elektrycznym izolator rozrywa się całkowicie. Wprawdzie dzięki temu uszkodzony izolator zostaje wyeliminowany z linii, lecz jednocześnie okucia tracą mechaniczne połączenie z przewodem, który wówczas opada. Chcąc temu zapobiec trzeba zastosować specjalną konstrukcję podtrzymującą.

Naprężenia elektryczne i mechaniczne w izolatorach. Wskutek specjalnego kształtu izolatora kołpakowego między kołpakiem a trzonkiem pozostaje dość cienka ścianka materiału izolacyjnego (około 20 mm), narażona na przebicie elektryczne. Przebieg linii pola elektrycznego jest przy tym zgodny z kierunkiem powierzchni zrywania, występującym przy obciążeniu

mechanicznym. Wskutek tego powstaje szczególnie niekorzystny efekt współdziałania naprężeń elektrycznych i mechanicznych w najłagodniejszych konstrukcyjnie miejscach.

Naprężenia elektryczne w czerepie porcelanowym izolatora dwukołpakowego są stosunkowo małe, a przebieg linii pola elektrycznego nie jest zgodny z kierunkiem powierzchni zrywania, co wyklucza niebezpieczeństwo przebicia.

Warunki pracy izolatora kołpakowego są również niekorzystne wskutek wielkich nacisków jednostkowych. Małe wymiary wnętrza izolatora przyczyniają się do tego, że naprężenia jednostkowe na powierzchni wnętrza, wywierane przez trzonek, są znacznie większe niż naprężenia na powierzchni główek w izolatorach dwukołpakowych. Naprężenia powierzchniowe we wnętrzu przybierają nawet często formę nacisków punktowych, wskutek czego powstają drobne rysy i pęknięcia, prowadzące stopniowo do zniszczenia izolatora.

Sposób formowania kształtu izolatorów wpływa istotnie na ich wytrzymałość z uwagi na uzyskiwaną niejednorodność struktury czerepu. Izolator kołpakowy formuje się głównie ręcznie, co powoduje duże rozbieżności wyników przy próbach.

Przy wyrobie izolatorów długopniowych można zastosować daleko idącą mechanizację, zapewniającą jednolitą produkcję, charakteryzującą się tym, że przy próbach otrzymuje się małe różnice w naciągach zrywających i większe średnie wartości niż przy izolatorach wykonanych ręcznie.

Wpływ sposobu wypalania na własności izolatorów. W celu otrzymania dobrych własności elektrycznych czerep porcelanowy powinien być spieczony, a więc wypalony w odpowiednio wysokiej temperaturze i w ciągu odpowiednio długiego czasu. Zeszlony czerep ma jednak małą wytrzymałość mechaniczną. Dobre natomiast własności mechaniczne uzyskuje się przy niższych temperaturach wypalania, lecz powstaje wówczas niebezpieczeństwo otrzymania czerepu porowatego, obniżającego własności elektryczne izolatora. Dlatego, chcąc wykonać izolatory o dobrych własnościach elektrycznych i mechanicznych, trzeba je wypalać w temperaturach o bardzo wąskim zakresie. W związku z tym izolatory kołpakowe segreguje się ściśle według stref wypalowych. Przy badaniu izolatorów pełnopniowych główną rolę odgrywa wytrzymałość mechaniczna.

Wpływ montażu przy izolatorach kołpakowych jest większy niż przy izolatorach dwukołpakowych. Umocowanie trzonka we wnętrze izolatora kołpakowego wymaga wymiarów bardziej dokładnych, starannego doboru spoiwa oraz zastosowania powłok elastycznych w celu skompensowania różnych współczynników rozszerzalności.

Własności mechaniczne. Izolatory wiszące mają kilka charakterystycznych własności mechanicznych, ważnych ze względów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych.

Nciąg wytrzymywany określa wartość obciążenia mechanicznego na rozciąganie, którą izolator wytrzymuje przy krótkotrwałej próbie mechanicznej (1 min). Przy izolatorach kołpakowych nciąg ten ma jedynie znaczenie konstrukcyjne, gdyż umożliwia dobranie okuć o odpowiedniej wytrzymałości, lecz nie stanowi kryterium doboru izolatorów do zastosowanych przewodów. Dla izolatorów dwukołpakowych wartość ta jest nato-

miast podstawą do ustalenia naciągu probierczego oraz naciągów roboczych.

Różnica w naciągu mechanicznym wytrzymywanym wynika z kształtu konstrukcyjnego izolatorów i zmieniających się wskutek tego własności w okresie długoletniej eksploatacji.

Przy izolatorach kołpakowych decyduje wytrzymałość elektromechaniczna długotrwała (jednoroczna), znacznie niższa od naciągu wytrzymywanego. Wytrzymałość elektromechaniczna maleje stopniowo wskutek naderwań oraz naprężeń mechanicznych, wynikających z różnicy współczynników rozszerzalności porcelany, okuć i spoiwa. Zjawiska starzenia się układu izolacyjnego w izolatorach dwukołpakowych są tak nieznaczne, że praktycznie można je pominąć, wskutek czego wytrzymałość długotrwała w porównaniu z naciągiem mechanicznym jest znacznie wyższa.

Wytrzymałość jednoroczną wyznacza się doświadczalnie za pomocą długotrwałych pomiarów (nawet wieloletnich), przeprowadzanych w warunkach odpowiadających eksploatacyjnym.

Podczas prób kontrolno-odbiorczych określa się początkowe punkty charakterystyki krzywej życia izolatorów przez ustalenie wytrzymałości elektromechanicznej krótkotrwałej oraz wytrzymałości elektromechanicznej 24-godzinnej.

Jakość wyrobu bada się, poddając każdy izolator próbie naciągiem probierczym.

Izolatory kołpakowe poddawane są działaniu naciągu niższego od wytrzymałości jednorocznej (około 70 % N_1). Izolatory dwukołpakowe poddaje się natomiast naciągowi próbnemu, równemu około 55 % wartości średniego naciągu zrywającego.

Własności elektryczne izolatorów wiszących charakteryzuje:

- a) napięcie przeskoku pod deszczem, według którego, jak dotąd dobiera się izolatory do napięcia roboczego sieci,
- b) udarowe napięcie przeskoku, według którego określa się poziom izolacji udarowej i związaną z tym odporność burzową linii,
- c) napięcie przebiecia udarowe i przy 50 Hz, według którego ustala się koordynację własną izolacji a zatem własności eksploatacyjne izolatora,
- d) wytrzymałość elektryczna przy zapyleniu.

Własności wymienione w punktach a, b, c można łatwo określić. Bardzo natomiast trudno jest ustalić (czego na razie nie rozwiązano całkowicie) wytrzymałość izolatorów zapylnych. Zagadnienie to ze względu na swoją wagę wymaga szerszego omówienia.

Wytrzymałość elektryczna izolatorów przy zapyleniu

Rozwijający się przemysł a szczególnie elektrownie, koksownie, zakłady chemiczne, cementownie i inne wydzielają do atmosfery ogromne ilości pyłów. Zanieczyszczenia te w postaci lotnego popiołu, pyłu, par i gazów osadzają się na całej powierzchni izolatora, tworząc mniej lub więcej jednolitą powłokę. W czasie pogody i deszczu powłoki te nie wpływają na ogół na obniżenie własności elektrycznych. Dopiero przy mgłę lub rosie zawilgocona powierzchnia zaczyna przewodzić, wskutek czego płyną duże prądy upływu. W miejscach o dużej oporności lub dużej gęstości prądu następuje lokalne wysuszenie powierzchni i powstają na

powierzchni izolatora wyładowania łukowe cząstkowe, przechodzące przy dużych prądach upływu już przy napięciu roboczym w wyładowania łukowe całkowite. Wyładowanie łukowe powoduje zwarcie doziemne, a przylegający do izolatora łuk wywołuje najczęściej poważne uszkodzenia porcelany, a nawet przewodu. Przebieg powstawania wyładowań jest dość skomplikowany i zależy od bardzo wielu czynników, a przede wszystkim od rodzaju i rozkładu osadu na powierzchni izolatora, kształtu izolatora i czasu trwania mgły.

Znalezienie odpowiednich środków zapobiegawczych, które zapewniłyby pewną eksploatację jest trudne. W obecnym stanie zagadnienia stosuje się następujące środki zapobiegawcze lub różne ich kombinacje:

- a) zwiększa się liczbę ogniw izolatorów w łańcuchu,
- b) stosuje się izolatory specjalnego typu,
- c) stosuje się szklivo półprzewodzące,
- d) pokrywa się izolatory powłokami hydrofobicznymi,
- e) czyści się okresowo izolatory.

Zwiększenie liczby ogniw wymaga powiększenia konstrukcji słupów, jest zatem kosztowne i na ogół możliwe tylko w liniach nowobudowanych. Nie daje ono radykalnego rozwiązania, gdyż podobnie jak i wszystkie inne wymienione wyżej środki (b ÷ d) przedłuża jedynie okresy między kolejnymi czyszczeniami izolatorów.

Lepsze znacznie wyniki uzyskuje się, stosując izolatory specjalnych typów, różniących się od zwykłych tym, że droga upływu wzdłuż powierzchni izolatora jest znacznie przedłużona. Poza tym kształty takich izolatorów powinny zapewniać łatwe samooczyszczanie się powierzchni pod działaniem deszczu i wiatru oraz rozdzielanie wyładowań wstępnych na możliwie dużą liczbę łatwiejszych do zgaszenia łuków cząstkowych.

W związku z istotnym znaczeniem problemu izolacji w warunkach zapylenia dla przemysłowego okręgu śląskiego rozpoczęto na szeroką skalę badania nad całością zagadnienia, a w szczególności nad doбором odpowiednich konstrukcji izolatorów typów specjalnych. Analiza wyników pomiarowych izolatorów różnych typów doprowadziła do wniosku, że izolatorów przedstawionych na rys. 1 najlepsze są typy:

LKZ 290 (NK3) dla łańcuchów przelotowych,
LKZ 270 (NS2) dla łańcuchów odcigowych.

Izolatory LKZ 290 produkowane są przez krajowe fabryki porcelany jako typ normalny, izolator LKZ 270 o zmienionych nieco wymiarach (jako LKZ 280 o Φ 280 i skoku 170 mm) został wprowadzony do produkcji próbnej. Równocześnie podjęto produkcję i próbne badania nad doбором kształtu izolatorów wielokłoszowych, przystosowanych do warunków zapylenia. Wyprodukowany w latach ubiegłych w NRD izolator LDKZ 75/27 nie nadaje się do eksploatacji wskutek niekorzystnego kształtu i rozkładu kłoszów. Ulepszoną konstrukcję przedstawia typ LDKZ 75/21 o większej średnicy kłoszów, wskutek czego droga upływu znacznie wzrosła. Izolatora tego typu udało się wykonać dopiero po osiągnięciu znacznego postępu w budowie pras próżniowych, stosowanych w przemyśle porcelanowym.

Przeprowadzono również próby izolatorów kołpakowych o jednym gładkim talerzu, średnicy 280 oraz 400 mm; jednak nie dały one zadowalających wyni-

ków ze względu na małą drogę wpływu, brak własnej koordynacji izolacji (przy średnicy 400 mm) oraz trudności transportowo-montażowe.

Zastosowanie szkliva półprzewodzącego spełnia dwa zadania:

a) ujednolajnia rozkład napięcia wzdłuż powierzchni każdego ogniwa oraz na poszczególnych ogniwach w łańcuchu,

b) podgrzewa powierzchnię izolatora prądem wpływu.

Pomiary rozkładu napięcia na powierzchni jednego ogniwa wykazały, że przy oporności około 70 MΩ rozkład napięcia 50 Hz jest już niemal jednostajny. Jednostajny rozkład napięcia na poszczególne ogniwa łańcucha zyskuje się przy oporności izolatorów rzędu 10 ÷ 20 MΩ. Napięcie przeskoku na sucho oraz przy uderzeniach nie ulega praktycznie zmianie, znacznie natomiast rośnie napięcie przeskoku pod deszczem. Bardzo dobre wyniki uzyskuje się w warunkach silnego zapylenia. Na powierzchni półprzewodzącej nie powstają szkodliwe wyładowania cząstkowe. Wyniki badań oraz zachowanie się w eksploatacji są dobre, istnieją jednak jeszcze trudności przy wytwarzaniu szkliva półprzewodzącego, które nie zmieniałyby swych własności z biegiem lat.

Szklivo półprzewodzące podgrzewa izolator do temperatury około 10 °C powyżej otoczenia, wskutek czego znacznie trudniej osadza się na nim wilgoć i mgła. Do podgrzania o 4 ÷ 17 °C potrzebna jest moc wydzielana na powierzchni 7 ÷ 2 mW/cm² i 1 °C. Wartości te można uzyskać przy oporności izolatorów rzędu kilkudziesięciu MΩ. Przy tym sposobie wzrastają jednak straty energii. Dlatego może on być stosowany tylko w wyjątkowych wypadkach.

Przy zastosowaniu powłok hydrofobicznych, np. z lakierów silikonowych, wilgoć osadzająca się na powierzchni nie tworzy ciągłej warstewki, sprzyjającej powstawaniu łuków cząstkowych.

W wielu krajach przeprowadza się badania, czy celowe i możliwe jest zastosowanie powłok hydrofobicznych w warunkach eksploatacyjnych. Wyniki są na ogół dodatnie i pozwalają na znaczne zwiększenie okresu pracy bez czyszczenia. Zasadniczą trudnością jest konieczność periodycznego (co 1 ÷ 2 lata) gruntownego oczyszczenia izolatorów i ponownego powlekania powłoką silikonową.

