

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN  
MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,  
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

ROK XXXI

ZESZYT 5

21.V.1955

Warunkiem nieustannego wzrostu i doskonalenia produkcji na podstawie najwyższej techniki, a więc i realizacji podstawowego prawa ekonomicznego socjalizmu, jest szybszy wzrost produkcji środków wytwórczości, w tym przede wszystkim szybszy wzrost produkcji maszyn. Stwierdzenie to jest szczególnie istotne dla obecnego okresu socjalistycznej industrializacji w naszym kraju, okresu niezakończonych bynajmniej budowy bazy materialno-technicznej socjalizmu.

W celu rozbudowy tej bazy technicznej dla zabezpieczenia stałego wzrostu wydajności pracy, podniesienia na wyższy poziom gospodarki rolnej, zwiększenia siły obronnej państwa — niezbędne jest stworzenie warunków dalszego i szybszego rozwoju produkcji środków wytwórczości w następnych latach.

Podstawową przyczyną opóźnień w tej dziedzinie jest niedostateczny rozwój krajowej produkcji surowców i paliw, niedostateczny poziom walki o lepsze wykorzystanie surowców i paliw i o pełniejsze wykorzystanie istniejących zdolności produkcyjnych.

B. BIERUT



WYDAWNICTWO NACZELNEJ ORGANIZACJI TECHNICZNEJ

## SPIS RZECZY

1 Maja 1955 roku  
Sliwiński T., Wdowiak B. Ocena serii maszyn elektrycznych metodą analizy łącznych kosztów amortyzacji i eksploatacji.  
Jasicki Z. Zagadnienia linii napowietrznych.  
Berson L. Przestrzeń i płaszczyzna kolorów.  
Frank T., Skrypko Z. Układy prądu stałego w elektrowniach ciepłych.  
Peda J. Eksport elektrotechnicznego sprzętu instalacyjnego.  
Bellert S. Niektóre podstawowe terminy polskie teorii regulacji automatyzacji.  
Przegląd Czasopism:  
Uogólnione równanie charakterystyki mechanicznej silnika indukcyjnego klatkowego.  
XXIV Międzynarodowe Targi Poznańskie 3—24 lipca 1955 r.  
Elektryfikacja gospodarstwa domowego.  
Wydawnictwa nadesłane.  
Przegląd Dokumentacyjny Elektrotechniki.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Мая 1955 г.  
Сливинский Т., Вдовяк В. Оценка серии электрических машин на основании анализа суммы амортизационных и эксплуатационных расходов.  
Ясичкий З. Проблемы воздушных линий передачи.  
Берсон Л. Цветовое пространство и цветовая плоскость.  
Франк Т., Скрыпко З. Схемы установок постоянного тока в тепловых электрических станциях.  
Педа Я. Экспорт электротехнических установочных материалов.  
Беллерт С. Некоторые основные термины в теории автоматического регулирования.  
Обзор журналов:  
Обобщенное уравнение механической характеристики коротко-замкнутого асинхронного двигателя.  
XXIV Международная Ярмарка в Познани (3—24 июля 1955 г.).  
Электрификация домашнего хозяйства.  
Поступившие публикации.  
Библиографический Обзор Электротехники.

## CONTENTS

May Day 1955.  
Sliwiński T., Wdowiak B. Valuation, by method of analysis of total depreciation and operation costs, of an electric machine series.  
Jasicki Z. Problems of overhead lines.  
Berson L. Colour space and plane.  
Frank T., Skrypko Z. Direct current systems in thermal power stations.  
Peda J. Export of electrical accessories and installation material.  
Bellert S. Certain essential Polish terms applying to automatic voltage regulators.  
Review of periodicals:  
Generalised equation of mechanical characteristics of an induction motor with short-circuited rotor.  
The 24-th International Fair at Poznań (July, 3—24, 1955).  
Electrification of a household.  
Publications received.  
Electrical Bibliographic Review.

## Warunki prenumeraty PRZEGŁĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO na 1955 r.

### I. Prenumerata normalna

Prenumerata normalna wynosi: roczna 108 zł, półroczna 54 zł, kwartalna 27 zł.

Zgłoszenia na prenumeratę normalną przyjmują wyłącznie urzędy pocztowe oraz listonosze miejscy i wiejszy w tym rejonie doręczeń, gdzie zamieszkuje prenumerator.

Termin zgłaszania prenumeraty normalnej na okres roczny, półroczny lub kwartalny upływa z dniem 10 każdego miesiąca, poprzedzającego okres prenumeraty.

### II. Prenumerata ulgowa

Prenumerata ulgowa wynosi: roczna 55 zł, półroczna 27 zł, kwartalna 13,50 zł.

Z prenumeraty ulgowej mogą korzystać w 1955 r. jedynie członkowie stowarzyszeń naukowo-technicznych zrzeszonych w NOT oraz członkowie klubów techniki i racjonalizacji przy zamawianiu

zbiorowym przez koła zakładowe. Członkowie stowarzyszeń nie zrzeszeni w kołach zakładowych korzystają z prenumeraty ulgowej przy zamawianiu zbiorowym przez oddziały stowarzyszeń.

Prenumeratę można zgłaszać na okres kwartalny, półroczny i roczny.

Koła zakładowe i oddziały stowarzyszeń przekazują zamówienia zbiorowe w podanych niżej terminach do PPK „Ruch”, Warszawa, Centralna Ekspedycja, ul. Srebrna 12, wpłacając jednocześnie należność do PKO na konto nr I-14000/110.

Terminy zgłaszania prenumeraty ulgowej w kołach zakładowych i oddziałach Stowarzyszeń:

|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| na I kwartał 1955 r. | — do 30 listopada 1954 r. |
| „ II „ „             | — do 28 lutego 1955 r.    |
| „ III „ „            | — do 31 maja 1955 r.      |
| „ IV „ „             | — do 31 sierpnia 1955 r.  |

Terminy powyższe powinny być ściśle przestrzegane.

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Wydawca: Naczelna Organizacja Techniczna. — Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego 3/5, tel. 674-61, wewn. 18.

Nakład 8.100. Ark. druk. 6. Papier ilustr. kl. V, 70 g, 86×122/16. Oddano do składania 24.III.55. Podpisano do druku 17.V.55. Druk, ukończ. 21.V.55. Drukarnia im. Rewolucji Październikowej, Warszawa. Zam. 386c/55. B-6-6133.



# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN

MINISTERSTWA ENERGETYKI, MINISTERSTWA PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO,  
STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Redaktor naczelny inż. Tadeusz Czaplicki. — Redaktorzy działowi inżynierowie: Stanisław Andrzejewski, Janusz Gniewlewski,  
Leszek Zienkowski, Tadeusz Żarnecki

Rok XXXI

Warszawa, 21 maja 1955 r.

Zeszyt

## 1 Maja 1955 roku

Po raz jedenasty obchodziła Polska Ludowa dzień 1 Maja — dzień święta międzynarodowej solidarności klasy robotniczej. Obchodziliśmy to święto z najgorętszym uczuciem braterstwa i przyjaźni do wielkiego narodu radzieckiego, do 600-milionowego narodu chińskiego, do narodów demokracji ludowej, do wszystkich ludzi pracy na świecie walczących o pokój i niepodległość, o demokrację i socjalizm.

W ciągu 66 lat od dnia proklamowania święta majowego, wspólność podstawowych interesów ludzi pracy na całym świecie stawała się coraz bardziej wyraźna i oczywista. Święto 1 Maja było i jest dniem walki o demokratyzację ustroju politycznego, o pokój między narodami, o równouprawnienie polityczne bez względu na przynależność rasową i narodową, o równouprawnienie kobiet i młodzieży, o wolność słowa i zgromadzeń, o ludzkie warunki pracy i płacy, o prawo do odpoczynku, oświaty i kultury.

Dziś hasła 1 maja w swojej aktualnej postaci stały się dla trzeciej części ludzkości wyrazem polityki państwowej, wyrazem dążeń narodów, treścią codziennego życia setek milionów ludzi kraju obozu socjalizmu i demokracji ludowej.

Dla dwu trzecich ludzkości, znajdującej się jeszcze pod władzą kapitalistów i obszarników, tegoroczny dzień 1 Maja jest szczególnym dniem walki postępowych sił narodów o pokojowe współistnienie państw, o niepodległość narodów, walki przeciwko imperializmowi i kolonizatorom.

Setki milionów ludzi podpisało wiedeński apel pokoju; setki milionów ludzi uroczystie manifestują w dniu 1 Maja swoją wolę pokojowego rozstrzygnięcia sporów międzynarodowych, wolę zachowania pokoju, zakazu broni masowej zagłady, zniszczenia zapasów bomb atomowych i wodorowych.

Naród polski dokonywa w dniu 1 Maja przeglądu swego wkładu w dzieło umocnienia pokoju, podniesienia dobrobytu i siły Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej.

W roku 1954 zostały osiągnięte dalsze sukcesy w rozwoju gospodarki narodowej. Produkcja przemysłowa wzrosła o 11% i osiągnęła 405% w stosunku do produkcji 1938 r.; produkcja rolnicza wzrosła o 4,8%. W roku 1954 rozszerzono asortyment wyrobów powszechnego użytku oraz osiągnięto poprawę ja-

Będziemy musieli dokonać w roku 1955 dalszego wysiłku, aby podnieść jednocześnie poziom życiowy i siłę obronną narodu polskiego. Posiadamy niewyżyskane rezerwy produkcyjne na każdym odcinku pracy — ujawnienie tych rezerw i ich uruchomienie stanowi obowiązek załogi każdego przedsiębiorstwa socjalistycznego, obowiązek każdego pracownika.

Z okazji Święta Pracy rzućmy na tym miejscu okiem na ostatnie osiągnięcia w pracy bliskiego nam działu gospodarki narodowej, mianowicie energetyki.

W roku 1954 produkcja energii elektrycznej w Polsce osiągnęła 15 350 mln. kWh czyli 571 kWh na głowę mieszkańca. W porównaniu do stanu przedwojennego wytwarzamy energii elektrycznej 3,95 razy więcej, na głowę zaś ludności przypada 5,45 razy więcej. Produkcja energii elektrycznej na głowę ludności jest miarą osiągniętego poziomu elektryfikacji; szybkość, z którą wzrasta produkcja na głowę ludności, jest miarą szybkości elektryfikacji naszego kraju. W ciągu niespełna 10 lat od czasu zakończenia wojny osiągnęliśmy poziom elektryfikacji kraju, który jest co prawda niższy od poziomu elektryfikacji najbardziej uprzemysłowionych krajów, jak Belgia lub Anglia, rozwijamy się jednak znacznie szybciej. Jeśli produkcja na głowę ludności była przed wojną w tamtych krajach 6—7 razy większa niż w Polsce, to dziś jest 2—3 razy większa. Możemy powiedzieć, że zadanie osiągnięcia poziomu najbardziej zelektryfikowanych krajów europejskich już zostało wykonane w 50%.

W roku 1954 przyrost produkcji energii elektrycznej w Polsce był po raz pierwszy od 9 lat większy niż ogólny przyrost naszej produkcji przemysłowej. Jeżeli w latach 1945—1953 każdemu procentowi wzrostu produkcji przemysłowej odpowiadał wzrost wytwórczości energii elektrycznej od 0,38% do 0,81%, to w roku 1954 przyrost wytwórczości energii elektrycznej wynosił 1,2% na 1% wzrostu produkcji przemysłowej. W planie na rok 1955 mamy jeszcze szybszy wzrost wytwórczości energii elektrycznej, a mianowicie 1,38% na 1% wzrostu produkcji przemysłowej (tabl. I).

W ZSRR, a również w krajach kapitalistycznych, przyrost wytwórczości energii elektrycznej w dłuższych okresach cza-

Tablica I. Roczny przyrost produkcji energii elektrycznej i produkcji przemysłowej w Polsce

| Rok                                                    | 1948 | 1949  | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 (plan) |
|--------------------------------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|-------------|
| Przyrost produkcji energii elektrycznej $\Delta E$ (%) | 13   | 10    | 13   | 12   | 14   | 13,8 | 13,2 | 11          |
| Przyrost produkcji przemysłowej $\Delta P$ (%)         | 34   | 23    | 25   | 25   | 20   | 17   | 11,0 | 8           |
| Stosunek $\Delta E : \Delta P$                         | 0,38 | 0,435 | 0,52 | 0,48 | 0,70 | 0,81 | 1,2  | 1,38        |

kości szeregu wyrobów. Liczba uspołecznionych placówek usługowych wzrosła o 49%. W roku 1954 oddano do użytku 160 tys. izb mieszkalnych i 1500 izb szkolnych. Liczba zatrudnionych poza rolnictwem wzrosła o 4% i osiągnęła 6270 tys. osób. Wydajność pracy w przemyśle wzrosła o 7%, płace realne wzrosły w ciągu roku o 12%.

Te wielkie sukcesy gospodarcze nie powinny przesłaniać nam niedociągnięć, które występowały w 1954 r.: w szeregu wypadków zadania planu nie zostały w pełni wykonane przez poszczególne resorty, na przykład w dziedzinie budownictwa mieszkaniowego nie oddano do użytku 12,5 tys. izb mieszkalnych; również plan zmniejszenia jednostkowego zużycia surowców i plan zmniejszenia kosztów własnych nie zostały w pełni wykonane w kilku resortach.

Podniesienie poziomu płac realnych wymagało pewnego zmniejszenia rezerw państwowych; w roku 1955 stoi przed gospodarką narodową zagadnienie zmniejszenia kosztów własnych o 7 mldr. złotych; znaczne zmniejszenie kosztów własnych stanowi nieodzowny warunek podniesienia w 1955 r. stopy życiowej zarówno w mieście, jak i na wsi.

su był zawsze większy od przyrostu produkcji przemysłowej. Tak na przykład dla ZSRR w okresie 1929—1951 r. na 1% produkcji przemysłowej przypadało średnio 1,55% przyrostu wytwórczości energii elektrycznej. Wynika stąd, że w Polsce w okresie 1946—1954 r. istniały odmienne proporcje w szybkości rozwoju produkcji przemysłowej i produkcji energii elektrycznej w porównaniu z ZSRR oraz krajami kapitalistycznymi w okresie 1929—1951.

Wyjaśnienie tej osobliwej cechy rozwoju gospodarczego Polski w ciągu ostatnich 8 lat wymagałoby specjalnego opracowania; na tym miejscu wystarczy ogólnie stwierdzić, że do 1953 r. rozwój produkcji przemysłowej odbywał się przy ciągłym zmniejszaniu się przeciętnego jednostkowego zużycia energii elektrycznej na średnią jednostkę produkcji przemysłowej. Jeżeli jednostkowe zużycie energii elektrycznej w przemyśle w roku 1949 przyjmujemy za 1,00, to w roku 1953 wyniesie ono 0,82. Szybszy wzrost produkcji przemysłowej niż produkcji energii elektrycznej odbywał się przy prawie stałej strukturze odbioru energii. Tak na przykład udział przemysłu w ogólnym zużyciu energii elektrycznej wzrósł z 79,5% w 1947

roku do 80,7% w 1953 r., udział zaś gospodarstw domowych w tych samych latach spadł z 8,0% do 7,33%.

Zmniejszenie przeciętnego jednostkowego zużycia energii w przemyśle można tłumaczyć szczególnymi cechami początkowego rozwoju gospodarki planowej, które zmuszały do szybkiego rozwoju przemysłów pracochłonnych w porównaniu z przemysłami energochłonnymi.

Zanik szczególnych cech rozwoju przemysłu w Polsce oznacza zakończenie okresu przekształcania dawnego aparatu produkcyjnego przemysłu i rozwoju gospodarki narodowej na stosunkowo niewysokim poziomie technicznym. W warunkach gospodarki socjalistycznej wzrost energochłonności przemysłu oznacza jego modernizację. Rozwój elektrometallurgii, elektrochemii, pełna mechanizacja i elektryfikacja procesów pracy oraz szybkie rozszerzanie elektryfikacji we wszystkich gałęziach gospodarki narodowej spowoduje dalszy postęp techniczny w tej gospodarce.

Szybkiemu wzrostowi produkcji energii elektrycznej w 1954 r. nie towarzyszyło jednak pełne pokrycie zapotrzebowania mocy: w roku 1954 wskutek niedotrzymania planowanej mocy rozporządzalnej nie uniknięto wyłączania odbiorców przemysłowych; ilość energii niedostarczonej przemysłowi była stosunkowo znaczna i wynosiła około 1,5% zapotrzebowania energii przez przemysł. Zwiększenie czasu wyzyskania średniorocznej mocy rozporządzalnej z 7049 do 7142 godzin odbyło się kosztem przemysłu i spowodowało trudności organizacyjne przy wykonywaniu planu produkcji przemysłowej. Brak mocy rozporządzalnej w elektrowniach ME był spowodowany opóźnieniem się we wprowadzaniu do ruchu nowych urządzeń. Choć w roku 1954 rozpiętość między mocą instalowaną a osiągalną uległa poważnemu zmniejszeniu — o 33,5%, jednak rozpiętość między średnioroczną mocą osiągalną a średnioroczną mocą rozporządzalną nie tylko nie zmniejszyła się, lecz wzrosła o kilkadziesiąt megawatów. Przy wzięciu średniorocznej mocy osiągalnej ME o 20,2% średnioroczną moc rozporządzalną ME wzrosła tylko o 16,5%.

W ten sposób przyrost mocy zainstalowanej dokonany w ciągu 1954 roku o 12,2% i znaczna likwidacja rozpiętości między mocą instalowaną a osiągalną będą w pełni wykorzystane dopiero w 1955 r. Nowooddane do ruchu urządzenia wytwórcze w roku 1954 jeszcze nie były opanowane; spowodowały one 42% ogólnej liczby zakłóceń w elektrowniach, choć na nowe urządzenia przypada nieznaczna część ogólnej ilości kotłów i turbin zainstalowanych w elektrowniach ME.

Duża liczba zakłóceń w pracy nowych urządzeń była spowodowana oddawaniem do ruchu urządzeń z usterkami, z wadami materiałowymi i konstrukcyjnymi oraz innymi brakami; źródłem wypadków bywa też brak doświadczenia nowej załogi.

Zwiększenie w 1955 r. nadzoru ze strony załogi eksploatacyjnej nad przebiegiem montażu powinno przyczynić się do wykrycia i usunięcia usterek jeszcze przed oddaniem urządzeń do eksploatacji. Podniesienie kwalifikacji załogi też mogłoby zmniejszyć liczbę zaburzeń w pracy o 1/5. Konieczne jest wyposażenie wszystkich stanowisk roboczych w szczególne instrukcje eksploatacyjne, ponieważ instrukcje fabryczne są skąpe i niewystarczające dla załogi nie posiadającej jeszcze doświadczenia w prowadzeniu skomplikowanych nowoczesnych urządzeń.

W elektrowniach starych dzięki coraz wyższemu poziomowi obsługi eksploatacyjnej i remontowej obserwuje się stały spadek liczby zaburzeń w pracy, jak widać z następującego zestawienia dla trzech elektrowni ME w okresie 1951—1954.:

|                         | 1951 | 1952  | 1953  | 1954  |
|-------------------------|------|-------|-------|-------|
| Elektrownia w Warszawie | 100% | 69,5% | 33,0% | 25,2% |
| " w Łodzi               | 100% | 71,0% | 51,6% | 22,6% |
| " w Gorzowie            | 100% | 49,0% | 16,3% | 18,3% |

Spadek zaburzeń w pracy elektrowni jest widoczny wszędzie tam, gdzie kierownictwo dba o wyszkolenie załogi, o wyposażenie stanowisk roboczych w instrukcje, gdzie istnieje opieka nad ruchem racjonalizatorskim. W sumie w elektrowniach ME zarówno starych, jak i nowych, liczba zaburzeń

w pracy zwiększyła się w 1954 r. o 2,65% w porównaniu z rokiem 1953.

W ciągu 1954 roku w zakładach Ministerstwa Energetyki z ogólnej liczby zaburzeń przypada 25,6% na elektrownie, 73,4% na zakłady sieciowe, reszta, czyli 1% — na układy energetyczne. Ogółem liczba zaburzeń zmniejszyła się w 1954 r. o 23%, przy czym zmniejszenie w sieciach wyniosło 29%.

Wśród zaburzeń sieciowych odróżniamy zaburzenia w transformatorach, w urządzeniach rozdzielczych i liniach napowietrznych. 60% zaburzeń w transformatorach spowodował przepięcia atmosferyczne z powodu braku odgromników lub niewłaściwego ich ustawienia. Zaburzenia w urządzeniach rozdzielczych zmniejszyły się w 1954 r. o 17% w stosunku do roku poprzedniego; przyczyną uszkodzeń w tych urządzeniach były dostawy złej jakości i niewłaściwa eksploatacja; liczba eksplozji wyłączników wzrosła znacznie w porównaniu z rokiem 1953. Zaburzenia w pracy linii napowietrznych uległy w 1954 r. zmniejszeniu o 33% w porównaniu z rokiem 1953. Liczba zakłóceń bez uszkodzenia miała następujący przebieg w okresie ostatnich czterech lat:

| 1951 | 1952  | 1953   | 1954   |
|------|-------|--------|--------|
| 100% | 25,8% | 13,45% | 11,35% |

Spadek zakłóceń w pracy sieci należy w znacznym stopniu przypisać zainstalowaniu urządzeń SPZ. Liczba urządzeń SPZ wzrosła w roku 1954 w stosunku do 1953 r. o 43%. Pomimo tych osiągnięć w eksploatacji linii napowietrznych pozostaje bardzo wiele do zrobienia w celu zwiększenia pewności zasilania i zmniejszenia strat.

W roku 1954 elektrownie ME osiągnęły znaczne sukcesy w obniżeniu zużycia paliwa na 1 kWh wyprodukowaną; w ciągu roku obniżono jednostkowe zużycie paliwa umownego z 0,667 do 0,629 kg/kWh; rezultaty te osiągnięto drogą bardziej racjonalnego rozdziału obciążeń między elektrownie o różnej sprawności, drogą wprowadzenia do ruchu w elektrowniach ME nowych jednostek o dużej sprawności, drogą poprawiania eksploatacji w szeregu elektrowni, wreszcie drogą wprowadzania ciepłownictwa. Zmniejszenie jednostkowego zużycia paliwa w ciągu 1954 roku zaoszczędziło gospodarce narodowej około 395 000 t paliwa umownego, tzn. około 560 000 t węgla kamiennego.

Z tablicy II, która podaje dla lat 1953 i 1954 wyzyskanie mocy rozporządzalnej elektrowni ME różnej sprawności, wynika, że udział elektrowni najbardziej sprawnych (zużywających poniżej 0,6 kg/kWh) wzrósł z 50,8% w 1953 r. do 60,7% w 1954 r., natomiast udział pozostałych grup zmalał średnio o 3,5%.

Spośród elektrowni, które zmniejszyły jednostkowe zużycie w roku 1954 w porównaniu z rokiem 1953, należy wymienić trzy:

1) Łaziska Górne: zużycie zmniejszono o 19 g/kWh, zaoszczędzając w ciągu roku 22 000 t paliwa umownego; rezultaty te osiągnięto pomimo trudności z powodu spalania pod kotłami najgorszych gatunków mułów i miałów;

2) Wiktoria: zużycie zmniejszono o 16 g/kWh, zaoszczędzając 6300 t paliwa umownego; pomimo skomplikowanej gospodarki energetycznej kopalni Wiktorii (sprężone powietrze, par technologiczna i energia elektryczna) zdołano podnieść pewność ruchu oraz zmodernizować komory paleniskowe;

3) Warszawa: zużycie zmniejszono o 12 g/kWh; zaoszczędzono 6200 t paliwa umownego; jest to pierwsza elektrownia, która zastosowała gospodarkę skojarzoną do celów ciepłowniczych.

Poza tym należy wymienić następujące elektrownie, które osiągnęły znaczne zmniejszenie jednostkowego zużycia paliwa: Łódź, Zabrze, Miechówice, Jaworzno, Stalowa Wola, Gdynia II.

Przykład wymienionych tu elektrowni i wielu innych, które przodują w ekonomicznym spalaniu węgla, pozwala oczekiwać, że zadanie na 1955 rok — zmniejszyć zużycie paliwa do 0,605 kg/kWh — będzie wykonane.

W I kwartale 1955 roku w porównaniu z I kwartałem 1954 roku widzimy dalszy rozwój i polepszenie pracy energetyki. Produkcja energii elektrycznej w całym kraju wzrosła o 14%,

Tablica II. Średnie wyzyskanie w latach 1953 i 1954 mocy rozporządzalnej elektrowni

| Grupa elektrowni według jednostkowego zużycia węgla umownego | Poniżej 0,6 kg/kWh |      | Od 0,6 do 0,8 kg/kWh |      | Od 0,8 do 1,0 kg/kWh |      | Powyżej 1,0 kg/kWh |      | Razem |      |
|--------------------------------------------------------------|--------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|--------------------|------|-------|------|
|                                                              | 1953               | 1954 | 1953                 | 1954 | 1953                 | 1954 | 1953               | 1954 | 1953  | 1954 |
| Czas wyzyskania (godzin)                                     | 7377               | 7591 | 6876                 | 6990 | 6534                 | 6281 | 6651               | 5475 | 7049  | 7142 |
| Udział w wytwarzaniu energii (%)                             | 50,8               | 60,7 | 27,3                 | 23,6 | 13,6                 | 10,1 | 8,3                | 5,6  | 100   | 100  |



a w elektrowniach ciepłych ME o 12,2%. W pierwszym kwartale 1955 r. zwiększyła się pewność dostawy energii elektrycznej: liczba zakłóceń w pracy elektrowni i sieci elektrycznych zmniejszyła się o 29% w porównaniu z odpowiednim okresem poprzedniego roku.

Wyłączanie odbiorców zmniejszyło się w I kwartale 1955 r. w takim stopniu, że ilość energii niedostarczonej odbiorcom w tym okresie spadła do 46% energii niedostarczonej w I kwartale poprzedniego roku.

Trudności przemysłu w otrzymywaniu energii były nieco mniejsze niż w I kwartale 1954 r.: czas użytkowania średniej rozporządzalnej mocy elektrowni ciepłych był mniejszy o 1,5% w porównaniu z I kwartałem 1954 r.

Opanowanie nowych jednostek kotłowych i turbinowych poczyniło dalsze postępy. Zwiększył się udział nowej mocy w produkcji energii elektrycznej i zmniejszył się udział ni-

skosprawnych jednostek; w rezultacie usprawnień oraz ulepszonej służby rozrządczej zużycie paliwa spadło z 0,642 kg/kWh na 0,583 kg/kWh. Dało to poważne oszczędności paliwa w elektrowniach ME: około 177 tys. ton paliwa umownego czyli 245 tys. ton węgla kamiennego w ciągu kwartału w porównaniu z tym samym okresem z roku ubiegłego. Koszty własne energetyki zmniejszyły się o ~ 5% w stosunku do I kwartału 1954 r.

Powyższe sukcesy I-go kwartału 1955 r. zostały osiągnięte w poważnej części dzięki pracy włożonej w roku 1954. Konferencje partyjno-ekonomiczne, które odbyły się we wszystkich zakładach energetycznych w drugiej połowie 1954 r., zmobilizowały ogół i pokierowały wysiłkami załóg. Coroczne współzawodnictwo o tytuł najlepszego zakładu energetycznego świadczy o wzroście aktywności załóg i wzroście twórczej inicjatywy tysięcy racjonalizatorów.

Mgr Inż. TAD. ŚLIWIŃSKI

Mgr Inż. BOG. WDOVIK

Instytut Elektrotechniki  
Zakład Maszyn i Napędów  
Elektrycznych

## Ocena serii maszyn elektrycznych metodą analizy łącznych kosztów amortyzacji i eksploatacji

621.313.003.12:336.3.004.12:331.214.4:621.3.018.1

**Treść.** Sposób ujmowania zagadnień ekonomicznych przy projektowaniu maszyn elektrycznych w warunkach gospodarki kapitalistycznej i socjalistycznej. Kryterium do porównywania serii silników indukcyjnych. Określenie rocznego kosztu użytkowania silnika jako sumy amortyzacji kosztu własnego produkcji i kosztu eksploatacji. Przykłady obliczeniowe, wykazujące wielki wpływ sprawności i współczynnika mocy silnika na jego roczne koszty użytkowania.

**Оценка серии электрических машин на основании анализа суммы амортизационных и эксплуатационных расходов.** Подход к экономическим вопросам при проектировании электрических машин в условиях капиталистического и социалистического хозяйства. Критерий для сравнения серий индукционных двигателей. Годичная стоимость пользования двигателем, как сумма расходов по амортизации себестоимости производства двигателя и расходов по его эксплуатации. Примерные подсчеты, подтверждающие большое влияние коэффициента полезного действия и коэффициента мощности двигателя на стоимость годового пользования двигателем.

**Valuation, by method of analysis of total depreciation and operation costs, of an electric machine series.** Methods of conceiving economic problems in designing electric machines in conditions of capitalist and socialist economy. Criterion for comparing induction motor series. Determination of the annual running costs of motors by totalling depreciation of production self-cost and operation cost. Examples of computations, revealing the considerable influence of motor efficiency and power factor upon the annual running costs.

### 1. Wstęp.

Zagadnienie projektowania maszyn elektrycznych jest nierozłącznie związane z zagadnieniami ekonomicznymi. Przy praktycznym projektowaniu często zapomina się o tym, opierając się na utartych zwyczajach i różnych ogólnie przyjętych współczynnikach, których podłoże ma jednak charakter czysto ekonomiczny. Ponieważ założenia ekonomiczne, leżące u podstaw projektowania maszyn elektrycznych, są uzależnione od sytuacji ekonomicznej poszczególnych krajów i są zmienne w czasie, oraz ponieważ w większości przypadków założenia te odnoszą się do warunków gospodarki kapitalistycznej, podjęto w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych Instytutu Elektrotechniki prace nad przeanalizowaniem ekonomicznych podstaw projektowania maszyn elektrycznych w warunkach gospodarki socjalistycznej zajmując się przede wszystkim seriami silników indukcyjnych.

Powiązanie parametrów konstrukcyjnych maszyn elektrycznych ze współczynnikami ekonomicznymi — to zagadnienie nowe i bardzo skomplikowane, toteż ujęcie go może następczo wiele wątpliwości i zastrzeżeń. Artykuł niniejszy, obejmujący koncepcję metody porównywania serii maszyn elektrycznych pod względem ekonomiczno-technicznym oraz bliższe omówienie tej metody w odniesieniu do silników indukcyjnych, autorzy pragną traktować jako dyskusyjny. Głosy dyskusji ze strony konstruktorów i użytkowników maszyn elektrycznych oraz ekonomistów będą cennym materiałem do zrewidowania metody i do bardziej właściwego określenia występujących w metodzie współczynników.

### 2. Sposób ujmowania zagadnień ekonomicznych przy projektowaniu maszyn elektrycznych.

Stosowane dotychczas sposoby ekonomicznego projektowania maszyn elektrycznych wywodzą się z warunków właściwych gospodarce kapitalistycznej, gdzie interesy producenta i użytkownika są wyraźnie rozdzielone. Dążeniem producenta jest zmniejszyć jak najbardziej koszt własny produkcji maszyny, a więc osiągnąć jak najmniejsze koszty zużytych materiałów oraz robocizny. Ponieważ to dążenie do zmniejszenia kosztów własnych wytwórcy może prowadzić do pogorszenia jakości maszyny, ustalono normy, które postawiły pewną granicę pomiędzy sprzecznymi dążeniami producenta i użytkownika. Normy mają na celu zagwarantowanie należytej pewności ruchu i należytego czasu służby maszyny przez ustalenie dopuszczalnych przyrostów temperatury uzwojeń oraz przez określenie wymagań co do prób wytrzymałości elektrycznej izolacji, prób wytrzymałości mechanicznej itd.; z drugiej strony koszty eksploatacji silnika są ograniczone dzięki temu, że

większość krajów ustala w odniesieniu np. do silników indukcyjnych wartości sprawności i współczynnika mocy.

Zagadnienie ekonomicznego projektowania maszyn elektrycznych w warunkach gospodarki kapitalistycznej można byłoby zatem określić w następujący sposób: osiągnięcie minimum kosztu zużytych materiałów przy możliwie małych kosztach robocizny oraz przy spełnieniu wymagań stawianych przez normy.

Z takiego ujęcia zagadnienia wywodzą się powszechnie stosowane kryteria do porównywania różnych konstrukcji maszyn, a mianowicie: ciężar miedzi i żelaza czynnego na jednostkę mocy silnika, stosunek ciężaru żelaza czynnego do ciężaru miedzi, ciężar maszyny na jednostkę mocy itd.

Postawienie zagadnienia w ten sposób w warunkach gospodarki socjalistycznej należy uznać za jednostronne, a więc niepełne. Nie można tu rozgraniczać interesów użytkownika i producenta, a trzeba zagadnienie wytwarzania i eksploatacji rozpatrywać łącznie. Wartości sprawności i współczynnika mocy podawane w normach krajów kapitalistycznych należy traktować jako kompromis między sprzecznymi dążeniami producentów, użytkowników i energetyki. Wobec tego zachodzi potrzeba przeanalizowania przydatności tych wartości w warunkach gospodarki socjalistycznej. W przeciwieństwie do podanego określenia ekonomicznego projektowania maszyn elektrycznych w warunkach gospodarki kapitalistycznej analogiczne określenie dla gospodarki socjalistycznej brzmiałoby: osiągnięcie minimum łącznego kosztu własnego produkcji i eksploatacji maszyny przy zapewnieniu należytej pewności ruchu oraz przy uwzględnieniu dodatkowych przesłanek ekonomicznych (np. deficytowości materiałów).

Zagadnienie ekonomicznego projektowania maszyn komplikuje się, jeżeli przejść od jednego typu maszyny do serii maszyn. Ze względów technologicznych i normalizacyjnych trzeba tu zrezygnować z najkorzystniejszego rozwiązania wszystkich typów maszyn, zadowalając się możliwie dużym przybliżeniem do takiego rozwiązania dla typów maszyn najważniejszych, najczęściej stosowanych, oraz godząc się z większymi nawet odchyleniami od rozwiązania najkorzystniejszego w przypadku typów maszyn wytwarzanych w niewielkiej liczbie sztuk.

Bardzo ważne również konsekwencje gospodarcze pociąga za sobą przy projektowaniu serii maszyn decyzja co do wartości współczynnika narastania mocy. Analizując serie maszyn produkowanych w warunkach gospodarki kapitalistycznej można stwierdzić chaos i przypadkowość w ustaleniu dla serii ciągu mocy, który jest zwykle bardzo zagęszczony; przyczyny tego

należy szukać nie w przesłankach ogólnoeconomicznych, gdyż decydują tu raczej względy reklamowo-konkurencyjne. W warunkach gospodarki socjalistycznej współzyskownik narastania ciągu mocy serii winien być wynikiem gruntownej analizy ekonomicznej.

Z powyższego wynika, że metody ekonomicznego projektowania maszyn elektrycznych, oparte na założeniu minimum kosztów materiałów, trzeba uznać za niewystarczające, należy natomiast opracować odpowiednie dla warunków gospodarki socjalistycznej metody projektowania oparte na założeniu minimum łącznych kosztów produkcji i eksploatacji maszyn, przystosowując je ponadto do zadań projektowania serii maszyn.

### 3. Kryterium do porównywania serii silników indukcyjnych.

Wydatki ponoszone przez posiadacza silnika elektrycznego w okresie jego użytkowania składają się — jak przy wszelkiego rodzaju maszynach i urządzeniach technicznych — z kosztu nabycia silnika, kosztów jego zainstalowania i przekazania do ruchu, kosztu eksploatacji zespołu napędowego oraz kosztów konserwacji i drobnych remontów silnika. Kosztów poważniejszych remontów, zwłaszcza związanych z wymianą uzwojeń, nie będziemy uwzględniać, rozumiejąc w dalszych rozważaniach — jako o k r e s u ż y t k o w a n i a s i l n i k a (okres amortyzacji) — czas od chwili nabycia nowego silnika do chwili usunięcia go z ruchu bądź z powodu uszkodzenia izolacji uzwojeń w wyniku normalnego starzenia się jej, bądź też ze względu na celowość zastąpienia go silnikiem nowszej konstrukcji, która jest rezultatem postępu technicznego dokonanego w okresie użytkowania rozważanego silnika. Koszty zainstalowania oraz przekazania do ruchu silnika, jak również koszty jego konserwacji i drobnych remontów, można uważać za niezależne od ukształtowania czynnych pod względem elektromagnetycznym części silnika dla określonego rodzaju i budowy przy stałej mocy i prędkości oraz przy stałym napięciu, uwzględnianie więc tej grupy kosztów przy porównawczej ocenie różnych konstrukcji silników i serii silników nie byłoby celowe.

Koszt eksploatacji zespołu napędowego obejmuje opłaty taryfowe za pobraną przez silnik czynną energię elektryczną łącznie z opłatą stałą, zależną od mocy zgłoszonej przez zakład przemysłowy, w którym pracuje silnik. Te opłaty taryfowe ulegają odpowiedniemu procentowemu zwiększeniu w przypadku, kiedy średni współzyskownik mocy zakładu przemysłowego jest mniejszy od 0,8. Pobrana przez silnik czynna energia elektryczna w znacznej swej części będzie zwrócona w postaci energii mechanicznej niezbędnej do wykonania pracy u ż y t e c z n e j przez zespół napędzany. Przy porównawczej ocenie różnych konstrukcji silników i serii silników nie będziemy uwzględniać kosztu czynnej energii u ż y t e c z n e j pobranej przez silnik w okresie jego użytkowania. Pozostały składnik energii czynnej pobieranej przez silnik stanowią straty energii czynnej. Straty te zależą bezpośrednio od przebiegu sprawności silnika w funkcji stopnia obciążenia silnika oraz pośrednio od wartości współzyskownika mocy. Wymienione parametry eksploatacyjne silnika zależą w dużym stopniu od jego konstrukcji, słuszne więc będzie przy porównawczej ocenie różnych konstrukcji uwzględnienie odpowiadającego tym stratom kosztu eksploatacji silnika jako czynnika, którego wielkość można w znacznym stopniu ograniczyć drogą racjonalnej konstrukcji silnika.

Koszt nabycia silnika obejmuje zazwyczaj obok ceny zbytu także niezależne od konstrukcji silnika koszty transportu z magazynów dostawcy do użytkownika. Cenę zbytu ustala się — z uwzględnieniem całokształtu stosunków ekonomiczno-politycznych — jako cenę przeciętną dla danego typu silnika, przy czym stosunek jej do kosztu własnego produkcji może być różny zależnie od typu silnika oraz sposobu produkcji, a cena zbytu może być nawet niższa od kosztu własnego produkcji silnika.

Dla ułatwienia porównawczej oceny konstrukcji — zwłaszcza w odniesieniu do silników (czy serii silników), które są przygotowywane do produkcji, a na które ceny zbytu nie są jeszcze ustalone — słuszniej będzie posługiwać się przeciętnym kosztem własnym produkcji silnika, określonym na podstawie kalkulacji kosztów własnych silnika w zakładzie wytwórczym produkującym oceniany silnik.

Z dotychczasowych rozważań widać, że ocena serii na podstawie kryteriów ekonomiczno-technicznych powinna w pierwszej fazie obejmować oszacowanie i analizę kosztu własnego produkcji silnika oraz kosztu jego eksploatacji w okresie użytkowania. Oba te koszty łącznie nazywać będziemy

kosztem użytkowania silnika, przy czym zgodnie z ogólnie przyjętą praktyką będziemy w celach porównawczych obliczać ten koszt na jeden rok okresu użytkowania silnika. W podobny sposób określać będziemy odpowiednio roczną amortyzację kosztu własnego produkcji silnika oraz roczny koszt eksploatacji.

### 4. Sposób porównywania serii silników indukcyjnych.

Roczny koszt użytkowania silnika, składający się z amortyzacji kosztu własnego silnika oraz z kosztu eksploatacji silnika w ciągu roku, będziemy obliczać — dla porównywania różnych silników — na 1 kW mocy silnika.

Zajmijmy się początkowo kosztem amortyzacji. Gdyby chodziło o porównywanie między sobą poszczególnych typów silników, wystarczyłoby — do obliczenia kosztu amortyzacji na 1 kW mocy silnika — podzielić koszt własny silnika  $A$  przez jego moc  $P$  i okres amortyzacji  $T$ :  $A/TP$ . Jeżeli jednak chodzi o porównywanie serii silników, trzeba uwzględnić, że moc znamionowe silników tworzą przy pewnej liczbie biegunów i przy pewnym napięciu ciąg  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{x-1}, P_x, \dots$ , który na ogół może być różny dla różnych liczb biegunów i różnych napięć silników danej serii. Ostatnio stosuje się często tzw. „sztywny ciąg mocy”, jednakowy w ramach danej serii dla wszystkich liczb biegunów i napięć.

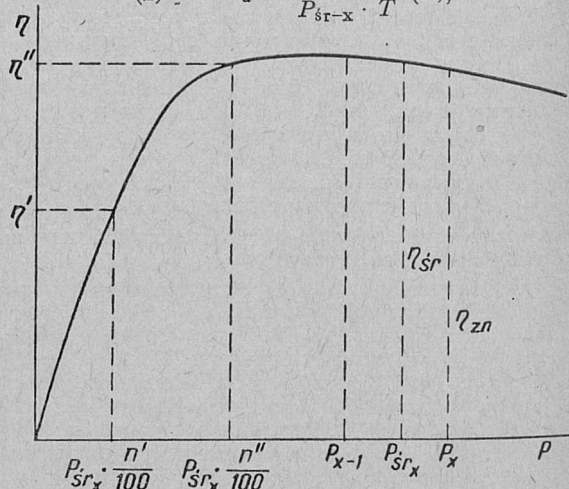
Konsekwencją istnienia ciągu mocy znamionowych jest to, że odbiorca, któremu potrzebny jest silnik o mocy pośredniej pomiędzy dwiema mocami znamionowymi występującymi w ciągu, musi zainstalować silnik o najbliższej mocy znamionowej zazwyczaj większej od żądanej. Wskutek tego koszt silnika na 1 kW mocy p o t r z e b n e j użytkownikowi ulega zwiększeniu. Im rzadszy jest ciąg mocy, tym większa istnieje nadwyżka mocy zainstalowanej nad mocą potrzebną użytkownikowi i tym seria jest mniej korzystna z punktu widzenia kosztów amortyzacji.

Dla uwzględnienia wpływu rozszerzenia ciągu mocy na koszt amortyzacji przyjmujemy, że zapotrzebowanie silników różnej mocy rozkłada się równomiernie na każdym odcinku mocy pomiędzy dwiema kolejnymi mocami znamionowymi, a więc że przeciętna moc silnika potrzebnego użytkownikowi wtedy, gdy instalowany jest silnik o mocy  $P_x$  wynosi

$$(1) \quad P_{sr-x} = \frac{P_{x-1} + P_x}{2} \text{ (kW)}.$$

W rzeczywistości należy liczyć się z tym, że po wprowadzeniu serii konstruktorzy mechanizmów napędzanych przez silniki przystosowują się do istniejącego ciągu mocy i tam, gdzie to jest możliwe, dobierają wydajność mechanizmu napędzanego do określonej mocy silnika napędowego. Moc  $P_{sr-x}$  może być więc w rzeczywistości bardziej zbliżona do mocy znamionowej silnika  $P_x$  niż to określa wzór (1). Średni roczny koszt amortyzacji na 1 kW mocy rzeczywiście potrzebnego użytkownikowi wynosi

$$(2) \quad k_a = \frac{A}{P_{sr-x} \cdot T} \text{ (zł)},$$

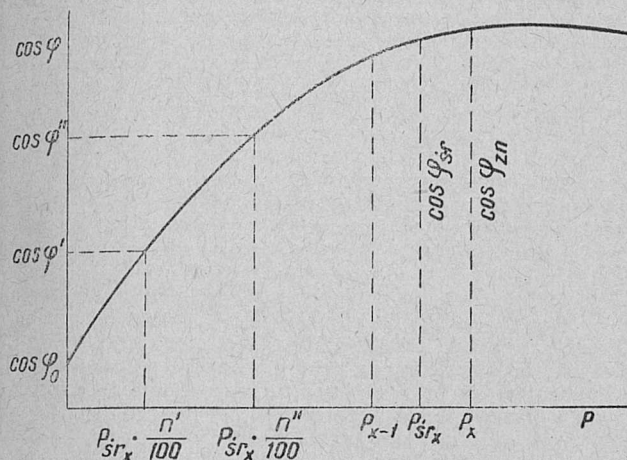


Rys. 1. Przebieg sprawności w zależności od obciążenia silnika indukcyjnego o mocy  $P_x$

gdzie  $A$  — koszt własny silnika,  
 $P_{sr-x}$  — moc obliczona według wzoru (1),  
 $T$  — okres amortyzacji silnika.



Jeśli przejść do kosztów eksploatacji, to trzeba znów dojść do wniosku, że ze względu na istnienie ciągu mocy za pełne obciążenie silnika przyjmować należy obciążenie mocą  $P_{sr}$ . Do obliczenia rocznych strat energii czynnej oraz poboru



Rys. 2. Przebieg współczynnika mocy w zależności od obciążenia silnika indukcyjnego o mocy  $P_x$

energii biernej trzeba założyć pewien typowy dla pracy silników danej serii przebieg obciążenia. Np. założymy, że silniki pracują w ciągu  $h'$  godzin w roku z obciążeniem wynoszącym  $n'\%$  pełnego obciążenia, w ciągu  $h''$  godzin w roku — z obciążeniem  $n''\%$  itd. Z krzywych przebiegu sprawności i współczynnika mocy w zależności od obciążenia (rys. 1 i 2) dla poszczególnych silników odczytamy wartości sprawności ( $\eta'$ ,  $\eta''$ ...) i współczynnika mocy ( $\cos \varphi'$ ,  $\cos \varphi''$ ...), odpowiadające różnym założonym stopniom obciążenia.

Roczne straty energii czynnej związane z eksploatacją silnika, a przypadające na 1 kW jego mocy, wynoszą:

$$(3) \quad \frac{n'}{100} \cdot \frac{1 - \eta'}{\eta'} \cdot h' + \frac{n''}{100} \cdot \frac{1 - \eta''}{\eta''} \cdot h'' + \dots (\text{kWh}).$$

Poza tym, jeśli silnik przez pewną liczbę godzin w roku pracuje przy biegu jałowym, należy przy sumowaniu uwzględnić jeszcze składnik

$$(4) \quad \frac{\Delta P_o}{P_{sr}} \cdot h_o = \frac{p_o}{100} h_o \quad (\text{kWh}),$$

gdzie  $\Delta P_o$  — straty mocy silnika przy biegu jałowym,  
 $h_o$  — czas, w ciągu którego silnik biegnie jałowo,  
 $p_o$  — procentowe straty silnika przy biegu jałowym w odniesieniu do mocy  $P_{sr}$ .

Energia bierna pobierana w ciągu roku z sieci wynosi na 1 kW mocy silnika:

$$\frac{p_o}{100} h_o \text{tg } \varphi_o + \frac{n'}{100} \cdot \frac{h'}{\eta'} \text{tg } \varphi' + \frac{n''}{100} \cdot \frac{h''}{\eta''} \text{tg } \varphi'' + \dots$$

We wzorze tym  $\text{tg } \varphi_o$  odpowiada współczynnikowi mocy przy biegu jałowym  $\cos \varphi_o$ , a  $\text{tg } \varphi'$ ,  $\text{tg } \varphi''$ ... współczynnikowi mocy  $\cos \varphi'$ ,  $\cos \varphi''$ ... przy obciążeniach wynoszących  $n'$ ,  $n''$ ... procentów pełnego obciążenia mocą  $P_{sr}$ .

Jeśli koszt 1 kWh energii loco odbiorca wynosi  $c$  (zł), a względny koszt 1 kVarh energii biernej w stosunku do kosztu 1 kWh wyraża się liczbą  $b$ , łączny roczny koszt eksploatacji silnika na 1 kW mocy wynosi

$$(5) \quad k_e = \frac{c}{100} \left[ p_o h_o (1 + b \text{tg } \varphi_o) + n' \frac{h'}{\eta'} (1 - \eta' + \text{btg } \varphi') + n'' \frac{h''}{\eta''} (1 - \eta'' + \text{btg } \varphi'') + \dots \right].$$

Całkowity roczny koszt użytkowania silnika na 1 kW mocy, obejmujący zarówno amortyzację kosztu własnego silnika, jak i koszt jego eksploatacji, wyrazi się wzorem:

$$(6) \quad k = k_a + k_e = \frac{A}{P_{sr} T} + \frac{c}{100} \left[ p_o h_o (1 + b \text{tg } \varphi_o) + n' \frac{h'}{\eta'} (1 - \eta' + \text{btg } \varphi') + n'' \frac{h''}{\eta''} (1 - \eta'' + \text{btg } \varphi'') + \dots \right].$$

Wzór (6) pozwala porównywać pod względem ekonomicznym silniki różnych typów. Aby przejść do porównywania całych serii silników indukcyjnych, trzeba uwzględnić to, że nie wszystkie silniki w serii mogą być zaprojektowane w sposób najbardziej korzystny. Ze względów technologiczno-normalizacyjnych trzeba pogodzić się z tym, że pewne typy silników w serii będą miały gorsze własności i będą droższe, niż gdyby były zaprojektowane indywidualnie bez powiązania ich z serią. Z drugiej strony w serii są typy maszyn ważne, na które istnieje duże zapotrzebowanie i są także typy rzadko zamawiane przez odbiorców. Przy porównywaniu poszczególnych silników serii możemy zatem otrzymać taki wynik, że niektóre typy silników są bardziej ekonomiczne w jednej serii, inne zaś — w drugiej serii. Ażeby móc powiedzieć, którą serię — jako całość — należy uznać za ekonomiczniejszą, trzeba uwzględnić ważność poszczególnych typów. W tym celu trzeba znać rozdział rocznego zapotrzebowania silników w zależności od mocy, liczby biegunów i napięcia.

Jeżeli przeciętne roczne zapotrzebowanie silników określonej mocy, napięcia i prędkości typu  $x$  wynosi  $N_x$  sztuk rocznie, to roczny koszt użytkowania silnika na 1 kW mocy będziemy przeliczać w stosunku

$$\frac{B_x}{\sum_x B_x},$$

gdzie  $B_x = P_{sr-x} \cdot N_x$ , sumę zaś  $\sum_x B_x$  należy rozciągnąć na wszystkie  $x$  typów serii.

Ostatecznie do oceny serii miarodajny będzie średni roczny koszt eksploatacji i amortyzacji kosztu własnego na 1 kW mocy, obliczony według wzoru:

$$(7) \quad k_s = \frac{\sum_x \left\{ \frac{A_x}{P_{sr-x} T_x} + \frac{c}{100} \left[ p_o h_o (1 + b \text{tg } \varphi_o) + n' \frac{h'}{\eta'} (1 - \eta' + \text{btg } \varphi') + n'' \frac{h''}{\eta''} (1 - \eta'' + \text{btg } \varphi'') + \dots \right] \right\}}{\sum_x B_x} \cdot \frac{B_x}{\sum_x B_x}.$$

Jeżeli współczynnik narastania mocy serii, czyli stosunek dwóch sąsiednich mocy w ciągu mocy, jest stały dla całej serii i równy

$$a = \frac{P_x}{P_{x-1}},$$

to wzór (7) można uprościć, gdyż  $P_{sr-x} = P_x \left( \frac{1+a}{2a} \right)$ , a więc

$$(8) \quad k_s = \frac{2a}{1+a} \frac{\sum_x A_x}{\sum_x P_x T_x} \cdot \frac{m_x}{100} + \frac{c}{100} \sum_x \left[ p_o h_o (1 + b \text{tg } \varphi_o) + n' \frac{h'}{\eta'} (1 - \eta' + \text{btg } \varphi') + n'' \frac{h''}{\eta''} (1 - \eta'' + \text{btg } \varphi'') + \dots \right] \cdot \frac{m_x}{100}.$$

W tym wzorze przez  $m_x$  oznaczono procentowy stosunek średniej rocznej produkcji typu  $x$  (kW) do łącznej średniej rocznej produkcji serii w kilowatach.

## 5. Określenie rocznych kosztów użytkowania silnika indukcyjnego.

Do określenia rocznych kosztów użytkowania silnika trzeba oszacować z jednej strony koszt własny produkcji oraz okres użytkowania silnika, z drugiej zaś strony roczny koszt jego eksploatacji.

Koszt własny produkcji silnika. Do najważniejszych pozycji tych kosztów należą surowce i półfabrykaty obce, robocizna bezpośrednia, koszty wydziałowe związane z działalnością i organizacją poszczególnych działów produkcyjnych oraz koszty administracji. Dotychczasowe wyniki prowadzonej przez Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych Instytutu Elektrotechniki analizy kosztów własnych produkcji silników indukcyjnych pozwalają na następujące orientacyjne oszacowanie procentowego udziału poszczególnych kosztów w ogólnym koszcie własnym produkcji silnika dla jednego z krajowych zakładów wytwórczych maszyn elektrycznych o właściwie zorganizowanej produkcji i należytej jakości produkowanych silników:

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| koszty surowców                | 50 — 60%, |
| koszty półfabrykatów obcych    | 4 — 11%,  |
| koszty robocizny bezpośredniej | 6 — 10%,  |
| koszty wydziałowe              | 15 — 25%, |
| koszty administracji           | 4 — 6%.   |

Dane te oszacowano na podstawie kart kalkulacyjnych silników indukcyjnych trójfazowych o mocy powyżej 100 kW.

Nie wszystkie składniki kosztów własnych zależą w jednakowym stopniu od konstrukcji silnika niemniej jednak konstruktor ma poważne możliwości przyczynienia się do obniżenia kosztów własnych. Wysiłki jego w tym zakresie zmierzają zazwyczaj w dwóch kierunkach: w kierunku zmniejszenia ciężaru materiałów czynnych i konstrukcyjnych silnika oraz w kierunku opracowania rozwiązania konstrukcyjnego i technologii produkcji w taki sposób, aby wytwarzanie silnika zajmowało możliwie mało czasu zarówno wskutek prostoty oraz celowości konstrukcji i technologii, jak i przystosowania ich do charakteru produkcji.

Można by zapytać, jaki cel ma obliczanie kosztu własnego silnika, skoro na podstawie prowadzonych przez zakłady wytwórcze kart kalkulacyjnych silnika można uzyskać dokładny co do grosza koszt własny produkcji silnika. Sprawę wyjaśni zapoznanie się z powstawaniem sum figurujących na kartach kalkulacyjnych. Kalkulację kosztów własnych silnika prowadzi się oddzielnie dla każdego silnika lub partii silników danego typu, wykonywanych w jednym okresie na jedno zlecenie. Kalkulacja uwzględnia m. in. koszt brutto pobranych do produkcji materiałów oraz półfabrykatów obcych po cenach, obowiązujących w okresie ich zakupu, oraz koszty robocizny bezpośredniej, koszty wydziałowe i koszty administracji, uwzględniające stosunki produkcji z okresu realizacji zlecenia, w tym również obowiązujące w tym okresie normy czasu produkcji oraz poziom płac. Ponadto kalkulacja kosztów własnych uwzględnia konkretne koszty dodatkowe powstałe w okresie produkcji, a związane z ewentualnymi brakami zaopatrzenia materiałowego, przestojami parku maszynowego, czy też brakami i poprawkami w toku produkcji. Kalkulacja kosztów własnych uwzględnia też z drugiej strony konkretną obniżkę kosztów, uzyskaną w wyniku zwiększonej wydajności pracy, oszczędności surowców, wyzyskania odpadków czy materiałów zastępczych oraz wprowadzenia postępu technicznego w produkcji.

Z wymienionych, względów koszty własne produkcji tego samego typu silnika różnią się w mniejszym lub większym stopniu pomiędzy sobą zależnie od okresu czasu, w którym ten typ silnika był wytwarzany, oraz od ilości silników danego typu produkowanych w ramach jednego zlecenia. **Różnice wystę-**

Tablica I

| Typ  | Napięcie | Moc  | $u_{Fe}$ | $u_{Cu}$ | $u_{iz}$ | $u_{Fe+Cu}$ | $U_{Fe+Cu+iz}$ |
|------|----------|------|----------|----------|----------|-------------|----------------|
| SCUf | (V)      | (kW) | (%)      | (%)      | (%)      | (%)         | (%)            |
| 164c | 380      | 145  | 14,5     | 13,6     | 3,9      | 28,1        | 32,0           |
| 164p | 3000     | 95   | 12,8     | 13,6     | 3,7      | 26,4        | 30,1           |
| 206p | 3000     | 145  | 13,5     | 15,2     | 3,0      | 28,7        | 31,7           |
| 204r | 6000     | 235  | 17,8     | 14,4     | 9,1      | 32,2        | 41,3           |
| 244s | 6000     | 740  | 18,6     | 13,6     | 7,2      | 32,2        | 39,4           |

pują nie tylko w obrębie jednego zakładu wytwórczego, lecz również — i to nieraz w znacznie większych rozmiarach — w przypadku, kiedy te same typy silnika są produkowane w różnych zakładach wytwórczych na terenie kraju, gdzie dodatkowy wpływ na kształtowanie się kosztu własnego silnika wywierają różnice w wyposażeniu i organizacji zakładów wytwórczych, w możliwościach transportowych surowców i półfabrykatów obcych, wreszcie poziom wykształcenia kadr produkcyjnych.

