

~~174~~ ~~284~~ ~~P.222~~ ~~2049~~

KOMISJA WYDAWNICZA
TOW. BRATNIEJ POMOCY STUDENTÓW POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ



LABORATORJUM ELEKTROTECHNIKI OGÓLNEJ

PROGRAM, PRZEPISY ORAZ WSKAZÓWKI DO ZADAŃ.

P222

OPRACOWAŁ

INŻ. - EL. JÓZEF PAWLIKOWSKI

POD REDAKCJĄ

MIECZYŚŁAWA POŻARYSKIEGO
PROFESORA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ



Nr. wyd. 231

WARSZAWA

1932

BIBLIOTEKA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
Warszawa, Pl. Judoorobniczej 1

~~C. 7407~~



11/1. 523

17/100. - 101

2603P/339-17

Przepisy dla pracujących w laboratorium Elektro-
techniki Ogólnej.

1. Każdy z pracujących w laboratorium, przystępując do zadania, winien być w zupełności do niego przygotowany. Brak teoretycznych wiadomości, dotyczących zadania, może być przyczyną niedopuszczenia do ćwiczeń w laboratorium. Poza tem każdy z pracujących winien zawczasu wiedzieć, w jakie dni pracuje w laboratorium, do jakiej należy grupy oraz jakie zadanie ma do wykonania. Winien on również znać niniejsze przepisy oraz zapoznać się dokładnie ze wstępem do programu.

2. Prace w laboratorium zaczynają się punktualnie o wyznaczonej godzinie. Spóźniający się mogą być niedopuszczeni do pracy. Wszystkie odczyty i doświadczenia winny być zakończone na 15 minut przed godziną, wyznaczoną na koniec zajęć w laboratorium. O tej porze wyłączany jest dopływ prądu do poszczególnych zadań. Obowiązkiem pracujących jest takie rozłożenie czasu zajęcia w laboratorium, by ostatnie 15 minut przeznaczone było na przedstawienie rezultatów zadania kierownikowi ćwiczeń, rozłączenie schematu oraz zwrot przyrządów. Niezakoń-

czone zadania w zasadzie nie są zaliczane.

3. Przed przystąpieniem do wykonywania zadania należy narysować schemat połączeń. Schemat może być wykonany szkicowo, uwzględniając jednak możliwie konstrukcje zastosowanych w danym zadaniu przyrządów. Schemat winien być przedstawiony do zatwierdzenia kierownikowi ćwiczeń. Na mocy tego schematu pracujący wykonywa odpowiednie połączenia przyrządów i maszyn.

Uwaga: Wszystkie przyrządy miernicze pracujący otrzymuje od laboranta. Samodzielne branie przyrządów z szaf jest wzbronione.

4. Przed przyłączeniem obwodu do źródła prądu konieczne jest zwrócenie się do kierownika ćwiczeń o sprawdzenie połączeń.

uwaga: Wszelkie szkody materialne, mogące wyniknąć z powodu nieprzestrzegania tego punktu, spadają całkowicie na pracujących. Niezależnie od tego dwukrotne włączenie obwodu na sieć bez poprzedniego sprawdzenia pociąga za sobą usunięcie winnych z laboratorium na przeciąg jednego semestru.

5. W razie ewentualnych uszkodzeń przyrządów przy za-

daniu pracujący winni natychmiast, bez prób samodzielnej naprawy, zawiadomić o wypadku laboranta. O ile zostanie stwierdzona wina pracujących, dotycząca uszkodzeń przyrządów, wpłacają oni równowartość spowodowanych strat do kwestury Politechniki na mocy asygnacji, wystawionych przez kierownika ćwiczeń.

6. O ile obwód jest pod napięciem, zabrania się wszystkim pracującym w danej grupie opuszczać zadanie. Grupa winna pilnować zagrzania się przyrządów /operników, rozruszników/, łożysk maszynowych i t.p.

7. Zabrania się podchodzić i dotykać do obwodów cudzych zadań oraz odrywać od pracy rozmowami pracujących przy innym zadaniu. Osoby, nie odrabiające w danym czasie zadań, nie mają prawa przebywania w laboratorium.

8. Dane, otrzymane z pomiarów, oraz przypuszczalny bieg krzywych winny być przedstawiane kierownikowi ćwiczeń w miarę ich otrzymywania w ten sposób, by mieć możność natychmiastowego powtórzenia mylnie wykonanego doświadczenia przed wykonywaniem dalszych pomiarów. Na arkuszu, na którym zebrane są dane z pomiarów, winny być oznaczone: nazwa zadania, data ćwiczenia oraz podpisy wszystkich obecnych przy ćwiczeniu osób.

9. W razie dodatniej oceny protokołu i podcyfrowania

go przez kierownika ćwiczeń, pracujący odłączają obwód zadania od sieci przez wykręcenie korków bezpiecznikowych, a następnie dokonywują rozebrania lub ewentualnej zmiany połączeń. Wszelkie przeróbki w obwodzie, będącym pod napięciem, są surowo wzbronione. Po zakończeniu zadania wszystkie przyrządy miernicze winny być zwrócone laborantowi; klucze, śrubokręty i t.p. złożone do szafek, przewodniki rozprostowane i zawieszane w miejscu na to przeznaczonym.

10. Każdy z ćwiczących winien złożyć przed przystąpieniem do następnego zadania sprawozdanie z zadania poprzedniego, następnie zaś dowiedzieć się u kierownika ćwiczeń, czy sprawozdanie to nie jest do zwrotu dla dokonania w nim poprawek. Obowiązkiem ćwiczącego jest otrzymanie dokładnych wyjaśnień w sprawie każdej poprawki. Odpowiednie poprawione zadanie winno być złożone razem z następnym sprawozdaniem. Zaleganie w składaniu sprawozdań pociąga za sobą automatyczne wykreślenie pracujących w laboratorjum w danym semestrze. Do sprawozdań z danego zadania grupa winna dołączyć bruljon z danymi pomiarów, podcyfrowany przez kierownika ćwiczeń.

11. Sprawozdanie winno być wykonane na specjalnym blankiecie Wydawnictwa Kół Mechaników, z wykresami na papierze milimetrowym, przyklejonym do arkusza. Wymiary wykresów winny być zasadniczo 12 x 12cm. W sprawozdaniu schematy połączeń winny być wykonane przy pomocy symboli graficznych urządzeń prądu silnego / PKE - 2 - 1927/*) W wypadku bardziej skomplikowanych przyrządów należy poza schematem symbolicznym dodać schemat montażowy, w którym uwidoczniłaby konstrukcja poszczególnych przyrządów /wskazane np. jakie zaciski w danym przyrządzie były użyte i t.p./. Następnie w sprawozdaniu należy podać tabliczki odczytów z wyjaśnieniem oznaczeń, wykresy, obliczenia, w końcu zaś krótkie uwagi, dotyczące obliczeń i charakteru krzywych. Poza tem winny być podane dane techniczne wszystkich przyrządów, oraz pełna treść tabliczek fabrycznych maszyn elektrycznych, użytych przy wykonywaniu zadania w laboratorium.

12. Zaliczenie prac laboratoryjnych odbywa się na podstawie colloquium u kierownika laboratorium w ko-

*) Wzór tych symboli wywieszony jest na tablicy w laboratorium.

ńcu semestru, kiedy były wykonywane ćwiczenia. Prace laboratoryjne nie zaliczone w tym czasie, względnie na początku przyszłego semestru, zasadniczo winny być wykonane powtórnie.

W S T Ę P.

Zródła prądu w laboratorium El. Ogólnej.

Prądy 'słabe' /dziesiąte, setne części ampera/ lub b. niskich napięć /kilka, kilkanaście woltów/ czerpie się z poszczególnych ogniw wtórnych /akumulatory syst. Edison'a/; w razie zapotrzebowania prądów silnych do 40 Amp. o napięciu 110-220 V. bierze się prąd z zacisków umieszczonych na specjalnych szafkach, znajdujących się w laboratorium przy stoiskach, na których odbywają się ćwiczenia.

Za pomocą przełączników, umieszczonych na tablicach rozdzielczych, do zacisków szafek można doprowadzić następujące rodzaje prądu:

Do zacisków, oznaczonych literą A, prąd stały o napięciu 220 V; do zacisków, oznaczonych literą B, prąd stały o napięciu 110 V; do zacisków 1, 2, 3,

umieszczonych na przeciwnej stronie szafki, prąd zmienny trójfazowy o napięciu międzyprzewodowym 220 i 120 V.

Dotykanie przełączników na tablicach rozdzielczych przez odrabiających ćwiczenia jest wzbronione. W szafkach umieszczone są gniazda dla bezpieczników korkowych. Wkręcanie bezpieczników do czasu sprawdzenia schematu, jak również pozostawianie bezpieczników po zakończeniu pomiarów, jest wzbronione.

Wyłączniki.

Każdy obwód elektryczny, poza obwodami mającymi jako źródło prądu ogniwa, znajdujące się bezpośrednio w tych obwodach, winien posiadać wyłączniki dwubiegunowe. W wypadku odłączenia obwodu li tylko w jednym biegunie, obwód pozostawiony jest pod napięciem i o ile izolacja biegunów źródła prądu nie jest idealna /co zwykle ma miejsce/, to dotykając niez izolowanych części obwodu /np. zacisków przyrządów mierniczych/, możemy być narażeni na porażenie prądem, o ile oczywiście, sami nie jesteśmy całkowicie izolowani od ziemi /gumowe podeszwy/.

Przejrzystość Układu.

Układ połączeń winien być możliwie przejrzysty i łatwy do każdorazowego sprawdzenia. Należy pamiętać o

tem, że splątany i zagniatwany sposób wykonania połączeń może być przyczyną wypadków nie tylko z przyrządami, lecz i z samymi pracującymi.

Należy unikać niepotrzebnego skrzywienia drutów. Wszystkie poszczególne obwody winny być możliwie wyodrębnione: obwód główny należy prowadzić drutem grubszym; do obwodów bocznych należy użyć drutów cieńszych, lub też specjalnych sznurów. Przyłączenie obwodu jednego do drugiego winno być możliwie systematyczne tak, by z łatwością można było stwierdzić drogę rozprawy prądu w poszczególnych rozgałęzieniach. Pracujący przy wykonywaniu schematu winni potrafić umotywić miejsce umieszczenia wszystkich rozgałęzień, przyrządów mierniczych i odbiorników.

Po za tem wszystkie przyrządy miernicze winny być możliwie skierowane w jedną stronę, przy czem najlepszym punktem obserwacyjnym jest miejsce głównego wyłącznika.

Włączający prąd winien widzieć działanie wszystkich przyrządów mierniczych, aby - patrząc na ich wskazania, mógł szybkim wyłączeniem w razie ewentualnych złych połączeń ocalić cały układ lub poszczególne aparaty. To samo stosuje się i do zapobiegania wypadkom w czasie biegu samego zadania. Dostęp do wazy-

stkich wyłączników winien być łatwy.

Wykonywanie połączeń bez zgóry opracowanego planu pociąga za sobą zwykle konieczność przerobienia całego schematu, gdyż schematy nie przejrzyste, oraz takie, w których celowość rozstawienia poszczególnych przyrządów nie jest dostatecznie umotywowaną, muszą być wykonane powtórnie.

Wyniki Pomiarów.

Rezultaty liczbowe każdego zadania muszą być notowane w specjalnych tablicach i podawane w wykresach. W zależności od charakteru krzywej potrzebna jest większa lub mniejsza liczba pomiarów. O ile przebieg zjawiska jest taki, że wykres układa się w linię prostą /np. zależność siły elektromotorycznej prądnicy bocznikowej od szybkości obrotów przy stałym natężeniu pola magnetycznego/, to wystarczy 2-3 pomiarów, ustalających w dostatecznej mierze położenie poszukiwanej linii prostej; oczywiście punkty krzywej nie mogą być skupione w jednym miejscu, lecz winny być dostatecznie rozrzucone, byśmy się mogli przekonać, czy krzywa nie zatracą swego charakteru w jakimkolwiek miejscu.

W razie wykresu bardziej skomplikowanego /np. krzywej odpowiadającej zależności współczynnika spraw-

ności silnika el. od momentu hamującego/, ilość pomiarów należy odpowiednio zwiększyć, przyczem najbardziej szczegółowo winny być badane miejsca przegięć krzywych. Wielka ilość pomiarów, nie-umiejętnie użytych, często chybia zupełnie celu, podczas gdy nawet niewielka ilość pomiarów, umiejętnie zastosowanych, odpowiada celowi pracy, t.j. wyjaśnieniu charakteru zjawiska.

