

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok XV.

1 Sierpnia 1933 r.

Zeszyt 15.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI

Warszawa, Czackiego 5, tel. 690-23.

JEDNOSTKI FIZYKALNE I TECHNICZNE.

STUDJUM KRYTYCZNE ORAZ NOWY SYSTEM OZNACZANIA JEDNOSTEK.

Prof. Dr. inż. Stanisław Fryze.

(Ciąg dalszy).

Oczywiście dla praktyki elektrotechnicznej wydaje się bardziej celowym tworzenie jeszcze dalszych etalonowych jednostek, jak *amper* (prąd stały, wydzielający z azotanu srebra w sekundzie 0,00111800 g srebra), *ohm* (opór słupa rtęci o długości 106,300 cm. i masie 14,4521 g przy jednakowym przekroju i temp. 0° C), *volt* (napięcie na opozycji 1 ohma, gdy przepływa przez niego prąd stały, równy jednemu amperowi) (W przybliżeniu $\frac{1}{1,1830}$

SEM-cznej normalnego ogniwa Westona przy 20° C). Na tem tle doszło właśnie do sporów między elektrotechnikami i fizykami. Fizycy żądają, aby *wszelkie dalsze etalony miały tylko znaczenie pomocnicze, a nie definicyjne*, elektrotechnicy zaś żądają, aby *obok definicyjnych jednostek etalonowych centymetra, grama i sekundy dopuścić jeszcze nowe definicyjne i już dalej nie podlegające zmianom etalonowe jednostki, amper i ohm lub ewentualnie jeszcze volt*.

Kto ma rację? Mojem zdaniem, rację trzeba przyznać fizykom, albowiem trzeba uwzględnić, że *żaden etalon nie da się ustalić z absolutną dokładnością*, czyli, że każdy obarczony jest pewnym błędem. Im więcej etalonów, tem więcej źródeł błędów. Aby zrozumieć poglądowo, na czem polega ten cały spór, przytoczę taki przykład:

Objętość kuli określa ściśle wzór

$$v = \frac{4}{3} \pi r^3$$

Jednostką objętości może być jakiś etalon np. „mililitr” lub definicja „jednostką objętości jest cm^3 ”. Gdy mililitrem nazywać będziemy objętość 1 cm^3 , jest wszystko w porządku. Gdybyśmy natomiast sporządzili *etalon* (np. naczynie) o objętości równej 1 mililitr, powstaną trudności następujące: Nigdy nikt nie potrafi sporządzić etalonu „mililitra” tak, aby on miał *ściśle* objętość 1 cm^3 . Dziś określimy, że według dzisiejszego stanu techniki pomiarowej nasz etalon ma „rzeczywiście” objętość 1 cm^3 , za lat kilka lub kilkadziesiąt okaże się napewno, że ma więcej lub mniej jak 1 cm^3 . Otóż po każdym takim odkryciu niezgodności etalonu „mililitra” z cm^3 mamy przed sobą dwie alternatywy:

1° Zmienić etalonową jednostkę „mililitr” tak, aby znów (przy danej technice pomiarowej) odpowiadała 1 cm^3 .

2° Ogłosić, że od pewnej daty będąca w użyciu miara „mililitr” nie jest równa 1 cm^3 .

Pierwsza alternatywa zmusza do zmiany wszystkich będących w użyciu miar wzorowanych na etalonie i powoduje zamieszanie. Dla uniknięcia nieporozumień musielibyśmy znaczyć np. „mililitr z roku 1900”, „mililitr z roku 1930” i t. d. Gdybyśmy tych uzupełnień nie dodali, nie wyznalibyśmy się w pomiarach *precyzyjnych*, czynionych w różnych czasach owym etalonowym mililitrem, gdyż mililitr z roku 1900, a mililitr z roku 1930 to *dwie różne miary objętości!* Nie chcąc wprowadzać takiego zamieszania lub trudności związanych ze zmianą ustalonego etalonu, musielibyśmy przyjąć alternatywę drugą. *To pociąga jednak za sobą zmianę wszystkich wzorów fizykalnych*, stojących bezpośrednio lub pośrednio w związku z objętością. Gdy mililitr = 1 cm^3 , mogą położyć np. dla kuli

$$v = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ centymetrów}^3 \text{ czyli mililitrów}$$

Gdy natomiast ustalony etalon „mililitr” nie równa się 1 cm^3 , trzeba będzie pisać $v = \frac{4}{3} \pi r^3$ w cm^3 i $v = k \frac{4}{3} \pi r^3$ w mililitrach.

Fizycy, którzyby się zgodzili na wprowadzenie jakiegokolwiek nowej *etalonowej jednostki* np. etalonu mililitra = $\frac{1}{1000}$ litra, muszą się więc przygo-

tować na to, że z czasem *ich równania przestaną być ważne w dzisiejszej formie, zawierającej różne ustalone współczynniki liczbowe określone dla cm^3* .

Przy stwierdzeniu niedokładności w etalonach alternatywa 1-sza prowadzi więc do zmiany wszystkich miar cechowanych według etalonów, a alternatywa 2-ga do zmiany wszystkich (lub bardzo wielu) współczynników liczbowych w równaniach fizykalnych. — *I jedna i druga przedstawia więc zło, tem większe, im więcej jest etalonów i dlatego słuszne jest stanowisko fizyków, że jednostek etalonowych powinno być jak najmniej*.

Oczywiście powyższe nie wyklucza tworzenia etalonów porównawczych ampera, volta, mikro-henra, mikro-farada i t. p. Fizycy stoją jednak na tem stanowisku, że *etalony te winny wyrażać wielokrotności jednostek układu CGS, czyli, że w miarę*

postępu techniki pomiarowej, winny być odpowiednio „dopasowywane” do jednostek CGS, zaś praktycy żądają, aby pewne etalony stały się takimi definicyjnymi jednostkami etalonowymi, jak metr, kilogram i sekunda.

Powyższe określenia były konieczne dla zrozumienia istoty sporu. Fizyków, broniących układów CGS, nie można uważać za konserwatystów sprzeciwiających się innym „nowoczesnym” systemom jednostek. Im chodzi bowiem o rzecz podstawową, a mianowicie o to, że obok dotychczasowych trzech definicyjnych i etalonowych jednostek metra, kilograma i sekundy mają być stworzone dalsze takie jednostki (amper, ohm lub volt i amper), co spowoduje tylko nowe, niepotrzebne trudności.

Wypada teraz jeszcze wyjaśnić rzecz zasadniczą, a mianowicie, czy obecne systemy CGS, używane w nauce o elektryczności i magnetyzmie, są poprawne, czy też błędne? Odpowiedź na to pytanie brzmi:

Gdy przyjmijemy pogląd A za słuszny, nie ulega żadnej wątpliwości, że obecne systemy CGS są poprawne, gdy zaś przyjmijemy pogląd B za słuszny, trzeba będzie odrzucić owe systemy, jako wykraczające przeciw temu pogładowi. Ponieważ poprzednio wykazaliśmy, że pogląd B nie da się utrzymać, to wynika stąd, że *właśnie nowo forsowany system praktyczny trzeba odrzucić i pozostać przy dawnych systemach CGS.*

Pewne nieporozumienia, powstałe na podłożu tych systemów, usuwa w zupełności zastosowanie do analizy, w miejsce równań wartościowych, równań formalno-wartościowych typu C.

Układ CGS wspiera się na teorii dymensyj — jak to już poprzednio omówiliśmy.

Zasadniczo formuły dymensyjne zawierają symbole wartości, a nie wielkości fizycznych. Na tem tle powstały trudności i nieporozumienia. Gdy bowiem napiszemy ogólnie

$$\dim N = A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots \dots \dots (13)$$

i uważać będziemy symbole N, A, B, C za wartości, to staje się niezrozumiałem, w jaki sposób z tego równania dymensyjnego przechodzimy na równanie

$$\dim [N] = [A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma \dots \dots \dots (14)$$

w których symbole $[N], [A], [B], [C]$, oznaczają jednostki, a więc pewne wielkości. Pozatem mówimy np. „objętość ma wymiar (dymensję) długości w 3-ciej potędze — a nie — wartość objętości ma wymiar wartości długości w 3-ciej potędze”.

Z powyższych trudności wyjdziemy, podstawiając w pierwotnym równaniu dymensyjnym zamiast wartości N, A, B, C ilorazy

$$N = \frac{N}{[N]}, A = \frac{A}{[A]}, B = \frac{B}{[B]}, C = \frac{C}{[C]}$$

w których symbole N, A, B, C , oznaczają wielkości fizyczne. Po takim podstawieniu otrzymamy

$$\dim \frac{N}{[N]} = \frac{A^\alpha B^\beta C^\gamma}{[A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma}$$

$$\text{czyli } \dim N = \frac{\dim [N]}{[A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma} A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots \dots (15)$$

Ponieważ w myśl teorii dymensyj ma być

$$\dim [N] = [A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma$$

przeło w naszym równaniu (15) jest

$$\frac{\dim [N]}{[A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma} = 1 \dots \dots \dots (16)$$

Otrzymujemy więc z równania (15) dwa równania dymensyjne

$$\dim N = A^\alpha B^\beta C^\gamma \dots \dots \dots (17)$$

$$\text{ i } \dim [N] = [A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma \dots \dots \dots (18)$$

Z których (17) wyraża dymensję ze względu na wielkość, a (18) w odniesieniu do jednostek. Słuszność równania (15) widoczna jest przy podstawieniu z powrotem $N = N [N], A = A [A],$

$$B = B [B], C = C [C].$$

Wypada wtedy

$$\dim N = N [N] = A^\alpha [A]^\alpha B^\beta [B]^\beta C^\gamma [C]^\gamma$$

$$\dim N \cdot \dim [N] = A^\alpha B^\beta C^\gamma \cdot [A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma$$

$$\dim N = A^\alpha B^\beta C^\gamma$$

Wzór (16) wyraża, że wyraz $\frac{[N]}{[A]^\alpha [B]^\beta [C]^\gamma}$ utwo-

rzony z symboli jednostek wielkości, stojących po obu stronach znaku równości, musi być bezwymiarowy, czyli, że nie może mieć wymiaru żadnej wielkości fizycznej.

Powyższy „wielkościowy” sposób traktowania dymensyj wyjaśnia wiele niejasności w teorii dymensyj. Tak np. wyjaśnia z miejsca sprawę t. zw. stałych fizycznych. Gdy je traktujemy, jako liczby bezwymiarowe, to odpadają one z równań dymensyjnych. Gdy je traktujemy analogicznie, jak wielkości, to znaczy kładziemy

$$S = S [S]$$

wypadnie nam wymiar $[S]$ z równania dymensyjnego dla jednostek (16).

Przykład: Prawo grawitacji Newtona ma w relacji wartościowej postać

$$F = C \frac{m_1 m_2}{r^2}, C \text{ stała grawitacji}$$

Traktując C jako wielkość, napiszemy w myśl poglądu C

$$F = \frac{[F] [l]^2}{[m]^2 [C]} C \frac{m, m_2}{l^2}$$

Według (17) wynika stąd

$$\dim F = C m^2 l^{-2}$$

oraz

$$\dim \frac{[F] [l]^2}{[m]^2 [C]} = 1$$

Możemy zatem napisać

$$\dim C = F M^{-2} L^2 \text{ oraz } \dim [C] = \frac{[F] [l]^2}{[m]^2}$$

Podstawiając $[F] = \text{cm g sek}^{-2}, [l] = \text{cm}, [m] = \text{g}$, otrzymamy

$$\dim [C] = \frac{\text{cm g sek}^{-2} \cdot \text{cm}^2}{\text{g}^2} = \frac{\text{cm}^3}{\text{g} \cdot \text{sek}^2}$$

jako wymiar stałej grawitacyjnej w układzie CGS²⁰⁾.

Gdybyśmy natomiast założyli powyżej, że C jest liczbą niemianowaną, napisalibyśmy

²⁰⁾ Wartość stałej grawitacyjnej wynosi około $6,65 \cdot 10^{-8}$, czyli $C = 6,65 \cdot 10^{-8} \frac{\text{cm}^3}{\text{g} \cdot \text{sek}^2}$

$$F = \frac{[F][l]^2}{[m]^2} C \frac{m_1 m_2}{l^2}$$

$$\dim F = m^2 l^{-2}$$

$$\dim \frac{[F][l]^2}{[m]^2} = 1$$

Stała grawitacyjna zniknęłaby tu z dymensyj²¹⁾, lecz orzeklibyśmy równocześnie, że jest to możliwe tylko w takim układzie, gdzie siła F ma wymiar $m^2 l^{-2}$. Na takim założeniu opiera się też t. zw. *układ astronomiczny*.

Spory na temat, czy przy tworzeniu układów należy wszystkie współczynniki fizyczne wpisywać w formie wartościowej, czy wielkościowej, nie mają sensu, gdyż od sposobu wpisywania pewnych współczynników zależy rodzaj układu, a pisownia innych musi być ujęta tak, aby nie powstały sprzeczności dymensyjne.

Tak np. dla układu C G S, stała grawitacyjna C musi mieć charakter wielkości, skoro przyjęliśmy jako wymiar siły

$$\dim F = L M T^{-2}$$

Gdy jednak przyjmujemy za podstawowe wielkości M i L i założymy, że ma być $\dim F = m^2 l^{-2}$, to wyjdzie, że stała grawitacyjna musi mieć charakter wartości. Widać stąd, że o przypisywaniu dymensjom jakiegoś znaczenia absolutnego, zdradzającego istotę danej wielkości, nie może być mowy. Ogólnie można stworzyć nieskończenie wiele różnych układów z nieskończenie wieloma różnymi dymensjami dla tej samej wielkości fizycznej.

Dwie wielkości jednakowe mogą mieć różne dymensje w dwu różnych układach, a dwie wielkości różne mogą mieć jednakowe dymensje w dwu różnych układach.

Pytanie, jaki jest „prawdziwy” wymiar jakiegokolwiek wielkości ma to samo znaczenie, jak pytanie, jaka jest „prawdziwa” nazwa jakiegokolwiek przedmiotu.

To samo odnosi się do współczynników fizycznych.

Powyższe uwagi rzucają wiele światła na sprawę kontroli równań fizycznych z pomocą dymensyj. Ogólnie utarło się mniemanie, że w każdym równaniu fizycznym musi być dymensja lewej strony równa dymensji prawej strony równania. Twierdzenie to polega na ciekawym nieporozumieniu. Zbadajmy bowiem np. dymensję prawa Priestley'a ogólnie zwanego prawem Coulomb'a²²⁾.

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon l^2}$$

Gdy założymy, że w myśl danych układu ES ma być

$$\dim F = L M T^{-2}, \quad \dim Q = L^{1/2} M^{1/2} T^{-1},$$

$$\dim l = L,$$

wypadnie $\dim \epsilon = 1$, czyli ϵ bez wymiaru.

Gdy natomiast założymy, że ma być według układu EM

$$\dim F = L M T^{-2}, \quad \dim Q = L^{1/2} M^{1/2},$$

$$\dim l = L, \quad \text{wypadnie}$$

$\dim \epsilon = L^{-2} T^2$ czyli wymiar prędkości do minus 2-giej potęgi.

