

## Publikacja ze zbiorów Biblioteki Głównej AGH w Krakowie

### Digitalizacja dorobku naukowo-badawczego Profesorów AG w Krakowie w l. 1919–1945

projekt dofinansowany w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki „Społeczna Odpowiedzialność Nauki”

moduł: Wsparcie dla bibliotek naukowych

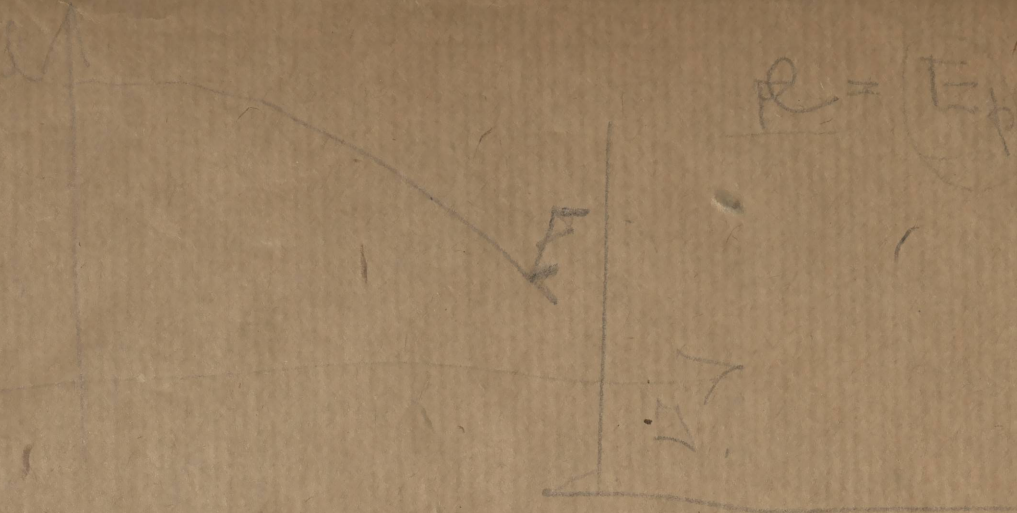


01.11.2022–31.07.2024  
SONB/SP/548765/2022

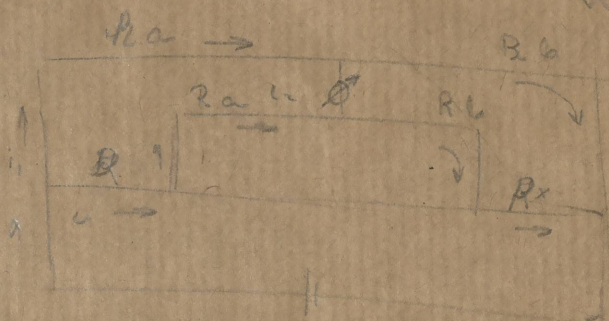




$$R = \frac{E_p - U_{q0} a}{l}$$



Jan



$$U_1 R_1 - R_1 I_1 - R_1 I_2 = 0$$

$$U_1 R_b - R_b I_2 - R_x I_3 = 0$$

$$\frac{R_a (U_1 - I_2) = R_b I_2}{R_b (I_2 - I_3) = R_x I_3}$$

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{R_x}{R_k}$$

Jan Studniarski

Elektrotechnika ogólna

T. 2

1931

Diella

31/II 1931





Stużniowski Jan  
Notatki z elektrotechniki

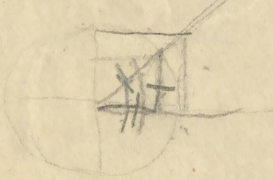
Wydaniem Józefa Dunajskiego  
Tom  
II

Kraków  
1928

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
W KRAKOWIE  
BIBLIOTEKA

III 52.256

NzB 8181



Województwo  
80 01



ELEKTROTECHNIKA PRĄDU ZMIENNEGO.

3258/I

Technika prądu zmiennego jest ważniejszą, niż technika prądu stałego, ma ona bowiem duże znaczenie gospodarcze. Wyjaśni to następujący przykład : ze stacji pierwotnej P. w której stwarzamy energję elektryczną wysyłamy prąd do stacji odbiorczej T. /Rys.L./. Oznaczamy przesyłaną moc elektryczną przez  $A = E_p \cdot I$ . to nie możemy dowolnie zmieniać

$E_p$  lub  $I$  gdyż jak rachunek wykazuje będzie :

$$A = E_p \cdot I$$

$$I^2 R = \gamma^2 \frac{z}{a}$$

$$I = \frac{z}{a} \cdot \gamma$$

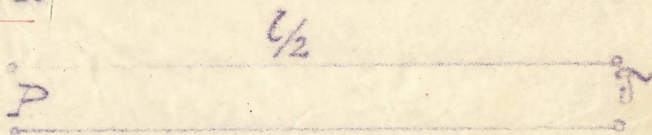
$$A = (n E_p) \left( \frac{z}{a} \right)$$

$$\text{Strata zaś w przewodzie } a = \frac{\gamma z}{n^2} \cdot W = \frac{\gamma^2}{n^2} \cdot \frac{z}{a}$$

$$\text{skąd } z = \frac{z}{a} \cdot \frac{\gamma^2}{n^2}$$

Przy napięciu więc  $n$  razy większem otrzymamy zmniejszenie przekroju w stosunku do  $n^2$  t.zn. jeżeli powiększymy napięcie 2 razy to przekrój zmniejszy się do 1/4.

- 2  $E_p$  - 1/4 L
- 3  $E_p$  - 1/9 L
- 4  $E_p$  - 1/16 L
- 5  $E_p$  - 1/25 L



Rys 1

Zadanie gospodarczego przeniesienia energii elektrycznej zależy więc od możliwości powiększenia napięcia. Techniczna granica powiększenia napięcia jest określona wytrzymałością izolatorów, gospodarcza granica jest jednak niższą, bo koszty izolacji rosną szybciej niż oszczędność na materiale przewodzącym energję. Jak to zadanie rozważano przy prądzie stałym w przypadku większych odległości ?

Według Thury generatory i motory Montiers - Lyon na odległości 180 km. przy napięciu maksymalnym 57000 volt i 40000 K.W. Trudności przy przenoszeniu prądu stałego leżą w kolektorze, który dla wyższego napięcia iskrzy, konstruowano mimo tego maszyny do 3000, a nawet do 5000 volt. Te napięcia są dziś bardzo małe, gdy dochodzimy do napięć 200.000 volt,



INSTYTUT ELEKTROTECHNICZNY PAN W WARSZAWIE

Technika prądu zmiennego jest ważniejszą, niż technika prądu stałego, na omówienie czasu umiarkowanie gospodarstwa. Wyjątki to następujące przykłady: ze strony pierwotnej E. w której stwarzamy energię elektryczną występują prąd do strony obrotowej T. (rys. 1.). Omówienie przekazywania energii elektrycznej przez E. i T. do niekończących się elementów

Op. lub I. gdyż jak rozumiesz wykazuje będzie :

*[Faint handwritten mathematical formulas and diagrams, including expressions like  $E = \dots$  and  $T = \dots$ , and a small circuit diagram with a coil and a capacitor.]*

Przy napięciu  $U$  w kąt wierzchołka obrotowego napięcia  $U_m$  w stosunku do  $U$  i  $U_m$  jeżeli podlegają napięciu  $U$  i  $U_m$  to

Wzrost napięcia do  $U_m$

1) $U = 1/2 U_m$
2) $U = 1/3 U_m$
3) $U = 1/4 U_m$
4) $U = 1/5 U_m$
5) $U = 1/6 U_m$

Wskazano sposobem przedstawienia energii elektrycznej na -  
toż samo od momentu przedstawienia napięcia. Techniczne warunki powstania  
nie napięcia jest określona wytrzymałością izolatorów, gospodarstwa prądu  
ca jest jednak różna, bo można znaleźć równy sposób dla umiarkowania  
na wartości przewodzącej energii. Tak to wskazuje również przy przykładzie  
stałym z umiarkowaniem wierzchołków obrotowych.  
Wskazano sposób powstania i rotacji napięcia - tj. na obrotowej  
100 km. przy napięciu maksymalnym 5000 volt i 6000 k.W. Zmierzono przy  
przebiegu prądu stałego jest w kolektorze, który dla każdego napięcia  
istnieje, konstruowane jako tego rodzaju do 5000, a nawet do 10000 volt.  
To napięcie upośledza bardzo wiele, gdy dochodzą do napięcia 100.000 volt.

a dla specjalnych celów mamy transformatory do 500.000 wolt. Przekom w tej dziedzinie zrobiło przeniesienie energii elektrycznej między Sanfen - Frankfurtem na odległość 175 km. o mocy 300 ~~A~~ i 300.000 woltach w roku 1892.

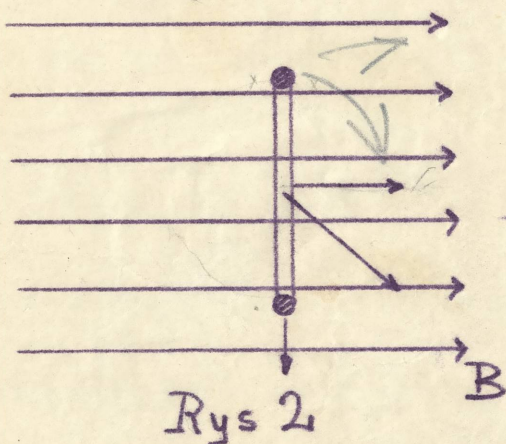
Przejdziemy teraz do uzupełnień naszych teoretycznych wiadomości i oznaczymy przez :

$i_s, e_s$	- wartości momentalne
$i_m, e_m$	- wartości przeciętne
$i_{max}, e_{max}$	- " maksymalne
$i_f, e_f$	- " skuteczne
$\sim$	- ilość okresów
$n$	- " obrotów

Zjawiska Elektromagnetycznej indukcji .

W przewodzie, który przecina linie sił powstaje siła elektromotoryczna, w obręczy składającej się z dwóch przewodów, powstaje taka sama siła, jeżeli absolutna ilość linii sił się zmienia.

Weźmy pole <sup>skuteczne</sup> jednolite, a z nim obręcz składającą się z dwóch przewodów / Rys.2. / to przy przesuwaniu obręczy w kierunku strzałek, siła elektromotoryczna  $\mathcal{E} = 0$ . Chcąc uzyskać w skutek indukcji siłę elektromotoryczną musimy obręcz obracać. W położeniu poziomym / Rys./3./ nie przechodzi przez płaszczyznę obręczy żadna ilość <sup>linii</sup> sił, w położeniu zaś pionowym mamy maksymalną ilość linii sił, wskutek czego powstanie siła elektromotoryczna, według reguły prawej ręki. Narysujmy to w perspektywie / Rys. 4./



W położeniu poziomym / Rys./3./ nie przechodzi przez płaszczyznę obręczy żadna ilość <sup>linii</sup> sił, w położeniu zaś pionowym mamy maksymalną ilość linii sił, wskutek czego powstanie siła elektromotoryczna, według reguły prawej ręki. Narysujmy to w perspektywie / Rys. 4./

Według dawniej podanych wzorów siła elektromotoryczna powstała przy zjawisku indukcji elektromagnetycznej

$$e = B \cdot l \cdot v \quad (ujcgs) \quad \checkmark$$

$v$  - chyżość obrotowa  
 $l$  - długość przewodu  
 $B$  - indukcja elektromagnetyczna

~~w innej formie równanie to przedstawia się nam :~~

Przedstawiamy teraz do uzupełnienia naszych teoretycznych wiadomości  
 Turtem na odległość 175 km. o mocy 300 A i 300.000 woltach w roku 1892.  
 badaliśmy kroplio przeniesienie energii elektrycznej między Szafon - Frank  
 a dla specjalnych celów mamy transformatory do 500.000 wolt. Przebieg w tej

i oznaczmy przez :

- wartości momentalne  $\epsilon_p, \epsilon_s$
- wartości przeciętne  $\epsilon_m, \epsilon_w$
- " maksymalne  $\epsilon_{max}, \epsilon_{wmax}$
- " skuteczne  $\epsilon_{ef}, \epsilon_{wef}$
- ilość okresów  $\sim$
- " obrotów  $\sim$

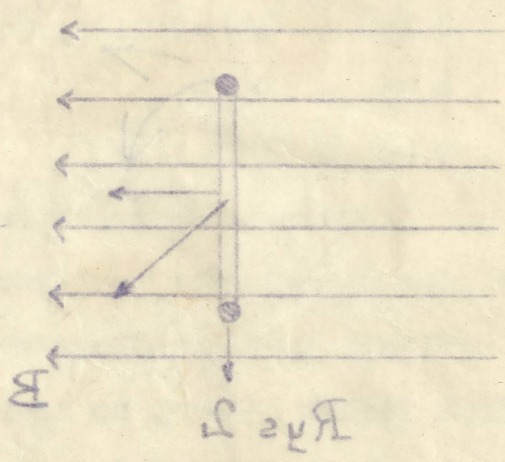
Zjawiska Elektromagnetycznej Indukcji.

W przewodzie, który przecina linie sił powstaje siła elektro-  
 dynamiczna, w obrotach składającej się z dwóch przewodów, powstaje taka sama  
 siła, jeżeli absolutna ilość linii sił się zmienia.

Wzajemne pole jednoczesne, a z nim obrotu składającego się z dwóch  
 przewodów / Rys. 3. / to przy przesuwaniu obrotu w kierunku strzałek, siła

elektromotoryczna  $\epsilon = 0$ . Obrotu wykazad w skutek indukcji siły elektro-  
 dynamicznej zmienia obrotu obracac. W polone-

nie postoiem / Rys. 3. / nie przesochad  
 przez przesuwane obrotu jedna ilość sił,  
 w pokoleniu zaś pionowem mamy maksymalnie  
 ilość linii sił, wskutek czego powstanie  
 siła elektromotoryczna, według reguły pra-  
 wej ręki. Nazywamy to w paradygmaty.



Według dawnej podanych wzorów siła elektromotoryczna powstaje  
 przy zmianie indukcji elektromagnetycznej

$$\epsilon = B \cdot S \cdot v \quad (n \cdot \frac{d\phi}{dt})$$

B - indukcja elektromagnetyczna  
 S - długość przewodn  
 v - szybkość obrotowa

w innej formie równanie to przedstawia się nast:

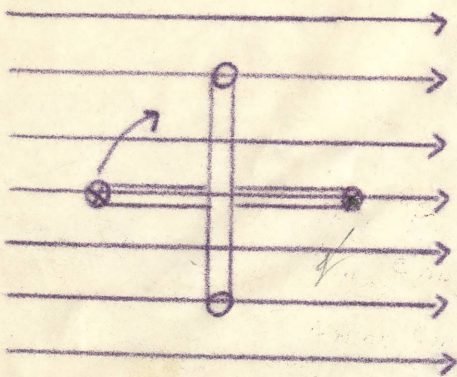
w innej formie równanie to przedstawia się nam :

$$e = - \frac{dN}{dt} (cgs) \quad \checkmark$$

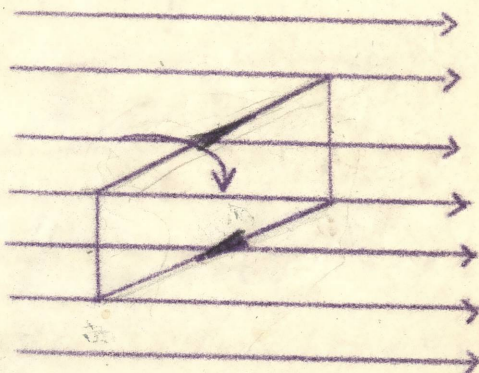
$$e = - \frac{dN}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ volt} \quad \checkmark \text{ gdy mamy więcej obrotów}$$

to  $e = - m \frac{dN}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ volt}$

1 =



Rys 3



Rys 4

Jeżeli wprowadzimy ilość skutecznych przewodów z, przyczem

$z = 2 m$  to  $e = - \frac{z}{2} \frac{dN}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ volt}$

$\phi = B \cdot J \cdot e \text{ (c.g.s.)}$

Przy wzajemnej indukcji będzie :

$e_2$  - siła elektromagnetyczna w obwodzie drugim

$N_1$  - strumień magn. który wytwarza obwód pierwszy

$$e_2 = - \frac{dN_1}{dt} \cdot m_2 \quad ; \quad e_2 = - \frac{dN_1}{dt} \cdot m_2 \quad ; \quad e_2 = - \frac{dN_1}{di} \cdot \frac{di}{dt} \cdot m_2$$

$m_2 \cdot \frac{dN_1}{di} = L_m$  współczynnik wzajemnej indukcji =  $L_m$   
 $e_2 = - L_m \frac{di}{dt}$

wiadomo jednak, że

$$L_m = \frac{4\pi m_1 m_2 \mu q}{e} (cgs)$$

$m_1$  - ilość obręczy pierwotnego uzwojenia

$m_2$  - " " wtórnego

$\mu$  - przenikliwość / dla powietrza = 1 /

w praktycznych jednostkach

$$L_m = \frac{4\pi m_1 m_2 \mu q}{e} \cdot 10^{-9} \text{ Henry}$$

czyli  $e_i = - m_i \frac{dN}{dt} \cdot 10^{-8} = - L_m \frac{di}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ volt}$



$$L_s = \frac{4\pi m^2 \mu g}{e} \cdot 10^{-9} \text{ Henry}$$

### Zjawisko samoindukcji.

Siła elektromotoryczna samoindukcji

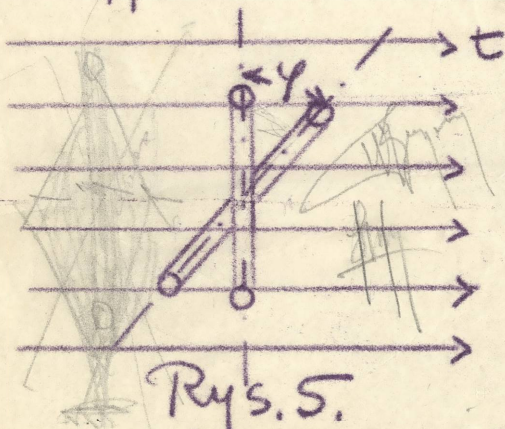
dla  $m$  uzwojeń będzie  $e_s = -m \frac{dN}{dt} \cdot \frac{di}{dt}$   $e_s = -\frac{dN}{dt}$

$$m \cdot \frac{dN}{dt} = L_s \text{ (współw. samoindukcji)}$$

$$e_s = -L_s \frac{di}{dt} \quad L_s = \frac{4\pi m^2 \mu g}{e} \text{ (cgs)}$$

$$L_s = \frac{4\pi m^2 \mu g}{e} \cdot 10^{-9} \text{ Henry, wobec tego } e_s = -m \frac{dN}{dt} \cdot 10^{-8} = -L_s \frac{di}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ wolt}$$

Weźmy obręcz w polu jednorodnym o natężeniu  $H$ , w położeniu pionowym / Rys.5. /  $t=0$ , kąt  $\varphi=0$ , po pewnym czasie  $t'$  kąt będzie  $\varphi'$ . Oznaczmy przez  $r$  promień obręczy



$v$  - chyżość obrotowa

$$\text{Maksymalna ilość linii sił } N_{max} = \pi r^2 H$$

$$\text{ilość linii sił przy kącie } \varphi \quad N = N_{max} \cos \varphi$$

$$e = -\frac{dN}{dt} \quad N = N_{max} \cos \varphi$$

$$e = -\frac{dN}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \quad e = N_{max} \sin \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

Oznaczmy przez  $T$  czas potrzebny dla jednego pełnego obrotu obręczy, ilość zaś okresów  $n = \frac{1}{T}$  sek.

$$\omega = n = \frac{1}{T}$$

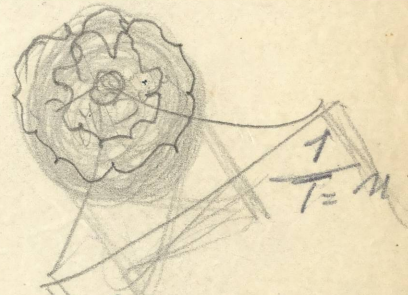
$2\pi n = 2\pi$  = ilość pełnych okresów

$\omega_1$  = chyżość kątowa

$$\omega_1 = \frac{\varphi_1}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$$

$$\varphi_1 = 2\pi \frac{t}{T} = 2\pi n t = \omega_1 t$$

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = 2\pi n = \frac{2\pi}{T} = \omega_1$$



$$\frac{\varphi_1}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$$

$$\varphi_1 = \frac{2\pi t}{T} = 2\pi n t$$

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = \frac{\omega_1 t}{t} = \omega_1$$

Wróćmy do równania  $e = N_{max} \sin \varphi_1 \cdot \frac{d\varphi_1}{dt}$

$$\varphi_1 = 2\pi \frac{t}{T} = \omega_1 t$$

Zjawisko samowzbudzenia

$$e_2 = -m \frac{dN}{dt} \cdot \frac{dN}{dt} = -m \left( \frac{dN}{dt} \right)^2$$

$$e_2 = - \frac{dN}{dt}$$

$$e_2 = - \frac{dN}{dt} = - \frac{d}{dt} \left( \frac{1}{\omega} \frac{dN}{dt} \right)$$

$$e_2 = - \frac{1}{\omega} \frac{d^2 N}{dt^2}$$

$$e_2 = - \frac{1}{\omega} \frac{d^2 N}{dt^2} = - \frac{1}{\omega} \frac{d^2 N}{dt^2}$$

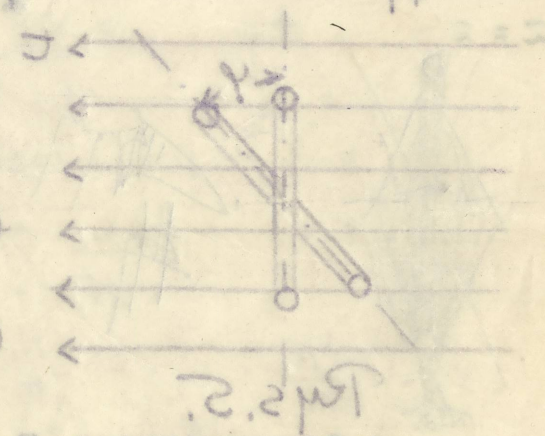
Wzrosty prędkości w polu jednoczesnym o natężeniu  $H$ , w położeniu pionowym / rys. 2. /  $t=0$ , kąt  $\psi=0$ , po pewnym czasie  $t'$  kąt będzie  $\psi'$ . Oznaczmy przez  $\gamma$  promień okręgu  $v$  - długość okręgu

$$N_{max} = \frac{1}{\omega} \frac{dN}{dt} = \frac{1}{\omega} \frac{dN}{dt}$$

$$N = N_{max} \cos(\omega t)$$

$$\frac{dN}{dt} = -N_{max} \omega \sin(\omega t)$$

$$e = - \frac{dN}{dt} = N_{max} \omega \sin(\omega t)$$



Oznaczmy przez  $T$  czas potrzebny dla jednego pełnego obrotu okręgu, ilość zaś okresów  $n = \frac{1}{T}$  sek.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi n}{1} = 2\pi n$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi n}{1} = 2\pi n$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi n}{1} = 2\pi n$$

$$e = N_{max} \sin(\omega t)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi n}{1} = 2\pi n$$

$e$  - siła elektromotoryczna / momentalna wartość /

$$e = N_{max} 2\pi n \sin(2\pi nt) \text{ albo}$$

$$e = N_{max} \frac{2\pi}{T} \sin(2\pi \frac{t}{T}) \text{ albo}$$

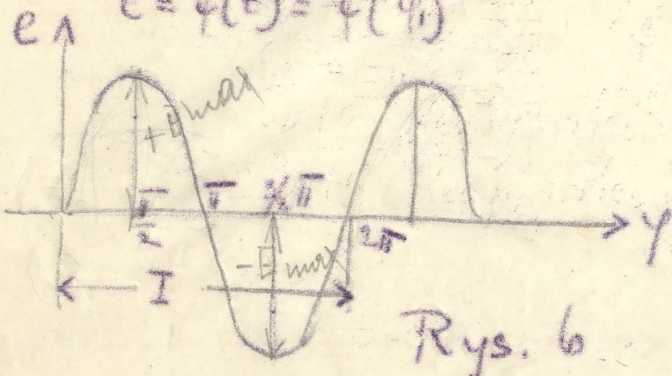
$$e = N_{max} \omega \sin(\omega t)$$

zamiast  $N_{max} 2\pi n = N_{max} \frac{2\pi}{T} = N_{max} \omega$  wprowadzamy  $E_{max}$

wobec tego  $e = E_{max} \sin(2\pi nt) = E_{max} \sin(2\pi \frac{t}{T}) = E_{max} \sin(\omega t)$

albo  $e = E_{max} \sin \varphi_1$

$$e = f(t) = f(\varphi_1)$$



Rys. 6

dla  $\varphi_1 = 0 \sin \varphi_1 = 0 \quad e = 0$

$\varphi_1 = 90^\circ \sin \varphi_1 = 1 \quad e = E_{max}$

$\varphi_1 = 180^\circ \sin \varphi_1 = 0 \quad e = 0$

$\varphi_1 = 270^\circ \sin \varphi_1 = -1 \quad e = -E_{max}$

$\varphi_1 = 360^\circ \sin \varphi_1 = 0 \quad e = 0$

Amplituda tej sinusoidy =  $E_{max}$ . Jak się zmienia strumień magnetyczny, który przenika płaszczyznę obręczy?

mieliśmy poprzednio

$$e = E_{max} \sin \varphi_1$$

$$N = N_{max} \cos \varphi_1$$

dla  $\varphi_1 = 0 \quad e = 0$

$N = N_{max}$  bo  $\cos 0 = 1$

"  $\varphi_1 = \frac{\pi}{2} \quad e = E_{max}$

$N = 0$

"  $\varphi_1 = \pi \quad e = 0$

$N = -N_{max}$  bo  $\cos 180^\circ = -1$

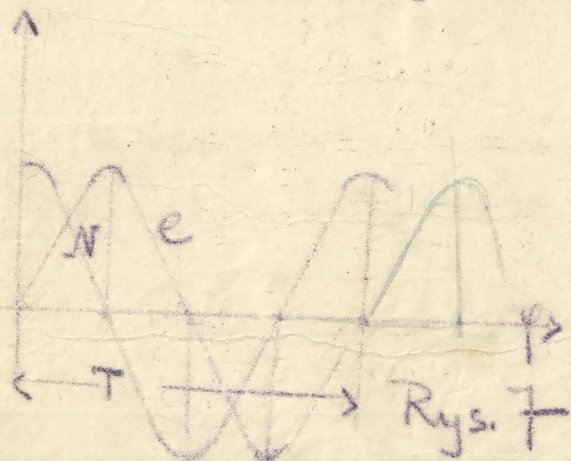
"  $\varphi_1 = \frac{3}{2}\pi \quad e = -E_{max}$

$N = 0$

"  $\varphi_1 = 2\pi \quad e = 0$

$N = N_{max}$

Graficznie przedstawia nam rys. 7.



Rys. 7

Elektromotoryczna siła jest wobec strumienia magnetycznego przesunięta o  $90^\circ$  w swojej fazie. Przyjeliśmy że obręcz obraca się z równomierną szybkością, w praktyce jednak tak nie jest i takie czyste sinusoidy są rzadkie. Przekonałiśmy się, że przebieg elektromotorycznej siły, jako funkcja czasu względnie jako funkcja kąta przekąsła obroto-

wego obręczy w rotującym polu jednorodnym odbywa się według prawa sinusoidy, o ile obręcz obraca się w polu jednorodnym z jednorodną chyżością. Warunek

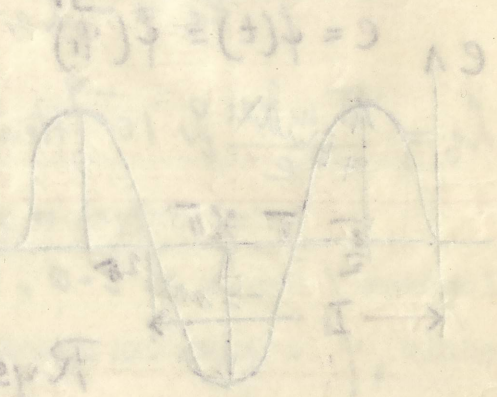
Przebieg zmian / momentalna wartość /

$e = E_{max} \sin(\omega t)$  albo  $e = E_{max} \cos(\omega t)$

$e = E_{max} \sin(\omega t + \phi)$  albo  $e = E_{max} \cos(\omega t + \phi)$

$e = E_{max} \sin(\omega t + \phi)$  albo  $e = E_{max} \cos(\omega t + \phi)$

Wobec tego  $e = E_{max} \sin(\omega t) = E_{max} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = E_{max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$



- albo  $e = E_{max} \sin(\omega t)$  albo  $e = 0$
- $\psi = 90^\circ$  albo  $e = E_{max}$
- $\psi = 180^\circ$  albo  $e = 0$
- $\psi = 270^\circ$  albo  $e = -E_{max}$
- $\psi = 360^\circ$  albo  $e = 0$

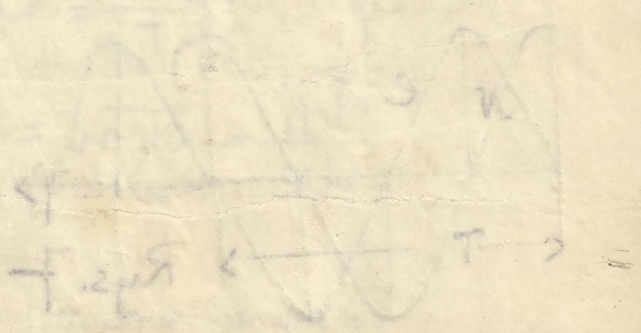
Amplituda tej sinusoidalnej =  $E_{max}$ . Jak się zmienia strumień magnetyczny, który przemieszcza się w czasie?

$e = E_{max} \sin(\omega t)$  albo  $e = E_{max} \cos(\omega t)$

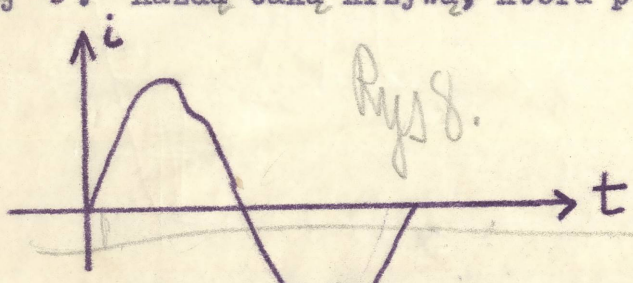
- albo  $\psi = 0$  albo  $e = 0$
- "  $\psi = \frac{\pi}{2}$  albo  $e = E_{max}$
- "  $\psi = \pi$  albo  $e = 0$
- "  $\psi = \frac{3\pi}{2}$  albo  $e = -E_{max}$
- "  $\psi = 2\pi$  albo  $e = 0$
- "  $\psi = \frac{5\pi}{2}$  albo  $e = E_{max}$

Orbitale przedstawia nam rys. 7.

Elektronowy obraz jest wobec zmian momentu magnetycznego przesunięty o 90° w swojej fazie. Przyjmijmy że okres obrotu się w równoległym kierunku w przycieku jednak tak nie jest i takie sąsiadnie sinusoidalne przesunięcia. Wskazują one, że przesunięcie elektronowe jest takie, jakby funkcja była przesunięta o 90° w stosunku do sinusoidalnej funkcji.



chyżości jednolitej zawsze obowiązuje w praktyce, co do drugiego warunku, że pole ma być jednolite, to przy maszynach elektrycznych warunek ten nie jest nigdy wykonany. Wskutek tego krzywe, z którymi mamy do czynienia nie są sinusoidami, lecz mają charakterystyczne odmiany. Pomimo, że cała teoria techniki prądów zmiennych rozwinięta jest pod tym warunkiem, że mamy do czynienia z krzywami sinusoidami, to jednak tu nie można pominąć tej okoliczności, że krzywe te mają pewne charakterystyczne odmiany: Dlatego też poświęcimy im kilka słów. Weźmy krzywą przedstawioną na rys. 8., widzimy przede wszystkim, że krzywa ta nie jest symetryczna do rzędnej i rzędnej  $t$ . Każdą taką krzywą, która periodycznie swój kształt powtarza,



można według <sup>Fouriera</sup> Furjera rozłożyć na cały szereg sinusoid, których suma da nam w rezultacie tę krzywą. W tym ogólnym wypadku byłoby :

$$i = A_1 \max \sin(\omega t) + A_2 \max \sin(2\omega t) + A_3 \max \sin(3\omega t) + \dots$$

$$\dots + B_1 \max \cos(\omega t) + B_2 \max \cos(2\omega t) + \dots$$

Jak to równanie rozumieć ?

$A_1 \max \sin(\omega t)$  jest to sinusoida której amplituda jest  $A_1 \max$

$A_2 \max \sin(2\omega t)$  " " " " "  $A_2 \max$

której jednak <sup>nieobrotliwie</sup> frekwencja jest podwójną.

$B_1 \max \cos(\omega t)$  - jest cosinusoidą o amplitudzie  $B_1 \max$  której faza jest o  $1/4$  przesunięta. Suma tych wszystkich sinusoid i cosinusoid daje nam w rezultacie naszą krzywą.

$A_1 \max \sin(\omega t)$  - Nazywa się falą podstawową

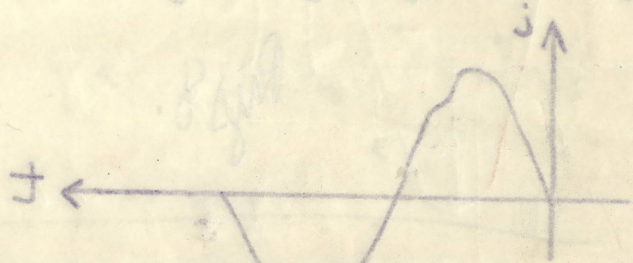
$A_2 \max \sin(2\omega t)$  nazywa się falą harmonijną wyższego rzędu, i t.d.

Przyjmijmy takie równanie :

$$i = A_1 \max \sin(\omega t) + A_2 \max \sin(2\omega t) - B_3 \max \cos(3\omega t)$$

narysujmy tę krzywą według poprzedniej metody, więc najpierw  $A_1 \max \sin(\omega t)$  następnie  $A_2 \max \sin(2\omega t)$  jest to sinusoida o amplitudzie  $A_2 \max$ . ta krzywa jest o podwójnej frekwencji, na jedną więc poprzednią, przypadają dwie krzywe określone tem równaniem / Rys. 9. / wreszcie trzecia fala

Właściwości techniczne zawieszają się w praktyce, co do drugiego warunku  
 że pole ma być jednolite, to przy warunkach elektrycznych warunk ten nie  
 jest nigdy wykonywany. Właściwości tego krzywej, z którym mamy do czynienia nie  
 są sinusoidalnymi, lecz mają charakterystyczne odchylenia. Pomimo, że cała te-  
 orja techniki prądów zmiennych rozwinięta jest pod tym warunkiem, że mamy  
 do czynienia z krzywymi sinusoidalnymi, to jednak tu nie można pominiąć tej  
 okoliczności, że krzywe te mają pewne charakterystyczne odchylenia: Dlatego  
 podaliśmy im kilka słów. Weźmy krzywą przedstawioną na rys. 8., widzimy  
 przedewszystkiem, że krzywa ta nie jest symetryczna do rzędnej i i prze-  
 biegiem czasu, która taka krzywa, która perjozycie awy i kaszaj powtarza



można według Furjera rozłożyć na  
 cały szereg sinusów, których suma  
 da nam w rezultacie tę krzywą. W tym  
 ogólnym wypadku byłoby:

$$i = I_1 \sin(\omega t) + I_2 \sin(2\omega t) + I_3 \sin(3\omega t) + \dots$$

Jak to równanie rozumieć?

Przedstawiamy takie równanie:  
 $i = I_1 \sin(\omega t) + I_2 \sin(2\omega t) + I_3 \sin(3\omega t) + \dots$   
 gdzie  $I_1, I_2, I_3, \dots$  to amplitudy różnych składników.

W której jednak frekwencjach jest podwójną.

Suma tych wszystkich sinusów i cosinusów daje  
 nam w rezultacie naszą krzywą.

$i = I_1 \sin(\omega t) + I_2 \sin(2\omega t) + I_3 \sin(3\omega t) + \dots$

$i = I_1 \sin(\omega t) + I_2 \sin(2\omega t) + I_3 \sin(3\omega t) + \dots$

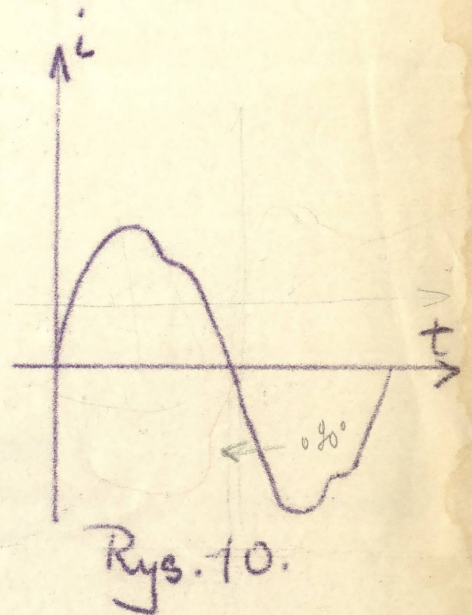
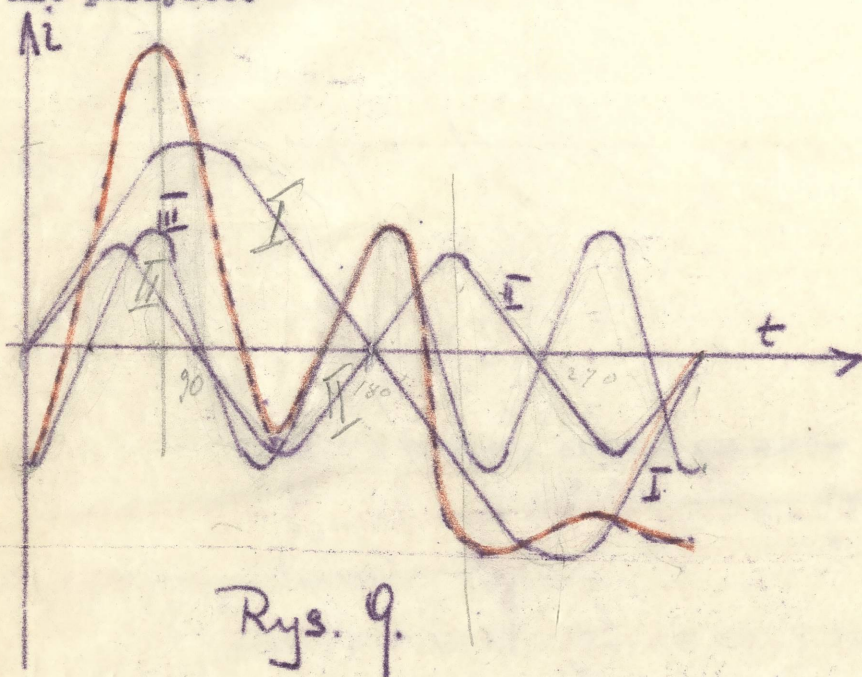
Przyjmijmy takie równanie:

$$i = I_1 \sin(\omega t) + I_2 \sin(2\omega t) + I_3 \sin(3\omega t) + \dots$$

Widzimy, że krzywa według poprzedniej metody, więc najpierw  $I_1 \sin(\omega t)$   
 następnie  $I_2 \sin(2\omega t)$  jest to sinusoidalna amplituda  $I_1 \sin(\omega t)$   
 ta krzywa jest o podwójnej frekwencji, na którą więc poprzednia, przy-  
 daje dwie krzywe określone tem równaniem / Rys. 9. / wreszcie trzecia

trzeciego rzędu  $B_3 \max \cos(3\omega t)$  jest to krzywa tego rodzaju, że na jedną falę podstawową przypadają 3 fale określone tem równaniem, przesunięte o  $1/4$  okresu. Suma tych krzywych daje nam zależność  $i$  od  $t$ . Przy szukaniu sumy znajdujemy punkty charakterystyczne, które łączymy linią czerwoną.

Kształt tej krzywej jest dość skomplikowany, równanie natomiast stosunkowo dość proste. Sprawa jednak się upraszcza, jeżeli krzywa jest symetryczna do rzędnej  ~~$t$~~ , wtedy bowiem znikają wszystkie fale harmonijnie parzyste.



Weźmy na przykład krzywą przedstawioną na rys.10. krzywa ta przy przesunięciu o połowę, jest symetryczną do osi " t ", równanie tej krzywej będzie:

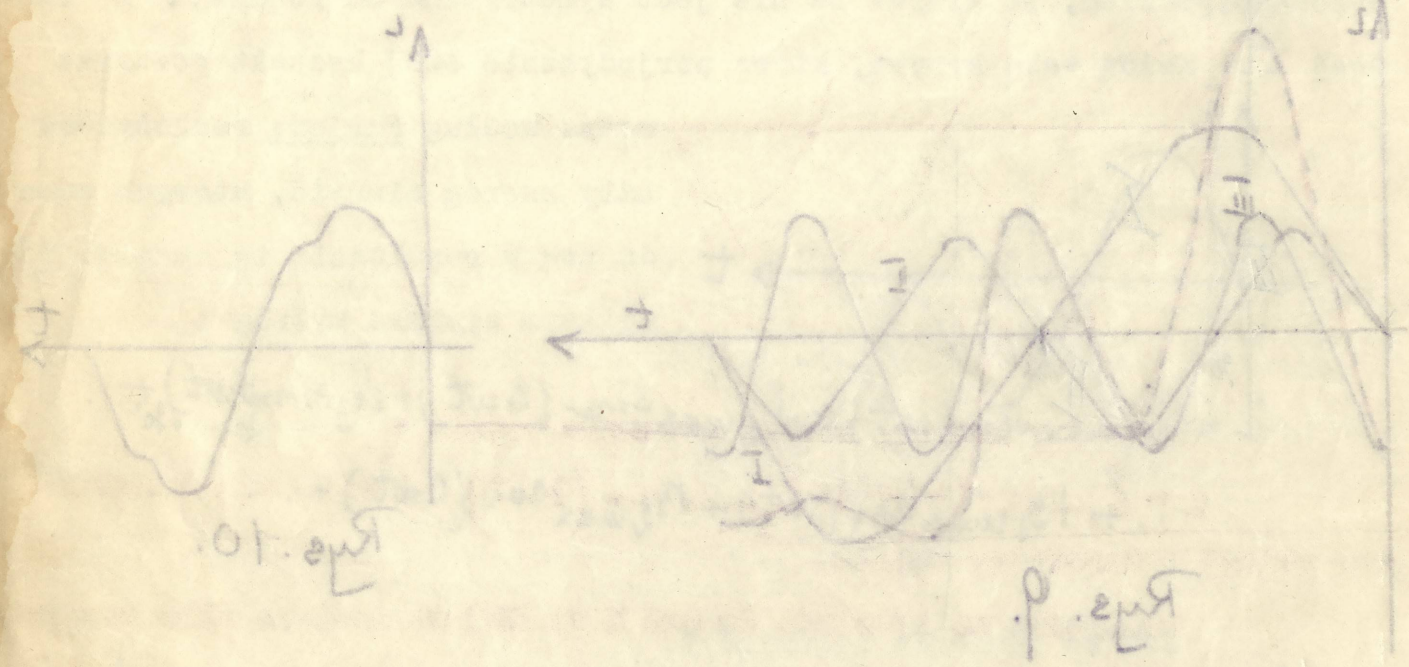
$$i = A_1 \max \sin(\omega t) + A_3 \max \sin(3\omega t) + A_5 \max \sin(5\omega t) + \dots$$

$$+ B_1 \max \cos(\omega t) + B_3 \max \cos(3\omega t) + \dots$$

Jeżeli krzywa jest symetryczną do osi  $t$  to sprawa uprości się jeszcze więcej, wtedy znikają albo wszystkie cosony sinusoidalne lub kosinusoidalne. W razie symetrii do osi X i Y nie mogą zachodzić żadne parzyste harmonijne, krzywa jest więc scharakteryzowana nieparzystymi członami cosinusoidalnymi albo sinusoidalnymi. Krzywe takie zachodzą w technice prądów zmiennych, n.p.  $e = E_1 \max \sin(\omega t) - E_3 \max \sin(3\omega t)$  krzywą tą przedstawia nam rys.11.

... jest to krzywa tego rodzaju, że ...  
 ... zależność 1 od f. przy ...  
 ... które są ...

... jest to krzywa ...  
 ... jest ...  
 ...