Zwykle wystarcza do tego około 8-12 punktów. Należy pamiętać, iż wyniki pomiarów dają poszczególne punkty, krzywa zaś winna właściwie wykazywać charakter przebiegu zjawiska, nie należy więc jej przeprowadzać przez poszczególne punkty, lecz wyśredkować; odchylenie punktów od krzywej będą wykazywały dokładność wykonania pomiarów.

Wykonując wykresy, trzeba również pamiętać o odpowiedniej skali, gdyż nieumiejętnie dobierając skalę, możemy zatracić pojęcie o charakterze zjawiska.

Zmieniając np. odpowiednio skalę, możemy otrzymać wrażenie, że obroty silnika bocznikowego prądu stałego spadają przy wzroście obciążenia daleko szybciej niż obroty silnika szeregowego, gdy w rzeczywistości rzecz się ma odwrotnie.

Oczywistem jest, iż poza normalnym wykresem w nie-

których wypadkach należy sprawozdanie uzupełnić wykresami w skali specjalnej, dla podkreślenia pewnych charakterystycznych cech zjawiska.

Ważnym miejscem dla większości krzywych jest miejsce koło punktu zerowego. Przebieg koło punktu 0 zwykle może być ustalony teoretycznie i z tego względu, badając naszą krzywą koło punktu 0, bardzo często możemy wywnioskować o jakości całego doświadczenia.

Błędy Pomiarów.

Przy wszelkich pomiarach należy sobie zdawać sprawę z tego, jak wielki błąd popełniamy przy pomiarze, gdyż wykonanie pomiaru z bezwzględną dokładnością jest wogóle niemożliwą. Jeżeli wartość rzeczywistą, pewnej, poszukiwanej przez nas wielkości, oznaczymy przez A , a wartość otrzymaną z pomiaru przez A_1 , to

wtedy różnica $A - A_1 = \Delta A$ stanowi błąd bezwzględny pomiaru. Wielkość zaś $\frac{\Delta A}{A}$ stanowi błąd

względny. Nas interesuje zwykle, mający znaczenie praktyczne /gdyż dający pojęcie o ścisłości pomiaru/, błąd względny, który najczęściej wyraża się w %.

Błędy, popełniane przy wykonywaniu pomiarów, są dwóch rodzajów, a mianowicie: błędy systematyczne czyli

stałe i błędy przypadkowe czyli zmienne.

Błędy systematyczne są to błędy, które wynikają z błędów układu pomiarowego względnie metody pomiaru, z jakichkolwiek stałych niedokładności w samym przyrządzie mierniczym, albo też powstają pod działaniem czynników zewnętrznych, wpływających na wskazania przyrządów.

Dla usunięcia błędów systematycznych niezbędną rzeczą jest wykrycie ich przyczyny. Uskutecznić to można rozmaicie; np. jeżeli przyczyna tkwi w złym wzorcowaniu przyrządu, to wykryć to łatwo, porównywując ten przyrząd z innym przyrządem dokładniejszym. Niektórych błędów systematycznych można zupełnie uniknąć, usuwając wpływ czynnika, który je wywołuje. Czasami błędy te można obliczyć i wprowadzić do rezultatów pomiarów odpowiednie poprawki.

Błędy przypadkowe są to takie, które wynikają głównie z powodu niedoskonałości wzroku, słuchu i uwagi ludzkiej, a nadto takie, które powstają pod działaniem czynników zmiennych, wywołujących niedokładność wskazań przyrządów i zmieniających się w ten sposób, iż trudno dostrzec w tych zmianach jakąkolwiek wyraźną prawidłowość.

Błędów przypadkowych usunąć niepodobna. Można je

tylko zmniejszyć przez skupienie uwagi, zastosowanie urządzeń pomocniczych dla zwiększenia dokładności wskazań, oraz wielokrotne powtarzanie pomiaru w tych samych warunkach.

Dla zmniejszenia wpływu błędów przypadkowych należy:

1/. Dokonywać pomiaru po ustaleniu się systemu, gdyż pamiętać trzeba, że nawet najczulsze przyrządy mają swój bezwład, który wpływa na wartość pomiaru. Błąd, pochodzący od zbyt śpiesznych odczytywań, występuje w całej pełni, gdy dany szereg pomiarów robimy, zwiększając lub zmniejszając zmienną wielkość w zadaniu; dla tej samej wartości zmiennej otrzymujemy dwa zupełnie różne rezultaty dla poszukiwanej wielkości, aczkolwiek wiemy, iż funkcja ma tylko jedno znaczenie.

2/. Przy odczytywaniu wskazań przyrządów wskazówkowych należy uważać, by kierunek od oka do wskazówki był prostopadły do powierzchni skali; jeżeli zaś pod wskazówką znajduje się lustro, to przy odczytywaniu położenia wskazówki na skali ta ostatnia powinna pokrywać swój obraz w lusterku.

3/. Wogóle przy pomiarach dążyć należy do otrzymania jaknajwiększego odchylenia każdego przyrządu mierzniczego, a to dlatego, że błąd względny jest odwrot-

nie proporcjonalny do wartości bezwzględnej odczytanego wskazania.*)

Wzory z teorii błędów.

1. Najprawdopodobniejsza wartość mierzona parokrotnie wielkości równa się średniej arytmetycznej z otrzymywanych rezultatów

$$A_p = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_i}{n} \dots \dots \dots /1/$$

gdzie A_p - najprawdopodobniejsza wartość,
 A_i - wartość otrzymana z poszczególnego pomiaru,
 n - ilość pomiarów.

2. Najprawdopodobniejszy błąd poszczególnego pomiaru równa się pierwiastkowi kwadratowemu ilorazu sumy kwadratów różnic pomiędzy poszczególnymi rezultatami i średnią arytmetyczną, przez ilość pomiarów mniej jedna:

$$\Delta A_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\Delta A_i)^2}{n-1}} \dots \dots \dots /2/$$

$$\pm \Delta A_i = A_i - A_p$$

*) Wyjątek stanowią tylko wskazania, odczytywane na skali prostej, stosowanej przy przyrządach ze zwierciadłem i na skalach nierównomiernych.

3. Najprawdopodobniejszy błąd średniej arytmetycznej wszystkich pomiarów równa się pierwiastkowi z tegoż ilorazu podzielonego przez ilość pomiarów.

$$\Delta A_{ps} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (\Delta A_i)^2}{n(n-1)}} \dots \dots \dots /3/$$

Oczywiście obydwa błędy mogą mieć znaki plus i minus.

4. Błąd wielkości A , będącej funkcją całego szeregu innych wielkości u, v, z, \dots może być przedstawiony w następującej formie:

$$\Delta A \cong dA = \frac{\partial A}{\partial u} du + \frac{\partial A}{\partial v} dv + \frac{\partial A}{\partial z} dz + \dots /4/$$

Np.:

$$\text{gdy} \quad A = u^m v^n z^k \dots$$

wówczas

$$\frac{dA}{A} = m \frac{\partial u}{u} + n \frac{\partial v}{v} + k \frac{\partial z}{z} + \dots$$

$$\text{gdy} \quad A = u + v + z + \dots$$

wówczas

$$\frac{dA}{A} = \frac{\partial u + \partial v + \partial z + \dots}{u + v + z + \dots}$$


nr. 523

Przykłady określania dokładności pomiarów.

I. Określamy opór metodą techniczną przy pomocy woltomierza i amperomierza .

$$R_x = \frac{V}{I}$$

Pomiar powtarzamy kilkakrotnie /od 5 do 10 razy/, posługując się wzorem /1/, znajdujemy najprawdopodobniejszą wartość mierzonej wielkości R_s ; następnie na mocy wzoru /3/ znajdujemy najprawdopodobniejszy błąd tej wartości; oznaczamy go przez ΔR_s .

Należy teraz ująć systematyczne błędy pomiaru, wprowadzić je przez odpowiednie poprawki do odczytów amperomierza i woltomierza. Załóżmy, że dokładność amperomierza i woltomierza wynosi 1%; dla obu przyrządów razem stanowi to 2%.

Całkowity błąd pomiaru wynosić więc będzie

$$\Delta R_x = \Delta R_s + \frac{2R_s}{100}$$

zaś dokładność pomiaru

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} \cdot 100 \%$$

Wynik pomiaru należy zapisać w formie

$$R_x = R_s \pm \Delta R_x$$

II. Określamy opór metodą mostku Wheatstone'a.

$$R_x = R_n \frac{R_1}{R_2}$$

Dla określenia najprawdopodobniejszej wartości R_n nie powtarzamy tu pomiaru kilkakrotnie, lecz okreś-

lamy R_n dla dwóch położeń strzałki galwanometru

R'_n i R''_n z lewej i prawej strony 0 /możliwie jednako-
wych, możliwie bliskich do 0, lecz zupełnie wyraź-
nych/ i jako najprawdopodobniejszą wartość R_n bierze-
my średnią arytmetyczną wielkość tych wartości R_{is} ;
błąd tej wielkości będzie wówczas mniejszy lub równy

$$\Delta R_s = \frac{R'_n - R''_n}{2} ;$$

Sposób ten będziemy stosować przy wszystkich pomia-
rach z metodą zerową. Błędy systematyczne pomiaru
składać się będą z poprawek dla wartości oporów, wcho-
dzących w układ Mostku Wheatstone'a oraz poprawki do
wskazań galwanometru. Przyjmijmy pierwsze jako równe
0,5%, ostatnie zaś jako równe 0,1%, wówczas całkowi-
ty względny błąd pomiaru będzie wynosić

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_s}{R_s} + \frac{5R_s}{10 \cdot 100 R_s} + \frac{5R_1}{10 \cdot 100 R_1} + \frac{5R_2}{10 \cdot 100 R_2} + \frac{R_s}{10 \cdot 100 R_s}$$

Wynik zaś pomiaru należy napisać w formie

$$R_x = R_s \frac{R_1}{R_2} \pm \Delta R_x$$

↓
patrz
wzrost
nie potrzeba

C Z Ę Ś Ć I.

BADANIE PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH I UKŁADÓW,

POMIARY OPORÓW, POMIARY MAGNETYCZNE I ŚWIATŁA.

Wszystkie schematy do zadań, zawartych w niniejszej części, należy wykonywać według wskazówek, zawartych w książce prof. M. Pożaryskiego: „Pomiary Elektryczne w Technice”

Zadanie 1.

1

Badanie amperomierza elek.-magnetycznego.

a/ ~~cechowanie~~ cechowanie amp. el.-mag. przy prądzie stałym przez porównanie go z amperomierzem wzorcowym systemu Deprez d'Arsonval'a /krzywa $A = f(\alpha_{el.mag.})$; pomiar bezpośredni.

b/ cechowanie amp. el.-mag. przy prądzie zmiennym przez porównanie go z amperomierzem wzorcowym syst. Deprez D'Arsonval'a /krzywa $A = f(\alpha_{el.mag.})$; cechowanie metodą pośrednią/wykreślnie/ za pomocą amperomierza ciepłikowego. Dla przeprowadzenia powyższego cechowania otrzymujemy dwie pomocnicze krzywe: pierwszą $A = f(\alpha_{ciepł.})$ /zależność pomiędzy wskazaniami amp. ciepłikowego i amperomierza wzorcowego przy prądzie stałym, oraz

druga $\alpha_{\text{ciepl.}} = f(\alpha_{\text{el. mag.}})$ zależność pomiędzy wskazaniem amp. ciepłikowego i amperomierza badanego /el.-magnetycznego/ przy prądzie zmiennym. Zasadą niniejszej metody jest fakt, iż wskazania amperomierza ciepłikowego przy prądzie stałym i przy prądzie zmiennym są identyczne.

Uwaga. Wszystkie krzywe otrzymane z doświadczeń wyśredkowuje się z punktów pomiarowych, które się bierze początkowo przy zwiększającym się, następnie zaś przy zmniejszającym się prądzie.