Już na tych dwu przykładach widać, że o jakiejś a priori danej zgodności dymensyj wyrazów zawartych po obu stronach znaku równości w równaniu fizycznym nie może być mowy. Równość dymensyj po obu stronach równania fizycznego, to nie jakieś konieczne prawo przyrody, tylko całkiem prosto nasze dzieło. Z doświadczeń czerpiemy tylko zależności dotyczące wartości różnych wielkości. Odpowiednio do tego układamy równania fizyczne względnie prawa fizyczne. Wzory fizyczne są w zasadzie *równaniami wartościowymi*, i jako takie nie mogą zawierać żadnego warunku równości dymensyjnej po obu stronach znaku równości. Ponieważ jednak *teorię dymensyj można stosować tylko przy założeniu równości dymensyj, przeto dobieramy wymiary tak, aby zawsze w każdym wzorze po obu stronach znaku równości wypadły jednakowe dymensje*²³⁾. Wypadają przytem zabawne kolizje, prowadzące do jałowych sporów. Zdarza się bowiem w pewnych przypadkach, że przy uzgodnieniu dymensyj w równaniach wypadają nam różne wymiary dla wielkości, o których z rozważań fizycznych wiemy, że są tego samego rodzaju. Klasyycznym przykładem mogą być w tym względzie znane równania

$$D = \epsilon \cdot K \quad \text{i} \quad B = \mu \cdot H$$

Z rozważań fizycznych wiemy, że natężenie pola elektrycznego K i indukcja elektryczna D w próżni nie różnią się niczem od siebie²⁴⁾. To samo wiemy o natężeniu pola magnetycznego H i indukcji magnetycznej B . Fizycznie rzecz biorąc, powinno zatem dla próżni być $\epsilon = 1$ i $\mu = 1$, jak to słusznie założył Gauss w swym układzie, zwanym układem Gaussa. W układzie ES przyjmujemy jednak dla próżni jedynie $\epsilon_0 = 1$, a dla μ_0 „wypada” z uzgodnień dymensyjnych $\mu_0 = \frac{1}{c^2}$. W układzie EM

przyjmujemy jedynie $\mu_0 = 1$, a z uzgodnień dymensyjnych „wypada” $\epsilon_0 = \frac{1}{c^2}$. W układzie Gaussa

mamy zatem $\dim D = \dim K$, i $\dim B = \dim H$, w układzie ES jest w myśl założenia $\dim D = \dim K$, a $\dim B \neq \dim H$! Na tem tle powstały też spory o to, czy wielkości K i D , względnie H i B są tego samego rodzaju, czy nie. Spory te są bezsensowe dlatego, bo właśnie *równość dymensyj po obu stronach znaku równości nie jest wcale a priori dana w równaniach fizycznych, o równość taką trzeba się dopiero postarać*, (czy to przez uzupełnienie równania odpowiednio zdymensjonowanymi współczynnikami, czy też przez przydanie pewnym współczynnikom wymiarów), jeżeli teoria dymensyj ma

²³⁾ Czytaj w Brigdmannie rozdział na str. 37 i dalszych.

²⁴⁾ W znanym dziele Abrahama „Theorie der Elektrizität” tom I 1923 wyd. 5-te podkreślano specjalnie we wstępie i wewnątrz, że wielkości K i D wzgl. H i B są tego samego rodzaju. Punktem wyjścia nowego układu praktycznego jest jednak teza wręcz przeciwna. Sprawę tę omówię w osobnej pracy.

²¹⁾ Dymensja z liczby bez wymiaru C wynosi $\dim C = 1$.

²²⁾ Prawo to odkrył pierwszy Priestley a nie Coulomb. (Patrz Whittacher „History of the Theory of the Ether and Electricity”, 1910).

znaleźć zastosowanie. Trzeba bowiem pamiętać, że podstawą teorii dymensyj jest założenie równości dymensyj po obu stronach równania fizykalnego, bez niej niema teorii dymensyj. Konieczność tę nazywamy krótko *zasadą równości dymensyjnej równań fizykalnych*.

Na zasadzie równości dymensyjnej zbudowana jest piękna analiza fizykalno-dymensyjna, w którą się tu oczywiście wdawać nie możemy²⁵⁾). Wypada tylko zaznaczyć, że każdy fizykalny system jednostek musi być oparty na teorii dymensyj i tem się różni od t. zw. *praktycznych zespołów jednostek*, które w zasadzie można obierać dowolnie.

Ponieważ nie wszyscy rozumieją, na czym polega różnica między jednym a drugim zespołem jednostek, dodam tu następujące wyjaśnienia:

Pojęcie wartości N jakiejś wielkości N ma sens tylko w odniesieniu do przynależnej do niej jednostki. Jeżeli każda wielkość ma być mierzona własną jednostką, *potrzeba ogólnie conajmniej tyle jednostek, ile jest różnych wielkości*. Teoretycznie każda jednostka własna, czyli jednorodna z N , może być obrana dowolnie. Razem tworzą wszystkie *zbiór jednostek*.

Przykład: Cal jako jednostka długości, tona jako jednostka masy, węzeł marynarski jako jednostka prędkości, godzina jako jednostka czasu i t. d.

Poprzednio wyjaśnialiśmy już, że równania fizykalne nie są ważne dla dowolnych jednostek.

Zbiór jednostek, które sprawdzają pewien zespół danych równań fizykalnych możemy nazwać *zespołem jednostek*.

Jednostki własne, wchodzące w skład zespołu jednostek, nie mogą być dowolne, lecz są wzajemnie uzależnione danym zespołem równań fizykalnych, do którego przynależą. Mimo to można stworzyć *nieskończenie wiele różnych zespołów jednostek*. W interesie zarówno fizyków jak i techników leży, by tych zespołów jednostek wszystkich wielkości było jak najmniej i by odpowiadały pewnym wymaganiom. Jeżeli bowiem uwzględnimy, że każda jednostka powinna mieć swoją nazwę, a przynajmniej swój znak, to jasnym będzie, że w tworzeniu jednostek trzeba zachować pewne umiarkowanie. Oczywiście ideałem byłby taki stan, w którym wszystkich zadowoliliby *jeden jedyny zespół jednostek, złożony tylko z unikatów jednostkowych dla każdej wielkości*. Niestety stan taki nie może być osiągnięty z powodu różnych wymagań, jakie stawiamy odnośnie do jednostek.

Teoretycy żądają, aby definicje jednostek były proste i aby przy ich zastosowaniu wypadały możliwe proste formy równań czy wzorów fizykalnych. Możliwość tworzenia etalonów dla jednostek, poszczególnych wielkości stoi tu na drugim planie.

Praktycy wymagają, aby jednostki miały *wielkości dobre do częstych obliczeń i pomiarów*, oraz, aby była możliwa tworzenia etalonów przynajmniej dla ważniejszych jednostek.

Żądania teoretyków i praktyków nie dadzą się zadowolić jednym zespołem jednostek i dlatego musimy się pogodzić z tym stanem rzeczy, że obok siebie będą istniały przynajmniej dwa systemy jednostek: *teoretyczny i praktyczny*. Teoretyczne sy-

stemy znajdują główne zastosowanie w fizyce, praktyczne w technice, dlatego pierwsze możemy nazywać także fizykalemi, a drugie technicznymi. Teoretyczne systemy jednostek, obecnie używane w fizyce, charakteryzuje to, że każdy zespół jednostek stanowi równocześnie pewien *układ miar*. *Układem miar* nazywamy taki system jednostek, w którym jednostki uzależniają się wzajemnie, nietylko odpowiednio do praw fizykalnych, lecz w którym *wszystkie jednostki są równocześnie uzależnione jeszcze od kilku t. zw. podstawowych jednostek*.

Tak np. w t. zw. *układach CGS jednostki wszystkich wielkości fizykalnych uzależnione są od trzech jednostek podstawowych, które stanowią: centymetr, gram (masa) i sekunda*. Uzasadnienie dla tej zależności podaliśmy już powyżej. Oparcie dla niej stanowi teoria dymensyj.

Dotychczas trudność w praktycznym zastosowaniu układów CGS na terenie nauki o elektryczności i magnetyzmie polegała na niedokładnościach t. zw. pomiarów absolutnych. W obecnych czasach, trudność ta została jednak już częściowo przezwyciężona²⁶⁾). Drugą trudność w zastosowaniu układów CGS stanowi brak nazw i znaków jednostek przynależnych do tych układów. Brak ten da się jednak łatwo usunąć w sposób podany w następnym ustępie.

Na podstawie dotychczasowych rozważań w poprzednich ustępach przeprowadzonych, możemy zatem wypowiedzieć następujące konkluzje:

I. *Symbolle literowe we wzorach fizykalnych przedstawiają wartości, nie wielkości*.

II. *Obliczenia liczbowe należy przeprowadzać, wstawiając w te wzory liczby, a nie liczby z jednostkami*.

III. *Wszelkie wnioski, wypływające z równań wielkościowych typu B, są błędne, ponieważ opierają się na błędnym założeniu, że symbolle literowe w równaniach fizykalnych oznaczają wielkości*.

IV. Jeżeli dla pewnych celów (analizy) uważamy za pożądane, aby w równaniach fizykalnych wystąpiły wielkości zamiast wartości, należy odnośne wartości zastąpić ilorazem $\frac{\text{wielkość}}{\text{jednostka}}$.

Podstawienie takie prowadzi do wzorów typu C, t. j. do równań *formalno-wielkościowych*.

V. Wypisywanie równań dla jednostek w formie wzorów np.

$$V = A \Omega, \text{ lub } \text{volt} = \text{amper} \times \text{ohm} \\ \text{dyna} = \text{cm g sek}^{-1} \text{ i t. d.}$$

przedstawia niczem nieuzasadnioną dowolność, która ogólnie prowadzi do sprzeczności matematyczno-fizykalnych.

Wzory tego rodzaju opierają się na równaniach fizykalnych wielkościowych (typ B), a więc na błędnej podstawie.

VI. Obecne systemy CGS są teoretycznie poprawne, a oparcie tych systemów na teorii dymensyj jest uzasadnioną koniecznością.

VII. Źródłem wszystkich dotychczasowych nieporozumień i błędów jest pomieszczenie pojęcia wartości z wielkością i identyfikowanie symboli dymensyjnych z symbolami jednostek.

²⁵⁾ Patrz Bridgman - Holl.

²⁶⁾ Bliższe szczegóły zawiera referat prof. Dr. Krukowski.

VIII. Nowy „zracjonalizowany“ układ jednostek nie tylko nie chroni przed dotychczasowymi błędami, ale pomnaża je.

IX. Z dotychczasowego pomieszenia pojęć i chaosu jednostek wybawi nas nie nowy system jednostek, tylko ściśle rozgraniczenie pojęć oraz wprowadzenie nazw i znaków jednostek. Należy przytem unikać nazw i znaków kombinowanych, gdyż opierają się one na błędnym identyfikowaniu dymensji jednostki z samą jednostką, względnie na błędnej interpretacji pomiarów pośrednich.

X. *Wzór fizyczny jest kompletny dopiero wtedy, gdy podany jest zespół jednostek, dla którego jest ważny w podanej relacji.*

XI. *Nowy układ jednostek to równocześnie także nowe wzory fizyczne, bo ze zmianą jednostek zmieniają się także współczynniki fizyczne S oraz współczynniki wyrównawcze k.*

V. *Nowy ogólny system nazw i znaków dla jednostek wszystkich układów.*

Przechodzimy teraz do rzeczy praktycznie bardzo ważnej, a mianowicie do *ogólnego systemu znaków i nazw wszystkich jednostek*, który przedstawiam tu, jako własną propozycję. (Tablica jednostek).

Przy układaniu tej tablicy kierowałem się następującymi myślami przewodnimi:

1) *Każda jednostka powinna mieć swą nazwę i swój znak.*

Przy obecnych wielu układach jednostek byłoby niepodobniństwem tworzenie całkiem różnych nazw i znaków dla wielu różnych jednostek, przynależnych do tej samej wielkości. Wszak dotąd nie zdobyliśmy się nawet na nazwy i znaki dla wszystkich jednostek układu praktycznego. Trzeba jednak zauważyć, że tworzenie całkiem różnych nazw i całkiem różnych znaków dla jednostek przynależnych do tej samej wielkości nie miałyby żadnego sensu. *Jeżeli bowiem nazwy i znaki wielkości zatrzymujemy jednakowe bez względu na to, w jakim układzie te wielkości wyrażamy*, to dla czegoż mielibyśmy odbiegać od tej wytycznej przy tworzeniu nazw i znaków *jednostek*? Czy dlatego, że jednostki przynależne do różnych układów mają różne dymensje? Ależ poszczególne wielkości mają też w różnych układach różne dymensje. Nabój Q ma np. w układzie ES wymiar $L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}$, a w układzie EM wymiar $L^{1/2} M^{1/2}$, podobnie wszystkie inne wielkości mają różne wymiary w tych układach, a jednakże nikt nie proponował, aby dlatego w jednym układzie nazywać nabój „nabojem“ i znaczyć symbolem „ Q “, a w innym układzie nadać mu całkiem inną nazwę i całkiem inny symbol literowy; co powyżej nazczymy Q_{ES} i Q_{EM} , aby wskazać przynależność do układu. Bądźmy zatem konsekwentni i zgódźmy się na to, że także wszystkie jednostki, przynależne do tej samej wielkości, powinny mieć podobne nazwy i podobne znaki, bez względu na różnice w wymiarach tych jednostek.

Wzorując się na następujących ogólnie używanych nazwach i znakach:

A amper, mA miliamper, μ A mikroamper, kA kiloamper,

V volt, mV milivolt, μ V mikrovolt, kV kilovolt,

Ω ohm, m Ω miliohm, μ Ω mikroohm, M Ω me-

gaohm i t. d.,

proponuję zużytkowanie istniejących nazw i znaków układu praktycznego, przez dodanie do nazw odpowiednich skrótów słownych (prefiksów), a do znaków liter dodatkowych, wskazujących przynależność do układu.

W podanej tablicy jednostek zestawione są proponowane przezemnie nazwy i znaki jednostek różnych układów i podane są relacje tych jednostek do jednostek ogólnie obecnie stosowanego systemu praktycznego.

U w a g i: Układ ES nazwałem w skrócie „elektrycznym“ (Symbol „E“) dlatego, bo wywodzi się z prawa Priestleya (zwanego elektrycznym prawem Coulomba)

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon \cdot l^2}$$

Układ EM nazwałem w skrócie „magnetycznym“ (Symbol „M“) dlatego, bo wywodzi się z magnetycznego prawa Coulomba:

$$F = \frac{m_1 m_2}{\mu l^2}$$

Skróty „elektryczny“ (symbol E) zamiast „elektrostatyczny“ (symbol ES) oraz „magnetyczny“ (symbol M) zamiast „elektromagnetyczny“ (symbol EM) są już używane w literaturze (patrz np. poprzednio cytowane prace Wallota).