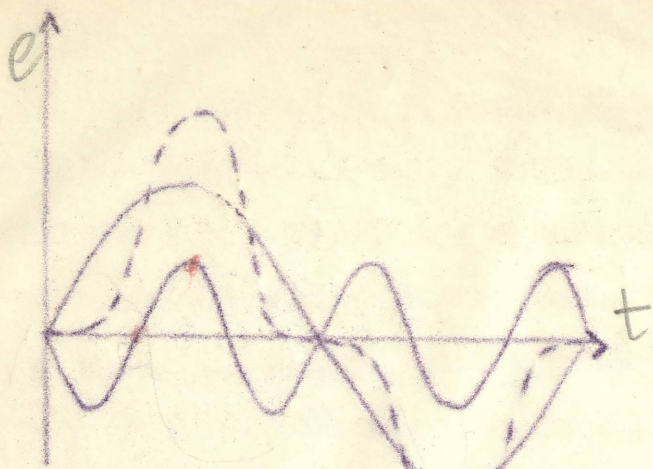
... przedstawiono na rys. 10. krzywa ta ...  
 ... jest symetryczna do osi "t", ponieważ ...

...  

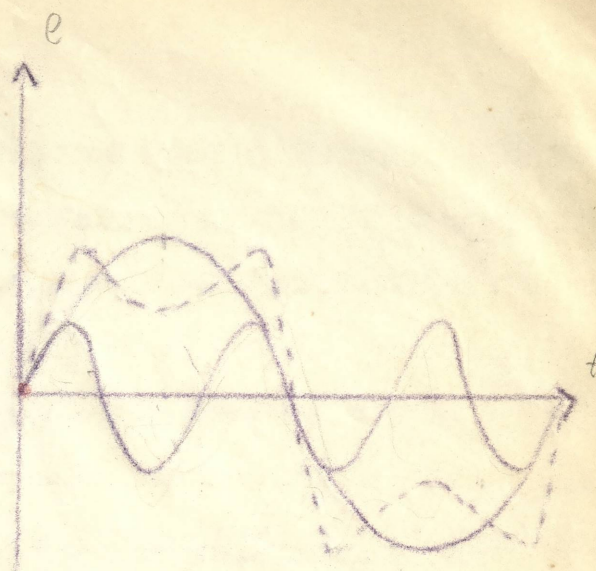
$$i = i_1 \cos(\omega t) + i_2 \cos(2\omega t) + i_3 \cos(3\omega t) + \dots$$
  
 ...  

$$i = i_1 \cos(\omega t) + i_2 \cos(2\omega t) + i_3 \cos(3\omega t) + \dots$$
  
 ...  

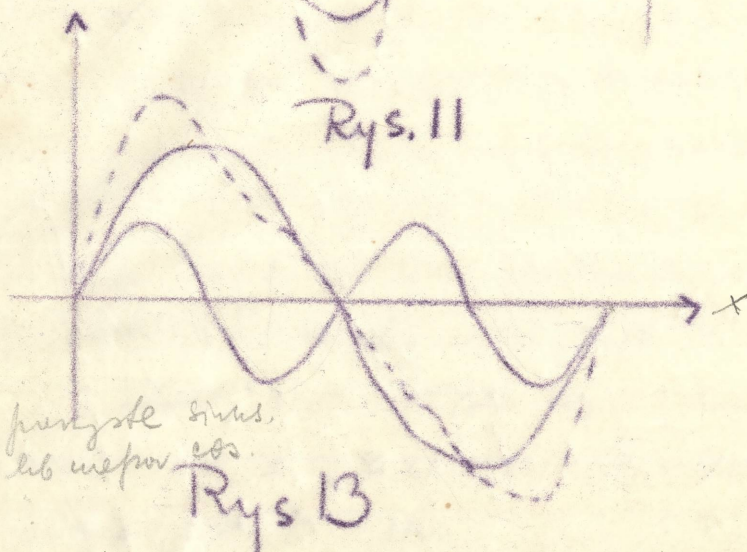
$$i = i_1 \cos(\omega t) + i_2 \cos(2\omega t) + i_3 \cos(3\omega t) + \dots$$
  
 ...



Rys. 11



Rys. 12



parzyste sinus.  
lub niepar. cos.

Rys. 13

Narysujmy krzywą, której równanie będzie :

$$e = E_{1max} \sin(\omega t) + E_{3max} \sin(3\omega t)$$

krzywa ta ma chara-

cter więcej spłaszczonej rys.12.

Jeżeli nie ma symetrii do osi Y to krzywa zawiera albo parzyste sinusoidalne lub nieparzyste cosinusoidalne.

Weźmy taką krzywą :

$$i = I_{1max} \sin(\omega t) + I_{2max} \sin(2\omega t)$$

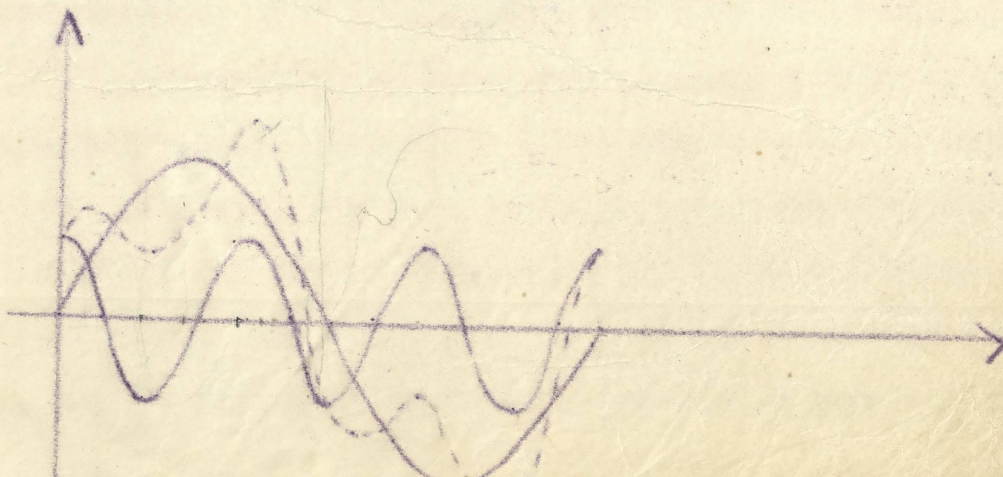
rysujmy

fale podstawową, następnie harmonijną drugiego rzędu, konstruujemy wypadkową i otrzymujemy krzywą rys.13.

Weźmy jeszcze krzywą :

$$i = I_{1max} \sin(\omega t) + I_{3max} \cos(3\omega t)$$

stosując poprzednie zasady otrzymamy krzywą na rys.14.



Rys. 14.

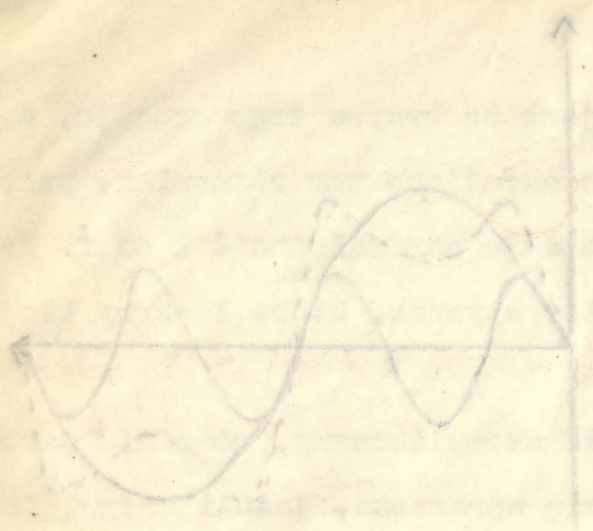


Рис 12

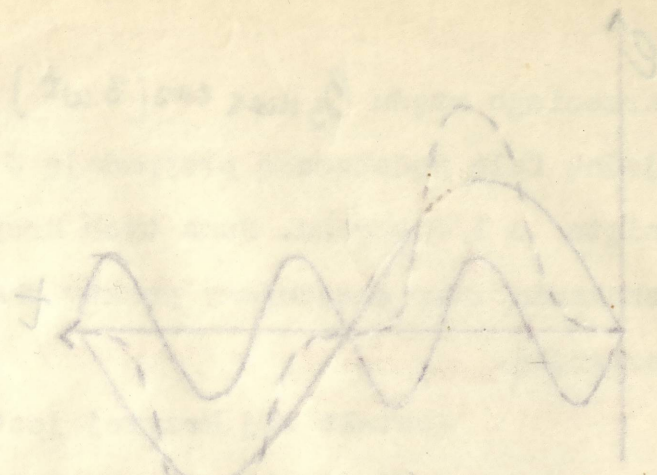


Рис 11

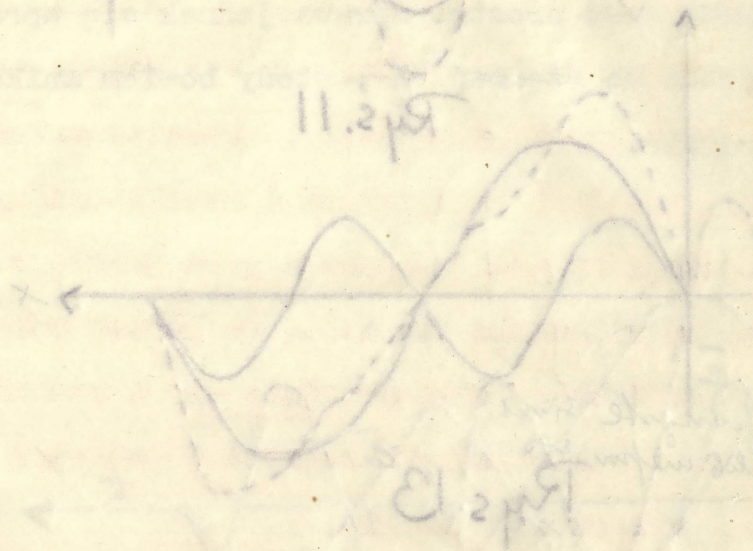


Рис 13

Кратчайшая кривая, идущая по началу периода:

$$e = \sqrt{e_{1max}^2 \cos^2(\omega t) + e_{2max}^2 \sin^2(\omega t)}$$

Для этого выражения рис. 12.

Если же не учитывать до оси Y то кривая равна либо первому

или второму из них, либо их сумме.

Вот так кривая:

$$i = \sqrt{i_{1max}^2 \cos^2(\omega t) + i_{2max}^2 \sin^2(\omega t)}$$

Для построения, необходимо помнить следующее: константы зависят

как и от частоты рис. 13.

Вот такая кривая:

$$i = \sqrt{i_{1max}^2 \cos^2(\omega t) + i_{2max}^2 \sin^2(\omega t)}$$

а также попутно можно отметить рис. 14.

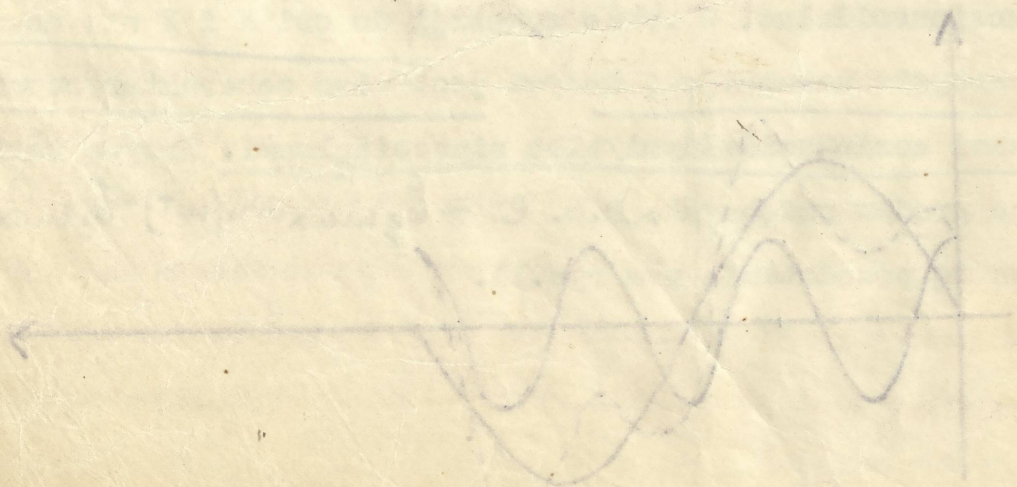
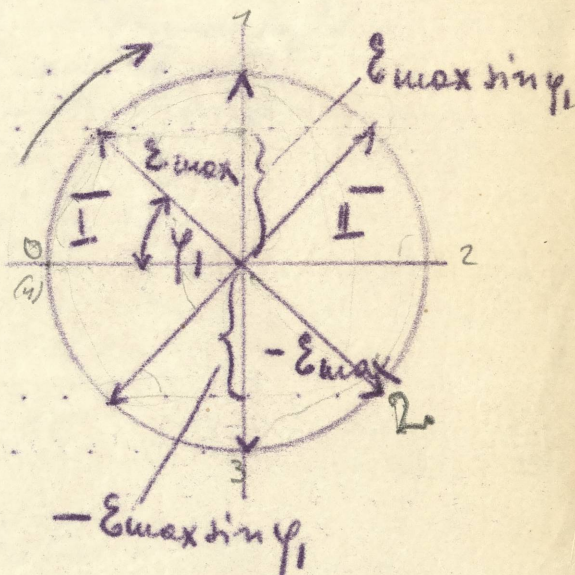
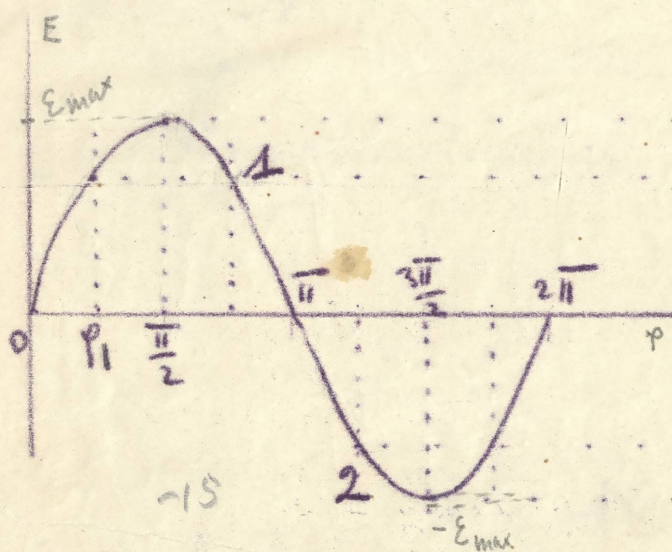


Рис 14

Całą teorię prądów zmiennych rozwinie my z zastrzeżeniem że mamy do czynienia tylko z krzywami sinusoidalnymi. Można tę teorię wprowadzić w różny sposób ; w sposób analityczny t.zn., że dla każdej sinusoidy ustawiamy jej równanie w postaci :

$e = E_{max} \sin \varphi$ , otrzymamy szereg równań, którymi możemy liczyć, ponieważ jednak matematyczne rachunki są dość skomplikowane staram się tą metodą uprościć. Pierwszym który ją uprościł był STEINMETZ, który zamiast tych równań wprowadza urojone cyfry. Metoda ta nie bardzo się przyjęła, dostaje się wprawdzie krótsze i bardziej zwarte równania, metoda jednak sama nie jest zbyt przejrzysta i niezbyt się różni od drogi analitycznej, gdyż rachunek cyframi urojonymi jest trochę niewygodny. Inny sposób polega poprostu na rysowaniu sinusoid, co jednak zależy od ilości sinusoid.

Metodą która przyjęła się w technice prądów zmiennych jest metoda przedstawiania tych zagadnień za pomocą wektorów. Metoda ta jest ogólnie i wyłącznie w użyciu.



Weźmy jakąś sinusoidę / rys.15. / jest to graficzne przedstawienie równania  $e = E_{max} \sin \varphi$

Przedstawmy tę sinusoidę za pomocą wektorów. Robimy to w ten sposób, że poprostu zakreślamy koło, którego promień równa się amplitudzie tej sinusoidy. Rysujemy sobie poszczególne promienie i przyjmujemy że promień  $E_{max}$  rotuje w kierunku obrotu wskazówek zegarka. W tym wypadku projekcja tego wektora na oś Y da nam zawsze momentalną wartość  $E_{max} \sin \varphi$ . Zaczniemy od kąta  $0^\circ$  projekcja tego wektora będzie również 0,

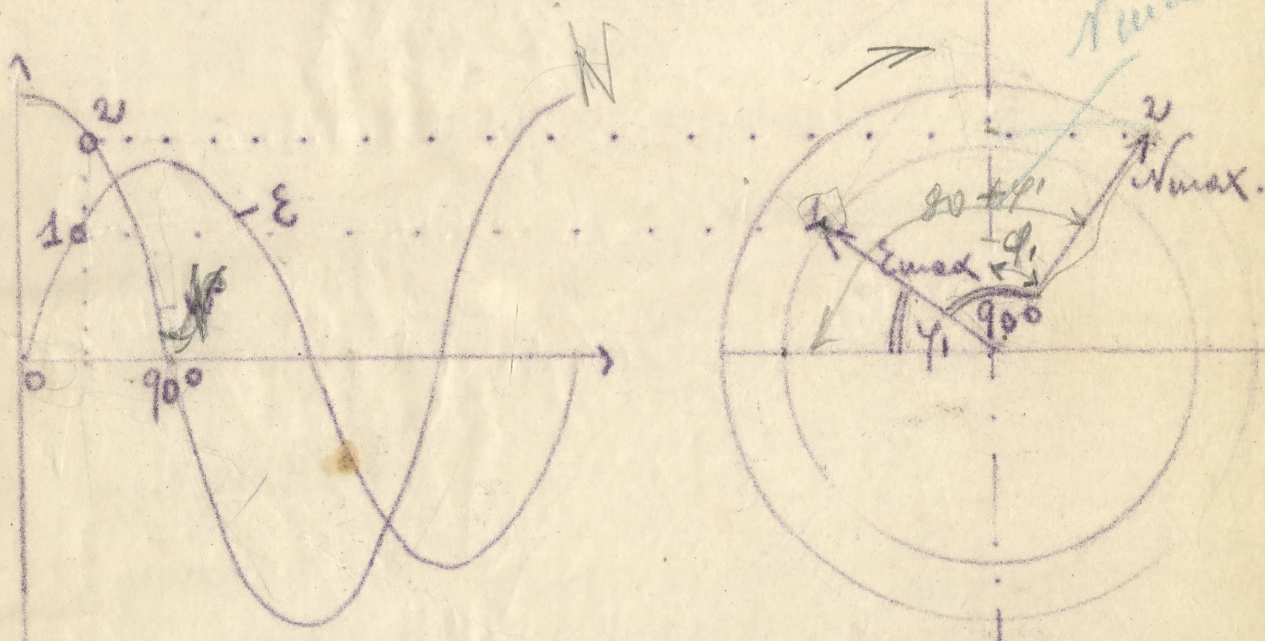


jeżeli  $\varphi_1 = 90^\circ$  to otrzymamy amplitudę.



*II ćw. 100*

Widzimy w rysunku, że momentalna wartość w pierwszym kwadracie <sup>n/</sup> wzrasta, w drugim maleje. Jeżeli dojdziemy do położenia II. na kole, to na sinusoidzie temu położeniu odpowie punkt 2. Widzimy z tego, że za pomocą tej metody wektorjalnej można zupełnie ściśle przedstawić sinusoidę w skróceniu. W technice jednak prądów zmiennych nie mamy do czynienia tylko z jedną sinusoidą, należałoby więc rozwiązać kwestję jak przedstawić większą ilość tych sinusoid za pomocą wektorów. Jeden tego rodzaju wypadek mieliśmy już poprzednio, mianowicie przedstawiliśmy elektromotoryczną siłę i strumień magnetyczny za pomocą sinusoid i przekonaliśmy się, że krzywe te są względem siebie przesunięte o 1/4 okresu, w jaki sposób można to przedstawić w wektorach?



Rys. 16.

Narysujmy przebieg elektromotorycznej siły i strumienia magnetycznego / rys.16. /

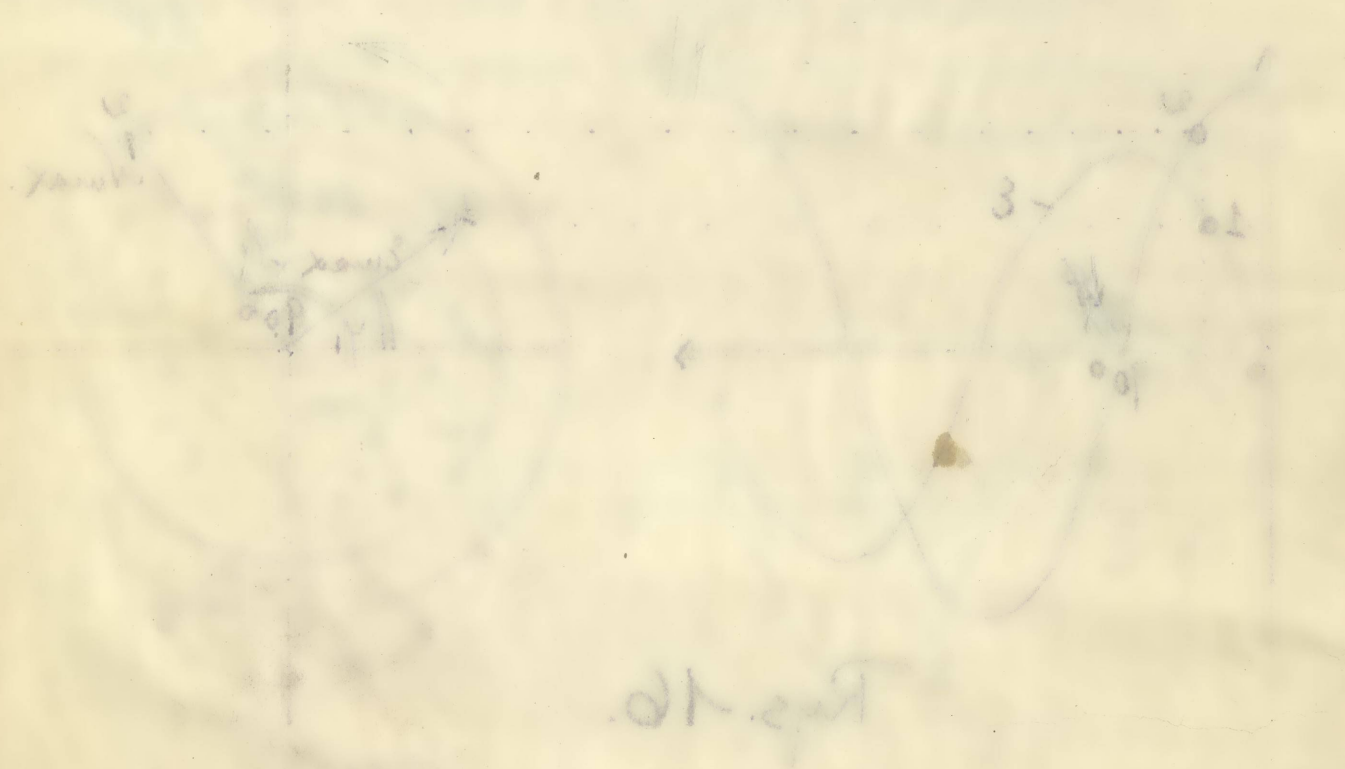
Kreślmy koło o promieniu  $E_{max}$  (amplituda) drugie z nim współśrodkowe o promieniu  $N_{max}$ . Obierzmy dalej, jakikolwiek punkt na elektromotorycznej sile i strumieniu magnetycznym i projektujmy jego momentalną wartość na odpowiednie koła, to dla elektromotorycznej siły otrzymamy kąt  $\varphi_1$ , dla strumienia zaś magnetycznego otrzymamy wartość w drugim kwadracie, kąt przesunięcia jak widać z wektorów wynosi  $90^\circ$ .

Analitycznie będzie

$$e = E_{max} \sin \varphi_1$$
$$N = N_{max} \cos \varphi_1 = N_{max} \sin \left( \varphi_1 + \frac{\pi}{2} \right)$$

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header, including the number "11-70".

Main body of handwritten text, appearing to be a detailed report or description, though the characters are faint and difficult to decipher.



Handwritten text centered below the diagram, possibly a label or a reference number.

Additional handwritten text at the bottom of the page, continuing the report or providing further details.

$$\begin{aligned} C &= \text{Quadrant} \\ \frac{1}{2} &= \text{Quadrant} \end{aligned}$$

Równania te mówią to samo co i rysunek, mianowicie, że  $N$  - jest wobec elektromotorycznej siły o  $90^\circ$  w fazie przyspieszone. Opierając się na powyższym możemy powiedzieć, że dwie fale sinusoidalne " $N$ " i " $e$ " z których " $e$ " jest o  $1/4$  okresu opóźniona przedstawić można za pomocą dwóch wektorów " $N_{max}$ " i " $e_{max}$ " które są o  $90^\circ$  wobec siebie, przesunięte. Są one jakgdyby sztywnie z sobą związane i rotują w kierunku obrotu zegarka. Projektcja ich na rzędną  $y$  da nam chwilową wartość.

Przyjmijmy ogólny wypadek. Mamy dwa prądy o pewien kąt względem siebie przesunięte, przedstawmy to graficznie. Chodzi nam o to, aby te dwie sinusoidy przedstawić w wektorach, postępujemy w tym celu podobnie jak poprzednio i otrzymujemy rys.17.

Analitycznie możemy przedstawić pierwszą falę

$$i_1 = I_1 \max \sin \varphi_1$$

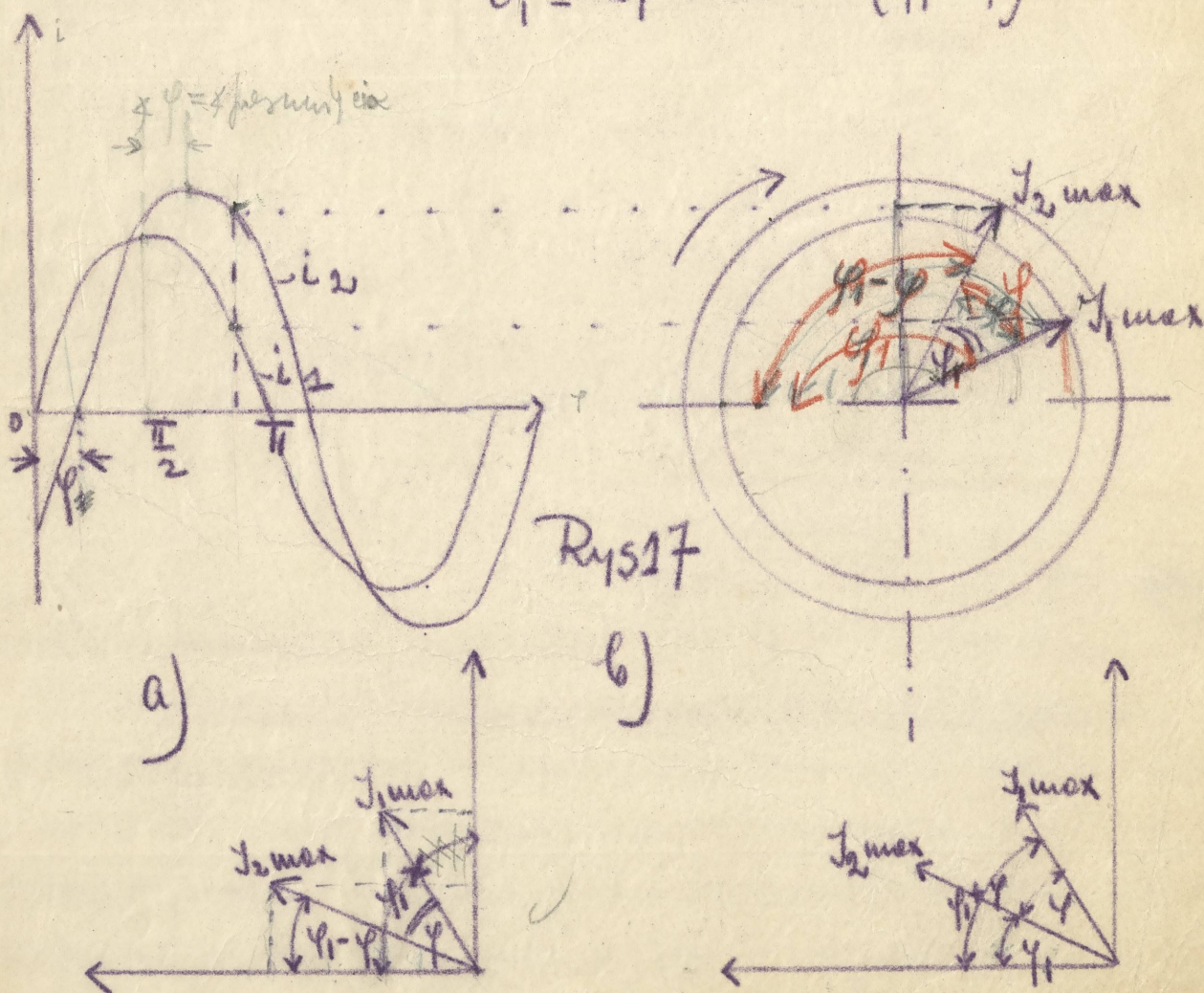
$$\text{druga } i_2 = I_2 \max \sin(\varphi_1 - \varphi)$$

możemy jeszcze inaczej

rachować, wtedy otrzymamy :

$$i_2 = I_2 \max \sin \varphi_1$$

$$i_1 = I_1 \max \sin(\varphi_1 + \varphi)$$



Rys 17

Wskazywanie to może to samo co i rysunek, mianowicie, że N  
 jest wobec elektromagnetycznej siły o 90° w fazie przyspieszenia. Opiera  
 się na powiększeniu momentu pędu, że daleka fala sinusoidalna "N"  
 i "e" a "k" jest o 1/4 okresu opóźniona przedstawiać można za-  
 pomocą dwóch wektorów "N" i "e" max" kłóca się o 90° wobec siebie,  
 przedstawiają. Są one jednakże wykazywane z sobą związane i rotują w kierunku  
 obrotu zegarka. Projektują ich na rzędne Y da nam chwilowy wektor.  
 Przejmijmy ogólny wypadek. mamy dwa prądy o powłoki kąt wzglę-  
 dem siebie przesunięte, przedstawimy to graficznie. Uchodź nam o to, aby to  
 dale sinusoidalnie przedstawiać w wektorach, postępujemy w tym celu podobnie  
 jak poprzednio i otrzymujemy rys. IV.

Analizujemy moment przedstawiać pierwszy falę

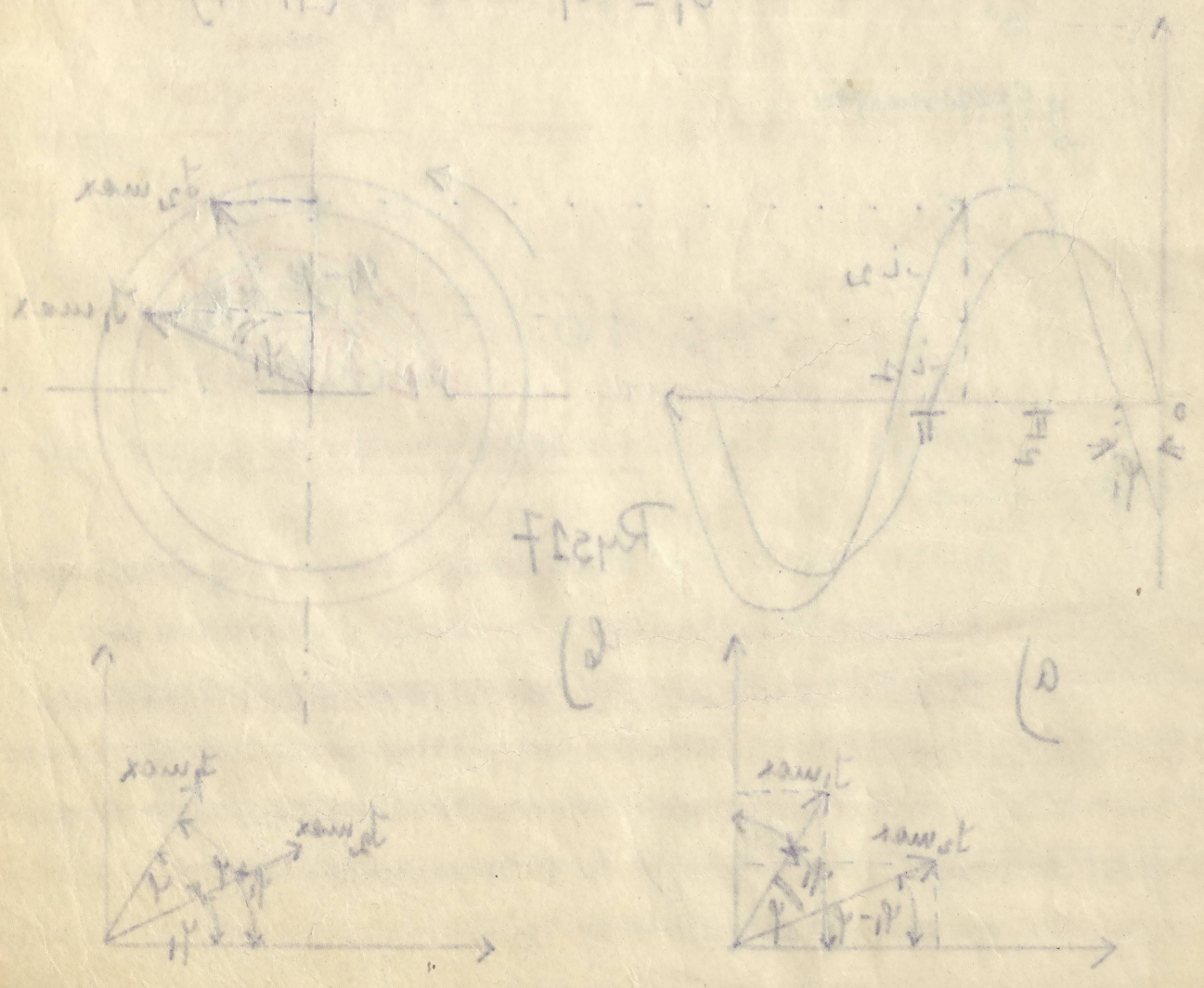
$$i_1 = I_1 \max \sin \psi_1$$

$$i_2 = I_2 \max \sin(\psi_1 - \psi)$$

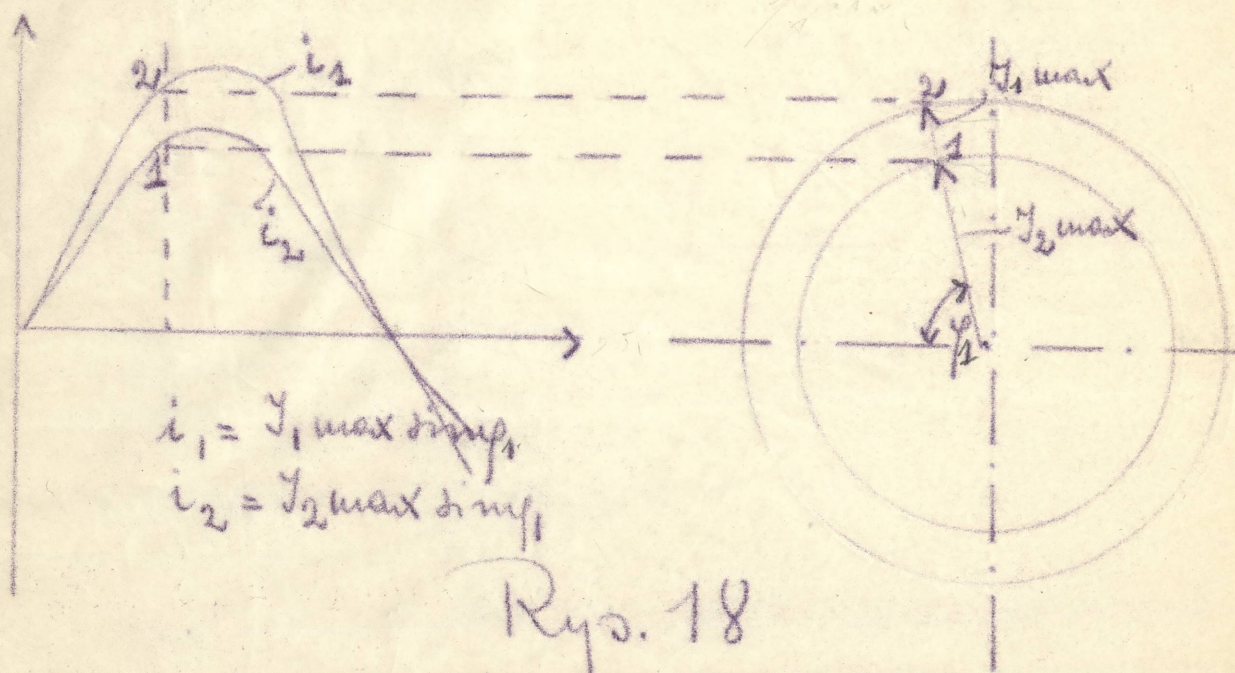
możemy jeszcze inaczej

$$i_1 = I_1 \max \sin \psi_1$$

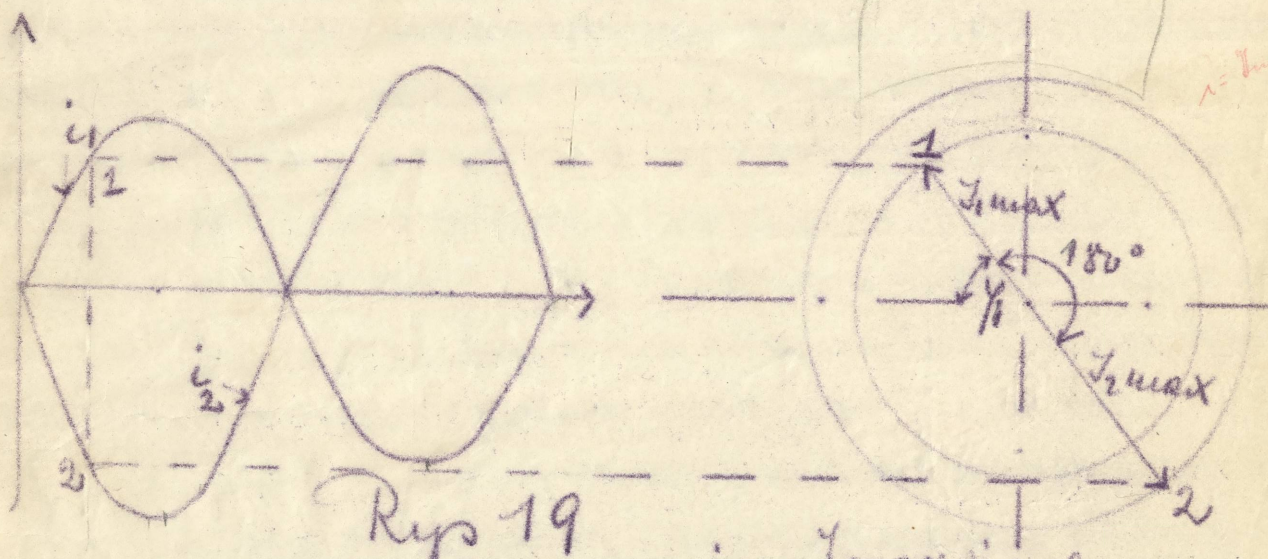
$$i_2 = I_2 \max \sin(\psi_1 + \psi)$$



Weźmy inny przykład. Mamy dwa prądy będące w fazie. Jak to graficznie przedstawić? Graficzne przedstawienie da nam 2 wektory na jednej linii położone / rys.18. /



Weźmy pod uwagę dwa prądy przesunięte w fazie o  $180^\circ$  / rys.19/



Analityczne równania będą

$$i_1 = I_{1max} \sin \varphi_1$$

$$i_2 = I_{2max} \sin \varphi_2$$

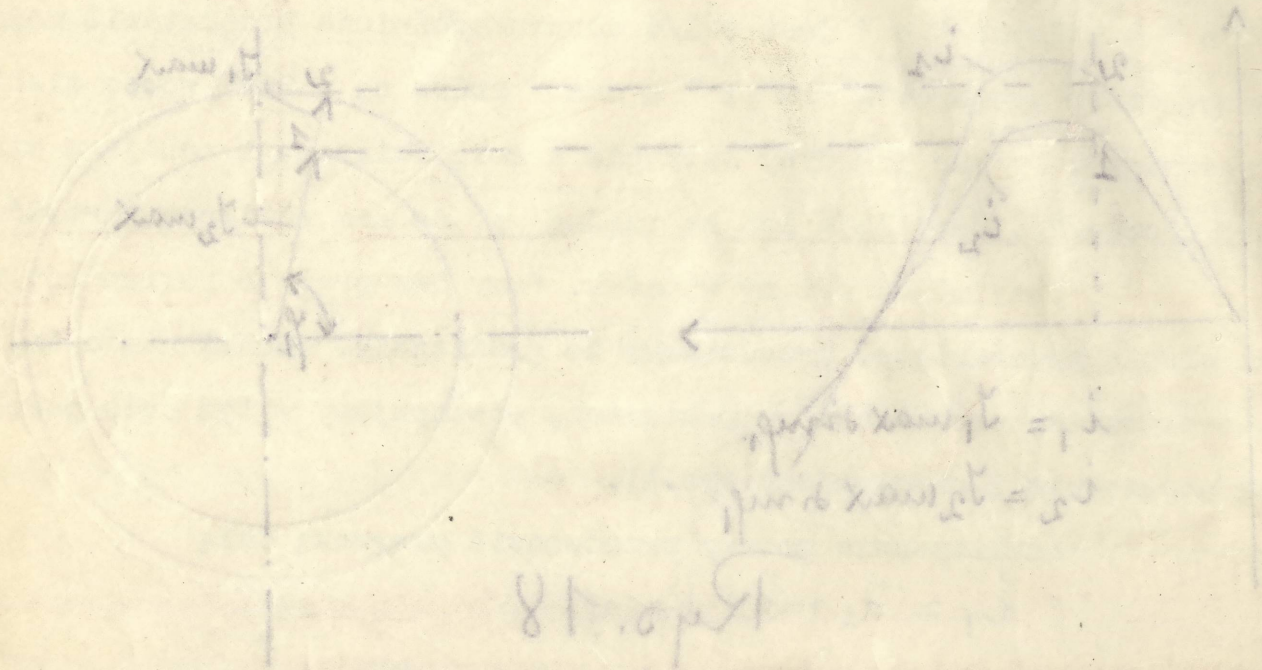
$$i_1 = I_{1max} \sin \varphi_1$$

$$i_2 = I_{2max} \sin (\varphi_1 + 180^\circ) = -I_{2max} \sin \varphi_1$$

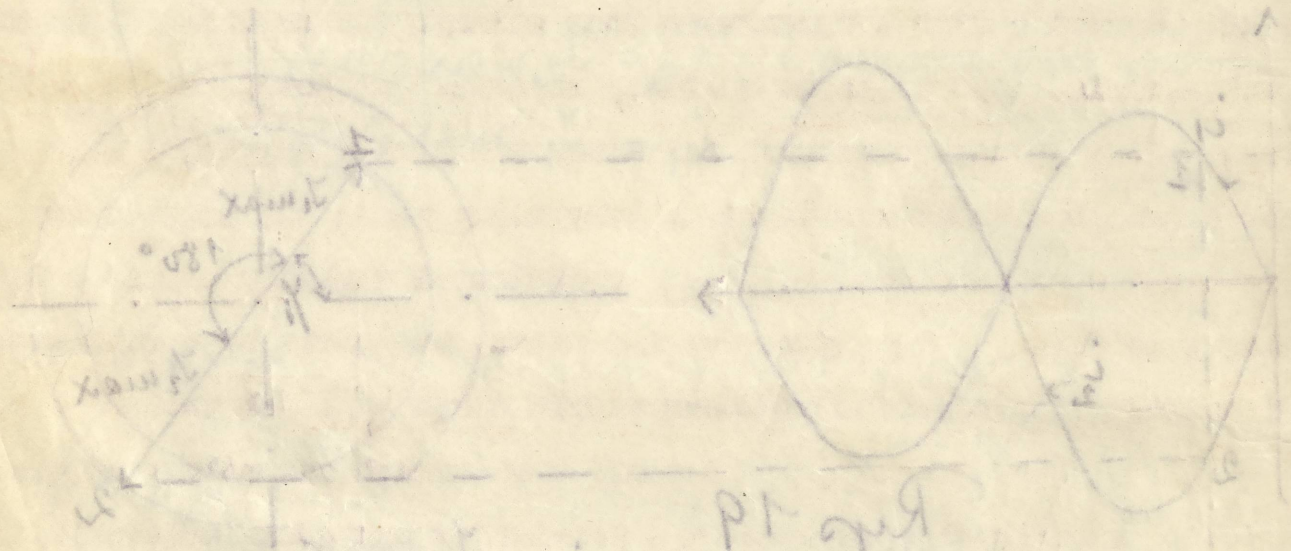
Równanie to powiada, że  $i_2$  jest wobec  $i_1$  o  $180^\circ$  opóźnione.