Jak już wyżej wspomniano, żaden z wymienionych środków nie rozwiązuje całkowicie sprawy na terenach o bardzo silnym zapyleniu. Izolatory w tych strefach muszą być okresowo czyszczone. Częstość czyszczenia zależy od własności zastosowanych izolatorów i rodzaju zapylenia a przede wszystkim od warunków atmosferycznych. Szczególnie niebezpieczne są długie okresy suszy przed okresami mgieł jesiennych.

Braki dotychczasowych metod badania

Pewność eksploatacji linii elektroenergetycznych wymaga ścisłej kontroli produkcji izolatorów, ustalenia dopuszczalnych granic obciążenia mechanicznego i określenia własności izolacyjnych w warunkach najbardziej niekorzystnych.

Stosowane dotychczas metody badań nie zapewniają wyeliminowania izolatorów mających wady produkcyjne, gdyż opierają się one na próbach dorywczych

przeprowadzonych na małej liczbie izolatorów, ulegających przy próbie zniszczeniu.

Próba nasiąkalności przewidziana jest w normach wszystkich krajów, nie może dać jednak dokładnej oceny jakości wszystkich izolatorów ze względu na podkreśloną już wyżej wyrywkowość kontroli. Powstaje niebezpieczeństwo zakwalifikowania jako dobrych również izolatorów niedopalonych. Jak wynika z doświadczeń eksploatacyjnych, czerep izolatora może nasiąknąć dopiero po wielu latach pracy, powodując nieoczekiwane zniszczenie izolatora. Nawet izolatory pełnopniowe mogą ulec zniszczeniu wskutek nasiąkalności, tym bardziej, że są one wypalane w niższych temperaturach w celu uzyskania lepszych własności mechanicznych.

Przy izolatorach pełnopniowych palonych wisząco na głowicach można każdą sztukę poddać próbie nasiąkalności, badając odłamki porcelany z głowicy. Dla izolatorów palonych inaczej trzeba zastosować nowe metody badania nasiąkalności każdej sztuki bez jej niszczenia.

Próba cieplna stosowana jest jako próba kontrolno-odbiorcza wyrywkowa — dla wykazania ewentualnych naprężeń wewnętrznych i stwierdzenia dobrego związania szkliva z czerepem. Przepisane w normach różnice temperatur są zbyt duże i wykraczają znacznie poza zakresy spotykane w warunkach eksploatacyjnych, wskutek czego mogą powstać duże naprężenia wewnętrzne, obniżające wytrzymałość mechaniczną próbowanego izolatora. W niektórych krajach zastosowano próby cieplne do badań jakości izolatorów dwukołpakowych w celu wyeliminowania jednostek wadliwie wykonanych i uzyskania pewności mechanicznej.

Próby mechaniczne wyrobu. Liczne badania przeprowadzone w ostatnich latach doprowadziły do rewizji poglądu na wartości naciągów probierczych. Badania izolatorów kołpakowych nowych oraz zdjętych z linii po wielu latach pracy wykazują, że tworzenie się rys w główce izolatora pozostaje w ścisłym związku z wartością naciągu probierczego. Liczba rys i wielkość ich powierzchni rośnie przy podwyższeniu wartości naciągu probierczego.

Wynika stąd, że początkowo, drobne rysy rozszerzają się z biegiem czasu. W wyniku tych badań obniżono naciągi probiercze izolatorów kołpakowych do wartości niższej od wytrzymałości długotrwałej, lecz wyższej od wartości naciągów stosowanych w eksploatacji.

Przy izolatorach długopniowych łatwiej jest umocować kołpak zewnątrz, wskutek czego można zastosować stosunkowo duże naciągi probiercze w porównaniu do wytrzymałości mechanicznej. Jak z doświadczeń wynika, przy próbie mechanicznej izolatora długopniowego może powstać pęknięcie wewnątrz jego główki, zakrytej kołpakiem. Dlatego konieczne jest opracowanie metod probierczych, które pozwoliłyby skontrolować izolator po próbie mechanicznej, czy nie ma on pęknięć w miejscach niewidocznych pod kołpakiem.

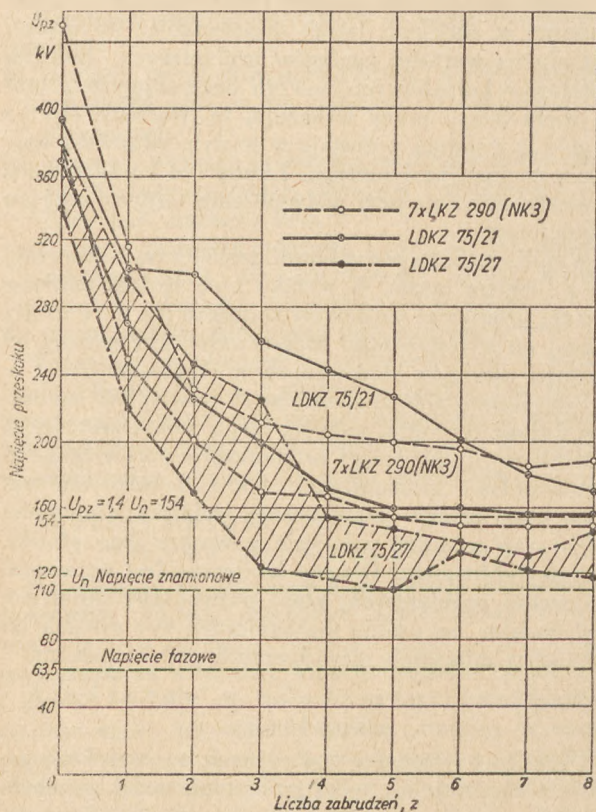
Napięcia przeskoku w warunkach zapylenia

Określenie własności izolacyjnych w warunkach zapylenia obejmuje nie tylko próbę typu samej konstrukcji izolatora, lecz powinno również umożliwić laboratoryjne ustalenie wartości izolacji dla danych warunków eksploatacyjnych. Znaczenie wytrzymałości elek-

trycznej w warunkach zapylenia rośnie i można się spodziewać, że w przyszłości zastąpi ono próbę napięcia przeskoku pod deszczem.

Wartość napięcia przeskoku w warunkach zapylenia (U_{pz}) trudno jest określić, gdyż zależy ona w znacznym stopniu od wielu warunków: jakości i stopnia zabrudzenia, stopnia zamglenia, prędkości podwyższania napięcia i innych. Do określenia napięcia przeskoku w warunkach zapylenia stosowano dotychczas metodę VDE 0448.

Badane izolatory ochładzano do temperatury $2 \div 6^\circ\text{C}$, a następnie przenoszono do komory, w której poddawano je zamgleniu parą wodną. Wskutek kondensacji osadzała się na powierzchni izolatora równomierna warstwa wody. Po zakończeniu zamglenia wdmuchiowano do komory mieszaninę zabrudzającą, przy czym w czasie zabrudzenia izolatory włączano pod napięcie robocze w celu uzyskania na łańcuchu rozkładu napięcia wpływającego na rozkład zanieczyszczenia. Chcąc określić napięcie przeskoku podwyższano napięcie do wystąpienia wyładowania całkowitego, powtarzając próbę napięciową w krótkich odstępach czasu, aż mierzone wartości napięcia wykazały, że początkowo malejące wartości ponownie wzrosły. Jako wynik przyjmowano najniższą wartość otrzymaną z pomiaru. Cykl zabrudzeń powtarzano wielokrotnie, podając izolatory kolejnym zabiegom ochładzania, zamglenia i zapylenia. Ze wzrostem liczby zabrudzeń najniższe napięcie przeskoku malało, co przedstawiono na rys. 3. Znaczny spadek wytrzymałości elektrycznej wystąpił już po pierwszym cyklu zabrudzenia, a następnie miał przebieg asymptotyczny.



Rys. 3. Krzywe spadku napięcia przeskoku dla łańcuchów 110 kV w zależności od liczby zabrudzeń

Zwykle już po 4 cyklach zabrudzeń dało się osiągnąć wartość zbliżoną do granicznej, którą przyjmuje się jako napięcie przeskoku w warunkach zapylenia. Wartość ta według VDE była podstawą doboru izolatorów do napięcia roboczego. Sposób wyżej opisany nie daje jednak właściwej oceny wytrzymałości elektrycznej w warunkach zapylenia wskutek dużego rozrzutu wyników pomiarowych, trudności w reprodukcji wyników, a głównie z powodu niezgodności z warunkami wyładowań występujących w eksploatacji. Badania przeprowadzone w ostatnich latach w kilku krajach pozwoliły lepiej wnikać w istotę mechanizmu wyładowania i dokładniejsze ustalenie warunków próby.

Wytyczne do wprowadzenia nowych metod badania izolatorów

Opisane metody oceny własności izolatorów nie są dostosowane do prób wyrobu (próba nasiąkalności), nie odpowiadają warunkom fizycznym w eksploatacji (wytrzymałość zabrudzeniowa) lub też powodują uszkodzenia zmniejszające wytrzymałość mechaniczną izolatorów. Konieczne jest zatem zastosowanie nowych metod probierczych, które umożliwią:

- ocenę jakości izolatorów bez ich zniszczenia,
- przeprowadzenie próby bez szkodliwego wpływu na jakość materiału i konstrukcji,
- łatwe zastosowanie do prób wyrobu w warunkach fabrycznych i eksploatacyjnych.

Istotne znaczenie ma wprowadzenie niżej opisanych metod.

Badania ultradźwiękowe. Metoda badań ultradźwiękowych stosowana jest już dość dawno do oceny jakości materiałów metalowych. W dziedzinie materiałów ceramicznych zostały one zastosowane dopiero w ostatnich latach.

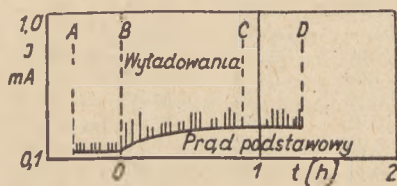
Opierając się na wynikach badań można przypuszczać, że będą one nadawały się do tego rodzaju prób.

Badania ultradźwiękowe są całkiem nieszkodliwe dla próbowanego obiektu. Do badań izolatorów użyto metody echa. Przy metodzie tej wiązka fal ultradźwiękowych wysyłana z nadajnika trafiając na przeciwległą ściankę izolatora ulega odbiciu i zostaje przez ten sam nadajnik odebrana. Odbicia następują wielokrotnie, dopóki energia impulsu nie ulegnie całkowitemu słumieniu w materiale izolatora. Impulsy wysyłane i odbite rejestruje się na ekranie oscylografu elektronowego za pomocą rzędnych o różnej wysokości w funkcji odciętej, proporcjonalnej do czasu przebiegu impulsu w próbce badanej.

Przy badaniu struktury materiału (np. pęcherzy, obcych wtrącin) fale wysyłane z nadajnika odbijają się od miejsca wykazującego przerwę w ciągłości. Odbity impuls zjawia się na ekranie oscylografu przed impulsem odbicia od przeciwległej ścianki izolatora. Dokładność pomiaru jest duża i pozwala wykrywać błędy struktury o powierzchni od 1 mm^2 . Na podstawie badania dwukierunkowego (stereoskopowego) można dokładnie określić położenie miejsca wadliwego.

Metodę ultradźwiękową można zastosować również do badania stopnia spiekania czerepu, czyli zastąpić nią próbę nasiąkalności. Do tego celu wykorzystuje się różnicę prędkości rozchodzenia się fal oraz różnicę w tłumieniu, w zależności od różnego stopnia porowatości materiału,

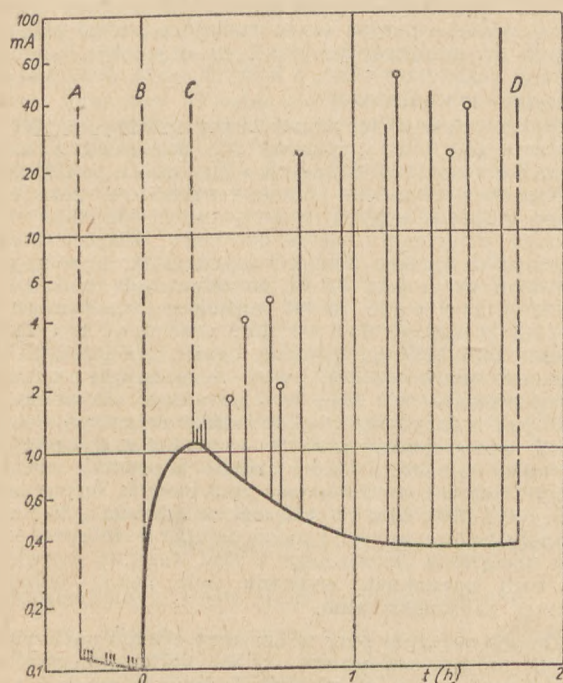
W porcelanie o większej nasiąkalności prędkość rozchodzenia się jest znacznie mniejsza (o 20 %), a absorpcja energii większa. Odbicie echa na ekranie zjawia się w większym odstępie od impulsu wysyłanego, a amplituda odbicia ulega zmniejszeniu wskutek tłumienia. Przy dużej nasiąkalności odbicie może w ogóle nie być widoczne.