Jednostki układu ES, czyli E, otrzymały zatem prefiks „elektro“ i dodatkową literę „E“, a jednostki układu EM, czyli układu magnetycznego, prefiks „magneto“ i znak „M“.

Układ Gaussa przedstawia, jak wiadomo, kombinację jednostek wielkości elektrycznych według układu ES, a jednostek wielkości magnetycznych według układu EM. Z tego powodu w układzie tym nie wprowadzam żadnych nowych nazw i znaków. Oczywiście możnaby i w układzie Gaussa wprowadzić nazwy i znaki następujące:

gauss - coulomb	(G_C) = elektro - coulomb	(EC)
gauss - amper	(GA) = elektro - amper	(EA)
gauss - volt	(GV) = elektro - volt	(EV)
gauss - ohm	($G\Omega$) = elektro - ohm	($E\Omega$)
gauss - henry	(GH) = elektro - henry	(EH)

i t. d.

Nazwy takie i znaki mogłyby być zastosowane w przypadku, gdyby zarzucono układy ES i EM, a zaczęto używać wyłącznie układu Gaussa, jak to czyni wielu poważnych fizyków (patrz np. Abraham „Theorie der Elektrizität“ 1930, Planck „Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus“ 1922 i t. d.).

Układ Lorentza, utworzony według propozycji Heaviside'a, powstał z układu Gaussa przy zastosowaniu t. zw. *racjonalizacji*, mającej na celu usunięcie czynnika 4π z niektórych równań fizycznych. W układzie Lorentza-Heaviside'a wszystkie jednostki mają te same wymiary, co w układzie Gaussa, lecz różnią się od nich wielkością. Oznaczyliśmy je więc w tabeli z prefiksem „lorentz“ i znacznikiem „L“.

Porównując jednostki Gaussa z Lorentzowskimi, widzimy, że racjonalizacja w myśl propozycji Heaviside'a połączona jest ze zmianą prawie wszystkich jednostek elektrycznych i magnetycznych.

Jednostki magnetyczne układu EM otrzymały w roku 1930 (w Stockholmie) nazwy: gilbert (dla

U_m), oersted (H), gauss (B), maxwell (Φ); w układzie EM odpadają zatem prefiksy „magneto” dla tych jednostek.

Ponieważ jednostki magnetyczne układu Gaussa są identyczne z jednostkami magnetycznymi układu EM, przeto konsekwentnie pozostają także w układzie Gaussa nazwy gilbert, gauss, oersted i maxwell.

Nowe jednostki obecnie forsowanego układu praktycznego zracjonalizowanego otrzymały prefix „pra” i znaczek „P”. Np.:

pragram (p_g) = 10^7 gram, nowa jednostka masy, pradyna (p_{dyn}) = 10^7 dyn, nowa jednostka siły, pragilbert (p_{Gb}) = 0.4π gilbert, nowa jednostka napięcia magnetycznego, oznaczana przez racjonalistów jako „amper” (!!) i t. d. (patrz tabela jednostek).

Brakujące dotąd nazwy na jednostki dla natężenia pola elektrycznego K , indukcji elektrycznej D , strumienia indukcji elektr. Ψ i innych uzupełniłem nazwami: „priestley” znak P (dla K), „franklin” znak Fr (dla D), „thomson” znak T (dla Ψ) i t. d. Dodatkowa litera „r” przy franklinie jest konieczną ze względu na znak F dla farada. Podobnie „weber” (jednostka masy magnetycznej) otrzymuje znak Wb , aby jej nie mieszać z watem, znak W . Odnośnie do nazw i znaków najważniejszych jednostek podanych w tablicy dopuszczalne są oczywiście zmiany. Tu chodzi mi tylko o pokazanie jakby wyglądała całość.

Przy każdej jednostce podany jest jej znak (np. EC), jej wielkość w stosunku do jednostki układu praktycznego, skąd czerpiemy nazwy i znaki podstawowe (np. $EC = \frac{1}{3.10^9} C$) nazwa jednostki

(np. elektro-coulomb), oraz wymiar jednostki (np. $\dim EC = cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-1}$). Jak widać z tablicy *wymiary jednostek pozostają bez zmian i odpowiadają wszędzie wymiarom odnośnych wielkości w danym systemie*. Po przyjęciu systemu *nie wolno pisać* jak dotychczas

$Q = 50 (cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-1})$, $J = 10 (cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-2})$ i t. d. tylko należy pisać

$$Q = 50 EC, J = 10 EA \text{ i t. d.}$$

Zasadnicze źródło sprzeczności matematyczno-fizycznych, omówione w ustępie II-gim, zostaje w ten sposób usunięte.

2) Stoję na stanowisku, że *pod pojęciem jednostki należy rozumieć zawsze i wszędzie pewną określoną wielkość tego samego rodzaju, co wielkość, do której dana jednostka przynależy*. Jednostką naboju może być więc tylko pewien nabój, jednostką natężenia prądu tylko pewne natężenie prądu, jednostką napięcia pewne napięcie i t. d. W myśl tego stanowiska *uznają wszystkie jednostki, przynależne do tej samej wielkości, za jednorodne z wielkością, do której przynależą, bez względu na ich przynależność do różnych układów*. Wobec tego *dopuszczam porównanie jednostek przynależnych do tej samej wielkości w relacji ogólnej*

$[N]_0 = n_1 [N]_1 = n_2 [N]_2 = n_3 [N]_3 = \dots = n_n [N]_n$
 n_1, n_2, \dots, n_n liczby stosunkowe, $[N]_1, [N]_2, \dots, [N]_n$ symbole jednorodnych jednostek wielkości N .

Przykłady:

$$1 C = 3.10^9 EC = \frac{1}{10} MC = \sqrt{4\pi} \cdot 3.10^9 LC$$

$$1 A = 3.10^9 EA = \frac{1}{10} MA = \sqrt{4\pi} \cdot 3.10^9 LA$$

$$1 V = \frac{1}{300} EV = 10^8 MV = \frac{1}{\sqrt{4\pi} \cdot 300} LV \text{ i t. d.}$$

Z uwagi na jednorodność fizyczną jednostek C, EC, MC, LC , z nabojem Q , można pisać

$$Q = 5 \cdot 3.10^{10} EC = 5 MC = 5 \cdot 3.10^{10} \sqrt{4\pi} LC = 50 C$$

Natomiast nie wolno pisać

$$Q = 5 \cdot 3.10^{10} (cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-1}) = 5 (cm^{3/2} g^{1/2}) = 5 \cdot 3.10^{10} \sqrt{4\pi} (cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-1})$$

Znak jednostki i jej dymensja to wszak dwie różne rzeczy, jak to już wielokrotnie podkreślaliśmy.

3) *Zalegą nowo proponowanego systemu jest wydatne skrócenie wystąpienia i znakowania.*

Zamiast mówić np.

„elektrostatyczna jednostka naboju” i znaczyć „jedn. ES naboju”,

będziemy mówić

elektro-coulomb i znaczyć EC

Ponieważ mamy już nazwy i znaki jednostek praktycznych, a nazwy i znaki jednostek innych układów tworzy się tylko przez dodanie pewnych skrótów do nazw i liter do znaków jednostek praktycznych, przeto zapamiętanie proponowanych przeze mnie oznaczeń nie przedstawia żadnych trudności.

4) Przejście z wzorów wyprowadzonych dla jednostek jednego układu na wzory dla jednostek innego układu należy uskuteczyć z pomocą relacji

$$N = N_1 [N]_1 = N_2 [N]_2 \dots \dots \dots (19)$$

$$N_2 = N_1 \frac{[N]_1}{[N]_2}$$

N oznacza tu wielkość, N_1 jej wartość w odniesieniu do jednostki $[N]_1$, N_2 jej wartość w odniesieniu do jednostki $[N]_2$.

Przykład: ²⁷⁾

Prawo Priesleya w układzie ES ma postać

$$F = \frac{Q_1^{ES} Q_2^{ES}}{\epsilon^{ES} l^2} \dots \dots \dots (a)$$

i jest ważne dla Q w jedn. ES , czyli elektro-coulombach (EC); l w cm, F w dynach, ϵ^{ES} oznacza stałą dielektryczną w układzie ES .

Kładąc według (19) $Q^{ES} = Q^{EM} \frac{MC}{EC} =$

$$= Q^{EM} \frac{10 C}{1.3 \cdot 10^9 C} = Q^{EM} \cdot 3 \cdot 10^{10}, \text{ otrzymamy}$$

$$F = (3 \cdot 10^{10})^2 \frac{Q_1^{EM} Q_2^{EM}}{\epsilon^{ES} l^2} = c^2 \frac{Q_1^{EM} Q_2^{EM}}{\epsilon^{ES} l^2} = \frac{Q_1^{EM} Q_2^{EM}}{\frac{\epsilon^{ES}}{c^2} l^2}$$

²⁷⁾ Aby uniknąć nieporozumień, znaczą symbole litrowe, oznaczające wartości różnych wielkości fizycznych, indeksami, wskazującymi przynależność do układu np. Q^{ES} oznacza wartość Q w jednostkach ES , czyli w EC , Q^{EM} wartość Q w jednostkach EM , czyli MC i t. d.

$$F = \frac{Q_1^{EM} Q_2^{EM}}{\epsilon_{EM} l^2} \dots \dots \dots (b)$$

$$\epsilon_{EM} = \epsilon_{ES} \cdot \frac{1}{c^2} \dots \dots \dots (c)$$

c wartość prędkości światła czyli $c = 3 \cdot 10^{10}$ w $\frac{cm}{sek}$

Wzór (b) będzie tu ważny dla Q w MC , l w cm , F w dynach, a ϵ_{EM} będzie oznaczać (jak dotychczas) stałą dielektryczną w układzie EM, czyli wzór (b) będzie ważny dla układu elektromagnetycznego (EM).

Dla układu praktycznego napiszemy (według 19)

$$Q^{EM} = Q^P \frac{C}{MC} = Q^P \frac{C}{10C} = Q^P \frac{1}{10}$$

otrzymując po podstawieniu powyższej relacji we wzorze (b) wzór

$$F = \frac{1}{10^2} \frac{Q_1^P Q_2^P}{\epsilon_{EM} l^2} \dots \dots \dots (d)$$

lub przy uwzględnieniu (c)

$$F = (3 \cdot 10^9)^2 \frac{Q_1^P Q_2^P}{\epsilon_{ES} l^2} \dots \dots \dots (e)$$

We wzorze (d) trzeba wstawiać Q w jednostkach praktycznych, czyli coulombach (C), ϵ w układzie EM, l w cm i wówczas wypadnie F w dynach.

We wzorze (e) trzeba wstawiać Q w coulombach, l w cm , a ϵ w układzie ES i wówczas wypadnie F także w dynach.

Wszystkie powyższe wzory należy traktować jako równania fizyczne wartościowe, to znaczy, należy w nich podstawiać za symbole literowe wartości, a nie wielkości.

5) Nowy system znakowania nie wyklucza wcale dymensyjnej kontroli wzorów.

Przykład: W poprzednim wzorze (a)

$$F = \frac{Q_1^{ES} Q_2^{ES}}{\epsilon_{ES} l^2}$$

podstawimy: $\dim Q = L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$, $\dim l = L$, $\dim \epsilon_{ES} = 1$ i otrzymujemy

$$\dim F = \frac{(\dim Q)^2}{\dim \epsilon \cdot \dim l^2} = \frac{(L^{1/2} M^{1/2} T^{-1})^2}{1 \cdot L^2} = L M T^{-2} (f)$$

We wzorze (b) podstawiamy:

$$\dim Q = L^{1/2} M^{1/2}, \dim l = L, \dim \epsilon_{EM} = \frac{1}{(L/T)^2}$$

i otrzymujemy

$$\dim F = \frac{(\dim Q)^2}{\dim \epsilon_{EM} \cdot \dim l^2} = \frac{(L^{1/2} M^{1/2})^2}{\frac{1}{(L/T)^2} L^2} = L M T^{-2} (g)$$

Gdy wstawimy w (f) Q w odniesieniu do $cm^{1/2} g^{1/2} sek^{-1}$, L w odniesieniu do cm , wypadnie F w odniesieniu do $cm g sek^{-2}$, czyli w dynach. Gdy wstawimy w (g) Q w odniesieniu do $cm^{1/2} g^{1/2}$, L w odniesieniu do cm , wypadnie F w odniesieniu do $cm g sek^{-2}$, czyli też w dynach.

6) Nowy system pisowni jednostek odślania to, co powinno wystąpić na plan pierwszy, a mianowicie, że każdy nowy układ, to naogół nowy zespół jednostek.

Układy ES i EM różnią się przede wszystkim tem, że przynależą im zupełnie różne jednostki prawie wszystkich wielkości.

Przykłady:

$$\text{elektro-coulomb} = \frac{1}{3 \cdot 10^{10}} \text{ magneto-coulomb}$$

$$\text{elektro-amper} = \frac{1}{3 \cdot 10^{10}} \text{ magneto-amper}$$

$$\text{elektro-volt} = 3 \cdot 10^{10} \text{ magneto-volt}$$

$$\text{elektro-farad} = \frac{1}{(3 \cdot 10^{10})^2} \text{ magneto-farad}$$

$$\text{elektro-siemens} = \frac{1}{(3 \cdot 10^{10})^2} \text{ magneto-siemens}$$

$$\text{elektro-ohm} = (3 \cdot 10^9)^2 \text{ magneto-ohm}$$

$$\text{elektro-henry} = (3 \cdot 10^9)^2 \text{ magneto-henry i t. d.}$$

7) Porównanie jednostek dwu różnych układów jest niesłychanie proste. Piszemy np. $\frac{EC}{MC} = ?$

$$\text{wstawiamy według tablicy } \frac{EC}{MC} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-9} \frac{C}{10C} = \frac{1}{3 \cdot 10^{10}}$$

$$\text{i otrzymujemy } EC = MC \frac{1}{3 \cdot 10^{10}}$$

8) Oczywiście nie wolno podstawiać za symbole jednostek znaków dymensyjnych, więc np. w poprzedniej relacji za EC iloczynu potęgowego ($cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-1}$), a za MC iloczynu potęgowego ($cm^{1/2} g^{1/2}$), albowiem jednostka a dymensja to dwie zupełnie różne rzeczy.

Można jednak porównać dymensje dwu jednostek przynależnych do tej samej wielkości i dwu różnych układów w następujący sposób:

Piszemy $\frac{\dim EC}{\dim MC} = ?$ Wstawiamy według ta-

$$\text{blicy } \frac{\dim EC}{\dim MC} = \frac{cm^{3/2} g^{1/2} sek^{-1}}{cm^{1/2} g^{1/2}} = cm/sek \text{ i otrzymujemy } \dim EC = \dim MC \cdot \frac{cm}{sek}$$

$$\text{Porównując relację}$$

$$EC = MC \frac{1}{3 \cdot 10^{10}} \dots \dots \dots (h)$$

z relacją

$$\dim EC = \dim MC \frac{cm}{sek} \dots \dots \dots (i)$$

(i analogicznie wszystkich innych jednostek układów ES i EM), widzimy, na czym polegały trudności w porównywaniu jednostek w dzisiejszym stanie rzeczy i dlatego wychodziły sprzeczności fizyczne lub nawet matematyczne (Ustęp II-gi). Łączne porównanie wartości i dymensyj dwu jednostek, przynależnych do dwu różnych układów (a tej samej wielkości) jest, jak widać, zgoła niemożliwe!!