Zajmijmy się teraz, w jaki sposób przedstawić za pomocą wektorów fale sinusoidalne. Przekonamy się, że za pomocą wektorów można przedstawić fale zawierające więcej harmonijnych. Wróćmy do krzywej przedstawionej na rys.9., krzywa ta zawiera fale harmonijne drugiego i trzeciego rzędu. Dla pierwszej fali mamy projekcję 0 w położeniu "A", momentalna wartość drugiej harmonicznej jest również 0 "A", projekcja = 0., ten

Wektorowy sposób przedstawienia drgań w fazie. Jak to  
graficznie przedstawić? Graficzne przedstawienie drgań z wektorami na  
tej samej linii poziomej / rys. 18 /



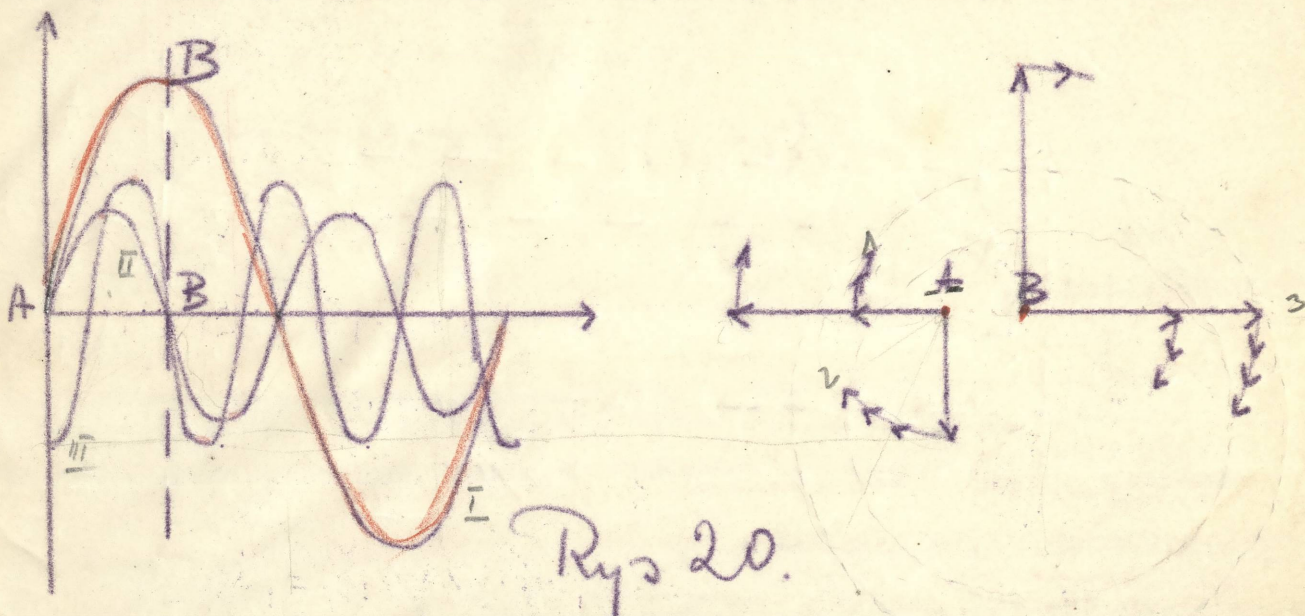
Wektorowy sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$  / rys. 19 /



Wektorowy sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$  / rys. 19 /  
 Najłatwiej się ten sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$  opisać.  
 Najważne to pamiętać, że jest to sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$ .  
 Analizując różnicę fazy  $\phi_1 = \sqrt{2} x_{max} \sin \phi_1$   
 $\phi_2 = \sqrt{2} x_{max} \sin \phi_2$   
 $\phi_1 = \sqrt{2} x_{max} \sin \phi_1$   
 $\phi_2 = \sqrt{2} x_{max} \sin \phi_2$   
 (1/4 + 1/4) = 1/2

Wektorowy sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$ .  
 Najważne to pamiętać, że jest to sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$ .  
 Najważne to pamiętać, że jest to sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$ .  
 Najważne to pamiętać, że jest to sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$ .  
 Najważne to pamiętać, że jest to sposób przedstawienia drgań w fazie o  $180^\circ$ .

ten wektor natomiast wiruje z podwójną chyżością, trzecia harmonijna ma ujemną projekcję rotuje zaś z potrójną chyżością / Rys.20. /

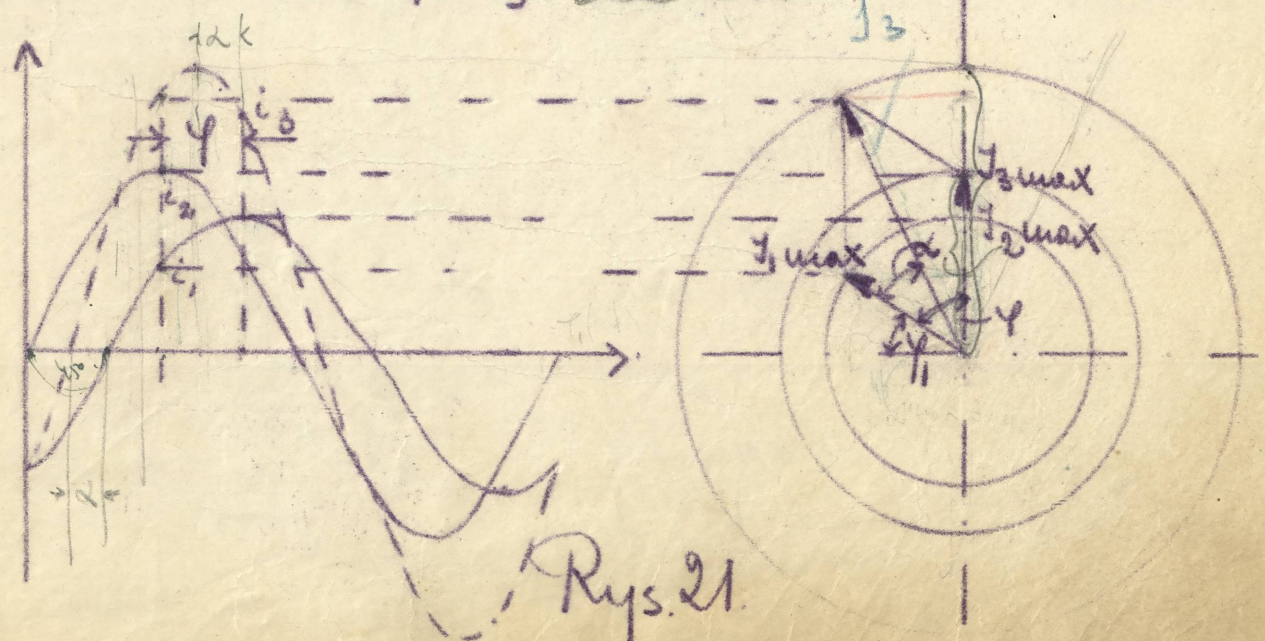


Rys 20.

W położeniu B wektor pierwszy będzie miał pełną wielkość harmonijnie zaś druga i trzecia będą miały projekcję 0.

Z położenia A do B pierwszy wektor obróci się o  $90^\circ$  drugi o  $180^\circ$  trzeci o  $270^\circ$ . W praktyce tego rodzaju przedstawianie nie ma zastosowania, gdyż wektorów o różnej chyżości obrotowej składać nie można. Wróćmy jednak do naszych fal sinusoidalnych i zapytajmy w jaki sposób można je składać w wektorach. Przyjmijmy, że są dwa prądy, których przebiegi są sinusoidami  $i_1, i_2$  opóźnionymi względem siebie o  $45^\circ$ . Mamy więc fale  $i_1, i_2$  jako funkcje czasu, względnie kąta obrotowego  $\varphi$ . Sinusoidy są przesunięte względem siebie o kąt  $\varphi$ . Jak znaleźć wypadkową?

Aby wypadkową przedstawić w wektorach zakreślamy koło o amplitudzie  $i_1$ , następnie  $i_2$  wreszcie  $i_3$ , przyjmijmy następnie położenie dla którego wektor  $i_2$  jest maksymalny, to otrzymamy sytuację przedstawioną na rys.21. Kąt między  $J_1$  i  $J_3$  wynosi  $\alpha$ .



Rys. 21.



W bardzo łatwy sposób można dowieść, że wektor  $I_3 \max$  jest wypadkowym  $I_1 \max; I_2 \max$ . Analitycznie przedstawia się te równania:

$$i_1 = I_1 \max \sin \varphi_1$$

$$i_2 = I_2 \max \sin(\varphi_1 + \varphi)$$

$$i_3 = I_3 \max \sin(\varphi_1 + \alpha)$$

wobec  $i_1$  przyspieszone.

$i_3$  jest więc w fazie

Przy prądzie stałym było  $i_3 = i_1 + i_2$

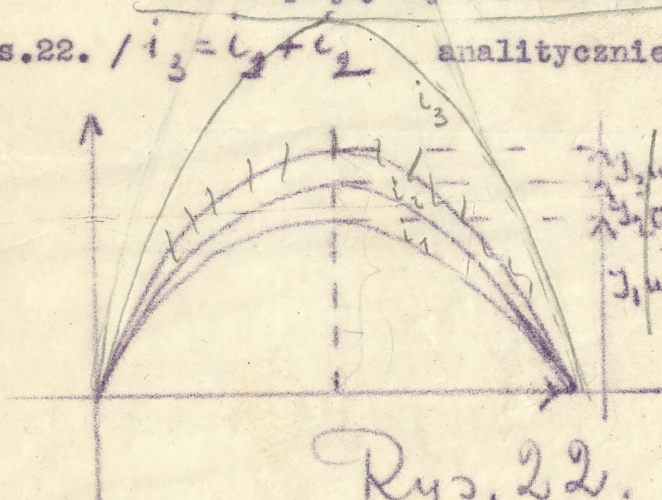
przy prądzie zmiennym sprawa ta inaczej się przedstawia, równanie

$i_3 = i_1 + i_2$  odpowiada tylko wartościom chwilowym prądu zmiennego. Chwilowe więc wartości sumują się algebraicznie, maksymalne zaś geometrycznie.

Przytoczmy kilka charakterystycznych wypadków.

Jeżeli prądy są w fazie <sup>o ten porządek</sup> to wartości sumują się algebraicznie.

/ rys.22. /  $i_3 = i_1 + i_2$  analitycznie będziemy mieć :



$$i_1 = I_1 \max \sin \varphi_1$$

$$i_2 = I_2 \max \sin \varphi_1$$

$$i_3 = I_3 \max \sin \varphi_1$$

Rys. 22.

kąt  $\varphi$

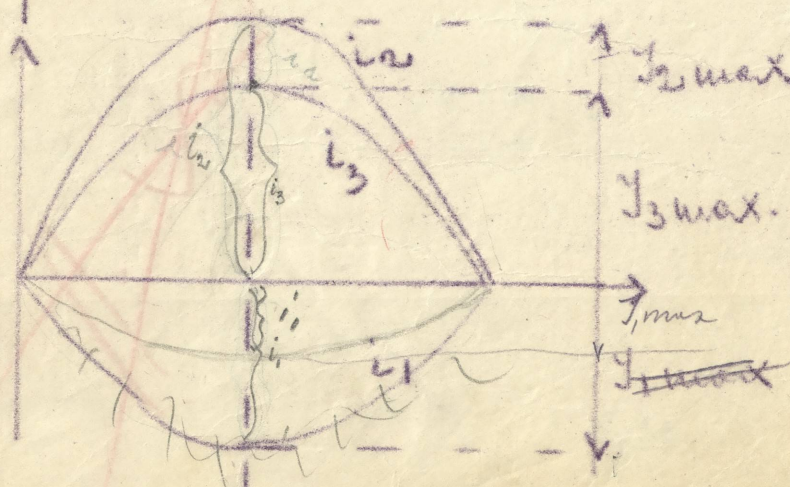
jest wszędzie ten sam, różnią się tylko amplitudy, dla tego wypadku

$$I_1 \max + I_2 \max = I_3 \max$$

$$i_1 + i_2 = i_3$$

Weźmy inny wypadek / rys.23. /  $i_3 = i_2 - i_1$  w wektorach

kąt  $\varphi = 180^\circ$



Rys 23.

W bardzo łatwy sposób można dowiedzieć, że wektor  $\vec{I}_{max}$  jest wypadkowym  $\vec{I}_1, \vec{I}_2, \vec{I}_3$ . Analitycznie przedstawia się to rów-

nanie:

$$I_1 = I_{max} \sin \psi_1$$

$$I_2 = I_{max} \sin (\psi_1 + \varphi)$$

$$I_3 = I_{max} \sin (\psi_1 + \alpha)$$

jest więc w fazie

wobec  $I_1$  przyspieszone.

$$\underline{I_2 + I_3 = I_1}$$

Przy prądzie zmiennym sprawa ta inaczej się przedstawia, różnic

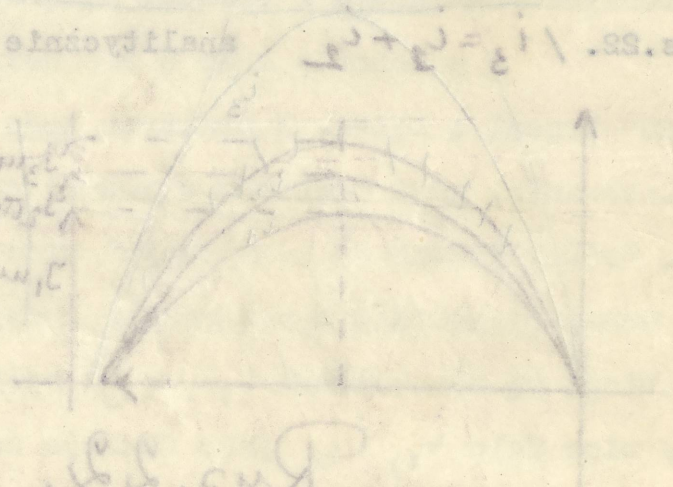
odpowiada tylko wartościom chwilowym prądu zmiennego. Grwilo-  
we wiec wartości średnie się algebraicznie, maksymalne zaś kompozycje.

Przytoczony kilka charakterystycznych wypadków.

Jeżeli prąd są w fazie to wartości sumują się algebraicznie.

Analitycznie będziemy mieć:

$$I_1 = I_{max} \sin \psi_1$$
$$I_2 = I_{max} \sin \psi_1$$
$$I_3 = I_{max} \sin \psi_1$$

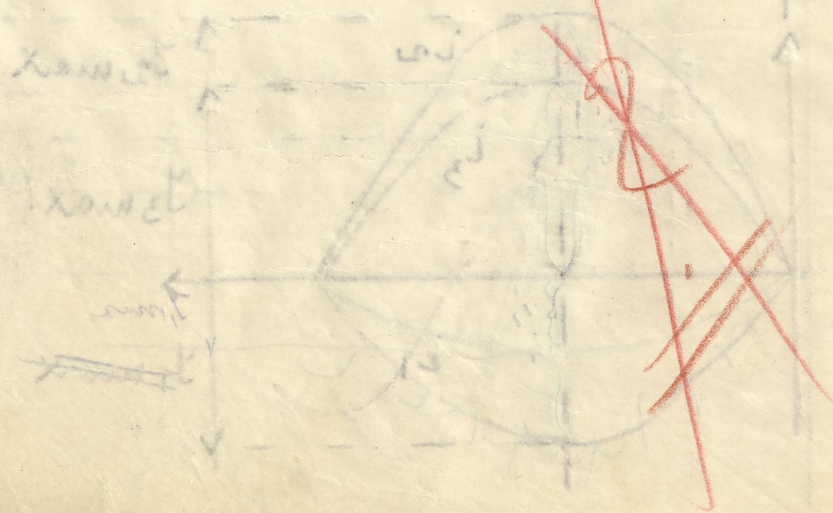


Rys. 22.

Jeżeli prąd ten sam, różni się tylko amplitudą, dla tego wypadku  $I_1 + I_2 = I_{max} = I_1 + I_2$  również i dla efektywnych wartości będzie

Wolny inny wypadek / rys. 23.  $I_3 = I_1 - I_2$  w wektorach

kt  $\psi = 180^\circ$



Ch. op. 4

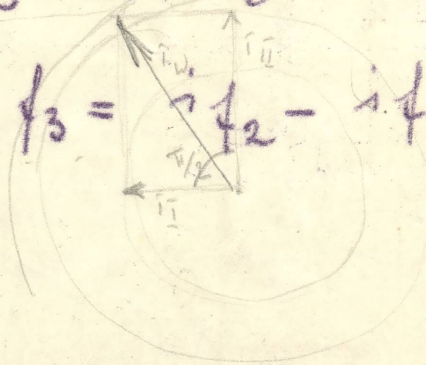
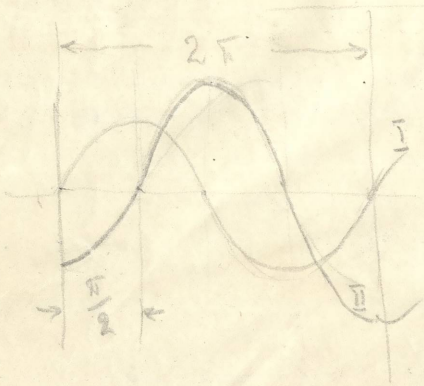
$$i_1 = I_1 \max \sin(\varphi - 180)$$

$$i_2 = I_2 \max \sin \varphi$$

$$i_3 = I_3 \max \sin \varphi$$

$$I_3 \max = I_2 \max - I_1 \max$$

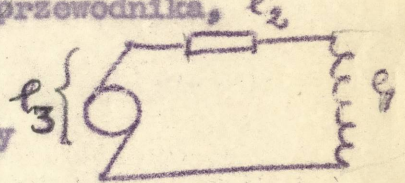
$$i_3 = i_2 - i_1$$



Weźmy jako przykład dwie elektromotoryczne siły w fazie o  $\frac{\pi}{2}$  przesunięte. Jest to wypadek, który w technice prądów zmiennych często zachodzi. Utwórzmy wypadkowy  $\mathcal{E}_3$ , w wektorach przedstawi nam to rys.24. W praktyce  $\mathcal{E}_1 =$  napięcie na zaciskach przewodnika,  $\mathcal{E}_2$

$\mathcal{E}_2$  - napięcie na zaciskach oporu

$\mathcal{E}_3$  - " " " " maszyny



Maxymalny liczy się  $\mathcal{E}_1$

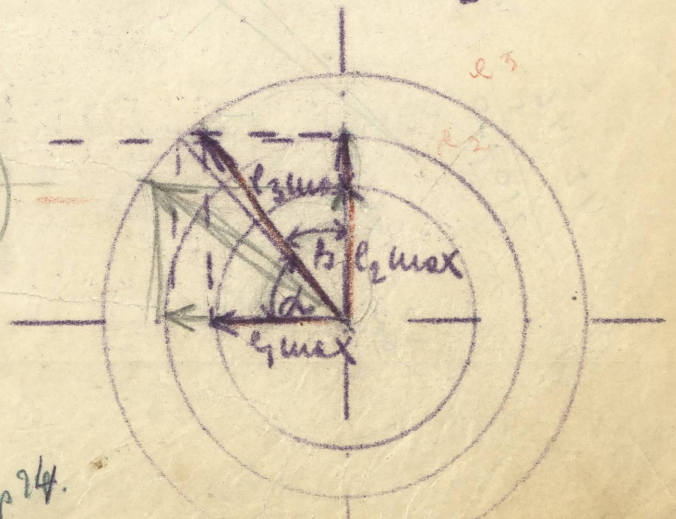
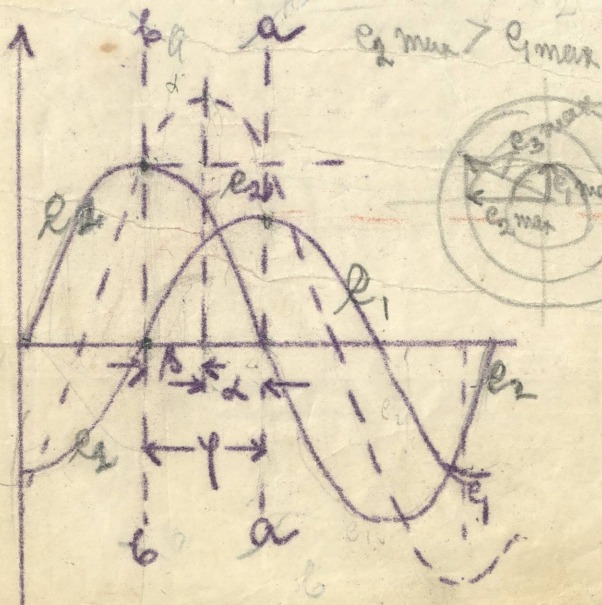
Dlatego wypadku  $\varphi = \frac{\pi}{2}$

$$aa \left\{ \begin{aligned} \mathcal{E}_1 &= \mathcal{E}_1 \max \sin \varphi \\ \mathcal{E}_2 &= \mathcal{E}_2 \max \sin(\varphi + \frac{\pi}{2}) \\ \mathcal{E}_3 &= \mathcal{E}_3 \max \sin(\varphi + \alpha) \end{aligned} \right.$$

to otrzymamy

zaczniemy rachować od  $\mathcal{E}_2$

$$bb \left\{ \begin{aligned} \mathcal{E}_2 &= \mathcal{E}_2 \max \sin \varphi \\ \mathcal{E}_1 &= \mathcal{E}_1 \max \sin(\varphi - \frac{\pi}{2}) \\ \mathcal{E}_3 &= \mathcal{E}_3 \max \sin[\varphi - (\frac{\pi}{2} - \alpha)] \end{aligned} \right.$$



Rys 24.

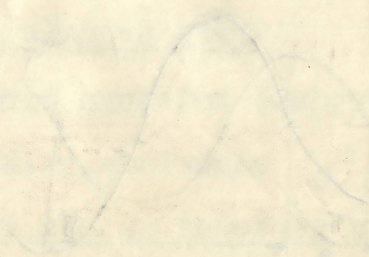
$$i_1 = I_{1 \max} \sin(\omega t - \varphi_1)$$

$$i_2 = I_{2 \max} \sin \omega t$$

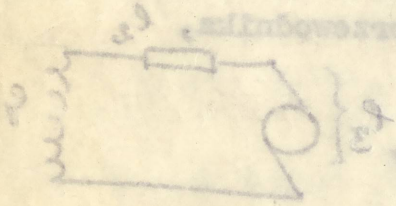
$$i_3 = I_{3 \max} \sin \omega t$$

$$I_{3 \max} - I_{1 \max} = I_{2 \max}$$

$$I_3 - I_1 = I_2$$



Wskazywano jako przykład ciele elektrotechniczne sily w czasie  $\frac{1}{2}$  okresu. Jest to wyznaczenie, ktore w technice przybyl kalcuowych osadzach. Uwazamy wyznaczanie  $I_3$  w wyznaczach przedstawil nam se



Bladego wyznaczenia  $I_3 = I_2 + I_1$

$$I_3 = I_{3 \max} \sin(\omega t + \alpha)$$

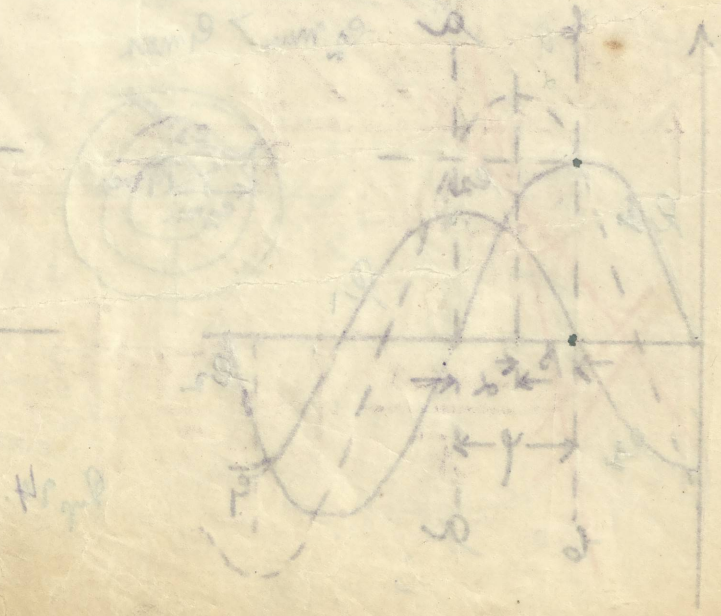
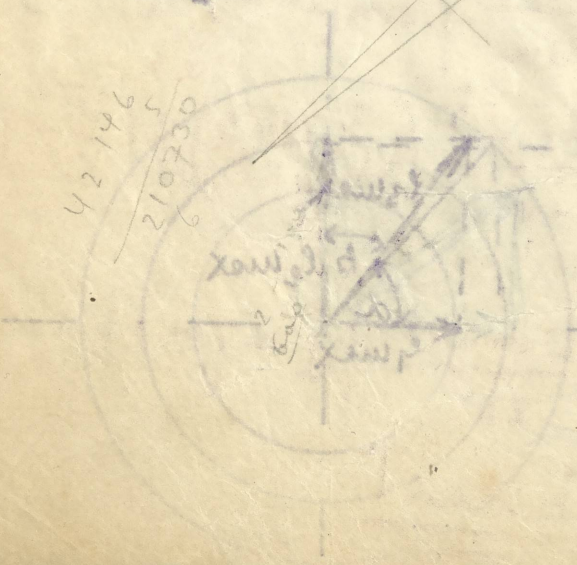
$$I_2 = I_{2 \max} \sin \omega t$$

$$I_1 = I_{1 \max} \sin(\omega t - \varphi_1)$$

$$I_3 = I_{3 \max} \sin(\omega t + \alpha)$$

$$I_2 = I_{2 \max} \sin \omega t$$

$$I_1 = I_{1 \max} \sin(\omega t - \varphi_1)$$



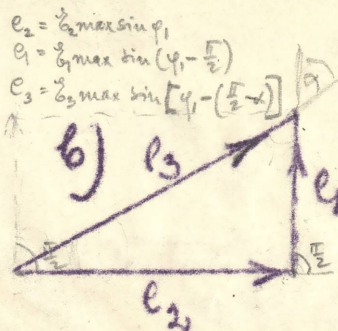
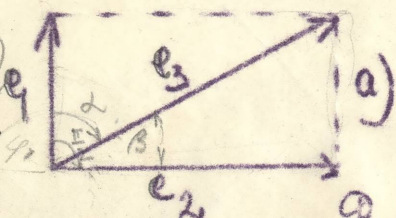
Zwykle nie rysujemy kół lecz tylko składowe i wypadkowy

wektor / rys.25. / a,b, /

$$e_1 = \hat{e}_1 \max \sin \varphi_1$$

$$e_2 = \hat{e}_2 \max \sin(\varphi_2 + \frac{\pi}{2})$$

$$e_3 = \hat{e}_3 \max \sin(\varphi_3 + \pi)$$



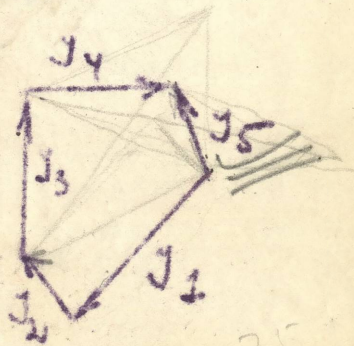
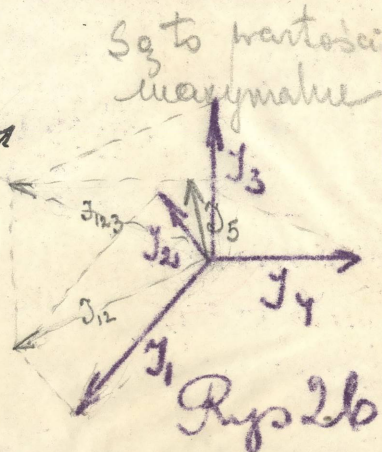
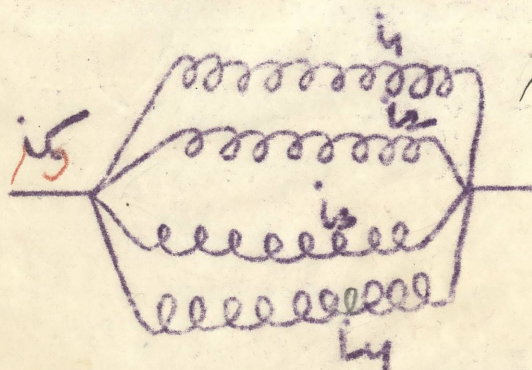
Weźmy więcej rozgałęzień, np. cztery, chodzi o to aby skonstruować wypadkową i jej

amplitudę i fazę.

Rys 25

Postępujemy w tym wypadku zupełnie analogicznie jak przy

składaniu sił / rys.26. /



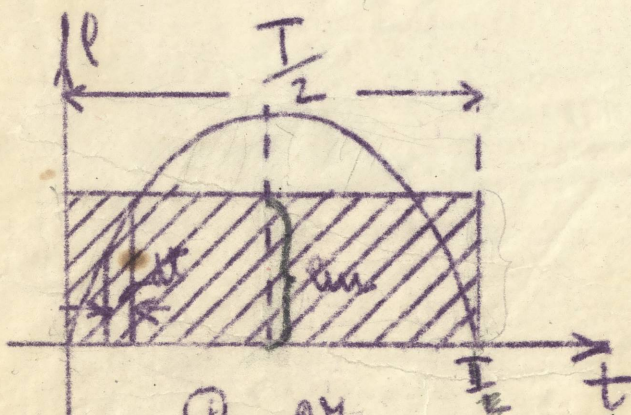
Rys 26

Dotychczas poznaliśmy wartości chwilowe i maksymalne jednak oprócz tego są inne wartości, które nas interesują, to wartości przeciętne i wartości skuteczne.

$$T = \frac{1}{\omega} = 2\pi$$

Aby otrzymać przeciętną wartość zastępujemy płaszczyznę

fali czworobokiem o tej samej powierzchni, wysokość tego czworoboku da nam przeciętną wartość / rys.27. /



Rys 27

$$F = \int_{t=0}^{t=\frac{T}{2}} e dt = \int_{t=0}^{t=\frac{T}{2}} E_{max} \sin(2\pi nt) dt =$$

$$= \frac{E_{max}}{2\pi n} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin(2\pi nt) d(2\pi nt) =$$

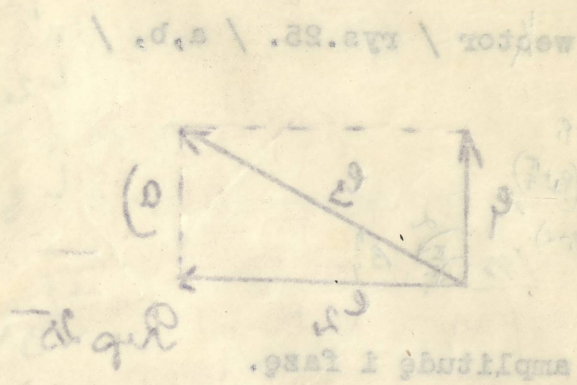
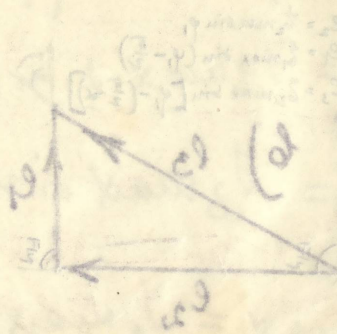
$$= \frac{E_{max} T}{2\pi} \int_0^{\frac{T}{2}} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) d\left(\frac{2\pi t}{T}\right) =$$

$$= \frac{E_{max} T}{2\pi} \left| \cos \frac{2\pi t}{T} \right|_0^{\frac{T}{2}} = \frac{E_{max} T}{2\pi} |1 - (-1)| =$$

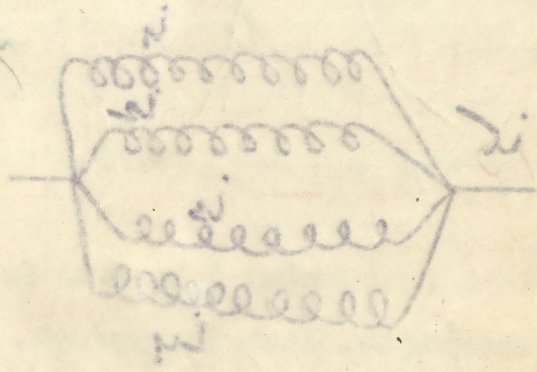
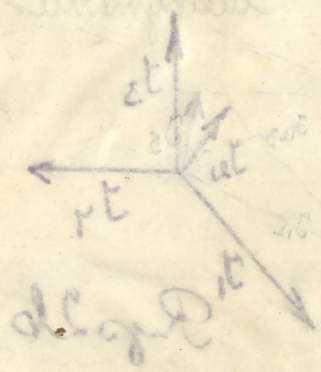
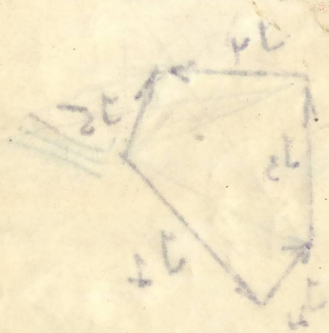
$$= \frac{E_{max} T}{\pi}$$

Zwykle nie rysujemy kół łec tylko składowe i wypadkowy

Ważny wniosek rozgałę-  
 zienia, np. zewnętrz, cho-  
 dzi o to aby skonstru-  
 ować wypadkowy jest



Postępujemy w tym wypadku zupełnie analogicznie jak przy



Dotychczas poznaliśmy wartość chwilową i maksymalną  
 jednak oprócz tego są inne wartości, które nas interesują,  
 to wartości przeciętne i wartości skuteczne.

Aby otrzymać przeciętną wartość zastępujemy przesłany

Taki czworobokiem o tej samej powierzchni, wysokość tego czworoboku da

nam przeciętną wartość / rys. 27. /

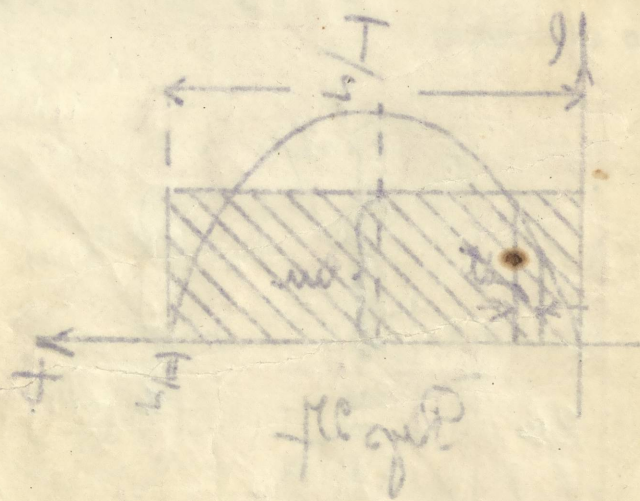
$$F = \int_{t=0}^{t=T} e^{i\omega t} dt = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$

$$F_{max} = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$

$$\frac{F_{max}}{i\omega} = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$

$$\frac{F_{max}}{i\omega} = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$

$$\frac{F_{max}}{i\omega} = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$



$$\frac{F_{max}}{i\omega} = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$

$$\frac{F_{max}}{i\omega} = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$

$$\frac{F_{max}}{i\omega} = \frac{1}{i\omega} [e^{i\omega T} - 1]$$

Płaszczyzna ta równa się także płaszczyźnie czworoboku

$$\frac{E_{max} T}{\pi} = I_m \frac{T}{2}; \quad I_m = \frac{2}{\pi} I_{max} = 0,637 I_{max} \quad \checkmark$$

Gdybyśmy mieli do czynienia z prądem to byłoby :

$$i_m = 0,637 I_{max} \quad \text{jest to wartość przeciętna.}$$

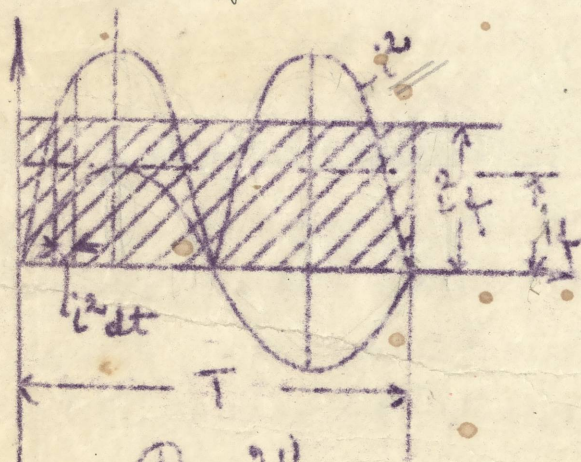
Przejdźmy teraz do rozpatrzenia skutecznej wartości. Aby

skuteczną wartość wyprowadzić musimy sobie uprzytomnić, że instrument nie pokazuje przeciętnej wartości, lecz tylko odchylenia jego są proporcjonalne do <sup>wartości skutecznej</sup>  $i_{ef}$ . Dla mocy prądu zmiennego wchodzi w rachubę skuteczna wartość prądu, która powoduje odchylenie instrumentu, ta skuteczna wartość jest równorzędna z prądem stałym, który w tym samym oporze wykonuje tę samą pracę cieplną. Ten prąd zmienny z tych wszystkich chwilowych jego wartości jest Ekwiwalentem prądu stałego, który w tym samym oporze wywołuje energję cieplną.

Energja cieplna jest proporcjonalna do  $I^2$  wobec czego musimy sobie z danej fali utworzyć wartość do kwadratu / rys.28. /

Zastąpmy te płaszczyzny czworobokiem o tej samej powierzchni to wysokość tego czworoboku jest skuteczną wartością podniesioną do kwadratu, przez wyciągnięcie z niej pierwiastka otrzymamy  $i_{ef}$ .

$i_{ef}$  jest analogiczne temu prądowi stałemu, który w instrumencie dynamometrycznym wywołuje to samo odchylenie, lub w tym samym oporze wywołuje ten sam efekt.



Rys 28

Rachunkowe wyprowadzenie

$$F = \int_0^T i^2 dt = \int_0^T I_{max}^2 \sin^2 \left( 2\pi \frac{t}{T} \right) dt = \frac{I_{max}^2 T}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin^2 \left( 2\pi \frac{t}{T} \right) d \left( 2\pi \frac{t}{T} \right)$$

$$\int \sin^2 x dx = \frac{x}{2} - \frac{1}{2} \sin x \cos x = \frac{x}{2} - \frac{1}{4} \sin 2x$$

$$\int_0^T i^2 dt = \frac{I_{max}^2 T}{2\pi} \left[ \frac{2\pi t}{2} - \frac{1}{4} \sin \frac{4\pi t}{T} \right]_0^T = \frac{I_{max}^2 T}{2\pi} [(T-0) - (0-0)] = I_{max}^2 \frac{T}{2}$$

$$= I_{max}^2 \frac{T}{2} = i_{ef}^2 T; \quad i_{ef} = I_{max} \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707 I_{max}$$

$$E_f = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} = 0,707 E_{max} \quad \checkmark$$

Pracownik na równie nie tylko planety i gwiazdy

$$E_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = \frac{1}{2} m \left( \frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{2\pi^2 m r^2}{T^2}$$

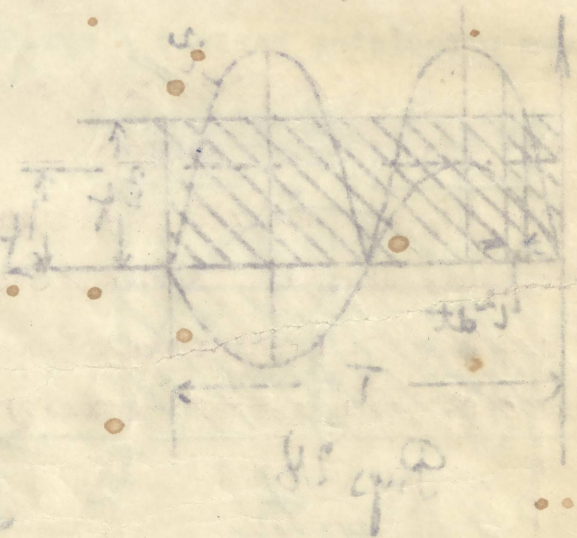
Wzrosty mialy do czynienia z prędkością i wysokością:

$$v_{max} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 10^7}{2\pi \cdot 10^8} = 0.1 \text{ m/s}$$

Wzrosty mialy do czynienia z prędkością i wysokością. Aby  
 zmniejszyć wzrost wyprzedzić musimy sobie uświadomić, że instrument  
 nie pokazuje prawdziwej prędkości, lecz tylko odczytania jego na pro-  
 porcjonalnie do  $\frac{1}{r}$ . Dla tego prędkość kątowa wahała w zakresie kilku  
 cm/s wzrost prędkości powoduje odczytanie instrumentu, że zmniejsza  
 wzrost jest różnorodny z prędkością, który w tym samym czasie wko-  
 naje to samo prace śmigła. Ten prędkość z tych wszystkich chwilowych  
 jego wzrost jest  $\frac{1}{2} v_{max}^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{2\pi r}{T} \right)^2$ , który w tym  
 samym czasie wykonać pracę śmigła.

Prędkość śmigła jest proporcjonalna do  $\frac{1}{r}$  wobec czego musi  
 być z samą tą prędkością do kątowej / rze. 28. /  
 Zatem to planety i gwiazdy z tym samym prędkością  
 to wzrost tego instrumentu jest zmniejszanie prędkości podziału do in-  
 strumentu, przez wyprzedzić z tym planety i gwiazdy  
 jest zmniejszanie kątowej prędkości, który w tym samym  
 czasie wykonać pracę śmigła.

Wzrostowe wyprzedzanie



$$F = \int_0^T \frac{1}{T} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) dt = \left[ -\frac{\cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right)}{\frac{2\pi}{T}} \right]_0^T = \frac{T}{2\pi} \left[ \cos\left(\frac{2\pi T}{T}\right) - \cos\left(\frac{2\pi \cdot 0}{T}\right) \right] = \frac{T}{2\pi} [1 - 1] = 0$$

$$v_{max} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi \cdot 10^7}{2\pi \cdot 10^8} = 0.1 \text{ m/s}$$

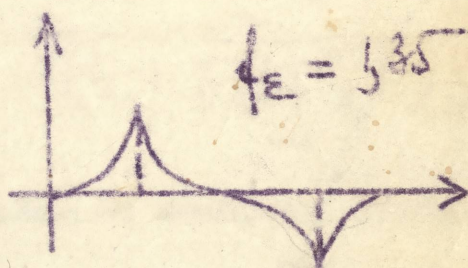
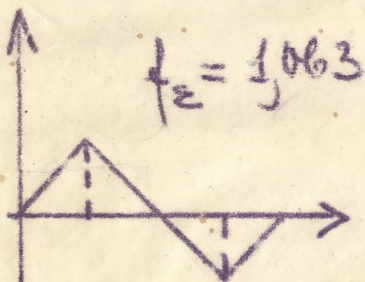
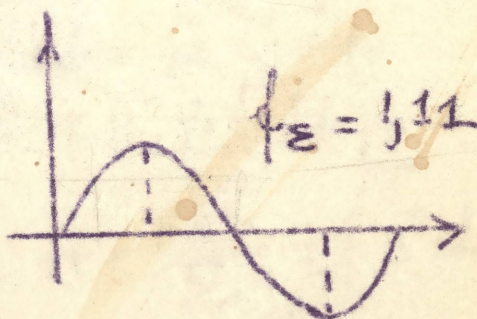
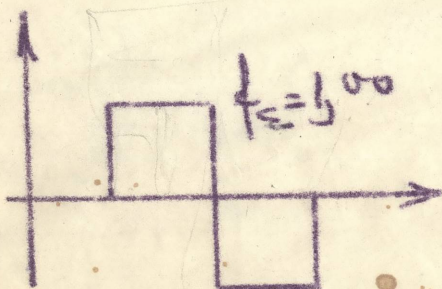
$$E_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = \frac{1}{2} m \left( \frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{2\pi^2 m r^2}{T^2}$$

Współczynnik wartości efektywnej  $\frac{ef}{E_{max}} = \sqrt{0.5}$  jest to współczynnik szczytowy. Współczynnik ten jest zależny od kształtu krzywej, dla krzywych spiczastych jest on mniejszy,  $\sqrt{0.515}$

współczynnik kształtu  $f_z = \frac{E_{max}}{ef} = \frac{0.637 E_{max}}{0.707 E_{max}} = 0.90$  dla

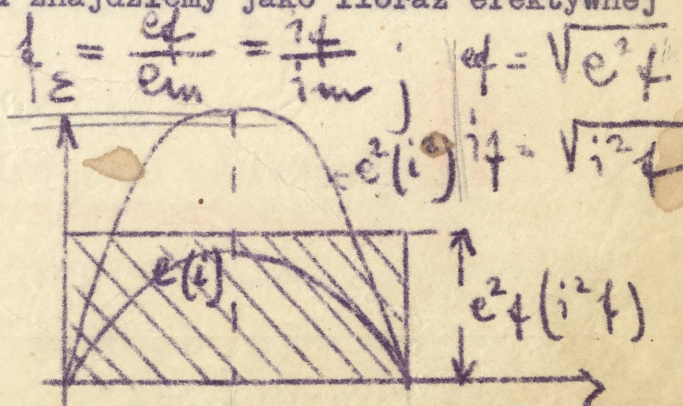
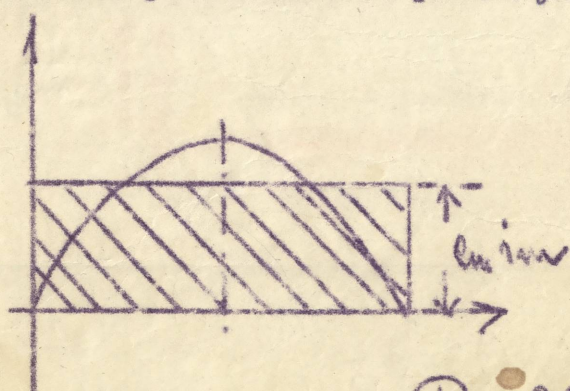
sinusoidy  $E_{m} = 0.90 ef$   
 według innej definicji  $f_z = \frac{ef}{E_{m}}$  dla sinusoidy  
 według tego wzoru dostaniemy  $1.11$

Zależność współczynnika  $f_z$  od kształtu krzywej wykazują następujące figury.