Rozpatrując wahanie się kosztów własnych tego samego typu silnika w obrębie jednego zakładu wytwórczego trzeba zdawać sobie sprawę, że jest to zjawisko zdrowe i gospodarczo uzasadnione jedynie w przypadku systematycznie następującej z biegiem czasu obniżki kosztów własnych dla danego poziomu cen i płac.

W niniejszym artykule — dla silników o podobnej technologii produkcji — przyjęto sposób określania kosztu własnego silników oparty na obliczeniu kosztu materiałów czynnych (blacha elektrotechniczna i miedź nawojowa) oraz materiałów izolacyjnych zużytych brutto dla każdego z silników. Koszt własny silnika będzie obliczany z kosztu materiałów czynnych i materiałów izolacyjnych na podstawie przeciętnego procentowego udziału kosztu tych materiałów w koszcie własnym silnika.

Obliczenie kosztu materiałów czynnych nie sprawia trudności, gdyż rodzaj i ciężar brutto potrzebnej dla danego typu sil-

nika blachy elektrotechnicznej i miedzi nawojowej można łatwo uzyskać z dokumentacji maszyny. Natomiast ustalenie kosztu materiałów izolacyjnych jest znacznie kłopotliwsze ze względu na różnorodność asortymentu tych materiałów stosowanego w produkcji silników elektrycznych. Jednak ustalenie takie jest potrzebne zwłaszcza w przypadku porównywania silników o różnych klasach izolacji uzwojeń. Dla silników o tej samej klasie izolacji uzwojeń ustalanie kosztu materiałów izolacyjnych można bez szkody dla dokładności obliczeń pominąć, sprowadzając określanie kosztu własnego silnika do obliczenia kosztu zużytych brutto materiałów czynnych według ich cen.

Ceny artykułów przemysłowych, a więc i ceny materiałów stosowanych w produkcji silników ulegają z biegiem czasu zmianom. Przy przeprowadzaniu oceny porównawczej poszczególnych serii lub typów maszyn łatwo może się zdarzyć, że niektóre z serii lub typów silników były wytwarzane z materiałów, zakupionych po innych cenach niż pozostałe. Sytuacja taka powoduje, oczywiście, powstanie odpowiednich różnic w koszcie własnym silników, zależnych jedynie od poziomu cen, a nie od konstruktora. Aby wyeliminować wpływ różnicy poziomów cen przy obliczaniu wartości konstrukcji pod względem ekonomiczno-technicznym, trzeba przyjmować jednakowe poziomy cen dla tych samych rodzajów materiałów, wchodzących do produkcji wszystkich ocenianych maszyn.

Dla ułatwienia oszacowania przeciętnego udziału kosztu blachy elektrotechnicznej, miedzi nawojowej i materiałów izolacyjnych w koszcie własnym produkcji silnika podano przykładowo w tabl. I wartości procentowe udziału kosztu omawianych materiałów w koszcie własnym dla paru silników indukcyjnych pierścieniowych serii SCUf, cztero- i sześciobiegunowych. Stosunek kosztu odpowiedniego materiału do kosztu własnego silnika oznaczono w tablicy literą  $u$  ze wskaźnikiem określającym materiał lub grupę materiałów, dla których określono dany stosunek.

Dane zamieszczone w tablicy wskazują, że udział w koszcie własnym silnika materiałów czynnych i izolacyjnych, a zwłaszcza materiałów czynnych zmienia się w niewielkich granicach i przyjęcie pewnej wartości średniej dla potrzeb oceny serii nie spowoduje powstania znacznie większych błędów w oszacowaniu kosztu własnego silnika. Trzeba jednak przy tym pamiętać, że również średnia wartość liczbową udziału odpowiednich materiałów w koszcie własnym może podlegać wahaniom nie tylko w zależności od rodzaju silnika, jego konstrukcji, technologii produkcji, rodzaju i klasy izolacji uzwojeń, lecz również w zależności od całokształtu stosunków ekonomicznych w okresie wytwarzania ocenianej serii silników. Przy ocenie porównawczej serii silników zależy jednak nie tyle na ścisłości bezwzględnych wartości przyjmowanych parametrów ekonomicznych, ile na przyjmowaniu tych samych wartości parametrów dla wszystkich podobnych maszyn ocenianej serii, przy tym należy zachować, o ile możliwości, najbardziej zbliżone do rzeczywistości, przeciętne wartości parametrów, co umożliwia na ogół przyjęty w niniejszych rozważaniach sposób określania kosztów własnych produkcji silników, którego jedną z ważniejszych zalet jest prostota stosowania go w obliczeniach.

W powyższych rozważaniach nie omawiano bliżej wpływu technologii produkcji na kształtowanie się kosztu własnego silnika, gdyż bardzo skomplikowany i trudny do uwzględnienia jest charakter procesów technologicznych, które już same stanowią odrębne zagadnienie przy ocenie serii maszyn elektrycznych.

Stosowanie podanego uproszczonego sposobu określania kosztów własnych silnika wydaje się uzasadnione w świetle wyników obliczeń, które będą podane niżej, a które wskazują, że roczny koszt amortyzacji silnika stanowi zaledwie drobną część łącznego rocznego kosztu użytkowania silnika.

**O k r e s a m o r t y z a c j i s i l n i k a.** Silnik elektryczny zainstalowany do napędu urządzenia przemysłowego może być zastąpiony po pewnym okresie czasu innym silnikiem z powodu zużycia naturalnego (np. zniszczenia izolacji uzwojeń silnika), ze względów technologicznych (np. wskutek rozbudowy urządzenia napędzanego i związanego z tym wzrostu zapotrzebowania mocy) lub też z przyczyn gospodarczych (np. ze względu na uzasadnioną ekonomicznie celowość zastosowania silnika bardziej nowoczesnego o konstrukcji uwzględniającej najnowsze osiągnięcia w dziedzinie postępu technicznego).

Zużycie naturalne silnika elektrycznego może być spowodowane m. in. zestarzeniem się materiałów izolacyjnych. Pro-



ces starzenia się materiałów izolacyjnych przebiega tym intensywniej, im wyższa jest temperatura, w której znajdują się te materiały. Okres czasu służby materiałów izolacyjnych uzwojeń zależy przy tym nie tylko od średniej wartości przyrostu temperatury uzwojenia, lecz głównie od temperatury najgorętszego punktu izolacji. Przy porównywaniu konstrukcji silników można by więc przyjmować dłuższy okres służby dla tych silników, w których konstruktor zdołał osiągnąć bardziej równomierny rozkład temperatur w obszarze całego uzwojenia, odznaczający się — przy tym samym średnim przyroście temperatury uzwojenia — zmniejszeniem różnicy między największym a średnim przyrostem temperatury. Okres, po którym następuje zużycie naturalne silnika wskutek zatarzenia się materiałów izolacyjnych, może w związku z tym wahać się w dość szerokich granicach, przy czym przeciętne wartości spotykane w literaturze wynoszą dla normalnych warunków 10 do 20 lat.

Jakkolwiek zależność pomiędzy temperaturą najgorętszego punktu uzwojenia a okresem służby izolacji można ująć w postaci zależności matematycznej, nie będziemy z niej korzystać, gdyż zatarzenie się izolacji nie jest najczęstszym powodem uszkodzenia silnika. Ponadto w przypadku silników o niższych przyrostach temperatury uzwojeń otrzymywałoby się ze wspomnianej zależności zbyt długie, nie spotykane w praktyce okresy służby silnika.

Na zużycie naturalne silnika mają też wpływ warunki i atmosfera pracy silnika. Ciężkie warunki, np. praca pod gołym niebem, w pomieszczeniach wilgotnych, zakurzonych, w atmosferze gazów i wyziewów chemicznych, działanie wstrząsów i wibracji mechanicznych, wszystko to wpływa na szybsze zniszczenie izolacji uzwojeń lub części mechanicznych czy elektrycznych silnika, a więc skraca okres jego naturalnego zużycia. W tych warunkach okres ten wynosić może nawet poniżej 10 lat.

Uszkodzenie materiałów izolacyjnych uzwojeń nie zawsze musi pociągać za sobą wycofanie silnika z ruchu, gdyż przez wymianę uzwojenia silnik taki może pracować jak nowy przez następnych kilkanaście lat. Okresu jego dalszej pracy — po przewinięciu — nie będziemy jednak wliczać do okresu amortyzacji silnika.

W celu przyjęcia pewnego przeciętnego okresu amortyzacji silnika dla potrzeb oceny porównawczej serii silników trzeba brać pod uwagę zarówno okres naturalnego zużycia silnika, jak i względy techniczne i gospodarcze okresu, w którym silniki te pracują lub mają pracować.

Jako przeciętny okres amortyzacji silnika będziemy przyjmować do obliczeń okres 10 lat.

**K o s z t e k s p l o a t a c j i s i l n i k a.** Drugim składnikiem kosztu użytkowania silnika, obok kosztu amortyzacji, jest koszt eksploatacji silnika rozumiany jako suma kosztu strat energii czynnej w silniku oraz kosztu energii biernej pobranej przez silnik w pewnym okresie czasu. Koszt eksploatacji silnika indukcyjnego obciążonego mocą  $P$  kilowatów w ciągu  $h$  godzin przy współczynniku mocy  $\cos \varphi$  i sprawności  $\eta$  można więc określić ze wzoru.

$$(9) \quad P \cdot \frac{1 - \eta}{\eta} \cdot h \cdot c + \frac{P}{\eta} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot h \cdot c \cdot b = P \cdot \frac{h}{\eta} \cdot c (1 - \eta + b \cdot \operatorname{tg} \varphi),$$

gdzie  $c$  — koszt energii czynnej za 1 kWh,

$b$  — stosunek kosztu 1 kVAh energii biernej do kosztu 1 kWh energii czynnej.

Obciążenie silnika w czasie pracy nie jest stałe i ulega zmianom i wahaniom w zależności od cyklu produkcyjnego urządzenia napędzanego oraz od stopnia wyzyskania silnika. Roczny koszt eksploatacji silnika należy więc określać w sposób podany przy omawianiu metody określania kosztu użytkowania silnika, jako sumę odpowiedniej liczby kosztów eksploatacji obliczonych według wzoru (9) oddzielnie dla każdego z przyjętych obciążeń występującego w pewnym okresie czasu.

Wśród parametrów, wpływających na powstanie określonego rocznego kosztu eksploatacji silnika, decydujące dla tego kosztu znaczenie mają wartości współczynnika mocy i sprawności silnika — zarówno ich wartości znamionowe, jak i przebieg ich wraz ze zmianą obciążenia. Wpływ tych parametrów, które w znacznym stopniu zależą od konstruktora, wzmacnia się lub osłabia w zależności od obowiązującego w okresie użytkowania silnika kosztu energii elektrycznej.

a) **K o s z t e n e r g i i e l e k t r y c z n e j.** Użytkownik silnika uiszcza opłatę za pobraną energię czynną oraz

opłatę stałą zależną od mocy zgłoszonej. Oba rodzaje opłat są zróżnicowane odpowiednio w zależności od wielkości mocy zgłoszonej lub pobranej energii elektrycznej oraz w zależności od tego, czy odbiornik jest zainstalowany w sieci niskiego czy też wysokiego napięcia. Ponadto w przypadku odbiorców przemysłowych, gdy średnia wartość współczynnika mocy zakładu przemysłowego jest niższa od 0,8, należąca opłata za moc zgłoszoną i pobraną energię czynną wzrasta w pewnym stopniu w zależności od średniej wartości współczynnika mocy.

Do celów oceny porównawczej silników i serii silników obliczanie kosztów eksploatacji poszczególnych typów silników na podstawie obowiązującej taryfy dla odbiorców przemysłowych byłoby zbyt trudne do przeprowadzenia ze względu na brak bliższych danych co do mocy zgłoszonej, zużycia energii czynnej oraz średniej wartości współczynnika mocy zakładu, w którym oceniane silniki mogą być zainstalowane.

W celu zapewnienia wspólnego kryterium do obliczania kosztów eksploatacji dla każdego z ocenianych silników dogodnie jest opierać się na przeciętnym koszcie własnym energii czynnej loco odbiorcy, a więc w miejscu zainstalowania silników. Koszt własny energii elektrycznej loco odbiorcy obejmuje koszty wytwarzania, przesyłu i sprzedaży energii. Koszt energii elektrycznej w miejscu wytwarzania oblicza się na podstawie kosztu węgla oraz jednostkowego zużycia węgla do wyprodukowania 1 kWh energii czynnej, z uwzględnieniem amortyzacji urządzeń, kosztu paliwa oraz czasu wyzyskania urządzeń wytwórczych. Dla warunków krajowych w najbliższych latach — według opinii miarodajnych kół energetyki — właściwe będzie przyjęcie kosztu własnego energii elektrycznej loco odbiorcy w wysokości 25 — 30 gr/kWh. Cena ta powinna z dostateczną dokładnością odzwierciedlać całkowita wartość warunków ekonomiczno-technicznych związanych z wytwarzaniem energii elektrycznej w nowoczesnych elektrowniach oraz z jej przesyłaniem i sprzedażą.

Uwzględnienie kosztu energii biernej pobranej przez silnik nie może opierać się na przyjęciu pewnej gospodarczo uzasadnionej ceny za jednostkę energii biernej, gdyż brak wyraźnych taryf dla energii biernej zarówno w energetyce polskiej, jak i radzieckiej.

Przeprowadzając porównawczą ocenę poszczególnych silników należy uwzględnić jednak, która konstrukcja zapewnia pracę przy wyższej wartości współczynnika mocy i przy korzystniejszym przebiegu jego wartości ze zmianą obciążenia, a więc która konstrukcja w tych samych warunkach pracy silnika powoduje mniejszy pobór energii biernej.

Wobec braku danych do przeprowadzenia pełnej kalkulacji ceny energii biernej oraz do uwzględnienia zwiększonych kosztów materiałów w prądnicach i sieciach, w obliczeniach kosztu eksploatacji silników będziemy uwzględniać współczynnik, stosowany szeroko w energetyce radzieckiej przy obliczaniu gospodarczej skuteczności urządzeń kompensacyjnych, zwany energetycznym równoważnikiem mocy biernej. Współczynnik ten wskazuje, o ile kilowatów zmniejszą się straty mocy czynnej w układzie zasilającym na jeden kilowat, o który zmniejszono pobór mocy biernej wskutek poprawy współczynnika mocy. Wartość liczbowa energetycznego równoważnika mocy maleje znacznie ze wzrostem współczynnika mocy w układzie zasilającym, a dla danego współczynnika mocy układu wzrasta w pewnym stopniu wraz z obciążeniem. Wartość liczbowa omawianego równoważnika wzrasta ponadto wraz z liczbą stopni transformacji na drodze od elektrowni do odbiorcy. Dla warunków krajowych — według opinii miarodajnych kół energetyki — właściwe będzie przyjmowanie wartości energetycznego równoważnika mocy biernej w granicach 0,08 — 0,12 dla silników wysokiego napięcia i w granicach 0,15 — 0,18 dla silników niskiego napięcia.

Do obliczania kosztu eksploatacji silnika w sposób określony wzorem (9) będziemy przyjmować dla  $b$  wartości energetycznego równoważnika mocy biernej, zastępując w ten sposób pobieraną przez silnik moc bierną pewną dodatkową mocą czynną, która uwzględni powstawanie dodatkowych strat energii czynnej spowodowanych przepływem energii biernej w układzie zasilającym.

b) **K o s z t p r z e t w a r z a n i a 1 k W h e n e r g i i p o b r a n e j p r z e z s i l n i k.** Jeżeli koszt eksploatacji silnika wyznaczony przy pomocy równania (9) obliczymy dla jednej godziny pracy silnika przy dowolnym obciążeniu, określonym parametrami  $\eta$  i  $\cos \varphi$ , i odniesiemy ten koszt do

1 kWh energii pobranej przy tym obciążeniu przez silnik, otrzymamy wzór

$$(10) \quad c \cdot (1 - \eta + b \cdot \operatorname{tg} \varphi) = k_{e, \text{kWh}},$$

wyrażający koszt przetwarzania 1 kWh energii elektrycznej pobranej przez silnik w energię mechaniczną przy obciążeniu określonym parametrami  $\eta$  i  $\cos \varphi$  ocenianego silnika; parametry te można wyznaczyć z krzywych przebiegu sprawności i współczynnika mocy silnika w zależności od obciążenia.

Z równania (10) wynika, że dla określonego kosztu energii czynnej koszt przetwarzania 1 kWh energii pobranej przez silnik zależy od wartości współczynnika.

$$(11) \quad 1 - \eta + b \cdot \operatorname{tg} \varphi = \gamma = \frac{k_{e, \text{kWh}}}{c},$$

który będziemy nazywać współczynnikiem kosztu przetwarzania 1 kWh energii pobranej przez silnik. Wykres przebiegu współczynnika  $\gamma$ , wykonany dla ocenianego silnika dla różnych jego obciążeń, np. w stosunku do obciążenia mocą  $P_s$ , pozwala na wyciągnięcie wniosków co do ekonomiczności wyzyskania energii pobieranej przez silnik.

## 6. Przykłady obliczeń.

A. Obliczanie rocznego kosztu użytkowania silnika na 1 kW mocy

Podamy je na przykładzie dwóch silników indukcyjnych, trójfazowych, pierścieniowych, budowy okapturzonej, a mianowicie:

1) silnika niskiego napięcia typu SCUf 206b o danych znamionowych: 175 kW, 980 obr./min.,  $\cos \varphi = 0,88$ ,  $\eta = 0,93$ , wirnik na 440 V, 245 A;

2) silnika wysokiego napięcia (6000 V) typu SCUf 204r o danych znamionowych: 235 kW, 1475 obr./min.,  $\cos \varphi = 0,86$ ,  $\eta = 0,93$ , wirnik na 455 V, 315 A.

Dla każdego z tych typów opracowano — na podstawie dokumentacji technicznej i wyników badań ze stacji prób zakładu wytwórczego — przebieg sprawności i współczynnika mocy w zależności od obciążenia silnika. Założono ponadto pewien typowy przebieg obciążenia, przyjmując, że silniki są w ruchu w ciągu roku łącznie przez okres 6000 h, co odpowiada w przybliżeniu pracy silnika przez okres dwóch zmian roboczych zakładu produkcyjnego na dobę. Przyjęto przy tym następujący podział obciążenia w ciągu roku:

przez 5% ogólnego czasu pracy ( $h_0 = 300$  godz.) silnik pracuje przy biegu jałowym;

przez 20% ogólnego czasu pracy ( $h' = 1200$  godz.) silnik pracuje przy obciążeniu wynoszącym 60% pełnego obciążenia mocą  $P_{sr}$  ( $n' = 60\%$ );

przez 50% ogólnego czasu uruchomienia ( $h'' = 3000$  godz.) silnik pracuje przy obciążeniu wynoszącym 80% pełnego obciążenia mocą  $P_{sr}$  ( $n'' = 80\%$ );

przez 25% ogólnego czasu uruchomienia ( $h''' = 1500$  godz.) silnik pracuje przy pełnym obciążeniu mocą  $P_{sr}$  ( $n''' = 100\%$ ).

Do obliczeń rocznej amortyzacji kosztu własnego silnika przyjęto okres użytkowania silnika  $T = 10$  lat.

Do obliczeń rocznego kosztu eksploatacji silnika przyjęto koszt energii czynnej loco odbiorca  $c = 0,25$  zł/kWh. Po uwzględnieniu powyższych założeń wzór (6), określający całkowity roczny koszt użytkowania silnika na 1 kW mocy, przybiera następującą postać:

$$(12) \quad k = k_a + k_e = \frac{A}{10 P_{sr}} + 0,0025 \left[ 300 p_0 (1 + b \cdot \operatorname{tg} \varphi_0) + \frac{60 \cdot 1200}{\eta'} (1 - \eta' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi') + \frac{80 \cdot 3000}{\eta''} (1 - \eta'' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi'') + \frac{100 \cdot 1500}{\eta'''} (1 - \eta''' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi''') \right] = \frac{A}{10 P_{sr}} + 0,75 \left[ p_0 (1 + b \cdot \operatorname{tg} \varphi_0) + \frac{240}{\eta'} (1 - \eta' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi') + \frac{800}{\eta''} (1 - \eta'' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi'') + \frac{500}{\eta'''} (1 - \eta''' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi''') \right] \text{ złotych.}$$

a) Silnik niskiego napięcia, typu SCUf 206b.

Obliczenie rocznej amortyzacji kosztu własnego produkcji na 1 kW mocy. Obliczenie opiera się na określeniu kosztu materiałów czynnych (blachy elektrotechnicznej i miedzi nawojowej) zastosowanych do wykonania silnika przy założeniu, że koszt ten stanowi 30% kosztu własnego produkcji silnika.

Materiały czynne silnika:

blacha prądnicowa o stratności 3,0 W/kG i grubości 0,5 mm; zużycie na 1 silnik 283 arkusze o wymiarach 700 mm  $\times$  1400 mm; ciężar blachy brutto ok. 1090 kG;

miedź nawojowa w stojanie DNBB o średn. 3,0/3,3 — 102 kG po 15,40 zł/kG;

w wirniku pręty o wymiarach 4,5  $\times$  11 — 61 kG po 18 zł/kG.

Koszt materiałów czynnych wynosi:

|                                              |         |
|----------------------------------------------|---------|
| blacha prądnicowa 1090 kG po 1,92 zł/kG      | 2100 zł |
| miedź nawojowa stojana 102 kG po 15,40 zł/kG | 1570 zł |
| miedź nawojowa wirnika 61 kG po 18,00 zł/kG  | 1100 zł |
| razem                                        | 4770 zł |

Koszt własny produkcji silnika wyniesie  $A = \frac{4770}{0,30} =$

15900 zł.

Moc  $P_{sr}$  określamy jako średnią z dwóch sąsiednich wyrazów ciągu mocy serii dla danej liczby biegunów:

$$P_{sr} = \frac{130 + 175}{2} = 152,5 \text{ kW};$$

roczna amortyzacja kosztu własnego produkcji silnika wyniesie więc

$$k_a = \frac{A}{10 P_{sr}} = \frac{15900}{10 \cdot 152,5} = 10,40 \text{ zł/kW.}$$

Obliczenie rocznego kosztu eksploatacji silnika na 1 kW mocy. Z krzywych przebiegu sprawności i współczynnika mocy w zależności od obciążenia silnika (rys. 3) odczytujemy lub obliczamy dla poszczególnych obciążeń następujące wartości parametrów wchodzących do równania (12):

bieg jałowy:  $\Delta P_0 = 4,37$  kW;  $p_0 = \frac{\Delta P_0}{P_{sr}} \cdot 100 = \frac{4,37}{152,5} \cdot 100 = 2,86\%$ ;  $\cos \varphi_0 = 0,064$ , skąd  $\operatorname{tg} \varphi_0 = 15,60$ ;

obciąż.  $n' = 60\%$ ;  $\eta' = 0,935$ ,  $\cos \varphi' = 0,788$ , skąd  $\operatorname{tg} \varphi' = 0,781$ ;

obciąż.  $n'' = 80\%$ ;  $\eta'' = 0,94$ ,  $\cos \varphi'' = 0,842$ , skąd  $\operatorname{tg} \varphi'' = 0,641$ ;

obciąż.  $n''' = 100\%$ ;  $\eta''' = 0,942$ ,  $\cos \varphi''' = 0,872$ , skąd  $\operatorname{tg} \varphi''' = 0,561$ .

Dla uwzględnienia kosztu pobranej przez silnik energii biernej przyjęto do obliczeń wartość energetycznego równoważnika mocy biernej  $b = 0,17$ .

Podstawiając podane wyżej wartości do równania (12) określiliśmy roczny koszt eksploatacji silnika na 1 kW mocy:

$$k_e = 0,75 \left[ p_0 (1 + b \cdot \operatorname{tg} \varphi_0) + \frac{240}{\eta'} (1 - \eta' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi') + \frac{800}{\eta''} (1 - \eta'' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi'') + \frac{500}{\eta'''} (1 - \eta''' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi''') \right] = 0,75 \left[ 2,86 (1 + 0,17 \cdot 15,60) + \frac{240}{0,935} (1 - 0,935 + 0,17 \cdot 0,781) + \frac{800}{0,94} (1 - 0,94 + 0,17 \cdot 0,641) + \frac{500}{0,942} (1 - 0,942 + 0,17 \cdot 0,561) \right] = 0,75 (10,45 + 50,90 + 141,95 + 81,10) = 213,50 \text{ zł.}$$

Obliczenie rocznego kosztu użytkowania silnika na 1 kW mocy. Roczny koszt użytkowania silnika na 1 kW mocy obliczamy jako sumę rocznej amortyzacji kosztu własnego produkcji i rocznego kosztu eksploatacji silnika:

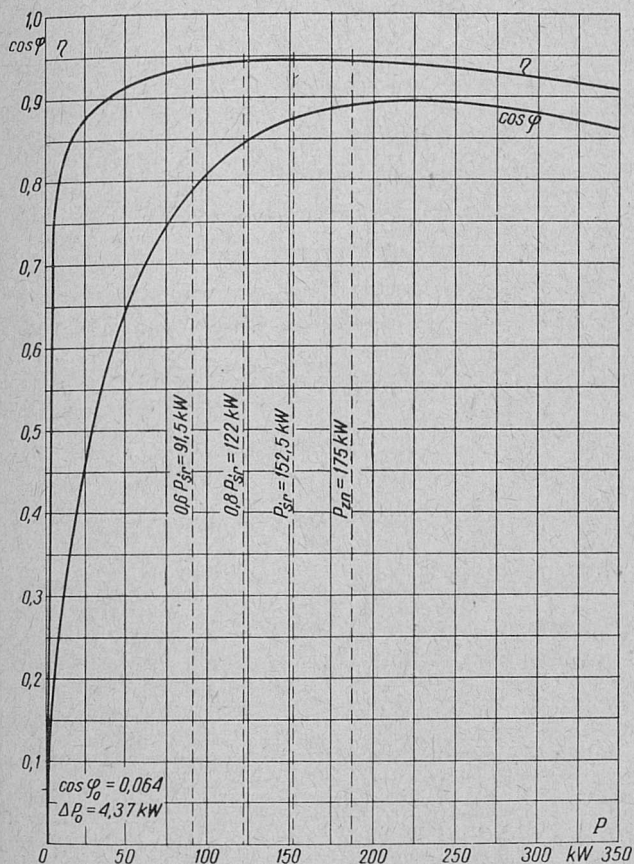
$$k = k_a + k_e = 10,40 + 213,50 = 223,90 \text{ zł.}$$



Należy tu zwrócić uwagę, że ok. 95% rocznego kosztu użytkowania silnika stanowią koszty eksploatacji silnika wynikające ze strat energii czynnej i poboru energii bierniej przez silnik.

### b) Silnik wysokiego napięcia SCUf 204r.

b) Silnik wyceniony jest w oparciu o cenę zakupu. Obliczenie rocznej amortyzacji kosztu własnego produkcji na 1 kW mocy. Obliczenie opiera się na określeniu kosztu materiałów czynnych i założeniu, że koszt ten stanowi 30% kosztu własnego produkcji silnika.



Rys. 3. Przebieg sprawności i współczynnika mocy w zależności od obciążenia silnika SCUF 206b

Materiały czynne silnika:

blacha cynkowa o stratości 2,3 W/kg, grubości 0,5 mm i cenie 2,23 zł/kg; zużycie na 1 silnik 300 arkuszy o wymiarach 800 mm × 1600 mm; ciężar blachy brutto ok. 1500 kg;

miedź nawojowa w stojanie DNBB  $0,9 \times 8/1,4 \times 8,5$ —117 kG;  
w wirniku prety o wymiarach  $2,5 \times 16$ —86 kG.

Koszt materiałów czynnych wynosi:

|                                              |          |
|----------------------------------------------|----------|
| blacha prądnicowa 1500 kG po 2,23 zł/kg      | 3350 zł, |
| miedź nawojowa stojana 117 kG po 29,00 zł/kg | 3395 zł, |
| miedź nawojowa wirnika 86 kG po 20,80 zł/kg  | 1790 zł, |
| razem                                        | 8535 zł. |

Koszt własny produkcji silnika wynosi  $A = \frac{8550}{0,30} = 28500$  zł.

Moc  $P_{sr}$  określamy jako średnią wartość pomiędzy mocą znamionową silnika, rozpoczynającą ciąg mocy serii dla rozpatrywanego napięcia i liczby biegunów, a ostatnią mocą znamionową w ciągu mocy dla 3000 V i rozpatrywanej liczby obrotów:

$$P_{sr} = \frac{180 + 235}{2} = 207,5 \text{ kW.}$$

Roczna amortyzacja kosztu własnego produkcji silnika wyniesie więc

$$k_a = \frac{A}{10 P_{sr}} = \frac{28500,00}{10 \cdot 207,5} = 13,75 \text{ zl/kW.}$$

Obliczenie rocznego kosztu eksploatacji silnika na 1 kW mocy. Z krzywych przebiegu sprawności i współczynnika mocy w zależności od obciążenia silnika (rys. 4) odczytujemy lub obliczamy dla poszczególnych obciążeń następujące wartości:

$$\text{bieg jałowy: } \Delta P_o = 9,7 \text{ kW}; p_o = \frac{\Delta P_o}{P_{sr}} \cdot 100 = \frac{9,7}{207,5} \cdot 100 = 4,67\%$$

$$\cos \varphi_0 = 0,08; \quad \text{skąd } \operatorname{tg} \varphi_0 = 12,48;$$

obciąż.  $n' = 60\%$ ;  $\eta' = 0,906$ ,  $\cos \varphi' = 0,733$ , skąd  $\operatorname{tg} \varphi' = 0,927$ ;

obciąż.  $n'' = 80\%$ ;  $\eta'' = 0,92$ ,  $\cos \varphi'' = 0,798$ , skąd  $\operatorname{tg} \varphi'' = 0,754$ ;

obciąż.  $n''' = 100\%$ ;  $\eta''' = 0,926$ ,  $\cos \varphi''' = 0,836$ , skąd  
 $\operatorname{tg} \varphi''' = 0,657$ ; do obliczeń przyjęto  $b = 0,1$ .

Z równania (12) znajdujemy roczny koszt eksploatacji silnika na 1 kW mocy:

$$k_e = 0,75 \left[ p_o (1 + b \operatorname{tg} \varphi_o) + \frac{240}{\eta'} (1 - \eta' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi') + \right. \\ \left. + \frac{800}{\eta''} (1 - \eta'' + b \cdot \operatorname{tg} \varphi'') + \frac{500}{\eta'''} (1 - \eta''' + b \cdot \operatorname{tg} \eta''') \right] = \\ = 0,75 \left[ 4,67 (1 + 0,1 \cdot 12,48) + \frac{240}{0,906} (1 - 0,906 + 0,1 \cdot 0,927) + \right. \\ \left. + \frac{800}{0,92} (1 - 0,92 + 0,1 \cdot 0,754) + \frac{500}{0,926} (1 - 0,926 + \right. \\ \left. + 0,1 \cdot 0,657) \right] = 201,50 \text{ zł.}$$

Obliczenie rocznego kosztu użytkowania silnika na 1 kW mocy.

Koszt ten znajdujemy jak wyżej:

$$k = k_a + k_e = 13,75 + 201,50 = 215,25 \text{ zł},$$

a więc ok. 94% rocznego kosztu użytkowania silnika stanowią koszty eksploatacji silnika wynikające ze strat energii czynnej i poboru energii biernej.

B. Obliczanie kosztu przetwarzania  
1 kWh energii pobranej przez silnik

Koszt ten zgodnie z wzorami (10) i (11) wynosi

$$k_{e_1 k \Psi h} = \gamma \cdot c = c (1 - \eta + b \cdot \operatorname{tg} \varphi).$$

Dla zorientowania się w przebiegu kosztów przetwarzania 1 kWh energii pobranej przez silnik w zależności od obciążenia silnika w stosunku do mocy,  $P_{\text{sr}}$  przeliczono wartości

współczynnika  $\gamma$  dla różnych wartości stosunku  $\frac{P}{P_{\text{sr}}}$  w granicach od 0,2 do 1,8 dla obu typów analizowanych wyżej silników. Do obliczeń przyjęto:

dla silnika typu SCUf 206b —  $b = 0,17$ , stąd  $\gamma = 1 - \eta + 0,1 \cdot \operatorname{tg} \varphi$ .

dla silnika typu SCUf 204r —  $b = 0,1$ , stąd  $\gamma = 1 - \eta + 0,1, \operatorname{tg} \varphi$ .

Wartości  $\eta$  i  $\cos \varphi$  odczytywano z odpowiednich krzywych podanych na rys. 3 i 4.

podanych na rys. 3 i 4.

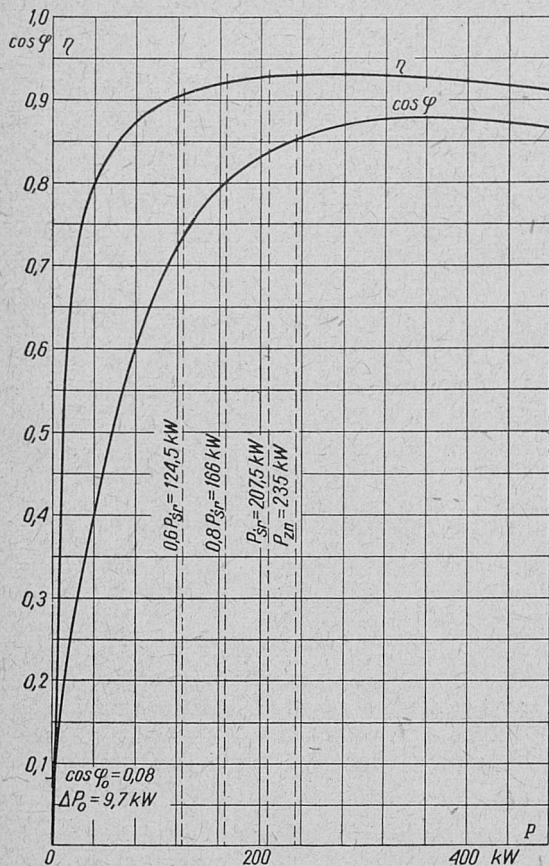
Przebieg współczynnika  $\gamma$  w zależności od stosunku  $\frac{P}{P_{sr}}$  przedstawiono dla obu silników na rys. 5. W otrzymanych przebiegach krzywych zwraca uwagę, że minimum wartości współczynnika  $\gamma$ , a więc i kosztu przetwarzania 1 kWh energii pobranej, przypada dopiero dla wartości obciążenia znacznie większych od mocy  $P_{sr}$  (dla typu SCUF 206b — przy  $\frac{P}{P_{sr}} =$

= 1,3; dla typu SCUf 204 r przy  $\frac{P}{P_{sr}} = 1,4$ ), gdy dla przecięt-  
nie stosowanego zakresu pracy silnika koszt ten jest większy  
od minimalnego w granicach od 4—8% przy  $\frac{P}{P_{sr}} = 1$  do  
23—43% przy  $\frac{P}{P_{sr}} = 0,6$ .

Każdą z przedstawionych na rys. 5 krzywych przebiegu współczynnika  $\gamma$  rozłożono na dwie składowe, z których jed-

na wyraża zależność  $1 - \eta = f\left(\frac{P}{P_{sr}}\right)$  o wartościach proporcjonalnych do tej części kosztu przetwarzania 1 kWh energii pobranej przez silnik, której źródłem są straty energii czynnej występujące w silniku, druga zaś przedstawia zależność  $b \cdot \lg \varphi = f\left(\frac{P}{P_{sr}}\right)$  o wartościach proporcjonalnych do pozostałej części kosztu przetwarzania 1 kWh wynikającej z poboru energii biernej przez silnik.

Przebieg składowych współczynnika  $\gamma$  pozwala na stwierdzenie, który ze składników kosztu eksploatacji 1 kWh odgrywa większą rolę przy różnych obciążeniach silnika. Dla



Rys. 4. Przebieg sprawności i współczynnika mocy w zależności od obciążenia silnika SCUF 204r

omawianych silników w zakresie najczęstszej pracy od 0,6 do 1,0 mocy  $P_{sr}$  udział kosztu spowodowanego poborem energii biernej w stosunku do całkowitego kosztu przetwarzania 1 kWh energii pobranej przez silnik zawarty jest w granicach:

- dla silnika typu SCUF 206b od 62% do 68%,
- dla silnika typu SCUF 204r od 47% do 49%.

#### C. Wpływ zmian niektórych parametrów na wielkość rocznego kosztu eksploatacji silnika

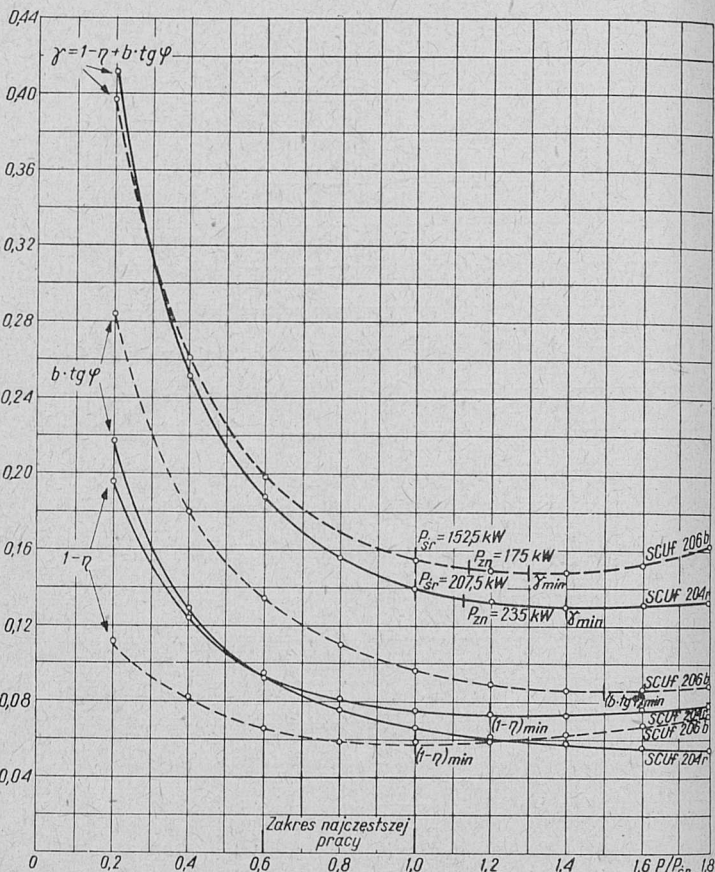
Dla zorientowania się co do wpływu zmian niektórych parametrów, jak przebieg obciążenia w ciągu roku, sprawność i współczynnik mocy na roczny koszt eksploatacji silnika podano przykładowo wyniki kilku obliczeń.

Wpływ przebiegu obciążenia silnika w ciągu roku. Zakładając, że silnik pracuje przez okres 6000 godzin w ciągu roku z obciążeniem stałym mocą  $P_{sr}$ , otrzymano po wykonaniu obliczeń, które tu pomijamy, roczny koszt eksploatacji silnika na 1 kW mocy dla silnika typu SCUF 206b  $k_e = 244,50$  zł i dla silnika typu SCUF 204r  $k_e = 226,50$  zł. Koszt ten jest wyższy od kosztu obliczonego w podanych przykładach przy przyjętym podziale obciążenia w ciągu roku dla silnika typu SCUF 206b o 14%, dla silnika typu SCUF 204r o 12%. Wyniki te pozwalają

na zorientowanie się, w jakim stopniu zmienia się roczny koszt eksploatacji silnika w zależności od rozkładu obciążenia w ciągu roku.

Wpływ sprawności. Założono, że krzywa przebiegu sprawności silnika w funkcji obciążenia (rys. 3 i 4) obniżyła się na całym przebiegu, z wyjątkiem punktu dla biegu jałowego, o 0,01 przy niezmienionym przebiegu współczynnika mocy i rozkładzie obciążenia w ciągu roku określonym na wstępie podanych przykładów.

Wykonane obliczenia przynoszą następujące wartości: dla silnika typu SCUF 206b  $k_e = 230$  zł, dla silnika typu SCUF 204r  $k_e = 218$  zł. Przy obniżeniu krzywej przebiegu sprawności o 0,01 roczny koszt eksploatacji silnika wzrasta



Rys. 5. Przebieg współczynnika kosztu przetwarzania 1 kWh energii pobranej przez silnik i jego składowych, w zależności od obciążenia silnika w stosunku do mocy  $P_{sr}$  dla silnika SCUF 206b i 204r

dla silnika typu SCUF 206b o 7,6%, dla silnika typu SCUF 204r o 8,2%.

Wpływ współczynnika mocy. Założono, że krzywa przebiegu współczynnika mocy w funkcji obciążenia (rys. 3 i 4) obniżyła się na całym przebiegu o 0,01 przy niezmienionym przebiegu sprawności i rozkładzie obciążenia w ciągu roku określonym na wstępie podanych przykładów. Wykonane obliczenia dały następujące wartości: dla silnika typu SCUF 206b  $k_e = 220,00$  zł, dla silnika typu SCUF 204r  $k_e = 206,50$  zł.

Przy obniżeniu krzywej przebiegu współczynnika mocy o 0,01 roczny koszt eksploatacji silnika wzrasta dla silnika typu SCUF 206b o 3,1% i dla silnika typu SCUF 204r o 2,5%.

#### 7. Wnioski.

Metoda, omówiona wyżej szczegółowo w odniesieniu do maszyn indukcyjnych, może być stosowana także do innych maszyn elektrycznych. Łączne traktowanie kosztów produkcji i eksploatacji, które wprowadzono w metodzie, rzuca nowe światło na zagadnienie najważniejszego pod względem ekonomicznym projektowania maszyn elektrycznych. Jak wynika z podanych przykładów obliczeniowych, w dotychczas produkowanych silnikach indukcyjnych koszt eksploatacji jest wielokrotnie większy w porównaniu z amortyzacją kosztu produkcji, nawet przy założonym stosunkowo krótkim 10-letnim okresie amortyzacji. Wobec takiego wyniku obliczeń na-



leżałoby przeanalizować słusność pod względem ekonomicznym stosowanych obecnie parametrów przy projektowaniu silników indukcyjnych oraz zmierzać do ustalenia nowych założeń wyjściowych, przy których można byłoby otrzymać mniejsze łączne koszty użytkowania głównie wskutek zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych. Dla zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych ważne będzie nie tylko uzyskanie dużych znamionowych wartości sprawności i współczynnika mocy, lecz również dążenie do osiągnięcia najkorzystniejszego przebiegu sprawności i współczynnika mocy w funkcji obciążenia.

Z przytoczonych w artykule przykładów obliczeniowych wynika również ważny wniosek dla produkcji, a mianowicie wielkie znaczenie dotrzymywania w produkowanych silnikach wartości sprawności i współczynnika mocy. Każdorazowe niewielkie nawet zmniejszenie tych parametrów wskutek niestarannego wykonania lub zastosowania niewłaściwych materiałów naraża gospodarke narodową na ogromne straty, które niejednokrotnie przekroczyć mogą wartość silnika.

Podana metoda może służyć również do oceny pod względem ekonomicznym różnego rodzaju ulepszeń i usprawnień związanych z obniżeniem kosztów użytkowania silników. Wnioski wypływające z zastosowania metody wskazują przy tym, że przy poszukiwaniu dróg do obniżki kosztów własnych

produkcji maszyn elektrycznych trzeba każdorazowo badać, czy uzyskana obniżka kosztów własnych produkcji nie pociąga za sobą zbytniego wzrostu kosztów eksploatacji maszyny.

#### LITERATURA

- D u b i c k i B. Obliczanie trójfazowych transformatorów rdzeniowych (Przegl. Elektr., 1950, z. 1/2/3, str. 22)  
 F i e d o r o w A. A., K n a z i e w s k i j A. A. Elektrosnabżenie promysłennych przedpriatij (Goseniergoizdat, 1951)  
 K l a r n e r T. Energetyczny równoważnik mocy biernej (Energetyka, 1952, nr 2, str. 80)  
 K o p e c k i K. Gospodarka elektryczna (Podr. Inżyniera Elektryka, t. III, str. 1005)  
 K o z i o w s k i H. S. Równanie najekonomiczniejszej wewnętrznej średnicy maszyny asynchronicznej (Przegl. Elektr., 1952, z. 9, str. 347)  
 K o z i o w s k i H. S. Metoda obliczania ekonomicznych kształtów maszyn asynchronicznych (Przegl. Elektr., 1953, z. 3, str. 89)  
 L i w s z y c S. M. O współczynniku narastania szczytów moszczoności elektrodwigatielej (Wiestn. Elektropromyszl., 1948, nr 4, str. 8)  
 M i c h e j d a J. Zagadnienie ograniczenia mocy biernej w układach energetycznych (Energetyka, 1953, nr 2, str. 80)  
 P o s t n i k o w J. M. Projektowanie elektrycznych maszyn (Gostechizdat, 1952)  
 S c h m i d t J. Szereg mocy w nowoczesnych seriach maszyn prądu zmiennego (Przegl. Elektr., 1954, z. 2, str. 56)  
 T r a p i e z n i k o w W. A. Osnovy projektowania serii asynchronicznych maszyn (ONTI, 1937)  
 Z i l b e r s z e j d M. M. K woprosu o współczynniku narastania szczytów moszczoności asynchronicznych elektrodwigatielej, (Wiestn. Elektroprom., 1948, nr 9, str. 5)

## Zagadnienia linii napowietrznych (MKWSE, 1954)

PROF. ZBIGNIEW JASICKI

kand. nauk techn.

### 1. Wstęp.

Materiał, obejmujący technikę projektowania, budowy oraz eksploatacji linii napowietrznych, można podzielić na trzy działy: a) opisy gotowych linii oraz ekonomiczna długość przęsła, b) technika konstrukcji wsporczych i fundamentów, c) obliczanie przewodów, eksploatacja przewodów pojedynczych oraz wiązkowych.

Ponieważ gospodarka energetyczna ostatnich lat stawia coraz częściej przed siećowcami zagadnienia przesyłu bardzo znacznych mocy, więc treść materiałów konferencyjnych obejmuje głównie linie najwyższych napięć, wyposażone w bardzo znaczne przekroje (często w postaci przewodów wiązkowych); jednak ogólne tendencje i idee zawarte w materiałach mają w wielu przypadkach znaczenie i dla sieci niższych napięć.

### 2. Opisy linii wybudowanych w ostatnich latach [3, 4, 9, 13].

Dla potrzeb zakładów metali nieżelaznych powstała w Kanadzie konieczność zbudowania linii 170-kilowoltowej od elektrowni wodnych na rzece Kooteney do kopalni w Kimberley. Istniały dwie alternatywy: budować linię, okrążającą jezioro Kooteney, o długości 256 km, przy czym trasa jej biegłaby częściowo w trudnym terenie, albo zbudować linię krótszą (144 km), ale krzyżującą jezioro. Wybrano drugą alternatywę, przy czym zdecydowano się na napowietrzne skrzyżowanie jeziora przy pomocy przęsła o długości 3260 m, wystąpiły bowiem trudności przy zamówieniu kabli podwodnych.

Linię zbudowano do przesyłu mocy pozornej 72 MVA przy 170 kV (około 260 A). Skrzyżowanie wykonano linkami stalowymi o średnicy ok. 32 mm, złożonymi z 91 drutów (skręcone w 5 warstwach). Próba obciążenia prądowego wykazała, że przy 200 A przewód nagrzewa się o  $\sim 10^{\circ}\text{C}$ , przy 300 A o  $47^{\circ}\text{C}$ . Oporność czynna wzrastała przy tym o 0,414 do 0,485  $\Omega/\text{km}$ , bierna zaś pozostawała w granicach 0,512—0,525  $\Omega/\text{km}$ .

Stanem wyjściowym była temperatura  $-29^{\circ}\text{C}$  przy równoczesnym oblodzeniu przewodu warstwą lodową o grubości 12,7 mm oraz przy działaniu wiatru 39,2  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Naciąg wynosił 48 t. Współczynnik bezpieczeństwa przewodów w stosunku do obciążenia niszczącego (175  $\text{kg}/\text{mm}^2$ ) wynosił 2,15. Dwuletnia eksploatacja lini wykazała, że te warunki wyjściowe dobrano dobrze.

Każdy przewód był zamocowany w łańcuchu odciągowym składającym się z 6 podwójnych łańcuchów, przy czym jego przekrój był sześciobokiem umiarowym. Łańcuch taki kończył się trzema stożkowymi zaciskami odciągowymi, z których środkowy ujmował przewód roboczy, a dwa boczne stanowiły zamocowanie dwu pomocniczych przewodów, z których jeden

miął długość 29 m, a drugi 32 m. Przewody pomocnicze uchwycone były mocno z linką roboczą tak, że redukowały naprężenie w okolicy miejsca zamocowania przewodu, a ponadto miały chronić przewód roboczy przed skutkami drgań. Przewody pomocnicze miały tę samą budowę co przewód roboczy. Każdy z tych przewodów przejmował 30% naciągu.

Po oddaniu linii do eksploatacji zauważono silne drgania przewodów roboczych poza zewnętrznym zamocowaniem przewodów pomocniczych, czyli na odległości około 33 m od zacisków odciągowych. Na każdym przewodzie roboczym zmontowano po 5 tłumików Stockbridge'a o wadze no 8,15 kg, przy czym ich wzajemna odległość wynosiła po 2,13 m; w dalszym ciągu zmontowano tam jeszcze 2 tłumiki po 4,5 kg w odległości po 1,2 m. Dzięki temu drgania uległy stłumieniu.

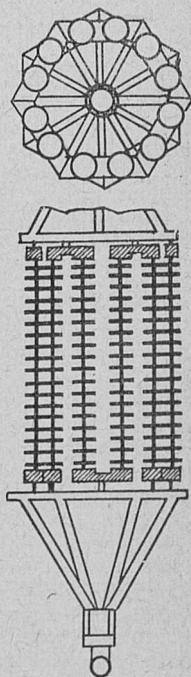
Na rys. 1 jest podany szkic układu łańcuchów odciągowych. Składały się one z izolatorów o wytrzymałości gwarantowanej 11,3 t oraz roboczej 4 t. Każdy z 12 łańcuchów składa się z 18 elementów.

Konstrukcje wsporcze nie przedstawiały żadnych nowych rozwiązań.

• • •

Przy przesyłach bardzo wielkich mocy zjawia się problem doboru odpowiedniego przekroju przewodu. Jedną z kanadyjskich linii 287 kV została zaprojektowana tak, by przesyłać 1800 Amp. Miarą trudnych warunków atmosferycznych, w jakich ta linia przebiegała, może być fakt, że stanem wyjściowym była temperatura  $-18^{\circ}\text{C}$ , przy osadzie lodowej o grubości 50,8 mm, oraz równoczesnym parciu wiatru 39,2  $\text{kg}/\text{mm}^2$ . Przewód należało tak dobrać, żeby sprostał ogromnym obciążeniom elektrycznym i mechanicznym. Referat [9] opisuje konstrukcję takiego przewodu oraz metody jego badania.

Już wstępne rozważania wykazały, że dla tak ciężkich warunków atmosferycznych i przy tak dużej mocy przesyłowej nie należy budować linii dwutorowych, ani też stosować większej liczby przewodów na jedną fazę. Najlepsze konstrukcje wsporcze otrzymano dla pojedynczych przewodów stalowo-aluminiowych, dla przestania 1800 A należało więc

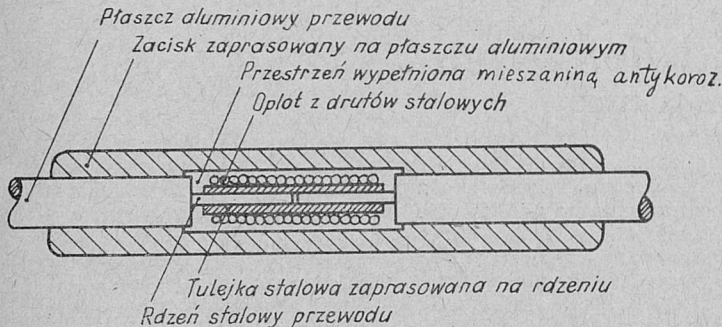


Rys. 1

opracować przewód na gęstość prądu około 1 A/mm<sup>2</sup>. Spośród wielu wariantów przyjęto ostatecznie przewód stalowo-aluminiowy złożony z rdzenia stalowego o przekroju 298 mm<sup>2</sup> (splot z 37 drutów) oraz z płaszcza aluminiowego o przekroju 1705 mm<sup>2</sup> (splot 108 drutów w 4 warstwach); średnica całego przewodu wynosiła 58,2 mm, wytrzymałość zrywająca 61,5 t.

Autorzy nadmieniają, że dłuższych studiów wymagało określenie długości skreślenia drutów w poszczególnych warstwach przewodu. Wyniki otrzymane na drodze teoretycznej kontrolowano później na próbkach przewodu. Jak żmudne były te rozważania, świadczy to, że teoretyczną długość skreślenia drutów aluminiowych w zewnętrznej warstwie 63,5 cm, skorygowano ostatecznie na 61,75 cm. Każda warstwa drutów miała inną długość skreślenia (pierwsza warstwa rdzenia stalowego 24,2 cm, ostatnia warstwa płaszcza aluminiowego 61,7 cm). Chodzi tu o równowagę momentów skręcających, działających w każdej warstwie drutów tak, aby przewód poddany naciągowi nie wykazywał tendencji do wykonywania obrotów dokoła swej osi podłużnej. W dostępnej nam literaturze zagadnienie to zostało opracowane przez dra J. Gröbela w pracy „Die Dehnungsarbeit an Seilen (ETZ, 1930).

Dalsze studia poświęcono problemowi określenia parametrów mechanicznych przewodu. Najpierw poddano próbom odkształcenia rdzeń stalowy, a następnie cały przewód; wyniki ułożono w wykres zależności odkształcenia od naprężenia;



Rys. 2

wykres ten służył za podstawę do obliczania zwisów. Następnie określono moduł elastyczności całego przewodu; wyniósł on  $E = 72,45 \text{ kg/mm}^2$ . Podobnie znaleziono współczynnik rozszerzalności cieplnej, który wyniósł  $18,5 \cdot 10^{-6}$  na 1°C. Następnie zmierzono — przy 1500 A obciążenia i 25°C — oporność czynną przewodu. Pomiar dokonany prądem stałym dał wynik 0,017 Ω/km, prądem zaś zmiennym o 60 Hz — 0,02 Ω/km. Indukcja wewnętrzna przewodu wyniosła 0,036 mH/km, co zgadza się z wielkością obliczoną teoretycznie (0,04 mH/km).

Specjalnie szczegółowe studia przeprowadzono nad określeniem cieplnej pojemności przewodu. Stosując normalne wzory Peeka, uzależniające temperaturę przewodu od obciążenia prądowego, szybkości wiatru oraz współczynnika emisji cieplnej (przyjęto wielkość 0,51), otrzymano np. dla temperatury otoczenia 20°C, bez wiatru, górną granicę obciążalności przewodu 2350 A. Tymczasem próby wykazały, że już przy 2125 A przewód osiągnął 80°C. Dalsze badania wykazały jednak, że z biegiem czasu przewód podlega starzeniu się, które podnosi jego współczynnik emisji, a ponadto, że temperatura powietrza w okolicy, przez którą biegnie linia, nie osiąga na ogół 20°C, co ostatecznie pozwoliło określić górną granicę obciążalności przewodu na 2800 A.

Na najpoważniejsze trudności natrafiono przy konstruowaniu zacisków odciągowych oraz łączników połowych. Wiadomo, że dla większych przekrojów przewodów najlepsze wyniki eksploatacyjne dają łączniki tulejkowe zaprasowywane. W połączeniach połowych zdecydowano się na zaprasowywanie oddzielnych łączników tulejkowych do rdzenia stalowego i dla płaszcza aluminiowego. Łącznik tulejkowy rdzenia stalowego miał długość 380 mm (przy średnicy rdzenia 22,2 mm). Dawał on w czasie prób wytrzymałość niszczącą, która przekraczała odpowiednią wytrzymałość rdzenia (a więc ponad 40 t); był on wykonany ze stali o minimalnej wytrzymałości 38,5 kg/mm<sup>2</sup>. Natomiast łącznik tulejkowy, łączący płaszcz aluminiowy dwu końcówek przewodu, był wykonany ze stopu Mg-Fe-Ni-Si o wytrzymałości 10,5 kg/mm<sup>2</sup> i wykazywał wydłużenie próbki o długości 250 mm wynoszące 15% oraz dobrą plastyczność (podatność na zaprasowywanie go na płaszczu aluminiowym przewodu). Wytrzymałość

łącznika dla płaszcza aluminiowego przekraczała wytrzymałość samego płaszcza wynoszącą 28 t.