Uwaga II. Zwiększenie, względnie zmniejszenie prądu, otrzymuje się przez wyłączanie, względnie włączanie oporników w obwodzie badanego wzorcowego amperomierza; wielkość tych oporów w żadnym wypadku nie może być mniejsza od pewnej granicznej wielkości, równej ilorazowi wartości napięcia roboczego obwodu i wielkości maksymalnej wskazania amperów na używanych przyrządach. Dla bezpieczeństwa obwód należy łączyć z zaciskiem sieci zawsze w chwili włączenia doń wszystkich oporników.

c/ określić opór badanego amperomierza sposobem technicznym, t.j. metodą amperomierza i woltomierza. Na-

leży pomiar powtórzyć kilkakrotnie i określić błąd pomiaru.

d/ wykreślić krzywe poprawek dla badanego amperomierza przy prądzie stałym i zmiennym /krzywe $\Delta\alpha = f(\alpha)$ /. Na osi poziomej odznaczamy wskazania badanego amperomierza, na osi pionowej wartości, które należy dodać do odnośnych wskazań badanego amperomierza, by otrzymać wskazania prawdziwe. Wartości te należy brać w odpowiednio zwiększonej skali. Krzywa poprawek jest krzywą łamaną.

Zadanie 2.

② Badanie woltomierza elek.-magnetycznego.

a/ cechowanie woltomierza el.-magnetycznego przy prądzie stałym przez porównanie go z woltomierzem wzorcowym syst. Deprez D'Arsonval'a /krzywa $V = f(\alpha_{el.magn.})$ /. Pomiar bezpośredni.

b/ cechowanie woltomierza el.-magnetycznego przy prądzie zmiennym przez porównanie go z woltomierzem wzorcowym syst. Deprez D'Arsonval'a /krzywa $V = f(\alpha_{el.magn.})$ /. Jak przy badaniu amperomierza, otrzymujemy tę krzywą metodą wykreślną na mocy porównania dwóch krzywych pomocniczych $V = f(\alpha_{ciepl.})$ przy prądzie stałym i $\alpha_{ciepl.} = f(\alpha_{el.magn.})$ przy prądzie zmiennym. Zasadą metody jest j.w. fakt, iż wskazania wolt-

tomierza cieplikowego są identyczne przy prądzie zmiennym i przy prądzie stałym.

Uwaga I. Patrz jak przy badaniu amperomierza.

Uwaga II. Zwiększenie, względnie zmniejszenie napięcia otrzymujemy za pomocą układu potencjometrycznego. Napięcie sieci włącza się na pewien opór. Jeden z biegunów obwodu, służącego nam do cechowania woltomierza, łączymy bezpośrednio z jednym z biegunów sieci, drugi dołączamy do kontaktu suwaka, który ma możność przesuwania się po pomienionym oporze - w ten sposób napięcie można zmieniać od 0 /suwak zbliża się do bieguna sieci, z którym połączony jest pierwszy biegun obwodu/ do napięcia sieci /suwak zbliża się do drugiego bieguna sieci/.

c/ określenie oporności badanego woltomierza metodą włączenia do obwodu znanego oporu R ; oporność badanego woltomierza x określamy ze wzoru:

$$x = R \frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}$$

gdzie α_1 i α_2 odpowiednie wychylenia woltomierza bez włączonego w obwód oporu i przy włączonym oporze. Pomiar powtarzamy parokrotnie i określamy błąd pomiaru.

d/ Wykreślić krzywe poprawek dla badanego woltomie-

rza według wskazówek dla krzywych poprawek dla amperomierza.

Zadanie 3.

Cechowanie woltmierz Deprez

B' Arsonval'a metodą kompensacyjną.

a/ Na mocy każdorazowej kompensacji określić zależność $V = f(\alpha_{na})$, przyczem V znajdujemy ze wzoru:

$$V = E_n \frac{r_1 + r_2}{r_2},$$

gdzie napięcie E_n normalnego ogniwa Weston'a /równe 1,0183V/, użyte w laboratorium, jako źródło prądu w kompensowanym obwodzie, r_1, r_2 oporności oporników, wchodzących do obwodu kompensującego.

b/ Wykreślić krzywą poprawek dla badanego woltmierz według wskazówek w zadaniu 1-szem.

c/ Określić błąd pomiaru dla trzech dowolnych pomiarów, stosując dla określenia wartości r_1 i r_2 technikę metody zerowej.

Uwaga I. Napięcie V zmienia się za pomocą układu potencjometrycznego, /vide uwaga II zadanie 2/

Uwaga II. Suma oporów $r_1 + r_2$, wchodzących w obwód główny, nie może być zmniejszona przy napięciu V powyżej 50V poniżej 100000 omów.

Uwaga III. Dla zabezpieczenia od rozładowania wzorco-

wego ogniwa, szeregowo z nim umieszcza się opór 2×50000 omów. Opór ten stopniowo /po 50000 omów/, należy wyłączać po otrzymaniu całkowitej wstępnej kompensacji przy włączonym oporze. Odczyty dotyczące kompensacji oczywiście robi się, gdy ten dodatkowy opór jest wyłączony.

Zadanie 4.

Badanie watomierza.

a/ cechowanie watomierza prądem stałym za pomocą dwóch niezależnych obwodów / natężeniowego i napięciowego /, stwarzających sztuczne obciążenie watomierza /krzywa $W = f(\alpha_w)$, gdzie $W = VJ$ /. Cechowanie odbywa się przy danym stałym napięciu i przy zmiennym prądzie, który zmienia się jak w zadaniu 1.

Uwaga: Cechowanie odbywa się przy zwiększającym się i zmniejszającym się prądzie. Następnie, w celu usunięcia wpływu ziemskiego magnetyzmu, przełącza się kierunek prądu w obwodach cewkach i cechowanie powtarza się od początku; krzywą $W = f(\alpha_w)$ wykreśla się na zasadzie pomiarów, otrzymanych we wszystkich czterech wypadkach.

b/ wykreślić krzywą poprawek dla watomierza w/g wskázówek wył. w zadaniu 1.

c/ Sprawdzenie cechowania watomierza. Określa się stosunek W' do VJ /gdzie W' wskazania poprawione watomierza na mocy krzywej $W=f(\alpha_w)$ lub krzywej poprawek/ w obwodzie prądu zmiennego, w którym obciążenie jest bezindukcyjne /woda, lampy/.

d/ Włączyć w obwód prądu zmiennego dławik i zmieniając szerokość szczeliny w dławiku /za pomocą wkładek z brylistolu/, znaleźć zależność pomiędzy prądem i wielkością szczeliny / $J=f(\delta)$ /, mocą pobieraną i wielkością szczeliny / $W=f(\delta)$ / oraz $\cos \varphi$ i wielkością szczeliny / $\cos \varphi=f(\delta)$ / przy stałym napięciu na dławiku.

e/ Wykonać wykres wektorowy dławika dla $\delta \approx 0$ i δ_{max} . Z wykresu znaleźć siłę elektromotoryczną samoindukcji, oraz kąt ψ pomiędzy strumieniem i prądem.

Uwaga: Kąt φ wykresu określamy orientacyjnie ze wskazań watomierza, woltomierza i amperomierza, następnie zaś ściśle na mocy obliczenia strat. W tym celu, zakładając $E_s \approx V$, znajdujemy / Φ / strumień magnetyczny ze wzoru

$$E_s = 4,44 \Phi f z \cdot 10^{-8},$$

gdzie f - częstotliwość

z - liczba zwojów cewki dławika

równa 254.

ze wzoru zaś:

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

indukcję magnetyczną B / S - przekrój żelaza dławika znajdziemy bezpośrednio z pomiarów, uwzględniając poprawkę na izolację blach/. Odpowiadające indukcji B straty na 1 kg. żelaza / p / określamy z tablic. Wówczas $\cos \varphi$ znajdziemy ze wzoru:

$$\cos \varphi = \frac{I^2 R + Q_p}{VI}$$

gdzie R opór omowy uzwojenia dławika, określony dowolnym sposobem, Q - waga żelaza dławika równa 7 kg.

Zadanie 5.

④ Badanie licznika prądu stałego.

a/ Znaleźć zależność $\frac{c-c'}{c'} \cdot 100\% = f(I)$, gdzie c - stała licznika /podana na tabliczce fabrycznej przyrządu/, wykazująca ilość obrotów licznika, przypadająca na pewną określoną ilość energii /najczęściej 1 kWh/;

c' - rzeczywista stała licznika, określana przy pomiarach; w wypadku odniesienia stałej fabr. licznika do 1 kWh, obliczamy c' ze wzoru:

$$c' = \frac{3600 \cdot 1000 \cdot n}{VI t}$$

gdzie n liczba obrotów licznika w czasie t , V i I wskazania woltomierza i amperomierza w woltach względ-

nie w amperach /w obwodzie licznika/, t - czas w sekundach.

Uwaga I. Licznik cechuje się przy stałym napięciu. Wartość prądu zmienia się tak, jak w zadaniu 1.

Uwaga II. Dla dokładnego przeprowadzenia zadania wielkości n i t muszą być dostatecznie wielkie; poza tym liczba punktów z pomiarów branych przy zmniejszającym się i zwiększającym prądzie winna być większa od 30.

Uwaga III. Liczniki prądu zmiennego mogą być również sprawdzane przy zmiennym obciążeniu; $\cos \varphi$ obwodu utrzymuje się wówczas stałe /np. równe jedności, obciążenie bierze się wówczas bezindukcyjne: lampy, woda/.

Zadanie 6.

$\frac{1}{2}$ -33. (10) Badanie licznika prądu zmiennego.

a/ Należy znaleźć zależność $\frac{c-c'}{c'} \cdot 100\% = f(\cos \varphi)$,

przy stałym J . Oznaczenia c i c' oraz ogólne uwagi o cechowaniu licznika jak w zadaniu 5.

Uwaga. W celu otrzymania zmiennego $\cos \varphi$ przy stałej wartości prądu w obwodzie licznika w laboratorium stosujemy układ następujący. Po przej-

śoiu przez licznik, watomierz oraz amperomierz /obwód główny/ prąd rozgałęzia się na dwa obwody. W jednym z nich mamy stały opór indukcyjny /cewkę/ i włączony z nią szeregowo zmienny opór bezindukcyjny /woda/; w drugim zmienny odbiornik bezindukcyjny. Włączając początkowo do obwodu głównego pierwsze rozgałęzienie i wykluczając z niego opór bezindukcyjny, mamy obciążenie indukcyjne o $\cos \varphi$ bliskim do 0 /opór omowy cewki jest znikomo mały/; następnie zaczynamy włączać w tym odgałęzieniu opór bezindukcyjny, $\cos \varphi$ zwiększa się. Aby prąd I w obwodzie głównym utrzymać przy początkowej wartości, włączamy odgałęzienie drugie i regulując odpowiednio istniejący tam opornik, doprowadzamy prąd do pierwotnej wielkości. Dla otrzymania $\cos \varphi$ równego jedności /ostatni punkt pomiaru/, przerywamy całkowicie prąd w rozgałęzieniu pierwszym.

Zadanie 7.

15/10 23

5

Mostek Wheatstone'a.

a/ Przy pomocy mostku Wheatstone'a określamy oporność-

ci poszczególnych elementów rozrusznika dla obwodu głównego /twornika/ i bocznikowego /magnesów/, wzór:

$$R_x = R_n \frac{R_1}{R_2}$$

Należy pamiętać, że podczas pomiaru określamy tylko sumy oporności odpowiednich elementów rozrusznika.

b/ Określenie dla 4 - 5 pomiarów błędu pomiaru /patrz wstęp do programu/.

c/ wykreślenie schematu rozrusznika zewskazaniem znalezionych oporności jego elementów.

Uwaga I. Przed rozpoczęciem pomiaru należy ustalić istniejące połączenia w rozruszniku. Wykonuje się to przy pomocy żarówki elektrycznej, którą włącza się w szereg z badaną częścią obwodu elektrycznego w rozruszniku do zacisków sieci będącej pod napięciem. O ile żarówka pali się normalnym światłem, to obwód w danym miejscu nie zawiera żadnych oporów lub małe; gdy żarówka świeci ciemniej, mamy do czynienia ze znacznymi oporami; gdy zaś żarówka gaśnie zupełnie, mamy przerwę w obwodzie. Części obwodu z oporami mierzymy następnie za pomocą mostku Wheatstone'a.