Rys 28

Chodziłoby nam teraz jak stwierdzić ten współczynnik kształtu przy różnych krzywych. Mamy np. przebieg siły elektromotorycznej, lub też prądu to, aby znaleźć współczynnik kształtu, szukamy najpierw przeciętnej wartości, następnie wartości skutecznej, o czym już wyżej była mowa / rys.29. / . Współczynnik kształtu znajdziemy jako iloraz efektywnej wartości przez wartość przeciętną



Rys 29

Współczynnik wartości efektywnej  $E_{max} = \sqrt{2}$  jest to

współczynnik  $\alpha$  o  $\gamma$  o  $w$  y . Współczynnik ten jest zależny od kształtu krzywej, dla krzywych sferoidalnych jest on mniejszy,  $E = 0,975$

współczynnik kształtu  $\frac{E_{max}}{E} = \frac{0,975 \cdot E_{max}}{0,107 \cdot E_{max}} = 0,90$  albo

dla sinusoidy

sinusoidy  $E_{max} = 0,90 \cdot E$   
według tabeli definiacji  $\frac{E_{max}}{E} = \frac{0,90}{1,11}$   
według tego wzoru dostaniemy 1,11

Ważność współczynnika  $\frac{E_{max}}{E}$  od kształtu krzywej wykazuje następujące figury.

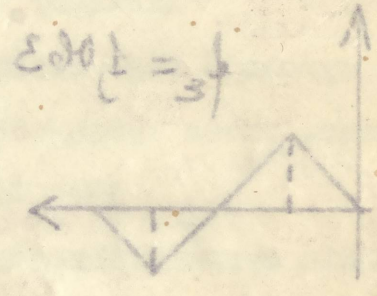
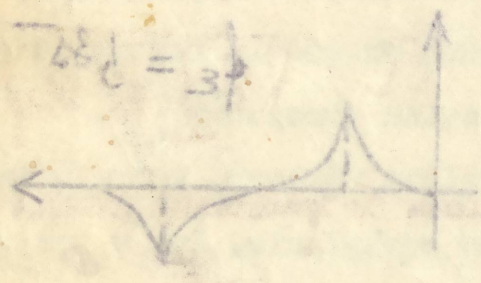
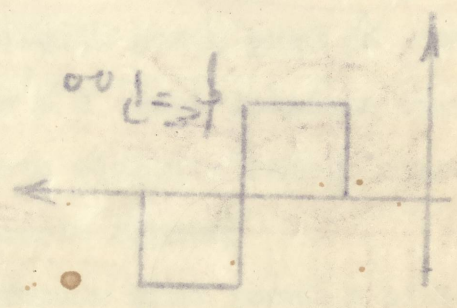
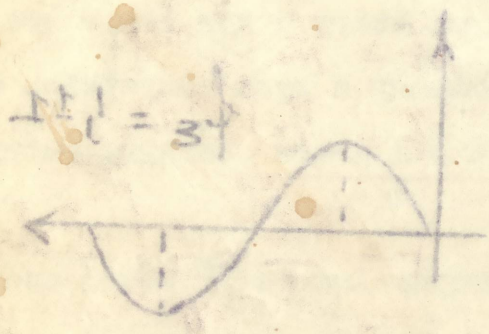


Fig. 13

Chodziłoby nam teraz jak stwierdzić ten współczynnik kształtu przy różnych krzywych. Należy np. przepisać sily elektrometrowe, lub też próbować, aby znaleźć współczynnik kształtu, szukamy najpierw przeciętnej wartości, następnie wartości skutecznej, o czym już wyżej była mowa

\ rze. 23. \ . Współczynnik kształtu znajdujemy jako iloraz efektywnej wartości przez wartość przeciętną  $\frac{E_{max}}{E} = \frac{E_{max}}{E} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{1,41} = 0,707$

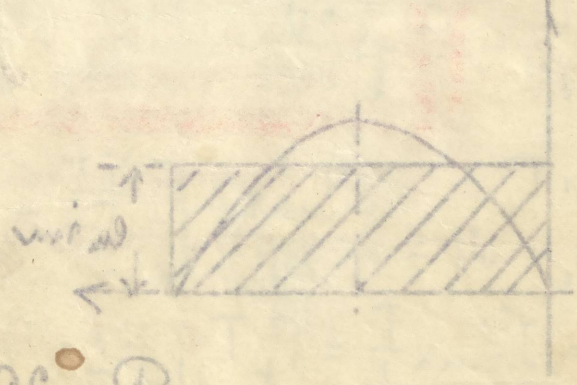
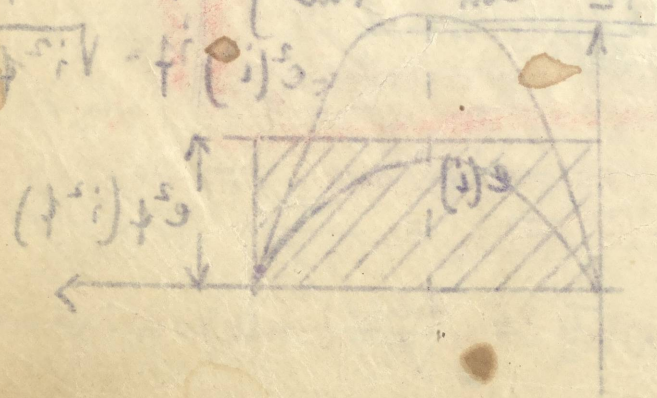
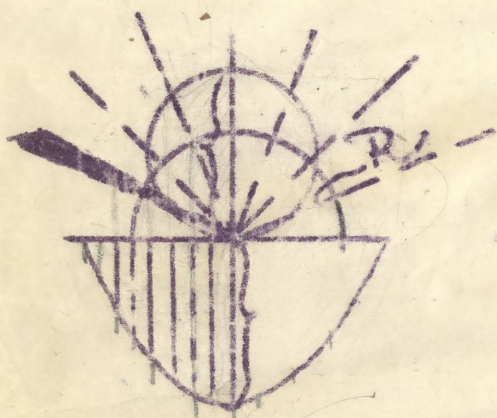


Fig. 13

Droga ta jest jednak dość długa i zawiła. Wymyślono więc prostszą metodę t.zw. metodę Fleminga. Polega ona na tem, <sup>nie</sup>

że krzywą daną we współrzędnych prostokątnych, rysujemy we współrzędnych biegunowych. Dzielimy krzywą rzędnymi na 8 części, wielkości rzędnych odkładamy na promieniach i otrzymujemy w ten sposób jakąś krzywą zamkniętą. Za pomocą planimetru mierzymy jej powierzchnię, powierzchnię tę zastępujemy przez równie wielką powierzchnię półkola. Promień półkola R daje nam skuteczną wartość / rys.30. /. Przeprowadzenie dowodu jest dosyć proste / rys.31. /



Rys 30



Rys 31

$$dF = \frac{1}{2} e^2 d\varphi,$$

$$F = \frac{1}{2} \int_0^\pi e^2 d\varphi,$$

$$F = \frac{\pi R^2}{2} = \frac{1}{2} \int_0^\pi e^2 d\varphi,$$

$$R^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^2 d\varphi,$$

$$R = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^2 d\varphi},$$

$\int e^2 d\varphi$  jest płaszczyzną podniesioną do kwadratu, dzieląc tą wielkość przez  $\pi$ . dostaniemy promień.

Weźmy całe koło to :  $F = \pi r^2 = \frac{1}{2} \int_0^\pi e^2 d\varphi,$

$$r^2 = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi e^2 d\varphi,$$

$$\sqrt{2} r^2 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi e^2 d\varphi} = \frac{e}{\sqrt{2}}$$

przyjmując

pełne koło, musimy jego promień pomnożyć przez  $\sqrt{2}$ , pierwsza metoda jest więc prostsza.

(W)

Badanie różnych obwodów prądu zmiennego.

(Weźmy włączone w obwód żarówki np. węglowe / rys.32. /, których samoidukcja jest małą, tak że można ją przyjąć równą 0

$$e = E_{max} \sin(2\pi nt) = E_{max} \sin \pi nt$$

The first part of the paper is devoted to the study of the
 properties of the function  $f(x)$  defined by the
 integral
 
$$f(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt$$
 for  $x \in (-1, 1)$ . It is shown that this function
 is strictly increasing and concave down on the
 interval  $(0, 1)$ . The second part of the paper
 is devoted to the study of the function
 
$$g(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt$$
 for  $x \in (-1, 1)$ . It is shown that this function
 is strictly increasing and concave down on the
 interval  $(0, 1)$ .

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt \\
 F &= \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt \\
 F &= \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt \\
 R_2 &= \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt \\
 R &= \frac{1}{2} \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt
 \end{aligned}$$



Fig. 31

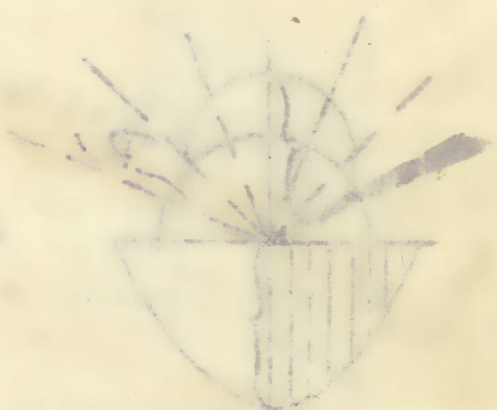
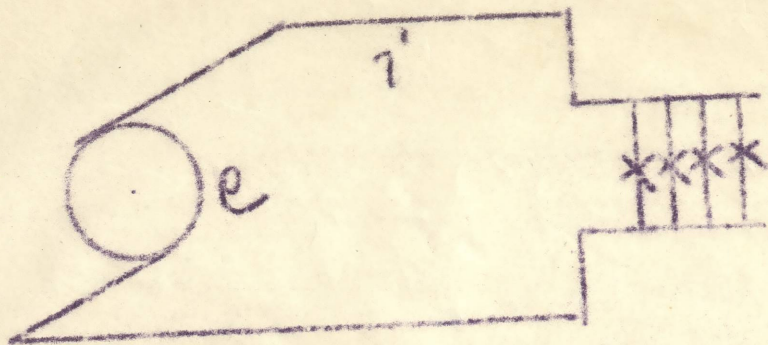


Fig. 32

Fig. 33

$$\begin{aligned}
 F &= \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt \\
 F &= \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt \\
 F &= \int_0^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} dt
 \end{aligned}$$

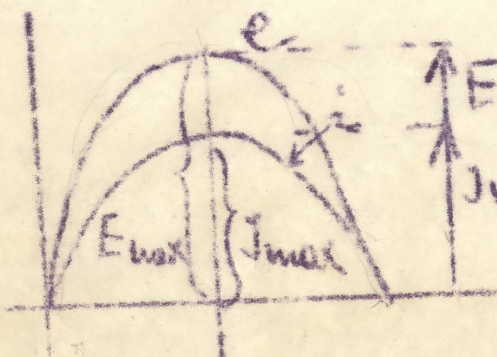
$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( 1 + \frac{1}{n} \right)^n = e^{\lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{1}{n} \right)} = e^{\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n}}$$



Rys 32

$$i = \frac{e}{W} \rightarrow \text{dla momentalnych wartości.}$$

Gdy nie mamy samoindukcji w obwodzie, to napięcie i prąd są w fazie. Przedstawmy to graficznie / rys.33. /



Rys 33.

$$i = I_{max} \sin(\omega t)$$

$$E_{max} e = E_{max} \sin(\omega t)$$

$$I_{max} i = I_{max} \sin(\omega t)$$

$$I_{max} = \frac{E_{max}}{W}$$

$$i = \frac{e}{W} \text{ lub } I = \frac{E}{W}$$

*bez samoindukcji*

obowiązuje

tu więc prawo Ohma, jak dla prądu stałego, jeżeli jednak w obwodzie mamy samoindukcję, to prawo Ohma przybiera inną formę. Weźmy generator prądu zmiennego, w którego obwodzie znajduje się cewka oraz szereg żarówek / rys.34. / Cewka e posiada samoindukcję, współczynnik samoindukcji =  $L_s$  napięcie na zaciskach cewki =  $e_s$ .

Jaki musi być przebieg napięcia aby prąd mógł płynąć przez cewkę i żarówki? Prąd w oporze doznaje spadku napięcia, dla momentalnych wartości dostaniemy napięcie mnożąc prąd „i” przez opór „W”.

$$U_{spadku} = R \cdot i = W \cdot i$$

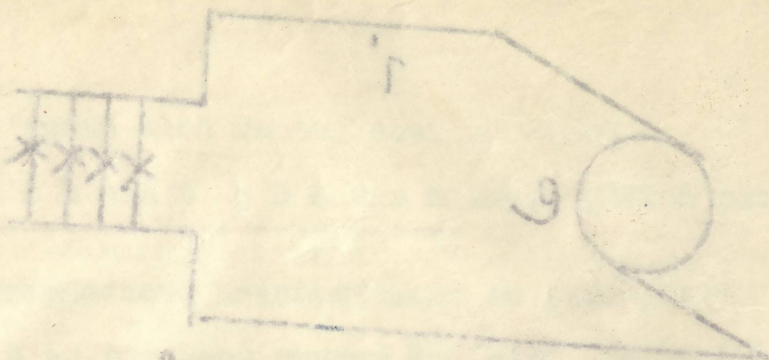
Prąd zmienny przepływający przez cewkę wytwarza pole zmieniające kierunek i natężenie, cewka więc będzie przecinana przez linie sił, wskutek czego powstanie elektromotoryczna siła  $e_s$ .

$$e_s = -m \frac{d\psi}{dt} = -L_s \frac{di}{dt}$$

krzywa ta jest o 90°

w fazie opóźnioną lub przyspieszoną zależnie od znaku, jaki posiada / 2. krzywe  $e_s$  / rys. 35. /

Fig 33



$\leftarrow \frac{e}{W} = j$  dla momentu wzdłuż.

gdzie nie mamy momentu w osi, to nie ma i prądu

na w. 1. Przekładamy to do momentu / 1.33.  $i = \frac{e}{W} = j$

$$F_{max} = F_{max} \cdot i$$

$$i = \frac{e}{W} = j$$

$$N = \frac{e}{W} = j$$

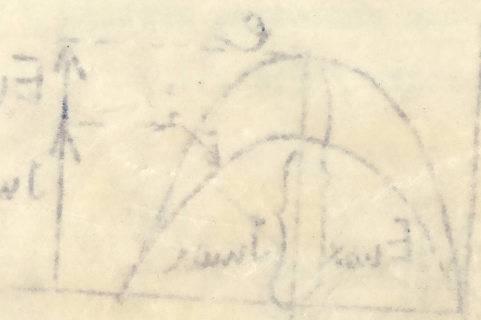


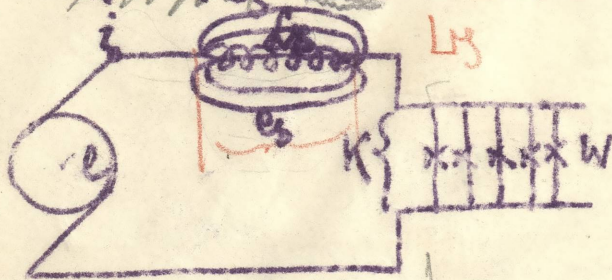
Fig 33

... dla prądu 6mm, jak dla prądu stałego, jeżeli jednak w osi  
 ... to musi być prąd w osi, jak dla prądu stałego, jeżeli jednak w osi  
 ... to musi być prąd w osi, jak dla prądu stałego, jeżeli jednak w osi

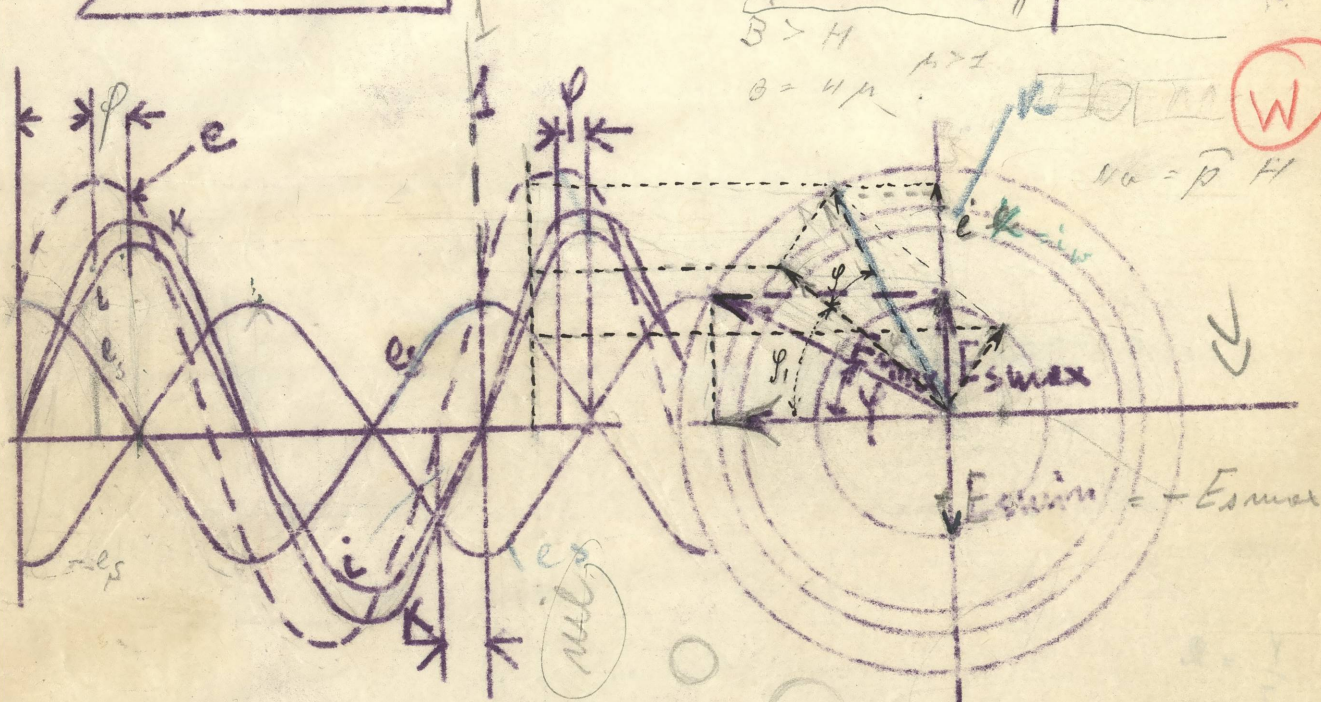
$$N = \frac{e}{W} = j$$

... to musi być prąd w osi, jak dla prądu stałego, jeżeli jednak w osi  
 ... to musi być prąd w osi, jak dla prądu stałego, jeżeli jednak w osi

Siła elektromotoryczna powstała w cewce przeciwdziała według prawa Lenza napięciu, musimy ją więc skompensować inną elektromotoryczną siłą, czyli, że chcąc dostać w maszynie napięcie  $e$  musimy dodać do siebie  $K = \frac{d\Phi}{dt}$   $K + e_s = e$  otrzymamy wtedy krzywą  $e$  / Rys.35. / . To samo



możemy przedstawić wektorjalnie np. dla przekroju 1 . Prąd  $i$  jest wobec napięcia " $e$ " w fazie o kąt " $\varphi$ " opóźniony.



Rys 35

$$i = I_{max} \sin(2\pi nt)$$

$$e_s = -L_s \frac{di}{dt}$$

$$-e_s = L_s \frac{di}{dt} = L_s I_{max} 2\pi n \cos(2\pi nt) = E_{smax} \sin(2\pi nt + \frac{\pi}{2})$$

$$E_{smax} = L_s I_{max} 2\pi n \text{ (amplituda tej fali)}$$

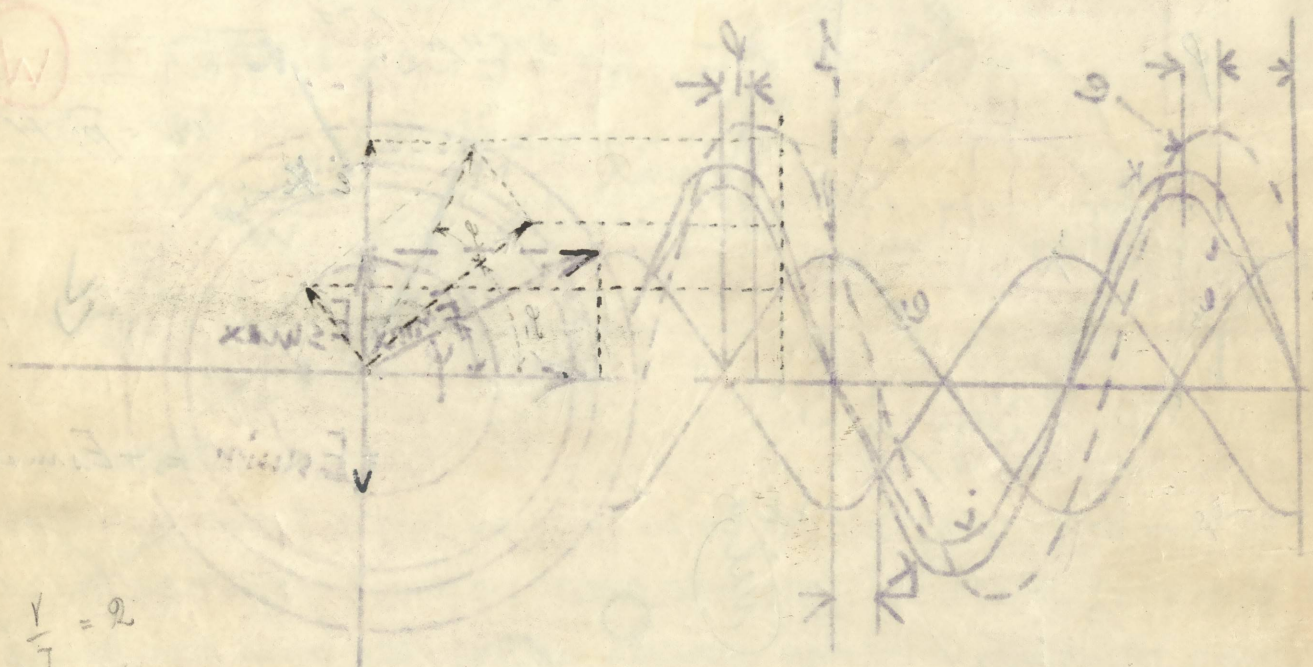
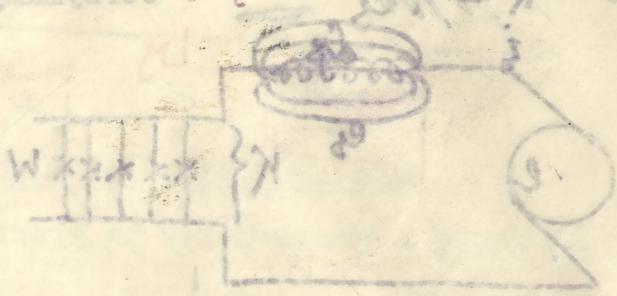
gdy  $t = 0$ ,  $i = 0$  oraz  $\cos(2\pi nt) = 1$

$$-e_s = L_s I_{max} 2\pi n; \quad \underline{e = E_{max} \sin(\varphi_1 + \varphi)}$$

$$\underline{e = e_s + K}$$

Siła elektromotoryczna powstaje w cewce przesuwającej według prawa Lenza napięcia, mały jej wyciek skompensować przez elektromotoryczną siłę, czyli, że obwód dostaje w maszynie napięcie o małym dodatku do siły  $K = \dots$   $K + \epsilon = \epsilon$  otrzymany wodykrywaj o / rys. 25. / To samo

możemy przedstawić wektorjakością np. dla prądu  $I$   $I$  jest wódc napięcia o wój czasie o kąt  $\varphi$  opóźniony.



$$\frac{V}{J} = 2$$

$$J = \frac{V}{2}$$

Prąd  $i$

$$i = I_{max} \sin(\omega t)$$

$$u = U_{max} \cos(\omega t)$$

$$-u = -U_{max} \cos(\omega t) = U_{max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$F_{max} = I_{max} U_{max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

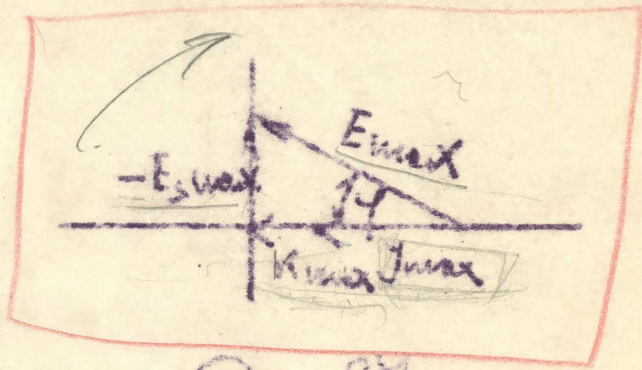
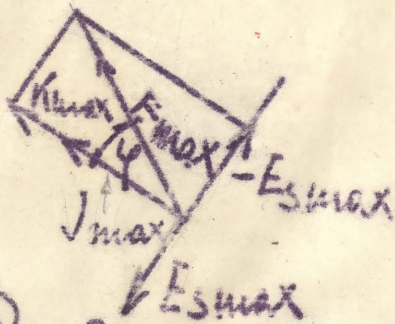
$$F_{max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) = I_{max} U_{max} \cos(\omega t)$$

$$-u = -U_{max} \cos(\omega t) = U_{max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

$$|u| = U_{max} \cos(\omega t)$$

Nie używając diagramu rysujemy i szukamy wypadkowej / Rys. 36,

37. /  $E_{max}$ .



Rys 36

Rys 37

$$E_{max}^2 = E_{smax}^2 + K_{max}^2$$

$$E_{max} = \sqrt{E_{smax}^2 + K_{max}^2}$$

$$\cos \varphi = \frac{E_{smax}}{E_{max}} = 0.707 E_{max}$$

$$\sin \varphi = 0.637 E_{max}$$

$$\cos \varphi = \frac{E_{smax}}{\sqrt{E_{smax}^2 + K_{max}^2}}$$

$$\sin \varphi = \frac{K_{max}}{\sqrt{E_{smax}^2 + K_{max}^2}}$$

$$\tan \psi = -\frac{E_{smax}}{K_{max}}$$

$$\cos \psi = \frac{K_{max}}{E_{max}}$$

$$E_{smax} = L_s I_{max} 2\pi n$$

$$K_{max} = I_{max} \cdot W$$

$$\tan \psi = \frac{L_s I_{max} 2\pi n}{I_{max} \cdot W} = L_s \frac{2\pi n}{W}$$

$$E_{max}^2 = L_s^2 (2\pi n)^2 I_{max}^2 + I_{max}^2 W^2 = I_{max}^2 [L_s^2 (2\pi n)^2 + W^2]$$

$$I_{max} = E_{max} \frac{1}{\sqrt{W^2 + L_s^2 (2\pi n)^2}} = \frac{E_{max}}{\rho} \quad \text{z tąd wynika że}$$

$\rho$  impedancja

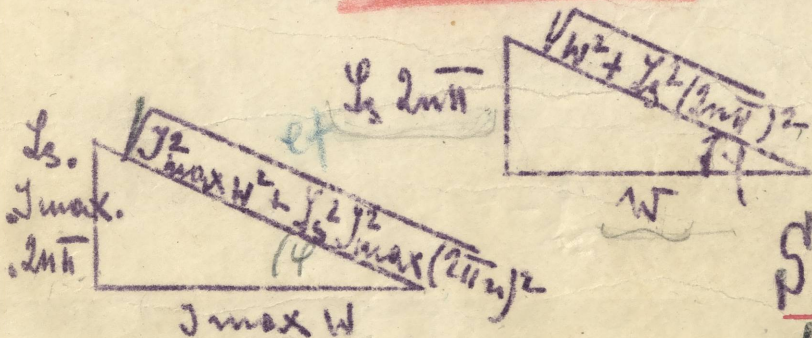
prawo Ohma

---


$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{W^2 + L_s^2 (2\pi n)^2}}$$

jest to rozszerzone prawo

Ohma. Wróćmy do naszego trójkąta, podzielimy wszystkie 3 strony przez  $I_{max}$  otrzymamy trójkąt dla oporów / Rys.38. /.



$W =$  opór umowny

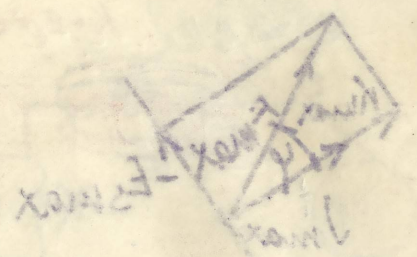
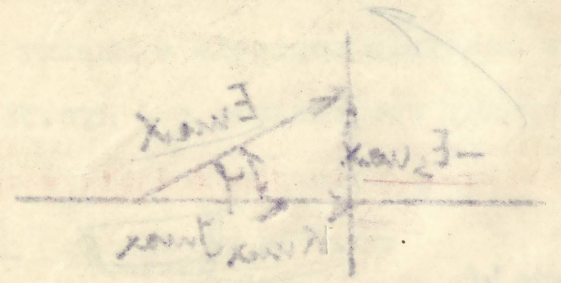
$L_s 2\pi n =$  opór indukcyjny

$$\rho = \sqrt{W^2 + L_s^2 (2\pi n)^2} = \text{impedancja}$$

$$\tan \psi = \frac{L_s 2\pi n}{W}$$

Wie najwyższe dążenie rasy i szlachny wypadek w Rys. 36.

27. 1. F<sub>max</sub>



Grupa 20

Grupa 20

$$\frac{F_{max}}{K_{max}} = \frac{F_{max}}{W_{max}}$$

$$F_{max} = F_{max} + K_{max}$$

$$F_{max} = \sqrt{F_{max}^2 + K_{max}^2}$$

$$F_{max} = \frac{K_{max} \cdot W_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$

$$K_{max} = \frac{F_{max} \cdot W_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$

$$W_{max} = \frac{F_{max} \cdot K_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$

$$F_{max} = 0.5 \cdot F_{max}$$

$$W_{max} = \sqrt{F_{max}^2 + K_{max}^2}$$

$$F_{max} = \frac{W_{max} \cdot K_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$

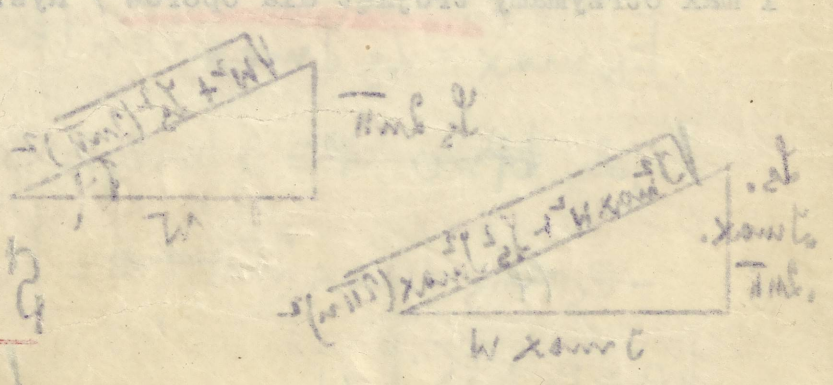
$$F_{max} = \frac{W_{max} \cdot K_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$

jest to rozważanie...  
 Opis. Wtedy do naszego trójkąta, podobny trójkąt, podobny trójkąt 3 strony przez  
 I max otrzymamy trójkąt dla oporu / Rys. 36. 1.

$$W = \frac{F_{max} \cdot K_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$

$$F_{max} = \frac{W_{max} \cdot K_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$

$$W_{max} = \frac{F_{max} \cdot K_{max}}{W_{max} + K_{max}}$$



*nie przesadzać tylko  
na pamięć (zrozumieć)  
zwiększa się z ilością*

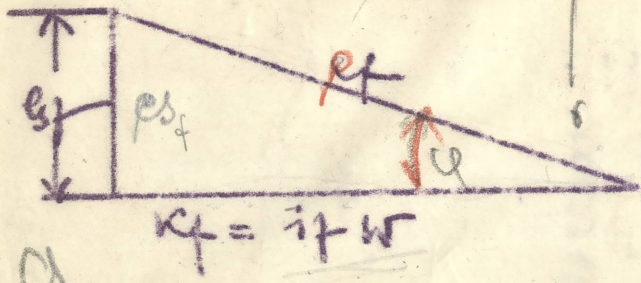
gdy  $L_s = \text{const}$ ,  $\omega = \text{const}$ , to kąt  $\varphi$

okresów. Dla oświetlenia przyjmuje się zwykle  $n = 50$

dla napędów kolejowych  $n = 16$

Impedancja jest zawsze większa od oporu omicznego

Weźmy wartości efektywne / Rys.39. /



$$\cos \varphi = \frac{K_f}{E_f} = \frac{I_f W}{E_f}$$

czyli

$$I_f = \frac{E_f}{W} \cos \varphi$$

przy prądzie zmiennym musimy

*prąd stały jest to*

$$I_f = \frac{E_f}{W}$$

*prąd zmienny, to jeszcze pomnożyć przez*

$\cos \varphi$  (kąta przesunięcia fazy.)

$$E_f = I_f W \cos \varphi$$

Mieliśmy równanie

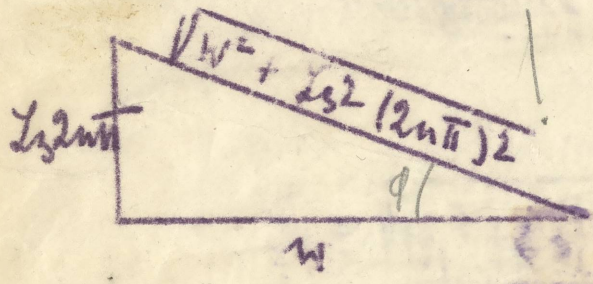
$$I_f = \frac{E_f}{\sqrt{W^2 + L_s^2 (2\pi n)^2}}$$

gdy  $L_s = 0$  t.j.

gdy niema samoindukcji, to jak przy prądzie stałym.

$$I_f = \frac{E_f}{W}$$

prąd i napięcie są w fazie,



$$I_f = \frac{E_f}{W} \cos \varphi \text{ gdy } L_s \neq 0$$

$$L_s 2\pi n = 0 \text{ to } \frac{E_f}{\sqrt{W^2 + L_s^2 (2\pi n)^2}}$$

$$\varphi = 0 \text{ } \cos \varphi = 1$$

$$I_f = \frac{E_f}{W}$$

Rachunkowe więc można

przyjąć prąd stały za specjalny wypadek prądu zmiennego. *gdy  $L_s = 0$*

Doszliśmy poprzednio do wyniku, że spadek napięcia w oporze jest w fazie z prądem, natomiast elektromotoryczna siła *(samowolnie)* spadek indukcyjny jest w fazie o  $90^\circ$  przyspieszony, wskutek czego całkowite napięcie jest wypadkową tych dwóch napięć i jest w fazie wobec prądu przyspieszone. Jeżeli w obwodzie znajduje się i opór i samoindukcja w serie *(Seriowo)* łączone, to prąd wobec napięcia jest w fazie opóźniony.

Wiemy, że wszystkie wielkości w technice prądów zmiennych składają się wektorjalnie czyli geometrycznie, fakt ten pozwoli nam na rozwiązanie więcej zawięzłego zadania. Rozpatrywać będziemy wypadek, gdzie

*Handwritten notes at the top left, partially obscured.*

$$L_2 = \text{const}, W = \text{const}, \text{to kt. } \rho$$

zwiększa się z ilością

$$m = 20$$

okresów. Dla obliczenia przyjmuję się zwykłe

$$m = 10$$

Dla napięć kolejowych

Impedancja jest zawsze większa od oporu ośmianego



$$\frac{U}{W} = \frac{U}{W} = \dots$$

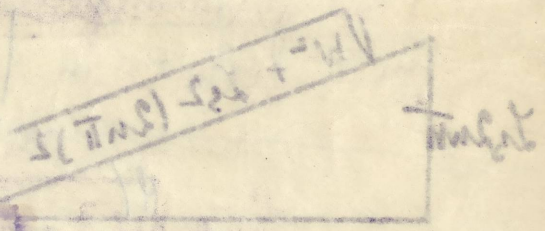
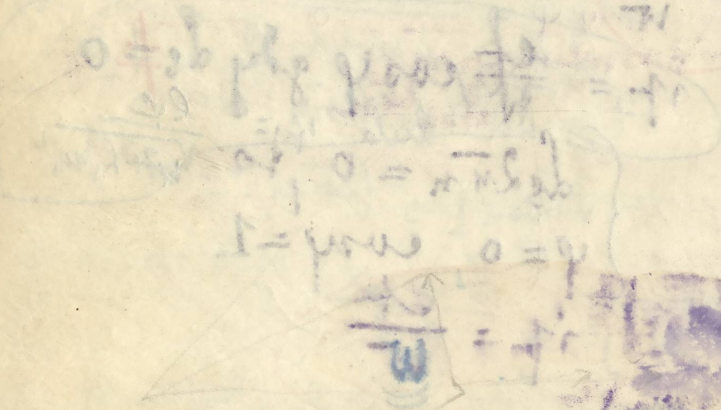
czyli przy prądzie...  
zmieniamy wartości...  
to jeszcze po...  
możemy przez

Ważny wzrost efektywno / Rys. 23.

$$U = \dots$$

prąd i napięcie są w fazie,

Ważny wzrost efektywno / Rys. 23.

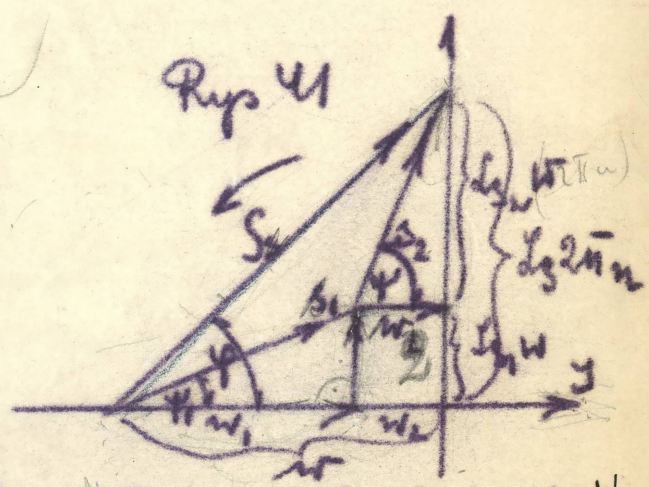
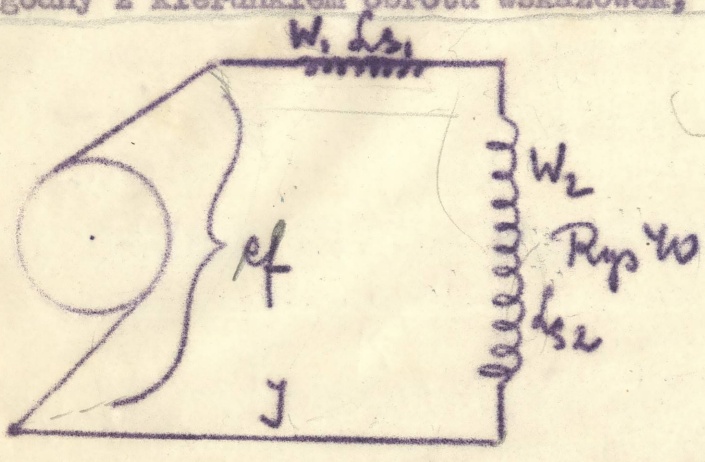


Rachunkowo więc można

prawy prąd stały na specjalny wypadek prądu zmiennego.

Doświadczenia poprzednio do wyniku, że spadek napięcia w opozycji jest...  
we fazie z prądem, natomiast elektromotoryczna siła w pełni spadek in-  
dukcyjny jest we fazie z 200. przapadający, wartość czego całkowite na-  
pięcie jest wypadkową tych dwóch napięć i jest w fazie wobec prądu przy-  
łączonego. Jeżeli w obwodzie znajduje się i opór i samoindukcja w szere-  
żone, to prąd wobec napięcia jest we fazie opóźniony.  
Wiemy, że wszystkie wielkości w dziedzinie prądów zmiennych skła-  
dają się wektorjanie czyli geometrycznie, tak że pozwól nam na roz-  
wiązanie więcej ciekawego zadania. Rozpatrzmy podobny wypadek, gdzie

w obwodzie prądu zmiennego znajdują się dwie cewki mające nie tylko opór ale i samoindukcję, chodzić nam będzie o stwierdzenie impedancji tego obwodu / Rys.40. /. Przyjmujemy zwykle, że kierunek obrotu wektorów jest zgodny z kierunkiem obrotu wskazówek, tu jednak przyjmujemy przeciwnie.