Próby wykonane na zmontowanym całkowicie łączniku wykazały, że miejsce połączenia dwu przewodów ma wytrzymałość ponad 95% wytrzymałości samego przewodu. Na rys. 2 pokazano szkic przekroju przewodu w miejscu zaprasowywania tulejki aluminiowej oraz odtworzony z opisu (a nie podany przez autorów [9]) szkic przekroju podłużnego całego łącznika.

Montaż łączników odbywał się przy pomocy małej pras hydraulicznej dającej siłę docisku 135 t. Szczęki formujące tuleję stalową oraz szczęki formujące tuleję aluminiową były dokładnie kalibrowane. Szczęki zgniatające tuleję stalową miały rozstaw 28,6 mm, szczęki zaś do tulejki aluminiowej rozstaw 69,8 mm.

Czynności montażowe polegały na rozpleceniu płaszcza aluminiowego obu końcówek łączących przewodów, zaprasowaniu tulejki stalowej po uprzednim wypełnieniu szczeliny między rdzeniem a tuleją przy pomocy mieszaniny chromianu cynku i oleju lnianego (wagowo 30%); następnie splatano ponownie druty płaszcza aluminiowego czyszcząc ich warstwę utlenioną i wypełniając wolną przestrzeń między drutami mieszaniną tłuszczu mineralnego ze środkiem antykorozyjnym oraz opiłkami metali lekkich. Tą samą mieszaniną wypełniono przestrzeń między tuleją stalową a aluminiową. Na końcu zaprasowano tuleję aluminiową. Autorzy przyznają, że montaż był uciążliwy i pochłaniał dużo pracy.

W czasie montażu linii nie zmontowano żadnych tłumików drgań. Problem drgań przewodów miał być jednak przedmiotem bieżących obserwacji i w wypadku ich wystąpienia należało zastosować odpowiednie środki zapobiegające skutkom drgań. Przewidziano w tym wypadku możliwość zmontowania — stosowanych często w Ameryce — opłotów druczanych o malejącym przekroju sumarycznym w miarę oddalania się od zacisku odciągowego. Szczegółowe badania wykazały, że najsłabsza jest wiązka złożona z 16 drutów o średnicy 13,2 mm i o długości 3,8 m.

Zaciski odciągowe w łańcuchach odciągowych zbudowane były analogicznie do łączników połowych. Jedynie tulejki aluminiowa miała dodatkowe odprowadzenie do połączenia mostowego. Również zaciski nośne wymagały specjalnych studiów, gdyż z jednej strony należało je tak skonstruować, by wytrzymały ciężar 34 t, by wytrzymały naciąg poosiowy przewodu 4,5 t bez wyszlizgiwania się przewodu, by zapewniały odpowiednio duży promień ugięcia przewodu (2,34 m), a z drugiej strony, by nie umożliwiały powstawania niepożądanych obwodów magnetycznych, które wobec olbrzymich prądów płynących przez linię mogłyby powodować niebezpieczne nagrzewanie się przewodu lub samego zacisku. Autorzy [9] podają jedynie, że skonstruowany zacisk nośny spełnił swe zadanie. Długość łódki nośnej wynosiła 267 mm, długość zaś całego zacisku 889 mm.

Ogólne wnioski z powyższych rozważań są następujące: 1) należałoby przeprowadzić dokładniejsze badania mechaniczne i elektryczne stosowanych u nas typów łączników i uchwytów, zwłaszcza przy budowie linii, które przewidziane są do transportu poważniejszych ilości energii lub są narażone na znaczniejsze prądy zwarcia (ob. niżej rozdz. 5); 2) należałoby rozważyć celowość przejścia na łączniki i zaciski odciągowe zaprasowane hydraulicznie, zwłaszcza w naszych liniach 220-kilowoltowych, gdyż łączniki te wchodziły w obecnym okresie ponownie w życie, co jest wywołane ich poważnymi zaletami mechanicznymi i elektrycznymi zwłaszcza w odniesieniu do linii o dużych przekrojach i znacznych prądach.

A. M. Angelini opisuje [13] genezę oraz warunki techniczne budowy pierwszej włoskiej linii 220-kilowoltowej o przewodach wiązkowych. Biegnie ona z grupy elektrowni Nera i Vomano zbudowanych w środkowych Włoszech do Genui. Łączna moc elektrowni wynosi 700 MW, ich zaś zdolność produkcyjna 700 mln kWh. Linia o długości 480 km i wszystkie jej stacje zbudowano w ciągu jednego roku.

W Genui zbudowano nową wielką walcownię, w której zainstalowano wielkie silniki prądu stałego do napędu zespołów walcowniczych. Ich charakter pracy jest tego rodzaju, że wahania obciążenia czynnego dochodzą do 40 MW, mocy zaś biernej do 30 MVar. Te znaczne skoki obciążenia stanowiły poważne trudności dla szybkiej regulacji napięcia. Stąd też powstała myśl zbudowania linii o przewodach wiązkowych, dających — jak wiadomo — znaczne zmniejszenie indukcji



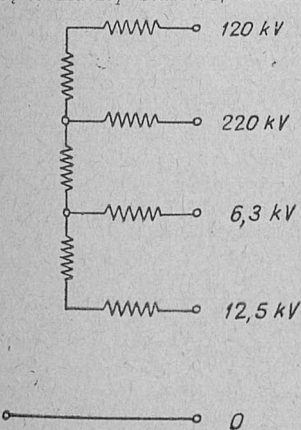
linii przy zachowaniu tego samego sumarycznego przekroju przewodów każdej fazy.

Autor podaje wykres linii normalnej oraz linii z dwu przewodami na fazę o odległości 38 cm; przy pomocy wykresów można łatwo stwierdzić, że zastosowanie przewodów wiązkowych zmniejszyło spadek napięcia przy przesył 200 MW i  $\cos \varphi = 1$  o 40%, a przy  $\cos \varphi = 0,95$  o 29%. Ta poważna redukcja spadku napięcia ma również ogromne znaczenie z punktu widzenia równowagi pracy równoległej, albowiem moc charakterystyczna linii zwykłej wynosiła 124 MW, linii zaś o przewodach wiązkowych 158 MW, a więc wzrosła o 27,4%. Dalszym efektem zastosowania przewodów wiązkowych było zmniejszenie strat energii na ulot, zmniejszenie zaburzeń radiofonicznych i teletechnicznych (co u nas do tej pory nie jest jeszcze poważnie brane w rachubę).

Linia przebiega na odcinku 80 km przez teren, gdzie istnieje niebezpieczeństwo tworzenia się sadzi oraz występują wiatry porywiste. Istniały poważne obawy, że na tym odcinku wystąpią liczne uszkodzenia przewodów, częste zaburzenia oraz gwałtowne zmiany podstawowego parametru linii — indukcyjności. Dlatego też na tym szlaku zgęszczono orczyki gwarantujące właściwy odstęp przewodów. Doświadczenia eksploatacyjne nakazało jednak jeszcze dalej idące zagęszczenie orczyków — szczególnie w środku przęsła oraz w sąsiedztwie masztów; w krańcowych przypadkach dawano je co 30 m, a normalna odległość orczyków wynosiła 80 m.

Rozważano również możliwość przejścia na 3 lub 4 przewody w wiązkę. Jednak przy zastosowanym przekroju aluminium 530 mm<sup>2</sup> na fazę przejście z jednego przewodu na wiązkę złożoną z 2 przewodów dało zmniejszenie indukcji o 22%, przy przejściu na 3 przewody dało dalsze zmniejszenie już tylko o 8,4%, a przy 4 przewodach tylko o dalsze 4%. Uznano, że przejście na 3 lub 4 przewody nie jest celowe. Tu warto podkreślić, że tego samego zdania są inżynierowie francuscy i szwedzcy, natomiast w Związku Radzieckim zastosowano przy rozsyłce mocy wielkich elektrowni wodnych na 800—1000 km wiązkę 3-przewodową. Widać z tego, że w praktycznych rozwiązaniach liczba przewodów w wiązkę wzrasta z długością linii przesyłowej.

Konstrukcja linii również ma kilka ciekawych szczegółów, np. spośród 1168 masztów prawie połowa — jeden odcinek — to maszty stalowe, natomiast na drugim odcinku zastosowano konstrukcję kratową złożoną z elementów żelbetowych.



Rys. 3

masztu stalowego. Warto również podkreślić, że wszystkie maszty żelbetowe miały fundamenty prefabrykowane.

W końcowej stacji transformatorowej, w Genui, ustawiono 2 transformatory 4-uzwojeniowe na napięcia 6,3/12,5/125/220 kV. Ponieważ linia o przewodach wiązkowych ma większą pojemność od linii o jednym przewodzie na fazę, konieczne było zmontowanie w Genui 4 cewek trójfazowych, z których każda ma 15 MVA mocy biernej. Są one przyłączone do cewek 12,5-kilowoltowych wraz z 2 kompensatorami synchronicznymi o mocy po 32 MVA każdy.

Ważnym pytaniem, na które należało dać odpowiedź, było określenie oporności biernej między poszczególnymi uzwojeniami transformatorów 4-uzwojeniowych. Zastosowano tu tak zwany schemat równoważny Uhlmanna, późniejsza zaś eksploatacja potwierdziła wierność tego odwzorowania.

Na rys. 3 przedstawiony jest schemat transformatora 4-uzwojeniowego.

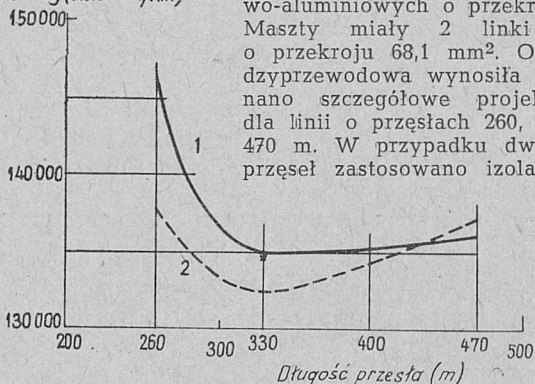
Oporność bierna między uzwojeniem 6,3 a 220 kV musi być mała, aby generatory przyłączone na 6,3 kV mogły silnie od-

działywać na napięcie linii 220-kilowatowej. Oporność bierna między uzwojeniem 6,3 a 12,5 kV musiała być również niewielka, aby działanie regulatorów maszyn synchronicznych przy zmianach napięcia, spowodowanych skokami obciążenia walcowni (12,5 kV), było korzystne. Natomiast oporność bierna między uzwojeniami 220 a 125 kV powinna być znaczna, bo uzwojenie 125-kilowoltowe było przyłączone do sieci okręgowej, która nie powinna była odczuwać wahań napięcia spowodowanych skokami obciążenia walcowni. Późniejsza eksploatacja potwierdziła słuszność odwzorowania Uhlmanna oraz całego rozważania.

Praca inżynierów szwedzkich [3] obejmuje porównanie ekonomiczne między kratowym masztem portalowym a kratowym masztem kształtu Y. Obliczenia dokonano dla linii 380-kilowoltowej, jednak zdaniem autorów ważne ono jest również i dla 220 kV. Problem powstał stąd, że w Szwecji stosuje się powszechnie maszty portalowe, a w Stanach Zjednoczonych, Anglii, Francji i Włoszech raczej maszty kształtu Y. Skutkiem tego w Szwecji powstały wątpliwości co do ekonomiczności masztów portalowych.

Porównanie przeprowadzono dla linii 380-kilowoltowej jednotorowej z przewodami wiązkowymi, przy czym każda wiązka złożona była z 2 przewodów stalowo-aluminiowych o przekroju 593 mm<sup>2</sup>. Maszty miały 2 linki odgromowe o przekroju 68,1 mm<sup>2</sup>. Odległość międzyprzewodowa wynosiła 11 m. Wykonano szczegółowe projekty masztów dla linii o przęsłach 260, 330, 400 oraz 470 m. W przypadku dwu mniejszych przęseł zastosowano izolatory porcelana-

Koszty (kor.szw./km)



Rys. 4

1 — maszty typu Y  
2 — maszty portalowe

nowe o wytrzymałości długotrwałej 4 t, a dla dwu większych przęseł izolatory ze szkła hartowanego o wytrzymałości 5,5 t. Fundamenty masztów były w obu wypadkach drewniane. Długość progów 1,7 do 2 m — zależnie od długości przęsła.

Konstrukcja masztów wykonana była w zasadzie ze stali St37, jednak w całym szeregu elementów bardziej obciążonych zastosowano St52. Ponadto dla przęsła 330-metrowego obliczono dla porównania typ masztu o kształcie Y, jednak wykonanego częściowo z rur o wytrzymałości St52 (przede wszystkim ukośniki).

Wyniki co do wagi otrzymano następujące:

| Długość przęsła (m)          | 260  | 330  | 400  | 470,  |
|------------------------------|------|------|------|-------|
| ciężar stali na 1 km linii   |      |      |      |       |
| dla masztu portalowego (t)   | 23,8 | 24,0 | 26,2 | 28,4, |
| ciężar stali na 1 km linii   |      |      |      |       |
| dla masztu o kształcie Y (t) | 26,2 | 23,2 | 24,2 | 26,2, |
| ciężar stali na 1 km linii   |      |      |      |       |
| dla masztu o kształcie Y     |      |      |      |       |
| jednak z rur (t)             | —    | 20,4 | —    | —     |

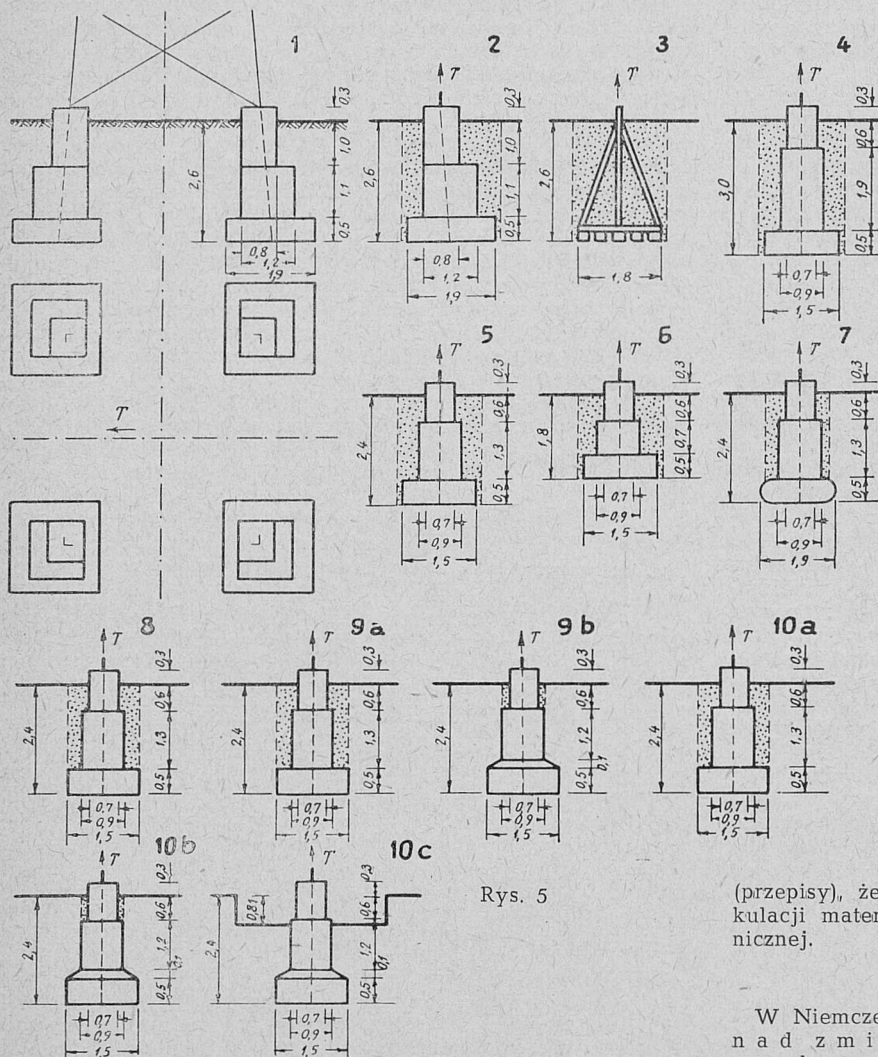
Natomiast wyniki ekonomiczne zestawiono na rys. 4, z którego widać, że najekonomicznieszka długość przęsła wypada około 330 m i to dla masztów zarówno portalowych, jak i o kształcie Y. Uderza ponadto bardzo silny wzrost kosztów linii o masztach portalowych po przekroczeniu ekonomicznej długości przęsła, bo o 3,5% przy przejściu do przęsła 470-metrowego, oraz uderzająco powolny wzrost kosztów linii o masztach Y (o 0,75% przy wzroście przęsła z 330 m do 470 m).

Wniosków powyższych nie możemy przenosić w sposób sztywny do naszych warunków, jednak nie można ich też pomijać. Nasuwają się trzy kwestie, dotyczące naszych projektów liniowych.

1) Czy stosowane u nas długości przęseł nie są zbyt duże, gdyż jak wiadomo, przy 220 kV mamy długość przęseł ponad 400 m, a według danych szwedzkich zużycie stali jest wtedy o ~ 13% większe?

2) Stosowany u nas typ masztu o kształcie Y ma według danych szwedzkich przewagę nad portalowym dopiero przy

pręśiach ponad 440 m. Typ ten wprowadzono u nas na podstawie doświadczeń francuskich, przy czym we Francji jest on stosowany dla pręśi 500—550 m. Doświadczenia francuskie są tu zgodne ze szwedzkimi. A u nas tenże sam typ masztu stosuje się ostatnio dla pręśi daleko krótszych i to zarówno przy 220, jak i przy 110 kV. Wydaje się, że strona gospodarcza



Rys. 5

tego typu masztu wymaga sprawdzenia, przy czym należy go porównać z masztem portalowym.

3) Godne rozważenia jest stosowanie konstrukcji złożonych częściowo z kątówek, a częściowo z rur. Te ostatnie celowe wydaje się stosowanie St52 w elementach znacznie naprężonych obok normalnie stosowanej stali handlowej St37 w pozostałych elementach konstrukcji.

### 3. Technika konstrukcji wsporczych i fundamentów.

Konstrukcjom wsporczym nie poświęcono na sesji 1954 roku osobnego referatu. Jednak w referacie [14], stanowiącym

sprawozdanie z prac komitetu, zajmującego się studiami nad mechaniką linii napowietrznych, oraz w referacie specjalnym poruszono dwa problemy, które zasługują na uwagę:

1) czy nie należy zrezygnować z obliczania masztów i skracanie wywołane pęknięciem jednego przewodu; czy troski związane ze sporadycznym remontem uszkodzonych masztów nie są skompensowane przez uzyskaną w takich liniach oszczędność konstrukcji stalowych oraz kosztów linii;

2) czy nie należy przyjąć, że w masztach można przy większych obciążeniach dopuścić do określonej deformacji pewnych elementów, jeśli może to dać oszczędność w wadze konstrukcji masztowej.

Dyskusja nad powyższymi pytaniami była dość nieuporządkowana. Warto jednak zanotować kilka głosów, które wniosły pewne oryginalne ujęcia problemu. Najcenniejszą była wypowiedź M. Ryle'a (Wielka Bryt.), który twierdził, że nie można tu mówić o żadnym jednolitym rozstrzygnięciu problemu, obowiązującym we wszystkich warunkach ekonomicznych, atmosferycznych i eksploatacyjnych, że sprawa musi być rozstrzygnięta w każdym przypadku indywidualnie. M. Illiović (Francja) stwierdza, że przy rozstrzygnięciu kwestii należy brać pod uwagę również stacje transformatorowe, do których linia jest przyłączona, a w szczególności rodzaj i stan wyłączników. Pozostali uczestnicy w dyskusji — zwłaszcza Włosi i Francuzi — odpowiadali na powyższe pytania twierdząco.

Pewną dyskusję wywołała również sprawa opracowania wzoru doświadczalnego, który pozwalałby określić wagę masztu kratowego. Dotychczasowe wzory Petersena i Rylego są znane za zbyt mało ogólne. Dyskusja była w tym wypadku, jak się zdaje, chybiona, gdyż trudno tu o ogólne wzory: ciężar masztów zależy od tak wielkiej ilości czynników atmosferycznych, konstrukcyjnych, materiałowych, eksploatacyjnych oraz formalnych (przepisy), że dążenie do wzorów ogólnych nosi cechy spekulacji matematycznej, pozbawionej większej wartości technicznej.

W Niemczech podjęto próby, związane z pracami nad zmianą przepisów VDE, dotyczących wykonania fundamentów w liniach napowietrznych [6]. Próby te objęły badanie stateczności masztu przelotowego linii Marbach-Wendlingen (220/380 kV), następnie badanie na wyrwanie z ziemi różnych kształtów fundamentów, umieszczonych w różnych głębokościach w gruntach, wreszcie badanie dwóch masztów linii 110-kV, przy czym jeden z nich miał fundament blokowy, a drugi progowy. Próby prowadzono pod kątem zaoszczędzenia materiałów i kosztów przy budowie fundamentów.

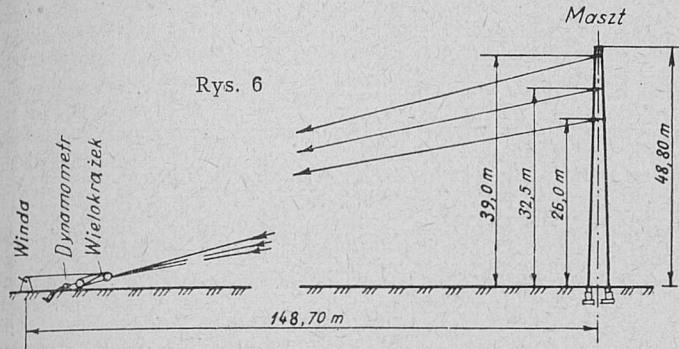
Na wstępie ustalono charakterystyki techniczne gruntu, w którym odbywały się próby fundamentów. Próby od 1 do 10 wykonywano w gruncie złożonym z dość mocnego żwiru

Tablica I

| Numer próby   | Ciężar właściwy | Spółczynnik wypełnienia | Spółczynnik plastyczności | Kąt tarcia wewnętrzny  | Spółczynnik przyczepności |                | Uwagi co do jakości gruntu                              |
|---------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------------------------------|
|               |                 |                         |                           |                        | C <sub>K</sub>            | P <sub>K</sub> |                                                         |
| 1 do 7        | 1,80            | 31,8 %                  | 16,3 — 16 = 0,3           | $\rho = 49^{\circ}30'$ | —                         | —              | 65 % żwiru o średn. 6—60 mm                             |
| 8             | 1,625           | 39,3 %                  | 32,7 — 27,4 = 5,3         | $\rho = 36^{\circ}$    | 0,232                     | 0,313          | 30 % piasku o średn. 2—0,06 mm                          |
| 9a, 9b        | do 0,6 m        | 1,95                    | 57,9 — 24,7 = 33,2        | $\rho = 27^{\circ}$    | 0,542                     | 1,04           | 75 % gliny o średn. 0,06—0,02 mm                        |
|               | poniżej 0,6 m   | 2,00                    | —                         | $\rho = 17^{\circ}$    | 0,416                     | 1,32           | 15 % marglu o średn. 2—6 mm<br>70 % „ „ „ 2—0,06 mm     |
| 10a, 10b, 10c | 2,14            | —                       | —                         | $\rho = 47^{\circ}$    | 0,405                     | 0,37           | 10 % piasku o średn. 2—0,6 mm<br>85 % „ „ „ 0,6—0,06 mm |

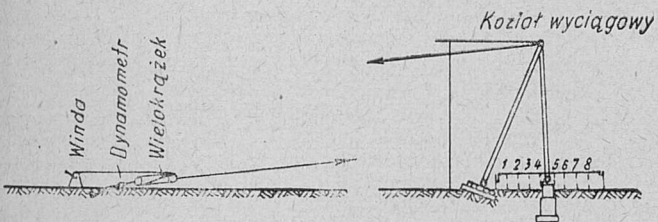


oraz mieszaniny piasku i gliny, próbę 8 — w piaszczystej glinie, próby 9a i 9b — w brunatnej glinie z niewielką domieszką kruchego i twardego marglu, wreszcie próbę 10a w piasku gliniastym, a poczynając od głębokości 1 m pod powierzchnią — w miękkim piasku. Tabl. I podaje dane techniczne wyżej wymienionych gruntów.



Rys. 6

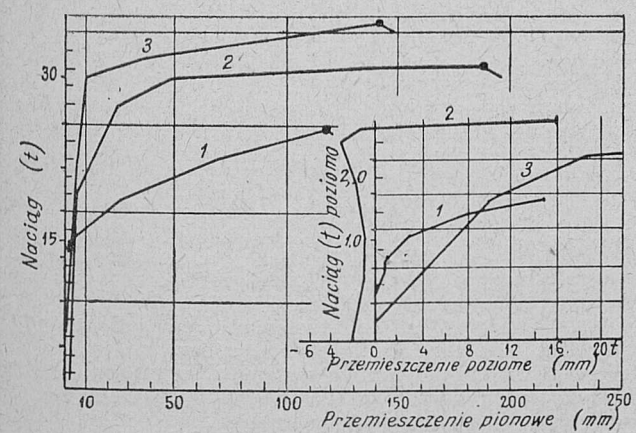
Na rys. 5 podano szkice wymiarowe 13 typów fundamentów, które były przedmiotem wspomnianych 10 prób. Próbę 1 wykonano przy pomocy urządzenia podanego na rys. 6, próby zaś 2—10 przy użyciu układu podanego na rys. 7. W czasie prób notowano naciągi oraz przemieszczenie pionowe i poziome fundamentu, a także wszystkie występujące zjawiska np. pęknięcia gruntu. Wyniki zestawiono w formie



Rys. 7

krzywych podających zależność przemieszczenia fundamentu w funkcji siły poosiowej fundamentu. Krzywe te posłużyły z kolei do obliczenia i wykreślenia krzywych, przedstawiających zależność współczynnika ścinania, wynikającego z hipotezy, że dolny próg fundamentu wywołuje ścinanie gruntu przy pionowym przemieszczeniu fundamentu; występuje przy tym i tarcie. Krzywe współczynnika ścinania przesunięto w referacie, ponieważ one mają ten sam przebieg, co krzywe przemieszczenia fundamentu.

Na rys. 8, 9 i 10 podano krzywe siły poosiowej w funkcji przemieszczenia uzyskane w próbach 1—10. Mają one odcinek prostoliniowy, odpowiadający temu zakresowi sił we-

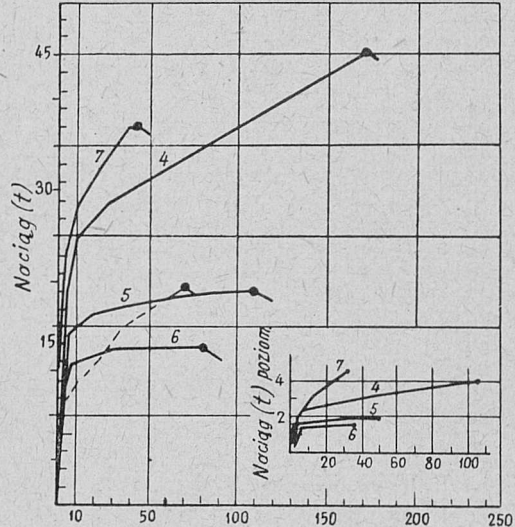


Rys. 8

wewnętrznych, które wywołują jedynie wewnętrzne zginięcie ziemi otaczającej fundament. Gdy w gruncie położonym ponad dolnym progiem fundamentu pojawia się przesunięcia ziemi, zaczyna się szybki przyrost przemieszczenia fundamentu przy dalszym wzroście sił zewnętrznych. Uzewnętrznia się to pęknięciami gruntu na powierzchni. W pewnym momencie wykres się kończy; opór ziemi już się skończył, si-

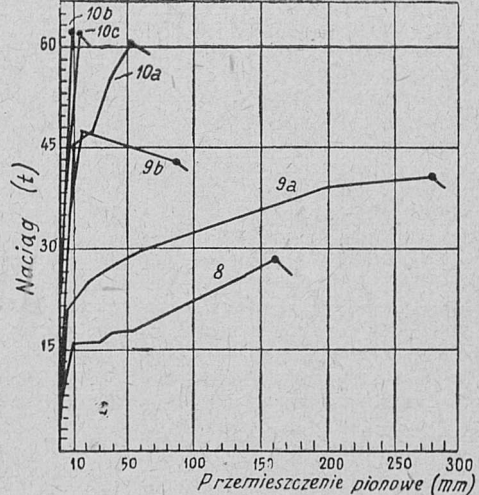
łom zaś zewnętrznym przeciwstawia się obecnie jedynie ciężar fundamentu oraz przychepionej doń ziemi.

Porównując między sobą wykresy z rys. 8, 9 i 10, możemy łatwo ustalić zależność stateczności fundamentu od jego głębokości, od rodzaju gruntu oraz od sposobu wykonania fundamentu. Widać z nich ponadto, że odpór gruntu zależy



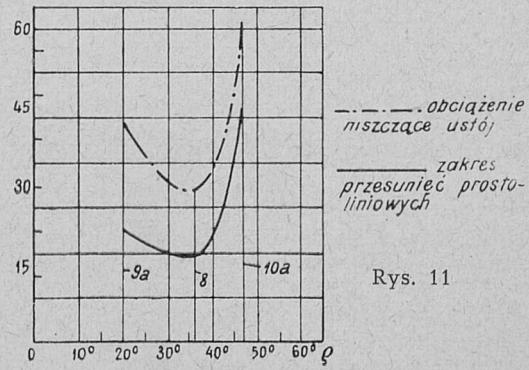
Rys. 9

głównie od tarcia ziemi i jej przychepności; ta ostatnia przeciwstawia się wszelkim zmianom spistości ziemi. Matematyczne obliczenie tych zależności jest do tej pory problema-



Rys. 10

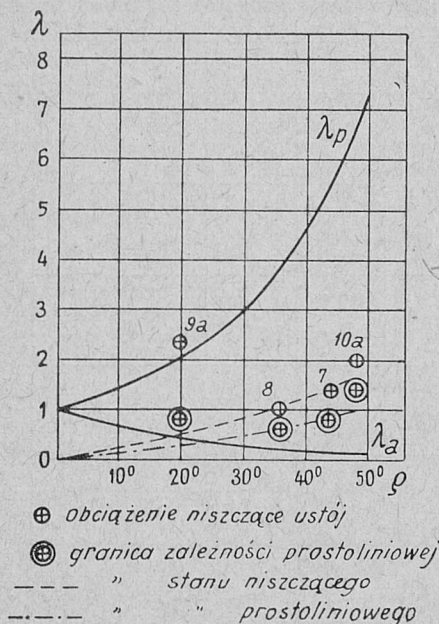
tyczne. Kąt tarcia wewnętrznej ziemi, jak jej ciężar właściwy, jej przychepność, plastyczność itd., to wielkości, które charakteryzują niewątpliwie stateczność fundamentu. Dlatego też na rys. 11 podane zostały siły poosiowe fundamen-



Rys. 11

tów, odpowiadające granicy odcinka prostoliniowego krzywej „siła zewnętrzna — przemieszczenie fundamentu” uzyskane z prób 8, 9a oraz 10 (rys. 5); zostały one podane w funkcji kąta tarcia wewnętrznej gruntu. Na tym samym

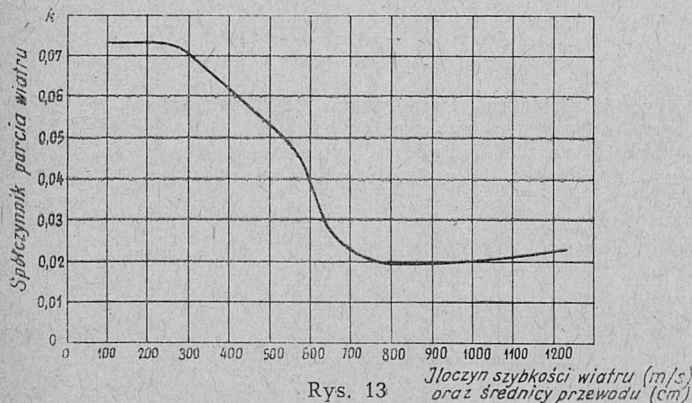
rys. 11 podano również maksymalną (niszczącą ustój) wartość sił zewnętrznych. Wykres ten pozwala wyciągnąć ważny wniosek: wzrost siły zewnętrznej od granicy odcinka prostoliniowego do jej wartości niszczącej ustój nie jest żadną określoną funkcją kąta tarcia wewnętrznego. Dlatego też



Rys. 12

kryteria stateczności ustoju mogą być odnoszone jedynie do górnej granicy odcinka prostoliniowego.

Do tej pory nie znamy jeszcze żadnej metody obliczania, która uwzględniałaby wpływ odkształceń gruntu na obliczanie ustoju fundamentów. Z tego powodu nie możemy dostatecznie dokładnie porównywać różnych konstrukcji ustojów. Żeby jednak dokonać porównania wyników osiągniętych w czasie prób z wynikiem obliczeń, posłużono się klasyczną metodą obliczeniową. Odpór ziemi dzieli się tam na odpór bierny oraz odpór czynny. Współczynniki oporu czynnego  $\lambda_a$  i biernego  $\lambda_p$  podane są na rys. 12. Przebieg  $\lambda_p$  wydaje się słuszny, bo ze wzrostem kąta tarcia wzrasta wytrzymałość na ścinanie, która decyduje o wielkości  $\lambda_p$ . Jednak odpór bierny obliczony przy pomocy  $\lambda_p$  wypada tak duży, że wielkość ta może być uważana jedynie za jego wartość górną, którą należy redukować odpowiednimi współczynnikami zmniejszającymi. Posługując się tą metodą klasyczną obliczono na drodze teoretycznej czynny i bierny odpór gruntu, a następnie



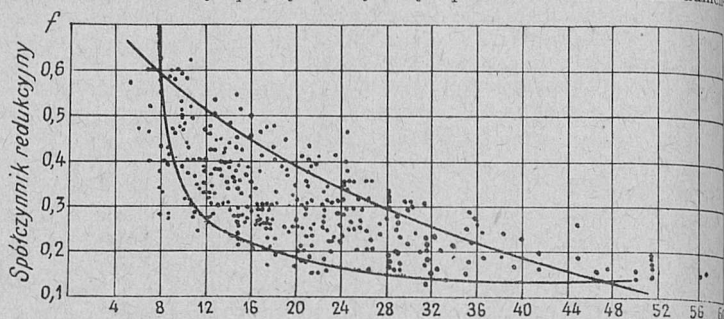
Rys. 13

obliczono współczynniki redukcyjne, przyrównując wyniki teoretyczne do wyników otrzymanych na drodze doświadczalnej.

Widzimy zatem, że autorzy nie wyciągnęli jeszcze wszystkich wniosków z otrzymanych przez siebie wyników. Wyniki te mają być jedynie podstawą eksperymentalną do szerokiego teoretycznych rozważań nad opracowaniem metody obliczeniowej, służącej do oszczędnego projektowania fundamentów masztowych. Tak też traktują swe wyniki sami autorzy referatu. Jednak już w tej chwili można z pracy ich wyciągnąć jeden zasadniczy wniosek: dla oszczędnego projektowania

fundamentów masztowych konieczna jest dokładna znajomość właściwości gruntu wzdłuż trasy linii.

Na rys. 12 podano również wielkości  $\lambda_a$  otrzymane z prób 7, 8, 9a oraz 10a; odpowiadają one granicy prostoliniowej zależności między siłą zewnętrzną a przemieszczaniem fundame-



Rys. 14

tu (na rys. 12 wielkości te oznaczono pojedynczym kółkiem). Ponadto podano tam dla tych samych prób wielkości  $\lambda_p$  (podwójne kółka) odpowiadające obciążeniu niszczącemu ustój.

Praca [8] podaje krytyczną ocenę dotychczasowych metod obliczania fundamentów. Na podstawie znacznej liczby pomiarów doświadczalnych, dokonanych na prostych fundamentach graniastosłupowych, wyprowadzono drogą rozważań teoretycznych bardzo prosty i łatwy w użyciu wzór do obliczania momentu oporu gruntu fundamentów graniastosłupowych:

$$M = N \frac{b}{2} \left( 1 - \frac{2}{3} \xi_0 \right) + \sigma \frac{bt^3}{36},$$

gdzie  $M$  — moment, który dają siły oporu gruntu,

$N$  — obciążenie pionowe fundamentu (przewody, izolacja, maszt, itp.) wraz z ciężarem samego fundamentu,

$b$  — szerokość fundamentu (bok kwadratu) w metrach,

$t$  — głębokość fundamentu (m),

$\xi_0$  oraz  $\sigma_0$  — współczynniki charakteryzujące rodzaj gruntu i jego własności.

Jeśli do powyższego wzoru wprowadzimy odpowiednie wielkości wymienionych wyżej współczynników, to otrzymamy następującą grupę wzorów, którą stosujemy w zależności od rodzaju gruntu; wzory te podają moment oporu gruntu w tonometrach, jeśli  $b$  i  $t$  są wyrażone w metrach, a  $N$  w tonach:

- 1) dla gruntu błotnistego, zawierającego wodę —  $M = 0,2 \cdot N \cdot b + 0,5 \cdot b \cdot t^3$ ,
- 2) dla gruntu lekkiego, luźnego lub lekkiego piasku —  $M = 0,25 \cdot N \cdot b + 0,7 \cdot b \cdot t^3$ ,
- 3) dla przeciętnego gruntu lub starego nasypu —  $M = 0,325 \cdot N \cdot b + 1,1 \cdot b \cdot t^3$ ,
- 4) dla gruntu gliniastego —  $M = 0,25 \cdot N \cdot b + 1,8 \cdot b \cdot t^3$ ,
- 5) dla gruntu twardego lub mocnego żwiru —  $M = 0,425 \cdot N \cdot b + 2,2 \cdot b \cdot t^3$ ,
- 6) dla gruntu bardzo mocnego (żwirowego lub gliniastego) —  $M = 0,425 \cdot b \cdot t + 3,3 \cdot b \cdot t^3$ .

Wzory powyższe wprowadzono do projektu nowych przepisów włoskich, jednak zastąpiono je jednolitymi współczynnikami, niezależnymi od rodzaju gruntu, co wydaje się niesłuszne, jeśli uwzględnić idee przewodnie wyżej omówionego referatu [6]. Z drugiej strony sam autor referatu [8] stwierdza, że zaproponowane przez niego współczynniki liczbowe wymagają jeszcze gruntownego sprawdzenia.

Dwa ostatnie omówione referaty stają dopiero wtedy we właściwym świetle, jeśli rozpatrzmy je łącznie z nadzwyczaj rozległymi badaniami belgijskimi nad oszczędnościowym projektowaniem fundamentów, przeprowadzonymi w latach 1949/50, oraz z zapowiedzianymi przez Anglików w czasie dyskusji na tegorocznej sesji MKWSE rewelacyjnymi wynikami, oczekiwanymi na ten temat w Anglii. Widzimy więc,



że prawie wszystkie kraje na zachodzie widzą w fundamentach ważny czynnik obniżenia kosztów budowy linii. Jeśli zważymy, że koszty te i u nas wynoszą około 30% kosztów budowy linii, to nasuwają się następujące wnioski: należy zorganizować czym prędzej szerokie badanie nad oszczędnościowymi metodami projektowania fundamentów linii napowietrznych, wykorzystując przy tym wyżej wymienione doświadczenia. Badaniom tym powinien patronować Instytut Energetyki (jako najbardziej zainteresowana jednostka naukowa), choć wykonawstwo prac badawczych może być powierzone budowlanym placówkom naukowym.

4. Eksploatacja oraz obliczanie przewodów pojedynczych i wiązkowych.

Ostatnie badania szwedzkie nad działaniem wiatru na przewody napowietrzne podaje praca [3]. Okazało się, że działanie to zależy w poważnym stopniu od prędkości wiatru. Aby tę sprawę wyjaśnić, konieczne okazało się sięgnięcie do klasycznej teorii, która podaje następujący znany wzór:

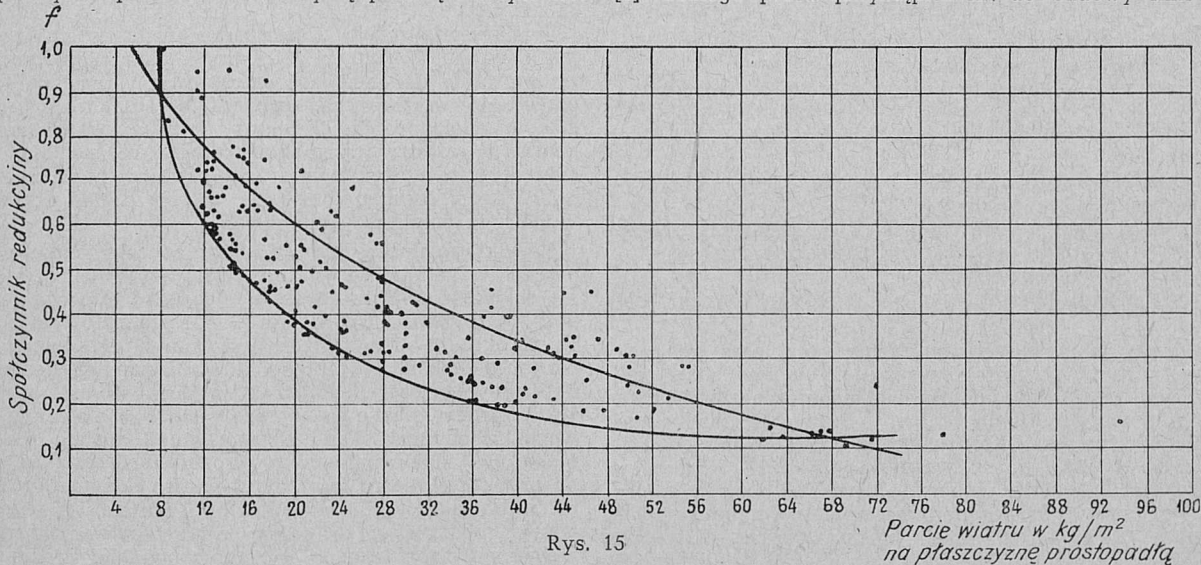
$$p_v = C \cdot \rho \frac{v^2}{2}$$

gdzie  $p_v$  — parcie wiatru ( $\text{kg/m}^2$ ),  
 $v$  — szybkość wiatru (m/s),  
 $\rho$  — stała gęstość powietrza wynosząca 0,125 przy 760 mm Hg oraz + 15°C,  
 $C$  — współczynnik zależny od rodzaju powierzchni przewodnika.

Gdyby w przybliżeniu przyjąć gęstość powietrza za wielkość stałą, to wzór powyższy sprowadza się do prostszego

$$p_v = K \cdot v^2,$$

gdzie  $K = C \cdot \frac{\rho}{2}$  i nazywa się współczynnikiem wiatru. Dla powierzchni cylindrycznych współczynnik ten jest funkcją liczby Reynoldsa  $\frac{v \cdot d}{n}$  gdzie  $v$  jest prędkością wiatru,  $d$  średnicą cylindra, a  $n$  lepkością kinetyczną powietrza. Wzór dla cylindra nieskończenie długiego (w stosunku do jego średnicy) daje po pewnych uproszczeniach krzywą podaną na rys. 13.



Rys. 15

Na osi rzędnych mamy tu wartość współczynnika  $K$ , na osi zaś odciętych iloczyn szybkości wiatru (m/s) oraz średnicy cylindra (cm).

Przy odciętej wynoszącej około 270 następuje gwałtowne załamanie się krzywej. Tłumaczymy to powstawaniem wirów powietrznych za przewodem przy wiatrach o niewielkiej szybkości. Jeśli przyjąć, że szybkość wiatru wynosi 28 m/s, to wielkość  $K = 0,073$  pozostaje w mocy dla średnic przewodów aż do 10 cm, a zatem tylko pierwszy odcinek krzywej podanej na rys. 13 wchodzi w grę przy rozważaniu przewodów.

Jeśli wziąć pod uwagę, że współczynnik dla płaszczyzny prostopadłej do wiatru wynosi  $K_{pl} = 0,125$ , to ostatecznie można ustalić, że współczynnik kształtu dla cylindra, wyrażający się, jak wiemy, zależnością

$$p_{cyl} = f \cdot p_{pl},$$

wyniesie

$$f = \frac{K_{cyl}}{K_{pl}} = \frac{0,073}{0,125} \cong 0,6.$$

Jednak badania szwedzkie wykazały, że współczynnik  $f$  jest w dużym stopniu zależny od szybkości wiatru. Na rys. 14 i 15 podano wyniki doświadczeń przeprowadzonych w celu wyjaśnienia tej zależności; rys. 14 dotyczy pomiarów wewnątrz kraju, rys. 15 — pomiarów na wybrzeżu morza. W pierwszym przypadku krzywe, które można byłoby przeprowadzić ponad grupą punktów pomiarowych i pod nimi, zaczynają się przy  $f_1 = 0,6$  dla parcia wiatru 8  $\text{kg/m}^2$ , kończą się zaś na  $f_2 = 0,16$  przy parciu wiatru 48  $\text{kg/m}^2$ . Natomiast na wybrzeżu punkt początkowy krzywych ograniczających znajdzie się przy  $f_1 = 0,9$  oraz 8  $\text{kg/m}^2$ , końcowy zaś przy  $f_2 = 0,14$  oraz przy parciu wiatru 68  $\text{kg/m}^2$ .

Jako oś odciętych na rys. 14 i 15 uznano nie szybkość wiatru, lecz parcie wiatru na 1  $\text{m}^2$  powierzchni płaskiej prostopadłej do kierunku wiatru. Rzecz w tym, że trudno jest uzyskać jakieś zbliżone wyniki, choć są one otrzymane przy jednakowych szybkościach wiatru. O rozbieżnych wynikach decyduje wtedy różna temperatura, wilgotność oraz inne czynniki meteorologiczne (np. źródło wiatru, jego kierunek względem stron świata).

Potwierdzeniem powyższego wniosku jest osiągnięcie różnych wyników wewnątrz kraju oraz na wybrzeżu. Nie można więc wyników szwedzkich przenosić na teren Polski w liczbach identycznych, ale należałoby określić ten współczynnik na podstawie własnych badań. Wszak sprawa, o którą tu chodzi, jest bardzo poważna: do dziś liczymy przy pomocy współczynnika  $f = 0,5$  i przy parciu wiatru 100  $\text{kg/m}^2$ , a badania szwedzkie wykazały, że już przy parciu rzędu 50—70  $\text{kg/m}^2$  można mówić o współczynniku  $f = 0,15$ .

W Norwegii w szeregu okręgów występowały na przewodach i konstrukcjach wsporczych osady śnieżno-lodowe daleko większe od wymaganych przez przepisy [5]. Dlatego przed przystąpieniem do budowy linii łączącej

wschodnie i zachodnie części kraju, a przebiegającej przez pasmo górskie o wysokości około 1000 m, postanowiono zbadać dokładnie rozmiary sadzi na trasie linii.

Ogólnie biorąc można wydzielić trzy najważniejsze rodzaje osadów na przewodach i konstrukcjach wsporczych:

1) osad lodowy powstający przy uderzaniu przechłodzonych kropli deszczu na powierzchnię przewodu: odpowiadający stan pogody jest w zasadzie krótkotrwały, lecz z powodu większego ciężaru właściwego, wynoszącego około 0,9, należy uznać, że jest to dosyć niebezpieczny rodzaj sadzi; powierzchnia lodu jest gładka i przezroczysta; sadz tworzy się zarówno przy wietrze, jak i w stanie bezwietrznym;

2) osady lodowe powstające wtedy, kiedy chmury zawierające zawiesinę w postaci kropelek wodnych przepływają w górach przez linię; osad jest koloru białego, jego gęstość bywa różna; najkorzystniejsze warunki tworzenia się takiego

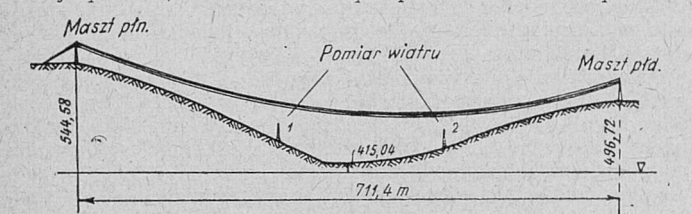
osadu występują przy wietrze oraz przy temperaturze od 0 do  $-5^{\circ}\text{C}$ ;

3) osad lodowy w czasie opadów śnieżnych lub śnieżno-deszczowych przy temperaturze około  $0^{\circ}\text{C}$ ; osad jest z wyglądu podobny do śniegu, a jego gęstość bywa różnorodna.

Stopień zagrożenia linii przez sadyż zależy od warunków geograficznych i atmosferycznych. Np. osady opisane w punkcie 2) są w miarę podnoszenia się terenu coraz bardziej prawdopodobne. Ponadto stwierdzono, że kropelka o promieniu  $r$  może przyczepić się na przewodzie cylindrycznym o promieniu  $R$  wtedy, kiedy szybkość wiatru  $v$  osiągnie wartość, przy

której  $\frac{v \cdot r}{R} > C$ , gdzie  $C$  jest wielkością stałą odpowiadającą początkowym warunkom, przy których może powstać sadyż. Do wniosku tego prowadzą badania przy stałym wietrze i jednostajnym deszczu (czyli stałych  $v$  oraz  $r$ ); wtedy

iloraz  $\frac{v \cdot r}{R}$  maleje w miarę stosowania coraz większych przekrojów; gdy  $R$  wzrośnie do tego stopnia, że iloraz będzie mniejszy od  $C$ , to sadyż na danym przewodzie w danych warunkach atmosferycznych wcale nie wystąpi. W warunkach linii projektowanej w Norwegii spodziewano się, że górną granicą szybkości wiatru, przy której można się spodziewać sadyżu, będzie 30 m/s.



Rys. 16

W wyniku powyższego doświadczenia można sformułować następujące pytania, na które należy odpowiedzieć przed opracowaniem założeń projektowych ważnych linii przesyłowych:

1) jaki jest stopień skłonności do tworzenia sadyżu w rejonie, przez który ma przechodzić dana linia?

2) jaki jest wpływ tej skłonności na średnicę zewnętrzną sadyżu?

3) jaka jest gęstość właściwa sadyżu, którą należy w tej okolicy przewidzieć?

4) jaka jest maksymalna szybkość wiatru, która może wystąpić przy równoczesnej sadyżu?

5) w jakim stopniu siła parcia wiatru na przewody zależy od średnicy sadyżu oraz szybkości wiatru? zależnie od charakteru sadyżu siła ta będzie różna;

6) jaki wpływ ma ukształtowanie terenu na tworzenie się sadyżu?

Dla zbadania skłonności do tworzenia sadyżu oraz jej cech charakterystycznych i zjawisk występujących przy sadyżu zorganizowano na trasie linii początkowo jeden, a następnie dwa punkty obserwacyjno-doświadczalne. Były tam zbudowane przeszła doświadczalne o pojedynczych przewodach stalowo-aluminiowych o przekroju całkowitym  $455 \text{ mm}^2$  i średnicy 27,7 mm. Długość przeszła wynosiła 73 m. W miejscu zamocowania przewodu zmontowano dynamometr do odczytywania wartości chwilowych oraz maksymalnych dołowych (wskaźówka maksymalna) naciągu przewodu. W drugim miejscu zamocowania przewodu zmontowano 2 dynamometry, po jednym z każdej strony przewodu: służyły one do pomiaru parcia wiatru na przewody. Stała obsługa stacji odczytywała równocześnie wszystkie dynamometry oraz szybkość i kie-

runek wiatru (na przenośnym anemometrze), a ponadto dokonywała pomiarów grubości i rodzaju sadyżu oraz sporządzała jej opis zewnętrzny.

Wyniki osiągnięte w Norwegii są dla nas mniej interesujące niż same motywy, które ich do tych pomiarów skłoniły. Niemniej jednak warto nadmienić, że skłonność do tworzenia sadyżu (szybkość tworzenia sadyżu) osiągnęła  $400 \text{ g/m} \cdot \text{h}$ , bardzo często wynosiła  $200 \text{ g/m} \cdot \text{h}$ . Ciężar właściwy sadyżu wahniał się wokół  $0,5$ , jej średnica zaś wynosiła często  $22 \text{ cm}$  (przy ciężarze  $15,7 \text{ kg/m}$ ); w jednym przypadku średnica osiągnęła  $32 \text{ cm}$  (przy ciężarze  $15,7 \text{ kg/m}$ ); zdarzyło się to przy temperaturze  $0^{\circ}\text{C}$ .

Wniosek: wydaje się, że w naszych warunkach byłoby cenne — przy projektowaniu ważnych linii przesyłowych — dokonywać analogicznych badań wstępnych w pewnych punktach, uznanych za najmniej niebezpieczne. Organizacyjnie należałoby badania te oprzeć na rozrządach po całym kraju — w sterunkach monterskich czy rejonach sieciowych. Badania takie pozwoliłyby nam w sposób pewny określić warunki obciążeniowe linii oraz jej niebezpieczne odcinki, a w zdecydowanej ilości przypadków umożliwiłyby nam zastosowanie łagodniejszych warunków obciążeniowych niż sadyż wymagana przez nasze przepisy.

Zagadnienie badań teoretycznych i praktycznych nad zachowaniem się przewodów w zwykłych i wiązkowych pod działaniem wiatru i sadyżu było przedmiotem doświadczeń na linii zbudowanej w Schwarzwaldzie. Jest to właściwie jedno przesło o długości 711 m rozpięte nad doliną (rys. 16). Między masztami odciągowymi zmontowano jeden przewód pojedynczy oraz 2 przewody wiązkowe (podwójne); jedna z wiązek miała układ poziomy, druga pionowy. Przewód był typu Hillera nr 120 (stal-aluminiowy  $1:4$ ,  $210/50 \text{ mm}^2$ ). Łańcuchy odciągowe, złożone z elementów VK75, były przy przewodzie pojedynczym podwójne, przy przewodach wiązkowych potrójne. Sprzęt normalny w wykonaniu firmy Hofmann. Odstęp między przewodami każdej wiązki był zapewniony przy pomocy orczyków o długości 35 cm.

Pomiary wiatru były rejestrowane zarówno co do szybkości, jak i co do kierunku. Detektory elektromagnetyczne drgań zmontowano na zaciskach odciągowych oraz na orczykach przewodów wiązkowych, a ponadto w odległości 60 cm od zacisków odciągowych. Detektory przekazywały swe drgania aparatom rejestrującym, skonstruowanym specjalnie do tego celu. Był to mostek pomiarowy zasilany przy częstotliwości 5 kHz, która była modulowana w takt drgań przewodu oraz w zakresie amplitudy tych drgań.

Wyniki pomiarów były dosyć nieoczekiwane. Stwierdzono przede wszystkim, że wiatr wywołujący najsilniejsze drgania ma szybkość  $4-8 \text{ m/s}$  i że występuje dosyć rzadko. Średnio wiatr o szybkości około  $1 \text{ m/s}$  wiał przez 200 godzin w miesiącu, około  $2-3 \text{ m/s}$  przez 50 godzin w miesiącu, a  $4-5 \text{ m/s}$  około 20 godzin. Wyniki pomiarów drgań przeliczono na dodatkowe przyrosty naciągu przewodów. Wyniki te wykazują, że przewody wiązkowe naprężają się o wiele mniej niż przewody pojedyncze. Tabl. II zestawiona została dla wartości średnich i maksymalnych przyrostu obciążenia w zależności od szybkości wiatru, oraz dla 2 miejsc pomiarowych — w zacisku odciągowym i na odległości 60 cm od tego zacisku. Należy podkreślić, że każdy z przewodów wykonał kilkanaście milionów drgań. W tablicy podano średnią wartość przyrostu naciągu przewodu oraz wartości maksymalne tego przyrostu. Te ostatnie występowały niezmiennie rzadko.