Uwaga II. Przy pomiarach należy zawsze włączać początkowo źródło prądu /element/, następnie

zaś galwanometr; przy wyłączaniu obwodu należy postępować odwrotnie.

Uwaga III. Przed właściwym pomiarem, który uskutecz-
nia się przez dobór oporu R_n , należy ustalić
rzęd wielkości poszukiwanego oporu, dobie-
rając odpowiednio stosunek R_1 do R_2 . Stosu-
nek ten winien być tak dobrany, by dla okreś-
lenia oporu R_n , można było wykorzystać całą
skalę mostku. Pomiar odbywa się w najlep-
szych warunkach, gdy

$$R_x = R_n = R_1 = R_2 .$$

Uwaga IV. Dla uniknięcia prądów termoelektrycznych
należy posługiwać się możliwie słabymi pra-
dami; włączać je tylko na chwilę pomiarów.
Dobrze jest powtarzać pomiar przy zmienio-
nym kierunku prądu.

Zadanie 8.

20/III = 33. 7) Podwójny mostek Thomson'a.

- a/ Znaleźć za pomocą podwójnego mostku Thomson'a o-
pór właściwy metalu, z którego wykonany jest pręt,
włączony do zacisków mostku
- b/ znaleźć błąd przy określaniu oporu właściwego,
wiedząc, iż opór ten określa się ze wzoru

$$S = \frac{\pi \delta^2}{4} \cdot R_x \cdot \frac{1}{l}$$

gdzie R_x wartość, otrzymana z pomiaru podwójnym mostkiem Thomson'a.

δ - średnica badanego pręta, l - jego długość. Ze wzoru /4/ /patrz wstęp do programu/ mamy

$$\frac{dS}{S} = 2 \frac{d\delta}{\delta} + \frac{dR_x}{R_x} + \frac{dl}{l}$$

$d\delta$ otrzymujemy na zasadzie wzoru /3/, mierząc średnicę pręta przynajmniej w 10 różnych miejscach i różnych kierunkach; dR_x określamy, jak przy badaniach przy pomocy mostku Wheatstone'a, ujmując błąd przypadkowy pomiaru oraz błędy systematyczne przy pomiarze, błędy samych wartości oporów, wchodzących w układ podwójnego mostku Thomson'a, błąd wskazań galwanometru.

dl określamy przypuszczalnie na 0,5 - 1,5mm w zależności od precyzji, z jaką dokonywamy pomiaru.

c/ znaleźć za pomocą tegoż mostku Thomson'a oporności trzema uzwojeń stojana silnika trójfazowego i przyjmąwszy wartość oporności jednego uzwojenia za 100, określić w %% asymetrię w opornościach wszystkich trzech uzwojeń.

d/ znaleźć błąd przy pomiarze oporności uzwojenia stojana.

Uwaga: Przy pomiarze uzwojeń stojana, bądź też jakiegokolwiek innego oporu, którego nie można bezpośrednio połączyć z odpowiednimi zaciskami mostku, końcówki mierzonego oporu łączymy z temi zaciskami za pomocą przewodników. Oporność tych przewodów należy następnie wyeliminować, mierząc na wstępie i na końcu pomiarów tę wielkość. Oczywiście przy określaniu oporu przewodników końcówki ich należy ze sobą połączyć na krótko. O ile wielkość oporności tych drutów będzie mniejsza lub równa wielkości całkowitego błędu pomiaru, to wartość oporności tych drutów możemy pominąć.

—Zadanie 9.

Pomiar oporu żarówek

amperomierzem i woltomierzem.

- a/ określić oporność żarówki węglowej i metalowej jako funkcji prądu przez nie przechodzącego $R=f(I)$ za pomocą amperomierza i woltomierza.
- b/ Dla dwóch wartości oporności żarówki węglowej i dla dwóch wartości oporności żarówki metalowej określić błąd pomiaru.

Uwaga I. Dla otrzymania różnych prądów i napięć na żarówce stosuje się układ potencjometryczny /patrz zadanie 2/

Uwaga II. Dla wyeliminowania błędu na oporności jednego z przyrządów pomiarowych stosujemy układ, w którym woltomierz włączony jest na zaciski żarówki, amperomierz zaś mierzy prąd, idący przez woltomierz i przez żarówkę. Dzięki temu, iż rząd wielkości oporu żarówki i woltomierza jest sobie bliski, to popełniamy tu większy błąd, niż przy układzie, w którym mierzylibyśmy woltomierzem spadek napięcia na żarówce i na amperomierzu, na amperomierzu zaś prąd przechodzący przez żarówkę. Jednak, mając możliwość bardziej dokładnego określania oporności woltomierza niż amperomierza, ten dopuszczony przez nas większy błąd możemy łatwiej wyeliminować, niż błąd mniejszy przy drugim z układów powyższych.

Uwaga III. Przy określaniu błędu, popełnianego przy odczycie woltomierza i amperomierza, postępujemy w sposób następujący. Dla określenia pewnego oporu R , mamy wskazania V_1 i J_1 .

Wyłączamy prąd, zmieniamy położenie potencjometru i włączamy prąd powtórnie; regulujemy teraz położenie potencjometru tak, by na woltomierzu otrzymać te same wskazania V_1 , wówczas amperomierz wskaże jakieś inne wychylenie J_1' ; powtarzając operację n razy, na mocy wzoru /2/ /patrz wstęp do programu/ otrzymamy najprawdopodobniejszy błąd odczytu J_1 ; oznaczmy go przez dJ_1 . W analogiczny sposób określamy błąd odczytu V_1 , dV_1 . Chcąc teraz znaleźć całkowity błąd oporu dR_x , musimy dodać jeszcze błędy wskazań amperomierza i woltomierza, które określamy, jako dla przyrządów technicznych, od 0,5 - 1%; będziemy więc mieli

$$\frac{dR_x}{R_x} = \frac{dV_1 + 0,01V_1}{V_1} + \frac{dJ_1 + 0,01J_1}{J_1}$$

22/IV - 33.

⑥

Zadanie 10.

Pomiar oporów wielkich. Badanie izolacji. Induktor.

a/ Przy pomocy woltomierza o dużej oporności R_w określić na mocy wzoru

$$R_x = R_w \left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2} - 1 \right)$$

gdzie R_x - opór nieznany,

α_1 i α_2 - wychylenia woltomierza, włączonego

na zaciski źródła prądu na krótko, oraz z szeregowym włączeniem oporu nieznanego,

wielkość następujących oporów:

- 1/ skrzynek oporowych,
- 2/ izolacji maszyny elektrycznej,
- 3/ opór osób pracujących;

opór ten należy mierzyć między ręką i podeszwą obu-
wia. W tym celu pracujący staje na specjalnej płycie,
do której przyłącza się jeden z zacisków obwodu; do
drugiego zacisku pracujący dotyka ręką. Opór mierzy
się przy rękach suchych i rękach mokrych /zwilżonych
wodą/

Uwaga I. Schemat obwodu należy wykonać w ten sposób,
by, zależnie od położenia ustawionego w ob-
wodzie przełącznika, raz włączał się na za-
ciski źródła prądu sam woltomierz, drugi zaś
raz woltomierz szeregowo z nieznanym oporem.

Uwaga II. Jako źródło w zadaniu używa się baterji
anodowej.

b/ zmierzyć za pomocą woltomierza o znanym oporze
izolację dwuprzewodowej sieci prądu stałego, będącej
pod napięciem, na zasadzie wzorów

$$R_1 = R_w \frac{V - V_1 - V_2}{V_1} ,$$

$$R_2 = R_w \frac{V - V_1 - V_2}{V_2}$$

$$R = R_w \left(\frac{V}{V_1 + V_2} - 1 \right)$$

gdzie R_1, R_2 - opór izolacji poszczególnych przewodów sieci /,+ i ./-, R - opór izolacji całkowitej instalacji,

V, V_1 i V_2 - wskazania woltomierza przy mierzeniu napięcia odpowiednio: pomiędzy dwoma przewodami /,+ i ./-, pomiędzy jednym z przewodów i ziemią /,+ i ziemia/, pomiędzy drugim z przewodów i ziemią ./- i ziemia/.

Uwaga 1. We wzorach należy brać absolutne wartości dla V_1 i V_2 : gdy $V_1 + V_2 > V$, zamiast danego woltomierza należy wziąć woltomierz inny o mniejszym oporze, względnie amperomierz z oporem dodatkowym wielkości paruset omów.

c/ zbadać schemat induktora i przy pomocy niego ustalić:

1/ czy dana sieć ma dobrą izolację,

2/ czy dana płyta jest uziemiona,

3/ zbadać końce uzwojeń fazowych w silniku asynchronicznym trójfazowym.

d/ wykreślić obwody prądu przy pracy z induktorem, oznaczając odpowiednim symbolem opór mierzonej izolacji.

Zadanie 11.

Badanie sieci trójfazowej.

N-23 (8) a/ Połączyć trzy bezindukcyjne odbiorniki /lampy/ w trójkąt i określić prądy fazowe i przewodowe.

1/ gdy wszystkie trzy fazy są obciążone jednakowo,

2/ gdy dwie fazy są obciążone jednakowo,

3/ gdy wszystkie trzy fazy są obciążone niejednakowo,

4/ gdy wszystkie trzy fazy są obciążone niejednakowo, przyczem obciążenie jednej z nich równe jest zeru.

b/ Zakładając, iż prądy fazowe są dane z pomiarów, określić prądy przewodowe na mocy wykresów wektorowych oraz różnice w %% pomiędzy wartościami, otrzymanymi z pomiarów i wartościami, otrzymanymi z wykresów.

c/ połączyć te same trzy odbiorniki w gwiazdę i określić napięcie fazowe i międzyprzewodowe w tych samych

wypadkach, jakie przewidziane są w p. /a/

d/ Powtórzyć pomiary przy połączeniu w gwiazdę z przewodem zerowym.

c/ Zakładając, iż napięcia fazowe są wiadome /kierunki wektorów napięć określamy z trójkąta wektorów prądów/, na mocy wykresów wektorowych określamy dla wszystkich wypadków obciążenia odbiorników, połączonych w gwiazdę /bez i z przewodem zerowym/, napięcie międzyprzewodowe. Określić w %% różnicę pomiędzy temi napięciami, otrzymanymi z wykresów wektorowych i wartościami, otrzymanymi bezpośrednio z pomiarów.

Uwaga I. Wszystkie amperomierze, przy pomocy których dokonywa się pomiarów, winny być między sobą uzgodniona. Wobec tego, iż nie chodzi tu o absolutną, lecz tylko o względną ścisłość pomiarów, zamiast wzorcowego amperomierza można użyć jeden z używanych w zadaniu amperomierzy technicznych i z nim porównywać pozostałe. Jak zwykle, wyniki cechowania przedstawić należy w formie krzywych.

Uwaga II. W celu uniknięcia szechowywania woltomierzy, wszystkie pomiary napięciowe uskutecznia się za pomocą jednego woltomierza, któ-

ry za pomocą specjalnych kontaktów włącza się kolejno pomiędzy poszczególne punkty obwodu.

Uwaga III. W celu przeprowadzenia przewodu zerowego, prądu nie bierzemy bezpośrednio z sieci laboratorium /sieć ta, jak wiadomo ze wstępu, jest trójprzewodowa/, lecz za pośrednictwem specjalnego transformatora o przekładni 1:1, w którym stwarzamy punkt zerowy, łączony następnie ze środkiem gwiazdy.

Zadanie 12.

Spadek napięcia w linii.

a/ Znaleźć na zasadzie bezpośrednich pomiarów zależność pomiędzy spadkiem napięcia i odległością /krzywa $V_1 - V_x = f(l)$ / przy stałym obciążeniu $J_{const} = J_1$,

$J_{const} = J_2$, i t.d.

b/ Znaleźć wykreślnie na zasadzie krzywych, otrzymanych w p. /a/, zależność pomiędzy spadkiem napięcia i obciążeniem /krzywa $V_1 - V_x = f(J)$ / przy stałej odległości $l_{const} = l_1$, $l_{const} = l_2$ i t.d.

c/ Na zasadzie wzoru dla spadku napięcia:

$$V_1 - V_x = \mathcal{J} \varrho \frac{2l}{4\pi d^2}$$

Gdzie: \mathcal{J} - prąd w linii,
 ϱ - opór właściwy,
 d - średnica drutu,
zaś l - długość linii/

określonego w p. /a/. znaleźć opór właściwy, a tem samem rodzaj materiału, użytego na przewodnik w danej instalacji.

d/ Zadanie przerobić dla wypadku zasilania dwustronnego. Odbiornik przyłącza się wówczas w środku sieci, prąd zaś doprowadza się do obydwóch skrajnych zacisków instalacji.