Wychodzimy od wektora prądu, we fazie z prądem jest opór  $W_1$  opór zaś indukcyjny  $L_{s1} 2\pi n$  składa się z oporem  $W_1$  pod kątem  $90^\circ$  / Rys.41. / Wypadkowa daje nam impedancję  $S_1$  pierwszego uzwojenia. Opór  $W_2$  będący we fazie z prądem  $I$  składamy równoległe do prądu  $I$ , pod kątem  $90^\circ$  składamy ~~impedancję~~ <sup>indukcyjność (opór indukcyjny)</sup> drugiego obwodu  $L_{s2} 2\pi n$  jako wypadkową otrzymamy impedancję drugiego uzwojenia  $S_2$ . Wypadkowa obu impedancji daje nam impedancję całego obwodu  $S$ .

$$S_1 = \sqrt{W_1^2 + L_{s1}^2 (2\pi n)^2}$$

$$S_2 = \sqrt{W_2^2 + L_{s2}^2 (2\pi n)^2}$$

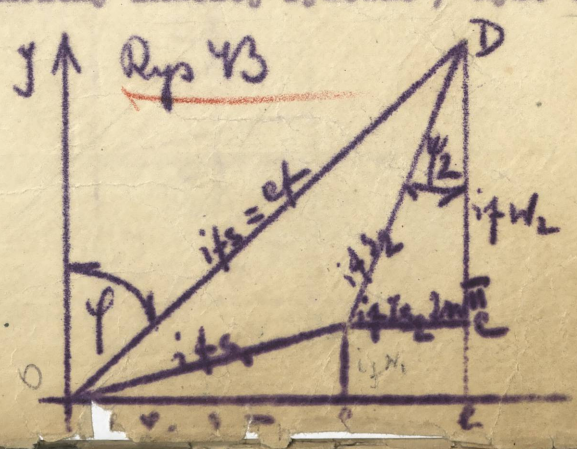
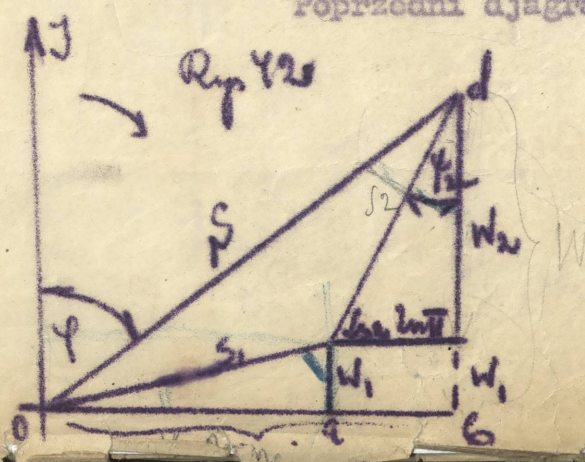
$$S_{1,2} = S = \sqrt{(W_1 + W_2)^2 + (L_{s1} + L_{s2})^2 (2\pi n)^2}$$

$$W_1 + W_2 = W$$

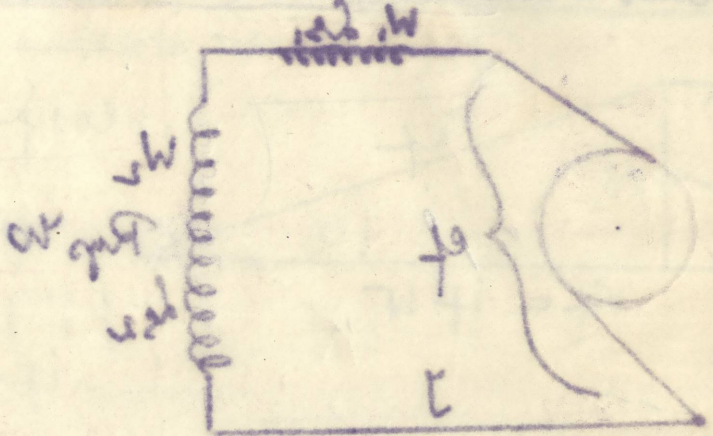
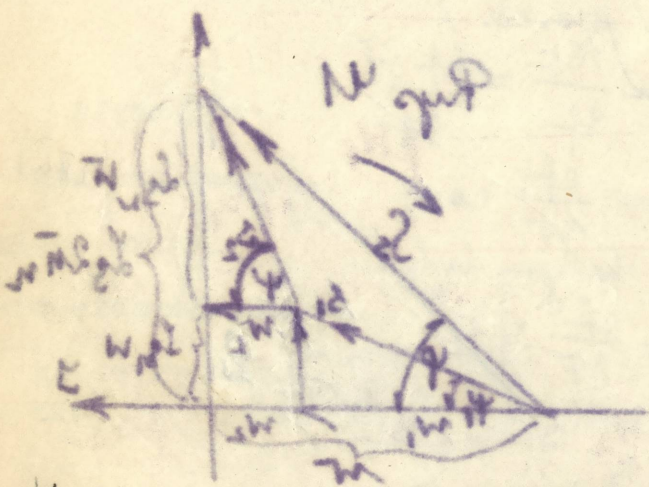
$$L_{s1} + L_{s2} = L_s$$

$$S = \sqrt{W^2 + L_s^2 (2\pi n)^2}$$

Poprzedni diagram możemy inaczej rysować / Rys. 42. /.



W opodatkowaniu podatku dochodowego od dochodów z tytułu działalności gospodarczej, podatnik może wybrać sposób opodatkowania, który jest dla niego najbardziej korzystny. W tym celu należy skorzystać z art. 17 ust. 1 pkt 1 ustawy o podatku dochodowym od osób fizycznych.



Wzrost liczby pracowników w przedsiębiorstwie może być spowodowany przez zwiększenie produkcji, co prowadzi do zwiększenia zapotrzebowania na siłę roboczą. W tym celu należy zwiększyć wydajność pracowników, co może być osiągnięte przez wprowadzenie nowych technologii i szkolenia.

$$2 = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$$

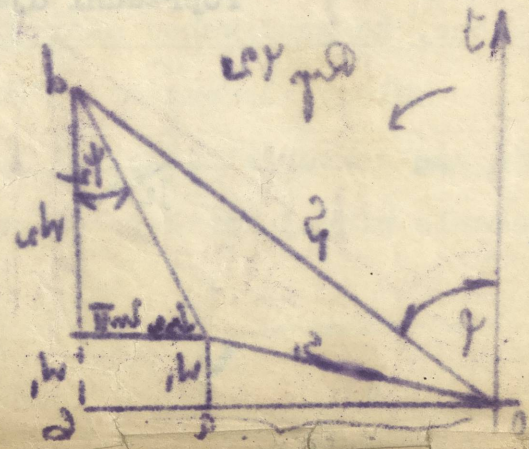
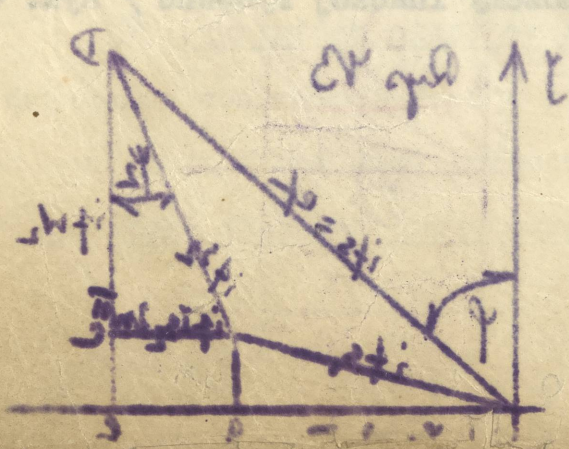
$$2 = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$$

$$2 = \sqrt{(W_1 + W_2)^2 + (W_1 - W_2)^2}$$

$$W = W_1 + W_2$$

$$W_1 = W_2$$

$$2 = \sqrt{W_1^2 + W_2^2}$$



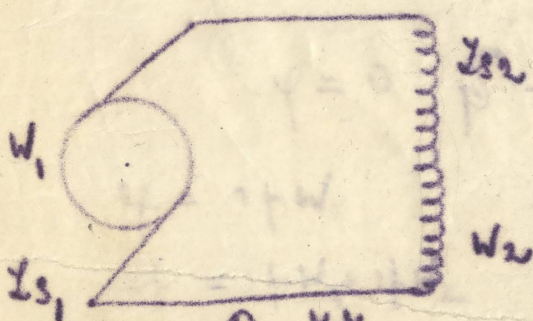
Zamiast składać opory możemy także składać napięcia. Składając napięcie na zaciskach pierwszego uzwojenia i napięcie na zaciskach drugiego uzwojenia otrzymamy wypadkowe napięcie maszyny.

Pomóżmy poszczególne boki trójkątów, które przedstawiają opory przez prąd, to otrzymamy odnośne spadki napięć. /Rys.43. /

$0-d$  elektromotoryczna siła generatora.

~~$0-D$~~  Równoległe do wektora prądu odkładamy  $i\omega W_1$  t.zn. spadek napięcia w omicznym oporze  $W_1$ , jako wypadkową otrzymamy  $i\omega S_1$  t.j. całkowity spadek napięcia na zaciskach pierwszego uzwojenia.

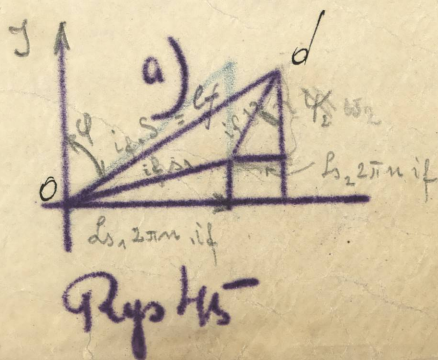
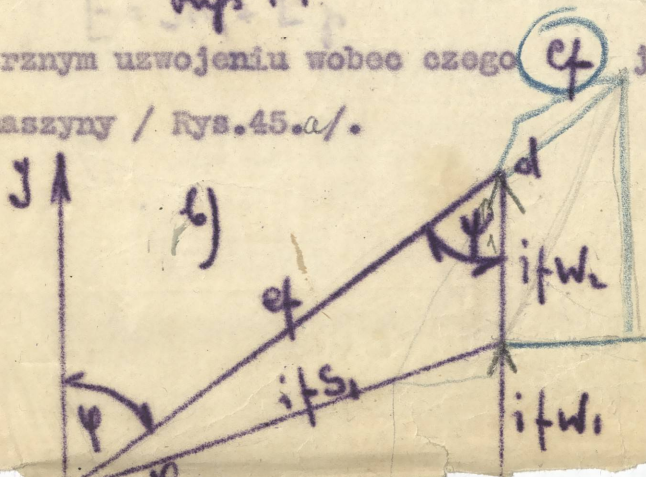
$e_2/\omega$  jest induktywnym spadkiem napięcia w drugim uzwojeniu, równoległe do wektora prądu składamy  $i\omega W_2$  wypadkowa daje nam  $i\omega S_2$  t.j. napięcie na zaciskach drugiego uzwojenia. Wypadkowa tych napięć daje nam  $i\omega S$  czyli napięcie na zaciskach tej maszyny  $e_f \cdot \cos\theta, \varphi'$  jest kątem przesunięcia fazy między prądem a napięciem, z tego widać, że prąd jest w fazie wobec napięcia o kąt  $\varphi$  opóźniony. Dajagram ten jest bardzo ważny, gdyż jest on podstawowym dajagramem dla generatorów prądu zmiennego. Przy generatorze prądu zmiennego, posiadającym w zewnętrznym obwodzie opór  $W_2$  i samoindukcję  $L_{s2}$ , twórnik, posiada również opór i samoindukcję, gdyż druty są nawinięte, a pole jest pulsujące, otrzymamy więc dla twornika elektromotoryczną siłę samoindukcji. Opór twornika będzie  $W_1$ , samoindukcja  $L_{s1}$ . / Rys.44. /



Rys. 44

$i\omega L_{s1} 2\pi n$  jest spadkiem napięcia induktywnego w uzwojeniu tego twornika, wobec czego  $i\omega S_1$  jest całkowitym spadkiem napięcia w tworniku dynamomaszyny,  $i\omega S_2$  jest spadkiem napięcia w zewnętrz-

trznym uzwojeniu wobec czego  $e_f$  jest skutecznym napięciem na zaciskach maszyny / Rys.45.a/.



Rys. 45

Zmianą układu opory mocy także składają napięcia. Składają się na napięcia na szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

Wzrost napięcia w szkieletach przewodzących i napięcia na szkieletach drugiego uzwojenia. Ciężarowy wypadek napięcia mastry.

$$0-b \quad 0-D$$

$$i^2$$

$$i^2$$

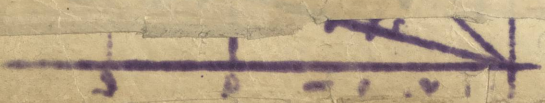
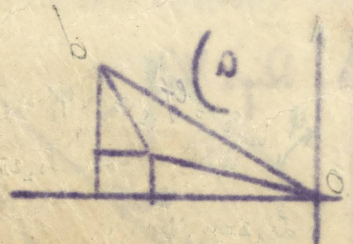
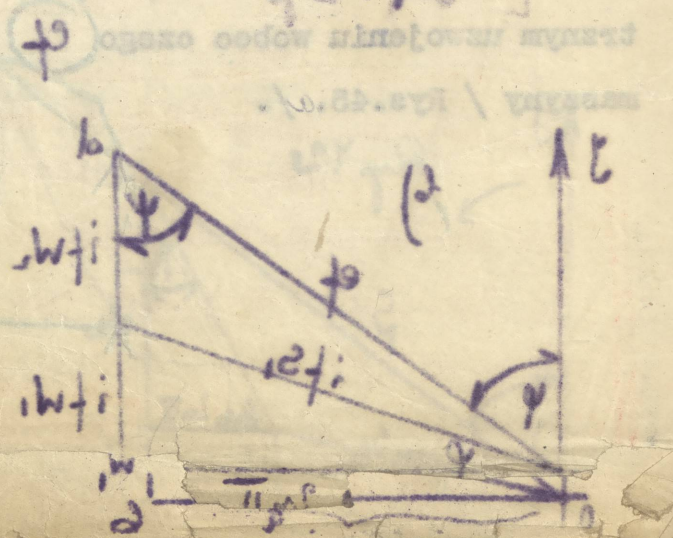
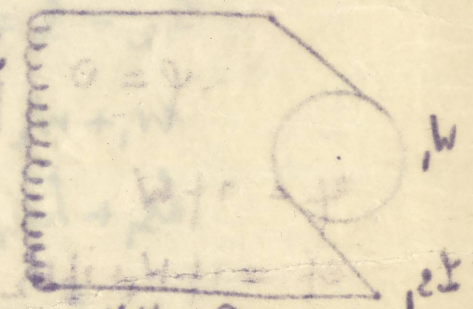
$$W_1$$

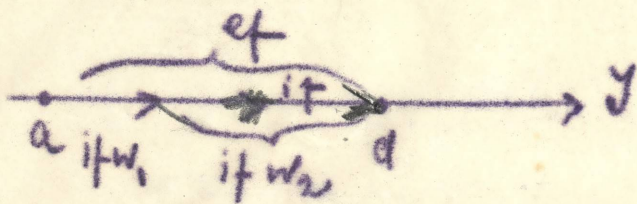
$$W_1$$

$$i^2$$

$$i^2$$

$$i^2$$





Rys 46.

/ Rys.45.b. /  $E_{sp}$  <sup>if w<sub>2</sub></sup> jest spadkiem napięcia induktywnego w uzwojeniu

$$L_s = L_{s1} + L_{s2}$$

generatora a złożone z  $i f w_1$  da nam całkowity spadek napięcia w tworniku generatora. Zewnętrzny spadek napięcia  $i f w_2$  musi być w fazie, czyli jest równoległy do wektora prądu, wypadkowa  $e_f$  da nam elektromotoryczną siłę maszyny  $E$  / Rys.45. /

$$S = \sqrt{(w_1 + w_2)^2 + L_{s1}^2 (2\pi n)^2}$$

Przypuśćmy że nie tylko samoindukcja w zewnętrznym obwodzie jest = 0, lecz, że samoindukcja twornika jest również = 0, otrzymamy wówczas

$$L_{s1} = L_{s2} = 0$$

$$\psi_2 = \psi_1 = 0$$

Praktycznie jest to niemożliwie, cały djagram przedstawi się nam jako linja prosta / Rys. 46. /

$$\psi = 0, \rho = w_1 + w_2 = \sqrt{\quad}$$

$$f = i f w$$

byłby to djagram dla maszyny prądu stałego.

$$e_f = i f w_1 + i f w_2$$

jak wynika z djagramu

$$E = I w_1 + E_p$$

Jeżeli samoindukcja twornika stanie się 0, to ma

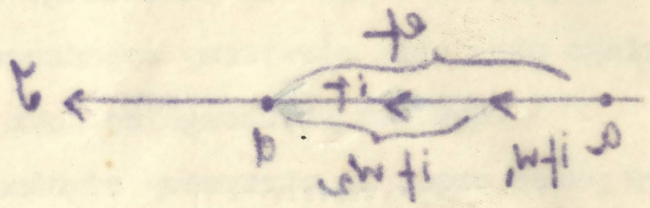
tylko omezcne opory, cały djagram przechodzi w linje prostą i mamy wypadek jak przy maszynie prądu stałego. (Rys 46)

Wszystkie wielkości w technice prądów zmiennych, czy to prądy, czy napięcia lub elektromotoryczne siły, czy wreszcie opory, składają się wektorjalnie t.zn. geometrycznie, a tylko dla specjalnego wypadku równości fazy składają się algebraicznie. Spadek napięcia w opozycji z prądem jest w fazie z wektorem prądu, indukcyjny spadek napięcia położony

wd jest elektromotoryczną siłą tego generatora. Jeżeli przyjmiemy że generator jest <sup>bez</sup> induktywnego obciążania, t.zn. że niema żadnej samoindukcji tylko opór  $w_2$  wobec czego  $L_{s2} = 0$  to kąt  $\psi_2 = 0$  a cały djagram zmieni się w ten sposób, że trójkąt zamieni się w linję prostą w kierunku prądu

generatora a złożone z  $i f w_1$  da nam całkowity spadek napięcia w tworniku generatora. Zewnętrzny spadek napięcia  $i f w_2$  musi być w

fazie, czyli jest równoległy do wektora prądu, wypadkowa  $e_f$  da nam elektromotoryczną siłę maszyny  $E$  / Rys.45. /



$U = iW_1 + iW_2$

$$U = iW_1 + iW_2$$

$$U = \sqrt{(W_1 + W_2)^2 + (iW_1 + iW_2)^2}$$

$$U = iW_1 + iW_2$$

$$U = iW_1 + iW_2$$

$$U = iW_1 + iW_2$$

$$U = iW_1 + iW_2$$

$$U = iW_1 + iW_2$$

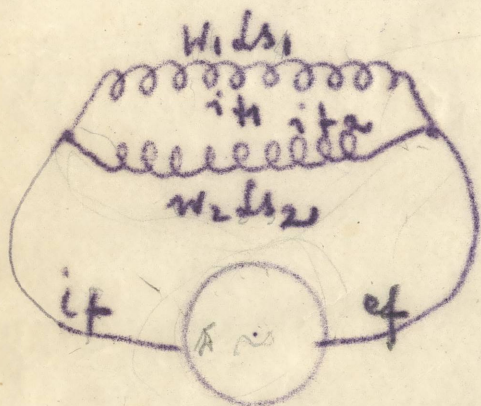


jest zawsze pod kątem prostym do wektora prądu. Jeżeli w obwodzie znajduje się induktywny opór to wektor prądu jest wobec wektora napięcia w fazie opóźniony.

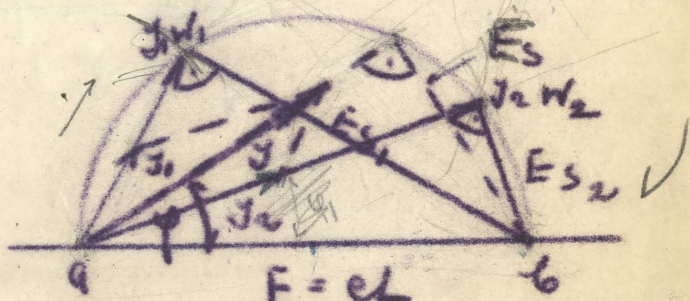
2 b/. Rozpatrzmy teraz wypadek dwóch impedancji równolegle połączonych. Wektorjalnie sprawa da się bardzo łatwo przedstawić. Przyłączeniu szeregowym płynął ten sam prąd w całym obwodzie, tu jest przeciwnie. Oba rozgałęzienia / rys.47. / mają to samo napięcie  $e_f$  dlatego punktem wyjścia musi być dla nas wektor napięcia.

Zakreślmy na tym wektorze koło / rys.48. / następnie z punktu a zakreślmy łuk o promieniu  $j_1 w_1$  /  $j_1 w_1$  są dane / i łuk o promieniu  $j_2 w_2$

Na zaciskach mamy napięcie  $E$  jest to napięcie wypadkowe



Rys 47



Rys 48

z omicznego spadku napięcia, oraz z induktywnego, spadku napięcia w drugim rozgałęzieniu.

Cała ta kwestja wektorjalnie jest niezmiernie prostą, gdybyśmy to zadanie chcieli rozwiązać analitycznie, to momentalne wartości składają się algebraicznie, t.zn.

$$i = i_1 + i_2$$

$$e_f = i_1 w_1 + L_{S1} \frac{di_1}{dt}$$

$$e_f = i_2 w_2 + L_{S2} \frac{di_2}{dt}$$

$$i_{f1} = \frac{e_f}{\sqrt{w_1^2 + L_{S1}^2 (2\pi n)^2}} = \frac{e_f}{S_1}$$

$$i_{f2} = \frac{e_f}{\sqrt{w_2^2 + L_{S2}^2 (2\pi n)^2}} = \frac{e_f}{S_2}$$

$$\frac{i_{f1}}{i_{f2}} = \frac{S_2}{S_1}$$

$$\frac{i_{f1}}{i_{f2}} = \frac{w_2}{w_1}$$

$$\frac{i_{f1}}{i_{f2}} = \frac{w_2}{w_1}$$

$$i_{f1} : i_{f2} : i_{f3} = \frac{1}{S_1} \text{ } \frac{1}{S_2} \text{ } \frac{1}{S_3}$$

prądy rozgałęziają się w odwrotnym stosunku niż impedancje.



przy prądzie stałym byłoby  $i_1 : i_2 : i_3 = \frac{1}{W_1} : \frac{1}{W_2} : \frac{1}{W_3}$

Yak przy prądzie stałym wyprowadziliśmy wzór dla całego rozgałęzienia, podobnie przy prądzie zmiennym można wyprowadzić wzór na impedancję całego rozgałęzienia.

$$S_{1/2} = \frac{\sqrt{W_1^2 + L_{s1}^2 (2\pi n)^2} \cdot \sqrt{W_2^2 + L_{s2}^2 (2\pi n)^2}}{\sqrt{(W_1 + W_2)^2 + (L_{s1} + L_{s2})^2 (2\pi n)^2}} = \frac{S_1 \cdot S_2}{S_1 + S_2}$$

Wzór podobny jak przy prądzie stałym, gdzie mieliśmy  $W = \frac{W_1 \cdot W_2}{W_1 + W_2}$

Jeżeli w tym równaniu wstawimy  $L_{s1} = L_{s2} = 0$  otrzymamy to samo równanie co przy prądzie stałym.

Jeżeli opory  $W_1 = W_2 = 0$  to otrzymamy jako wypadkową impedancję współczynnik samoindukcji  $S_{1/2} = \frac{L_{s1} \cdot L_{s2}}{L_{s1} + L_{s2}}$

ogólny prąd  $i_f = \frac{E}{S_{1/2}}$

przy maksymalnej wartości  $I_{max} = \frac{E_{max}}{S_{1/2}}$

Obliczmy teraz kąty  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi$

Rys. 49

$\tan \varphi_1 = \frac{L_{s1} \cdot 2\pi n}{W_1}$

$\tan \varphi_2 = \frac{L_{s2} \cdot 2\pi n}{W_2}$

$\tan \varphi = \tan(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{\tan \varphi_2 - \tan \varphi_1}{1 + \tan \varphi_1 \cdot \tan \varphi_2}$

$\cos \varphi = \frac{2\pi n \cdot \frac{W_1 L_{s2} - W_2 L_{s1}}{W_1 W_2 + (2\pi n)^2 L_{s1} L_{s2}}}{\frac{2\pi n L_{s1} \sqrt{W_2^2 + (2\pi n)^2 L_{s2}^2}}{W_1 [W_2^2 + (2\pi n)^2 L_{s2}^2]} + \frac{2\pi n L_{s2} \sqrt{W_1^2 + (2\pi n)^2 L_{s1}^2}}{W_2 [W_1^2 + (2\pi n)^2 L_{s1}^2]}}$

$\frac{2\pi n L_{s1}}{R_1} = R_1$

$\frac{2\pi n L_{s2}}{R_2} = R_2$

$[ \dots ] = S^2$

indukcja pierwszego obwodu  $R_1$

" drugiego "  $R_2$

po przyjęciu powyższych oznaczeń wzór powyższy przedstawi się :

$\cos \varphi = \frac{R_1 S_2^2 + R_2 S_1^2}{W_1 S_2^2 + W_2 S_1^2}$

Moc elektryczna prądu zmiennego.

Wzmy fale napięcia, jako sinusoidę / Rys. 50. / wobec tej sinusoidy jest opóźnioną fala prądu, mamy zatem w obwodzie obciążenie induktywne. Przebieg mocy momentalnej otrzymamy jeżeli pomnożymy napię-

przy prądzie stałym było:  $i_1 : i_2 : i_3 = \frac{1}{W_1} : \frac{1}{W_2} : \frac{1}{W_3}$

Wzrost prądu przy prądzie stałym wyprowadziliśmy wzór dla całego rozgałęzienia, podobnie przy prądzie zmiennym można wyprowadzić wzór

na impedancję całego rozgałęzienia.

$$Z_{\text{cał}} = \frac{\sqrt{W_1^2 + W_2^2} \cdot \sqrt{W_1^2 + W_2^2} + W_3}{\sqrt{W_1^2 + W_2^2} + \sqrt{W_1^2 + W_2^2} + W_3}$$

Wzór podobny jak przy

prądzie stałym, gdzie mieliśmy  $N = \frac{W_1 \cdot W_2}{W_1 + W_2}$

Jeżeli w tym równaniu podstawimy  $i_1 = i_2 = i_3 = 0$  otrzymamy to samo

równanie co przy prądzie stałym.

Jeżeli ogólny  $N = 0$  to otrzymamy jako wypadkowe impedancję

współczynnik samobudowy

$$Z_{\text{cał}} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{2}$$

$$i_f = \frac{E}{Z_{\text{cał}}}$$

przy maksymalnej wartości

Opiszemy teraz przy



$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{W_1 + W_2}{W_1 + W_2 + W_3} \\ \sin \alpha = \frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2 + W_3} \end{cases}$$

$$i_f = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + W_2^2} + W_3}$$

technologia pierwiastek ziemnych

$$\begin{aligned} Z_{\text{cał}} &= R_1 + R_2 + R_3 \\ Z_{\text{cał}} &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned}$$

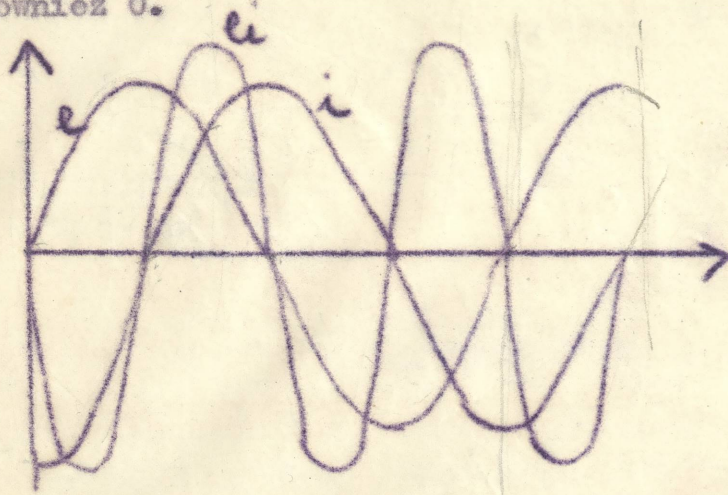
po przyłączeniu powiększonych oznaczeń wzór po-

$$\begin{aligned} R_1 &= R_1 + R_2 + R_3 \\ R_2 &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned}$$

Moc elektryczna prądu zmiennego.

Wskazywaliśmy napiecie, jako sinusoidalne, w obec tej si-  
noidalny jest opóźnione tła prądu, mamy zatem w obwodzie obciążenia  
induktywne. Prąd jest momentalnie otrzymamy jeżeli pomnożymy napię-

cie przez prąd, tam więc gdzie napięcie jest 0, iloczyn ten będzie również 0.



Rys. 50

Obliczmy teraz moc skuteczną dla jednego okresu

$$A_T = \int_0^T e i dt = \int_0^T E_{max} \sin\left(2\pi \frac{t}{T} + \varphi\right) I_{max} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) dt$$

$$\varphi_1 = \frac{2\pi t}{T}, \quad L = \frac{E_{max} I_{max}}{T} \int_0^T \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) dt$$

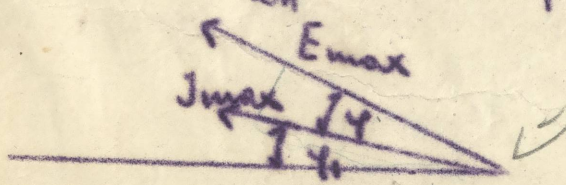
$$L = \frac{E_{max} I_{max}}{2\pi T} \int_0^{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) d\left(\frac{2\pi t}{T}\right)$$

$$L = \frac{E_{max} I_{max}}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sin(\varphi_1 + \varphi) \sin \varphi_1 d\varphi_1$$

$$L = \frac{E_{max} I_{max}}{2\pi} \left[ \int_0^{2\pi} \sin^2 \varphi_1 \cos \varphi d\varphi_1 + \int_0^{2\pi} \sin \varphi_1 \cos \varphi_1 \sin \varphi d\varphi_1 \right]$$

$$L = \frac{E_{max} I_{max}}{2\pi} \left[ \cos \varphi \left( \frac{\varphi_1}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\varphi_1 \right) + \sin \varphi \left( \sin \frac{\varphi_1}{2} \right) \right]_0^{2\pi}$$

$$L = \frac{E_{max} I_{max}}{2\pi} \cos \varphi \pi; \quad L = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} \cos \varphi$$



$$L = ef \cdot \cos \varphi$$

$$L = ef \cdot \cos \varphi$$

równaniu temu można dać pewną

interpretację wektorjalną, jeżeli się napisze :

$$L = if (ef \cos \varphi)$$

to wyrażenie będzie oznaczało

djagram? Rozkńmy napięcie na dwie składowe, jedną będącą w fazie

z prądem i drugą o 90° przesuniętą / Rys. 51. / wobec tego moc

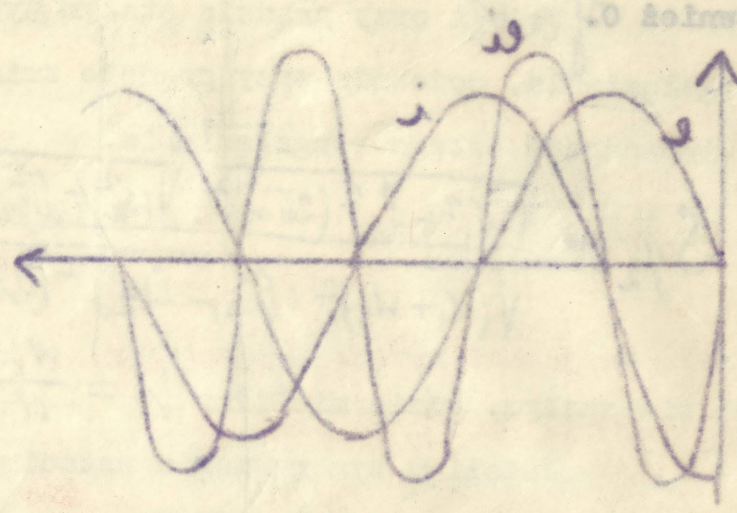


Fig 20

$$A_T = \int_0^T i dt = \int_0^T E_{max} \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{\omega} [-\cos(\omega t + \psi)]_0^T = \frac{E_{max}}{\omega} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$

$$Q = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T i dt = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{T} \left[ -\frac{\cos(\omega t + \psi)}{\omega} \right]_0^T = \frac{E_{max}}{\omega T} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$

$$L = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T i dt = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{\omega T} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$

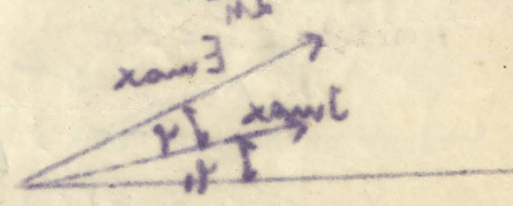
$$L = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T i dt = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{\omega T} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$

$$L = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T i dt = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{\omega T} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$

$$L = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T i dt = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{\omega T} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$

$$L = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T i dt = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{\omega T} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$

$$L = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T i dt = \frac{E_{max}}{T} \int_0^T \sin(\omega t + \psi) dt = \frac{E_{max}}{\omega T} (1 - \cos(\omega T + \psi))$$



L = et. if. cond

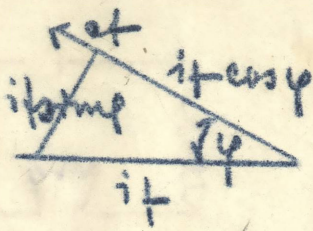
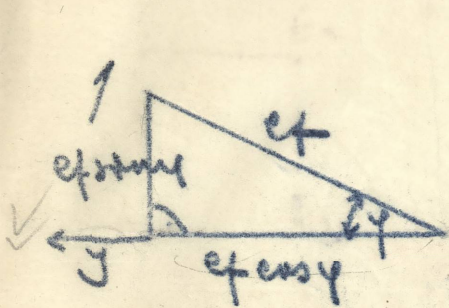
$$L = et. if. cond$$

$$L = et. if. cond$$

Handwritten notes and additional equations at the bottom of the page, including 'L = et. if. cond' and other mathematical expressions.

Składa się z prądu  $i_f$  i komponenty będącej w fazie z prądem.

*składowy*



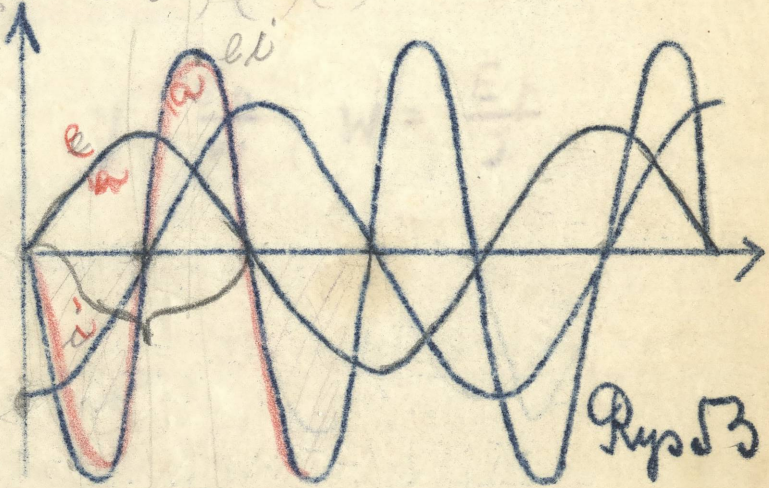
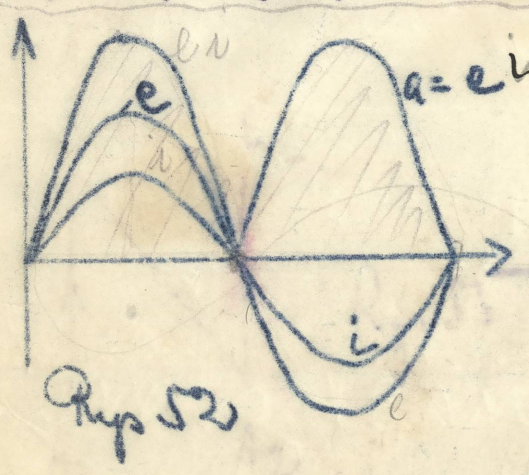
$$L = i_f (e_f \cos \varphi)$$

$$e_f \cos \varphi = i_f \omega L$$

$$e_f \sin \varphi = e_{st} = i_f L_s 2\pi n$$

$$L = e_f (i_f \cos \varphi)$$

We fazie z napięciem jest prąd  $i$  / Rys.52. / to na wypadkową nie otrzymamy żadnych ujemnych wartości.



Przesuniemy prąd względem napięcia o  $90^\circ$  / Rys.53. / to moc czyli praca będzie = 0, raz bowiem jest dodatnią, drugi raz znów ujemną

$$L = e_f i_f \cos \varphi$$

$$\varphi = 90^\circ \cos \varphi = 0$$

$$L = 0$$

Składowa napięcia, która jest w fazie z prądem t.j.  $e_f \cos \varphi$  nazywa się składową ~~potężności~~-wattową, Ta zaś która nie tworzy pracy, przesunięta o  $90^\circ$  nazywamy składową bezwattową / bez mocy /.

Prąd bezwattowy służy do wytworzenia strumienia magnetycznego.

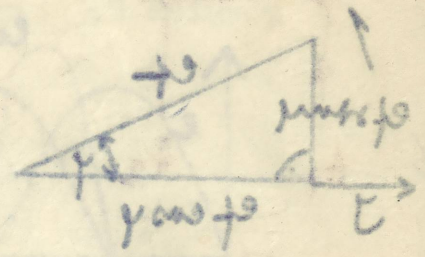
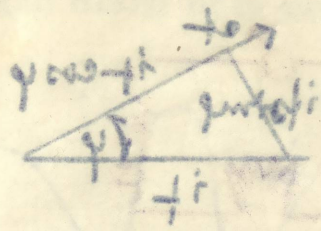
Czy prąd jest w fazie z napięciem, czy o  $90^\circ$  opóźniony możemy stwierdzić z pomocą cewki złożonej z dwóch części, które możemy łączyć bifilarnie lub infilarnie.

Składa się z prądu  $i_f$  i komponenty będącej w fazie z prądem.

$$L = i_f \cos(\omega t)$$

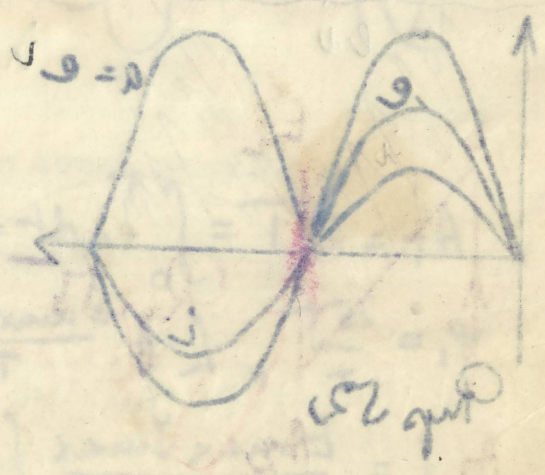
$$L = i_f \sin(\omega t)$$

$$L = i_f \cos(\omega t)$$



W fazie z napięciem jest prąd  $i_f$  / Rys. 53. / to na wykresie nie otrzy-

many żadnych ujemnych wartości.



Przebieg prądu względem napięcia o  $90^\circ$  / Rys. 53. / to moc czyn-  
 ła praca będzie  $= 0$ , tak bowiem jest dobitnie, drugi raz analogicznie

$$L = e \sin \omega t$$

$$i = i_0 \cos \omega t$$

$$L = 0$$

Składowa napięcia, która jest w fazie z prądem  $i_f$ .

nowy nie komponenta ~~co~~ watawa / to jest kierunek prądu

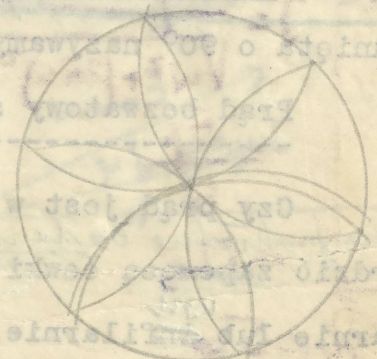
przebieg  $i_f$  o  $90^\circ$  watawa / to jest kierunek prądu

Prąd przesyłany służy do wytworzenia strumienia magnetycznego.

Ony prąd jest w fazie z napięciem, czy o  $90^\circ$  opóźniony możemy

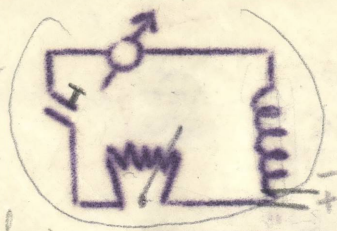
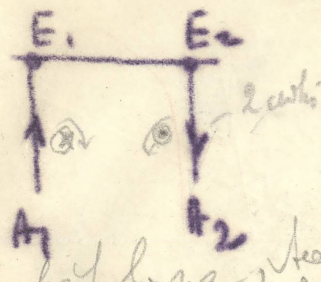
stwierdzić poprzez kierunek zbieżny z drugim wektorem, które możemy

stwierdzić poprzez kierunek zbieżny z drugim wektorem, które możemy



*potencjalnie nieaktowna* 11/11

Zróbmy następujące połączenie / Rys.54. /



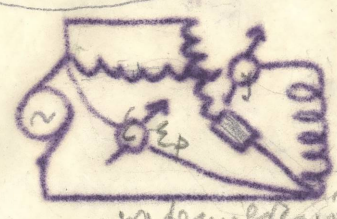
$$u = \frac{p \cdot u}{\omega}$$

$$A = E_p \cdot I = \Delta u$$

$$Y = \frac{E_p}{\sqrt{W^2 + (2\pi n)^2 L_s^2}}$$

$L_s \neq 0$   
 $\varphi = 0$   
 $\cos \varphi = 1$

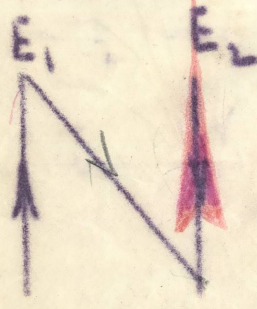
*pot. bifilarna*  
Rys.54  
kiedy:  
 $L_s = 0$   
 $\varphi = 0$   
 $\cos \varphi = 1$



*interakcja inductywna (rozmiar prądów)*

2) Połączmy teraz koniec pierwszej cewki z początkiem drugiej.

/ Rys.55. / to w tym wypadku będzie



Rys.55

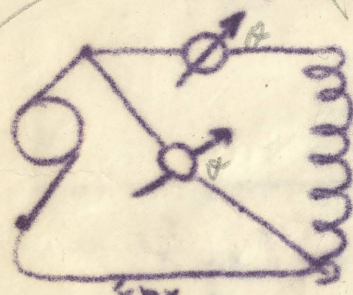
*Prądami uni-fil.*

$$Y = \frac{E_p}{W}; W = \frac{E_p}{Y}$$

Pulsacje linii się znosić się tu nie będą, samoindukcja więc będzie znaczną, przy założeniu ogólnie

*→ Mały i tony brzo' emy supercondens (patrz silne prądzie!)*

Zróbmy teraz połączenie jak na rys.56 i przyjmijmy, że w cewce

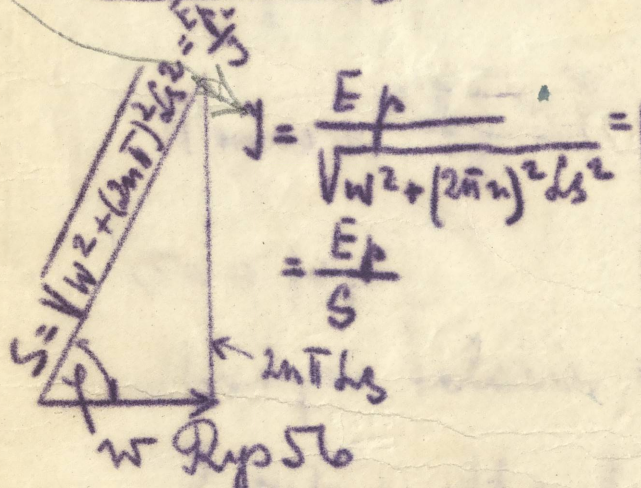


Indukcji nie obciążamy niema żelaza, to moc użyteczna:  $\Delta u = Y^2 W$   
i formuły mocy ze wzorów aut-umem i V-umem. jak na oblicz obob.

$$\Delta u = E_p \cdot Y \cos \varphi$$

$$A = E_p \cdot Y \text{ moc pozorna}$$

$$\cos \varphi = \frac{\Delta u}{E_p \cdot Y} = \frac{\Delta u}{A} \text{ - moc użyteczna / - moc pozorna}$$

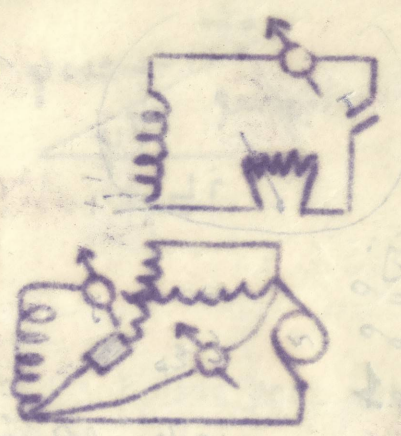
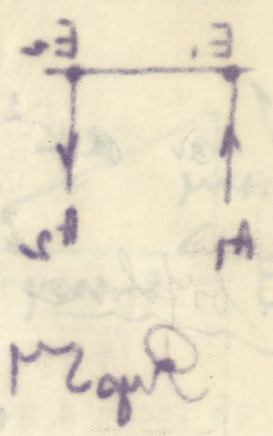


$$Y = \frac{E_p \cdot \cos \varphi}{W} \text{ równanie wektorjalne przy prądzie stałym}$$

$$Y \cdot W = E_p \cdot \cos \varphi$$

o ile posiada żelazo, to powstają straty wskutek histerezy

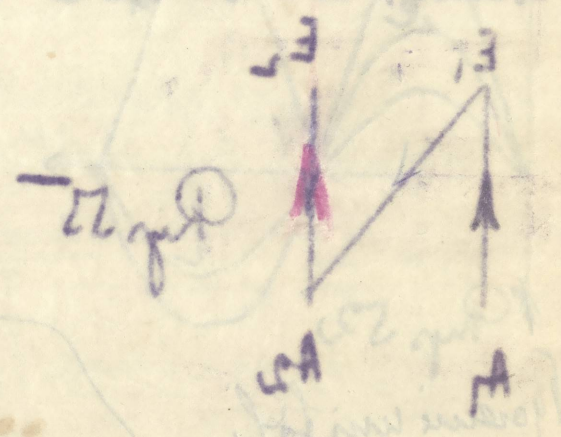
i prądów wirowych. Należałoby obecnie rozpatrzyć eksperymentalne badanie uzwojenia zawierającego żelazo.



$$\mu = \frac{p \cdot m}{\omega}$$

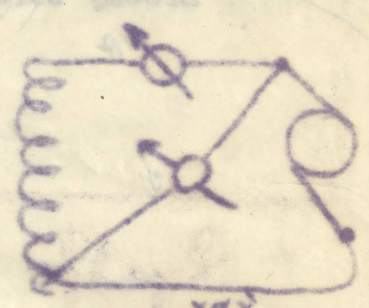
$$A = E \cdot \mu = \mu \cdot E$$

$$\mu = \frac{E \cdot p}{\sqrt{W^2 + (2\pi n)^2 \cdot R^2}}$$



$$\mu = \frac{E \cdot p}{W}$$

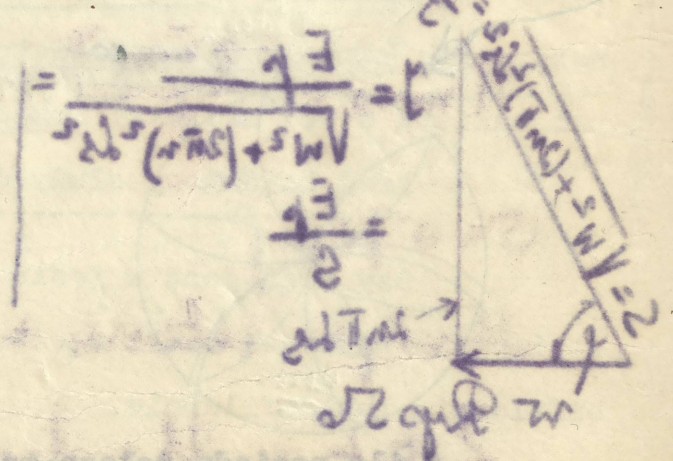
$$W = \frac{E \cdot p}{\mu}$$



$$\mu = \frac{E \cdot p}{W}$$

$$W = \frac{E \cdot p}{\mu}$$

$$\mu = \frac{E \cdot p}{\sqrt{W^2 + (2\pi n)^2 \cdot R^2}}$$



indukcyjnej i e.e.e.