Wnioski z powyższych pomiarów są następujące:

1) Średni przyrost naprężenia jest w przewodzie pojedynczym

Tablica III. Przyrost obciążenia ( $\text{kg/mm}^2$ ) w zależności od szybkości wiatru

| Szybkość wiatru (m/s) | W zacisku odciągowym przewód |          |                  |          |                  |          | W odległości 60 cm od zacisku przewód |          |                  |          |                  |          |
|-----------------------|------------------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|---------------------------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
|                       | pojedynczy                   |          | wiązkowy pionowy |          | wiązkowy poziomy |          | pojedynczy                            |          | wiązkowy pionowy |          | wiązkowy poziomy |          |
|                       | średnio                      | maksimum | średnio          | maksimum | średnio          | maksimum | średnio                               | maksimum | średnio          | maksimum | średnio          | maksimum |
| 3                     | 0,13                         | 0,37     | 0,02             | 0,3      | 0,02             | 0,25     | 0,25                                  | 0,9      | 0,005            | 0,35     | 0,005            | 0,35     |
| 4                     | 0,14                         | 0,37     | 0,05             | 0,4      | 0,07             | 0,35     | 0,08                                  | 0,6      | 0,025            | 0,13     | 0,015            | 0,16     |
| 5                     | 0,13                         | 0,35     | 0,02             | 0,25     | 0,03             | 0,35     | 0,11                                  | 0,6      | 0,035            | 0,2      | 0,03             | 0,15     |
| 6                     | 0,16                         | 0,40     | 0,08             | 0,25     | 0,06             | 0,25     | 0,06                                  | 0,15     | 0,02             | 0,1      | 0,005            | 0,08     |



Tablica III

|                                  | Miedź                 | Aluminium            | Aldrej                |
|----------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Granica sprężystości $\sigma_r$  | 22 kg/mm <sup>2</sup> | 9 kg/mm <sup>2</sup> | 17 kg/mm <sup>2</sup> |
| Granica plastyczności $\sigma_e$ | 38 „                  | 15 „                 | 28 „                  |

czyż kilkakrotnie większy (3 do 5 razy) niż w przewodach wiązkowych.

2) Maksymalne wartości przyrostów naprężeń są w zacisku odciągowym mniej więcej jednakowe w przewodach wiązkowych i pojedynczych i wynoszą ok.  $0,4 \text{ kg/mm}^2$ ; wartość ta jest przy tym prawie niezależna od szybkości wiatru.

3) Maksymalne wartości przyrostów naprężeń w odległości 60 cm od zacisku wykazują dla przewodu pojedynczego spadek z 0,9 do 0,15 kg/mm<sup>2</sup> przy wzroście szybkości wiatru z 3 do 6 m/s; natomiast dla przewodów wiązkowych przyrost ten waha się w granicach 0,01 — 0,035 kg/mm<sup>2</sup>, przy czym wartość maksymalną osiąga przy szybkości wiatru 5 m/s.

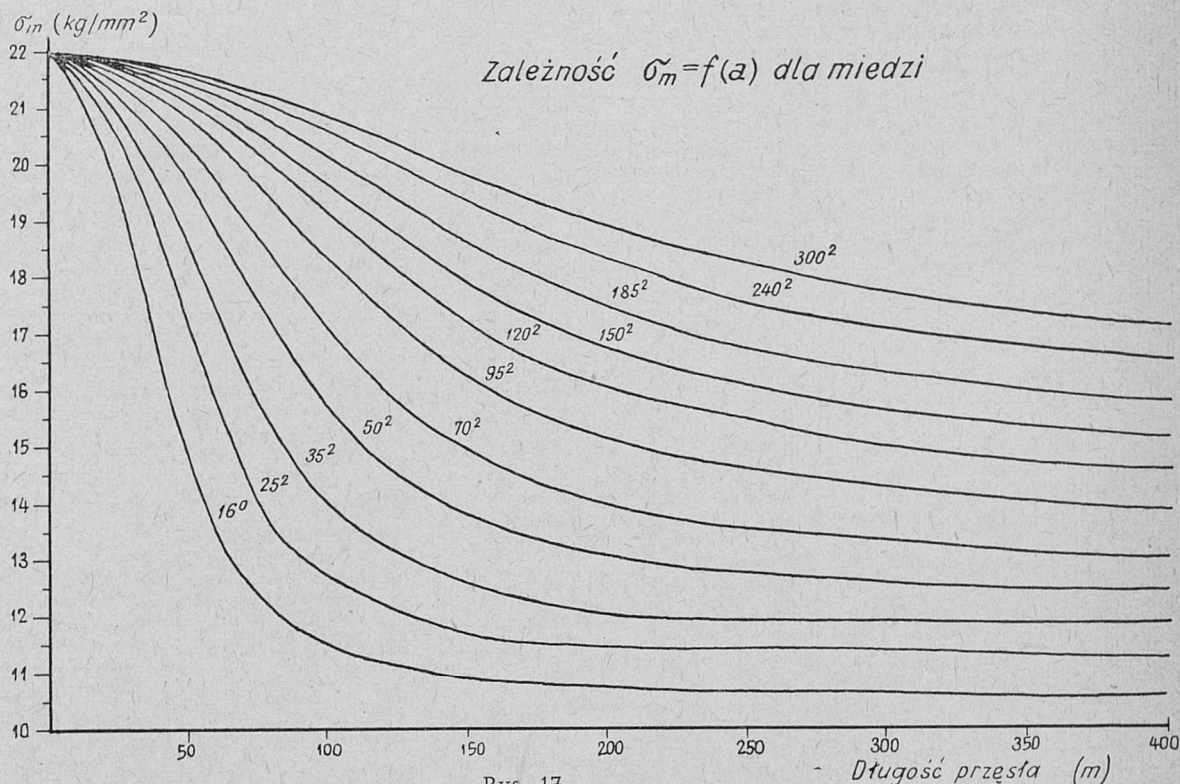
4) Ponieważ średnie wartości przyrostów naprężenia są dla przewodów wiązkowych kilkakrotnie mniejsze, maksymalne zaś przyrosty przy pomiarach dokonywanych w samym zacisku są wprawdzie równe dla wszystkich rodzajów przewodów, ale o połowę mniejsze od maksymalnych przyrostów w pojedynczym przewodzie w odległości 60 cm od zacisku, przeto można stąd wyciągnąć wniosek, że zagrożenie drganiowe przewodów wiązkowych jest dużo mniejsze niż pojedynczych. Dlatego też autorzy proponują przyjmować dla przewodów stalowoalumiiniowych pojedynczych 9 kg/mm<sup>2</sup>, dla wiązkowych zaś 11 kg/mm<sup>2</sup>.

5) Nie ma istotnej różnicy między zachowaniem się przewodu wiązkowego, złożonego z dwu przewodów rozmieszczonych poziomo, a dwu przewodami rozmieszczonymi pionowo.

Ponadto przeprowadzono badania nad zachowaniem się przewodów wiązkowych przy gwałtownym odpadaniu sadzi. Co kilkanaście metrów zawieszono na przewodzie ciężar, który odpowiadał normalnej sady VDE dla danego odcinka przewodu. Następnie przy pomocy materiałów wybuchowych przepalono sznury, na których zawieszono były ciężary, i w ten sposób odciążano przewody. Okazało się, że podskoki obu przewodów w wiązce były jednakowe, a przez to układ wzajemny obu przewodów nie ulegał wypaczeniu.

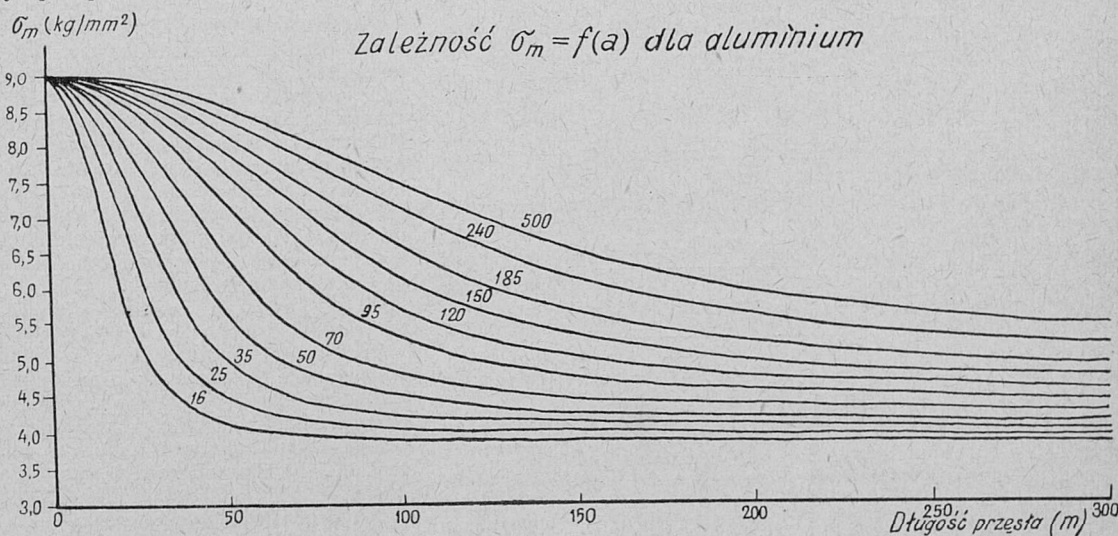
Autorzy wyciągają ze swoich badań jeden generalny wniosek: przewody wiązkowe złożone z dwu przewodów zachowują się pod względem mechanicznym lepiej niż przewody pojedyncze; musi być jednak spełniony przy tym jeden warunek: orczyki gwarantujące odstęp przewodów muszą obejmować oba przewody przy pomocy zacisków wahlowych, podobnych do zacisków nośnych stosowanych w łańcuchach wiszących.

Stare i znane jest następujące zagadnienie: przewodnik obliczony w ten sposób, że w sta-



Rys. 17

nie wyjściowym jest naprężony zgod-  
nie z przepisami, będzie miał — w wy-  
padku występowania różnej sady

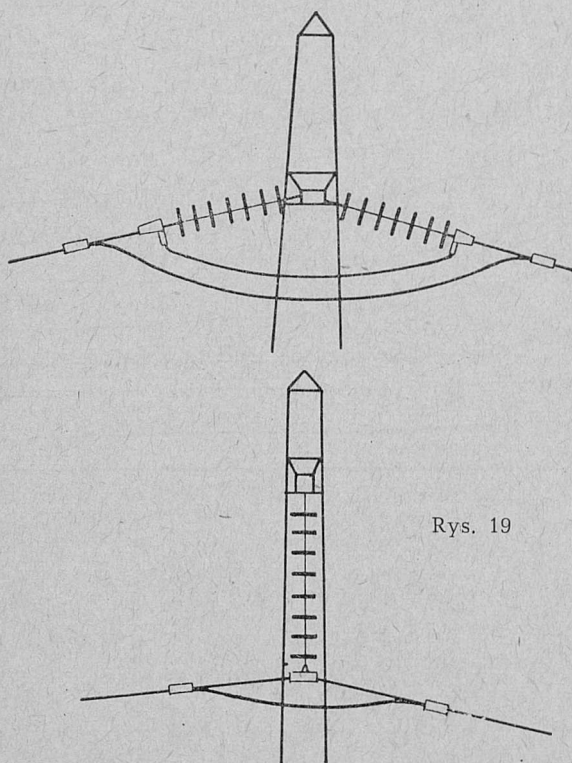


Rys. 18

w różnych okolicach kraju — różny stopień bezpieczeństwa w odniesieniu do granicy sprężystości materiału przewodowego. Praca poświęcona temu zagadnieniu [11] zasługuje na uwagę ze względu na pewne nowe

momenty w ujmowaniu go, a zwłaszcza ze względu na pracowicie przygotowane wykresy.

Przez granicę sprężystości rozumiemy takie naprężenie (w  $\text{kg/mm}^2$ ) danego przewodu, po którym pozostaje odkształcenie trwałe przewodu nie przekraczające 0,01%. Analogicznie zdefiniowano granicę plastyczności: jest to naprężenie pozostawiające odkształcenie nie większe niż 0,02%. Warto podkreślić, że przyrost długości przewodu o 0,01 % mieści się całkowicie w granicach błędów montażowych przewodów i nie ma większego wpływu na zwis przewodu. Warto podać wielkości charakteryzujące stosowane u nas materiały przewodowe (tabl. III). Autor proponuje określać przy obliczaniu przewodów stan wyjściowy dla równania stanów według sadzi i temperatury, występującej równocześnie w danej okolicy, lecz wybierać naprężenie odpowiadające współczynnikowi bezpieczeństwa  $K = 2,5$  w odniesieniu do granicy sprężystości. Naprężenie takie będzie, oczywiście, dla każdego przekroju inne, a ponadto dla tego samego przekroju będzie zależne od długości przęsła. W przypadku przyjęcia propozycji autora usunięto by z przepisów pojęcie „naprężenia dopuszczalnego”. Autor wprowadza na to miejsce następujące pojęcie „przewodów jednorodnych”: przewody jednorodne są to przewody, które — mając różne przekroje, będąc wykonanymi z różnych metali kolorowych i pracując w przęsłach o różnej dłu-



Rys. 19

gości — mają ten sam współczynnik bezpieczeństwa w odniesieniu do granicy sprężystości.

Autor bierze za punkt wyjścia równanie stanów i — zakładając równość temperatur obu porównywanych stanów oraz dokonując jeszcze kilku przekształceń — otrzymuje wzór

$$a = \sigma_m \cdot \sigma_e \sqrt{\frac{24}{E} \frac{(\sigma_e - \sigma_m)}{\sigma_m^2 \cdot P_e^2 - \sigma_e^2 \cdot P_m^2}},$$

gdzie  $a$  — długość przęsła (m),

$\sigma_m$  — naprężenie dopuszczalne — granica sprężystości podzielona przez  $K$  ( $\text{kg/mm}^2$ ),

$\sigma_e$  — granica sprężystości przewodu ( $\text{kg/mm}^2$ ),

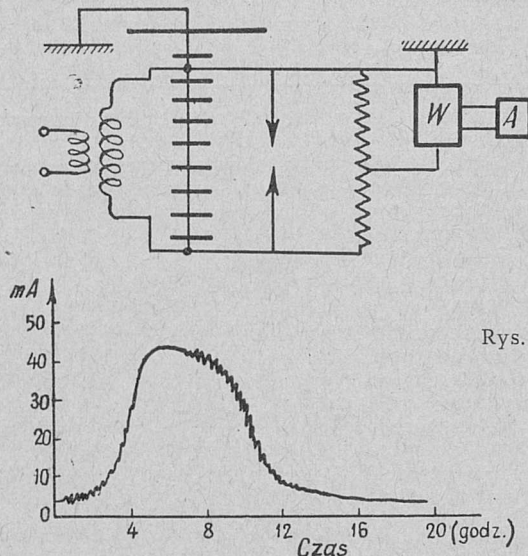
$P_m$  — ciężar przewodu łącznie z sadią, odniesiony do 1 m długości przewodu oraz 1  $\text{mm}^2$  jego przekroju ( $\text{kg/m/mm}^2$ ),

$P_e$  — jak  $P_m$ , lecz z sadią odpowiadającą granicy sprężystości,

$E$  — współczynnik sprężystości ( $\text{kg/mm}^2$ ).

Stosując powyższy wzór autor obliczył wielkości  $\sigma_m$  dla wszystkich przekrojów od 16 do 300  $\text{mm}^2$  oraz dla przęseł do 400 m. Tabl. III podaje wartości jedynie dla miedzi, aluminium i aldreju. Warto podkreślić, że obliczenia wykonane

zostały dla sadzi obliczanej według znanego wzoru VDE. Wykresy na rys. 17 i 18 pokazują, że przewody o dużych przekrojach nadają się lepiej do większych przęseł niż przewody o przekrojach małych. Jest to znany fakt ujmowany prze-



Rys. 20

nas do tej pory przeważnie w formie „granicznej długości przęsła”, która dla małych przekrojów była nieraz bardzo nieznaczna (np. dla aluminium nieraz poniżej 100 m).

Zastępuje na uwagę pewną modyfikację wykresu Truxy, służącego do obliczania zwisów przewodu [1]; ma ona tę przewagę nad dawnym wykresem, że można ją stosować do wszystkich materiałów przewodowych i że w swych założeniach teoretycznych opiera się na krzywej łańcuchowej, a nie na paraboli. Bliższe omawianie referatu jest tu zbędne, gdyż dla małych przęseł wystarczą wykresy Truxy oparte na paraboli, dla przęseł zaś dużych należy bezpośrednio posługiwać się funkcjami hiperbolicznymi lub też wzorcową krzywą łańcuchową (np. praca G. Silva, ogłoszona w *Révue Gén. d'Electr.*, 1930).

G. Silva podał [12] nową metodę obliczania przewodów napowietrznych, przy czym za podstawę wzięto równanie krzywej łańcuchowej rozwiniętej w szereg, dla uproszczenia zaś konkretnych obliczeń opracowano odpowiednie nomogramy tablicowe. Stosowanie tej metody jest bezspornie celowe jedynie dla dużych przęseł.

##### 5. Uwagi o budownictwie sieciowym.

We Francji wszystkie linie od 60 kV wwyż mają podwójne mostki na masztach odciągowych lub przewody omijające wokół zaczątków masztów przelotowych (rys. 19). Połączenia połowe przewodów są wykonywane z reguły jako zaciski zaprasowywane, co gwarantuje dobry styk elektryczny. Zacisków karbowanych oraz stożkowych unika się. Obserwacje te są o tyle ważne, że w polskich warunkach około połowy uszkodzeń sieciowych występuje w miejscach połączenia lub też w miejscach ujęcia przewodu przez zaciski. Sytuacja ta stale się pogarsza, bo wzrastają prądy robocze oraz prądy zwarcia w sieciach.

Przykładem metod walki z zabrudzeniami izolacji sieciowej we francuskich okręgach przemysłowych jest stacja doświadczalna w okolicy fabryki związków azotowych. Na prostej bramce z kątówek zawieszono tam 16 łańcuchów izolacyjnych. Bramka jest uziemiona. Łańcuchy wiszą na jednym izolatorze typu CT254 dla uniknięcia wpływu prądu do ziemi. Źródłem napięcia 100 kV jest stary transformator o mocy około 5 MVA. Na rys. 20 jest przedstawiony układ pomiarowy. Iskiernik służy do ochrony przed ewentualnymi przepięciami, potencjometr zaś jest źródłem zasilającym wzmacniacz, który z kolei zasila amperomierz rejestrujący.

Na konstrukcji wsporczej zawieszono 16 łańcuchów izolacyjnych. Są tam łańcuchy złożone z izolatorów CT254 oraz CT285 (odpowiadają w przybliżeniu dawnym niemieckim K2 oraz K3), z długopięnych niemieckich typu L14, z angielskich oraz marokańskich stosowanych w okręgach nadmo-



skich. Każdy z tych typów łańcuchów jest w stanie suchym, drugi tego samego typu jest pokryty pastą sylikonową, a niektóre z nich są nawet potrójne, przy czym trzeci łańcuch jest pokryty polewą półprzewodzącą.

Stację uruchomiono w styczniu 1954 roku; najsilniejsze prądy upływu łańcuchów izolacyjnych zarejestrowano w marcu i kwietniu. Na rys. 20 pokazany jest wykres prądów upływu z 17 kwietnia 1954 r., odnoszący się do łańcucha złożonego z izolatorów CT285. Jak widać z wykresu, około godziny 400 nad ranem nastąpił gwałtowny wzrost prądu upływowego z wartości około 5 mA do  $\sim 45$  mA, poczynając zaś od godziny 900 następuje powolny spadek tego prądu. Około godziny 1500 wynosi on z powrotem ok. 5 mA. Przebieg tej krzywej jest zupełnie zrozumiały. Przez wieczór i noc osady znajdujące się na powierzchni izolatora wchłaniały wilgoć z powietrza, co wytworzyło na powierzchni izolatorów warstwę półprzewodzącą, która powodowała wzrost prądu upływu. Następnie w miarę osuszania tej warstwy przez prąd upływu oraz przez działanie promieni słonecznych następowała obniżka prądu upływowego.

Charakterystyczne jest to, że obniżka pokazana na rysunku zaczęła się dopiero około godz. 900 rano, co można przypisać częściowo temu, że bramki z izolatorami stały na zachód od budynków nastawni, a więc w godzinach rannych budynki rzucały na nie cień; obserwacje meteorologiczne (nasłonecznienie, temperatura, wiatr) mogłyby również dużo wyjaśnić, a więc powinny być organizowane na stacji doświadczalnej.

Pomiary dokonane w opisanej stacji wykazały, że izolatory posmarowane pastą sylikonową są zabezpieczone przed szkodliwym działaniem zabrudzeń; ich prąd upływowy nie wzrasta ponad 7–8 mA. Tego samego rzędu są prądy upływowe w zwykłych izolatorach długopniowych L14 (niekiedy dochodzą do 15 mA). Natomiast najlepsze wyniki dają izolatory z polewą półprzewodzącą, które niezależnie od warunków mają niezmienny prąd upływowy równy 1 mA.

W sieci układu energetycznego w okręgu Lille przeprowadzono akcję generalnego smarowania izolatorów pastą sylikonową. Dało to poważne zmniejszenie liczby zakłóceń, ale nie uniknięto ich całkowicie. Spostrzeżono, że działanie pasty jest czasowe, smarowanie więc należy powtarzać. Posiadanie pewnej liczby linii rezerwowych jest poważnym czynnikiem utrzymania ruchu w czasie zaburzeń w pracy.

Wśród prób, które podejmowano w okręgu Lille przed kilkoma laty, była również próba czyszczenia izolatorów wodą destylowaną, przy czym służyło do tego autożyro, zabierające na pokład około 400 litrów wody. Próba ta nie dała poważniejszych rezultatów, natomiast autożyro zachowano w sieci jako środek znajdowania miejsc uszkodzenia oraz transportu brygad naprawczych na miejsce awarii. Radarowe urządzenia do odszukiwania uszkodzeń nie są używane w układzie Lille.

## 6. Wnioski ogólne.

Po kilkunastoletnim zastoju w rozwoju techniki sieciowej nastał obecnie okres jej bujnego rozwoju. Czynnikiem pobudzającym ten rozwój jest wynikający z ogólnej sytuacji dynamiczny rozwój przesyłu wielkich mocy na wielkie odległości, a w związku z tym dążność do jak najtańszego budowania

linii przesyłowych. Na dobre są obecnie następujące problemy elektryczne w technice sieciowej: 1) stosowanie przewodów wiązkowych w sieciach 220-kilowoltowych oraz niższych napięć w celu powiększenia równowagi przesyłu wielkich mocy; 2) badanie elektryczne łączników i zacisków oraz nowe ich konstrukcje zwłaszcza dla wielkich przekrojów o stosunkowo dużych gęstościach prądu. Natomiast problemy mechaniczne to przede wszystkim nowe badania nad działaniem wiatru i sady, nad oszczędnościowymi konstrukcjami masztowymi oraz nad ustojem słupów.

Wydaje się, że należałoby w Polsce stworzyć zespół naukowy prowadzący podobne badania. Zespół powinien pracować pod egidą Instytutu Energetyki, a mógłby się składać z odpowiednich pracowników Instytutu Energetyki, Instytutu Elektrotechniki, Energoprojektu oraz katedr sieciowych i budowlanych. Zespół powinien postawić sobie za cel wprowadzenie do naszej praktyki sieciowej nowych poważnych oszczędności drogą badania: 1) warunków tworzenia się sady i wiatru w rejonach, przez które mają przechodzić ważne linie przesyłowe; 2) gruntu i ustojów w czasie trasowania i budowy linii, celem oszczędzania na wymiarach fundamentów; 3) celowości stosowania fundamentów prefabrykowanych (ewent. progów żelbetowych); 4) celowości stosowania nowych konstrukcji masztowych (rury stalowe napełniane betonem, pręty żelbetowe przedprężone); 5) badania nad podanymi wyżej problemami elektrycznymi.

## SPIS REFERATÓW

- [1] H u r e l C., S c h n e i d e r O. Flèches et tensions sur les lignes aériennes de transport d'énergie. [Ref. 201].
- [2] Z e t t e r h o l m O. D., S a n d i n S. Pression du vent sur les conducteurs de lignes de transmission aériennes. [Ref. 202].
- [3] Z e t t e r h o l m O. D., B e r g L., C a r l s h e m W. Comparaison technique et économique entre les pylônes en portique et les pylônes simples à deux bras, basés sur les stipulations et les prix suédois sur les lignes de transmission. [Ref. 203].
- [4] E t i l e s E. M. La traversée de 3,6 km du lac Kootenay. [Ref. 204].
- [5] Q v i g s t a d K. Charges de glace sur les conducteurs des lignes aériennes de transmission. [Ref. 207].
- [6] R e h b e r g e r F., M o r s H. Essais sur les fondations de pylônes pour lignes à 380/220 et 110 kV. [Ref. 208].
- [7] M o r s H., B a e r K., E r i c h M. Recherches théoriques et expérimentales sur les balancements et vibrations affectant les lignes à grandes portées. [Ref. 209].
- [8] B e r i o A. Nouvelles propositions pour la vérification des fondations prismatiques des pylônes pour lignes de transport d'énergie. [Ref. 215].
- [9] Problèmes particuliers que posent l'étude et le montage de câbles de très grande section en aluminium-acier sur une ligne aérienne de transport d'énergie à 300 kV. [Ref. 216].
- [10] S i l v a Giovanni. Rapport sur les travaux du Comité d'études nr 6: Conducteurs et calcul mécanique des lignes aériennes [Ref. 221].
- [11] R u d o l f J. Conducteurs homogènes ayant le même taux de sécurité par rapport aux déformations permanentes. [Ref. 222].
- [12] S i l v a G. Abaque pour le calcul mécanique des conducteurs des lignes électriques aériennes. [Ref. 223].
- [13] A n g e l i n i A. M. Quelques considérations sur les caractéristiques et la construction de la première ligne d'interconnexion bifilaire en Italie. [Ref. 224].
- [14] J o b i n Bernard. Rapport sur les travaux du Comité d'études nr 7: Pylônes et massifs de fondation. [Ref. 225].

DOC. LUCJAN BERSON

# Przestrzeń i płaszczyzna kolorów

11/12:615.2+535.6

**Treść.** Podstawy pomiarów fotometrycznych i kolorymetrycznych. Metody subiektywne i obiektywne w kolorymetrii. Trzy zasadnicze prawa tworzenia się wrażeń kolorów. Wyprowadzenie koncepcji przestrzeni kolorów z trzech praw podstawowych i płaszczyzny kolorów w przestrzeni kolorów. Pojęcie koloru białego, jako podstawa do koncepcji podstawowej długości fali, odcienia i nasycenia koloru. Płaszczyzna (trójkąt) kolorów CIE. Promieniowanie równoenergetyczne w przestrzeni kolorów i jego współrzędne (współczynniki bodźców). Miejsce geometryczne i współrzędne barw monochromatycznych w płaszczyźnie kolorów. Mieszanie kolorów i obliczanie współrzędnych kolorów wynikowych.

**Цветовое пространство и цветовая плоскость.** Основы фотометрических и колориметрических измерений. Суб'єктивні і об'єктивні методи в колориметрії. Три основні закони формування вражень кольорів. Виведення поняття цветового простору з трьох основних законів і цветовой плоскості в цветовом пространстве. Поняття белого цвета, как основа понятий: основной длины волны, оттенка и насыщенности цвета. Плоскость (треугольник) цветов Междунар. Освет. Комиссии. Равно-энергетическое излучение в цветовом пространстве и его координаты (коэффициенты возбуждения). Геометрическое место и координаты монохроматического цвета в цветовой плоскости. Смешивание цветов и расчет координат результирующего цвета.

**Colour space and plane.** Fundamentals of photometric and colorimetric measurement. Subjective and objective methods in colorimetry. Three fundamental laws of colour impression. Conception of colour space according to the three fundamental laws, and of colour plane in colour space. White colour as a basis for conceiving the fundamental wavelength, hue and saturation of a colour. The surface (triangle) of I. C. I. colours. Uniform-power radiation in colour space and its coordinates (stimuli factor). Geometrical locus and coordinates of monochromatic colours in colour plane. The mixing of colours, and computation of coordinates of resultant colours.

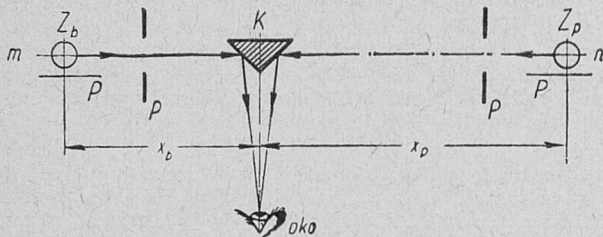
## 1. Wstęp.

Nie potrafimy mierzyć intensywności wrażeń wzrokowych. Potrafimy określić, że dane wrażenie jest „silniejsze” od drugiego, nie potrafimy jednak ani zmierzyć, ani nawet oszacować, o ile silniejsze. Natomiast potrafimy określić z dość znaczną

dokładnością, czy dwa wrażenia są równe, a więc organ wzroku jest dobrym przyrządem zerowym.

Opierając się na tej własności wzroku technika świetlna wprowadziła szereg wielkości i jednostek świetlnych, mierząc własności bodźców działających na organ wzroku. Klasycz-

nym przykładem jest tu krzywa widmowej wrażliwości wzroku. Biorąc jako wielkość porównawczą promieniowanie monochromatyczne (o jednej długości fali)  $\lambda = 5550 \text{ \AA}$  o kolorze zielonym, na które, jak się okazało, wzrok ludzki wyka-

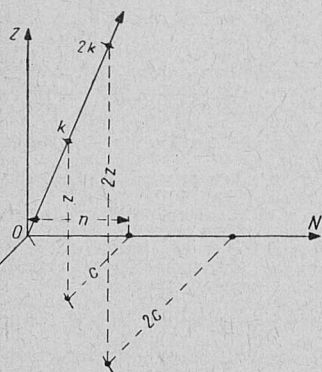


Rys. 1. Zasada fotometrowania subiektywnego

Światło wysyłane przez badane źródło światła  $Z_b$  i światło wysyłane przez porównawcze źródło światła  $Z_p$  odbijają się od rozpraszających powierzchni klina gipsowego  $K$ ; przesuwając jedno ze źródeł wzdłuż linii  $m-n$  osiągamy równość wrażeń jaskrawości  $L$ ; wtedy  $L_b/L_p = X_p^2/X_b^2$

zuje największą wrażliwość, możemy oznaczyć „wrażliwość wzroku” — w danych ściśle określonych warunkach — dla promieniowania widzialnego o innych długościach fali.

Stwierdzono na przykład, że „wrażliwość wzroku” jest dla promieniowania o długości fali  $5098 \text{ \AA}$  „dwa razy mniejsza”. Znaczący to, że jeżeli równocześnie skierujemy na jedną połowę okrągłej tarczy promieniowanie o długości fali  $5550 \text{ \AA}$  o pewnej mocy, a na drugą połowę tej tarczy promieniowanie o długości fali  $5098 \text{ \AA}$  o dwukrotnie większej mocy, intensywność wrażeń obu „bodźców” będzie wydawać się nam równą (w ściśle określonych warunkach). Nie znaczy to, że w razie równoczesnego oświetlenia obu połów tarczy promieniowaniem o długości fali  $5550 \text{ \AA}$  i o tej samej mocy intensywność wrażeń wywołanego promieniowaniem o długości fali  $5098 \text{ \AA}$  będzie dwukrotnie mniejsza. Przeciwnie, wiemy, że intensywność wrażeń jest



Rys. 2. Przestrzeń kolorów

na ogół proporcjonalna nie do wartości intensywności bodźców, lecz do logarytmów tych wartości (prawo Fechnera), a więc różnica intensywności wrażeń „na czucie” będzie znacznie mniejsza, niż różnica intensywności bodźców. Tak więc np. oświetlenie o dziesięciokrotnie mniejszym natężeniu (np. 50 luksów w porównaniu z  $500 \text{ lx}$ ) nie wyda się nam dziesięciokrotnie słabsze.

Pomiary świetlne polegają więc na tym, że mierzymy własności bodźców. Przy pomiarze jaskrawości i strumienia świetlnego porównujemy (rys. 1) światło badane i światło wzorca. Widzimy równocześnie dwie jaskrawości, które przez zmniejszenie odległości jednego ze źródeł światła zrównujemy. Do obliczenia stosunku światłości źródła światła badanego do wzorcowego posługujemy się znanym prawem proporcjonalności natężenia oświetlenia do odwrotności kwadratu odległości.

Organ wzroku spełnia przy tym funkcję dwójakiego rodzaju: nie tylko służy jako pomiarowy przyrząd zerowy do określenia, kiedy obie jaskrawości w polu widzenia zrównają się, ale równocześnie automatycznie ocenia wartość poszczególnych grup fotonów (kwantów światła) nadając im zależnie od częstotliwości ich drgań (lub co na jedno wychodzi długości fali) większą lub mniejszą wartość świetlną. Jest więc organ wzroku równocześnie przyrządem ustalającym wartości poszczególnych elementów strumienia promieniowania i wartości te sumującym. Gdyby nie ta funkcja zmysłu wzroku, to moglibyśmy go zastąpić dowolnym miernikiem energii promienistej, np. bolometrem lub stosem termoelektrycznym.

Mówiąc o sumującej pracy wzroku ludzkiego zakładamy, że gdy mieszmamy dwa lub więcej światła o różnej długości fali, a więc i o różnym kolorze, to ich jaskrawości dodają się. Ważne to prawo nie jest wcale, jakby się może zdawało, oczywiste, jest jednak drogą niezliczonych pomiarów stwier-

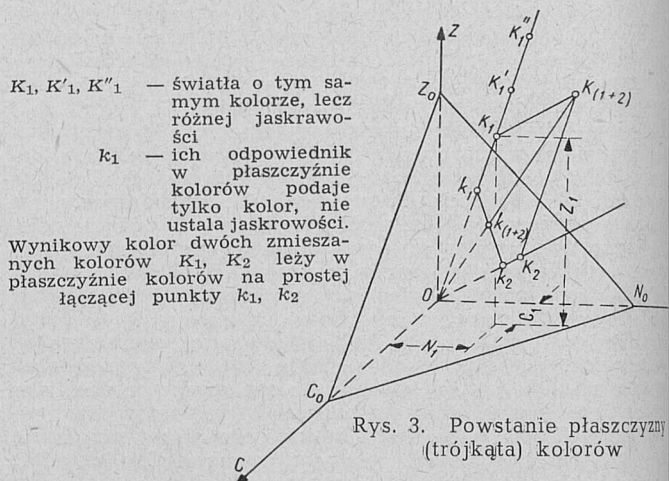
dzone. Stanowi ono jedną z podstaw nie tylko fotometrii, ale i kolorymetrii.

Z różnych względów chcemy w wielu wypadkach wyeliminować „subiektywny” organ wzroku badacza, którego krzywa wrażliwości zawsze wykazuje odchyłki od krzywej „normalnego obserwatora”, a ponadto zmienia się w czasie i w zależności od różnych warunków, zastępując ten organ „obiektywnym” przyrządem fizycznym, który w granicach swej czułości i błędów pomiarów wykaże zawsze tę samą wartość. Mamy tu dwie drogi do wyboru:

1) rozszczepiamy strumień promieniowania na grupy fotonów o równej lub prawie równej częstotliwości i mierzymy kolejno moc promieniowania każdej grupy; mnożąc tę moc promieniowania przez względną wrażliwość wzroku na działanie promieniowania o danej częstotliwości (wzgl. długości fali) otrzymujemy elementarny strumień świetlny, a sumując te elementarne strumienie świetlne otrzymamy całkowity strumień świetlny;

2) tworzymy odbiornik, którego jakaś reakcja (np. natężenie prądu przezeń wytwarzanego lub sterowanego) zależna jest w swej intensywności od rodzaju promieniowania (długości fali) w ten sam sposób, co organ wzroku „normalnego obserwatora”, czyli krzywa widmowa tej reakcji pokrywa się z krzywą wrażliwości wzroku.

Jak wiadomo, warunek ten spełniają z większym lub mniejszym przybliżeniem niektóre rodzaje komórek fotoelektrycznych, a także selenowe ogniwa fotoelektryczne, których odchyłki krzywej natężenia prądu w zależności od długości fali odbieranego promieniowania od krzywej wrażliwości wzroku dadzą się w dość znacznym stopniu wyeliminować za pomocą

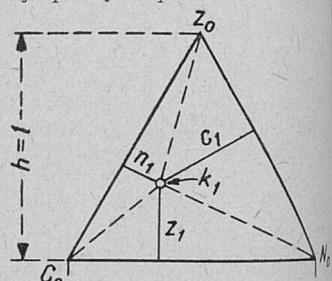


Rys. 3. Powstanie płaszczyzny (trójkąta) kolorów

filtrów korygujących te różnice. Oczywiście, im mniej różni się skład widmowy promieniowania badanego od składu promieniowania wzorca, tym mniejszy błąd wyniknie z rozbieżności krzywych wrażliwości odbiornika obiektywnego i wzroku. Jeżeliby skład widmowy obu tych źródeł światła był identyczny, to można by użyć przyrządu o dowolnej krzywej wrażliwości widmowej, np. zwykłego miernika mocy promieniowania w rodzaju bolometru, którego krzywa wrażliwości jest prostą poziomą.

Jedną z zasadniczych różnic między pomiarem „subiektywnym” przy pomocy wzroku a pomiarem „obiektywnym” za pomocą przyrządu polega na tym, że ponieważ mamy do dyspozycji przyrządy nie zerowe, nie potrzebujemy przy pomiarze obiektywnym uciekać się do równoczesnego porównania reakcji przyrządu na promieniowanie badane i promieniowanie wzorca, lecz badamy reakcję przyrządu na oba badania po kolei.

Wszystko, co tu powiedziano, dotyczy również pomiarów działania na wzrok różnych rodzajów promieniowania (foto-



Rys. 4. Współrzędne koloru w trójkącie kolorów



nów o różnej częstotliwości, a więc i długości fali), które objawia się w postaci różnych kolorów światła.

Zmieniając skład strumienia fotonów pod względem częstotliwości czyli skład strumienia promieniowania pod względem długości fal możemy w nieskończoną ilość sposobów dojść do światła o tej samej intensywności (jaskrawości lub wielkości strumienia świetlnego). Co prawda kolor światła będzie wtedy na ogół różny. Odwrotnie, możemy w nieskończoną ilość sposobów uzyskać każdy kolor światła (z wyjątkiem barw widmowych), zmieniając skład strumienia promieniowania pod względem udziału poszczególnych grup fotonów w całym promieniowaniu, czyli zmieniając skład widmowy promieniowania.

W kolorymetrii — podobnie jak w zwykłej fotometrii — możemy posłużyć się organem wzroku jako przyrządem zerowym, zrównując kolor porównawczy z kolorem światła badanego (metoda subiektywna czyli wzrokowa albo wizualna). Sposoby tego zrównywania będą omówione dalej. Możemy także wykonywać pomiary metodą obiektywną, mierząc reakcje odbiorników obiektywnych z uwzględnieniem praw odbierania wrażeń kolorów przez zmysł wzroku „normalnego obserwatora”.

## 2. Prawa tworzenia się wrażeń kolorów.

Mówiąc w kolorymetrii o kolorach rozumiemy zawsze kolor jakiegoś światła, a nie przedmiotu, przedmioty bowiem — ściśle biorąc — nie mają kolorów, a tylko pewien współczynnik odbicia na ogół wybiórczy, to znaczy różny dla promieniowania o różnej długości fali. Tak więc przedmioty zmieniają tylko w różny sposób kolor światła, które padając na ich powierzchnię odbija się od niej. Dlatego jeżeli mówimy o „kolorze” przedmiotów, to musimy podać rodzaj (ściśle rzecz biorąc skład widmowy) światła, którym są one oświetlone, gdyż od niego ten kolor zależy. Używając w potocznej mowie wyrażenia „kolor przedmiotu”, rozumiemy kolor, który ten przedmiot „przybiera”, jeśli oświetlimy go „zwykłym” światłem dziennym.

Podstawę nauki o kolorach stanowią trzy zasadnicze — doświadczalnie wielokrotnie sprawdzone — prawa, z których wszystkie reguły kolorymetrii dadzą się wyprowadzić.

1) Obierając trzy światła o odpowiednich niezależnych od siebie kolorach (np. niebieskim, czerwonym i zielonym) możemy przez zmieszanie ich w odpowiednim stosunku uzyskać każdy istniejący odcień koloru; tak obrane kolory będziemy nazywać *podstawowymi*. Przez mieszanie w odpowiednim stosunku rozumiemy odpowiedni dobór mocy trzech promieniowań. Ścisłejsze określenie odcienia koloru będzie podane dalej.

2) Jeżeli kolor jakiegoś światła wynika ze zmieszania dwóch światła o różnym kolorze, to kolor ten nie zmieni się, jeżeli zmienimy intensywność obu światła, byleby tylko stosunek mocy promieniowania obu światła został niezmienny. Jeżeli więc zmieszamy np. światło dwóch kolorowych żarówek, niebieskiej i czerwonej, to kolor światła wynikowego nie zmieni się, jeżeli do każdej żarówki dodamy drugą taką samą, chociaż podwoi się strumień świetlny.

3) Jeżeli dwa światła (promieniowania) A i B o różnym składzie widmowym, lecz o równej jaskrawości, wywołują to samo wrażenie koloru, to mieszanina każdego z tych światła z trzecim światłem C o innym kolorze da w wyniku identyczny kolor; czyli kolor mieszaniny A + C będzie identyczny z kolorem mieszaniny B + C. Można więc zastępować wzajemnie światła o różnym składzie widmowym, lecz o identycznym kolorze i identycznej jaskrawości. Światła takie będą na ogół miały różną moc promieniowania. Pod względem własności mieszanina kolorów będą one jednak równoważne.

Tu należy bliżej określić pojęcie koloru. W kolorymetrii często rozumie się przez „kolor” łącznie rodzaj wrażenia i jego intensywność, czyli kolor dochodzącego do oka światła w ściśłym znaczeniu i jego jaskrawość. Wtedy nie możemy jednak mówić o mieszaninie kolorów w różnym stosunku. Aby uniknąć nieporozumień, będziemy w dalszym ciągu przez kolor rozumieć tylko rodzaj światła dochodzącego do oka, a więc światło tego samego koloru może mieć różną jaskrawość.

## 3. Przestrzeń kolorów i płaszczyzna kolorów.

Korzystając z praw tworzenia się wrażeń kolorów możemy przedstawiać kolory za pomocą trójwymiarowych współrzędnych w przestrzeni kolorów. Jeżeli oberzemy trzy prostopadłe do siebie osie współrzędnych, z których każda przedstawia jeden z kolorów pierwotnych (np. N-niebieski, C-czerwony, Z-zielony), a wielkości współrzędnych  $n, c, z$  będą ozna-

czać jaskrawość (lub strumień świetlny, co na jedno wychodzi) każdego z trzech światła pierwotnych, których mieszaniną jest dany kolor, to punkt oznaczony współrzędnymi  $n, c, z$  przedstawiać będzie światło wynikające ze zmieszania trzech światła pierwotnych o jaskrawości  $n, c, z$  i to tak co do koloru, jak i co do jaskrawości (punkt  $k$  na rys. 2). Jeżeli zwiększymy w równym stosunku jaskrawość wszystkich trzech światła (np. podwoimy ją), to w myśl drugiego prawa tworzenia się wrażeń kolorów (rozdz. 2) kolor światła wypadkowego nie zmieni się, zmieni się tylko jego jaskrawość (punkt  $2k$  na rys. 1). Stąd wynika bezpośrednio, że wszystkie światła o równym kolorze znajdują się na prostej, przechodzącej przez środek układu O, jaskrawość zaś poszczególnych światła o tym samym kolorze jest przedstawiona przez długość odcinka Ok. Wszystkie odcienie kolorów przedstawione są więc przez promienie przechodzące w różnych kierunkach przez środek układu O i zawarte wewnątrz układu NCZ.

Z trzeciego prawa (rozdz. 2) wynika, że mieszając kolory możemy dodawać ich współrzędne, a więc jeżeli

współrzędne koloru  $K_1$  są  $n_1; c_1; z_1$ ,

a współrzędne koloru  $K_2$  są  $n_2; c_2; z_2$ ,

to współrzędne ich mieszaniny ( $K_1 + K_2$ ) będą  $n_1 + n_2; c_1 + c_2; z_1 + z_2$ .

Z tego zaś wynika, że kolory możemy w przestrzeni kolorów dodawać geometrycznie („wektorowo”, jak np. siły).

Operowanie wykresami trójwymiarowymi jest kłopotliwe. Dlatego korzystne jest zastąpienie przestrzeni kolorów przez płaszczyznę kolorów (rys. 3). W tym celu obieramy płaszczyznę w ten sposób, żeby ona przecinała wszystkie trzy osie w równych odstępach od początku układu O. W ten sposób otrzymujemy trójkąt równoboczny. Promieniowi  $OK_1$  będącemu miejscem geometrycznym wszystkich światła o jednym kolorze  $K_1$ , lecz o różnych jaskrawościach, odpowiada na płaszczyźnie kolorów jeden punkt  $k_1$ , w którym promień  $OK_1$  płaszczyznę tę przebija. Widzimy więc, że przechodząc z przestrzeni kolorów na płaszczyznę kolorów musimy zrezygnować z przedstawienia jaskrawości i poprzestać na przedstawieniu kolorów, gdyż światła o jednym kolorze, ale wszystkich możliwych jaskrawościach (np.  $K_1, K_1', K_1''$ ) przedstawione są w płaszczyźnie kolorów przez jeden wspólny punkt (w tym wypadku  $k_1$ ).

Z rysunku wynika, że jeżeli zmieszamy dwa światła o różnych kolorach (np.  $K_1$  i  $K_2$ ), to punkt, przedstawiający kolor światła wynikowego na płaszczyźnie kolorów (np.  $k_{(1+2)}$ ) znajdzie się na prostej łączącej punkty kolorów mieszanych (w naszym przypadku  $k_1$  i  $k_2$ ).

Łatwo udowodnić (rys. 4), że proste wykreślone z punktu, który oznacza kolor danego światła, prostopadłe do boków trójkąta kolorów  $C_0Z_0N_0$  (który powstał przez przecięcie ostrosłupa przestrzeni kolorów przez płaszczyznę kolorów) mają się tak do siebie, jak współrzędne danego punktu (np.  $K_1$  w przestrzeni kolorów na rys. 3)  $n_1 : c_1 : z_1 = N_1 : C_1 : Z_1$ . Możemy więc posługiwać się nimi w płaszczyźnie kolorów jako współrzędnymi danego koloru. Płaszczyznę kolorów umieszczamy zawsze w takiej odległości od początku układu przestrzeni kolorów, że wysokość trójkąta kolorów równa jest jedności. Łatwo udowodnić, że suma trzech współrzędnych też jest równa jedności:

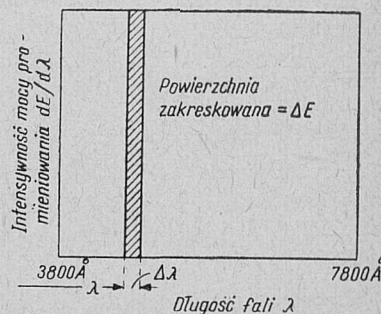
$$n_1 + c_1 + z_1 = 1.$$

Wynika to np. stąd, że suma powierzchni trzech trójkątów  $C_0N_0k_1; N_0Z_0k_1; Z_0C_0k_1$  równa jest powierzchni trójkąta  $C_0N_0Z_0$ , a więc ponieważ trójkąt jest równoboczny

$$an_1 + ac_1 + az_1 = a \cdot h = a \cdot 1 = a,$$

czyli ogólnie

$$(1) \quad n + c + z = 1,$$



Rys. 5. Promieniowanie równoenergetyczne

Powierzchnia zakreskowa przedstawia moc wąskiego pasma promieniowania  $\Delta E$  między długościami fal  $\lambda$  i  $\lambda + \Delta\lambda$ . Rzędna  $\frac{dE}{d\lambda}$  czyli intensywność mocy promieniowania dla długości fali  $\lambda$  ma dla promieniowania równoenergetycznego wartość stałą

z czego wynika, że do określenia koloru w płaszczyźnie kolorów wystarczą dwie współrzędne, gdyż trzecią otrzymujemy przez odjęcie ich sumy od jedności. Oczywiście współrzędne koloru w trójkącie kolorów nic nie mówią (w odróżnieniu od współrzędnych w przestrzeni, tj. w ostrosłupie kolorów) o jasności.

#### 4. Kolor biały. Odcień i nasycenie. Kolory uzupełniające się.

Trójkąt kolorów według rys. 4 obejmuje wszystkie odcienie, nie obejmuje jednak wszystkich kolorów. Wynika to stąd, że mieszając w odpowiednim stosunku trzy światła o różnych niezależnych od siebie kolorach możemy otrzymać światło o dowolnym odcieniu koloru, ale nie o dowolnym kolorze.

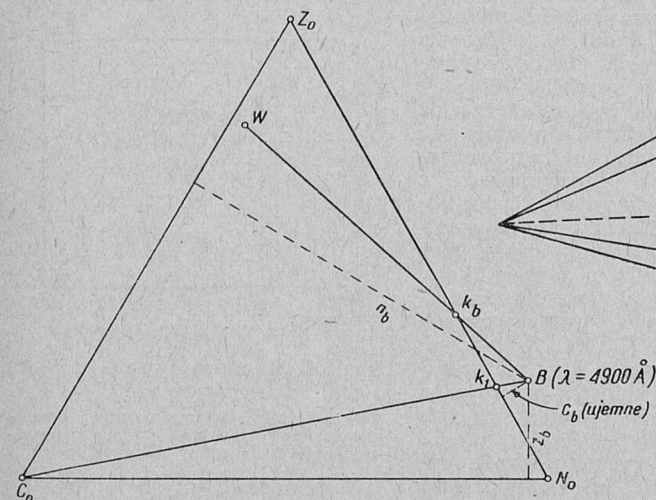
Tu należy bliżej określić „odcień koloru”. W tym celu musimy się zająć niektórymi własnościami wzroku ludzkiego.

Promieniowanie o takim rozkładzie widmowym w granicach widzialności, że poszczególne wąskie pasma promieniowania dają równą moc, a więc

$$(2) \quad \frac{\Delta E}{\Delta \lambda} = c,$$

gdzie  $E$  jest mocą promieniowania, a  $c$  liczbą stałą, nazywamy promieniowaniem równoenergetycznym. Rys. 5 pokazuje promieniowanie równoenergetyczne w formie wykresu. Gdy rozkład widmowy jakiegoś światła zbliża się do równoenergetycznego, światło to wydaje się nam białe. Światło o ściśle równoenergetycznym rozkładzie promieniowania otrzymało międzynarodowo ustaloną nazwę światła białego  $E$ .

Jeżeli jakieś światło o promieniowaniu monochromatycznym (o jednej długości fali) zmieszamy ze światłem białym, to gdy względna ilość światła białego w tej mieszaninie będzie wzrastać, odcień koloru nie zmieni się, jednakże kolor



Rys. 6. Ujemne współrzędne w trójkącie kolorów. Kolory promieniowania monochromatycznego znajdują się na zewnątrz trójkąta kolorów  $N_0$ ,  $Z_0$ ,  $C_0$ . Przykładowo kolor monochromatyczny o dług. fali  $4900 \text{ Å}$  ma ujemną współrzędną  $c_b$ ; to znaczy, że trzeba dodać do koloru  $B$  kolor czerwony w ilości  $Bk_1$ , aby otrzymać kolor  $K_1$  powstały ze zmieszania kolorów widmowych — zielonego  $Z_0$  i niebieskiego  $N_0$  bez udziału koloru czerwonego

będzie coraz bledszy, coraz mniej nasycony. Jest to właściwość wzroku ludzkiego.

Inną własność wzroku ludzkiego stanowi istnienie kolorów uzupełniających. Do każdego światła monochromatycznego (np. niebieskiego) można dobrać inne światło monochromatyczne (np. dla niebieskiego żółte) uzupełniające je w ten sposób, że przy odpowiednim doborze jasności ich mieszanina będzie miała kolor biały (wyjątek stanowią kolory zielone zawarte w trójkącie kolorów „naprzeciw” purpurowych, o czym będzie mowa dalej). Możemy więc otrzymać białe światło nie tylko mieszając wszystkie kolory widmowe (o jednej długości fali) w sposób zdefiniowany powyżej jako promieniowanie równoenergetyczne, lecz również przez zmieszanie w odpowiednim stosunku dwóch światła uzupełniających się.

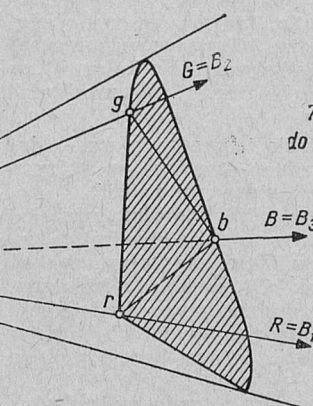
Możemy więc każde światło (o każdym kolorze) otrzymać jako mieszaninę pewnego światła monochromatycznego i światła białego. Długość fali tego światła monochromatycznego nazywać będziemy podstawową długością fali danego

Tablica I. Współrzędne światła o kolorach pierwotnych  $R$ ,  $G$ ,  $B$  i jasności 1 w układzie  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$

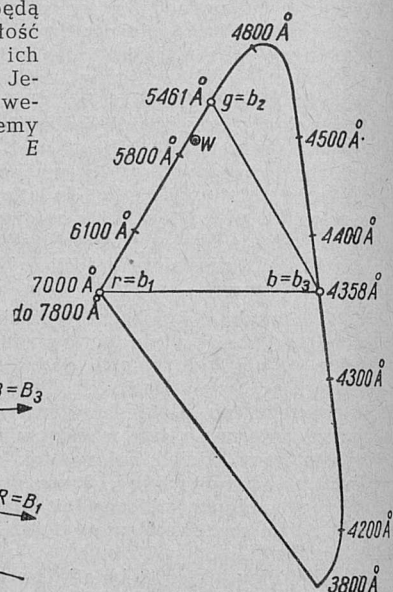
| Oznaczenie światła | Długość fali ( $\text{Å}$ ) | Kolor               | Współrzędne |       |          |
|--------------------|-----------------------------|---------------------|-------------|-------|----------|
|                    |                             |                     | $X$         | $Y$   | $Z$      |
| $R$                | 7000                        | czerwony            | 2,7689      | 1,000 | 0,000    |
| $G$                | 5461                        | zielony             | 0,38159     | 1,000 | 0,012307 |
| $B$                | 4359                        | niebiesko-fioletowy | 18,801      | 1,000 | 93,066   |

koloru. Możemy więc we wrażeniu każdego koloru rozróżnić jego odcień, zależny od podstawowej długości fali, i nasycenie. Kolor widmowy o długości fali podstawowej będziemy nazywać (zupełnie) nasyconym, a kolor powstały z niego przez dodawanie coraz większej ilości światła białego — kolorem coraz mniej nasyconym (ale o tym samym odcieniu).

Kolor biały, jak wynika z jego definicji, jest zawarty wewnątrz trójkąta przedstawionego na rys. 4. Jeżeli nasycenie danego koloru będziemy mierzyć w jakiegokolwiek umownej skali, to w płaszczyźnie kolorów miarą jego będzie odległość punktu przedstawiającego dany kolor od punktu koloru białego. Kolory widmowe będą miały największą odległość od punktu białego, gdyż ich nasycenie jest zupełne. Jeżeli w trójkąt kolorów według rys. 4 wrysujemy punkt koloru białego  $E$



Rys. 7. Przestrzeń kolorów w układzie  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$



Rys. 8. Płaszczyzna kolorów w układzie  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$

(rys. 6, pkt. W), a prostą  $k_bW$  przedstawimy jakiś odcień (np. odcień niebieskawo-zielonawy odpowiadający podstawowej długości fali  $4900 \text{ Å}$ ), to przekonamy się, że kolor nasycony  $B$  (kolor monochromatycznego promieniowania  $4900 \text{ Å}$ ) znajduje się poza trójkątem, gdyż kolor o odpowiednim odcinku  $k_b$  powstały ze zmieszania kolorów pierwotnych  $Z_0$  i  $N_0$  nie jest nasycony. Współrzędna  $c_b$  jest więc ujemna. Fizycznie znaczy to, że jeżeli zmieszamy światło żółte i niebieskie w takim stosunku, aby powstało światło o kolorze  $k_1$ , to do światła monochromatycznego należy dodać światło czerwone w ilości  $Bk_1$  aby otrzymać światło o kolorze  $K_1$ , a więc pozbawione koloru czerwonego.