17/V-33

(11)

Zadanie 13.

Pomiar strat w żelazie.

a/ Przy pomocy przyrządu Epsteina określić straty p w żelazie /w watach na 1 kg./ jako funkcję indukcji magnetycznej B .

Uwaga 1. Indukcje magnetyczne określamy ze wzoru:

$$B = \frac{E \cdot \sqrt{2} \cdot 10^8}{m \cdot s} \cdot \frac{1}{2\pi f} ,$$

gdzie E - SEM samoindukcji,
 m - liczba zwojów w cewkach przyrządu,
 s - przekrój żelaza /bez izolacji/,
 f - częstotliwość.

Jeżeli nie chodzi o pomiary bardzo dokładne, zamiast E możemy przyjąć V /napiecie na zaciskach/, gdyż napiecie to jest prawie identyczne z SEM samoindukcji. Właściwie:

$$\hat{E} = \hat{V} - \hat{I}R$$

t.j. E określa się geometrycznie z trójkąta, w którym jeden bok wyraża spadek omowy w cewce: IR / R - opór cewki/, drugi zaś bok napiecie na zaciskach V ; kąt φ pomiędzy IR i V znajdziemy ze wzoru:

$$\cos \varphi = \frac{W}{VJ}$$

gdzie W , V i J wskazania watomierza, woltomierza i amperomierza.

Możemy więc napisać:

$$B = \frac{V \cdot \sqrt{2} \cdot 10^8}{m s} \cdot \frac{1}{2\pi f}$$

albo

$$B = 0,45 \frac{V \cdot 10^8}{2msf}$$

Uwaga II. Straty w żelazie na 1 kg. określamy ze wzoru:

$$p = \frac{W - J^2 R}{Q}$$

gdzie $J^2 R$ poprawka na straty ciepłe w miedzi, Q waga żelaza /10 kg./.

b/ znaleźć formę matematyczną /wzór krzywej/ $p = f(B)$.

Uwaga 1. Zakładamy postać wzoru $f(B)$ równą kB^α ,
gdzie k i α stałe. Dla znalezienia wartości k i α , logarytmujemy nasz wzór; otrzymujemy:

$$\lg p = \lg k + \alpha \lg B$$

W odpowiednim układzie współrzędnych $\lg p = f(\lg B)$ będzie linią prostą i α będzie \lg jej kąta nachylenia. Dla określenia $\lg k$, przyrównujemy $\lg p$ do zera, wówczas:

$$0 = \lg k + \alpha \lg B_0$$

skąd

$$k = \frac{1}{B_0^\alpha}$$

w rezultacie zaś:

$$p = \left(\frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

Zadanie 14.

Badanie jasności.

4/V-33
12
a/ za pomocą luxmetru znaleźć układ izoluksów na danej płaszczyźnie.

Uwaga. Znajdujemy jasność w luxach w określonych odstępach /0,25 - 1,0 mtr./ wzdłuż linii równoległych, idących wzdłuż lub w szereg danej płaszczyzny. Odstępy między temi linjami winny być równe odstępom brany przy pomiarach wzdłuż samych linii. Pomiaru dokonywamy na wysokości 1 m. od podłogi. Wykreślamy krzywe

$E_{lux} = f(l)$, gdzie l odległość, brana wzdłuż linii od jej początku. Oznaczamy na wszystkich krzywych odpowiadające miejsca przyjętym przez nas pewnym określonym wartościom luxów, np. 10 luxów, 12,5 luxów, 15 luxów i t.d.; znajdujemy te miejsca na płaszczyźnie. Łącząc znalezione przez nas punkty, otrzymujemy poszukiwane izoluxy.

b/ za pomocą luxmetru określić natężenie światła danej lampy w określonym kierunku ze wzoru

$$E_{lux.} = \frac{I \sin \alpha}{l^2}$$

Uwaga. 1. Pomiar jasności wykonywamy parokrotnie w

różnych odległościach od lampy /kierunek promieni przyjmujemy prostopadły do powierzchni luxmetru/. Znajdujemy średnią wartość i błąd pomiaru.

Uwaga II. Pomiar należy powtórzyć, zmieniając armaturę lampy /przy tej samej żarówce/.

— * —

C Z Ę Ś Ć II.

BADANIE MASZYN ELEKTRYCZNYCH

TRANSFORMATORÓW.

Wszystkie schematy zasadnicze, dotyczące zadań w części II programu, winny być wykonane na zasadzie wskazówek, zawartych w książce prof. M. Pożaryskiego "Maszyny elektryczne i Prętkowniki".

Zadanie 1.

Prądnicą bocznikową prądu stałego.

a/ Badanie prądnicy obcowzbudnej.

1/ Określenie zależności $E = f(I_m)$ SEM od prądu magnesującego przy stałych obrotach prądnicy ($J_t = 0$).

2/ Określenie zależności $E = f(n)$ SEM od ilości obrotów przy stałym prądzie magnesującym ($J_t = 0$).

Uwaga 1. O ile przy wyznaczaniu pierwszej krzywej obroty ulegają zmianie, należy przy pomiarach wprowadzać poprawkę według wzoru, otrzymanego na mocy krzywej drugiej:

$$E = E' \frac{n}{n'}$$

gdzie E' SEM prądnicy, odpowiadająca zmiennej liczbie obrotów.

Uwaga II. Zależność $E=f(i_m)$ należy podać w formie pętli histerezy; w tym celu dochodzimy bez pomiarów do $+i_{m\max}$ i od tego prądu dopiero rozpoczynamy pomiary; zmniejszając i_m do 0, przełączamy kierunek prądu i zmieniając i_m , dochodzimy do $-i_{m\max}$; wracamy znowu do wartości $i_m=0$, przełączamy powtórnie kierunek prądu i powiększając go, dochodzimy znowu do $+i_{m\max}$, zamykając tem samem pętlę $/i_{m\max}$ odpowiada normalnemu napięciu na zaciskach maszyny, podanemu na fabrycznej tabliczce maszyny/.

Uwaga III. Zmieniając wartość $i_{m\max}$ możemy otrzymać cały szereg pętli; punkty zakończenia tych pętli stanowią będą geometryczne miejsce punktów krzywej namagnesowywania żelaza prądnicy.

Uwaga IV. W celu ustalenia wpływu obrotów na pętlę histerezy, należy ją wykonać przy dwóch lub trzech różnych liczbach obrotów na minutę prądnicy.

b/ Badanie prądnicy samowzbudnej.

1/ Określenie zależności pomiędzy napięciem na zaciskach maszyny i prądem w obwodzie zewnętrznym $V = f(\mathcal{J})$ przy $n = \text{const.}$ i $i_m = \text{const.}$ /zewnętrzna charakterystyka maszyny/.

Uwaga: Pomiar zaczyna się przy $\mathcal{J}_{\text{norm.}}$ i $V_{\text{norm.}}$, według liczb, podanych na tabliczce fabrycznej maszyny. Odczyty prowadzimy do $1,25 \mathcal{J}_{\text{norm.}}$ i z powrotem do $\mathcal{J} = 0$.

2/ Określenie zależności pomiędzy prądem magnesującym i prądem w obwodzie zewnętrznym prądnicy: $i_m = f(\mathcal{J})$ przy $n = \text{const.}$ i $V = \text{const.}$ /krzywa regulacyjna maszyny/.

Uwaga I. Wartości początkowe i końcowe dla \mathcal{J} jak przy krzywej b1.

Uwaga II. Krzywą b1 można otrzymać na zasadzie grupy krzywych b2, wykonanych dla różnych V , przez połączenie na tych krzywych punktów, odpowiadających temu samemu prądowi i_m ; odwrotnie, krzywą b2 można otrzymać na zasadzie grupy krzywych b1, wykonanych dla różnych i_m przez połączenie na tych krzywych punktów, odpowiadających temu samemu napięciu V .

Zadanie 2.

Prądnica szeregową prądu stałego.

a/ Badanie prądnicy obcowzbudnej:

$$1) E = f(i_m), \quad n = \text{const.} \quad J_t = 0;$$

$$2) E = f(n), \quad i_m = \text{const.} \quad J_t = 0;$$

Wszystkie uwagi, dotyczące wyznaczania tych krzywych, identyczne jak w jednośnym punkcie zadania 1.

1/ Określić zależność pomiędzy napięciem prądnicy i prądem magnesującym $E = f(i_m)$, gdy prąd w tworniku J_t równa się pewnej stałej wielkości, różnej od 0. Liczba obr. n stała /charakterystyka obciążenia maszyny/.

Uwaga: W tym celu zwieramy twornik na pewien opór R , który odpowiednio regulując, utrzymujemy J_t stałe. Obwód twornika jest oczywiście zupełnie niezależny od obwodu magnesów.

b/ Badanie prądnicy samowzbudnej.

1/ Określenie zależności pomiędzy napięciem na zaciskach maszyny i prądem $V = f(J)$ przy $n = \text{const.}$ /charakterystyka zewnętrzna maszyny/.

c/ Określenie oddziaływania twornika.

Wskaz. do Lab. Elektr. Og. Nr. 231.

Arkusze 4-ty.

Uwaga: Budujemy na jednym wykresie charakterystykę namagnesowywania maszyny oraz charakterystykę jej obciążenia dla prądu, przy którym chcemy określić oddziaływanie twernika. Znajdujemy opór twernika maszyny /spesobem technicznym/ i mając wartości prądu I_t , określamy emowy spadek napięcia w twerniku; otrzymaną wartość dodajemy do wartości napięć w krzywej obciążenia silnika. Gdyby oddziaływanie twernika nie istniało, krzywa namagnesowywania maszyny pokrywałaby się z obecną przekształconą krzywą charakterystyki obciążenia. Oddziaływanie twernika powoduje natomiast przesunięcie jednej krzywej w stosunku do drugiej; wartość tego przesunięcia /przesunięcie punktów w obu krzywych, odpowiadających tej samej wartości napięcia/ wyrażona w amperozwojach, odpowiada wartości oddziaływania twernika. Na naszym wykresie określamy je tylko w wartości prądu magnesującego. /O ile znalibyśmy z danych konstrukcyjnych maszyny liczbę zwojów magnesów /liczba stała/, moglibyśmy oczywiście określić oddziaływanie twernika w amperozwojach, mnożąc otrzymaną wartość prądu

magnesującego przez liczbę zwojów/.

Zadanie 3.

Silnik bezcznikowy prądu stałego.

a/ Określanie zależności pomiędzy momentem rozruchowym i prądem twornika przy stałym prądzie magnesującym: $M_o = f(J_t)$, $i_m = \text{const.}$

b/ Określenie zależności pomiędzy momentem rozruchowym i prądem magnesującym przy stałym prądzie w tworniku: $M_o = f(i_m)$, $J_t = \text{const.}$

Uwaga I. Wobec pewnych trudności utrzymania $J_t = \text{const.}$, krzywą $M_o = f(i_m)$ można otrzymać wykreślenie z kilku krzywych $M_o = f(J_t)$, zbudowanych dla różnych $i_m = \text{const.}$ przez połączenie w tych krzywych punktów, odpowiadających tym samym wartościami J_t .

Uwaga II. Moment określany ze wskazań p_1, p_2 sił przy hamulcu sprężynowo-wagowym na zasadzie wzoru $M = (p_1 - p_2) \frac{D}{2}$, gdzie D średnica koła pasowego w silniku.

c/ Zależność pomiędzy obrotami silnika i napięciem na jego zaciskach przy stałym prądzie magnesującym:

$$n = f(V) \quad \text{przy} \quad i_m = \text{const.} \quad \text{i} \quad \text{przy} \quad M \cong 0.$$

d/ Zależność pomiędzy obrotami silnika i prądem ma-

głosującym przy stałym napięciu na zaciskach silnika: $n = f(i_m)$ przy $V = \text{const.}$ i przy $M \neq 0$.

