

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU MASZYN ELEKTRYCZNYCH
CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU KABLOWEGO

ROK XXVIII

ZESZYT 3



21.III.1952

Wyrób izolatorów porcelanowych wysokonapięciowych



Formowanie izolatora stojącego (15 kV)



Płoszkowanie izolatora przepustowego i sklejanie jego części po wytoczeniu

„Zastępujemy wykonanie ręczne zmechanizowanym” –

hasło Zjazdu Racjonalizatorów Przemysłu Ceramiki Elektrotechnicznej (17.II.1952)

SPIS RZECZY

Lebson S. Przemysł elektrycznych przyrządów pomiarowych w Planie 6-letnim.

Domosławski S. Normalizacja mierników elektrycznych.

Jabłoński B. Szkolnictwo miernictwa elektrycznego i automatyki.

Puczek M. Pomiar wielkości nie-elektrycznych metodami elektrycznymi w zastosowaniu do potrzeb przemysłu i energetyki.

Smoliński A. Elektryczna metoda oznaczania zawartości krzemu w stali krzemowej.

Modrzejewski B. Pomiar, samoczynne zapisywanie i samoczynna regulacja pH metodą elektryczną.

Kühn H. Przesyłanie pomiarów na odległość za pośrednictwem przewodów wysokiego napięcia.

СОДЕРЖАНИЕ

Левсон С. Производство электрических измерительных приборов по 6-летнему плану.

Домославский С. Нормализация электрических измерительных приборов.

Яблонский Б. Курсы Электрических Измерений и Автоматики в технических учебных заведениях.

Пучко М. Измерение неэлектрических величин электрическими методами в применении к нуждам промышленности и энергетики.

Смолинский А. Электрический метод определения содержания кремния в кремнистой стали.

Моджеевский Б. Электрический метод измерения, а также автоматической записи и регулировки pH.

Кюн Г. Передача измерений на расстояние при помощи проводов высокого напряжения.

CONTENTS

Lebson S. The electric measuring instruments industry within the scope of the Six-Year Plan.

Domosławski S. Standardisation of electric measuring instruments.

Jabłoński B. Professional training in electric measuring and automation.

Puczek M. Measurement of non-electrical quantities by means of electrical methods, for industrial and power engineering purposes.

Smoliński A. Electrical method of determining the silicon content in silicon steel.

Modrzejewski B. pH-value measurement, automatic recording and automatic control by electric method.

Kühn H. Telemetry over high tension lines.

LEGITYMACJE CZŁONKOWSKIE NOT

Do wiadomości wszystkich członków SEPu

Podajemy do wiadomości wszystkich Kolegów, że legitymacje członków stowarzyszeń technicznych NOT na rok 1952 są do odebrania w Oddziałach Stowarzyszeń.

Jednocześnie komunikujemy, że począwszy od 1.I.1952 r. wprowadzony został nowy system kwitowania składek członkowskich przez wklejenie do legitymacji odpowiednich znaczków.

Koledzy, którzy dotychczas nie odebrali nowych legitymacji, proszeni są o zgłoszenie się do swych Oddziałów terenowych.

INSTRUKCJE EKSPLOATACYJNE CZE

Apel do pracowników energetyki

W związku z zamiarem wydania drugiego nakładu „Instrukcji Eksploatacyjnych” Centralny Zarząd Energetyki zwraca się do wszystkich zainteresowanych pracowników energetyki zarówno zawodowej, jak i przemysłowej, tudzież do osób współpracujących z energetyką polską, z prośbą o uważne przestudiowanie wydanych dotychczas „Instrukcji” oraz nadesłanie pod adresem Centralnego Zarządu Energetyki (Warszawa, Al. Niepodległości 188, Sekcja Wydawnicza) swoich uwag i wskazówek co do ewentualnych zmian, które zdaniem zainteresowanych należałoby wprowadzić w drugim wydaniu „Instrukcji Eksploatacyjnych”.

Ze względu na konieczność szybkiego ukazania się następnego wydania „Instrukcji” Centralny Zarząd Energetyki prosi o nadsyłanie uwag i wskazówek przed 1 czerwca 1952 r.

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU MASZYN ELEKTRYCZNYCH
CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU KABLOWEGO

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

Rok XXVIII

Warszawa, 21 marca 1952 r.

Zeszyt 3

KONSTYTUCJA POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

Władza ludowa — dzięki ofiarnym i twórczym wysiłkom polskiego ludu pracującego — dokonała w Polsce wielkich przeobrażeń społecznych: kształtuje się i umacnia nowy ustrój społeczny, odpowiadający interesom i dążeniom najszerzych mas ludowych.

Polska Rzeczpospolita Ludowa jest państwem demokracji ludowej, w którym władza należy do ludu pracującego miast i wsi. Lud sprawuje ją przez swych przedstawicieli, wybieranych do Sejmu Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej i do rad narodowych.

Polska Rzeczpospolita Ludowa stoi na straży zdobyczy polskiego ludu pracującego miast i wsi, zabezpiecza jego władzę i wolność przed siłami wrogimi ludowi; zapewnia rozwój i nieustanny wzrost sił wytwórczych kraju przez jego uprzemysłowienie, przez likwidację zacofania gospodarczego, technicznego i kulturalnego, organizuje gospodarkę planową, opierając się na przedsiębiorstwach, stanowiących własność społeczną; ogranicza, wypiera i likwiduje klasy społeczne, żyjące z wyzysku robotników i chłopów; zabezpiecza stały wzrost dobrobytu, zdrowotności i poziomu kulturalnego mas ludowych; zapewnia wszechstronny rozwój kultury narodowej.

Polska Rzeczpospolita Ludowa, opierając się na uświadomionych środkach produkcji, wymiany, komunikacji i kredytu, rozwija życie gospodarcze i kulturalne kraju na podstawie narodowego planu gospodarczego, w szczególności przez budowę państwowego przemysłu socjalistycznego, rozstrzygającego czynnika w przekształcaniu stosunków społeczno-gospodarczych.

Zasadniczym celem planowej polityki gospodarczej Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej jest stały rozwój sił wytwórczych kraju, nieustanne podnoszenie poziomu życiowego mas pracujących, umacnianie siły, obronności i niezależności Ojczyzny.

Polska Rzeczpospolita Ludowa zapewnia nieustanny wzrost produkcji przemysłu państwowego, służącej wszechstronnemu zaspokajaniu potrzeb wytwórczych i konsumpcyjnych ludności wiejskiej, a jednocześnie planowo wpływa na stały wzrost towarowej produkcji rolniczej, która zaopatruje przemysł w surowce, a ludność miejską w żywność.

Praca jest prawem, obowiązkiem i sprawą honoru każdego obywatela. Pracą swoją, przestrzeganiem dyscypliny pracy, współzawodnictwem pracy i doskonaleniem jej metod lud pracujący miast i wsi wzmacnia siłę i potęgę Ojczyzny, podnosi dobrobyt narodu i przyspiesza całkowite urzeczywistnienie ustroju socjalistycznego.

Najwyższym organem władzy państwowej jest sejm, który uchwała ustawy oraz sprawuje kontrolę nad działalnością innych organów władzy i administracji państwowej; uchwała narodowe plany gospodarcze na okresy kilkoletnie, a corocznie budżet państwa; wybiera Radę Państwa w składzie: Przewodniczącą Rady Państwa, dwaj zastępcy Przewodniczącego, Sekretarz Rady Państwa, jedenastu członków; powołuje i odwołuje Rząd Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej — Radę Ministrów, która jest naczelnym wykonawczym i zarządzającym organem władzy państwowej.

Do zakresu działania Rady Państwa należy: zarządzanie wyborów do Sejmu; zwoływanie sesji Sejmu; wykonywanie inicjatyw ustawodawczych; ustalanie powszechnie obowiązującej wykładni ustaw; wydawanie dekretów z mocą ustawy; mianowanie i odwoływanie pełnomocnych przedstawicieli Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej w innych państwach; przyjmowanie listów uwierzytelniających i odwołujących akredytowanych przy Radzie Państwa przedstawicieli dyplomatycznych innych państw; ratyfikacja i wypowiedzanie umów międzynarodowych; obsadzanie stanowisk cywilnych i wojskowych, przewidzianych ustawami; nadawanie orderów, odznaczeń i tytułów honorowych; stosowanie prawa łaski; sprawowanie zwierzchniego nadzoru nad terenowymi radami narodowymi. Rada Państwa podlega w całej swojej działalności Sejmowi i działa na zasadzie kolegiałości; reprezentuje ją przewodniczący lub jego zastępca.

Rada Ministrów uchwała corocznie i przedstawia Sejmowi projekt budżetu państwa, uchwała i przedstawia Sejmowi projekt narodowego planu gospodarczego na okres kilkoletni; uchwała roczne narodowe plany gospodarcze; zapewnia wykonanie ustaw; czuwa nad wykonaniem budżetu i narodowego planu gospodarczego; zapewnia ochronę porządku publicznego, interesów państwa i praw obywateli; sprawuje ogólne kierownictwo w dziedzinie stosunków z innymi państwami oraz w dziedzinie obronności kraju i organizacji sił zbrojnych Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej; kieruje pracą prezydiów rad narodowych.

Organami władzy państwowej w gminach, miastach, dzielnicach większych miast, powiatach i województwach są rady narodowe, wybierane przez ludność na okres lat trzech. Rady narodowe kierują w swoim zakresie działalnością gospodarczą, społeczną i kulturalną, wiążąc potrzeby terenu z zadaniami ogólnopaństwowymi. Rady narodowe troszczą się stale o codzienne potrzeby i interesy ludności, zwalczają wszelkie przejawy samowoli i biurokratycznego stosunku do obywatela, sprawują i rozwijają kontrolę społeczną działalności urzędów, przedsiębiorstw, zakładów i instytucji. Rady narodowe wykorzystują wszelkie zasoby i możliwości terenu dla jego wszechstronnego rozwoju gospodarczego i kulturalnego, dla coraz lepszego zaspokajania potrzeb ludności w zakresie zaopatrzenia i usług.

Wybory do Sejmu oraz do rad narodowych są powszechne, równe, bezpośrednie i odbywają się w głosowaniu tajnym.

Sądy stoją na straży ustroju Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej, ochraniają zdobycze polskiego ludu pracującego, strzegą praworządności ludowej, własności społecznej i praw obywateli, karzą przestępców.

Obywatele Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej mają prawo do pracy, tj. prawo do zatrudnienia za wynagrodzeniem według ilości i jakości pracy. Prawo do pracy zapewniają: społeczna własność podstawowych środków produkcji, rozwój społeczno-spółdzielczego ustroju na wsi wolnego od wyzysku, planowy wzrost sił wytwórczych, usunięcie źródeł kryzysów ekonomicznych, likwidacja bezrobocia.

Obywatele Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej mają zapewnione prawo do wypoczynku; do ochrony zdrowia oraz do pomocy w razie choroby lub niezdolności do pracy; do nauki; do korzystania ze zdobyczy kultury i do twórczego udziału w rozwoju kultury narodowej.

Polska Rzeczpospolita Ludowa dba o wszechstronny rozwój nauki, opartej na dorobku przodującej myśli ludzkiej i postępowej myśli polskiej — nauki w służbie narodu.

Polska Rzeczpospolita Ludowa szczególnie opieką otacza inteligencję twórczą — pracowników nauki, oświaty, literatury i sztuki oraz pionierów postępu technicznego, racjonalizatorów i wynalazców.

Konstytucja mieć będzie ogromne znaczenie dla dalszego umocnienia i rozwoju osiągnięć narodu polskiego, budującego socjalizm, dla dalszego zespolenia naszego narodu, dla utrwalenia niepodległości i suwerenności naszego państwa ludowego i zwiększenia jego wkładu w dzieło utrwalenia pokoju na całym świecie. Polska Rzeczpospolita Ludowa nawiązuje w Konstytucji do najszczytniejszych postępowych tradycji Narodu Polskiego i urzeczywistnia idee wyzwolenie polskich mas pracujących.

MIERNICTWO ELEKTRYCZNE

Prace Krajowej Konferencji Miernictwa Elektrycznego, Warszawa, 1952 r.

MGR INŻ. STEFAN LEBSON

Przemysł elektrycznych przyrządów pomiarowych w Planie 6-letnim 612.312:621.317:658.5

Treść. Przegląd dotychczasowych osiągnięć i najpilniejsze zadania przemysłu polskiego w dziedzinie elektrycznych przyrządów pomiarowych (z wyłączeniem liczników oraz specjalnych przyrządów telekomunikacyjnych). Trudności w urzeczywistnieniu zamierzeń i środki zaradcze, mogące zapewnić pomyślne wyniki pracy przemysłu.

Производство электрических измерительных приборов по 6-летнему плану. Обзор достижений до сего времени и неотложные задачи польской промышленности в области электрических измерительных приборов (за исключением счетчиков и специальных приборов для связи). Трудности осуществления планов и мероприятия, могущие гарантировать успешные результаты работы промышленности.

The electric measuring instruments industry within the scope of the Six-Year Plan. Review of past achievements and of the most urgent problems of the Polish industry in so far as electric measuring instruments are concerned (with the exception of meters and special telecommunication devices). Difficulties in the implementation of aims, as well as remedies likely to ensure satisfactory results of work in this industry.

1. Wstęp.

Referat wicepremiera Minca na VI Plenum Komitetu Centralnego Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej wyjaśnił nam, że wprowadzenie nowej techniki do przemysłu polskiego jest niezbędnym warunkiem wykonania Planu 6-letniego, który jest treścią naszego codziennego życia, naszej codziennej pracy.

Zagadnienia nowej techniki wiążą się ściśle z wprowadzeniem do zakładów pracy wielkiej ilości aparatury, służącej do pomiaru, rejestracji i regulacji wielkości elektrycznych, a także wielkości nieelektrycznych na drodze elektrycznej, z automatyzacją ważniejszych procesów produkcyjnych. Wykonaniem tej aparatury winien się zająć przede wszystkim przemysł elektrycznych przyrządów pomiarowych. W niniejszym referacie ograniczymy się do przedstawienia obecnego stanu tego przemysłu i jego widoków rozwojowych w Planie 6-letnim oraz do omówienia zarówno trudności, które przemysł ten obecnie napotyka, jak i dróg do ich usunięcia. Nie będą tu jednak poruszane sprawy, związane z licznikami elektrycznymi i miernikami telekomunikacyjnymi, jako zasługujące na oddzielne obszernie omówienie przez specjalistów z tych dziedzin.

Przemysł elektrycznych przyrządów pomiarowych, kopciuszek przedwojennej polskiej elektrotechniki, zaczął rozwijać się u nas dopiero w 1945 r. wraz z uruchomieniem Zakładów Wytwórczych Przyrządów Pomiarowych we Włochach.

2. Dotychczasowe osiągnięcia.

W ostatnim roku planu 3-letniego wartość mierników wykonanych przez te zakłady trzykrotnie przewyższyła wartość produkcji krajowej w roku 1938, w roku zaś 1951 przewyższyła ją 11-krotnie.

W 1938 roku udział produkcji przyrządów pomiarowych w produkcji całego przemysłu elektrotechnicznego wynosił 0,27%, w 1949 już 0,42%, w końcowym zaś roku Planu 6-letniego wyniesie według dotychczasowych wytycznych 1,70%. Znany nam jest szybki wzrost przemysłu elektrotechnicznego w Planie 6-letnim. Z przytoczonych liczb wynika wyraźnie, że dla przemysłu przyrządów pomiarowych przewidziane jest 4-krotnie szybsze tempo rozwoju.

Istotne jest nie tempo rozwoju, nie wartość czy ilość wyprodukowanej aparatury, istotne jest to, czy i w jakim stopniu pokryte będzie zapotrzebowanie kraju, jaki będzie asortyment i jakość produkowanych wyrobów, czy stworzymy odpowiednie warunki dla nowej techniki.

Jak wyglądają te zagadnienia w chwili obecnej? Produkujejmy w jedynej obecnie istniejącej fabryce, Zakładach Wytwórczych Przyrządów Pomiarowych, przede wszystkim mierniki tablicowe. Dla prądu stałego mamy asortyment woltomierzy i amperomierzy w 6 wiel-

kościach od średnicy 65 mm do wymiarów kwadratowych 160 mm × 160 mm. Dla pomiarów prądu zmiennego wykonujemy woltomierze i amperomierze w 5 wielkościach od średnicy 85 do kwadratowych 160 mm × 160 mm. Produkowane są już obecnie watomierze jedno-, dwu- i trzysystemowe oraz waromierze; do końca roku ukażą się mierniki współczynnika mocy i częstotliwości.

Pod względem liczbowym produkowane przyrządy tablicowe pokrywają całkowicie zapotrzebowanie. Asortyment jest wystarczający. Jakość ich jest już teraz na poziomie europejskim. Jeżeli uwzględnić ciągłe zmiany konstrukcyjne, wzrastające doświadczenia robotników i techników, można przewidywać, że w tej dziedzinie nie zostaniemy w tyle.

W miernikach przenośnych sytuacja przedstawia się również pomyślnie. Produkowane są kilkozakresowe woltomierze i amperomierze magnetoelektryczne i elektromagnetyczne watomierze ferrodynamiczne. Mierniki te — o długości łuku skali 105 mm — wykonywane są w klasie 0,5 i 1. Przewidziane jest już w najbliższym czasie opracowanie konstrukcyjne mierników o mniejszych wymiarach (długość łuku skali ok. 80 mm). Mierniki te odpowiednio zgrupowane w walizkach pozwalają na wygodne pomiary montażowe.

3. Zamierzenia na najbliższą przyszłość.

Na początku bieżącego roku ukażą się amperomierze cegowe (kleszcze Dietza) i nowe opracowania konstrukcyjne przenośnych mostków Wheatstone'a i Thomsona oraz wielozakresowych mierników magnetoelektrycznych z prostownikami. Wypuszczono nowy typ mierników kieszoneńowych, jak również nowe 3-zakresowe omiomyerze. Ukończono niedawno konstrukcję megomierza indukcyjnego, który ma zastąpić produkowany obecnie megomierz z wibratorem typu Mewi. W opracowaniu przy współudziale Zakładu Techniki Świetlnej GIEŁu jest luksomierz.

Należy spodziewać się, że w roku bieżącym zaspokoimy krajowe zapotrzebowanie mierników przenośnych zarówno co do ilości, jak i asortymentu.

Ostatnio skierowaliśmy swą pracę w kierunku pomiaru wielkości nieelektrycznych. Produkowany przez nas od niedawna profilowy miliwoltomierz typu Pyro o długości skali 150 mm dostosowany jest do pomiarów temperatury w połączeniu z termoelementami. Konstrukcja i wykonanie tego miernika wymagały pokonania wielu trudności, a specjalnie trudności materiałowych, wydaje nam się jednak, że jakość jego obecnie stoi na dostatecznym poziomie. Miernik ten znalazł jeszcze inne zastosowanie: wbudowany do aparatury, wykonywanej przez jeden z podległych MPC zakładów, służy jako miernik CO₂. Korzystając z mechanizmu miliwoltomierza postaviliśmy

pierwsze kroki w dziedzinie automatyzacji. Wypuściłśmy pierwszy w kraju regulator temperatury typu Regpyro. Jest to jednostopniowy regulator, zastosowany do pomiarów z termoelementami.

Plany nasze przewidują dalsze prace w kierunku pomiaru i regulacji temperatury. Zamierzona jest budowa regulatora dwustopniowego. Opracujemy układ magnetoelektryczny o cewkach krzyżowych, którego zastosowanie pozwoli na wypuszczenie mierników i regulatorów temperatury do pracy z czujnikami oporowymi.

Rozwijający się przemysł motoryzacyjny stawia wciąż nowe zadania przed przemysłem przyrządów pomiarowych. Unikujemy amperomierze do samochodów ciężarowych Star. Opracujemy samochodowe tablice, które będą zawierać obok amperomierzy wskaźniki poziomu paliwa, temperatury wody i ciśnienia oleju.

W planie 6-letnim przewidziana jest budowa przyrządów do rejestracji ciągłej i punktowej. Przyrządy te wykonywane będą przypuszczalnie przy współpracy z fabrykami zegarów. Z dziedziny przyrządów laboratoryjnych wykonywać będziemy w kraju laboratoryjne oporniki dekadowe i układy mostkowe, galwanometry lusterkowe, przyrządy elektrodynamiczne i magnetoelektryczne kl. 0,2.

Plany inwestycyjne przewidują rozbudowę zakładu istniejącego i budowę nowego w takich rozmiarach, aby pokryć całe zapotrzebowanie kraju we wszystkich wymienionych wyżej rodzajach przyrządów.

Tak przedstawia się w krótkim zarysie produkcja elektrycznych przyrządów pomiarowych w myśl dotychczasowych wytycznych. Wydaje się jednak, że wytyczne te, przyjęte w roku 1950, obecnie wykazują poważne błędy. Nie uwzględniają one w dostatecznej mierze zapotrzebowania w kraju przyrządów do automatyzacji procesów produkcyjnych na drodze pomiarów elektrycznych. Uwzględniono i to tylko częściowo dziedzinę automatyzacji procesów cieplnych (brak pirometrów optycznych i kompensatorów samoczynnych). Nie przewidziano urządzeń do pomiarów zdalnych dla energetyki.

Wymienione braki powstały stąd, że oparliśmy się na przedwójnym zapotrzebowaniu kraju i że przemysły, które są przede wszystkim zainteresowane w automatyce, a więc hutnictwo, energetyka, chemia, nie przedstawiły konkretnych żądań. Dopiero obecnie „Komisja do zaopatrzenia zakładów pracy w urządzenia i instalacje pomiarowe, kontrolne i sterujące przy Departamencie Techniki PKPG“ zajęła się zbilansowaniem w Planie 6-letnim potrzeb kraju w omawianej dziedzinie. Komisja poparała przekształcenie Zakładu Miernictwa Elektrycznego GLELU na Zakład Automatyki i Miernictwa Elektrycznego. Zakład ten udzieli przemysłowi pomocy i prowadzić będzie prace badawcze w zakresie automatyki, rozszerzając w ten sposób zakres swych prac.

Wydaje się jednak, że należy zrobić więcej. Należy przewidzieć budowę specjalnych zakładów, które obejmą produkcję urządzeń automatyzacyjnych, albo też wnieść odpowiednie poprawki do planów produkcyjnych i inwestycyjnych przemysłów, na które spadnie odpowiedzialność za wykonanie takich urządzeń, a przede wszystkim przemysłu elektrycznych przyrządów pomiarowych. Sprawie tej Konferencja powinna poświęcić dużo uwagi i wysunąć od siebie odpowiednie żądania i wskazówki.

4. Trudności w wykonywaniu planów przemysłu przyrządów pomiarowych.

Na czoło zagadnień wysuwa się obecnie sprawa braku fachowców. Przemysł przyrządów pomiarowych posiada bardzo ograniczoną liczbę specjalistów elektryków na poziomie magisterskim czy inżynierskim. Nie rozporządza zupełnie inżynierami i mechanikami. Techników (elektryków i mechaników) kształci przemysł w liceum wieczorowym, które wypuściło w ubiegłym roku pierwszych absolwentów. Monterów pomiarowców, ślusarzy, tokarzy, frezerów, szlifiery przemysł przyrządów pomiarowych wychowuje obecnie w dwu szkołach — we Włochach i w Świdnicy. Wydaje się rzeczą konieczną ściąganie z innych dziedzin gospodarki narodowej zauroczonych tam pomiarowców. Niezbędny jest przydział pewnej liczby inżynierów mechaników. Za pożądane należy uważać rozszerzenie istniejącej przy Politechnice War-

szawskiej (na kursie inżynierskim) specjalizacji, poświęconej budowie przyrządów pomiarowych, specjalizacji, która by uwzględniła poważną podbudowę mechaniczną wykształcenia studentów, szczególnie w zakresie technologii drobnych konstrukcji. Do kształcenia studentów należałoby powołać obok naukowców pewną liczbę specjalistów z przemysłu. Należy stworzyć i przy WSI wydział budowy przyrządów pomiarowych celem umożliwienia dalszych studiów absolwentom liceum wieczorowego mierników elektrycznych.

Duża różnorodność nowych konstrukcji, przewidzianych planem produkcyjnym, przejście na produkcję taśmową, którego oczekiwać należy już w najbliższych latach, wymagają zapoznania specjalistów z osiągnięciami przodującej techniki radzieckiej. Konieczne jest więc wysłanie na dłuższe praktyki do ZSRR zarówno części personelu inżynierskiego, jak i przodujących techników.

Ze względu na dużą ilość konstrukcji, które należy wykonać, niezbędny jest zakup licencji przede wszystkim z ZSRR. Ułatwi i przyspieszy to produkcję: pozwoli na uniknięcie długotrwałych prób i przeróbek, zmniejszy serie próbne. Niezbędna jest dokumentacja nie tylko na poszczególne przyrządy pomiarowe, ale również i na pewne procesy technologiczne.

Konieczna jest ścisła współpraca przemysłu przyrządów pomiarowych z GIEI i innymi instytucjami naukowo-technicznymi. Cały szereg zagadnień mogą rozwiązać odpowiednie instytuty. Plan współpracy, ułożony w roku ubiegłym i przewidujący poważną pomoc ze strony Zakładu Automatyki i Miernictwa Elektrycznego GIELU dla przemysłu, powinien ulegać co roku poprawkom i uzupełnieniom, gdyż z pewnością w miarę rozwoju naszej pracy powstawać będą nowe zagadnienia. Sprawa należytego rozszerzenia i zainwestowania Zakładu Automatyki i Miernictwa jest sprawą istotną dla przemysłu.

Przemysł przyrządów pomiarowych przeżywa obecnie poważne trudności materiałowe, które należy usunąć. Otrzymujemy obecnie od przemysłu hutniczego stale wolframowe i kobaltowe na magnesy, otrzymujemy również i gotowe magnesy Alni, potrzebne nam są jednak magnesy spiekane. Pożądane jest wyprodukowanie stopów magnetycznych miękkich zbliżonych do „permalloyu“ lub „mumetalu“, względnie zapewnienie regularnych dostaw ze Związku Radzieckiego lub krajów demokracji ludowej.

Konieczne jest zorganizowanie produkcji krajowej stopu oporowego o małym współczynniku cieplnym oporności i znikomej sile termoelektrycznej względem miedzi, o własnościach podobnych do manganinu, opracowanego pod nazwą „inmet“ przez Instytut Metalurgii w Gliwicach.

Należałoby wysunąć zagadnienie produkcji i polerowania syntetycznego szafiru celem uruchomienia krajowej produkcji łożysk. Do tego czasu należy zapewnić planową dostawę tego materiału z zagranicy.

Rozpatrujemy obecnie w naszych zakładach możliwość wykonywania sprężyn spiralnych do mierników. Sprawa dostarczenia nam przez przemysł hutniczy odpowiednich gatunków fosforobrazu i krzemobrazu wymaga szybkiego rozwiązania.

Pożądane jest przyznanie przemysłowi przyrządów pomiarowych przywileju otrzymywania niezbędnych surowców zagranicznych i krajowych oraz prawo tworzenia zapasów na dłuższy okres czasu. Wydaje się, że wobec drobnych stosunkowo ilości surowców, zużywanych przez ten przemysł, nie wpłynęłoby to ujemnie na gospodarkę państwową, a odbiłoby się dodatnio na jednolitości i wyższym gatunku naszych wyrobów, specjalnie zaś mierników o większej dokładności. Pozwoliłoby to również na równoczesną produkcję szerszego asortymentu, a więc przyspieszyłoby dostawy.

Nie należy wątpić, że trudności dziś występujące i te, których dziś jeszcze nie przewidujemy, zostaną przezwyciężone, jeżeli w pracy swej będziemy się kierować, jak dotychczas, wskazaniem naszej partii i przykładem Związku Radzieckiego, który w krótkim czasie zbudował potężny przemysł pomiarowy.

MGR INŻ. STANISŁAW DOMOSŁAWSKI
GIEL, Zakład Miern. Elek.

Normalizacja mierników elektrycznych

621.317:389

Treść. Referat omawia zagadnienia, wynikłe przy opracowywaniu przez Komisję normalizacyjną elektrycznych przyrządów pomiarowych norm na wymiary zewnętrzne, sworznie zaciskowe i zakresy pomiarowe mierników tablicowych, oraz przesłanki, którymi Komisja kierowała się przy ich rozwiązywaniu. Normalizację mierników utrudnia wielka różnorodność rodzajów, typów i odmian. Normy są z konieczności ogólnikowe lub fragmentaryczne. Przy ustalaniu wymiarów i zakresów pomiarowych stosowano liczby normalne. Mierniki tablicowe kształtu okrągłego i kwadratowego w kilku wielkościach muszą być zachowane, podobnie jak mierniki profilowe o specjalnym przeznaczeniu. Prawidłowość wykonania sworzni zaciskowych wpływa na trwałość miernika i dokładność wskazań. Zastąpienie miedzi żelazem da oszczędność surowców importowanych. Przy ustalaniu zakresów pomiarowych należy uwzględnić zmniejszoną dokładność pomiaru przy małych odchyleniach wskazówki, zagęszczenie skali mierników elektromagnetycznych przy zerze i możliwość budowy amperomierzy przeciążalnych, a dalej zakres zmienności wielkości mierzonej i możliwość wykreślenia czytelnej, przejrzystej i estetycznej skali. Zakresy watomierzy powinny uwzględniać przeciążalność obwodu prądowego i napięciowego oraz współczynnik mocy instalacji.

Нормализация электрических измерительных приборов. Доклад обсуждает вопросы, возникшие при подготовке норм для электрических измерительных приборов, устанавливаемых на распределительных щитах. Обсуждению подлежат наружные размеры, зажимные болты и пределы измерений приборов, а также мотивы, которыми руководствовались нормализационная комиссия в своих предложениях. При нормализации измерительных приборов возникают затруднения в связи с большим разнообразием категорий, типов и разновидностей приборов. Нормы по необходимости имеют общий либо неполный характер. При установлении размеров приборов и пределов измерений приняты т. наз. нормальные числа. Круглые и квадратные приборы для распределительных щитов должны быть сохранены притом нескольких размеров, точно также профильные приборы специального назначения. Правильное изготовление зажимных болтов оказывает влияние на прочность прибора и точность его показаний. Замена меди железом уменьшит расход привозного сырья. При установлении пределов измерений следует учитывать меньшую точность измерения при малых отклонениях стрелки сгущение шкалы электромагнитных приборов вблизи нуля и возможность постройки амперметров, допускающих перегрузку, а также возможность начертания четкой, ясной и эстетической шкалы. Пределы измерений ваттметров должны учитывать перегружаемость обмоток — последовательной и параллельной, а также величину коэффициента мощности.

Standardisation of electric measuring instruments. The paper deals with problems which arose in the course of compilation, by the Commission for standardising electric measuring instruments, of standards for overall dimensions, binding screws and measuring range of instruments for panel mounting, as well as with the principles on which the Commission based its rulings. The extreme diversity of designs, types and varieties of measuring instruments complicates standardisation. The standards are of necessity general or fragmentary. Normal figures were used in determining dimensions and measuring range. Circular and square type instruments for panel mounting must be maintained in a number of sizes, as must also be special purpose profile instruments. Accuracy in the manufacture of binding screws influences the durability of the meter and the accuracy of measurement. Substitution of iron for copper as a means of effecting savings in imported raw material. Allowance should be made, when determining the measuring range of instruments, for reduced accuracy of measurement in the case of slight deflections of the pointer, for cramped graduation on the scale of electromagnetic instruments in the zero range and for the practicability of designing over-current ammeters, as well as for the range of variability of the quantity measured and for the prospects of designing a legible, lucid and neat scale. The range of wattmeters should make allowance for overload in the current and voltage circuits, as well as for the power factor of the installation.

1. Wstęp.

Prace normalizacyjne w dziedzinie elektrycznych przyrządów pomiarowych wznowione zostały po wojnie w roku 1946. W przeciwieństwie do przepisów na przekładniki, którymi zajmowano się jeszcze przed wojną, jak również w warunkach konspiracyjnych podczas okupacji, normalizacja mierników wskazówkowych nie była prawie wcale zaawansowana.

Pierwszą pracą Komisji Normalizacyjnej, pracującej wówczas w łonie SEP-u, był projekt ogólnych przepisów na mierniki wskazówkowe. Projekt ten (dotąd nie opublikowany) był gotów w głównych zarysach w roku 1948. Omawiano go na VII Konferencji Miernictwa Elektrycznego. Projekt ograniczał się do najważniejszych rodzajów mierników (amperomierze, woltomierze, watomierze) i najczęściej spotykanych typów (magnetoelektryczne, elektromagnetyczne, elektrodynamiczne).

Potrzeba opracowania powyższych przepisów wynikała z powstania fabryki przyrządów pomiarowych i planowanego zakresu jej produkcji. Wielkość tej produkcji dla niektórych typów można określić obecnie jako masową. Warunkiem zapewnienia należytej jakości produkowanych mierników były ściśle sformułowane wymagania zawarte w przepisach. Tak więc pierwszy powojenny projekt normy miał na widoku przede wszystkim interesy odbiorców i skłaniał konstruktorów mierników do pokonywania trudności technologicznych i materiałowych, których wiele było w pierwszym okresie rozwoju naszego przemysłu i które mogłyby wpłynąć ujemnie na jakość produkcji.

2. Charakter prac normalizacyjnych w dziedzinie mierników elektrycznych.

Przepisy omawiane były ograniczone do niektórych rodzajów mierników i ujmowały ich właściwości dość ogólnie, co łatwo zrozumieć wobec ogromnej różnorodności elektrycznych przyrządów pomiarowych. Różnorodność ta jest tu znacznie większa niż w dziedzinie innych aparatów i urządzeń elektrycznych.

Przyrządy wskazówkowe można sklasyfikować według co najmniej 6 niezależnych kryteriów, a mianowicie: 1) dokładności (5 klas dokładności), 2) przeznaczenia (tablicowe, przenośne, samochoodowe itp.), 3) kształtu i wymiarów zewnętrznych, 4) wielkości mierzonej, 5) zakresu pomiarów, 6) zasady działania (magnetoelektryczne, elektromagnetyczne, elektrodynamiczne itd.).

Tak wielka różnorodność utrudnia znacznie prace normalizacyjne i uniemożliwia wręcz znormalizowanie różnych

szczegółów nieraz istotnych dla pracy miernika. Różnorodność ta nie jest wynikiem przypadkowości czy też chaotycznego rozwoju produkcji przemysłowej w warunkach gospodarki kapitalistycznej, lecz wynika z istotnych potrzeb i różnych zastosowań mierników, nie można więc jej zmniejszyć.

Jak wiadomo, dążeniem normalizatorów w niektórych dziedzinach techniki jest, aby każda norma dotyczyła tylko jednego przedmiotu i ustalała szczegóły wykonania, a nawet podawała szkic konstrukcyjny wzoru wybranego jako najwłaściwszy, o najodpowiedniejszych cechach, wymiarach, materiałach itd. W ten sposób norma spełnia jedno ze swych zadań, a mianowicie ogranicza liczbę typów produkowanych do minimum.

W dziedzinie mierników elektrycznych norm tak szczegółowych byłoby bardzo wiele, a każda musiałaby być dość obszerna, aby objąć wszystkie istotne właściwości i wymagania.

Tak szczegółowa normalizacja byłaby często szkodliwa, gdyż krępowałaby konstruktora niepotrzebnie, albowiem przy układaniu przepisów nie sposób przewidzieć wszystkich zagadnień, które mogą wynikać przy projektowaniu i produkcji nowych mierników, ani wszystkich możliwych rozwiązań konstrukcyjnych.

Ponieważ ta droga w pracach normalizacyjnych w dziedzinie mierników elektrycznych była nie do przyjęcia, trzeba było wybrać inną, a mianowicie z jednej strony ustalenie wymagań ogólnych, obejmujących najważniejsze właściwości najczęściej spotykanych mierników, z drugiej zaś strony ustalenie niektórych tylko, najważniejszych, szczegółów konstrukcyjnych oraz charakterystycznych wielkości w celu ograniczenia liczby produkowanych typów do niezbędnego minimum. Wymienić tu można na przykład kształt i wymiary zewnętrzne, sposób wykonania zacisków, zakresy pomiarowe.

Te właśnie zagadnienia stanowiły następny z kolei etap prac Komisji normalizacyjnej elektrycznych przyrządów pomiarowych z początku SEP, a następnie PKN.

W przeciwieństwie do wymagań ogólnych, których celem było zapewnienie dostatecznej jakości wyrobów i ochrona interesów użytkownika, projekty norm opracowane w drugim etapie zmierzały do ułatwienia i uproszczenia produkcji przez ograniczenie liczby wielkości i rodzajów produkowanych mierników. Korzyści z ograniczenia liczby typów, wyrażające się w obniżeniu kosztów własnych i zwiększeniu zdolności produkcyjnej, występują szczególnie wyraźnie przy produkcji masowej.

Ponieważ produkcja mierników laboratoryjnych obecnie znacznie ustępuje ilościowo produkcji mierników tablicowych, prac Komisji normalizacyjnej objęły na razie, w II etapie, tylko mierniki tablicowe. Jeden z opracowanych projektów norm dotyczy wymiarów zewnętrznych, drugi — sworzni zaciskowych; trzecia norma ustala zakresy pomiarowe mierników tablicowych.

Zmniejszenie liczby wielkości czy zakresów pomiarowych mierników ogranicza w pewnym stopniu możliwości wyboru przez odbiorcę najodpowiedniejszego dla danego celu przyrządu. Ograniczenie to często bywa jednak tylko pozorne. Zbyt duża liczba typów w istocie utrudnia wybór, zwłaszcza gdy użytkownik nie orientuje się dokładnie we wszystkich cechach i szczegółach konstrukcyjnych. Norma, która zachowuje tylko te odmiany czy rozmiary mierników, które są uzasadnione istnymi potrzebami energetyki, laboratoriów przemysłowych i innych odbiorców, daje im zazwyczaj i korzyści bezpośrednie, nie mówiąc o korzyściach pośrednich, płynących z oszczędności w gospodarce narodowej. Bezpośrednią korzyścią ustalenia wymiarów zewnętrznych jest zapewnienie możliwości wymiany mierników w urządzeniach rozdzielczych w razie przebudowy lub powiększenia mocy instalacji.

3. Zastosowanie liczb normalnych.

Przy normalizacji zarówno wymiarów, jak i zakresów pomiarowych, powstało jedno wspólne zagadnienie, a mianowicie zagadnienie ustalenia pewnego stopniowania wielkości, która w zasadzie może mieć dowolną wartość. Tak na przykład trzeba było ustalić kilka normalnych średnic dla mierników okrągłych lub szereg prądów, odpowiadających końcowej wartości skali dla amperomierzy.

Zagadnienie podobne spotyka się w bardzo wielu pracach normalizacyjnych, toteż zostało rozwiązane ogólnie. Rozwiązaniem tym są tak zwane ciągi liczb normalnych (lub zalecanych); od nazwiska twórcy nazywa się je też ciągami Renarda. Opierają się one na postępie geometrycznym, zawierającym wszystkie potęgi dziesięciu, a prócz tego pewną liczbę wyrazów pośrednich. Zależnie od tej liczby szereg jest mniej lub więcej zagęszczony. Na przykład szereg R_5 zawiera wyrazy

10 16 25 40 63 100 itd.,

a szereg R_{10} :

10 12,5 16 20 25 31,5 40 50 63 80 100 itd.

W porównaniu z postępow geometrycznym o ilorazie $\sqrt[10]{10}$ lub $\sqrt[10]{10}$ wyrazy ciągu Renarda są zaokrąglone, a w razie potrzeby mogą być zaokrąglone jeszcze bardziej (np. 30 zamiast 31,5). Ciąg może być oczywiście dowolnie przedłużony w obie strony.

Ciągi Renarda mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie chodzi o ustalenie szeregu normalnych długości, średnic, ciężarów itd. pewnych wyrobów przemysłowych. Stopniowanie według postępu geometrycznego — o stałym stosunku kolejnych wyrazów — jest przeważnie bardziej logiczne i celowe niż oparte na innej zasadzie, np. postępu arytmetycznego — o stałej różnicy kolejnych wyrazów.

Zasada przyjęcia postępu geometrycznego, aczkolwiek prosta, bardzo często nie była konsekwentnie stosowana przy układaniu norm z przyczyn ubocznych lub przypadkowych. Dlatego wyraźnie jej sformułowanie i zalecenie określonych ciągów liczbowych było konieczne.

Zastosowanie liczb normalnych do ustalenia wymiarów zewnętrznych lub zakresów pomiarowych mierników elektrycznych jest możliwe, choć z pewnymi zastrzeżeniami. Niektóre specjalne wymagania zmuszają do pewnych odstępstw od podanych wartości, co jednak nie przekreśla znaczenia i pomocy, którą dają liczby normalne i w tym przypadku.

4. Wymiary zewnętrzne mierników.

Kształt i wymiary zewnętrzne mierników tablicowych — w przeciwieństwie do innych aparatów, maszyn i urządzeń — nie wynikają z ich danych znamionowych, z wartości prądu lub napięcia, czy też z konstrukcji mechanizmu, lecz stanowią odrębne zagadnienie. Wielkość miernika wiąże się z jego przeznaczeniem. Najmniejsze stosowane są na przykład do wmontowania w przenośne urządzenia

i aparaty (w prostowniki do ładowania akumulatorów itp.), średnie wielkości — do rozdzielni okapturzonych, a większe — do tablic rozdzielczych.

Dla określenia szeregu wielkości konieczne jest przyjęcie wymiaru podstawowego, który by odpowiadał liczbom normalnym. Może to być średnica osłony (części wpuszczanej w tablicę), a dla miernika prostokątnego długość boków, albo też średnica (lub długość boku) kołnierza. Czasem spotyka się i inne założenia np. średnicę skali. Najwłaściwszy wydaje się wymiar największy w płaszczyźnie tablicy, a więc wymiar kołnierza. Od niego bowiem zależy, ile miejsca trzeba zarezerwować na tablicy dla danej liczby mierników. Jest to poza tym wymiar widoczny na pierwszy rzut oka, a więc ważny ze względów estetycznych.

Oprócz wymiarów kołnierza jako podstawowych zaleca się — dla zapewnienia wymienności przyrządów — ograniczenie największych wymiarów osłony, aby mieściła się ona w wycięciu w tablicy otworze, oraz głębokości poza tablicą, która powinna pozostać wolna.

Wielkości mierników stosowane w różnych krajach i przez różne firmy bywają najrozmaitsze i nie stanowią żadnego skrupowania przy ustalaniu wielkości normalnych według szeregu R_{10} . Wyjątek może stanowić mierniki okrągłe o średnicy 85 mm, które przyjęły się ogólnie i na razie muszą pozostać. Przy zastosowaniu szeregu R_{10} najmniejszy wymiar wynosi 63 mm, największy 200 lub 250 mm.

Istnienie tylu wymiarów zewnętrznych zmusza wytwórcę do wykonywania kilku mechanizmów pomiarowych każdego typu, różniących się wielkością, albowiem mierniki większe o dłuższej wskazówce i tym samym cięższym układzie ruchomym wymagają większego momentu obrotowego, który można uzyskać w przyrządach magnetoelektrycznych przez powiększenie magnesu, a w elektromagnetycznych przez powiększenie zwójniczki.

Dla zakresu wymiarów zewnętrznych od 63 mm do 250 mm wystarczają trzy a nawet dwie wielkości mechanizmów.

W sprawie kształtu mierników należy zaznaczyć, że od dawna stosowany kształt okrągły jest najwygodniejszy przy wykonywaniu osłon z blachy. Wadą jego jest złe uzyskanie powierzchni — krótka skala w porównaniu z zajmowanym przez przyrząd miejscem. Lepsze pod tym względem są wprowadzone później mierniki kwadratowe o mechanizmie umieszczonym w rogu. Są one nieco droższe w wykonaniu. W urządzeniach pomiarowych telekomunikacyjnych rozpowszechnione są wreszcie przyrządy o skali prostokątnej, o stosunku boków zbliżonym do „złotej proporcji“. Istnienie tego kształtu uzasadnione jest względami estetycznymi. Przyjęcie tych wszystkich kształtów w normie jest być może pewnym ustępstwem na rzecz indywidualnych upodobań klientów, nie koniecznie uzasadnionym względami technicznymi czy gospodarczymi.

Obecnie są produkowane zarówno mierniki kwadratowe jak i okrągłe, i trudno na razie przesądzić, który kształt jest lepszy. Wada przyrządów okrągłych — stosunkowo krótka skala — może być usunięta przez zwiększenie największego kąta odchylenia wskazówki od 90° do około 270° . Znika wówczas różnica w wyznaczaniu powierzchni tablicy rozdzielczej przez mierniki kwadratowe i okrągłe. Wymaga to jednak zupełnej zmiany budowy mechanizmów pomiarowych. Rozwiązanie tej sprawy w przyszłości i ewentualne przyjęcie jednego tylko kształtu dla mierników przeznaczonych do tablic rozdzielczych zależy od tego, w jakim kierunku pójdzie postęp w budowie przyrządów wskazówkowych.

Względny konstrukcyjne zmuszają do budowania, prócz kształtów wymienionych, również przyrządów profilowych. Są to przyrządy o dużej czułości i o stosunkowo słabym momencie obrotowym, np. miliwoltomierze do termoelementów. Oś układu ruchomego w takim przyrządzie musi być pionowa, a więc wskazówka obraca się w płaszczyźnie poziomej; skala ma kształt wydłużonego prostokąta; dłuższy, poziomy bok powinien być tej samej długości, co w mierniku kwadratowym, aby umieszczone na jednej tablicy przyrządy kwadratowe i profilowe pasowały do siebie.

5. Sworznie zaciskowe.

Nieco odmienny charakter ma zagadnienie sworzni zaciskowych. Sprawa wymiarów schodzi na drugi plan, gdyż są to normalne średnice gwintów metrycznych.

Zaciski powinny umożliwiać mocne i wygodne przyłączanie przewodów oraz dobry styk elektryczny. Przy nieodpowiednio wykonanych zaciskach zdarzają się wypadki — nawet przy niezbyt wielkich prądach — zniszczenia lub uszkodzenia przyrządów pomiarowych wskutek nadmiernego wydzielania się ciepła w miejscu zanieczyszczonego lub rozluźnionego styku. Zwiększony opór styku, jak i podwyższona temperatura mogą też powodować uchyby wskazań przyrządów. I tak na przykład w przypadku istnienia dużych oporów stykowych w amperomierzu, przyłączonym do przekładnika, obciążenie wtórne przekładnika może wzrosnąć znacznie ponad moc znamionową. Uchyby przekładnika osiągną wtedy znaczne wartości, co spowoduje fałszywe wskazania nie tylko amperomierza o wadliwych zaciskach, ale i innych przyrządów pomiarowych przyłączonych do tego samego przekładnika, na przykład watomierza lub licznika.

Staranne i prawidłowe wykonanie zacisków jest sprawą bardzo ważną dla trwałości przyrządu i dokładności pomiaru. Powierzchnie styku sworznia, śruby czy podkładki muszą być płaskie i równoległe, materiał powinien być zabezpieczony przed korozją. Średnica sworzni musi być dostosowana do wartości prądu. Dla niewielkich prądów (np. zaciski woltomierzy) średnica ta nie może być jednak zbyt mała, decydują tu względy mechaniczne. Zacisk musi umożliwiać mocne i pewne dokręcenie przewodów.

Najodpowiedniejszym materiałem na sworznie jest mosiądz lub miedź, nie zawsze jednak stosowanie metali kolorowych jest konieczne. Można je zastąpić żelazem tam, gdzie prądy płynące przez przyrząd są nieznaczne, a pewne zwiększenie oporu styków dopuszczalne. Wprawdzie zużycie surowców przez przemysł przyrządów pomiarowych jest nieznaczne w porównaniu z innymi przemysłami, np. z przemysłem maszyn elektrycznych, i oszczędność metali kolorowych ma tu mniejszą wagę, jednak nawet drobne oszczędności, które da się uzyskać bez szkody dla jakości produkcji, mają swoje znaczenie.

Uzupełnieniem wymagań co do sworzni zaciskowych jest ustalenie najmniejszych odstępów między sąsiednimi sworzniami. Najmniejsze odległości muszą być zachowane ze względu na izolację (odstępy pełzania i przeskoku), a także ze względu na wygodę montażu i usunięcie możliwości zwarcia między zaciskami. Na ogół nie przedstawia to dla konstruktora żadnych trudności, jedynie w miernikach trójfazowych o oddzielnych obwodach prądowych i napięciowych, jak watomierze mocy czynnej i biernej lub mierniki $\cos \varphi$ mające do 10 zacisków, daje się odczuwać brak miejsca.

6. Zakresy pomiarów.

Stosunkowo bardziej skomplikowana jest sprawa zakresów pomiarowych oraz znamionowych napięć i prądów. Trzeba tu uwzględnić kilka czynników, a mianowicie: dokładność pomiaru, właściwości mechanizmu pomiarowego, zakres zmian wielkości mierzonej, wygląd skali.

Rozpatrzymy je po kolei.

Zgodnie z określeniem klasy dokładności, zawartym w przepisach ogólnych na mierniki elektryczne, uchyb podstawowy miernika w żadnym punkcie skali nie może przekraczać określonego procentu końcowej wartości zakresu pomiarów, np. 1% dla miernika klasy 1. Jeśli skala liczy 150 działek, będzie to niezależnie od odchylenia wskazówki 1,5 działki. Jeżeli uchyb ten odnieść do wartości wskazanej, to otrzymany w ten sposób uchyb pomiaru jest odwrotnie proporcjonalny od odchylenia.