Rys. 4. Przebieg prądu płynącego przez izolatory we mgle. Łańcuch $2 \times \text{LDK } 75/14$. Powierzchnia izolatorów czysta. $U = 127 \text{ kV} = \text{const}$

A — włączenie napięcia, B — początek zamglenia, C — największa wartość prądu podstawowego, D — wyłączenie napięcia

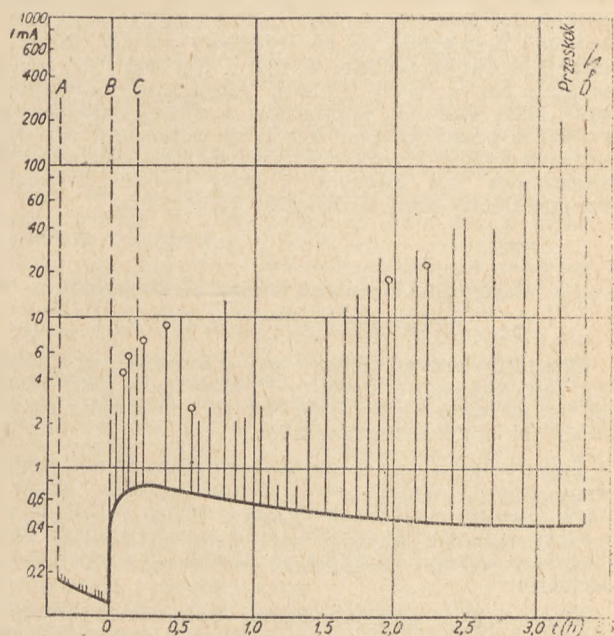
Badania promieniami Rentgena. Metoda ultradźwiękowa umożliwia badanie materiału jednorodnego, zastosowanie natomiast promieni Rentgena pozwala na zbadanie układów złożonych z kilku materiałów. Stosując dotychczasowe urządzenia o niewielkiej energii (300 keV) można prześwietlać tylko przedmioty o małej grubości. Prześwietlenia tego rodzaju wymagają długiego czasu naświetlania a wady materiału trudno jest rozpoznać. Przez zastosowanie akceleratorów elektronów, a mianowicie betatronu, istnieje możliwość znacznego zwiększenia energii promieni, a więc badanie próbek o znacznej grubości. Stosując betatrony do kontroli izolatorów, poddanych próbom długotrwałym, można określić dopuszczalne naciągi probiercze, nie powodujące jeszcze naderwania porcelany niezależnie od kształtu i stanu powierzchni izolatora. Należy przy-



Rys. 5. Przebieg prądu płynącego przez łańcuch izolatorów z rys. 4 przy zabrudzeniu powierzchni lotnym popiołem

puszczać, że ten sposób badania będzie powszechnie stosowany.

Pomiary zakłóceń wielkiej częstotliwości. Metoda polega na analizie zakłóceń wysokiej częstotliwości, wywołanych wyładowaniami cząstkowymi, powstającymi w izolatorach uszkodzonych. Pomiary przeprowadza się na przewodzie połączonym z uziemioną stroną łańcucha izolatorów, co pozwala również na wykonanie pomiarów w czasie eksploatacji linii. Pomiary mają charakter względny, gdyż należy wyeliminować zakłócenia wywołane wyładowaniami cząstkowymi na powierzchni izolatora lub z okuc i osprzętu. Przy posługiwaniu się obecnymi przyrządami potrzeba dużej wprawy i umiejętności, aby wyeliminować zakłócenia pochodzące z istotnych uszkodzeń izolatora. Pomiar znacznie ułatwia zastosowanie oscylografu do badania krzywej prądu płynącego przez izolator. Sposób ten można również stosować do oceny stopnia porowatości porcelany.



Rys. 6. Przebieg prądu płynącego przez łańcuch izolatorów przy zabrudzeniu lotnym popiołem. Łańcuch $4 \times \text{LDK } 75/2$. $U = 63,5 \text{ kV} = \text{const}$

Nowa metoda określania wytrzymałości elektrycznej w warunkach zapylenia. Metoda ta polega na możliwie dokładnym naśladowaniu przy próbie naturalnych warunków pracy izolatora zabrudzonego. Powierzchnię izolatora pokrywa się wodnym roztworem mieszaniny, składającej się z osadów występujących w atmosferze, z dodatkiem niewielkiej ilości dekstryny oraz soli kuchennej w celu uzyskania lepszej przyczepności i określonej przewodności. Badane izolatory załącza się na napięcie o wartości ustalonej w czasie trwania próby i poddaje działaniu sztucznej mgły. Ze wzrostem czasu trwania zamglenia powstają na izolatorach wyładowania, odpowiadające wyładowaniom w warunkach naturalnych. Doprowadzenie do przeskoku przy określonym zabrudzeniu i wartości napięcia uzyskuje się przez przedłużenie próby we mgle. Na rys. 4, 5 i 6 przedstawiono przebieg zjawisk i wartości prądów, płynących przez izolatory.

C. d. n.

PRZEGŁĄD ZAGRANICZNYCH CZASOPISM TECHNICZNYCH

Produkcja energii elektrycznej w świecie w miliardach kilowatogodzin

Kraj	Liczba mieszkańców w tysiącach w 1950/51	R o k					
		1929	1932	1938	1949	1951	1953
Związek Radziecki	193 000	6,22	13,50	39,60	73,20	104,—	133,—
Stany Zj. A. P.	153 490	120,—	102,—	143,40	345,—	433,—	515,—
Wielka Brytania	50 315	18,60	20,60	32,70	50,62	61,54	65,51
Niemiecka Republika Federalna	48 075	18,18	13,89	31,10	38,72	51,35	60,50
Włochy	46 592	10,40	10,70	15,80	20,80	28,50	31,91
Francja	42 200	15,60	13,62	20,60	30,03	36,02	38,92
Belgia	8 654	4,30	3,93	5,28	8,16	9 50	9,81
Holandia	10 262	2,65	3,25	3,69	6,25	7,82	7,12
Szwecja	7 047	4,97	4,90	8,15	16,10	19,58	22,37
Szwajcaria	4 715	5,30	4,79	7,05	9,75	12,25	13,30
Świat cały	2 430 000	310,—	295,—	480,—	650,—	1063	—

We wszystkich krajach uprzemysłowionych 65 do 80% ogólnego zapotrzebowania przypada na potrzeby przemysłu. Wszelkierne zastosowanie energii elektrycznej przyczynia się do szybkiego wzrostu jej produkcji na całym świecie. W 1951 r. jest ona trzykrotnie większa niż w roku wielkiej koniunktury gospodarczej (1929). Wahania w przebiegu krzywej wzrostu produkcji w poszczególnych latach spowodowane są okresami kryzysów i wojen w krajach kapitalistycznych. Uderzający jest olbrzymi i stały wzrost produkcji energii elektrycznej w Związku Radzieckim.

Energie z, 9/1954

Europejska wymiana energii elektrycznej

(Sprawozdanie UNO za 1952 r.)

Produkcja energii elektrycznej w Europie (bez Związku Radzieckiego) wzrosła z 49 miliardów kWh (1920) do 288 miliardów kWh (1950) i w 1955 r. osiągnie prawdopodobnie 409 miliardów kWh.

Siły wodne są dotychczas wykorzystane w następującym stopniu: Włochy 48%, Norwegia 20%, Austria 17%, Jugosławia 2%. Istniejące rezerwy wodne mogą pokryć całkowite zapotrzebowanie energii w ciągu najbliższego okresu. Możliwe są następujące powiązania sieciowe:

Norwegia mogłaby zasilac południową Szwecję i Danię, jednak położenie geograficzne nie sprzyja przesyłowi energii na kontynent europejski.

Jugosławia ma korzystne warunki wykorzystania swoich zasobów wodnych i mogłaby zasilac kraje sąsiednie, między innymi także Austrię wschodnią. Austria zachodnia po rozbudowie elektrowni wodnych mogłaby natomiast zaopatrywać Niemcy.

Północna Szwecja ma również możliwości rozbudowy elektrowni wodnych i mogłaby zasilac Finlandię północną, która swoje zasoby wodne na południu kraju wykorzystuje już całkowicie na potrzeby istniejącego tam przemysłu.

Rumunia ma także niewykorzystany jeszcze potencjał hydroelektryczny i mogłaby dostarczać energię elektryczną do Węgier i Bułgarii.

W podobny sposób badane były możliwości stałej dostawy energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach ciepłych położonych w krajach obfitujących w niskokaloryczne paliwa stałe. Z nowozbudowanych w tym celu elektrowni ciepłych w Czechosłowacji, Polsce i Jugosławii możnaby eksportować energię elektryczną do Austrii i Niemiec południowych. Zasoby węgla brunatnego i kamiennego Niemiec Zachodnich są tak duże, że możnaby nawet eksportować energię elektryczną np. do Francji i Belgii.

„Brennstoff-Wärme-Kraft“ Z. 3/1955

Budowa bloku 275 MW w Stanach Zjednoczonych A. P.

W 1959 r. ma być uruchomiona elektrownia Eddystone, (Philadelphia Electric Co), w której zainstalowany będzie kocioł o wydajności 700 t/h, 352 atm i 621°C, pracujący w bloku z turbozespołem 275 MW. Bezpośrednie chłodzenie uzwojenia generatora umożliwi wytwarzanie pełnej mocy elektrowni w jednym, jednolitym turbogeneratorze przy 3 600 obr/min.

Spodziewane jednostkowe zużycie ciepła netto, tj. na 1 kWh oddaną do sieci wyniesie 2 117 kcal/kWh średnio rocznie, co odpowiada sprawności cieplnej całej elektrowni 40,7%. Zużycie ciepła tego samego rzędu, a mianowicie 2 140 kcal/kWh osiągnięto już w bloku o mocy 125 MW na parametry pary 316 atm i 620°C, zbudowanym w elektrowni Philo (Ohio Power Co). Przypomnieć należy, że najmniejsze zużycie ciepła w Europie, a mianowicie 2 400 kcal/kWh netto osiągnęła dotychczas elektrownia włoska Travazzano (kotły opalane metanem), wyposażona na dwie jednostki po 62,5 MW zasilane parą o parametrach 130 atm i 515°C.

Całkowity koszt budowy elektrowni Eddystone ma wynieść 45 milionów dolarów. Podobnie jak w elektrowni Philo zastosowane będzie dwukrotne wórnne przegrzewanie pary a woda zasilająca będzie podgrzewana do temperatury 296°C w dziesięciu stopniach układu regeneracyjnego, z których sześć pracować będzie jako odgazowywacz.

Wybór tak wielkiej jednostki poprzedziły szczegółowe badania zagadnienia rezerwy systemu energetycznego. Zespół elektrowni Philadelphia Electric Co, który zasilą obszar Pensylwanii na północny-wschód od rzeki Delaware w 1954 r. osiągnął w szczycie — 1 850 MW. W założeniu utrzymania nadal obecnego tempa rozwoju energetyki Stanów Zjednoczonych A. P., a więc przy rocznym przyroście 7,2%, co odpowiada podwojeniu obciążenia w ciągu 10 lat, można się spodziewać, że w 1960 r. maksymalne obciążenie wyniesie w tym systemie 2 600 MW. Ewentualna awaria w elektrowni Eddystone spowodowałaby więc wypadnięcie z ruchu mocy większej niż 10% maksymalnego obciążenia, co jest już niedopuszczalne. Jednakże rozpatrywany system energetyczny pracuje równoległe z sąsiednim (o mocy większej), który może zapewnić zasilanie wszystkich odbiorców nawet przy nagłym wypadnięciu mocy 400 MW. Moc tę obliczono w założeniu, że turbozespoły będące w ruchu mogą przejąć dodatkowo 4,5% ich obciążenia normalnego z tzw. rezerwy wirującej. W tych warunkach wybraną moc nowej jednostki uznano za dopuszczalną.

Do wytwarzania pary w obszarze ciśnień nadkrytycznych można zastosować tylko kotły przepływowe. W projektowanej elektrowni Eddystone ma być ustawiony kocioł Sulzer w wykonaniu firmy Combustion Engineering, mającej licencję szwajcarskiej firmy Sulzer. W odróżnieniu od kotłów Bensona para mokra wy-

plywająca z części parującej kotła zostaje osuszona w oddzielaczu wody.

Temperaturę pary reguluje się, zmieniając natężenie przepływu wody zasilającej oraz wtryskowym ochładzaniem pary przy użyciu wody jako czynnika chłodzącego. Chłodnik ten został umieszczony pomiędzy przegrzewaczem konwekcyjnym a opromienianym. Kocioł będzie wyposażony w dwie bliźniacze komory paleniskowe o przekroju kwadratowym i wysokości ponad 30 m, z wahlowymi palnikami narożnymi. Możliwość zmian kąta nachylenia palników zostanie wykorzystana do regulacji temperatury pary przegrzanej w przegrzewaczach wtórnych (miedzystopniowych), przy czym 65 % całkowitej ilości ciepła zostaje doprowadzone do pary w przegrzewaczu głównym i w przegrzewaczach wtórnych.

Turbozespoły budowane jest przez zakłady Westinghouse Electric Co. Stal austenityczna została użyta tylko w pierwszym wysokoprężnym kadłubie (turbina czterokadłubowa) oraz oczywiście w rurociągu pary dołotowej. Generator o mocy 352 MVA i napięciu 24 kV będzie chłodzony wodorem przepływającym pod ciśnieniem 3,2 atn przez uzwojenie wykonane z rur miedzianych.