Uwaga: Krzywa winna wykazać, jak niebezpiecznym jest zmniejszenie się strumienia magnetycznego do 0, czyli przerwanie prądu w magnesach.

e/ Określenie zależności pomiędzy mocą pobieraną przez silnik, mocą oddawaną przez silnik, prądem w tworniku silnika, jego obrotami, współczynnikiem sprawności a momentem obrotowym silnika przy stałym napięciu na zaciskach silnika: $P_p, P_m, n, J, \eta = f(M)$ przy $V = \text{const.}$

Uwaga: Wszystkie 5 zależności otrzymuje się jednocześnie; zależność J i n bezpośrednio z odczytów; pozostałe zależności z obliczeń na mocy następujących wzorów:

$$P_p = VJ \frac{1}{1000} \text{ kW}$$

$$P_m = \frac{2\pi n M \cdot 736}{60 \cdot 75 \cdot 1000} \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{P_m}{P_p} \cdot 100\%$$

f/ Określić wielkość operów, które należy włączać do

obwodu magnesów silnika dla utrzymania stałych obrotów silnika przy biegu luzem i przy obciążeniu:

$$\frac{1}{4} M_n, \frac{2}{4} M_n, \frac{3}{4} M_n, \frac{4}{4} M_n, \frac{5}{4} M_n.$$

Uwaga I. Pod M_n należy rozumieć moment normalny silnika, t.j. rozwijany przez silnik, gdy pobiera on prąd wskazany na tabliczce fabrycznej silnika. Przy pomiarach zamiast oznaczeń M_n można brać odpowiednio $\frac{1}{4} J_n, \frac{2}{4} J_n, \frac{3}{4} J_n$ i t.d.

Uwaga II. Dla szybszego przeprowadzenia określenia odpowiednich operów, zaleca się w obwód magnesów włączyć amperomierz, zaś równoległe do włączonego w obwód opornika /względnie do części opornika/ dać woltomierz - odczyty na tych przyrządach dadzą nam możność od razu określania wartości poszukiwanych oporności.

Zadanie 4.

Silnik szeregowy prądu stałego.

a/ Określenie zależności pomiędzy momentem rozruchowym i prądem w silniku: $M_o = f(J)$.

Uwaga I. Prąd zmienia się za pomocą operów, włączonych w obwód główny.

Uwaga II. Moment określa się tak, jak w zadaniu 3.

b/ Określić zależność pomiędzy liczbą obrotów silnika i napięciem: $n = f(V)$.

Uwaga 1. Zależność tę zasadniczo trzeba brać przy stałym obciążeniu, jak i dla silnika bocznikowego; wobec tego jednak, iż przy $M=0$ w silniku szeregowym obroty mogą wzrosnąć teoretycznie do nieskończoności /silnik może się „rozbiegać”, badanie przeprowadzamy przy dwóch lub trzech obciążeniach większych od 0.

c/ Określić zależność pomiędzy mocą pobieraną przez silnik, mocą oddawaną przez silnik, prądem silnika, jego obrotami, współczynnikiem sprawności a momentem obrotowym przy stałym napięciu na zaciskach silnika:

$$P_p, P_m, n, J, \eta = f(M) \quad \text{przy} \quad V = \text{const.}$$

Uwaga: patrz jak w p. /c/ zadanie 3.

d/ Wykonać schemat samhamowania silnika /zwarcie przez opór obwodu silnika, niezależnie od sieci zewnętrznej/; zwarty ten obwód winniśmy utrzymać z normalnego obwodu pracy silnika przez przełożenie odpowiednich przełączników. Należy przy tem pamiętać, że o ile prąd w twerniku przy przejściu maszyny z pracy silnika na pracę prądnicy zmienia przytem swój kierunek, to kierunek prądu w magnesach powinien zostać ten sam.

a/ Określić zależność pomiędzy czasem hamowania i prądem w zwartym obwodzie.

Uwaga: Czas oblicza się od chwili wykonania przełączenia z obwodu pracy do obwodu hamowania do chwili zatrzymania się silnika; prąd odczytuje się natychmiast po przełączeniu tak, żeby zanotować największe wychylenie amperemierza.

Zadanie 5.

Prądnica-becznikowo-szeregowa.

a/ Znaleźć zależność pomiędzy napięciem na zaciskach prądnicy i prądem w obwodzie zewnętrznym: $V = f(I)$, przy stałym prądzie magnesującym oraz stałych obrotach: $i_m = \text{const.}$, $n = \text{const.}$ /zewnętrzna charakterystyka maszyny/ dla trzech wypadków:

1/ gdy strumienie magnetyczne w uzwojeniach becznikowych i szeregowych są zgodne,

2/ gdy strumienie magnetyczne w uzwojeniach becznikowych i szeregowych są przeciwne,

3/ gdy prądnica pracuje bez uzwojenia szeregowego.

Uwaga 1. Wszystkie trzy krzywe należy zaczynać przy

$J = 0$ i przy jednakowym napięciu początkowym, które winno być równe normalnemu napięciu, podanemu na tabliczce fabrycznej

maszyny. Zakończyć krzywą bądź przy $1,25 J_n$,
podanego na tabliczce fabrycznej maszyny,
bądź też, jak w wypadku drugim, w chwili
otrzymania napięcia wartości równej połowie
 V normalnego. Przy ustalonych punktach w
tym wypadku zamiast i_m można utrzymywać $r_n = \text{const.}$

b/ Określenie sprawności prądnicy w zależności od mo-
cy : $\eta = f(VJ)$, $n = \text{const.}$, podział procentowy strat, przy
stałych obrotach maszyny.

Uwaga: Spółczynnik sprawności η prądnicy określamy
ze wzoru:

$$\eta = \frac{VJ}{VJ + \Sigma p} ,$$

gdzie Σp wyraża sumę wszystkich strat w
prądnicy. Dzieli się one na straty stałe:
straty na tarcie, straty w żelazie /oznacza-
my je odpowiednio $p_t, p_z /$, oraz straty
zmienne, powstałe w miedzi twornika i elek-
tra-magnesów, równają się one:

$$J_t^2 r_t + i_m^2 r_b + (J_t - i_m)^2 r_s ,$$

gdzie $(J_t - i_m)$ - prąd w uzwojeniach szerego-
wych, i_m - prąd w uzwojeniach boczniko-
wych, J_t - prąd w tworniku;

zaś r_3 , r_2 i r_t wyrażają odpowiednio opory uzwojeń szeregowych, bocznikowych i twernika. Opory te określamy metodą techniczną za pomocą amperemierza i woltomierza. Należy tylko pamiętać o tym, iż rząd wielkości oporów r_3 i r_t wyniesiemy, względnie dziesiąte i setne oma, zaś rząd wielkości oporu r_2 dziesiątki względnie setki omów.

Sumę strat $p_t + p_2$ dla naszej maszyny określamy w sposób następujący: maszynę puszczaemy w ruch jako silnik luzem i znajdujemy:

$$p_t + p_2 = f(E),$$

gdzie E SEM maszyny.

Dla określenia tej krzywej utrzymujemy obroty stałe i z wartości ogólnej mocy pobieranej przez silnik /całkowita moc silnika idzie tylko na pokrycie strat/ odliczamy straty w miedzi, które określają się tak samo, jak i dla silnika. SEM E dla silnika określamy ze wzoru:

$$E = V - J_t r_t.$$

W celu podziału strat na straty tarcia i

straty żelazie, krzywą $p_t + p_z = f(E)$ ekstrapelujemy do przecięcia z osią OY , t.j. do punktu, odpowiadającego wartości strat przy $E=0$; przez punkt ten przeprowadzamy linje równoległe do osi OX ; odcinki współrzędnych pomiędzy osią X i tą prostą oraz między tą prostą i krzywą $p_t + p_z = f(E)$ dadzą odpowiednio wartości p_t i p_z , odpowiadające różnym wartościom E . Oczywiście p_t , jako niezależne od E , ma wartość stałą. Dla otrzymania szukanej przez nas zależności

$$\eta = \frac{VJ}{VJ + \Sigma p} = f(VJ)$$

postępujemy w sposób następujący: dla pewnych wartości, np. 0,5 Amp, 1,0 Amp, 2,0 Amp. i t.d. odpowiednie wartości V znajdujemy z zewnętrznej charakterystyki maszyny, określonej na początku zadania. Obliczamy straty w miedzi, przyjmując wartość i_m , odpowiadającą normalnemu napięciu maszyny. Bierzemy otrzymane wykreslinie straty na tarcie oraz straty w miedzi. Należy tylko

paniętać o tem, że straty w żelazie są określone w zależności od E SEM maszyny; dla prądnicy zaś

$$E = V + J_t r_t ,$$

o ile przez V oznaczymy napięcie na jej zaciskach, a przez J_t prąd w tworniku.

Uwaga II. Obliczamy straty na tarcie, w żelazie i miedzi dla biegu luzem, dla obciążenia równego połowie normalnego obciążenia i dla obciążenia normalnego; ustalamy wzajemny procentowy stosunek tych strat /suma strat w każdym wypadku równa się 100%/.

Zadanie 6.

Określenie współczynnika sprawności metoda pracy zwrotnej. Nagrzewanie maszyn.

a/ Włączenie prądnicy bocznikowej na sieć.

Uwaga 1. Dwie maszyny bocznikowe tego samego typu i tej samej mocy łączymy ze sobą mechanicznie za pomocą sprzęgła. Jedną z nich łączymy jako silnik, drugą jako prądnicę. Należy włączyć prądnicę na sieć. W tym celu sprawdzamy np. za pomocą wychylenia woltomierza Deprez D'Arsonval'a, czy łączone ze sobą bieguny prądnicy i sieci są jednego i tego

samego znaku, następnie zaś ustalamy napięcie prądnicy równe napięciu sieci. Uskutecznia się to zawsze przy pomocy jednego woltmierzera za pośrednictwem przełącznika woltmierzowego.

Po włączeniu prądnicy, regulując jej wzbudzenie za pośrednictwem zmiany operów w obwodzie jej magnesów /zmniejszenie operu/, względnie zmiany obrotów poruszającego ją silnika /zwiększenie operu w obwodzie magnesów silnika/, możemy dowolnie zmieniać SEM prądnicy, a tem samem zmieniać wartość przyjmowanego przez nią obciążenia. Przy odpowiednim zmniejszeniu SEM moc oddawana przez nią będzie ujemna, t.j. maszyna będzie pracowała jako silnik.

W naszym schemacie po połączeniu prądnicy na sieć, obie maszyny w stosunku do sieci będą zupełnie jednakowo przyłączone, te też gdy maszyna, pracująca początkowo jako prądnica, stanie się silnikiem, to maszyna druga, pracująca początkowo jako silnik, będzie prądnicą, przy czem energia, otrzymany-

wana z maszyny pracującej jako prądnicą, będzie szła na maszynę pracującą jako silnik. Energia, pobierana z sieci, będzie szła tylko na pokrycie strat obu maszyn. Daje to możność wykonania drugiego punktu zadania.

b/ Określenie sprawności maszyny prądu stałego w zależności od prądu, przechodzącego przez jej twornik:

$$\eta = f(I) \quad \text{przy } n = \text{const.}, V = \text{const.} \quad [\eta = V f(I) = f(VI)].$$

Uwaga 1. Obliczamy wartość strat, mierząc energję, płynącą z sieci. Straty te idą na obie maszyny. By nie uskuteczniać podziału pomiędzy maszynami, przyjmujemy pewną urejoną maszynę prądu stałego, przez którą przepływa prąd, równy średniej arytmetycznej prądów, przepływających przez poszczególne maszyny i do niej odniesimy połowę mierzonych strat. Moc pobieraną przez maszyny regulujemy za pomocą obwodów wzbudzenia. Wyznamy dwie krzywe: jedną w tem założeniu, iż prąd przez maszynę jest oddawany /urejona maszyna jest uznana przez nas jako prądnicą/, moc pobieraną strzymany wówczas przez

dedanie strat; drugą w tem założeniu, iż prąd przez maszynę jest pobierany /urojona maszyna uznana jest przez nas jako silnik/, moc eddawana otrzymamy przez odejmowanie strat. Obie krzywe należy wykreślić.

c/ Określenie zależności pomiędzy wzrastem temperatury twernika, magnesów i kolektora od czasu, przy danem stałym obciążeniu maszyny. Krzywe:

$$t_t^{\circ}\text{C}, t_m^{\circ}\text{C}, t_k^{\circ}\text{C} = f(T'), \quad \mathcal{J} = \text{const.}$$

Uwaga: Mierzymy temperaturę stoczenia i przyjmujemy ją za początkową temperaturę wszystkich części maszyn. Natychmiast po uruchomieniu mierzymy opór magnesów badanej maszyny /najlepiej tej, która będzie pracować bardziej obciążona, t.j. tej, która będzie pracować w charakterze silnika/ i ustalamy opór, edpowiadający początkowej temperaturze magnesów. Następnie mierzymy ten opór co pewien okres czasu /np. co pięć minut w ciągu 1 godz./ i na mocy wzrastu operu określamy ze wzoru

$$t_2^{\circ} - t_1^{\circ} = \frac{\gamma_2 - \gamma_1}{\gamma_1} \cdot \frac{1}{\alpha}$$

gdzie t_2° i t_1° - końcowa i początkowa temperatura,

γ_2 i γ_1 - opory, edpowiadające tym tempe-

raturem,

α -spółczynnik ciepłoty miedzi, który przy temperaturze początkowej 20°C równy jest 0,00393.