Porównywanie wartości jednostek (h) wymaga podzielenia przez wartość prędkości światła, porównanie symboli dymensyjnych (i) wymaga pomnożenia przez wymiar prędkości światła!

9) Nowy system znakowania usuwa raz na zawsze kombinacje znaków jednostek w rodzaju V/cm, V sek/cm² i t. p. Jakikolwiek bowiem nowe układy wprowadzimy do nauki o elektryczności i magnetyzmie, to zawsze zasadnicze źródłosłowy nazw jednostek (coulomb, amper, volt, ohm i t. d.) i zasadnicze znaki jednostek (C, A, V, Ω i t. d.) pozostaną niezmiennione. Dodamy tylko w nowym układzie skróty słowne do tych nazw (prefiksy), a do znaków odpowiednią literę i określimy relacje nowych jednostek do zasadniczych.

Przykład: Gdyby przyjęto układ Webera, o którym poprzednio wspomniałem, utworzylibyśmy następujące nazwy i znaki:

weber-amper wA , weber-volt wV ,
weber-gauss wG , weber-maxwell wM ,
weber-coulomb wC , weber-ohm $w\Omega$ i t. d.

10) Na szczególną uwagę zasługuje nowa pisownia stałej dielektrycznej (ϵ) i przenikalności magnetycznej (μ). Według racjonalistów należy odróżniać liczby ϵ i μ , t. zw. *względna stała dielektryczna* lub *względna przenikalność magnetyczna*, wyrażające właściwości elektryczne i magnetyczne materji w odniesieniu do próżni²⁸⁾ od t. zw. *stałej elektrycznej* Δ i *magnetycznej* Π próżni i od bezwzględnej stałej dielektrycznej ϵ^* i przenikalności magnetycznej μ^* .

²⁸⁾ Podawane w tablicach fizykalnych.

Ogólnie wchodzi w użycie pisownia

$$\epsilon^* = \epsilon \Delta^* \dots \dots \dots (20)$$

$$\mu^* = \mu \Pi^* \dots \dots \dots (21)$$

W układzie ES jest

$$\Delta_{ES}^* = 1, \text{ zatem } \epsilon_{ES}^* = \epsilon, \Pi_{ES}^* = \frac{1}{c^2},$$

$$\text{zatem } \mu_{ES}^* = \mu \frac{1}{c^2} \text{ przyczem } c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sek}$$

W układzie EM jest

$$\Delta_{EM}^* = \frac{1}{c^2}, \text{ zatem } \epsilon_{EM}^* = \epsilon \frac{1}{c^2}, \Pi_{EM}^* = 1, \text{ zatem } \mu_{EM}^* = \mu$$

W układzie Gaussa oraz Lorentza jest

$$\Delta_G^* = 1 \text{ i } \Pi_G^* = 1, \text{ zatem } \epsilon_G^* = \epsilon \text{ i } \mu_G^* = \mu$$

W nowo proponowanym układzie praktycznym ma być

$$\Delta_P^* = \frac{10^9 \text{ farad}}{4\pi c^2 \text{ cm}} = \frac{10^9}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{20}} \frac{\text{farad}}{\text{cm}} = 8,84 \cdot 10^{-14} \frac{\text{farad}}{\text{cm}}$$

$$\Pi_P^* = \frac{4\pi \text{ henry}}{10^9 \text{ cm}} = 0,4\pi \cdot 10^{-8} \frac{\text{henry}}{\text{cm}} = 1,256 \cdot 10^{-8} \frac{\text{henry}}{\text{cm}}$$

przyczem

$$\epsilon_P^* = \epsilon \Delta_P^*, \mu_P^* = \mu \Pi_P^*$$

(C. d. n.)

O PODZIAŁKACH PRYZRZĄDÓW MIERNICZYCH.

Inż. Jeremi Łukaszewicz.

O wielkościach elektrycznych, mierzonych za pomocą przyrządów pomiarowych bezpośrednich, wnioskujemy na podstawie kąta odchylenia strzałki. Mierzona wielkość y jest pewną funkcją kąta odchylenia.

$$y = f(\alpha).$$

Podziałki przyrządów zazwyczaj odrazu wycechowane są dla odczytywania mierzonej wielkości elektrycznej jako odpowiedniej funkcji kątowej, co ułatwia odczyt i zmniejsza błąd. Bardzo często do przyrządu dodane są tablice, względnie krzywe błędów, które wskazują jaką część kreski lub wiele kresek należy dodać lub ująć od wskazań przyrządu, by otrzymać wielkość prawdziwą.

Błąd, nie określając bliżej przyczyn jego powstania, możemy jak wiadomo, wyrazić procentowo w stosunku do mierzonej wielkości, jak następuje:

$$b = \frac{f(\alpha \pm \Delta\alpha) - f(\alpha)}{f(\alpha)} \cdot 100\% = \left(\frac{f(\alpha \pm \Delta\alpha)}{f(\alpha)} - 1 \right) 100\%$$

W powyższym równaniu b oznacza błąd procentowy, $f(\alpha)$ — mierzona wielkość elektryczna, α — kąt odchylenia strzałki, $\pm \Delta\alpha$ — uchybienie kątowe.

Praktycznie w przyrządach mierniczych największy kąt odchylenia strzałki waha się około 90° czyli $\frac{\pi}{2}$ i jest zwykle nieco mniejszy od pro-

steo. Wobec znacznej ilości kresek na skali pomiarowej uchybienie kątowe jest ułamkiem znacznie mniejszym od jednostki $\Delta\alpha \ll 1$. Tak naprzykład jedna kreska przyrządu, którego krzywa błędów jest podana na rysunku 1, wynosi około 0.016 promienia łuku.



Rys. 1.

Przyjmując, że $f(\alpha)$ jest wielkością jednoznaczna i ciągła, możemy $f(\alpha \pm \Delta\alpha)$ rozwinąć w szereg „Taylora”, jak poniżej:

$$f(\alpha \pm \Delta\alpha) = f(\alpha) \pm \frac{\Delta\alpha}{1} f'(\alpha) + \frac{\Delta\alpha^2}{1 \cdot 2} f''(\alpha) \pm \frac{\Delta\alpha^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} f'''(\alpha) + \dots$$

Uwzględniając zaś, że $\Delta\alpha \ll 1$, składowe z wyższe-

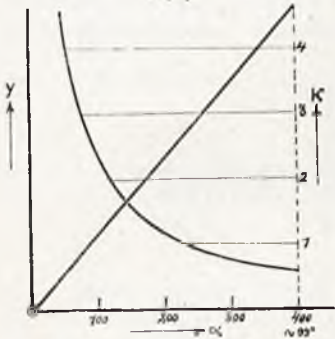
mi potęgami tego ułamka pozostaną bez widocznego wpływu na sumę, czyli

$$f(\alpha \pm \Delta\alpha) \cong f(\alpha) \pm \Delta\alpha f'(\alpha)$$

oraz ostatecznie

$$b = \left[\frac{f(\alpha \pm \Delta\alpha)}{f(\alpha)} - 1 \right] 100\% \cong \left[\frac{f(\alpha) \pm f'(\alpha)\Delta\alpha}{f(\alpha)} - 1 \right] 100\% = \pm \Delta\alpha \frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)} \cdot 100\% = \pm \Delta\alpha K 100\%$$

gdzie $K = \frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)} = F(\alpha)$ jest współczynnikiem błęd.



Rys. 2.

Uchybienie więc pomiarowe równa się iloczynowi z niedokładności kątowej przyrządu $\Delta\alpha$ przez współczynnik błęd „K”. Ostatni czynnik „K” zależy od kształtu podziałkowania przyrządu, czyli jego skali.

$$K = F(\alpha)$$

Można powiedzieć, że ogół techników ma upo-

banie do zupełnie równomiernego podziałkowania skali przyrządu mierniczego. W takich przyrządach zależnością między wielkością mierzoną i kątem odchylenia strzałki jest zwykła proporcjonalność, czyli

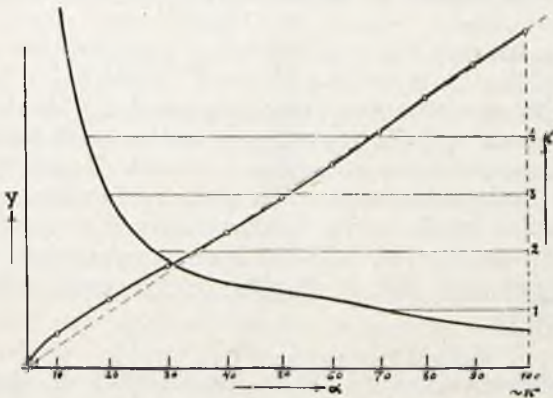
$$f(\alpha) = A\alpha,$$

gdzie A jest wielkością stałą.

$$f'(\alpha) = A; \quad K = \frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)} = \frac{A}{A\alpha} = \frac{1}{\alpha}$$

$$b = \pm \frac{\Delta\alpha}{\alpha} \cdot 100\%$$

Stosownie do tych wzorów otrzymujemy współczynnik błęd odwrotnie proporcjonalny do odchylenia



Rys. 3.

przyrządu. Celem uniknięcia wyników, trudnych do porównania między sobą, jako miarę odchylenia strzałki stosuję długość łuku o promieniu równym jednostce, największą zaś mierzoną wielkość oznaczam też jednostką względnie 100%.

Przyjmując więc, że przyrząd ma odchylenie strzałki około kąta prostego, końcowy współczyn-

nik błęd będzie miał przy skali proporcjonalnej wielkość najmniejszą, równą $\frac{2}{\pi} = 0,638$. Na początku zaś skali współczynnik ten będzie nieskończenie wielki (rys. 2).

Jednocześnie przedstawiam krzywą skali i współczynnik błęd przenośnego amperomierza lub woltomierza elektromagnetycznego, według szczególnego wykonania jednej z firm wiedeńskich o $y = f(\alpha)$, nieznacznie falującej wzdłuż linii prostej (rys. 3).

W szeregu przyrządów elektrycznych siła, działająca na układ ruchomy, bywa proporcjonalna do drugiej potęgi wielkości przepływającego lub mierzonego prądu elektrycznego „i”. Moment tej siły jest równoważony zwykle skrętem sprężyny i, jeżeli zachowa proporcjonalność do siły, to wówczas możemy napisać

$$\alpha = Ci^2 \text{ lub } i = C\sqrt{\alpha}.$$

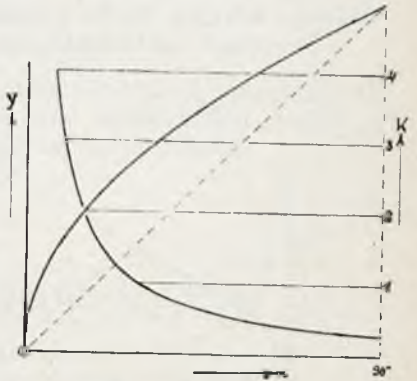
Przyjmując, że dla $\alpha = \frac{\pi}{2}$ $i = 1$, otrzymamy

$$1 = C\sqrt{\frac{\pi}{2}} \text{ czyli } C = \sqrt{\frac{2}{\pi}}$$

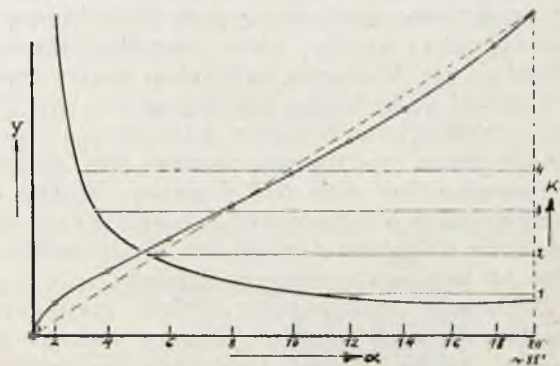
$$f(\alpha) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \alpha; \quad f'(\alpha) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{1}{2\sqrt{\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi\alpha}}$$

$$K = \frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi\alpha} \cdot \frac{\pi}{2\alpha}} = \frac{1}{2\alpha}; \quad K_{\min} = \frac{1}{\pi} = 0,319$$

Rys. 4 wskazuje bliżej przebieg $f(\alpha)$ oraz „K”. Z powyższych wykresów można wywnioskować, że tego rodzaju przyrządy najdokładniej mogą



Rys. 4.



Rys. 5.

wskazywać tylko przy końcowych pomiarach. Natomiast na początku skali wobec dużego współczynnika błęd wszelkie pomiary tam tracą rację bytu.

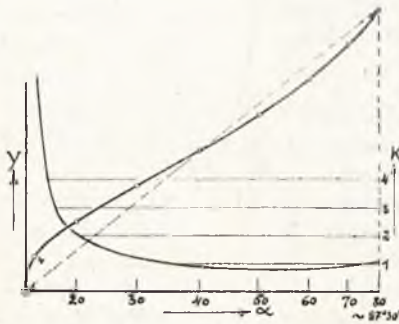
Poszczególne firmy, podając w katalogach informacje o swoich przyrządach, wskazują, od jakiej wielkości rozpoczyna się podziałkowanie, — oraz największą wielkość, jaką na danym przyrzą-

dzie można mierzyć, na przykład: $0,5 \div 10$ A, lub $100 \div 500$ V.

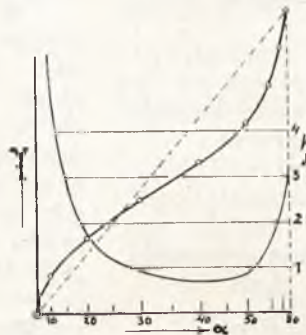
Oczywiście, dla przyrządów, przeznaczonych do różnorodnych pomiarów, współczynnik błędu musi być możliwie stały, a przynajmniej na większej części skali. Ma to szczególne znaczenie dla amperomierzy.

Dla przykładu przytaczam krzywą $y = f(\alpha)$ oraz $K = F(\alpha)$ przenośnego elektromagnetycznego amperomierza dla prądu stałego i zmiennego, którego krzywą błędu podałem na rys. 1 (rys. 5).

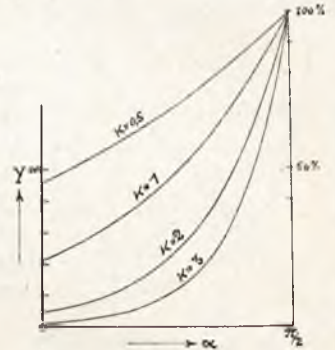
Przyrząd ten zaopatrzone jest w przełącznik



Rys. 6.



Rys. 7.