Założenie to jest pewnym uproszczeniem, w rzeczywistości tylko część uchybów jest niezależna od odchylenia wskazówki lub stała na całym zakresie skali, jak np. uchyb spowodowany niedokładnym wykreśleniem skali, czy uchyb odczytu. Inne są proporcjonalne do wartości mierzonej, jak uchyb wywołany niedokładnością oporów, lub nawet do kwadratu, jak uchyby wskutek nagrzewania się przyrządu przy pracy. Również dodatkowe uchyby wskazań spowodowane wpływem niektórych czynników zewnętrznych, np. temperatury otoczenia lub częstotliwości

maleją ze zmniejszaniem odchylenia. Ogólnie biorąc uchyb wskazań jest nieco mniejszy na początku skali niż na końcu. Uchyby skalowania i odczytu przeważają jednak, zwłaszcza dla mierników tablicowych, i przyjęte założenie nie odbiega zbyt od rzeczywistości. Wszelkie inne określenie dokładności mierników byłoby zbyt skomplikowane i niedogodne do praktycznego użytku.

Zgodnie z powyższym pomiar jest tym dokładniejszy, im większe odchylenie wskazówki. Wynika stąd wymaganie, aby końcowa wartość skali była zbliżona do największej wartości wielkości mierzonej, która zdarza się w danym urządzeniu. Dla spełnienia tego warunku należałoby przyjąć możliwie dużą liczbę zakresów.

Dokładność wskazań przedstawia się nieco inaczej dla mierników o skali równomiernej lub prawie równomiernej, a więc mierników magnetoelektrycznych oraz woltomierzy, a inaczej dla mierników elektromagnetycznych i elektrodynamicznych o skali nierównomiernej. Na skali równomiernej odczyt nawet bardzo małych wartości jest możliwy, choć z niewielką dokładnością. Zastosowanie miernika o zbyt dużym zakresie ma taki sam skutek, jak użycie miernika o niższej klasie dokładności. Jeżeli wyzyskujemy tylko połowę skali, to uchyb pomiaru jest dwukrotnie większy niż przy wyzyskaniu całej skali.

Skala amperomierzy i woltomierzy elektromagnetycznych jest natomiast w początkowej części zagęszczona. Wynika to z zasady działania tych mierników. Odchylenie wskazówki jest tu mianowicie zależne od kwadratu wartości prądu. Wskutek tego, gdy prąd w przyrządzie maleje do zera, czułość jego też dąży do zera. Czułość w dowolnym punkcie skali można określić długością działki (o stałej wartości). Tak więc długość działek skali na początku skali dąży do zera, czyli skala zagęszcza się. Przy małych wartościach prądu pomiar jest niemożliwy. Zakres pomiarów zaczyna się zazwyczaj od 20% końcowej wartości.

Zastosowanie miernika o zbyt dużym zakresie spowoduje w tym przypadku nie tylko zmniejszenie dokładności pomiaru, ale i przesunie w górę dolną granicę wartości, które w ogóle dadzą się jeszcze zmierzyć. Jeśli na przykład do pomiaru prądów, nie przekraczających 50 A, użyjemy amperomierza o zakresie do 100 A, to będziemy mogli mierzyć prądy w granicach 20—50 A. Przy użyciu amperomierza o zakresie do 50 A można będzie mierzyć prądy już od 10 A. Wynika stąd wniosek praktyczny, że dla amperomierzy prądu zmiennego (elektromagnetycznych) należy przewidzieć więcej zakresów niż dla amperomierzy prądu stałego (magnetoelektrycznych).

Jeżeli zechcemy dla ustalenia zakresów zastosować liczbę normalne, to mamy do wyboru ciąg R_5 lub R_{10} . Możemy też przyjąć stopniowanie jeszcze rzadsze, na przykład 10, 20, 50, 100. Każdy następny wyraz szeregu R_5 jest większy od poprzedniego o około 60%. Przy zastosowaniu tego szeregu w najniekorzystniejszym przypadku wyzyskane będą tylko 2/3 skali, np. przy użyciu amperomierza 10-amperowego do pomiaru prądów nie wiele przekraczających 6 A. Dokładność pomiaru miernikiem klasy 1 dochodzić będzie do 1,6%. Gdybyśmy podwoili liczbę zakresów stosując szereg R_{10} , to zamiast amperomierza 10 A mielibyśmy do dyspozycji amperomierz o zakresie do 8 A, a dokładność pomiaru podniosłaby się z 1,6% do 1,3%. Tak nieznaczne powiększenie dokładności pomiaru nie usprawiedliwia kosztów związanych z wprowadzeniem podwójnej liczby zakresów.

Ograniczenie liczby zakresów do wartości 10, 20, 50, 100... dałoby w najniekorzystniejszym przypadku uchyb pomiaru 2,5-krotnie większy od klasy miernika, a więc miernik nie byłby należycie wyzyskany. Tak więc dla zakresów mierników magnetoelektrycznych najodpowiedniejszy jest szereg R_5 .

W przypadku amperomierzy elektromagnetycznych szereg R_5 nie zawsze wystarcza ze względu na dolną granicę zakresu pomiarów. Trzeba również wziąć pod uwagę dostosowanie zakresów amperomierzy prądu zmiennego, włączanych za pośrednictwem przekładników, do prądów znamionowych przekładników, które nie odpowiadają liczbom normalnym szeregu R_5 .

Zagęszczona w pobliżu zera skala mierników elektromagnetycznych jest szczególnie niedogodna wtedy, gdy prądy mierzone waha się w szeroko-

k i c h g r a n i c a c h. Zdarza się to na przykład w instalacjach o niewielkiej liczbie silników, pobierających znaczny prąd rozruchu. Amperomierz normalnie wykonany dostosowany do największego prądu, który trwa tylko krótko, nie pozwoli zmierzyć prądów przy przeciętnym i małym obciążeniu. W takich przypadkach stosuje się amperomierze „przeciążalne”. Skala tych amperomierzy jest w końcowej części silnie zagęszczona. Zakres pomiarów, to jest część środkowa skali, na której możliwy jest dokładny pomiar, może być dostosowany do normalnego obciążenia instalacji, a przy krótkotrwałych wzrostach prądu, np. przy rozruchu silnika przyrząd działa jako wskaźnik pozwalając w przybliżeniu ocenić wartości prądu nawet dwukrotnie większe od zakresu pomiarów. Tego rodzaju ukształtowanie skali jest w miernikach elektromagnetycznych bardzo łatwe. Używamy je przez przesunięcie względem siebie rdzeni (blaszek żelaznych) — ruchomego i nieruchomego, a więc bez żadnych zmian konstrukcyjnych. Cenna właściwość mierników elektromagnetycznych, kompensująca w części ich wymienioną poprzednio wadę — możliwość łatwej zmiany charakteru skali, nie może być oczywiście nie wykorzystana. Dlatego należy w normie umieścić odmianę amperomierzy o skali przedłużonej czyli przeciążalnych. Trzeba dla nich podać prócz zakresu pomiarów także końcową wartość skali (zakresu wskazań).

W odmiennych warunkach niż amperomierze, pracują zwykle woltomierze. Wielkość mierzona, to jest najczęściej napięcie sieci waha się w wąskich granicach. Początkowe zagęszczenie skali mierników elektroelektromagnetycznych nic tu nie przeszkadza, raczej jest korzystne, bo pozwala na dokładniejszy odczyt w dalszej, wykorzystywanej do pomiaru części skali. Zakresy woltomierzy muszą być oczywiście dostosowane do normalnych napięć sieci. Końcowa wartość jest większa od znamionowej wartości napięcia sieci o 15—30%.

Tak więc z wymienionych czynników, wziętych pod uwagę przy ustalaniu zakresów, dokładność pomiaru decyduje o wyborze zakresów mierników magneto-elektromagnetycznych, charakter skali (związany z zasadą działania) i możliwość jego regulacji — o wyborze zakresów amperomierzy elektromagnetycznych. Zakresy woltomierzy uzależnione są wreszcie od zakresu zmienności wielkości mierzonej.

Prócz tego dobór zakresów wszystkich tych mierników musi uwzględniać wygląd skali. Dla każdego zakresu pomiarowego wykonać można skalę różniącą się liczbą działek. Niektóre kreski skali są opatrzone liczbami. Liczb tych może być też mniej lub więcej. Przy odczytywaniu wskazania przyrządu trzeba się zorientować według najbliższych kreszek z liczbami, ilu jednostkom odpowiada jedna działka skali, jakim wartościom od o-wiadają najbliższe kreski, oraz ocenić ułamkową część działki. Istnieje tu możliwość pomyłek w określeniu wartości odpowiadającej kreskom skali i możliwość niedokładnego oszacowania części działki.

Dla usunięcia możliwości pomyłek należy przyjąć zasadę, że wartość jednej działki może być równa tylko 1, 2 lub 5 jednostkom (lub dziesiątkom, setkom). Zgodnie z tym odstęp pomiędzy 10 A i 20 A może być podzielony na 2, 5 lub 10 części (a nie na 4 części, jak się czasem spotyka). To samo wymaganie stosuje się do liczb umieszczonych przy kreskach. Można więc na skali umieścić liczby 0 — 1 — 2 — 3..., 0 — 2 — 4 — 6... lub 0 — 5 — 10 — 15..., i nie należy umieszczać liczb: 0 — 3 — 6 — 9... lub 0 — 2,5 — 5...

Skala mierników tablicowych powinna być dobrze widoczna i czytelna z pewnej odległości. Stąd działki nie mogą być zbyt drobne, a kreski cienkie. Istnieje najkorzystniejsza długość działki i grubość kreszek dla każdej odległości patrzenia, przy których popełnia się najmniejsze uchyby przy ocenie części działki.

Jeżeli uwzględnimy te wszystkie warunki i dodamy wymaganie, mające na widoku estetyczny wygląd skali, a mianowicie, aby końcowa kreska należała do kreszek głównych, to jest opatrzonych liczbami, to okaże się, że liczba możliwych do wykonania skal jest ograniczona.

Doświadczenia praktyki, poparte wynikami badań naukowych nad dokładnością odczytu, każą przyjąć liczbę

działek skali mierników tablicowych w granicach od dwudziestu kilku do pięćdziesięciu, liczbę punktów z napisami — od 4 do 7 (łącznie z zerem). Warunki te pozwalają na wykreślenie skal kończących się na liczby normalne szeregu R_{10} z wyjątkiem 12,5 16, 31,5 i 63. Liczby te rzecz jasna trzeba zaokrąglić na 12, 15 30, 60; otrzymamy wówczas następujący szereg odpowiedni dla zakresów pomiarowych:

10 12 15 20 25 30 40 50 60 80.

Pozostały jeszcze do omówienia zakresy watomierzy. Prąd odpowiadający pełnemu odchyleniu amperomierza jest jednocześnie jego prądem znamionowym, a analogiczne napięcie dla woltomierza jego napięciem znamionowym, natomiast dla watomierzy istnieje w tym względzie pewna dowolność. Jeżeli przyjmujemy dla watomierza prąd znamionowy I i napięcie znamionowe U , to iloczyn $U \cdot I$ lub $\sqrt{3} \cdot U \cdot I$ da nam moc znamionową watomierza. Wartość jej trzeba zaokrąglić dla otrzymania możliwej do wykonania skali zgodnie z przyjętymi wyżej założeniami. Jeżeli współczynnik mocy instalacji jest niski, to wskazania watomierza nie osiągają nigdy mocy znamionowej. Skala może być wówczas zaokrąglona w dół. Z drugiej strony zarówno obwód napięciowy, jak i prądowy watomierza mogą być trwale przeciążane o 20%. Jeżeli chcemy tę przeciążalność wyzyskać, to moc mierzona może przekraczać wartość znamionową. Skalę należy wówczas zaokrąglić w górę.

W przypadku watomierzy, włączanych przez przekładniki prądowe lub napięciowe, zakres pomiarów dostosowuje się do wartości znamionowych obwodów pierwotnych przekładników. Prąd znamionowy watomierza równy jest wtórnemu prądowi znamionowemu przekładnika (5 A). Podobnie napięcie znamionowe watomierza wynosi w tym przypadku 100 V. Napięcia znamionowe watomierzy bezpośrednich są równe napięciom normalnym sieci. Watomierze włączane bez przekładników prądowych stosowane są rzadko i tylko dla niewielkich prądów, co najwyżej 25 A.

Pozostawienie pewnej dowolności w dostosowaniu zakresu watomierza do wartości prądu i napięcia pozwoli do istniejących przekładników prądowych i napięciowych wybrać jeden z 2 lub nawet 3 zakresów watomierza. Do przekładników prądowych na 500/5 A i napięciowych na 15000/100 V (co daje moc znamionową 13 MW), można przyłączyć watomierz o zakresie 10 MW, 12 MW lub 15 MW, zależnie od istotnych wartości pobieranej mocy, która może być mniejsza przy niskim współczynniku mocy, lub instalacji zaprojektowanej na wzrost albo większa przy instalacji podlegającej przeciążeniom.

We wszystkich przypadkach, gdy zakresy opierają się na liczbach normalnych, należy jeszcze ustalić najniższy i najwyższy zakres normalizowany. Granice te określone są przez konstrukcję przyrządów (np. amperomierze elektromagnetyczne buduje się na prądy do 200—300 A) albo też przez potrzeby odbiorców. Zakresy poniżej i powyżej pewnych wartości są zamawiane bardzo rzadko i nie ma celu ich normalizować.

Na zakończenie uwag o zakresach trzeba zauważyć, że omówione zależności nie mają zastosowania do mierników przenośnych — laboratoryjnych czy montażowych. Stopniowanie zakresów musi być dla tych przyrządów inne, uwzględniające fakt, że mierniki przenośne są na ogół wielozakresowe. Wspólna skala dla kilku zakresów i sam sposób zmiany zakresów miernika stwarza inne wymagania niż przy miernikach tablicowych.

Pozostałe omówione normy dotyczą też tylko mierników tablicowych i to w najczęściej spotykanym wykonaniu. Nie wyczerpują one potrzeb przemysłu przyrządów pomiarowych, który stale rozwija się i powiększa zarówno produkcję, jak i asortyment wyrobów.

W związku z tym i prace normalizacyjne są prowadzone dalej i powinny być nawet przyspieszone, aby każda nowa produkcja mogła się opierać na ustalonych wymaganiami. W szczególności ważne jest jak najszybsze zakończenie prac nad już opracowanymi projektami, a więc ogłoszenie ich i przyjęcie za Polską Normę, każda bowiem następna norma musi się opierać na przepisach ogólnych i być w zgodzie z normami wydanymi poprzednio.

PROF. INŻ. BOLESŁAW JABŁOŃSKI
Politechnika Warszawska

Szkolnictwo miernictwa elektrycznego i automatyki

373.6:621.317:621.395.34

Treść. Autor rozważa programy nauczania Miernictwa Elektrycznego na stopniach: licealnym, inżynierskim i magisterskim, jak również metody organizacji ćwiczeń studenckich w laboratoriach z zakresu miernictwa; wysuwa wniosek wprowadzenia w uczelniach Automatyki i Telemechaniki, jako odrębnego przedmiotu.

Курсы Электрических Измерений и Автоматики в технических учебных заведениях. Автор рассматривает программы Электрических Измерений на лицейском, инженерном и магистерском уровне, а также методы организации студенческих лабораторных работ в этой области; предлагает ввести Автоматику и Телемеханику как отдельный курс.

Professional training in electric measuring and automatism. The author reviews the program of professional training in electric measuring at college, technical high school and university level, as well as the methods of organising practice courses for students in laboratories dealing with electric measurement; he advances the suggestion of introducing, in schools, Automatism and Telemechanics as a distinct subject.

1. Przegląd historyczny rozwoju szkolnictwa.

Szkolnictwo miernictwa elektrycznego przechodziło w okresie niemal 100 lat różne stadia, rozwijając metody prowadzenia wykładów i organizacji ćwiczeń laboratoryjnych i osiągając coraz wyższy stopień doskonałości.

Proces rozwojowy szkolnictwa miernictwa elektrycznego przebiega równolegle z rozwojem przemysłu i stosowaniem miernictwa elektrycznego we wciąż nowych dziedzinach, w których pomiar wielkości nieelektrycznych na drodze elektrycznej odgrywa coraz poważniejszą rolę.

W obecnym stadium szkolnictwa miernictwa elektrycznego dzieli się na dwie podstawowe gałęzie: 1) szkolnictwo miernictwa energoelektrycznego i 2) szkolnictwo miernictwa teleelektrycznego. Każda z tych gałęzi obejmuje różne specjalności miernictwa.

Szkolnictwo automatyki i telemechaniki rozwinęło się ze wspólnego pnia miernictwa i w chwili obecnej związane jest tak ściśle z obu miernictwami, a mianowicie energoelektrycznym i teleelektrycznym, że trudno jest przydzielić je do jednego z nich. I w dalszym rozwoju będzie ono musiało uwzględniać obie podstawowe gałęzie miernictwa elektrycznego.

Tematem niniejszego referatu jest szkolnictwo miernictwa energoelektrycznego. W rozwoju metod wykładowych tego szkolnictwa występują cztery stadia:

I) miernictwo spoczywało w rękach fizyków i inżynierów telekomunikacji,

II) na wyższych uczelniach technicznych tworzone katedry Podstaw Elektrotechniki i wykłady miernictwa włączano do kursu Podstaw Elektrotechniki,

III) powstawały katedry Miernictwa Elektrycznego,

IV) obecne stadium, kiedy równolegle do Miernictwa Elektrycznego są tworzone katedry Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych i katedry Automatyki i Telemechaniki. Niektóre działy automatyki, np. ciepły, są skojarzone z Miernictwem Elektrycznym i Elektrycznymi Przyrządami Pomiarowymi wspólnymi metodami pomiarowymi, w których wielkości cieplne w układach pomiarowych są przetwarzane w elektryczne.

Każde z wymienionych stadiów obejmowało szkolnictwo miernictwa elektrycznego na trzech poziomach — licealnym, inżynierskim i magisterskim. Miernictwo Elektryczne, jako samodzielny przedmiot, jest wykładane obecnie we wszystkich technicznych szkołach licealnych, katedry Miernictwa Elektrycznego są utworzone na wydziałach elektrycznych wszystkich wyższych uczelni technicznych.

Z nielicznych katedr Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych wymienić należy katedrę w Leningradzkim Instytucie Politechnicznym im. M. I. Kalinina, w Instytucie Energetycznym im. W. M. Mołotowa w Moskwie i katedrę Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych w Politechnice Warszawskiej.

Katedry Automatyki są utworzone w ZSRR w Instytucie Politechnicznym im. M. I. Kalinina, w Instytucie Techniki Ciepłej im. F. Dzierżyńskiego. Zagadnieniom automatyki jako specjalności poświęca się całkowicie Instytut Automatyki i Telemechaniki przy Oddziale Technicznym Akademii Nauk ZSRR.

Metodyka przedmiotów Miernictwa Elektrycznego, Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych i Automatyki, na wymienionych poziomach nauczania obejmuje: a) wykłady, b) ćwiczenia obliczeniowe, prowadzone równolegle z wykładami, c) ćwiczenia praktyczne w laboratorium.

Ćwiczenia laboratoryjne są zorganizowane w ten sposób, żeby w miarę możliwości zachować ich równoległość z wykładami. W laboratoriach, na wszystkich poziomach szkół

technicznych, słuchacze poznają metody pomiarowe, działania i właściwości elektrycznych przyrządów pomiarowych i elementów układów automatyki i telemechaniki.

W liceach technicznych słuchacze uczą się montażu, obsługi i konserwacji przyrządów pomiarowych i automatyki oraz najprostszych, ogólnie spotykanych metod pomiarowych. W wyższych uczelniach technicznych stopnia inżynierskiego słuchacze studiują i badają właściwości przyrządów i technicznych metod pomiarowych oraz zasady automatyki, na stopniu zaś magisterskim tych uczelni analizują budowę przyrządów i ich układów kompensacyjnych oraz metody pomiarowe i pogłębiają swą wiedzę w dziedzinie automatyki i telemechaniki. Słuchacze licealnych i wyższych szkół technicznych opamiętują w sposób trwały przedmioty Miernictwa Elektrycznego, Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych i Automatyki według powyższego układu, będą więc przygotowani do podjęcia prac w przemyśle i stosowania metod pomiarowych i automatyki, które poznali na uczelni.

2. Analiza przedmiotów związanych z Miernictwem Elektrycznym w III stadium rozwojowym.

W tym stadium wykłady z Miernictwa Elektrycznego łączą w jedno budowę elektrycznych przyrządów pomiarowych i metody pomiarowe wielkości elektrycznych. W wykładach można rozróżnić dwie metody podziału materiału. W pierwszej elektryczne przyrządy pomiarowe są ugrupowane według wielkości elektrycznych, których wartości przyrządy mierzą; jest więc omawiana budowa i działanie amperomierzy wszystkich rodzajów, to znaczy magnetoelektrycznych, elektromagnetycznych, elektrodynamicznych oraz innych. Podobnie traktowane są woltomierze, watomierze i pozostałe przyrządy łącznie z licznikami energii elektrycznej. Podawane są niemal wszystkie metody pomiarowe, związane z nazwiskami ich twórców; z nich wiele zachowało jedynie wartość historyczną, to też słuchacze w niektórych przypadkach tracą zdolność wybrania właściwej metody pomiarowej.

W drugiej metodzie, która obecnie przeważa, wykładany materiał jest rozłożony według rodzaju przyrządów i przy omawianiu określonego przyrządu, np. elektrodynamicznego, ujmują się wszystkie wielkości elektryczne, które przyrząd mierzy. Przyrządy elektrodynamiczne mogą być wykonane jako watomierze, amperomierze, woltomierze, henromierze, faradomierze, częstotściomierze (hercomierze) itp. Natomiast w osobne działy są wyodrębnione przyrządy magnetoelektryczne z termoelementami i prostownikami oraz liczniki energii elektrycznej. W nazwach metod pomiarowych zamiast nazwisk twórców podaje się wielkości elektryczne, dla których metoda jest przede wszystkim przeznaczona, nazwisko zaś służy jako uzupełnienie, np. mostek do pomiaru oporów średnich (Wheatstone'a).

W tym stadium rozwojowym Miernictwa Elektrycznego omawianie jednostek i wzorców jednostek przesunięto do metod pomiarowych. Podobnie do działu metod pomiarowych zaliczono teorię uchybów (błędów) pomiarowych. Zwolennicy wymienionego podziału materiału wskazywali zalety i wady obu metod; niestety, rozumowanie ich nie było oparte na metodologicznym podziale materiału wykładanego.

W III stadium rozwoju brak jest ćwiczeń obliczeniowych, prowadzonych równolegle z wykładami i ćwiczeniami praktycznymi w laboratorium. Błąd ten w stadium IV został usunięty, albowiem podczas przerabiania ze słuchaczami (w niewielkich grupach) przykładów liczbowych, związanych z tematem wykładów, powstaje możliwość omó-

wienia niejasnych punktów, co łącznie z ćwiczeniami laboratoryjnymi przyczyni się do utrwalenia wykładów w umysłach słuchaczy.

W sprawie ćwiczeń praktycznych w laboratorium należy podkreślić różnicę poglądów co do momentu ich rozpoczęcia. W rozpatrywanym stadium sferały się dwie metody: według jednej ćwiczenia winny być prowadzone równolegle z wykładami, zgodnie z drugą wykłady wypierają ćwiczenia o jeden semestr.

Stosownie do obranej metody układ ćwiczeń bywał różny. Trudno jest porównać obie metody prowadzenia ćwiczeń i wykazać zalety i wady każdej z nich, ponieważ w rozważaniach brak jest ogniwa pośredniczącego, a mianowicie ćwiczeń liczbowych.

3. Wykłady z Miernictwa Elektrycznego w IV stadium rozwojowym.

Metody prowadzenia wykładów i związany z obraną metodą podział materiałów były oparte w stadiach poprzednich na różnych założeniach. Obecnie podział materiału przedmiotów oparto na podstawach metodologicznych, a więc na podstawowym równaniu wielkości:

$$(1) \quad \dot{W} = \dot{W} [1W].$$

Dowolna wielość $\dot{W}$ jest określona, jeśli jest określona wartość lub miara $\dot{W}$ wielkości oraz jednostka wielkości [1 W]. Wartości wielkości elektrycznych, związanych z obwodami elektrycznymi, obliczamy korzystając z rachunku liczb zespolonych. $\dot{W}$ oznacza promień wielkości lub jej wartość zespoloną.

Metodyka podziału materiału na podstawie równania wielkości (1) będzie słuszną dla wykładów na trzech poziomach nauczania; różnić się one muszą jedynie rozwinięciem tematów oraz liczbą godzin poświęconych poszczególnym zagadnieniom.

Na podstawie równania (1) podział materiału wykładanego powinien uwzględnić siedem działów podstawowych w następującej kolejności:

Dział I. Wielkości elektryczne. Jednostki i wzorce jednostek wielkości elektrycznych.

Dział II. Określenie wartości wielkości. Teoria uchybów wartości.

Dział III. Pomiar wartości za pośrednictwem przyrządów pomiarowych. Budowa i działanie elektrycznych przyrządów pomiarowych oraz urządzenia dodatkowe.

Dział IV. Pomiar wartości metodami — techniczną, mostkową i kompensacyjną.

Dział V. Pomiar wielkości magnetycznych.

Dział VI. Pomiar wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi.

Dział VII. Pomiarzy zdalne.

Dział I. W liceach technicznych dział I obejmuje w wykładach wiadomości podstawowe niezbędne do zrozumienia zasady pomiarów.

W wyższych uczelniach technicznych na stopniu inżynierskim w tym dziale są wykładane działania na liczbach wielkości elektrycznych, jednostki i układ jednostek, wzorce jednostek oraz zasady budowy i właściwości wzorców.

Na stopniu magisterskim tych uczelni tematy działu I uwzględniają dalsze rozwinięcie działań na liczbach wielkości elektrycznych, jednostki główne i teorię jednostek pochodnych, wymiary jednostek i wzory podstawowe oraz oraz właściwości wzorców.

Dział II. W liceach technicznych materiał podaje zasady określania wartości metodami bezpośrednią i pośrednią, a następnie omawia wiadomości o uchybach w zakresie wymagań pomiarów przemysłowych, których dokładność nie przekracza klasy 0,5.

Na stopniu inżynierskim uczelni wyższych tematy obejmują teorię uchybów systematycznych i przypadkowych, opartą na rachunku różniczkowym i teorii prawdopodobieństwa, przy czym uchyb pomiaru jest doprowadzony do klasy 0,2.

Na stopniu magisterskim tych uczelni tematy omawiają teorię uchybów opartą na podstawach metrologii ze szczególnym uwzględnieniem elektrometrii, to znaczy działu metrologii o pomiarach elektrycznych z dokładnością klasy 0,05 i wyższych.

Dział III. Metodyczny podział materiału wykładanego w tym dziale opiera się na podstawowym równaniu za-

leżności wartości bezwzględnej W wielkości mierzonej i kąta odchylenia α układu ruchomego w przyrządach wskazówkowych albo prędkości obrotowej $\frac{N}{t}$ układu w licznikach:

$$(2) \quad W_1 = f(A, B, C, \dots) \alpha,$$

$$(3) \quad W_2 = F(A, B, C, \dots) \frac{N}{t},$$

gdzie N — liczba obrotów, t — czas w sekundach.

Równania podstawowe ułożone dla jednego rodzaju przyrządu np. magnetoelektrycznego, przeznaczonego do pomiarów różnych wielkości, będą różniły się układem parametrów $A, B, C, \dots$, np. dla woltomierzy magnetoelektrycznych

$$U = C_1 (R_w + R_d) \alpha,$$

a dla amperomierzy magnetoelektrycznych

$$I = C_2 \frac{R_w + R_n}{R_n} \alpha,$$

gdzie R_w — opór wewnętrzny przyrządu, R_d — opór opornika dodatkowego, R_n — opór bocznika, α — odchylenie wskazówki w działkach.

Podobnie dla innych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych, np. cieplnych, świetlnych itp., mierzonych przyrządami magnetoelektrycznymi, równania będą odpowiadały równaniom podstawowym (2) lub (3).

Przez stopniowe rozwijanie tematu, obejmującego jeden rodzaj przyrządu, i przez zmianę — stosownie do pomiaru innych wielkości fizycznych — podstawowego układu parametrów $A, B, C, \dots$ uzyskuje się ciągłość i przejrzystość wykładu.

W liceach technicznych wykładany materiał działu III jest ograniczony do rozważania zasady budowy i działania przyrządów najczęściej spotykanych w praktyce.

Na stopniu inżynierskim wyższych uczelni w zasadach budowy i działania elektrycznych przyrządów pomiarowych jest oprócz szczegółów budowy omawiany wpływ czynników zewnętrznych na uchyb przyrządów.

Na stopniu magisterskim w zasadach budowy i działania elektrycznych przyrządów pomiarowych oprócz uwzględnienia wpływu czynników zewnętrznych na uchyb wskazań przyrządu są poddane analizie metody kompensacji tych wpływów.

Dział IV. Wykłady tego działu w liceach technicznych omawiają metody techniczne pomiarów wielkości elektrycznych, a mianowicie oporu, napięcia, prądu, mocy i energii elektrycznej za pomocą elektrycznych przyrządów wskazówkowych lub liczników. W wykładach oprócz uchybów przyrządów jest uwzględniony dodatkowo uchyb pomiaru, wywołany poborem mocy przez włączone przyrządy.

Na stopniu inżynierskim wykłady obejmują oprócz technicznych również metody mostkowe i kompensacyjne i w dalszym rozwinięciu pomiary indukcyjności własnej, wzajemnej i pojemności. Wykłady uwzględniają osiągnięcie żądanej czułości układu pomiarowego oraz obliczenie uchybu.

W uczelniach stopnia magisterskiego rozwinięcie pomiarowych metod mostkowych i kompensacyjnych obejmuje studium galwanometrów i analizy czułości układów oraz warunków pomiaru o największej dokładności.

Program szczegółowy Miernictwa Elektrycznego, przyjęty dla wydziałów elektrycznych wyższych uczelni technicznych stopnia inżynierskiego, został ułożony według podanego planu.

Dział V. W odróżnieniu od pomiarów wielkości elektrycznych, których rozbudowa osiągnęła najwyższy stopień dokładności, stadium rozwojowe pomiarów wielkości magnetycznych jest znacznie opóźnione. Pozostaje to w związku z trudnościami obliczenia obwodów magnetycznych oraz koniecznością uwzględniania poprzedzającego pomiaru stanu magnetycznego przedmiotu badanego.

Podział materiału wykładanego w tym dziale winien ściśle odpowiadać wykładowi pomiarów wielkości elektrycznych, a mianowicie: wielkości magnetyczne, jednostki wielkości, określenie wartości, podział metod pomiarowych i obliczenie uchybów pomiaru. Następnie muszą być wyłożone magnetyczne przyrządy i układy pomiarowe.

Wykłady w liceach technicznych ujmują ogólnie pomiary magnetyczne, związane z badaniem właściwości materiałów magnetycznych twardych i miękkich.

Na stopniu inżynierskim pomiary wielkości magnetycznych są więcej rozszerzone, lecz nie powinny przekraczać granic określonych metodami przyjętymi w badaniach przemysłowych.

Na stopniu magisterskim wyższych uczelni powinny w wykładach ulec znacznemu rozwinięciu wszystkie działy pomiarów magnetycznych.

Dział VI. W obecnym stadium rozwojowym miernictwa w tym dziale uwzględniane są pomiary wielkości cieplnych i świetlnych. W dalszym rozszerzeniu tematu włączone będą pomiary wielkości mechanicznych, a następnie innych wielkości fizycznych.

Wykłady w liceach technicznych mają na celu nauczanie obsługi i konserwacji urządzeń pomiarowych.

Na stopniu inżynierskim w wykładach omawiane są metody pomiarowe wielkości nieelektrycznych, ograniczone do głównych wielkości mechanicznych, cieplnych i świetlnych.

Na stopniu magisterskim w wykładach i seminariach analizowane są układy pomiarowe wielkości nieelektrycznych, uchyby pomiarów oraz metody ich kompensacji.

Dział VII. Wykłady pomiarów zdalnych odpowiadają układowi działu VI, a mianowicie w liceach technicznych podstawowym celem wykładów jest nauczanie obsługi i — co najważniejsze — konserwacji układów pomiarowych; na stopniu inżynierskim omawiane są zasady pomiarów zdalnych, a na stopniu magisterskim analiza metod pomiarowych.

4. Miernictwo elektryczne w drugim roku studiów stopnia inżynierskiego.

Na podstawie podanych wyżej założeń opracowano program szczegółowy Miernictwa Elektrycznego, obowiązujący wszystkich studentów II roku studiów Wydziału Elektrycznego. Program mieści się w 90 godz. wykładowych.

a) Wykłady

Sem. III, 4 godz. wykł. tyg. = 60 godz. w sem.

Godzin

1. Wielkości i jednostki wielkości elektrycznych; wzorce; oporniki, cewki i kondensatory pomiarowe 4
2. Podstawy pomiaru wielkości elektrycznych; uchyb wartości i uchyb pomiaru; uchyby przyrządów pomiarowych; uchyby systematyczne i uchyby przypadkowe 2
3. Ogólna zasada działania i budowa przyrządów pomiarowych; dokładność i czułość; oznaczenia i symbole graficzne 2
4. Mierniki magnetoelektryczne (amperomierze, woltomierze, omomierze, mierniki strumienia indukcji magnetycznej, liczniki amperogodzinowe, liczniki kilowatogodzinowe, galwanometry: statyczny i balistyczny) 10
5. Mierniki elektromagnetyczne (amperomierze, woltomierze, mierniki $\cos \varphi$, hercomierze — częstotściomierze) 4
6. Mierniki elektrodynamiczne (watomierze i watomierze, amperomierze, woltomierze, mierniki $\cos \varphi$, henromierze, faradomierze, liczniki kilowatogodzinowe) 12
7. Mierniki indukcyjne (watomierze, liczniki kilowatogodzinowe) 12
8. Mierniki cieplne 2
9. Mierniki wibracyjne (hercomierze, galwanometry) 4
10. Rozszerzenie zakresu pomiarowego: oporniki dodatkowe i boczniki, dzielniki, przekładniki (prądowe i napięciowe) 4
11. Pomiary wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi 4

Razem godz. 60

Sem. IV, 2 godz. wykł. tyg. = 30 godzin w sem.

12. Pomiary elektryczne; rodzaj i dobór metod pomiarowych; czułość układu pomiarowego 4
13. Podstawowe metody laboratoryjne: mostkowa i kompensacyjna (ogólna zasada) 2
14. Pomiary wielkości elektrycznych: opór, prąd, napięcie, indukcyjność i pojemność (metody techniczne) 10
15. Pomiar mocy układów prądu stałego i zmiennego (1- i 3-faz.), zastosowanie przekładników 8
16. Pomiary magnetyczne (podstawy) 2
17. Pomiary świetlne (podstawy) 2
18. Pomiary zdalne (podstawy) 2

Razem godz. 30

Literatura

- Drewnowski K. Elektryczne przyrządy pomiarowe, część I, 1936
- Drewnowski K. Laboratorium Miernictwa Elektrycznego, 1946
- Drewnowski K. Pomiary elektryczne, 1950
- Iwaszkiewicz W. Laboratorium podstaw elektrotechniki, 1948
- Iwaszkiewicz W. Laboratorium miernictwa elektrycznego
- Jabłoński B. Miernictwo elektryczne (Podr. Inż. Elektr., dział III), 1948
- Krukowski W. Liczniki energii elektrycznej, 1952
- Miernictwo elektryczne ogólne dla potrzeb telekomunikacji (zbiorowe), 1952
- Artunow W. O. Raszczot i konstrukcja elektroizmieritelnych przyborow, 1949
- Fremke A. W. Elektrisches izmierienja, 1951
- Popow W. O. Elektrisches izmierienja i pribory, 1947
- Goriunow P. N., Pigin S. M., Szumiłowski N. N. Elektrisches izmierienja, 1951
- Golding E. W. Electrical Measurements and Measuring Instruments, 1946
- Hague B. Alternating Current Bridge Methods, 1945
- Laws F. A. Electrical Measurements, 1938
- Bigorgne R. Mesures électriques, 1948
- Brion Vieweg G. Starkstrom-Messtechnik, 1938
- Palm A. Elektrische Messgeräte und Messeinrichtungen, 1947
- Schwerdtfeger W. Elektrische Messtechnik, 1948/49.

b) Ćwiczenia liczbowe

Prowadzenie równoległe z wykładami ćwiczeń liczbowych jest w chwili obecnej mało stosowane. Na ćwiczenia takie należy położyć duży nacisk na wszystkich poziomach nauczania, ponieważ ułatwią one przyswojenie słuchaczom materiału wykładanego, usuną niejasności, nade wszystko zaś będą stanowiły pomost łączący wykłady z ćwiczeniami praktycznymi w laboratoriach.

c) Ćwiczenia praktyczne w laboratoriach

Zgodnie z zasadą uznaną od lat wielu, że Miernictwa Elektrycznego, a następnie Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych i Automatyki nauczyć się można tylko w laboratoriach, należy zwrócić bardzo dużą uwagę na organizację pracowni na wszystkich poziomach nauczania.

Układ ćwiczeń (jak również ich temat) nigdy nie jest zakończony, lecz podlega ciągłym zmianom rozwojowym, które wynikają z doskonalenia sprzętu laboratoryjnego i uwzględniają stronę dydaktyczną prowadzenia ćwiczeń.

W roku II studiów obowiązuje przerobienie 12 ćwiczeń w każdym semestrze.

Przy równoległości ćwiczeń laboratoryjnych z wykładami rozróżniamy dwie metody ich prowadzenia.

Pierwsza metoda, zwana „równym frontem“, polega na jednoczesnym uruchomieniu jednego ćwiczenia, powtórnego dla wszystkich grup ćwiczących, np. 10, tzn. że wszyscy słuchacze w grupie przerabiają jednocześnie to samo ćwiczenie. Następnie słuchacze przystępują do drugiego ćwiczenia, powtórnego 10-krotnie, i dalszych i w ten sposób przerabiają 12 ćwiczeń, uwzględniających tematy wykładów. Metoda ta jest niezmiernie dogodna, zwiększa przepustowość pomieszczenia laboratoryjnego,

ułatwia sprawdzanie ćwiczeń, lecz jest bardzo kosztowna, albowiem wymaga uwielokrotnienia tego samego sprzętu laboratoryjnego.

Druga metoda polega na jednoczesnym uruchomieniu różnych ćwiczeń np. 12, do których przystępuje grupa ćwiczących. Układ ćwiczeń powinien odpowiadać materiałowi wykładanemu w danym semestrze. Byłoby błędem prowadzić w sem. III np. ćwiczenia mostkowe, których wykład jest przewidziany w semestrze IV.

Jako przykład można przytoczyć układ 24 ćwiczeń laboratoryjnych, przerabianych w semestrze III i IV.

Ćwiczenia w semestrze III

1. Badanie galwanometru statycznego.
2. Pomiar oporów, indukcyjności i pojemności metodą techniczną.
3. Pomiar oporów uziemień.
4. Pomiar oporu skrośnego papieru bakielizowanego.
5. Sprawdzenie watomierza metodą techniczną.
6. Pomiar mocy układów prądu stałego i zmiennego jednofazowego.
7. Sprawdzenie liczników magnetoelektrycznego i elektrodynamicznego.
8. Elektryczne pomiary temperatury.
9. Badanie układów rezonansowych.
10. Pomiary prądu tętniącego.
11. Przesuwanie fazowe prądów.
12. Pomiary fotometryczne:
 - a) pomiar strumienia świetlnego żarówki,
 - b) pomiar jasności.

Należy podkreślić, że do ćwiczeń wymienionych użyte zostały elektryczne przyrządy pomiarowe, których budowa i działanie wykładane są w tym semestrze.

Ćwiczenia laboratoryjne przerabiane w semestrze IV obejmują układy mostkowe i kompensacyjne, objęte wykładami semestru IV.

Ćwiczenia w semestrze IV

13. Pomiar oporów średnich metodą mostkową (Wheatstone'a).
14. Pomiar oporów małych metodą mostkową (Thomsona).
15. Pomiar indukcyjności własnej metodą mostkową.
16. Pomiar indukcyjności wzajemnej metodą mostkową.
17. Pomiar pojemności i upływności metodą mostkową.
18. Pomiar siły elektromotorycznej metodą potencjometryczną.
19. Pomiar mocy czynnej układów trójfazowych.
20. Pomiar mocy biernej układów trójfazowych watomierzami.
21. Badanie galwanometru. wibracyjnego.
22. Badanie galwanometru balistycznego i fluksmetru.
23. Sprawdzenie i regulacja licznika indukcyjnego.
24. Badanie dławika.

Niezmiernie ważnym zagadnieniem, związanym z pracami w laboratorium, jest opracowanie sprawozdań z ćwiczeń.

Najogólniej rozpowszechniona i stosowana metoda polega na samodzielnym sprawozdaniu, wykonanym przez każdego słuchacza według ustalonego wzoru.

W sprawozdaniu należy narysować schematy układów, podać zestawienia przyrządów użytych do pomiaru, napisać wzory i ułożyć tabelki. Po rozważeniu metody pomiarowej należy uzasadnić otrzymane wartości, obliczyć uchyby pomiaru i wyprowadzić wnioski.

Wypełnienie części pierwszej sprawozdania było czynnością formalną, która zajmowała dużo czasu i sprowadzała się w wielu przypadkach do jej przepisania ze skryptów, jeżeli były one dostępne. Troską wielu laboratoriów pozostawało opracowanie innej metody, która umożliwiłaby zaoszczędzenie czasu, poświęconego na przepisywanie tekstów pomiarowych, prócz tego udostępniały je dla wszystkich słuchaczy.

Rozróżniamy dwie metody opracowania ćwiczeń, odmienne od rozważonej; nazwiemy je metodą drugą i trzecią.

W metodzie drugiej protokół ćwiczenia prowadzi jeden z uczestników całej grupy, a po zakończeniu ćwiczenia i jego krytyki protokół podpisują asystent prowadzący ćwiczenia i uczestnicy całej grupy. Według praktyki, przyjętej w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego Politechniki Warszawskiej, protokół zawiera wykaz użytych

przyrządów z podaniem numerów inwentarzowych i zakresów oraz szczegółowe tabelki pomiarów. Sprawozdanie z ćwiczenia opracowuje przy udziale wszystkich uczestników grupy i podpisuje jeden z jej uczestników. W Z.M.E.P.W. sprawozdanie zawiera: a) numer grupy i skład osobowy z podkreśleniem nazwiska studenta opracowującego sprawozdanie, b) tytuł i numer ćwiczenia, datę wykonania, temperaturę otoczenia, c) zwięzłe ujętą zasadę pomiaru i wzór, według którego obliczane są wyniki, d) układ połączeń z oznaczeniem przyrządów i ich klasy dokładności, e) uproszczone tabelki pomiarów, f) obliczenia wyników i dokładności pomiarów, g) wykresy, h) uwagi i wnioski z pomiaru.

W porównaniu z pierwszą metodą druga znacznie skraca czas opracowania ćwiczeń, gdyż w grupie, złożonej z 3 słuchaczy, przy 12 ćwiczeniach w semestrze na każdego słuchacza przypada prowadzenie protokołu i napisanie sprawozdania z 4 ćwiczeń.

Metoda trzecia polega na daniu do rąk słuchaczy gotowych tekstów protokółów.

Strona tytułowa takiego protokołu, przyjętego w Z.M.E.P.W. zawiera następujące dane: datę, semestr, nazwisko i imię sporządzającego protokół, numer grupy, a dalej kolejny numer ćwiczenia, temat i adnotacje asystenta o odrobieniu ćwiczenia, o złożeniu sprawozdania i o zaliczeniu ćwiczenia.

Tekst właściwy protokołu składa się z dwóch części: I) pomiary, II) teoria.

Część I dzieli się na następujące punkty: 1) Schemat układu pomiarowego. 2) Elementy układu; oznaczenia. 3) Przygotowanie pomiaru. 4) Wykonanie pomiaru. 5) Uwagi i wnioski oraz krytykę pomiaru.

Punkt 4 zawiera tabelki, do których należy wpisać wartości odczytane lub obliczone, ich uchyby i uchyby pomiarów.

W części II podana jest teoria pomiaru i wyprowadzone są wzory. W zależności od tematu część I zajmuje od 6 do 10 stron, a część II od 4—12.

W metodzie ostatniej jest położony duży nacisk na przygotowanie się do ćwiczeń, omówienie warunków podczas pomiarów i po ich zakończeniu oraz na wnioski i krytykę pomiarów w sprawozdaniu.

Słuchacze otrzymują protokoły wszystkich ćwiczeń, stąd wynika łatwość przygotowania się przed przystąpieniem do ich wykonania.

Metody podane wyżej mają zalety i wady; doświadczenie wskaże, która z nich jest najlepsza. Istotnym celem ćwiczeń laboratoryjnych jest poznanie przez słuchaczy techniki pomiarowej, wyrobienie umiejętności opracowania i wykonania pomiarów i — co najważniejsze — trwałe opanowanie nabytych wiadomości.

5. Miernictwo Elektryczne w dalszych latach studiów.

Miernictwo Elektryczne, gruntownie omówione dla II roku studiów, obowiązuje na wydziałach elektrycznych wszystkich słuchaczy.

W roku III stopnia inżynierskiego i w latach następnych studiów stopnia magisterskiego Miernictwo Elektryczne, w zależności od kierunku specjalizacji, różni się w zakresie metod pomiarowych. Uwzględniamy tu program kierunku „Przyrządów pomiarowych” dla obu stopni studiów.

Na stopniu inżynierskim w programie położony jest nacisk na stronę konstrukcyjną elektrycznych przyrządów pomiarowych, na stopniu zaś magisterskim program obejmuje dwa działy Miernictwa Elektrycznego, a mianowicie: A) Pomiary elektryczne i B) Przyrządy pomiarowe. Programy obu przedmiotów na stopniu inżynierskim i magisterskim są opracowane zgodnie z ogólnymi podstawami Miernictwa Elektrycznego, na których został oparty program II roku studiów.

Zmiana w rozkładzie materiału polega na tym, że w roku II Miernictwo Elektryczne jest wykładane jako jeden przedmiot, a w latach następnych jako dwa uzupełniające się przedmioty, z których pierwszy w rozwiniętej postaci ujmuję podstawy metrologii i metody pomiarowe, drugi zaś konstrukcję i obliczenia elektrycznych przyrządów pomiarowych.

Programy godzinowe przedmiotów wykładanych dla kierunku „Przyrządów pomiarowych“ są zebrane w tabl. I (dla stopnia inżynierskiego) i w tabl. II (dla stopnia magisterskiego).

Porównując programy zauważymy, że różnią się one przede wszystkim liczbą lat studiów: jeden rok na stopniu inżynierskim i 2 lata na stopniu magisterskim.

Program przedmiotów stopnia inżynierskiego zwięża zakres specjalności do spraw konstrukcyjnych. Do programu weszły przedmioty, nie ograniczające się jedynie do przyrządów pomiarowych, lecz mamy tam maszyny elektryczne, przyrządy rozdzielcze wysokiego napięcia, technologię produkcji, rozdzielnie i transformatornie itd. Ab-

Tablica I.

Program przedmiotów (siatka godzinowa) na III roku kursu inżynierskiego w sekcji przyrządów pomiarowych

Przedmiot	Sem. V		Sem. VI	
	w.	ćw.	w.	ćw.
Ekonomia polityczna	2	—	—	—
Podstawy ustrojowe Polski Współczesnej	—	—	2	—
Studium wojskowe	2	2	2	2
Ekonomika i organizacja pracy	3	—	3	—
Pomiary elektryczne	2	—	—	—
Laboratorium pomiarowe	—	3	—	—
Maszyny elektryczne II	5	2	—	—
Laboratorium maszyn elektrycznych	—	3	—	3
Przyrządy rozdzielcze wys. napięcia	2	—	—	—
Laboratorium wys. napięć	—	—	—	3
Technologia produkcji	2	1	2	1
Rozdzielnie i transformatornie (z ochroną przekątnikową)	4	—	—	—
Encyklopedia elektrowni II	—	—	2	—
Projektowanie instalacji elektrycznych (B)	—	1	—	—
Grzejnictwo elektryczne	2	—	—	—
Zasady napędu elektrycznego	—	—	2	1
Elektronika przemysłowa	—	—	2	—
Budowa elektrycznych przyrządów pomiarowych	2	1	—	—
Projektowanie elektrycznych przyrządów pomiarowych	—	—	—	6
Laboratorium elektrycznych przyrządów pomiarowych	—	—	—	3
Działy wybrane z technologii elektro-technicznej	—	—	2	1
	26	13	17	20
	39 godz.		37 godz.	

solwent tego kierunku z większym wykształceniem konstrukcyjnym ogólnym może bez specjalnych trudności zmienić kierunek poprzednio obrany na inny.

Program przedmiotów na stopniu magisterskim jest natomiast ułożony dla znacznie szerszego zakresu specjalności. Oprócz konstruktorów uwzględnia on specjalistów pracujących w innych dziedzinach miernictwa pomiarowego, np. w elektrometrii w Głównym Urzędzie Miar, w pomiarach rozdziału energii elektrycznej w energetyce, w pomiarach stanu izolacji i strat sieci elektrycznych itd. Na stopniu magisterskim można zauważyć znaczną liczbę godzin poświęconą na wybrane działy z pomiarów elektrycznych i przyrządów pomiarowych oraz seminaria związane z tymi przedmiotami, a dalej seminaria magisterskie, prace indywidualne studentów oraz prace magisterskie z obranego kierunku studiów.

Wykładów Miernictwa Elektrycznego na wszystkich poziomach nauczania, jak i układu i prowadzenia ćwiczeń liczbowych i laboratoryjnych, nie należy nigdy uważać za ustalone i zakończone. Podlegają one dalszemu rozwojowi i dążyć będą do przekształcenia się w stadia doskonalsze, uwzględniające, zgodnie z postęпами w przemyśle, nowe typy przyrządów pomiarowych, nowe metody pomiarowe oraz coraz doskonalszą analizę czułości układów i uchybów pomiarów.