Pompy zasilające będą zbudowane na ciśnienie 420 atn i na 6 500 obr./min. Woda dodatkowa będzie poddana procesowi chemicznej całkowitej demineralizacji (wymyenniki kationowe + anionowe). Szczątkowa zawartość soli nie ma przekraczać 0,1 mg/l.

Brennstoff-Wärme-Kraft Z. 3/1955

Dane statystyczne o energetyce w Stanach Zjednoczonych A.P.

W okresie od 1. IX, 1953 do 31. VIII, 1954 produkcja energii elektrycznej w Stanach Zjednoczonych A.P. wyniosła 530 miliardów kWh, tj. o 5,5 % więcej niż w roku poprzednim. Elektrownie zawodowe z końcem sierpnia 1954 r. osiągnęły moc dyspozycyjną około 98 030 MW, elektrownie zaś przemysłowe i trakcyjne moc 16 305 MW. W 1954 r. uruchomiono 172 nowych jednostek o łącznej mocy 12 275 MW. Moc elektrowni w budowie i zamówionych wynosiła dnia 1 października 21 000 MW. Rezerwa maszynowa wynosiła podczas szczytu grudniowego 19,3 % ogólnej mocy elektrowni.

Towarzystwo Detroit Edison Co udzieliło niedawno zlecenia na budowę największego na świecie kotła o wydajności 1 400 t/h, 172 atn i 565 °C oraz największego turbozespołu o mocy 300 MW w elektrowni River Rouge.

Plany Zakładów Wheeler Co przewidują w okresie do 1980 r. zainstalowanie w nowych elektrowniach cieplnych jednostek turbinowych o łącznej mocy 54 000 MW, z których połowa będzie oparta na paliwie atomowym. W okresie od 1954 do końca 1957 r. spodziewany całkowity przyrost nowej mocy elektrowni wyniesie 37 000 MW w 456 jednostkach.

Z ogólnego rocznego wydobycia węgla kamiennego 390 milionów tonn zużyły elektrownie w okresie sprawozdawczym 115 milionów tonn. W 1955 r. zużycie roczne węgla wzrosło o 20 milionów tonn, z czego na same zakłady związane z rozwojem energii atomowej przypadnie 11,5 milionów tonn. Spalanie węgla brunatnego na miejscu jego wydobycia jak również wyzyskanie jako paliwa energetycznego produktów odpadkowych różnych gałęzi przemysłowych stale wzrasta. Spodziewana sprawność cieplna nowych układów blokowych: kocioł + turbina na ciśnienie nadkrytyczne (Philo i Philadelphia Electric Co) ma przekroczyć 40 %.

Brennstoff-Wärme-Kraft Z. 3/1955

Wykorzystanie ciepła ziemi w Nowej Zelandii

Brytyjscy inżynierowie opracowują obecnie projekt elektrowni w Nowej Zelandii zasilanej parą wydobywającą się ze złóż wulkanicznych położonych na głębokości kilkuset metrów pod powierzchnią ziemi. W ciągu 1955 r. mają być udzielone zamówienia na budowę poszczególnych instalacji. Moc projektowanej elektrowni ma wynosić 20 MW. Warto dodać, że podobne elek-

rownie istnieją np. we Włoszech (Toscana), a ich łączna moc wynosi około 200 MW. Para wydobywająca się z ziemi przy przepływie ma ciśnienie około 5 atn i temperaturę około 200 °C (bez przepływu ciśnienie sięga 27 atn).

Brennstoff-Wärme-Kraft z. 3/1955

Produkcja energii elektrycznej w Wielkiej Brytanii w ciągu najbliższych dziesięciu lat

Wskaźnikiem wzrostu produkcji energii elektrycznej w Wielkiej Brytanii w ostatnich dziesięcioleciach jest fakt, że ogólna ilość energii elektrycznej wytworzonej w 1920 r. stanowi zaledwie 6 % produkcji z 1954 r. Na podstawie szczegółowej analizy krzywej wzrostu przypuszcza się, że ogólna moc zainstalowana elektrowni angielskich powinna osiągnąć zimą 1964/65 r. 36 000 MW. (W końcu 1954 r. wyniosła 20 173 MW).

Opracowując program rozbudowy elektrowni trzeba znać nie tylko wielkość ogólnego zapotrzebowania mocy lecz także lokalizację obciążenia i źródła energii, rodzaj i ilość istniejącego do dyspozycji paliwa. W roku sprawozdawczym do 31 marca 1955 spalo pod kotłami wielkich elektrowni angielskich około 2,25 miliona tonn węgla importowanego. Ministerstwo Paliw i Energetyki szacuje, że różnica między ilością węgla wydobywanego w kraju a zapotrzebowaniem na produkcję energii elektrycznej będzie stale wzrastać. Określa się, że ilość węgla krajowego, jaką można przeznaczyć na wytwarzanie energii elektrycznej nie przekroczy nigdy 60 milionów tonn rocznie. Dalsze zapotrzebowanie musi być pokryte przez paliwa importowane lub przez wykorzystanie energii atomowej. Jeżeli, jak na to wskazują dotychczasowe przewidywania, koszt zainstalowania jednego kilowata w elektrowniach atomowych będzie duży, bieżące zaś koszty eksploatacji stosunkowo niskie, to przeciętna cena jednostkowa energii elektrycznej wypadnie najniższa wówczas, kiedy elektrownie atomowe pokrywać będą obciążenie podstawowe.

Perspektywę umieszczenia w dalszym programie rozbudowy większej liczby elektrowni atomowych zależą od rozwiązania zagadnienia, jaka powinna być ekonomiczna wielkość typowych jednostek wytwórczych i elektrowni. Pomimo wszelkich wysiłków poprawienia współczynnika wypełnienia krzywej obciążenia wiele elektrowni musi być zdolnych do pracy jedno- lub dwuzmianowej. Dlatego też podane warunki ruchu ograniczają górną granicę wielkości jednostek i parametrów pary, jakie należy zastosować. Prawdopodobnie słuszne byłoby, aby zespoły były dostosowane do częstego zatrzymywania i uruchamiania.

Od 1948 r. większość zespołów instalowanych w elektrowniach miała moc 30 MW lub 60 MW, przy parametrach 42 atn i 455 °C lub 63 atn i 485 °C. Zespół 60 MW był pierwszym typem, który rozwinął się po wojnie; ogółem zainstalowano i zamówiono 118 turbin tego typu. Dyspozycyjność kotłów wzrosła do tego stopnia, że instalowanie kotłów rezerwowych nie jest już ekonomicznie uzasadnione, wobec czego stosuje się koncepcję układów blokowych. Konieczność oszczędzania paliwa była powodem zamówienia ośmiu zespołów 60 MW i dziesięciu 100 MW, pracujących przy 105,4 atn i 565 °C. Przyjęcie jako zasady układu blokowego spowodowało konieczność ponownego rozpatrzenia zagadnienia miedzystopniowego przegrzania w celu podwyższenia sprawności cieplnej. Ponieważ wtórne przegrzanie zmniejsza jednostkowe zużycie pary przez turbinę, przeto stało się możliwe zastosowanie tego samego oopatowania w turbinie o mocy 120 MW z wtórnym przegrzaniem co i dla turbiny 100 MW bez wtórnego przegrzewania. W związku z tym postanowiono rozpocząć budowę jednostek 120 MW o początkowych parametrach pary 105,4 atn i 540 °C z wtórnym przegrzaniem do 540 °C oraz odpowiednich kotłów o wydajności 400 t/h. W trakcie opracowywania tego programu rozbudowy Central Electricity Board (Centralny Zarząd Elektryczności) po zbadaniu wpływu wielkości turbozespołu na koszty budowy oraz zagadnienia granicznej prędkości obwodowej wirnika jak i problemu odparowania przy ciśnieniach zbliżonych do krytycznego 225 ata wybrał jako typową jednostkę 200 MW o para-

metrach 164 atn i 565 °C na wlocie do turbiny, z wtórnym przegrzaniem do 540 °C. Kocioł dla pierwszej elektrowni tego typu, która ma być uruchomiona w 1959/60 roku w High Marnham, będzie miał wydajność 620 t/h. Dalszym krokiem będzie zastosowanie ciśnienia ponadkrytycznego rzędu 280 ÷ 350 ata.

Engineering and Boiler House Review z. 8/1955

Oszczędność węgla w elektrowniach angielskich

Dzięki zwiększeniu sprawności cieplnej elektrownie C. F. B. (Centralnego Zarządu Elektryczności) zdołały zaoszczędzić około 750 000 tonn węgla w ciągu roku obrotowego (na koniec marca 1955 r.). Przedstawia to oszczędność blisko 2,75 miliona funtów. Ogólna przeciętna sprawność cieplna wszystkich elektrowni parowych wyniosła w tym okresie sprawozdawczym 23,85 % w porównaniu z 23,22 % w takim samym okresie poprzednim.

Dwadzieścia elektrowni osiągnęło średnią sprawność 28,74 %, sprawność poszczególnych wybranych 20 elektrowni wahała się od 27,71 % (elektrownia Battersea B. w Londynie do 31,42 %, elektrownia Portobello — część wyskopięzna w Edynburgu).

The Steam Engineer z. 8/1955

Prace badawcze w energetyce angielskiej

Na mocy aktu ustawodawczego z 1947 r. do obowiązków Centralnego Zarządu Elektryczności należy „prowadzenie badań w sprawach dotyczących dostawy energii elektrycznej”. W związku z tym w 1950 r. otwarte zostało laboratorium badawcze w Leatherhead, rozbudowane w r. 1955.

W pracach laboratorium badawczego poświęcono wiele uwagi problemom przesyłu energii, zarówno na wysokim jak i na niskim napięciu oraz innym zagadnieniom związanym z przesyłem. Nowoolwar'y dział umożliwia rozszerzenie badań na zagadnienia kotłowe, zarówno bezpośrednio w samych elektrowniach jak i w związku z zamierzonym zastosowaniem wyższych parametrów pary. Niektóre problemy były już poprzednio badane na miejscu w elektrowniach w ciągu szeregu lat, jak np. zagadnienie zwiększenia sprawności chłodni kominowych. Badania te doprowadziły do zmian w konstrukcji chłodni.

Rozpatrywane są zagadnienia związane z praktycznym wykorzystaniem popiołu lotnego, którego ilość z każdym rokiem wzrasta. Jedną z gałęzi zastosowań jest produkcja żużlobetonu.

Do nowszych problemów należą zagadnienia związane z zapyłaniem powietrza. Specjalne badania prowadzone były zarówno na miejscu w elektrowniach jak i w laboratorium na dwu próbnym odpylaczach elektrostatycznych. W elektrowniach tych zbadano zachowanie się różnego rodzaju popiołu przy różnych napięciach i rozmaitych natężeniach prądu. Prace te zmierzają do głębszej analizy procesu wytrącania popiołu lotnego w polu elektrostatycznym.

Spośród zagadnień dotyczących procesu spalania badane są warunki panujące w komorze paleniskowej oraz wpływ zawartości w węglu niektórych pierwiastków, jak sodu, potasu, siarki i fosforu na szybkość procesu zanieczyszczania powierzchni ogrzewalnych kotłów. Osady żużlowe były w niektórych kotłowniach przyczyną poważnych trudności ruchowych i poważnego skrócenia okresów ciągłej pracy jednostek kotłowych. Przeprowadzone zmiany modernizacyjne umożliwiły prowadzenie kotłów bez przerwy przez 3 000 do 4 000 godzin, zamiast osiągniętych poprzednio zaledwie 500 godzin przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności.

W toku są również prace badawcze nad zagadnieniami ciepłownictwa, pomp cieplnych i grzejnictwa elektrycznego.

The Steam Engineer z. 8/1955

Największy transformator kolejowy w świecie

Zakłady Siemens-Schuckert w Norymberdze wykonały w 1955 r. największy w świecie transformator trójfazowy o mocy 200 000 kVA, służący do podwyższania napięcia generatorowego z 10,5 kV do 245 kV. Z ogólnego ciężaru transformatora 208 t przypada na olej 30 t. Długość ogólna transformatora przekracza 14 m. W czasie transportu transformator jest zawieszony pomiędzy dwoma częściami specjalnego diesiociosowego wagonu. Transformator ten jest przeznaczony dla jednej elektrowni w okręgu reńsko-westfalskim (RWE).

Energie z. 2/1955.

Opracował inż. J. Michejda.

Naukowo-techniczna narada budownictwa sieciowego

W dniach 10 i 11 maja 1955 r. odbyła się w Krakowie pierwsza naukowo-techniczna narada budownictwa sieciowego, zorganizowana przez Krakowski Oddział SEP, Instytut Energetyki i Zarząd Przedsiębiorstw Budowy Sieci Elektrycznych (ZPBSE).

W naradzie wzięli udział przedstawiciele Ministerstwa Energetyki, Instytutu Energetyki, Zarządu PBSE i podległych przedsiębiorstw, zarządów energetycznych, zakładów sieci elektrycznych, delegaci Biur Projektów Sieci Elektrycznych oraz członkowie Zarządu Krakowskiego Oddziału SEP.

Naradę zajął prezes Zarządu Krakowskiego Oddziału SEP inż. Rodański, zaznaczając, że celem narady jest omówienie wytycznych właściwego wykonania pod względem technicznym i ekonomicznym zadań dotyczących budownictwa sieci elektroenergetycznych w najbliższych 5 latach, zadań — zawartych w ośnośnych uchwałach, zarządzeniach lub teżach Prezydium Rządu.