Rys. 8.

dla zmiany zakresów stosowania, a mianowicie każdy poprzedzający jest dwukrotnie większy lub mniejszy od następującego. W ten sposób można uskutecznić potrzebne pomiary, korzystając ze współczynnika błędu, mało różniącego się od jedynki. W razie zaś zastosowania większych skoków w zakresach, na przykład 1:4, górna granica współczynnika będzie nieco większa od 2.

Nieźły przybieg współczynnika błędu mają przyrządy, których krzywe podano na rys. 6.

Inna znów firma w swoich przyrządach tablicowych tak kształtuje skale, że współczynnik błędu jest duży nie tylko na początku, lecz i na końcu podziałkowania. Tego rodzaju amperomierze odznaczają się stosunkowo większym zakresem. Jednak tylko z części podziałek można korzystać z małym współczynnikiem błędu. Przyrządy te więc są przeznaczone do pracy, gdzie mogą występować przeciążenia, które określają się mniej dokładnie, niż wielkości normalne (patrz rys. 7).

Ogólny wzór błędu ma wyraz $b = \Delta\alpha K 100\%$. Otóż, oczywiście uchybienie kątowe $\Delta\alpha$, spowodowane przez mierzącego, będzie tem mniejsze, im promień łuku skali jest większy. Wobec tego na przyrządach o wymiarach geometrycznie większych przy jednakowej wielkości błędu można pozwolić na większy współczynnik błędu.

Ponieważ poszczególne firmy rozpoczynają podziałkowanie w obrębie jeszcze dużego współczynnika błędu, celem uniknięcia późniejszego rozczarowania, należy każdorazowo samemu wykreślić krzywą współczynnika błędu. W tym celu należy wyprostować łuk z podziałką przyrządu, jak to przedstawiłem na przykładach, wykreślić krzywą $y = f(\alpha)$, następnie krzywą $\frac{dy}{d\alpha}$ czyli $f'(\alpha)$, oraz drogą rachunkową obliczyć dla poszczególnych punktów $K = \frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)}$.

Celem wynalezienia właściwej miary dla $f'(\alpha)$ trzeba określić największy kąt wychylenia strzałki i na podstawie tego obliczyć jednostkę długości. Korzystając z krzywej współczynnika błędu, możemy już łatwo wywnioskować o właściwych granicach zastosowania danego przyrządu.

Skala proporcjonalna lub do niej zbliżona ze względu na ukształtowanie się współczynnika błędu nie może być wzorem dla konstruktorów przyrządów mierniczych i należy uświadomić sobie, jaką właściwie powinna być skala przyrządu pomiarowego.

W tym celu przeprowadźmy rozważania następujące:

$$K = \frac{f'(\alpha)}{f(\alpha)} \quad f(\alpha) = y \quad f'(\alpha) = \frac{dy}{d\alpha} \quad K = \frac{1}{y} \frac{dy}{d\alpha}$$

$$K d\alpha = \frac{dy}{y} = F(\alpha) d\alpha$$

$$\int K d\alpha = \int F(\alpha) d\alpha = \lg \text{nat } y + C_1$$

$$y = f(\alpha) = C e^{\int K d\alpha}$$

O ile są nam potrzebne przyrządy miernicze dla różnorodnych pomiarów o stałym i określonym współczynnikiem błędu, czyli $K = \text{const}$, to wypadnie $f(\alpha) = C e^{K\alpha}$.

Przyjmując, że dla $\alpha = \frac{\pi}{2}$ $f(\alpha) = 1$ otrzymamy:

$$1 = C e^{K \frac{\pi}{2}} \quad C = e^{-K \frac{\pi}{2}} \quad y = f(\alpha) = e^{K(\alpha - \frac{\pi}{2})}$$

Na rysunku 8 przytaczam przebieg idealnych krzywych $f(\alpha)$ dla rozmaitych współczynników błędów, a mianowicie $K = 0,5, 1, 2$ i 3 . Z przebiegu tych linii wnioskujemy, że przy mniejszym współczynnikiem błędów, czyli dokładniejszych pomiarach, zakres możliwego użytku danego przyrządu jest mniejszy tak, jak to poniżej przytoczona tablica wskazuje:

K	0,5	1	2	3
Zakres	54,3%	79,2%	95,6%	99%

końcowej wielkości.

Ogólny wzór dla zakresu będzie:

$$\frac{C e^{\int K d\alpha} - C}{C e^{\int K d\alpha}} \cdot 100\% = \left[1 - e^{-\int K d\alpha} \right] 100\%$$

czyli przyrząd obejmie cały zakres w 100% mierzonej wielkości przy $-\int K d\alpha = -\infty$ a to wobec ograniczonej wielkości α_{\max} może nastąpić przy

$K = \infty$ przynajmniej częściowo, inaczej mówiąc, w pewnych granicach przy pomiarach bezwartościowych.

Wobec tego, dążąc do osiągnięcia skali idealnej, potrzeba, by jej powiązanie z początkiem współrzędnych było jaknajkrótsze i w tej części, oczywiście, podziałkowanie jest zbędne.

Streszczenie:

1) Błąd przy pomiarach przyrządami bezpośrednio wskazującymi wyraża się iloczynem z uchybienia kąowego i współczynnika błędu.

$$C = \Delta \alpha \cdot K \cdot 100\%$$

2) Podziałkowanie przyrządów mierniczych rozpoczyna się zwykle w obrębie dużego współczynnika błędu. Celem więc wywnioskowania

o zastosowaniu przyrządu, należy wykreślić przebieg współczynnika błędu i na podstawie tego wywnioskować o granicach zastosowania przyrządu.

$$K = \frac{f'(a)}{f(a)} = F(a).$$

3) Wzorem dla konstruktorów przyrządów pomiarowych nie może być skala proporcjonalna, lecz taka, w której współczynnik błędu jest wielkością stałą dla całego użytkowego wychylenia strzałki aparatu.

$$y = f(a) = Ce^{Ka}$$

4) Zakres stosowania przyrządu zmniejsza się równoległe ze wzrostem dokładności czyli ze zmniejszeniem się współczynnika błędu.

ZNIEKSZTAŁCENIA GŁOSU W APARATURACH DŹWIĘKOWYCH.

Wszelkie niedokładności dźwięku, odbieranego przez słuchacza możemy podzielić na dwie grupy zjawisk: zakłóceń i zniekształceń. Zakłócenia są to efekty słuchowe, pochodzące ze źródeł ubocznych, t. j. nie związanych zasadniczo z przenoszonym dźwiękiem. Źródłami temi mogą być: zużycie taśmy, oscylacje mechanizmów napędowych, miganie lamp, stuki montażowe i t. p. Wobec różnorodności przyczyn i objawów trudno jest mówić o ogólnej teorii dla tej grupy niedokładności odbioru. Natomiast fakt, że pojawiają się one niezależnie od przekazywanego dźwięku, a więc i w czasie ciszy, ułatwia znacznie ich poznanie i usunięcie.

Inaczej stoi sprawa z drugą grupą zjawisk, mianowicie z grupą t. zw. zniekształceń. Zjawiska te, związane z przenoszonym tonem, wymagają ujęcia w formę teoretyczną, która dopiero umożliwi nam ich opanowanie. Bez gruntownej natomiast znajomości teorii zniekształceń trudno jest obecnie mówić o racjonalnej konstrukcji czy eksploatacji aparatów dźwiękowych.

Przed rozwinięciem tych kwestyj musimy jeszcze ustalić terminologję pewnych pojęć, niezbędnych w dalszych rozważaniach. Jeżeli mianowicie drogę dźwięku od atelier do sali kinowej przedstawimy sobie jako łańcuch pewnych procesów fizycznych, to dla każdego takiego procesu możemy utworzyć pojęcie wielkości wejściowej x oraz wyjściowej x_s . Stosunek tych dwóch wielkości

$$\frac{x_s}{x_e} = k,$$

jest wielkością, charakteryzującą dany odcinek aparatury. Wymiar jego może być zresztą najbardziej skomplikowany zależnie od tego, jakim przetłumaczeniem fizycznym podlega dźwięk w danym procesie. Zakładamy ponadto, że wielkość wejściowa jest czysto sinusoidalną funkcją czasu, t. j. że:

$$x_e = X_e \sin \omega t.$$

Zaznaczone powyżej zniekształcenia dzielimy znów na dwie kategorie: zniekształceń linjowych i nielinjowych^{*)}. Zniekształcenia linjowe zachodzą wówczas, gdy wielkości

^{*)} Zniekształcenia fazowe nie odgrywają w kinematografii dźwiękowej większej roli (według F. Trendelenburga).

x_s i x_e danego procesu są wprawdzie proporcjonalnie każdorazowo do siebie, ale ich stosunek nie jest wartością stałą dla wszystkich częstotliwości, lecz ich pewną funkcją, t. j. gdy

$$k = F(f)$$

Wykreślnie zależność $x_s = f(x_e)$ da się wówczas przedstawić jak na rys. 1.

Dla ilustracji rozpatrzmy jeden, charakterystyczny dla filmu wypadek zniekształcenia linjowego, związanego ze szczeliną świetlną aparatu projekcyjnego.

Rys. 2 objaśnia nam zasadę odbioru dźwięku z taśmy filmowej. Strumień świetlny, przepuszczony przez taśmę (syst. pily) jest proporcjonalnych do pola ABCD, i jako taki, będzie równy

$$L = L_0 + \frac{a X_e}{\delta} \int_y^{y+\delta} \sin 2\pi \frac{\xi}{\lambda} \cdot d\xi,$$

gdzie δ — jest szerokością szczeliny świetlnej a λ — długością fali na taśmie. Uwzględniając tylko część zmienną, nas interesującą:

$$L' = \frac{a X_e}{\delta} \int_y^{y+\delta} \sin 2\pi \frac{\xi}{\lambda} \cdot d\xi$$

całkujemy

$$L' = \frac{a X_e}{2\pi} \cdot \frac{\lambda}{\delta} \left[\left(\cos 2\pi \frac{\delta}{\lambda} - 1 \right) \cdot \cos 2\pi \frac{y}{\lambda} - \sin 2\pi \frac{\delta}{\lambda} \cdot \sin 2\pi \frac{y}{\lambda} \right],$$

wyznaczamy amplitudę strumienia

$$L_{max} = \frac{a X_e}{\sqrt{2} \cdot \pi} \cdot \frac{\delta}{\lambda} \cdot \sqrt{1 - \cos 2\pi \frac{\delta}{\lambda}}$$

wprowadzamy oznaczenia

$$\frac{\delta}{\lambda} = z,$$

wykreślamy zależność $X_s = f(z)$ na rys. 3. Widzimy, że dla $\delta = \frac{\lambda}{2}$ ton odbierany zanika zupełnie.

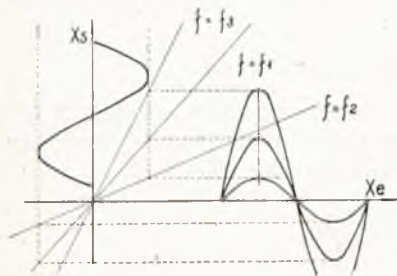
Rozpatrzmy teraz skutki akustyczne zniekształceń nielinjowych. Dla tonów czysto sinusoidalnych objawia się one

w nierówności natężeń zależnie od częstotliwości, t. j. w zależności:

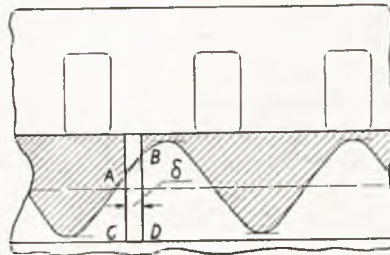
$$x_s = F(f) \text{ przy } x_e = \text{const.}$$

Dźwięki rzeczywiste, będące kompozycją członów sinusoidalnych, nie będą więc już przenoszone proporcjonalnie, lecz ze wzmocnieniem pewnych składników na niekorzyść innych. Takie zjawisko prowadzi do zmiany barwy głosu, zjawiska wysoce ważnego pod względem muzycznym.

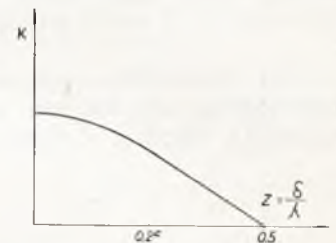
Zniekształcenia linjowe posiadają jednak jedną ceną dla nas własność, dają się mianowicie kompensować.



Rys. 1.



Rys. 2.



Rys. 3.

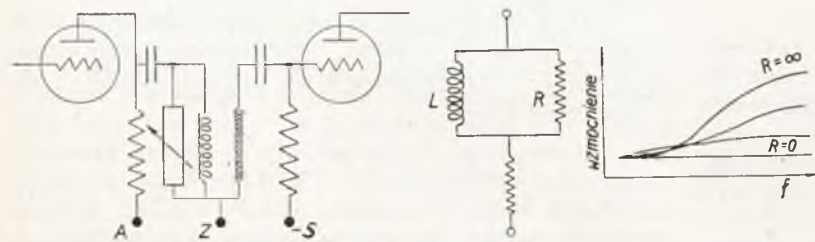
Jeżeli mamy dwa procesy fizyczne, następujące posobie, o wartościach odpowiednio x_{e1} i x_{s1} oraz x_{e2} i x_{s2} , to

$$\frac{x_{s1}}{x_{e1}} = k_1 \quad \text{i} \quad \frac{x_{s2}}{x_{e2}} = k_2$$

ponieważ $x_{s1} = x_{e2}$, i więc wynikiem sumarycznym tych dwóch procesów będzie

$$\frac{x_{s2}}{x_{e1}} = k_1 k_2.$$

Jeżeli wielkości k_1 i k_2 są tak dobrane, że ich iloczyn daje się skrócić przez „f” przynajmniej w głównym członie na pewnym odcinku częstotliwości, to na widmie tym uzyskamy kompensację wzajemną zniekształceń linjowych.



Rys. 4.

Charakterystyką zniekształceń linjowych w danym procesie jest jego zwana „krzywa częstotliwości”, określoną przez równanie:

$$X_s = F(f) \text{ przy } X_e = \text{const}$$

wyrażona w jednostkach x_s lub „krzywa tłumienia”, wyrażająca równanie

$$n = \lg_n \frac{X_s}{X_{s0}} = X(f) \text{ przy } X_e = \text{const}$$

wyrażona w neperach.

Ponieważ zniekształcenia poszczególnych części aparatury kompensują się jedynie zgrubsza i z wynikiem przypadkowym, dla zupełnego ich opanowania wprowadzamy dodatkowo tzw. kompensatory zniekształceń (niem. Entzerrer). Są to odpowiednio dobrane opory pozorne o regulowanej krzywej tłumienia. Zależnie od załączenia dzielimy je na kompensatory bocznikowe i szeregowo. Schemat i krzywą działania typowego kompensatora bocznikowego znajdujemy na rys. 4*).