Tablica II.

Program przedmiotów (siatka godzinowa) na I i II roku kursu magisterskiego w sekcji przyrządów pomiarowych

Przedmioty	Sem. I		Sem. II		Sem. III		Sem. IV		Grupa
	w.	ćw.	w.	ćw.	w.	ćw.	w.	ćw.	
I. Ogólne									
Materializm dialektyczny	2	—	2	—	—	—	—	—	
Ekonomia polityczna	—	—	—	—	1	—	—	—	
Planowanie	—	—	—	—	—	—	1	—	
II. Podstawowe ogólnotechniczne									
Zagadnienia wyższej matematyki	4	2	2	1	—	—	—	—	
Seminarium wyższej matematyki	—	—	—	—	—	3 ^x	—	—	
Fizyka współczesna	3	—	—	—	—	—	—	—	
Zagadnienia fizyki technicznej	—	—	2	—	—	—	—	—	
Seminarium fiz. techn.	—	—	—	—	—	3 ^x	—	—	
III. Podstawowe elektryczne									
Elektrotechnika teoretyczna	2	2	4	2	—	—	—	—	
Seminarium elektrotechniki teoretycznej	—	—	—	3	—	—	—	—	
Miernictwo elektryczne	2	—	—	—	—	—	—	—	
Laboratorium miernictwa elektrycznego	—	6	—	—	—	—	—	—	
Technika wysokich napięć	—	—	2	—	—	—	—	—	
Elektrotechnika stosowana	2	—	—	—	—	—	—	—	
Maszyny elektryczne i transformatory, działy wybrane	3	—	—	—	—	—	—	—	
Technika wielkich mocy, działy wybrane	2	1	1	—	—	—	—	—	
Materiałoznawstwo elektryczne	1	—	—	—	—	—	—	—	
IV. Specjalne									
Pomiary elektryczne	—	—	2	—	—	—	—	—	
Pomiary elektryczne, działy wybrane	—	—	—	—	3 ^w	—	—	—	M
Metrclogia	—	—	—	—	1 ^w	—	—	—	M
Laboratorium pomiarów elektrycznych	—	—	—	6	—	—	—	—	
Elektryczne przyrządy pomiarowe	—	—	2	—	—	—	—	—	
Elektryczne przyrządy pomiarowe, dz. wybr.	—	—	—	—	3 ^w	—	—	—	P
Laboratorium przyrządów pomiarowych	—	—	—	—	—	6	—	—	
Projektowanie przyrządów pomiarowych	—	—	—	—	—	6	—	—	
Przełączniki	—	—	—	2	—	—	—	—	
Projektowanie przełączników	—	—	—	—	—	3	—	—	
Technika drobnych konstrukcji	—	—	—	—	2 ^w	1 ^w	—	—	P
Seminarium pomiarów elektrycznych	—	—	—	—	—	3 ^w	—	3 ^w	M
Seminarium elektr. przyrząd. pomiarowych i przełączników	—	—	—	—	—	3 ^w	—	3 ^w	P
V. Prace indywidualne studenta									
Seminarium magisterskie	—	—	—	—	—	—	—	3	
Prace indywid. studenta	—	8	—	10	—	15	—	—	M
Prace indywid. studenta	—	8	—	10	—	13	—	—	P
Praca magisterska	—	—	—	—	—	—	—	33	
Razem w grupie: pomiarów elektrycznych (M)	21	19	17	23	8	33	1	39	M
przyrządów pomiar. (P)	21	19	17	23	7	32	1	39	P

x — przedmioty nieobowiązkowe (zalecone)
w — przedmioty wybieralne

6. Automatyka.

Szkolnictwo Miernictwa Elektrycznego zostało opracowane na podstawie posiadanych obszernych materiałów i doświadczenia własnego.

Szkolnictwo Automatyki jest w chwili obecnej problemem o wiele trudniejszym do rozwiązania. Składają się na to następujące okoliczności:

- 1) rozległość dziedzin zastosowania Automatyki, różnorodność procesów technologicznych i mnogość parametrów związanych z procesami,
- 2) słabe na razie zastosowanie Automatyki w kraju,
- 3) szkolnictwo Automatyki w kraju zaliczyć można obecnie do pierwszego stadium rozwojowego.

Szkolnictwo Automatyki należy oprócz przede wszystkim na bogatym materiale i wielkim doświadczeniu Instytutów naukowych w ZSRR.

W pierwszym stadium rozwojowym szkolnictwa Automatyki najwłaściwiej byłoby włączyć je do wydziałów wyższych uczelni technicznych, współpracujących z określonymi przemysłami i z istniejącymi na tych wydziałach kierunkami specjalnymi.

Związanie przedmiotu Automatyki z określonym kierunkiem specjalizacji posiada szereg zalet, z których najważniejszą jest włączenie się do czynnego już Zakładu.

Wykłady z Automatyki w tym stadium należy rozpocząć na III roku stopnia inżynierskiego i prowadzić na I i II roku studiów stopnia magisterskiego.

Na Wydziałach Elektrycznych szkolnictwo Automatyki powinno uwzględnić przemysły podległe Ministerstwu Przemysłu Ciężkiego i Ministerstwu Przemysłu Lekkiego.

Z istniejących na Wydziale Elektrycznym kierunków najwłaściwsze byłoby powiązanie Automatyki z kierunkiem Przyrządów Pomiarowych.

W następnych stadiach rozwojowych Automatyka oddzieliłaby się i utworzyła najpierw samodzielny kierunek,

a następnie Wydział Automatyki i Telemechaniki.

W pierwszym stadium rozwojowym kierunek Przyrządów Pomiarowych miałby — oprócz istniejących specjalności Pomiarów Elektrycznych i Przyrządów Pomiarowych — trzecią, a mianowicie Automatykę i Telemechanikę.

Na III roku stopnia inżynierskiego do przedmiotów obieralnych należałyby następujące:

- 1) Elektronika (kurs rozszerzony),
- 2) Pomiar wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi,
- 3) Pomiary zdalne,
- 4) Zasady automatyki i telemechaniki.

Zauważymy, że przedmioty 2 i 3 są uwzględnione na II roku w Miernictwie Elektrycznym, a na III roku byłyby wykładane jako odrębne, lecz ściśle ze sobą związane.

Na stopniu magisterskim trzy pierwsze byłyby przedmiotami ogólnymi, lecz znacznie rozszerzonymi, natomiast Automatyka i Telemechanika objęłyby wykłady specjalizujące w określonych dziedzinach przemysłowych i w procesach technologicznych, związane z tymi dziedzinami.

Programy przedmiotów powinny odpowiadać budowie, podanej dla szkolnictwa Miernictwa Elektrycznego, a więc winny objąć: a) wykłady, b) ćwiczenia liczbowe, prowadzone równoległe z wykładami, c) ćwiczenia praktyczne w laboratoriach.

Utworzenie specjalności Automatyki i Telemechaniki na Wydziałach Elektrycznych należy uważać za jedno z najważniejszych zagadnień.

Programami Automatyki i Telemechaniki zajęłaby się Komisja Automatyki, wyłoniona na konferencji krajowej.

Po przesłaniu prac Komisji do Ministerstwa Szkół Wyższych i Nauki i po ich przyjęciu wykłady z Automatyki mogłyby się rozpocząć w roku akademickim 1952/53.

MGR INŻ. MIKOŁAJ PUCZKO
Zakład Miernictwa Elektrycznego GIEI

Pomiary wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi w zastosowaniu do potrzeb przemysłu i energetyki

621.317.39

Treść. Zalety pomiaru metodami elektrycznymi i właściwości przyrządów do mierzenia wielkości nieelektrycznych. Elementy układów pomiarowych. Zastosowanie przyrządów pomiarowych do pomiaru wielkości nieelektrycznych. Pomiary zdalne i telemetria. Urządzenia do regulacji i sterowania samoczynnego. Potrzeby przemysłu i energetyki w zakresie stosowania urządzeń do pomiaru wielkości nieelektrycznych. Postępy prac naukowych i zastosowania przemysłowe metod pomiarowych w ZSRR. Prace w tej dziedzinie instytutów i wyższych uczelni w Polsce. Perspektywy rozwoju produkcji krajowej przyrządów pomiarowych w związku z potrzebami gospodarki narodowej.

Измерение неэлектрических величин электрическими методами в применении к нуждам промышленности и энергетики. Преимущество электрических измерений и особенности приборов для измерения неэлектрических величин. Элементы измерительных схем. Применение электрических приборов к измерению неэлектрических величин. Измерения на расстоянии и телеметрия. Устройства для регулирования и автоматического управления. Нужды промышленности и энергетики в области применения устройств для измерения неэлектрических величин. Успехи научных работ и промышленного применения электрических измерительных методов в СССР. Работы в этой области польских научных институтов и высших учебных заведений. Перспективы развития отечественного производства измерительных приборов в связи с нуждами народного хозяйства.

Measurement of non-electrical quantities by means of electrical methods, for industrial and power engineering purposes. Advantages of measurement by electrical methods and properties of equipment for metering non-electrical quantities. Elements of metering schemes. The use of measuring equipment for metering non-electric quantities. Telemeters and telemetry. Automatic control equipment. Industrial and power engineering requirements applying to equipment for metering non-electrical quantities. Progress in scientific work and industrial application of metering methods in the U.S.S.R. Work carried out in this direction by institutes and academic schools in Poland. Prospects of development in the home production of metering equipment, according to the requirements of national economy.

1. Wstęp.

Postępn techniczny we wszystkich gałęziach przemysłu i w ogóle życia gospodarczego jest w dobie obecnej nierozzerwalnie związany z postępem techniki pomiarowej. Nie ma dziś takiej dziedziny techniki, nauki, przemysłu, rolnictwa, w której badania naukowe, zmiana lub udoskonalenie procesów technologicznych, stosowanie nowych metod produkcyjnych, podniesienie sprawności urządzeń, zabezpieczenie ruchu czy też zwiększenie bezpieczeństwa pracy byłoby możliwe bez zastosowania różnorodnych elektrycznych urządzeń i przyrządów pomiarowych.

Elektryczne przyrządy i urządzenia pomiarowe, stosowane obecnie w technice pomiarowej, dadzą się wyraźnie podzielić na dwie grupy: A) do mierzenia wielkości elektrycznych i magnetycznych; B) do mierzenia innych wielkości fizycznych i chemicznych z zastosowaniem metod pomiarowych elektrycznych.

Przyrządy grupy A są przyrządami, które na drodze ewolucji, tj. przez zastosowanie pewnych zmian konstrukcyjnych oraz nowych materiałów elektrotechnicz-

nych i magnetycznych, zmieniały z czasem w mniejszym lub większym stopniu swój kształt i właściwości, w zasadzie jednak przypominają dziś klasyczne pierwowzory z ubiegłego stulecia, natomiast przyrządy i urządzenia pomiarowe grupy B są konstrukcjami przeważnie nowoczesnymi, a rozwój ich przypada na okres ostatnich 10—20 lat. Trzeba zaznaczyć, iż w urządzeniach i przyrządach do mierzenia wielkości nieelektrycznych stosowane są często pomiarowe układy elektryczne (mostki, kompensatory i inne) oraz przyrządy pomiarowe znane i powszechnie używane w miernictwie elektrycznym; w wielu jednak przypadkach nowe metody pomiarowe wprowadzają poważne zmiany konstrukcyjne w wymienionych układach i elektrycznych przyrządach pomiarowych. Dzięki zastosowaniu w przyrządach grupy B wzmacniaczy lampowych i magnetycznych, tyratronów, fotokomórek, rur oscylograficznych itp. można dokonywać — w sposób pewny i dostatecznie dokładny — pomiarów większości wielkości fizycznych i chemicznych, przy czym pomiary te nie są niejednokrotnie ograniczone bezwład-

nością układów ruchomych, a więc przebiegi o bardzo długich i krótkich czasach trwania dadzą się zmierzyć z żadaną dokładnością.

Urządzenia pomiarowe do mierzenia wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi można łatwo zautomatyzować i dostosować do najbardziej skomplikowanych czynności pomiarowych, dokonywanych dotychczas przeważnie ręcznie. W wyniku zastosowania automatyzacji czynności pomiarowych eliminuje się wady subiektywnych metod pomiaru, to znaczy zwiększa się jeszcze bardziej dokładność i szybkość pomiaru.

Zastosowanie metod elektrycznych do pomiaru wielkości nieelektrycznych dało szerokie możliwości również w dziedzinie przekazywania wskazań przyrządów na odległość, centralizacji przyrządów pomiarowych na tablicach kontrolnych, co pozwala na jednoczesny pomiar wielu różnorodnych parametrów za pomocą czujników i nadajników, umieszczonych często w niedostępnych i odległych miejscach obiektu przemysłowego.

Elektryczne metody pomiarowe umożliwiają — w sposób dogodniejszy niż wszelkie urządzenia mechaniczne — sumowanie i całkowanie mierzonych wielkości nieelektrycznych, a także — w wyniku automatyzacji wymienionych czynności matematycznych — zastosowanie automatycznej regulacji, sterowania i sygnalizacji.

Niezmiernie ważną zaletą pomiarów metodami elektrycznymi wielkości nieelektrycznych jest poza tym łatwość zmiany czułości miernika i jego zakresu pomiarowego. Elektryczne przyrządy pomiarowe np. magneto-elektryczne w zależności od ich wykonania umożliwiają pomiar wielkości w granicach od 1 do 10^{15} jednostek [1]. Pomiaru bezpośrednie wielkości nieelektrycznych w tak szerokim zakresie są niemożliwe bez zmiany metody pomiarowej i zasady działania miernika.

2. Cechy charakterystyczne urządzeń i przyrządów do pomiaru wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi.

Pomiar wielkości nieelektrycznej metodami elektrycznymi wymaga przekształcenia mierzonej wielkości fizycznej lub chemicznej w wielkość elektryczną. W zależności od tego, w jaki sposób następuje to przekształcenie, można odróżnić dwa charakterystyczne przypadki.

1) Mierzoną wielkość nieelektryczną przekształca się w wielkość elektryczną bezpośrednio, np. ciepło wytwarza w termoelementie siłę elektromotoryczną; ciśnienie wytwarza ładunki elektryczne na powierzchni kryształu kwarcu itp.

2) Pomiaru wielkości nieelektrycznej dokonywa się przyrządem pomiarowym o działaniu mechanicznym (najczęściej wskazówkowym), reagującym na zmiany wartości mierzonej wielkości mechanicznej, cieplnej i innych zmianą położenia wskaźnika. Zmiana położenia wskaźnika przekształca się przy pomocy specjalnych urządzeń elektrycznych w zmianę wartości wielkości elektrycznej (indukcyjności, pojemności, oporu itp.). Zmiany te mierzymy elektrycznymi przyrządami pomiarowymi, wycechowanymi w jednostkach wyjściowej wielkości nieelektrycznej.

W pewnych przypadkach stosuje się dwa lub więcej pośrednich ogniw przemiany mierzonej wielkości nieelektrycznej (wyjściowej), która w końcowym etapie przekształca się w wielkość elektryczną, np. w kolorymetrze elektrycznym zmiana zabarwienia cieczy wpływa na wartość strumienia świetlnego; zmiana zaś strumienia świetlnego powoduje zmianę siły elektromotorycznej na zaciskach komórki fotoelektrycznej.

W przypadku 1) urządzenie do przekształcenia wielkości nieelektrycznej w elektryczną nazywamy nadajnikiem¹⁾, gdyż wytwarza ono wielkość elektryczną lub powoduje bezpośrednio zmiany wartości wielkości elektrycznej.

W przypadku 2) jedno- lub wielostopniowe przekształcanie wielkości nieelektrycznej w elektryczną dokonywa się w urządzeniu, które nazywamy czujnikiem. W urządzeniu tym wielkość wyjściowa wpływa na zmianę pojemności, indukcyjności i innych elektrycznych wielkości „czujnika“.

¹⁾ Są to nazwy proponowane przez autora. W literaturze niemieckiej „nadajnika“ i „czujnika“ używana jest wspólna nazwa „Geber“, w literaturze radzieckiej dla „nadajnika“ — „priemnik“, a dla „czujnika“ — „datezik“ [1].

Chociaż przyrządy do pomiaru wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi stanowią często zespoły skomplikowanych urządzeń elektrycznych, jednak można zawsze wyodrębnić w zespole pomiarowym trzy zasadnicze elementy:

- a) nadajnik ew. przyrząd pomiarowy (np. mechaniczny) z czujnikiem;
- b) elektryczny przyrząd wskazujący (lub rejestrujący);
- c) przewody łączące.

Właściwości nadajników i czujników. Zmiany wartości wielkości elektrycznej, zachodzące w nadajniku lub czujniku, a spowodowane zmianą wartości mierzonej wielkości nieelektrycznej, przedstawiamy w ogólnej postaci równaniem

$$y = f(x),$$

albo też w przypadku zależności od dwu parametrów równaniem

$$y = f(x, z),$$

gdzie x — mierzona wielkość nieelektryczna,
 z — wielkość nieelektryczna niezależna od x ,
 y — wyjściowa wielkość elektryczna.

W przypadku dwu zmiennych parametrów wykonywa się szereg pomiarów i sporządza się wykresy zależności $y = f(x)$ dla różnych $z = \text{const.}$, lub też — przy budowaniu nadajnika — stosuje się automatyczną kompensację parametru z .

Badanie nadajników i czujników, celem określenia zależności wyjściowej wielkości elektrycznej od mierzonej wielkości nieelektrycznej i ewentualnie od innych parametrów, daje w wyniku szereg zależności $y = f_1(x)$, $y = f_2(x)$... itd., które mogą być przedstawione w postaci:

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + \dots$$

W zależności od wymaganej dokładności wyjściowej wielkości elektrycznej przyjmuje się zależność o odpowiedniej liczbie członów w szeregu.

Konstrukcja nadajników musi zapewnić stałość w czasie zależności $y = f(x)$, aby przyrządy raz wycechowane zachowały podczas eksploatacji niezmiennie właściwości. Pożądany jest szeroki zakres pomiarów, duża czułość oraz zależność liniowa $y = f(x)$, co w wielu typach mierników jest zachowane.

3. Klasyfikacja zasad działania nadajników i czujników według wyjściowej wielkości elektrycznej [1].

1) Oporność (czynna, bierna — indukcyjna, pojemnościowa):

- a) zależność oporności przewodników i elektrolitów od zmian długości i przekroju;
- b) zależność oporności właściwej przewodników i półprzewodników od temperatury;
- c) zależność oporności właściwej metali, węgla, sproszkowanych półprzewodników od ciśnienia i deformacji;
- d) zależność oporności właściwej elektrolitów i półprzewodników od stężenia roztworów lub mieszanin;
- e) zależność oporności indukcyjnej od wymiarów i położenia rdzenia magnetycznego;
- f) zależność oporności indukcyjnej od stanu mechanicznych naprężeń w rdzeniu magnetycznym (w granicach sprężystości);
- g) zależność oporności pojemnościowej od odległości okładzin kondensatora;
- h) zależność oporności pojemnościowej od zmiany stałej dielektrycznej dielektryka;
- i) zależność oporności drucika żarówki od jego temperatury lub od jasności pewnych linii widmowych.

2) Opór dynamiczny (uwarunkowany przepływem prądu roboczego):

- a) zależność oporu dynamicznego przestrzeni zjonizowanej od stopnia jonizacji;
- b) zależność oporu dynamicznego obwodu lampy elektronowej od zmiennej odległości elektrod;
- c) zależność oporu dynamicznego silnika elektrycznego od momentu obciążenia;
- d) zależność oporu dynamicznego fotokomórki od jasności.

3) Natężenie prądu:

- a) zależność natężenia prądu w elektrolicie od napięcia polaryzacyjnego rtęciowej elektrody kroplowej;
- b) zależność kształtu toru cząstki z ładunkiem elektrycznym w polu magnetycznym od masy cząstki;

c) zależność natężenia prądu od położenia styków obwodu prądowego.

4) Siła elektromotoryczna (sem.):

a) zależność sem. indukcji w uzwojeniu cewki od zmiany przekroju, położenia lub prędkości ruchu części składowych obwodu magnetycznego;

b) zależność sem. (termoelektrycznej) termoelementu od temperatury;

c) zależność wielkości ładunku elektrycznego, gromadzącego się wskutek tarcia na dielektryku, od zawartych w nim zanieczyszczeń przewodzących prąd;

d) zależność piezoelektrycznej sem. kryształu od naprężeń powstałych wskutek działania sił zewnętrznych;

e) zależność sem. ogniwa galwanicznego od stężenia elektrolitu;

f) zależność sem. ogniwa fotoelektrycznego od jasności.

5) C z ę s t o t l i w o ś ć i m p u l s ó w: efekt stroboskopowy przy synchronizacji częstotliwości zapłonów lampy wyładowczej z częstotliwością ruchu okresowo-zmiennego.

Na każdej z wymienionych zasad działania oparta jest konstrukcja wielu typów czujników i nadajników, różniących się zastosowaniem tej czy innej metody pomiarowej. Każdy typ ma różne odmiany konstrukcyjne w zależności od charakteru zastosowania, tj. od rodzaju wielkości nieelektrycznej, do której mierzenia został zbudowany, i od zakresu pomiarowego mierzonej wielkości elektrycznej.

Liczba odmian konstrukcyjnych czujników i nadajników jest bardzo duża. Wystarczy przypomnieć, że np. w pomiarze temperatur średnich — przy zastosowaniu zasady zmiany oporu przewodnika w zależności od jego temperatury — istnieje przeszło 10 typów nadajników (termometrów oporowych). Każdy zaś z tych typów ma różne rozwiązania konstrukcyjne układu pomiarowego zależnie od przeznaczenia: odczyt, rejestracja, samoczynna regulacja, sygnalizacja, układy całkujące i inne. Liczbę wszystkich obecnie stosowanych przyrządów pomiarowych do mierzenia wielkości nieelektrycznych można szacować powyżej 1000 pozycji.

Kraje o rozwiniętym przemyśle przyrządów pomiarowych produkują obecnie przyrządy do pomiarów wielkości nieelektrycznych prawie dowolnych zakresów i rodzajów. Wszechstronność zastosowania techniki pomiarów wielkości nieelektrycznych obrazuje choćby następujące zestawienie rodzajów mierzonych wielkości:

1) P o m i a r c z a s u: a) czas trwania zjawiska (od bardzo długich do 10^{-8} s); b) kolejność zjawiska; c) liczba przedmiotów liczona w czasie; d) liczba zjawisk liczona w czasie; e) częstotliwość zjawisk, przebiegów periodycznych.

2) P o m i a r y: a) długości; b) kąta; c) powierzchni; d) objętości; e) odległości; f) położenia przestrzennego ciał i punktów; g) wagi, wydatku, poziomu.

3) P o m i a r s i ł: a) siły stałe w czasie i zmienne; b) siły rozłożone i skupione; c) momenty sił; d) naprężenia i odkształcenia; e) zmiany punktu działania siły; f) prędkość, przyspieszenie liniowe i obrotowe dla ciał stałych, cieczy i gazów.

4) M o c i p r a c a: a) mechaniczna, cieplna; b) sprawność.

5) P o m i a r c i e p l n e: a) temperatury; b) ilości ciepła; c) przepływu ciepła.

6) P r o m i e n i o w a n i e: a) strumień świetlny, promieniowanie niewidzialne; b) analiza widmowa.

7) W ł a s n o ś c i m a t e r i i, materiałów, wyrobów oraz ich skład: a) mechaniczne; b) cieplne; c) chemiczne (elektro- i fotochemiczne); d) optyczne.

Dokładny pomiar wielkości elektrycznych i nieelektrycznych jest warunkiem koniecznym działania i ogniwem wyjściowym dla zespołu, tworzącego urządzenie do samoczynnej regulacji procesu technologicznego. Zadaniem naszym w najbliższej przyszłości będzie poświęcenie jak największej uwagi zagadnieniom automatyzacji. Wielka liczba procesów technologicznych musi być możliwie szybko zautomatyzowana, jak np. praca kotłów [2], [4], praca pieców łukowych, obróbka metali, walcowanie blach, produkcja papieru i inne [3].

Dużym postępem w konstrukcji zespołów samoczynnej regulacji i sterowania było wprowadzenie tyratronów małej, średniej i dużej mocy. Dzięki zastosowaniu wzmac-

niaczy lampowych ze sterowanym współczynnikiem wzmocnienia i tyratronów rozwiązano pomyślnie systemy samoczynnego napędu prądem stałym i napędu silnikami asynchronicznymi, regulację sprężel asynchronicznych oraz napędy regulowane wg ustalonej charakterystyki (prędkości, posuwów itp.) [3].

W Związku Radzieckim pracuje obecnie wiele zespołów zautomatyzowanego elektrycznego napędu o mocy od kilku do kilkuset kilowatów (papiernie, walcownie, a nawet są zautomatyzowane całe działy fabryczne i fabryki [3].

4. Pomiarы zdalne i telemetria.

Pomiar wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi pozwala na umieszczenie przyrządów wskazujących mierzoną wyjściową wielkość elektryczną nadajnika lub czujnika w pewnej odległości od miejsca pomiaru wielkości wyjściowej. Odległość ta może wynosić od kilkudziesięciu do kilkuset metrów, rzadziej kilkadziesiąt kilometrów [1], [5]. Przewody łączące nie wprowadzają przy tych odległościach uchybów większych od 0,5–2% wielkości mierzonej.

W poszczególnych przypadkach wyniki obliczeń linii łączących [5] (z uwzględnieniem oporności czynnej i biernej, upływności oraz wpływów temperatury otoczenia) wskazują na konieczność ograniczenia odległości przenoszenia wskazań i wtedy zachodzi potrzeba wprowadzenia elementu pośredniego: urządzenia do przetwarzania wskazań przyrządu na inną wielkość elektryczną dogodną do przesyłania na odległość.

Metodę przenoszenia wskazań przyrządów na odległość lub dokonywania pomiarów na odległość za pomocą przekształcenia wielkości mierzonej na inną wielkość elektryczną, przesyłaną liniami łączącymi do odbiorcy, nazywamy t e l e m e t r i ą. Zastosowanie telemetrii do celów pomiarów odległościowych zmniejsza lub całkowicie eliminuje wpływ przewodów łączących. W stosowanych obecnie układach telemetrycznych uchyby — w stosunku do wejściowej wielkości mierzonej — mieszczą się przeciętnie w granicach $\pm 0,5 \div \pm 2,5\%$ [1].

Urządzenie telemetryczne składa się z następujących zasadniczych części: 1) przyrządu pomiarowego, mierzącego wielkość elektryczną (wyjściową); 2) jednego lub kilku przyrządów do przekształcenia wielkości mierzonej (p. 1) na wielkość elektryczną, dogodną do przesyłania na odległość; 3) linii łączącej; 4) urządzenia odbiorczego; 5) wskazującego lub rejestrującego przyrządu u odbiorcy.

Przekazanie wskazań przyrządów na odległość jest szczególnym przypadkiem telemetrii, w który wchodzi przekazanie na odległość pomiaru kąta wychylenia wskazówki przyrządu.

W eksploatacji sieci elektrycznych współpraca elektrowni i rozrząd wymagają scentralizowania aparatury kontrolno-pomiarowej i sterowniczej. Pomiarы zdalne w poszczególnych ośrodkach energetycznych i w elektrowniach oraz przekazywanie wskazań przyrządów do głównego rozrządy możliwe jest tylko za pomocą urządzeń telemetrycznych. Pierwszorzędne znaczenie ma także możliwość zastosowania telemetrycznych układów sumujących (pomiar mocy czynnej kilku elektrowni, pomiar rozchodu gazu). Najdogodniejszym systemem łączności będzie zastosowanie przenoszenia sygnałów wielkiej częstotliwości wzdłuż tras linii wysokiego napięcia przy użyciu metody impulsowej lub modulacji częstotliwości.

Z przytoczonych wyżej danych, określających zasięg pomiarów zdalnych i przenoszenia wskazań przyrządów na odległość oraz zastosowania telemetrii do tych celów, widzimy, że w naszych warunkach zastosowaniem telemetrii będzie zainteresowana raczej energetyka, w mniejszym zaś stopniu — przemysł.

5. Potrzeby przemysłu i energetyki w dziedzinie wyposażenia zakładów przemysłowych w urządzenia do pomiaru wielkości nieelektrycznych.

W wyniku analizy potrzeb przemysłu i energetyki, przeprowadzonej przez GIEL w ubiegłym roku, ustalono w ogólnych zarysach następujące zapotrzebowanie urządzeń pomiarowych ze strony naszego przemysłu.

P o m i a r y t e m p e r a t u r y:

termometry oporowe (przekazywanie na odległość);

termoelementy i samoczynne potencjometry do regulowania temperatury;
pirometry pełnego i częściowego promieniowania;
termostaty o dużej stateczności temperatury.

P o m i a r y s i ł:

przrządy do pomiaru ciśnień do 1000 at;
" " samoczynnej regulacji ciśnień;
" " pomiaru próżni;
" " " sił o zmiennym kierunku;
" " " przyspieszeń;
" " " obciążeń statycznych;
" " " obciążeń dynamicznych;
" " badania ciśnień uderowych;
wagi piezoelektryczne;
pomiar naprężeń powierzchniowych;
" " ścinających;
" momentu skręcającego.

W y m i a r y:

przrządy do pomiaru odległości;
" pomiaru grubości — w trakcie obróbki (walcowanie, struganie);
" " " średnic w trakcie obróbki;
" " " gładkości powierzchni obrabianej;
" " " kąta skreślenia;
" " " poziomu cieczy (przekazywanie na odległość, duże ciśnienia);
przrządy do pomiaru przepływu — sumowanie, rejestracja, regulacja samoczynna.

P o m i a r c z a s u:

przrządy do badania amplitudy i częstotliwości drgań;
" " pomiaru krótkich czasów;
" " liczenia przedmiotów na taśmie;
" " pomiaru prędkości ruchu (wyciągi);
" " " liczby obrotów na jednostkę czasu;
" " " czasu trwania przebiegu, rejestrujące.

P o m i a r y w ł a s n o ś c i m a t e r i a ł ó w:
przrządy do określania wilgotności (zboża, nasion oleistych, drewna, masy formierskiej, powietrza, węgla, papieru, bawełny, tkanin i innych);

przrządy do pomiaru koncentracji elektrolitów;
pH-metry;
sulfometry;
przrządy do badania lepkości (szybkie metody pomiarowe);
przrządy do badania stopnia grafityzacji;
analizatory spalin i gazów;
defektoskopy dla materiałów magnetycznych i niemagnetycznych.

P o m i a r y a k u s t y c z n e i o p t y c z n e:
przrządy do badania hałasu urządzeń mechanicznych;
przrządy do analizy hałasu według częstotliwości;
" " badania luminoforów;
" " badania „białości” — reflektometry;
kolorymetry.

Wiele odmian wymienionych wyżej przrządów, stosowanych do kontroli procesów technologicznych, potrzeba w wykonaniu nadających się do rejestracji przebiegów, do przekazywania wskazań na odległość, do zastosowania sygnalizacji dwustopniowej, a także do regulacji samoczynnej.

W Związku Radzieckim przywiązuje się dużą wagę do sprawy pomiarów wielkości nieelektrycznych. Wielka liczba uczonych, inżynierów i konstruktorów opracowuje oryginalne rozwiązania konstrukcyjne i nowe typy przrządów do pomiaru wielkości nieelektrycznych; znajdują one obecnie szerokie zastosowanie wobec rozwoju automatyzacji pomiarów i procesów technologicznych. Wielkie osiągnięcia w tej dziedzinie ma szereg uczonych, współpracowników instytutów naukowo-badawczych jak np. Wsiesiołdźnyj Elektrotechnicznyj Institut, Centralnyj Aerogidrodinamiczeskij Institut im. N. E. Żukowskiego oraz Institut Maszynoznawstwa Akademii Nauk ZSRR. Za wybitne prace na tym polu przynano nagrody stalinowskie uczonym: M. L. Wejngierowi (optyczno-akustyczna metoda analizy gazów), B. P. Koziriewowi (fotoelektro-optyczny wzmacniacz słabych prądów), G. L. Sznirmanowi (metody elektryczne pomiarów wielkości

mechanicznych) [1]. Powstaje obszerna literatura specjalnie traktująca o zagadnieniach pomiarów wielkości nieelektrycznych. Dla przykładu można podać, że literatura dotycząca pomiarów wielkości mechanicznych metodami elektrycznymi obejmuje ponad 300 pozycji (książek i artykułów).

W Polsce zagadnieniem pomiarów wielkości nieelektrycznych zajmuje się Główny Instytut Elektrotechniki; poza tym przewiduje się podjęcie opracowania pewnych zagadnień przez Zakład Elektrotechniki Teoretycznej Politechniki Warszawskiej i Państwowy Instytut Telekomunikacyjny. Prace naukowo-badawcze GIEłu w dziedzinie pomiarów wielkości nieelektrycznych podjęto dopiero w ubiegłym roku. Z powodu braku fachowców i niewielkiej obsady personalnej działu pomiarów wielkości nieelektrycznych zakres prac jest stosunkowo skromny w porównaniu z potrzebami przemysłu i energetyki.

Z ciekawszych prac, będących w toku, zasługują na uwagę: prototyp salinomierza do pomiaru zawartości soli w skroplinach i pomiar temperatur uzwojeń dużych jednostek transformatorowych przy zmiennych obciążeniach. W Zakładzie Miernictwa Elektrycznego GIEłu wykonano prototyp miernika wilgotności ciał sypkich (zboże, nasiona oleiste); w przygotowaniu jest wilgotnościomierz do pomiaru wilgotności drewna.

Przemysł wytwórczy przrządów pomiarowych opracował i wykonywa samoczynny regulator temperatury z zastosowaniem obwodu wielkiej częstotliwości do sterowania przekąźników i przewiduje, przy współpracy z GIEłem, produkcję samoczynnego kompensatora dla termoelementów.

Przemysł i energetyka są głównymi odbiorcami naszej produkcji liczników i innych przrządów pomiarowych elektrycznych. Przrządy pomiarowe, służące do mierzenia wielkości nieelektrycznych (fizycznych i chemicznych), są obecnie produkowane w kraju w nikłych ilościach, nie pokrywających nawet w drobnej części stałe rosnących potrzeb. Nasze zadania produkcyjne w tej dziedzinie — wobec różnorodności typów, zastosowań oraz zasięgu odbiorców (wszystkie przemysły, górnictwo, energetyka, rolnictwo, itp.) — przekraczają zakres produkcji przemysłu mierników „klasycznych” pod względem zarówno ilości, jak i wartości.

W Związku Radzieckim produkcja mierników wielkości nieelektrycznych jest obecnie najbardziej rozbudowaną gałęzią przemysłu elektrycznych przrządów pomiarowych.

Realizacja planów rozbudowy i rekonstrukcji obiektów przemysłowych postawi przed centralnymi zarządami przemysłów i energetyki zagadnienie modernizacji istniejących urządzeń przemysłowych i energetycznych. Związane to będzie ściśle z zaopatrzeniem się w wielkie ilości aparatury pomiarowej i sterowniczej oraz urządzeń do automatycznej regulacji. Dużą pozycję w tych inwestycjach zajmą przrządy do pomiarów wielkości nieelektrycznych. Nie ulega wątpliwości, że istnieje konieczność uruchomienia produkcji przrządów pomiarowych — mierników wielkości nieelektrycznych, a przede wszystkim przrządów masowego użycia. Przemysły — metalowy, hutniczy, górniczy oraz przetwórcze i środków spożywczych — już zgłaszają zapotrzebowania wielkich ilości tego typu przrządów.

Próby uruchomienia produkcji gotowych już prototypów przrządów (wilgociomierz, pH-metr) napotykały wielkie trudności, spowodowane głównie koniecznością przedstawienia pracy fabrycznej na produkcję odmienną od dotychczasowego charakteru produkcji (dotyczy to zarówno fabryki przrządów pomiarowych, jak i fabryki aparatów radiowych).

W pierwszej fazie prac, można pokonać — za pomocą pewnych posunięć organizacyjnych — trudności kadrowe w zakresie stworzenia zespołu specjalistów, którzy mieliby opracowywać prototypy przrządów pomiarowych, służących do mierzenia wielkości nieelektrycznych oraz do prac naukowo-badawczych i doświadczeń w tej dziedzinie. Natomiast organizacja zakładów wytwórczych rozwiązana może być przez stworzenie wytwórni doświadczalnej i ośrodka remontowego oraz uruchomienie kursów doszkalających dla pracowników z tej dziedziny. Oprac-

cowanie nowych modeli przyrządów powinno iść także po linii zastosowania ich do celów regulacji samoczynnej. Stworzenie więc zespołu pracowników naukowych, konstruktorów i wyszkolonego personelu oraz zorganizowanie wytwórni przyrządów pomiarowych dla potrzeb naszego przemysłu i energetyki — z szerokim uwzględnieniem potrzeb automatyzacji procesów technologicznych — jest najpilniejszym zadaniem chwili. Zwłoka w rozwiązaniu tych zagadnień stworzy jedynie większe trudności w dalszych latach.

A. SMOLIŃSKI

Elektryczna metoda oznaczania zawartości krzemu w stali krzemowej

621.317.39:669.14

Treść. Metoda jest oparta na zależności oporności właściwej stali od zawartości krzemu i polega na zmierzeniu oporności próbki przy pomocy mostka do pomiarów małych oporności, na wyznaczeniu gęstości próbki przez określenie ciężaru i objętości i wreszcie na określeniu zawartości krzemu według podanych wzorów.

Электрический метод определения содержания кремния в кремнистой стали. Метод основан на зависимости удельного сопротивления стали от содержания в ней кремния и заключается в измерении сопротивления образца при помощи мостика для малых сопротивлений, в определении веса и объема образца и наконец в подсчете содержания кремния по данным формулам.

Electrical method of determining the silicon content in silicon steel. The method is based on the contingency of resistivity of steel on the silicon content, and consists in the testing of the resistance of a specimen by means of a bridge for measuring low resistances, as well as in the fixing of the density of the specimen by determination of its weight and volume and, finally, in the determination of the silicon content according to the formulae provided.

1. Zasada metody.

W laboratoriach przemysłu elektrycznego i telekomunikacyjnego zachodzi od czasu do czasu potrzeba określenia zawartości krzemu w stali krzemowej, używanej do przekątników, dławików i transformatorów. Zawartość krzemu w tego typu stalach waha się od części procentu do kilku procentów; górna granica nie przekracza zwykle 4%, gdyż stal o większej zawartości krzemu jest

- LITERATURA
- [1] Fremke A. F. Elektrizieskije izmierjenja, Moskwa, GEI, 1950.
 - [2] Gierasimow S. G. Awtomatizeskoje regulirowanie kotielnych ustanowok, Moskwa, GEI, 1950.
 - [3] Buigakow A. A. Elektronnyje ustrojstwa awtomatizeskowo uprawlenija, Moskwa, GEI, 1950.
 - [4] Priobrazenski W. P. Tieplotiechniceskije izmierjenja i pribory, Moskwa, GEI, 1946.
 - [5] Pflier P. M. Elektrische Messung mechanischer Grössen, Berlin, Springer-Verlag, 1943.
 - [6] Tiernikow F. E. i Charchenko R. R. Elektrizieskije izmierjenja nieelektrizieskich wieliczin, Moskwa, GEI, 1948.

procentowej zawartości krzemu można przedstawić wykresem podanym na rys. 1, względnie — w zakresie do 4% Si — wzorem:

$$(1) \quad \rho = 9,99 + 12\% \text{ Si} \quad (\mu\Omega\text{cm})$$

Na rys. 1 wyrysowano dodatkowo linię kreskową (dolną), wynikającą ze wzoru (1), pokrywającą się w dużej mierze z linią ciągłą.

Według tego autora wzór ten jest wystarczająco dokładny do określania procentowej zawartości krzemu w stali o małej zawartości węgla.

Zatem wzór ten może służyć do określania zawartości krzemu na podstawie znajomości oporności właściwej stali, wyznaczonej przy pomocy metody elektrycznej, np. przy pomocy mostka Thompsona.

2. Układ pomiarowy.

Jako układ pomiarowy może służyć każdy mostek do pomiaru małych oporności. Wygodny i wystarczająco dokładny do tego celu okazał się mostek Thompsona firmy Staatl. A.-G. „Gerät“ (SH) — NRD²⁾ przeznaczony do pomiaru oporności od 0,2 do 2000 mΩ, pracujący z dokładnością (stwierdzoną przez Zakład Miernictwa Elektrycznego Głównego Instytutu Elektrotechniki) ok. ± 1% w zakresie 2 — 22 mΩ.

Do mostka tego dorobiono ławę (rys. 2) z zaciskami prądowymi i napięciowymi, przeznaczonymi w zasadzie do umocowania próbki ³⁾ długości ponad 70 mm.

W wyniku pomiaru uzyskuje się oporność R próbki o długości czynnej 52 mm. Do wyznaczenia oporności właściwej potrzebna jest znajomość przekroju próbki. Przekrój blaszek o gładkiej powierzchni można wyznaczyć pomiarem mikrometrycznym grubości i szerokości próbki. Jeśli blaszki posiadają powierzchnię chropowatą, to przekrój należy wyznaczyć przez zważenie próbki, obliczenie jej ciężaru czynnego i objętości czynnej (odniesionej do 52 mm długości próbki). Do tego ostatniego przeliczenia potrzebna jest znajomość gęstości próbki. Według Miesskina¹⁾ gęstość stali krzemowej oblicza się ze wzoru:

$$(2) \quad \delta = 7,874 - 0,0622\% \text{ Si} \quad (\text{g/cm}^3),$$

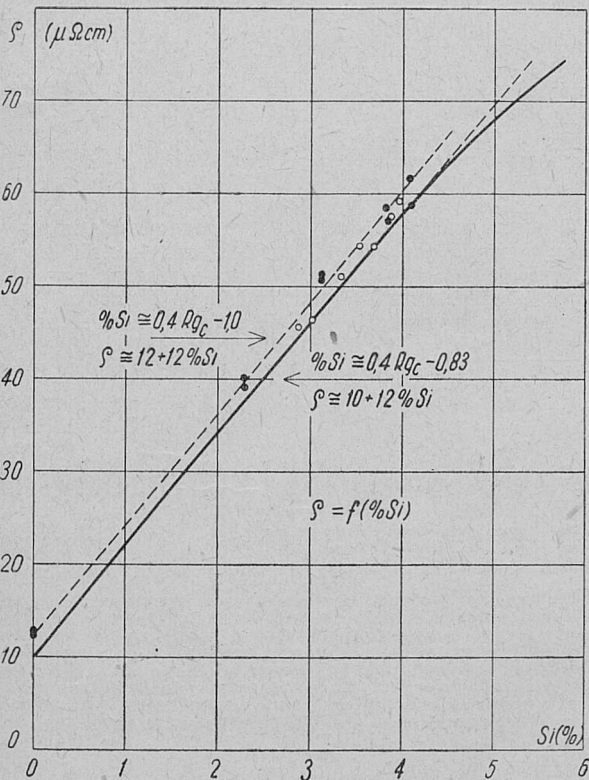
z którego można wyznaczyć średnią wartość gęstości $\delta = 7,7 \pm 1,5\%$ dla stali o zawartości krzemu w granicach 1 do 4,5%. Założenie to pozwala na uniknięcie równania kwadratowego w dość nieprzyjemnej postaci i prowadzi do prostego wzoru na zawartość krzemu

$$(3) \quad \% \text{ Si} \cong 0,4 R \cdot g_c - 0,83,$$

gdzie opór R podany jest w mΩ, a ciężar czynny g_c (odniesiony do 52 mm długości próbki) w gramach.

2) Dość rozpowszechniony w kraju.

3) Ława przeznaczona jest do próbek stosowanych przy pomiarze przenikalności magnetycznej według pracy autora pt. „Urządzenie do pomiaru przenikalności magnetycznej na małych próbkach“ (Prace Badawcze PIT, 1950, nr 2).



Rys. 1. Zależność oporności właściwej stali krzemowej od zawartości krzemu

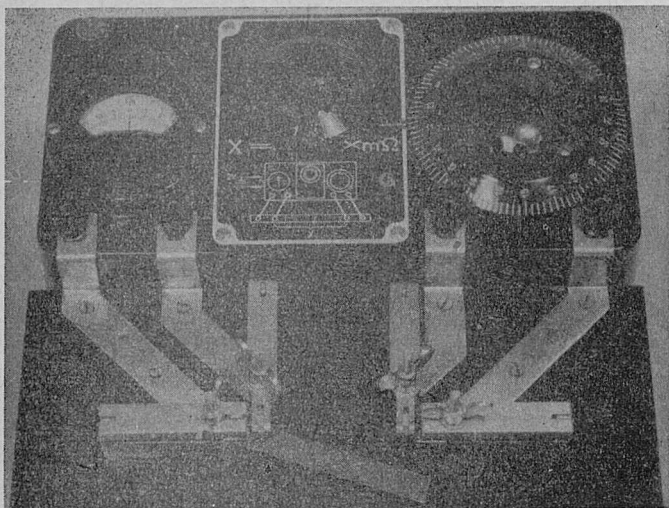
twarda i krucha. Krzem jest głównym składnikiem stali tego typu; pozostałe składniki — tworząc zanieczyszczenia — nie przekraczają zwykle 0,2%. Są więc o rząd wielkości mniejszymi składnikami.

Zawartość krzemu — podobnie jak i innych składników stali — wywiera poważny wpływ na oporność właściwą stali. Według Miesskina¹⁾ zależność tej oporności od

1) Miesskin. Fierromagnitnyje spławy, 1937, str. 566.

3. Wyniki pomiarów i ich analiza.

Celem sprawdzenia zależności oporności właściwej blach krzemowych technicznych wykonano w Zakładzie Metalurgii i Metaloznawstwa Politechniki Warszawskiej oznaczania zawartości krzemu różnych rodzajów blachy



Rys. 2. Mostek z ławą i próbką

krzemowej aż do blachy bezkrzemowej włącznie. Poza tym zmierzono w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego Głównego Instytutu Elektrotechniki gęstość szeregu typowych próbek o różnych zawartościach krzemu. Wyniki tych pomiarów podane są na rys. 3 łącznie z zależnością (2) w postaci linii prostej. Analiza tych pomiarów wykazuje że zanieczyszczenia stali wywierają niewielki wpływ obniżający gęstość. Ze względu jednak na niewielką zależność gęstości stali krzemowej od zawartości krzemu można przyjąć nadal, zgodnie z dotychczasowymi założeniami, że w zakresie od 1 do 4,5% Si gęstość jest stała i wynosi $(7,7 \pm 1,5\%) \text{ g/cm}^3$.

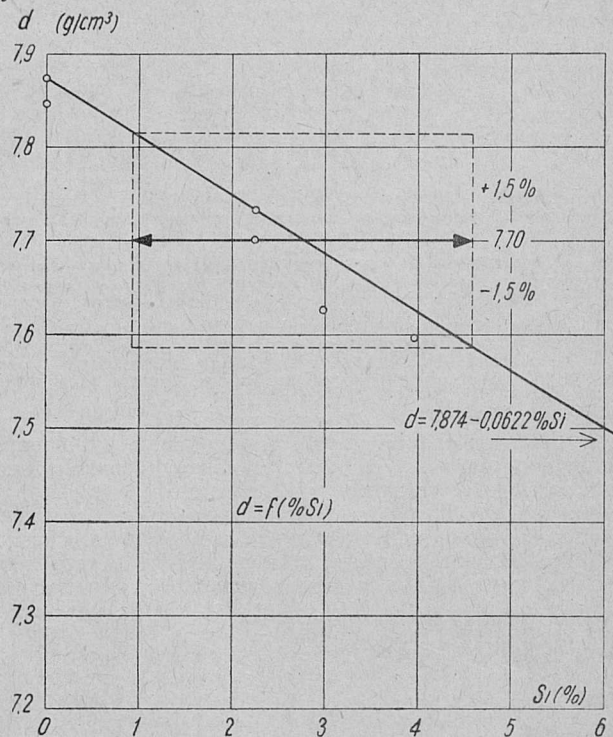
Przeliczone z oporności próbki i jej ciężaru według powyższej wartości gęstości oporności właściwej⁴⁾ technicznych stali krzemowych podano w postaci punktów pełnych na rys. 1. Punkty te leżą powyżej prostej dla

⁴⁾ Pomiary te, wykonane w Państwowym Instytucie Telekomunikacyjnym, zostały sprawdzone w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego Głównego Instytutu Elektrotechniki.

czystej stali krzemowej, wyrażonej równaniem (3), również na prostej o równaniu

$$(4) \quad \% \text{ Si} \cong (0,4 R_{gc} - 1,0) \pm 5\%$$

Zależność ta ujmując również wpływy zanieczyszczeń stali krzemowej. Przeliczenie wpływu tych zanieczyszczeń (Mn, C, P i S) na oporność właściwą stali według danych Miesskina⁵⁾ daje dużą zgodność obliczeń, opartych na analizie chemicznej, z wynikami pomiarów elektrycznych.



Rys. 3. Zależność ciężaru właściwego stali krzemowej od zawartości krzemu

Wreszcie trzeba dodać, że wykonano dodatkowo pomiary oporności właściwej szeregu próbek stali krzemowej częściowo oczyszczonych (przez wyżarzenie w atmosferze wodoru) z domieszek. Wyniki te, oznaczone kółkami, zbliżają się bardziej do zależności teoretycznej według równań (1) i (3).

⁵⁾ Miesskin, str. 540 i 541.