Przewodniczącą narady w pierwszym dniu obrad, prof. Jasicki podniósł przede wszystkim, że wobec znacznie większych zadań, jakie Państwo Ludowe stawia w najbliższym pięcioleciu przed energetycznym budownictwem sieciowym, trudno byłoby je zrealizować bez podniesienia tego budownictwa na wyższy poziom techniczno-organizacyjny. Następnie poruszył stojący przed budownictwem sieciowym problem tzw. małej i dużej mechanizacji. Z przedstawionego zarysu widać w dotychczasowym sposobie oraz typie tego budownictwa duże niedomaganie i wyraźny brak postępu technicznego. Wyraził przekonanie, że narada osiągnie

swój cel, jeżeli obrady i dyskusja przyczynią się do stworzenia lub określenia wytycznych orientacyjnych, zmierzających do zmniejszenia robót pracochłonnych, przez wykonywanie możliwie największej robót w bazach wyjściowych oraz przez wykorzystanie maksymalnej mechanizacji robót na miejscu prac (na danym obiekcie sieciowym).

Z kolei inż. Konecki i inż. Musiał (ZPBSE) przedstawili w skrócie przygotowany na naradę zasadniczy, szczegółowo opracowany referat pt. „Rozwój budownictwa sieciowego w najbliższym pięcioleciu”. Referat opracowali inż. inż. Hałka, Konecki, Musiał i Szymkowiak z ZPBSE. Zasadniczą jego treść można przedstawić w skrócie następująco:

Asortymentowa struktura robót w budownictwie sieciowym nie uległa w okresie 1952 ÷ 1955 r. większym zmianom. Metody pracy są dziś jeszcze zupełnie prymitywne. Zagadnienia postępu technicznego i mechanizacji znajdują się wciąż jeszcze w sferze rozważań a co najwyżej pierwszych nieśmiały i nieudanych z reguły poczynań.

Wskaźniki techniczno-ekonomiczne — pomimo wyraźnego ich poprawiania się w ostatnich kilkunastu miesiącach — są wciąż jeszcze niezadawalające, głównie ze względu na słaby stopień zmechanizowania prac i wykonywania małej ich tylko części w bazach wyjściowych. Wobec wyraźnego złego aktualnego stanu budownictwa sieciowego autorzy przewidują, że konieczne będzie rozszerzenie postępu technicznego i zmechanizowania robót do 1960 r. przez rozbudowanie baz pre-

fabrykacyjnych oraz dalsze podniesienie wydajności pracy w ten sposób, aby wskaźniki zmechanizowania robót pracochłonnych osiągnęły $60 \div 96\%$.

Na odcinku rozwoju techniki montażu autorzy zasadniają przede wszystkim konieczność wprowadzenia mechanizacji i nowych metod montażowych w zakresie robót ziemno-betonowych. W dalszej kolejności możliwości te widać w wykonywaniu fundamentów pod konstrukcję oraz wykopów.

Należy też dążyć do mechanizacji montażu obwodów pierwotnych i stosowania metody blokowej przy montażu szyn, wprowadzenia mechanizacji przy wbijaniu rur uziemiających oraz do mechanizacji montażu obwodów w.örnnych, głównie przez typizację wielu elementów tych obwodów i stosowanie elementów prefabrykowanych.

Na budowach linii napowietrznych możliwości zwiększenia stopnia mechanizacji dotyczą głównie robót przy osadzaniu konstrukcji wsporczych (prace ziemne i stawianie słupów prefabrykowanych), robót przy wbijaniu rur uziemiających, przy montażu ciężkich konstrukcji słupowych oraz przy stawianiu tych konstrukcji. We wszystkich tych pracach należy dla osiągnięcia właściwego postępu technicznego i lepszej wydajności pracy zaopatrzyć brygady w odpowiedni sprzęt i dopilnować sprawnego ich przerzutu.

Istnieje wyraźna i niezbędna potrzeba oraz możliwość zmechanizowania wszystkich podstawowych robót przy podwieszaniu przewodów.

Z kolei referenci omówili szereg przedsięwzięć konstruktorskich i doświadczalnych. Najważniejsze z nich to: koparka do wykopów pod konstrukcje wsporcze, przyczepka montażowa, samochód z wysięgnikiem, usprawnienie i zmechanizowanie obrotowej metody stawiania konstrukcji wsporczych i słupowych, wciągarka motorowa do rozwijania przewodów, zorganizowanie laboratorium miernictwa elektrycznego dla potrzeb budownictwa sieciowego, projekt warsztatu ruchomego na samochodzie, zagadnienie rozpracowania i wydania w ciągu roku około 30 instrukcji montażowych, poprawienie stanu gospodarki narzędziowej.

Duże niedomagania istnieją na odcinku transportu zarówno zewnętrznego jak i wewnętrznego. Niedomagania te spowodowane są zarówno złą organizacją i nieodpowiednim doбором środków transportu, jak również złym i niewystarczającym ilościowo stanem tych środków.

Dużo uwagi poświęcili autorzy referatu zagadnieniu postępu organizacyjnego, rozważając zasadnicze jego aspekty a więc sprawę przygotowania budowy w przedsiębiorstwie, zagadnienie ciągłości prac i specjalizacji brygad, sprawę przerzutu brygad roboczych, problem metody wykonania robót i organizacji montażu oraz wpływ dobrego nadzoru i rzetelnych odbiorów na jakość i szybkość wykonawstwa.

Krytyczne uwagi do powyższego referatu podał inż. Jackiewicz (ME). Stwierdził on, że mimo niewątpliwej poprawy w budownictwie sieciowym w porównaniu do pierwszych jego kroków z lat 1946 ÷ 1948, zasadnicza sytuacja na tym odcinku jest daleka jeszcze od stanu poprawnego. Z całym naciskiem podkreślił, że tylko wprowadzenie postępowych metod montażu, prawidłowe zorganizowanie wszystkich czynności produkcyjnych i pomocniczych, składających się na całość budowy może radykalnie poprawić obecny, niezadawalający jeszcze stan rzeczy.

Inż. Jackiewicz, powołując się na znaną wypowiedź tow. Chruszczowa do architektów moskiewskich uważa, że należy i w budownictwie sieciowym „przestać budować, a zacząć montować”. Podstawowym zagadnieniem, stanowiącym punkt wyjścia do wszelkich planów polepszenia pracy w budownictwie sieciowym powinno być rozszerzenie asortymentów produkcji prefabrykatów.

Dalszy warunek uzyskania lepszych efektów pracy widzi koreferent w prawidłowym rozwiązaniu zagadnienia organizacji budów. Ponieważ sprzęt mechaniczny i mechanizacja robót — to wyjątkowo słabe punkty budownictwa sieciowego, przeto sądzi, że najwyższy czas, aby zostały zrealizowane różne pomysły i projekty dotyczące narzędzi, sprzętu, jak również, że najwyższy

już czas, aby zająć się stworzeniem bazy sprzętu mechanicznego. Rzecz jasna, że dla uzyskania efektów i korzyści zarówno z prefabrykacji, jak i mechanizacji należy kadry techniczne przygotować do wykorzystania tych ułatwień i udogodnień w odpowiednim stopniu.

Po wygłoszeniu obu referatów rozwinęła się ożywiona dyskusja, w której wzięło udział 15 uczestników. Poruszono w niej zarówno zagadnienia omawiane w referatach jak i nieprzedstawione w nich, lecz wchodzące w problematykę budownictwa sieciowego.

Inż. Knabe (ZSE Łódź) zauważył, iż w referacie głównym nie poruszono zagadnienia szczudeł żelbetonowych do linii średnich napięć; proponuje zatem, aby stosować konstrukcje żelbetowe, zarówno w budowie linii jak i stacji. Mówca nie widzi innego rozwiązania zagadnień budowlanych jak zdecydowane przejście na stosowanie prefabrykatów. Co do malowania słupów, to całość metody — chyba najlepszej — sprowadza się do czyszczenia ręcznego lub piaskowania, pokrywania konstrukcji minią ołowianą oraz metalizacji na gorąco. Mówca przestrzegając przed metalizacją natryskową.

Z kolei mówca wypowiedział się w formie konkretnego wniosku — za stworzeniem stacji próbnej (stanowiska próbnego) dla badania słupów.

Nawiązując do spraw montażu słupów podał, że stopy słupów w liniach 110 i 220 kV powinny być montowane z prefabrykatów lub według rozwiązań przedstawionych w literaturze radzieckiej. Mówca chciałby zobaczyć nareszcie zapowiadane koparki, choćby w ilości $2 \div 3$ szt. naraz. Odnośnie stawiania słupów nie uważa metody obrotowej za jedynie możliwą. Jego zdaniem metoda stawiania wieżowego jest również dobra.

Inż. Rułka (ZPBSE) rozpatrywał zagadnienia realizacji planu 5-letniego. Stwierdził on, że tu powinny być spełnione wreszcie trzy podstawowe warunki, a mianowicie: stabilizacja planu (odnośnie inwestora), typizacja projektów (odnośnie biur projektowych) oraz usprawnienia montażu (odnośnie wykonawcy).

Zdaniem mówcy typizacja tablic przekątnikowych nie może jeszcze nastąpić, z uwagi na zatwierdzanie przez KOPI różnych schematów oraz z braku odpowiednich przekątników i ich zestawów. Odnośnie organizowania nowych komórek kontrolno-pomiarowych przy PBSE uważa, że lepiej zostawić tą sprawę „Energopomiarowi, a dążyć za to do coraz lepszych wyników i metod pracy tego przedsiębiorstwa. Dobra i terminowa dokumentacja to ideał, do którego należy dążyć, na co potrzebne są odpowiednie kredyty.

Rozważając sprawę ciągnięcia przewodów, mówca sądzi, że do tego celu konieczny jest dobry, fachowy nadzór tak ze strony inwestora jak i PBSE oraz odpowiednia ilość samochodów dla inwestora.

Inż. Demel (Energoprojekt Kraków) analizował sprawy materiałowe: zagadnienia aluminium, drewna, stali. Wskazywał na wady aluminium, takie jak wydłużanie się plastyczne, wrażliwość na drgania mechaniczne. Drganiom nie podlegają praktycznie linie z przewodami cienkimi (o małym przekroju); dodatkowe naprężenia wywołane drganiami powstają natomiast w liniach dłuższych, o grubszych przewodach. Trzeba zatem stosować ochronę czynną przed skutkami drgań.

Zdaniem mówcy drewno nie tylko nie jest skazane na wyeliminowanie, lecz raczej przyjdzie na niego kolej w budownictwie linii najwyższych napięć (pod warunkiem, że ilość tego drewna będzie dostateczna). Niezbędne jest tu jednakże stosowanie należytej impregnacji, a ponadto właściwego odbioru i magazynowania drewna. Zagadnienie stali sprowadza się do odpowiedniej ochrony stali przed korozją.

Mówca poruszył ponadto sprawę uziemień słupów liniowych. W tym celu należy opracować właściwe metody dla pomiarów oporności uziemień jak również wykonywania samych uziemień.

Prof. inż. Szymik zastanawiał się nad warunkami niezbędnymi dla otrzymania dobrej jakości budów linii napowietrznych. Twierdził, że cel ten można osiągnąć przez bardzo sprężystą pracę fachowej i ruchliwej w terenie brygady kontrolnej inwestora, dysponującej przy tym odpowiednią ilością samochodów, dobrą do-

kumentacją dostosowaną do terenowych warunków trasy linii (co się tyczy uziemień, to projekt powinien być oparty w razie potrzeby na starannych wierceniach i pomiarach geologicznych oraz na pomiarach oporności właściwej gruntu, bez których wciąż będziemy skazani na domysły, kończące się w praktyce uziemieniami co najmniej nie dobrymi), przez rewizję niektórych typowych projektów „Energoprojektu”, czy drewno jako materiał izolacyjny zostało wykorzystane właściwie.

Inż. Wilk (Energoprojekt Kraków) poruszył sprawę konstrukcji stalowych, ich uszkodzeń z winy złego transportu i zładowywania słupów, złego montażu słupów wskutek braku odpowiedniego nadzoru ze strony inwestora. Mówca postawił wniosek, aby każdy słup był odbierany na miejscu budowy wspólnie przez inwestora i wykonawcę oraz aby dla każdego słupa założyć kartę obiegową, tj. metrykę słupa.

Inż. Sieradzki (ZSE Piotrków) uważał i proponował, aby brygady kontrolno-pomiarowe PBSE — Warszawa dokonywały przed pomiarami „Energopomiaru” kontroli tak obwodów wtórnych, jak i pierwotnych. Nie chodzi tu o usunięcie „Energopomiaru”, lecz o wprowadzenie harmonijnej współpracy „Energopomiaru” z komórkami PBSE przy odbiorach końcowych, w celu szybszego i lepszego odbioru urządzeń. W wykonawstwie PBSE są następujące luki: brak wirówki i grupy olejowej. Odnośnie eksploatacji trzeba przestrzec przedstawicieli tego pionu, że plany i dokumentacja nie mogą być opracowane tak szybko, jak szybko powstają pomysły i życzenia.

Ob. Woźniak zwrócił uwagę, że przy olbrzymim wzroście zakresu robót w planie 5-letnim, trzeba w porę pomyśleć o przejściu na zmechanizowanie różnych prac, jak np. malowanie konstrukcji stalowych (nie ręcznie lecz metalizowanie itp.).

Inż. Małasiiewicz (ZSE Łomża) poruszył konieczność budowy w odpowiednim terminie bocznicy kolejowej dla stacji rozdzielczych (nie czekać z bocznica, aż stacja jest już na ukończeniu).