Wzrost temperatury sprawdzamy za pomocą termometru, wstawionego w uzwojenie magnesów. Temperaturę twornika i kolektora określamy tylko w końcu doświadczenia, przykładając do nich termometr, odizolowany od otaczającej atmosfery watą lub pakietami. Przyjmujemy następnie, iż charakter krzywej nagrzewania twornika i kolektora jest identyczny z charakterem krzywej nagrzewania magnesów.

Zadanie 7.

Silnik trójfazowy asynchroniczny z pierścieniami.

a/ Określić zależność pomiędzy mocą pobieraną przez silnik, mocą oddawaną przez silnik, prądem w stojanie silnika, obrotami silnika, poślizgiem silnika,

$\cos \varphi$ oraz współczynnikiem sprawności a momentem obrotowym silnika przy stałym napięciu na zaciskach silnika: $P_p, P_m, J, n, s, \cos \varphi, \eta = f(M)$ przy $V = \text{const.}$

Uwaga 1. Moment obrotowy określa się jak w zadaniu 3.

Dane dla wykresów wyznaczają się jednocześnie.

Uwaga II. Moc pobieraną otrzymujemy na zasadzie odczytów dwóch watomierzy W_1 i W_2 ze wzoru:

$$P_p = W_1 + W_2$$

/odczyty watomierzy bierze się z odpowiednimi znakami/.

Uwaga III. Poślizg δ określa się zasadniczo ze stosunku częstotliwości prądu w sieci f_1 i w wirniku f_2 ze wzoru:

$$\delta = \frac{f_2}{f_1} \cdot 100 \% .$$

poślizg wyraża się w %. Częstotliwość w obwodzie wirnika obliczamy z liczby wahań wskazówki amperomierza, włączonego w obwód wirnika, w ciągu określonego czasu. Częstotliwość sieci odczytujemy bezpośrednio na częstotlociemierzu. Należy jednak równolegle podać wartości poślizgu, otrzymane ze wzoru zasadniczego

$$\delta = \frac{n_p - n_w}{n_p} \cdot 100 \% ,$$

gdzie n_p - liczba obrotów pola, n_w - liczba obrotów wirnika.

$$n_p = \frac{50 \cdot f}{p},$$

gdzie p liczba par biegunów silnika.

Uwaga III. $\cos \varphi$ określamy ze wskazań obu watomierzy W_1 i W_2 branych, jak i poprzednio, z odpowiednimi znakami ze wzoru.

$$\varphi = \arctg \sqrt{3} \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}$$

Należy jednak podać również dla $\cos \varphi$ wartości, obliczone ze wskazań watomierza, woltomierza i amperomierza ze wzoru

$$\cos \varphi = \frac{W_1 + W_2}{\sqrt{3} V I}$$

który oczywiście daje wartości b. niedokładne.

Uwaga IV. Moc, oddawaną przez silnik, otrzymujemy ze wzoru

$$P_m = \frac{2\pi n \cdot M \cdot 736}{60 \cdot 75 \cdot 1000} \text{ kW.}$$

b/ Określić moment rozruchowy silnika w zależności od napięcia: $M_0 = f(V)$.

Uwaga: Napięcie zmieniamy za pośrednictwem transformatora o zmiennej przekładni.

c/ Określić moment silnika w zależności od poślizgu przy różnych oporach w obwodzie wirnika: $M = f(s)$ dla $r_w = r_w^{(1)}, r_w^{(2)}, r_w^{(3)}, \dots$

Uwaga: Z doświadczenia otrzymujemy tylko pierwszą część krzywej od $M=0$ do $M=M_{max}$. Całkowitą krzywą dla małych r_w można otrzymać tylko wykreślnie na zasadzie wykresów kołowych.

Zadanie 8.

Silnik trójfazowy asynchroniczny krótkozwarty.

a/ Określić zależności podane w p. /a/ zadania 7. dla wypadku połączenia silnika w gwiazdę i w trójkąt. Otrzymane wykresy należy porównać dla tych obydwóch połączeń.

Uwaga I. Poślizg silnika określamy tylko ze wzoru przybliżonego, patrz uwaga III do p. /a/ zadania 7.

b/ Wykonać wykres kołowy silnika dla pracy jego przy połączeniu w gwiazdę i trójkąt według sposobu podanego w rozdziale XIII str. 260 książki prof. M. Pożaryskiego "Maszyny Elektryczne i prostowniki" / w d. ciągu wskazane są oddzielne str. i rys. z tej książki/.

Na mocy wykresu kołowego określić moc pobieraną przez silnik, moc oddawaną przez silnik, moment obrotowy silnika, prąd w stojanie i współczynnik sprawności w zależności od poślizgu silnika. Otrzymane wykresy porównać z wykresami, otrzymanymi doświadczalnie.

Uwaga I. Dla otrzymania danych do wykreślenia wykresu kołowego należy wykonać doświadczenie biegu luzem dla określenia prądu biegu luzem, mocy pobieranej przy biegu luzem i $\cos \varphi$ przy biegu luzem: $I_0, P_0, \cos \varphi_0$; następnie doświadczenie t. zw. zwarcia dla określenia tychże wartości w tym wypadku / $I_k, P_k, \cos \varphi_k$ /. Doświadczenie zwarcia /silnik zahamowany/ robimy przy obniżonym napięciu za pomocą transformatora. Opór uzwojeń stojana określamy metodą techniczną. Opór uzwojeń wirnika określamy jako różnicę pomiędzy całkowitym oporem uzwojeń silnika, określonym z doświadczenia zwarcia na mocy wzoru

$$r_k = \frac{P_k}{3 I_k^2}$$

i opornością uzwojeń stojana, określoną me-

teją techniczną, sprowadzoną do układu gwiazdowego.

- Uwaga II. Wykres zaczynamy od znalezienia punktów A_o , A_k i A' /str. 266 i rys. 313/, za pomocą których znajdujemy środek koła wykresu O' - i samo koło wykresu. Następnie znajdujemy punkt A_{oo} i położenie cięciwy $A_o A_{oo}$ /str. 276 rys. 319 /. Mając te dane, dla wartości prądów w stojanie czyli dla każdego z punktów OA , znajdujemy:
- 1/ moc pobraną przez silnik z sieci /str. 268 i rys. 314/
 - 2/ moc oddawaną /mechaniczną silnika /str. 269 i rys. 315/
 - 3/ moment obrotowy silnika /str. 276 i rys. 317/
 - 4/ poślizg silnika /str. 279 i rys. 320/

Zadanie 9.

Prądnicą trójfazową synchroniczną.

- a/ Określić zależność pomiędzy napięciem i prądem głównym maszyny dla obciążenia bezindukcyjnego przy stałej ilości obrotów i stałym prądzie magnesującym:
 $V = f(I)$, $n = \text{const.}$, $i_m = \text{const.}$ /Charakt. zewn. maszyny./

Uwaga: Krzywą zaczynamy dla $\mathcal{J}=0$ przy V równem normalnemu, wskazanemu na tabl. fabr. maszyny.

b/ Znaleźć tę samą zależność dla obciążenia indukcyjnego dla tych samych warunków.

Uwaga: Wobec tego, iż w laboratorium brak jest odbiornika trójfazowego, w którym przy zmianie obciążenia można utrzymać stałe $\cos \varphi$, krzywą punktu /b/ wykreślamy za pomocą dwóch punktów: pierwszy dla $\mathcal{J}=0 / V$ bierzemy to samo, co dla punktu /a/ przy $\mathcal{J}=0 /$ i pewnego \mathcal{J} , który pobiera odbiornik ind. /w danym wypadku biegnący luzem silnik asynchroniczny/. Przyjmujemy, iż charakter krzywej jest identyczny z charakterem krzywej, zdejmowanej w p. ~~/b/~~ a

c/ Znaleźć zależność pomiędzy prądem magnesującym i prądem obciążenia przy stałym napięciu i stałych obrotach dla obciążenia bezindukcyjnego: $i_m = f(\mathcal{J})$ przy $V = \text{const.}$, $n = \text{const.}$

d/ Znaleźć tę samą zależność przy tych samych warunkach dla obciążenia indukcyjnego.

Uwaga: Krzywą wykreślamy jak i w p. /b/ na mocy dwóch punktów i charakteru krzywej p./c/

e/ Wyrazić w % asymetrię napięć prądnicy przy biegu luzem, przy obciążeniu bezindukcyjnym i indukcyjnym

/przy tem samem jednak \mathfrak{J} przewodowem/.

Uwaga: Asymetrię maszyny określa się na mocy przepisów o badaniach maszyn elektrycznych w sposób następujący: z otrzymanych z pomiarów trzech napięć międzyprzewodowych / wszystkie napięcia mierzymy jednym woltomierzem w celu uniknięcia uzgadniania instrumentów/ budujemy trójkąt. Następnie dwa boki trójkąta odchylamy na zewnątrz o 120° / w razie kompletnej symetrii prądnicy boki boki te wraz z trzecim bokiem trójkąta dadzą linię prostą, równą potrojonej wartości każdego z boków/ i znajdujemy geometryczną sumę otrzymanej zamanej linii, stanowią napięcie " właściwe", trzykrotnie powiększone. Po wykonaniu powyższego odchylamy te same dwa boki trójkąta do wewnątrz o 120° / w razie kompletnej symetrii prądnicy końce tych boków zewrą się , tworząc identyczny trójkąt, położony symetrycznie w stosunku do trzeciego boku trójkąta/. Końce w ten sposób odchylonych boków łączymy ze sobą, otrzymując t.zw. napięcie " odwrotne", również trzykrotnie powiększone. Określa się stosunek pomiędzy napię-

ciem "właściwym" i napięciem "odwrotnym". Układ wielofazowy prądu lub napięcia uważany jest za symetryczny, gdy wielkość w układzie "odwrotnym" wynosi co najwyżej 5% wielkości w układzie "właściwym".

Zadanie 10.

Silnik synchroniczny.

- a/ Wykonanie schematu dla włączenia maszyn synchronicznych na sieć przy pomocy 1/woltomierza, ustalającego równość napięć na zaciskach sieci i maszyny synchronicznej, uruchomionej jako prądnicy, 2/ woltomierza t.zw. zerowego, ustalającego zgodność faz sieci i maszyny synchronicznej, 3/ żarówek włączonych w tymże celu równoległe do wyłącznika, ustawionego pomiędzy siecią i prądnicą / urządzenie synchronizujące/.
- b/ Włączenie maszyny synchronicznej na sieć przy pomocy tego urządzenia. Regulacja obciążenia maszyny synchronicznej za pomocą regulacji poruszającego ją silnika.

Uwaga: W laboratorium maszynę synchroniczną uruchamia silnik elektr. bocznikowy prądu stałego. Zmieniając prąd w obwodzie magnesów maszyny bocznikowej prądu stałego, przez co zmie-

niamy jej SEM, możemy dowolnie zmieniać jej obciążenie w obie strony od 0; sprzężona z tą maszyną pr. stałego maszyna synchroniczna, będzie w stosunku do znaku mocy m. pr. st. oczywiście zachowywać się wprost odwrotnie, t.j. gdy m. prądu stałego będzie silnikiem, to m. synchr. pr. zmiennego będzie prądnicą; gdy zaś m. pr. stałego będzie prądnicą, to maszyna synchroniczna prądu zmiennego będzie silnikiem.

c/ Znaleźć zależność prądu głównego w maszynie synchronicznej, $\cos \varphi$ i samego kąta φ od prądu magnesującego, przy stałym obciążeniu maszyny synchronicznej mocą mechaniczną / maszyna pracuje jako silnik/ :

$$\tilde{J} = f(i_m), \quad \cos \varphi = f(i_m), \quad \varphi = f(i_m).$$

Uwaga I. Powyższe krzywe należy otrzymać przynajmniej dla dwóch obciążeń maszyny.