B. MODRZEJEWSKI

Pomiary, samoczynne zapisywanie i samoczynna regulacja pH metodą elektryczną

621.317.39.078

Treść. Miara kwasowo-zasadowych własności roztworów wodnych są wartości pH. Oznaczenia pH wykonywane są najczęściej przez pomiar sem. ogniwa zawierającego elektrodę szklaną, której potencjał zależy od pH, oraz elektrodę kalomelową, której potencjał jest stały. Do pomiaru służą miliwoltomierze lampowe podające wprost wartości pH i nazywane pehametrami. Pehametry z bezpośrednim wykazywaniem pH na skali galvanometru są bardzo dogodne w użyciu, nadają się do ciągłej kontroli pH w przemyśle i stanowią część składową urządzeń do samoczynnej regulacji pH. Regulowanie pH polega na dodawaniu odczynnika kwaśnego lub zasadowego do roztworu aż do osiągnięcia żądanego pH. W urządzeniach do samoczynnej regulacji pH dawkowanie odczynnika odbywa się samoczynnie pod wpływem napięcia lub natężenia prądu, które służą za miarę pH. Zależnie od rodzaju energii poruszającej urządzenie dawkujące samoczynne regulatory pH mogą być elektryczne, pneumatyczne lub hydrauliczne.

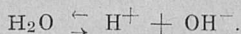
Электрический метод измерения, а также автоматической записи и регулировки pH. Реличина pH является мерой кислотности свойств водных растворов. Чаще всего определяют pH путем измерения электродвижущей силы элемента, имеющего стеклянный электрод, потенциал которого зависит от pH, и каломельный электрод, потенциал которого постоянен. Для измерений применяют ламповые милливольтметры, указывающие значение pH непосредственно. Приборы, указывающие pH непосредственно на шкале гальванометра, очень удобны в употреблении, годятся для непрерывного контроля pH в промышленных условиях и являются составной частью устройств для автоматической регулировки pH. Регулирование pH заключается в прибавлении кислотного либо щелочного реактива к раствору до тех пор, пока не получится требуемое значение pH. В устройствах для автоматической регулировки pH дозирование реактива производится автоматическим под действием напряжения либо силы тока, которые являются мерой pH. В зависимости от рода энергии, приводящей прибор в действие, различают электрические, пневматические и гидравлические автоматы для регулировки pH.

pH—value measurement, automatic recording and automatic control by electric method. The pH-value is the measure for acidity or alkalinity of aqueous solutions. Determination of the pH-value is invariably carried out by measuring the e.m.f. of a cell containing a glass electrode the potential of which is contingent on the pH-value and a calomel electrode having a constant potential. Measurement is carried out by means of thermionic valve millivoltmeters giving a direct reading of the pH-value. These instruments giving direct readings on the scale of the galvanometer are most convenient in use, suitable for the continuous check of the pH-value in industries and form a component of the equipment for automatic pH-value control. Control of the pH-value is effected by adding an acid or alkaline reagent to the solution until the requisite pH-value is ob-

tained. The dosing of the reagent in automatic pH-value control equipment is automatic, under the influence of voltage or current which serve as a measure of the pH-value. Automatic pH-value controllers may, according to the nature of the power actuating the dosing equipment, be either electric, pneumatic or hydraulic.

1. pH jest miarą kwasności i zasadowości roztworów.

Woda ulega w bardzo nieznacznym stopniu dysocjacji elektrolitycznej. Z cząsteczek wody powstają jony wodorowe H^+ i jony wodorotlenowe OH^- :



W czystej wodzie ilości jonów H^+ i OH^- są jednakowe i stosunkowo bardzo niewiele, gdyż na 555 000 000 cząsteczek wody tylko jedna ulega dysocjacji. W litrze wody znajduje się zaledwie 1/10 000 miligramu jonów wodorowych (tyle waży powietrze objętości małego ziarnka piasku). Z tego powodu zupełnie czysta woda jest bardzo złym przewodnikiem elektryczności.

Gdy w wodzie znajdują się rozpuszczone substancje, zawartość jonu wodorowego może być taka sama, jak w czystej wodzie, będzie to roztwór obojętny; może jednak być większa (roztwór kwaśny) lub mniejsza (roztwór zasadowy).

Najważniejszą klasą związków chemicznych, dających kwaśny roztwór, są kwasy. Według teorii Arrheniusa kwasami są związki, zawierające w swym składzie wodór, który może być odszczepiany w postaci jonu wodorowego. Zasadami zaś są związki zdolne do odszczepiania ze swego składu jonu wodorotlenowego.

Ilości jonów H^+ i OH^- znajdujących się obok siebie w roztworze nie mogą być dowolne. Ich stężenia*) są związane prostą zależnością: iloczyn stężeń jest wielkością stałą i w $25^\circ C$ wynosi 10^{-14} :

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

Jeżeli zmieszać ze sobą roztwór kwaśny, zawierający duże ilości jonu wodorowego, z roztworem zasadowym, zawierającym dużo jonu wodorotlenowego, następuje łączenie się tych jonów na wodę. Łączenie to jest istotą reakcji zobojętnienia kwasu zasadą. Za przykład reakcji zobojętniania może służyć powstawanie soli kuchennej NaCl z kwasu solnego HCl i wodorotlenku sodowego NaOH. Jon wodorowy pochodzący z dysocjacji kwasu ($HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$) łączy się z jonem wodorotlenowym pochodzącym z dysocjacji zasady ($NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$), powstaje przy tym woda. Jony Na^+ i Cl^- pozostają w roztworze dając roztwór soli kuchennej. Przy odparowaniu roztworu jony te łączą się na kryształy soli kuchennej ($Na^+ + Cl^- \rightarrow NaCl$).

Ze stałości iloczynu $[H^+]$ i $[OH^-]$ wynika, że

w roztworze obojętnym $[H^+] = 10^{-7}$, $[OH^-] = 10^{-7}$,
 „ kwaśnym $[H^+] > 10^{-7}$, $[OH^-] < 10^{-7}$,
 „ zasadowym $[H^+] < 10^{-7}$, $[OH^-] > 10^{-7}$.

Zarówno kwasność, jak i zasadowość roztworów może być wyrażana przez stężenie jonu wodorowego. Z praktycznych jednak względów za miarę kwasności i zasadowości roztworów uważany jest wiązany ze znakiem minus logarytm stężenia jonu wodorowego.

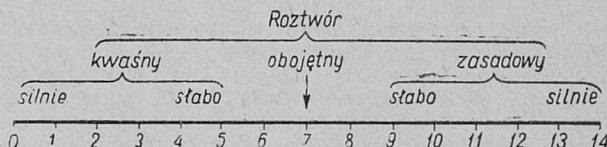
Logarytmiczna miara stężenia (aktywności*) jonu wodorowego oznaczana jest symbolem pH. Mamy więc

$$pH = -\lg [H^+] \text{ (ściślej } pH = -\lg a_{H^+});$$

roztwór obojętny ma $pH = 7$,
 roztwór kwaśny ma $pH < 7$,
 roztwór zasadowy ma $pH > 7$.

Wartościami pH określane są kwaso-zasadowe własności roztworów, niezbyt silnie kwaśnych i niezbyt silnie za-

sadowych. Wystarcza do tego zakres liczb pH od 0 do 14, jak podaje następująca skala pH:



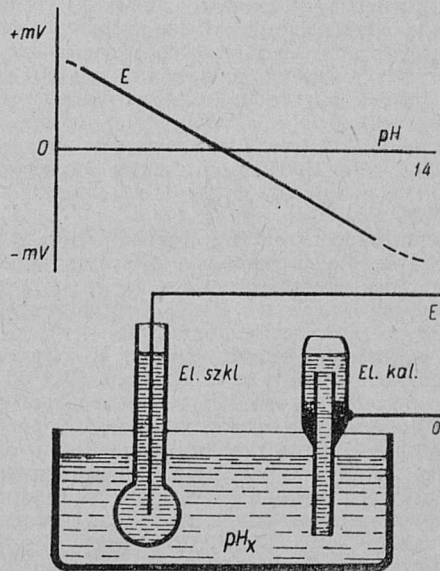
2. Pomiary pH.

Od wartości pH środowiska zależy przebieg wielkiej liczby przemian chemicznych świata nieożywionego, zachodzących samorzutnie i wywoływanych przez człowieka, oraz wszelkich przemian występujących w organizmach zwierząt i roślin. Dlatego pomiary pH mają duże praktyczne znaczenie i należą do oznaczeń fizykochemicznych najczęściej wykonywanych w laboratoriach analitycznych, fizykochemicznych, biologicznych, lekarskich — w rolnictwie, w przemyśle.

Zastosowanie znajdują dwie kategorie metod pomiaru pH: metody kolorymetryczne i potencjometryczne. Metody kolorymetryczne polegają na stosowaniu wskaźników; są nimi barwniki, których zabarwienie w roztworze zależy od pH roztworu. Zmieniają one swe zabarwienie w granicach około 2 jednostek pH. Powszechnie znany jest np. lakmus, posiadający czerwone zabarwienie w roztworach kwaśnych, a niebieskie w zasadowych. Do ciągłej kontroli pH w fabryce metody kolorymetryczne nie nadają się.

Potencjometryczne metody oznaczania pH sprowadzają się do zmierzenia siły elektromotorycznej ogniwa, zawierającego w swym składzie elektrodę pomiarową, której potencjał zależy od pH roztworu, oraz elektrodę porównawczą o stałym potencjale. Jako elektrodę porównawczą stosuje się elektrodę kalomelową. Stanowi ją rureczka stykająca się z zawiesiną kalomelu (Hg_2Cl_2) w roztworze chlorku potasu (KCl). Używane są różne elektrody pomiarowe: wodorowa, chinhydronowa, antymonowa, a obecnie najczęściej elektroda szklana.

Elektroda szklana ma zazwyczaj kształt kulki ze szkła specjalnego składu, będącej zakończeniem zwykłej rurki szklanej (rys. 1). Wewnątrz kulki znajduje się roztwór



Rys. 1. Potencjał elektrody szklanej względem kalomelowej jako funkcja pH

*) Stężenia są wyrażane w chemicznych jednostkach masy, molach na litr roztworu: 1 mol H^+ — 1,008 g.

*) Wskutek posiadania ładunków elektrycznych jony wzajemnie hamują się w ruchach. Dlatego roztwory zachowują się tak, jak gdyby jonów było mniej niż to jest w rzeczywistości. We wzorach zamiast stężeń rzeczywistych są brane te „pozorne stężenia” zwane aktywnościami danego jonu. Symbolem aktywności jonu wodorowego jest a_{H^+} .

o określonym pH. Elektrodę zanurza się w roztworze badanym. Wskutek przechodzenia przez ściankę elektrody jonów wodorowych od roztworu z większym stężeniem jonu wodorowego do roztworu bardziej rozcieńczonego roztwór o mniejszym stężeniu (wyższym pH) ładuje się

dodatkowo. Różnica potencjałów między roztworem badanym i roztworem wewnątrz kulki jest proporcjonalna do różnicy pH tych roztworów. Wobec tego że potencjał elektrody szklanej jest funkcją liniową pH, a potencjał elektrody kalomelowej jest stały, zależność siły elektromotorycznej ogniwa w ten sposób zbudowanego od pH jest liniowa (rys. 1).

Jak widać z wykresu, za miarę kwasowości roztworu służy napięcie ogniwa zbudowanego z elektrody pomiarowej, w danym przypadku szklanej, oraz elektrody porównawczej — kalomelowej. Zmianie pH roztworu badanego o 1 odpowiada zmiana potencjału elektrody pomiarowej, a więc i zmiana siły elektromotorycznej ogniwa, wynosząca 58,1 mV (w 20°C).

Do pomiarów siły elektromotorycznej ogniwa pomiarowego o niezbyt wielkim oporze wewnętrznym z elektrodami — wodorową, chinhydronową, antymonową mogą służyć zwykłe potencjometry. Nie nadają się one jednak do elektrody szklanej. Opór elektryczny elektrody szklanej wynosi dziesiątki, a nawet setki megomów. Dlatego elektroda ta — jedna z najlepszych do pomiarów pH — mogła znaleźć powszechne zastosowanie dopiero po wprowadzeniu potencjometrów lampowych. Potencjometry lampowe używane do pomiarów pH mają z reguły skalę zaopatrzoną w podziałki pH i nazywają się pehametrami.

Istnieją dwa typy pehametrów: pehametry typu zerowego — potencjometry lampowe oraz pehametry typu odchyleniowego, wskazujące bezpośrednio pH.

W potencjometrach lampowych napięcie mierzonemu przeciwstawia się spadek potencjału na oporach potencjometru. Napięcie niezupełnej kompensacji działa na wejście wzmacniacza. Zwykle stosowany jest dwulampowy wzmacniacz napięć prądu stałego. W obwodzie anodowym drugiej lampy znajduje się galvanometr, którego wskazówka odchyła się z położenia zerowego, gdy kompensacja jest niezupełna.

Prostsze w użyciu są pehametry bezpośredniego wykazywania pH. Obsługa ich, po wstępnym wyregulowaniu, sprowadza się do umieszczenia elektrod w roztworze badanym i odczytania pH na skali galvanometru.

Najprostszy układ pehametru z bezpośrednim wykazywaniem pH zawiera tylko jedną lampę. W obwód siatki włączone jest ogniwo pomiarowe. Zmianom pH odpowiadają praktycznie proporcjonalne zmiany prądu anodowego, wskazywane przez galvanometr ze skalą pH. Aparaty tego typu są jednak mało dokładne. Dokładniejsze są aparaty typu mostkowego. Zawierają one dwie lampy. Jedną stroną mostka jest opór anodowy pierwszej lampy i przesterżen anoda-katoda lampy, drugą stroną — opór anodowy drugiej lampy i jej przesterżen anoda-katoda. Gdy potencjały siatek lamp są jednakowe, mostek jest zrównoważony i przez galvanometr, łączący anody (lub katody) lamp, prąd nie płynie. Włączenie ogniwa pomiarowego w obwód siatki pierwszej lampy powoduje rozstrojenie mostka i wychylenie wskazówki z położenia zerowego. Przesunięcia wskazówki na skali są proporcjonalne do zmian pH roztworu.

Najdoskonalsze pehametry z bezpośrednim wykazywaniem pH zawierają wzmacniacz o dużym współczynniku wzmocnienia z zastosowaniem bardzo silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego. Prąd wyjściowy wzmacniacza przepływa przez galvanometr ze skalą pH i opór ujemnego sprzężenia, znajdujący się w obwodzie siatkowym pierwszej lampy wzmacniacza. Na oporze tym powstaje napięcie prawie równe napięciu mierzonemu. Następuje niemal całkowita kompensacja napięcia mierzonego i napięcia ujemnego sprzężenia, wobec czego siatka pierwszej lampy wzmacniacza do wzmocnienia otrzymuje tylko bardzo drobną część napięcia mierzonego.

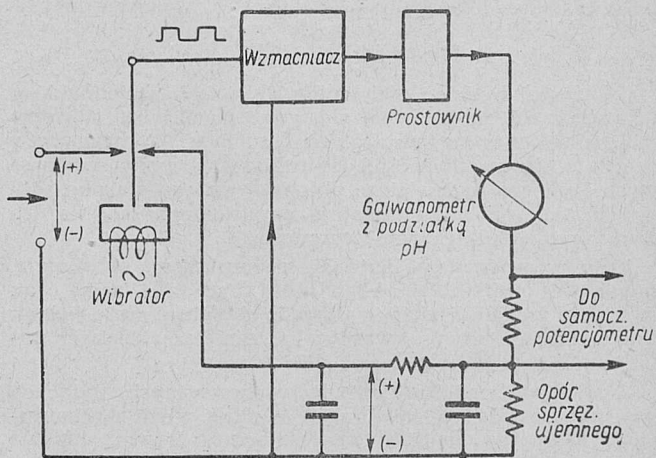
Aparaty te są niewrażliwe na zmiany napięcia sieci i zmiany emisji lamp. Nadają się specjalnie do użytku w fabrykach do ciągłej kontroli pH.

Używane bywają również aparaty ze wzmacniaczem napięć prądu stałego. Wadą ich jest niestalość zera. Wady tej nie posiadają pehametry z zamianą mierzonego napięcia prądu stałego na napięcie prądu zmiennego. Wytworzone napięcie prądu zmiennego jest wzmocniane przez zwykły wzmacniacz oporowo-pojemnościowy, a następnie zostaje wyprostowane przez prostownik, uwzględniający fazę. Wyprostowany prąd płynie przez galvanometr ze skalą pH, opór zastępczy galvanometru samopi-

szącego i opór ujemnego sprzężenia zwrotnego. Schematy takiego aparatu podaje rys. 2.

3. Samoczynne zapisywanie pH.

Rejestrowanie pH w postaci wykresu na papierze daje obraz przebiegu procesu wytwórczego w czasie, służy jako środek kontroli pracy obsługi, daje podstawę do



Rys. 2. Schemat blokowy pehametru

oceny jakości produktu i może ułatwiać znalezienie przyczyn zaburzeń w normalnym przebiegu procesu.

Przy użyciu pehametrów o bezpośrednim wykazywaniu pH, zwłaszcza opartych na zasadzie ujemnego sprzężenia zwrotnego, samoczynne zapisywanie pH jest łatwe do osiągnięcia.

W układzie pehametru z przewidzianym przyłączaniem aparatu samopiszącego znajduje się opór, połączony w szereg z galvanometrem ze skalą pH. Przez galvanometr i opór płynie prąd o wartościach 0—1 mA, lub nawet 0—10 mA. Na oporze powstaje napięcie proporcjonalne do prądu. Wobec tego, że między natężeniem prądu i pH istnieje zależność prostoliniowa, miarą pH może być wartość prądu płynącego przez opór lub napięcie na zaciskach oporu. Aparaty samopiszące systemu prądowego włączane są w szereg z galvanometrem zamiast oporu, aparaty systemu napięciowego — na zaciski oporu.

Najprostszym urządzeniem do zapisywania pH jest samopiszący miliamperomierz ze wskazówką zakończoną piórkim (zbiorniczek z tuszem), kreślącym wykres na papierze. Papier przesuwany jest przez silniczek synchroniczny lub mechanizm zegarowy. Samopiszący galvanometr piórkowy stosuje się wówczas, gdy wartości prądu na wyjściu pehametru są wystarczająco duże. Gdy prądy są b. małe, można zastosować galvanometr samopiszący, dający wykres punktowy. W galvanometrach tych wskazówka jest w równych odstępach czasu dociskana do papieru przez taśmę z farbą, co powoduje odbicie punktu na papierze.

Przy instalowaniu samopiszących galvanometrów należy dbać o to, aby wypadkowy opór układu — galvanometr, opór równoległy i opory szeregowe — był tego samego rzędu, co opór w pehametrze.

Najłatwiejszy do zainstalowania jest aparat samopiszący systemu napięciowego — potencjometr samopiszący. Napięcie, będące miarą pH, odbiera się na zaciskach oporu, umieszczonego w szereg z galvanometrem pehametru (rys. 2). Suwak na oporze kompensatora jest przesuwany przez silniczek aż do osiągnięcia całkowitej kompensacji. Z suwakiem połączona jest wskazówka, która przesuwana się wzdłuż skali pH, oraz pióro z tuszem sporządzające wykres na przesuwającym się papierze. Skala pH ma taką podziałkę, jak skala galvanometru w pehametrze.

4. Sposoby dozowania odczynników służących do regulacji pH.

Regulacja pH roztworu polega na dodawaniu do roztworu odpowiednich odczynników aż do osiągnięcia żadanego pH. Zwiększenie kwasowości, czyli obniżenie pH, uzyskuje się przez dodatek substancji kwaśnych. Zmniejszenie kwasowości, zwiększenie zasadowości — czyli pod-

wyższenie pH — uzyskuje się przez dodatek substancji zasadowych.

Substancje służące do regulacji pH mogą mieć postać gazu (np. CO_2 , SO_2), cieczy (roztworów kwasów lub zasad), gęstej zawiesiny (mleko wapienne) lub też stałej, sypkiej substancji. Sposób dozowania odczynnika musi być dostosowany do jego stanu skupienia.

Gazy doprowadza się do roztworu przez szeroką rurę z dużą liczbą otworków, a ciecze przewodem rurowym. Dopływ gazu i cieczy jest regulowany za pomocą zasuw lub zaworu. Mleko wapienne wtryskuje się za pomocą wtryskiwacza konewkowego. Jest to pionowa rura zakończona u dołu rozszerzeniem, którego w dnie znajdują się otwory. Umieszcza się je nad ścianką przedzielającą dwa zbiorniki. Część strumienia wypływającego przez konewkowy wylot rury wpływa do jednego, a reszta do drugiego zbiornika. Z jednego zbiornika mleko wapienne spływa do roztworu o regulowanym pH, z drugiego zbiornika jest wypompowywane do zbiornika z zapasem mleka wapiennego. Ilość mleka spływającego do roztworu o kontrolowanym pH reguluje się przez odpowiednie przesunięcie wylotu konewkowego nad ścianką przedzielającą zbiorniki.

Substancje stałe dozowane są za pomocą przenośnika. Taśma bez końca z czerpakami zabiera substancję i przenosi ją do roztworu. Od prędkości ruchu taśmy zależy ilość składnika dodawanego w jednostkę czasu.

Dozowanie odczynnika korygującego pH przez zamykanie lub otwieranie zaworu lub zasuw, przez zmianę prędkości ruchu przenośnika odbywa się ręcznie lub samoczynnie. W ostatnim przypadku czynności te wykonuje silnik elektryczny, elektromagnes lub membrana przesuwana sprężonym powietrzem lub olejem pod ciśnieniem.

5. Samoczynna regulacja pH.

Zadania samoczynnej regulacji mogą być różne. W najprostszym przypadku chodzi o doprowadzenie do żądanej wartości pH roztworu, znajdującego się w zbiorniku. Większe trudności, przynajmniej przy pracy ręcznej, sprawia ciągłe utrzymywanie na stałym poziomie pH roztworu, w którym zachodzi przemiana chemiczna powodująca zmianę pH, jak to bywa np. przy fabrykacji kwasu mlekowego na drodze fermentacji. Często zadaniem urządzenia do samoczynnej regulacji jest nadawanie żadanego pH roztworowi, przepływającemu przez zbiornik. Gdy pH roztworu wpływającego nie jest stałe, trudności w uzyskaniu niezmiennącego się pH mogą być duże.

Na podobieństwo urządzeń do regulowania innych wielkości chemicznych automat do regulacji pH zawiera następujące części składowe:

1) urządzenie do wykrywania zmian wielkości regulowanej; może to być tzw. czujnik wielkości regulowanej albo też kompletne urządzenie do pomiaru wielkości poddawanej regulacji;

2) regulator;

3) mechanizm wykonawczy, składający się z silnika i organu wykonawczego.

Czujnik albo urządzenie pomiarowe podaje wartość, będącą miarą wielkości regulowanej, a regulator porównuje tę miarę z wartością wzorcową wielkości. Różnica między miarą wielkości regulowanej a wzorcem nazywana jest sygnałem błędu. Zależnie od znaku sygnału błędu i jego wartości regulator miarkuje dopływ energii do silnika mechanizmu wykonawczego. Silnik przedstawia organ, który reguluje strumień odczynnika, oddziaływającego na wartość pH we właściwym kierunku, aż do zniknięcia sygnału błędu. Zależnie od rodzaju napędu silnika różniamy regulatory elektryczne, pneumatyczne i hydrauliczne. W pierwszej kategorii regulatorów organem wykonawczym jest silnik elektryczny lub elektromagnes, w dwu pozostałych zaś membrana, znajdująca się pod ciśnieniem sprężonego powietrza lub oleju.

Zależnie od sposobu, w jaki zmienia się energię dopływającą do silnika mechanizmu wykonawczego, odróżniamy następujące systemy regulacji: 1) dwupołożeniowy (otwarte-zamknięte), 2) kierunkowy, 3) proporcjonalny, 4) proporcjonalny z samoczynną kompensacją obciążenia, 5) proporcjonalny z samoczynną kompensacją i z uprzedzaniem.

W systemie dwupołożeniowym organ wykonawczy może zajmować tylko jedno z dwu położen. Umiejscowienie organu wykonawczego w jednym lub drugim położeniu, gdy wartość sygnału błędu przekracza krytyczną, zależy od znaku sygnału błędu. System dwupołożeniowy jest dzięki swej prostocie bardzo rozpowszechniony.

W systemie kierunkowym organ wykonawczy zatrzymuje się jedynie wtedy, gdy wielkość regulowana osiąga wartość żadaną. Kierunek ruchu zależy od znaku sygnału błędu. Prędkość przesuwania się organu wykonawczego jest stała i nie zależy od wartości sygnału błędu.

W systemie proporcjonalnym przesunięcia organu regulacyjnego są proporcjonalne do wartości sygnału błędu. Charakter ruchów organu wykonawczego jest taki sam, jak charakter zmian wielkości regulowanej w czasie. Prędkość przesuwania się jest proporcjonalna do prędkości zmian wielkości regulowanej. Charakterystyczną cechą systemu proporcjonalnego jest pozostawianie błędu resztkowego, którego regulator nie jest w stanie usunąć. W razie potrzeby błąd resztkowy można usuwać ręcznie, korygując położenie organu wykonawczego. Przesuw korygujący jest potrzebny po każdej zmianie intensywności działania czynnika, powodującego zmiany wielkości regulowanej (po każdej zmianie obciążenia).

Doskonalszy od poprzednich jest system proporcjonalny z automatycznym usuwaniem błędu resztkowego czyli automatyczną kompensacją obciążenia. Jest on połączeniem systemu proporcjonalnego z kierunkowym. Prędkość ruchu organu wykonawczego zawiera dwie składowe, z których jedna jest proporcjonalna do prędkości zmian wielkości regulowanej (system proporcjonalny), a druga ma wartość stałą o kierunku zależnym od znaku sygnału błędu (system kierunkowy). Dzięki pierwszej składowej każdej zmianie wielkości regulowanej towarzyszy proporcjonalne przesunięcie organu wykonawczego. Nie wystarcza ono jednak do całkowitego usunięcia powstałego błędu. Błąd resztkowy jest usuwany dzięki drugiej składowej, powodującej przesuwanie się organu wykonawczego póty, póki wielkość regulowana nie osiągnie wartości żądanej.

Najsprawniejszy jest system proporcjonalny z kompensacją i z uprzedzaniem. Zależność ruchów organu regulacyjnego od charakteru zmian wielkości regulowanej jest w tym systemie bardziej złożona niż w innych. Prędkość przesuwania się organu regulacyjnego zawiera trzy składowe:

1) składową o stałej wartości i kierunku zależnym od znaku sygnału błędu (regulacja kierunkowa);

2) składową proporcjonalną do prędkości odchylenia się wielkości regulowanej od wartości żądanej, czyli do pierwszej pochodnej funkcji, wyrażającej zależność wielkości regulowanej od czasu (regulacja proporcjonalna);

3) składową proporcjonalną do zmian prędkości odchylenia się wielkości regulowanej od wartości żądanej, czyli do drugiej pochodnej funkcji, wyrażającej zależność wielkości regulowanej od czasu (składowa uprzedzająca). Druga pochodna podaje, czy prędkość zmian wielkości regulowanej jest stała, czy też ma tendencję do wzrostu (przyspieszania) lub spadku (zwolnienia). Dzięki składowej ruchu proporcjonalnej do drugiej pochodnej automat nie „czeka” na powstanie sygnału błędu, lecz wykonuje odpowiedni zabieg już na podstawie tendencji wielkości regulowanej do ulegania zmianie i w ten sposób uprzedza to, co nastąpiłoby, gdyby zabieg regulacyjny nie został wykonany.

Dobór najbardziej odpowiedniego systemu regulacji zależy od właściwości układu regulowanego. O ile możliwe stosuje się system najprostszy, gdyż zużywanie się ruchomych części w systemach prostych jest mniejsze niż w skomplikowanych, w których amplitudy i przyspieszenia ruchów organu regulującego są duże.

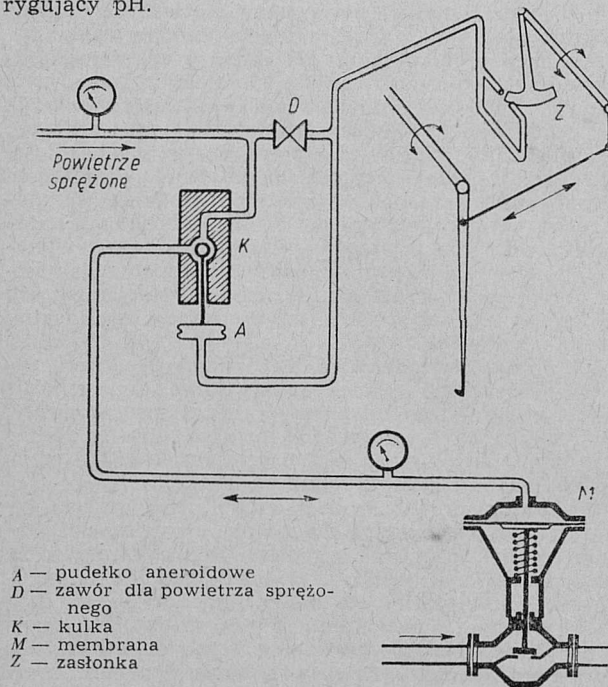
W pewnych przypadkach do regulacji pH wystarczy system regulacji najprostszemu dwupołożeniowy, chociaż konieczne byłoby stosowanie systemów bardziej sprawnych. Do regulacji pH najczęściej używane są regulatory pneumatyczne. Uniwersalne regulatory pneumatyczne dają możliwość łatwego przechodzenia z jednego systemu regulacji na inny i dopasowywania regulatora do właściwości układu regulowanego. Zawory i zasuw membranowe mają silną konstrukcję i są stosunkowo tanie. Wyłączenie regulacji pneumatycznej jest stosowana we wszyst-

kich działach przemysłu, w których istnieje niebezpieczeństwo pożaru. Regulatory elektryczne są droższe, gdyż wymagają silników elektrycznych z przekładniami obrotów i dają mniejsze możliwości co do wyboru systemów regulacji.

Do sterowania urządzeń do samoczynnej regulacji pH używane jest ogniwo z elektrodą szklaną i elektrodą kalomelową. Bezpośrednie kierowanie pracą regulatora przy pomocy ogniwa pomiarowego jest niemożliwe, gdyż nie jest ono w stanie dostarczać prądu elektrycznego. Dlatego częścią składową każdego urządzenia do samoczynnej regulacji pH jest pehametr. Musi to być pehametr, wykazujący pH bezpośrednio. Pehametr stanowi wzmacniacz mocy. Prąd na jego wyjściu, płynący przez galwanometr ze skalą pH, ma wartość rzędu części miliampera albo nawet kilku miliamperów. Za miarę pH może służyć nie tylko wartość prądu wyjściowego, lecz również napięcie na oporze rzędu kilkuset omów, przez który prąd ten przepływa. Zmiany prądu i napięcia są proporcjonalne do zmian pH.

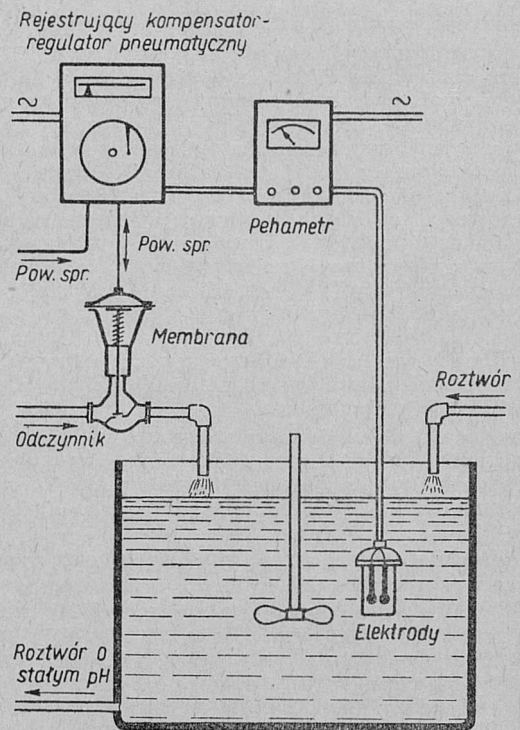
W najprostszym dwupołożeniowym urządzeniu do samoczynnej regulacji pH jest zastosowany galwanometr, którego wskazówka zamyka lub otwiera obwód przekaźnika. Galwanometr jest przyłączony do pehametru. W nowoczesnym układzie elektronowym galwanometr posiada skalę z podziałką pH, na której oprócz pomiarowej jest druga wskazówka przesuwana. Ustawia się ją na żądanej wartości pH. Do beleczki wskazówki przymocowane są dwie cewki, należące do obwodu oscylatora lampowego. Do wskazówki pomiarowej jest przymocowana lekka blaszka aluminiowa. Gdy wskazówka pomiarowa wykazuje wartość pH, na którą aparat został nastawiony, tj. gdy znajdzie się w położeniu wskazówki przekaźnikowej, blaszka wchodzi między cewki. Zmienia się samoindukcja cewek, obwód rozstraja się, oscylacje urywają się, prąd anodowy wzrasta, przez przekaźnik płynie duży prąd, następuje włączenie lub wyłączenie prądu w przekaźniku mocy. Silnik elektryczny lub elektromagnes zostaje włączony lub wyłączony. Organ wykonawczy regulatora zostaje przesunięty z jednej pozycji w drugą. Przewód doprowadzający odczynnik korygujący pH zostaje otwarty lub zamknięty.

Galwanometr przekaźnikowy może być wykorzystany również przy regulacji pneumatycznej. Przekaźnik elektryczny spowoduje tu przesunięcie zasłonki wylotu przewodu ze sprężonym powietrzem w przekaźniku pneumatycznym. Pociąga to za sobą wpuszczanie lub wypuszczanie sprężonego powietrza z nad membrany i przesunięcie membrany, a wraz z nią zasuwki lub grzybka zaworu w przewodzie, który doprowadza odczynnik korygujący pH.



Rys. 3. Układ regulatora pneumatycznego

Rysunek 3 przedstawia układ najprostszego pneumatycznego regulatora, uruchamianego przez skręt osi z zasłonką Z. Oś zasłonki jest obracana w jedną lub drugą stronę o pewien kąt np. przez sprężynę Bourdona lub — w przypadku regulacji pH — przez silniczek kompensatora samoczynnego lub przekaźnik elektryczny. W pewnym położeniu osi (na której znajduje się również wskazówka, wykazująca wartość pH lub piszącą wykres na papierze) zasłonka Z wchodzi między wyloty rurek ze sprężonym powietrzem. Od położenia zasłonki zależy wysokość ciśnienia powietrza w przewodzie przekaźnikowym, oddzielnym od głównego przewodu zaworem D. Gdy zasłonka Z znajduje się poza wylotami rurek, ciśnienie w nich jest bardzo niskie, wysokość pudełka aneroidowego A jest mała, kulka K przekaźnika pneumatycznego znajduje się w dolnej pozycji. Wskutek tego powietrze sprężone ma swobodny dostęp ze sprężarki do membrany M, środkowa część elastycznej membrany przesuwana się w dół i zawór zamyka się całkowicie lub częściowo. Dopływ środka wpływającego na wielkość regulowaną ulega zmniejszeniu. Odwrotnie, gdy zasłonka znajdzie się między wylotami rurek ze sprężonym powietrzem, wtedy kulka K podnosi się, dopływ sprężonego powietrza do membrany zamyka się, natomiast otwiera się przewód, którym sprężone powietrze z membrany uchodzi na zewnątrz. Membrana przesuwana się do góry, zawór otwiera się, dopływ czynnika regulującego zwiększa się. Gdy zasłonka tylko częściowo zasłania wyloty rurek, ciśnienie nad membraną ma wielkość pośrednią i dzięki sprężynie, równoważącej nacisk wywierany przez membranę, grzybek zaworu ustawia się w położeniu pośrednim, zależnym od ciśnienia powietrza nad membraną czyli od stopnia zasłonięcia wylotów rurek.



Rys. 4. Samoczynna regulacja pH

Bardziej złożoną konstrukcję niż regulatory dwupołożeniowe mają proporcjonalne regulatory elektryczne. Ich kompletne urządzenie składa się z układu elektrod, pehametru, potencjometru samoczynnego, urządzenia ustalającego proporcję, silnika elektrycznego z przekładnią obrotów i organu wykonawczego.

Ważną częścią składową regulatora proporcjonalnego jest urządzenie ustalające proporcję. Powoduje ono przesunięcie organu regulującego z pozycji początkowej proporcjonalne do wartości sygnału błęd. Zasada działania urządzenia jest następująca. Silniczek potencjometru samoczynnego przestawia oprócz styku-suwaka na opo-

rze kompensacyjnym również suwak na odrębnym oporze potencjometrycznym. Podobny opór z przedstawianym na nim stykiem znajduje się w urządzeniu ustalającym proporcje. Oba opory są połączone przewodami tak, że stanowią dwa ramiona mostka Wheatstone'a. W gałęzi zerowej mostka znajduje się przekaźnik włączający silniczek organu wykonawczego wtedy, gdy mostek jest niezerównoważony. Uruchomiony silniczek powoduje przesunięcie organu wykonawczego i jednocześnie styku na oporze ustalającym proporcje do chwili zrównoważenia mostku, kiedy silniczek zatrzymuje się. Dzięki temu urządzeniu każdemu położeniu suwacza na oporze potencjometrycznym odpowiada ściśle określone położenie suwacza na oporze ustalającym proporcje oraz określone położenie organu wykonawczego.

Najbardziej skomplikowaną budowę mają pneumatyczne regulatory pH.

Kompletne urządzenie składa się z układu elektrod zanurzonych w roztworze, pehametru, samoczynnego potencjometru połączonego z pneumatycznym regulatorem oraz zaworu zamykanego silnikiem membranowym (rys. 4).

Regulowanie dopływu sprężonego powietrza do silniczka membranowego odbywa się w urządzeniu, zawierającym samoczynny potencjometr, połączony z regulatorem pneumatycznym. Silniczek samoczynnego potencjometru przesuwając suwak na oporze kompensacyjnym, wskazuje wykazującą wartość pH na skali, piórko aparatu samopiszącego, a jednocześnie powoduje obrót osi z umocowaną do niej zasłanką przekaźnika pneumatycznego. Przekaźnik reguluje dopływ lub odpływ powietrza do membrany, co pociąga za sobą przesunięcie membrany oraz zasuw lub grzybką zaworu w przewodzie, doprowadzającym odczynnik korygujący pH.

MGR INŻ. HENRYK KÜHN

Przesyłanie pomiarów na odległość po przewodach wysokiego napięcia

621.3.083.7:621.315.1.083.7

Treść. Autor poddaje analizie różne systemy telemetryczne dalekosieczne, tj. system czasu, liczby i częstotliwości impulsów oraz systemy prądów sinusoidalnych małej, akustycznej i wielkiej częstotliwości. Podaje opis ogólny przetworników telemetrycznych nadawczych i odbiorczych oraz nadajników i odbiorników telemetrycznych. Przytacza kilka przykładów konstrukcji tych urządzeń oraz uzupełnia je rozważaniami teoretycznymi. Omawia teoretyczne zasady sumowania pomiarów oraz różne systemy sumowania bezpośredniego i sumowania wielkości pomocniczych, łącznie z układami do sumowania wielu wielkości składowych. Porusza sprawy przesyłania pomiarów w sposób nieciągły (systemy pomiarów cyklicznych i pomiarów wybieranych zdalnie). Dalsza część artykułu, poświęcona właściwym zagadnieniom przesyłania pomiarów za pośrednictwem linii wysokiego napięcia, podaje warunki rozwoju łączy telemetrycznych na liniach w. nap. oraz wytyczne budowy urządzeń telefoniczno-telemetrycznych w. cz. i urządzeń telemetrycznych jedno- i wielokanałowych w. cz. Opisano kilka urządzeń tego typu pracujących w systemie dwuwęstgowym i jednowęstgowym. Wreszcie omówiono podstawowe zasady budowy połączeń telemetrycznych na liniach wysokiego napięcia, a więc budowy telestrad pomiarowych w. cz. oraz połączeń pomiędzy stacjami wysokiego napięcia a stacjami rozrządczymi.

Передача измерений на расстояние при помощи проводов высокого напряжения. Автор анализирует различные телеметрические системы дальнего действия, как система времени, число и частоты импульсов, а также системы синусоидальных токов низкой акустической и высокой частоты. Дает общее описание телеметрических преобразователей для передачи и приемки, а также телеметрических передатчиков и приемников. Приводит несколько примеров конструкции этих устройств и дополняет их теоретическими рассуждениями. Обсуждает теоретические основы суммирования измерений и различные системы непосредственного и вспомогательного суммирования величин, включая схемы для суммирования большого числа слагаемых. Затрагивает вопросы передачи измерений прерывистым способом (системы измерений циклических и выбираемых на расстоянии). В дальнейшей части статьи, посвященной вопросам передачи измерений при помощи энергетических линий высокого напряжения, представлены условия развития телеметрических трактов на высоковольтных линиях и даются указания относительно постройки телефонно-телеметрических устройств высокой частоты, а также телеметрических устройств для одного или многих путей (каналов) высокой частоты. Дается описание нескольких устройств этого типа, работающих в двух- или однолучевой системе. В конце обсуждаются основные вопросы постройки телеметрической связи по линиям высокого напряжения, а именно вопросы постройки измерительных телестрад высокой частоты и вопросы связи между подстанциями высокого напряжения и диспетчерскими пунктами.

Telemetering over high tension lines. The author analyses various systems of long-distance telemetry, that is to say — time system, systems of number of impulses and frequency of impulses, as well as low, audio and high frequency sinoidal current systems. He gives a general description of telemetric transmitter and receiver converters, as well as of telemetric transmitters and receivers. A number of designs of such equipment, amplified by theoretical considerations, are also referred to. The author deals, moreover, with the theoretical principles of summarising metering results and with various systems of direct summarising and of summarising auxiliary magnitudes, including schemes for summarising multiple components. He refers to the problem of transmitting measurements by intermittent means (systems of cyclic and remote selection measurement). A further section of the article, dealing with the actual problems of telemetering over high tension lines, refers to the conditions for the development of telemetric high tension line links and contains recommendations for designing high frequency telemetering telephone equipment, as well as high frequency single and multi-channel telemetric equipment. A description is also given of a number of equipments of this type operating on double side band and single side band systems. Finally — the article deals with the basic principles of telemetric connection design over high tension lines, that is to say — with the design of high frequency telemetering thoroughfares and of connections between high frequency stations and dispatcher stations.

1. Wstęp.

Początek rozwoju techniki przesyłania pomiarów na odległość (telemetrii) datuje się od roku ok. 1920.

Istotą przesyłania pomiarów na odległość jest przesyłanie wielkości mierzonych za pomocą elektrycznych wielkości pomocniczych (sygnałów telemetrycznych), nie występujących w pomiarach normalnych. A więc np. pomiar temperatury za pomocą pirometru termoelektrycznego wytwarzającego prąd stały nie jest pomiarem zdalnym, lecz pomiarem miejscowym; natomiast pomiar poziomu wody w nastawni elektrowni wodnej za pomocą prądu stałego, jako wielkości pomocniczej, jest pomiarem zdalnym.

Celem stosowania pomiarów zdalnych jest przede wszystkim zmniejszenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych oraz zwiększenie stopnia pewności działania urządzeń w stosunku do innych systemów eksploatacji. Zalety powyższe osiąga się w telemetrii przez zmniejszenie liczby przewodów służących do przesyłania pomiarów oraz przez zmianę wartości mierzonej na wielkość pomocniczą, niezależną od zmiennych właściwości linii. Zastosowanie telemetrii np. w energetyce w znacznym stopniu odciąża ruch telefoniczny, gdyż dzięki telemetrii rozrządnia jest stale poinformowana o stanie obciążenia. Rozmowy telefoniczne można ograniczyć do udzielania wskazówek poszczególnym zakładom energetycznym, zwłaszcza w przypadku zakłóceń ruchu itp. Codzienne

dyktowanie przez telefon długich wykazów pomiarowych jest zbyt ciężkie, a więc zmniejsza się średni czas oczekiwania na połączenia telefoniczne.

W porównaniu z pomiarami miejscowymi przesyłanie pomiarów na odległość dotyczy wielu charakterystycznych zagadnień. Z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia decydujące znaczenie dla telemetrii posiadają łączy telemetryczne. Od właściwości tych łączy zależy bowiem system telemetrii oraz rodzaj przesyłanych w łączy sygnałów telemetrycznych.

Do najczęściej stosowanych obecnie dalekosiecznych łączy telemetrycznych należą łączy nośne na liniach wysokiego napięcia. Łączy te stosowane są w energetyce do obsługi zdalnej i rozrządu elektroenergetycznego. Wśród wielu zalet odznaczają się one dużą pewnością działania, gdyż linie wysokiego napięcia mają silniejszą budowę niż zwykłe linie telekomunikacyjne.

W artykule niniejszym omówiono są jedynie najważniejsze systemy urządzeń telemetrycznych, dostosowanych do przesyłania pomiarów na odległość za pośrednictwem przewodów wysokiego napięcia, i są zupełnie pominięte urządzenia telemetryczne, przeznaczone tylko do pomiarów na małe odległości za pomocą odrębnych przewodów.

2. Rodzaje przesyłanych pomiarów.

Zakres zastosowania telemetrii jest bardzo szeroki i właściwie może obejmować wszystkie rodzaje pomiarów wielkości fizycznych stosowanych w praktyce. Do naj-

częściej spotykanych wielkości przesyłanych na odległość należy zaliczyć: 1) moc czynną i bierną przy jednym względnie obu kierunkach przepływu energii, 2) produkcję względnie zużycie energii elektrycznej, 3) napięcie względnie natężenie prądu, 4) częstotliwość prądu, 5) współczynnik mocy ($\cos \varphi$), 6) poziom wody lub innych cieczy, 7) ciśnienie pary względnie innych ciał lotnych (lub próżni), 8) temperaturę, 9) prędkość przepływu i zużycie wody, prędkość wiatru itp., 10) położenie uchwytów, zaczepów, suwaków, zaworów oraz innych podobnych urządzeń, 11) przesunięcie katowe pomiędzy wirnikami generatorów zasilających odległe punkty wspólnej sieci, 12) straty przepływu w kanalizacji oraz inne wielkości.

Telemetria znajduje również zastosowanie przy samoczynnej regulacji zdalnej, np. turbin wzgl. zespołów turbin, szczególnie przy pracy programowej. Regulacja taka uzależniona może być np. od mocy dostarczonej, od poziomu wody, od różnicy pomiędzy chwilową wielkością (częstotliwością, mocą) a wielkością ustaloną w programie. Możliwe jest również uzależnienie regulacji turbin od kombinacji odchyłek kilku wielkości jednocześnie, np. częstotliwości i mocy. Zadaniem takiej samoczynnej regulacji zdalnej z zastosowaniem telemetrii jest utrzymanie stałej mocy dostarczanej przez turbinę, uruchamianie wzgl. zatrzymywanie turbin w zależności od poziomu wody oraz usunięcie istniejących odchyłek w stosunku do programu.

Przy przesyłaniu pomiarów na odległość często stosuje się jeszcze sumowanie algebraiczne wielkości mierzonych (np. prądów, mocy, energii), oraz określanie wartości średnich i całkowitych za pewien okres czasu.

Wymagania stawiane urządzeniom telemetrycznym są różne, zależnie od rodzaju wielkości mierzonych, łączy telemetrycznych itd. Najważniejsze warunki, którym powinny czynić zadość urządzenia telemetryczne, są następujące: 1) niski koszt urządzeń telemetrycznych i ich eksploatacji; 2) możliwość wielokrotnego wyzyskania linii i urządzeń za pomocą jednoczesnego przesyłania wielu pomiarów (ewentualnie innych sygnałów obsługi zdalnej) oraz możliwości prowadzenia rozmów telefonicznych po jednej linii; 3) wąskie pasmo częstotliwości sygnałów telemetrycznych przypadające na jeden pomiar; 4) dokładność wskazań nie mniejsza niż w zwykłych nowoczesnych przyrządach pomiarowych tablicowych (niewrażliwość na zmienne własności linii); 5) mały czas ustalania się wskazań¹⁾; 6) pewność działania (niewrażliwość na zakłócenia); 7) łatwa obsługa i cechowanie; 8) ciągłość wskazań, możliwość sumowania, odejmowania, określania wartości średniej i całkowitej wielkości mierzonych.

Nie istnieje w praktyce system idealny, któryby spełniał wszystkie podane wyżej warunki. Nie zawsze jest zresztą konieczne spełnienie tych wszystkich warunków w jednym urządzeniu. Na przykład przy pomiarze zdalnym poziomu wody nie jest potrzebny tak krótki czas ustalania wskazań, jak np. przy pomiarze mocy. W pierwszym przypadku wystarczający jest czas ustalania się wskazań ok. 1000 sek., gdy przy pomiarze mocy zwykle potrzebny jest czas ustalania równy ok. 3—4 sek. Przy pomiarach w sieciach elektrycznych, pracujących na granicy stateczności, czas ustalania powinien być jeszcze krótszy, a przy pomiarach przebiegów oscylacji w sieci przesyłowej musi być nawet mniejszy od jednej sekundy.

3. Rodzaje systemów telemetrycznych.

Najprostszy system przesyłania pomiarów na odległość polega na wyzyskaniu natężenia prądu stałego wzgl. zmiennego, jako wielkości pomocniczej. System ten jednak nadaje się tylko na niewielkie odległości i nie może być stosowany bezpośrednio do przesyłania pomiarów na liniach dalekosieźnych. Systemy telemetryczne opisane niżej mogą być stosowane zarówno w zwykłych łączach dalekosieźnych jak też w łączach na liniach wysokiego napięcia. W systemach tych wielkość mierzona określona jest wielkością pomocniczą, niezależną od własności linii, tzn. częstotliwością prądu zmiennego lub też impulsami prądu.