Inż. Domański (ZPBE). Wobec tego, że tak drewno jak i stal są materiałami deficytowymi, trzeba przejść jak najszybciej na tzw. strunobeton (dla linii napięć niskich i średnich). Mówca zgłosił trzy wnioski, aby zaplanować budowę 200 ÷ 300 km linii na strunobetonie.

Mówca poruszył też ważne zagadnienie współpracy między „Energoprojektem” a wykonawcą i inwestorem przez omawianie w Przeglądzie Elektrotechnicznym lub w Energetyce usterek w dokumentacji „Energoprojektu”, życzeń i wymagań co do jakości dokumentacji.

Inż. Sapulak (PBSE Kraków) postawił wniosek, aby zorganizować przy wykonawcy służbę kontrolno-pomiarową. Poruszając zagadnienia postępu technicznego mówca stwierdził, że ograniczały się one do wypowiedzi, iż sprawy te dodawano zwykle organizacyjnie do innych zagadnień, co nie dało dodatnich rezultatów. Mówca podkreślił, że konieczne jest rozpatrzenie i zatwierdzenie przez ZPBE nowego schematu organizacyjnego, w którym znalazłoby się właściwe miejsce i odpowiedni ludzie dla realizacji postępu technicznego. Mechanizacja robót nie wyszła również poza sferę rozmów i dlatego zawisa w powietrzu. Typizacja może ruszyć z miejsca, jeżeli za namie się tym odpowiedzialna komisja z przedstawicieli „Energoprojektu” i PBSE.

Inż. Targan (ZSE Bielsko) analizował przyczyny wciąż jeszcze złego wykonawstwa inwestycji sieciowych. Stwierdził, że „Energoprojekt” nie uwzględnia często w swych projektach ciężkich i trudnych nieraz warunków terenowych. Wskutek tego wykonawca, a ostatecznie inwestor natrafia na bardzo duże nieraz trudności, gdyż do usuwania zaistniałych „po drodze” usterek nie można wykonawcy ani „w cztery konie” zaciągnąć, a główny sprawca — to nie wykonawca ponoć — tylko jego sławny „przerób”.

Ob. Kochan apelował o rozpracowanie dokumentacji szcudeł, o prefabrykację fundamentów oraz przeszkolenie brygad transportowych i stworzenie odpowiednich środków transportowych.

Prof. Stępniewski stwierdził, że obecny stan budownictwa nie da się poprawić przez nadmiar kontroli

— zwłaszcza ze strony inwestora, lecz przez polepszenie jakości robót u samego wykonawcy i przez jego własną rzetelną kontrolę. Zastanawiając się nad zagadnieniem korozji zaznaczył, że niewiele dotąd zrobiono w tym kierunku. Istnieją możliwości malowania elektroizolacyjnego, dalej cynkowania na zimno. Trzeba te sprawy badać i analizować uzyskiwane wyniki. Przy rozważaniu zagadnienia sprzętu należy zdaniem mówcy, obok ubi-jaków i kafarów wykorzystywać w pierwszym rzędzie wibratory, które mogą być bardziej celowe i użyteczne.

Inż. Stępień podkreślił konieczność położenia przez „Energoprojekt” znacznie większego nacisku i większych niż dotąd starań na rzetelność analizy i wszechstronnego badania warunków terenowo-gruntowych w pracach projektowych (zwłaszcza projektów linii). Tak duża rzetelność analizy jest nieodzowna zwłaszcza dla terenów ciężkich i podmokłych, na których z braku dokładnego projektu, załamują się później plany i terminy inwestorów i wykonawców, lecz nie projektanta.

Podsumowując dyskusję pierwszego dnia obrad, prof. Jasicki stwierdził, iż dużo jest jeszcze do zrobienia na odcinku prefabrykacji, mechanizacji robót, oszczędnego projektowania konstrukcji stalowych, jak i na ważnym odcinku wewnętrznej kontroli wykonawcy.

W drugim dniu narady prof. Stępniewski (Instytut Energetyki) przedstawił w skrócie swój referat pt. „Zagadnienia izolatorów wiszących oraz osprzętu sieciowego w budownictwie linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia”. Izolatory dwukołpakowe są w coraz większym stopniu obecnie — i będą w przyszłości stosowane.

Z materiałów izolacyjnych — to oprócz stosowanej u nas dotychczas powszechnie porcelany — należy rozważyć sprawę wykorzystania szkła naprężonego jako materiału mogącego sprostać stawianym wymaganiom. Wytrzymałość elektryczna izolatorów w warunkach zabrudzeniowych załamuje się i zawodzi. Środki zaradcze w tym względzie nie są łatwe. Stosowane dotąd sposoby polegają na zwiększeniu liczby ogniw izolatorów w łańcuchu, na użyciu specjalnych typów izolatorów oraz na okresowym czyszczeniu izolatorów. Żaden z tych środków nie daje jednak pełnego rozwiązania w warunkach silnego zabrudzenia.

Stosowane dotychczas metody badań izolatorów nie są wystarczające. Nowe metody probiercze powinny umożliwiać ocenę jakości izolatorów bez ich zniszczenia, przeprowadzenie próby bez szkodliwego wpływu na jakość materiału i konstrukcji oraz na łatwe stosowanie prób w warunkach fabrycznych i eksploatacyjnych. Zdaniem referenta celowe jest wprowadzenie metod i badań ultradźwiękowych, umożliwiających kontrolę materiału jednorodnego, badań promieniami Rentgena, pozwalających na sprawdzanie układów wielomateriałowych oraz pomiarów zakłóceń wielkiej częstotliwości (metoda Kosko).

Z kolei podał prof. Stępniewski wymagania techniczne dotyczące osprzętu izolatorów i przewodów. W ciężkich warunkach pracy linii wymagania te nie są jeszcze częstokroć spełnione. Stąd zagadnieniu jakości osprzętu poświęca się ostatnio dużo uwagi i dąży do nowych rozwiązań. Do takich należy np. osprzęt prasowany, który powinien w niedługim czasie znaleźć zastosowanie, szczególnie przy liniach najwyższych napięć

Szkodliwe działanie drgań przewodów będzie mogło być w niedługim już czasie opanowane przez zastosowanie odpowiednich tłumików drgań, resorowych (Stockbridge'a) lub spiralnych, w niektórych zaś wypadkach przez zastosowanie odpowiedniej konstrukcji uchwytów przelotowych.

Stosowany do tej pory ochronny osprzęt przeciwłukowy: rozki i pierścienie nie gwarantują odrzucenia łuku elektrycznego od łańcucha izolatorów. Dlatego też ostatnio przewiduje się konstrukcję z pierścieniami dzielonymi, co umożliwi odrzucenie łuku na ich końce.

Chcąc nie dopuścić do nadpalania się iskierników pod działaniem łuku elektrycznego należy albo wymiarować odpowiednio elektrody iskiernika, albo też wprowadzić nowy typ tzw. iskiernika spiralnego.

Z kolei inż. Hałka przedstawił analitycznie warunki optymalnej pracy dla powszechnie stosowanej u nas

metody obrotowej stawiania słupów linii średnich i wysokich napięć. Mimo niepodzielnego stosowania tej metody popełniane były niejednokrotnie poważne błędy w doborze parametrów, wskutek czego powstawały wręcz niebezpieczne warunki pracy.

W oparciu o szczegółowe wykresy i tablice referent przedstawił najpierw założenia wyjściowe do analizy, a następnie wyjaśnił sprawę wysokości umocowania lin na słupie i zagadnienie wpływu kąta pochylecia słupa na przebieg sił, ustawienie nożyc, a wreszcie układ dla początku oraz w czasie podnoszenia słupa.

Zagadnienia montażu obwodów wtórnych w budownictwie energetycznym omówił na podstawie swojego referatu inż. Sapulak. Dojrzało już zagadnienie typizacji projektów obwodów wtórnych, a w każdym razie takich fragmentów tych obwodów jak tablice sterownicze i szafki kablowe. Z zagadnień samego projektowania narzuca się konieczność wprowadzenia do dokumentacji obwodów wtórnych, tzw. schematów rozwiniętych, niezbędnych dla przeprowadzenia właściwej kontroli montażu tablic na miejscu ich zabudowania (tj. w nastawni). Palącą jest również sprawa właściwego sposobu projektowania rozmieszczenia kabli blokowych, w celu zlikwidowania obecnego chaotycznego „gąszcza” w rozprowadzeniu kabli w pomieszczeniach pod nastawnią i w kanałach międzytablicowych.

W celu poprawienia wykonawstwa obwodów wtórnych należałoby jak najszybciej wprowadzić w PBSE służby kontrolno-pomiarowe. Sprawa dużego znaczenia dla prawidłowego montażu obwodów wtórnych jest właściwe rozwiązywanie problemu dalszej prefabrykacji elementów. Prefabrykacja ta będzie słuszną i celową jedynie wówczas, jeśli będą nią objęte wszystkie roboty, które można wykonać poza terenem budowy. Tak wprowadzenie w życie podanych wyżej zmian w projektowaniu obwodów wtórnych, jak i realizacja odmiennych nieco metod ich montażu będą wymagały od personelu monterskiego znacznego podwyższenia kwalifikacji. Stąd nowa korzyść dla gospodarki społecznej.

W dyskusji podnoszono i omawiano następujące tematy i zagadnienia.

Inż. Lidwin (ZEPD). W poszukiwaniu przyczyn bardzo złego jeszcze i to w dalszym ciągu, stanu wykonawstwa obwodów wtórnych, nie trudno stwierdzić, że jedną z nich, w dodatku wcale nie drugorzędną, jest brak wspólnego języka odnośnie całej problematyki obwodów wtórnych wśród zainteresowanych przedsiębiorstw, poczynając od fazy koncepcji danego obiektu a kończąc na przekazaniu tego obiektu do eksploatacji. W celu zlikwidowania tej prawdziwej „Wieży Babel”, pod którą projektant, inwestor, wykonawca, kontroler (Energopomiar) i wreszcie użytkownik nie mogą się między sobą porozumieć, należałoby zorganizować na najwyższym poziomie kurs obwodów wtórnych, kurs niejako koordynacyjny, na którym zespół wykładowców z wszystkich pięciu zainteresowanych stron podałby w formie już uzgodnionej całość materiału obwodów wtórnych dotyczącego projektowania, wykonawstwa i odbioru przy jednoczesnym naświetlaniu pewnych zagadnień odpowiednimi instrukcjami i zarządzeniami obowiązującymi w eksploatacji tych obwodów. Kurs taki, 4÷6 tygodniowy możnaby zorganizować w najbliższym okresie jesienno-zimowym.

Inż. Sieradzki podkreślił bezwzględną konieczność podniesienia jakości wykonawstwa, jak również palącą potrzebę podniesienia jakości dostarczanej przez przemysł aparatury, która niejednokrotnie nadaje się tylko do zwrócenia jej dostawcy.

Inż. Tarłowski (Zarząd Techniki ME) poruszył zagadnienie dokumentacji; powinna ona być możliwie prosta i stypizowana. Zainteresowani w nowych inwestycjach, a więc od projektanta do użytkownika włączenie, muszą dla dobra energetyki znaleźć i opracować takie rozwiązanie całości zagadnienia, we wszystkich jego fazach, aby mogło ono być jak najlepsze. Instrukcje odbiorcze, które niebawem już ukażą się i będą dostarczone zakładom, staną się bronią w ręku odbiorcy i użytkownika. Myśli racjonalizatorów nie mogą gubić się gdzieś po drodze, lecz w miarę dochodząc — jeśli trzeba do odpowiednich instytucji naukowych.

Inż. Held (ZPBSE) podkreślił konieczność współpracy wykonawców z Instytutem Energetyki.

Inż. Dąbrowski (DBSNW) proponował, aby na słupach przelotowych dawać nie tłumiki, lecz pręty przeciwdrganowe.

Inż. Godlewski (ZPBSE) poruszył sprawę prefabrykatów, zwłaszcza dla rozdzielni wewnętrznych. Ponadto rzucił myśl stworzenia katedr budownictwa energetycznego na wyższych uczelniach technicznych i odpowiednich wykładów w średnich szkołach zawodowych

Inż. Krygier podniósł znaczenie dobrego planowania materiałowego oraz w miarę możliwości planowania (dopasowywania) robót według ich właściwości do pór roku. Proponował ponadto, aby inwestorzy podawali biurom projektowym błędy w dotychczasowym ich projektowaniu

Inż. Rułka stwierdził, że kit siarkowy zawsze rozsadzał izolatory, osadzanie natomiast uzbrojenia za pomocą konopi daje dobre wyniki. Zaproponował, aby opracować naukowo właściwy sposób kitowania izolatorów oraz ustalić dopuszczalne siły działające na izolatory.

Inż. Błażejowski (PBS W-wa) podał, że w jego przedsiębiorstwie czynna już jest brygada specjalna do odbioru montażu przed przybyciem „Energopomiaru”; uważał to za słuszne i dobre. Podkreślił, że należy wprowadzić system premiowania od jakości robót.

Inż. Klimecki (Energoprojekt Kraków) proponował unifikację projektów tablic sterowniczych i przekaznikowych, gdyż dotąd istnieją duże różnice w ich wykonywaniu. Trzeba by również rozwiązać we właściwy sposób wykonawstwo szafek kablowych. Proponował również przekonstruować tablice przekazykowe według wzorów ASEA.