Dla elektromotorycznej siły przeciwdziałającej w cewce

otrzymamy:

$$e = -m \frac{dN}{dt}$$

$$e dt = -m dN$$

$$\int_0^{\frac{T}{2}} e dt = -m \int_0^{N_{max}} dN = -2m N_{max}$$

$$e_m \frac{T}{2} = \int_0^{\frac{T}{2}} e dt = \frac{2}{T} m N_{max} (c.g.s)$$

$$e_m = 4 m n N_{max} 10^{-8} \text{ volt}$$

$$f_\varepsilon = \frac{e}{e_m} \text{ współczynnik kształtu}$$

$$e_f = 4 f_\varepsilon m n N_{max} 10^{-8} \text{ volt}$$

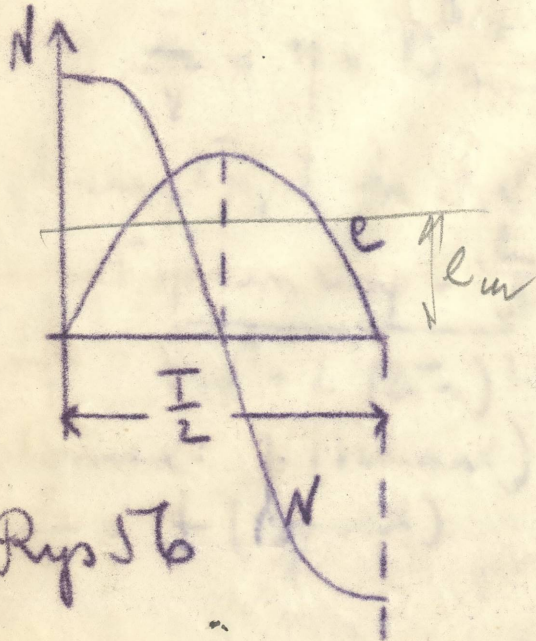
$$N_{max} = g \cdot B_{max}$$

$$e_f = E_p$$

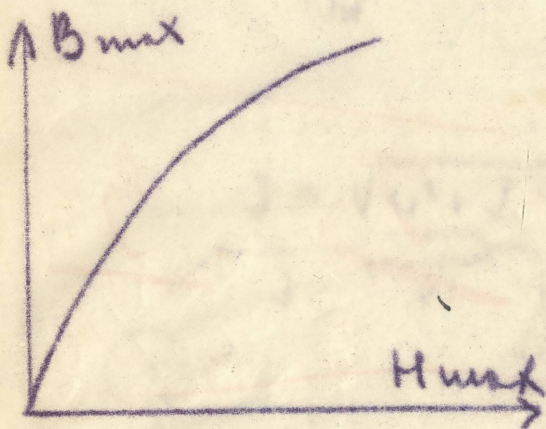
$$B_{max} = \frac{E_p \cdot 10^{-8}}{4 f_\varepsilon n m g} = \frac{c E_p}{f_\varepsilon n m g}$$

$$\frac{1}{f_\varepsilon} = c = c = f_1$$

$$B_{max} = f(H_{max})$$



Rys 56



Rys 57

$$H_{max} = \frac{0.4 \pi m j_{max}}{l} = \frac{0.4 \pi j_m}{c \sigma} ; \frac{j}{j_{max}} = \sigma$$

$$\sigma = 0.707$$

$$\text{Straty w rdzeniu} = \frac{\Sigma}{v} = f(B_{max})$$

$$\Sigma_{strat} = \Delta h + \Delta w$$

$$\Delta u = j_w^2 + \Delta h + \Delta w = j_w^2 + \Sigma(\text{strat})$$

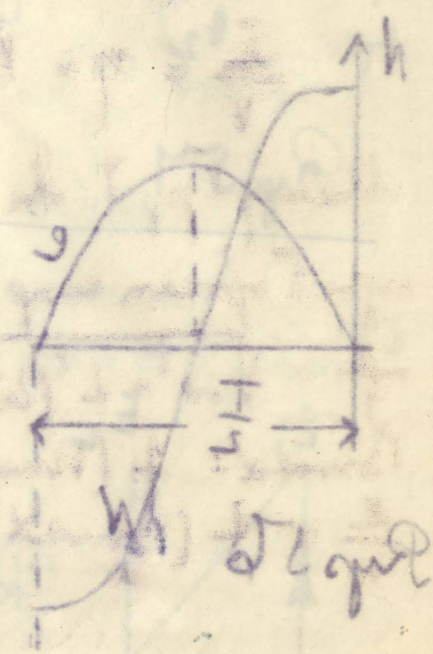
$$\Sigma(s) = \Delta u - j_w^2$$

The electrostatic force is proportional to the square of the distance

$$x_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$v = \sqrt{2gx_{max}}$$

$$\frac{v}{g} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$



$$H_{max} = \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{v}{g} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

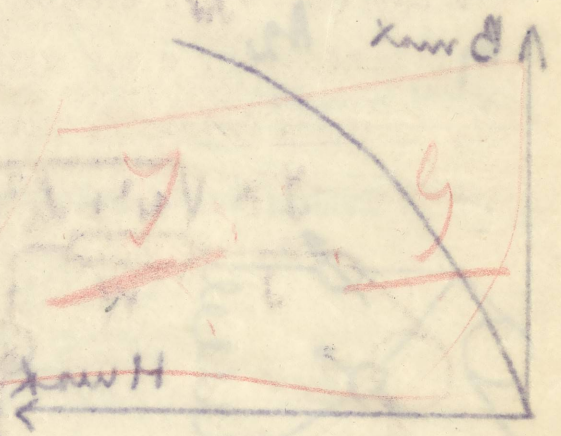
$$H_{max} = \frac{v^2}{2g}$$

$$v_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$v_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$g = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$v_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$



$$H_{max} = \frac{v^2}{2g}$$

$$v_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$v_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$v_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$v_{max} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{g} \right)^2$$

$$E_p = \frac{A}{1004}$$

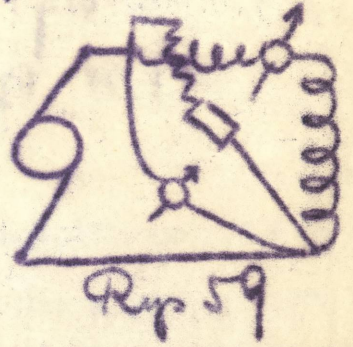
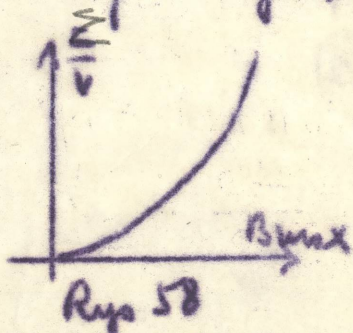
Ponieważ pojemność względnie waga żelaza jest daną, możemy sobie wypośrodkować straty na 1 kg.

$$B_{max} = c \cdot E_p$$

$$\frac{\Sigma}{V} = \eta n B_{max}^{11.6} + \int u^2 B_{max}^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} \eta = 0.002 \\ \epsilon = 5 \cdot 10^{-7} \\ n = const. \end{array} \right.$$

Mamy  $E_p, \gamma$ , da się wyrazić obliczyć

impot. oporem  $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$   
 $\frac{E_p}{\gamma} = \sqrt{W^2 + L^2 (2\pi n)^2}$   
 $B_{max} = f(I_{max})$   
 $\frac{\Sigma}{W} = f(B_{max})$

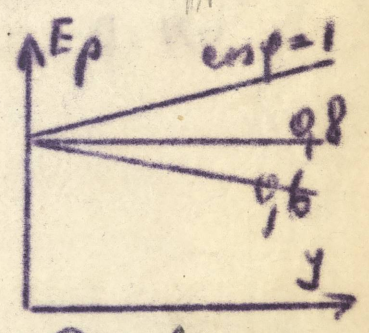
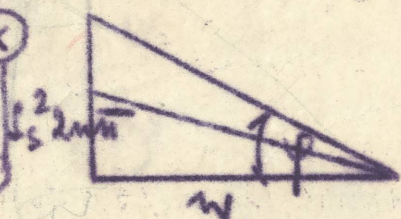
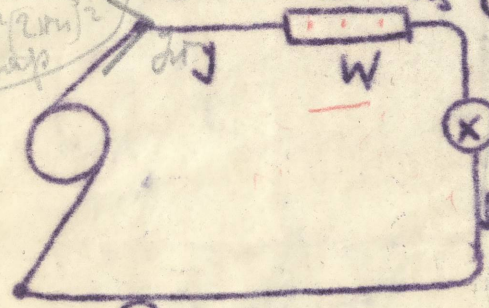


Aby otrzymać na zaciskach lampy żukowej napięcie mniejsze

niż w generatorze, włączamy przy prądzie stałym opór /Rys.61./ Spadek napięcia =  $IW$ , strata =  $I^2 W$ . Przy prądzie zmiennym włączamy opór induktywny, w tym wypadku strata będzie  $I^2 W$  / przyjmujemy, że niema żelaza /, natomiast spadek napięcia będzie  $I \cdot X$ , impedancja,

$I \cdot \sqrt{W^2 + L^2 (2\pi n)^2}$   
 spadek napięcia

$$I \cdot \sqrt{W^2 + L^2 (2\pi n)^2} > IW$$



Spadek napięcia przy prądzie zmiennym będzie więc większy

niż przy prądzie stałym przy tej samej stracie, wobec czego trómkienie napięcia jest nie wygodniejsze niż poprzednie. Chcąc mieć ten sam spadek napięcia musimy prąd  $I$  zmniejszyć, wskutek czego strata  $I^2 W$  będzie mniejsza niż przy prądzie stałym, co dla konsumpcji jest bardzo dogodne.

Charakterystyka prądu zmiennego leży tem niżej im mniejszy

jest  $\cos \varphi$  im mniejszy bowiem  $\cos \varphi$  tem większy spadek napięcia

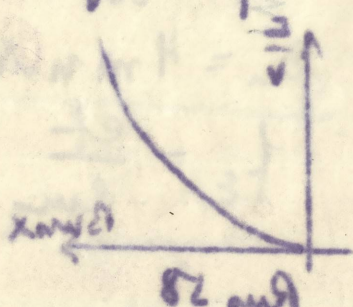
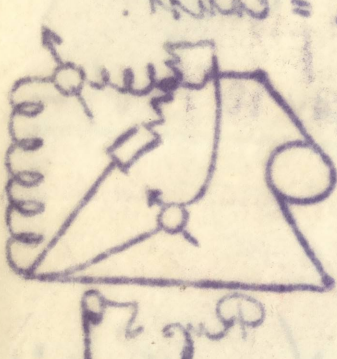
/ Rys.62. / Zwiększanie induktancji powoduje również zwiększenie

oporu. Wyłączmy obwód więcej lamp / Rys.63. / to djagram zmieni się

Fonlewał pojemność względnie waga żelaza jest dany, może-  
my sobie wyobrazić straty na 1 kg.

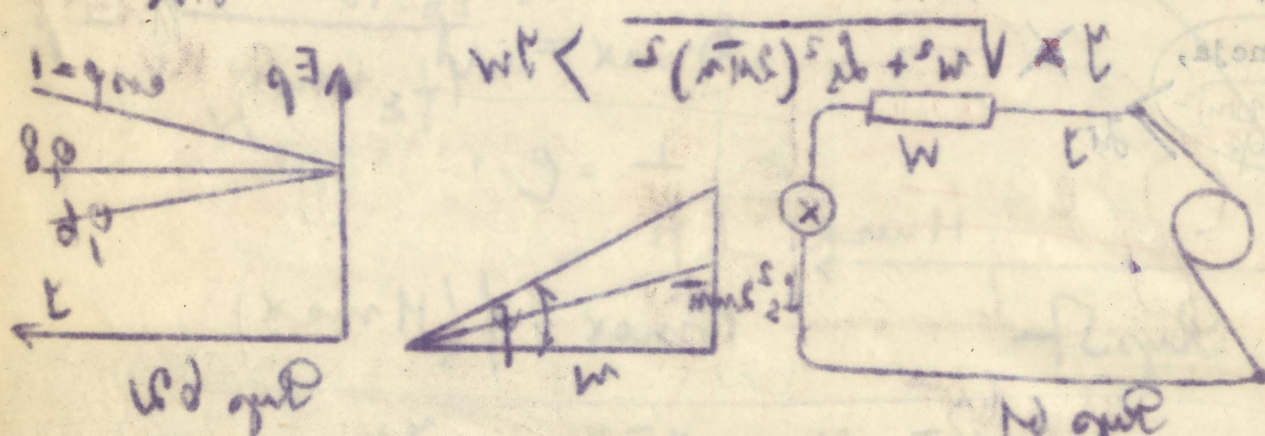
$$\frac{W}{V} \text{ lub } \frac{W}{V}$$

$$\frac{W}{V} = \frac{e \cdot F \cdot \eta}{V} = x_{max} \cdot \eta$$
$$\frac{W}{V} = \frac{e \cdot F \cdot \eta}{V} + \frac{W_{strat}}{V}$$
$$\frac{W}{V} = \frac{e \cdot F \cdot \eta}{V} + \frac{W_{strat}}{V}$$



$$\frac{W}{V} = \frac{e \cdot F \cdot \eta}{V} + \frac{W_{strat}}{V}$$
$$\frac{W}{V} = \frac{e \cdot F \cdot \eta}{V} + \frac{W_{strat}}{V}$$

Aby otrzymać na zwoiskach lampy żukowej napięcie mniejsze niż w generatorze, wiązany przy prądzie stałym opór / Rys. 61. / Spadek napięcia = W, strata = I^2 R. Przy prądzie zmiennym wiązany opór indukcyjny, w tym wypadku strata będzie I^2 X, impony, że niema żelaza, natomiast spadek napięcia będzie I X, impony.

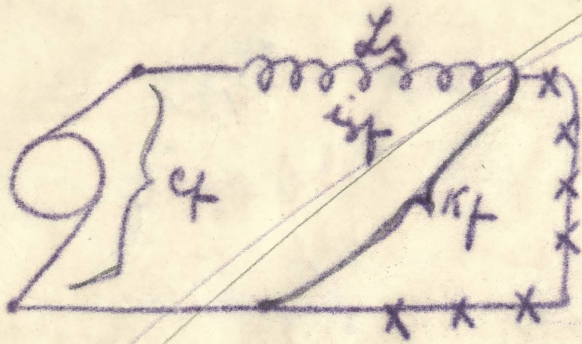


Spadek napięcia przy prądzie zmiennym będzie więc większy niż przy prądzie stałym przy tej samej stracie, wobec czego zwiększenie napięcia jest nie wygodniejsze niż poprzednio. Choćby miał ten sam spadek napięcia wiazany przy I zmiennym, większy tego strata I^2 R będzie mniejsza niż przy prądzie stałym, co dla komercyjnej jest bardzo dogodnym.

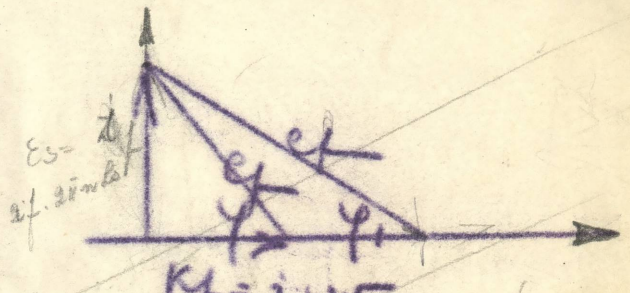
Charakterystyka prądu zmiennego jest tem niższą im mniejszy jest im mniejszy powiem, co y tem większy spadek napięcia / Rys. 62. / Zwiększenie indukcyjności powoduje również zwiększenie oporu wiązany, opór wiązany lamp / Rys. 63. / co daje nam zmienni się

*Indukcyjność*

w ten sposób, że  $K_f$  się zwiększy,  $i_f$  zostanie to samo / Rys.64. /

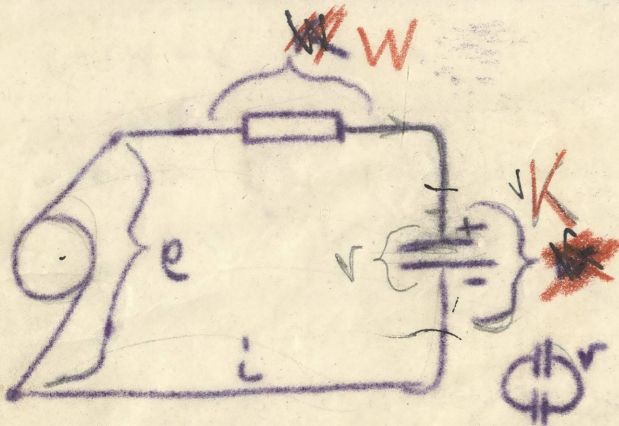


Rys. 63



Rys. 64

3) Przejdźmy teraz do zagadnienia gdzie zamiast samoindukcji / w obwodzie, oprócz oporu omicznego znajduje się kondensator / Rys. 65. / Kondensator taki składa się w zasadzie z dwóch płyt, oddzielonym jakimś izolatorem, jak powietrzem, szkłem, gumą. Połączmy kondensator ze źródłem energii, to pewna ilość elektryczności spłynie na jego płyty, mówimy, że kondensator się naładuje. Usuńmy źródło energii i połączmy płyty oporem, to prąd będzie płynął w odwrotnym kierunku.



Rys. 65

Ilość elektryczności  $Q = i t$   
w drugą stronę  $Q = K V$ , im  
większe napięcie przyłączymy  
do płyt, tem większa będzie  
ilość elektryczności.

$K$  = współczynnik pojemności  
kondensatora, zależy od wielkości  
płyt, im większa bowiem po-

wierzchnia, tem większa pojemność, od odstepu płyt, im mniejszy odstep  
tem większe  $K$ , i od materiału izolującego

$$V = \frac{Q}{K}; K = \frac{Q}{V}; K = C \frac{F}{4\pi d}$$

Sieć kablowa przedstawia pewną pojemność, kondensatory

bowiem nie muszą mieć kształtu płyt płaskich, płyty te mogą być cylindryczne. Przy kablach rzecz przedstawia się w ten sposób, że mamy dwa przewody / Rys.66. / otoczone izolatorem, mamy więc dwie cylindryczne powierzchnie działające jako kondensator. Przy daleko idących liniach możemy dostać poważne pojemności.





$i\omega + v = e$



Rys 66

Zbadajmy teraz obwód, w którym znajduje się pojemność i opór omiczny. Przyjmujemy jak przy samoindukcji, że w obwodzie płynie pewna fala prądu "i", zapytajmy się jakie będzie "e". Omiczny spadek napięcia  $i\omega = k$  jest w fazie z falą prądu, gdyż chwilowe wartości "i" musimy pomnożyć przez  $\omega$ . Przyjąć możemy, że fala przedstawiająca nam  $i\omega$  może być w skali tak dobrana, że obie krzywe, nakrywają się

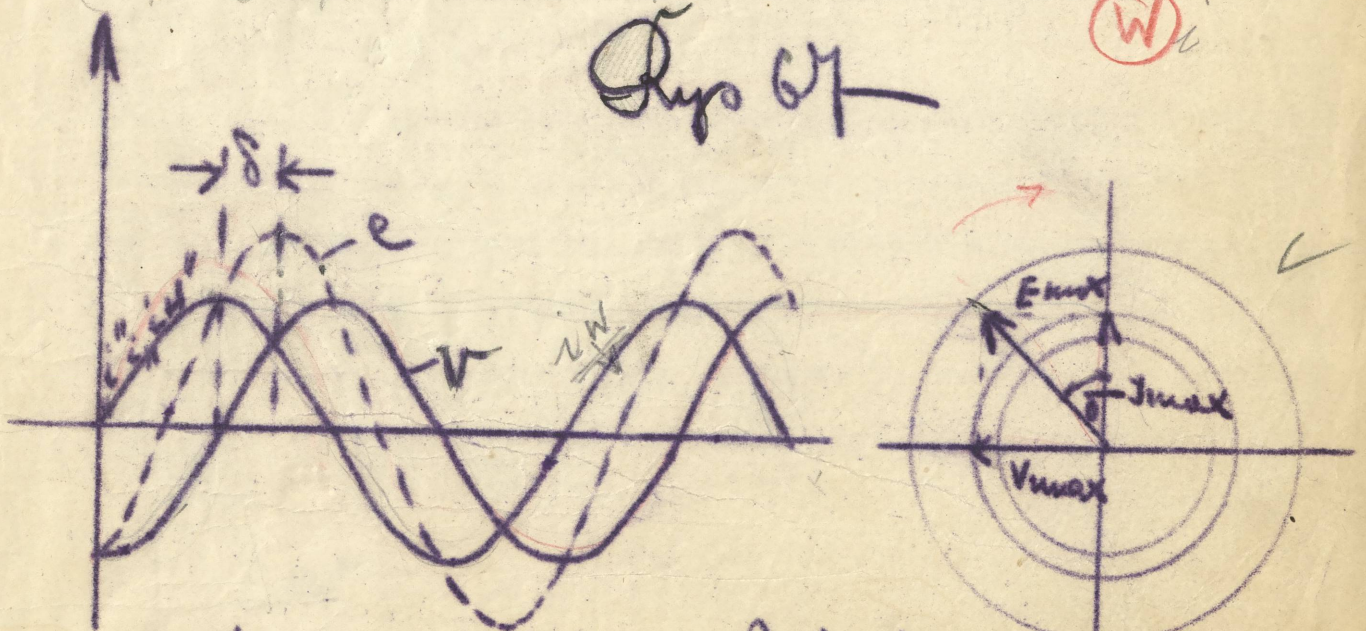
/ Rys.67. /. Jaki jest przebieg napięcia na zaciskach kondensatora ?

$v = \frac{q}{k}$ ;  $k$  - jest stałe, to znaczy, że  $v$  ma wtenczas swoje maksimum, gdy dopływa maksymalna ilość elektryczności.

Jeżeli całkowita ilość elektryczności spłynie na powierzchni kondensatora, to na jego zaciskach mamy największe napięcie  $v$ . Jeżeli w obwodzie jest opór i ~~samoindukcja~~ <sup>pojemność</sup> to przesunięcie fazy między falą prądu a napięcia wynosi 1/4 okresu. Dla chwilowych wartości jest  $e = i\omega + v$ . Dodajmy te dwie krzywe  $v$ ;  $i\omega$  to otrzymamy krzywą dla napięcia "e". Przesunięciem fazy między prądem "i" a napięciem e jest kąt  $\delta$ , prąd jest o ten kąt  $\delta$  w fazie przyspieszony, w wypadku zaś poprzednim mieliśmy induktancję o  $90^\circ$  przyspieszoną i tu jest zasadnicza różnica między tymi obwodami.

*(Napięcie jest opóźnione bo jest w fazie z kondensatorem  $e = i\omega + v$ )*

Rys 67



$i = I_{max} \sin(2\pi nt)$  fala 1  
 $v = \frac{q}{k} = \frac{1}{k} \int i dt$  ;  $v = \frac{I_{max}}{k} \int \sin(2\pi nt) dt$   
 $v = \frac{I_{max}}{k \cdot 2\pi n} \cos 2\pi nt$  ;  $v = \frac{I_{max}}{k \cdot 2\pi n} \sin(2\pi nt - \frac{\pi}{2})$

Wzrost

Zbadajmy teraz obwód, w którym znaj-  
duje się i pojemność i opór omienny.  
Przyjmijmy jak przy szesnastce,  
że w obwodzie płyną pewne takie prą-



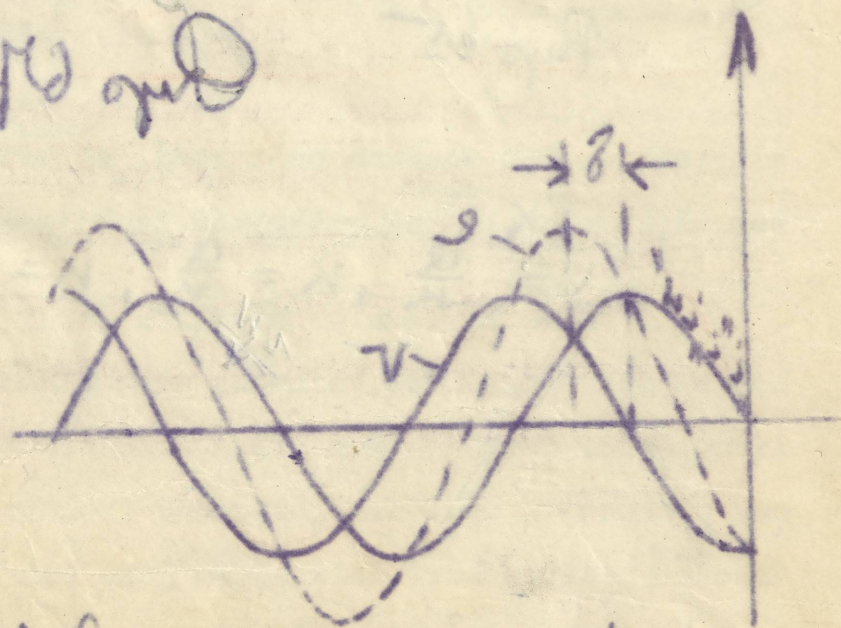
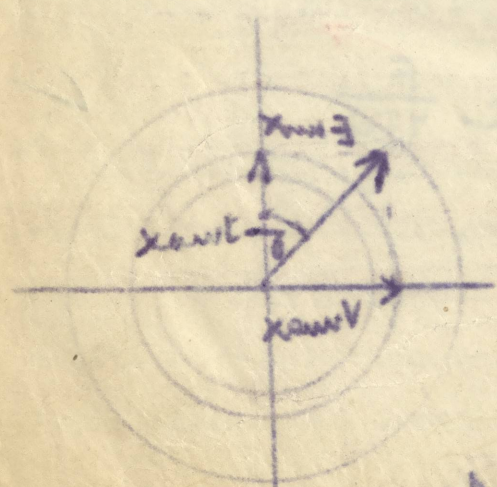
Prąd I

du "i", zapytajmy się jakie będzie "e". Omienny spadek napię-  
cia  $iW$  jest w fazie z falą prądu, gdyż chwilowe wartości i un-  
siny pomnożył przez  $W$ . Prąd jest moim, że fala przedstawia nam  
może być w skali tak dobrana, że opór - krzywe, nakrywają się  
Kas. 87. Jaki jest przebieg napięcia na zaciskach kondensatora?  
Jest takie, że  $V = \frac{Q}{K}$ , jest takie, że  $V$  ma wznosząc swoją  
maksimum, gdy bieżąca maksymalna ilość elektryczności.

Jeżeli całkowita ilość elektryczności spływa na powie-  
rchnię kondensatora, to na jego zaciskach mamy największe napięcie  $V$   
Jeżeli w obwodzie jest opór i pojemność to przesunięcie fazy mię-  
dzy falą prądu a napięciem wynosi  $\frac{1}{4}$  okresu. Dla chwilowych wartości  
jest  $e = iW + V$ . Dodajmy te dwie krzywe  $V$  i  $iW$  to otrzymamy krzywą  
dla napięcia "e". Przesunięcie fazy między prądem "i" a napię-  
ciem e jest kątem  $\frac{\pi}{4}$ , prąd jest o ten kąt  $\frac{\pi}{4}$  w fazie przyspieszony  
w wypadku zaś poprzednim różnicą fazową o  $90^\circ$  przyspieszony  
i tu jest zasadnicza różnica między tymi obwodami.

(W)

Prąd I



$$V = \frac{E_{max}}{K} \sin(\omega t - \frac{\pi}{4}), \quad V = \frac{E_{max}}{K} \cos(\omega t - \frac{\pi}{4})$$

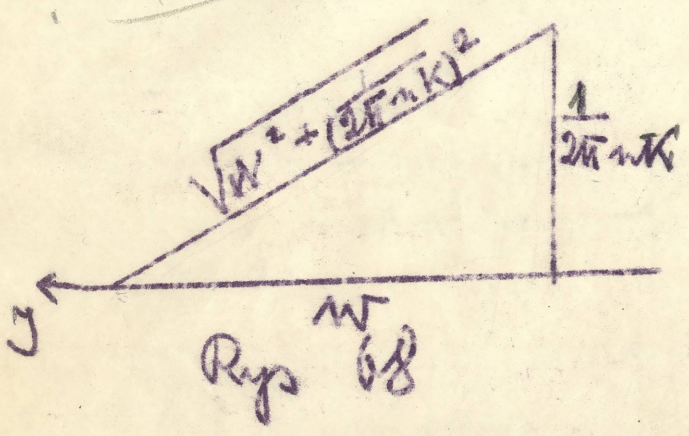
$$V = \frac{E_{max}}{K} \sin(\omega t - \frac{\pi}{4}), \quad V = \frac{E_{max}}{K} \cos(\omega t - \frac{\pi}{4})$$

dla samowol. l.  $e_s = \frac{1}{k} \sin(2\pi n t - \frac{\pi}{2})$  / mamy te  
 dla kondens. jst:  $v = \frac{1}{k} \sin(2\pi n t - \frac{\pi}{2})$  / w fazie z  $e_s$   
konduktancja

← równanie to mówi, że  $V$  jest wo-  
 bec wektora prądu opóźnione o  $\frac{\pi}{2}$   
 amplituda tej fali  $V_{max} = \frac{I_{max}}{k 2\pi n}$   $i = I_{max} \sin(2\pi n t)$

$e = E_{max} \sin(2\pi n t - \delta)$  / fala kropkowana /

Narysujmy nasz trójkąt to otrzymamy rys.68.



$2\pi n L$  — indukcja / funkcja  
 $\frac{1}{2\pi n K}$  — kondensacja

jeżeli, porównamy obwód w którym  
 znajduje się bądźto samoindukcja  
 bądźto kondensacja z oporem, to  
 otrzymamy przy ostatnim wypadku

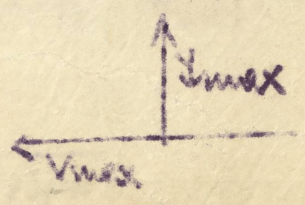
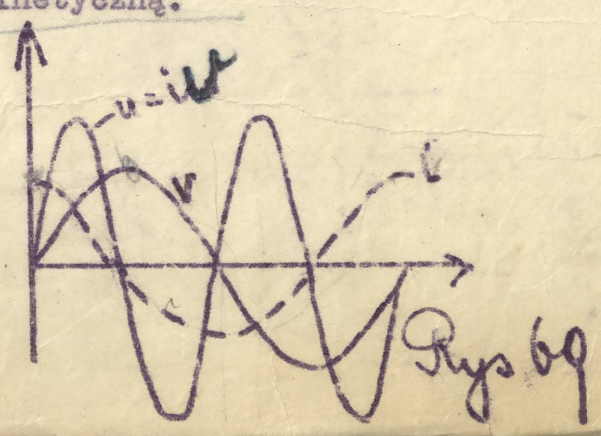
$i_f = \frac{e_f}{\sqrt{W^2 + \frac{1}{(2\pi n)^2 K^2}}$

przy samoindukcji zaś mieliśmy:  $i_f = \frac{e_f}{W}$  tak samo jak  
 gdy pojemność jest  $\infty$  to  $i_f = \frac{e_f}{W}$

Weźmy obwód, który oprócz oporu zawiera jeszcze samoindu-  
 kcję. Jeżeli ilość okresów powiększymy, to " $i_f$ " się zmniejszy,  
 jeżeli ilość okresów będzie = 0 to  $i_f = \frac{e_f}{W}$  jak przy prądzie stałym.

Do tego samego rezultatu dojdziemy jeżeli samoindukcja  
 = 0 wtedy bowiem  $i_f = \frac{e_f}{W}$

Aby skonstatować przebieg mocy musimy pomnożyć momentalne  
 wartości / Rys.69. /, praca w tym wypadku będzie równa = 0. Otrzy-  
 mujemy więc także zjawisko, że mamy w obwodzie napięcie i prąd a nie  
 mamy żadnej mocy, co znaczy, że w jednym okresie kondensator się za-  
 duje w drugim cała energia się rozładowuje podobnie jak przy waha-  
 dle gdzie następuje ciągła przemiana między energią potencjalną a  
 kinetyczną.



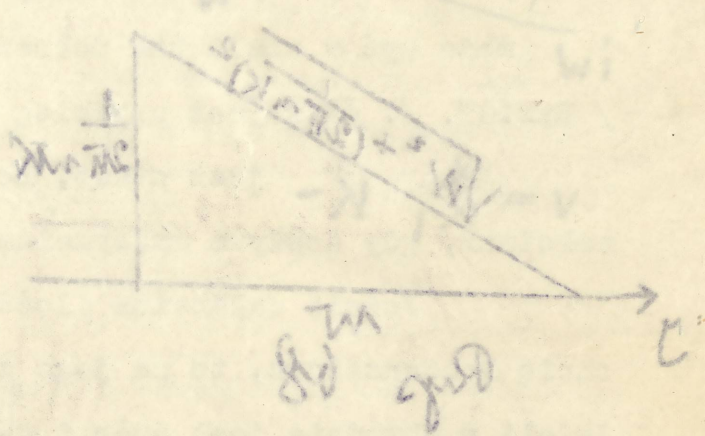
*[Faint handwritten notes at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side.]*

rozmiar to mowi, ze jest wo-

$$V_{max} = \frac{V_{max}}{k} = \dots$$

$$e = [ \dots ]$$

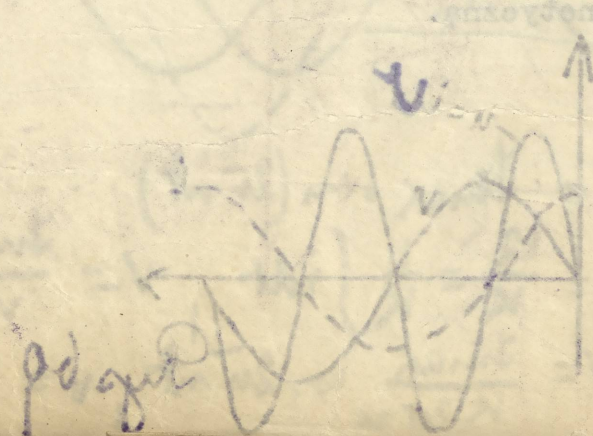
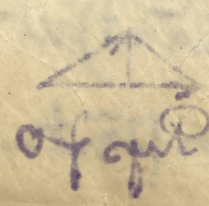
*[Faint handwritten notes and diagrams on the left side, including a small triangle.]*



$$v = \frac{e}{m} = \dots$$

*[Faint handwritten notes in the middle section.]*

*[Faint handwritten notes in the lower middle section.]*



Ważny przypadek kiedy w obwodzie prądu zmiennego znajduje się samoindukcja, opór omiczny i kondensator. / Rys.70. / Momentalne wartości sumuje się tu algebraicznie.

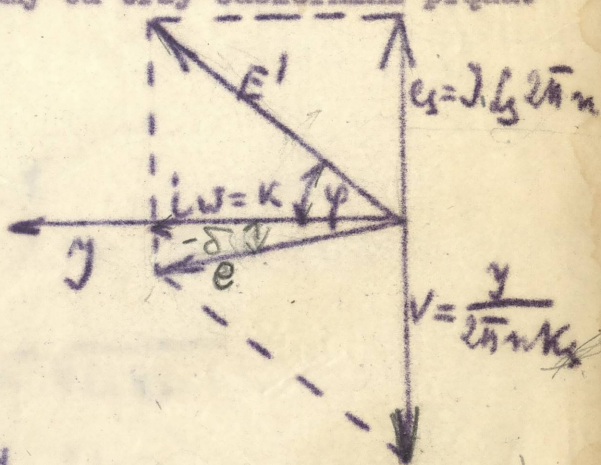
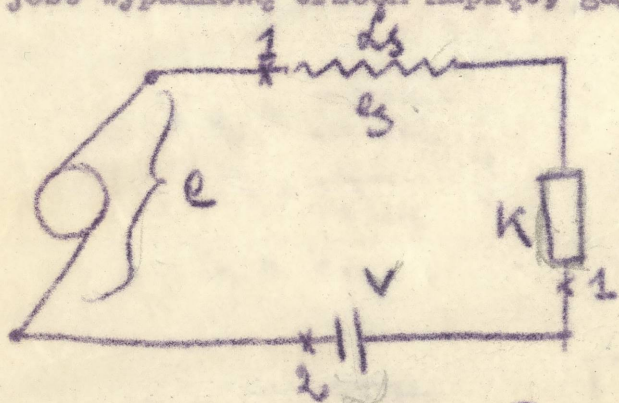
$$e = K + e_s - v$$

$$e = iW + L_s \frac{di}{dt} - \frac{1}{2\pi nK} \frac{di}{dt}$$

$$e = iW + \left( L_s - \frac{1}{2\pi nK} \right) \frac{di}{dt}$$

$L_s \frac{di}{dt}$  jest więc

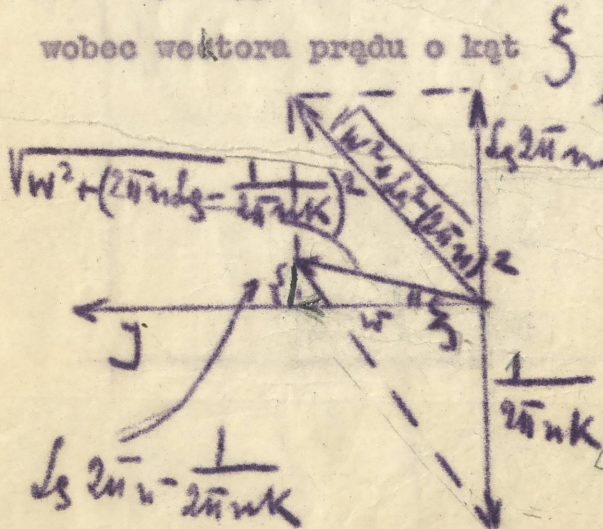
o 90° przyspieszone. Przedstawmy to wektorach / Rys.71. /. Napięcie  $v$  na zaciskach jest o 1/4 okresu wobec wektora prądu opóźnione. Napięcie  $e$  jest wypadkową trzech napięć, gdyż mamy tu trzy odbiorniki prądu.



Rys 71.

Samoindukcja stara się prąd opóźnić we fazie, kondensator stara się go przyspieszyć, raz przeważa samoindukcja, to znów kondensator.

Narysujmy wypadek, gdzie przeważa samoindukcja. / Rys.72. / We fazie z prądem jest opór omiczny  $W$ , we fazie o 90° przyspieszoną jest induktancja, opóźnioną zaś jest  $\frac{1}{2\pi nK}$ . Złożymy te trzy wektory, to w tym wypadku przeważa samoindukcja, gdyż napięcie jest we fazie wobec wektora prądu o kąt  $\xi$  przyspieszone.



$$L_s \xi = \frac{-v + E_s}{e + K}$$

$$i = \frac{e}{\sqrt{W^2 + (2\pi n L_s - \frac{1}{2\pi n K})^2}}$$

Ohma w najogólniejszej formie. Mogą tu

zajść następujące wypadki:

$$L_s 2\pi n \geq \frac{1}{2\pi n K}$$

$$L_s \leq \frac{1}{(2\pi n)^2 K}$$

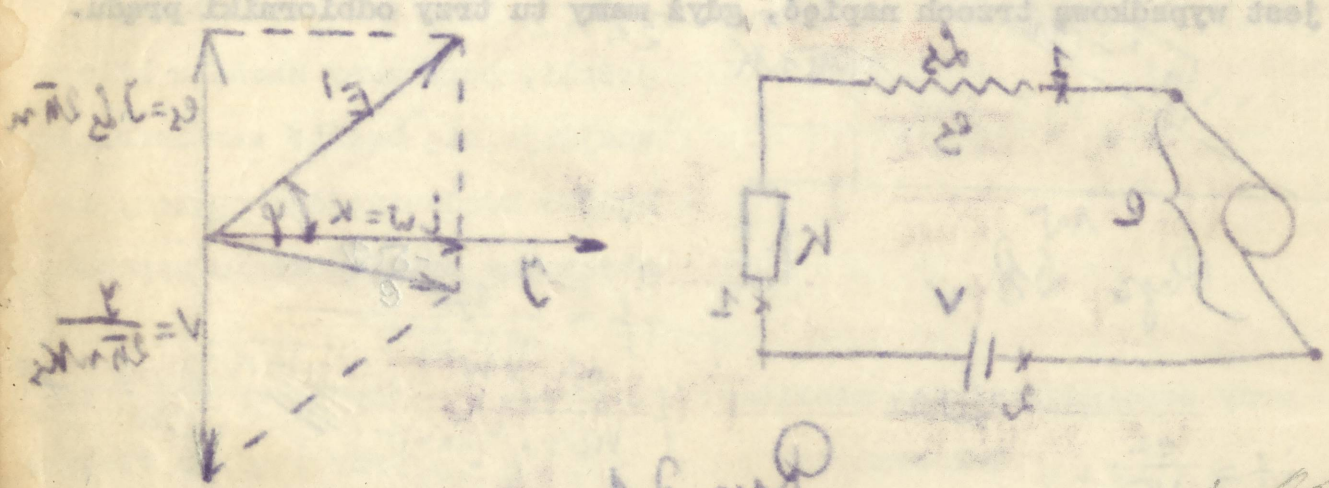
czyli, że

Rys 72

$$\begin{aligned}
 e &= K + e^2 - v \\
 e &= i\omega + \frac{1}{2\pi m k} \frac{d^2x}{dt^2} - \frac{dx}{dt} \\
 e &= i\omega + \left( \frac{1}{2\pi m k} \right) \omega^2 - (i\omega - \frac{1}{2\pi m k} \omega^2)
 \end{aligned}$$

test rigo  $\frac{dx}{dt}$   $\frac{d^2x}{dt^2}$

o 90° przemieszono. Przesłany do wektorach / rys. VI. / napięcie V na rezystorach jest o 1/4 okresu wobec wektora prądu obciążenia. Napięcie E jest wypadkową trzech napięć, rys. VII. tu trzy obciążenia prądu.