Jako trzy kolory pierwotne obiera się zwykle kolory monochromatyczne — czerwony, zielony i żółty — o niżej podanych długościach fal, które otrzymały międzynarodowe oznaczenia pierwszymi literami nazw angielskich (red, green, blue)

$R = 7000 \text{ Å}$ ,  
 $G = 5461 \text{ Å}$  (jedna z linii promieniowania pary rtęci),  
 $B = 4358 \text{ Å}$  " " " " "

Przyjmijmy powyższe kolory jako pierwotne i założmy, że równym jasnościom tych kolorów odpowiadają równe odcinki na ich osiach w przestrzeni kolorów, to znaczy, że jeżeli np. światłu czerwonemu o długości fali  $7000 \text{ Å}$  i jasności 1 sb odpowiada odległość 1 cm od początku układu na

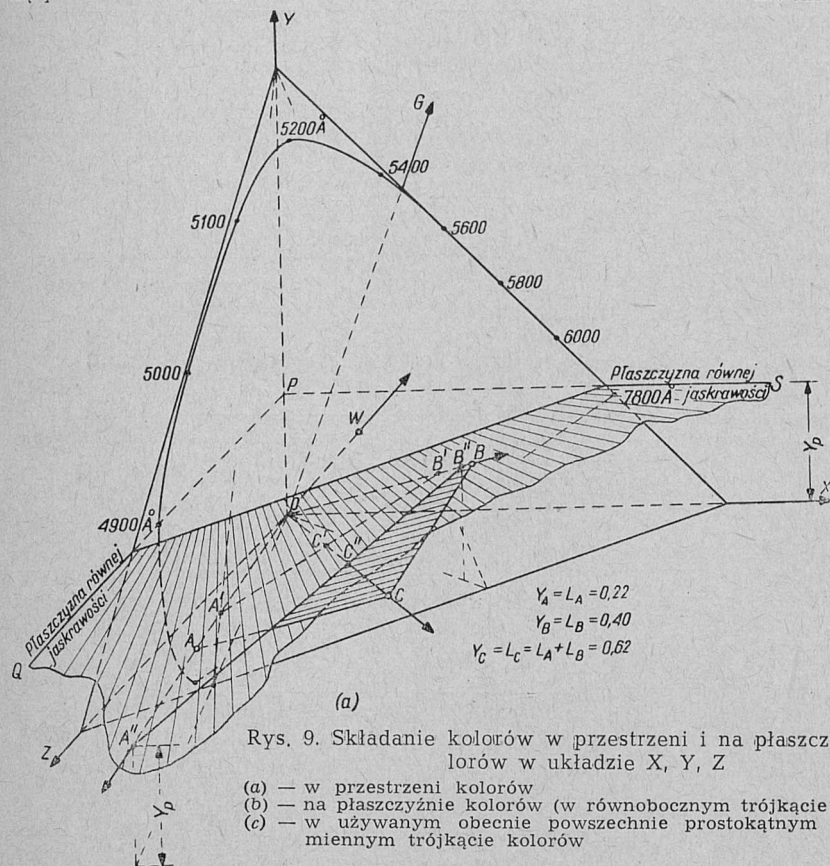
\* Polskie słownictwo kolorymetryczne nie jest jeszcze jednoznacznie ustalone; różni autorzy używają częściowo różnych terminów.



osi  $R$ , to światłu zielonemu o długości fali 5461 Å i tej samej jasności odpowiada również odległość 1 cm od początku układu, oczywiście, na osi  $G$ . W tym przypadku otrzymamy przestrzeń kolorów zwaną  $B_1, B_2, B_3$ , przedstawioną na rys. 7, i płaszczyznę kolorów  $b_1, b_2, b_3$ , przedstawioną na rys. 8 (kształty geometryczne wynikają, oczywiście, z pomiarów, których sposób wykonywania jest podany niżej w rozdz. 6). W układzie tym kolory  $R, G, B$  oznaczono literami  $B_1, B_2, B_3$ , dla odróżnienia od innego układu, który nazwano  $R, G, B$ , a który nie będzie w niniejszej pracy omawiany.

### 5. Współrzędne kolorów $X, Y, Z$ Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej (CIE).

Z przedstawionych wyżej przestrzeni i płaszczyzny kolorów nie korzysta się w praktyce, gdyż wielka część kolorów ma w nich współrzędne ujemne. Aby tego uniknąć, konieczne jest obrócenie w przestrzeni kolorów osi pomocniczych tworzących ostrosłup, względnie obrócenie w płaszczyźnie kolorów



Rys. 9. Składanie kolorów w przestrzeni i na płaszczyźnie kolorów w układzie  $X, Y, Z$

(a) — w przestrzeni kolorów  
(b) — na płaszczyźnie kolorów (w równobocznym trójkącie kolorów)  
(c) — w używanym obecnie powszechnie prostokątnym równoramiennym trójkącie kolorów

punktów tworzących wierzchołki trójkąta, obejmującego wszystkie kolory, i obliczanie współrzędnych koloru jako odległości od boków tego trójkąta.

Dalszą wadą tej metody jest położenie punktu białego światła  $W$  (o kolorze odpowiadającym ściśle kolorowi promieniowania równoenergetycznego  $E$ ) bardzo blisko boku  $b_1 b_2$  ( $rg$ ), co uniemożliwia właściwą orientację co do stopnia nasycenia kolorów zielonych i żółtych. Jediną radą na to jest stosowanie znacznie większej podziałki dla jasności koloru niebieskiego niż innych kolorów.

W roku 1931 Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa (Commission Internationale de l'Éclairage, w skrócie CIE) ustaliła na podstawie niezależnie wykonanych, ale bardzo zgodnych między sobą pomiarów Wrighta i Guilda układ współrzędnych kolorymetrycznych usuwający obie powyższe wady. Trzy osie, które tworzą ostrosłup obejmujący wszystkie kolory, nazwano osiami  $X, Y, Z$ . Ich współrzędne przestrzenne, oznaczane również wielkimi literami  $X, Y, Z$ , nazywamy — dla odróżnienia od współrzędnych w płaszczyźnie kolorów — współczynnikami koloru albo współczynnikami bodźców. Osie  $R, G, B$  znajdują się wewnątrz ostrosłupa, przez co unika się współrzędnych ujemnych. Przez zastosowanie różnej podziałki do mierzenia kolorów pierwotnych  $R, G, B$  osiągnięto to, że kolor biały  $E$  przypada dokładnie na osi ostrosłupa względnie w środku równobocznego trójkąta kolorów.

Związek między osiami pierwotnych kolorów  $R, G, B$  a osiami współrzędnych  $X, Y, Z$ , obejmującymi wszystkie kolory widmowe i pochodne, ustalają wartości podane w tabl. I.

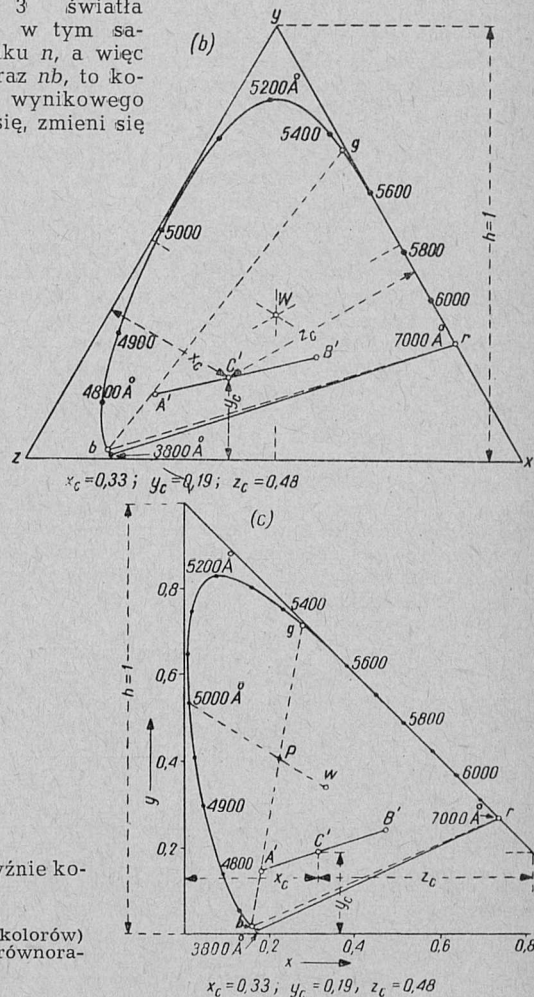
Przez ogromne zwiększenie podziałki dla koloru niebieskiego odsunięto punkt równoenergetycznego promieniowania  $W$  (kolor biały  $E$ ) do środka trójkąta kolorów.

Jakie są własności przestrzeni i płaszczyzny kolorów CIE?

Światło  $k$  powstałe ze zmieszania kolorów  $R, G, B$  o jasnościach  $r, g, b$  będzie miało współrzędną  $X$

$$(3) \quad X_k = 2,7689 r + 0,38159 g + 18,801 b.$$

Analogicznie oblicza się współrzędne  $Y_k$  oraz  $Z_k$ . Jeżeli wszystkie 3 światła zwiększymy w tym samym stosunku  $n$ , a więc do  $nr, ng$  oraz  $nb$ , to kolor światła wynikowego nie zmieni się, zmieni się



tylko jego jasność, współrzędne zaś zwiększą się w tym samym stosunku  $n$ , jak widać z równania (3). Stąd zaś wynika, że każda prosta, przechodząca przez początek układu przestrzeni kolorów, reprezentuje jeden kolor, a punkty na niej położone przedstawiają światła o tym kolorze, lecz różnej jasności. Z tego wynika znów, że każdy punkt w płaszczyźnie (w trójkącie) kolorów, będąc punktem przebiecia takiej prostej, reprezentuje jeden z kolorów.

Specjalną rolę odgrywa współrzędna  $Y$ . Ponieważ dla każdego ze światła pierwotnych  $R, G, B$  o jasności 1 jest  $Y = 1$ , przeto dla koloru powstałego ze zmieszania kolorów  $R, G, B$  o jasnościach  $r, g, b$  jest ważne równanie:

$$(4) \quad Y = 1 \text{ sb} \cdot r + 1 \text{ sb} \cdot g + 1 \text{ sb} \cdot b = (r + g + b) \text{ stilbów,}$$

a więc współrzędna przestrzenna  $Y$  jest równa jasności danego koloru. Wynika stąd, że powierzchnie równej jasności są płaszczyznami równoległymi do płaszczyzny  $XZ$ . Ilustruje to rys. 9a, na którym pokazano taką płaszczyznę ( $PQS$ ) o jasności  $Y_p$ , obciętą w niewielkiej odległości od trójkąta kolorów.

Widzimy więc, że trójkąt kolorów nie jest płaszczyzną o równej jasności. Im jakiś punkt położony jest wyżej nad osią  $xz$  (rys. 9b), tym większa jest jego jasność. Ponieważ jednak w trójkącie kolorów każdy punkt (a więc każdy kolor) ma tylko jedną ściśle określoną jasność, a nie tę, którą ma rzeczywiście kolor badany, musimy — jak to

już wyżej zaznaczono — zrezygnować z oznaczania jaskrawości w trójkącie kolorów.

Na rys. 9a pokazano przykład składania kolorów. Kolor oznaczony punktem A ma jaskrawość znacznie mniejszą niż jaskrawość płaszczyzny PQS, gdyż promień OA przebija tę płaszczyznę znacznie wyżej, dopiero w punkcie A". Natomiast kolor B ma jaskrawość nieco większą niż jaskrawość płaszczyzny PQS, gdyż punkt B leży na promieniu OB poza punktem B", w którym przebija on płaszczyznę PQS. Ze zmieszania światła o kolorach A i B powstaje światło o kolorze C, a o jaskrawości znacznie większej, gdyż będącej sumą jaskrawości światła A i B. Promienie OA, OB, OC przebijają płaszczyznę trójkąta kolorów w punktach A', B', C' stanowiących miejsca geometryczne danych kolorów w trójkącie kolorów.

Z rysunku 9a wynika bezpośrednio, że punkt C', przedstawiający światło wynikowe w trójkącie kolorów, znajduje się na prostej łączącej punkty A i B światła składowych.

W jakiej odległości będzie się znajdował punkt C' od punktów A' i B'? Oczywiście, będzie to zależało od stosunku jaskrawości obu światła zmieszanych. Im dane światło (np. B na rys. 9a) ma większą jaskrawość, tym bliżej jego punktu w trójkącie kolorów znajduje się punkt wypadkowego światła (C'). Gdyby trójkąt kolorów był płaszczyzną równą jaskrawości, a więc równoległą do płaszczyzny XZ, to długości odcinków A'C' względnie B'C' byłyby odwrotnie proporcjonalne do jaskrawości światła A względnie B. Tak jest istotnie z odcinkami linii A"B", mieszającej się w płaszczyźnie równej jaskrawości. Ponieważ jednak promień OA jest znacznie mniej nachylony do płaszczyzny XZ niż promień OB, skracając się odcinek A'C' znacznie w stosunku do odcinka AC, czyli w trójkącie kolorów odcinek A'C' jest znacznie mniejszy w stosunku do odcinka B'C' niż odpowiadałoby to stosunkowi jaskrawości obu światła zmieszanych.

Można udowodnić, że jeżeli oznaczymy przez  $L_A$ ,  $L_B$  jaskrawości dwóch światła A, B, zmieszanych ze sobą, a przez  $y_A$ ,  $y_B$  ich rzędne w trójkącie kolorów, to punkt światła wypadkowego C' znajdzie się na prostej łączącej punkty A', B' w takiej odległości, że

$$(5) \quad \frac{A'C'}{B'C'} = \frac{L_B}{L_A} \cdot \frac{y_A}{y_B} = \frac{L_B}{y_B} : \frac{L_A}{y_A}.$$

Z równania (5) i rys. 9a lub 9b wynika:

$$(6) \quad \begin{cases} x_C = x_A + (x_B - x_A) \frac{L_B y_A}{L_A y_B + L_B y_A}, \\ y_C = y_A + (y_B - y_A) \frac{L_B y_A}{L_A y_B + L_B y_A}. \end{cases}$$

Dowód równania (5), który tu pomijamy, da się łatwo przeprowadzić geometrycznie na podstawie rys. 9a.

Można również udowodnić, że gdy oderwiemy się od przestrzeni kolorów, równoboczny trójkąt kolorów da się zastąpić prostokątnym równoramiennym, który jest o wiele dogodniejszy w użyciu. Trójkąt ten jest też powszechnie używany i to prawie wszędzie (z wyjątkiem Holandii) z osią x poziomą i osią y pionową (rys. 9c).

Przy pomocy równań (5) lub (6) możemy składać geometrycznie lub arytmetycznie kolory (określać współrzędne koloru światła wypadkowego), jeżeli znamy współrzędne kolorów poszczególnych światła składowych w trójkącie kolorów i ich bezwzględną lub względną jaskrawość.

Jeszcze prościej przedstawia się sprawa, jeżeli znamy współczynniki chromatyczne (współrzędne koloru) poszczególnych kolorów X, Y, Z w przestrzeni kolorów.

Z rys. 9a wynika:

$$\begin{aligned} X_C &= X_A + X_B, \\ Y_C &= Y_A + Y_B, \\ Z_C &= Z_A + Z_B, \end{aligned}$$

albo ogólnie, jeżeli mamy  $n$  światła o współczynnikach

$$\begin{aligned} X_1, X_2, \dots, X_n, \\ Y_1, Y_2, \dots, Y_n, \\ Z_1, Z_2, \dots, Z_n, \end{aligned}$$

to współczynniki (współrzędne przestrzenne) koloru wypadkowego będą

$$(7) \quad X_w = \sum_1^n X_i; \quad Y_w = \sum_1^n Y_i; \quad Z_w = \sum_1^n Z_i.$$

Współrzędne każdego światła w trójkącie kolorów są proporcjonalne do współczynników (współrzędnych) w przestrzeni kolorów, czyli

$$(8) \quad x = cX; \quad y = cY; \quad z = cZ,$$

gdzie  $c$  jest stałą zależną od jaskrawości danego światła.

Ponieważ obieramy trójkąt kolorów tak, że

$$x + y + z = 1,$$

przeto

$$x + y + z = c(X + Y + Z) = 1,$$

a stąd i z równ. (8):

$$x = \frac{cX}{c(X + Y + Z)} \text{ itd., czyli}$$

$$(9) \quad x = \frac{X}{X + Y + Z}; \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}; \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}.$$

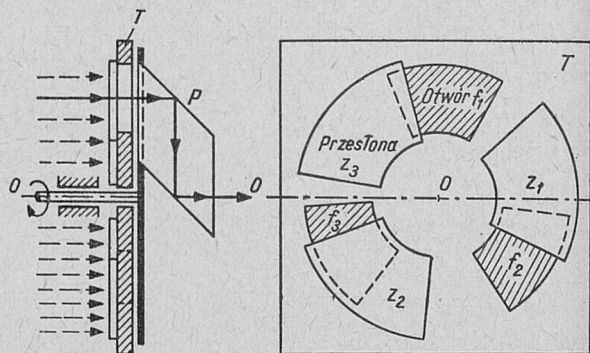
W naszym przykładzie na rys. 9 jest

$$X_A = 0,28, \quad Y_A = 0,22, \quad Z_A = 1,08,$$

$$X_B = 0,80, \quad Y_B = 0,40, \quad Z_B = 0,47,$$

z czego wynika

$$X_c = 1,08, \quad Y_c = 0,62, \quad Z_c = 1,55,$$



Rys. 10. Tarcza wycinkowa Brodhuna do mieszania kolorów a stąd

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{1,08}{1,08 + 0,62 + 1,55} = \frac{1,08}{3,25} = 0,332, \\ y_c &= \frac{0,62}{3,25} = 0,191, \\ z_c &= \frac{1,55}{3,25} = 0,477. \end{aligned}$$

Jak widać z tego przykładu, obliczenie współrzędnych koloru wypadkowego nie następuje żadnych trudności.

Z współczynników światła A i B wynikają ich współrzędne kolorów (obliczone tak samo, jak współrzędne koloru wypadkowego C):

$$\begin{aligned} x_a &= \frac{X_A}{X_A + Y_A + Z_A} = 0,177, \quad y_a = 0,139, \quad z_a = 0,684 \\ x_b &= 0,479, \quad y_b = 0,240, \quad z_b = 0,281 \end{aligned}$$

Gdybyśmy nie znali współczynników światła A i B, a znali tylko współrzędne w trójkącie kolorów oraz jaskrawości, które wobec równości  $Y = L$  wynoszą:

$$L_A = 0,22, \quad L_B = 0,40,$$

to obliczyliśmy współrzędne koloru światła C przy pomocy wzorów (6). Jest

$$L_A y_B = 0,22 \cdot 0,240 = 0,0528; \quad L_B y_A = 0,40 \cdot 0,139 = 0,0556$$

$$x_b - x_a = 0,302; \quad y_b - y_a = 0,101,$$

stąd przy pomocy równań (6):

$$x_c = 0,177 + 0,302 \frac{0,0556}{0,1084} = 0,332,$$

$$y_c = 0,139 + 0,101 \frac{0,0556}{0,1084} = 0,191.$$



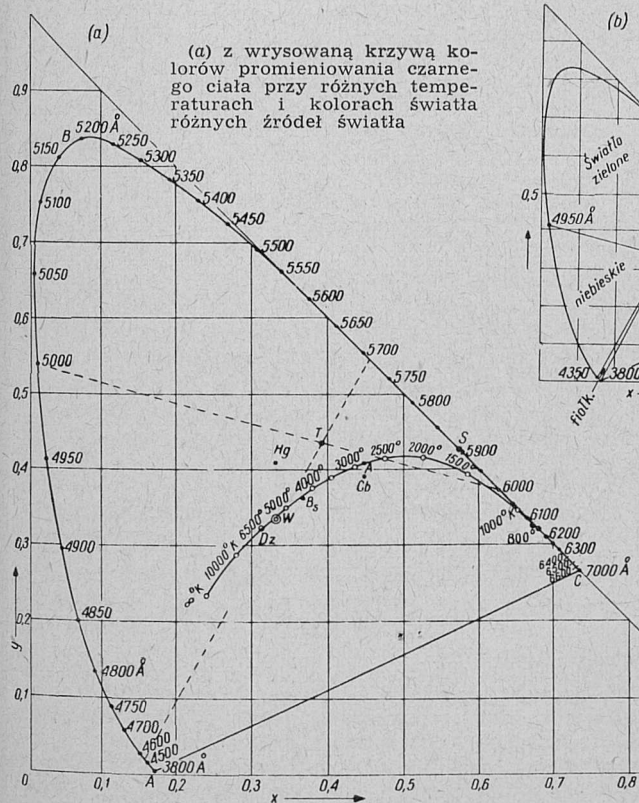
Tablica II. Współrzędne barw spektralnych w międzynarodowym trójkącie kolorów

| $\lambda$ (Å) | $x$    | $y$    | $z$    | $\lambda$ (Å) | $x$    | $y$    | $z$    | $\lambda$ (Å) | $x$    | $y$    | $z$    |
|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|
|               |        |        |        | 5250          | 0,1142 | 0,8262 | 0,0596 | 6750          | 0,7327 | 0,2673 | 0,0000 |
| 3800          | 0,1741 | 0,0050 | 0,8209 | 5300          | 0,1547 | 0,8059 | 0,0394 | 6800          | 0,7334 | 0,2666 |        |
| 3850          | 0,1740 | 0,0050 | 0,8211 | 5350          | 0,1929 | 0,7816 | 0,0255 | 6850          | 0,7340 | 0,2660 |        |
| 3900          | 0,1738 | 0,0049 | 0,8212 | 5400          | 0,2296 | 0,7543 | 0,0161 | 6900          | 0,7344 | 0,2656 |        |
| 3950          | 0,1736 | 0,0048 | 0,8216 | 5450          | 0,2658 | 0,7243 | 0,0099 | 6950          | 0,7346 | 0,2654 |        |
| 4000          | 0,1733 | 0,0048 | 0,8219 | 5500          | 0,3016 | 0,6923 | 0,0061 | 7000          | 0,7347 | 0,2653 |        |
| 4050          | 0,1730 | 0,0048 | 0,8222 | 5550          | 0,3373 | 0,6589 | 0,0038 | 7050          |        | 0,2653 |        |
| 4100          | 0,1726 | 0,0048 | 0,8226 | 5600          | 0,3731 | 0,6245 | 0,0024 | 7100          |        | 0,2653 |        |
| 4150          | 0,1721 | 0,0048 | 0,8231 | 5650          | 0,4087 | 0,5897 | 0,0016 | 7150          |        | 0,2653 |        |
| 4200          | 0,1714 | 0,0051 | 0,8235 | 5700          | 0,4441 | 0,5547 | 0,0012 | 7200          |        | 0,2653 |        |
| 4250          | 0,1703 | 0,0058 | 0,8239 | 5750          | 0,4788 | 0,5202 | 0,0010 | 7250          |        | 0,2653 |        |
| 4300          | 0,1689 | 0,0069 | 0,8242 | 5800          | 0,5125 | 0,4866 | 0,0009 | 7300          |        | 0,2653 |        |
| 4350          | 0,1669 | 0,0086 | 0,8245 | 5850          | 0,5448 | 0,4544 | 0,0008 | 7350          |        | 0,2653 |        |
| 4400          | 0,1644 | 0,0109 | 0,8247 | 5900          | 0,5752 | 0,4242 | 0,0006 | 7400          |        | 0,2653 |        |
| 4450          | 0,1611 | 0,0138 | 0,8251 | 5950          | 0,6029 | 0,3965 | 0,0006 | 7450          |        | 0,2653 |        |
| 4500          | 0,1566 | 0,0177 | 0,8257 | 6000          | 0,6270 | 0,3725 | 0,0005 | 7500          |        | 0,2653 |        |
| 4550          | 0,1510 | 0,0227 | 0,8263 | 6050          | 0,6482 | 0,3514 | 0,0004 | 7550          |        | 0,2653 |        |
| 4600          | 0,1440 | 0,0297 | 0,8263 | 6100          | 0,6658 | 0,3340 | 0,0002 | 7600          |        | 0,2653 |        |
| 4650          | 0,1355 | 0,0399 | 0,8246 | 6150          | 0,6801 | 0,3197 | 0,0002 | 7650          |        | 0,2653 |        |
| 4700          | 0,1241 | 0,0578 | 0,8181 | 6200          | 0,6915 | 0,3083 | 0,0002 | 7700          |        | 0,2653 |        |
| 4750          | 0,1096 | 0,0868 | 0,8036 | 6250          | 0,7006 | 0,2993 | 0,0001 | 7750          |        | 0,2653 |        |
| 4800          | 0,0913 | 0,1327 | 0,7760 | 6300          | 0,7079 | 0,2920 | 0,0001 | 7800          | 0,7347 | 0,2653 |        |
| 4850          | 0,0687 | 0,2007 | 0,7306 | 6350          | 0,7140 | 0,2859 | 0,0001 |               |        |        |        |
| 4900          | 0,0454 | 0,2950 | 0,6596 | 6400          | 0,7190 | 0,2810 | 0,0001 |               |        |        |        |
| 4950          | 0,0235 | 0,4127 | 0,5638 | 6450          | 0,7230 | 0,2770 | 0,0000 |               |        |        |        |
| 5000          | 0,0082 | 0,5384 | 0,4534 | 6500          | 0,7260 | 0,2740 |        |               |        |        |        |
| 5050          | 0,0039 | 0,6548 | 0,3413 | 6550          | 0,7283 | 0,2717 |        |               |        |        |        |
| 5100          | 0,0139 | 0,7502 | 0,2359 | 6600          | 0,7300 | 0,2700 |        |               |        |        |        |
| 5150          | 0,0389 | 0,8120 | 0,1491 | 6650          | 0,7311 | 0,2689 |        |               |        |        |        |
| 5200          | 0,0743 | 0,8338 | 0,0919 | 6700          | 0,7320 | 0,2680 |        |               |        |        |        |

## 6. Promieniowanie równoenergetyczne w przestrzeni kolorów. Promieniowanie monochromatyczne na płaszczyźnie kolorów.

W trójkąt kolorów wrysowano na rys. 9 krzywą będącą miejscem geometrycznym barw widmowych (monochromatycz-

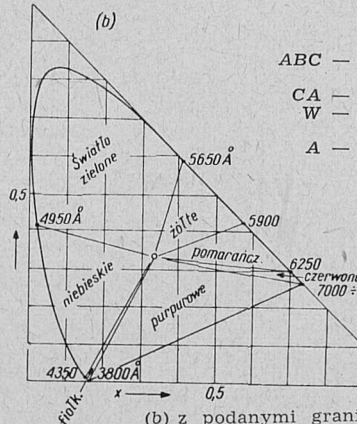
kiego promieniowania równoenergetycznego w przestrzeni kolorów. Promieniowanie monochromatyczne na płaszczyźnie kolorów. W trójkąt kolorów wrysowano na rys. 9 krzywą będącą miejscem geometrycznym barw widmowych (monochromatycz-



Rys. 11. Trójkąt kolorów Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w postaci obecnie najczęściej używanej

nych). Sposób, w który tę krzywą otrzymano, prowadzi do problemów będących w bezpośrednim związku z metodami pomiaru współrzędnych koloru.

W kolorymetrze subiektywnym porównujemy kolor światła badanego z kolorem światła porównawczego, przy czym oba światła występują równocześnie obok siebie w polu widzenia



(b) z podanymi granicami kolorów

skrawości możemy bez trudności przy pomocy wzoru (5) lub (6) obliczyć współrzędne światła wynikowego. Jeżeli światło badane znajduje się wewnątrz trójkąta  $r$ - $g$ - $b$  (rys. 9), to zawsze potrafimy tak dobrać stosunek jasności trzech mieszanych składników światła porównawczego, że kolor światła porównawczego zrówna się z kolorem światła badanego.

Nie uda się nam to jednak przy pomiarze współrzędnych kolorów promieniowania monochromatycznego. Punkty bowiem kolorów światła monochromatycznych mieszczą się na zewnątrz trójkąta zawartego między kolorami pierwotnymi  $r$ ,  $g$ ,  $b$  (rys. 9b lub 9c). Należy tu zastosować zamiast metody powyżej opisanej nazywanej metodą dodawania metodą odejmowania. Jeżeli np. chcemy wyznaczyć współrzędne koloru promieniowania monochromatycznego o długości fali 5000 Å (rys. 9c), to możemy przez zmieszanie w odpowiednim stosunku światła składowych (w tym wypadku wystarczą dwa światła pierwotne —  $b$  oraz  $g$ ) otrzymać światło porównawcze  $P$  o odcieniu dokładnie równym odcieniowi światła badanego (5000 Å), lecz o znacznie słabszym nasyceniu (znacznie bledsze). Aby otrzymać światło porównawcze dokładnie takie samo, jak światło badane, należałoby o dając od światła porównawczego pewną ilość rozkładającego jego nasycenie światła białego. Ponieważ tego nie możemy wykonać, d o d a j e m y d o ś w i a t ł a b a d a n e g o o d p o w i e d n i ą i l o ś ć ś w i a t ł a b i a ł e g o. Tok obliczenia jest więc i w tym wypadku prosty: najprzód na

otworu przyrządu. Światło porównawcze jest mieszaniną trzech światła pierwotnych (np. światła  $R$ ,  $G$ ,  $B$ ), które możemy mieszać w dowolnych — w dostatecznie szerokich granicach regulowanych — stosunkach. Rys. 10 pokazuje przykład takiego urządzenia do mieszania światła (tarcza wycinkowa Brodhuna). Pryzmat  $P$  obracając się szybko naokoło osi  $O$  przechodzi przed okienkami  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  wykonanymi ze szkła kolorowego wstawionego w otwory tarczy  $T$ . Gdy z tyłu naświetlimy tarczę równomiernie światłem o znanym i dokładnie utrzymywanym składzie widmowym (np. białym światłem  $E$ ), otrzymamy trzy pod względem koloru ściśle określone strumienie świetlne, których wielkość można regulować (i odczytywać) za pomocą ruchomych przesłon  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$ . Pryzmat mijając kolejno okienka „zaczepuje” z nich pewną ilość światła i kieruje ją wzdłuż osi  $O$ . Ponieważ obrót pryzmatu jest szybki, powstaje u człowieka patrzącego w kierunku  $O$  —  $O$  wrażenie jednego koloru odpowiadającego mieszaninie światła, które wychodzą z okienek  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ . Jeżeli np. jako światła mieszanych użyjemy światła pierwotnych  $R$ ,  $G$ ,  $B$ , to po odczytaniu (na skalach podających położenie przesłon) ich względnej ja-

Tablica III. Współczynniki trzech bodźców (współrzędne przestrzenne) widma promieniowania równoenergetycznego

| $\lambda$ (Å) | $\bar{X}$ | $\bar{Y} = V$ | $\bar{Z}$ | $\lambda$ (Å) | $\bar{X}$ | $\bar{Y} = V$ | $\bar{Z}$ | $\lambda$ (Å) | $\bar{X}$ | $\bar{Y} = V$ | $\bar{Z}$ |
|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| 3800          | 0,0014    | 0,0000        | 0,0065    | 5300          | 0,1655    | 0,8620        | 0,0422    | 6800          | 0,0468    | 0,0170        | 0,0000    |
| 3850          | 0,0022    | 0,0001        | 0,0105    | 5350          | 0,2257    | 0,9149        | 0,0298    | 6850          | 0,3329    | 0,0119        |           |
| 3900          | 0,0042    | 0,0001        | 0,0201    | 5400          | 0,2904    | 0,9540        | 0,0206    | 6900          | 0,0227    | 0,0082        |           |
| 3950          | 0,0076    | 0,0002        | 0,0362    | 5450          | 0,3597    | 0,9803        | 0,0134    | 6950          | 0,0158    | 0,0057        |           |
| 4000          | 0,0143    | 0,0004        | 0,0679    | 5500          | 0,4334    | 0,9950        | 0,0087    | 7000          | 0,0114    | 0,0041        |           |
| 4050          | 0,0232    | 0,0006        | 0,1102    | 5550          | 0,5121    | 1,0002        | 0,0057    | 7050          | 0,0081    | 0,0029        |           |
| 4100          | 0,0435    | 0,0012        | 0,2074    | 5600          | 0,5945    | 0,9950        | 0,0039    | 7100          | 0,0058    | 0,0021        |           |
| 4150          | 0,0776    | 0,0022        | 0,3713    | 5650          | 0,6784    | 0,9786        | 0,0027    | 7150          | 0,0041    | 0,0015        |           |
| 4200          | 0,1344    | 0,0040        | 0,6459    | 5700          | 0,7621    | 0,9520        | 0,0021    | 7200          | 0,0029    | 0,0010        |           |
| 4250          | 0,2148    | 0,0073        | 1,0391    | 5750          | 0,8425    | 0,9154        | 0,0018    | 7250          | 0,0020    | 0,0007        |           |
| 4300          | 0,2839    | 0,0116        | 1,3856    | 5800          | 0,9163    | 0,8700        | 0,0017    | 7300          | 0,0014    | 0,0005        |           |
| 4350          | 0,3285    | 0,0168        | 1,6230    | 5850          | 0,9786    | 0,8163        | 0,0014    | 7350          | 0,0010    | 0,0004        |           |
| 4400          | 0,3483    | 0,0230        | 1,7471    | 5900          | 1,0263    | 0,7570        | 0,0011    | 7400          | 0,0007    | 0,0003        |           |
| 4450          | 0,3481    | 0,0298        | 1,7826    | 5950          | 1,0567    | 0,6949        | 0,0010    | 7450          | 0,0005    | 0,0002        |           |
| 4500          | 0,3362    | 0,0380        | 1,7721    | 6000          | 1,0622    | 0,6310        | 0,0008    | 7500          | 0,0003    | 0,0001        |           |
| 4550          | 0,3187    | 0,0480        | 1,7441    | 6050          | 1,0456    | 0,5668        | 0,0006    | 7550          | 0,0002    | 0,0001        |           |
| 4600          | 0,2908    | 0,0600        | 1,6692    | 6100          | 1,0026    | 0,5030        | 0,0003    | 7600          | 0,0002    | 0,0001        |           |
| 4650          | 0,2511    | 0,0739        | 1,5281    | 6150          | 0,9384    | 0,4412        | 0,0002    | 7650          | 0,0001    | 0,0000        |           |
| 4700          | 0,1954    | 0,0910        | 1,2876    | 6200          | 0,8544    | 0,3810        | 0,0002    | 7700          | 0,0001    | 0,0000        |           |
| 4750          | 0,1421    | 0,1126        | 1,0419    | 6250          | 0,7514    | 0,3210        | 0,0001    | 7750          | 0,0000    | 0,0000        |           |
| 4800          | 0,0956    | 0,1390        | 0,8130    | 6300          | 0,6424    | 0,2650        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 4850          | 0,0580    | 0,1693        | 0,6162    | 6350          | 0,5419    | 0,2170        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 4900          | 0,0320    | 0,2080        | 0,4652    | 6400          | 0,4479    | 0,1750        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 4950          | 0,0147    | 0,2586        | 0,3533    | 6450          | 0,3608    | 0,1382        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 5000          | 0,0049    | 0,3230        | 0,2720    | 6500          | 0,2835    | 0,1070        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 5050          | 0,0024    | 0,4073        | 0,2123    | 6550          | 0,2187    | 0,0816        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 5100          | 0,0093    | 0,5030        | 0,1582    | 6600          | 0,1649    | 0,0610        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 5150          | 0,0291    | 0,6082        | 0,1117    | 6650          | 0,1212    | 0,0446        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 5200          | 0,0633    | 0,7100        | 0,0782    | 6700          | 0,0874    | 0,0320        | 0,0000    |               |           |               |           |
| 5250          | 0,1096    | 0,7932        | 0,0573    | 6750          | 0,0636    | 0,0232        | 0,0000    |               |           |               |           |
|               |           |               |           |               |           |               |           | Suma          | 21,37     | 21,37         | 21,37     |

podstawie odczytu względnej jasności światła zmieszanych tak, aby dały w wyniku światło o kolorze  $P$ , obliczamy przy pomocy równań (6) współrzędne koloru  $P$ , a następnie dodajemy do światła badanego (5000 Å) światło białe  $E$  w takim

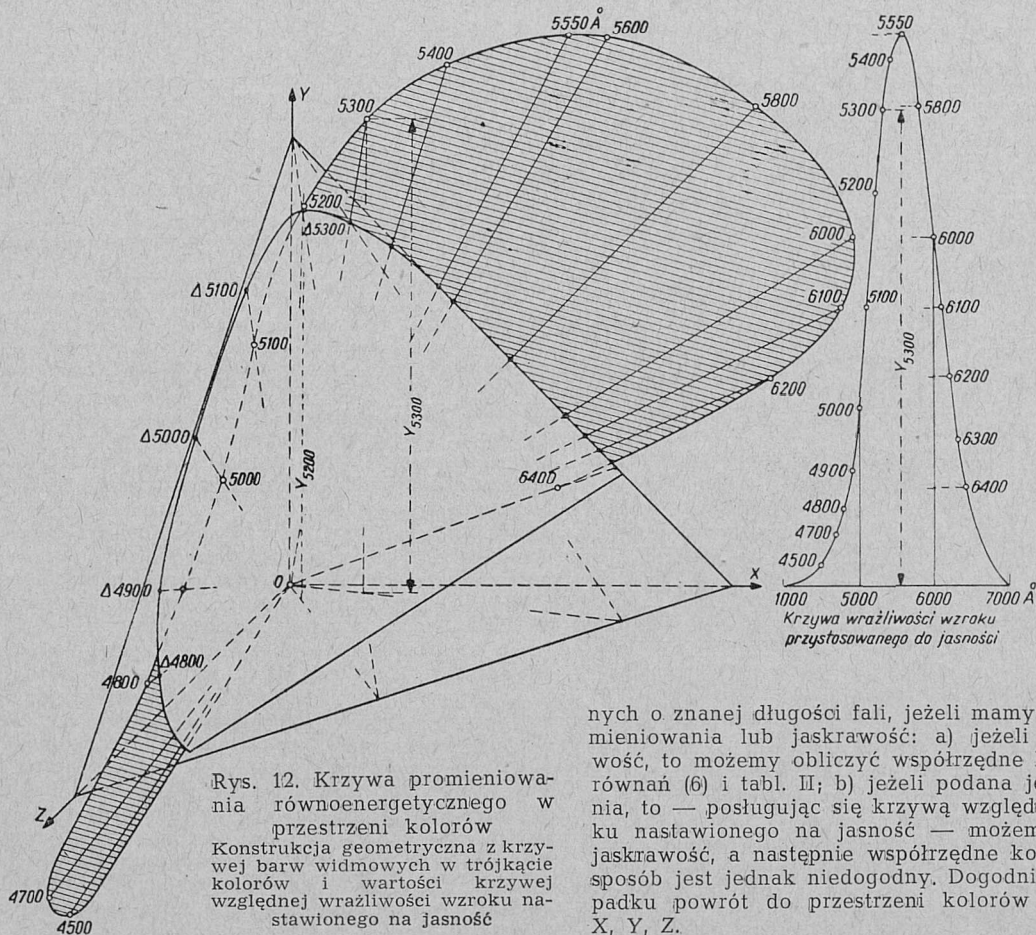
Tabl. III podaje zestawienie współrzędnych barw widmowych w międzynarodowym trójkącie kolorów.

Dotychczasowe rozważania umożliwiają obliczenie współrzędnych koloru mieszaniny dwóch światła monochromatycz-

nego  $E$  reprezentowany jest w trójkącie kolorów przez punkt  $W$ , znajdujący się dokładnie w środku trójkąta kolorów, a więc jego współrzędne są  $x = 0,333$ ,  $y = 0,333$ . Jak wynika z powyższych rozważań, kolorymetry subiektywne omawianego typu muszą mieć urządzenia dodatkowe pozwalające na domieszanie do światła badanego światła o kolorze białym lub o innym odpowiednim ściśle określonym kolorze.

Postępując w sposób powyższy możemy wyznaczyć krzywą będącą miejscem geometrycznym wszystkich barw widmowych (kolorów promieniowania monochromatycznego).

Na rys. 11a krzywa  $ABC$  jest miejscem geometrycznym barw widmowych. Na prostej  $AC$  mieszczą się kolory purpurowe powstałe ze zmieszania czerwieni i fioletu. Wrysowana jest też krzywa kolorów promieniowania czarnego ciała przy różnych temperaturach nagrzania oraz punkty kolorów światła różnych lamp.



Rys. 12. Krzywa promieniowania równoenergetycznego w przestrzeni kolorów  
Konstrukcja geometryczna z krzywej barw widmowych w trójkącie kolorów i wartości krzywej względnej wrażliwości wzroku nastawionej na jasność

stosunku, aby jego kolor także pod względem nasycenia zrównał się z kolorem  $P$ . Następnie obliczamy za pomocą równań (6) kolor światła 5000 Å jako mieszaninę kolorów  $P$  i białego  $E$ , wstawiając w równania współrzędne koloru  $E$  ze znakiem minus. Jak wiadomo, kolor promieniowania równoenergetycz-

nych o znanej długości fali, jeżeli mamy podaną ich moc promieniowania lub jasność: a) jeżeli podana jest jasność, to możemy obliczyć współrzędne kolorów przy pomocy równań (6) i tabl. III; b) jeżeli podana jest moc promieniowania, to — posługując się krzywą względną wrażliwości wzroku nastawioną na jasność — możemy obliczyć względną jasność, a następnie współrzędne koloru, jak pod a). Ten sposób jest jednak niedogodny. Dogodniejszy jest w tym wypadku powrót do przestrzeni kolorów i jej współrzędnych  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ .

Jak wiadomo,  $Y$  w przestrzeni kolorów jest miarą jasności. Możemy więc ułożyć tablicę i wykreślić krzywe współczynników bodźców (współrzędnych przestrzennych) promieniowania równoenergetycznego (tabl. III i rys. 12). Ponieważ położenie punktów w przestrzeni kolorów zależne jest nie tyl-



ko od koloru, lecz także od jasności, musimy wybrać jasność dla jakiejś długości fali. Obieramy takie promieniowanie równoenergetyczne, że jasność światła o długości fali 5550 Å, na które wzrok ludzki jest najbardziej wrażliwy, wynosi 1 sb (odpowiada to promieniowaniu doskonale rozproszonemu z tarczy o powierzchni 1 dm<sup>2</sup> o strumieniu świetlnym 314 lm i mocy ok. 0,48 W). Współrzędne przestrzenne tak obranego promieniowania równoenergetycznego będziemy oznaczali symbolami  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\bar{Z}$ . Ponieważ krzywa względnej wrażliwości wzroku wykazuje również wartość 1 dla  $\lambda = 5550$  Å, przeto wartości  $\bar{Y}$  dla poszczególnych długości fali będą równe wartościom rzędnych krzywej względnej wrażliwości. Dalej już z łatwością można obliczyć pozostałe współrzędne  $\bar{X}$ ,  $\bar{Z}$  z tabl. III i krzywej wrażliwości.

Weźmy dla przykładu promieniowanie o długości fali 5000 Å. Z tabl. III bierzemy wartość  $y = 0,5384$ ; z krzywej wrażliwości, której tu nie podajemy, gdyż wartości jej są identyczne z wartościami  $\bar{Y} = V$  z tabl. III, wynika  $\bar{Y} = 0,3230$ , a ponieważ według równ. (9)

$$y = \frac{\bar{Y}}{\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z}}, \text{ przeto } \bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z} = \frac{\bar{Y}}{y} = \frac{0,3230}{0,5384} = 0,600.$$

Stąd i z tabl. III otrzymujemy  $\bar{X} = x(\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z}) = 0,0082 \cdot 0,6 = 0,0049$  i  $\bar{Z} = z(\bar{X} + \bar{Y} + \bar{Z}) = 0,4534 \cdot 0,6 = 0,272$ .

Dla światła o długości fali 6000 Å otrzymamy w ten sam sposób współrzędne przestrzenne:

$$\bar{X} = 1,062, \quad \bar{Y} = 0,631, \quad \bar{Z} = 0,0008.$$

W ten sposób można obliczyć współrzędne przestrzenne koloru dla dowolnego promieniowania monochromatycznego. W tabl. III podano wartości tych współrzędnych  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\bar{Z}$  dla długości fal co 50 Å. W nagłówku wskazano, że wartości  $\bar{Y}$  są zarazem wartościami krzywej względnej wrażliwości wzroku nastawionego na jasność ( $\bar{Y} = V_\lambda$ ).

Na rys. 12 przedstawiono krzywą promieniowania równoenergetycznego w przestrzeni kolorów, wyznaczoną na podstawie wartości jej współrzędnych podanych w tabl. III. Obok podano rzędne krzywej wrażliwości wzroku, które wraz z krzywą barw widmowych (promieniowania monochromatycznego) na płaszczyźnie kolorów pozwalają na geometryczne wyznaczenie krzywej promieniowania równoenergetycznego. Dla długości fali 5200 Å pokazano przykładowo konstrukcję geometryczną (liczby ze znakiem  $\Delta$  dotyczą punktów w płaszczyźnie kolorów, liczby bez znaku  $\Delta$  — punktów w przestrzeni kolorów).

Gdybyśmy chcieli obliczyć przykładowo współrzędne koloru mieszaniny światła o długości fali 5000 Å i mocy promieniowania  $E = 3,5$  W (z tabl. III:  $\bar{X} = 0,0049$ ;  $\bar{Y} = 0,323$ ;  $\bar{Z} = 0,272$ ) oraz o długości fali 6000 Å i mocy promieniowania  $E = 2,0$  W (z tabl. III:  $\bar{X} = 1,0622$ ;  $\bar{Y} = 0,631$ ;  $\bar{Z} = 0,0008$ ), to ich współrzędne przestrzenne będą

$$X_{5000} = 3,5 \cdot 0,0049 = 0,0171; \quad Y_{5000} = 3,5 \cdot 0,323 = 1,130; \quad Z_{5000} = 0,951; \\ X_{6000} = 2,0 \cdot 1,062 = 2,124; \quad Y_{6000} = 1,262; \quad Z_{6000} = 0,0016.$$

Współrzędne przestrzenne czyli współczynnik bodźców światła wynikowego  $K$  będą

$$X_k = X_{5000} + X_{6000} = 2,141; \quad Y_k = 2,392; \quad Z_k = 0,953,$$

stąd otrzymuje się współrzędne światła wynikowego w trójkącie kolorów:

$$x_k = \frac{X_k}{X_k + Y_k + Z_k} = \frac{2,141}{5,486} = 0,391; \quad y_k = \frac{2,392}{5,486} = 0,435; \\ z_k = \frac{0,953}{5,486} = 0,174.$$

Dla wypuklenia toku rozumowania przyjęto w powyższym przykładzie bezwzględne wartości mocy. Oczywiście do tych samych wyników dojdziemy, posługując się przy obliczaniu wartościami względnymi, a więc w powyższym przykładzie np. dla 6000 Å  $E = 1$ , dla 5000 Å —  $E = 1,75$ .

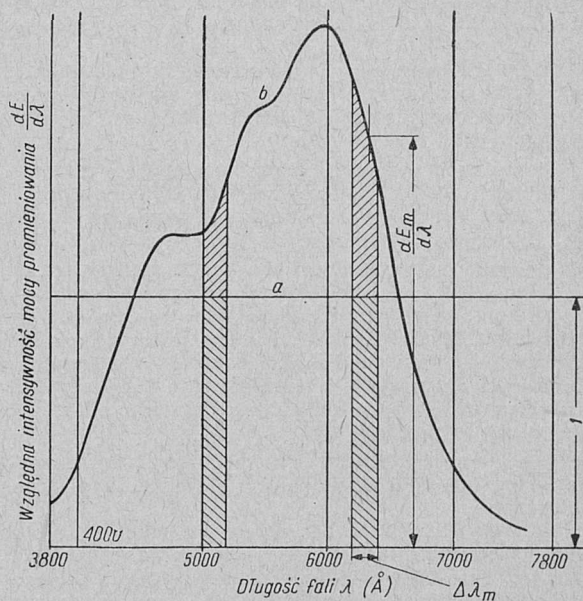
Sposób obliczania współrzędnych koloru na płaszczyźnie (w trójkącie) kolorów — z współczynników bodźców (współrzędnych kolorów w przestrzeni) daje możliwość ich łatwego i szybkiego obliczenia dla mieszaniny większej ilości światła. Jeżeli oznaczymy przez  $E_m$  bezwzględne lub względne mo-

ce promieniowania poszczególnych monochromatycznych światel składowych o długościach fali  $\lambda_m$ , przez  $\bar{X}_m$ ,  $\bar{Y}_m$ ,  $\bar{Z}_m$  ich współczynniki bodźców (współrzędne przestrzenne) dla światła równoenergetycznego, a przez  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  — współczynniki bodźców dla światła wynikowego, to dla mieszaniny  $n$  światel będzie:

$$(10) \quad X = \sum_{m=1}^{m=n} E_m \bar{X}_m; \quad Y = \sum_{m=1}^{m=n} E_m \bar{Y}_m; \quad Z = \sum_{m=1}^{m=n} E_m \bar{Z}_m;$$

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}; \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}; \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}.$$

Powyższa metoda daje łatwą możliwość wyznaczania współrzędnych koloru także dla promieniowania o widmie ciągłym. Rys. 13 przedstawia ten wypadek. Prosta pozioma przedstawia rozkład mocy promieniowania równoenergetycznego, krzywa zaś przykładowo rozkład mocy promieniowania świetlówki w zakresie widzialnym (przy czym pominięto dla uproszczenia linie bezpośredniego promieniowania pary rtęci). Widmo światła badanego dzielimy na  $n$  równych pasm o szerokości  $\Delta\lambda$  i traktujemy każde z nich jak światło monochromatyczne o mocy równej jego mocy, a długości fali równej średniej dłu-



Rys. 13. Obliczanie współczynników bodźców świetlówki

- a — krzywa mocy promieniowania równoenergetycznego w funkcji długości fali w zakresie widzialnym  
b — krzywa promieniowania świetlówki o białym świetle w funkcji długości fali w zakresie widzialnym (dla uproszczenia pominięto linie bezpośredniego promieniowania widzialnego pary rtęci świetlówki)

$$X = \sum_{m=1}^{m=n} E_m \cdot \bar{X}_{\lambda_m} \text{ (analogicznie } Y \text{ oraz } Z), \text{ przy czym wartości } \bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z} \text{ bierzemy z tabl. III.}$$

gości fali (a więc dla pasma  $\lambda_m$  do  $\lambda_m + \Delta\lambda$  wstawiamy do rachunku dane dla długości fali  $\lambda_m + \frac{\Delta\lambda}{2}$ ). Rozdzieliwszy w ten sposób widmo ciągłe na szereg światel jakoby monochromatycznych stosujemy równania (10). Im  $n$  większe, a więc im  $\Delta\lambda$  mniejsze, tym dokładniejszy będzie wynik obliczenia.

#### LITERATURA

- Berson L. Rudy fluoryzujące, PWT, 1951  
Berson L. Zarys fizyki lamp elektrycznych, PWSZ, 1953  
Berson L. Wyznaczanie współrzędnych koloru metodą trzech bodźców, ze specjalnym uwzględnieniem pomiarów światła lamp fluoryzujących (Prace Instytutu Elektrotechniki, Zesz. Oświetleniowy z r. 1954)  
Bouma P. J. Physical Aspects of Colour (Philips, Eindhoven, 1948)  
Felhorsk W. Kolorymetria światel sygnałowych (Prace Głównego Instytutu Elektrotechniki, 1951, 2)  
Harrison W. A Spectral Band Photometer for Fluorescent Lamps (Light and Lighting, 1952, 4)  
Guriewicz M. Cwiet i jego izmierzenie (Moskwa, 1950)  
Wright W. D. The Measurement of Colour (Londyn, 1944)

MGR INŻ. TADEUSZ FRANK  
MGR INŻ. ZDZISŁAW SKRYPKO

# Układy prądu stałego w elektrowniach cieplnych

621.311:621.365,024

**Treść.** Charakterystyka odbiorów prądu stałego w elektrowniach cieplnych. Dobór napięcia prądu stałego. Rezerwy wzbudzenia generatorów. Wymagania stawiane układom prądu stałego. Charakterystyka dwóch zasadniczych rodzajów pracy baterii. Omówienie układów połączeń prądu stałego dla elektrowni różnych kategorii o mocy od 15 do 300 MW.

**Схемы постоянного тока в тепловых электрических станциях.** Характеристика приемников постоянного тока. Выбор напряжения постоянного тока. Резервное возбуждение генераторов. Требования предъявляемые установкам. Характеристики двух основных родов работы батареи. Разбор схем соединения постоянного тока для электростанций различных категорий мощностью от 15 до 300 мегаватт.

**Direct current systems in thermal power stations.** Characteristics of direct current consumption in thermal electric plants. Selecting D. C. voltage. Generator excitation reserves. Requirements to be fulfilled by D. C. systems. Characteristics of two cardinal forms of battery work. Review of D. C. connection systems for power stations of various categories and of a capacity ranging from 15 to 300 MW.

Dążenie do możliwie pełnego zautomatyzowania pracy urządzeń nowoczesnych elektrowni powoduje, że pomocnicze urządzenia i sieć prądu stałego mają bardzo poważne znaczenie dla uzyskania pewnej i bez zakłóceń pracy podstawowych urządzeń wytwórczych i rozdzielczych elektrowni. Dlatego przy projektowaniu nowych i modernizowaniu starych elektrowni należy zwracać baczną uwagę na należyte zaprojektowanie układu połączeń i rozmieszczenie urządzeń pomocniczych prądu stałego, a również starannie należy utrzymywać je w ruchu, aby uzyskać niezawodność pracy układu prądu stałego.

Prąd stały jest stosowany w elektrowni do zasilania tych urządzeń potrzeb własnych, które wymagają dużej pewności ruchu, ciągłości zasilania i niezależności od sieci prądu zmiennego.

W elektrowniach cieplnych mamy następujące rodzaje odbiorów prądu stałego: 1) sterowanie, 2) sygnalizacja, 3) odbiory przełącznikowe, 4) oświetlenie na wypadek zakłóceń w pracy, 5) odbiory silnikowe.

Ze względu na duży koszt silników prądu stałego, ich mniejszą sprawność niż silników asynchronicznych oraz wyższe koszty eksploatacyjne, stosujemy je tylko wtedy, gdy wymagana jest bardzo duża pewność ruchu, a nieznaczne moce silników pozwalają na zasilanie ich z baterii akumulatorowej. Ponadto silniki prądu stałego stosuje się w tych przypadkach, kiedy wymagany jest szeroki zakres regulacji obrotów przy niedużej mocy silników.

Należy tu jeszcze zaznaczyć, że pod względem charakteru obciążenia można podzielić odbiory prądu stałego na następujące grupy:

- 1) odbiory stałe, zasilane bez przerwy z szyn prądu stałego,
- 2) odbiory krótkotrwałe, np. napędy wyłączników,
- 3) odbiory okresowe, włączane na szyny prądu stałego tylko w przypadkach zakłóceń ruchowych, a normalnie zasilane z sieci prądu zmiennego.

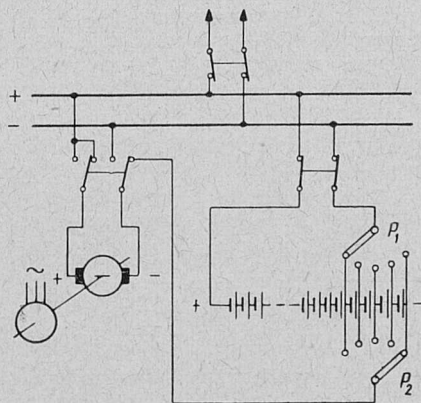
Dla należytego zaprojektowania układu prądu stałego musimy mieć dane o znamionowym napięciu odbiorów i o dopuszczalnych wahanach tego napięcia, a ponadto o zapotrzebowaniu mocy dla odbiorów. Konieczna jest poza tym charakterystyka odbiorów w zależności od rodzaju ich pracy.

Aby otrzymać małe spadki napięcia i nieduże przekroje przewodów przyjmuje się w elektrowniach na ogół 220 V jako napięcie znamionowe prądu stałego. Ma ono tę dodatkową zaletę, że światło bezpieczeństwa nie wymaga oddzielnej sieci. Lampy bezpieczeństwa są przyłączone do obwodów, które w przypadku zakłócenia w sieci prądu zmiennego samoczynnie przyłączają się na prąd stały. Napięcie 110 V nie jest zalecane obecnie, ale nieraz stosuje się je w elektrowniach modernizowanych lub rozbudowywanych ze względu na istniejące odbiory na to napięcie. Wahania napięcia, dopuszczalne dla poszczególnych urządzeń prądu stałego, są na ogół podawane w katalogach dostawców aparatury i należy się na nich opierać przy doborze układu i sieci rozdzielczej prądu stałego. Zapotrzebowanie mocy dla odbiorów jest również podawane w katalogach CHPEI lub dostawców zagranicznych. Służy ono do określania wielkości źródeł zasilających sieć prądu stałego oraz do obliczenia przekrojów sieci rozdzielczej.

Jako charakterystykę poszczególnych odbiorów prądu stałego rozumiemy dopuszczalne przerwy w zasilaniu oraz długotrwałość poboru mocy w przypadku zakłócenia normalnego ruchu. Dla elektrowni połączonych z układem energetycznym przyjmuje się jednogodzinną pracę baterii akumulatorowej w warunkach zakłóceńowych, natomiast dla elektrowni niepołączonych z układem energetycznym przyjmuje się dwugodzinną pracę baterii w warunkach zakłóceńowych.