Skompensowana w ten sposób ostateczna krzywa częstotliwości nie będzie jednak idealną linią prostą. Zupełne wyprostowanie tej krzywej w granicach widma filmowego (50—7000 Hz), aczkolwiek teoretycznie możliwe, w realizacji napotyka na wielkie trudności. Nie zapominajmy, że działanie kompensatorów polega właściwie na *zmniejszaniu* wzmocnienia tonów kompensowanych. Nadmierne stosowanie kompensatorów przy zachowaniu należytego stopnia wzmocnienia wymagałoby fantastycznej ilości członów wzmacniacza. W praktyce mamy więc zawsze

do czynienia z pewnym maksimum krzywej częst., tj. z podniesieniem jednych tonów na niekorzyść drugich. (Rys. 5). Dobroć aparatury będzie oczywiście zależała od tego, im bardziej krzywa jej będzie się zbliżała do linii prostej. Jako miarę matematyczną dobroci aparatury przyjmijmy stosunek tonu najbardziej i najmniej wzmocnionego, wyrażony w neperach:

$$p = \lg \frac{X_{\max}}{X_{\min}} \text{ (neperów).}$$

przyczem częstotliwości tonów X_{\max} i X_{\min} leżą w granicach widma dźwiękowego (50—7000).

Wartość P nawet w najlepszych aparaturach nie dochodzi do zera*), pozostawiając na krzywej pewne maksimum. Pomyślną natomiast okolicznością jest możliwość regulowania położenia tego maksimum. Na wybór jego położenia wpływa wiele czynników. Piękno tonów muzycznych orkiestry polega w głównej mierze na tonach głębokich (między 10 i 200 Hz). Inaczej wygląda charakterystyka mowy ludzkiej. Ton artykułowany jest bowiem superpozycją funkcji sinusoidalnych o rozmaitych częstotliwościach. Specjalnie dużo kłopotu sprawiają tu spółgłoski. O ile bowiem samogłoski są kompozycją tonów przeważnie muzycznych, o tyle składniki spółgłosek wybiegają wysoko w sferę częstotliwości świstu. Obcięcie lub choćby stłumienie którego z tych składników przechyła daną spółgłoskę w stronę najbliższej muzycznie, powodując w końcu zupełną ich nierozróżnialność.

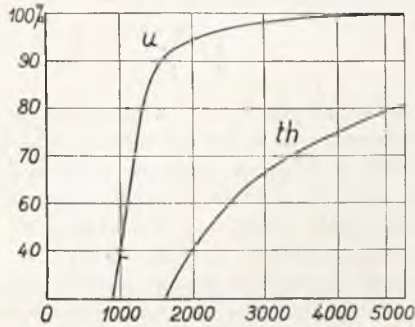
C. Stumpf*) drogą doświadczeń zapomocą rur interferencyjnych znalazł, że przy obcięciu tonów powyżej e^1 (2607) spółgłoski s , f i ch są już mało rozróżnialne, podczas gdy samogłoski w tych warunkach ulegają nieznacznym zmianom. Zależność zrozumiałości głosek języka amerykań-

*) C. Stumpf, Berl. Ber. XVII S 333 1918. C. Stumpf u. G. v. Alesch, Betr. zur Anatomie Bd. S 143. 1921. C. Stumpf, Die Schprachlante S 94 ff. 1926.

*) Aparatura jest uważana za zadowalającą, jeśli jej zniekształcenia linjowe nie przekraczają jednego Nepera (F. Feldkeller: Die Verstärkung unser Berücksichtigung der Entzerrung — „Tonfilm“ AV1-1931).

*) P. Kasparek i R. Feldkeller. ETZ. 50. 997. 1927.

skiego od wysokości górnej granicy częstotliwości ustalił H. Fletcher drogą statystyczną**) Bell-Syst. Techn. Journ. Bd 1, S. 129, 1922) i ujął je w tzw. „krzywe zrozumiałości” (rys. 5).



Rys. 5.

Jeżeli więc chodzi nam o podniesienie zrozumiałości mowy, odbieranej przez słuchacza, musimy wzmocnić tony wyższe na niekorzyść tonów głębokich, uzyskując t. zw. „jasność” odbioru.

Ta manipulacja odbija się jednak na stronie muzycznej filmu. Przytłumienie tonów głębokich powoduje płaskość i ubóstwo dźwięków muzycznych, pozbawiając orkiestrę t. zw. pełnego tonu, sprawiając na słuchacza złudzenie lichoty instrumentów.

Dobranie ostatecznej krzywej jest już kwestją gustów danej wytwórni. Produkcja amerykańska stanęła wybitnie na gruncie muzycznym. Stąd też filmy amerykańskie mają ton pełny, darząc nas jednak w częściach mówionych słynnym bełkotem. Na ten „styl” pozwoliła zresztą amerykańskiemu właścicieli języka angielskiego, który już w istocie swej ucieka od wysokich spółgłosek w stronę głębokich, nosowych samogłosek.

Język polski natomiast do takiego traktowania się nie nadaje. Posiada on bowiem cechy wybitnie spółgłoskowe z wielką ilością elementów „świsłowych”, jak: s, sz, c, cz, i t. p. Dokładne ich rozróżnianie decyduje o zrozumiałości całej mowy.

Należy przytem zaznaczyć, że filmy polskie obliczone na eksploatację krajową, muszą posiadać specjalną wyrazistość mowy, jako pozbawione napisów objaśniających, które np. w filmach amerykańskich u nas wyświetlanych ratują nieraz nawet dobrego znawcę języka angielskiego. Dlatego też kompensacja w filmach polskich w scenach mówionych musi dawać przewagę tonom wysokim nad niskimi.

Możność zmiany barwy głosu zapomocą kompensacji bywa często wykorzystywana dla sztucznych efektów artystycznych. Przedewszystkiem leży tu kwestja „bliskości” i „dalekości” głosu. Wiemy z akustyki, że tony wysokie podlegają większemu tłumieniu, niż tony niskie. Dla uzyskania na słuchacza wrażenia głosu dalekiego czy przechodzącego przez jakąś przeszkodę (drzwi, ściana) wystarczy przytłumić składniki wyższe. Złudzenie „bliskości” głosu daje się naodwrot uzyskać przez wydatne wzmocnienie tonów wysokich o częstotliwości świsłu (sapanie, oddech i t. p.). Są również wypadki, gdy pracujemy na aparaturze o celowo zmniejszonym „współczynniku pełności”. Zachodzi to wtedy, gdy w filmie występuje np. rozmowa telefoniczna lub głos gramofonu. Zależy nam wówczas na szczególnie wielkim zniekształceniu linjowem, dla uzyskania efektu „sztuczności” głosu, kontrastowo odmiennego od przekazywanego „naturalnie”.

Drugą grupę zniekształceń stanowią t. zw. *zniekształcenia nielinjowe*. Jak wskazuje sama nazwa, powstają one wtedy, gdy wielkości x_e , x_s nie są do siebie proporcjonalne t. j., gdy stosunek $k = \frac{x_s}{x_e}$ nie jest wartością stałą, a pewną funkcją x_e

$$\frac{x_s}{x_e} = f(x_e)$$

(niem. Amplitudenabhängigkeit). Wykreślnie $x_s = f(x_e)$ zależność będzie się wyrażała nie linią prostą, a pewną krzywą, bardziej lub mniej od niej odbiegającą. Krzywa $x_s = f(t)$, odebrana z odcinka aparatury tak pracującego, nie będzie już czystą sinusoidą, a pewną funkcją okresową (Rys. 6).

Poniżej rozpatrzmy typowo filmowy wypadek zniekształcenia nielinjowego*). Przypuśćmy, że szczelina świetlna przy projekcji filmu syst. „pily” jest wskutek złej regulacji światła oświetlona niejednostajnie. Jeżeli przyjmiemy dla uproszczenia rozkład światła linjowy, t. j.

$$I = I_0 - \sigma h,$$

to strumień świetlny przypuszczony przez film do fotokomórki, będzie się wyrażał równaniem

$$L = L_0 + I_1 x_e - \frac{\sigma}{2} x_e^2,$$

a stąd dochodzimy do równania między x_s i x_e :

$$x_s = a x_e - b x_e^2$$

Jeżeli x_e jest funkcją sinusoidalną czasu, to

$$x_e = a X_e \sin \omega t - b X_e^2 \sin^2 \omega t$$

a po prostem przekształceniu trygonometrycznem

$$x_s = a X_e \sin \omega t - \frac{b X_e^2}{2} + \frac{b X_e^2}{2} \cos 2 \omega t.$$

Jak widzimy, x_s oprócz członu detekcyjnego (powstającego zresztą tylko przy parzystych pot. x_e), otrzymał jeszcze wyższą harmoniczną o częstotliwości $f_s = 2f_0$. Tak więc ten odcinek aparatury będzie źródłem drgań, harmonicznym względem tonu przenoszonego. Jeżeli $\frac{b}{a}$ jest zbyt wielkie, możemy otrzymać dla dużych X_e zmianę barwy głosu.

To powstanie tonów harmonicznym nie jest jeszcze najgroźniejszym skutkiem zniekształceń nielinjowych. Główna ich szkodliwość objawia się dopiero przy przenoszeniu tonów rzeczywistych, skomplikowanych.

Załóżmy bowiem, że ton rzeczywisty składa się z dwóch funkcji sinusoidalnych:

$$x_e = \alpha \sin \omega_1 t + \beta \sin \omega_2 t$$

Rozpatrzmy zniekształcenie naszej funkcji, przenoszonej przez odcinek aparatury, pracujący np. według równania

$$x_s = a x_e - b x_e^2.$$

Podstawiając $x_e = \alpha \sin \omega_1 t + \beta \sin \omega_2 t$, otrzymujemy:

$$x_s = a \alpha \sin \omega_1 t + a \beta \sin \omega_2 t - b (\alpha \sin \omega_1 t + \beta \sin \omega_2 t)^2$$

a po przekształceniach

$$x_s = a x_e - \frac{b}{2} (\alpha^2 + \beta^2) + \frac{b}{2} \alpha^2 \cos 2 \omega_1 t + \frac{b}{2} \beta^2 \cos 2 \omega_2 t + - b d \beta \cos (\omega_1 - \omega_2) t + b d \alpha \cos (\omega_1 + \omega_2) t.$$

*) F. Fischer, H. Friser n a „Der Wiedergabespalt als Fehlerquelle bei Lichttonfilm” im „Tonfilm” A. VII. 3a, 1931.

Widzimy więc, że przy przenoszeniu dźwięku złożonego poza wyrazami harmonicznymi do danych powstają jeszcze tony o częstotliwościach kombinowanych:

$$f_k = f_1 \pm f_2.$$

Rozpatrując zniekształcenia nieliniowe odcinków aparatury o charakterze mechanicznym (mikrofony, głośniki), musimy wyjść z ich równania różniczkowego. Zniekształcenia nieliniowe będą tu spowodowane np. nieproporcjonalnością siły zwracającej do wychylenia. Jeżeli równanie takie będzie miało postać np.:

$$M \frac{d^2 x_s}{dt^2} + W \frac{dx_s}{dt} + D_1 x_s + D_2 x_s^2 = X_{e1} \sin \omega t + X_{e2} \sin \omega_2 t,$$

to według Helmholtz'a *) rozwiązanie będzie posiadało oprócz wyrazów głównych o pulsacjach ω_1, ω_2 , jeszcze tony kombinowane o pulsacjach

$$\omega_k = n \omega_1 + m \omega_2$$

gdzie

$$n, m = 1, 2, 3 \dots$$

Jak widzimy, wyniki te są analogiczne do otrzymanych z rozpatrywania części aparatury pracujących według krzywej całkowitej $x_s = f(x_e)$.

Powstawanie tonów kombinowanych jest w skutkach końcowych opłakane. TONY te o częstotliwościach obcych bądź przeinaczają mowę, powodując zmiany w głoskach, bądź sprowadzają warkot i chrypliwość, pokrywając nieraz ton nadawny. Widzimy z tego, że zniekształcenia nieliniowe dają się nam najbardziej we znaki przy przenoszeniu dźwięków skomplikowanych. To też jest rzeczą znaną, że największą trudność stanowi oddanie dźwięków orkiestry lub chóru, podczas, kiedy pojedyncze tony np. kamertonu wychodzą względnie czysto nawet na gorszych instalacjach. Jakość instalacji należy więc zawsze sprawdzać na tonach skomplikowanych.

Miarą zniekształceń nieliniowych jest tak zwany współczynnik chrypliwości (niem. Klirrfaktor). Zdefiniowany został przez K ü p f m ü l l e r a ***) przy założeniu, że ton przenoszony jest pojedynczy i czysto sinusoidalny. Spółczynnikiem chrypliwości nazwał on:

$$k = \sqrt{\frac{\sum p_i^2}{p_0^2}}$$

gdzie p_0 jest amplitudą tonu nadawanego, a p_i kolejną amplitudą wytworzonych tonów harmonicznymi. Dopuszczalną wielkość współczynnika chrypliwości określił doświadczalnie W. J a n o v s k y *). Jest to wielkość zmienna, zależna od jakości przenoszonego dźwięku i tem samym od charakteru powstałego zniekształcenia. Rzeczą ważną dla subiektywnego odczuwania powstałego zniekształcenia głosu jest położenie tonu wytworzonego względem przenoszonych. W wypadku pojawiania się tylko tonów harmonicznymi pokrywanych znacznie przez ton zasadniczy, wartość dopuszczalną współczynnika chrypliwości wynosi od 1 do 6%. Przy powstawaniu tonów kombinowanych wartość ta obniża się i pozostaje w granicach 0,3 — 2% zależnie od położenia tonów nowych względem zasadniczych.

Nie bez wpływu na wielkość zniekształceń pozostaje wysokość dźwięków, zwłaszcza jeśli chodzi o pracę głośnika. Wiemy bowiem z akustyki, że tak zwany „opór” promieniowania akustycznego w powietrzu jest proporcjonalny do kwadratu częstotliwości. Dla utrzymania jednakowego natężenia głosu (w dynach na cm^2) wychylenia membrany głośnika muszą być z kolei proporcjonalne do $\frac{1}{f^2}$. Ponieważ zniekształcenia nieliniowe są, jak widzieliśmy, wysoce zależne od amplitudy X_e , więc tony wysokie, jako wymagające mniejszych wychyleń, dają mniejsze zniekształcenie.

E. Meyer **) podaje następującą zależność współczynnika chryp. od częstotliwości dla głośnika elektromagnetycznego z lejkiem blaszanym.

f	160	400	1 000
k	2,8	0,1	0,005

Z powyższej zależności nie należy jednak wyciągać uproszczonego wniosku, że czystość przenoszonych dźwięków rośnie wprost z wysokością. Zależność $k = F(f)$ jest tylko obrazem matematycznym wielkości zniekształceń. Odczuwanie subiektywne „czystości” dźwięków, jak wspomnieliśmy wyżej, jest zależne nie tylko od wielkości, lecz i położenia nowopowstałych tonów względem nadawanych i względem krzywej słyszalności.

W tym krótkim artykule rozpatrzyliśmy istotę zniekształceń w filmach dźwiękowych. Ramy jego nie pozwalają niestety na systematyczne zbadanie warunków pracy wszystkich części aparatury i ich dopuszczalnych niedokładności. Czytelnikom, interesującym się temi zagadnieniami, możemy polecić wydawnictwo zbiorowe firmy Klangfilm-Tobis „Tonfilm”, wyd. Dr. F. Fischer i Dr. H. Lichte 1931.