Przesyłanie pomiarów na odległość przebiega w sposób następujący. Na stacji nadawczej pomiar wielkości mierzonych odbywa się za pomocą nadawczych przyrządów pomiarowych. Przetwarzanie wielkości mierzonych na elektryczne wielkości pomocnicze odbywa się przy pomocy przetworników nadawczych. W przetwornikach tych przetwarzają się przebiegi mechaniczne na przebiegi elektryczne. Sygnały elektryczne, otrzymywane z przetworników, oddziałują na nadajniki telemetryczne, które wysyłają sygnały telemetryczne o częstotliwości akustycznej, nadające się do teletransmisji na zwykłych liniach telekomunikacyjnych dalekosieźnych. W przypadku przesyłania sygnałów telemetrycznych inną drogą, np. po przewodach wysokiego napięcia lub drogą radiową, należy stosować na stacji nadawczej nadajniki telemetryczne wielkiej częstotliwości, a na stacji odbiorczej — odbiorniki wielkiej częstotliwości. Sygnały telemetryczne o częstotliwości akustycznej przekształca się w odbiornikach telemetrycznych i przetwornikach odbiorczych na nową wielkość pomocniczą (siłę mechaniczną lub prąd stały), która oddziałuje na odbiorcze przyrządy pomiarowe. Przetwornikami telemetrycznymi odbiorczymi nazywamy układy, w których odbywa się przetwarzanie przebiegów elektrycznych na mechaniczne oraz ewent. dalsze przetwarzanie przebiegów mechanicznych na elektryczne. W niektórych systemach telemetrycznych przetworniki odbiorcze nie są stosowane i prąd wyjściowy z odbiornika oddziałuje bezpośrednio na telemetryczny przyrząd odbiorczy.

Istnieją cztery zasadnicze systemy telemetryczne dalekosieźne, a mianowicie:

I) system czasu impulsów, w którym czas trwania impulsów, względnie przerwy prądu, zależy od wielkości mierzonych;

II) system liczby impulsów, w którym liczba impulsów jest zależna od wielkości mierzonych;

III) system częstotliwości impulsów, w którym częstotliwość impulsowania jest zależna od wielkości mierzonych;

IV) system prądów sinusoidalnych.

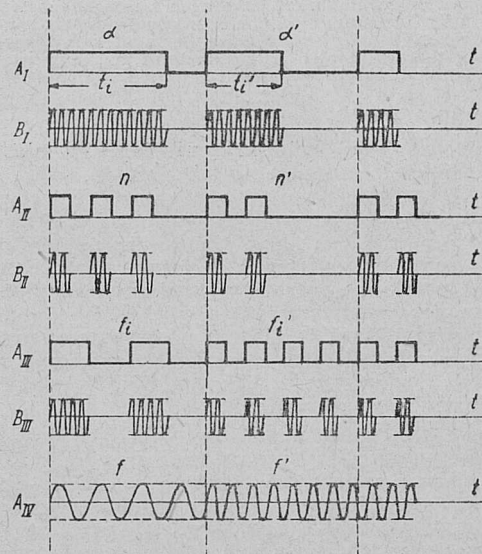
Stosowane są trzy rodzaje systemów prądów sinusoidalnych:

IVa) system prądu sinusoidalnego małej częstotliwości (od kilku do kilkudziesięciu c/s),

IVb) system prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej (od kilkuset do kilku tysięcy c/s),

IVc) system prądu sinusoidalnego wielkiej częstotliwości (od kilkudziesięciu tysięcy c/s wzwyż).

Na rys. 1 przedstawione są przebiegi elektryczne wszystkich wyżej wymienionych systemów telemetrycznych.



Rys. 1. Przebiegi sygnałów w różnych systemach telemetrycznych

α, α' — dwie różne wielkości mierzone
 t_i, t_i' — czas trwania impulsu prądu
 n, n' — liczba impulsów w serii
 f_i, f_i' — częstotliwość impulsowania
 f, f' — częstotliwość prądu sinusoidalnego

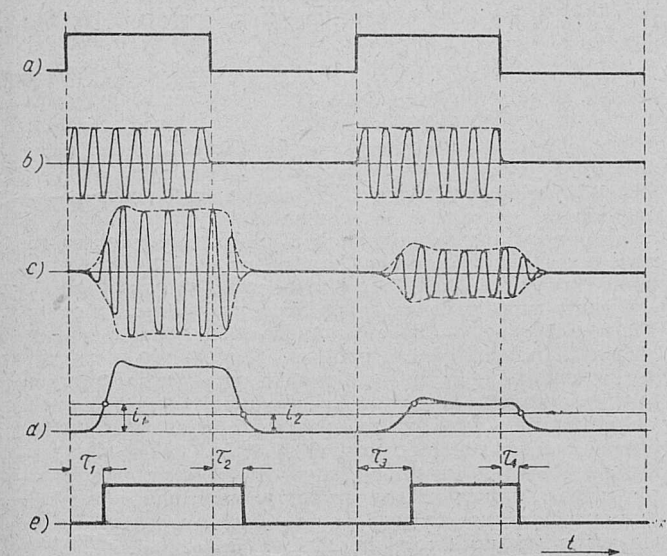
¹⁾ Analogicznie do przepisów, dotyczących zwykłych przyrządów pomiarowych, w teledetrii jako czas ustalania przyjęto czas liczony w sekundach od momentu, kiedy wartość nadawana uległa nagłej zmianie od zera do 2/3 wartości maksymalnej, do momentu, kiedy skazówka przyrządu odbiorczego poruszając się od zera osiągnie $\pm 1,5\%$ swego ostatecznego wychylenia.

Wykres A_I przedstawia przebieg impulsów prądu stałego w systemie czasu impulsów przy dwóch różnych wielkościach mierzonych α i α' . Wykres B_I podaje takie same przebiegi przy przesyłaniu impulsów prądu zmiennego. Na wykresie A_{II} przedstawione są impulsy prądu stałego oraz na wykresie B_{II} — impulsy prądu zmiennego w systemie liczby impulsów dla dwóch wielkości mierzonych. Przebiegi impulsów na wykresie A_{III} i B_{III} dotyczą systemu częstotliwości impulsów i dwóch wielkości mierzonych. Wreszcie na wykresie A_{IV} przedstawiony jest przebieg prądu zmiennego w systemie prądu sinusoidalnego; przebieg ten podany jest dla dwóch wielkości mierzonych.

Systemy impulsowe.

W systemach czasu, liczby, wzgl. częstotliwości impulsów wielkości mierzone są przekształcane najpierw na impulsy prądu stałego, a następnie na impulsy prądu zmiennego o częstotliwości akustycznej. Na stacji odbiorczej sygnały teletetryczne o częstotliwości akustycznej przetwarzane są w odbiornikach teletetrycznych i ewent. w przetwornikach odbiorczych na nową wielkość pomocniczą w postaci siły mechanicznej lub natężenia prądu stałego, które oddziaływają na przyrząd odbiorczy.

Przy przesyłaniu impulsów w łączach dalekosiężnych dokładność pomiarów zdalnych zależy w dużym stopniu od kształtu impulsów odbieranych. Im mniejsze są zniekształcenia prostokątnego kształtu impulsów, tym dokładność pomiarów jest większa. Na rys. 2 podano wpływ



Rys. 2. Powstawanie zniekształceń impulsów teletetrycznych

- i_1 — prąd przyciągania przekaźnika odbiorczego
- i_2 — prąd zwalniania przekaźnika odbiorczego
- $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$ — opóźnienie działania przekaźnika odbiorczego

zniekształceń impulsów na działanie odbiorników teletetrycznych. Na wykresie 2a podano przebieg impulsów prądu stałego, na wykresie zaś 2b — impulsów prądu zmiennego wysyłanych na linię. Wykres 2c przedstawia przebieg impulsów po przejściu przez linię dalekosiężną. Zniekształcenia impulsów są spowodowane działaniem pojemności i indukcyjności oraz zjawiskami nieustalonymi w linii. Na wykresie 2d podano przebieg impulsów prądu wyprostowanego, działającego na przekaźnik odbiorczy lub na inne urządzenie odbiorcze. Wykres 2e podaje przebieg działania tego przekaźnika odbiorczego: przyciąga on przy prądzie i_1 , a zwalnia przy i_2 (wykres 2d). Różnice w opóźnieniach działania przekaźnika odbiorczego (np. τ_3 większe od τ_4) mogą być wywołane zmianami tłumienia linii (pierwszy impuls na wykresie 2c jest odbierany przy mniejszym, drugi przy większym tłumieniu). Jak widać z porównania wykresów impulsów nadawanych i odbieranych (wykresy 2a i 2e), długość impulsów jest zniekształ-

cona, co powoduje uchyb pomiaru zdalnego, szczególnie w systemie czasu impulsu. Uchyb teletetryczny będzie tym większy, im krótszy jest czas impulsu wzgl. przerwy. Dlatego też w systemie czasu impulsów stosuje się stosunkowo długi okres impulsowania (rzędu 0,5 sek. i więcej). System ten nie nadaje się do pomiarów w przypadkach szybkich zmian wielkości mierzonej.

Zniekształcenia impulsów teletetrycznych określa się według wzoru

$$(1) \quad d = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{a_s} 100\%,$$

- gdzie $\tau_{\max}$ — największe opóźnienie działania,
- $\tau_{\min}$ — najmniejsze opóźnienie działania,
- a_s — czas trwania najkrótszego impulsu wysyłanego

Przy systemie impulsów, gdy czas trwania impulsów będzie równy przerwie pomiędzy impulsami,

$$(2) \quad a_s = \frac{1}{2 f_{\max}},$$

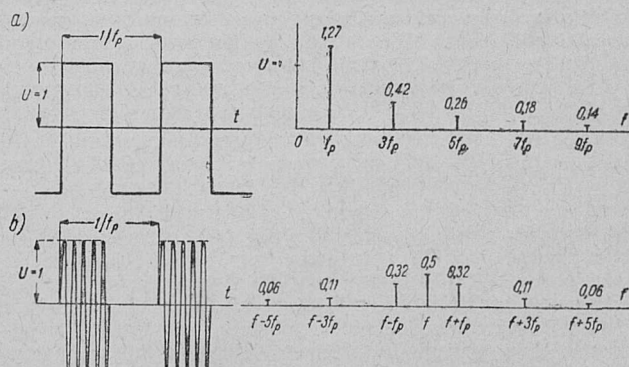
gdzie $f_{\max}$ — największa częstotliwość impulsowania.

Oprócz wyżej opisanych uchybów występują jeszcze w systemie czasu impulsów uchyby niestale w czasie. Spowodowane one są działaniem przekaźników w różnych momentach czasu zależnie od regulacji.

W systemach liczby impulsów wymienione wyżej uchyby nie występują, jeżeli nie stosuje się zbyt krótkich impulsów. System ten może być stosowany przy dowolnych zmianach wielkości mierzonych. Okres serii impulsów zwykle wynosi kilka sekund.

Wady wyżej opisanych systemów impulsowych nie występują w tak silnym stopniu w systemie częstotliwości impulsów. W systemie tym uchyby, wywołane zniekształceniem impulsów, w normalnych warunkach nie są duże i występują głównie w czasie zmian wielkości mierzonej, co się może uwidocznić np. w przyrządach odbiorczych rejestrujących. W dobrych urządzeniach teletetrycznych systemu częstotliwości impulsów uchyb pomiaru wynosi 1,5—2,0% przy pełnym wychyleniu przyrządu pomiarowego. System częstotliwości impulsów znacznie szybciej reaguje na zmiany wielkości mierzonych i dlatego jest najczęściej stosowany spośród wszystkich systemów impulsowych. W praktyce w systemie tym częstotliwość impulsowania nie przekracza zakresu 2—25 c/s.

W systemach impulsowych zakres przesyłanych częstotliwości w łączu teletetrycznym musi być znacznie większy od zakresu podstawowych częstotliwości impulsowania. Przesyła się tu bowiem impulsy prostokątne zawierające szereg różnych częstotliwości. Częstotliwości te są równe wielokrotnościom częstotliwości podstawowej i tworzą ciągle widmo częstotliwości. Na rys. 3a podane jest



Rys. 3. Widmo częstotliwości w systemach impulsowych

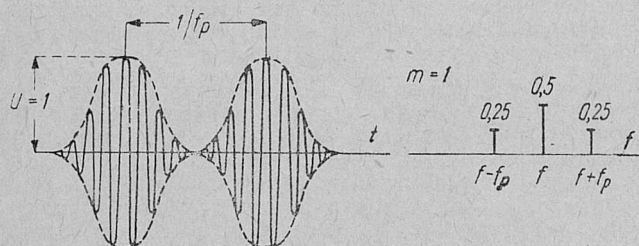
- U — amplituda napięcia sygnału
- f_p — podstawowa częstotliwość impulsowania
- f — częstotliwość prądu nośnego

widmo częstotliwości impulsów prostokątnych prądu stałego, a na rys. 3b — impulsów prądu zmiennego o kształcie prostokątnym. W praktyce przy przesyłaniu teleme-

trycznych impulsów prądu zmiennego nie można ze względu na zniekształcenia pominąć 3-ej harmonicznej częstotliwości impulsowania, tzn. szerokość pasma częstotliwości przenoszonych musi być równa ok. 6-krotnej wielkości największej częstotliwości podstawowej impulsów $f_{\max}$. Jeżeli najkrótszy impuls telemetryczny a_s trwa 50 msek., to najwyższa częstotliwość podstawowa $f_{\max} = 20$ c/s. Zatem szerokość pasma przenoszonego powinna być w tym przypadku nie mniejsza od ok. 120 c/s. Jeżeli częstotliwość prądu zmiennego wynosi np. 1000 c/s, to — jak wynika z teorii modulacji — pasmo przenoszone powinno być zawarte w granicach 940—1060 c/s. W praktyce w systemie częstotliwości impulsów stosuje się pasmo przenoszone o szerokości od 60 do 150 c/s. Ze względu na to, że system częstotliwości impulsów, a tym bardziej systemy czasu i liczby impulsów, zajmują stosunkowo wąskie pasmo częstotliwości, noszą one nazwę systemów wąskopasmowych. Szerokość pasma przenoszenia wpływa na czas ustalania pomiaru zdalnego. W systemie częstotliwości impulsów czas ustalania jest rzędu 3—8 sek.

Systemy prądów sinusoidalnych.

W systemie prądu sinusoidalnego małej częstotliwości (IVA) sygnały telemetryczne przesyłane są w łączu dalekosieżnym zwykle za pomocą prądów nośnych o częstotliwości akustycznej w systemie modulacji amplitudy. Może być jednak stosowane bezpośrednie przesyłanie sygnałów telemetrycznych małej częstotliwości (od kilku do kilkudziesięciu c/s), jeżeli w łączach dalekosieżnych jest do dyspozycji zakres podakustyczny. Na rys. 4 przedsta-



Rys. 4. Widmo częstotliwości w systemie prądu sinusoidalnego przy modulacji amplitudy, gdy głębokość modulacji $m = 1$

f — częstotliwość prądu nośnego

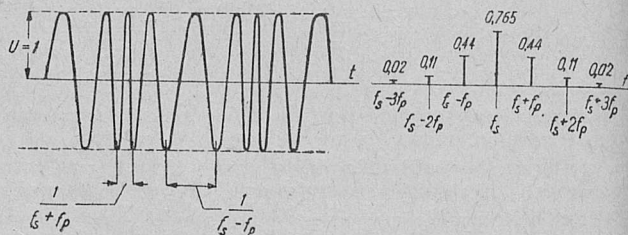
f_p — częstotliwość sygnału modulującego

wiono przebieg sygnałów telemetrycznych według systemu prądu sinusoidalnego m. cz., przesyłanych za pomocą modulacji amplitudy oraz podano odpowiednie widmo częstotliwości przy głębokości modulacji $m = 1$.

W telemetrycznych systemach prądów sinusoidalnych małej częstotliwości nie występują harmoniczne częstotliwości podstawowej, a zatem, zgodnie z teorią modulacji amplitudy, szerokość pasma przenoszonego wynosi dwukrotną wartość największej częstotliwości podstawowej, tzn. $2f_{\max}$. Jeżeli $f_{\max} = 60$ c/s, to przy modulacji prądu nośnego np. 1000 c/s łącze telemetryczne powinno przenosić pasmo 940—1060 c/s. Jest to ta sama szerokość pasma, co w systemie częstotliwości impulsów przy $f_{\max} = 20$ c/s. W systemie prądu sinusoidalnego m. cz. w odbiornikach zwykle przekształca się prąd sinusoidalny na prąd prostokątny. W rezultacie przy takiej samej szerokości pasma łącza telemetrycznego uzyskuje się na stacji odbiorczej prostokątny przebieg prądu o ok. 3-krotnie większej częstotliwości, niż w systemie częstotliwości impulsów. Z tego względu w powyższych warunkach osiąga się ok. 3-krotnie krótszy czas ustalania, co jest dużą zaletą systemu prądu sinusoidalnego m. cz. W praktyce w systemie tym częstotliwości prądów telemetrycznych nie przekraczają zakresu 5—60 c/s. Czas ustalania się w telemetrycznych urządzeniach transmisyjnych jest rzędu 0,5 sek.

W najnowszych urządzeniach telemetrycznych według systemu prądu sinusoidalnego m. cz. zamiast przesyłania sygnałów za pomocą modulacji amplitudy (rys. 4) stosuje

się przesyłanie sygnałów telemetrycznych za pomocą modulacji częstotliwości (rys. 5). Jeżeli przyjąć, że środkowa



Rys. 5. Widmo częstotliwości w systemie prądu sinusoidalnego przy modulacji częstotliwości, gdy współczynnik modulacji $m = 1$

f_s — środkowa częstotliwość pasma przenoszonego

f_p — częstotliwość sygnału modulującego

częstotliwość pasma przenoszonego jest równa f_s , a odchylenie częstotliwości (dewiacja) wynosi Δf , to największej wartości prądu (rys. 4) odpowiada częstotliwość $f_s + \Delta f$, a najmniejszej wartości prądu — częstotliwość $f_s - \Delta f$. W systemie tym przyjmuje się współczynnik modulacji (tzn. stosunek dewiacji Δf do największej częstotliwości modulującej $f_{\max}$) $m = 1$. Na rys. 5 podano widmo częstotliwości przy wyżej opisanej modulacji częstotliwości. Na wykresie tym f_s przedstawia środkową częstotliwość pasma, a f_p — częstotliwość modulującą. Wykres jest sporządzony dla współczynnika modulacji $m = 1$ ($\Delta f = f_p$). Jak wynika z podanego widma częstotliwości, amplitudy wstęg bocznych drugiej pary częstotliwości ($f \pm 2f_p$) oraz wyższych częstotliwości bardzo szybko maleją, zatem nie mają praktycznego znaczenia. Natomiast amplitudy podstawowych wstęg bocznych $f_s \pm f_p$ są znacznie większe niż przy przesyłaniu według modulacji amplitudy (rys. 4). Przy jednakowych zniekształceniach sygnałów telemetrycznych i jednakowej szerokości pasma największa częstotliwość podstawowa przy modulacji częstotliwości może być mn. w 1,5-krotnie większa niż przy przesyłaniu za pomocą modulacji amplitudy. W systemie prądu sinusoidalnego małej częstotliwości zniekształcenia wprowadzane przez linię praktycznie nie wywierają wpływu w nowoczesnych odbiornikach telemetrycznych na dokładność pomiaru. Szczególnie niewrażliwy na zakłócenia w linii jest system przesyłania sygnałów telemetrycznych za pomocą modulacji częstotliwości. Uchyb pomiaru jest bardzo mały i zależy głównie od budowy urządzeń telemetrycznych. Zwykle uchyb ten wynosi od 1% do 2% przy pełnym wychyleniu przyrządu odbiorczego. Ze względu na wyżej wymienione zalety systemu prądu sinusoidalnego m. cz. obecnie wypiera z użycia system częstotliwości impulsów.

Wszystkie wyżej opisane systemy telemetryczne do przesyłania sygnałów w łączach dalekosieżnych wymagają zastosowania modulacji w celu przesunięcia częstotliwości telemetrycznych do zakresu akustycznego. W systemie prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej sygnały telemetryczne posiadają częstotliwość akustyczną, zatem urządzenia nadawcze i odbiorcze są prostsze. Ponadto w urządzeniach tych nie stosuje się przekładników, przerywaczy komutatorowych, silniczków i tym podobnych urządzeń elektromechanicznych. Dzięki temu system prądu sinusoidalnego o częstotliwości akustycznej jest pewniejszy w działaniu. Zaletą systemów impulsowych w porównaniu z systemem prądu sinusoidalnego o częstotliwości akustycznej jest to, że nie wymagają one dużej stałości częstotliwości generatorów akustycznych napięcia impulsowanego, gdyż jako wielkość pomocnicza służy w nich jedynie sposób impulsowania.

W systemie prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej przekształcanie wielkości mierzonej na wielkość pomocniczą odbywa się za pomocą przetworników nadawczych i nadajników telemetrycznych. Nadajniki te zawierają generatory akustyczne, których częstotliwość oscylacji jest zmieniana w sposób ciągły za pomocą przetworników nadawczych. Zmiany częstotliwości odbywają się tu w stosunkowo szerokim zakresie, a zatem łącze telemetryczne musi również posiadać odpowiednio szerokie

pasma przenoszenia. Zwykle stosuje się szerokość pasma rzędu od 300 do 500 c/s. Spółczynnik modulacji częstotliwości stosuje się tu rzędu 1 — 2, a najwyższa przesyłana częstotliwość telemetryczna wynosi od 100 do 250 c/s. Jak wynika z powyższego, system ten, zwany szerokopasmowym, posiada znacznie większą prędkość pomiaru i nadaje się do pomiaru szybko zmieniających się wielkości mierzonych. Często wykorzystuje się go do tzw. pomiarów cyklicznych (ob. niżej rozdz. 9), w których łączy telemetryczne wraz z nadajnikiem i odbiornikiem telemetrycznym przylączy się synchronicznie do różnych przetworników nadawczych i telemetrycznych przyrządów odbiorczych. Dzięki temu, że w omawianym systemie czas ustalania jest bardzo mały, przełączanie cykliczne może odbywać się dość szybko, np. w nowszych urządzeniach co 1 sek. W systemie prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej przekształcenie prądu zmiennego na prąd stały odbywa się wprost w odbiornikach telemetrycznych. Prąd stały otrzymywany z odbiorników jest zależny od częstotliwości sygnałów odbieranych i oddziałuje na telemetryczny przyrząd odbiorczy. W systemie prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej uchyb pomiaru zdalnego jest niewielki i zależy w głównej mierze od niestaości częstotliwości generatorów akustycznych. Uchyb ten wynosi zwykle 1 — 2%.

Wszystkie opisane wyżej systemy telemetryczne pozwalają na przesyłanie pomiarów zdalnych za pomocą sygnałów telemetrycznych o częstotliwościach akustycznych. W celu przesyłania pomiarów według tych systemów za pośrednictwem przewodów wysokiego napięcia należy zastosować modulację prądów wielkiej częstotliwości za pomocą tych właśnie sygnałów o częstotliwości akustycznej. Istnieją jednak systemy telemetryczne, tzw. systemy prądu sinusoidalnego wielkiej częstotliwości, w których wprost z nadajników otrzymuje się prądy wielkiej częstotliwości, bez pomocy modulatorów. Dzięki temu unika się potrzeby stosowania specjalnych nadajników wielkiej częstotliwości. W zasadzie systemy te nie różnią się od systemu prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej. Różnica polega jedynie na tym, że stosuje się tu generatory wielkiej częstotliwości zamiast generatorów akustycznych. Ponadto stosuje się większe odchylenie częstotliwości, mianowicie ok. 500 c/s, dzięki czemu czas ustalania jest jeszcze mniejszy, niż w systemie prądu sinusoidalnego o częstotliwości akustycznej.

Telemetryczne systemy prądów sinusoidalnych mogą być łatwo stosowane prawie dla wszystkich rodzajów pomiarów. Do takich pomiarów jak np. pomiar mocy, napięcia i tym podobnych wielkości, mierzonych za pomocą kąta odchylenia skazówki przyrządu, nadają się najlepiej systemy prądów sinusoidalnych częstotliwości akustycznej oraz wielkiej częstotliwości. Natomiast do pomiarów wielkości średnich i całkowitych, jak np. zużycie energii itp., mierzonych zwykle za pomocą przyrządów pomiarowych wirujących, najprostsze w zastosowaniu są systemy prądu sinusoidalnego małej częstotliwości oraz systemy częstotliwości impulsów.

4. Telemetryczne przyrządy i przetworniki nadawcze.

Zadaniem telemetrycznych przyrządów i przetworników nadawczych jest oddziaływanie na nadajniki telemetryczne w sposób, umożliwiający przekształcenie wielkości mierzonej na odpowiednią wielkość pomocniczą. Konstrukcja telemetrycznych przyrządów i przetworników nadawczych zależna jest w dużej mierze od systemu telemetrycznego.

A. Przyrządy i przetworniki nadawcze systemu czasu impulsów

Zadaniem przyrządów i przetworników nadawczych w telemetrycznym systemie czasu impulsów jest oddziaływanie na nadajniki telemetryczne w sposób, umożliwiający periodyczne wysyłanie impulsów prądu, których czas trwania wzgl. przerwy zależy od wielkości mierzonej. Charakter tej zależności może być różny, jednak w większości przypadków stosuje się zależność proporcjonalną

$$(3) \quad t_i = k_1 A$$

lub

$$(4) \quad t_p = k_2 A = T - t_i,$$

gdzie t_i — czas trwania impulsu prądu,

t_p — czas trwania przerwy prądu,

T — okres impulsowania.

W praktyce przyjmuje się zwykle najmniejszy czas trwania impulsu wzgl. przerwy ok. $(0,1-0,2)T$, a największy ok. $(0,8-0,9)T$. Dzięki temu przy każdej wartości mierzonej, nawet równej zeru, wysyłane są impulsy na linię. W ten sposób uzyskuje się sprawdzenie działania całego urządzenia telemetrycznego, gdyż w przypadku jakiegokolwiek uszkodzenia impulsy nie będą odbierane i skazówka przyrządu odbiorczego wychyli się poza zakres skali. Ma to również duże znaczenie przy stosowaniu telemetrii w połączeniu z automatyczną regulacją zdalną dla otrzymywania sygnałów telemetrycznych nawet w przypadku, gdy wielkość regulowana przekroczy dolną wzgl. górną granicę.

Czas impulsu uzależnia się zwykle od kąta odchylenia skazówki przyrządu nadawczego.

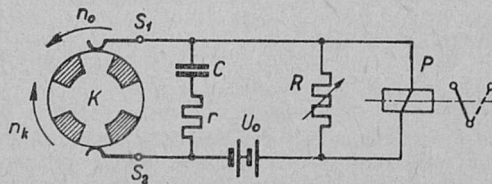
B. Telemetryczne przyrządy i przetworniki nadawcze systemu liczby impulsów

W telemetrycznym systemie liczby impulsów zadanie przetworników nadawczych polega na oddziaływaniu na nadajniki telemetryczne w sposób, umożliwiający okresowe wysyłanie serii impulsów, których liczba w każdej serii zależy od wielkości mierzonej. Zwykle jest to zależność proporcjonalna. Liczbę impulsów uzależnia się od kąta odchylenia skazówki przyrządu nadawczego. Dla uzyskania kryterium sprawdzenia działania urządzeń telemetrycznych stosuje się najmniejszą liczbę impulsów w serii (np. przy wartości mierzonej równej zeru) równą jedności lub większą od jedności. Konieczne jest to również przy przesyłaniu pomiarów zdalnych i współpracy telemetrii z samoczynną regulacją zdalną.

C. Telemetryczne przyrządy i przetworniki nadawcze dla systemu częstotliwości impulsów

Zadaniem telemetrycznych przyrządów i przetworników nadawczych w systemie częstotliwości impulsów jest oddziaływanie na nadajniki telemetryczne w sposób, umożliwiający ciągłe wysyłanie impulsów prądu, przy czym częstotliwość impulsowania jest zmienna i zależna od wartości mierzonej. System ten może być stosowany przy pomiarach prawie wszystkich wielkości elektrycznych i mechanicznych. Najdogodniejszy jest jednak przy zastosowaniu przyrządów pomiarowych wirujących, w których wielkość mierzona określana jest za pomocą liczby obrotów na jednostkę czasu, a więc przede wszystkim przy użyciu liczników elektrycznych. W prosty sposób można również stosować system częstotliwości impulsów np. przy przesyłaniu na odległość pomiarów napięcia stałego, prądu stałego, prędkości wiatru, zużycia wody itp. W powyższych przypadkach wielkość mierzona bezpośrednio oddziałuje na wirujący przyrząd pomiarowy. Przy pomiarach takich wielkości, jak np. poziom wody, ciśnienie itp., trzeba już stosować wielostopniową przemianę za pomocą urządzeń pośrednich. Zadanie ich polega zwykle na wytwarzaniu prądu stałego proporcjonalnego do wielkości mierzonej i uruchamiającego np. licznik miliamperogodzinowy.

W przetwornikach nadawczych wg systemu częstotliwości impulsów na osi pomiarowego przyrządu wirującego znajduje się komutator K (rys. 6), którego prędkość



Rys. 6. Obwód przerywacza komutatorowego

n_0 — prędkość (początkowa) obrotu szczotek S_1 , S_2

n_k — prędkość obrotu komutatora K

r , C — układ gasikowy

R — opór do kompensacji zniekształceń przekazywnika P

obrotowa zależna jest od wielkości mierzonej. Komutator posiada kilka wycinków izolowanych. Do powierzchni komutatora dotykają dwie szczotki S_1 i S_2 . W czasie obro-

tów komutatora powstają impulsy prądu przy włączaniu i przerywaniu obwodu pomiędzy szczotkami, a częstotliwość tych impulsów jest proporcjonalna do liczby obrotów komutatora:

$$(5) \quad f_i = k n_k,$$

gdzie k jest liczbą wycinków komutatora, a n_k — liczbą obrotów na sekundę.

Z przyczyn podobnych, jak w poprzednio opisanych systemach, nie stosuje się najmniejszej częstotliwości impulsowania równej zero (np. przy wartości mierzonej równej zero), lecz zawsze większą, a mianowicie równą ok. 10–20% największej częstotliwości impulsowania, tzn. ok. 1–3 c/s. Dzięki temu oprócz takich zalet, jak stała kontrola działania urządzeń i możliwość stosowania samoczynnej regulacji zdalnej współpracującej z telemetrią (impulsowanie trwa nawet w przypadku przekroczenia dolnej granicy), uzyskuje się większą prędkość wskazań.

Jeżeli pomiarowy przyrząd wirujący po stronie nadawczej nie kręci się stale w zakresie zmian wartości mierzonych, np. zatrzymuje się dla wartości mierzonej równej zero, to dla uzyskania w tym przypadku pewnej określonej częstotliwości impulsowania f_0 nadaje się stały ruch obrotowy szczotkom S_1 i S_2 . Wtedy częstotliwość impulsowania będzie równa

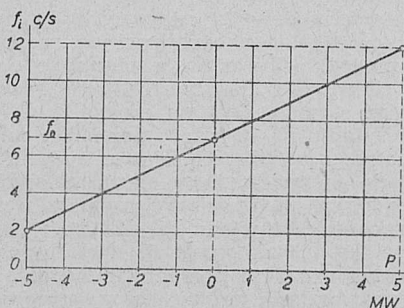
$$(6) \quad f_i = k(n_0 \pm n_k) = f_0 \pm k n_k,$$

gdzie n_0 — liczba obrotów szczotek w ciągu 1 sek.,

n_k — liczba obrotów komutatora w ciągu 1 sek.,

k — liczba wycinków komutatora.

Sposób powyższy pozwala nie tylko na przesyłanie pomiarów wartości mierzonej równej zero, ale również wartości mierzonych, dla których prędkości obrotów szczotek i komutatora będą się odejmować. Oczywiście i w tym przypadku przy największej wartości ujemnej, mierzonej zdalnie, częstotliwość impulsowania nie może być równa zero, lecz wynosi ok. 1–3 c/s. Rys. 7 podaje przy-



Rys. 7. Charakterystyka częstotliwości impulsowania

f_i — częstotliwość impulsowania

f_0 — częstotliwość początkowa

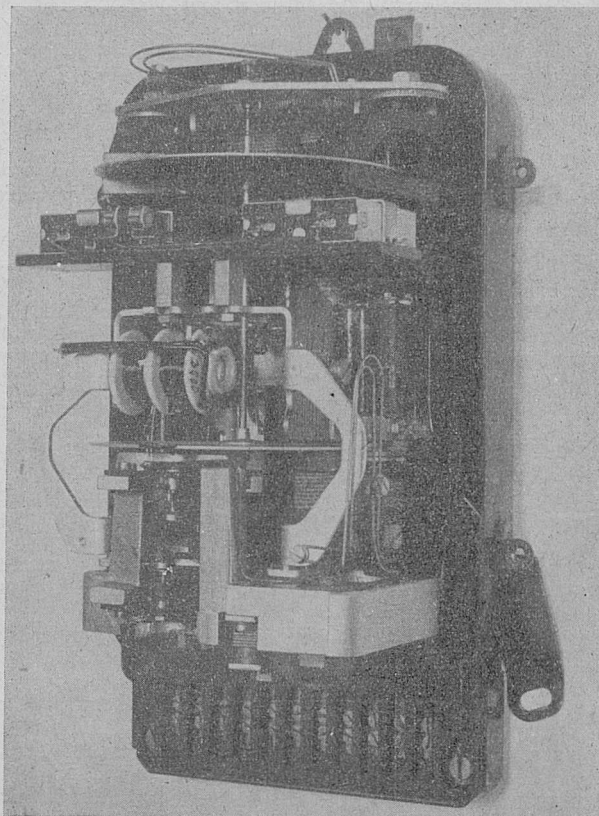
P — moc mierzona

kład charakterystyki częstotliwości impulsowania w zależności od wielkości mocy elektrycznej i kierunku przepływu energii.

Zamiast obracania szczotek ze stałą prędkością stosuje się również inny sposób uzyskiwania początkowej częstotliwości f_0 . Polega on na tym, że na osi przetwornika nadawczego, np. licznika elektrycznego działa stały moment obrotowy, wywołany przez silniczek pomocniczy, szczotki zaś są nieruchome. Sposób ten jest lepszy od poprzedniego, gdyż dzięki temu, że osi przetwornika nadawczego stale jest w ruchu, unika się oporów tarcia, które muszą być pokonane przy każdym rozruchu. Dzięki temu pomiary są dokładniejsze. Metoda stosowania częstotliwości początkowej f_0 ma — oprócz wyżej wymienionych zalet — i tę, że wpływa korzystnie na skrócenie czasu ustalania się pomiarów zdalnych oraz na zmniejszenie drgań skazówki odbiorczego przyrządu pomiarowego.

W przetwornikach nadawczych wirujących włącza się zwykle do obwodu impulsowania polaryzowany przekaznik nadawczy P o dużej czułości. Dzięki temu prąd płynący w tym obwodzie może być niewielki, co wpływa bardzo korzystnie na trwałość i pewność pracy komutatora. Podany na rys. 6 opór zmienny R służy do kompensacji różnic bezwładności przekazywnika przy przyciąganiu i zwalnianiu zwory. Dzięki tej kompensacji zmniejszają się zniekształcenia impulsów. Równolegle do szczotek włączony jest tzw. układ gasikowy r, C , stosowany w praktyce przy stykach impulsujących i służący do stłumienia iskier podczas pracy komutatora.

Najczęściej stosowanym przetwornikiem nadawczym systemu częstotliwości impulsów jest licznik trójfazowy, na którego osi znajduje się komutator oraz stale obracające się szczotki. Na rys. 8 podano wygląd takiego prze-



Rys. 8. Widok zewnętrzny przetwornika telemetrycznego do pomiaru mocy elektrycznej

twornika nadawczego w wykonaniu S. & H. Ponieważ prędkość obrotów licznika jest proporcjonalna do mocy elektrycznej, więc częstotliwość impulsowania f_i będzie również proporcjonalna do mocy P ;

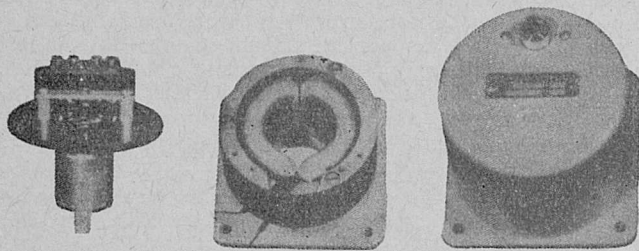
$$(7) \quad f_i = f_0 + k_1 P.$$

Można również zastosować licznik indukcyjny do pomiaru napięcia lub prądu zmiennego. Częstotliwość impulsowania będzie wtedy proporcjonalna do kwadratu napięcia czy prądu.

Napięcie w sieci wysokonapięciowej zwykle zmienia się w wąskich granicach np. od 85% do 110% wartości znamionowej. Dlatego też przy pomiarach zdalnych napięcia wygodnie jest ograniczyć zakres wartości mierzonych do roboczej skali zmian napięcia. Stosuje się w tym celu specjalne przetworniki nadawcze, w których częstotliwość impulsowania zmienia się w pełnym zakresie przy wahanach napięcia w granicach roboczej skali zmian napięcia (system CLEM opracowany w Z.S.R.R.).

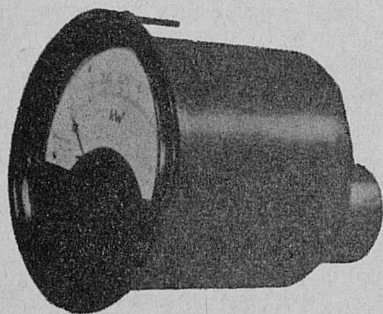
Opisane wyżej sposoby wykorzystania liczników indukcyjnych nadają się tylko do pomiarów wielkości elektrycznych prądu zmiennego (mocy, napięcia i natężenia). Uniwersalny układ licznika do pomiarów wszelkich wiel-

go wariometru, umocowanego na osi przyrządu pomiarowego. Dla uzyskania dużej stałości częstotliwości generatorów wariometr ten musi posiadać możliwie mały opór rzeczywisty. Na rys. 10 podano przykład konstrukcji



Rys. 10. Wariometryczny nadawczy przetwornik telemetryczny

takiego wariometru w wykonaniu firmy Brown Boveri Co. Cewka ruchoma wariometru (a), wykonana w postaci ramki, obraca się na zewnątrz okrągłego rdzenia żelaznego i jest umieszczona wewnątrz cewki nieruchomej (b), nawiniętej również na rdzeniu żelaznym. Kąt obrotu cewki ruchomej zmienia się w granicach od 0° do 90° . Cały wariometr po złożeniu ma kształt pudełka (c) i jest wykonany w formie przystawki, nadającej się do montażu na tylnej stronie przyrządu pomiarowego. Na rys. 11



Rys. 11. Watomierz tablicowy z przymocowanym przetwornikiem wariometrycznym

przedstawiony jest wygląd normalnego tablicowego watomierza z przymocowaną przystawką wariometryczną. Jeżeli wariometr nadawczy jest oddalony od nadajnika telemetrycznego, to połączenie pomiędzy tymi urządzeniami wykonywa się za pomocą kabla wielkiej częstotliwości, posiadającego małą pojemność własną. Opisany wariometr jest częścią składową obwodu rezonansowego oscylatora lampowego. Włączony on jest szeregowo ze stałą indukcyjnością w tym obwodzie.

5. Nadajniki telemetryczne.

Zadaniem telemetrycznych nadajników jest przekształcenie wielkości mierzonej przy pomocy przetworników nadawczych na elektryczną wielkość pomocniczą, zależną od wartości mierzonej.

Zasada budowy nadajników telemetrycznych zależy od zasady działania przetworników telemetrycznych, od systemu telemetrycznego oraz od sposobu przesyłania sygnałów telemetrycznych w łączu dalekosieśnym.

A. Nadajniki telemetryczne systemów impulsowych.

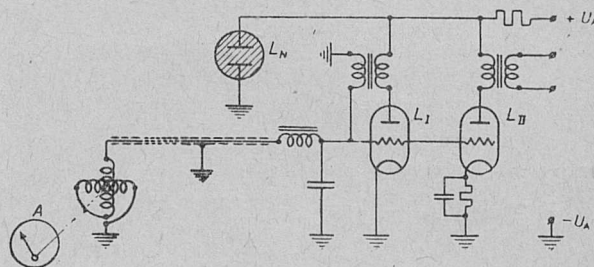
Zasadniczo dla systemów czasu, liczby wzgl. częstotliwości impulsów mogą być stosowane nadajniki telemetryczne jednakowego typu. Najprostsze nadajniki składają się z wzmacniaczy prądu stałego lub wzmacniaczy małej częstotliwości. W nadajnikach, służących do wysyłania sygnałów o częstotliwości akustycznej, stosuje się oscylatory lampowe, modulatory przekątnikowe lub prostownikowe itp. Ponadto stosowane są wzmacniacze końcowe w celu zwiększenia mocy impulsów prądów o częstotliwości akustycznej.

B. Nadajniki telemetryczne systemów prądów sinusoidalnych

Nadajniki telemetryczne systemów prądów sinusoidalnych małej częstotliwości zwykle różnią się od nadajników systemów impulsowych pod względem zasady działania modulatorów. Budowa nadajników systemu prądów sinusoidalnych zależy od metody modulacji, lecz zasadniczo nie zależy od rodzaju przetwornika nadawczego.

Nadajniki telemetryczne systemu prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej i wielkiej częstotliwości różnią się zasadniczo od wszystkich opisanych wyżej nadajników. Wynika to stąd, że w przetworniku nadawczym użyty jest element strojeniowy oscylatora, przy pomocy którego przekształca się wielkość mierzoną. Zasada przekształcenia wielkości mierzonej na wielkość pomocniczą polega zatem na modulacji częstotliwości. Amplituda prądu zmiennego wysyłanego przez nadajniki jest stała, zmienia się jedynie częstotliwość prądu wysyłanego. Do wytwarzania prądów zmiennych stosuje się obecnie wyłącznie oscylatory lampowe. Zakresy częstotliwości oraz zasady budowy nadajników telemetrycznych systemu prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej różnią się od siebie w dość znacznym stopniu.

Przykład budowy nadajnika telemetrycznego z zastosowaniem zmiennej indukcyjności jako elementu strojeniowego przedstawiony jest na rys. 12. Jest to zasadniczy



Rys. 12. Nadajnik telemetryczny ze zmienną indukcyjnością dla prądów sinusoidalnych częstotliwości akustycznej

- L_I — oscylator
- L_{II} — wzmacniacz
- L_N — lampka neonowa

układ nadajnika w wykonaniu firmy Brown Boveri Co, przystosowanego do współpracy z przetwornikiem podanym na rys. 10. Lampka L_I spełnia rolę oscylatora, a L_{II} pracuje jako wzmacniacz. Lampka neonowa L_N służy do ustatkowania napięcia anodowego. Napięcie zmienne oscylacji na siatce L_I jest doprowadzone bezpośrednio do siatki wzmacniacza. Nadajnik może pracować w zakresie częstotliwości akustycznych i nadakustycznych. Normalnie stosuje się zakres zmiany częstotliwości od ok. 2800 c/s do ok. 3200 c/s, a w nowszych urządzeniach od 2440 c/s do 2860 c/s.

6. Odbiorniki telemetryczne.

Zadaniem telemetrycznych odbiorników jest przekształcenie odbieranych sygnałów telemetrycznych na wielkość elektryczną, która oddziaływa za pomocą przetwornika odbiorczego lub bezpośrednio na telemetryczne przyrządy odbiorcze zależnie od wartości mierzonej. Zasada budowy odbiorników zależy od systemu telemetrycznego oraz od sposobu przesyłania sygnałów telemetrycznych w łączu dalekosieśnym.

A. Odbiorniki telemetryczne systemów impulsowych

Zadaniem odbiorników telemetrycznych systemów impulsowych jest przekształcenie impulsów prądu zmiennego na impulsy prądu stałego lub też na prąd stały. Do przekształcenia impulsów prądu zmiennego na impulsy prądu stałego mogą być stosowane urządzenia tego samego typu dla wszystkich systemów impulsowych. W odbiornikach akustycznych systemów impulsowych stosuje się wzmacniacze wstępne, demodulatory lampowe lub prostownikowe oraz wzmacniacze prądu stałego. W niektórych typach odbiorników stosuje się jeszcze lampowe układy końcowe do przekształcenia impulsów prądu stałego na prąd stały. Natężenie tego prądu jest proporcjonalne do wielkości mierzonej, zatem nie zachodzi potrzeba stosowania telemetrycznych przetworników odbiorczych.

B. Odbiorniki telemetryczne systemów prądów sinusoidalnych

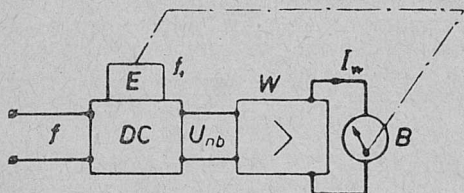
W systemie prądu sinusoidalnego małej częstotliwości zadaniem odbiorników jest przekształcenie odbieranych sygnałów telemetrycznych na prąd stały, którego natężenie

nie jest zależne od wartości mierzonej, lub też na prąd zmienny o częstotliwości zależnej od wartości mierzonej. Przy przekształcaniu sygnałów na prąd zmienny stosuje się zwykle przetworniki wirujące (silniczek, prądniczek prądu stałego), natomiast przy przekształcaniu na prąd stały nie stosuje się przetworników odbiorczych, lecz za pomocą prądu stałego oddziaływa się bezpośrednio na przyrządy odbiorcze.

W systemie prądu sinusoidalnego o częstotliwości akustycznej lub wielkiej praktycznie jest wykluczona możliwość stosowania przetworników telemetrycznych, zawierających urządzenia elektromechaniczne, przekładniki itd. Z reguły stosowane są elektronowe częstotliwościomierze, spełniające rolę przekształcania prądu zmiennego o częstotliwości zależnej od wielkości mierzonej na prąd stały o odpowiednim natężeniu.

Szerokie rozpowszechnienie w teledetekcji znalazły elektronowe częstotliwościomierze kondensatorowe. Ich zasada działania w głównych zarysach jest podobna do zasady działania przetworników odbiorczych kondensatorowych (rozdz. 7). Główna różnica polega na tym, że do procesów ładowania i wyładowania kondensatorów korzysta się z lampy elektronowej a nie z urządzeń elektromechanicznych.

Znacznie lepsza od poprzedniej jest zasada pomiaru częstotliwości prądu zmiennego za pomocą układów zrównoważonych (zbalansowanych). Zasadę działania takiego układu podaje rys. 13. Detektor częstotliwości DC jest



Rys. 13. Zasada działania odbiorników telemetrycznych zrównoważonych

- DC — detektor częstotliwości
E — element strojeniowy
f — częstotliwość sygnału odbieranego
f₁ — częstotliwość nastrojenia
U_{nb} — napięcie niezrównoważone
B — pomiarowy przyrząd odbiorczy przetwornika odbiorczego

strojony za pomocą elementu strojeniowego E do określonej częstotliwości f₁. Jeżeli częstotliwość f napięcia wejściowego ściśle odpowiada częstotliwości nastrojenia f₁, to napięcie na wyjściu detektora równe jest zero. Przy odchyleniu częstotliwości f₁ od częstotliwości sygnału f na wyjściu detektora pojawia się napięcie niezrównoważone U_{nb}, wzrastające ze wzrostem różnicy częstotliwości Δf = f - f₁. Dla uproszczenia przyjmujemy, że napięcie U_{nb} jest proporcjonalne do Δf:

$$(13) \quad U_{nb} = k_1(f - f_1).$$

Częstotliwość f₁ może być zmieniana za pomocą elementu strojeniowego E (indukcyjność, pojemność). Napięcie U_{nb} wywołuje zjawienie się prądu wyjściowego I_w, płynącego w obwodzie przyrządu pomiarowego B:

$$(14) \quad I_w = k_2 U_{nb}.$$

Ponieważ oś przyrządu jest połączona mechanicznie z elementem strojeniowym E, przeto przy wzroście prądu I_w zmienia się częstotliwość nastrojenia f₁ zmniejszając różnicę Δf. W ten sposób przy zmianie częstotliwości sygnału f zachodzi zmiana prądu i samoczynne strojenie elementu E. Wielkość prądu I_w ustalonego po zakończeniu samoczynnego strojenia może być określona w sposób następujący:

$$(15) \quad I_w = k_1 k_2(f - f_1).$$

Oznaczamy

$$(16) \quad f_1 = f_0 + k_3 I_w,$$

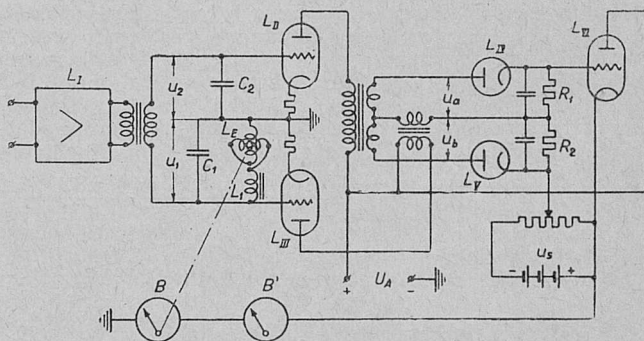
gdzie f₀ jest częstotliwością nastrojenia przy I_w = 0. Po podstawieniu i przekształceniu otrzymamy

$$(17) \quad I_w = \frac{f - f_0}{\frac{1}{k_1 k_2} + k_3}.$$

Prąd płynący w przyrządzie odbiorczym jest zwykle proporcjonalny do częstotliwości mierzonej. Dokładność pomiaru zależy od stałości współczynników k₁, k₂, określonych przez wzmacnienie układu. Inaczej mówiąc zmiany napięć zasilających oraz parametrów lamp elektronowych wpływają na dokładność pomiaru. Jeśli k₃ > 1, a k₁k₂ >> 1, to współczynniki k₁, k₂ nie mają dużego wpływu na wielkość I_w. Przy dostatecznie dużej wielkości k₁ k₂ wzór przybiera postać przybliżoną

$$(18) \quad I_w \cong \frac{1}{k_3} (f - f_0).$$

W ten sposób odbiornik osiąga zasadniczą cechę układów ze sprzężeniem zwrotnym, tj. niezależność od wpływów wewnętrznych.