Z układem prądu stałego w elektrowni wiąże się ściśle zagadnienie rezerwowego wzbudzenia generatorów. Dane z długoletniej pracy turbogeneratorów wskazują, że zakłócenia w pracy wzbudnic następują bardzo rzadko i najczęściej nie są one spowodowane przez samą wzbudnicę, lecz powodem zakłóceń jest najczęściej wpływ pozostałej części zespołu. Wzbudnice zawsze są umieszczane na końcu turbozespołu i dlatego niespokojna praca turbiny ma znaczny wpływ na ewentualne uszkodzenie wzbudnicy, nie spowodowane bynajmniej złą jej konstrukcją. Choć uszkodzenia wzbudnic stanowią nieznaczny procent pozostałych uszkodzeń turbozespołów, zastosowanie rezerwowego wzbudzenia jest zalecane. (Punkt 3.1.1.5. Tymczasowych Przepisów Technicznej Eksploatacji Elektrowni i Sieci). „Instrukcja eksploatacji turbogeneratorów”, wydana w r. 1952, podaje w punkcie 13.11.2., że dla wszystkich generatorów powinno być przewidziane urządzenie, umożliwiające w razie potrzeby szybkie włączenie rezerwowego wzbudzenia. Jako rezerwowe źródło wzbudzenia może być zastosowana specjalnie do tego celu zainstalowana przetwornica dwutwornikowa, ale oszczędniejszym, a również niezawodnym urządzeniem jest przetwornica, która służy normalnie do ładowania baterii akumulatorowej.

Połączenia dla wzbudzenia rezerwowego są wykonywane jako stałe, a przełączenie na wzbudzenie rezerwowe odbywa się przy pomocy wyłączników nożowych. Należy jeszcze dodać, że przepisy wyraźnie określają konieczność stosowania dalších przetwornic do rezerwowego wzbudzenia, jeżeli jedna przetwornica nie może być wykorzystana dla wszystkich gene-



Rys. 1. Układ połączeń prądu stałego przy systemie pracy „ładowanie — rozładowywanie”

ratorów. Celem jest bowiem zapewnienie rezerwowego wzbudzenia dla wszystkich generatorów pracujących w danej elektrowni.

Układ zasilania odbiorów potrzeb własnych elektrowni powinien spełniać następujące wymagania, które mają zasadniczy wpływ na układ połączeń:

- 1) pewność zasilania wszystkich odbiorników prądu stałego w normalnych i zakłóceńowych warunkach pracy,
- 2) możliwość ładowania baterii akumulatorowej bez przerwy w zasilaniu odbiorów,
- 3) utrzymywanie stałej wysokości napięcia, wymaganej przez odbiorniki,
- 4) łatwość szybkiego wyszukania miejsca uszkodzenia izolacji każdego urządzenia należącego do układu prądu stałego.

Przed omówieniem układów prądu stałego, stosowanych w elektrowniach cieplnych, należy pokrótce scharakteryzować dwa zasadnicze rodzaje pracy baterii, mianowicie pracę przy okresowym ładowaniu i rozładowywaniu oraz pracę w układzie stałego podładowywania.



Przy sposobie pracy „ładowanie — rozładowywanie” bateria rozładowuje się po pewnym czasie wskutek stałego zasilania odbiorów. W tym okresie urządzenie ładujące jest wyłączone. Ponieważ w każdej chwili może nastąpić zakłócenie w pracy układu prądu zmiennego, nie można dopuszczać do większego rozładowania baterii niż do 60 — 70%. W czasie ładowania odbiory powinny być zasilane z urządzenia ładującego, a zatem jego moc musi wystarczać do jednoczesnego ładowania baterii i zasilania stałych odbiorników.

Zasadniczą częścią układu prądu stałego jest podwójna ładownica. Służy ona do utrzymywania stałego napięcia przy rozładowywaniu baterii akumulatorowej oraz ładowania baterii bez odłączania jej od szyn zbiorczych (rys. 1). Przy zasilaniu odbiorników z baterii i przy odłączonym urządzeniu ładującym szczotka  $P_1$  ładownicy powinna być tak ustawiona, aby napięcie odbiorników przyłączonych do szyn było równe znamionowemu. Po rozładowaniu ogniów (po pewnym czasie zasilania odbiorników) napięcie baterii obniży się i aby je utrzymać w stałej wysokości należy włączyć na szyny większą liczbę ogniów. Przy końcu okresu rozładowywania każde ogniwo jest rozładowane do najniższego dopuszczalnego napięcia.

Na tej podstawie oblicza się liczbę ogniów baterii akumulatorowej

$$n = \frac{U_n}{U_k} \cdot 1,05,$$

gdzie  $U_n$  — napięcie znamionowe (V), a  $U_k = 1,8$  V — napięcie końcowe ogniwa przy rozładowaniu.

W czasie ładowania urządzenie ładownicze zasilą równocześnie odbiory stałe. Napięcie ładowania powinno być tak wysokie, aby na jedno ogniwo przypadało napięcie 2,1 V (dla ogniów ołowianych), a więc

$$U_g = \frac{U_1}{U_k} \cdot U_n,$$

gdzie  $U_g$  — napięcie na zaciskach generatora przetwornicy (V),

$U_1 = 2,1$  V — napięcie końcowe ładowania.

Tak więc w zależności od rodzaju ogniów napięcie na zaciskach urządzenia ładującego powinno być o 20 do 55% wyższe od napięcia znamionowego. Przy ustawieniu szczotki  $P_2$  ładownicy w skrajnym prawym położeniu oraz szczotki  $P_1$  w lewym położeniu można uzyskać również i przy ładowaniu baterii stałe napięcie na szynach zbiorczych, z których są zasilane odbiorniki. Podczas ładowania podwyższa się napięcie na ogniwach baterii, a więc — aby utrzymać stałą wysokość napięcia na szynach — należy szczotkę  $P_1$  przesunąć w lewo. Przy końcu okresu ładowania dochodzimy do napięcia 2,7 V na ogniwach i wówczas szczotka  $P_1$  znajduje się w skrajnym lewym położeniu. Obliczamy stąd liczbę ogniów, które nie są objęte regulacją ładownicy:

$$n_o = \frac{U_n}{U_{kt}} \cdot 1,05,$$

gdzie  $U_{kt} = 2,7$  V — napięcie końcowe ładowania ogniwa.

W miarę rozładowania szczotkę  $P_2$  przesuwamy w lewo. Przyjmując, że w końcu ładowania zostają włączone wszystkie ogniwa, urządzenie ładujące powinno dawać napięcie równe  $1,55 U_n$ . Dlatego np. przetwornice stosuje się z zakresem regulacji napięcia od 230 do 320 V.

Przy zastosowaniu układu „ładowanie — wyładowanie” konieczne jest stosunkowo częste ładowanie baterii akumulatorowej (zwykle co dwie doby), co powoduje szybkie niszczenie płyt zwłaszcza dodatnich tracących część masy czynnej. Częste ładowanie komplikuje ponadto eksploatację baterii i dlatego w elektrowniach i w dużych podstacjach nie poleca się stosowania takiego układu pracy.

Przy pracy baterii akumulatorowych w układzie stałego podładowywania bateria pracuje równolegle z przetwornicą podładowującą, która zasilą odbiorniki stałe i jednocześnie małym prądem podładowuje baterię. Dzięki temu bateria jest stale naładowana. Dobór liczby ogniów baterii oraz ładownicy wykonuje się podobnie, jak w poprzednim systemie pracy.

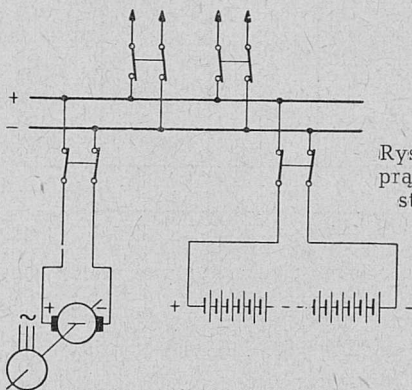
Prąd podładowywania akumulatorów ołowianych powinien nie być mniejszy niż 2% znamionowego prądu ładującego. Większe rozładowanie baterii następuje tylko w wypadku zakłócenia ruchu w sieci prądu zmiennego, kiedy jest nieczynna przetwornica podładowująca. Stałość napięcia na szynach uzyskuje się przy pomocy ładownicy, która pozwala włączyć dodatkowe ogniwa. Po zlikwidowaniu zakłócenia w sieci prądu zmiennego ładuje się baterię do pełnej pojemności.

Baterie pracujące ze stałym podładowywaniem przewiduje się dla mniejszego rozładowywania, a następnie pełnego ładowania. Do okresowego ładowania baterii instaluje się zwykle specjalny zespół, którego moc jest na ogół większa od mocy urządzenia podładowującego. W wypadku uszkodzenia urządzenia ładującego przewiduje się możliwość wykorzystania przetwornicy przeznaczonej do rezerwowego wzbudzenia generatorów.

Praca baterii akumulatorowej w układzie stałego podładowywania jest ekonomiczniejsza i zwiększa pewność zasilania odbiorów prądu stałego, a ponadto pozwala na zastosowanie baterii o mniejszej pojemności.

Wadą tego sposobu pracy jest konieczność ustawiania dodatkowych przetwornic podładowujących.

Ogólnie spotyka się w literaturze radzieckiej, że w elektrowniach o mocy instalowanej wyższej od 50 MW stosuje się dwa układy szyn, co pozwala na przełączanie odbiorów z jednego układu szyn na drugi bez przerwy w ich zasilaniu. W tych przypadkach przewiduje się dwie baterie akumulatorów, z których każda pracuje na jeden z układów szyn zbiorczych. Dla każdej baterii ustawia się wówczas oddzielną prze-



Rys. 2. Układ połączeń prądu stałego przy systemie stałego podładowywania

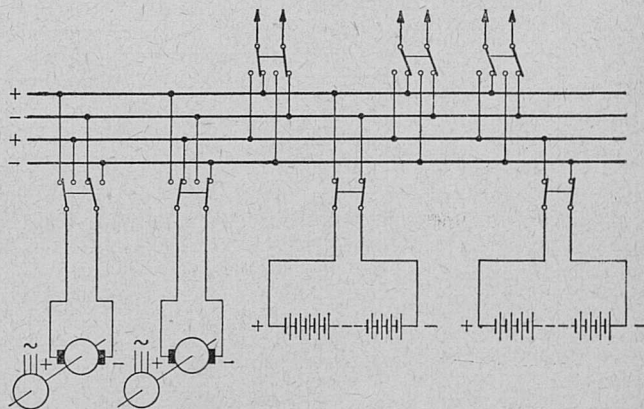
twornicę podładowującą. Natomiast do ładowania okresowego przewiduje się tylko jedną przetwornicę dla obu baterii.

Dla uzupełnienia należy jeszcze wspomnieć o układzie, w którym bateria jest stale podładowywana przez przetwornicę bez ładownicy (rys. 2). Wówczas do szyn jest przyłączona stała liczba ogniów akumulatorowych, określona przy stałym podładowywaniu wzorem

$$n = \frac{U_n}{U_{kt}}.$$

W tym przypadku liczba ogniów jest mniejsza niż w układach mających ładownicę, ponieważ  $U_{kt} = 2,15$  V.

Zaletą tego układu jest prostota i stałe podładowywanie wszystkich ogniów baterii. Natomiast bardzo poważną wadą



Rys. 3. Układ połączeń prądu stałego z dwiema bateriami akumulatorów

jest duże wahanie napięcia na szynach zbiorczych przy rozładowaniach w razie zakłócenia pracy i przy jej ładowaniu. W razie zakłócenia napięcie baterii obniża się do

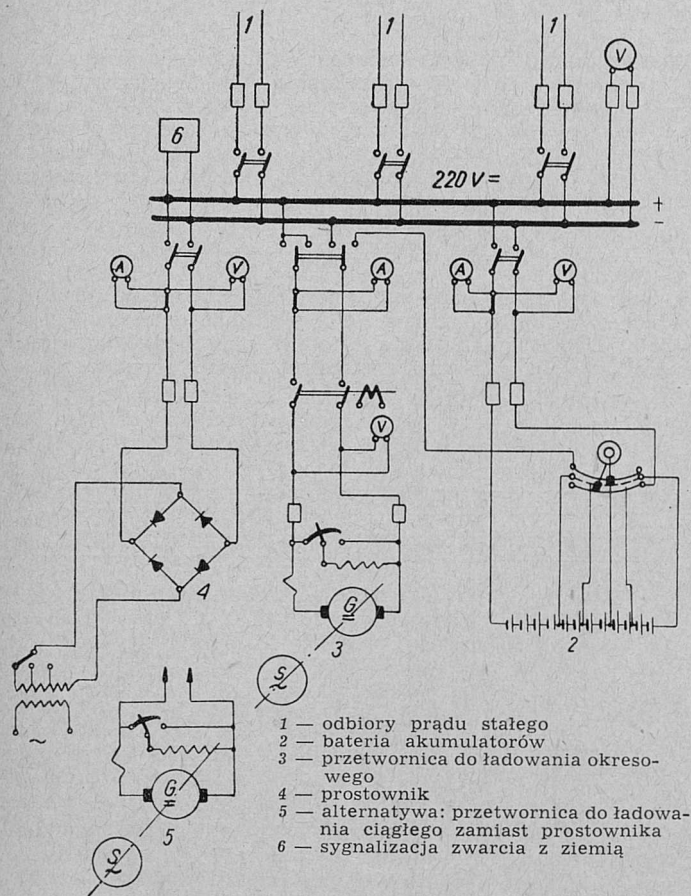
$$U = \frac{1,75}{2,15} = 0,82 U_n.$$

Jeszcze większe obniżenie napięcia następuje przy końcu

Tablica I. Zestawienie przyjętych odbiorów prądu stałego dla elektrowni o mocy od 15 do 50 MW

| Nazwa odbioru                                                       | Liczba jedno-cześnie czynnych | Jednost-kowy pobór mocy<br>(W) | Obciążenie baterii |        |              |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------|--------------|-------|
|                                                                     |                               |                                | ciągłe             |        | krótkotrwałe |       |
|                                                                     |                               | (W)                            | (W)                | (A)    | (W)          | (A)   |
| 1. Lampki kontrolne położenia wyłączników i odłączników             | 5                             | 15                             | 75                 | 0,34   |              |       |
| 2. Napęd wyłączników ekspansyjnych                                  | 7                             | 130                            |                    |        | 910          | 4,15  |
| 3. Napęd wyłączników powietrznych                                   | 2                             | 145                            |                    |        | 290          | 1,32  |
| 4. Regulatory napięcia                                              | 3                             | 142                            | 426                | 1,95   |              |       |
| 5. Przekazniki czasowe                                              | 5                             | 24                             |                    |        | 120          | 0,55  |
| 6. Przekazniki pomocnicze                                           | 2                             | 6                              |                    |        | 12           | 0,055 |
| 7. Przekazniki sygnalizujące zadziałanie ochrony przekątnikowej     | 5                             | 3,5                            |                    |        | 17,5         | 0,08  |
| 8. Sygnał akustyczny                                                | 2                             | 28                             |                    |        | 56           | 0,25  |
| 9. Lampki kontrolne położenia wyłączników silników potrzeb własnych | 30                            | 15                             | 450                | 2,04   |              |       |
| 10. Pompka olejowa                                                  | 1                             | 6500                           | 6500               | 29,5   |              |       |
| 11. Automacik bezpiecznikowy                                        | 70                            | 3                              | 210                | 0,96   |              |       |
| 12. Oświetlenie zakłóceniuowe                                       |                               | 15000                          | 15000              | 68,—   |              |       |
| Razem                                                               |                               |                                |                    | 102,79 |              | 6,4   |

rozładowywania przy poborze prądu przez większe odbiory. Ponieważ większość odbiorów prądu stałego w elektrowni wymaga napięcia możliwie stałego, układ ten nie jest prawie nigdy stosowany. Mniejsze obniżenie napięcia na szynach zbiorczych prądu stałego przy zakłóceniuowym rozładowaniu



Rys. 4. Układ połączeń prądu stałego dla elektrowni o mocy od 15 do 50 MW

można uzyskać przez zastosowanie baterii o znacznie większej pojemności. Obniżenie napięcia przy ładowaniu można ograniczyć przez zmniejszenie prądu ładującego czyli przez

przedłużenie okresu ładowania jednak otrzymane napięcie jest zbyt duże dla lamp i innych odbiorów prądu stałego.

Układ ten można poprawić przez zastosowanie dwóch baterii akumulatorów (rys. 3), wówczas pracuje normalnie jedna bateria, a druga pozostaje w rezerwie. Linie odchodzące do odbiorów mają przełączniki umożliwiające przeniesienie ich na szynę zbiorczą każdej baterii. Zasadniczą wadą takiego rozwiązania jest duży koszt urządzeń prądu stałego, konieczność instalowania baterii o większej pojemności, obniżanie się napięcia na szynach zbiorczych przy rozładowywaniu oraz duże komplikacje w eksploatacji.

#### Przykłady układów połączeń prądu stałego

E. Elektrownia o mocy od 15 do 50 MW. Przy wyborze układu i dla określenia zapotrzebowania prądu stałego przyjęto następujące założenia:

1) w elektrowni są zainstalowane cztery turbozespoły pracujące w blokach z transformatorami, zasilającymi rozdzielnie 15- lub 30-kilowoltowe;

2) potrzeby własne elektrowni są zasilane z zaczerw generatorów;

3) w elektrowni jest główna nastawia, z której są sterowane generatory, transformatory oraz odpływy;

4) w nastawni głównej położenie wyłączników i odłączników podawane jest przez wskaźniki położenia przy pomocy lampek;

5) odbiory potrzeb własnych są sterowane z tablic kotłowych lub z rozdzielni okapturzonych, albo też silniki uruchamia się bezpośrednio;

6) na tablicach kotłowych przewidziano sygnalizację i sterowanie ważniejszych silników potrzeb własnych;

7) w rozdzielni głównej jest 40 pól wyposażonych w wyłączniki powietrzne lub ekspansyjne;

8) przewidziano możliwość jednoczesnego załączania dziesięciu wyłączników w rozdzielni głównej i w rozdzielni potrzeb własnych.

W elektrowni o podanej mocy nie przewiduje się silników prądu stałego dla napędu urządzeń potrzeb własnych.

Tabl. I zawiera zestawienie obciążeń odbiorów prądu stałego, wykonane na podstawie przyjętych powyżej założeń.

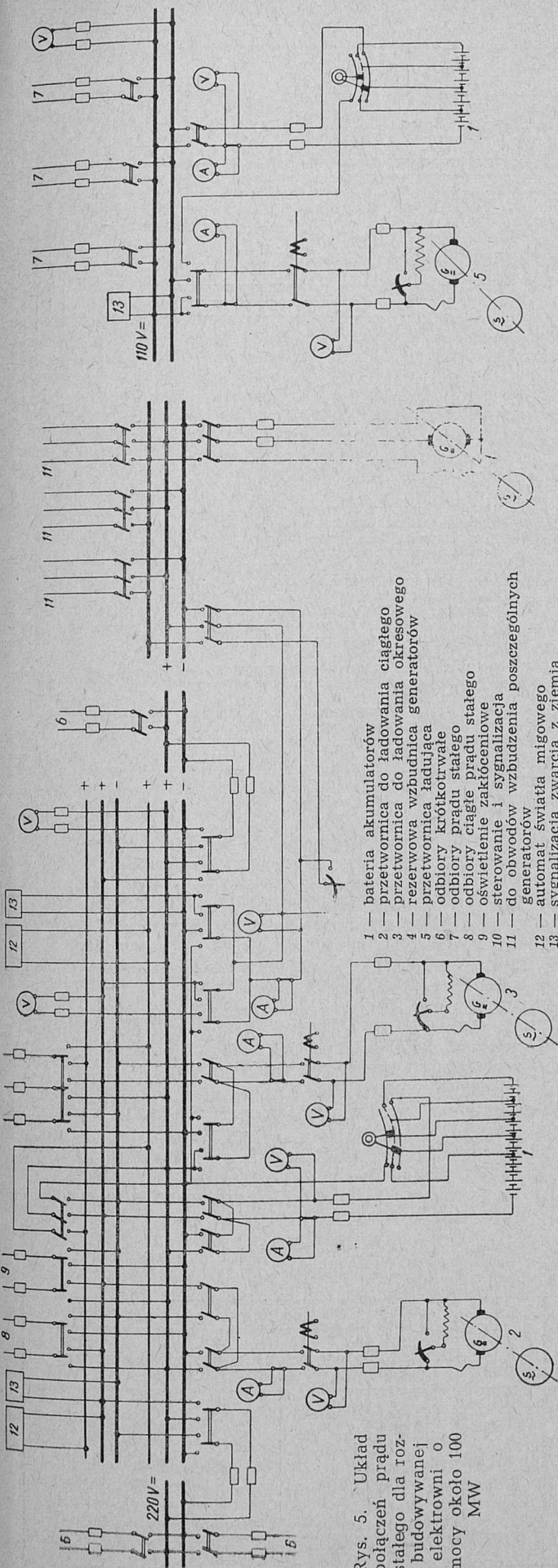
Na rys. 4 przedstawiono układ połączeń prądu stałego dla elektrowni o mocy od 15 do 50 MW. Układ zawiera jedną baterię na napięcie znamionowe 220 V, stale podładowywaną. W normalnych warunkach pracy bateria akumulatorów oraz przetwornica lub prostownik zasilają obwody sterowania, sygnalizacji i pozostałe odbiory prądu stałego, natomiast w razie zakłóceń pracy bateria zasilą ponadto obwody oświetlenia zakłóceniuowego. Do ładowania okresowego służy jedna przetwornica, do ładowania ciągłego prostownik lub druga przetwornica. Zastosowano tu jeden układ szyn zbiorczych. Sygnalizację zwarcia z ziemią oraz urządzenie do pomiaru izolacji zainstalowano na szynach zbiorczych. Pomiar prądu na baterii i przetwornicach odbywa się w rozdzielni prądu stałego i w nastawni. Pomiar napięcia na baterii i przetwornicach odbywa się w rozdzielni oraz na szynach zbiorczych.

B. Elektrownia rozbudowywana o moc około 100 MW. Przy wyborze układu i do określenia zapotrzebowania prądu stałego przyjęto następujące założenia:

1) w rozbudowywanej elektrowni są rozdzielnie główne napięcia 6, 15, 60 i 110 kV;

2) w starych rozdzielniach 6- i 15-kilowoltowych są zainstalowane wyłączniki olejowe z napędem silnikowym, sterowane prądem stałym o napięciu 110 V;



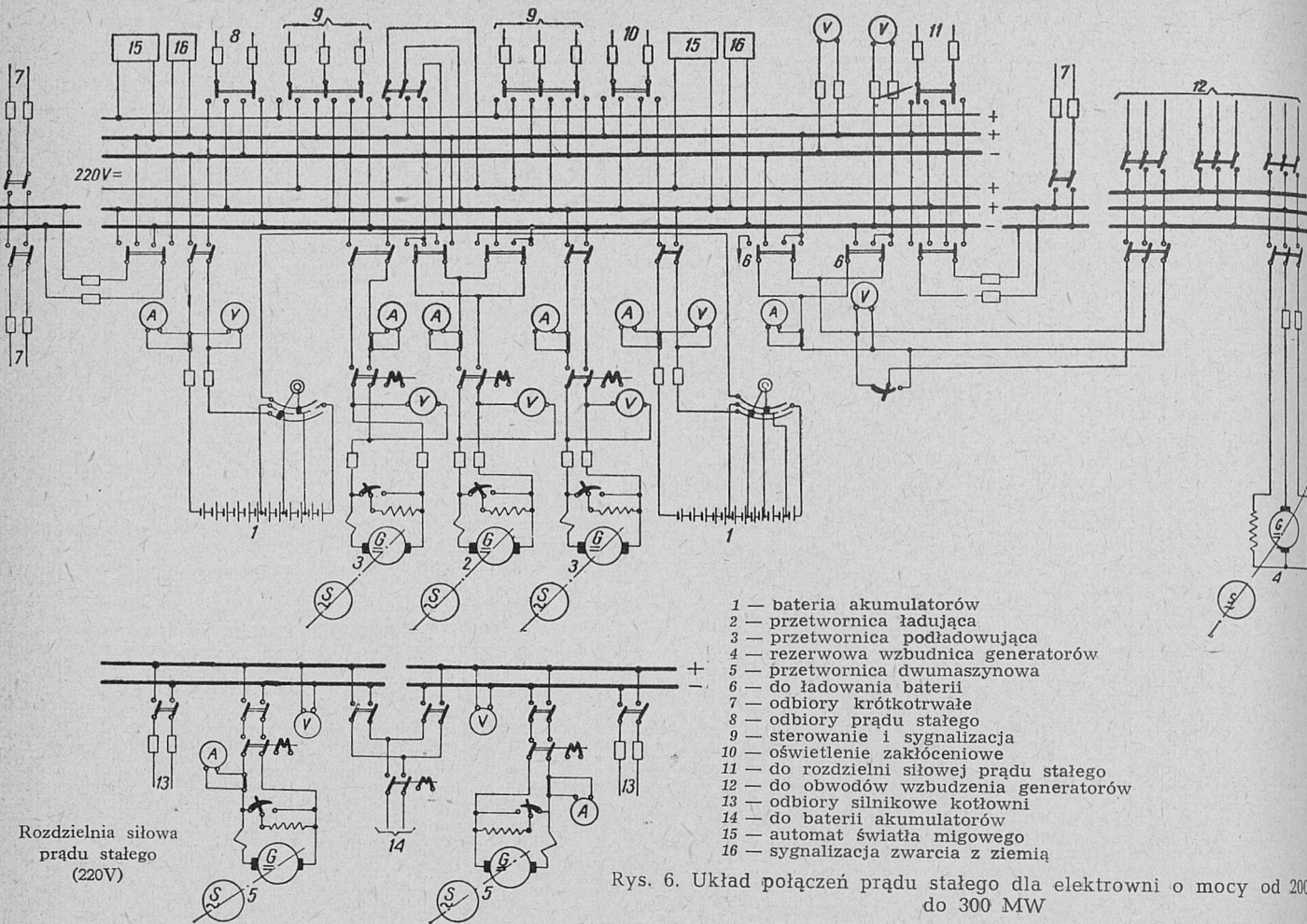


Rys. 5. Układ połączeń prądu stałego dla rozbudowywanej elektrowni o mocy około 100 MW

Tablica II. Zestawienie przyjętych odbiorów prądu stałego o napięciu 220 V dla elektrowni rozbudowywanej o moc około 100 MW

| Nazwa odbioru                                                            | Liczba jedno- czynnych | Jednost- kowy pobór mocy (W) | Obciążenie baterii |      |                  |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|------|------------------|
|                                                                          |                        |                              | ciągłe (W)         | (A)  | krótkotrwałe (W) |
| 1. Wskaźniki położenia odłączników w nastawni głównej                    | 90                     | 4                            | 360                | 1,65 |                  |
| 2. Wskaźniki położenia odłączników w nastawni ciepłej                    | 70                     | 4                            | 280                | 1,27 |                  |
| 3. Lampki kontrolne położenia wyłączników w nastawni głównej             | 10                     | 15                           | 150                | 0,7  |                  |
| 4. Lampki kontrolne położenia wyłączników w nastawni ciepłej             | 2                      | 15                           | 30                 | 0,14 |                  |
| 5. Lampki kontrolne położenia zacze- pów regulacyjnych trans- formatorów | 3                      | 15                           | 45                 | 0,2  |                  |
| 6. Sygnalizacja zadziałania ochrony przekąźnikowej                       | 5                      | 3,5                          |                    |      | 17,5             |
| 7. Sygnal akustyczny                                                     | 2                      | 28                           |                    |      | 56               |
| 8. Napęd wyłączników wysokiego napięcia                                  | 10                     | 2000                         |                    |      | 20000            |
| 9. Napęd wyłączników średniego napięcia                                  | 9                      | 145                          |                    |      | 1300             |
| 10. Napęd wyłączników potrzeb własnych niskiego napięcia                 | 1                      | 22000                        |                    |      | 22000            |
| 11. Rezerwowa pompa olejowa automatyki kotłowej                          | 1                      | 1100                         | 1100               | 5    |                  |
| 12. Regulatory napięcia                                                  | 4                      | 142                          | 568                | 2,5  |                  |
| 13. Przekąźniki czasowe                                                  | 7                      | 24                           |                    |      | 168              |
| 14. Przekąźniki pomocnicze                                               | 3                      | 6                            |                    |      | 18               |
| 15. Automacki bezpiecznikowy                                             | 80                     | 3                            | 240                | 1,1  |                  |
| 16. Oświetlenie w wypadku zaburzeń pracy                                 |                        | 40000                        | 40000              | 180  |                  |
| 17. Przetwornica wysokiej częstotliwości                                 | 1                      | 1000                         | 1000               | 4,5  |                  |
| Razem                                                                    |                        |                              | 197,46             |      | 198,08           |

- 3) w rozdzielniach nowych na 6 i 15 kV oraz w rozdzielniach na 60 i 110 kV są zainstalowane wyłączniki ekspansyjne i po- wietrzne, sterowane prądem stałym o napięciu 220 V;
- 4) z nastawni głównej przewiduje się sterowanie wszystkich wyłączników zainstalowanych w poszczególnych rozdzielniach;
- 5) sygnalizację położenia odłączników w rozdzielniach no- wych przewidziano przy pomocy elektromagnetycznych wskaź- ników położenia, natomiast w starych rozdzielniach przewi- dziano sygnalizację przy pomocy lampek;
- 6) silniki potrzeb własnych są sterowane z nastawni ciep- nej, w której przewidziano również sygnalizację położenia odłączników przy pomocy elektromagnetycznych wskaźników położenia;
- 7) w starych rozdzielniach przyjęto 50 pól;
- 8) w nowych rozdzielniach 6- i 15-kilowoltowych przyjęto 15 pól;
- 9) w rozdzielniach 60-kilowoltowych przyjęto 8 pól;
- 10) w rozdzielni 110-kilowoltowych przewidziano 10 pól;



Rys. 6. Układ połączeń prądu stałego dla elektrowni o mocy od 200 do 300 MW

- 11) w rozdzielniach potrzeb własnych wysokiego napięcia przewidziano 60 pól;
- 12) w rozdzielniach potrzeb własnych niskiego napięcia przyjęto 15 szt. wyłączników samoczynnych ATK;
- 13) dla generatorów zastosowano wzbudnicę rezerwową;
- 14) założono możliwość równoczesnego włączania dziewięciu wyłączników rozdzielni 6- i 15-kilowoltowych oraz rozdzielni potrzeb własnych;
- 15) w rozdzielni 110-kilowoltowej przewidziano możliwość jednoczesnego wyłączenia wszystkich dziesięciu wyłączników na skutek zadziałania przewidzianej dla tej rozdzielni ochrony szyn zbiorczych (wyłączniki tej rozdzielni są sterowane prądem stałym o napięciu 220 V);
- 16) z baterii akumulatorowej 110-woltowej przewidziano jednoczesny pobór prądu przez jeden wyłącznik 6- lub 15-kilowoltowy oraz zasilanie lampek sygnalizujących położenia odłączników i wyłączników.

W tabl. II podano zestawienie obciążeń odbiorów prądu stałego 220 V, a w tablicy III zestawienie obciążeń odbiorów

prądu stałego 110 kV, wykonane na podstawie powyżej przyjętych założeń.

Na rys. 5 przedstawiono układ połączeń prądu stałego dla rozbudowywanej elektrowni o mocy około 100 MW. Układ zawiera dwie baterie — jedną na 220 V, drugą na 110 V, stale podładowywane. Na napięciu 220 V jest podwójny układ, a na napięciu 110 V pojedynczy układ szyn zbiorczych. W układzie przewidziano rezerwową wzbudnicę dla generatorów.

C. Elektrownia o mocy od 200 do 300 MW, mająca odbiory silnikowe prądu stałego. Przy wyborze układu i dla określenia zapotrzebowania prądu stałego przyjęto następujące założenia:

- 1) w elektrowni jest sześć turbozespołów pracujących w bloku z transformatorami zasilającymi rozdzielnie 110- i 220-kilowoltowe;
- 2) do zasilania potrzeb własnych elektrowni przewidziano rozdzielnie sekcyjne 6-kilowoltowe;
- 3) przewidziano nastawnię główną oraz nastawnię ciepłą, z których są sterowane wyłączniki;

Tablica III. Zestawienie przyjętych odbiorów prądu stałego o napięciu 110 V dla elektrowni rozbudowywanej o mocy około 100 MW

| Nazwa odbioru                                                          | Liczba jedno-<br>cześnie<br>czynnych | Jednost-<br>kowy po-<br>bór mocy<br>(W) | Obciążenie baterii |       |              |       |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|-------|--------------|-------|
|                                                                        |                                      |                                         | ciągle             |       | krótkotrwałe |       |
|                                                                        |                                      |                                         | (W)                | (A)   | (W)          | (A)   |
| 1. Lampki kontrolne położenia odłączników                              | 100                                  | 15                                      | 1500               | 6,8   |              |       |
| 2. Lampki kontrolne położenia wyłączników                              | 50                                   | 15                                      | 750                | 3,4   |              |       |
| 3. Sygnał akustyczny                                                   | 1                                    | 28                                      |                    |       | 28           | 0,12  |
| 4. Napęd wyłączników olejowych                                         | 1                                    | 19800                                   |                    |       | 19800        | 90    |
| 5. Przekazniki odległościowe typu L 3 w k s                            | 1                                    | 180                                     |                    |       | 180          | 0,82  |
| 6. Sygnalizacja zwarcia z ziemią w obwodzie wzbudzenia ge-<br>neratora | 2                                    | 3,5                                     | 7                  | 0,03  |              |       |
| Razem                                                                  |                                      |                                         |                    | 10,23 |              | 90,94 |



Tablica IV. Zestawienie przyjętych odbiorów prądu stałego dla elektrowni o mocy 200 do 300 MW z odbiorami silnikowymi

| Nazwa odbioru                                                     | Liczba jedno-<br>cześnie<br>czyn-<br>nych | Jednost-<br>kowy<br>pobór<br>mocy | Obciążenie baterii |        |              |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------|--------------|-------|
|                                                                   |                                           |                                   | ciągłe             |        | krótkotrwałe |       |
|                                                                   |                                           |                                   | (W)                | (A)    | (W)          | (A)   |
| 1. Wskaźniki położenia w nastawni głównej                         | 75                                        | 4                                 | 300                | 1,45   |              |       |
| 2. Wskaźniki położenia w nastawni potrzeb własnych                | 90                                        | 4                                 | 360                | 1,64   |              |       |
| 3. Lampki kontrolne położenia wyłączników w nastawni głównej      | 5                                         | 15                                | 75                 | 0,34   |              |       |
| 4. Lampki kontrolne położenia wyłączników w nastawni cieplnej     | 5                                         | 15                                | 75                 | 0,34   |              |       |
| 5. Sygnalizacja zadziałania ochrony przekąznikowej                | 5                                         | 3,5                               |                    |        | 17,5         | 0,08  |
| 6. Sygnał akustyczny                                              | 2                                         | 28                                |                    |        | 56           | 0,25  |
| 7. Lampki kontrolne położenia zacze-<br>pów regulacyjnych         | 5                                         | 15                                | 75                 | 0,34   |              |       |
| 8. Sygnalizacja zwarcia z ziemią w obwodzie wzbudzenia generatora | 2                                         | 3,5                               | 7                  | 0,03   |              |       |
| 9. Napędy wyłączników wysokiego napięcia                          | 14                                        | 2000                              |                    |        | 28000        | 12,7  |
| 10. Napędy wyłączników wysokiego napięcia potrzeb własnych        | 5                                         | 145                               |                    |        | 725          | 3,3   |
| 11. Napędy wyłączników niskiego napięcia potrzeb własnych         | 1                                         | 22000                             |                    |        | 22000        | 100   |
| 12. Regulatory napięcia generatorów                               | 6                                         | 142                               | 852                | 3,9    |              |       |
| 13. Przekązniki odległościowe typu L3                             | 3                                         | 180                               |                    |        | 540          | 2,5   |
| 14. Przekązniki czasowe                                           | 7                                         | 24                                |                    |        | 168          | 0,77  |
| 15. Przekązniki pośredniczące                                     | 3                                         | 6                                 |                    |        | 18           | 0,08  |
| 16. Automacik bezpiecznikowy                                      | 100                                       | 3                                 | 300                | 1,4    |              |       |
| 17. Oświetlenie zakłócenio-<br>we (60%)                           |                                           | 36000                             | 36000              | 163,5  |              |       |
| Razem                                                             |                                           |                                   |                    | 171,54 |              | 233,9 |

Tablica V. Zestawienie przyjętych odbiorów prądu stałego dla elektrowni o mocy 200 do 300 MW z odbiorami silnikowymi

| Nazwa odbioru                                   | Liczba jedno-<br>cześnie<br>czyn-<br>nych | Jednost-<br>kowy<br>pobór<br>mocy | Obciążenie baterii |       |              |      |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-------|--------------|------|
|                                                 |                                           |                                   | ciągłe             |       | krótkotrwałe |      |
|                                                 |                                           |                                   | (W)                | (A)   | (W)          | (A)  |
| 1. Rezerwowa pompka olejowa automatyki kotłowej | 1                                         | 10000                             | 10000              | 45,5  |              |      |
| 2. Pompka olejowa TG                            | 1                                         | 10000                             | 10000              | 45,5  |              |      |
| 3. Przetwornica wysokiej częstotliwości         | 1                                         | 1000                              | 1000               | 4,5   |              |      |
| 4. Pompka wtryskowa                             | 1                                         | 100                               |                    |       | 100          | 0,45 |
| 5. Regulacja obrotów                            | 6                                         | 80                                | 480                | 2,2   |              |      |
| 6. Oświetlenie zakłócenio-<br>we (100%)         |                                           | 60000                             | 60000              | 27,3  |              |      |
| Razem                                           |                                           |                                   |                    | 370,7 |              | 0,45 |

4) położenie wyłączników podają wskaźniki położenia z lampkami, a stan odłączników podają elektromagnetyczne wskaźniki położenia;  
5) w rozdzielni 110-kilowoltowej przewidziano 14 pól, a w rozdzielni 220-kilowoltowej — 10 pól;  
6) rozdzielnie potrzeb własnych składają się z sześciu sekcji 6-kilowoltowych oraz jednej sekcji 380-woltowej;  
7) w rozdzielniach 110- i 220-kilowoltowej zastosowano wyłączniki powietrzne, a w rozdzielniach 6-kilowoltowych potrzeb własnych wyłączniki powietrzne lub ekspansyjne;  
8) na niskim napięciu przewidziano wyłączniki ATK;  
9) w rozdzielniach 110- i 220-kilowoltowych zastosowano różnicową ochronę szyn, a więc należy się liczyć z jednoczesnym wyłączeniem wszystkich wyłączników danej rozdzielni w przypadku zadziałania tej ochrony;  
10) dla generatorów przewidziano rezerwową wzbudnicę.

W tabl. IV i V zestawiono odbiory prądu stałego. W normalnych warunkach pracy odbiory zestawione w tabl. IV są zasilane z jednej sekcji szyn zbiorczych prądu stałego, a odbiory zestawione w tabl. V są zasilane z drugiej sekcji szyn zbiorczych prądu stałego.

Na rys. 6 przedstawiono układ połączeń prądu stałego elektrowni o mocy od 200 do 300 MW. Układ zawiera dwie baterie na napięcie znamionowe 220 V, stale podładowywane. W normalnych warunkach pracy obie baterie oraz obie przetwornice pracują na oddzielne układy szyn zbiorczych i zasilają obwody sterowania, sygnalizacji oraz pozostałe odbiory prądu stałego. W warunkach zaburzeń w pracy jedna bateria może zasilać obwody sterowania i sygnalizacji oraz całkowite oświetlenie zakłócenio-  
we, a druga bateria może zasilac odbiory silnikowe oraz 60% oświetlenia zakłócenio-  
wego. Rozwiązanie takie jest zaproponowane w opracowaniach „Tieploele-

ktroprojektu” oraz spotykane w literaturze radzieckiej. W rozwiązaniu tym zastosowano dwa układy szyn zbiorczych oraz dwie oddzielne sekcje odbiorów krótkotrwałych. Do ładowania okresowego służy jedna przetwornica oraz rezerwowa wzbudnica generatorów. Do ładowania ciągłego przewidziano po jednej przetwornicy na każdą baterię. Sygnalizacja zwarcia z ziemią zainstalowana jest oddzielnie na każdym układzie szyn zbiorczych. Urządzenie do światła migowego przewidziane jest na obu układach szyn zbiorczych. Pomiar prądu wykonuje się na bateriach i przetwornicy w rozdzielni i nastawni, natomiast pomiar napięcia wykonuje się na bateriach i przetwornicach w rozdzielni, na szynach zaś zbiorczych w nastawni.

Powyżej omówiono podstawy doboru układu dla elektrowni różnych mocy, natomiast zasady doboru baterii, urządzeń ładowniczych i przyrządów pomiarowych, jak również rozmieszczenia urządzeń prądu stałego i wykonania pomieszczeń dla tych urządzeń oraz tablic rozdzielni będą przedmiotem osobnego opracowania.

LITERATURA

Tieploelektroprojekt. Wspomogatielnyj postojannyj tok, 1950  
Baptidanow L. N., Tarasow W. I. Elektrooborudowanie elektriceskich stancij i podstancij, t. II, 1953  
Głazunow A. A. Elektriceskaja czast' stancij i podstancij, 1951  
Roggenдорff A. Der Eigenbedarf mittlerer und grosser Kraftwerke, 1952  
Tymczasowe przepisy technicznej eksploatacji elektrowni i sieci, 1951  
Instrukcja eksploatacji turbogeneratorów, 1952

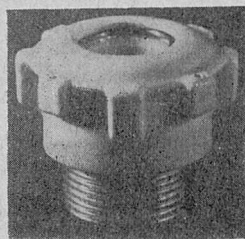
INŻ. JAN PEDA  
Nacz. inż. CZP Art. El.

# Eksport elektrotechnicznego sprzętu instalacyjnego

Eksport polskich wyrobów przemysłów przetwórstwa metalowego w okresie przedwojennym był w ogóle bardzo mały, a eksport wyrobów przemysłu elektrotechnicznego miał charakter raczej sporadyczny. Eksport sprzętu instalacyjnego przed 1939 r. był nikły, choć polskie wyroby, a szczególnie wyroby b. fabryki „Inż. St. Ciszewski S. A. w Bydgoszczy” w niczym nie ustępowały wzorom zagranicznym, a naj-



Rys. 1. Bezpiecznik słupowy



Rys. 2. Główka bezpiecznikowa na 100 A



Rys. 3. Oprawka „Goliat” porcelanowa z gwintem E-40

większa wówczas w Polsce fabryka sprzętu „Zakł. El. B-cia Borkowscy S. A.” w Warszawie, produkująca stosunkowo duże ilości sprzętu instalacyjnego, eksportowała w niewielkich ilościach tylko grzejniki elektryczne (głównie żelazka) na rynek bliskiego wschodu. Podobnie przedstawiał się eksport pozostałych fabryk, jak „Czechowice”, „Kabel” krakowski i inne.

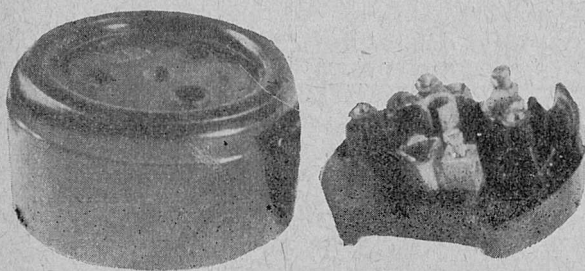
Choć umiano produkować w Polsce sprzęt elektrotechniczny oraz grzejniki domowe i galanterię oświetleniową, eksport tych wyrobów nie leżał w interesie ówczesnych pełnomocników kapitału zagranicznego, gdyż pociągaby za sobą dalsze rozszerzenie produkcji oraz wzmocnienie tej gałęzi polskiego przemysłu, a więc wobec taniej siły roboczej — w Pol-

Do 1954 r. eksport sprzętu instalacyjnego obejmował nieznaczne wyroby, oparte na tworzywie porcelanowym, a mianowicie: gniazda bezpiecznikowe tablicowe typu TZ od 25 do 100 A, gniazda bezpiecznikowe ściennie typu UZ od 25 do 100 A, bezpieczniki słupowe na 25 i 60 A (rys. 1), bezpieczniki napowietrzne rybkowe i serkowe, główki bezpiecznikowe od 25 do 100 A (rys. 2), oprawki sufitowe i ściennie oraz niewielkie ilości opraw porcelanowych hermetycznych.

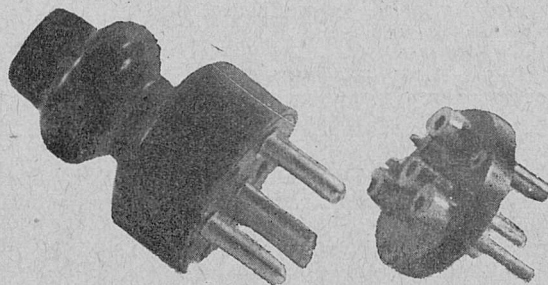
Nasza lista wyrobów eksportowych nie obejmowała, jak widać, pełnego zestawu sprzętu niezbędnego do wykonywania kompletnych instalacji elektrycznych. Brakuje w niej całkowicie sprzętu łącznikowego i rozgałęźnego, co decydująco wpływa na wielkość eksportu. Stan ten należy przypisać istniejącemu jeszcze do niedawna negatywnemu uśosunkowaniu się kierownictwa i dozoru technicznego w zakładach do produkcji eksportowej, wymagającej szczególnej staranności w wykonaniu i bardziej pracowitości, oraz niedocenianiu zagadnienia eksportu przez Centralny Zarząd.

Plany na rok 1955 i lata następne przewidują nie tylko znaczny wzrost eksportu sprzętu instalacyjnego w liczbach globalnych, lecz także poważne rozszerzenie listy eksportowej wyrobów. Dzięki dalszemu rozszerzeniu produkcji eksportowej w Zakładach A-15 w Czechowicach i A-16 w Brzeźnie oraz włączeniu do działalności eksportowej Zakładu A-4 w Bydgoszczy i A-19 w Wierbce wprowadzimy do eksportu już w 1955 roku kilka typów oprawek do żarówek (rys. 3), wyłączniki pakietowe, łączniki i przełączniki dźwigniowe na tynk i pod tynk, bakielitowy sprzęt hermetyczny, skrzynki rozgałęźne piętrowe, gniazdo wtykowe i wtyczkę na 3×25 A (rys. 4 i 5), gniazdo bakielitowe wiszące, nasadkę grzejnikową oraz wtyczki bakielitowe na 6A jedno- i dwuczściowe.

W 1956 r. planujemy dalsze rozszerzenie asortymentu przez wprowadzenie do eksportu wkładek topikowych zwykłych



Rys. 4. Gniazdo wtykowe z gniazdkiem uziemieniowym



Rys. 5. Wtyczka na 3 × 25 A + 0

sce stworzyłby niebezpieczeństwo konkurenta na rynkach zagranicznych.

Dopiero ustrój demokracji ludowej otworzył drogę dla eksportu i wprowadził wytwory pracy polskiego robotnika i inżyniera na rynki zagraniczne. Wielkim zainteresowaniem, głównie w krajach bliskiego wschodu cieszą się wyroby przemysłu artykułów elektrotechnicznych, których eksport stale wzrasta (tabl. I) i powinien wzrastać coraz szybciej. Dane tej tablicy dotyczą wyłącznie sprzętu produkowanego w przemyśle kluczowym i nie obejmują eksportu rur bergmannowskich oraz dostaw pośrednich sprzętu instalacyjnego, stanowiącego część wyposażeniową urządzeń eksportowanych przez inne przemysły, np. okrętowy, aparatów elektrycznych, taboru kolejowego, motoryzacyjny i inne.

Tablica I. Wskaźnik wzrostu eksportu sprzętu instalacyjnego w Polsce w jednostkach wagowych

| Wykonanie (%) |      |      |      | (Plan %) |      |      |
|---------------|------|------|------|----------|------|------|
| 1949          | 1952 | 1953 | 1954 | 1955     | 1956 | 1957 |
| 100           | 110  | 114  | 311  | 560      | 625  | 750  |

i o zwłocznym działaniu na napięcie 500 V, sprzętu płaskiego do instalacji wtykowych, wyłączników gruszkowych wiszących i przelotowych do wmontowania w sznur przyłączowy, dzwonek i brzęczyków na różne prądy i napięcia, transformatorów dzwonekowych i wiele innych.

Jak wynika z powyższego, wprowadzamy do eksportu w dwu najbliższych latach znaczną liczbę wyrobów, opartych na tworzywach bakielitowych. Większość z nich, jak np. łączniki bakielitowe, gniazda wtyczkowe, wtyczki, sprzęt hermetyczny itp. nie ustępują w swej konstrukcji wzorom zagranicznym.

Dla utrzymania się na rynkach zagranicznych przy istniejącej tam silnej konkurencji krajów kapitalistycznych nieodzowne jest jak najszybsze doprowadzenie jakości naszych wyrobów do najwyższego poziomu zagranicznego. Jako przykład można podać, że w zagranicznych wzorach eksportowych łączników pokretnych i dźwigniowych nie używa się na sprężynki stykowe innych materiałów jak tombak sprężysty. Wszystkie części, w których przepływa prąd, są wykonane z mosiądzu i pokryte nikłową powłoką ochronną; wszystkie metalowe części konstrukcyjne są zabezpieczone galwanicznie od korozji; obudowa jest wykonana z białego bakielitu dobrego gatunku. Oczywiście, obowiązującą linią działania naszego przemysłu jest utrzymanie jakości produkowanych u nas wy-



robów również na najwyższym poziomie. Do tego jest niezbędne ściśle przestrzeganie następujących zasad:

- a) analiza produkowanych i nowo uruchamianych wyrobów pod względem jakości konstrukcji i ustalenie dla wszystkich części nieodzownie koniecznych rodzajów i gatunków surowców wyjściowych z równoczesnym opracowaniem dla tych surowców warunków technicznych odbioru;
- b) analiza procesu technologicznego dla poszczególnych części, podzespołów i montażu ze szczególnym uwzględnieniem stanowisk kontroli międzyoperacyjnej i końcowej oraz przestrzeganie, aby proces produkcyjny przebiegał ściśle według ustalonych kart technologicznych;
- c) należyte oprzyrządowanie produkcji zgodnie z wymaganiami procesu technologicznego oraz przestrzeganie, aby narzędzia i przyrządy z najdrobniejszymi nawet odchyłkami od

Zakres prac podkomisji obejmuje ocenę poziomu technicznego i przygotowania poszczególnych zakładów do produkcji eksportowej, wybór wyrobów przeznaczonych na eksport i ich ocena, opiniowanie odbiorczych warunków technicznych i katalogowych kart wyrobu oraz współpracę z Centralnym Zarządem i poszczególnymi zakładami przy realizacji zadań eksportowych.

Pierwszy etap prac podkomisji został wykonany we wrześniu 1954 r. We wszystkich zakładach podległych CZPart. El. oraz w A-4 w Bydgoszczy dokonano szczegółowej analizy konstrukcji i procesu technologicznego wyrobów przeznaczonych do eksportu w 1955 r. oraz ustalono wspólnie z zakładami terminy usunięcia wszelkich wad i usterek, a także zgłoszenia wyrobów do próby typu w IElu. Zakład Elektrotechniki Bytowej IElu wykonywa badania typu dla wszystkich wyrobów sprzętowych, wprowadzonych do planu eksportu



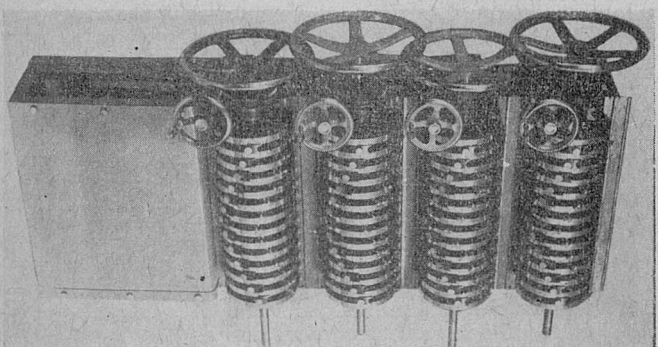
Rys. 6. Izolatory liniowe wysokiego napięcia (VHD-10, VHD-15, VHD-20)

parametrów, ustalonych przez kontrolę techniczną w paszportach przyrządów, były niezwłocznie wycofywane z produkcji;

- d) rewizja maszyn i urządzeń pod względem ich dokładności i kompletności wyposażenia specjalnego dla zabezpieczenia wypełnienia wszystkich warunków podyktowanych w przepisach technologicznych; szczególną uwagę zwraca się tu na technologię prasowania półfabrykatów bakielitowych, których dobrą jakość osiąga się przez wprowadzenie automatycznej regulacji temperatury form, ustalenie i przestrzeganie czasu prasowania oraz wprowadzenie wstępnych zabiegów, jak suszenie i podgrzewanie proszków bakielitowych przed zasypem do form;

- e) ustalenie warunków technicznych odbioru dla gotowych wyrobów i systematyczne okresowe dokonywanie prób kontrolnych — fabrycznych i instytutowych;

- f) właściwy dobór robotników, techników i inżynierów zatrudnionych przy produkcji, uświadamianie ich o wymaganiach



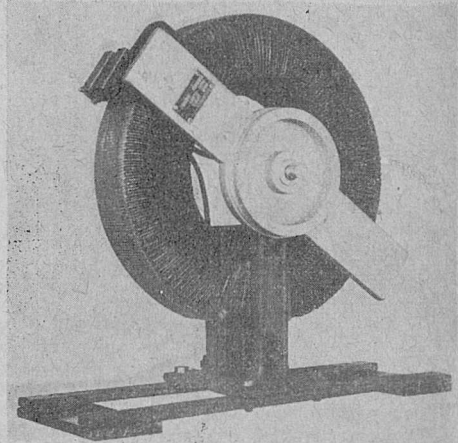
Rys. 7. Nastawnia teatralna, typ NH-52

racjonalnej gospodarki narodowej (w szczególności w interesie eksportu) i stała analiza wyników ich pracy; wyniki te, podawane systematycznie do wiadomości pracownika, pobudzają go do podnoszenia na coraz wyższy poziom metod pracy.

We wszystkich krajach na produkcję eksportową zwraca na jest szczególna uwaga. Robotnicy pracujący w tej produkcji uważają się za szczególnie wyróżnionych, pracują prawie bez braków i sami w czasie wykonywania produkcji prowadzą samokontrolę jakości wykonanych części.

Prace nad pełnym wywiązaniem się naszego przemysłu z postawionych mu zadań w zakresie eksportu elektrotechnicznego sprzętu instalacyjnego są u nas w pełnym toku. Decyzją MPM została powołana przy CZPart. El. stale działająca podkomisja eksportowa, w której skład wchodzi przedstawiciele przemysłu, Instytutu Elektrotechniki i eksportera.

Rys. 8. Autotransformator typ 504, 5,5 kW

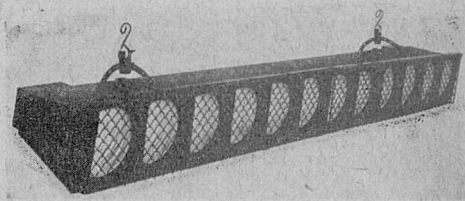


w 1955 r. Już w ubiegłym roku zostały przez przemysł opracowane karty katalogowe i odbiorcze warunki techniczne dla wyrobów eksportowych.

Niezależnie od wyżej wymienionych prac w roku ubiegłym we wszystkich zakładach i w CZPart. El. powołano pełnomocników do spraw eksportu, a kilkomiesięczna ich działalność spowodowała, że zagrożony plan roczny eksportu w 1954 r. został wykonany z nadwyżką.

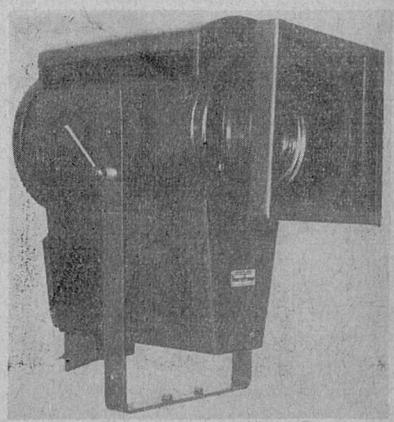
Przemysł Artykułów Elektrotechnicznych poza sprzętem instalacyjnym, będącym podstawową dziedziną jego produkcji,

Rys. 9. Rampa teatralna



eksportuje również znaczne ilości porcelany elektrotechnicznej. Jej dotychczasowy eksport obejmuje głównie izolatory niskiego napięcia typów N-60, N-80 i N-95, izolatory liniowe

Rys. 10. Reflektor teatralny, typ R-10

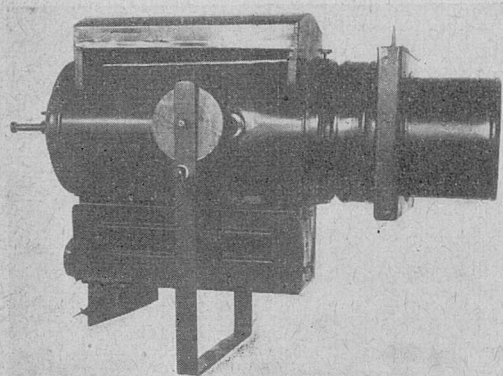


wysokiego napięcia typów VHD-10, VHD-15, VHD-20 (rys. 6), izolatory wsporcze i przepustowe wysokiego napięcia, izolatory telefoniczne typów RM-1, RM-2, RM-3 i RM-4 oraz

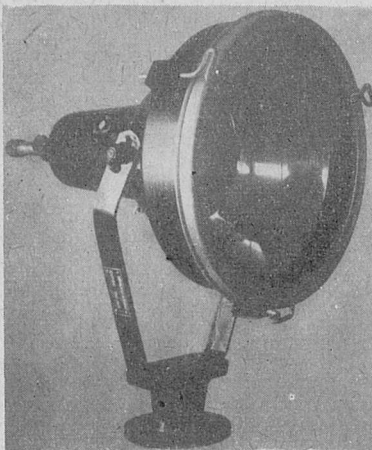
w znacznych ilościach drobną porcelaną instalacyjną, jak rolki R-16, R-25, R-32, R-36 i R-40, fajki wpustowe, izolatory antenowe OA-35 i OA-40 i szereg innych.