T. Korn.

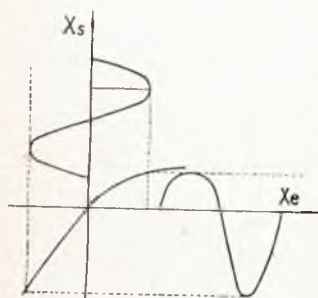
Asystent Państwowego Instytutu Telekomunikacyjnego.

*) E. Mayer E. N. T. Bd 4, S. 509, 1927.

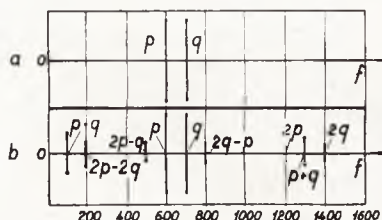
**) E. N. T. 6(S. 421, 1929.

*) H. V. Helmholtz: Lehre v. d. Tonempfindungen 6 Aufl. S646 1913.

***) K. K ü p f m ü l l e r. Fachber. d. 31, Januar. V. d. E. S. 87, 1926.



Rys. 6.



Rys. 7

Na rys. 7 znajdujemy zobrazowanie zniekształceń nieliniowych zwykłego mikrofonu telefonicznego **). Część a przedstawia widmo głosu nadawanego, składającego się z dwóch tonów sinusoidalnych o częstotliwościach p i q . Część b jest widmem uzyskanych w mikrofonie drgań elektrycznych. Oprócz przekazywanych dźwięków widzimy tu pojawienie się całego szeregu tonów kombinowanych jak $q-p$, wienie się całego szeregu tonów kombinowanych jak $q-p$, $q+p$, $2q$, $2p$, $2p$ i t. d. powodujących przeinaczenie głosu i przykrą chrypliwość. Specjalnie dokuczliwy jest tu t. zw. „pierwszy ton różnicowy” o częstotliwości $p-q$, który amplitudą swą, jak widać z pomiarów Mayera, może dochodzić do kilkudziesięciu procentów amplitud nadawanych.

**) E. Mayer E. N. T. 5, S. 398, 1928.

PRZEPISY BUDOWY DROBNYCH PRZYBORÓW INSTALACYJNYCH NA NAPIĘCIE DO 750 V.

(Ciąg dalszy).

§ 24. Napiecie probiercze i opór izolacji.

a) Po poddaniu bezpiecznika próbie odporności na wilgoć (opis próby będzie podany oddzielnie) bezpiecznik musi bez przebiecia wytrzymać napięcie prądu zmiennego (praktycznie sinusoidalnego) w ciągu 1 minuty, a mianowicie: bezpiecznik do 500 V -- 2 000 V napięcia próbnego bezpiecznik do 750 V -- 2 500 V napięcia próbnego.

Przytem w bezpieczniku z włożoną stopką przykłada się napięcie pomiędzy części, pozostające pod napięciem w czasie pracy, a śruby przymocowujące, dostępne części metalowe podstawy gniazda oraz podłożoną płytę metalową.

W bezpieczniku bez stopki przykłada się napięcie pomiędzy zaciski gniazda oraz pomiędzy gwint główki bezpiecznikowej i okładzinę ze staliu naokoło porcelany główki.

b) Opór izolacji mierzy się po próbie odporności na wilgoć pomiędzy zaciskami bezpiecznika, a śrubami przymocowującymi i podkładką metalową. Opór izolacji, mierzonej przy napięciu prądu stałego 500 V, ma wynosić nie mniej niż 2 megomy.

§ 25. Oznaczenie.

a) Na podstawie gniazda bezpiecznikowego i na stopce należy podać w sposób trwały i wyraźny wolty (V), ampery (A), znak fabryczny wytwórni i ewentualnie znak przepisowy (§ 4).

b) Na dolnej wstawce należy podać ampery i ewentualnie znak wytwórni i znak przepisowy.

c) Na główce należy podać wolty, znak fabryczny i ewentualnie znak przepisowy.

IV. ŁĄCZNIKI PUSZKOWE.

§ 26. Rodzaje łączników.

Rozróżnia się 1-, 2- i 3-biegumowe wyłączniki oraz 1-biegumowe przełączniki: grupowe, hotelowe, schodowe i krzyżowe.

§ 27. Napięcie i prąd.

a) Normalne napięcia, dla których buduje się łączniki puszkowe są: 250, 500 i 750 V. Dla prądu trójfazowego tak-że 380 V.

b) Wszystkie łączniki mają być budowane na napięcie najmnie 250 V.

c) Dla wyłączników i przełączników na 250 V (a także na 380 V przy prądzie trójfazowym) najmniejsze znamionowe natężenie prądu wynosić ma 6 A, następne wielkości mają być dla prądu 10, 25 i 60 A.

d) Wyłączniki na 500 i 750 V mają być budowane dla następujących natężeń prądu: 2, 4, 6, 10, 25 i 60 A.

e) Przełączniki na 500 i 750 V buduje się na natężenie prądu: 1, 2, 4, 6, 10, 25 i 60 A.

§ 28. Ochrona od niebezpieczeństwa dotyku.

a) Części metalowe mechanizmu łącznikowego muszą być izolowane od pozostających pod napięciem części łącznika. Nie jest to konieczne, jeżeli części, służące do uruchomienia, są zrobione z materiału izolacyjnego i tak wykonane, że nawet w razie ich uszkodzenia nie można dotknąć mechanizmu.

b) Kurki, rękojeści i przyciski łącznika muszą być zrobione z materiału izolacyjnego. Kluczyki odejmowane mogą być zrobione z metalu, jeżeli ich rękojeści obłożone są trwałą i dostatecznie grubą warstwą izolacyjną.

c) Przy łączniku wprawianym w ruch pośrednio zapomocą długich drążków, sznurów i t. p., musi być umieszczone pomiędzy wyłącznikiem a drążkiem, sznurem i t. p., pośrednie ogniwo izolacyjne, przytwierdzone do łącznika.

d) Śrubki, użyte do umocowania kurków, rękojeści i t. p., muszą być tak wgłębione, by były ochronione od przypadkowego dotyku. Tak samo musi być wgłębiona oś łącznika o odejmowanym kluczyku.

e) Oś łączników o pokrywach metalowych musi być izolowana od dostępnych dla dotyku części metalowych łącznika.

§ 29. Szczegóły budowy.

a) Części metalowe prąd wiodące mają być wykonane z mosiądzu lub bronzu fosforowego.

b) Łączniki muszą być przez swoje pokrywy tak zamknięte, by ciepło lub iskry, powstające wewnątrz, nie mogły powodować żadnej szkody.

c) Powierzchnie stykowe łącznika powinny przy działaniu ocierać się o siebie (t. j. kontakty mają być ślizgowe). Powierzchnie części izolacyjnych, po których ślizgają się części metalowe, muszą być tak wykonane, by nie następowało wzajemne szkodliwe oddziaływanie części metalowych i izolacyjnych.

d) Łączniki puszkowe muszą być migowe, t. j. przy powolnym nawet uruchamianiu rączki lub kurka, gwiazdka kontak-

Z ŻYCIA ORGANIZACYJ.

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH.

towa łącznika musi od razu wskoczyć w położenie końcowe. Wyjatek stanowią wyłączniki trójbiegunowe dla prądu trójfazowego, dla których wystarcza, jeżeli mechanizm zatrzymuje się tylko w położeniu końcowym, t. j. w stanie włączenia lub wyłączenia.

e) Kurek łącznika musi być tak umocowany, by się nie odśrubowywał przy kręceniu w przeciwną stronę. Kształt jego powinien być taki, by utrudnione było zawieszanie na nim ubrań i t. p. Ponadto u wyłączników wodoszczelnych kurek powinien być możliwie chroniony od urazów mechanicznych (np. przez kofierz na pokrywie).

f) Os łącznika musi mieć pewne prowadzenie i wtedy, gdy pokrywa jest zdjęta.

g) Przy wyłącznikach wielobiegunowych oraz wyłącznikach na napięcie 500 i 750 V stan łączenia musi być rozpoznawalny. Miejsce wyłączenia ma być oznaczone na pokrywce przez „0” (zero). W przełącznikach należy oznaczyć przez literę „S” (sieć) zacisk, do którego doprowadza się prąd z sieci.

h) Jeżeli wyłącznik posiada gaśniki iskier, muszą one być tak wykonane, by i po dłuższym użyciu dawały gwarancję wytrzymałości i zachowały pierwotną odporność izolacyjną.

i) Części izolacyjne łącznika mają posiadać wytrzymałość na temperaturę 100° C.

§ 30. Przyłączenie przewodów.

a) W łącznikach jednobiegunowych 6 A zaciski śrubowe dla umocowania przewodów muszą być tak wykonane, żeby przyłączony przewód wchodził do nich wyprostowany (bez specjalnego przygotowania przewodnika), przyczem przewód nie powinien ulec uszkodzeniu ani nie powinien zmieniać swego położenia po dokręceniu śrubki.

b) Zaciski tulejkowe powinny mieć wymiary nie mniejsze, niż wskazane w następującej tabelce:

Łączniki dla nateżenia prądu	Średnica gwintu śruby dociskającej	Średnica otworu w tulejce	Długość gwintu w tulejce	Długość gwintu śrubki
do 6 i 10 A	3 mm	3 mm	2 mm	5 mm
do 25 A	4 mm	4 mm	3 mm	7 mm

c) Zaciski śrubowe mają być wykonane dla pewnego przyłączenia przewodów o następujących przekrojach:

Łącznik dla nateżenia prądu	Przekroje przewodów w mm ²
do 6 A	1 — 2,5
do 10 A	1,5 — 4
do 25 A	4 — 10
do 60 A	10 — 25

§ 31. Próba na spadek napięcia.

W nowych łącznikach spadek napięcia przy prądzie znamionowym nie może przekraczać

80 miliwoltów dla wyłączników do 6 A
30 " " " " 10 i 25 A
15 " " " " 60 A.

Spadek napięcia mierzy się pomiędzy zaciskiem wejściowym i wyjściowym tego samego bieguna.

§ 32. Napięcie probiercze i opór izolacji.

a) Po poddaniu łącznika próbie odporności na wilgoć (opis próby będzie podany oddzielnie) łącznik musi wytrzymać napięcie prądu zmiennego praktycznie sinusoidalnego bez przebiecia w ciągu 1 minuty:

1 500 V przy napięciu znamionowym 250 V
2 000 V " " 500 V
2 500 V " " 750 V

Próby te wykonywane być mają:

1) na łączniku w stanie włączenia:

pomiędzy częściami prąd wiodącymi, a śrubami, któremi wyłącznik jest przymocowany;

pomiędzy pokrywą metalową albo (jeżeli pokrywa jest z materiału izolacyjnego) podłożoną płytą metalową, a osią;

2) na łączniku w stanie wyłączenia:

pomiędzy biegunami;

pomiędzy zaciskiem doprowadzającym a odprowadzającym;

pomiędzy kurkiem lub rękojeścią, owiniętą staniolem, a osią.

b) Opór izolacji mierzy się po próbie odporności na wilgoć:

1) pomiędzy zaciskami wyłącznika a śrubami, któremi wyłącznik jest przymocowany,

2) pomiędzy jednym zaciskiem a drugim,

3) pomiędzy zaciskami a osią.

Opór izolacji, mierzony przy napięciu prądu stałego 500 V, ma wynosić nie mniej niż 2 megomy.

e) Jeżeli wtyczka posiada urządzenie do uziemienia odbiornika, uziemienie ma nastąpić w pierwszym, zanim bieguny wtyczki znajdą się pod napięciem, przyczem uziemienie ma być dokonane za pomocą kontaktu ślizgowego.

§ 37. Budowa gniazda wtyczkowego.

a) Części metalowe prąd wiodące mają być wykonane z mosiądzu lub brązu fosforowego.

b) Części izolacyjne mają posiadać wytrzymałość na temperaturę 100° C (metoda wykonania próby będzie podana oddzielnie).

c) Umocowanie części metalowych na podstawie gniazda oraz umocowanie przykrywkki do podstawy powinny być niezależne jedno od drugiego. Rozłączenie jednego z tych połączeń nie powinno powodować rozłączenia innych.

d) Tulejki lub sprężynki kontaktowe gniazda dwubiegunowego na 10 A 250 V powinny sprężynować od 3,5 do 5,5 mm.

e) Tulejki lub sprężynki gniazda muszą być tak mocno osadzone, aby nie obluźniały się i nie mogły obracać się. Dla przyłączenia przewodów muszą być przewidziane osobne zaciski, trwale i mocno połączone z tulejkami.

§ 38. Stopki gniazda wtyczkowego.

a) Dwubiegunowe gniazda wtyczkowe na 10 A 250 V mogą (ale nie muszą) być zabezpieczone przez jednobiegunową zamkniętą cylindryczną stopkę. Stopki paskowe nie są dozwolone.

b) Stopka musi być wkręcona z przodu bez otwierania gniazda i bez narażenia się na uderzenie prądu.

c) Stopka nie powinna się przepalić w ciągu godziny przy obciążeniu prądem o natężeniu 1,5 razy większym od prądu znamionowego, musi jednak przepalić się w tymże czasie przy obciążeniu prądem 2,1 razy większym od prądu znamionowego.

§ 39. Budowa wtyczki.

a) Wtyczka ma być zrobiona z materiału izolacyjnego niepalnego i nie krucho (łatwo łamiącego się). Kołki wtyczki mają być zrobione z trwadociągnionego mosiądzu lub brązu fosforowego o dostatecznej sprężystości.

b) Wtyczka powinna być dwudzielna i tak wykonana, by przyłączenie przewodów było pewne i łatwe do kontroli. U wtyczek dwubiegunowych powierzchnia przylegająca do gniazda ma być okrągła.

c) Kołki wtyczki mają być tak mocne i pewnie osadzone, aby nie obluźniały się i nie mogły obracać się. Do przyłączenia przewodów muszą być przewidziane zaciski trwale i mocno po-

§ 33. Łączniki wpuszczane w ścianę.

a) Łączniki do wpuszczania w ścianę muszą posiadać tak dobre umocowanie, by nie ruszały się przy manipulowaniu.

b) Przy umieszczaniu łączników dwubiegunowych i przełączników krzyżowych w pudełkach, wpuszczonych w ścianę, mają one być wykonane tak, by dały się dobrze umocować w pudełkach o średnicy 70 mm.

§ 34. Oznaczenia.

Na głównej części łącznika (nie na pokrywie) należy podać w sposób trwały i wyraźny wolty (V), ampery (A), znak fabryczny wytwórni i ewentualnie znak przepisowy (§ 4).

Napisy powinny być tak umieszczone, by można było łatwo je odczytać na zmontowanym łączniku po zdjęciu pokrywy.