Rys. 14. Odbiornik telemetryczny zrównoważony ze sprzężeniem indukcyjnościowym

- L_I, L_{II}, L_{III} — wzmacniacze
L_{IV}, L_V — diody małej mocy
L_{VI} — wzmacniacz prądu stałego
L_E — wariometr przetwornika odbiorczego

Na rys. 14 podano schemat odbiornika telemetrycznego firmy Brown Boveri Co, w którym wyzyskuje się zasadę zrównoważenia układu. Odbierane napięcie zmienne zostaje wzmacnione we wzmacniaczu wstępnym L_I, a następnie doprowadzone do dzielnika napięcia, złożonego z kondensatora C₂ oraz obwodu rezonansowego L_I, L_E, C₁. Elementem strojeniowym jest wariometr L_E, połączony z osią magnetoelektrycznego przyrządu odbiorczego B.

Przy dostrojeniu obwodu rezonansowego do częstotliwości sygnału odbieranego kąt fazowy φ pomiędzy napięciem Ũ₁ na zaciskach obwodu rezonansowego i napięciem Ũ₂ na kondensatorze C₂ jest równy 90°, ponieważ obwód rezonansowy przedstawia tylko oporność rzeczywistą. Dla częstotliwości rezonansowej napięcia Ũ_a i Ũ_b, doprowadzone do diod L_{IV} i L_V, są sobie równe. Ponieważ diody mają jednakowe opory obciążające R₁ i R₂, przeto napięcia wyprostowane są równe, lecz mają przeciwne kierunki. Napięcie wyjściowe detektora częstotliwości jest więc równe zero.

Przy rozstrojeniu obwodu rezonansowego, gdy częstotliwość sygnału f jest większa od częstotliwości nastrojenia f₁, oporność pozorną obwodu rezonansowego zawiera składową rzeczywistą i pojemnościową. Kąt fazowy φ pomiędzy Ũ₁ i Ũ₂ będzie większy od 90°, zatem napięcia na obu diodach Ũ_a i Ũ_b będą różne. Suma napięć wyprostowanych będzie większa od zera. Podobnie przy częstotliwości sygnału f mniejszej od częstotliwości nastrojenia f₁ napięcia na obu diodach również nie będą jednakowe, ponieważ kąt φ jest mniejszy od 90°. Napięcie wyjściowe również nie będzie równe zero. Przy małych rozstrojeniach obwodu rezonansowego napięcie niezrównoważone jest w przybliżeniu proporcjonalne do cos φ:

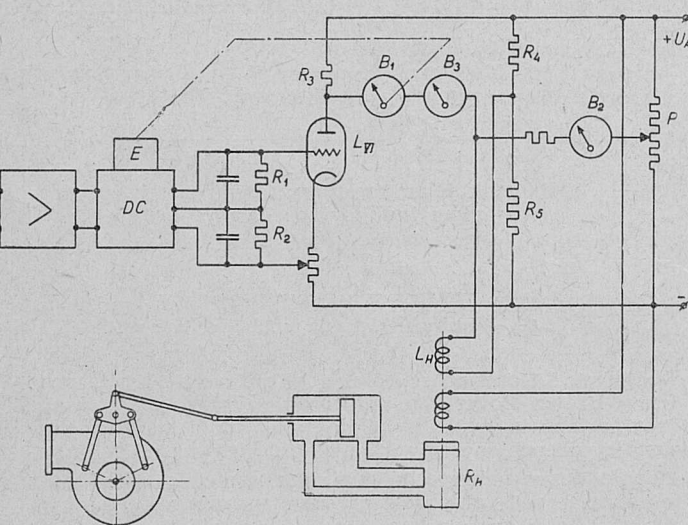
$$(19) \quad U_{nb} = k_1 U_2 \cos \varphi.$$

Napięcie to oddziaływa na prąd anodowy lampy L_{VI} wzmacniacza prądu stałego. Stałe ujemne napięcie tej lampy wybrano takie, aby przy U_{nb} = 0 prąd anodowy był bliski zera. Przy wzroście U_{nb} prąd anodowy wzrasta. Prąd ten za pośrednictwem przyrządu odbiorczego oddzia-

ływa na położenie kątowny wariometru. Wychylenie przyrządu pomiarowego jest proporcjonalne do częstotliwości. Pełny kąt obrotu przyrządu pomiarowego wynosi 90° .

W opisanym odbiorniku przyrząd odbiorczy może być dublowany np. przez włączenie w szereg przyrządu rejestrującego B' lub innego. Normalnie stosuje się przyrządy o skali liniowej, można jednak wykonać skale nieliniowe. Oporność czynna przyrządów dublujących razem z przewodami połączeniowymi nie może być większa od 5000Ω . Zmiany oporności tego obwodu w granicach kilkuset omów nie wpływają na dokładność pomiaru. W opisanym systemie dokładność pomiarów zdalnych jest lepsza od $\pm 2\%$. Dopuszczalne tłumienie całego łącza telemetrycznego wynosi $3,2 \text{ N}$.

Ze względu na to, że w opisanym odbiorniku zastosowano system prądu sinusoidalnego o częstotliwości akustycznej, który odznacza się stosunkowo szerokim zakresem częstotliwości przenoszonych, wskazania telemetryczne ustalają się prędko. Dzięki temu system ten może być użyty np. do samoczynnej regulacji zdalnej urządzeń energetycznych w zależności od wskazań pomiarów zdalnych. Urządzenie takie podane jest na rys. 15. W odbior-



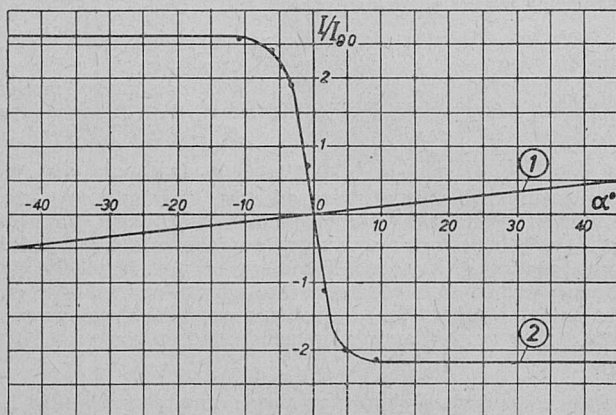
Rys. 15. Urządzenie do samoczynnej regulacji turbiny w zależności od wielkości mierzonej mocy

L_{VI} , R_3 , R_4 , R_5 — mostek pomiarowy

L_H — cewka przekąźnika hydrodynamicznego R_H

P — potencjometr do nastawiania żądanej mocy

niku zastosowano zmieniony układ wzmacniacza prądu stałego. Lampa L_{VI} pracuje w układzie mostkowym R_3 , R_4 , R_5 . W gałęzi poprzecznej mostka znajduje się odbiorczy przyrząd pomiarowy B_1 i cewka ruchoma L_H przekąźnika hydrodynamicznego R_H . Na rys. 16 pod posta-



Rys. 16. Charakterystyki odbiornika zrównoważonego

— prąd płynący w przyrządzie B_1

90° — prąd I odpowiadający wychyleniu skazówki pod kątem $\alpha = 90^\circ$

cią krzywej 1 podano przebieg prądu w przyrządzie B_1 w zależności od kąta obrotu jego skazówki przy dostrojeniu odbiornika. Na osi rzędnych podano stosunek prądu I płynącego w przyrządzie do prądu I_{00} odpowiadającego uchyleniu skazówki pod kątem 90° . Krzywa 2 podaje zależność prądu w przyrządzie pomiarowym B_1 przy odbieraniu częstotliwości, odpowiadającej środkowemu położeniu skazówki, oraz przy mechanicznym zewnętrznym odchyleniu skazówki od położenia środkowego. Jak widać z tej krzywej, prąd gwałtownie wzrasta przy niewielkim odchyleniu mechanicznym wariometru, dzięki czemu moment ustalania jest duży. Przy zastosowaniu odbiornika do samoczynnej regulacji, np. turbiny, ustawa się skazówkę przyrządu B_2 na żądaną wartość mocy za pomocą potencjometru P . Wielkość prądu zrównoważenia mostka pomiarowego jest uwarunkowana położeniem suwaka tego potencjometru. Na przyrządzie B_1 odczytuje się aktualną moc mierzoną zdalnie. Jeżeli moc ta nie jest równa mocy żądanej, wtedy prąd niezrównoważony powoduje odpowiednie działanie cewki L_H przekąźnika hydrodynamicznego oraz zmianę mocy turbiny w kierunku niezbędnym do zrównoważenia mostka pomiarowego. W stanie zrównoważenia mostka prąd w cewce L_H nie płynie.

7. Telemetryczne przetworniki odbiorcze i przyrządy odbiorcze.

Zadaniem przetworników odbiorczych jest oddziaływanie na przyrządy odbiorcze za pomocą wielkości mechanicznej lub elektrycznej w sposób zależny od wartości mierzonej. Zasada budowy przetworników odbiorczych jest różna zależnie od systemu telemetrycznego oraz od wielkości elektrycznej otrzymanej z odbiornika.

A. Telemetryczne przetworniki i przyrządy odbiorcze systemów impulsowych

Przetworniki odbiorcze systemów impulsowych są dwójakiego rodzaju: mechaniczne i elektryczne. W przetwornikach mechanicznych oddziaływanie na przyrząd odbiorczy odbywa się tylko za pomocą siły mechanicznej, w przetwornikach elektrycznych za pomocą prądu stałego. Przetworniki mechaniczne są odmiennej konstrukcji dla systemów czasu, liczby wzgl. częstotliwości impulsów. Zasada działania przetworników elektrycznych jest również odmienna w wyżej wymienionych systemach. Przetworniki odbiorcze typu mechanicznego są budowane razem z odbiorczymi przyrządami pomiarowymi i stanowią z nimi jedną całość.

Przetworniki systemu czasu impulsów. Zasada działania przetworników odbiorczych mechanicznych systemu czasu impulsów polega na tym, że urządzenie przesuwające skazówkę wskaźnika w czasie impulsu wzgl. przerwy porusza się ze stałą prędkością. W rezultacie tego przybyta droga jest proporcjonalna do długości impulsu wzgl. przerwy. Przetworniki mechaniczne systemu czasu impulsów stosowane są przy okresach impulsowania 5—15 sek.

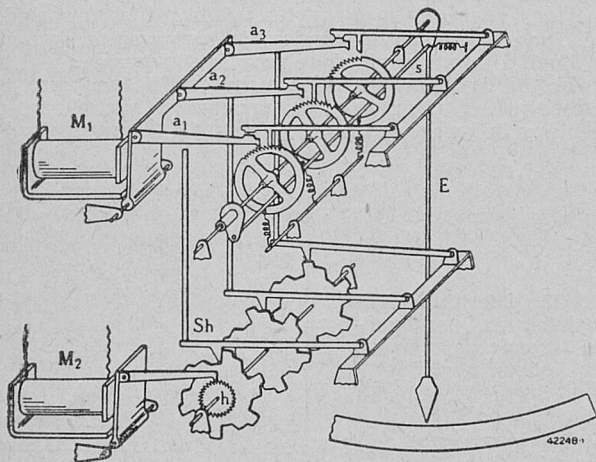
Przetworniki systemu liczby impulsów. W systemie liczby impulsów stosuje się zwykle przetworniki odbiorcze typu mechanicznego. W najprostszym rozwiązaniu posiadają one obrotowy mechanizm wychwytywy, poruszający skazówkę przyrządu odbiorczego. Kąt obrotu tego mechanizmu oraz skazówki przyrządu jest proporcjonalny do liczby impulsów w serii. Przed początkiem każdej serii impulsów skazówka wraca do położenia początkowego. W bardziej skomplikowanych przetwornikach odbiorczych po skończonej serii impulsów skazówka zatrzymuje się w nowym położeniu.

Przetworniki systemu częstotliwości impulsów. Zadaniem przetworników odbiorczych systemu częstotliwości impulsów jest pomiar częstotliwości impulsów prądu stałego, a następnie odpowiednie oddziaływanie na przyrząd odbiorczy. W odróżnieniu od zwykłych częstościomierzów, przeznaczonych do pomiaru częstotliwości napięć sinusoidalnych, tutaj mamy do czynienia z pomiarem zupełnie małych częstotliwości przy impulso-

wych zmianach prądu. W tych przypadkach trzeba stosować specjalne metody pomiaru częstotliwości.

Sposoby wykonania przetworników odbiorczych są liczne. Można podzielić je na dwie charakterystyczne grupy, odróżniające się zasadą działania, a mianowicie na mechaniczne i elektryczne. W przetwornikach mechanicznych nieprzerwanie występujące impulsy wprawiają mechanizm przetwornika w ruch obrotowy. Prędkość kątowna tego mechanizmu jest proporcjonalna do częstotliwości impulsów. Mierzy się ją za pomocą metod mechanicznych lub elektrycznych. W przetwornikach elektrycznych każdy impuls przetwarza się w określoną porcję ładunku elektrycznego. Przy nieprzerwanym nadawaniu impulsów porcje te tworzą prąd, którego średnia wartość jest proporcjonalna do częstotliwości impulsów. Prąd ten przepływa przez telemetryczne przyrządy odbiorcze. W ostatnich latach przetworniki mechaniczne wychodzą z użycia.

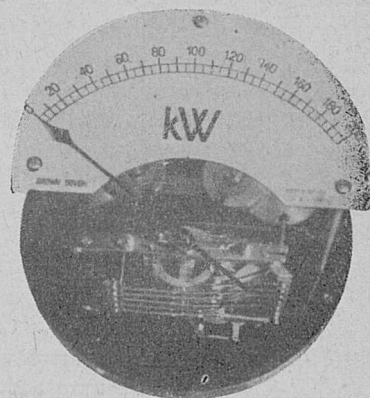
Przetworniki mechaniczne. Przykład konstrukcji przetwornika mechanicznego w systemie częstotliwości impulsów podano na rys. 17. Jest to przetwornik



Rys. 17. Przetwornik mechaniczny systemu częstotliwości impulsów

w wykonaniu Brown Boveri. Impulsy prądu stałego uruchamiają elektromagnes M_1 . Zwora tego elektromagnesu — za pośrednictwem dźwigni wychwytowych a_1, a_2, a_3 — wprawia w ruch koła zębata, których liczba wynosi od 3 do 8. Skazówka przyrządu E obraca się pod działaniem pręta s , uruchamianego przez ramiona kół zębatach. Ruch ten odbywa się pod wpływem tego koła zębatego, które jest obrócone pod największym kątem. Na wskazówkę E działa również sprężyna zwrotna. Koła grzebieniaste poruszane są ruchem jednostajnym za pomocą elektromagnesu M_2 , uruchamianego przez impulsator przekątnikowy, wysyłający np. 1 impuls na sekundę. Stosowany może być również silniczek synchroniczny napędzający koła grzebieniaste. Pod działaniem kół grzebieniastych (przesuniętych względem siebie) kolejno przesuwane są lewarki Sh . Przy najgłębszym położeniu lewarki te nie dotykają dźwigni wychwytowych (pierwsze koło), wobec czego dźwignia ta pokręca kołem zębata pod wpływem działania elektromagnesu M_1 . W położeniu środkowym (środkowe koło) lewarka podnosi dźwignię w ten sposób, że nie zazębia się ona z kołem zębata, wobec czego obrót jego ustaje. W najwyższym położeniu lewarki tak wysoko podnosi dźwignię wychwytową (trzecie koło), że ta unosi ramię zapadkowe, a koło zębata pod działaniem swej sprężyny wraca do położenia wyjściowego. Jak wynika z opisu, wskazówka E jest uruchamiana w jednakowych odstępach czasu za pośrednictwem kół zębatach. Kąt odchylenia wskazówki zależy od liczby impulsów w jednostce czasu, tzn. od średniej częstotliwości impulsowania. Odstępy w czasie pomiędzy czynnościami nastawienia wskazówki w przypadku, gdy wartość mierzona maleje, można zmniejszyć (zwiększając prędkość wskazań) przez zwiększenie liczby integratorów, składających się z koła grzebieniastego, lewarki, dźwigni wychwytowej i zapadkowej oraz koła zębatego. Na rys. 18 podano wygląd zewnętrzny

opisanego przetwornika zawierającego 8 integratorów. W porównaniu z przetwornikami elektrycznymi w przetwornikach mechanicznych uzyskuje się większy moment obrotowy.



Rys. 18. Wygląd zewnętrzny odbiorczego przetwornika mechanicznego i przyrządu odbiorczego

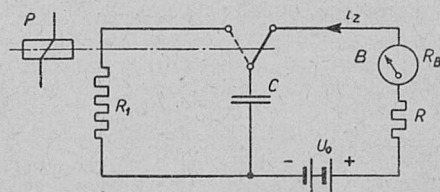
Przetworniki elektryczne. Ogólna zasada przetworników odbiorczych typu elektrycznego w systemie częstotliwości impulsów polega, jak podano na wstępie, na przekształceniu każdego impulsu na określoną porcję ładunku elektrycznego Q_0 . W przetwornikach tych przekształcanie impulsów nie odbywa się wyłącznie na drodze elektrycznej, lecz za pośrednictwem urządzeń elektromechanicznych, jak przekładniki itp. Dzięki temu stanowią one zwykle odrębną całość w urządzeniach telemetrycznych.

Przy nieprzerwanym wysyłaniu impulsów w obwodzie przetwornika powstaje prąd, którego wartość średnia jest

$$(20) \quad I_{\text{sr}} = f Q_0$$

Jeżeli przyrząd pomiarowy jest przystosowany do prądu średniego oraz nie wykazuje chwilowych zmian prądu pulsującego, to wskazania jego będą proporcjonalne do częstotliwości impulsów f . W przetwornikach elektrycznych wykorzystuje się elementy obwodu, zdolne do akumulowania energii elektrycznej, a więc kondensatory, dławiki i transformatory. Najczęściej stosuje się przetworniki kondensatorowe, natomiast dławikowe i transformatorowe stosunkowo rzadko.

Przetworniki kondensatorowe. Sposób działania przetworników kondensatorowych ilustruje rys. 19. Przekładnik odbiorczy P w czasie przerwy pomiędzy



Rys. 19. Jednopołówkowy przetwornik odbiorczy kondensatorowy

R_B — oporność przyrządu pomiarowego B

impulsami przełącza kondensator C na źródło prądu U_0 , dzięki czemu kondensator ten ładuje się przez opór R i przez przyrząd pomiarowy o oporności R_B . Pod wpływem impulsu następuje zadziałanie przekładnika i rozładowanie kondensatora przez opór R_1 . Po nieskończonej długiej przerwie kondensator naładuje się do napięcia U_0 i otrzyma ładunek $Q_0 = CU_0$, a po nieskończonej długim impulsie rozładowuje się całkowicie. Przy nieprzerwanym przesyłaniu impulsów proces ładowania i wyładowania kondensatora będzie się powtarzał periodycznie. Średnia wartość prądu w obwodzie będzie wyrażona wzorem

$$(21) \quad I_{\text{sr}} = fCU_0$$

W założeniu, że napięcie U_0 jest stałe, prąd I_{sr} jest proporcjonalny do częstotliwości impulsów f , a więc do wielkości mierzonej. Należy zaznaczyć, że prąd ten nie zależy od oporności obwodu.

Jak wiadomo, przebiegi ładowania i wyładowania kondensatora przez opór czynny mają charakter wykładniczy. Przy ładowaniu chwilowa wartość prądu wynosi

$$(22) \quad i_z = \frac{U_0}{R + R_B} e^{-\frac{t}{(R + R_B)C}} = I_{mz} e^{-\frac{t}{\tau_z}},$$

gdzie R_B — opór przyrządu pomiarowego,

I_{mz} — największa wartość prądu na początku ładowania,

τ_z — stała czasu wyładowania.

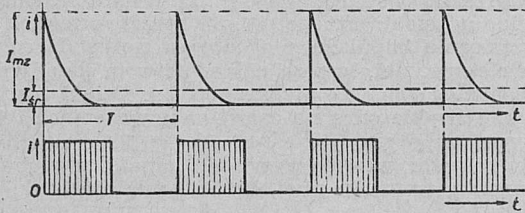
Przy rozładowaniu wartość chwilowa prądu określona jest w podobny sposób:

$$(23) \quad i_o = \frac{U_0}{R_1} e^{-\frac{t}{R_1 C}} = I_{mo} e^{-\frac{t}{\tau_o}},$$

gdzie I_{mo} — największa wartość prądu na początku okresu rozładowania,

τ_o — stała czasu rozładowania.

Przebiegi prądów ładowania w czasie wysyłania impulsów podane są na rys. 20. Średnia wartość prądu I_{sr}

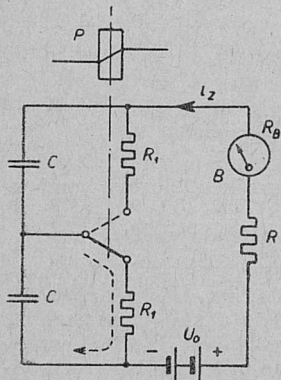


Rys. 20. Przebiegi prądów ładowania w przetworniku odbiorczym jednopółłukowym

jest znacznie mniejsza od I_{mz} . Spółczynnik

$$(24) \quad \delta = \frac{I_{mz}}{I_{sr}} = \frac{1}{f C (R + R_B)},$$

przy zachowaniu innych stałych wielkości, zwiększa się ze zmniejszeniem częstotliwości impulsów. Spółczynnik ten określa wahania prądu w przyrządzie pomiarowym, powodujące drgania skazówki przyrządu. Z tego względu należy dążyć do zmniejszenia tego współczynnika. W tym celu zwykle stosuje się dwupółłukowy układ przetwornika kondensatorowego, podany na rys. 21. W układzie tym



Rys. 21. Dwupółłukowy przetwornik odbiorczy kondensatorowy

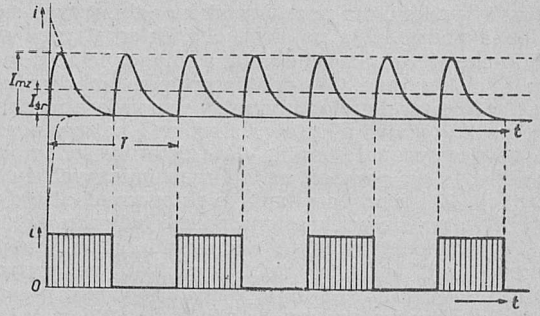
przy każdym przełączeniu przełącznika jeden z dwóch kondensatorów ładuje się, a drugi — rozładowuje się. Dzięki temu prąd ładowania płynie przez przyrząd zarówno na początku impulsu jak i na początku przerwy między impulsami. Wobec tego prąd średni podwaja się

$$(25) \quad I_{sr} = 2 f C U_0,$$

a współczynnik δ dwukrotnie maleje.

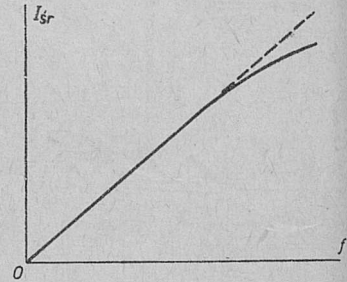
W układzie dwupółłukowym na rys. 21 prąd ładowania nie narasta natychmiast, gdyż przeszkadza temu proces rozładowania drugiego kondensatora. W obwodzie ładowania działa różnica napięcia źródła U_0 i napięcia na zaciskach rozładowującego się kondensatora. Jednakże

wpływ tego czynnika tylko nieznacznie zmienia przebieg prądu ładowania (rys. 22). Dlatego też podane wzory na



Rys. 22. Przebiegi prądów ładowania w przetworniku odbiorczym dwupółłukowym

prąd średni I_{sr} mogą być w praktyce stosowane z dostateczną dokładnością. Wzory powyższe wyprowadzone zostały w założeniu, że w czasie impulsu wzgl. przerwy kondensatory zdążą się całkowicie naładować albo rozładować. Teoretycznie potrzebny jest do tego czas nieskończenie długi, a zatem w praktyce przy krótkich okresach impulsowania występują pewne uchyby. Im większa jest częstotliwość f , tym większe występują odchylenia od przebiegu liniowego, co ilustruje rys. 23. W praktyce do-



Rys. 23. Charakterystyka działania przetwornika kondensatorowego odbiorczego

puszcza się tylko niewielkie odchylenia, rzędu 1%, ze względu na konieczność zachowania równomierności skali przyrządu w celu umożliwienia sumowania po stronie odbiorczej (ob. rozdz. 8). Zmniejszenie odchył od proporcjonalności uzyskuje się przez zmniejszenie stałej czasu, co jednak nie sprzyja współczynnikowi δ . W przetwornikach kondensatorowych dwupółłukowych spotykanych w praktyce współczynnik $\delta = 10-20$ przy częstotliwości znamionowej f_n , a przy częstotliwości $0,2 f_n$ współczynnik ten wzrasta do $\delta = 50-100$. Jeżeli nie zastosować specjalnych środków zaradczych w celu poprawienia warunków pracy pomiarowego przyrządu odbiorczego, to amplituda wahań skazówki przyrządu będzie niedopuszczalnie wielka. Dla ograniczenia tej amplitudy wahań stosuje się dwa sposoby: 1) zwiększenie momentu bezwładności ruchomej części przyrządu oraz jego stopnia uspokojenia, 2) wygładzenie (wyfiltrowanie) pulsującego prądu w obwodzie przyrządu.

Magnetoelektryczne przyrządy normalnej konstrukcji posiadają stosunkowo małą bezwładność. Nawet przy stosunkowo dużym stopniu uspokojenia przyrządu (większym od krytycznego) występują niedopuszczalne drgania skazówki. Sztuczne zwiększenie bezwładności ruchomej części przyrządu prowadzi do zwiększenia obciążenia osi przyrządu, zatem dobroć przyrządu znacznie się obniża. Dlatego też zwykle stosuje się filtry elektryczne pomiędzy przetwornikiem a przyrządem, tłumiące składowe zmienne i przez to wygładzające prąd pulsujący. Największe rozpowszechnienie znajdują filtry oporowo-kondensatorowe oraz dławikowo-kondensatorowe.

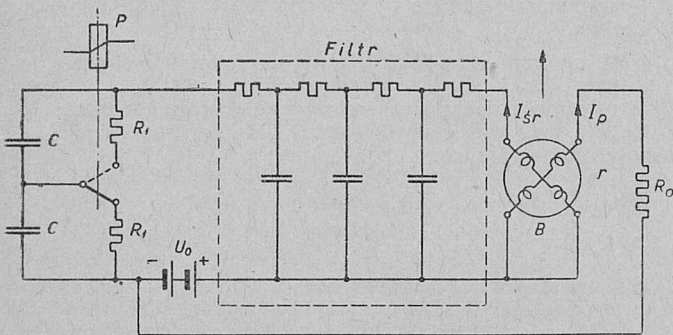
Ogólna wada układów wygładzających polega na przedłużeniu czasu ustalania się wskazań przyrządu. Im silniejsze jest działanie wygładzające, tym jest większy czas ustalania. W praktyce pełny czas ustalania wskazań w w omawianych systemach częstotliwości impulsów wynosi od 4 do 10 sek. Włączenie układu wygładzającego wpływa

także na zwolnienie procesów ładowania kondensatorów przetwornika (C_1, C_2). Wskutek tego dla zabezpieczenia proporcjonalnej zależności prądu od częstotliwości należy odpowiednio zmniejszyć pojemności tych kondensatorów. Przy zastosowaniu transformatorowego układu wygładzającego zjawisko to występuje w mniejszym stopniu. Jedy-
nym skutecznym środkiem usunięcia tych wad jest zwiększenie początkowej częstotliwości impulsowania.

Dokładność pomiaru telemetrycznego za pomocą przetwornika kondensatorowego zależy od napięcia źródła U_0 . Przy zastosowaniu zwykłego miliamperomierza, jako przyrządu odbiorczego, napięcie U_0 powinno być stateczne. W tym celu jako źródło napięcia stosuje się baterie akumulatore, a ponadto przetworniki dołącza się do nich za pośrednictwem stateczników napięcia tej czy innej konstrukcji. Zwykle przyjmuje się współczynnik stateczności napięcia na mniejszy niż 30, tzn. że zmiany napięcia na szynach baterii w granicach np. $\pm 15\%$ od napięcia znamionowego nie wywołują wahań napięcia na zaciskach odbiorczych większych niż $\pm 0,5\%$.

Urządzenia do ustalcenia napięcia są dosyć kosztowne i dlatego używane są tylko w tych przypadkach, gdy stosuje się dużą liczbę przetworników telemetrycznych wrażliwych na zmiany napięcia zasilającego.

Inny sposób usunięcia uchybów pomiaru zdalnego wskutek zmian napięcia zasilającego polega na zastosowaniu specjalnego rodzaju przyrządu pomiarowego, mianowicie magneto-elektrycznego miernika ilorazowego. Przyrząd ten posiada dwie cewki ruchome, przesunięte względem siebie, z których jedna jest połączona poprzez opór R_0 ze źródłem napięcia zasilającego przetwornik (rys. 24). Druga cewka jest włączona do obwodu wyjścio-



Rys. 24. Zastosowanie magneto-elektrycznego miernika ilorazowego w przetworniku kondensatorowym

r — oporność cewki miernika ilorazowego B

wego układu wygładzającego. Cewki te poruszają się w szczelinie o niejednakowym natężeniu pola magnetycznego. Wskazania miernika ilorazowego zależą od stosunku prądów w jego cewkach. W tym przypadku kąt wychyle-
nia skazówki jest

$$(26) \quad \alpha = \psi \left(\frac{I_{\delta r}}{I_p} \right),$$

gdzie

$$(27) \quad I_{\delta r} = 2 f C U_0 \quad \text{oraz} \quad I_p = \frac{U_0}{R_0 + r}$$

r — oznacza tu oporność cewki miernika ilorazowego.

Po podstawieniu otrzymujemy

$$(27) \quad \frac{I_{\delta r}}{I_p} = 2 f C (R_0 + r),$$

a zatem

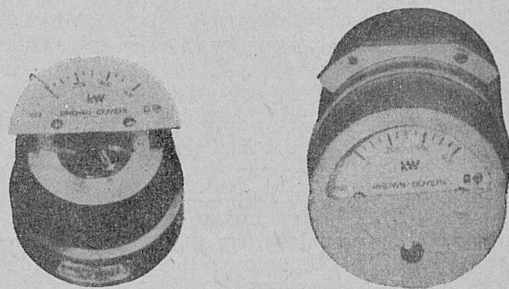
$$(28) \quad \alpha = \psi(f).$$

Niezależność wskazań dla większości typów mierników ilorazowych osiąga się w granicach zmian napięcia zasilającego ok. $\pm 20\%$. Przy większych zmianach napięcia zasilającego powstają niedopuszczalne uchyby telemetryczne. Oprócz wyżej opisanych przyrządów odbiorczych stosuje się również przyrządy posiadające jedną cewkę ruchomą i jedną cewkę nieruchomą, połączoną przez opór ze źródłem napięcia zasilającego.

B. Telemetryczne przetworniki i przyrządy odbiorcze systemu prądów sinusoidalnych

W systemie prądów sinusoidalnych małej częstotliwości stosowane mogą być przetworniki mechaniczne i elektryczne, analogicznie do tych, które stosuje się w systemie częstotliwości impulsów. Różnica polega na tym, że są one uruchamiane nie za pomocą prostokątnych impulsów prądu stałego, lecz za pomocą prądu sinusoidalnego małej częstotliwości.

W systemach prądów sinusoidalnych o częstotliwości akustycznej i o wielkiej częstotliwości stosuje się częstotłomierze elektronowe albo też specjalne układy zrównoważone. Pierwsze z nich stanowią wewnętrzną część odbiorników telemetrycznych i dlatego były rozpatrywane razem z nimi (rozdz. 6). W układach zrównoważonych rolę przetworników spełniają elementy strojenowe pojemnościowe, indukcyjnościowe i opornościowe, sprzężone z osią przyrządu pomiarowego. Na rys. 25 podano wygląd



Rys. 25. Wygląd zewnętrzny przetwornika odbiorczego wariometrycznego

zewnętrzny przetwornika odbiorczego wariometrycznego w wykonaniu firmy Brown Boveri Co., przystosowanego do współpracy z wyżej opisanymi urządzeniami tej samej firmy. Przebieg skali odbiorczego przyrządu pomiarowego zależy od charakterystyki indukcyjności wariometru nadawczego i odbiorczego w funkcji kąta odchylenia. Zwykle charakterystyki te są zbliżone do linii prostej. Ponadto podziałka skali przyrządu odbiorczego zależy od stałych obwodu rezonansowego w nadajniku i odbiorniku, do którego włączony jest wariometr wzgl. inny przetwornik odbiorczy. Jeżeli wariometryczny przetwornik odbiorczy ma ściśle taką samą charakterystykę indukcyjności, jak odpowiedni przetwornik nadawczy, oraz jeżeli zastosowano jednakowe obwody rezonansowe w odbiorniku i nadajniku, to podziałka na skali przyrządu odbiorczego ściśle odpowiada podziałce skali przyrządu nadawczego.

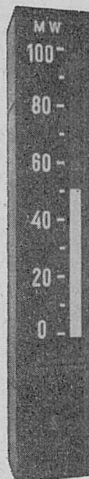
We wszystkich opisanych wyżej systemach pomiarowe przyrządy odbiorcze wywierają znaczny wpływ na czas ustalania wskazań. Przy większych wymiarach przyrządów odbiorczych czas ustalania jest większy.

Istnieje wiele rodzajów telemetrycznych przyrządów odbiorczych zależnie od ich przeznaczenia. Telemetryczne przyrządy odbiorcze tablicowe nie różnią się wyglądem od zwykłych przyrządów tablicowych. Stosowane są wszelkiego rodzaju przyrządy wychyłowe oraz rejestrujące. W biurach rozrządowych i innych dogodny jest typ przyrządu wychyłowego podany na rys. 26. Niezbędne są dla rozrządcy przyrządy odbiorcze rejestrujące, które umożliwiają właściwą kontrolę całej sieci rozsyłowej oraz dysponowanie rozdziałem obciążeń. Przyrządy te są szczególnie dogodne jeżeli posiadają dodatkową skalę ruchomą wraz z suwakiem pisaćym. Skalę tę ustawia się w położeniu, odpowiadającym mocy danej kotłowni lub podobnym. Odstęp pomiędzy linią kreśloną przez suwak rejestrujący a linią suwaka dodatkowego jest miarą mocy, która pozostaje jeszcze do dyspozycji. Dodatkowa skala jest również bardzo przydatna w czasie zakłóceń ruchu.

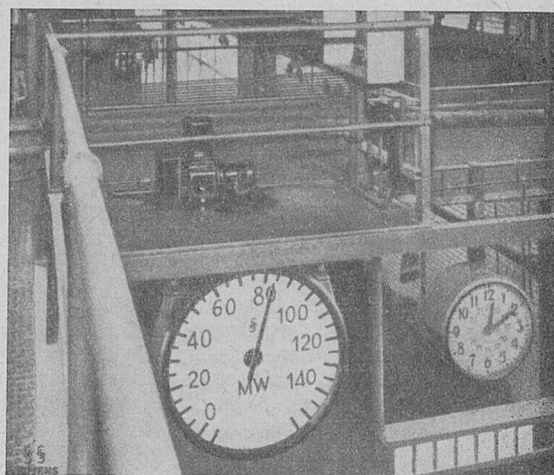
W kotłowniach, maszynowniach itp. pomieszczeniach instaluje się specjalne przyrządy odbiorcze o wielkich wymiarach. Na rys. 27 podano taki telemetryczny przyrząd odbiorczy, którego długość skali wynosi 2 m. Wielkość mierzona oznaczana jest tu długością pasma świetlnego.



Rys. 26. Telemetryczny przyrząd odbiorczy w biurze rozrządcy



Rys. 27. Telemetryczny przyrząd odbiorczy do zainstalowania w maszynowni



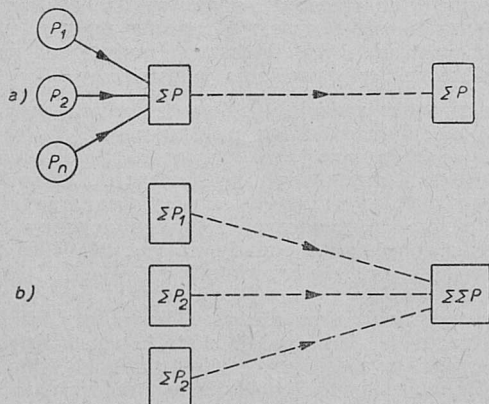
Rys. 28. Telemetryczny przyrząd odbiorczy umieszczony w kotłowni

Na rys. 28 przedstawiono inny rodzaj przyrządu odbiorczego o wielkich wymiarach, przeznaczony dla systemu częstotliwości impulsów, w wykonaniu Siemens. Średnica jego skali wynosi 1 m, a zakres kąta obrotu skazówki równy jest 300° . Do napędu skazówki służy specjalne urządzenie składające się z czułego elektrodynamicznego regulatora ciśnieniowo-olejowego, sterowanego za pomocą wielkości mierzonej.

Oprócz wyżej opisanych przyrządów odbiorczych o wielkich wymiarach nieocenione usługi oddaje w kotłowni przyrząd rejestrujący, ponieważ umożliwia on orientowanie się co do tendencji w zmianie obciążenia. Jest to bardzo pożyteczne ze względu na gospodarkę paliwową.

8. Sumowanie pomiarów.

W nowoczesnych systemach rozrządu elektroenergetycznego itp. dodawanie i odejmowanie wielkości mierzonych zdalnie odgrywa dużą rolę, np. dla pomiaru łącznej mocy zakładów energetycznych, sumy prądów różnych linii przesyłowych i innych, w celu racjonalnego rozproszania obciążeń zakładów energetycznych itd. Z tego względu często zachodzi konieczność przesyłania ogólnej sumy, np. mocy elektrycznej poszczególnych zakładów energetycznych do punktu rozrządczego. Zastosowanie zdalnego przesyłania pomiarów poszczególnych mocy składowych z każdego generatora jest niecelowe, gdyż wymagałoby to dużej liczby łączy telemetrycznych. Wynika stąd potrzeba sumowania mocy na stacji nadawczej i przesyłania zdalnego sumy wskazań (rys. 29a). Ponadto dla



Rys. 29. Sumowanie na stacji nadawczej (a) i odbiorczej (b)
 P_1, P_2, P_3 — wartości mierzone
 ΣP — sumy wielkości mierzonych

uzyskania sumy wskazań wielu układów energetycznych np. całego okręgu wzgl. układu energetycznego wymagane jest sumowanie wskazań telemetrycznych na stacji odbiorczej (rys. 29b).

A. Ogólne zasady sumowania pomiarów

Sumowanie wskazań na stacji nadawczej może być rozwiązane drogą sumowania wielkości mierzonych w celu ich przekształcenia na wielkość pomocniczą albo drogą sumowania wielkości pomocniczych, otrzymywanych z przetworników nadawczych. Po większej części stosowany jest drugi sposób. Sumowanie wskazań na stacji odbiorczej wykonywa się zawsze przez sumowanie wielkości pomocniczych.

W ogólnym przypadku, przy sumowaniu wskazań dowolnych n , wielkości składowych $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$, ich ostatnie przekształca się na wielkości pomocnicze $B_1, B_2, \dots, B_n$, związane z wielkościami składowymi. Suma wielkości pomocniczych

$$(29) \quad B_1 + B_2 + \dots + B_n = \varphi_1(A_1) + \varphi_2(A_2) + \dots + \varphi_n(A_n)$$

lub

$$(30) \quad \sum_{i=1}^{i=n} B_i = \sum_{i=1}^{i=n} \varphi_i(A_i) = \Phi'(A_1, A_2, \dots, A_n).$$

Jeżeli zostaną zachowane zależności liniowe

$$(31) \quad B_i = B_{oi} + k_i A_i$$

oraz jeżeli

$$(32) \quad k_1 = k_2 = \dots = k_i = \dots = k_n = k,$$

wtedy

$$(33) \quad \sum_{i=1}^{i=n} B_i = B_0 + k \sum_{i=1}^{i=n} A_i,$$

gdzie

$$(34) \quad B_0 = B_{o1} + B_{o2} + \dots + B_{oi} + \dots + B_{on}.$$

W uproszczonym przypadku wszystkie stałe człony B_{oi} mogą być równe zero, a zatem między wartościami mierzonymi, pomocniczymi i ich sumami istnieje proporcjonalność:

$$(35) \quad B_i = k A_i; \quad \sum_{i=1}^{i=n} B_i = k \sum_{i=1}^{i=n} A_i.$$

Spółczynnik k określający część wielkości pomocniczej B_i , która przypada na jednostkę wielkości mierzonej A_i , czyli

$$(36) \quad k = \frac{B_i}{A_i},$$

nazywamy stałą sumowania.

Wielkością pomocniczą przy sumowaniu B_i może być nie tylko wielkość M , którą wysyła się na odległość, lecz również pewna pośrednia wielkość pomocnicza. Jeżeli na stacji odbiorczej nie jest pożądane sumowanie wskazań, to

zależność wielkości M od sumy wielkości pośrednich oraz od sumy wielkości mierzonych, czyli

$$(37) \quad M = \Phi_1 \left(\sum_{i=1}^{i=n} B_i \right) = \Phi_2 \left(k \sum_{i=1}^{i=n} A_i \right),$$

może być nieliniowa. Natomiast dla umożliwienia sumowania na stacji odbiorczej niezbędne jest zachowanie linowości na wszystkich etapach przekształcania wielkości mierzonych, tzn. musi być spełniony warunek:

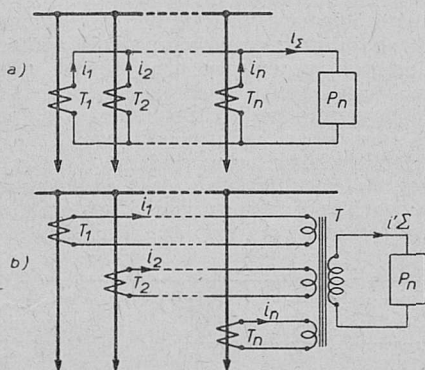
$$(38) \quad M = k_m \sum_{i=1}^{i=n} B_i = k_m k \sum_{i=1}^{i=n} A_i.$$

B. Sumowanie bezpośrednie

Sumowanie bezpośrednie polega na sumowaniu wielkości mierzonych lub momentów mechanicznych wywołanych przez te wielkości.

Sumowanie prądów i sił magnetomotorycznych.

Metoda ta znajduje zastosowanie przy przesyłaniu na odległość pomiaru sumy prądów kilku linii przesyłowych, mocy kilku prądnic, transformatorów i linii zasilanych przez wspólne źródła energii. Na rys. 30a podano układ



Rys. 30. Sumowanie prądów w tej samej fazie

P_n — przetwornik nadawczy
 T, T_1, T_2, T_n — przekładniki prądowe

przrządu sumującego — sumownika — do bezpośredniego sumowania prądów w tej samej fazie. Uzwojenia wtórne przekładników prądowych $T_1, T_2 \dots T_n$ łączy się równolegle i zamyka na obwód przrządu pomiarowego lub telemetrycznego przetwornika nadawczego P_n . We wspólnym obwodzie będzie płynęła suma prądów wtórnych. Jeżeli dodawanie prądów stosuje się w celu sumowania mocy, to obwód napięciowy przrządu pomiarowego lub przetwornika nadawczego zasilają się przekładnikiem napięciowym, zasilanym z ogólnych szyn zbiorczych. Aby prąd sumaryczny był proporcjonalny do sumy prądów składowych, wszystkie przekładniki prądowe sumownika muszą mieć dokładnie jednakową przekładnię, co sprawia wiele kłopotu. Z tego względu mimo prostoty układu metodę tę stosuje się tylko dla stosunkowo niezbyt dokładnych pomiarów. Uchyb pomiaru jest spowodowany tym, że przy odłączeniu jednego z obwodów pomiarowych przekładnik prądowy obwodu odłączonego zasilany jest z wtórej strony innymi przekładnikami prądowymi sumownika. Prąd, odgałęziony we wtórnym uzwojeniu przekładnika odłączonego, zmniejsza sumaryczny prąd we wspólnym obwodzie i wywołuje uchyb pomiaru. Dla ograniczenia tego uchybu należy dążyć do zmniejszenia oporności wspólnego obwodu. Metoda powyższa jest również kłopotliwa pod względem montażowym.

Drugi sposób sumowania polega na sumowaniu sił magnetomotorycznych (rys. 30b) za pomocą sumującego przekładnika prądowego T , mającego kilka sekcji uzwojeń, stosownie do liczby prądów sumowanych. Zadaniem przekładnika sumującego T jest dostosowanie wielkości prądu sumarycznego do znamionowego prądu przrządu odbiorczego, względnie przetwornika nadawczego P_n .

Jeżeli przekładniki prądowe $T_1, T_2 \dots T_n$ nie mają ściśle jednakowych przekładni, to dla osiągnięcia dokładności sumowania należy dobrać odpowiednią liczbę zwo-

jów każdej sekcji przekładnika sumującego. Powstaje przy tym dodatkowy uchyb, spowodowany trudnością uzyskania potrzebnej liczby zwojów, bo liczba zwojów każdej sekcji jest mała, a uzwojenia tych sekcji wykonywa się z dokładnością do jednego zwoju. Analogiczne zjawisko występuje przy połączeniach przekładników prądowych z sekcjami uzwojeń prądowych licznika elektrycznego. W miarę możliwości pomiarowe przrządy odbiorcze, względnie przetworniki nadawcze, wkonywa się w taki sposób, aby uniknąć konieczności stosowania sumujących przekładników prądowych.

W korzystnych warunkach i przy właściwych środkach zapobiegawczych można wszystkie omówione wyżej uchyby ograniczyć do uchybów występujących przy znacznych różnicach pomiędzy wielkościami składowymi oraz do uchybów wywołanych przez ewentualnie stosowane przekładniki prądowe, służące do wyrównania przekładni uzwojeń. Sumowanie prądów i sił magnetomotorycznych stosuje się przy nie więcej niż 10 wielkościach składowych.

Sumowanie momentów obrotowych.

Metoda ta jest stosowana głównie przy sumowaniu mocy w obwodach zasilanych z oddzielnych szyn zbiorczych, a także zasilanych z niesynchronicznych źródeł energii elektrycznej. Watomierz lub licznik energii elektrycznej składa się z kilku układów pomiarowych, w których część ruchoma umieszczona jest na wspólnej osi. Zwykle 2—3 układy pomiarowe tworzą zespół pomiarowy. Każdy układ mierzy moc odpowiedniego obwodu. Moment wywołany każdym układem jest proporcjonalny do wielkości mierzonej:

$$(39) \quad M_i = k_i P_i.$$

Odchylenie α części ruchomej w watomierzu lub prędkość obrotów n licznika są proporcjonalne do sumy momentów obrotowych:

$$(40) \quad \alpha = C' \sum_{i=1}^{i=n} M_i; \quad n = C'' \sum_{i=1}^{i=n} M_i.$$

Tutaj warunkiem niezbędnym przy sumowaniu jest uzyskanie stałej sumowania

$$(41) \quad k = \frac{M_1}{P_1} = \dots = \frac{M_i}{P_i} = \dots = \frac{M_n}{P_n};$$

wtedy

$$(42) \quad \alpha = C' k \sum_{i=1}^{i=n} P_i; \quad n = C'' k \sum_{i=1}^{i=n} P_i.$$

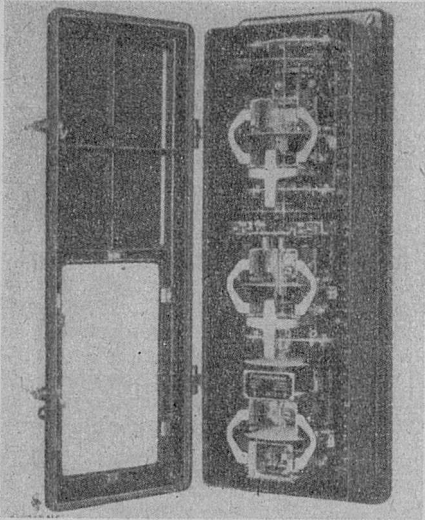
Praktycznie spełnienie tego warunku osiąga się przez dobór liczby zwojów cewek prądowych i przez odpowiednią regulację układów pomiarowych.

Główną wadą opisaną wyżej metody sumowania jest zwiększenie obciążenia łożysk i osi, spowodowane zwiększoną liczbą zespołów pomiarowych na jednej osi. Z jednej strony zwiększa to zużycie łożysk i osi, z drugiej — zwiększa uchyb pomiaru wskutek tarcia. Uchyb ten występuje stosunkowo silnie, gdy jeden lub kilka obwodów kontrolowanych odłączono. W tym przypadku pozostałe układy muszą pokonać moment tarcia wszystkich układów. Metodę sumowania pomiarów za pomocą przrządów obrotowych stosuje się najczęściej w licznikach indukcyjnych w systemie częstotliwości impulsów. Zadowolające wyniki uzyskuje się przy zestawieniu dwóch, a w krańcowym przypadku trzech zespołów pomiarowych. Przy większej liczbie zespołów pomiarowych do wyżej podanych wad dochodzi utrudniona regulacja sumownika. Na rys. 31 podano wygląd zewnętrzny sumownika obrotowego, złożonego z trzech zespołów pomiarowych, z których każdy zawiera 3 układy pomiarowe.