Wielkie zainteresowanie, szczególnie na rynkach zachodnio-europejskich, wzbudza porcelana elektrotechniczna polskiej produkcji na wysokie i najwyższe napięcia. Jednak ograniczona zdolność produkcyjna fabryk porcelany, z trudem zaspokajająca rosnące z każdym rokiem zapotrzebowanie kraju,

zakłady otrzymały w ciągu ostatniego dziesięciolecia duże ilości nowoczesnych maszyn produkcyjnych, a zużyte i stare wyposażenie maszynowe zostało prawie całkowicie wycofane z produkcji. Wzrosły odpowiednio powierzchnie produkcyjne w zakładach, wzrosło zatrudnienie ogólne, a wraz z nim liczba pracowników inżyniersko-technicznych. W wyniku tego osiągnęliśmy w ubiegłym okresie znaczny wzrost ilościowej produkcji.



Rys. 11. Reflektor teatralny punktowy, typ R-15



Rys. 12. Naświetlacz, typ C-41-01 do żarówki 1200-watowej



Rys. 13. Naświetlacz, typ C-41-31 p, do żarówek 500 — 1000 W

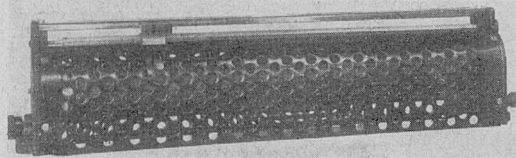
nie pozwala naszemu przemysłowi na wyjście z tymi wyrobami na rynki zagraniczne. Porcelaną na napięcia powyżej 60 kV będziemy mogli eksportować dopiero po uruchomieniu nowoprojektowanej fabryki porcelany elektrotechnicznej.

Nowymi asortymentami, z którymi CZP Art. El. wystąpił w planie eksportowym 1955 r., jest grupa wyrobów pod nazwą teatralna aparatura oświetleniowa, obejmująca nastawnice teatralne (rys. 7), transformatory Bordoniego, autotransformatory (rys. 8), rampy teatralne (rys. 9), reflektory teatralne (rys. 10 i 11), grupa naświetlaczy iluminacyjnych (rys. 12 i 13) i wreszcie grupa oporników suwakowych (rys. 14).

Zakład A-20 w Kozuchowie jest w stanie corocznie wykonać i dostarczyć — poza wymienioną wyżej aparaturą — kilka kompletów wyposażenia dla średniej wielkości scen teatralnych w świetlicach i domach kultury.

W sprawie jakości naszych wyrobów eksportowych i domowej roli, którą spełnia wprowadzenie produkcji eksportowej w zakładzie produkcyjnym, należy zaznaczyć, że wyposażenie techniczne naszych zakładów sprzętowych uległo w stosunku do stanu przedwojennego znacznej poprawie. Za-

W okresie odbudowy i rekonstrukcji naszego przemysłu sprzętowego walka o poprawę jakości produkcji dawała nieznaczne rezultaty, zakłady bowiem widziały tylko plan ilościowo-wartościowy. Sprawa jakości znajdowała się na dalszym planie, gdyż wobec deficytu w sprzęcie rynek krajowy



Rys. 14. Opornik suwakowy

wchłaniał wszystko co wyprodukowano. W miarę narastania produkcji przeznaczonej na eksport stan ten ulegał systematycznej poprawie i obecnie należy stwierdzić, że w ciągu ostatniego roku ustały reklamacje ze strony odbiorców zagranicznych, natomiast zwiększa się liczba większych zapytań w sprawie dostawy sprzętu instalacyjnego.

MGR INŻ. STANISŁAW BELLERT

## Niektóre podstawowe terminy polskie teorii regulacji automatycznej (materiał dyskusyjny)

Podany niżej zbiór niektórych terminów teorii regulacji automatycznej opracował autor na zlecenie i we współpracy z Zakładem Automatyki PAN. Zbiór nie obejmuje całości zagadnienia, jednak zawiera wiele ważniejszych pojęć, dla których odczuwało się brak powszechnie przyjętych nazw w języku polskim.

Opracowane terminy były obszernie omawiane i komisyjnie przyjęte na specjalnym zebraniu, zorganizowanym przez Zakład Automatyki PAN. Zbiór nie został zalecony do użycia w bieżących pracach Zakładu. W zebraniu tym, które odbyło się pod przewodnictwem kierownika Zakładu, prof. Stefana Lebsona, wzięli udział: prof. mgr Jerzy Bromirski, prof. knt Jerzy Dziedzic, prof. dr Stanisław Kuhn, prof. dr Paweł Nowacki, prof. dr Ludger Szklarski, prof. mgr Stanisław Sławiński, prof. mgr Zygmunt Szparkowski, prof. mgr A. Ukleński (wypowiedź pisemna), prof. dr Stefan Węgrzyn, inż. Wolf Alpert, mgr inż. Stanisław Bellert, mgr inż. Władysław Findeisen, mgr inż. Kazimierz Kassenberg, mgr inż. Henryk Leśkiewicz, mgr inż. Leszek Łabno, mgr inż. Radosław Ładziński i mgr inż. Jerzy Wolszakiewicz.

### 1. Układ regulacji.

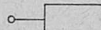
Układ, którego celem jest utrzymanie zadanych warunków przebiegu procesu technologicznego lub usługowego i realizujący ten cel za pomocą zamkniętego obiegu oddziaływania.

### 2. Sygnał.

Przebieg czasowy wielkości fizycznej występującej w układzie regulacji.

### 3. Człon (dotychczas: człon, element przenoszący).

Układ elementarny zdolny do przekazywania sygnału.

Symbol czlonu: 

### 4. Układ (dotychczas: układ przenoszący).

Zespół dowolnie połączonych członów.

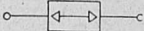
### 5. Człon (układ) jednokierunkowy (dotychczas: człon, element, układ przenoszący jednokierunkowy lub zorientowany).

Człon (układ) zdolny do przekazywania sygnału tylko i wyłącznie w jednym kierunku.

Symbole czlonu jednokierunkowego:  



6. **Człon (układ) dwukierunkowy** (dotychczas: człon, element, układ przenoszący dwukierunkowy lub nieorientowany).  
Człon (układ) zdolny do przekazywania sygnału w obu kierunkach.

Symbol członu dwukierunkowego: 

7. **Człon (układ) kierunkowo-symetryczny.**

Człon (układ) zdolny do przekazywania sygnału w obu kierunkach w sposób identyczny.

8. **Człon (układ) kierunkowo-niesymetryczny.**

Człon (układ) zdolny do przekazywania sygnału w obu kierunkach w sposób nieidentyczny.

9. **Przepustowość członu, układu (operatorowa, widmowa);** (dotychczas: funkcja przeniesienia, współczynnik przeniesienia, funkcja przenoszenia).

Przepustowość określają równokształtne wyrażenia:

$$K(s) = \frac{L\{X_2(t)\}}{L\{X_1(t)\}} \quad \text{i} \quad K(j\omega) = \frac{F\{X_2(t)\}}{F\{X_1(t)\}},$$

gdzie  $X_1(t)$  i  $X_2(t)$  są wejściowym i wyjściowym sygnałem członu, a  $L$  i  $F$  są symbolami przekształceń Laplace'a i Fouriera.

W terminologii polskiej wyrazy „funkcja” i „współczynnik” są używane tylko w znaczeniu matematycznym. Wyrazy powyższe nie mogą więc oznaczać ogólniej pojętych własności fizycznych jakiegoś układu. Natomiast wyrażenia  $K(s)$  i  $K(j\omega)$  określają pewną własność fizyczną układu, a mianowicie „zdolność” układu do p r z e k a z y w a n i a s y g n a ł u. Własność ta powinna zatem otrzymać nazwę podobną do nazw innych własności fizycznych, np. bezwładność, oporność, sprężystość itp.

10. **Składowe przepustowości.**

Składowe wielkości zespolonej  $K(j\omega)$  określonej w p. 9.

Symboly oznaczające składowe przepustowości:  $Re\{K(j\omega)\}$ ,  $Re\{K(j\omega)\}$ ;  $Im\{K(j\omega)\}$ ;  $Im\{K(j\omega)\}$ ;  $P(\omega)$  — składowa rzeczywista,  $Q(\omega)$  — składowa urojona.

11. **Moduł przepustowości.**

Moduł wielkości zespolonej  $K(j\omega)$  określonej w p. 9.

Symboly modułu przepustowości:  $|K(j\omega)|$ ;  $K(\omega)$ .

12. **Argument przepustowości.**

Argument wielkości zespolonej  $K(j\omega)$  określonej w p. 9.

Symboly argumentu przepustowości:  $\arg\{K(j\omega)\}$ ;  $\arg\{K(j\omega)\}$ ;  $\varphi(\omega)$ .

13. **Człon bezinercyjny** (dotychczas: człon, element bezinercyjny).

Człon przekazujący, którego przepustowość dana jest przez wzór  $K(s) = k$ , gdzie  $k$  jest liczbą rzeczywistą.

14. **Człon inercyjny  $n$ -tego rzędu.**

Człon przekazujący, którego przepustowość dana jest przez

wzór:  $K(s) = \frac{k}{(1 + sT_1)(1 + sT_2) \dots (1 + sT_n)}$ , gdzie  $T_1, T_2, \dots, T_n$  są liczbami rzeczywistymi dodatnimi, a  $k$  jest dowolną liczbą rzeczywistą.

15. **Człon całkujący** (dotychczas: człon, element całkujący).

Człon przekazujący, którego przepustowość dana jest przez

wzór:  $K(s) = \frac{k}{s}$ , gdzie  $k$  jest dowolną liczbą rzeczywistą.

16. **Człon całkowo-inercyjny** (dotychczas: inercyjny człon całkujący pierwszego rzędu).

Człon, którego przepustowość dana jest przez wzór  $K(s) = \frac{k}{s(1 + sT)}$ , gdzie  $T$  jest liczbą rzeczywistą dodatnią, a  $k$  jest dowolną liczbą rzeczywistą.

17. **Człon różniczkujący** (dotychczas: człon, element różniczkujący).

Człon, którego przepustowość dana jest przez wzór  $K(s) = k.s$ , gdzie  $k$  jest dowolną liczbą rzeczywistą.

18. **Człon korekcyjny** (dotychczas: człon, element korekcyjny lub korygujący).

Dowolny człon, przeznaczony do korekcji przebiegu regulacji.

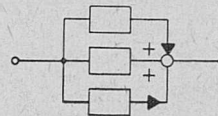
19. **Łączenie szeregowe członów** (dotychczas: łączenie łańcuchowe, kaskadowe, szeregowe).

Łączenie członów według schematu:



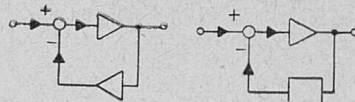
20. **Łączenie równoległe członów.**

Łączenie członów według schematu:



21. **Łączenie członów w układzie sprzężenia zwrotnego** (dotychczas: łączenie przeciwsobno-równoległe).

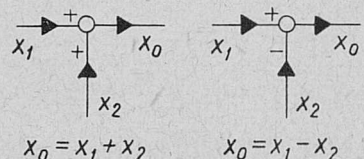
Łączenie dwóch członów jednokierunkowych lub jednokierunkowego z dwukierunkowym według schematów:



22. **Węzeł sumujący.**

Węzeł sumujący lub odejmujący sygnały dopływające.

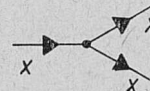
Symboly węzłów sumujących:



23. **Węzeł zaczepowy.**

Węzeł odgałęziający sygnał do kilku kanałów.

Symbol węzła zaczepowego:



24. **Układ dynamiczny.**

Układ zawierający elementy akumulujące energię, a zatem posiadający własności, które można opisać równaniami różniczkowymi.

25. **Liniowy układ dynamiczny.**

Układ jak wyżej, posiadający własności, które można opisać równaniami różniczkowymi liniowymi.

26. **Wymuszenie impulsowe.**

Wymuszenie określone za pomocą funkcji impulsowej  $\delta(t) = L^{-1}\{1\}$ .

27. **Wymuszenie jednostkowe.**

Wymuszenie określone za pomocą funkcji jednostkowej  $1(t) = L^{-1}\left\{\frac{1}{s}\right\}$ .

28. **Wymuszenie harmoniczne.**

Wymuszenie za pomocą funkcji  $f(t) = \sin \omega t$ .

29. **Odpowiedź impulsowa** (dotychczas: odpowiedź na impuls jednostkowy; reakcja na impuls jednostkowy).

Sygnał wyjściowy układu, wywołany wymuszeniem impulsowym działającym na jego wejściu.

Odpowiedź impulsową oznaczamy symbolem  $k(t)$ .

30. **Odpowiedź jednostkowa** (dotychczas: funkcja przejścia; reakcja na skok jednostkowy; odpowiedź na skok jednostkowy).

Sygnał wyjściowy układu, wywołany wymuszeniem jednostkowym działającym na jego wejściu.

Odpowiedź jednostkową oznaczamy symbolem  $h(t)$ .

31. **Odpowiedź harmoniczna.**

Sygnał wyjściowy układu, wywołany wymuszeniem harmonicznym działającym na jego wejściu.

32. **Charakterystyki częstotliwościowe.**

Wykresy przepustowości  $K(j\omega)$  układu w funkcji częstotliwości.

33. **Charakterystyka amplitudowa** (dotychczas: charakterystyka amplitudy, amplitudowa, amplitud).

Wykres modułu przepustowości  $K(\omega) = |K(j\omega)|$  we współrzędnych prostokątnych  $K(\omega)$ ,  $\omega$ .

34. **Charakterystyka fazowa** (dotychczas: charakterystyka fazy, fazowa, faz).

Wykres argumentu przepustowości  $\varphi(\omega) = \arg \{K(j\omega)\}$  we współrzędnych prostokątnych  $\varphi(\omega)$ ,  $\omega$ .

35. **Charakterystyka amplitudowo-fazowa** (dotychczas: charakterystyka amplituda-faza).

Wykres przepustowości  $K(j\omega)$  we współrzędnych biegunowych  $\rho = K(\omega)$ ,  $\alpha = \varphi(\omega)$ , przy czym pulsacja  $\omega$  jest parametrem rzeczywistym, określonym w przedziale  $(-\infty, \infty)$ .

36. **Charakterystyki czasowe** (dotychczas: charakterystyki czasowe; charakterystyki chwilowe).

Wykresy sygnału na wyjściu układu, na którego wejściu działa standardowy sygnał wymuszający.

37. **Charakterystyka impulsowa.**

Wykres odpowiedzi impulsowej.

38. **Charakterystyka jednostkowa.**

Wykres odpowiedzi jednostkowej.

39. **Stabilność układu regulacji** (dotychczas: stabilność układu regulacji; stateczność układu regulacji).

Własność układu regulacji polegająca na tym, że jego odpowiedź impulsowa jest przebiegiem zanikającym, a więc spełnia warunek:  $\lim_{t \rightarrow \infty} k(t) = 0$ .

40. **Wielkość regulowana.**

Wielkość fizyczna podlegająca regulacji.

41. **Układ regulacji ciągłej** (dotychczas: układ regulacji o działaniu ciągłym).

Układ regulacji, w którym sygnał korygujący wielkość regulowaną jest funkcją ciągłą i obwód regulacji jest stale zamknięty.

42. **Układ regulacji przerywnej** (dotychczas: układ regulacji o działaniu nieciągłym).

Każdy układ regulacji, który nie jest układem regulacji ciągłej.

43. **Układ regulacji impulsowej (okresowej).**

Układ regulacji przerywnej, w którym zamykanie obwodu regulacji następuje okresowo.

44. **Układ regulacji przekaźnikowej.**

Układ regulacji przerywnej, w którym w obwodzie regulacji znajduje się element nieliniowy o działaniu przekaźnikowym; obwód regulacji jest stale zamknięty.

## PRZEGLĄD CZASOPISM

### UOGÓLNIONE RÓWNANIA CHARAKTERYSTYKI MECHANICZNEJ SILNIKA INDUKCYJNEGO KŁATKOWEGO

Litwak E. W., Nitusow E. W. Obobshchennoe uravnenie mekhanicheskoy kharakteristiki korotkozamknutowo asinchronnowo dwigatiela (Elektricheskizestvo, 1954, nr 10, str. 63—66)

Przy badaniu i projektowaniu napędów elektrycznych bardzo często wypada posługiwać się charakterystykami mechanicznymi silników klatkowych.

W klasycznej teorii silników indukcyjnych parametry stojana i wirnika —  $X_1$  (oporność indukcyjna stojana),  $X'_2$  (sprawdzona oporność indukcyjna wirnika) oraz  $R'_2$  (sprawdzona oporność czynna wirnika) — uważa się za stałe, niezależne od poślizgu. Wówczas równanie charakterystyki mechanicznej silnika otrzymuje postać:

$$(1) \quad m = m_k \frac{2(1 + \varepsilon s_k)}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s} + 2\varepsilon s_k},$$

gdzie  $m_k$  — moment krytyczny względny (wyrażony w stosunku do znamionowego),

$s_k$  — poślizg krytyczny (odpowiadający momentowi krytycznemu  $m_k$ ),

$m$  i  $s$  — współrzędne określonego punktu charakterystyki mechanicznej silnika,

$\varepsilon$  — stosunek  $R_1$  do  $R'_2$ .

We współczesnych silnikach klatkowych parametry stojana i wirnika zmieniają się wraz z poślizgiem. Przy poślizgach większych od znamionowego wzrasta nasycenie w warstwie zębowej maszyny, co objawia się w zmniejszeniu oporności indukcyjnej stojana ( $X_1$ ) i wirnika ( $X'_2$ ). Przy poślizgach większych od krytycznego  $s_k$  zaczyna występować wypieranie prądu, które jest przyczyną wzrostu oporności czynnej wirnika  $R'_2$ . Z tego powodu korzystanie z równania (1) do wyznaczania krzywych  $m = f(s)$  dla silników klatkowych konstrukcji współczesnej prowadzi do znacznych błędów.

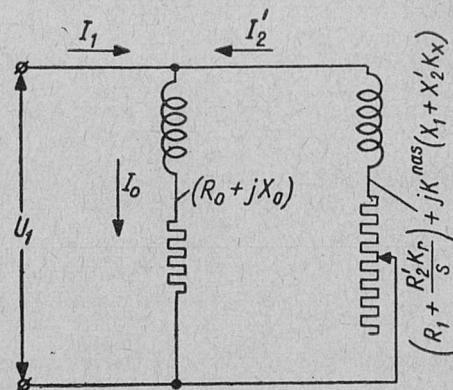
Omawiany artykuł podaje sposób wyznaczania krzywej momentu silnika na podstawie jego danych katalogowych. Jako podstawę metody przyjęto uogólnione równanie krzywej momentu, uwzględniające wpływ nasycenia i zjawiska wypierania prądu. Przy wyprowadzaniu tego równania posłużono się

schematem zastępczym maszyny indukcyjnej, przedstawionym na rys. 1.

Przyjmując następujące uproszczenie:

$$\frac{U_1}{E_2} = C = 1 - \frac{I_0}{2I_p} \approx 1$$

( $I_p$  — początkowy prąd rozruchowy;  $I_0$  — prąd biegu jałowego przy napięciu stojana  $U_1$ ;  $E_2$  — wewnętrzna siła elektromotoryczna maszyny), dopuszczalne w praktycznych obliczeniach, można na podstawie rys. 1 przedstawić równanie mo-



Rys. 1. Schemat zastępczy silnika indukcyjnego

mentu obrotowego silnika indukcyjnego w następującej postaci:

$$(2) \quad M = \frac{0,049 U_1^2 p \frac{R'_2 K_r}{s}}{\left[ \left( R_1 + \frac{R'_2 K_r}{s} \right)^2 + (X_1 + X'_2 K_x)^2 K^{nas 2} \right] f_1},$$

gdzie  $M$  — moment obrotowy (kGm), występujący przy poślizgu  $s$ ,

$U_1$  — napięcie (V) na zaciskach stojana,

$p$  — liczba par biegunów,

$f_1$  — częstotliwość prądu w stojanie (Hz),

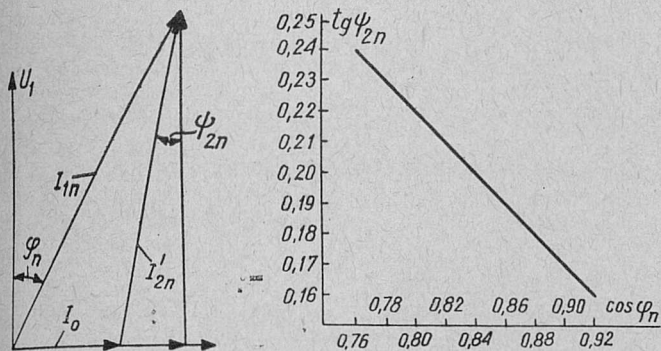
$K^{nas}$  — współczynnik dla poślizgu  $s$ , uwzględniający zmniejszenie oporności indukcyjnej stojana i wirnika, spowodowane wpływem nasycenia



$K_x$  — współczynnik dla poślizgu  $s$ , uwzględniający zmniejszenie oporności indukcyjnej, spowodowane zjawiskiem wypierania prądu,

$K_r$  — współczynnik dla poślizgu  $s$ , uwzględniający powiększenie oporności czynnej wirnika, spowodowane zjawiskiem wypierania prądu.

Do obliczeń praktycz. ch równanie (2) jest niedogodne



Rys. 2. Wykres prądów silnika indukcyjnego, jako ilustracja przybliżonej zależności:

$$I_{1n} \cos \varphi_n \approx I'_{1n} \cos \psi_{2n}$$

i dlatego należy je przekształcić. Ponieważ na podstawie rys. 2

$$I_{1n} \cos \varphi_n = I'_{2n} \cos \psi_{2n},$$

przeto można napisać:

$$(3) \quad \varepsilon = \frac{R_1}{R'_2} = \xi \cos^2 \varphi_n (1 + \operatorname{tg}^2 \psi_{2n}),$$

$$\text{gdzie } \xi = \frac{3 I_{1n}^2 R_1}{3 I_{2n}^2 R'_2} \approx \frac{3 I_{1n}^2 R_1}{s_n P_n} = \frac{1 - \eta_n}{\eta_n s_n (1 + \gamma)} - 1$$

(jest to stosunek znamionowych strat mocy w stojanie do znamionowych strat mocy w wirniku),

$P_n$  — znamionowa moc silnika (kW),

$\eta_n$  — znamionowa sprawność silnika,

$s_n$  — poślizg znamionowy,

$\gamma$  — stosunek strat mocy czynnej przy biegu jałowym do wartości przyrostu strat mocy czynnej przy obciążeniu 100%.

Dla serii silników typu A i AO (oznaczenia polskie SBJd i SZJd) można przyjąć wartości współczynnika  $\gamma$ , podane w tabl. I.

Tablica I

| Typ silnika      | Moc          | $\gamma$ |
|------------------|--------------|----------|
| SBJd (okapturz.) | do 10 kW     | 0,35     |
| SBJd „           | powyżej 10 „ | 0,40     |
| SZJd (zamknięty) | do 10 „      | 0,35     |
| SZJd „           | powyżej 10 „ | 0,50     |

Wartość  $\operatorname{tg} \psi_{2n} = \frac{X'_2 K_n^{\text{nas}}}{R'_2/s_n}$  można wyznaczyć z rys. 3 w zależności od znamionowego współczynnika mocy silnika;  $K_n^{\text{nas}} < 1$  jest to współczynnik uwzględniający wpływ nasycenia przy  $s = s_n$ . Wartość tego współczynnika w normalnych silnikach zawiera się w wąskich granicach i z dostatecznym przybliżeniem może być wyznaczona z następującego równania:

$$(4) \quad K_n^{\text{nas}} \approx 0,85 + (2,0 + 3,0) s_n.$$

Na podstawie powyższych wzorów, zakładając, że na ogół  $X_1 \approx X'_2$ , można równanie (2) napisać w następującej postaci:

$$(2a) \quad M = \frac{0,049 \frac{U_1^2 s_n^2}{f_1 R'_2} \frac{K_r}{s}}{\left(K_r \frac{s_n}{s} + \varepsilon s_n\right)^2 + \operatorname{tg} \psi_{2n} (1 + K_x)^2 v^2},$$

We wzorze tym  $v = K_n^{\text{nas}}/K_n^{\text{nas}}$ .

Jeżeli przyjąć, że  $K_r$  zmienia się według prostej od wartości  $K_r = K_{rp}$  (początkowej, przy poślizgu  $s = 1$ ) do  $K_r = 1$  (przy  $s = 0$ ), to wzór do określenia  $K_r$  będzie następujący:

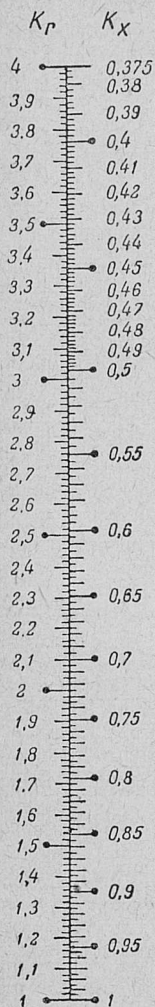
$$(5) \quad K_r = 1 + (K_{rp} - 1) \frac{s - 0,1}{0,9},$$

gdzie

$$(6) \quad K_{rp} = \frac{m_p}{i_p^2 s_n};$$

Tablica II

| Silnik typu SBJd 54a                                                                                                                |       |       |       |      | Silnik typu SBJd 64a                                                                                                                    |       |       |       |      | Silnik typu SZJd 64c                                                                                                                     |       |       |       |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|
| $P_n = 4,5 \text{ kW}; n = 1440 \text{ obr/min}$                                                                                    |       |       |       |      | $P_n = 10 \text{ kW}; n = 1450 \text{ obr/min}$                                                                                         |       |       |       |      | $P_n = 14 \text{ kW}; n = 1460 \text{ obr/min}$                                                                                          |       |       |       |      |
| Dane doświadczalne                                                                                                                  |       |       |       |      | Dane doświadczalne                                                                                                                      |       |       |       |      | Dane doświadczalne                                                                                                                       |       |       |       |      |
| $i_p = 6,04; m_p = 1,6; m_k = 2,17;$<br>$\cos \varphi_n = 0,85; \eta_n = 0,855$                                                     |       |       |       |      | $i_p = 4,59; m_p = 1,07; m_k = 2,02;$<br>$\cos \varphi_n = 0,88; \eta_n = 0,875$                                                        |       |       |       |      | $i_p = 6; m_p = 1,68; m_k = 2,4;$<br>$\cos \varphi_n = 0,88; \eta_n = 0,885$                                                             |       |       |       |      |
| Dane obliczeniowe                                                                                                                   |       |       |       |      | Dane obliczeniowe                                                                                                                       |       |       |       |      | Dane obliczeniowe                                                                                                                        |       |       |       |      |
| $K_n^{\text{nas}} \approx 0,95; \beta = 55;$<br>$\operatorname{tg} \psi_{2n} = 0,195; K_{rp} = 1,1;$<br>$K_{xp} = 0,97; s_n = 0,04$ |       |       |       |      | $K_n^{\text{nas}} \approx 0,933; \beta = 180;$<br>$\operatorname{tg} \psi_{2n} = 0,18; K_{rp} = 1,55;$<br>$K_{xp} = 0,845; s_n = 0,033$ |       |       |       |      | $K_n^{\text{nas}} \approx 0,916; \beta = 250;$<br>$\operatorname{tg} \psi_{2n} = 0,18; K_{rp} = 1,74;$<br>$K_{xp} = 0,795; s_n = 0,0266$ |       |       |       |      |
| $s$                                                                                                                                 | $K_r$ | $K_x$ | $v$   | $m$  | $s$                                                                                                                                     | $K_r$ | $K_x$ | $v$   | $m$  | $s$                                                                                                                                      | $K_r$ | $K_x$ | $v$   | $m$  |
| 1,0                                                                                                                                 | 1,1   | 0,97  | 0,40  | 1,68 | 1,0                                                                                                                                     | 1,55  | 0,845 | 0,64  | 1,08 | 1,0                                                                                                                                      | 1,74  | 0,795 | 0,49  | 1,72 |
| 0,8                                                                                                                                 | 1,09  | 0,975 | 0,418 | 1,75 | 0,8                                                                                                                                     | 1,43  | 0,875 | 0,644 | 1,19 | 0,8                                                                                                                                      | 1,58  | 0,84  | 0,493 | 1,81 |
| 0,6                                                                                                                                 | 1,06  | 0,98  | 0,43  | 1,98 | 0,6                                                                                                                                     | 1,31  | 0,91  | 0,647 | 1,36 | 0,6                                                                                                                                      | 1,41  | 0,88  | 0,497 | 1,94 |
| 0,4                                                                                                                                 | 1,03  | 0,99  | 0,465 | 2,2  | 0,4                                                                                                                                     | 1,18  | 0,95  | 0,654 | 1,56 | 0,4                                                                                                                                      | 1,25  | 0,93  | 0,505 | 2,2  |
| 0,2                                                                                                                                 | 1,01  | 0,995 | 0,603 | 2,11 | 0,2                                                                                                                                     | 1,06  | 0,98  | 0,692 | 1,86 | 0,2                                                                                                                                      | 1,08  | 0,975 | 0,545 | 2,42 |
| 0,15                                                                                                                                | 1,0   | 1,0   | 0,695 | 2,0  | 0,15                                                                                                                                    | 1,03  | 0,99  | 0,726 | 1,78 | 0,15                                                                                                                                     | 1,04  | 0,99  | 0,58  | 2,4  |
| 0,10                                                                                                                                | 1,0   | 1,0   | 0,82  | 1,76 | 0,10                                                                                                                                    | 1,0   | 1,0   | 0,793 | 1,76 | 0,10                                                                                                                                     | 1,0   | 1,0   | 0,66  | 2,15 |
| 0,04                                                                                                                                | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0  | 0,033                                                                                                                                   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0  | 0,0266                                                                                                                                   | 1,0   | 1,0   | 1,0   | 1,0  |
| 0                                                                                                                                   | 1,0   | 1,0   | 1,05  | 0    | 0                                                                                                                                       | 1,0   | 1,0   | 1,07  | 0    | 0                                                                                                                                        | 1,0   | 1,0   | 1,09  | 0    |



Rys. 4. Nomoqram, przedstawiający zależność współczynników  $K_r$  i  $K_x$

$$(9) \quad v_p = \frac{K_p^{nas}}{K_n^{nas}} = \frac{\sqrt{(1 + \varepsilon s_n)^2 + 4 \operatorname{tg}^2 \psi_{2n} - i_p^2 s_n^2 (1 + K_{rp})^2}}{i_p (1 + K_{xp}) \operatorname{tg} \psi_{2n}};$$

jest to współczynnik, uwzględniający zwiększenie oporności czynnej wirnika przy poślizgu  $s = 1$  (stojącym wirniku). Oznaczają tu:  $m_p$  — moment początkowy (względny),  $i_p$  — prąd początkowy względny.

Współczynniki  $K_r$  i  $K_x$  są ze sobą związane według pewnej zależności, będącej funkcją poślizgu. Przy wyznaczaniu współczynnika  $K_x$  na podstawie znalezionej wartości  $K_r$  można wykorzystać nomogram, przedstawiony na rys. 4.

Napisawszy równanie (2a) dla  $M = M_n$  (przy  $s = s_n$  i  $K_r = K_x = v = 1$ ), otrzymamy uogólnione równanie charakterystyki mechanicznej w następującej postaci:

$$m = \frac{M}{M_n} = \frac{K_r \left( \frac{s_n}{s} \right) [(1 + \varepsilon s_n)^2 + 4 \operatorname{tg}^2 \psi_{2n}]}{\left( K_r \frac{s_n}{s} + \varepsilon s_n \right)^2 + \operatorname{tg}^2 \psi_{2n} (1 + K_x)^2 v^2}.$$

Dla uwzględnienia nasycenia należy jeszcze wyznaczyć zależność  $K^{nas} = f(s)$  albo  $v = f(s)$ .

Przy poślizgach  $s \ll 1$ , gdy  $K^{nas} < K_p^{nas}$  ( $K_p^{nas}$  jest to współczynnik, uwzględniający wpływ nasycenia przy poślizgu  $s = 1$ ), zależność tę można przedstawić przy pomocy następującego równania przybliżonego:

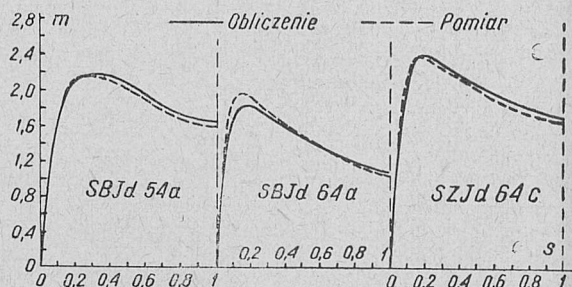
$$(8) \quad v = v_p + \frac{\left( \frac{1}{K_n^{nas}} \right) - v_p}{1 + \beta s^2},$$

w którym  $v_p$  jest to parametr obliczeniowy, który można wyznaczyć ze wzoru (7), rozwiązując go dla poślizgu  $s = 1$ :

$\beta$  jest to parametr obliczeniowy, który można określić z równania (8), rozwiązując je dla  $s = s_n$ :

$$(10) \quad \beta = \frac{1 - K_n^{nas}}{K_n^{nas} (1 - v_p) s_n^2}$$

Tak więc wszystkie czynniki, wchodzące do wzoru (7) zostały określone. Obliczenie charakterystyki momentu wykonuje się dla kilku punktów, odpowiadających wybranym wartościom poślizgu. Tok obliczenia jest następujący: najpierw wyznacza się  $K_n^{nas}$  ze wzoru (4), następnie znajduje się współczynnik  $K_{rp}$  z wzoru (6), a  $K_{xp}$  z nomogramu na rys. 4, odpowiednio do wartości  $K_{rp}$ . Po ustaleniu tych współczyn-



Rys. 5. Porównanie charakterystyk momentu trzech silników — wyznaczonych doświadczalnie (linie przerywane) i obliczonych (linie ciągłe)

ników i wyznaczeniu  $\operatorname{tg} \psi_{2n}$  z rys. 3 (odpowiednio do wartości  $\cos \varphi_n$ , podanej w katalogu) oblicza się wartość współczynnika  $v_p$  (z wzoru 9) oraz  $\beta$  (ze wzoru 10). Znając wartości współczynników  $v_p$  i  $\beta$  można określić współczynnik  $v$  dla dowolnej wartości poślizgu  $s$  na podstawie wzoru (8). Aby znaleźć z wzoru (7) wartość względnego momentu obrotowego silnika dla tego samego poślizgu, należy jeszcze określić współczynnik  $K_r$  z wzoru (5) i współczynnik  $\varepsilon$  z wzoru (3). Wyniki obliczenia najlepiej zapisywać w tabelce.

W tabl. II zestawiono wyniki obliczeń trzech silników: typy SBjd 54a, SBjd 64a oraz SZjd 64c (oznaczenia krajowe)\*).

Na rys. 5 przedstawiono krzywe momentu wymienionych silników — obliczone i zdjęte drogą pomiarów. Wyniki z nich, że opisana metoda rachunkowego określania charakterystyki momentu silnika indukcyjnego daje dobre wyniki, przynajmniej w odniesieniu do silników serii A i AO (SBjd i SZjd). Metoda ta nie uwzględnia wpływu wyższych harmonicznych momentu, który, jak wykazuje doświadczenie, w niektórych typach serii jest wyraźny.

## XXIV Międzynarodowe Targi Poznańskie 3 — 24 lipca 1955 r.

Wznawiane w roku bieżącym po 4-letniej przerwie Targi Poznańskie będą miały szerszy zakres niż poprzednie wobec wszystkich postępów w rozwoju naszego przemysłu. MTP będą podsumowaniem naszych osiągnięć i dorobku całego dziesięciolecia zarówno w zakresie towarów, jak i usług, oraz świadectwem naszej polityki handlu zagranicznego, polityki zmierzającej do rozszerzenia współpracy i wymiany towarowej. MTP zaprezentują przede wszystkim kierunki rozwojowe naszego przemysłu oraz nasze możliwości i perspektywy eksportowe.

Na terenach targowych obejmujących 25 ha w toku są prace przygotowawcze. Przeprowadza się generalne remonty wielu hal i pawilonów. Przy głównym wejściu na Targi budoje się nową halę wystawową o kubaturze 50 tys. m<sup>3</sup>. W ten sposób ogólna powierzchnia kryta terenów targowych osiągnie 44 tys. m<sup>2</sup> i około 20 tys. m<sup>2</sup> na terenie otwartym.

W zakładach produkcyjnych całego kraju przygotowuje się ekspozycje, które zaprezentują bogactwo naszego przemysłu, zarówno na użytek wewnętrzny, jak i na wywóz.

Atrakcją Targów będzie szeroko rozbudowany dział kierszowy na terenach parku targowego, w którym sprzedawane będą towary przemysłowe i konsumpcyjne produkcji krajowej i pochodzące z importu. Przewidziano dla zwiedzających możliwość zakupu wyrobów z metalu, włókna, skóry, mas plastycz-

nych, odzieży i innych najwyższej jakości, wystawianych na stoiskach eksportowych. Powstają nowe obszerne pawilony dostosowane do obsługi tysięcy kupujących. Przewidziano usprawnienie i rozszerzenie sieci zakładów żywienia zbiorowego.

Wystawcami na Targach będą organizacje gospodarcze, zwłaszcza przedsiębiorstwa produkcyjne i przedsiębiorstwa handlu zagranicznego, zgrupowane w komitetach wystawców. Gospodarzami na stoiskach w czasie trwania Targów będą właściwe centrale polskiego handlu zagranicznego.

Wystawcy krajowi zajmą pod ekspozycje 22 500 m<sup>2</sup> kryte powierzchnie targowej oraz 16 500 m<sup>2</sup> na terenach otwartych. Pierwsze miejsce zajmie przemysł ciężki (11 500 m<sup>2</sup> w halach i 16 500 m<sup>2</sup> na wolnym powietrzu).

Hutnictwo, górnictwo, przemysł chemiczny i budownictwo wraz z przemysłem materiałowym budowlanych i odlewniczym pokażą swoje osiągnięcia eksportowe na 18 stoiskach o łącznej powierzchni 8752 m<sup>2</sup>.

Chlubie naszego odrodzonego przemysłu — wyrobom przemysłu maszynowego i metalowego oddano do dyspozycji główną halę Targów o pow. 9019 m<sup>2</sup> oraz rozległe tereny otwarte. Na parterze tej hali zebrane będą maszyny i ob-

\*) Należy nadmienić, że dane tych silników według katalogu M-10 różnią się nieco od podanych w omawianym artykule.



biarki. Na pierwszym piętrze będą umieszczone wyroby maszynowego przemysłu metalowego, jak aparatura pomiarowa, narzędzia precyzyjne, narzędzia lekarskie, wyroby elektrotechniczne i inne.

Na terenach otwartych będą pokazane wyroby przemysłu motoryzacyjnego, tabor kolejowy, urządzenia energetyczne i teletchniczne w ruchu, a w Wieży Górnośląskiej po raz pierwszy osiągnięcia naszego przemysłu okrętowego.

Wystawcy przemysłów, wytwarzających artykuły szerokiego spożycia, zorganizowani są w trzech komitetach — przemysłu lekkiego, przemysłu rolno-spożywczego i drobnej wytwórczości.

Przemysł socjalistyczny, spółdzielczość pracy i rzemiosło zaprezentują tu obok towarów produkowanych na eksport, również szereg nowości przeznaczonych na rynek wewnętrzny. Będą to głównie wyroby włókiennicze, odzieżowe, skórzane, sportowe, muzyczne, ludowo-artystyczne i rzemieślnicze.

Chlubne osiągnięcia naszego górnictwa znajdą pełne odbicie na targach tegorocznych. Obok węgla kamiennego eksportowany będzie węgiel brunatny, koks, sól, rudy żelazne i nieżelazne.

Na targach będą pokazane nasze imponujące osiągnięcia w górnictwie węglowym, które zawdzięczamy w dużej mierze mechanizacji i elektryfikacji naszych kopalń. Szeroko stosujemy takie maszyny jak wrębiarki, ładowarki, czy wreszcie kombajny węglowe. Przeważająca większość maszyn i cały transport w naszych kopalniach mają obecnie napęd elektryczny. Stworzyliśmy już własny potężny przemysł maszyn górnictwowych, w którym Polska po Związku Radzieckim zajmuje drugie miejsce na świecie. Przemysł ten nie tylko w pełni zaspokaja zapotrzebowanie naszych kopalń, ale pracuje również na eksport.

Na Targach będzie wystawionych kilkadziesiąt rodzajów maszyn i urządzeń górnictwowych, a wśród nich wrębiarka elektryczna, ładowarka do kamienia, różne rodzaje przenośników, wentylatory kopalniane, kompletna podstacja prostownikowa kopalniana, zapalarki do elektrycznego odpalania zapalników i wiele innych urządzeń.

Fragment terenów zajmie przemysł naftowy; będą pokazane trzy zespoły wiertnicze w ruchu o wysokości masztów 33, 22 i 16 m.

Z dziedziny taboru kolejowego elektrycznego nasz przemysł wystawi: 1) sześciosiową lokomotywę elektryczną typu 2-E o mocy 1500 kW o ciężarze własnym 120 t, produkowaną od 1954 r.; lokomotywy te zbudowano do przewozu ciężkich pociągów z piaskiem z pustyni Błędowskiej do kopalń śląskich; 2) trójwagony zespół elektryczny typu 1/B + 2-B składający się z jednego środkowego wagonu silnikowego i dwóch wagonów sterowniczych; wagon środkowy ma 4 silniki o łącznej mocy 588 kW; waga trójczłonu wynosi 134 t, prędkość do 100 km/h; miejsc siedzących w trójczłonie 200; drzwi wejściowe są sterowane z kabiny kierowcy elektropneumatycznie; ogrzewanie jest elektryczne; ważną cechą trójczłonu jest szybki rozruch oraz możliwość sprawnego i szybkiego wysiadania i wsiadania pasażerów; jest używany w ruchu podmiejskim węzła warszawskiego.

Tegoroczne Targi mają służyć przede wszystkim sprawie aktywizacji naszego eksportu zarówno w zakresie towarów,

jak i usług. Równocześnie będą podsumowaniem naszych imponujących osiągnięć i dorobku minionego 10-lecia w ostatnim roku Planu Sześcioletniego.

W 1000 z górą naszych zakładach produkcyjnych wre gorączkowa praca nad przygotowaniem eksponatów na Targi, szczególnie nowości eksportowych, stanowiących ostatni przejaw polskiej myśli technicznej. Towary polskie, ich gatunki i wykonanie będą łatwo porównywane z produkcją innych krajów, gdyż Targi międzynarodowe stwarzają najlepszą ku temu okazję.

Na Targach będą pokazane nasze osiągnięcia i nasze możliwości eksportowe w dziedzinie budownictwa okrętowego, usług transportowych, przeładunkowych i remontowych. Produkowane jednostki będą pokazane przy pomocy modeli. Wszystkie statki parowe zaopatrywane są obecnie w krajowe kotły, maszyny główne i pomocnicze oraz najróżnorodniejsze mechanizmy: windy ładunkowe parowe i elektryczne, windy trałowe dla statków rybackich, maszyny sterowe, pompy, dmuchawy, zespoły prądotwórcze, jak również inne elementy wyposażenia okrętowego: kuchnie, lampy nawigacyjne, różne części urządzeń przeładunkowych, okucia, przyrządy nawigacyjne i inne.

Targi będą interesującym przeglądem poważnego dorobku polskich konstruktorów i robotników w dziedzinie przemysłu obrabiarkowego — od obrabiarek ciężkich o wadze 65 t do lekkich o wadze kilkudziesięciu kilogramów, jak olbrzymia szlifierka do wałców hutniczych, jak tokarka—kopiarka do produkcji wielko- i mało-seryjnych wałków różnego rodzaju o kształtach nawet bardzo skomplikowanych, jak szlifierka do wałców hutniczych (ciężar własny 40 t, szlifuje walce o wadze do 15 t), jak tokarka produkcyjna szybkoobrotowa typu lekkiego, przeznaczona do obróbki zgrubnej i wykańczającej wałków stopniowych nożami z węglików spiekanych i stali szybkoobrotowej.

Przewiduje się, że Międzynarodowe Targi Poznańskie zwiędzą około miliona osób.

PKP uruchomią w okresie trwania Targów specjalne pociągi ze wszystkich miast wojewódzkich, kursujące w określonych terminach do Poznania. „Orbis” ustala program wycieczek na Targi w różnych wariantach. Program wycieczek przewiduje zwiedzenie M. T. P. i zabytków miasta oraz szereg atrakcji, wycieczki podmiejskie, pobyt na kiermaszu targowym oraz udział w licznych rozrywkach.

Jednodniowa wycieczka bez noclegu np. z Warszawy z przejazdem kolejowym będzie kosztować zależnie od kategorii świadczeń od zł 95 do 130 na osobę. Na przejazd kolejką zostały przyznane zniżki indywidualne — 66% w drodze powrotnej; dla wycieczek liczących od 10 osób — 50% w obie strony. We wszystkich placówkach „Orbisu” już teraz można wstępnie zapisywać się na wyjazdy na M. T. P.

Oficjalny Katalog M. T. P. będzie wydany w 5 językach. Będzie on zawierał: 1) alfabetyczny spis wystawców krajowych z uwzględnieniem poszczególnych zakładów produkcyjnych, których eksponaty będą wystawiane na Targach, adres dystrybutora krajowego i centrali zagranicznego; 2) alfabetyczny spis oficjalnych i kolektywnych udziałów, jak i pojedynczych wystawców zagranicznych; 3) alfabetyczny spis wystawianych towarów z oznaczeniem pawilonu i stoiska.

## Elektryfikacja gospodarstwa domowego\*)

Dotychczasowy stan zaopatrzenia rynku w elektryczny sprzęt gospodarstwa domowego jest niezadowolający z powodu wadliwej jakości wielu wyrobów, braków asortymentu i małych serii produkcyjnych oraz wynikającej stąd bardzo wysokiej ceny, powodującej zwiężenie kręgu nabywców.

Poprawa tego stanu rzeczy przez rozszerzenie, umasowienie i ulepszenie produkcji sprzętu elektrycznego, ułatwiającego prowadzenie gospodarstwa domowego, stanowi zadanie sformułowane w uchwałach III Zjazdu PZPR o powszechnym podwyższeniu stopy życiowej mas pracujących i podniesieniu kultury życia codziennego.

1. Ogólne zagadnienia związane z elektryfikacją gospodarstwa domowego. Ponieważ szereg problemów, wiążących się z elektryfikacją go-

sodarstwa domowego miast i wsi, wymaga dalszych obszer-nych studiów, należy w ramach SEP (a w przypadku trudności organizacyjno-finansowych w ramach PKPG przy IEL) powołać stałą Komisję elektryfikacji gospodarstwa domowego. W skład jej wchodziłyby przedstawiciele wszystkich zainteresowanych instytucji naukowo-badawczych, przemysłowych, budowlanych, projektowych, handlowych, energetycznych oraz organizacji społecznych (Liga Kobiet, SEP). Do zadań Komisji należałaby koordynacja zagadnień, m. in. z punktu widzenia ekonomii, bezpieczeństwa użytkownika, normalizacji, energetyki, wykonawstwa instalacji, ustalenia właściwej kolejności uruchamiania produkcji nowych asortymentów, estetyki ich wykonania itd. Opracowanie poszczególnych tematów Komisja powierzyłaby zainteresowanym instytucjom, a generalne wnioski Komisji byłyby przedstawiane do akceptacji PKPG. Bezpośrednie wykonywanie kontroli jakości wyrobów nie byłoby zadaniem tej Komisji.

\*) Według uchwał Krajowej Konferencji z dn. 15.XII.54, zorganizowanej przez SEP przy udziale Ministerstwa Przemysłu Drobego i Rzemiosła.

2. **Zagadnienie jakości.** a) Konferencja uznaje za bardzo potrzebne utworzenie instytucji z udziałem czynnika społecznego, powołanej do kontroli jakości wyrobów zelektryfikowanego gospodarstwa domowego, upoważnionej nie tylko do orzekania o technicznej wartości prototypu, ale i do sprawdzania jakości poszczególnych wyrobów z bieżącej produkcji. Uchwalono zwrócić się do PKPG o zajęcie stanowiska w sprawie utworzenia takiej instytucji i określenia jej form organizacyjnych.

b) Równocześnie z opracowaniem dokumentacji każdego wyrobu powinny być ustalane oparte na normach warunki technicznego odbioru, które powinny być ściśle przestrzegane przy kontroli i badaniu wyprodukowanego sprzętu.

3. **Wykorzystanie doświadczenia zagranicznego.** Wobec poważnego opóźnienia naszego przemysłu w dziedzinie produkcji zelektryfikowanego sprzętu domowego, w szczególności w zakresie silników małej mocy, uchwalono dezyderat maksymalnego wykorzystania doświadczenia Związku Radzieckiego i krajów demokracji ludowej zarówno w postaci uzyskania — na podstawie licencji — dokumentacji technicznej i wzorów, jak i przez liczne praktyki zagraniczne konstruktorów i technologów.

4. **Koordinacja prac.** Produkcja elektrycznego sprzętu domowego jest rozdrobniona w szeregu zakładów przemysłu drobnego i rzemieślniczego, przemysłu maszynowego oraz zakładów spółdzielczych, a także jako produkcja uboczna w zakładach przemysłu kluczowego. Między tymi placówkami wytwórczymi brak koordynacji. Pociągają to za sobą zbędne dublowanie prac, zwiększa koszty, uniemożliwia wydłużenie serii produkcyjnych i utrudnia typizację i normalizację.

Do chwili obecnej nie ma centralnego ośrodka konstrukcji sprzętu i jego elementów, natomiast dokumentację tworzą biura podległe M. P. D. i R., M. P. M. (IIEI, CBKME i fabryki) oraz Politechniki. Stwierdzając potrzebę koordynacji prac zarówno w zakresie konstrukcji i badań prototypów, jak i produkcji, wysunięto zwołanie przez PKPG narady w celu ustalenia po-

działu zadań między resortami i wyższymi uczelniami oraz zabezpieczenia koordynacji prac. Konieczne jest powołanie w zakresie prac nad silnikami ułamkowej mocy jednego przewodniego ośrodka konstrukcyjnego, wyposażonego w warsztaty prototypowe i laboratorium.

5. **Normalizacja.** Wobec sytuacji, omówionej w p. 4 niemożliwe jest przeprowadzenie normalizacji elementów konstrukcyjnych już w pierwszej fazie uruchomienia produkcji. Ponadto konieczne jest znówelizowanie przestarzałych i opracowanie nowych norm ogólnych i przepisów w dziedzinie elektrycznego sprzętu domowego. Celowe przeto jest włączenie zagadnień normalizacyjnych do tematyki prac Instytutu Elektrotechniki. W szczególności tematyka ta powinna objąć zagadnienie uziemiania metalowych części sprzętu zelektryfikowanego, w której to sprawie poglądy uczestników Konferencji były rozbieżne. Konieczne jest gruntowne zbadanie zagadnienia i opracowanie jednolitych przepisów, normujących zasady ochrony użytkowników przed porażeniem.

6. **Zagadnienie nowych asortymentów sprzętu elektrycznego.** Prawidłowe instalacje w mieszkaniach oraz technicznie celowe a przy tym estetyczne konstrukcje odbiorników energii elektrycznej wymagają zastosowania odpowiednio skonstruowanych elementów sprzętu, produkowanych przez zakłady podległe Centralnemu Zarządowi Przemysłu Artykułów Elektrycznych. Niezbędne jest wzbogacenie asortymentu tych wyrobów, np. podjęcie produkcji gniazd i wtyczek typu „Schuca” oraz przełączników grzejnikowych.

7. **Wydawnictwa fachowe.** Konferencja zgłasza pod adresem PWT i PWSzk. Zaw. postulat o włączenie do planu wydawnictw dzieł z zakresu zelektryfikowanego sprzętu gospodarstwa domowego i jego elementów (szczególnie silników b. mały mocy) na poziomie zarówno popularnym, jak i inżynierskim, aby przez pogłębienie wiedzy w tej dziedzinie, pozbawionej dotąd niemal zupełnie polskiej literatury technicznej, podnieść poziom tych wyrobów.

## Wydawnictwa nadesłane

**NOWACKI PAWEŁ JAN, prof. dr inż., KORDECKI ANDRZEJ, prof. mgr inż., STANKIEWICZ ZDZISŁAW, mgr inż. ATLAS KONSTRUKCJI MASZYN ELEKTRYCZNYCH. Tom I. Części maszyn elektrycznych.** 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A3, str. 80, 38 plansz, cena 15 zł. — Z przedmowy autorów: Tematyka poszczególnych arkuszy dotyczy tych części maszyn, które są stosowane prawie we wszystkich maszynach elektrycznych wirujących. W szczególności tom ten zawiera rysunki takich części, jak płyty posadowe, tarcze i łożyska stojakowe, wały, mocowanie blach stojana i wirnika, płyty wirników, przewietrzniki, podwojniki, zamki tarcz łożyskowych, łapy i ucha stojanów, skuwki itp. Celowo natomiast zostały pominięte te części, które są związane ściśle z danym typem maszyny, jak komutatory, bieguny główne i pomocnicze maszyn prądu stałego, bieguny wirników maszyn synchronicznych jawnobiegunowych itp. Atlas ma być pomocny studentom szkół technicznych specjalizujących się w zakresie maszyn elektrycznych oraz ma ułatwiać pracę konstruktorską początkującym technikom. Krótkie opisy poszczególnych części podane są obok rysunków na stronach je poprzedzających. Atlas zawiera przede wszystkim konstrukcje nowsze, niemniej jednak ze względów dydaktycznych uwzględniono również nieliczne konstrukcje starsze, lecz wypróbowane w praktyce i jeszcze obecnie stosowane. Wiele podanych rozwiązań konstrukcyjnych, niekiedy bardzo pracochłonnych w porównaniu ze zwykle stosowanymi, jest przeznaczonych dla maszyn specjalnych, pracujących w wyjątkowo trudnych warunkach.

**KONORSKI BOLESŁAW, prof. dr inż., STARCZAKOW WALENTY, prof. mgr inż., WOJCIECHOWSKI STEFAN, mgr inż. RÓWNANIA I UKŁADY JEDNOSTEK W ELEKTROTECHNICE.** 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 156, rys. 2, tabl. 16, cena 12 zł — Spis rzeczy: Sposoby pisania równań w elektrotechnice. Układy jednostek w elektrotechnice. Racjonalizacja równań. Przenikalność dielektryczna i magnetyczna próżni. — Informacje wydawcy: W książce są omówione zasady poprawnych sposobów pisania równań wielkościowych, liczbowych i przystosowanych oraz układy jednostek i zasady ich stosowania. Książka jest przeznaczona dla inżynierów i techników; celem jej jest ułatwienie korzystania z piśmiennictwa technicznego oraz opanowania umiejętności poprawnego for-

mułowania wzorów i posługiwania się jednostkami w obliczeniach technicznych, pracach badawczych, obliczeniowych, referatach, wykładach, artykułach i książkach.