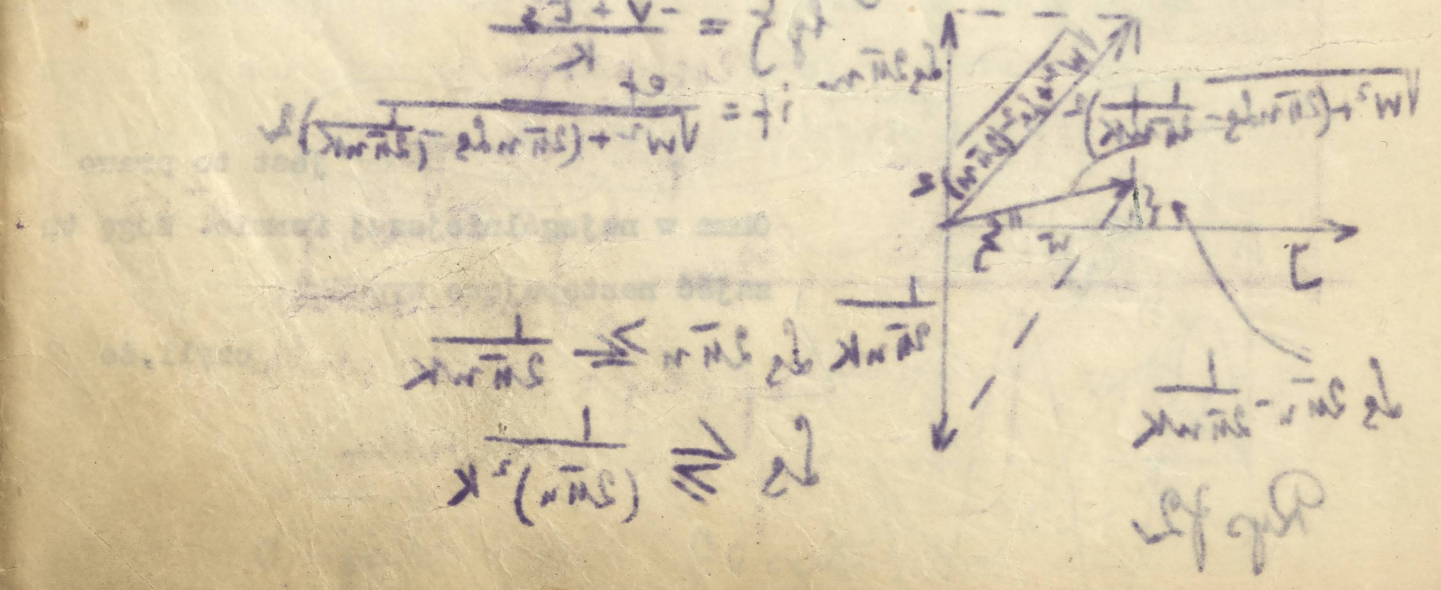
rys. VI

$\frac{1}{T} = \omega$   
 $\frac{1}{T} = \frac{2\pi}{T}$   
 $\frac{1}{T} = \frac{2\pi f}{T}$

Wzrost napięcia stała się przy oddaniu w falce, kondensator stał się go przemieszczył, res przemieszczenia napięcia, to znów kondensator.

Wzrost napięcia stał się przy oddaniu w falce, kondensator stał się go przemieszczył, res przemieszczenia napięcia, to znów kondensator.

Wzrost napięcia stał się przy oddaniu w falce, kondensator stał się go przemieszczył, res przemieszczenia napięcia, to znów kondensator.



$$\begin{aligned}
 i &= \frac{V_m + (V_m \sin \omega t)}{2\pi m k} \\
 i &= \frac{V_m}{2\pi m k} \left( 1 + \sin \omega t \right)
 \end{aligned}$$

rys. VII

1/ Weźmy pierwszy wypadek, że  $L_s < \frac{1}{(2\pi n)^2 K}$  t.zn. wpływ kondensatora przeważa. Wektor prądu wobec napięcia jest przyspieszony, kąt  $\xi$  jest ujemny.

2/  $L_s > \frac{1}{(2\pi n)^2 K}$  Przeważa samoindukcja, wektor prądu jest wobec wektora napięcia w fazie opóźniony, t.j.  $\xi$  i kąt  $\xi$  jest dodatni.

3/  $L_s = \frac{1}{(2\pi n)^2 K}$  wówczas drugi ~~czynnik~~ jest 0  
 $i_f = \frac{e_f}{W}$  napięcie z prądem jest w fazie.

Ten specjalny wypadek określamy w ten sposób, że samoindukcja i pojemność są rezonansie, otrzymujemy tu to samo równanie co przy prądzie stałym

$$L_s 2\pi n = \frac{1}{2\pi n K}$$

$$Y L_s 2\pi n = \frac{1}{2\pi n K} \cdot Y$$

$$e_f = V_f$$

warunki rezonansu, mianowicie:

$$n = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_s K}}$$

$$I = 2\pi \sqrt{L_s K}$$

Przykład:

- $e_f = 100$  volt
- $W = 10$  ohm
- ilość obrotów = 50
- $K = 0.000001$  farad
- $L_s = 0.14$  Henry

$$i_f = \frac{e_f}{\sqrt{W^2 + (L_s 2\pi n - \frac{1}{2\pi n K})^2}}$$

$$\tan \xi = \frac{W_f - e_f}{k_f}$$

Kąt  $\xi$  jako funkcja  $L_s$  jest stała  
 min. przy  $f_0$   
 rezonans = 10.2 Henry

$$L_s = \frac{1}{(2\pi n)^2 K} = 10.2$$

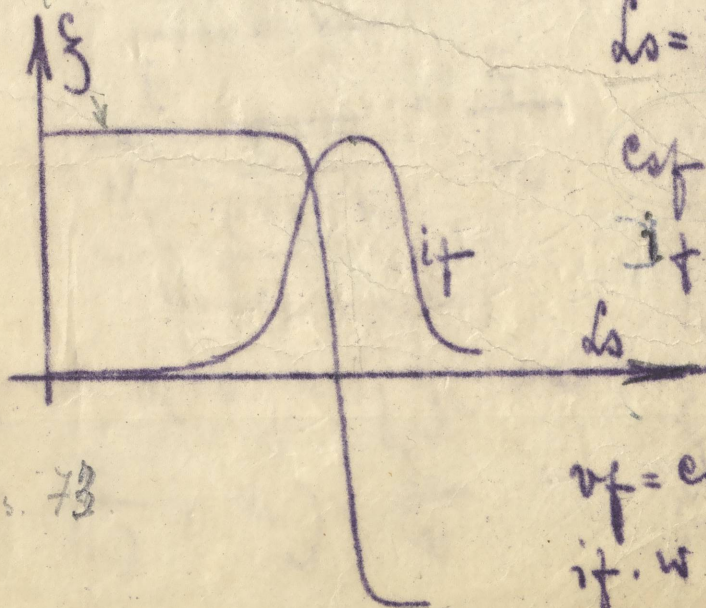
$$e_f = I_f \cdot W$$

$$I_f = 10 \text{ amp}$$

$$e_f = 2\pi n L_s I_f = 2\pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10 = 32000 \text{ volt}$$

$$v_f = e_f = 32000 \text{ volt}$$

$$i_f \cdot W = 100 \text{ watt}$$



Rys. 73

Wektor prądu w obwodzie jest przemieszczony, a wektor napięcia w fazie opóźniony, tzn. jest przesunięty względem wektora prądu. Wówczas drugi wektor jest w fazie z napięciem a prąd jest w fazie z napięciem.

$$Z = \frac{1}{\omega C} > \frac{1}{\omega L} > R$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{1/\omega C - \omega L}{R}\right)$$

Wzrost i pojemność rezonansowa, otrzymujemy tu to samo równanie co przy prądzie stałym.

$$E_0 = V$$

możemy z powyższych równań określić

$$I = \frac{E_0}{Z}$$

$$I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

$$\frac{dI}{d\omega} = \frac{E_0 \cdot 2(\omega L - 1/\omega C)}{[R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2]^{3/2}}$$

Wzrost i pojemność rezonansowa, otrzymujemy tu to samo równanie co przy prądzie stałym.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\phi = 0$$

$$I = \frac{E_0}{R}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{\omega L - 1/\omega C}{R}\right)$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{\omega L - 1/\omega C}{R}\right)$$

$$N = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Przekład:

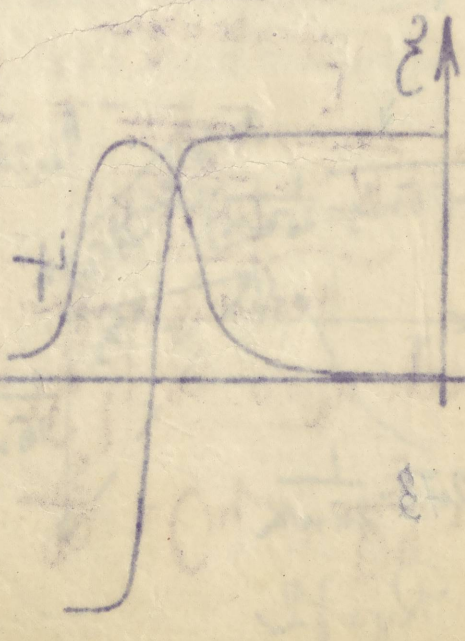
$$\omega = 100 \text{ rad/s}$$

$$W = 10 \text{ mV}$$

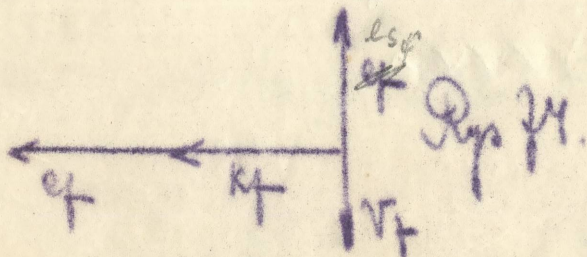
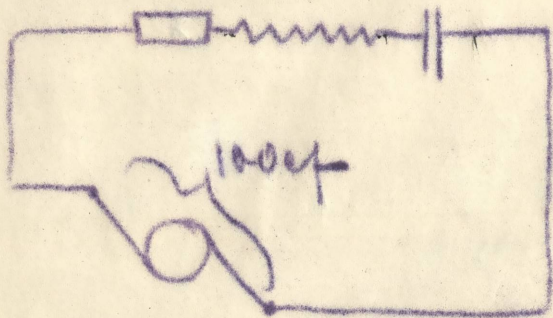
$$R = 0.00007 \text{ Ohm}$$

$$L = 0.1 \text{ H}$$

$$C = 10^{-6} \text{ F}$$



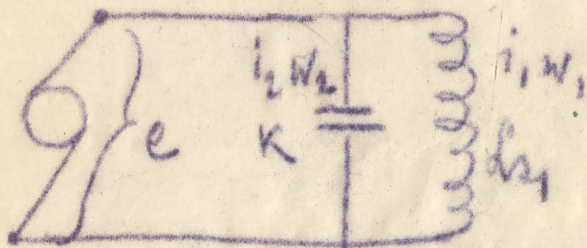
Napięcie łączone w serje daje nam sumę napięć. Tymczasem tu mamy lokalne napięcie 32.000 wolt / Rys.74. / pomimo, że całe napięcie jest 100 wolt, skutek rezonansu może być ten, że kabel zostaje przebity.



$n = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot K}}$  jest to warunek dla rezonansu.

Ponieważ samoindukcja jest nie-dużą, to  $\sqrt{L \cdot K}$  jest małe, jeżeli więc rezonans ma pozostać to ilość okresów musi być dużą. Niebezpieczeństwo powstania rezonansu jest tem większe im większa jest ilość okresów.

46) Rozpatrzmy teraz to samo zjawisko z tą różnicą, że pojemność i samoindukcja są łączone nie w serje, lecz równoległo / Rys.75. /



Rys 75.

$$Y = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + L_1^2 (2\pi n)^2}} = \frac{E}{S_1}$$

impedancja

$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{W_2^2 + \frac{1}{(2\pi n)^2 K^2}}} = \frac{E}{G_2}$$

konduktancja

jeżeli  $W_2 = 0$  to  $G_2 = \infty$

$$I = \frac{E}{W_1} ; W_1 = \frac{S_1}{G_2}$$

suma geom. wektorów

$$e = E_{max} \sin(2\pi nt)$$

$$\text{prąd } i_1 = I_{1max} \sin(2\pi nt - \phi_1)$$

mamy tu opóźnienie w fazie prądu wobec napięcia,  $\phi_1$ , jest kątem przesunięcia

$$i_2 = I_{2max} \sin(2\pi nt + \phi_2) \text{ tu mamy przyspieszenie fazy prądu wobec napięcia}$$

$$i = I_{max} \sin(2\pi nt + \phi)$$

$i = i_1 + i_2$  - momentalne wartości summy się

$$\tan \phi_1 = \frac{L_1 2\pi n}{W_1}$$

$$\tan \phi_2 = \frac{1}{2\pi n K W_2}$$

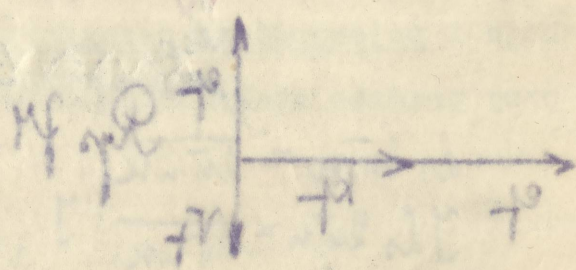
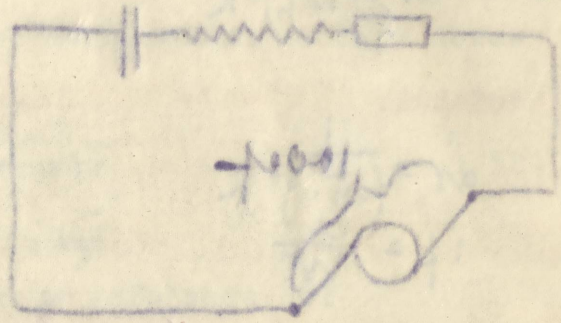
$$\phi_2 = 90^\circ$$

$$S_1 = \sqrt{W_1^2 + L_1^2 (2\pi n)^2}$$

$$G_2 = \sqrt{\frac{1}{(2\pi n)^2 K^2}} = \frac{1}{2\pi n K}$$

to miłe jest słowo!  
 ale so znaczy że  
 jest wyprowadzonym wektorem z  $S_1$

Wzrost napięcia w szeregu jest 23.000 volt / 1000 volt / godzinę, do czego należy dodać 100 volt, skutkiem czego napięcie w szeregu jest 23.100 volt.

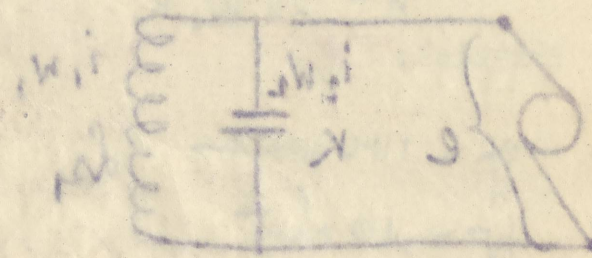


$$N = \frac{1}{2} V_{eff} I_{eff}$$

Wzrost napięcia w szeregu jest 23.000 volt / 1000 volt / godzinę, do czego należy dodać 100 volt, skutkiem czego napięcie w szeregu jest 23.100 volt.

$$e = E_{max} \sin(\omega t)$$

Wzrost napięcia w szeregu jest 23.000 volt / 1000 volt / godzinę, do czego należy dodać 100 volt, skutkiem czego napięcie w szeregu jest 23.100 volt.



$$\omega^2 = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + W_2^2}} \sin^2$$

$$\omega^2 = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + W_2^2} K_s}$$

$$\omega^2 = \frac{E}{W_1^2 + W_2^2} \sin^2$$

Wzrost napięcia w szeregu jest 23.000 volt / 1000 volt / godzinę, do czego należy dodać 100 volt, skutkiem czego napięcie w szeregu jest 23.100 volt.

$$i = i_{max} \sin(\omega t + \phi)$$

$$i = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + W_2^2} K_s} \sin(\omega t + \phi)$$

W 110

po przeprowadzeniu rachunków otrzymamy:

$$M) = \sqrt{\frac{W_1^2 + (2\bar{n}n)^2 d_1^2}{(2\bar{n}n)^2 K^2 \left[ W_1^2 + (2\bar{n}n)^2 d_1^2 - \frac{1}{(2\bar{n}n)^2 K} \right]^2}}$$

$$i_f = \frac{e_f}{W}$$

poprzednie równanie można jeszcze napisać w tej formie:

$$M) = \sqrt{\frac{W_1^2 + (2\bar{n}n)^2 d_1^2}{(2\bar{n}n)^2 K^2 + \left[ W_1^2 + (2\bar{n}n) d_1 - \frac{1}{2\bar{n}n K} \right]^2}}$$

$\zeta$  jest to kąt przesunięcia fazy między napięciem, a całkowitym prądem.

$$\zeta = -\frac{W}{W_1} \left[ d_1 - K(W_1^2 + W^2 d_1^2) \right]$$

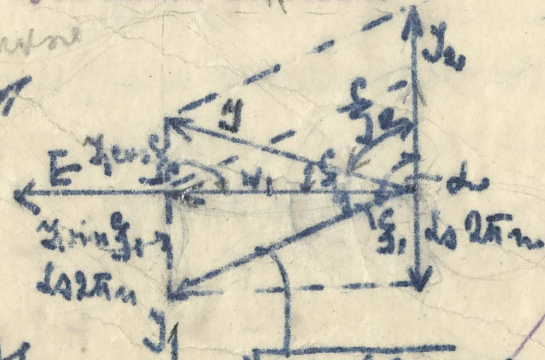
$\alpha$  jest kątem przesunięcia fazy między prądem  $I_1$  i  $I_2$ .  $I_1$  jest wobec napięcia w fazie opóźniony,  $I_2$  przyspieszony kąt  $\alpha$  jest sumą tych dwóch kątów.

$$\alpha = \zeta_1 + \frac{\pi}{2}$$

Znacznie prościej przedstawia się ta kwestja w wektorach.

Ponieważ mamy do czynienia z łączaniem równoległym, wychodzimy z wektora napięcia / przy szeregowym wyszliśmy z wektora prądu /. Z wektorem napięcia w fazie musi być opór omiczny / Rys.76. / Indukcja tego rozgałęzienia jest w fazie o 90° opóźniona. Impedancja jest wypadkowa tych dwóch wektorów.

*in juncy kłose*  
*z kłose = 0*



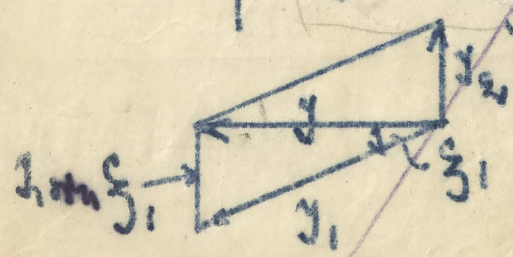
Rys 76

bezwatowa <sup>składowa</sup> komponenta jest  $Y_1 \sin \zeta_1$  / pozostaje w fazie z indukcją / watowa komponenta jest  $Y_1 \cos \zeta_1$

Z djagramu możemy określić warunek przy którym całkowity prąd I jest w fazie z napięciem E, jak widać kąt "  $\zeta$  " jest wówczas równy 0,

Wtedy:  $I_2 = Y_1 \sin \zeta_1$ ;  $I_2 = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + (2\bar{n}n)^2 K^2}} = \frac{E}{C_2}$

ponieważ  $N_2 = 0$  więc otrzymamy:



$$I_2 = E 2\bar{n}n K$$

$$Y_1 = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + d_1^2 (2\bar{n}n)^2}}$$

Wstawimy te wartości do równania  $I_2 = Y_1 \sin \zeta_1$ , to otrzymamy:

po przeprowadzeniu rachunków otrzymamy:

$$W_0 \left[ \frac{W_1 \omega + (2W_1 \bar{\omega})}{(2W_1 \bar{\omega})^2 K} - \frac{1}{(2W_1 \bar{\omega})^2 K} \right] = W_0$$

$$\frac{W_0}{W_1} = \frac{1}{K}$$

poprzeźnik pomiaru można jeszcze napisać w tej formie:

$$W_0 \left[ \frac{W_1 \omega + (2W_1 \bar{\omega})}{(2W_1 \bar{\omega})^2 K} - \frac{1}{(2W_1 \bar{\omega})^2 K} \right] = W_0$$

jest to też przesunięcie fazy między napięciami, a całkowi-

$$\left[ \frac{W_1 \omega + (2W_1 \bar{\omega})}{(2W_1 \bar{\omega})^2 K} - \frac{1}{(2W_1 \bar{\omega})^2 K} \right] = \frac{1}{K}$$

jest takim przesunięciem fazy między prądami

W tym celu napięcia

w fazy odprężony, tj. przyspieszony jest

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}$$

Ważnym punktem projektu przesłania się na kwestię

konwersji mowy do języka z kolumnami różniczek

na napięcia / przy asynchronizacji wysteracji

napięcia w fazy musi być odprężony /

rozgałęzienia jest w fazy o 90° opóźniona. Impedancja jest

w tym dwóch wektorów.

bazawowa komponenta jest

pozostała

w fazy z indukcyjną / wektora

generacji jest

z diagramu możemy określić

przy której euklidowskiej

jest

$$\frac{E}{E_0} = \frac{E}{E_0}$$

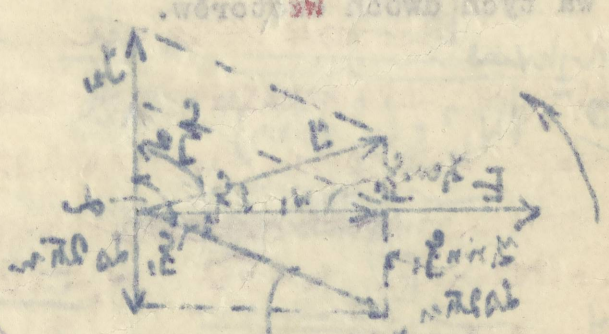
podstawiając

wektor

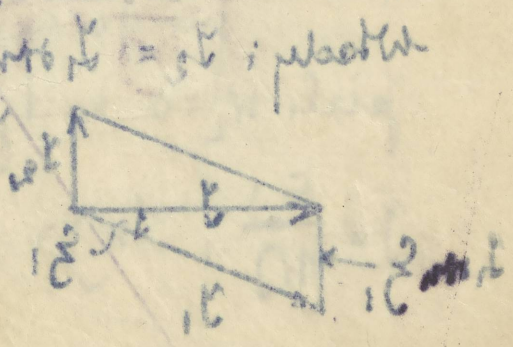
$$\frac{E}{E_0} = \frac{E}{E_0}$$

$$\frac{E}{E_0} = \frac{E}{E_0}$$

$$\frac{E}{E_0} = \frac{E}{E_0}$$



Wykres



Wektorowy lektor jako

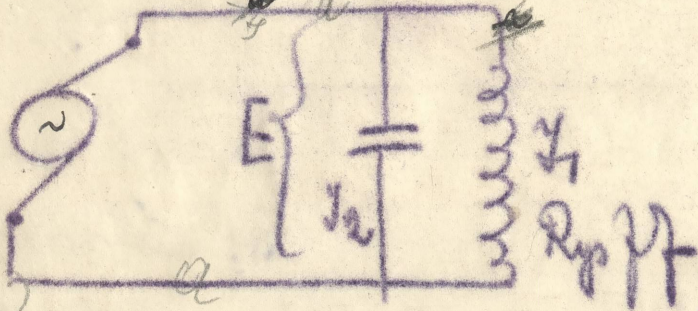
- 41 -

$$E \frac{2\pi n k}{L_s} = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + L_s^2 (2\pi n)^2}} \cdot \frac{L_s 2\pi n}{\sqrt{W_1^2 + L_s^2 (2\pi n)^2}}$$

$$K = \frac{L_s}{W_1^2 + L_s^2 (2\pi n)^2} \quad (\text{warunek rezonansu})$$

W tym wypadku całkowity prąd jest w fazie z napięciem  
otrzymamy jak dla prądu stałego  $I = \frac{E}{W_1}$

Zestawmy jeszcze raz poprzednie rozumowanie / Rys. 77. /



W przewodzie a prąd jest z napięciem w fazie, prąd  $I_2$  jest wobec napięcia przyspieszony. Przesunięcie fazy jest bardzo niepożądane,

powoduje ono bowiem po pierwsze, spadek napięcia w centrali / generator

prądu zmiennego na tem większy spadek napięcia im większe jest przesunięcie fazy /, po drugie, przy nierówności faz płynie większy

prąd  $I$  niż w wypadku gdyby fazy były równe, straty więc  $I^2 R$  są większe

Przesunięcie fazy można by usunąć za pomocą kondensatora połączzonego równolegle, rzecz ta napotyka jednak na trudności praktyczne. W praktyce często używamy w tym celu maszyn synchronicznych które przyłączone do sieci pracują jako synchroniczne motory. Przy wzbudzeniu zanadto silnem wektor prądu jest wobec napięcia przyspieszony, w przeciwnym wypadku jest opóźniony, między zaś temi skrajnemi wypadkami jest pewne wzbudzenie, przy którym wektor prądu jest w fazie z wektorami napięcia.

Pojemność kabla wskutek czego powstają wyższe harmonijne jest specjalnie szkodliwą przy telefonii, powoduje bowiem niewyraźne przeniesienie głosu. Pierwszym który usunął tę niedogodność przez zastosowanie cewki samoindukcyjnej był Puppin.

$$E = 100 \text{ volt} \quad n = 50 \quad W_1 = 10 \text{ ohm}$$

$$L_s = 1 \text{ H} \quad n_2 = 0$$

$$I = f(K)$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{E}{\sqrt{W_1^2 + L_s^2 (2\pi n)^2 + \frac{L_s^2 (2\pi n)^2}{K^2}}}$$

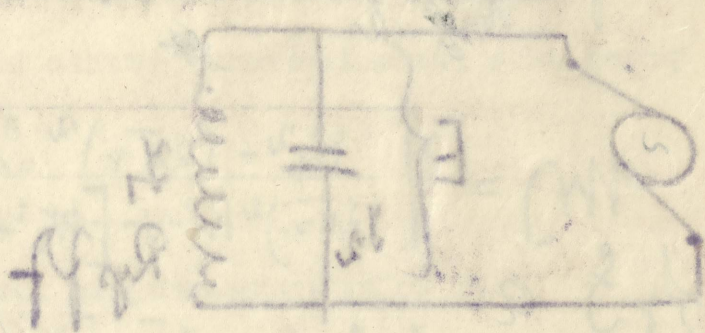
K zmienia się od 0-25 MF

R - ów całkowity gałęzi impedancji i kondensacji.

$$K = \frac{W_1 + W_2}{W_1} = \frac{W_1 + W_2}{W_1} \quad \text{or} \quad K = \frac{W_1 + W_2}{W_1} = \frac{W_1 + W_2}{W_1}$$

$$F_{\text{LW}} K = \frac{F}{\sqrt{W_1^2 + W_2^2}} \cdot \frac{W_1 + W_2}{W_1}$$

$$\gamma = \frac{F}{W_1}$$



$$F = 100 \text{ V} \quad W_1 = 20 \quad W_2 = 10 \text{ ohm}$$

$$W_1 = 1 \text{ H} \quad W_2 = 0$$

$$\gamma = f(K) = \frac{F}{W_1} = \frac{100}{20} = 5$$

$$K = \frac{W_1 + W_2}{W_1} = \frac{20 + 10}{20} = 1.5$$

Dla wypadku rezonansu <sup>f. 2m</sup> jeżeli prąd z napięciem jest we fazie, otrzymamy

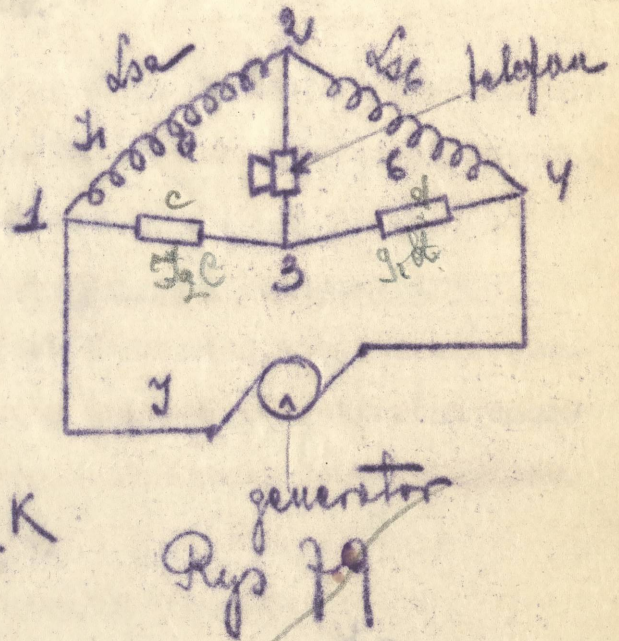
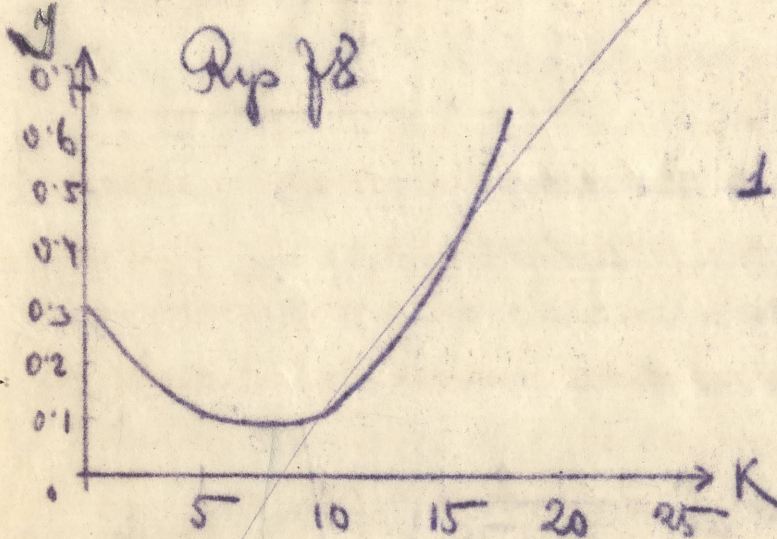
$$K = \frac{L_4}{\sqrt{W_1^2 + L_4^2 (2\pi n)^2}}$$

$$y = 0 \text{ oraz } y = 1$$

$$y = \xi = 0$$

$$K = 10 \cdot 1 \text{ MF} = 0.00001 \text{ MF}$$

Przebieg prądu jako funkcję pojemności przedstawia graficznie / Rys.78. /



Pomiary samoindukcji .

Metoda porównawcza polega na porównaniu danej samoindukcji z samoindukcją już znaną. W jedną djagorałę / Rys.79. / włączamy generator w drugą telefon bardzo czuły na prąd.

Zmieniamy opory a i b tak dżugo, aż między punktami 2-3 otrzymamy napięcie równe 0, wskutek czego w telefonie nie otrzymamy żadnego szmeru. Spadek napięcia między punktami 1-2 jest równy spadkowi napięcia między punktami 1-3, czyli  $\sqrt{V a^2 + L a^2 (2\pi n)^2} = \sqrt{L c}$  po drugiej stronie będzie  $\sqrt{L b^2 + (2\pi n)^2 L b^2} = \sqrt{L d}$

Po podzieleniu i podniesieni-u obu równań do kwadratu otrzymamy :

$$\frac{a^2 + (2\pi n)^2 L a^2}{b^2 + (2\pi n)^2 L b^2} = \frac{c^2}{d^2}$$

Jeżeli współczynniki samoindukcji są dostatecznie duże to  $a^2$  i  $b^2$  można zaniedbać.

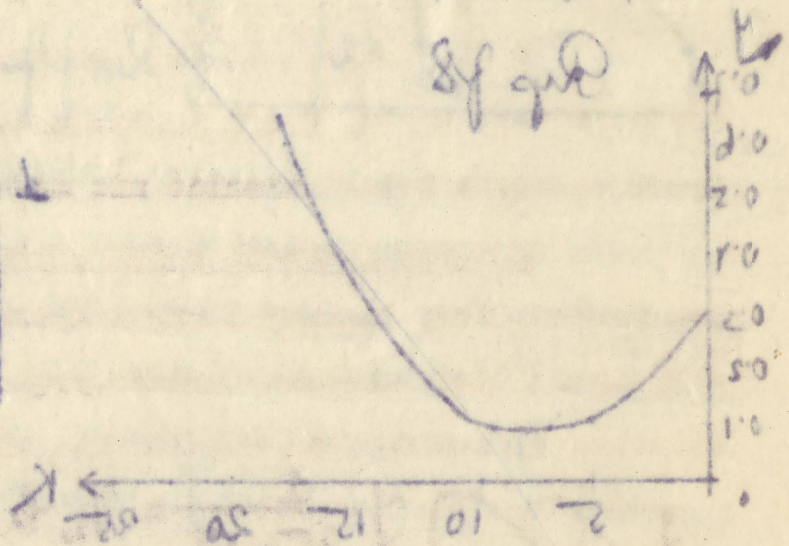
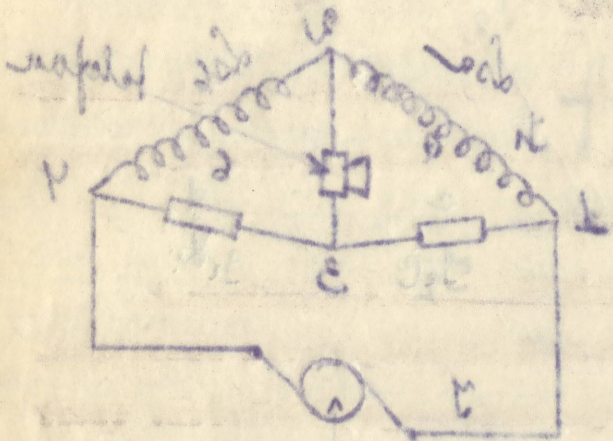
$$\frac{L a}{L b} = \frac{c}{d} \quad L a = L b \cdot \frac{c}{d}$$

Dla wypadku rezonansu napięcia jest w fazie

$$K = \frac{U_{max}}{\sqrt{U_{eff}^2 + I_{eff}^2 R^2}}$$

$$K = 10.1 \text{ MF} = 0.0000101 \text{ MF}$$

Przebieg prądu jako funkcję pojemności przedstawia grafi-



Pomiary amplitudą.

Metoda porównawcza polega na porównaniu napięcia amplitudą

z napięciem już znanym. W tej metodzie napięcie  $U_{max}$  w generatorze

generator, w drugie miejsce, bardzo mały prąd.

Zmieniemy opór  $R$  i tak długo, aż między punktami 2-3

otrzymamy napięcie równe  $U$ , wówczas czołgu w telefonie nie otrzymamy

żadnego szumu. Spadek napięcia między punktami 1-2 jest równy spad-

łowi napięcia między punktami 1-3, czyli

$$U_{1-2} = U_{1-3} \Rightarrow \frac{U_{1-2}}{U_{1-3}} = 1$$

Po podzieleniu i podniesieniu obu stron do kwadratu otrzy-

$$\frac{U_{1-2}^2}{U_{1-3}^2} = 1 \Rightarrow \frac{U_{1-2}^2}{U_{1-3}^2} = \frac{R^2 + (\omega L)^2}{R^2 + (\omega C)^2}$$

Jeżeli współczynniki amplitudowe i skuteczności są takie same

to

$$\frac{U_{1-2}}{U_{1-3}} = 1 \Rightarrow \frac{R^2 + (\omega L)^2}{R^2 + (\omega C)^2} = 1$$

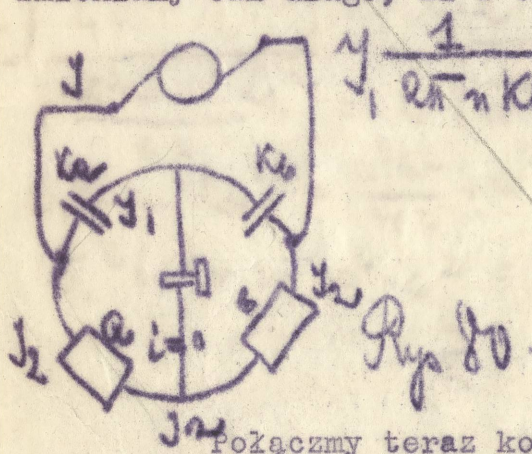
O ile w ten sposób postąpić nie można, to postępujemy tak :  
 $a^2 d^2 + a^2 d s a d^2 = b^2 c^2 + a^2 d s b c^2$  } o ile opory  
 $a, b, c, d$ , są do siebie w takim stosunku jak przy moście ~~Wheatstone~~ Wheatstone  
 t.zn.  $a : b = c : d$  to  $ad = bc$   
 czyli  $a^2 d^2 = b^2 c^2$  otrzymamy więc :

$$L_{sa} : L_{sb} = c : d ; L_{sa} = L_{sb} \cdot \frac{c}{d}$$

Robimy zazwyczaj dwa pomiary jeden prądem stałym dla wyrównania tego mostu, drugi prądem zmiennym według poznanej metody. Opory są stałe i ich zmieniać nie można.

W podobny sposób można porównać dwie pojemności :

Dwa kondensatory łączymy z dwoma oporami na modę mostu Wheatstone, / Rys.80. / oraz włączamy źródło prądu zmiennego i telefon. Opory zmieniamy tak długo, aż w telefonie nie otrzymamy żadnego szmeru.



$$Y_1 \frac{1}{2\pi n K_b} = Y_2 b$$

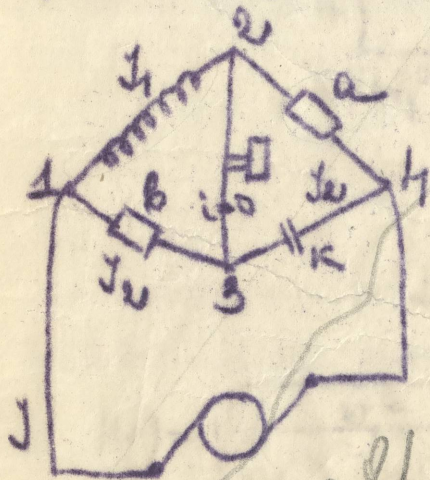
po drugiej stronie

$$Y_1 \frac{1}{2\pi n K_a} = Y_2 a$$

$$\frac{K_a}{K_b} = \frac{b}{a} ; K_a = K_b \cdot \frac{b}{a}$$

Połączmy teraz kondensator i samoindukcję / Rys.81. / Ustaw

wiwszy równania dla równowagi otrzymamy spadek napięcia między 1-2 jest równy spadkowi napięcia między 1-3



$$Y_1 \sqrt{W_1^2 + \omega^2 L_1^2} = Y_2 b$$

$$Y_a = \frac{Y_b}{\omega K}$$

po podzieleniu tych dwóch równań otrzymamy :

$$\sqrt{W_1^2 + \omega^2 L_1^2} = b \omega K$$

$$W_1^2 + \omega^2 L_1^2 = a^2 b^2 \omega^2 K^2$$

$$W_1 = 0 \quad \omega^2 L_1^2 = a^2 b^2 \omega^2 K^2$$

$$L_1 = a b K 10^{-6}$$

0 nie w ten sposób postąpić nie można, co postępujemy

$$a^2/b^2 + a^2/c^2 = a^2/d^2 + a^2/e^2$$

o ile opory

a, b, c, d, e do siebie w takim stosunku jak przy montażu Westona

f.m. a : b = c : d to ad : bc

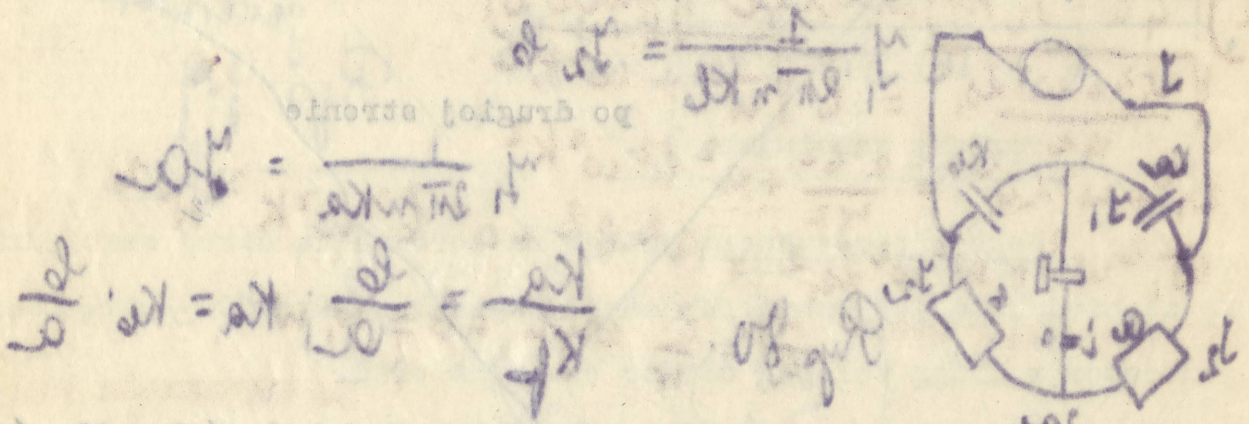
czyli  $a^2/d^2 = b^2/c^2$  otrzymamy więc :

$$a : b = c : d ; \frac{a}{b} = \frac{c}{d} ; \frac{a}{c} = \frac{b}{d}$$

Robimy rozważań dla postawy jeden jeden drugim dla wy-  
równania tego mostu, drugi przed zmianą wielkości poznanej metody.  
Opory są stałe i ich zmiany nie można.

W podobny sposób można porównać dwie potężności :

Dwa kondensatory łączymy z dwoma oporami na mostu Westona,  
Kwa. 00. / Oś w kierunku źródła prądu zmiennego i telefon. Opory  
zmieniamy tak długo, aż w telefonie nie otrzymamy żadnego zniekształ-



po drugiej stronie

$$\frac{K1}{K2} = \frac{R1}{R2}$$

$$\frac{K1}{K2} = \frac{R1}{R2} ; K1 = K2 \cdot \frac{R1}{R2}$$

Łączymy teraz kondensator z samobudującą / Kwa. 01. / Usta-

wtwamy równania dla równowagi i otrzymujemy spadek napięcia między 1-2  
jest równy spadkowi napięcia między 1-3

$$\sqrt{W1^2 + W2^2} = \sqrt{W3^2} = \sqrt{2} W3$$

po podzieleniu

$$\frac{W1}{W2} = \frac{W3}{W3}$$

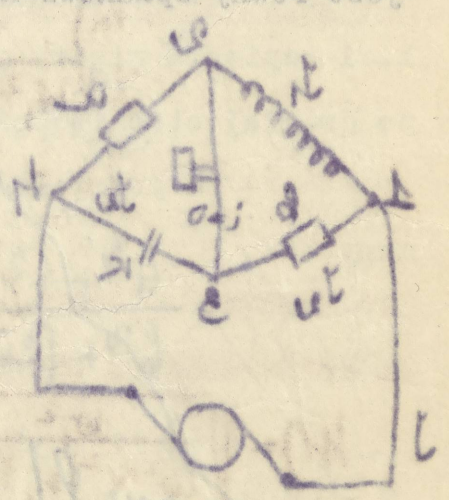
tych dwóch równań otrzymamy :

$$\sqrt{W1^2 + W2^2} = W3$$

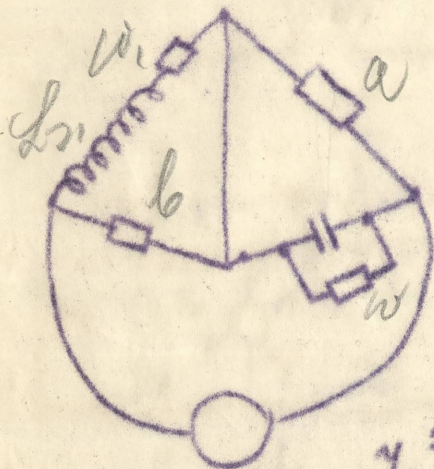
$$W1^2 + W2^2 = W3^2$$

$$W1^2 = W3^2 - W2^2 = W3^2 (1 - \frac{W2^2}{W3^2})$$

$$W1 = W3 \sqrt{1 - \frac{W2^2}{W3^2}}$$



Podobne rozwiązanie wskazuje / Rys. 82. / z tą różnicą, że tu prąd  $I_2$  rozgałęzia się częściowo przez opór, częściowo przez kondensator.



$$1) I_1 \sqrt{W_1^2 + L_{s1}^2 \omega^2} = I_2 b$$

$$I_1 a = I_2 W$$

$$I_2 W = I_1 a = I_2'' W = I_2' \frac{1}{\omega K}$$

$$I_2^2 = I_2'^2 + I_2''^2; I_2'' = I_1 \frac{a}{W}$$

$$I_2' = I_1 a \omega K$$

$$I_2^2 = I_1^2 \left( \frac{a^2}{W^2} + a^2 \omega^2 K^2 \right) = I_1^2 a^2 \left( \frac{1}{W^2} + \omega^2 K^2 \right)$$

Rys 82

$$I_2 = I_1 a \sqrt{\frac{1}{W^2} + \omega^2 K^2}; I_1 a = I_2 \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{W^2} + \omega^2 K^2}} = I_2 W$$

$$2) I_1 a = I_2 W \text{ (podobnie jak w poprzednim przypadku)}$$

$$\sqrt{W_1^2 + \omega^2 L_{s1}^2} = b \sqrt{\frac{1}{W^2} + \omega^2 K^2}$$

$$W_1^2 + \omega^2 L_{s1}^2 = \frac{a^2 b^2}{W^2} + a^2 b^2 \omega^2 K^2$$

$$W_1^2 W^2 + W^2 \omega^2 L_{s1}^2 = a^2 b^2 + a^2 b^2 \omega^2 K^2 W^2$$

przyjmujemy, że opory  $\frac{W_1}{a} = \frac{b}{W}$  czyli  $ab = W_1 W$

po wyrównaniu tego

mostu prądem stałym otrzymamy :

$$L_{s1} = abK 10^{-6}$$

Obliczmy teraz  $W$  w inny sposób:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \sqrt{W_1^2 + \omega^2 L_{s1}^2} &= I_2 b \\ I_1 a &= I_2 W \end{aligned} \right\} \text{to były równania z których poprzednio wyszliśmy.}$$

$$W = \sqrt{\frac{W_1^2 + \omega^2 L_{s1}^2}{\omega^2 K^2 \left[ W_1^2 + a^2 \left( b_1 - \frac{1}{\omega K} \right)^2 \right]}}$$

Dla naszego wypadku  $L_{s1} = 0$

gdyż mamy opór połączony równolegle

do kondensatora, otrzymamy więc:

$$\begin{aligned} W &= \sqrt{\frac{W_1^2}{\omega^2 K^2 \left[ W_1^2 + \frac{\omega^2}{\omega^4 K^2} \right]}} = \sqrt{\frac{W_1^2}{\omega^2 K^2 W_1^2 + \frac{\omega^4 K^2}{\omega^4 K^2}}} = \sqrt{\frac{W_1^2}{1 + \omega^2 K^2 W_1^2}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{W_1^2} + \omega^2 K^2}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{W_1^2} + \omega^2 K^2}} \end{aligned}$$

otrzymaliśmy ten sam wynik, co poprzednio.