C. Sumowanie wielkości pomocniczych

Sumowanie wielkości pomocniczych stosuje się zarówno w nadawczych, jak i w odbiorczych urządzeniach telemetrycznych. Wielkościami takimi mogą być: napięcie, natężenie prądu, liczba impulsów i częstotliwość impulsów. W niektórych przypadkach stosuje się także sumowanie oporów i pojemności. Sumowanie wielkości pomocniczych ma tę zaletę w porównaniu z sumowaniem bezpośrednim,

że do każdego przekładnika dołącza się tylko jeden przetwornik nadawczy niezależnie od liczby pomiarowych punktów odbiorczych. Dzięki temu obciążenie przekładników jest niewielkie, mianowicie takie, jak przez normalny miernik. Dokładność jest znacznie większa, niż w systemach sumowania bezpośredniego i tylko w niewielkim stopniu zależy od jakości, rodzaju i obciążenia przekładników prądowych. Uchyb nie przekracza $\pm 1,5 - 2\%$ znamionowej mocy przekładnika.

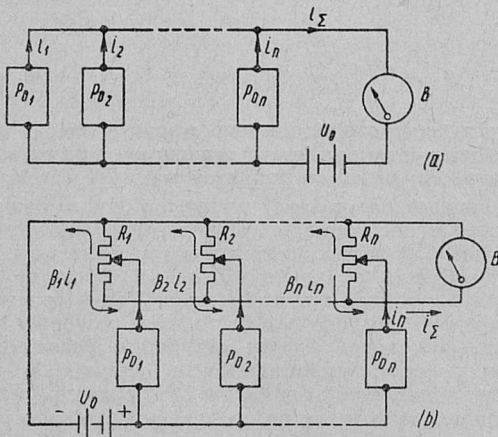


Rys. 31. Sumownik obrotowy trzyczęściowy

Sumowanie prądów. Do sumowania prądów zwykle korzysta się z prądu stałego. Nieodzownym warunkiem ścisłego sumowania jest liniowa zależność prądu na wyjściu przetwornika odbiorczego od wielkości mierzonej:

$$(43) \quad i_i = i_{oi} + h_i A_i,$$

Proste sumowanie prądów przetworników odbiorczych ($P_{01}, P_{02}, \dots, P_{0n}$) we wspólnym obwodzie (rys. 32a) możliwe



Rys. 32. Sumowanie prądów przetworników odbiorczych
 P_{01}, P_{02}, P_{0n} — przetworniki odbiorcze

jest tylko przy spełnieniu warunku:

$$(44) \quad h_1 = h_2 = \dots = h_n = h.$$

W przeciwnym przypadku niezbędne jest wykonanie układu sumownika, w którym część prądu każdego przetwornika omija obwód ogólnej sumy. Jeden z takich układów podano na rys. 32b. Poszczególne dzielniki $R_1, R_2, \dots, R_n$ reguluje się w ten sposób, żeby

$$(45) \quad \beta_1 h_1 = \dots = \beta_i h_i = \dots = \beta_n h_n = h,$$

Tą drogą wszystkie przetworniki doprowadza się do wspól-

nej stałej sumowania. Prąd w obwodzie wspólnej sumy będzie równy

$$(46) \quad i_\Sigma = \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i i_i = \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i i_{oi} + \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i h_i A_i;$$

$$(47) \quad i_\Sigma = i_o + h \sum_{i=1}^{i=n} A_i,$$

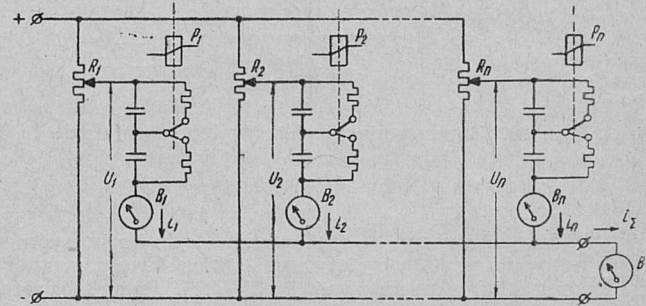
gdzie

$$(48) \quad i_o = \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i i_{oi}.$$

Dla zmniejszenia uchybu sumowania w opisanym układzie należy zastosować możliwie mały opór obwodu ogólnej sumy.

Do układu sumowników opisanych wyżej mogą być zastosowane zasadniczo dowolne przetworniki odbiorcze, mechaniczne i elektryczne. W przetwornikach mechanicznych wyszukuje się stosunkowo duży moment napędowy części ruchomej w przyrządzie odbiorczym. Oś skazówki przyrządu łączy się mechanicznie z osią opornika obrotowego. Oporniki poszczególnych przyrządów odbiorczych łączy się równolegle. Uzwojenia oporowe tych oporników nawinięte są w ten sposób, że prąd płynący przez nie, przy stałym napięciu zasilania, jest proporcjonalny do kąta obrotu, a więc do wartości mierzonej. Przez taki układ oporników, regulowanych za pomocą przyrządów odbiorczych, przepływa prąd równy sumie prądów składowych. System ten stosowany jest przez firmę Brown Boveri Co w przetworniku mechanicznym, podanym na rys. 17.

Charakterystycznym przykładem metody uzyskania jednakowej stałej sumowania jest układ kondensatorowych przetworników odbiorczych w systemie częstotliwości impulsów, podany na rys. 33. W układzie tym oprócz



Rys. 33. Sumowanie prądów kondensatorowych przetworników odbiorczych

ogólnej sumy uzyskuje się jeszcze na indywidualnych przyrządach wskazania poszczególnych składowych prądów. Prąd w obwodzie każdego przetwornika jest równy

$$(49) \quad i_i = 2 f_i C_i U_i = h_i U_i f_i.$$

Dla uzyskania jednakowej stałej sumowania k reguluje się napięcia $U_1, U_2, \dots, U_n$ za pomocą indywidualnych dzielników $R_1, R_2, \dots, R_n$. Suwaki dzielników ustawia się w ten sposób, że

$$(50) \quad h_1 U_1 = \dots = h_i U_i = \dots = h_n U_n = K.$$

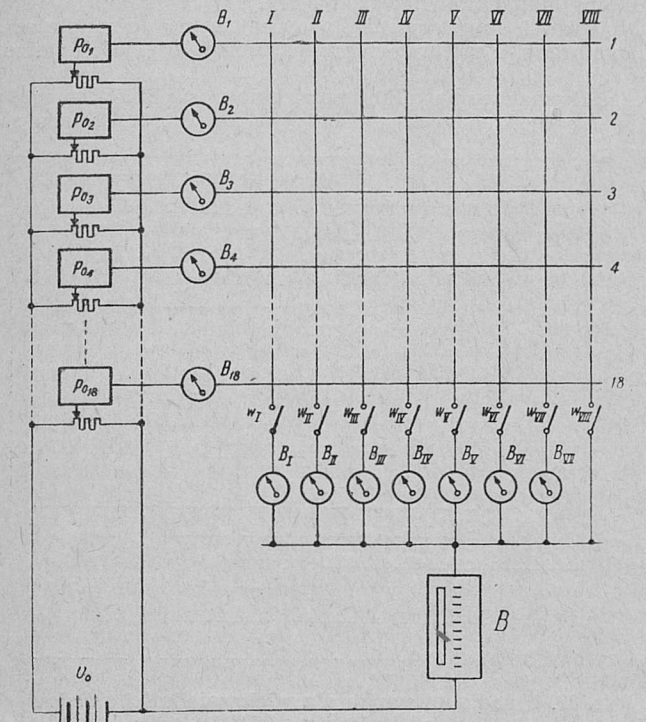
Wtedy prąd w obwodzie sumy będzie równy

$$(51) \quad i_\Sigma = \sum_{i=1}^{i=n} i_i = K \sum_{i=1}^{i=n} f_i.$$

Największa trudność przy sumowaniu prądów w tym układzie, jak i w większości innych układów, polega na usunięciu wzajemnego wpływu przetworników, biorących udział przy sumowaniu. Jeżeli nie zastosować odpowiednich środków w celu usunięcia wzajemnego wpływu, to prąd każdego z przetworników będzie zależny nie tylko od wielkości mierzonej, lecz również od prądów pozostałych przetworników.

W systemach sumowania prądów możliwe jest tworzenie sumy dowolnych kombinacji wielkości sumowanych.

W tym celu używa się specjalnej tablicy rozdzielczej z wtyczkami i wyłącznikami. W przykładzie podanym na rys. 34 można uzyskać siedem sum częściowych ($B_I, B_{II}, \dots, B_{VII}$)

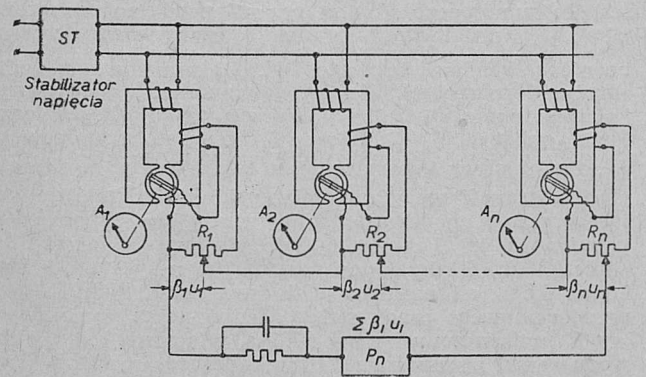


Rys. 34. Tablica rozdzielcza do tworzenia dowolnych sum częściowych z 18 wartości mierzonych

..... B_{VII} z 18 dowolnych wielkości składowych ($B_1, B_2, \dots, B_{18}$) a ponadto sumę ogólną (B). Za pomocą wtyczek łączy się ze sobą na odpowiednich skrzyżowaniach szyny 1 ... 18 z szynami I ... VIII, a za pomocą wyłączników $w_1 \dots w_{VIII}$ tworzy się obwody żądanych sum częściowych. Szyna VIII, zwana obejściową, pozwala na wykluczenie dowolnych wielkości z sum częściowych.

Sumowanie napięć. Stosuje się sumowanie napięć zarówno zmiennych, jak i stałych. Przy sumowaniu napięć zmiennych — oprócz liniowej charakterystyki przetwornika i jednakowej stałej sumowania — niezbędne jest jeszcze zachowanie zgodności fazy wszystkich dodawanych napięć.

Jako przykład sumowania napięciowego może służyć podany na rys. 35 układ, zawierający przetworniki tran-



Rys. 35. Sumowanie napięć przetworników odbiorczych

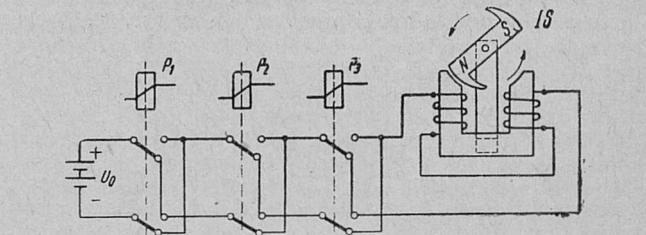
sformatorowe. Uzyskanie jednakowej stałej sumowania osiąga się za pomocą dzielników napięć $R_1, R_2, \dots, R_n$. Napięcie sumaryczne jest proporcjonalne do sumy kątów wychyleń przyrządów pomiarowych, a przy zachowaniu równomierności skal — do sumy wielkości mierzonych.

Sumowanie impulsów. Metoda sumowania impulsów znajduje zastosowanie w systemie liczby impulsów i częstotliwości impulsów. Może ona być użyta zarówno do całkowania, jak i do sumowania wielkości mierzonych.

Jak wiadomo, w systemach liczby i częstotliwości impulsów każda wielkość mierzona określana jest wysłaniem odpowiedniej liczby impulsów prądu w jednostce czasu. Przy całkowaniu wielkości mierzonych na stacji odbiorczej stosuje się zwykle licznik elektromagnetyczny, zawierający mechanizm wychwytywy, połączony z mechanizmem liczącym, podobnym do mechanizmów liczących w licznikach elektrycznych. Przy każdym impulsie mechanizm liczący posuwa się o jedną pozycję i w ten sposób całkuje wielkość mierzoną. Najprościej urzeczywistnia się według tego systemu obliczanie zużycia lub produkcji energii elektrycznej za pomocą licznika indukcyjnego. W liczniku tym stosuje się urządzenie komutatorowe wysyłające impulsy. Na stacji odbiorczej impulsy te są sumowane za pomocą mechanizmu liczącego.

Zupełnie odmienne jest sumowanie impulsów przy sumowaniu wielkości mierzonych. W tym przypadku należy dążyć do równomiernego rozłożenia w czasie impulsów, otrzymywanych w wyniku sumowania. Nakładanie się impulsów spowodowałoby uchyb przy sumowaniu. W tym celu stosuje się takie sumowniki, w których prawdopodobieństwo nakładania impulsów jest bardzo małe (sumowanie bezpośrednie), albo też stosuje się w nadajniku urządzenie rejestrujące impulsy. W urządzeniu tym zatrzymuje się impulsy póty, póki nie zakończy się nadawanie poprzedniego impulsu. Urządzenia według tej ostatniej metody są znacznie więcej skomplikowane.

Na rys. 36 podano układ sumownika do bezpośredniego sumowania impulsów w systemie liczby impulsów. Przekątniki $P_1, P_2, \dots, P_n$ są uruchamiane przez poszczególne odbiorniki. Przez styki tych przekątników zasila się ze źródła U_0 silnik impulsowy IS podobny pod względem budowy do elektrycznych mechanizmów czasowych. Przy każdej zmianie biegunowości uzwojenia wzbudzającego obraca się wirnik o pewien określony kąt. Przełączanie biegunowości następuje przy zadziałaniu i zwalnianiu poszczególnych przekątników. W ten sposób ogólna liczba przełączeń biegunowości, a więc i liczba skoków licznika impulsowego jest równa podwójnej sumie wszystkich impulsów. Dla zmniejszenia prawdopodobieństwa nakładania się impulsów z różnych odbiorników długość impulsów uruchamiających przekątniki jest wielokrotnie mniejsza od przerwy pomiędzy impulsami. Dzięki temu uchyb sumowania jest ograniczony do dziesiątych części procentu.

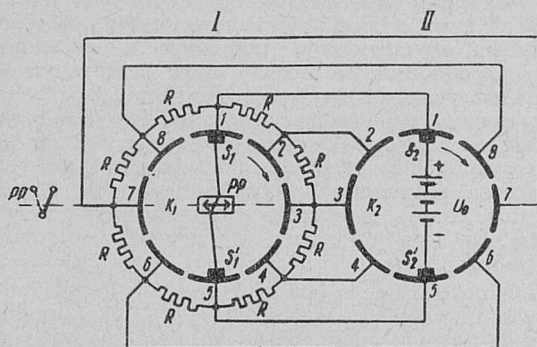


Rys. 36. Sumowanie impulsów w systemie liczby impulsów
 IS — silnik impulsowy

Sumowanie częstotliwości impulsów. Jedną z metod tego sumowania, tzn. sumowanie komutatorowe, stosuje się w systemie częstotliwości impulsów w celu przesyłania na odległość wskazań sumarycznej mocy, mierzonej za pomocą dwóch indukcyjnych liczników. Metoda ta polega na elektrycznym dodawaniu przesunięć kątowych obu liczników i ma na celu uzyskanie liczby impulsów proporcjonalnej do sumy przesunięć. Ponieważ liczniki kręca się bez przerwy, zatem zachodzi tu sumowanie prędkości kątowych, a więc i sumowanie częstotliwości impulsów.

Na rys. 37 podano zasadniczy układ sumownika radzieckiego systemu CLEM Mosenergo. Sumownik składa się z dwóch indywidualnych liczników I i II. Na osi każdego z nich umocowane jest ramię szczotkowe z dwiema szczotkami S_1, S'_1 i S_2, S'_2 . Prąd doprowadza się do szczotek za pomocą pierścieni pomocniczych, nie

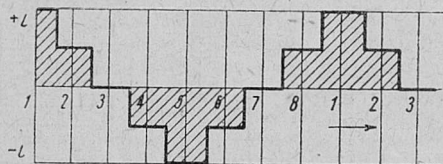
pokazanych na rysunku. Szczotki ślizgają się po srebrnej powierzchni wielowycinkowych (np. na rys. 37 ośmiowycinkowych) komutatorów K_1 i K_2 . Przeciwniegle wycinki obu komutatorów są połączone ze sobą oraz przyłączone do pierścienia oporowego, złożonego z jednakowych oporów R . Do szczotek jednego z komutatorów doprowadza się stałe



Rys. 37. Sumowanie częstotliwości impulsów (ZSRR)

PP — przekładnik polaryzowany
1 2 ... 8 — wycinki komutatorów k_1, k_2

napięciu 24 V lub 48 V, a szczotki drugiego komutatora połączone są przez uzwojenie przekładnika polaryzowanego PP. Gdy licznik II nie kręci się, a szczotki licznika I w czasie swego ruchu włączają do obwodu przekładnika PP stopniowo coraz to inne opory R , krzywa prądu w tym przekładniku będzie miała przebieg jak na rys. 38. W ciągu



Rys. 38. Przebieg prądu w systemie sumowania częstotliwości impulsów (ZSRR)

jednego obrotu osi szczotek prąd w uzwojeniu przekładnika zmieni dwukrotnie kierunek, przy czym przekładnik ten wysłał jeden impuls. Przy jednoczesnym obrocie obu liczników częstotliwość zmian napięcia na uzwojeniu przekładnika będzie proporcjonalna do algebraicznej sumy prędkości obrotowych obu osi, ponieważ prędkości liczników są proporcjonalne do mocy mierzonej:

$$(52) \quad f = n_I + n_{II} \quad \text{czyli} \quad f = k (P_1 + P_2).$$

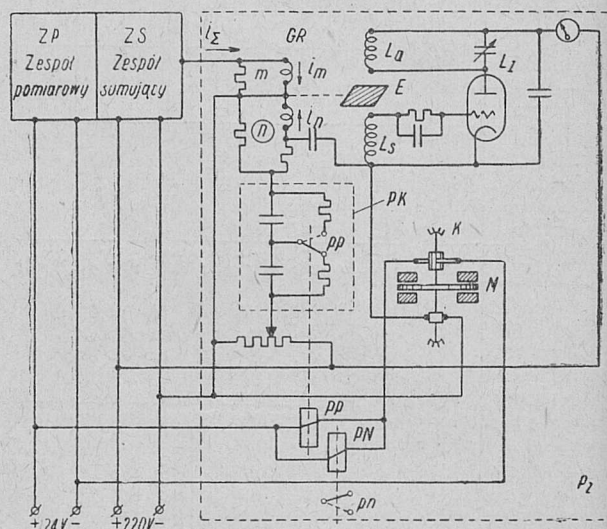
Dla zwiększenia częstotliwości impulsów stosuje się wielokrotnie większą liczbę wycinków komutatorowych oraz łączy się ze sobą odpowiednie (co ósme) wycinki. Na przykład, przy trzykrotnie zwiększonej liczbie wycinków w ciągu jednego obrotu wysłał się trzy impulsy. Wobec tego częstotliwość impulsów również wzrasta trzykrotnie. Jeżeli oprócz pomiaru zdalnego sumy mocy potrzebny jest również pomiar zdalny mocy z poszczególnych liczników, to każdy z nich musi być zaopatrzony jeszcze w dodatkowy przerywacz komutatorowy dla indywidualnego nadawania.

Sumowanie komutatorowe może być stosowane również przy sumowaniu momentów. W tym przypadku każdy z sumowników zaopatruje się jeszcze w dwie lub trzy tarcze. Tą drogą można sumować 4 wzgl. 6 wielkości składowych.

Układy sumowników dla wielu wielkości składowych. Dążenie do zwiększenia pojemności sumowników, tzn. do umożliwienia sumowania większej liczby wielkości składowych zmusza w poszczególnych przypadkach do znacznego skomplikowania konstrukcji sumowników. W ZSRR (CŁEM Mosenergo) opracowano elektryczny sumownik zrównoważony według systemu częstotliwości impulsów do pomiaru mocy. Zasada działania tego sumownika polega na tym, że na stacji nadawczej mierzone moce składowe przekształca się w impulsy prądu stałego, których częstotliwość jest proporcjonalna do wielkości mocy mierzonej. Uzyskane w powyższy sposób impulsy prądu poszczególnych wielkości mierzonej kieru-

je się do sumownika prądowego i przekształca na prąd stały, którego natężenie jest proporcjonalne do sumy mocy mierzonej. Sumaryczny prąd stały oddziałuje na specjalny układ zrównoważony, wysyłający impulsy o częstotliwości impulsowania proporcjonalnej do natężenia tego prądu, a zatem do sumy wszystkich wielkości mierzonej.

Schemat sumownika radzieckiego CŁEM dla wielu wielkości składowych podany jest na rys. 39. Składa się



Rys. 39. Układ sumownika dla wielu wielkości składowych z silniczkem (ZSRR)

m, n — cewki galwanometru różnicowego GR
 E — ruchomy ekran aluminiowy
 pp, pn — styki przekładników PP wzgl. PN

on z trzech odrębnych zespołów: pomiarowego ZP, sumującego ZS i przekształtnika zrównoważonego P_Z . Zespół pomiarowy zawiera przetworniki nadawcze, a zespół sumujący — przetworniki odbiorcze systemu częstotliwości impulsów. Działanie zespołu pomiarowego i zespołu sumującego jest podobne do działania opisanych poprzednio urządzeń (rys. 6 i rys. 33). W zespole przekształtnika zrównoważonego P_Z znajduje się galwanometr różnicowy GR, generator lampowy L_p , silnik elektryczny M z przerywaczem komutatorowym K , przetwornik kondensatorowy PK oraz przekładnik nadawczy PN. Prąd przetwornika jest proporcjonalny do częstotliwości impulsów wysyłanych przez całe urządzenie za pomocą przekładnika PN. W ramce cewki galwanometru różnicowego nawinięto dwa uzwojenia, jedno z nich (m) zasilane jest sumarycznym prądem zespołu sumującego ZS (na rys. 33 prąd ten oznaczono jako i_m), a drugie (n) — prądem otrzymywanym z przetwornika kondensatorowego PK. Galwanometr nie ma sprężyny nawrotnej. Na osi galwanometru umocowany jest mały ekran aluminiowy E , przesuwający się pomiędzy cewką anodową I_a i siatkową I_s generatora lampowego L . Punkt pracy generatora jest tak dobrany, że przesunięcie ekranu E wywołuje zmianę składowej stałej pulsującego prądu anodowego lampy generatora. W obwodzie katodowym tej lampy znajduje się uzwojenie wirnika silniczka M . Silniczek ten posiada magnes stały, a jego konstrukcja jest analogiczna do konstrukcji licznika amperogodzinowego prądu stałego. Przerywacz komutatorowy K , umieszczony na osi silnika, włączony jest do obwodu cewki przekładnika PP, wchodzącego w skład przetwornika kondensatorowego, oraz cewki przekładnika nadawczego PN. Prędkość silnika M jest proporcjonalna do składowej stałej prądu anodowego lampy.

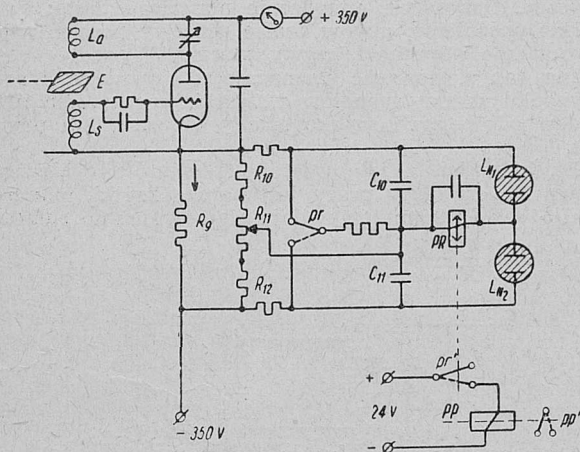
Działanie przekształtnika zrównoważonego jest następujące: na ruchomą część galwanometru działa różnica momentów wywołanych prądami płynącymi w uzwojeniu pomiarowym m i balansowym n . Jeżeli liczby zwojów w obu uzwojeniach są równe, to przy równości prądów i_m w uzwojeniu pomiarowym oraz i_n w uzwojeniu balansowym moment galwanometru jest równy zeru, a zatem

ekran nie poruszy się. Przy $i_m > i_n$ ekran przesunie się i wejdzie w szczelinę pomiędzy cewkami generatora, zwiększając stałą składową prądu anodowego. Przy $i_m < i_n$ ekran będzie się wysuwał ze szczeliny, zmniejszając prąd w obwodzie silnika M . Występuje tu zatem zjawisko przeciwdziałania. Przy zrównoważeniu prądów w uzwojeniach galvanometru ($i_m = i_n$) zachodzi ścisła zależność proporcjonalna pomiędzy mocą sumaryczną a częstotliwością impulsów wysyłanych przez urządzenie. Jeżeli moc mierzona zmieni się, to odpowiednio zmieni się również prąd w uzwojeniu pomiarowym m . Odchylenie ekranu wpłynie na zmianę prądu w obwodzie silnika w kierunku niezbędnym do uzyskania stanu równowagi. Cały przebieg regulacji zakończy się po ustaleniu się częstotliwości impulsów odpowiednio do sumarycznej mocy mierzonej.

Dokładnie w ten sam sposób będzie się odbywać przebieg regulacji w przypadku, gdy zmiana prądu anodowego lub prędkości obrotów silnika będzie spowodowana z innych przyczyn, np. zmianą charakterystyki lampy, zwiększeniem tarcia w łożyskach silnika itp. Należy zaznaczyć, że chociaż prąd w obwodzie wyjściowym przetwornika PK jest proporcjonalny do napięcia źródła zasilającego, jednak zmiana tego napięcia nie wywoła uchybu pomiaru, ponieważ wszystkie przetworniki zespołu pomiarowego są zasilane z tego samego źródła napięcia.

Istnieją dwie główne trudności w budowie opisanego wyżej urządzenia. Pierwszą z nich jest trudność uzyskania dużej czułości galvanometru różnicowego. Tarcie osi galvanometru oraz momenty sił działających pod wpływem sprężystości przewodów doprowadzeniowych znacznie zmniejszają dokładność pomiaru. Drugą trudnością jest konieczność troskliwej obsługi silniczka wraz z przerywaczem komutatorowym.

W nowszych urządzeniach sumujących CLEM silnik M zastąpiono przez generator drgań relaksacyjnych z lampami neonowymi. Układ takiego właśnie generatora podany jest na rys. 40. Zmiana składowej stałej prądu



Rys. 40. Fragment układu sumownika dla wielu wielkości składowych z generatorem relaksacyjnym (ZSRR)

PR — przełącznik polaryzowany
LN₁, LN₂ — lampy neonowe

anodowej lampy powoduje zmianę spadku napięcia na oporze katodowym R_9 , co wywołuje zmianę częstotliwości drgań generatora relaksacyjnego. Drgania relaksacyjne uruchamiają przełącznik pomocniczy PR , który oddziaływa na przełącznik PP . Styki przełącznika PP wysyłają impulsy na linię oraz działają w obwodzie przetwornika kondensatorowego PK .

Przebieg działania generatora relaksacyjnego jest następujący. Gdy styki przełącznika PR zamykają obwód ładowania jednego z kondensatorów, np. C_{10} , wtedy drugi kondensator C_{11} ładuje się przez dzielnik napięcia $R_{10} - R_{12}$. W momencie, gdy napięcie na tym kondensatorze osiągnie wielkość napięcia zapłonu lampy neonowej LN₂, zapala się ta lampa i przełącznik PR przełącza styki. Wskutek tego zmieniają się role kondensatorów C_{10} , C_{11} oraz zostanie uruchomiony przełącznik PP . Proces opisany wyżej powtórzy się i przełącznik PR znów zadziała w następstwie zmiany kierunku prądu w jego uzwojeniu.

Działanie to powtarza się okresowo z częstotliwością relaksacji zależnie od spadku napięcia na oporze R_9 . Wzrost spadku napięcia powoduje zwiększenie się częstotliwości relaksacji, jak wzrost prądu anodowego w poprzednim rozwiązaniu powodował zwiększenie prędkości silnika. Zasada wysyłania impulsów z częstotliwością proporcjonalną do sumy mocy mierzonych jest analogiczna, jak w układzie poprzednio opisanym.

W obu opisanych wyżej urządzeniach sumujących liczbą wielkości składowych sumowanych w tych urządzeniach jest praktycznie nieograniczona.

Przyrządy pomiarowe sumy wielkości mierzonych są podobne do opisanych w rozdz. 7 telemetrycznych przyrządów odbiorczych. Przyrządy pomiarowe sumy mocy umieszcza się zwykle w biurach rozrządczych (rys. 26), nastawniach oraz w kotłowniach (rys. 27, 28).

9. Przesyłanie pomiarów w sposób nieciągły.

W wielu przypadkach nie zachodzi potrzeba przesyłania pomiarów w sposób ciągły, lecz wystarczają pomiary zdalne w pewnych odstępach czasu. Nieciągłe przesyłanie pomiarów stosuje się wtedy, gdy liczba łącz telemetrycznych jest ograniczona i istnieje potrzeba przesyłania wielu pomiarów na odległość. W tych przypadkach, gdy chodzi o wielkości mierzone, które nie wymagają ciągłego przesyłania pomiarów, stosuje się tzw. cykliczne pomiary zdalne lub tzw. pomiary wybierane zdalnie.

A. Pomiary cykliczne

Cykliczne pomiary zdalne są przesyłane w jednakowych odstępach czasu, przy czym kolejno korzysta się z jednego wspólnego łącza telemetrycznego. Zasada pomiarów cyklicznych polega na synchronicznym przełączaniu łącza telemetrycznego oraz telemetrycznych urządzeń końcowych (nadajnika i odbiornika) na różne przetworniki nadawcze w stacji nadawczej i na odpowiednie przyrządy pomiarowe odbiorcze w stacji odbiorczej. Przełączanie to odbywa się za pomocą wybieraków, znajdujących się na obu stacjach. W okresie pracy, kiedy łącze wraz z nadajnikiem i odbiornikiem włączone jest pomiędzy przetwornik nadawczy i przyrząd odbiorczy, w tym ostatnim ustala się wskazanie pomiaru, po czym łącze przerywa się do innej pary aparatów telemetrycznych. W okresie paazy pomiędzy pomiarami telemetrycznymi przyrządy odbiorcze zwykle są zatrzymywane na ostatnim wskazaniu. Zatrzymywanie to odbywa się drogą elektromechaniczną lub elektryczną. Niekiedy stosuje się sygnalizację świetlną w przyrządach odbiorczych, która wskazuje pracę przyrządu odbiorczego. W niektórych przypadkach w czasie paazy wskazania przyrządu odbiorczego nie są zatrzymywane i skazówka przyrządu po każdym pomiarze wraca do zera. Prędkość przełączania łącza telemetrycznego zależy od charakteru zmian wielkości mierzonych, od czasu ustalania się wskazania przyrządu telemetrycznego (od szerokości pasma przenoszonych częstotliwości) oraz od żądanej dokładności pomiarów.

Systemy wąskopasmowe, ze względu na dłuższy czas ustalania w urządzeniach telemetrycznych, mniej są odpowiednie do pomiarów cyklicznych. Systemy szerokopasmowe przy zastosowaniu nowoczesnych urządzeń telemetrycznych są znacznie ekonomiczniejsze od systemów wąskopasmowych. Przy stosowaniu systemów szerokopasmowych, np. systemu prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej, okres pracy wynosi od ~ 1 do 4 sek., a przy systemach wąskopasmowych, np. systemie częstotliwości impulsów, okres pracy równy jest od ok. 4 do 20 sek.

Czas trwania jednego cyklu pomiarowego wynosi

$$(53) \quad \tau_c = p \cdot t_r,$$

gdzie p — liczba wykorzystanych pozycji wybieraka,
 t_r — okres pracy jednego pomiaru zdalnego.

Liczba pomiarów w jednym cyklu zależna jest od dopuszczalnego okresu paazy t_p pomiędzy pomiarami:

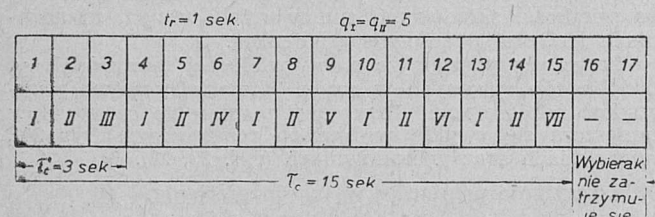
$$(54) \quad t_p = \tau_c - t_r = (p - 1) t_r$$

oraz od typu zastosowanych wybieraków tzn. od liczby ich pozycji. Stosuje się np. 6, 10, 16, 17 pomiarów w jednym cyklu. Jeżeli liczba przesyłanych pomiarów jest mniejsza od dysponowanej liczby pozycji wybieraka, to przez pozycje nie wykorzystane szczotka wybieraka prze-

chodzi bez zatrzymania. Można również powtarzać te same pomiary w ciągu jednego cyklu. Wtedy cykl pomiarów powtarzanych będzie odpowiednio krótszy:

$$(55) \quad \tau'_c = \frac{p \cdot t_r}{q}$$

gdzie q — liczba powtarzanych pomiarów w ciągu jednego obrotu wybieraka.



Rys. 41. Przebieg pomiarów cyklicznych

q_I, q_{II} — liczby powtarzanych pomiarów I i II w ciągu jednego obrotu wybieraka

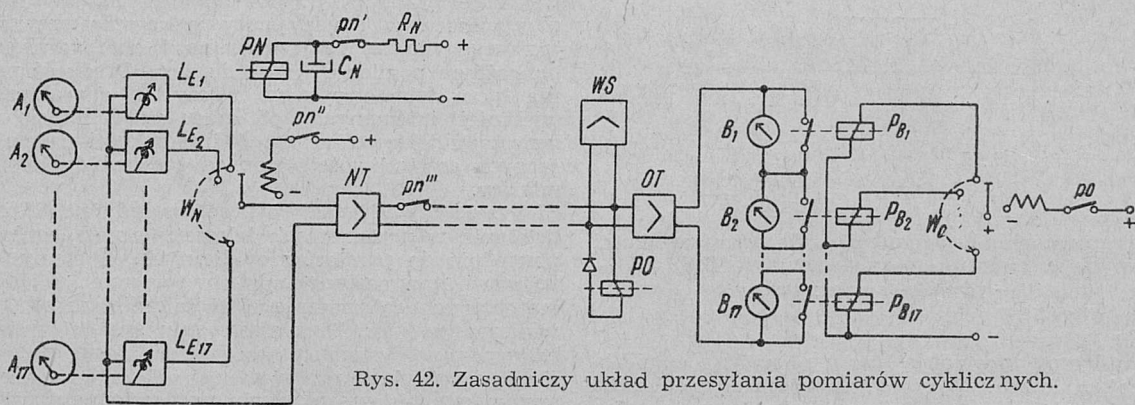
t_r — okres pracy jednego pomiaru zdalnego

τ_c — czas trwania jednego cyklu pomiarowego

τ'_c — cykl pomiarów powtarzanych I i II

Na rys. 41 podano przykład wyzyskania pola stykowego w wybieraku 17-pozycyjnym dla różnych pomiarów. Pozycje 16 i 17 są niewyzyskane i szczotka wybieraka na nich nie zatrzymuje się. Jeżeli przyjmiemy, że okres pracy na każdej pozycji $t_r = 1$ sek., to cykl pomiarów I i II wynosi 3 sek., a pomiary pozostałe mają cykl 15 sek.

Synchroniczny ruch wybieraków na współpracujących ze sobą stacjach telemetrycznych odbywa się za pomocą przesyłania impulsów synchronicznych lub impulsów sterujących ruchem wybieraków. W systemach impulsowych do przesyłania impulsów synchronizujących wzgl. sterujących musi być stosowane odrębne łącze. Natomiast w systemie prądów sinusoidalnych częstotliwości akustycznej i wielkiej częstotliwości nie zachodzi potrzeba stosowania odrębnego łącza, w tych bowiem systemach przesyła się pomiary przy niezmienniej amplitudzie sygnałów telemetrycznych, a więc jako sygnały synchronizujące można stosować przerwy w nadawaniu sygnałów telemetrycznych. Jest to dużą zaletą systemu prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej wzgl. systemu wielkiej częstotliwości.



Rys. 42. Zasadniczy układ przesyłania pomiarów cyklicznych.

NT — nadajnik telemetryczny
OT — odbiornik telemetryczny
WS — wzmacniacz strażniczy
W_N — wybierak nadawczy

W_O — wybierak odbiorczy
P_N, C_N, R_N — impulsator
PO — przełącznik odbiorczy

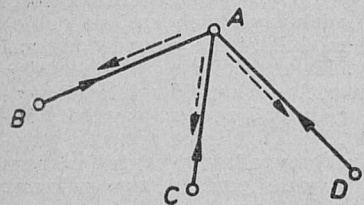
Na rys. 42 podano zasadniczy układ do przesyłania pomiarów cyklicznych według systemu Brown Boveri. Układ pracuje na zasadzie systemu prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej. Zastosowano opisane wyżej przetworniki nadawcze (rys. 10), nadajnik (rys. 12), odbiornik oraz przyrząd odbiorczy (rys. 14). Na stacji nadawczej znajduje się samoczynne urządzenie przełącznikowe do sterowania wybieraka W_N . Urządzenie to składa się z przełącznika z opóźnionym działaniem PN, kondensatora elektrolitycznego C_N oraz oporu R_N . Układ

ten działa jak impulsator przełącznikowy, w którym przełącznik PN przerywa sobie obwód zasilania (za pomocą styków pn'), gdy kondensator C_N naładuje się. Potem następuje wyładowanie kondensatora. Całe urządzenie działa niezależnie od zmian napięcia sieci i częstotliwości sieci. Częstotliwość impulsowania reguluje się za pomocą pojemności kondensatora C_N . Wskutek stosowania dużej stałej czasu układu okres działania przełącznika PN wynosi ok. $1\frac{1}{3}$ sek. Pod wpływem przełącznika PN i jego styków pn'' uruchamiany jest wybierak obrotowy 17-pozycyjny W_N oraz jednocześnie przy każdym ruchu wybieraka wysyłana jest na łącze telemetryczne krótka przerwa sygnału (za pomocą styku pn'''). Wybierak W_N przełącza nadajnik telemetryczny NT kolejno do poszczególnych przetworników nadawczych, zbudowanych jako wiarometry $LE_1 \dots LE_{17}$, sprzężone z osiami przyrządów pomiarowych $A_1 \dots A_{17}$. W ten sposób wysyłane są na linię impulsy prądu zmiennego o częstotliwości akustycznej, przy czym częstotliwość prądu w każdy impulsie zależy od poszczególnych wielkości mierzonych. Na stacji odbiorczej impulsy prądu zmiennego są wyprostowane i za pomocą przełącznika PO i styków po sterują wybierakiem W_O . Wybierak ten uruchamia kolejno odpowiednie przełączniki $P_{B1} \dots P_{B17}$, dzięki czemu przez przyrządy pomiarowe $B_1 B_{17}$ przepływa kolejno prąd odbiornika telemetrycznego OT. W czasie pauzy wskazania poszczególnych przyrządów odbiorczych są zatrzymywane za pomocą specjalnych urządzeń elektrycznych wydłużających impulsy. Po zakończeniu sygnału urządzenia te zatrzymują skazówkę przyrządu w ciągu 2—3 minut na tym samym wychyleniu, które ona posiadała podczas pomiaru. Po tym okresie zatrzymania skazówka opada bardzo wolno na dół. W celu umożliwienia szybkiej sygnalizacji ewentualnego uszkodzenia urządzeń telemetrycznych zastosowano na stacji odbiorczej tzw. wzmacniacz strażniczy WS. W razie zaniku napięcia sygnału w łączu telemetrycznym następuje alarm akustyczny wzgl. optyczny. Oczywiście, urządzenie alarmowe posiada niewielkie opóźnienie, aby w czasie przerwy pomiędzy impulsami nie powstał fałszywy alarm. W prosty sposób można tak dostosować wzmacniacz strażniczy, aby w przypadku zaniku sygnałów wszystkie wychylenia przyrządów odbiorczych szybko spadły do zera, lub poniżej zera.

Dzięki temu, że w systemie pomiarów cyklicznych Brown Boveri okres pracy jest bardzo krótki, mianowicie $1\frac{1}{3}$ sek., system ten nadaje się również do sumowa-

nia wielkości mierzonych, np. mocy elektrycznych. Przyjmuje się wtedy cykl pomiarów mocy równy ok. 4 sek., tzn. co 3-cia pozycja wybieraka jest przeznaczona do przesyłania tej samej wielkości mierzonych. Na przykład w podanym na rys. 41 planie cyklicznych pomiarów pomiary I i II mogą być użyte do sumowania mocy. Zasadę sumowania mocy przy przesyłaniu cyklicznym przedstawia układ na rys. 43. W układzie tym pomiary mocy na stacjach B, C, D wysyłane są cyklicznie do stacji centralnej A (linie ciągłe). Cykl pomiarów mocy wynosi 4 sek. Jednocześnie stacja centralna A wysyła w kierunku

kach przeciwnych impulsy sterujące do wybieraków znajdujących się na stacjach B, C, D (linie przerywane). Dzięki temu stacje B, C, D wysyłają pomiary mocy do stacji A dokładnie w tym samym czasie, a więc pomiary te mogą być sumowane.



Rys. 43. Zasada sumowania mocy przy pomiarach cyklicznych

Przy przesyłaniu cyklicznym według opisanego wyżej systemu można również stosować samoczynną regulację zdalną, np. obrotów turbiny, w zależności od wielkości mierzonej np. mocy. Należy wtedy zależnie od okoliczności ustalić opóźnienie, które może zachodzić od chwili zmiany wielkości mierzonej do chwili regulacji. Odpowiednio do ustalonego opóźnienia należy zaprojektować cykl pomiarów mocy. Przy systemach pomiarów cyklicznych, w których okres pracy jest dłuższy, np. jest rzędu 4 sek. lub więcej, regulacji samoczynnej nie stosuje się, gdyż cykl pomiarów byłby zbyt długi.

Przy pomiarach cyklicznych można stosować rejestrujące przyrządy odbiorcze, nawet jeżeli cykl jest stosunkowo długi, np. rzędu 20 sek. Oczywiście, wchodzą tu w rachubę wielkości mierzone, zmieniające się stosunkowo wolno (np. napięcie, częstotliwość itp.). Krzywa uzyskana w przyrządzie rejestrującym będzie podobna, jak przy pomiarze ciągłym, gdyż przy normalnej prędkości posuwu taśmy 20 mm/h (przy rejestrowaniu mocy) i przy cyklu pomiaru równym $\tau_c = 20$ s poszczególne punkty zapisane na taśmie będą oddalone zaledwie o 0,11 mm.

W systemie przesyłania pomiarów cyklicznych możliwe jest zatrzymywanie obiegu cyklicznego na żądanym pomiarze i obserwowanie danego pomiaru w sposób ciągły. W tym przypadku wybieraki na obu stacjach zatrzymują się na żądanej pozycji.

Wadą wybierakowych urządzeń do pomiarów cyklicznych jest stosowanie obrotowych lub tym podobnych mechanizmów elektromagnetycznych, pracujących bez przerwy. Dlatego też w nowych urządzeniach dąży się do innych rozwiązań, polegających na zastosowaniu wybieraków elektronowych.

B. Pomiary wybierane zdalnie

Często spotyka się w praktyce okoliczności, w których nie zachodzi potrzeba stosowania pomiarów zdalnych ciągłych, ani też cyklicznych, lecz całkowicie wystarczają pomiary sporadyczne, wykonywane w dość długich odstępach czasu. W tym celu nie opłaca się stosować specjalnych łączy telemetrycznych, lecz do przesyłania pomiarów wykorzystuje się na krótki okres czasu istniejące łącza telefoniczne. Liczba wykonywanych w ten sposób pomiarów jest praktycznie nieograniczona. Ponieważ w czasie przesyłania pomiaru rozmowa telefoniczna nie może być prowadzona, zatem czas potrzebny na dokonanie pomiaru zdalnego musi być możliwie krótki. Warunek ten nie jest uciążliwy, gdyż ze względu na stosunkowo szerokie pasmo łącza telefonicznego uzyskanie krótkiego czasu ustalania pomiaru nie sprawia trudności. Podobnie czas przebiegów łączenia przy wykonywaniu takich pomiarów zdalnych musi być jak najkrótszy. Dlatego też zwykle stosuje się w tym celu wybieranie samoczynne za pomocą urządzeń wybierakowych, np. łącznie samoczynnych. Ażeby w czasie przesyłania impulsów telemetrycznych przekaźniki wybierania zdalnego niepotrzebnie nie pracowały, stosuje się inną częstotliwość dla sygnałów telemetrycznych niż dla sygnałów wybierania zdalnego.

Jednym z najprostszych systemów pomiarów wybieranych zdalnie jest tzw. system „UPEPO“, stosowany przez firmę Carpentier. Do pomiarów wykorzystywane są łącza wielkiej częstotliwości na liniach wysokiego napięcia. Jak wiadomo, w ważniejszych stacjach na sieci wysokiego napięcia znajdują się zwykle telefoniczne łącznice automatyczne. Z jednej strony przyłączone są one do łączy wielkiej częstotliwości, a z drugiej do linii

abonenckich, zakończonych aparatami telefonicznymi. Dla każdej z takich linii jest przeznaczony inny numer wywoławczy. Dla umożliwienia przesyłania pomiarów na odległość wystarczy zająć odpowiednie numery w łącznicach telefonicznych i zamiast aparatów telefonicznych dołączyć urządzenia telemetryczne nadawcze na stacjach kontrolowanych, a na stacji centralnej (dyspozycyjnej) — odbiornik telemetryczny. Do przeprowadzenia pomiaru zdalnego w opisywanym systemie wystarcza czas ok. 10 sek., wliczając czas wybrania numeru, uruchomienia urządzeń telemetrycznych nadawczych i odbiorczych oraz odczytania wartości mierzonej na przyrządzie odbiorczym. Jak wynika z tego, czas zablokowania łącza telefonicznego jest stosunkowo krótki i nie ma praktycznego znaczenia.

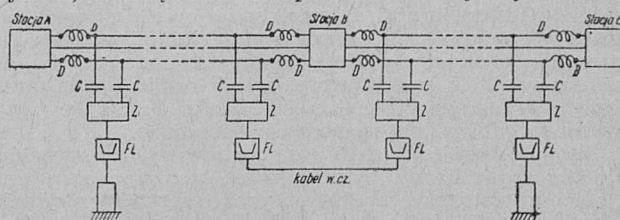
Oprócz wyżej opisanego systemu stosuje się również inne podobne systemy pomiarów wybieranych zdalnie, w których korzysta się nie z łącza telefonicznego, lecz ze specjalnego łącza telemetrycznego oraz odrębnego urządzenia wybierakowego.

Dla uniemożliwienia błędnego wybrania pomiaru stosuje się specjalne systemy impulsowania zwrotnego. Wybieranie odbywa się nie za pomocą tarczy numerowej, lecz przez uruchomienie klucza przechylnego, dzięki czemu również eliminuje się błędy w czynnościach wykręcania numeru. Po przechyleniu klucza rusza samoczynnie wybierak, przy czym zostaje wysłana na linię seria impulsów z nacechowanym odpowiednio jednym impulsem (przerwa, wydłużenie lub tp.). Gdy seria ta została odebrana przez urządzenie wywołujące, wtedy to ostatnie wysyła serię impulsów zwrotnych o identycznym, właściwym sobie przebiegu, względnie jako tzw. „odbicie lustrzane“ lub temu podobną. Po sprawdzeniu na stacji wywołującej, że impulsy zostały przesłane właściwie, stacja ta wysyła impuls „kwitujący“ i wybrane urządzenie telemetryczne nadawcze przyłącza się do linii. Jeżeli z powodu zakłócenia przebieg impulsów został zniekształcony, cały proces odbywa się powtórnie, aż do skutku. Normalnie przebieg wybierania trwa ok. 3 sek. Przesyłane sygnały telemetryczne mają inną częstotliwość, niż sygnały wybierania zdalnego. Wybrany pomiar może trwać dowolnie długo. Zmiana pomiaru na inny odbywa się przez cofnięcie poprzedniego klucza i przechylenie następnego.

10. Zasady przesyłania pomiarów na odległość za pośrednictwem przewodów wysokiego napięcia.

Najodpowiedniejsze do przesyłania pomiarów na odległość są linie o napięciu roboczym od ~ 60 kV do ~ 220 kV. Linie o niższym napięciu roboczym posiadają liczne odgałęzienia i wymagają wielkiej liczby urządzeń telekomunikacyjnych wielkiej częstotliwości. Przewody linii przesyłowych wysokiego napięcia zwykle wykorzystuje się do celów telekomunikacji za pomocą prądów wielkiej częstotliwości w zakresie od ~ 40 kc/s do ~ 160 kc/s. W rozbudowanych sieciach telekomunikacyjnych, gdy brakuje kanałów w normalnym zakresie podanym wyżej, stosuje się jeszcze wyższe częstotliwości, a mianowicie do 320 kc/s. Zakres częstotliwości poniżej 40 kc/s jest niezbyt dogodny dla szerokopasmowych łączy telefonicznych, wobec czego zwykle korzysta się z niego do łączy telemetrycznych.

Prądy wielkiej częstotliwości przesyła się bezpośrednio po przewodach wysokiego napięcia. Na stacjach krańcowych i przelotowych przebiegają one odrębną drogą omijając urządzenia energetyczne. Drogę tę (rys. 44) tworzą dławiki zaporowe wielkiej częstotliwości



Rys. 44. Układ połączeń urządzeń wielkiej częstotliwości z linią wysokiego napięcia

D — dławiki zaporowe
C — kondensatory sprzęgające
Z — urządzenia zabezpieczające
FI — filtry liniowe

(D), kondensatory sprzęgające (C), urządzenia zabezpieczające (Z) oraz filtry liniowe (FL). Na stacjach przelotowych, na których prądy wielkiej częstotliwości nie są odbierane wzgl. nadawane, tworzy się tzw. mostki obejściowe wielkiej częstotliwości (stacja B), łączące ze sobą sąsiednie odcinki linii wysokiego napięcia. Takie połączenia wieloodcinkowe noszą nazwę „telestrad”.