**MYŚLIICKI ANDRZEJ, dr inż. ZASADY DOBORU PRZYRZĄDÓW ROZDZIELCZYCH.** 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 132, rys. 44, tab. 31, cena 10 zł. — Spis rzeczy: Wstęp. — Warunki pracy oraz ogólne zasady budowy i prób przyrządów rozdzielczych. Uwagi ogólne. Warunki wynikające z miejsca zainstalowania. Warunki napięciowe. Warunki prądowe. Wielkości charakterystyczne prądowe. Działania cieplne prądu w przyrządach rozdzielczych. Działania dynamiczne prądu w przyrządach rozdzielczych. Warunki łączności roboczej i zwarciowej. Warunki trwałości przyrządów rozdzielczych. — Ogólne zasady doboru przyrządów rozdzielczych. Dobór napięcia znamionowego przyrządów rozdzielczych. Dobór prądu znamionowego przyrządów rozdzielczych. Podstawy obliczania charakterystycznych wielkości zwarciowych. Metody obliczania prądów zwarciowych. Dobór wytrzymałości cieplnej 1- lub 5-sekundowej przyrządów rozdzielczych. Dobór wytrzymałości dynamicznej przyrządów rozdzielczych. — Zasady doboru poszczególnych rodzajów przyrządów rozdzielczych. Wyłączniki wysokonapięciowe. Odłączniki mocy. Odłączniki. Bezpieczniki wysokonapięciowe. Bezpieczniki niskonapięciowe wielkiej mocy wyłączalnej. Przekładniki napięciowe. Przekładniki prądowe. Dławiki. Odgromniki zaworowe. Szyny zbiorcze. Kable i przewody. Izolatory wsporcze i przepustowe. Wyłączniki niskonapięciowe. — Wykaz piśmiennictwa. — Informacja wydawcy: Książka jest przeznaczona dla elektryków zajmujących się eksploatacją i projektowaniem urządzeń rozdzielczych.

**MINISTERSTWO PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO. PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI. Rok IV, nr 13, 1955, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A4, str. 68, cena zł 28,50. — Spis rzeczy: Bąk A. Obliczanie prądów zwarciowych w sieciach niskonapięciowych. — Dominko S. Modernizacja przekładnika SD4-ADO. — Podgórski A. Pomiar wielkich prądów zmiennych przy pomocy boczników oraz przekładników prądowych. — Skoczyski Z. Symetryczna prądnicza synchroniczna jako oporność przy zwarciach niesymetrycznych.**



# PRZEGLĄD DOKUMENTACYJNY ELEKTROTECHNIKI

opracowany przez OŚRODEK DOKUMENTACJI ELEKTROTECHNIKI

Dodatek do miesięcznika PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rocznik 7

Warszawa, maj 1955 r.

Nr 5

Gwiazdkami obok porządkowych liczb artykułów, oznaczone są publikacje znajdujące się w bibliotece Instytutu Elektrotechniki

## Wiadomości ogólne

208\* 538.551.1:512.831 D1  
Raymond F.: **Analogie elektryczne i mechaniczne.** „Analogies électriques et mécaniques”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 61, Nr 10, paźdz. 52, s. 465; A4, 10 str., 26 rys., 2 tabl., 4 poz. bibl. — Analogie między obwodami elektrycznymi i układami mechanicznymi podległymi równaniom liniowym. Przedstawienie matematyczne obwodów elektrycznych i układów mechanicznych pod postacią macierzy. Głośnik jako przykład powiązania obwodu elektrycznego z układem mechanicznym.

209\* 621-52:621.9.002 D1  
Dikuszin W. I.: **Rozwój prac badawczych w dziedzinie automatyzacji procesów w przemyśle maszynowym.** „O rozvitii issledowatelskich rabot po awtomatizaciji processow maszynostrojenja”. Izv. Akad. Nauk SSSR Otd. techn. Nauk., Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 14; B5, 9 str. — Zagadnienie automatyzacji w wykonaniu zadań planowanych na 1951 — 1955 r. Osiągnięcia przemysłu maszynowego ZSRR. Badanie procesów technologii maszynowej z punktu widzenia automatyzacji. Zagadnienie kadr; o przemysłową produkcję elementów automatyki. Zadanie naukowe: typowanie procesów technologicznych do automatyzacji oraz przystosowanie maszyn i urządzeń do wymagań automatyki; badanie regulowanego napędu elektrycznego i hydraulicznego; automatyka kopiujących obrabiarek.

210\* 621-523:621.1 D1  
**Wyniki eksploatacji i perspektywy stosowania elektromechanicznych i elektronowych systemów samoczynnej regulacji procesów cieplnych.** „Ob itogach eksploatacji i pierspektiwach primienienia elektromechaniceskoj i elektronnoj sistiem awtomaticeskowo riegulirowanaja tiepłowych processow”. Elektr. Stancji, Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 59; A4, 1 str. — Wyniki narady sekcji techniki cieplnej Rady Technicznej Ministerstwa Elektrowni i Przemysłu Elektrycznego Związku Radzieckiego, poświęconej rozpatrzeniu wyników eksploatacji i perspektyw rozwoju elektromechanicznych i elektronowych systemów regulowania procesów cieplnych w elektrowniach. Wnioski i postanowienia narady. Dyrektywy dla biur konstruktorskich i projektowych.

211\* 621.3:389.6.061.3 D1  
Vieweg R., Jacottet P.: **Sesja IEC w Opatija.** „Die IEC-Tagung in Opatija”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 19, paźdz. 53, s. 568; A4, 6 str. — Sprawozdanie z posiedzeń komisji IEC w lecie 1953 r. Postęp w opracowywaniu norm międzynarodowych, szczególnie w zakresie maszyn wirujących, unifikacji jednostek i oznaczeń, zagadnień energetycznych i przemysłowych, materiałów izolacyjnych i odgromników zaworowych. Uwagi o wkładzie pracy komisji niemieckich. Wymiana doświadczeń w zakresie rozbudowy układów energetycznych, rozwój elektrotechniki w Jugosławii.

212\* 621.3.01:538.551 D1  
Wienikow W. A.: **Niektóre zagadnienia stosowania podobieństwa przy modelowaniu układów elektrycznych.** „Niektóre woprosy primienienia podobja pri modelirowanii elektriceskich sistiem”. Izv. Akad. Nauk SSSR Otd. techn. Nauk., Moskwa, mies., Nr 1, stycz. 54, s. 69; B5, 11 str., 7 poz. bibl. — Modelowanie dynamiczne jako jedno z narzędzi badania zjawisk fizycznych. Kryterium podobieństwa układów elektrycznych. Możliwości odstępiania od podobieństwa geometrycznego. Wpływ nieliniowości parametrów przy modelowaniu. Zagadnienie dokładności modelowania i różnic w reagowaniu na zakłócenia przypadkowe (statystycznie określone). Modelowanie układów wzbudzenia i regulatorów wzbudzenia. Metody aproksymacji charakterystyki regulatorów.

213\* 621.3.051.2:621.3.027.8 D1  
**Zagadnienia przesyłania energii elektrycznej przy napięciu 380 kV.** „I problemi del trasporto di energia elettrica a 380 kV”. Energia elettr., Milano, mies., t. 30, Nr 1, stycz. 53, s. 35; A4, 1,5 str., 1 tabl. — Krótkie sprawozdanie z dyskusji zorganizowanej przez SEV (Stowarzyszenie Elektryków Szwaj-

carskich) w dn. 5 grudnia 1952 r. na temat zagadnień technicznych i ekonomicznych związanych z przesyłaniem energii elektrycznej przy napięciu 380 kV. Porównanie kosztów przesyłania energii elektrycznej przy napięciach 150, 225, 275 i 380 kV. Zagadnienia: koordynacji izolacji, ograniczenia prądów zwarciovych, typu przewodów i wpływu ich na koszty słupów, typu transformatorów, wyłączników, przekładników mierniczych.

214\* 621.3.056.5 D1  
Wald E.: **Jak mierzymy intensywność sadzi.** „Jak měřime vydatnost námraz”. Energetika, Praha, mies., Nr 9, wrzes. 53 (wkładka); A4, 8 str., 7 fot., 13 rys., 17 poz. bibl. — Średnica przewodu wraz z sadią oraz obciążenie sadią w g/m jako kryteria intensywności sadzi. Zależność osadzania sadzi od siły i kierunku wiatru. Praktyczne metody pomiaru średnicy i ciężaru sadzi. Doświadczalne stacje sadowe w CSR i za granicą. Porównanie wyników teoretycznych i pomiarowych wagi sadzi osadzającej się na różnych typach przewodów.

215\* 621.3.083.7:621.3.078:621-52 D1  
Boundy J.: **Elektryczne pomiary zdalne i proces kontroli automatycznej.** „Electrical telemetering and automatic process control”. Electron. Engng., London, mies., t. 25, Nr 302, kw. 53, s. 154; Nr 303, maj 53, s. 198; A4, 8,5 str., 5 fot., 8 rys. — Historyczny przegląd konstrukcji urządzeń elektrycznych do pomiarów zdalnych (układ z nadajnikiem oporowym, układ z odbiornikiem o skrzyżowanych zwojniciach, elektronowe urządzenie telemetryczne Eversheda). Automatyczna regulacja procesów. Regulacja proporcjonalna (schemat układu elektrycznego). Regulacja półautomatyczna. Regulacja elektropneumatyczna. Wyposażenie dyspozytorni (tablice sterownicze). Niektóre detale urządzeń.

216\* 621.311:614.84 D1  
**Ochrona przeciwpożarowa urządzeń elektrycznych.** „Protezioni antincendi negli impianti elettrici”. Energia elettr., Milano, mies., t. 30, Nr 8, sierp. 53, s. 513; A4, 8,5 str., 8 fot., 5 rys., 1 poz. bibl. — Sposoby gaszenia ognia. Opis niektórych urządzeń do gaszenia ognia ze szczególnym uwzględnieniem pożarów paliw płynnych (olej, ropa naftowa). Ochrona transformatorów. Automatyzacja urządzeń służących do gaszenia.

## Maszyny elektryczne

217\* 621.313.13.004 D1  
Polard J.: **Wybór silnika elektrycznego.** „Le choix d'un moteur électrique”. Electro-Magazine, Paris dwumies., Nr 21, marz.-kw. 53, s. 18; A4, 5 str., 13 fot., 2 rys. — Parametry decydujące o doborze silnika elektrycznego. Miejsce pracy, sposób zamocowania, maszyna napędzana, charakterystyki elektryczne silnika, charakterystyki momentu, moc. Korzyści doboru wykonania normalnego. Zdjęcia nowych konstrukcji silników.

218\* 621.313.32:621.316.727:621.311.1.016.35 D1  
Bauer H.: **Stateczność przesuwników fazowych w sieciach połączonych.** „Die Stabilität von Phasenschiebern in Verbundsystemen”. ETZ-A, Wuppertal, dwutyg., Nr 15, sierp. 53, s. 441; A4, 5 str., 10 wyk. — Maszyna synchroniczna jako przesuwnik fazowy. Wykres wektorowy maszyny przewzbudzonej i niewzbudzonej. Analiza pracy maszyny synchronicznej jako przesuwnika fazowego. Dynamiczne właściwości przesuwnika fazowego. Zachowanie się przesuwnika fazowego przy zwarciach dwu- i trójfazowych w sieciach 132 kV. Przesuwniki fazowe ze wzbudzeniem ujemnym.

219\* 621.313.32.048:621.317.333.004.5 D1  
Kawrin J. J.: **O skuteczności badań uzwojeń generatorów i kompensatorów synchronicznych podwyższonym napięciem prądu zmiennego.** „Ob effiektivnosti ispytanyj obmotok gienieratorow i sinchronnych kompensatorow powyszennym napriazhenjem pieriemiennowo toka”. Energetik, Moskwa, mies., Nr 7, grud. 53, s. 16; A4, 1,5 str., 2 tabl. — Porównanie wyników badania krzywej adsorpcji (szacowanie stałej relaksacji metodą  $R_{60}/R_{15}$ ) z wynikami pomiaru współczynnika stratności przy napięciu podwyższonym. Niedostateczność wyników po-

miaru współczynnika stratności. Celowość wdrażania nowych metod badań profilaktycznych.

220\* 621.313.322.045 D1  
Frey R.: **Dane eksploatacyjne dotyczące uzwojeń stojana w generatorach wysokiego napięcia elektrowni Bannwil należące do Towarzystwa „Bernische Kraftwerke A—G”.** „Erfahrungen mit Statorwicklungen von Hochspannungsgeneratoren im Kraftwerk Bannwil der Bernischen Kraftwerke A-G”. Bull SEV, Zürich, 2-tyg., Nr 3, luty 53, s. 95; A4, 1,5 str., 3 fot. — Krótki opis stanu uzwojeń stojana 2 generatorów wykonanych przez firmę Oerlikon w 1912 r. Dane znamionowe generatorów: moc 2,3 MVA, napięcie 11 kV, 1500 obr/min. Oba generatory pracowały bez przerwy 40 lat bezpośrednio na sieć 11 kV. Stan izolacji dobry. Pręty miedziane uzwojenia pokryte częściowo grysztanem.

221\* 621.313.333.041.3 D1  
Keller S. H.: **Program przemianowania mocy: większy silnik o tej samej objętości.** „The rerating program: more motor in same space”. Westinghouse Engng., Pittsburgh, dwumies., t. 13, Nr 6, list. 53, s. 204; A4, 2 str., 1 rys., 1 tabl. — Zagadnienia związane z wprowadzeniem w życie programu przemianowania mocy silników indukcyjnych od 1 do 30 KM, polegającym na podwojeniu mocy (w stosunku do silników z r. 1938) bez zasadniczego powiększania wymiarów. Zestawienie proponowanego szeregu mocy i wymiarów silników nowej serii. Osiągnięcia w dziedzinie materiałów magnetycznych oraz izolacji uzwojeń, umożliwiające realizację programu „przemianowania mocy”.

222\* 621.313.333.2.025.1 D1  
Schuisky W.: **Przyczynek do teorii silnika jednofazowego ze zwartą fazą rozruchową.** „Beitrag zur Theorie des Einphasen-spaltmotors”. E und M., Wien, dwutyg., Nr 5, marz. 53, s. 99; A4, 5,5 str., 1 rys., 7 wyk. — Budowa i zasada działania silników jednofazowych ze zwartą fazą rozruchową. Wyznaczenie prądu i momentu rozruchowego. Zachowanie się silnika podczas rozruchu. Bieg jałowy silnika.

Wzmocniacze prądu stałego

223\* 621.314.13:621.317.39:545.371 D1  
Morton C.: **Wzmacniacz prądu stałego dla zastosowania przy pomiarach pH.** „A.D.C. amplifier for use in pH measurements”. Electron. Engng., London, mies., t. 25, Nr 300, luty 53, s. 74; A4, 4 str., 5 rys., 2 tabl., 6 poz. bibl. — Wzmacniacz prądu stałego do zastosowania w urządzeniach, jak elektrokardiografy, encefalografy i pH-metry. Prosty układ wzmacniacza różnicowego. Charakterystyka lamp elektrometrycznych, wybór lamp. Kilka praktycznych schematów wzmacniaczy lampowych z podaniem wartości liczbowych oporów i danych lamp. Teoria działania opisanych wzmacniaczy. Stateczność zera urządzenia.

Transformatory

224\* 621.314.2.001.24:621.3.014.3 D1  
Picchi M.: **O określaniu napięć zwarcia transformatorów trójuzwojeniowych.** „Sulle prove in corto circuito dei trasformatori a tre avvolgimenti”. Energia elettr., Milano, mies., t. 30, Nr 7, lip. 53, s. 436; A4, 7,5 str., 7 rys., 3 wyk., 3 tabl., 43 poz. bibl. — Schemat zastępczy transformatorów 3-uzwojeniowych. Obliczanie oporności Z, X i R schematu zastępczego. Analiza dokładności metody „klasycznej” w przypadku, gdy  $X_2 \approx 0$ . Metoda bezpośredniego określania R i X. Wyniki pomiarów oporności metodą „klasyczną” i metodą bezpośrednią transformatorów 190/190/190 V — 6,6/6,6/6,6 kVA, 70/10/150 kV — 30/30/30 MVA,  $\frac{115,5}{\sqrt{3}} / \frac{6}{\sqrt{3}} / \frac{220}{\sqrt{3}}$  kV 20/20/20 MVA. Zalety me-

tody bezpośredniej w porównaniu z metodą „klasyczną”. Praktyczne możliwości stosowania metody bezpośredniej.

225\* 621.314.21:621.3.017:621.316.262.003:621.316.727 D1  
Kočandele V.: **Ekonomiczna praca stacji transformatora z punktu widzenia strat w transformatorze.** „Hospodárny provoz transformační stanice se zřetelom na transformační ztráty”. Energetika, Praha, mies., Nr 5, maj 53, wkładka; A4, 13,5 str., 13 rys., 11 tabl. — Całość obliczeń strat w miedzi i w żelazie transformatora dla typów transformatorów stosowanych w energetyce. Tablice strat dla transformatorów różnych napięć, mocy i układów połączeń. Znaczenie gospodarcze nierównomiernego obciążenia transformatora (zmienność strat w miedzi). Ekonomiczne układy połączeń transformatorów w stacji (wykorzystanie rezerw). Kompensacja energii biernej przez zainstalowanie kondensatora.

Tyratrony

226\* 621.314.214.27 D1  
Bailey R.: **Sterowanie tyratronów małymi sygnałami.** „Control of thyratrons by small signals”. Electron. Engng., London, mies., t. 25, Nr 307, wrzes. 53, s. 374; A4, 3,5 str., 10 rys., 1 poz. bibl. — Sterowanie zapłonu tyratronów przez zmianę fazy napięcia przykładanego do siatki. Przykład regulacji za pomocą tyratronu mocy dostarczonej do grzejnika. Przeliczenie obwodu anodowego. Obwód siatkowy. Wpływ prądu siatkowego. Wnioski.

Transduktory

227\* 621.314.5:621.394.64 D1  
Milnes A. G., Hadson C. S.: **Szereg transduktorów na 400 c/s i 1600 c/s dla użytku służby.** „A range of 400 c/s and 1600 c/s transducers for service use”. Electron. Engng., London, mies., t. 25, Nr 306, sierp. 53, s. 322; A4, 5 str., 2 rys., 3 wyk., 3 tabl. — Ogólne zalety transduktorów. Przegląd istniejących konstrukcji transduktorów (materiały, rdzenie, wzmacnienie, stałe czasu). Szereg wielkości podstawowych wymiarów transduktorów. Kilka układów elektrycznych transduktorów. Podział transduktorów według podstawowych danych znamionowych. Przykładowe charakterystyki. Proponowana normalizacja parametrów wejściowych transduktorów. Charakterystyki magnetyczne materiałów na rdzenie do transduktorów.

Prostowniki

228\* 621.314.626.004.15 D1  
Blatter H.: **Pewność ruchu i ekonomiczność prostowników stykowych.** „Die Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit der Kontaktumformer”. Brown. Boveri Mitt., Baden mies., Nr 7, lip. 53, s. 243; A4, 3,5 str., 2 fot., 1 rys., 1 wyk., 2 tabl. — Wymagania elektrochemii odnośnie urządzeń przetwarzających prąd zmienny na prąd stały. Dane wykazujące pewność ruchu prostowników stykowych w ciągu ostatnich dwóch lat eksploatacji. Zagadnienie zapłonów wstecznych w prostownikach stykowych. Bilans strat urządzenia przetwórczego z prostownikami stykowymi. Zależność sprawności urządzenia od wartości znamionowych prądu i napięcia wyprostowanego.

229\* 621.314.65:621.316.727 D1  
Möltgen G.: **Urządzenia prostownikowe o zmniejszonym poborze mocy biernej.** „Stromrichteranlagen mit verminderter Blindleistungs-aufnahmen”. Siemens Z., Berlin, 8 razy do roku, Nr 7, list. 53, s. 363; A4, 6 str., 6 rys., 6 wyk., 1 tabl. — Określenie pojęcia współczynnika mocy zespołu prostownikowego. Przyczyny poboru mocy biernej: komutacja i sterowanie. Omówienie kilku układów, których zastosowanie zmniejsza pobór mocy biernej. Dyskusja i porównanie skuteczności działania omówionych układów w odniesieniu do podwójnego układu trójfazowego z dławikiem wyrównawczym.

230\* 621.314.651.2:621.331:625.2 D1  
de Boor W. M.: **Prostowniki 3000 kW chłodzone powietrzem dla południowo-afrykańskich kolei państwowych.** „Die luftgekühlten 3000 kW Mutatorgruppen der Südafrikanischen Staatsbahnen”. Brown Boveri Mitt., Baden, mies., Nr 11/12, list.-grad. 53, s. 470; A4, 6 str., 3 fot., 1 rys., 2 wyk., 4 poz. bibl. — Opis wyposażenia sterowanych zdalnie podstacji trakcyjnych z prostownikami 3000 V, 1000 A o wysokiej przeciążalności (200% — 1 minuta, 250% — 10 sekund). Prostowniki chłodzone powietrzem, z zespołem pomp próżniowych. Podano opis i wyniki prób odbiorczych, które wykazały wysoką jakość urządzeń. Załączono oscylogramy zwarcie wywołanych sztucznie podczas prób. Pierwsze wyniki eksploatacyjne są całkowicie zadowalające.

Linie napowietrzne

231\* 621.315.1.001.24 D1  
Pochop K.: **Elektryczne obliczenie linii.** „Elektrický výpočet vedení”. Energetika, Praha, mies., Nr 11, list. 53, s. 389; A4, 2 str., 3 rys., 2 tabl. — Wymagania przepisów czeskich, niemieckich, radzieckich i angielskich dotyczące dopuszczalnej obciążalności prądowej przewodów linii napowietrznych. Porównanie przewodów miedzianych i stal-aluminiowych. Obliczenia maksymalnej mocy przenoszonej przez linię (przykład linii rozdzielczych 22 kV). Spadki napięć w linii, obliczanie indukcyjności przewodów.

232\* 621.315.175 D1  
Davies V. L., Pierre L. C.: **Metody topienia sadzi na liniach przesyłowych.** „Ice-melting practices on transmission lines”. Electr. Engng., New-York, mies., t. 72, Nr 3, marz. 53, s. 251;



A4, 1 str., 1 rys. — Przepuszczanie dużego prądu w krótkim czasie w celu topienia sadzi na przewodach linii przesyłowych. Dwie zasadnicze metody: przez zwieranie lub uziemienie linii oraz przez wytworzenie przesunięcia fazowego między poszczególnymi stacjami transformatorowymi. Podano układ połączeń dla uzyskania odpowiedniego przesunięcia fazowego. Porównano zalety i wady obu metod.

*Kable*

233\* 621.315.229 D1  
Barchardt H., Hosse G.: **Kabel z prasowanym płaszczem aluminiowym**. „Kabel mit gepresste Aluminiummantel”. Siemens Z., Berlin, 8 razy do roku, Nr 4, czerw. 53, s. 203; A4, 9 str., 13 fot., 3 rys., 13 poz. bibl. — Rozwój budowy kabli w ostatnim dwudziestolecu. Zastąpienie płaszcza ołowianego aluminiowym. Przykłady konstrukcji płaszczy aluminiowych. Urządzenia do prasowania płaszcza kabla, dane mechaniczne, zagadnienie sterowania i regulacji. Porównanie własności wytrzymałości mechanicznej kabla z płaszczem ołowianym, ołowianym z domieszką antymonu oraz aluminiowym o różnym stopniu czystości aluminium. Przykładowe konstrukcje kabli energetycznych i telekomunikacyjnych z płaszczem aluminiowym oraz warstwą przeciwkorozyjną.

234\* 621.315.2.027.3:621.315.614.6:621.3.017.143 D1  
Oudin J., Thevenon H.: **Wpływ grubości papierów na jonizację kabli wysokiego napięcia**. „Influence de l'épaisseur des papiers sur l'ionisation des câbles à haute tension”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 62, Nr 12, grud. 53, s. 581; A4, 6 str., 5 rys., 4 wyk., 1 poz. bibl. — Straty powstające w kablach wysokiego napięcia w wypadku pozostania pęcherzyka gazu między warstwami papieru izolacyjnego. Mechanizm jonizacji. Wzory na wielkość strat. Przyrosty temperatury. Wyniki pomiarów doświadczalnych. Straty w wypadku wypełnienia olejem przerwy między warstwami papieru. Wnioski.

*Przewody aluminiowe*

235\* 621.315.53 D1  
Dufek L.: **Wymiarowanie i dobór przewodów aluminiowych**. „Dimensovani a volba hliníkových vodičů”. Elektrotechnik, Praha, mies., Nr 2 luty 53, s. 36; A4, 3,5 str., 5 rys., 14 tabl. — Tablice oporności, obciążalności prądowej, wagi i wymiarów różnych typów izolowanych przewodów aluminiowych. Wpływ temperatury otoczenia. Dobór bezpieczników topikowych. Własności mechaniczne. Łączenie przewodów aluminiowych. Przystosowanie do wymagań norm czeskich.

236\* 621.315.53:621.315.682:621.791.052 D1  
Brodecký T., Hájková M.: **Spawanie przewodów aluminiowych**. „Svařování hliníkových vodičů”. Elektrotechnik, Praha, mies., Nr 2, luty 53, s. 39; A4, 2,5 str., 2 rys. — Różne sposoby łączenia aluminium. Stosowanie spoiwa (krzemoglinowe i cynkowocynowe). Stapianie końcówek aluminiowych. Przebieg nowoczesnego spawania. Przykłady elementów łączonych nowymi metodami, dyskusja własności różnych metod.

237\* 621.315.53:621.315.682:621.791.9:534.321.9 D1  
Schwarz K.: **Spajanie aluminium przy pomocy ultradźwięku**. „Pájení hliníku při pomoci ultrazvuku”. Elektrotechnik, Praha, mies., Nr 7/8, lip. — sierp. 53, s. 147; A4, 5,5 str. 12 rys., 1 tabl., 7 poz. bibl. — Trudności łączenia przewodów aluminiowych. Zasada stosowania metody ultradźwiękowej. Układy oscylatorów rezonancyjnych do wytwarzania drgań. Oscylogramy. Generator ultradźwiękowy, schemat, wykonanie zewnętrzne. Przebieg spajania, własności spoin w przypadkach spajania aluminium-aluminium, aluminium-stal, wytrzymałość mechaniczna, odporność na korozję.

238\* 621.315.53:621.315.682 D1  
Novotný O., Šubin P.: **Pasta stykowa do mechanicznego łączenia przewodów aluminiowych**. „Kontaktní pasta pro mechanické spojení hliníkových vodičů”. Elektrotechnik, Praha, mies., Nr 10, paźd. 53, s. 219; A4, 6 str., 12 rys., 3 tabl. — Stosowanie smaru stykowego z mieszaniny wazeliny i opilek metalowych w miejscach styku przewodów metalowych. Spadki napięcia w miejscu styku dla różnych sposobów łączenia i różnych rodzajów pasty stykowej. Przybory do łączenia mechanicznego przewodów. Stosowanie zacisków mosiężnych. Zalety stosowania pasty.

*Półprzewodniki*

239\* 621.315.592:546.289 D1  
Malsch J., Rothe H.: **O znaczeniu i stanie rozwojowym transistorów**. „Über die Bedeutung und den technischen Stand der Transistoren”. ETZ-B., Wuppertal, dwutyg., Nr 1, stycz. 54, s. 11; A4, 3,5 str., 3 rys. — Transistory a lampy elektronowe.

Zalety transistorów i przyczyny niepowodzeń urządzeń z transistorami. Przewodność elektryczna germanu. Rodzaje transistorów i ich budowa. Trudności produkcji transistorów. Zabezpieczenie transistorów od wpływów zewnętrznych. Przyczyny nieprodukowania transistorów w Niemczech Zachodnich. Charakter produkcji transistorów w Stanach Zjednoczonych; wielkość produkcji w 1952 r.

*Materiały izolacyjne*

240\* 621.315.6(213) D1  
Houger V., Rychtera M.: **Wpływ klimatu tropikalnego na izolację urządzeń elektrycznych**. „Vlivy tropického klimatu na elektrickou izolaci strojů”. Elektrotechnik, Praha, mies., Nr 6, czerw. 53, s. 141; A4, 2 str., 1 rys. — Własności klimatu gorącego — suchego, gorącego — wilgotnego i zmiennego. Stosowanie warstwy półprzewodzącej na powierzchni izolatorów ceramicznych. Starzenie papieru i tkanin pod wpływem wilgoci. Szybki wzrost pleśni pod wpływem gorącego klimatu. Wpływ korozyjny gorącego wiatru morskiego na przewody aluminiowe. Przenikanie drobnych ziaren do izolacji podczas burz paskowych.

*Izolatory*

241\* 621.315.62.001.5 D1  
Schuepp P., Gion L., Debéron J.: **Przyczynek do studiów nad naprężeniami mechanicznymi, jakim podlegają izolatory liniowe w czasie pracy**. „Contribution à l'étude des efforts mécaniques subis par les isolateurs de ligne en service”. Rev. gen. Electr., Paris, mies., t. 62, Nr 10, paźd. 53, s. 479; A4, 18 str., 4 fot., 14 rys., 2 tabl., 1 poz. bibl. — Opis urządzeń i wyników pomiarów naprężeń, jakim podlegają izolatory liniowe w czasie pracy. Umieszczenie stacji prób. — Stosowane dynamometry, ich konstrukcja i sposób zamocowania. Połączenia z mostkami pomiarowymi. Aparatura rejestrująca. Pomiaru czynników meteorologicznych. Wpływ temperatury, wiatru, śniegu i sadzi na obciążenie izolatorów. Wnioski.

*Sieci elektryczne*

242\* 621.316.1.052.332:621.3.014.7 D1  
Grof F.: **Napięcia i prądy przy zwarciu doziemnym w sieciach z izolowanym punktem zerowym**. „Napětí a proudy při zemním spojení v sítích s izolovaným uzlem”. Elektrotechnik, Praha, mies., Nr 7/8, lip. — sierp. 53, s. 152; A4, 6,5 str., 17 rys., 12 poz. bibl. — Porównanie własności ruchowych sieci z uziemionym i izolowanym punktem zerowym. Gniazda napięć przy doziemieniu, rozkład napięcia wzdłuż linii. Wartości i kierunki prądów. Metody pomiaru prądu doziemnego. Kompensacja prądu pojemnościowego (dławik gaszący, transformator Banda). Przykłady obliczeniowe i wykresy dla sieci 50 kV.

243\* 621.316.11.003:621.3.017 D1  
Pavlovský B.: **Doświadczenia z obniżaniem strat energii elektrycznej**. „Zkušební se snižováním ztrát elektrické energie”. Energetika, Praha, mies., Nr 5, maj 53, s. 167; A4, 6,5 str., 5 rys., 4 tabl. — Uwagi o przebiegu akcji oszczędzania energii. Przyczyny zwiększonych strat energii w sieciach, radzieckie doświadczenia w dziedzinie stosowania materiału przewodowego. Zagadnienie racjonalnego układu sieci rozdzielczej. Uwagi o pomiarze prądu w terenie na linii napowietrznej. Gospodarczo uzasadniony rozpył prądów w sieci. Wyniki zastosowania metod obniżania strat, wnioski z szeregu czeskich okręgów energetycznych.

*Podstacje*

244\* 621.316.262 D1  
**Sprawozdanie z zebrań dyskusyjnych na temat zagadnień ruchowych stacji transformatorowych**. „Bericht über die Diskussionsversammlungen über den Betrieb von Transformatorstationen”. Bull. SEV, Zürich, 2-tyg., Nr 3, luty 53, s. 97; A4, 4 str. — Zestawienie najważniejszych danych technicznych miejskich stacji transformatorowych należących do Stow. Szwajc. Elektrowni (VSE). Dane dotyczące stosowanych typów łączników, zabezpieczeń po wysokiej i niskiej stronie transformatorów. Warunek zachowania bezpiecznego napięcia dotyku. Zagadnienia wentylacji i zwalczania hałaśliwej pracy transformatorów. Dane dotyczące częstości i rodzajów kontroli, przepisów ruchu, pomiarów energii, bezpieczeństwa pracy.

245\* 621.316.262:534.832 D1  
Schaad E.: **O budowie „cichych” stacji transformatorowych**. „Über den Bau einer „geräuscharmen” Transformatorstation”. Bull. SEV, Zürich, dwutyg., Nr 5, marz. 53, s. 211; A4,

5,5 str., 4 fot., 4 rys. — Opis miejskiej stacji transformatorowej wykonanej w formie budynku 1-piętrowego przylegającego do budynku mieszkalnego. Konieczność prawna zastosowania specjalnej konstrukcji stacji mającej na celu ograniczenie drgań i szumu wywołanego pracą transformatorów. Usytuowanie stacji. Specjalna konstrukcja transformatorów, opis niektórych szczegółów konstrukcyjnych stacji oraz wyniki pomiarów wielkości drgań i natężenie szumu, wywołanych pracą transformatorów. Bardzo dobre wyniki osiągnięte dzięki nowej konstrukcji stacji.

#### Urządzenia zabezpieczające i ochronne

246\* 621.316.9:621.311.2 D1  
**Stan techniki zabezpieczeń w dużych urządzeniach włoskich zakładów elektrycznych.** „Orientamenti della tecnica delle protezioni del grosso mechinario negli impianti elettrici italiani”. Energ. Elettrica, Milano, mies., Nr 2, luty 53, s. 98; A4, 4 str. — Wykaz stosowanych we Włoszech zabezpieczeń generatorów i transformatorów o mocy powyżej 10 MVA, opracowany na podstawie ankiety.

247\* 621.316.13.027.2:621.316.933 D1  
**Kristofory F. L.: Ulepszona ochrona przepięciowa urządzeń prądu zmiennego niskiego napięcia.** „Ein verbesserter Überspannungsschutz für Wechselstrom-Niederspannungsanlagen”. Siemens Z., Berlin, 8 razy do roku, Nr 4, czerw. 53, s. 223; A4, 4 str., 10 rys., 1 tabl. — Konstrukcja nowych typów odgromników zaworowych na niskie napięcia. Przystosowanie do mocowania do słupa bądź zawieszenia na przewodach miedzianych i aluminiowych. Układy połączeń odgromników w sieci jedno-, dwu-, trzy- i czteroprzewodowej. Udarowe charakterystyki zapłonowe i charakterystyki napięciowo-prądowe odgromników. Dane znamionowe dla obciążalności 1 kA. Lokalizacja odgromników w sieci na słupach drewnianych.

#### Miernictwo elektryczne

248\* 621.317.3.025:621.314.63:621.3.088.2 D1  
**Kümmel F.: Uchyb od kształtu krzywej w miernikach o prostowniku.** „Der Kurvenformfehler von Gleichrichter-Messgeräten”. ETZ-A., Wuppertal, dwutyg., r. 74, Nr 23, grud. 53, s. 665; A4, 3,5 str., 8 rys., 5 wykr., 3 poz. bibl. — Zagadnienie pomiaru prądu zmiennego przyrządami prostownikowymi. Wymagania odnośnie przyrządów wielozakresowych. Uchyb przyrządu o prostowniku pod wpływem zniekształceń krzywej prądu mierzonego. Schematy przyrządów wielozakresowych. Charakterystyki uchybów przyrządów wywołanych zniekształceniem, krzywych prądu i napięcia. (Wyniki badań na kilku przyrządach przy różnych zakresach). Specjalny układ połączeń przyrządu o prostowniku ze zmniejszonym wpływem kształtu krzywej na uchyby wskazań.

249\* 621.317.333:621.316.1 D1  
**Kuklik V.: Badania izolacji urządzeń elektrycznych.** „Isolační zkoušky elektrických strojů”. Elektrotechnik, Praha, mies., Nr 6, czerw. 53, s. 125; A4, 2,5 str., 9 rys. — Układy do badań izolacji napięciem częstotliwości technicznej. Metody pomiaru wysokiego napięcia, iskiernik kulowy, układy pojemnościowo-prostownikowe z woltomierzem statycznym bądź z miliampe-riemierzem rejestrującym prąd pojemnościowy. Zagadnienie kompensacji obciążenia pojemnościowego transformatora podczas badań.

250\* 538.522.3:621.317.35 D1  
**Heller B. (i inni): Badania doświadczalne drgań podharmonicznych w obwodach nieliniowych, z żelazem.** „Experimentální vyšetření subharmonických oscilací v nelineárních obvodech ze železem”. Elektrotechn. Obz., Praha, mies., Nr 11, list. 53, s. 607; A4, 7,5 str., 26 rys., 5 poz. bibl. — Konstrukcja teoretycznego opracowania zagadnienia z r. 1952. Typowe obwody nieliniowe z żelazem. Wyniki badań krzywej napięcia w tych obwodach (oscylagramy). Wpływ subharmonicznej 1/3, 1/5 i 1/2. Wpływ oporności rzeczywistej w obwodzie na wartość i kształt napięcia. Powstawanie subharmonicznych przy przebiegach łączeniowych. Bogaty materiał doświadczalny wraz z opracowaniem.

Niniejszy Przegląd Dokumentacyjny zawiera jedynie część analiz dokumentacyjnych publikacji z zakresu elektrotechniki. Pełna dokumentacja ukazuje się w postaci kart dokumentacyjnych, wydawanych przez Centralny Instytut Dokumentacji Naukowo-Technicznej (Warszawa, Al. Niepodległości 188). CIDNT przyjmuje prenumeratę kart dokumentacyjnych, która może obejmować zarówno całą dokumentację naukowo-techniczną, jak i działy lub poszczególne zagadnienia i tematy techniczne. Cena karty dokumentacyjnej wynosi w prenumeracie 20 groszy.

CIDNT wykonuje za zwrotem kosztów fotokopie i mikrofilmowe publikacji objętych Przeglądem Dokumentacyjnym jak i kartami dokumentacyjnymi.

251\* 621.317.39:536.5 D1  
**Hausmann: Pomiar, wskazywanie, rejestracja i regulacja temperatur.** „Messung, Anreize, Registrierung und Regelung der Temperatur”. Elektrizitäts-verw., Zürich, mies., Nr 1/2, kw. — maj 53, s. 21; A4, 9 str., 15 fot., 8 rys. — Rozwój techniki kontroli i regulacji temperatur w procesach produkcyjnych. Przegląd metod pomiaru temperatur w zależności od zakresów (termometry oporowe, termoelementy w zakresie do 1600°C, pyrometry częściowego i całkowitego promieniowania do temperatur w zakresie 3500°C). Czujniki w układach pomiarowych przyrządy wskazówkowe, urządzenia kompensacyjne. Przyrządy rejestrujące (punktowe i o zapisie ciągłym). Regulatory temperatury (dwupunktowe, proporcjonalne, ciągłe). Przegląd przyrządów do pomiaru temperatur w wykonaniach różnych firm (termometry oporowe, termoelektryczne, pyrometry, przyrządy rejestrujące i regulujące).

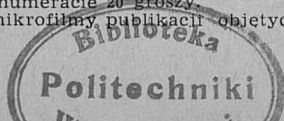
252\* 621.3.013.78:621.317.7 D1  
**Rohrer H.: Ekranowanie pomieszczeń pomiarowych i mierników od pól elektromagnetycznych.** „Abschirmung von Messräumen und Messgeräten gegen elektromagnetische Felder”. Bull. SEV., Zürich, dwutyg., r. 45, Nr 1, stycz. 54, s. 19; A4, 1 str., 1 rys., 3 wykr., 1 poz. bibl. — Dwa zasadnicze sposoby zabezpieczania przyrządów przed polem elektromagnetycznym (ekranowanie źródeł pól lub przyrządów). Ekranowanie przy pomocy osłon z materiałów o wysokiej przenikalności magnetycznej. Skuteczność ekranowania przy pomocy siatek drucianych z miedzi i z żelaza. Wytyczne budowy pomieszczeń ekranowanych.

253\* 621.317.733:537.312.6 D1  
**Pearson R. M., Benson F. A.: Konstrukcja bezpośrednio wskazującego mostka termistorowego z kompensacją temperatury.** „The design of a direct reading thermister bridge with temperature compensation”. Electron, Engng., London, mies., t. 25, Nr 300, luty 53, s. 51; A4, 6,5 str., 6 rys., 6 wykr., 5 tabl., 3 poz. bibl. — Właściwości termistorów. Układ do badania termistorów. Porównanie parametrów kilku termistorów. Charakterystyki oporności w funkcji mocy. Pomiar mocy dla zakresów mikrofal przy pomocy mostka termistorowego. Mostki termistorowe z kompensacją temperatury otoczenia. Wyniki badań praktycznych na wykonanych mostkach. Założenia konstrukcyjne dla kompensacji temperatury w mostkach termistorowych. Charakterystyki termistorów w zależności od mocy dla danego typu termistora.

254\* 621.317.734:621.316.99:621.315.1 D1  
**Marenesi R., Paolucci A., Galeazzi A.: Pomiary oporności uziemień w liniach przesyłowych z linkami odgromowymi.** „Misura di resistenza di terra nelle linee di trasmissione con fune di guardia”. Energia elettr., Milano, mies., t. 30, Nr 4, kw. 53, s. 236; A4, 4,5 str., 8 fot., 4 rys., 7 poz. bibl. — Krótki opis nowego urządzenia służącego do pomiaru oporności uziemienia słupów elektromagnetycznych linii przesyłowych wyposażonych w linki odgromowe. Zasada działania urządzenia: porównanie obserwowanych na oscyloskopie katodowym przebiegów falowych w przypadku oporności wzorcowej i oporności uziemienia. Schemat urządzenia. Analiza dokładności pomiarów. Wyniki pomiarów w przypadku laboratoryjnego modelu linii oraz linii rzeczywistej. Porównanie wyników pomiarów uzyskanych przy pomocy nowej metody i metody pomiaru przy zastosowaniu prądu zmiennego 50 okr./sek.

#### Zastosowanie techniczne magnetyzmu

255\* 621.318.3 D1  
**Blake L. R.: Konstrukcja elektromagnesów.** „The design of electromagnets”. Electron. Engng., London, mies., t. 25, Nr 307, wrzes. 53, s. 432; A4, 9,5 str., 8 rys., 13 wykr., 1 tabl., 3 poz. bibl. — Zasadnicze zadania elektromagnesów. Elektromagnes prądu stałego. Teoretyczne podstawy konstrukcji i obliczenia elektromagnesu. Konstrukcja cewki. Rozmieszczenie cewek na rdzeniach. Materiały na rdzenie elektromagnesów (zestawienie najważniejszych właściwości). Charakterystyki magnetyczne dla elektromagnesów prądu stałego. Kilkanaście charakterystyk magnetycznych elektromagnesów w zależności od kształtu nabiegunków. Zagadnienia odprowadzania ciepła.





## Wydawnictwa nadesłane

**STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH. BEZPIECZEŃSTWO PRACY PRZY URZĄDZENIACH ELEKTRYCZNYCH.** Praca zbiorowa. Wyd. II poprawione i uzupełnione. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format B5, str. 178, cena 17 zł. — Spis rzeczy: Działanie prądu elektrycznego na organizm ludzki. Z. K a r a s i Ń s k i. — Bezpieczeństwo pracy przy urządzeniach wewnętrznych wysokiego napięcia. Z. H a s t e r m a n. — Bezpieczeństwo pracy przy urządzeniach wewnętrznych niskiego napięcia. J. P i a s e c k i. — Bezpieczeństwo pracy na liniach napowietrznych wysokiego i niskiego napięcia. J. M i l l e r. — Bezpieczeństwo pracy przy budowie i eksploatacji sieci kablowych wysokiego i niskiego napięcia. S. B l a d o w s k i. — Zabezpieczenie przed porażeniami w urządzeniach elektrycznych. S. B l a d o w s k i. — Sprzęt ochronny stosowany przy urządzeniach elektrycznych. J. W o l s k i. — Porażenia i ratownictwo. S. N i e b r ó j. — Metody sztucznego oddychania za pomocą przyrządów. A. S y n o w i e c. — Badania statystyczne wypadków przy urządzeniach elektrycznych. I. B a r a n. — Ustawy, rozporządzenia, instrukcje i przepisy z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy. S. P ł a w s k i. — Informacje wydawcy: Książka jest przeznaczona dla wykładowców techniki ochrony pracy, dla inżynierów i techników bezpieczeństwa pracy oraz dla inżynierów i techników zatrudnionych przy projektowaniu, budowie i eksploatacji urządzeń elektrycznych.

**ROZDZIELNE SKRZYŃKOWE NISKIEGO NAPIĘCIA.** Katalog A-9 Centralnego Zarządu Zbytu MPM (sierpień 1954 r.). 176 str. formatu A4. — Spis rzeczy: Uwagi ogólne. Projektowanie rozdzielni skrzynkowych niskiego napięcia. Znormalizowane zestawy jednopolewe. Skrzynki i aparaty okapturzone: skrzynki podstawowe i pokryw do nich, skrzynki do okapturzenia szyn zbiorczych, skrzynki bezpiecznikowe, wyłączniki warstwowe — pakietowe, przełączniki zero/gwiazda-trójkąt, przełączniki kierunku obrotów warstwowe, przełączniki warstwowe okapturzone na dwa obwody, wyłączniki i przełączniki okapturzone, wyłączniki samoczynne olejowe i suche sterowane elektrycznie, wyłączniki samoczynne suche z napędem ręcznym i zdalnym, przełączniki kierunku obrotów, skrzynki z wyłącznikami warstwowymi i gniazdami bezpiecznikowymi, skrzynki z wyłącznikami samoczynnymi suchymi, skrzynki miernikowe, licznikowe, przekładnikowe, sygnalizacyjne, sterownicze, z transformatorami, mufowe, mufy kablowe, dławiki uszczelniające, kominki, kolanka łączeniowe, płytki redukcyjne. Wyposażenie skrzynek i aparatów okapturzonych: podstawy zaciskowe, do szyn, listwy zaciskowe, bezpieczniki instalacyjne, bezpieczniki wielkiej mocy, wyłączniki warstwowe, gniazda wtykowe i wtyczki, wyłączniki do zabezpieczenia obwodów świetlnych, mierniki tablicowe, liczniki 3-fazowe, przekładniki prądowe, przekazyki czasowe. Rozmieszczanie otworów okrągłych w skrzynkach podstawowych. Tablice pomocnicze i szablony.

**KRETZSCHMAR F. E. AKUMULATORY Kwasowe. WŁASNOŚCI UŻYTKOWE I NIEDOMAGANIA.** Tłum. mgr K. Appelt. 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 288, rys. 140, cena zł 15. — Spis rzeczy: Wstęp. — Własności eksploatacyjne baterii. — Niedomagania akumulatora. Powstawanie rzeczywistych niedomagań akumulatora. Powstawanie pozornych niedomagań akumulatorów. Ustalenie przyczyn niedomagań baterii. Usuwanie niedomagań akumulatora: a) Zabiegi, które powinien wykonywać użytkownik baterii. b) Zabiegi, które może wykonywać użytkownik baterii. c) Zabiegi, które mogą być wykonane jedynie przez wytwórnię akumulatorów lub przez użytkownika baterii, lecz za zgodą wytwórni. — Zapobieganie niedomaganiom akumulatora. — Informacje wydawcy: W książce omówiono własności i niedomaganie akumulatorów kwasowych ze specjalnym uwzględnieniem akumulatorów pojazdowych. Książka jest przeznaczona dla techników i monterów zatrudnionych przy eksploatacji akumulatorów.

**WALEWSKI LUDWIK. PRZEWODY I KABLE.** Materiałoznawstwo, przechowywanie i konserwacja. Biblioteka Gospodarki Magazynowej nr 10. 1955, Warszawa, Polskie Wydawnictwa Gospodarcze. Format A5, str. 72, rys. 53, cena zł 3,10. — Spis rzeczy: Materiałoznawstwo. Zasadnicze określenia. Zasady nomenklatury literowej przewodów i kabli. Podział asortymentowy przewodów i kabli. Przewody i kable najczęściej używane. — Magazynowanie i transport. Uwagi ogólne o magazynie i magazynowaniu. Wyposażenie magazynu. Odbiór materiałów. Przechowywanie przewodów i kabli. Wydawanie materiałów. Transport.

**SZKULTECKI WALERIAN, mgr inż. LINIE KABLOWE ELEKTROENERGETYCZNE. BUDOWA I EKSPLOATACJA.** 1954, Warszawa, Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Format A5, str. 340, cena 17 zł. — Spis rzeczy: Kable elektroenergetyczne. Głowice, mufy oraz zalewy kablowe. Układanie kabli elektroenergetycznych. Montaż kabli. Organizacja robót. Przyjmowanie i przekazywanie linii kablowej. Załączanie i wyłączanie linii kablowej spod napięcia. Uszkodzenia elementów linii kablowych. Kontrola stanu linii kablowych. Kontrola warunków pracy linii kablowych. Pomontażowe i zapobiegawcze badanie linii kablowych. Wyznaczenie miejsca i rodzaju uszkodzenia linii kablowych. Roboty kablowe w warunkach eksploatacji. Bezpieczeństwo pracy przy budowie i eksploatacji linii kablowych. Środki ochrony przeciwpożarowej. — Informacje wydawcy: W książce podano wiadomości dotyczące budowy i eksploatacji sieci kablowych o napięciu do 35 kV. W części dotyczącej budowy omówiono zagadnienia doboru typu kabli, sposobu ich układania, montażu muf i głowic oraz dokumentacji technicznej. W części dotyczącej eksploatacji omówiono zagadnienia odbioru technicznego, oględzin i badań zapobiegawczych oraz wykrywania miejsca uszkodzeń linii kablowej. Książka jest przeznaczona dla techników zatrudnionych przy budowie i eksploatacji sieci i instalacji kablowych.

**SŁOWNIK GEODEZYJNY W 5 JĘZYKACH: polskim, rosyjskim, niemieckim, angielskim, francuskim.** 1954, Warszawa, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych. Str. 525. — Słownik został opracowany przez Komisję Słownictwa Geodezyjnego Stowarzyszenia Naukowo-Technicznego Geodetów Polskich w następującym składzie: Przewodniczący W. Sztompke. Członkowie: Fr. Biernacki, J. Chwałek, Cz. Kamela, F. Kępiński, Z. Kowalczyk, J. Kuligowski, H. Leśniok, M. B. Piasecki, J. Ponikowski, J. Radecki, F. Serafin, B. Szalewicz, E. Szpetowski, W. Szpunar, J. Woźnicki, J. Zgierski, T. Zieleniewski. — Z przedmowy: Słownik zawiera terminy z następujących działów: astronomia, fotogrametria, geodezja wyższa i niższa, instrumentoznawstwo i optyka, kartografia, kataster, miary, miernictwo górnicze, miernictwo kolejowe, miernictwo morskie, miernictwo rolne, topografia i znaki topograficzne. Słownik zawiera około 5000 terminów, będących w powszechniejszym użytku ogółu geodetów, z pominięciem terminów potrzebnych mniejszej liczbie techników, zainteresowanych pewną wąską specjalnością. Słownik składa się: a) z części ogólnej zawierającej alfabetycznie ułożone, kolejno ponumerowane terminy polskie i w odpowiednich kolumnach podane ich odpowiedniki obcojęzyczne (na końcu tej części znajdują się alfabetycznie zestawione znaki topograficzne) oraz b) z indeksów alfabetycznych w językach obcych oraz indeksu synonimów polskich. Indeksy alfabetyczne pozwalają korzystać ze Słownika każdemu, znającemu choćby jeden z jego języków. Celem Słownika jest ułatwienie studiowania literatury obcojęzycznej oraz przekładów. W takim ujęciu Słownik rejestruje jedynie terminy używane w podręcznikach polskich i podaje ich odpowiedniki z podręczników w językach obcych, a nie ma on charakteru normatywnego. Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Geodetów Polskich, dając geodetom polskim to wydawnictwo ułatwiające im pracę, pragnie w ten sposób uczcić przypadający w obecnym roku 10-letni jubileusz Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej, kładąc swą dalszą cegiełkę do budowy potężnego gmachu odrodzonego Państwa.

**PRZEGLĄD TECHNICZNY**, organ główny NOT, nr 4/55, zawiera następujące artykuły: Domagała C. Produkcja maszyn rolniczych na tle doświadczeń rolnictwa. — Kopiński J. O aktywniejszy udział inżynierów i techników w przygotowaniu i realizacji zakładowych planów techniczno-organizacyjnych. — Kierski B. Postęp techniczny w budownictwie polskim w latach 1954 i 1955. — Krzesaj S. Dokumentacja techniczno-ruchowa dla eksploatacji i remontów maszyn i urządzeń produkcyjnych. — Scharf W. Problemy energetyki jądrowej. — Gierdziejewski K., Piaskow-

ski J. Żeliwiak metalurgiczny jako nowa metoda otrzymywania żeliwa bez zastosowania surowki. Kotarski Z. Możliwości wykorzystania strużki itrocin w produkcji materiałów budowlanych. — Nazarewski J. Współpraca kół zakładowych NOT z klubami techniki i racjonalizacji. — Nowiny techniczne z prasy zagranicznej. — Wolna Trybuna. — Sprawy organizacyjne NOT i stowarzyszeń. — Krytyka i bibliografia. — Kronika — Biuletyn Centralnego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej. — Biuletyn Głównego Urzędu Miar.

# PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

W związku z Uchwałą Prezydium Rządu o rozwoju spawalnictwa, Państwowe wydawnictwa Techniczne podają niżej wykaz książek z tej dziedziny. Spis ten obejmuje zestawienia zarówno książek znajdujących się w obrocie księgarskim, jak również wyczerpanych; te ostatnie można znaleźć i korzystać z nich w bibliotekach.

- BŁESZYŃSKI T.: **Spawanie szyn ferromitem.** 1950, s. 64, zł 3.10
- BŁESZYŃSKI T.: **Spawanie szyn termitem.** 1953, s. 44, zł 3.—
- BRYŚ S.: **Spawanie i lutowanie przewodów aluminiowych.** Wyd. 2. 1954, s. 128, zł 9.—
- BRYŚ S., PUFAL Z.: **Spawanie cynku i jego stopów.** 1953, s. 84, zł 5.70
- BUJOK A.: **Lutowanie twarde.** 1953, s. 124, zł 8.20
- CZYRSKI W.: **Spawanie stali stopowych.** 1953, s. 225, zł 26.— (opraw.)
- ĆWIEK Z.: **Cięcie i spawanie metali pod wodą.** 1953, s. 191, zł 11.50
- DOBROWOLSKI Z.: **Podręcznik spawalnictwa.** 1955, s. 248, zł 22.—
- DOBROWOLSKI Z.: **Spawalnictwo.** Wyd. 2. 1953, s. 404, zł 22.— (opraw.)
- GRABIEC A., MARKIEWICZ E.: **Metalizacja natryskowa.** 1954, s. 196, zł 14.—
- HOARE W. E.: **Cynowanie na gorąco.** Tłum. z ang. K. Tarnowski. 1951, s. 152, zł 9.70
- JUFFY E.: **Materiały, urządzenia i sprzęt spawalniczy.** 1955, s. 192, zł 8.50
- KUŁAKOWA G. N.: **Nalutowywanie płytek z węglików spiekanych na narzędzia skrawające.** Tłum. z ros. R. Kolman. 1954, s. 54, zł 3.—
- LEWIS W. R.: **Lutowanie miękkie.** Tłum. z ang. K. Tarnowski. 1951, s. 128, zł 7.30
- ŁAPIŃSKI J.: **Metalizacja natryskowa.** Wyd. 2. uzup. 1953, s. 143, zł 13.40 (opraw.)
- Mechanik. Poradnik techniczny.** Praca zbiorowa pod red. A. T. Troskołańskiego. Tom 3. Cz. 1 — I. Metalurgia, odlewnictwo i spawalnictwo. Wyd. 3 całkowicie przerob. 1954, s. 518, zł 46.— (opraw.)
- MISTUR L.: **Spawanie żeliwa.** 1953, s. 132, zł 8.30
- PAC W.: **Próby mechaniczne w spawalnictwie.** 1954, s. 168, zł 14.— (opraw.)
- PILARCZYK J.: **Kurs spawania elektrycznego w pytaniach i odpowiedziach.** Wyd. 4. 1954, s. 91, zł 2.50
- PUFAL Z.: **Spawanie miedzi, mosiądzu i brązu.** 1951, s. 90, zł 4.50
- RZĘCKI M.: **Elektryczne spawanie i cięcie metali.** Technika bezpieczeństwa i ochrony pracy. Bibl. Ochrony Pracy. 1952, s. 99, zł 4.60
- SJERGIEJEW N. P., FEJGENSON M. S.: **Elektryczne zgrzewanie oporowe.** Tłum. z ros. S. Tomaszewski. 1955, s. 288, zł 16.—
- Słownik spawalniczy polsko-rosyjsko-angielsko-francusko-niemiecki.** Komisja Słownictwa Technicznego PKN. 1952, s. 111, zł 15.—
- SZUPP B.: **Kurs spawania acetylenowego w pytaniach i odpowiedziach.** Wyd. 5 niezmiennione. 1955, s. 108, zł 4.—
- SZUPP B.: **Podręcznik spawania acetylenowego.** Wyd. 3 uzup. i popraw. 1954, s. 293, zł 22.— (opraw.)
- ŚLEDZIEWSKI E.: **Projektowanie konstrukcji spawanych.** 1952, s. 156, zł 18.— (opraw.)
- ŚWIĘCICKI T.: **Cynkowanie żelaza w ciekłym cynku.** 1952, s. 128, zł 10.60