Inż. Rodański sądził, że mechanizacja — oczywiście słuszną — nie „przyjdzie” do nas sama. Powinien się tym ktoś zająć; ME mogłoby powołać do tego celu odpowiednią komórkę projektową. Bez tego to ważne zagadnienie nie ruszy naprawdę z miejsca

Ostateczne wyniki narady podsumował inż. Rukoszto (Instytut Energetyki):

„W naradzie uderzał za mały udział przedstawicieli biur projektowych. Wnioski tej narady powinny być przeniesione na ogólnokrajową radę inwestycyjną. Powinno nastąpić wzajemne zbliżenie Instytutu Elektrycznictwa i Zarządu Biur Projektów oraz Zarządu Przedsiębiorstw Budowy Sieci Elektrycznych.

Palącą sprawą jest zorganizowanie komórki postępu i wynalazczości w ZPBS jak i w ME. Mówca stwierdził, że właściwie wciąż jesteśmy w sferze dyskusji, nie widzimy właściwych czynów. Tak w referatach jak i w dyskusji brak było silnych głosów o nowej aparaturze i nowych urządzeniach, a przecież nie jest z tym wcale dobrze. Musimy stawiać śmiało wnioski i śmiało żądania odnośnie nowych sposobów konstrukcji, np. transformatorów mocy. Należałoby zbudować doświadczalne linie i stacje, na których naukowcy i doświadczeni praktycy mogliby sprawdzać naukowo wysunięte wymagania i otrzymywane w eksploatacji wyniki. W taki jedynie sposób będzie można stworzyć naturalne podstawy samego postępu, wynikającego z racjonalnego połączenia doświadczenia z nauką.”

W wyniku obrad opracowano wnioski z narady naukowo technicznej.

Wszystkie te wnioski dotyczą: 1. projektowania, 2. produkcji pomocniczej, 3. produkcji przemysłowej, 4. montażu, 5. zagadnień ogólnych.

Inż. Antoni Lidwin

SPROSTOWANIE

do komunikatu pt. „Zmiana przepisów budowy urządzeń elektrycznych”. (Nr 5 „Energetyki”, str. 271, prawy łam, 4-ty wiersz od dołu):

jest	powinno być
stacji transformatorowych o napięciu 6 ÷ kV włącz-	stacji transformatorowych o napięciu 6 ÷ 15 kV włącz-

VIII Zjazd delegatów SEP w Poznaniu w dniach 11 i 12 lipca 1955 r.

Doroczny Zjazd Delegatów SEP odbył się w Poznaniu, w dniach 11 i 12 lipca br. Zjazd ten miał inny charakter niż zwykle, przewidziane statutem, coroczne zjazdy, gdyż sprawy organizacyjne i wybory władz Stowarzyszenia już zostały załatwione na poprzednim zjeździe (w grudniu 1954 r.). W Poznaniu obrady miały specjalne cele: uroczyste uczczenie 10-lecia Polski Ludowej oraz przygotowania do planu 5-letniego.

Zjazd był wyjątkowo liczny, przybyło bowiem około 500 osób, w tej liczbie przeszło 300 delegatów z całej Polski oraz około 200 aktywistów stowarzyszeniowych.

W obradach wziął udział również Minister Energetyki, Bolesław Jaszczyk. Przewodniczył Zjazdowi: jeden z najstarszych i najbardziej zasłużonych elektryków polskich, członek honorowy SEP, prof. Tadeusz Czaplicki.

Zorganizowanie Zjazdu w Poznaniu, w okresie Międzynarodowych Targów, łączyło się ściśle z celem uczczenia 10-lecia PRL, gdyż Targi naocznie obrazowały postęp w naszej produkcji, osiągnięty w 10-leciu.

Również w ramach uczczenia 10-lecia PRL został wygłoszony w imieniu Zarządu Głównego SEP przez rektora Warszawskiej Szkoły Inżynierskiej, inż. Tadeusza Zarneckiego, referat o rozwoju działalności SEP w 10-leciu i wkładzie w budowę elektrotechniki polskiej. Referent nawiązał do historii SEP w całym okresie 30-letniego istnienia naszego Stowarzyszenia, podając jako tło ostatniego 10-lecia osiągnięcia w okresie przedwojennym i nieprzerwaną pracę naszych aktywistów stowarzyszeniowych w czasie okupacji zarówno w tajnych ośrodkach w Polsce, jak i w Oddziałach SEP, utworzonych na emigracji, a także w obozach jeńców wojennych.

Ogromną drogę, jaką przeszedł SEP w okresie 35-lecia charakteryzują najdobitniej następujące liczby: gdy w okresie organizacji SEP w 1921 r. było 201 członków w 6 kołach, to obecnie liczba członków SEP przekroczyła już 12 000, zgrupowanych w 26 oddziałach, w 350 kołach zakładowych. Wielki rozwój organizacyjny SEP nastąpił zwłaszcza w okresie ostatniego 10-lecia, jak świadczy obecna liczba 12 000 członków wobec 1500 członków w r. 1939.

Wielka liczba krajowych, w wielu przypadkach międzynarodowych, konferencji naukowo-technicznych, zorganizowanych przez SEP, tysiące odczytów technicznych, setki kursów szkoleniowych i specjalizacyjnych obok wielu innych akcji, świadczy pozytywnie o wkładzie SEP w wykonanie planu 3-letniego i 6-letniego. Wielkie nowe możliwości daje przeniknięcie Stowarzyszenia na teren zakładów pracy przez organizowanie kół zakładowych. W 1950 r. nie było ani jednego koła zakładowego, a obecnie liczba kół zakładowych przekroczyła już 350, w tym 130 kół w energetyce zawodowej.

Po referacie prezydialnym uczestnicy Zjazdu wysłuchali referatów resortowych, obrazujących zarówno dotychczasowe osiągnięcia jak i wytyczne planu 5-letniego. Referaty te dotyczyły: energetyki, przemysłu maszyn i aparatów elektrycznych, przemysłu kablowego i akumulatorowego, budownictwa przemysłowego w zakresie elektrotechniki, przemysłu teletechnicznego i telekomunikacji.

Referat o rozwoju energetyki i wytycznych planu 5-letniego, wygłosił dyr. B. Leszek.

W referacie o wytycznych przemysłu elektrotechnicznego opracowanym przez dyr. L. Zienkowskiego, zwraca uwagę 5-krotny wzrost produkcji w okresie planu 6-letniego (tj. znacznie więcej, niż wynosi wskaźnik średni całego przemysłu). Buduje się już np. maszyny wirujące prądu zmiennego o mocy do 4500 kW, prądu stałego do 1900 kW, turbogeneratory 2 MW, transformatory do 31,5 MVA, wyłączniki małosilowe do 30 kV, 600 A, o mocy odłączalnej 500 MVA, przekładniki prądowe i napięciowe 110 kV itd. W przyszłym roku ma być oddany do ruchu pierwszy polski turbogenerator 25 MVA, nad którym prace trwają już wiele miesięcy.

W planie 5-letnim przewiduje się uruchomienie produkcji turbogeneratorów 30 i 50 MW z chłodzeniem wodorowym oraz zostaną wykonane przygotowania do produkcji jednostek 100 MW. Wejdą również do produkcji kompensatory fazowe wirujące 15 i 30 kVAR, transformatory 110 kV, 63 MVA i 220 kV 3×40 MVA, a także małosilowe wyłączniki 110 kV i aparatura 220 kV (z wyjątkiem wyłączników) itd. Przewidziane jest również znaczne zwiększenie ilościowe, asortymentowe i jakościowe mierników oraz przekazników.

W referacie przemysłu kablowego, opracowanym przez dyr. T. Moskaiewskiego, uwagę energetyków zwróciły w szczególności następujące dane planu 5-letniego: przedłużenie czasu pracy kabli ponad 30 lat, znaczne rozszerzenie asortymentów, przeszło 30-krotne zwiększenie produkcji linek elektroenergetycznych ze stopów aluminium z magnezem i krzemem (linki aldrejowe), znaczne powiększenie produkcji kabli z żyłami aluminiowymi, wprowadzenie do masowej produkcji kabli elektroenergetycznych z powłoką termoplastyczną z polwinitu (plastyfikowanego polichlorku winylu), a także z powłoką aluminiową, produkcja kabli w izolacji poduszki z żywicy żywicznej i wreszcie kabli olejowych na 110 kV. W okresie 5-letnim produkcja kabli i przewodów ma wzrosnąć o 170 %. W zakresie akumulatorów główny nacisk jest położony na zwiększenie produkcji i asortymentów akumulatorów zasadowych.

W budownictwie przemysłowym, według referatu opracowanego przez dyr. W. Piora, dominować będzie rozwój prefabrykacji i mechanizacji robót. Prefabrykacja ma wzrosnąć w okresie 5-letnim o 1500 %. W stosunku do urządzeń cieplnych wprowadzony też będzie montaż blokowy i półblokowy, polegający na dostarczaniu na plac budowy nie elementów lecz już zmontowanych zespołów. Poważną troską budownictwa przemysłowego będzie nadal typizacja urządzeń.

Przemysł teletechniczny, według referatu mgr inż. T. Pachniewicza, wykazuje imponujący wzrost produkcji o 700 % w porównaniu z 1938 r., a w planie pięcioletnim zwiększenie całkowitej produkcji ma być 10-krotne w porównaniu z 1955 r. Wielki zakres asortymentowy przewiduje także dla przedsiębiorstw łączniczo automatyczne o dowolnej pojemności.

Rozwój i zamierzenia telekomunikacji referował dyr. J. Ziółkowski, podając wśród innych ciekawych danych, że w planie 5-letnim jest przewidziane wprowadzenie automatyzacji ruchu międzymiastowego.

W dyskusji omówiono zarówno zagadnienia przemysłu i energetyki, jak i przeszkody na drodze do szybkiego wzmoczenia postępu technicznego oraz zadania SEP związane z planem 5-letnim¹⁾

Obrady podsumował Wiceprzewodniczący Rady NOT, Minister B. Jaszczyk.

Podkreślić należy, że w czasie obrad przybyła sztafeta Elektrowni Szczecin, która złożyła meldunek o wykonaniu planu na I półrocze w 115,72 % przy równoczesnym zaoszczędzeniu 5000 tonn węgla. Równocześnie sztafeta w imieniu załogi złożyła zobowiązanie zaoszczędzenia dalszych 5000 tonn węgla w półroczu II. Cenne meldunki i zobowiązania nadeszły również na Zjazd od załóg, dyrekcji i kół zakładowych SEP: Elektrowni Jaworzno II, Elektrowni Victoria, Elektrowni Czechnica, Elektrowni Szombierki, Zarządu Energetycznego Okręgu Zachodniego, ZRE-Poznań, ZSE-Gorzów. Na uwagę zasługuje również nadesłane przez Zakłady M-5 zobowiązanie skrócenia terminu wykonania pierwszego polskiego turbogeneratora 25 MW. Życzenia dla Zjazdu nadesłało szereg instytucji i osób z Wiceministrem Szkolnictwa Wyższego H. Golańskim na czele. Nadeszły też życzenia z Moskwy i Genewy od naszych delegacji elektrotechnicznych.

Z. K.

¹⁾ Pełny tekst referatów i sprawozdania z dyskusji zostaną opublikowane w Przeglądzie Elektrotechnicznym.

Ogólnokrajowy konkurs racjonalizatorów energetyki

Dnia 29 września 1955 r. w Pałacu Kultury i Nauki w Sali Muzeum Postępu Techniki w Służbie Człowieka odbyło się uroczyste rozdanie nagród za wyróżnione projekty zgłoszone w ramach Ogólnokrajowego konkursu racjonalizatorów energetyki, zorganizowanego w sierpniu 1954 r. przez Ministerstwo Energetyki, Zarząd Główny Stowarzyszenia Elektryków Polskich i Zarząd Główny Związku Zawodowego Pracowników Energetyki. W uroczystości wzięli udział: podsekretarz stanu Ministerstwa Energetyki inż. Zadrzyński, przewodniczący Zarządu Głównego Związku Zawodowego Pracowników Energetyki ob. Rutkowski, sekretarz generalny SEP inż. Karasiński, dyrektor Zarządu Techniki ME inż. Leszek, z-ca dyrektora Z. T. inż. Tarłowski, racjonalizatorzy oraz zaproszeni goście. Wyniki konkursu podsumował zastępca dyrektora Zarządu Techniki M. E. inż. Tarłowski, podkreślając, że tematyka konkursu obejmowała w zasadzie wszystkie zagadnienia z dziedziny energetyki, zarówno w zakresie eksploatacji, budownictwa i remontów, jak również w zakresie bezpieczeństwa pracy. Przykładowo podał tematykę dotyczącą elektrowni, sieci, rozdzielni, urządzeń pomocniczych, produkcji pomocniczej itp.

Udział w konkursie, indywidualnie czy też zespołowo w formie brygad racjonalizatorskich, mogli wziąć wszyscy bez względu na branżę, w jakiej pracują.

Za wyróżnione prace przewidziano z funduszu Ministerstwa Energetyki nagrody zespołowe i indywidualne w następującej wysokości:

a) nagrody zespołowe

I	— 20 000 zł
II	— 15 000 zł
III	— 10 000 zł

b) nagrody indywidualne

jedna I	— 5 000 zł
trzy II	po 4 000 zł
sześć III	po 3 000 zł
piętnaście IV	po 2 000 zł
trzydzieści V	po 1 000 zł

Łączna suma nagród wynosiła 140 000 zł.