W układzie przedstawionym na rys. 44 przesyłanie prądów wielkiej częstotliwości odbywa się w tzw. układzie międzyfazowym. W niektórych przypadkach na krótszych odległościach, na mniej ważnych liniach, w sieci niezbyt rozgałęzionej stosuje się układ sprzężenia jednofazowego. Wtedy wypada dwukrotnie mniejsza liczba dławików zaporowych wielkiej częstotliwości i kondensatorów sprzęgających.

W telekomunikacji na liniach wysokiego napięcia zwykle stosowane są trzy systemy połączeń telefonicznych wielkiej częstotliwości, a mianowicie odcinkowy, ze zmianą fal i promieniowy. W systemie odcinkowym sieć telekomunikacyjna złożona jest z poszczególnych odcinków telekomunikacyjnych wyposażonych na obu końcach w urządzenia nadawczo-odbiorcze wielkiej częstotliwości. Sąsiednie odcinki oraz odcinki blisko położone muszą pracować na różnych częstotliwościach.

System ze zmianą fal polega na stosowaniu trzech lub więcej współpracujących ze sobą urządzeń wielkiej częstotliwości, działających na dwóch wspólnych częstotliwościach, przy czym w danym momencie możliwe są rozmowy tylko pomiędzy dwoma dowolnymi spośród tych urządzeń. Urządzenia takie tworzą okrąg rozmówny. Ze względów eksploatacyjnych w jednym okręgu nie umieszcza się więcej niż 4 do 5 urządzeń. Ponieważ używane są tu tylko dwie częstotliwości w każdym okręgu, przeto system ten w sieciach mało rozgałęzionych jest oszczędniejszy pod względem wyzyskania kanałów niż system odcinkowy.

Pewną odmianą powyższego systemu jest tzw. system promieniowy, w którym okrąg rozmówny ma kształt gwiazdy. Różnica w stosunku do systemu ze zmianą fal polega tylko na tym, że stacja centralna umieszczona w środku może nadawać wyłącznie na jednej częstotliwości, stacje zaś pozostałe, satelitarne, na drugiej. Możliwe są w danym momencie tylko rozmowy pomiędzy stacją centralną a jedną ze stacji satelitarnych. Stacje satelitarne nie mogą pomiędzy sobą rozmawiać. Ponieważ w systemie ze zmianą fal oraz w systemie promieniowym w okręgu rozmównym znajdują się co najmniej trzy stacje wielkiej częstotliwości, przeto wysyłanie prądów wielkiej częstotliwości bez przerwy jest niemożliwe. Systemy te nie nadają się do wykorzystania do celów telemetrycznych.

W odróżnieniu od połączeń telefonicznych, w których sygnały muszą być przesyłane w obu kierunkach, w teledetrii wysyła się sygnały tylko w jedną stronę. W połączeniach telefonicznych na liniach wysokiego napięcia prądy wielkiej częstotliwości nie koniecznie należy wysyłać w sposób ciągły, lecz wystarczy wysyłanie ich tylko w czasie rozmowy. Natomiast w teledetrii prądy wielkiej częstotliwości muszą być wysyłane bez przerwy, z wyjątkiem pomiarów wybieranych zdalnie. Dlatego też dla potrzeb teledetrii może być stosowany tylko taki system połączeń telefonicznych, w którym możliwe jest wysyłanie prądów wielkiej częstotliwości bez przerwy, a więc system odcinkowy.

W celu przesyłania sygnałów telemetrycznych za pośrednictwem przewodów wysokiego napięcia stosuje się nadajniki i odbiorniki telemetryczne wielkiej częstotliwości. W nadajnikach za pomocą modulacji odbywa się przesunięcie akustycznych sygnałów telemetrycznych do zakresu wielkich częstotliwości, w odbiornikach zaś przesunięcie sygnałów wielkiej częstotliwości do zakresu akustycznego odbywa się za pomocą demodulacji.

Zwykle stosuje się dwa systemy przesyłania sygnałów wielkiej częstotliwości, a mianowicie system z falą nośną i oboma wstęgami bocznymi oraz system przesyłania jednej wstęgi bocznej z przytłumioną falą nośną. Ten ostatni system jest znacznie korzystniejszy, gdyż zajmuje dwukrotnie mniejszą szerokość pasma wielkiej częstotliwości oraz pozwala na uzyskanie większej mocy użytecznej.

Najczęściej połączenia telemetryczne stosowane są na takich liniach wysokiego napięcia, na których istnieją łą-

cza telefoniczne wielkiej częstotliwości. Dlatego też zwykle do połączeń telemetrycznych są używane te same urządzenia nadawczo-odbiorcze wielkiej częstotliwości, które służą do łączy telefonicznych. W tym przypadku pasma telemetryczne są umieszczane w zakresie nadakustycznym tzn. od ~ 2600 c/s do ~ 3200 c/s. Częstotliwości poszczególnych kanałów nadakustycznych są tak dobrane, aby przy wzajemnej modulacji nie powodowały zakłóceń w kanale rozmowy. Najczęściej stosuje się odstęp 120 c/s pomiędzy częstotliwościami kanałów telemetrycznych. Ponieważ produkty modulacji zawierają między innymi sumy i różnice częstotliwości telemetrycznych, przeto sumy tych częstotliwości przypadają powyżej zakresu telefonicznego, a różnice zwykle poniżej tego zakresu. W ten sposób produkty modulacji wzajemnej nie są groźne dla łączy telefonicznych. Rzadziej stosuje się kanały telemetryczne w zakresie podakustycznym poniżej 300 c/s.

W urządzeniach telefoniczno-telemetrycznych sygnały telemetryczne, otrzymywane z nadajników telemetrycznych modulują prądy wielkiej częstotliwości podobnie jak prądy telefoniczne. Do tego celu używany jest wspólny modulator. Na stacji odbiorczej znajduje się wspólny demodulator, który przesłusza do zakresu akustycznego częstotliwości prądów telefonicznych i telemetrycznych. Za pomocą odpowiednich filtrów poszczególne sygnały skierowuje się do właściwych odbiorników.

W tych przypadkach, kiedy urządzenia telefoniczne wielkiej częstotliwości nie nadają się do przesyłania pomiarów lub kiedy mają za mało kanałów telemetrycznych, stosuje się specjalne wielokanałowe urządzenia telemetryczne wielkiej częstotliwości.

Liczba kanałów telemetrycznych w urządzeniach telefoniczno-telemetrycznych oraz wielokanałowych urządzeniach telemetrycznych zależy od wielu czynników, a mianowicie jest ona ograniczona odstępem pomiędzy poszczególnymi kanałami, dysponowanym pasmem przenoszenia urządzeń wielkiej częstotliwości oraz dopuszczalną głębokością modulacji dla jednego kanału telemetrycznego. Odstęp pomiędzy kanałami telemetrycznymi zależy od przesyłanego pasma częstotliwości telemetrycznych w poszczególnych kanałach oraz od wybiórczości filtrów w nadajnikach i odbiornikach telemetrycznych. Dysponowane pasmo przenoszone w urządzeniach wielkiej częstotliwości zależy od charakterystyki tłumienia całego łączy w funkcji częstotliwości przenoszonych oraz od systemów jego wyzyskania, tzn. od tego, czy korzysta się z niego do innych rodzajów telekomunikacji (np. telefonii, obsługi zdalnej itp.).

Dopuszczalna głębokość modulacji dla każdego kanału telemetrycznego zależy od liczby kanałów telemetrycznych i innych w danym urządzeniu wielkiej częstotliwości, od mocy wielkiej częstotliwości wysyłanej na linię wysokiego napięcia oraz od różnicy pomiędzy poziomem sygnałów użytecznych i poziomem zakłóceń na linii wysokiego napięcia. Moce prądów telemetrycznych w poszczególnych kanałach telemetrycznych muszą być jednakowe, ażeby nie występowało oddziaływanie jednego kanału telemetrycznego na inne. W praktyce jednak w wielokanałowych urządzeniach telemetrycznych wielkiej częstotliwości zwykle głębokości modulacji w poszczególnych kanałach nie są ściśle jednakowe, np. większe dla kanałów o większych częstotliwościach. W urządzeniach wielkiej częstotliwości nie stosuje się największej głębokości modulacji (100%) ze względu na zniekształcenia nieliniowe. Ponadto urządzenia te trzeba zabezpieczyć przed przemodulowaniem w przypadku, gdy w wielokanałowym urządzeniu wielkiej częstotliwości poszczególne napięcia kanałów telemetrycznych w pewnym momencie będą zgodne w fazie. Z drugiej jednak strony prawdopodobieństwo zgodności faz we wszystkich kanałach jest tym mniejsze, im jest więcej kanałów telemetrycznych. W urządzeniach telefoniczno-telemetrycznych przyjmuje się różne głębokości modulacji dla kanału telefonicznego i dla kanałów telemetrycznych. Zwykle suma współczynników głębokości modulacji w kanałach telemetrycznych jest równa współczynnikowi głębokości modulacji w kanale telefonicznym. Ażeby napięcia rozmowy nie powodowały przemodulowania urządzenia nadawczego wielkiej częstotliwości stosuje się ograniczniki amplitudy w obwodach telefonicznych przed modulatorami.

Ponieważ napięcie sygnałów telemetrycznych, a więc i głębokość modulacji poszczególnych kanałów telemetrycznych powinna być jednakowa przeto można ją określić wzorem

$$(56) \quad m_t = p \frac{m_c}{n}$$

gdzie m_c — największa głębokość modulacji dla wszystkich kanałów telemetrycznych,

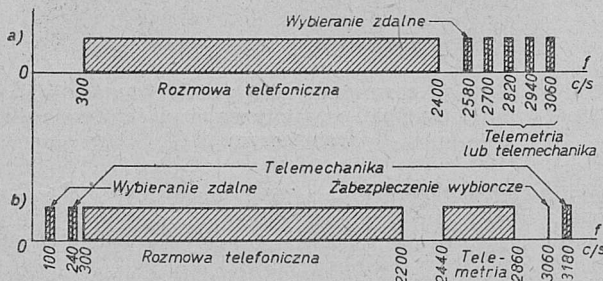
n — liczba kanałów telemetrycznych,

p — współczynnik wyzyskania modulacji.

Spółczynnik p uwzględnia omówione wyżej czynniki, występujące w urządzeniach telemetrycznych wielkiej częstotliwości. W praktyce przy liczbie kanałów telemetrycznych $n = 4 - 5$ stosuje się współczynnik $p = 1$. Przy większej liczbie kanałów, rzędu $n = 10$, współczynnik ten bywa nieco mniejszy (0,6 — 0,7).

W telefonicznych łączach różnica poziomu użytecznego i poziomu zakłóceń powinna być większa od $\sim 3,5$ N, natomiast w łączach telemetrycznych zwykle dopuszczalna jest różnica tych poziomów rzędu 2,3 N, gdyż przy niej nie odczuwa się szkodliwego wpływu zakłóceń na przesyłanie pomiarów zdalnych. Silne, krótkotrwałe zakłócenia są bardziej niebezpieczne dla teledzielnictwa niż dla rozmowy telefonicznej. W pierwszym przypadku mogą one spowodować sfalszowanie pomiaru, co jest szczególnie ważne przy rejestrowaniu pomiarów na taśmie, natomiast w drugim — nie wpłyną prawie na zrozumiałość rozmowy. Dlatego też pod tym względem urządzenia telemetryczne muszą odpowiadać ostrzejszym warunkom. W dużym stopniu dopuszczalny odstęp pomiędzy poziomem użytecznym i poziomem zakłóceń w łączach telemetrycznych zależy od systemu urządzeń telemetrycznych. Wpływ zakłóceń występujących w liniach wysokiego napięcia na kanały telemetryczne wielkiej częstotliwości eliminuje się przez zastosowanie wybiórczych filtrów telemetrycznych oraz przez modulację fali nośnej wielkiej częstotliwości za pomocą sygnałów telemetrycznych o częstotliwości akustycznej. Najmniej wrażliwy na zakłócenia jest system telemetryczny prądu sinusoidalnego częstotliwości akustycznej, którego właściwości pod tym względem są analogiczne do systemu modulacji częstotliwości. Zaletę tę uzyskuje się przez zastosowanie ogranicznika amplitudy w odbiorniku.

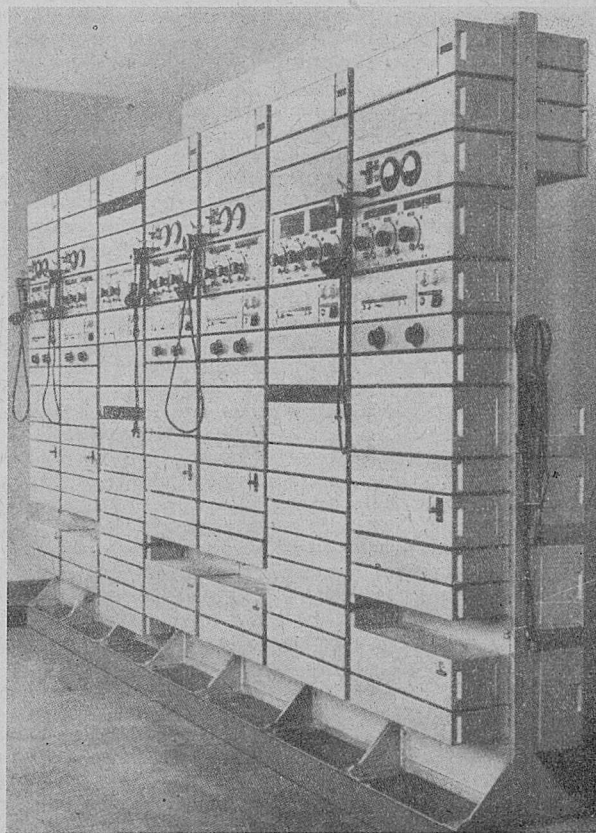
Liczba kanałów telemetrycznych w urządzeniach wielkiej częstotliwości spotykanych w praktyce jest różna. W nowoczesnych urządzeniach telefoniczno-telemetrycznych wielkiej częstotliwości stosuje się stosunkowo wąskie pasmo rozmowy, np. 300 — 2200 c/s, w celu uzyskania większej liczby kanałów dodatkowych dla teledzielnictwa, obsługi zdalnej itp. Na rys. 45 podano przykład rozmiesz-



Rys. 45. Rozmieszczenie kanałów w urządzeniach telefoniczno-telemetrycznych

czenia kanałów telekomunikacyjnych w nowoczesnych jednowstęgowych urządzeniach wielkiej częstotliwości firmy L. M. Ericsson (a) i firmy Brown Boveri Co (b). W urządzeniach Ericssona przesyła się przytłumioną falę nośną. Przy pełnej modulacji 200% amplituda wstęgi bocznej jest dwukrotnie większa od amplitudy fali nośnej. Dopuszczalna głębokość modulacji dla kanału telefonicznego wynosi 100%, a dla kanałów telemetrycznych wyzyskuje się pozostałe 100%. W starszych urządzeniach Ericssona stosuje się 3 kanały telemetryczne nadakustyczne przy głą-

bokości modulacji w każdym kanale $m_t = 33\%$, a w nowszych stosuje się 4 kanały nadakustyczne przy głębokości $m_t = 25\%$ (spółczynnik $p = 1$).



Rys. 46. Widok zewnętrzny stojaków telefoniczno-telemetrycznych i telemetrycznych wielokanałowych

Na rys. 46 uwidocznione są stojaki nadawczo-odbiorcze wielkiej częstotliwości firmy L. M. Ericsson typu ZCK 10. Najbliższy z nich jest to stojak telefoniczno-telemetryczny wyposażony w 3 nadajniki telemetryczne i jeden odbiornik telemetryczny (cztery pudełka umieszczone na górze stojaka z tyłu). W urządzeniach tego typu stosuje się trzy kanały telemetryczne wąskopasmowe w każdym kierunku przesyłania. Dla obu kierunków stosuje się różne częstotliwości telemetryczne, a mianowicie dla jednego 2640, 2760, 2880 c/s, a dla drugiego 2700, 2820 i 2940 c/s. W nowszych urządzeniach telefoniczno-telemetrycznych Ericssona przewidziane są cztery kanały o jednakowych częstotliwościach dla każdego kierunku, tzn. 2700, 2820, 2940 i 3060 c/s. W czasie rozmowy można zatem używać 8 kanałów telemetrycznych.

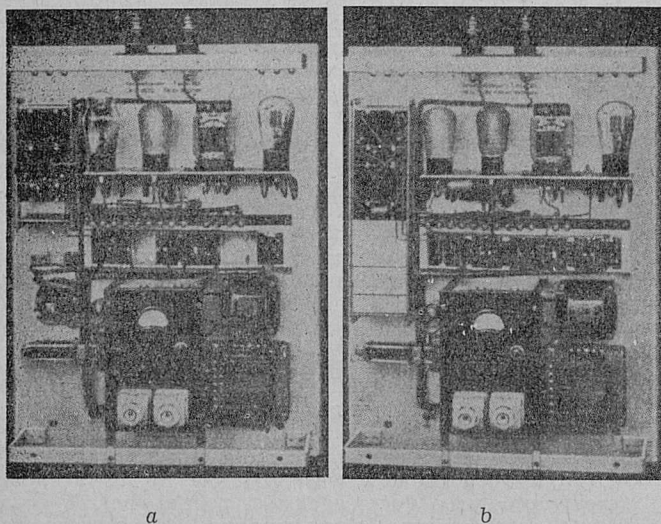
W najnowszych urządzeniach jednowstęgowych Brown Boveri oprócz kanału telefonicznego (300 — 2200 c/s) stosuje się w każdym kierunku 3 kanały wąskopasmowe (240, 3060, 3180 c/s) oraz jeden kanał szerokopasmowy (2440 — 2860 c/s). Zatem łącznie dla obu kierunków jest do dyspozycji 6 kanałów wąskopasmowych i dwa kanały szerokopasmowe o dużej zdolności pomiarowej. W urządzeniach telefoniczno-telemetrycznych dwuwstęgowych Brown Boveri stosuje się 3—4 kanały telemetryczne wąskopasmowe, umieszczone tylko w pasmie nadakustycznym.

W niektórych systemach urządzeń wielkiej częstotliwości, np. Siemens, wyzyskuje się do celów teledzielnictwa wąskopasmowe kanały zabezpieczenia wybiórczego wielkiej częstotliwości, które z reguły pracują bardzo rzadko. W czasie działania zabezpieczenia wybiórczego teledzielnictwa jest na krótki moment wyłączana (na czas ok. 1—2 sek.). Wieloletnie doświadczenia wskazują, że zastosowanie teledzielnictwa w powyższy sposób nie pogarsza pewności działania zabezpieczenia wybiórczego wielkiej częstotliwości.

Urządzenia telefoniczno-telemetryczne muszą odpowiadać bardzo ostrym wymaganiom pod względem zniekształceń nieliniowych, wybiórczości filtrów itp., ażeby nie występował przesłuch pomiędzy kanałami telemetrycznymi i kanałem telefonicznym. Zaletą tych urządzeń jest lepsze wyzyskanie rozporządzalnego zakresu wielkiej częstotliwości oraz stosunkowo niskie koszty, przypadające na jedno łącze telemetryczne.

Jeżeli wymagana jest większa liczba kanałów telemetrycznych, niż jest do dyspozycji w urządzeniu telefoniczno-telemetrycznym, lub też jeżeli łączy telemetryczne muszą być stosowane pomiędzy stacjami nie posiadającymi komunikacji telefonicznej wielkiej częstotliwości, wtedy trzeba stosować specjalne urządzenia telemetryczne wielkiej częstotliwości. Zwykle są to oddzielne urządzenia nadawcze i oddzielne urządzenia odbiorcze wielkiej częstotliwości, przystosowane do transmisji jednokierunkowej. Urządzeń telemetrycznych wielkiej częstotliwości tego typu jest wiele. W najprostszych urządzeniach telemetrycznych wielkiej częstotliwości fala nośna w nadajniku jest przerywana pod wpływem przetwornika nadawczego. Impulsy prądu wielkiej częstotliwości zostają wyprostowane w odbiorniku wielkiej częstotliwości, a następnie skierowane do przetwornika odbiorczego.

System bezpośredniego przerywania fali nośnej może być stosowany tylko na liniach o stosunkowo niskim poziomie zakłóceń oraz do przesyłania w sposób ciągły tylko jednego pomiaru. Nadajnik zwykle składa się z 1-lampowego oscylatora oraz 1-lampowego wzmacniacza mocy. Przerywanie oscylacji najczęściej odbywa się na siatce lampy oscylatora. Odbiornik zwykle zawiera 3 lampy, z których pierwsza pracuje jako wzmacniacz wielkiej częstotliwości, druga jako detektor, a trzecia jako wzmacniacz prądu stałego. Jeżeli tłumienie linii jest małe, to wystarczy zastosować w odbiorniku tylko jedną lampę detekcyjną, w której obwodzie anodowym znajduje się czuły przekątnik. W obwodzie siatkowym jednej z lamp odbiornika stosuje się układ oporowo-kondensatorowy dla samoczynnej regulacji wzmocnienia. Stała czasu tego układu jest tak dobrana, że w czasie przerwy pomiędzy impulsami czułość odbiornika pozostaje prawie niezmienną. Dzięki temu odbiornik jest mniej wrażliwy na zakłócenia. W nadajniku i odbiorniku wielkiej częstotliwości muszą być zastosowane odpowiednie filtry wielkiej częstotliwości.



a

b

Rys. 47. Wygląd zewnętrzny nadajnika telemetrycznego jednokanałowego wielkiej częstotliwości

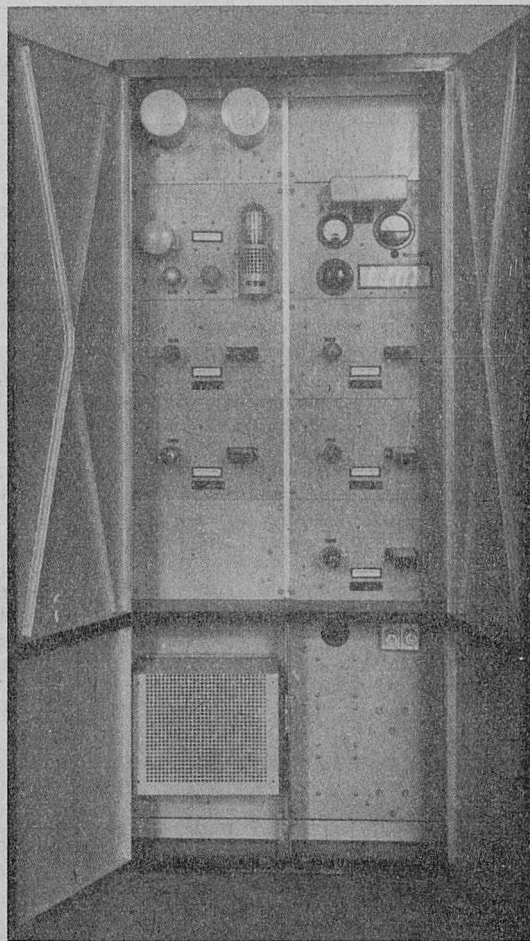
Na rys. 47 a podano wygląd zewnętrzny opisanego wyżej nadajnika telemetrycznego jednokanałowego w wykonaniu Siemens.

Odbiornik (rys. 47b) ma podobny wygląd. Składa się on z dwulampowego wzmacniacza wielkiej częstotliwości oraz z detektora prostownikowego. Zasięg tych urządzeń wynosi ok. 4 N. Zmiana tłumienia linii o 3 N nie wpływa na działanie przekątnika odbiorczego. Moc wielkiej czę-

stotliwości, wysyłana na linię wysokiego napięcia, wynosi ok. 1,5 W.

Telemetryczne urządzenia wielkiej częstotliwości są najczęściej budowane jako wielokanałowe. Częstotliwości poszczególnych kanałów są tak dobrane, aby wszelkie niebezpieczne harmoniczne i częstotliwości kombinowane, które mogą powstawać przez wzajemną modulację, wypadły w przerwie pomiędzy poszczególnymi kanałami. Zwykle biera się nieparzyste wielokrotne częstotliwości 60 c/s przy wzajemnym odstepie 120 c/s (jak w telegrafii wielokrotnej).

Starsze urządzenia wielokanałowe pracują w systemie przesyłania fali nośnej i obu wstępnych. Ze względu na stosunkowo małą moc użyteczną wstępnych nie stosuje się więcej niż 3 — 6 kanałów telemetrycznych. Na rys. 48 podano wygląd zewnętrzny 6- kanałowego na-



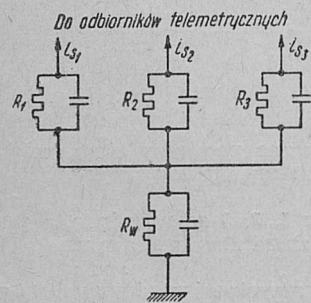
Rys. 48. Wygląd zewnętrzny 6-kanałowego nadajnika telemetrycznego wielkiej częstotliwości w systemie dwuwstęgowym

adajnika telemetrycznego wielkiej częstotliwości, pracującego z falą nośną i dwiema wstęgami bocznymi. W urządzeniu tym stosuje się następujące częstotliwości akustyczne sygnałów telemetrycznych: 420, 540, 660, 780, 900 i 1020 c/s (w urządzeniu, pokazanym na rysunku, ostatnia częstotliwość nie jest wyzyskana). Moc wielkiej częstotliwości wysyłana na linię wysokiego napięcia wynosi 5 W. Zasięg urządzeń wynosi ok. 3,5 N.

W nowoczesnych urządzeniach jednowstęgowych liczbę kanałów można podwoić, gdyż moc użyteczna wysyłana na linię jest znacznie większa. Stosuje się między innymi 8-, 10- i 12-kanałowe urządzenia telemetryczne wielkiej częstotliwości. Na rys. 46 przedstawione są jednowstęgowe urządzenia telemetryczne 8-kanałowe wąskopasmowe (stojak drugi i piąty).

W urządzeniach nadawczych starszego typu stosuje się zwykle modulację siatkową, przy czym obwody rezonansowe poszczególnych nadajników telemetrycznych

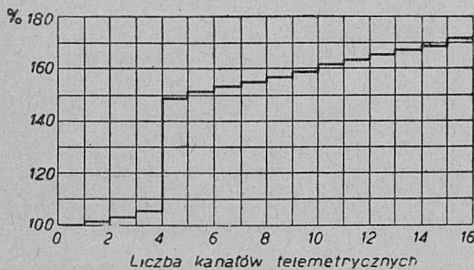
akustycznych połączone są szeregowo i włączone do obwodu siatkowego lampy modulującej. W nowoczesnych urządzeniach telemetrycznych wielokanałowych wielkiej częstotliwości poszczególne nadajniki posiadają filtry wyjściowe, które od strony wyjściowej są połączone równolegle i przyłączone do wspólnego modulatora. Nadajniki telemetryczne wielokanałowe wielkiej częstotliwości posiadają moc wyjściową w granicach 5 — 10 watów. W telemetrycznych urządzeniach odbiorczych wielkiej częstotliwości, podobnie jak w urządzeniach telefonicznych wielkiej częstotliwości, stosuje się samoczynną regulację wzmocnienia przed demodulacją. Regulacja ta działa w zależności od wielkości poziomu odbieranego fali nośnej w. cz. i służy do wyrównania zmian tłumienia linii wysokiego napięcia, np. pod wpływem warunków atmosferycznych. W urządzeniu odbiorczym poszczególne odbiorniki akustyczne mają filtry wyjściowe, które od strony wejściowej są połączone równolegle i przyłączone do demodulatora. Oprócz indywidualnych układów samoczynnej regulacji wzmocnienia w każdym odbiorniku akustycznym stosuje się również wspólny układ regulacji automatycznej. Może to być np. układ podany na rys. 49,



Rys. 49. Układ wspólnej regulacji samoczynnej wzmocnienia odbiorników telemetrycznych wielokanałowego urządzenia wielkiej częstotliwości

w którym przez opór R_w przepływają prądy siatkowe wszystkich lamp odbiorczych i w ten sposób wzajemnie regulują wzmocnienie. Układ ten ma na celu utrzymanie wzmocnienia odbiornika nie odbierającego sygnałów w takich samych granicach, jak w odbiornikach czynnych. Uzyskuje się w ten sposób mniejszą wrażliwość tego odbiornika na zakłócenia.

Koszt urządzeń telemetrycznych wielokanałowych wielkiej częstotliwości zależy od wyposażenia w nadajniki i odbiorniki telemetryczne akustyczne. Na rys. 50



Rys. 50. Przebieg kosztów urządzeń wielkiej częstotliwości w zależności od liczby kanałów telemetrycznych

podano orientacyjny przebieg zależności kosztów ogólnych od liczby kanałów telemetrycznych. Jako 100% przyjęto koszt urządzenia telefoniczno-telemetrycznego wielkiej częstotliwości bez wyposażenia kanałów telemetrycznych. Wykres dotyczy urządzeń telefoniczno-telemetrycznych wielkiej częstotliwości Ericssona, dostosowanych do trzech kanałów telemetrycznych dla każdego kierunku oraz do urządzeń wielokanałowych do przesyłania pomiarów na odległość w wykonaniu tej firmy. W skład urządzenia telefoniczno-telemetrycznego wchodzi urządzenie sprzęgające z linią na 70 kV w układzie międzyfazowym. Przy zwiększeniu liczby kanałów powyżej trzech należy zastosować odrębne urządzenie telemetryczne wielokanałowe wielkiej częstotliwości, wobec czego koszt ogólny raptownie wzrasta. Przy dalszym zwiększaniu liczby kanałów dochodzą tylko koszty wyposażenia poszczególnych kanałów telemetrycznych częstotliwości akustycznej.

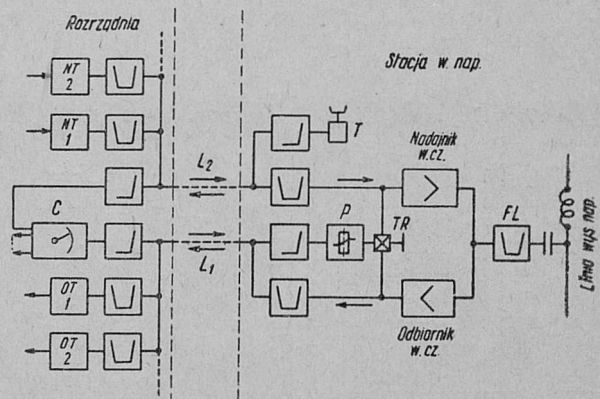
11. Zasady budowy połączeń telemetrycznych na liniach wysokiego napięcia.

Połączenia telemetryczne, podobnie do połączeń telefonicznych wielkiej częstotliwości, mogą przebiegać przez wiele odcinków telekomunikacyjnych wielkiej częstotliwości i tworzyć tzw. telestrady pomiarowe. W tych przypadkach stosuje się te same częstotliwości dla każdego pomiaru. Na stacjach przelotowych sygnały telemetryczne przechodzą z urządzeń odbiorczych wielkiej częstotliwości jednego odcinka do urządzeń nadawczych wielkiej częstotliwości następnego odcinka za pośrednictwem filtrów obejściowych. Przy stosowaniu telemetrycznych systemów wąskopasmowych (impulsowych) zwykle nie łączy się ze sobą bezpośrednio więcej niż 3—4 odcinki telefoniczne dla jednego łącza telemetrycznego. Przy większej liczbie odcinków stosuje się translacje prądu stałego z korekcją impulsów. Wtedy na stacji, na której się znajduje taka translacja, trzeba zastosować odbiornik telemetryczny i nadajnik telemetryczny oraz można przyłączyć lokalny przetwornik odbiorczy. Na stacjach przelotowych, na których nie ma translacji telemetrycznych, lecz są tylko filtry obejściowe, można uzyskać pomiar lokalny za pomocą równoległego odbiornika telemetrycznego przyłączonego do telestrady pomiarowej.

Wyposażenie w urządzenia telefoniczne i telemetryczne wielkiej częstotliwości na stacjach końcowych linii wysokiego napięcia zależy w dużej mierze od warunków miejscowych. Podstacje wysokiego napięcia zwykle znajdują się na przedmieściach i są oddalone od stacji rozdzielczych, które zwykle mieszczą się w centrum miasta. Odległości pomiędzy podstacjami wysokiego napięcia a elektrowniami zwykle nie są tak duże, ażeby względnie ekonomiczne przemawiały za zastosowaniem łączy wielkiej częstotliwości. W takich przypadkach należy stosować zwykle łącza przewodowe kablowe lub napowietrzne typu telefonicznego pomiędzy urządzeniami wielkiej częstotliwości i stacjami rozdzielczymi względnie elektrowniami itp.

Na zakończenie kilka typowych rozwiązań zagadnienia.

Przy mniejszych odległościach w przypadku stosowania połączenia jednorowego (dwudrutowego) pomiędzy telefoniczno-telemetrycznym urządzeniem nadawczo-od-



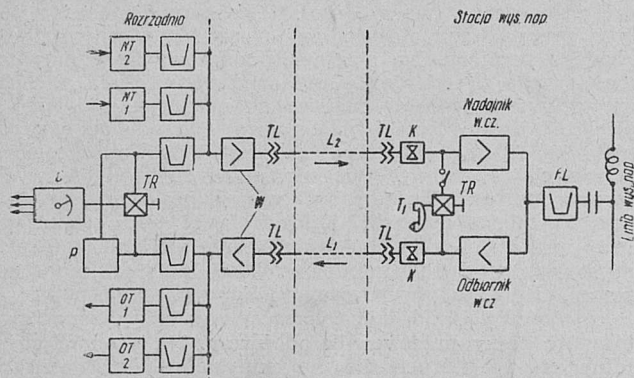
Rys. 51. Połączenie stacji wielkiej częstotliwości ze stacją rozdzielczą za pomocą linii jednorowej

- C — łącznica automatyczna
- T — aparat telefoniczny
- TR — transformator rozdzielający
- P — urządzenie przekąźnikowe wybierania zdalnego
- FL — filtry liniowe

$NT_1, NT_2 \dots$ — nadajniki telemetryczne
 $OT_1, OT_2 \dots$ — odbiorniki telemetryczne

biorczym wielkiej częstotliwości a łącznicą telefoniczną stacji rozdzielczej można za pomocą dwóch linii dwudrutowych uzyskać wszystkie niezbędne połączenia (rys. 51). Linia L_1 służy do rozmów telefonicznych dalekosieżnych oraz do przesyłania nadakustycznych sygnałów telemetrycznych do odbiorników $OT_1, OT_2 \dots$. Linia L_2 jest linią abonenską łączącą aparat telefoniczny T z łącznicą automatyczną C, a ponadto służy do przesyłania sygnałów telemetrycznych nadakustycznych z nadajników $NT_1, NT_2 \dots$ do urządzeń wielkiej częstotliwości. Obie linie wyposażone są w filtry rozdzielające poszczególne pasma częstotliwości.

Przy większych odległościach pomiędzy urządzeniem wielkiej częstotliwości a łącznicą telefoniczną, szczególnie przy połączeniach kablowych, należy stosować linię dwutorową (czterodrutową). Układ tego rodzaju podany jest na rys. 52. Nie zachodzi tu potrzeba stosowania żadnej do-



Rys. 52. Połączenie stacji wielkiej częstotliwości ze stacją rozrządczą za pomocą linii dwutorowej

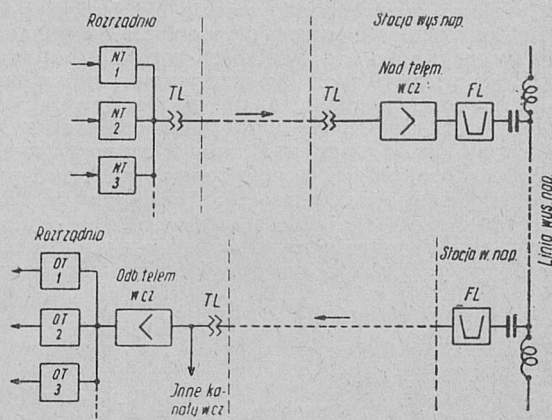
K — korektory krzywej przenoszenia
T₁ — aparat telefoniczny dyżurnego ruchu
TL — transformator liniowy
W — wzmacniacz dwutorowy

datkowej linii do przesyłania pomiarów. Rozmowy telefoniczne na stacji wielkiej częstotliwości można prowadzić za pomocą aparatu telefonicznego T₁. Korektory K służą do korekcji krzywej przenoszenia linii L₁ i L₂.

Przy stosowaniu urządzeń telemetrycznych wielokanałowych wielkiej częstotliwości można na stacji wielkiej częstotliwości umieścić oddzielnie urządzenia nadawcze lub odbiorcze wielkiej częstotliwości, a odbiorniki telemetryczne wzgl. nadajniki telemetryczne akustyczne — na stacji rozrządczej (rys. 53). Dla każdego kierunku przesyłania pomiarów stosuje się oddzielną linię dwudrutową.

W przypadku stosowania urządzeń telefoniczno-te-

we F₁, F₂, w zakresie 0—2400 c/s. Do stacji B wysyłane są trzy pomiary lokalne 17, 18, 19 oraz pomiar 6 odbierany z linii wysokiego napięcia. Powyższe pomiary przesyłane są w zakresie nadakustycznym 2940—3660 c/s. Ze stacji B wysyła się 8 pomiarów (9—16) za pomocą jednowstęgowego łącza nośnego o częstotliwości nośnej 6400 c/s. Wyzyskana jest dolna wstęga boczna. Pomiary lokalne 15, 16 przesyłane są do stacji A, natomiast pomiary 9—14 razem z pomiarami 7, 8 wysyłane są na linię wysokiego napięcia. Pomiar 11 jest również odczytywany



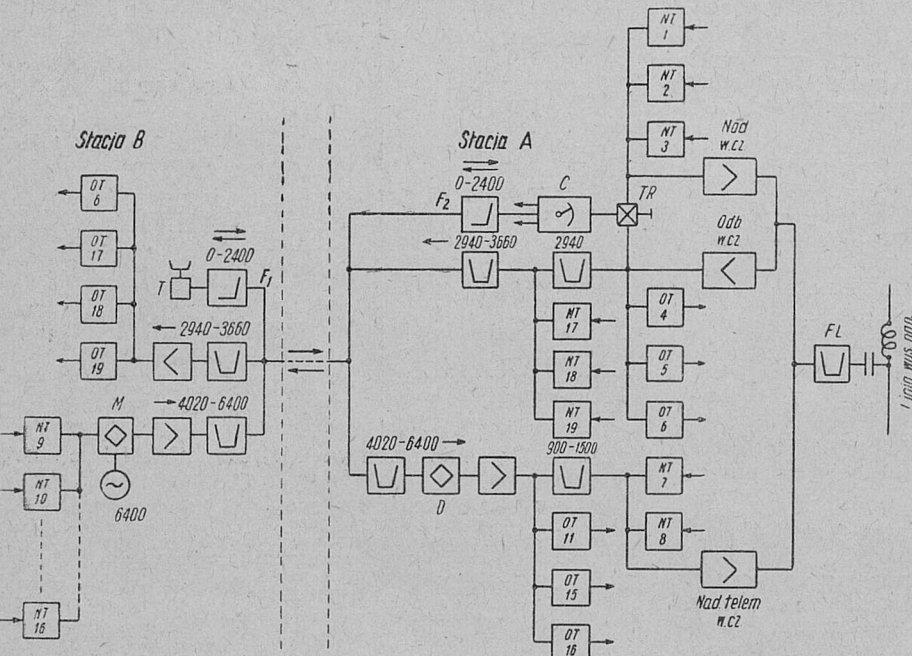
Rys. 53. Połączenia telemetryczne pomiędzy stacją wielkiej częstotliwości i stacją rozrządczą

na stacji A. Ponadto pomiary 1, 2, 3 są wysyłane, a pomiary 4, 5, 6 są odbierane na stacji A za pomocą urządzeń telefoniczno-telemetrycznych.

W pewnych przypadkach korzystne jest stosowanie dla rozmowy pomiędzy dwiema stacjami łącza nośnego przy użyciu urządzeń telefonii nośnej systemu 1 + 1. Jeden kierunek rozmowy korzysta z naturalnego zakresu częstotliwości, a drugi z łącza nośnego. W ten sposób za pomocą tych urządzeń wykorzystuje się linię dwudrutową jako dwutorową.

LITERATURA

- Małow W. S. Tielemechanika w energetycznych systemach, 1951, Gosenergoizdat, Moskwa—Leningrad.
- Chevallier A. Télétransmissions par ondes portuses, 1946, Dunod, Paris.
- Dressler G. Hochfrequenz-Nachrichtentechnik für Elektrizitätswerke, 1941, J. Springer, Berlin.
- Rodhe S. New carrier frequency systems for telephony and remote metering and control on power lines, L. M. Ericsson Review, 1946, nr 1.
- Rodhe S. Voice Frequency Telegraphy, L. M. Ericsson Review, 1948, nr 2.
- Boesch W. Problèmes de télémesure et leurs solutions, Rev. Générale de l'Électricité, 1947, t. LVI, 355—368.
- Lynch E. E., Thomas H. C., Lunge G. S. A new frequency-type telemeter for carrier-current channels, General Electric Review, 1949, nr 2.
- Woodhead H. S. A.T.M. Strowger photo-telemetering system, The Strowger Journal, 1935, nr XI.
- Goldstein A. Multiple utilization of power line carrier links, Brown Boveri Review, 1948, nr 3/4.
- Quervain A. Leitungsgerichtete Hochfrequenzverbindungen im Dienste der Energieerzeugung und -verteilung, Brown Boveri Mitteilungen, 1948, nr 3/4.
- Plechl O. Die Fernbedienungs-Einrichtungen der Bauart Brown Boveri, Brown Boveri Mitteilungen, 1936, nr 7.



Rys. 54. Połączenia telefoniczne i telemetryczne przy zastosowaniu łącza nośnych systemu 1 + 1 pomiędzy dwiema stacjami

M — modulator
D — demodulator

metrycznych oraz urządzeń telemetrycznych wielokrotnych sytuacja jest bardziej skomplikowana, jeżeli stosuje się jedną linię połączeniową, np. napowietrzną (rys. 54). W podanym przykładzie do połączenia telefonicznego pomiędzy łącznicą C na stacji wielkiej częstotliwości A i aparatem telefonicznym T na stacji B służą częstotliwości naturalne, przenoszone przez filtry dolnoprzepustowe

Kühn H. Urządzenia telekomunikacyjne dla potrzeb polskiej sieci energetycznej (Przegl. Elektr., 1948, z. 1/2, str. 28—41).

Fischer W. Projekt ogólnokrajowego rozrządu elektroenergetycznego w Polsce (Przegl. Elektr., 1948, z. 10/11, str. 393—403).

Pomiar i sterowanie z odległości w sieciach elektrycznych w wykonaniu szwajcarskim (Przegl. Elektr., 1947, z. 11/12, str. 362—368).

Sprzedaż pozostałych zeszytów Przeglądu Elektrotechnicznego z 1950 i 1951 r.

Redakcja i Administracja Przeglądu Elektrotechnicznego postanowiły — dla udostępnienia czasopisma członkom klubów racjonalizatorskich, świetlicom, uczniom szkół zawodowych, studentom wyższych uczelni oraz pracownikom instytucji państwowych i organizacji społecznych — przeznaczyć z niewielkich pozostałości ograniczoną liczbę wymienionych niżej kompletów Przeglądu Elektrotechnicznego po wyjątkowo niskiej cenie, a mianowicie:

z 1950 r. komplet z zeszytów 9/10/11 + 12	za zł 2,40,
z 1951 r. komplet z zeszytów 7/8 + 9 + 10 + 11/12	za zł 10,80.

Do cen powyższych będzie doliczony koszt przesyłki.

Zamówienia zbiorowe od odpowiednich instytucji czy organizacji należy kierować pod adresem: **Administracja Czasopism Technicznych NOT, Warszawa, ul. Czackiego 3/5, Wydział upowszechnienia i współpracy z „Ruchem”**. Na podstawie zamówienia Administracja wystawi rachunek i prześle blankiet PKO celem dokonania wpłaty. Zamówione komplety będą przesłane niezwłocznie po otrzymaniu należności.

Zamówienia indywidualne będą przyjmowane tylko na podstawie złożonego zaświadczenia, że instytucja czy organizacja, w której zamawiający pracuje, nie składa zamówienia zbiorowego.

Treść nr 1 Przeglądu Technicznego z 1952 r.

Rok 1952. — Wyjatki z referatów przygotowanych na Krajową Radę Aktywu Technicznego. — Szczepański J. i Zarzycki Z.: Dyspozytorski system zarządzania w przemyśle. — Topolnicki T. i Woźniak T.: Wystawa Techniki Budownictwa w Warszawie. — Banach J.: Wagi automatyczne.

Sprawy Organizacyjne NOT i Stowarzyszeń: Prace nad nową strukturą organizacyjną NOT i stowarzyszeń. — O członkach zbiorowych stowarzyszeń technicznych. — Konferencje naukowo-techniczne stowarzyszeń, zorganizowane w pierwszym półroczu 1951 r. — Szkolenie ideologiczne inżynierów i tech-

ników. — Kursy języka rosyjskiego dla członków stowarzyszeń technicznych NOT. — Archiwum referatów Naczelnej Organizacji Technicznej. — Krótkoterminowe kursy branżowe stowarzyszeń technicznych NOT w 1951 r. — Nowe katalogi działowe w bibliotekach technicznych NOT. — D. G.: Z kroniki radzieckich stowarzyszeń naukowo-technicznych.

Wśród książek i wydawnictw. — Kronika. — Biuletyn Głównego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej. — Przegląd Bibliograficzny Zagadnień Dokumentacji. — Przegląd Bibliograficzny Metrologii.

Treść nr 2 Przeglądu Technicznego z 1952 r.

Wczorajsze osiągnięcia gwarancją dalszych zwycięstw w realizacji Planu 6-letniego. — Czudakow E. A.: Rola inteligencji technicznej w rozwoju gospodarstwa narodowego Związku Radzieckiego. — Zgierski J.: Podstawy, formy i systemy płacy zarobkowej w ZSRR. — Łagodziec W.: O lepszy styl pracy w instytucjach naukowo-badawczych. — Radowski T.: Nowy ruszt mechaniczny dla kotłów o paleniskach wewnętrznych. — Borman H.: Charakterystyka przemysłowych obiektów automatycznie regulowanych. — Hawrylak H. i Żur T.: Urządzenia ułatwiające obsługę żurawi samojezdnych.

Sprawy Organizacyjne NOT i Stowarzyszeń: Prezydium Rady Głównej NOT. — Główna Komisja Postępu Technicznego. — Wyniki trzeciego konkursu fotograficznego pt. „Piękno Techniki”. — CTM, Conférence Technique Mondiale. — AST, Asociația Stiintifica a Technicienilor.

Wśród książek i wydawnictw. — Kronika. — Biuletyn Głównego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej. — Biuletyn Głównego Urzędu Miar.

Warunki prenumeraty PRZEGLĄDU ELEKTROTECHNICZNEGO na 1952 r.

I. PRENUMERATA NORMALNA

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

Prenumeratę należy wpłacać co najmniej na 15 dni przed rozpoczęciem okresu prenumeraty, a więc na II kwartał 1952 r. do 15 marca r. b., na III kwartał 1952 r. do 15 czerwca r. b., na IV kwartał 1952 r. do 15 września r. b.

Najtańszym i najpraktyczniejszym sposobem zapewnienia sobie regularnego otrzymywania pisma jest wpłacanie należności (w podanych wyżej terminach) listonoszom lub w placówkach pocztowych w trybie tzw. prenumeraty zleconej. Przy tym sposobie opłacania prenumeraty nie trzeba wypełniać blankietu przekazowego i nie ponosi się dodatkowych kosztów przesyłki pieniędzy.

Możliwy jest również poprzedni sposób przekazywania należności za prenumeratę przez wpłacanie jej w podanych wyżej terminach do PPK „Ruch” na konto PKO 120165/10.

U w a g a. Prenumerata „zlecona” nie ma zastosowania do prenumeraty ulgowej.

II. PRENUMERATA ULGOWA

Prenumerata **ulgowa** wynosi: roczna 54 zł, półroczna 27 zł.

Do korzystania z prenumeraty **ulgowej** są uprawnieni:

- 1) członkowie stowarzyszeń inżynierów i techników, zrzeszonych w NOT, przy abonowaniu **przez oddziały stowarzyszeń** inżynierów i techników i przy dokonaniu wpłat **do oddziału stowarzyszenia**;
- 2) studenci wyższych uczelni przy abonowaniu **zbiorowym** i opłacie prenumeraty przez **koła naukowe**.

Członkowie stowarzyszeń, pragnąc zapewnić sobie regularne otrzymywanie Przeglądu Elektrotechnicznego w drugiej połowie 1952 r., powinni **najpóźniej do dnia 10 czerwca r. b.** wpłacić należność **do właściwego oddziału swego stowarzyszenia (nie do „Ruchu”)**. Niedotrzymanie wymienionego terminu pozbawi członka stowarzyszenia prawa do prenumeraty ulgowej w drugim półroczu 1952 roku.

Członkowie stowarzyszeń inżynierów i techników oraz członkowie studenckich kół naukowych, abonujący czasopisma przez oddziały stowarzyszeń lub studenckie koła naukowe, będą otrzymywać czasopisma bezpośrednio z PPK „Ruch” według podanych adresów.

Indywidualne zgłoszenia na prenumeratę ulgową nie są przyjmowane przez PPK „Ruch”.

U w a g a. Przedsiębiorstwa, instytucje i urzędy nie są uprawnione do abonamentu ulgowego i powinny opłacać prenumeratę normalną w sposób podany wyżej w p. I.