V. GNIAZDA WTYCZKOWE (kontakty) i WTYCZKI.

§ 35. Napięcie i prąd.

a) Normalne napięcia, dla których buduje się gniazda i wtyczki, są: 250, 500 i 750 V. Dla prądu trójfazowego także 380 V.

b) Najmniejsze napięcie znamionowe gniazd i wtyczek ma wynosić 250 V.

c) Normalne natężenia prądu, dla których buduje się gniazda i wtyczki są: 10, 25 i 60 A.

d) Najmniejsze natężenie prądu dla gniazd i wtyczek ma wynosić 10 A. Wtyczki, stosowane do gniazd istniejących przed czasem ważności przepisów niniejszych, mogą być budowane na 6 A.

§ 36. Ochrona od niebezpieczeństwa dotyku.

a) Tulejki lub sprężynki kontaktowe gniazd muszą być tak osadzone, aby bezpośrednie dotknięcie się ich przy dotykaniu gniazd ręką lub nawet cienkim palcem było niemożliwe.

b) Musi być uniemożliwione wetknięcie jednego tylko kołka wtyczki do gniazda przy dwubiegunowych wtyczkach lub dwóch tylko kołków przy trójbiegunowych wtyczkach.

c) Dotknięcie kołków wtyczki po osiągnięciu przez nie styku z tulejkami lub sprężynkami stykowymi gniazda musi być uniemożliwione nawet wówczas, gdy wtyczka jest niezupełnie wetknięta do gniazda.

d) Jeżeli gniazdo zaopatrzone jest w stopki, wymiana ich ma następować bez narażenia się na niebezpieczeństwo dotyku

łączone z kołkami, niedopuszczalne zaś jest umocowanie przewodów przez przykręcenie kołków.

d) Kołki wtyczki 10 A mają być sztywne (pełne); kołki 6 A mają sprężynować (być przecięte).

e) Wtyczki 6 A mają być tak wykonane, by pasowały do nich sznury i przewody w oponie gumowej o przekroju 0,75 i 1 mm²; do wtyczek 10 A mają pasować przewoje do 1,5 mm².

f) Wtyczki mają posiadać urządzenie, które zabezpiecza miejsca przyłączenia przewodów od narażenia na ciągnięcie, chroni opłot i obwód sznurów od obsunięcia, a żyły sznurów od skręcenia.

Odciążenie nie powinno być wykonane przez zrobienie węzła na przewodzie lub przez przywiązanie przewodu szpagatem, taśmą i t. p., lecz zapomocą odpowiedniej konstrukcji we wtyczce.

§ 40. Przyłączenie przewodów.

a) W gniazdach wtyczkowych 10 A zaciski dla umocowania przewodów muszą być tak wykonane, żeby przyłączony przewód wchodził do nich wyprostowany (bez specjalnego przygotowania końca przewodnika), przyczem przewód nie może ulec uszkodzeniu ani nie powinien zmieniać swego położenia po dokręceniu śrubki.

b) Zaciski tulejkowe gniazda wtyczkowego powinny mieć wymiary nie mniejsze jak w następującej tabelce:

Gniazdo dla natężenia prądu	Średnica gwintu śruby dociskającej	Średnica otworu w tulejce	Długość gwintu w tulejce	Długość gwintu w tulejce
10 A	3 mm	3 mm	2 mm	5 mm
25 A	4 mm	4 mm	3 mm	7 mm

c) Zaciski śrubowe gniazda wtyczkowego powinny być wykonane dla pewnego przyłączenia przewodów o następujących przekrojach:

Gniazdo dla natężenia prądu	przekroje przewodów w mm ²
10 A	1,5 — 4
25 A	4 — 10
60 A	10 — 25

§ 41. Próba na spadek napięcia.

Po wsadzeniu wtyczki do gniazda mierzy się spadek napięcia przy prądzie znamionowym pomiędzy zaciskami gniazda wtyczkowego przy zwartych zaciskach kołków wtyczki. Spadek nie może przekraczać:

30 miliwoltów dla gniazd i wtyczek 10 i 25 A

15 miliwoltów dla gniazd i wtyczek 60 A.

§ 42. Napięcie przebicia i opór izolacji.

a) Po próbie odporności na wilgoć (opis próby będzie podany oddzielnie) gniazdo i wtyczka muszą wytrzymać napięcie prądu zmiennego (praktycznie sinusoidalnego) bez przebicia w ciągu jednej minuty:

1.500 V przy napięciu znamionowym 250 V

2.000 V przy napięciu znamionowym 380 i 500 V

2.500 V przy napięciu znamionowym 750 V.

Próby te wykonane być mają:

1) Przy gnieździe z wsadzoną wtyczką:

między częściami prąd wiodącymi a śrubami, które- mi gniazdo się przymocowuje, korpusem metalowym gniazda albo (jeżeli gniazdo jest z materiału izolacyjnego) podłożoną płytą metalową, owinięciem ze staliolu naokoło wtyczki;

2) Przy gnieździe bez wtyczki:

między zaciskami kontaktowymi gniazda.

b) Opór izolacji mierzy się po próbie odporności na wilgoć przy gnieździe z wsadzoną wtyczką pomiędzy zaciskami a częściami metalowymi nie wiodącymi prądu.

Opór izolacji, mierzony przy napięciu prądu stałego 500 V, ma wynosić nie mniej niż 2 megomy.

§ 43. Gniazda wtyczkowe wpuszczane w ścianę.

Gniazda wtyczkowe do umieszczenia pod tynkiem muszą posiadać tak dobre umocowanie, aby nie ruszały się przy wsadzaniu i wyjmowaniu wtyczki.

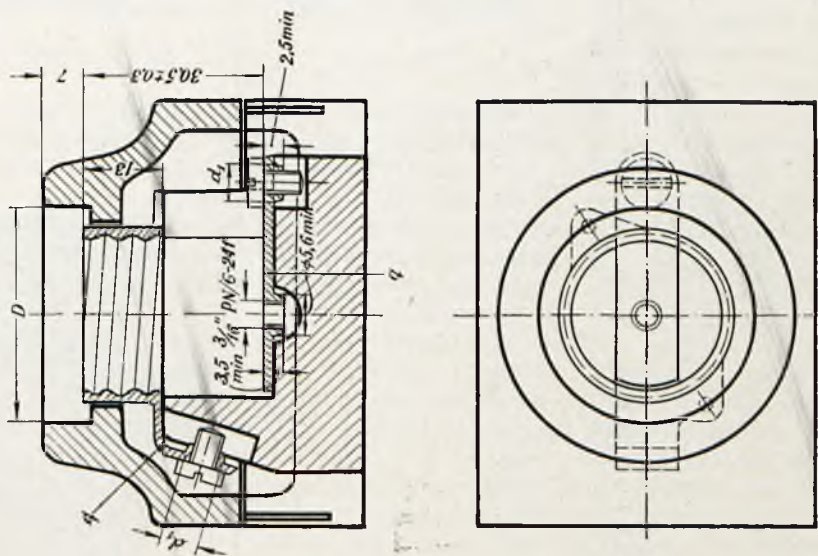
§ 44. Oznaczenia.

Na gnieździe i wtyczce należy podać w sposób trwały i wyraźny wolty (V), ampery (A), znak fabryczny wytwórni i ewentualnie znak przepisowy (§ 4).

VI. PRÓBY.

Opis prób, którym mają być poddane przybory instalacyjne oraz metody wykonywania prób będą podane oddzielnie.

**ZNORMALIZOWANE WYMIARY
DROBNYCH PRZYBORÓW INSTALACYJNYCH.**

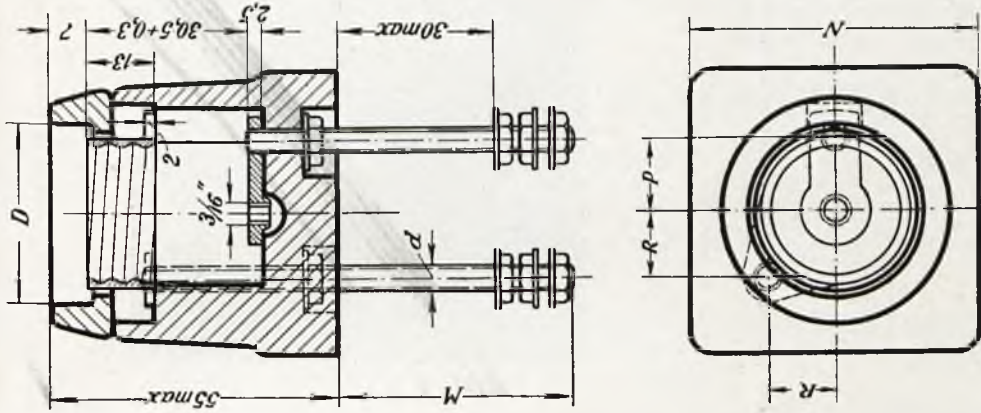


Wymiary otworów do umocowania bezpiecznika do ściany.



Nominalne natężenie prądu A	Gwint Edis-sona	D min mm	d ₁ min mm	d ₃ mm	d ₂ mm	Minimalny przekrój szyny doprowadz. q mm ²
25	E 27	35	6	4,5	8,5	15
60	E 33	45	7	5,5	11	30

Rys. 1. Gniazdo bezpiecznikowe 25 i 60 A, 500 V bez sworzni.



Uwaga: sworznie należy zabezpieczyć od rozluźnienia.

Nominalne natężenie prądu A	Gwint Edis-sona	D min mm	d mm	M mm	N mm	P mm	R mm
25	E 27	35	5	45	55	14	13
60	E 33	45	6	50	65	18	16

Gwint metryczny wg PN/G-205

Nakrętki wg PN/G-990

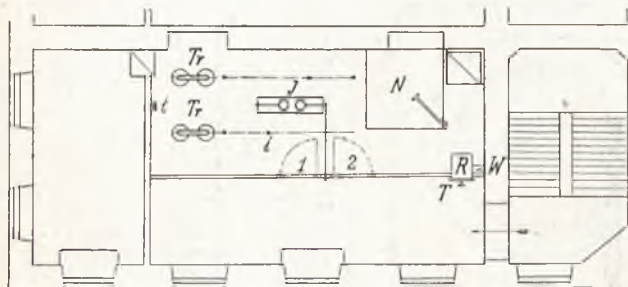
Podkładki wg PN/G-...

Rys. 2. Gniazdo bezpiecznikowe 25 i 60 A, 500 V ze sworzniami. (C. d. n.)

S Z K O L N I C T W O .

Laboratorium wysokiego napięcia na 250 000 woltów Państwowej Wyższej Szkoły Budowy Maszyn i Elektrotechniki im. H. Wawelberga i S. Rotwanda.

Laboratorium zostało uruchomione na jesieni roku zeszłego dla zajęć szkolnych i badań naukowych zjawisk, powstających w obwodach wysokiego napięcia. Urządzenia jego dostosowane są i do badań przemysłowych dla wszystkich przypadków, w których chodzić będzie o oce-



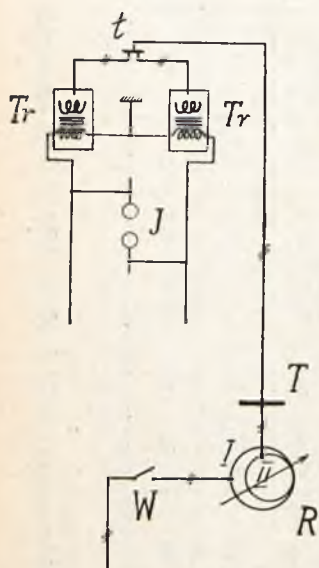
Rys. 1.

nę materiałów pod względem ich własności elektrycznych lub przyrządów elektrycznych co do działania.

Laboratorium mieści się w sali, rys. 1, o wymiarach 5 m × 7,5 m, położonej na I piętrze, której podłoga ułożona jest na drewnianym stropie.

To zdecydowało o wyborze transformatorów wysokiego napięcia powietrznych, z których każdy o mocy 10 kVA waży około 300 kg. Uzwojenia transformatorów są nasycane bakelitem.

Urządzenie składa się z dwóch jednakowych transformatorów jednofazowych (Tr) o napięciu 120 000 woltów;



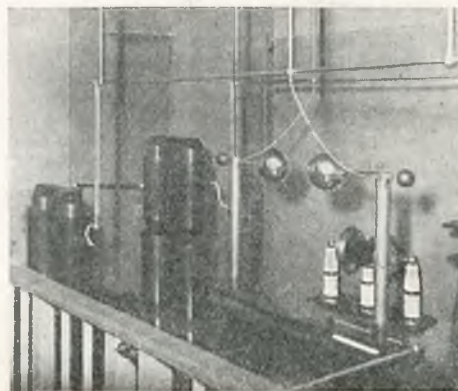
Rys. 2.

przy szeregowym połączeniu uzwojeń wysokiego napięcia i uziemieniu punktu środkowego otrzymujemy między biegunami 240 000 woltów (rys. 2). Uzwojenia niskiego napięcia każdego z transformatorów posiadają zacze-
py na 110/220/440 woltów. Zasilane są one z tabliczki rozdzielczej (t) rys. 2. Do regulacji napięcia w tym obwodzie w sposób ciągły od 0 do 240 woltów służy powietrzny regulator indukcyjny o mocy 20 kVA, wskazany na schemacie połączeń jako R. Do pomiaru wysokiego napięcia służy iskiernik kulowy I, który wskazuje również rys. 3; w głębi, na drugim planie — iskiernik cylindryczny.

Główna tablica rozdzielcza (T) oprócz przyrządów mierniczych i sygnałowych, posiada samoczynny wyłącznik, zaopatrzony w przekaźniki — nadmiarowy i zanikowy. Ten ostatni połączony jest z wyłącznikami, osadzonymi w drzwiczkach, umocowanych w barjerze, która oddziela miejsce obserwacji od obwodu wysokiego napięcia; przy drzwiczkach niedomkniętych lub nagle otwartych podczas

doświadczenia następuje samoczynne odłączenie całego urządzenia od sieci niskiego napięcia.

Do badania izolatorów przewidziane są uchwyty, duża wanna oraz urządzenia, wytwarzające sztuczny deszcz pod dowolnym kątem lub też mgłę.



Rys. 3.

Na załączonych zdjęciach, wykonanych podczas doświadczeń wskazuje rys. 4 wyładowania na powierzchni szyby przy napięciu 90 kV, na rys. 5 mamy izolator stojący,



Rys. 4.



Rys. 5.

poddany próbie na mokro przy napięciu 12 kV, z rys. 6 widzimy wyładowania w iskierniku cylindrycznym.

Montaż instalacji i urządzenia oraz przyrządy pomocnicze, jak iskierniki — płaskie, kulowe i cylindryczne, dalej izolatory wsporcze, stoliki do badań oraz inne wykonane zostały w warsztatach szkolnych.

Urządzenie do sztucznego deszczu i mgły z regulowanym wytryskiem oraz rozpryskiwaczem zbudowała jedna z firm miejscowych.

Z zagranicy sprowadzono jedynie przyrządy i materiały nie wyrabiane w roku zeszłym w kraju, a więc transformatory i regulator indukcyjny oraz rury bakelitowe.



Rys. 6.

Całkowity koszt urządzenia wyniósł 43 400 złotych.

Stanisław Kędziński.