Ogółem zgłoszono 205 pomysłów racjonalizatorskich. Największa ilość, gdyż 50 % prac, dotyczyła usprawnień narzędzi i przyrządów, 13 % — oszczędności materiałów, 10 % — mechanizacji pracy, 10 % — bezpieczeństwa pracy, wreszcie 7 % — zagadnienia oszczędności węgla.

Udział inżynierów w konkursie był stosunkowo mały (39 inżynierów na 223 uczestników, czyli 17 %).

Poziom prac był bardzo różny, na ogół jednak dość niski. Nagrodzono ogółem 29 prac, wykorzystując zaledwie około 50 % funduszu nagród, tj. 73 000 zł.

Nagrody rozdzielono w następujący sposób:

A. nagrody zespołowe:

I nagrody nie przyznano w ogóle.

II nagrodę w wysokości 15 000 zł przyznano pracownikom brygady robotniczo-inżynierskiej z ZSE Lublin: Wesołowi Krawczykowi, Stanisławowi Bidiukowi i Bronisławowi Kubickiemu, za projekt uziemiacza zwierającego dla odłącznika 30 kV.

Zasada pomysłu nie jest wprawdzie nowa. Lekka, prosta i pewna w działaniu konstrukcja uziemiacza oraz dobrze rozwiązana blokada mechaniczna, zabezpieczająca przed pomyłkowym załączeniem, wskazuje na to, że zgłoszony projekt może być szeroko stosowany w energetyce.

III nagrodę w wysokości 10 000 zł przyznano członkowi brygady robotniczo-inżynierskiej z ZSE Bydgoszcz: Wiktorowi Mamelowi, Mieczysławowi Bocianowi, Henrykowi Bocianowi, Zdzisławowi Szymkowiakowi Edmundowi Rosińskiemu i Apoloniuszowi Sygnatowiczowi za projekt przenośnej aparatury do prób prądowych i napięciowych aparatów elektrycznych i prostych przekładników.

Pomimo pewnych usterek w rozwiązaniu zagadnienia zaprojektowane urządzenie jest stosunkowo cen-

nym wkładem w zakresie budowy przenośnych przyrządów do badania przekładników. Przypuszczać należy jednak, że projekt będzie przede wszystkim wykorzystany przy urządzeniach elektrycznych w mniejszych zakładach przemysłowych z poza resortu energetyki, ze względu na swój dość ograniczony zakres możliwości zastosowania do bardziej skomplikowanych i precyzyjnych przekładników, używanych w resorcie energetyki zawodowej.

B. nagrody indywidualne

I nagrodę w wysokości 5000 zł przyznano inż. Leszkowi Martinemu (Krakowskie Biuro Projektowania Sieci Elektrycznych) oraz Janowi Martinemu (Poltechnika Krakowska) za pracę pt. „Nowe konstrukcje wsporcze stalowe w energetyce z zastosowaniem prętów kratowych złożonych”.

Przedstawiony projekt koncepcyjny, opracowany starannie i poparty obliczeniami dotyczy nowego, nie stosowanego dotychczas rozwiązania słupów kratowych dla linii najwyższych napięć.

Jak wynika z podanych szkiców i obliczeń oraz opinii specjalistów zaprojektowany słup jest oryginalnym, ciekawym i oszczędnym rozwiązaniem, zasługującym na szczególne zbadanie i ewentualnie zastosowanie przy budowie linii najwyższych napięć.

Pięć III nagród po 3000 zł otrzymali:

1. Inż. Stanisław Gosiewski z Elektrobudowy — Stalinogród — za zaprojektowanie prostego przyrządu do wycinania otworów w ściankach z blachy.

2. Zdzisław Wilk, Tadeusz Loos i Jerzy Lisowski (Krakowskie Biuro Projektowania Sieci Elektrycznych) za szkicowy projekt kafara spaliniowego do wbijania rur uziemiających.

3. Józef Stachowiak (Zakład Remontowy Energetyki Poznań) za projekt prostego urządzenia do sygnalizacji wzrostu temperatury węgla złożonego na hałdzie.

4. Władysław Ptak, Jerzy Bojanowski i Kazimierz Betlejowski (ZSE Płock) za projekt przyrządu do oznaczania ilości zwojów w cewkach transformatorowych.

5. Walter Mięsek (Elektrownia Wałbrzych) za przyrząd do trasowania otworów w częściach cylindrycznych.

Siedem IV nagród po 2000 zł otrzymali:

1. Zdzisław Wilk (Krakowskie Biuro Projektowania Sieci Elektrycznych) za projekt wózka z podnoszonym stołem.

2. Stefan Snella (Zespół Elektrowni Gdynia) za przystosowanie istniejących urządzeń nawęglania do odsiewania węgla w celu poprawienia spalania w kotłach rusztowych.

3. Henryk Chrobot (Zakład Remontowy Energetyki Poznań) za przyrząd do mierzenia ilości zwojów na cewkach z dokładnością 0,5 %.

4. Marian Lutkiewicz (Zakład Sieci Elektrycznych Olsztyn) za przenośny aparat do sprawdzania neonowych wskaźników wysokiego napięcia.

5. Stefan Kwieciński (ZEOC) i ob. Witold Chrzanowski (Zakład Sieci Elektrycznych Warszawa-Miasto) za przenośny, skośny uziemiacz do szyn płaskich zbiorczych i okrągłych typ 1 i typ 2.

6. Radosław Kossowski (Zakład Remontowy Energetyki) za przyrząd do ukosowania rur do spawania.

7. Wiktor Guzik (ZEOW Radom) za przyrząd do prostowania kątowników i ceowników.

Czternaście V nagród po 1000 zł otrzymali:

1. Jan Szadkowski (Cukrownia Gosławice) za urządzenie do odpowielania paleniska kotłowego.

2. Witold Siwicki (Zakład Sieci Elektrycznych Toruń) za wskaźnik kolejności i synchronizacji faz.

3. Norbert Kamiński (Krośnieńskie Warsztaty Remontowe Kopalnictwa Naftowego) za tarczę samocentrującą na pasy klinowe do badania silników pod obciążeniem.

4. Norbert Kamiński (Krośnieńskie Warsztaty Kopalnictwa Naftowego) za kolbę do lutowania skówek łączących sztaby uzwojeń wirników.

5. Roman Barański za akustyczny wskaźnik napięcia.

6. Franciszek Stopa (Andrychowskie Zakłady Przemysłu Bawełnianego, Oddział Swinna Poręba) za styki do odłączników WPIL.

7. Andrzej Wendorff i Ludwik Malarz (Zakład Sieci Elektrycznych Kraków-Miasto) za opracowanie nowej metody do wyszukiwania uszkodzeń kabla typu Vogel (trójplaszczowego).

8. Roman Szczesza, Aleksander Wilczek (Elektrownia Chorzów) za wykorzystanie powierzchni ogrzewalnej podgrzewaczy regeneracyjnych nieczynnej turbiny 5 do pełnego wykorzystania pary zaczepowej turbiny 4.

9. Zenon Kierzkowski (ZSE Olsztyn) za śrubokręt z uchwytem.

10. Jerzy Michna (Przedsiębiorstwo Budowy Sieci Elektrycznych Staliność) za zastosowanie płyt gazobetonowych (bardziej trwałych) zamiast tynkowania przy wypełnianiu ścianek działowych.

11. Stanisław Zieleziński (Elektrownia Chorzów) za usprawnienie rusztowań dla kotłów wysokoprężnych.

12. Franciszek Maroszek (emeryt) za wykonanie opasek na kable z papy bitumicznej.

13. Walter Mięsoś (Elektrownia Wałbrzych) za wspornik do nitowania.

14. Stanisław Rosiak (Zarząd Energetyczny Okręgu Wschodniego Lublin) za uzbrojenie izolatora wyłącznika olejowego.

Z analizy prac przesłanych na konkurs wynika, że w następnym konkursie należy unikać zbyt szerokiej

tematyki a ograniczyć się raczej do kilku jasno określonych tematów.

Następnie zabrał głos Przewodniczący Zarządu Głównego Związku Zawodowego Pracowników Energetyki ob. Rutkowski podkreślając, że jest to już drugi konkurs racjonalizatorski energetyki, w którym wzięło udział wielu racjonalizatorów, uczestniczących już w pierwszym konkursie.

Świadczy to dodatnio o tym, że ich wkład pracy w dziedzinie postępu technicznego jest systematyczny.

Poza tym w obecnym konkursie wzięło udział wielu nowych racjonalizatorów, co dowodzi, że zespół nowatorów stale rośnie, pogłębiając i rozwijając myśl techniczną.

W dalszym ciągu ob. Rutkowski apelował do uczestników, aby wyniki konkursu przenieśli na swoje zakłady pracy, zachęcając swych współtowarzyszy pracy do jak najliczniejszego udziału w następnych konkursach. Kończąc swe przemówienie złożył w imieniu Prezydium Zarządu Głównego Z. Z. P. E. uczestnikom konkursu życzenia dalszej, owocnej pracy na tym polu.

Wiceminister Energetyki inż. E. Zadrzyński nakreślił zasadnicze kierunki rozwoju postępu techniki i związanych z tym zadań dla racjonalizatorów podkreślając jednocześnie duże znaczenie ruchu racjonalizatorskiego w ogóle dla całej gospodarki narodowej; życząc dalszych sukcesów obecnym na sali zwycięzcom konkursu wyraził nadzieję, że w następnym konkursie weźmie udział więcej uczestników i nagrodzonych.

E. Ziembicki

WYDAWNICTWA NADESŁANE

WYDAWNICTWA MINISTERSTWA ENERGETYKI

Zakład Badań i Pomiarów „Energopomiar“ w Gliwicach wydał na zlecenie Ministerstwa Energetyki szereg broszur, obejmujących instrukcje dotyczące urządzeń, przyrządów itp. w zakładach energetycznych. Są to bądź tłumaczenia instrukcji radzieckich, dostosowane do pracy poszczególnych urządzeń w warunkach polskich, bądź oryginalne prace autorów polskich, oparte na doświadczeniach i badaniach przeprowadzonych w krajowych zakładach energetycznych.

Instrukcje te przyczynią się niewątpliwie do podniesienia poziomu eksploatacji w naszych elektrowniach. Żałować jedynie należy, że zbyt niśpiesz odbił się nieco ujemnie na szacie zewnętrznej i wierności przekładów tych cennych wydawnictw. W szczególności należałoby w przyszłości dążyć, aby rysunki były bardziej starannie wykonane.

Poniżej omówiono dwie najciekawsze książki wydane przez „Energopomiar“, inne zaś podano na okładce niniejszego numeru.

Samoczynne załączanie rezerw w elektrowniach ciepłych

Praca zbiorowa pod redakcją prof. dr. inż. Wł. Kołka oraz mgr. inż. D. Żeleńskiego

Warszawa 1955, format B5, str. 233

Praca jest ważnym przyczynkiem do realizacji urządzeń do samoczynnego załączania rezerwy w naszych elektrowniach.

Autorzy pracy zostali wyróżnieni, otrzymali bowiem w roku bieżącym nagrodę państwową.

Oparcie wywodów autorów na licznych badaniach i pomiarach przeprowadzonych nie tylko w warunkach laboratoryjnych, lecz również w warunkach ruchowych i to na urządzeniach stanowiących typowe wyposażenie naszych elektrowni powiększa wartość i przydatność pracy.

Przy wstępnym zapoznaniu się z treścią nasuwają się następujące uwagi.

Ze względu na coraz powszechniejsze wprowadzanie forsowania wzbudzenia wydaje się, że część IV (wpływ forsowania wzbudzenia na samoruch silników asynchronicznych) powinna być obfiej

opracowana i zawierać bardziej dostępne dla czytelnika porównania warunków samoruchu w warunkach normalnych i przy forsowaniu wzbudzenia.

Zawarta w części VIII analiza mechanicznych zjawisk przy samoczynnym załączaniu napędów potrzeb własnych wymaga pewnych uzupełnień. Napęd parowy zaczyna być w wielkich nowoczesnych elektrowniach wypierany (r.p. elektrownie Arrighi oraz Weisweiler). Podkreślić należy, że w elektrowni Weisweiler kotły z przymusowym przepływem wody (Benson, Sulzer) o wydajności po 300 t/h są zasilane przez pompy wyłącznie z napędem elektrycznym.

St. K.

Wybrane zagadnienia z automatyki w elektrowniach

Lucjan Nehrebecki

Warszawa 1954, format A5, str. 175

Autor zadał sobie trud zebrania charakterystyk i opisów działania licznych, spotykanych w naszych elektrowniach urządzeń do samoczynnej regulacji napięcia i częstotliwości.

Cenne również informacje podano odnośnie samo-synchronizacji i samoczynnej synchronizacji oraz samoczynnego załączania rezerwy i automatycznego odciażania elektrowni.

Zastrzeżenie budzi jednak zaliczenie urządzeń do samoczynnego odciażania elektrowni do urządzeń regulacyjnych a nie — jak należało — do urządzeń sterujących.

Niestety wartość książki ucierpiała przez niestaranną korektę, o czym świadczy choćby errata zawierająca 67 pozycji tekstu i kilka rysunków.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Układy i urządzenia potrzeb własnych elektrowni

St. Andrzejewski i Z. Mroczkowski

Warszawa 1955, format B5, str. 188, cena zł 17,20

Nakładem Państwowych Wydawnictw Technicznych ukazała się książka pt. „Układy i urządzenia potrzeb własnych elektrowni“.

Jest to pierwsza polska praca autorska z tej dziedziny z tendencją ujęcia całokształtu zagadnienia potrzeb własnych elektrowni. W fachowej literaturze kra-