Uwaga II. Należy pamiętać, że krzywa $\tilde{J} = f(i_m)$ ma formę litery V, przyczem oba końce tej krzywej wzrastają b. szybko. Z tego względu od pewnego jej miejsca przy b. małej zmianie i_m zachodzą b. znaczne zmiany \tilde{J} . Ma to miejsce dla obu końców krzywej, na-

leży więc zdejmować tę krzywą b. ostrożnie, by prąd I nie przekroczył bezpiecznych dla maszyny wartości:

Uwaga III. φ i $\cos \varphi$ otrzymujemy ze wskazań dwóch watomierzy W_1 i W_2 ze wzoru:

$$\varphi = \arctg \sqrt{3} \frac{W_1 - W_2}{W_1 + W_2}$$

c/ Znaleźć współczynnik sprawności agregatu, złożonego z silnika synchronicznego i prądnicy bocznikowej prądu stałego przy stałym obciążeniu silnika w zależności od i_m : $\eta = f(i_m)$, $P = \text{const.}$

Zadanie 11.

Badanie transformatora.

a/ Określić przekładnię transformatora k .

Uwaga: Przekładnię określa się jako średnią arytmetyczną dla różnych napięć przy biegu luzem transformatora.

b/ Określić spadek napięcia w transformatorze w zależności od obciążenia przy stałym $\cos \varphi$ odbiornika:

$$\cos \varphi = \text{const.}; \quad \Delta e = \frac{\frac{e_1}{k} - e_2}{\frac{e_1}{k}} \cdot 100\% = f(I_2)$$

Uwaga: Spadek napięcia w transformatorze określa

się doświadczalnie oraz na mocy wykresu Kappa. Doświadczenie ze spadkiem napięcia robimy przy pomocy dwóch zupełnie jednakowych, połączonych ze sobą transformatorów; jeden z tych transformatorów przyłączamy do sieci, drugi zaś obciążamy. Spadek napięcia określamy przy bezindukcyjnym obciążeniu, mierząc niskie napięcie w obydwóch transformatorach. W ten sposób otrzymujemy bezpośrednio podwójny spadek napięcia $2 \Delta e$ / zamiast $\frac{e_1}{k}$ w wyżej podanym wzorze odczytujemy e'_2 /.

Wykres Kappa robimy według wyroku 156 str. 115 książki prof. M. Pożaryskiego "Maszyny el. i prostowniki". Przy pomocy wykresu Kappa poza zależnością spadku nap. od prądu przy stałym $\cos \varphi$ odbiornika, znajdujemy zależność spadku napięcia przy stałym prądzie od $\cos \varphi$. Kąt φ zmieniamy od -90° do $+90^\circ$.

$$\Delta e = \frac{\frac{e_1}{k} - e_2}{\frac{e_1}{k}} \cdot 100\% = f(\cos \varphi)$$

przy $I = \text{const.}$

Trójkąt spadku napięć, będący podstawą wykresu Kappa, określamy na mocy doświadczenia zwarcia. Zwieramy /przez amperomierz/ wtórne /niskie/ uzwojenie transformatora i znajdujemy wielkości \mathcal{J}_{k_2} , V_{k_1} oraz P_{k_1} /prąd zwarcia, odpowiadający rzędowi prądu normalnego transformatora, napięcie oraz moc/.

Wielkości, określone po stronie wtórnego /niskiego/ napięcia, przeliczamy na stronę pierwotnego /wysokiego/ napięcia:

$$\mathcal{J}_{k_1} = \mathcal{J}_{k_2} \cdot \frac{1}{k}$$

$$R_1 = \frac{P_{k_1}}{\mathcal{J}_{k_1}^2} = \frac{P_{k_1} \cdot k^2}{\mathcal{J}_{k_2}^2}$$

Boki trójkąta zwarcia będą odpowiednio V_{k_1} , $\mathcal{J}_{k_1} R_1$ oraz $\sqrt{V_{k_1}^2 - (\mathcal{J}_{k_1} R_1)^2}$. Chcąc ten trójkąt zbudować dla danego prądu \mathcal{J}_1 , musimy wszystkie jego boki zwiększyć w stosunku $\frac{\mathcal{J}_1}{\mathcal{J}_{k_1}}$. Wobec tego, iż wartość spadku napięcia jest bardzo mała w stosunku do wartości napięć, spadek napięcia, określony na mocy wykresu Kappa wykreślnie, będzie bardzo niedokładny. Należy więc obliczenia wartości przeprowadzać na mocy wykresu za pomocą obliczeń trygonometrycznych.

Dane dla spadku napięć, otrzymane z wykresu Kappa oraz doświadczenia, winny być oczywiście jednakowe w granicach dopuszczalnych błędów pomiarów i obliczeń.

c/ Znaleźć zależność pomiędzy współczynnikiem sprawności transformatora i prądem przy danym $\cos \varphi$ odbiornika: $\eta = f(I)$, $\cos \varphi = \text{const}$.

Uwaga I. Współczynnik sprawności określamy ze wzoru

$$\eta = \frac{V_2 I_2 \cos \varphi}{V_2 I_2 \cos \varphi + \sum S} = f(I).$$

Uwaga II. Zależność tę należy znaleźć przynajmniej dla dwóch wartości $\cos \varphi$, z których jedna winna być równa jedności.

Uwaga III. Przy określaniu zależności $\eta = f(I)$ zakładamy wartości I ; odpowiednie V znajdujemy z zależności spadku napięć od obciążenia. $\sum S$ /suma strat/ równa się stratom w miedzi $/S_m/$ oraz stratom w żelazie $/S_z/$ transformatora. Straty w miedzi $/S_m/$ określamy ze wzoru:

$$S_m = R_2 I^2,$$

gdzie

$$R_2 = \frac{R_1}{k^2},$$

zaś R_1 wartość, otrzymana przez nas przy doświadczeniu zwarcia.

S_2 - określamy z doświadczenia biegu luzem transformatora; od mocy, pochłoniętej przez transformator, odejmujemy straty w miedzi w pracującym uzwojeniu transformatora. Opór tego uzwojenia możemy przyjąć równy połowie R , skąd

$$S_2 = P_0 - \frac{J^2 R}{2}.$$

Zadanie 12.

Przetwornica jednotwornikowa.

a/ Sprawdzenie stosunku pomiędzy napięciem na zaciskach prądu zmiennego i napięciem na zaciskach prądu stałego przy biegu luzem maszyny.

Uwaga. Stosunek ten określamy, zmieniając za pomocą szeregowo włączonych oporów napięcie na zaciskach prądu stałego.

b/ Znaleźć zależność pomiędzy współczynnikiem sprawności i obciążeniem w wypadku przetwarzania prądu stałego na prąd zmienny przy stałym napięciu prądu zmiennego:

$$\eta = \frac{V_2 J_2 \cos \varphi}{V_1 J_1} = f(V_2 J_2 \cos \varphi).$$

Uwaga I. Krzywą zdejmujemy tylko dla $\cos \varphi = 1$ /odbiornik bezindukcyjny/.

Uwaga II. Napięcie V_2 i prąd J_2 odczytujemy nie bezpośrednio na zaciskach przetwornicy,

lecz na wtórnych zaciskach autotransformatora, który sprzęgamy z przetwornicą.

c/ Znaleźć zależność pomiędzy współczynnikiem sprawności i obciążeniem w wypadku przetwarzania prądu zmiennego na prąd stały:

$$\eta = \frac{J_1 V_1}{W_2} = f(J_1, V_1).$$

Uwaga I. Moc, pobieraną przez przetwornicę, mierzy-
ma za pomocą watomierza przed zaciskami
autotransformatora. W ten sposób współczyn-
nik sprawności przetwornicy określamy za-
wsze jako jednej całości ze sprzężonym z
nią autotransformatorem.

Uwaga II. Dla przyłączenia przetwornicy do zacisków
sieci prądu zmiennego / oczywiście przez
autotransformator/, należy wykonać urządze-
nia: dla stwierdzenia równości napięć w
sieci i na zaciskach przetwornicy /woltom-
ierz z przełącznikiem/ oraz dla stwier-
dzenia zgodności faz w chwili włączenia
/żarówka włączona równoległe do wyłączni-
ka na jednym z biegunów przetwornicy/.
Przetwornica typu, znajdującego się w la-
boratorjum, dla włączenia jej na sieć

prądu zmiennego winna być doprowadzona do synchronizacji rozruchem ze strony prądu stałego.

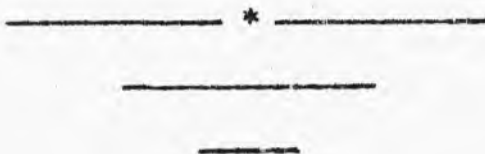
Uwaga III. Z liczby obrotów przetwornicy po zsynchronizowaniu oraz znając liczbę jej biegunów, możemy określić częstotliwość sieci prądu zmiennego ze wzoru

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}$$

gdzie n - liczba obrotów maszyny,

f - częstotliwość,

p - liczba par biegunów.



ERRATA :

str. 19 w. 3 od dołu: wzór winien mieć postać:

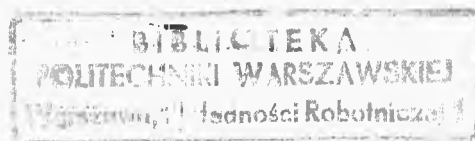
$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_s}{R_s} + \frac{5R_s}{10 \cdot 100 \cdot R_s} + \frac{5R_1}{10 \cdot 100 \cdot R_1} + \frac{5R_2}{10 \cdot 100 \cdot R_2} + \frac{R_s}{1000 \cdot R_s};$$

str. 20 w. 12 od góry:

zam. d'Aronvala winno być d'Arsonvala;

str. 22 w. 5 od góry:

zam. odznaczamy winno być oznaczamy.



nr 523

S P I S R Z E C Z Y :

	str.
Przepisy dla pracujących w laboratorjum	
Elektrotechniki Ogólnej	3
W s t ę p	8

C Z E Ś Ć I.

BADANIE PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH I UKŁADÓW,

POMIARY OPORÓW, POMIARY MAGNETYCZNE I ŚWIATŁA.

Zad. 1. Badanie amperomierza elektro-magnet. . .	20
" 2. Badanie woltomierza elektro-magnet. . .	22
" 3. Cechowanie woltomierza Deprez d'Arsonvala metodą kompensacyjną	24
" 4. Badanie watomierza	25
" 5. Badanie licznika prądu stałego	27
" 6. Badanie licznika prądu zmiennego	28
" 7. Mostek Wheatstone'a	29
" 8. Podwójny mostek Thomsona	31
" 9. Pomiar oporu żarówek amperomierzem i woltomierzem	33
" 10. Pomiar oporów wielkich. Badanie izo- lacji. Induktor	35

	str.
Zad. 11. Badanie sieci trójfazowej	38
" 12. Spadek napięcia w linji	40
" 13. Pomiar strat w żelazie	41
" 14. Badanie jasności	44

C Z Ę Ś Ć II.

BADANIE MASZYN ELEKTRYCZNYCH I TRANSFORMATORÓW.

Zad. 1. Prądnicą bocznikową prądu stałego	46
" 2. Prądnicą szeregową prądu stałego	49
" 3. Silnik bocznikowy prądu stałego	51
" 4. Silnik szeregowy prądu stałego	53
" 5. Prądnicą bocznikowo-szeregową	55
" 6. Określenie współczynnika sprawności metodą pracy zwrotnej. Nagrzewanie maszyn	59
" 7. Silnik trójfazowy asynchroniczny z pierścieniami	63
" 8. Silnik trójfazowy asynchroniczny krótkozwarty	66
" 9. Prądnicą trójfazową synchroniczną	68
" 10. Silnik synchroniczny	71
" 11. Badanie transformatora	73
" 12. Przetwornica jednotwornikowa	77



nr. 523