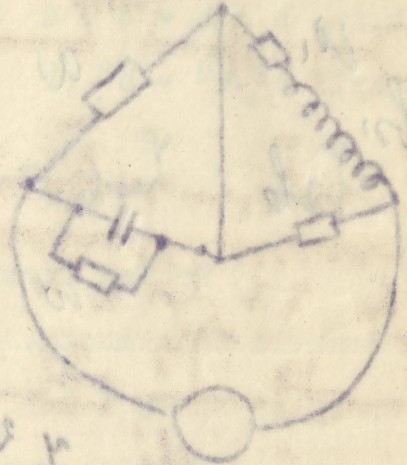
Podane rozważania wykonano / 192.00. / a są nieaktualne, na ich podstawie nie należy wyrażać opinii, szczególnie przez homologację.

$$I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2} \cos \alpha = I_2 I$$

$$\cos \alpha = I_2 / I$$

$$\frac{1}{\cos \alpha} = \frac{I}{I_2} = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{I_2 I}$$

$$\frac{1}{\cos \alpha} = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{I_2 I}$$



$$I_2 = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\cos \alpha}$$

$$I_2 = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\cos \alpha} = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\frac{I_2}{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}}$$

$$I_2 = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\cos \alpha} = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\frac{I_2}{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}}$$

$$I_2 = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\cos \alpha} = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\frac{I_2}{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}}$$

$$\cos \alpha = \frac{I_2}{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}$$

$$I_2 = I_1 \cos \alpha$$

to były wzajemnie z sobą

$$I_2 = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\cos \alpha}$$

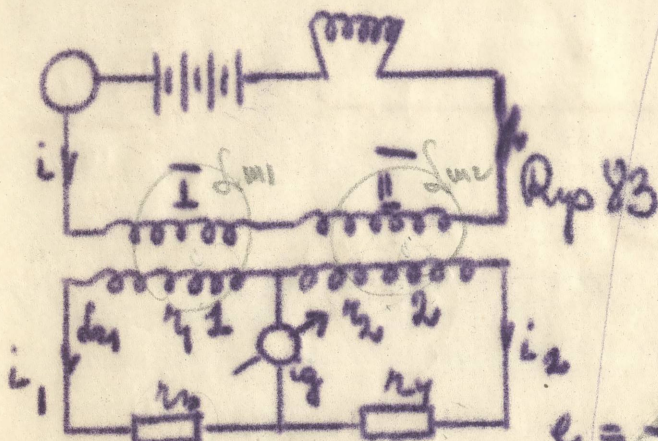
$$I_2 = \frac{I_1 \sqrt{W_1^2 + W_2^2}}{\cos \alpha}$$

opracowany ten sam sposób, co poprzednio.

$$Y_a = Y_2 \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{W_2} + \omega^2 K^2}}$$

dalszy rachunek jak poprzednio.

Pomiar indukcyjności wzajemnej . / Rys.83. /



I.II. uzwojenie cewek samoindukcyjnych, 1, 2 wtórne uzwojenie samoindukcji,  $r_1, r_2$  opory cewek, opory  $r_3, r_4$  zmieniamy tak długo, aż galwanometr nie wykazuje żadnego prądu.

$$e_2 = -L_{m2} \frac{di}{dt}$$

$$e_1 = -L_{m1} \frac{di}{dt}; L_{m1} \frac{di}{dt} = i_1 R_1$$

$R_1$  = opór obwodu  $r_1 + r_3$   
 $R_2$  = " "  $r_2 + r_4$

$$L_{m2} \frac{di}{dt} = i_2 R_2$$

gdy  $i_g = 0$   
 $i_1 = i_2$

$$\frac{L_{m1}}{L_{m2}} = \frac{i_1 R_1}{i_2 R_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{r_1 + r_3}{r_2 + r_4}$$

Prądy wielofazowe .

Weźmy cewkę przez którą płynie prąd zmienny / Rys.84. / pole pulsujące zmienia się wraz z prądem. Twornik wstawiony w takie pole nie będzie się sam obracał, jeżeli go jednak obrócimy siłą działającą z zewnątrz, to będzie biegł dalej w tym samym kierunku. Motory asynchroniczne jednofazowe, indukcyjne /. Przy motorach synchronicznych wprowadzamy do twornika prąd z obcego źródła / nie induk. / Motory synchroniczne mają te <sup>same</sup> wady, co asynchroniczne. W sieci przy opóźnianiu się fazy mamy wielkie straty. Motory asynchroniczne wzbudzone za silnie przyspieszają fazy.

Galazy rachunek jak poprzednio.

$$Y_A = \sqrt{\frac{1}{W_s^2 + W_r^2}}$$

Pomiar indukcyjności wzajemnej. / Rys. 85.

I. II. uwolnienie cewki samostandowej -  
rych. I. z widoczną nawojami samostand-

dukości,  $r_1, r_2$   
opory cewek, opór cewki samostandowej  
amperometry tak długo, aż galwanometr  
nie wykazuje żadnego prądu.

$$P_{1,2} = \frac{di_1}{dt} = \frac{di_2}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

$$P_{1,2} = \frac{di_1}{dt} = \frac{di_2}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

$$L_{12} = \frac{di_1}{dt} = \frac{di_2}{dt}$$

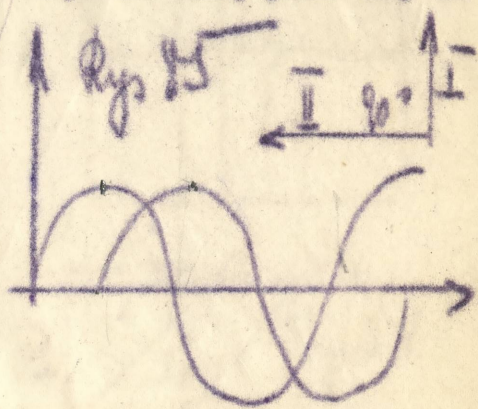
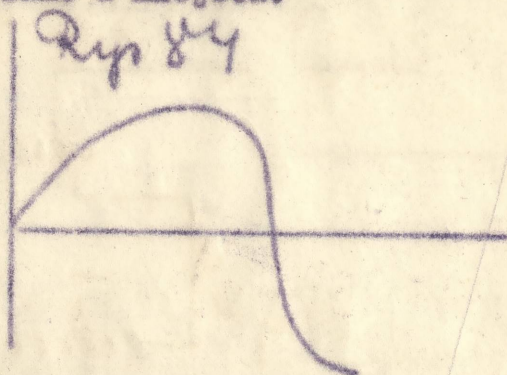
$$\theta = \frac{di_1}{dt} = \frac{di_2}{dt}$$

$$\frac{L_{12}}{L_1 L_2} = \frac{P_{1,2}}{P_{1,2}} = \frac{L_{12}}{L_1 L_2}$$

Prąd własny.

Ważny cewkę przez którą bieżąca prąd własny / Rys. 84. / pole przysię-  
ce zmienia się wraz z prądem. Tworzy wstawiony w takie pole nie będzie  
nie sam obracać. Jeżeli go jednak obrócić się dalszą a zwolnić.  
to będzie bieżąca w tym samym kierunku. Motor synchroniczny  
jednostawowy, indukcyjny. / Trzy motory synchronicznych wprowadzamy  
do twornika prąd z obrotu źródła / nie induk. / Motor synchroniczny  
może być dane wady, co synchroniczny. W sieci przy opóźnieniu się  
fazy mały wlotnie strąty. Motor synchroniczny wzbudzone za silnie  
przepiętności fazy.

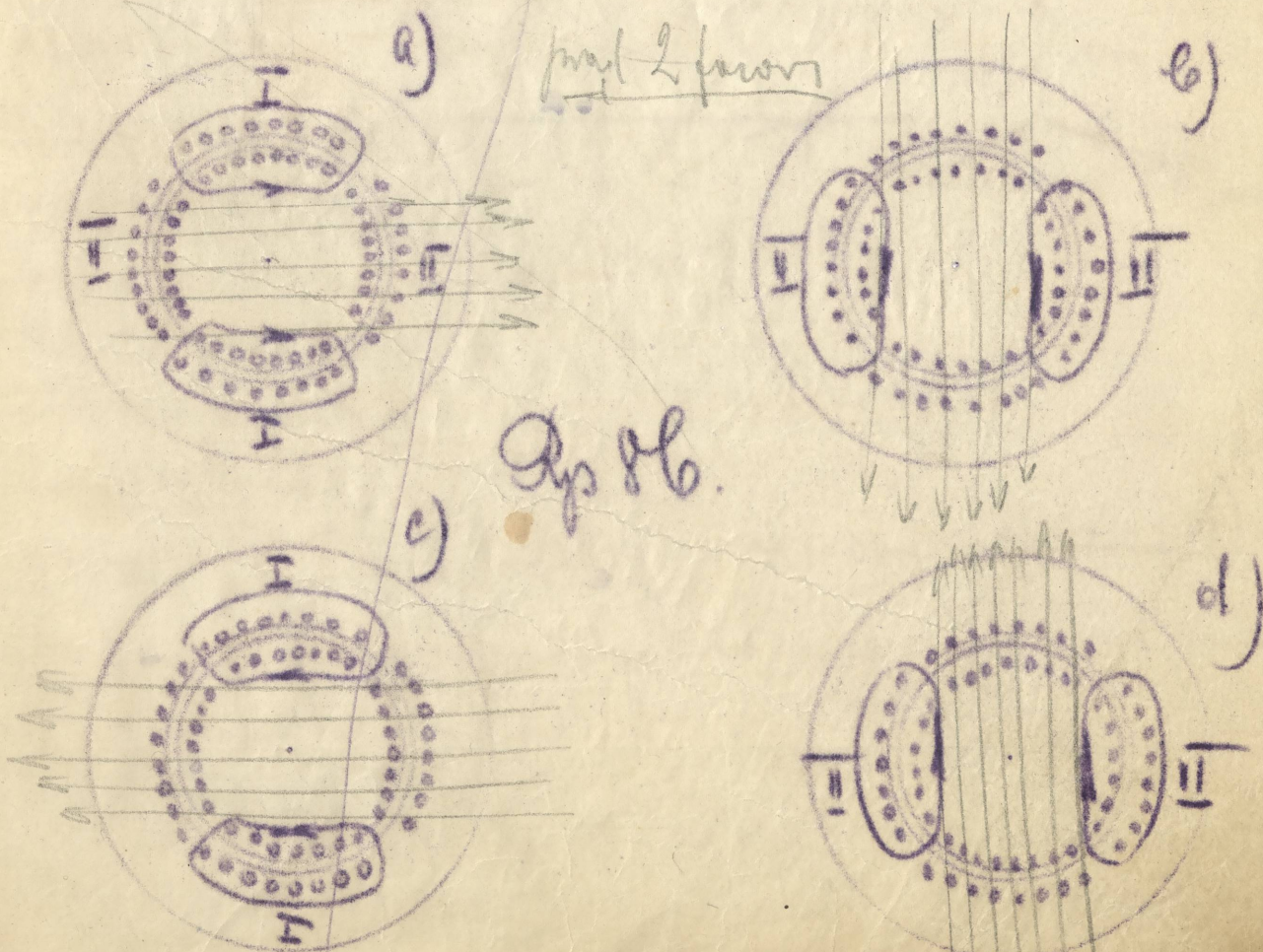
Oba te motory nie znoszą przeciążenia. Główną ich wadą jest to, że nie ruszają same z miejsca.

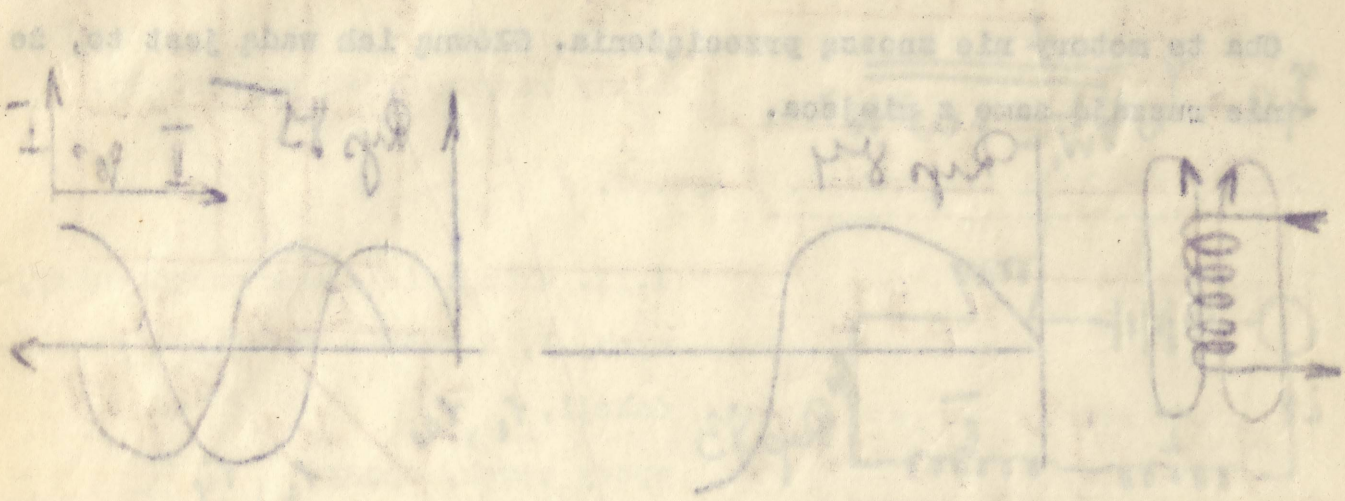


Za pomocą kilku prądów przesuniętych w fazie możemy wytworzyć pole wirujące, twornik wprowadzony w takie pole obraca się.

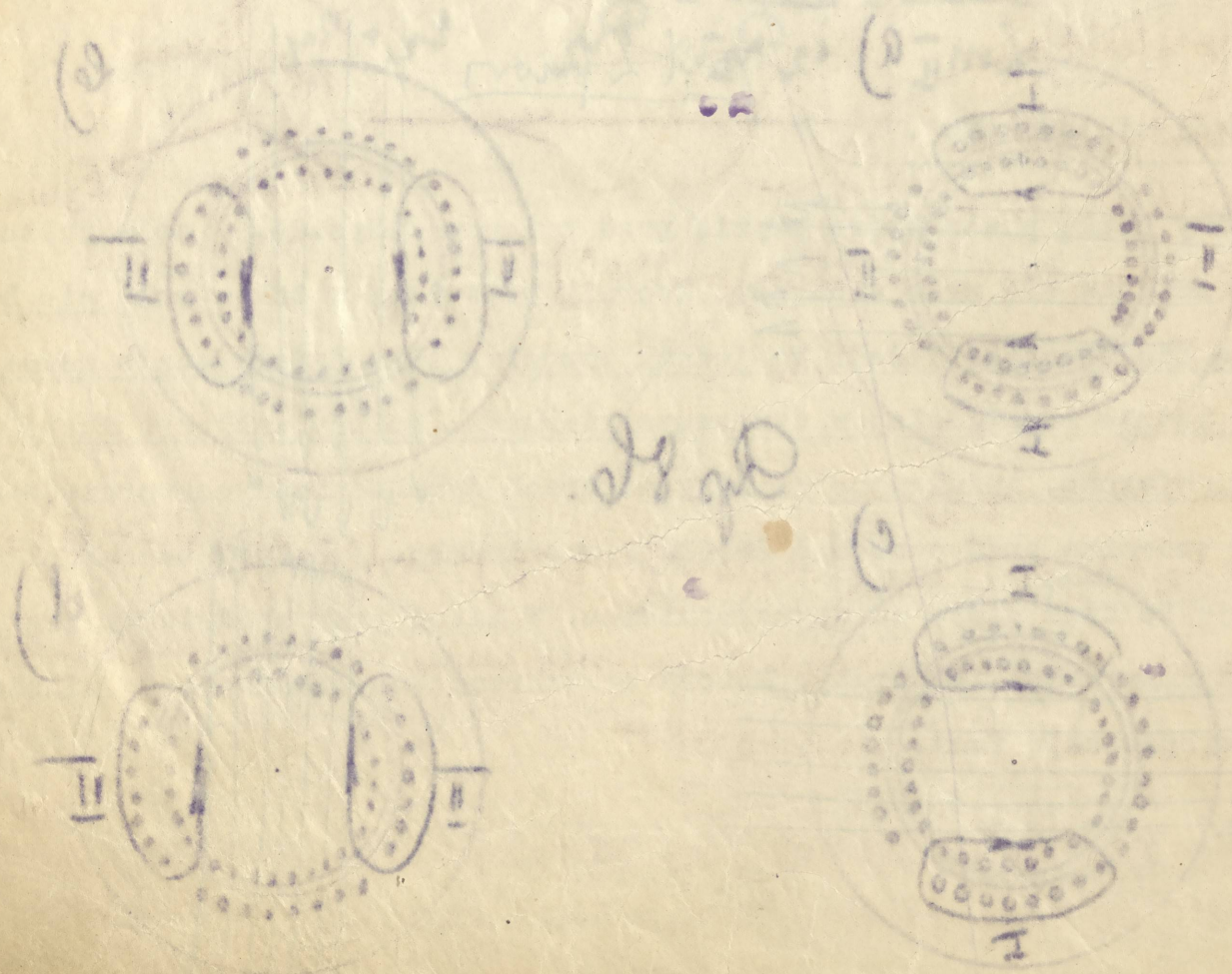
Rozróżniamy prądy jedno, dwu i trójfazowe. Weźmy pod uwagę prąd dwufazowy / Rys.85. /, wprowadzimy ten prąd do statora i rotora, to otrzymamy Rys.86.a, gdy przyjmimy frekwencję 50, to po 1/100 sek. pole będzie się przedstawiało jak na rys. 86.b. Przy następnej zmianie prądu pole obróci o dalsze 90°, rys.86c. i d. Wskutek więc wirowania pola wiruje i twornik. Motor tego rodzaju jest asynchronicznym, indukcyjnym, bo w tworniku wytwarza się prąd za pomocą indukcji.

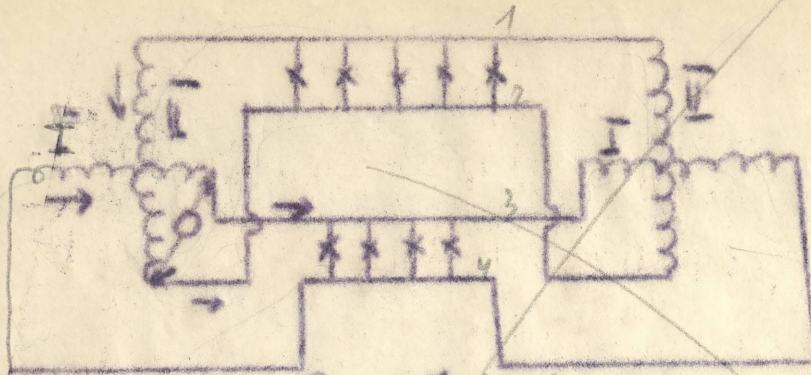
Do przeniesienia prądu w urządzeniu na rys.87. potrzebaby czterech przewodów, sprawa ta da się uprościć tak, że wystarczy 3 przewody. / Rys.88. /.



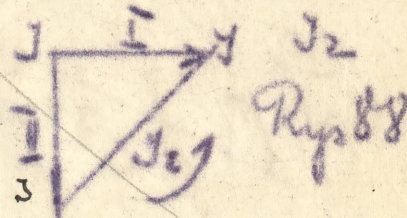
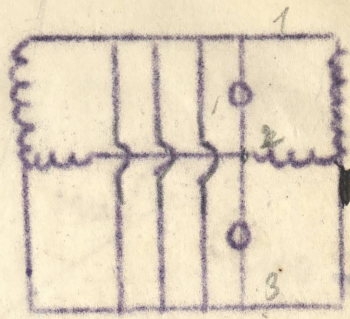


Do pomiaru prądu w układzie na rys. 37. potrzebny  
 są: amperomierz, rezystor, woltomierz, kondensator i  
 źródło napięcia. Układ przedstawia rys. 37. Woltomierz  
 podłączamy do obrotu, amperomierz do linii. Kondensator  
 służy do wyregulowania napięcia. Wzrost napięcia  
 powoduje wzrost prądu, który jest mierzony amperomierzem.  
 Wzrost prądu powoduje wzrost napięcia na rezystorze,  
 które jest mierzone woltomierzem. Zmiana napięcia  
 powoduje zmianę prądu, który jest mierzony amperomierzem.  
 Wzrost prądu powoduje wzrost napięcia na rezystorze,  
 które jest mierzone woltomierzem. Zmiana napięcia  
 powoduje zmianę prądu, który jest mierzony amperomierzem.





Rys 87 (przy 2 fazy 4 przewody cewki)



$$Y_r^2 = 2Y^2, Y_L = Y\sqrt{2}$$

czyli przewód dla  $Y_r$  musi być grubszy.

Prąd trójfazowy.

W praktyce najważniejszą rolę odgrywa prąd trójfazowy. Motory dla prądu trójfazowego są lepsze, potrzebują bowiem mniej materiału, mają lepszą dzielność a mniejsze straty.

$$e_1 = E_{max} \sin(2\pi nt) \quad \text{dla pierwszej fazy}$$

$$e_2 = E_{max} \sin(2\pi nt + 120^\circ) \quad \text{" II. "}$$

$$e_3 = E_{max} \sin(2\pi nt + 240^\circ) \quad \text{" III. "}$$

$$e_1 + e_2 + e_3 = E_{max} [\sin(2\pi nt) + \sin(2\pi nt) \cos 120^\circ + \cos(2\pi nt) \sin 120^\circ + \sin(2\pi nt) \cos 240^\circ - \cos(2\pi nt) \sin 240^\circ]$$

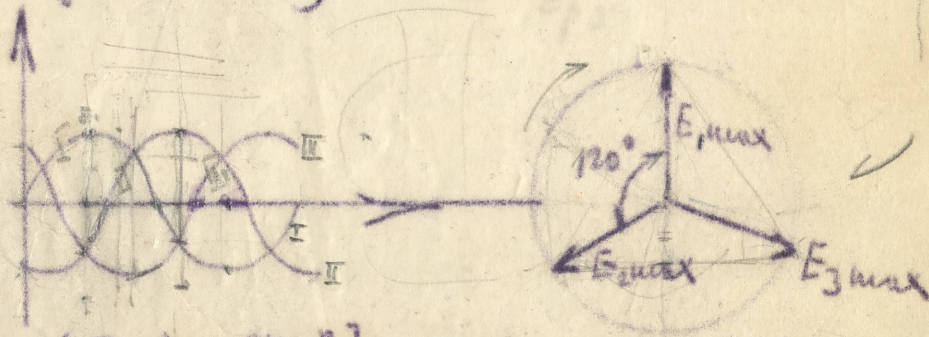
$$\cos 120^\circ = \cos 240^\circ = -1/2$$

$$\sin 120^\circ = 1/2 \sqrt{3}$$

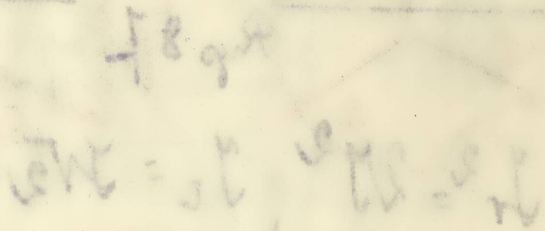
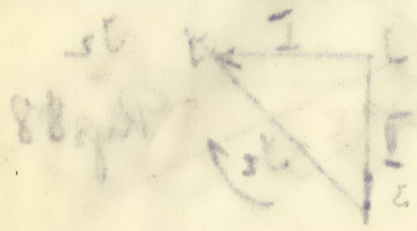
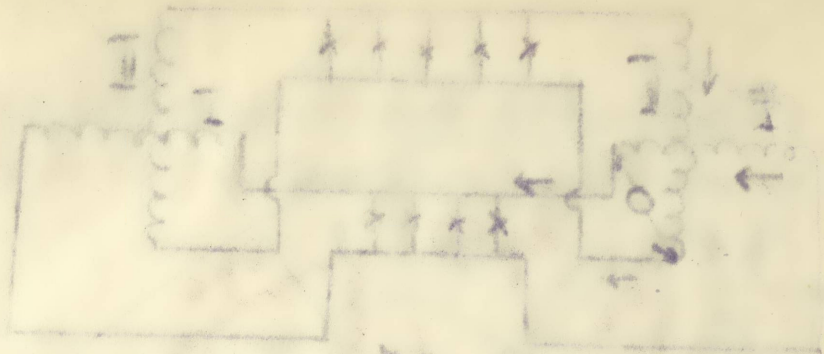
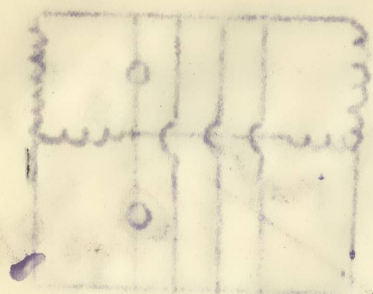
$$\sin 240^\circ = -1/2 \sqrt{3}$$

$$e_1 + e_2 + e_3 = E_{max} [\sin(2\pi nt)(1 - 1/2 - 1/2) + \cos(2\pi nt)(1/2 \sqrt{3} - 1/2 \sqrt{3})] = 0$$

Do tego samego wyniku można dojść zapomocą sinusoidal lub wektorów



Druga faza jest wobec pierwszej o 120°, opóźniona, trzecia zaś jest wobec drugiej o 120°, a wobec pierwszej o 240° opóźniona.

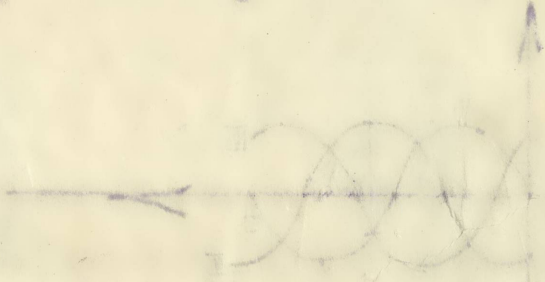
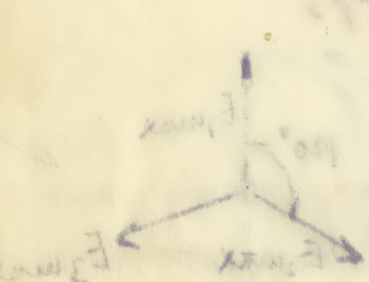


Handwritten text, possibly a title or description of the diagram.

Handwritten text, possibly a title or description of the diagram.

Handwritten text, possibly a title or description of the diagram.

Handwritten text, possibly a title or description of the diagram.

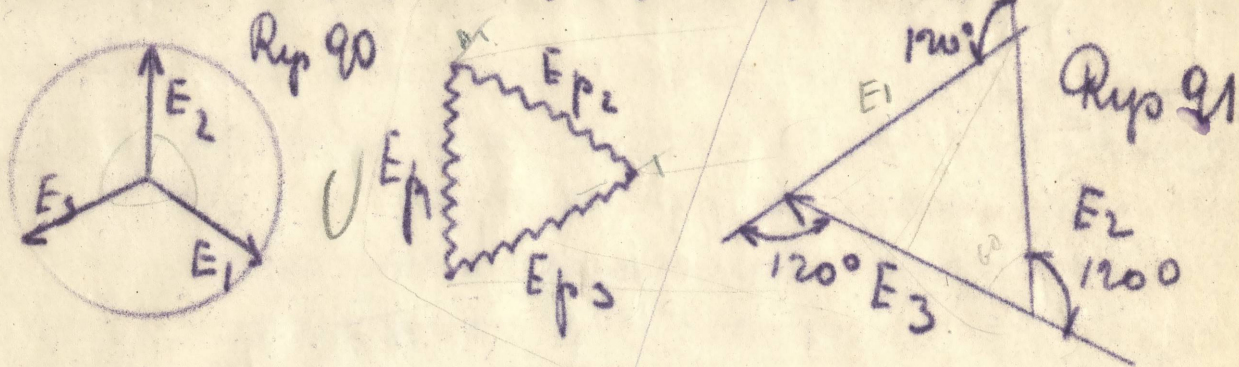


$$E = E_{max} \cos(\omega t) + E_{max} \cos(\omega t + 120^\circ) + E_{max} \cos(\omega t + 240^\circ)$$

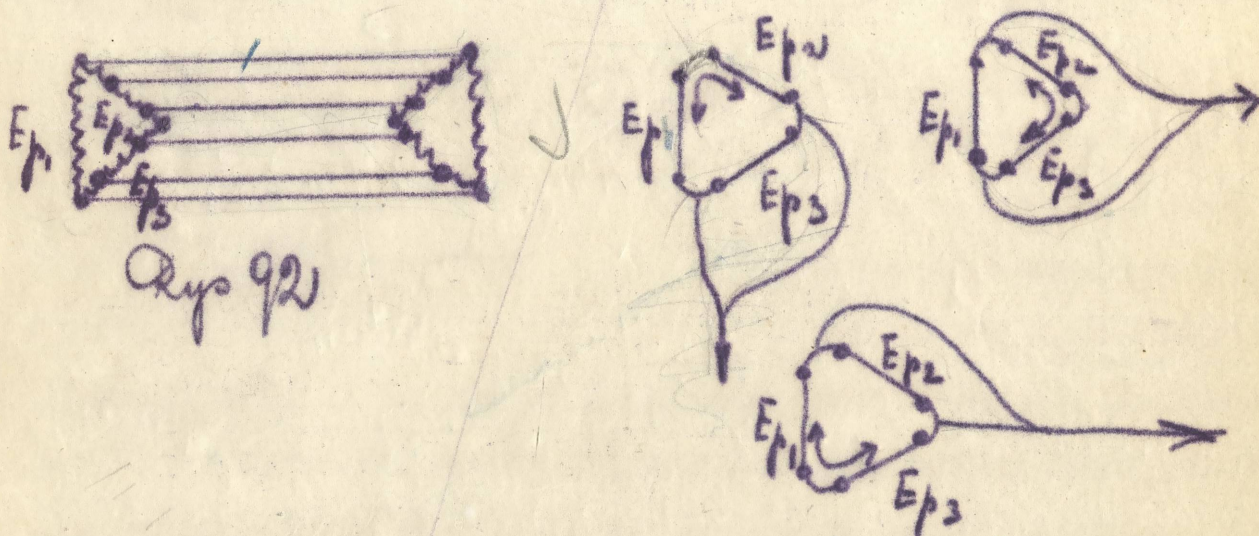
$$E = E_{max} \left[ \cos(\omega t) + \cos(\omega t + 120^\circ) + \cos(\omega t + 240^\circ) \right]$$

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a conclusion or further explanation.

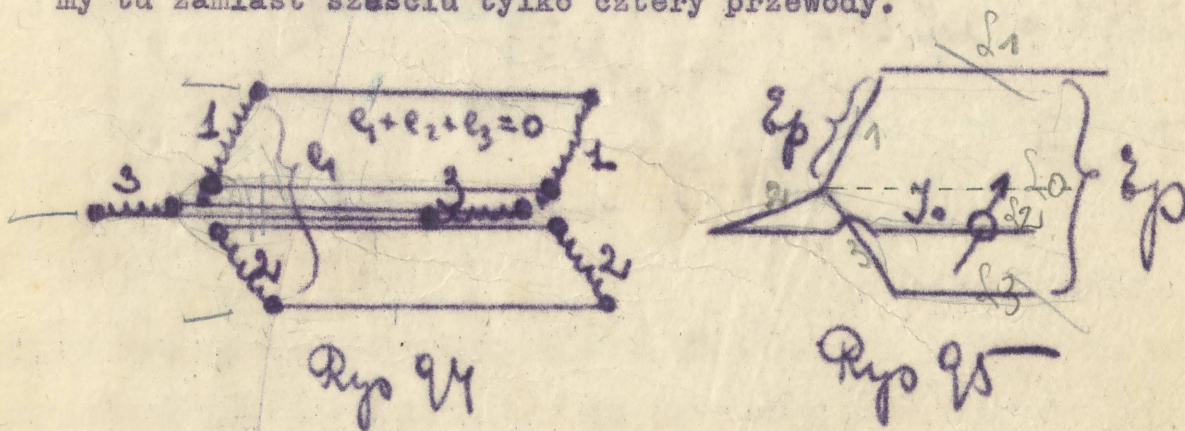
Jak widzimy suma momentalnych wartości w każdym punkcie = 0. Zachodzi to również i po przesunięciu jak na rysunku 90.



Zamiast w gwiazdę można te prądy łączyć w trójkąt / Rys.91./ Przeniesienia prądu za pomocą takiego połączenia przedstawia rys.92. ilość przewodów potrzebnych łączących odpowiednie fazy wynosi tu sześć

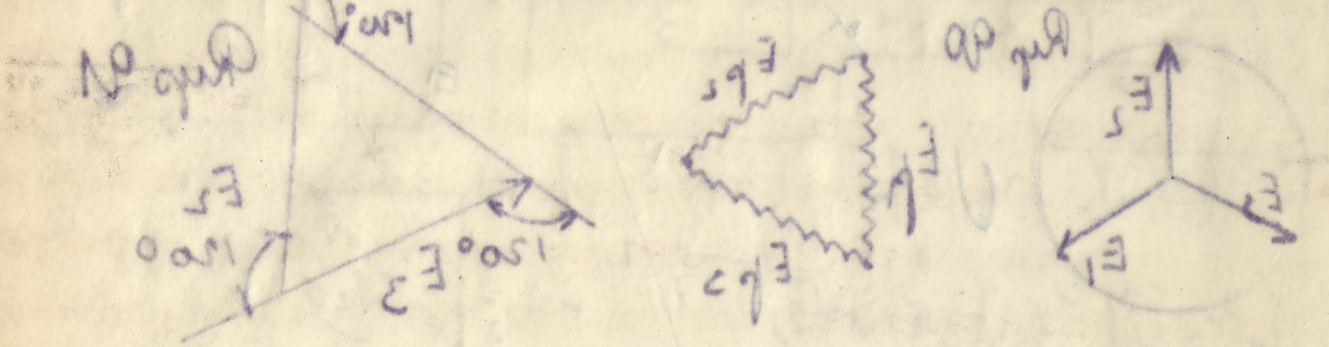


Łączenie w gwiazdę przedstawia rys.94. ponieważ punkty tego samego potencjału możemy połączyć za pomocą jednego przewodu, otrzymamy tu zamiast sześciu tylko cztery przewody.

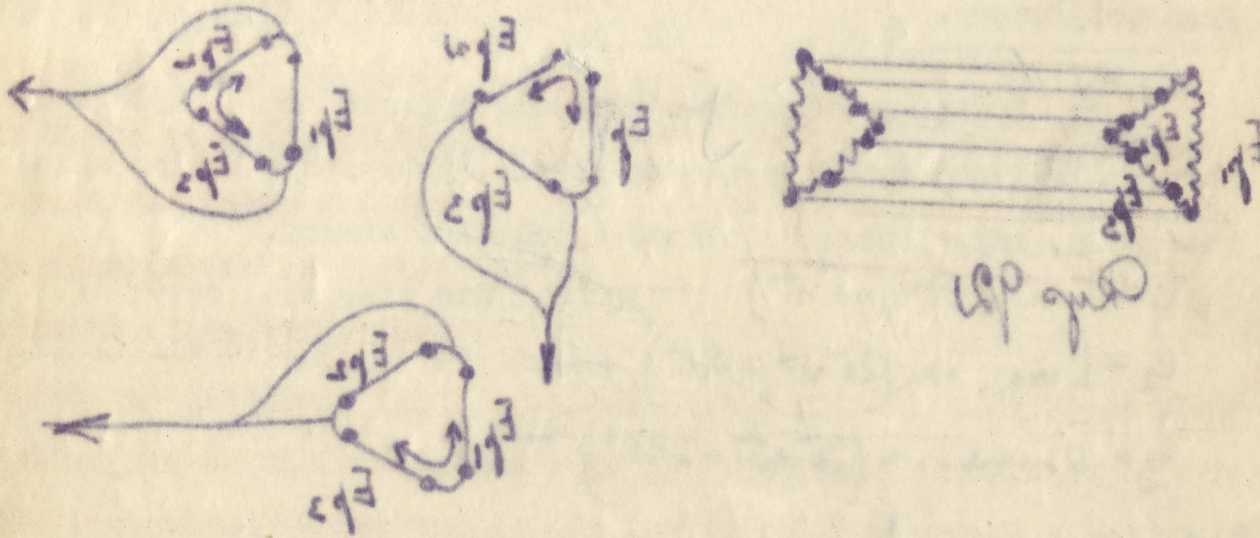


Łączenie w gwiazdę przy prądzie trójfazowym daje nam więc cztery przewody. O ile mamy do czynienia z czystymi sinusoidami to w przewodzie zerowym prąd będzie = 0 / Rys.95. / Wiemy jednak z pra-

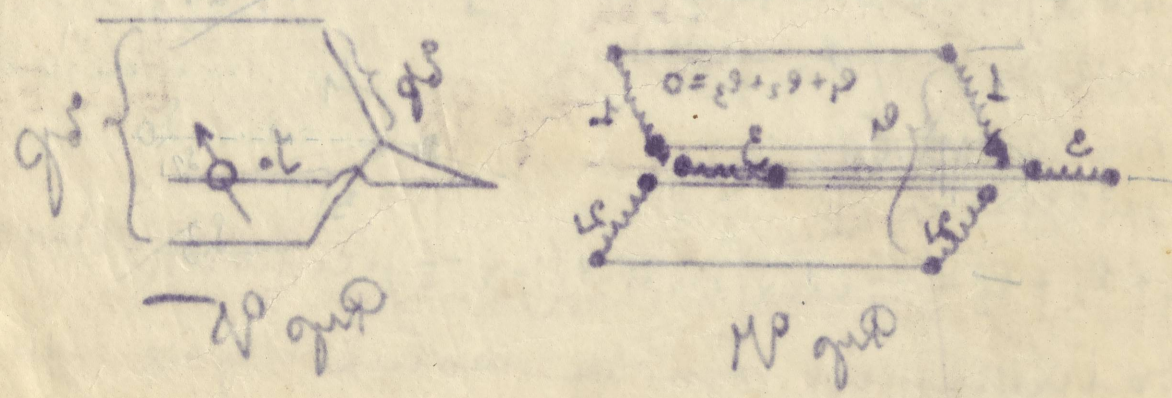
Jak wiadomo suma momentalnych wartości w każdym punkcie = 0. Zaob-



Zamiast w gwieździe można te prądy złożyć w środku / rys. 91.  
Przeniesienie prądu za pomocą takiego połączenia przedstawia rys. 92.  
Ilość przewodów potrzebnych każdej odpowiedzi była wynosiła trzynaście



Zaczenie w gwieździe przedstawia rys. 94. ponieważ punkty tego samego potencjału możemy porządkować za pomocą jednego przewodu, otrzy-  
my tu zamiast sześciu tylko cztery przewody.



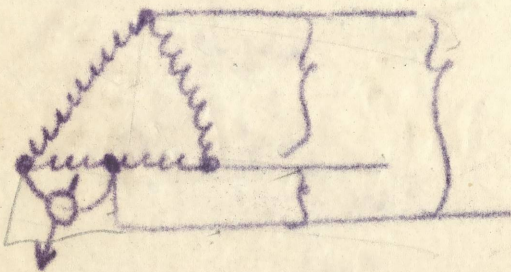
Zaczenie w gwieździe przy prądzie trójfazowym daje nam więcej  
cztery przewody. O ile mamy do czynienia z czystymi sinusoidalami to  
w przewodzie zerowym prąd będzie = 0 / rys. 95. / Widoczne jednak, że pr-

ktyki, że czyste sinusoidy zdarzają się rzadko, generator bowiem prądu zmiennego zupełnie czystych sinusoid nie daje. Krzywe otrzymane przez generator zawierają zawsze harmonijne wyższego rzędu, dla których-to krzywych prąd płynący w zerowym przewodzie  $I_0 = \sqrt{I_3^2 + I_9^2 + I_{15}^2}$

$I_3$  jest efektywną wartością prądu harmonijnej trzeciego rzędu,  $I_9$  dziewiątego rzędu i t.d., harmonijne więc wyższych rzędów podzielone przez 3 pozostają, inne jak 5-go rzędu 7-go i t.d. wypadają.

Analogicznie ma się rzecz przyłączeniu w trójkąt, podobnie jak i poprzednio suma wszystkich prądów nie jest 0 to samo odnosi się i do sumy napięć, jest bowiem  $E_0 = 3 \sqrt{E_3^2 + E_9^2 + E_{15}^2}$

/ Rys. 96. /

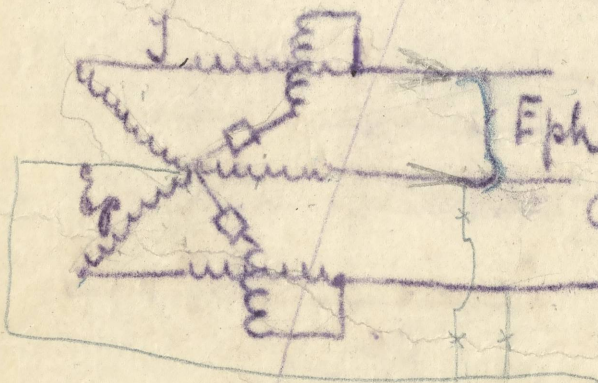


Rys. 96.

Zjawiska te nie są pożądane, gdyż nawet przy biegu luźnym płyną w uzwojeniu prądy wyrównawcze wytwarzające ciepło.

Generatory prądu zmiennego robi się zwykle z uzwojeniem w gwiazdę, przy uzwojeniu tym maszyna nie jest narażona na przebiecie, gdyż napięcie między dwoma przewodami musi być w każdym razie większe, niż między jednym przewodem zewnętrznym a przewodem zerowym.

Przy łączeniu w trójkąt stosunek prądu skojarzonego do fazowego można bardzo łatwo stwierdzić na podstawie wektorów / Rys. 97. /



Rys. 97.

$$I_a = 2 I_{ph} \sin 60^\circ = 2 I_{ph} \cos 30^\circ = \sqrt{3} I_{ph} = 1.73 I_{ph}$$

analogicznie przy łączeniu w gwiazdę  $E_{ph} = E_p \sqrt{3}$

Sieć wykonuje się zwykle na 110-220 wolt, przy tej

kombinacji mamy napięcie fazowe 125/220 nap. skojarzone, ma to tę dogodność, że żarówki łączymy na 125 wolt, natomiast motory na napięcie wyższe 220 wolt.

$$\begin{aligned} & 125 \times 1.73 \\ & 375 \\ & 875 \\ & 125 \\ & 225 \end{aligned}$$

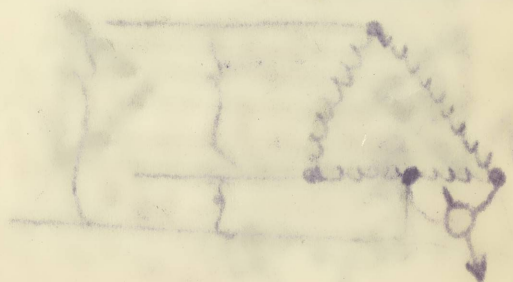
W tym celu należy obliczyć siły reakcyjne, generując bodźce przy  
pomocy odpowiednich obrotów sił reakcyjnych.

$$F_0 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}$$

W tym celu należy obliczyć siły reakcyjne, generując bodźce przy  
pomocy odpowiednich obrotów sił reakcyjnych.

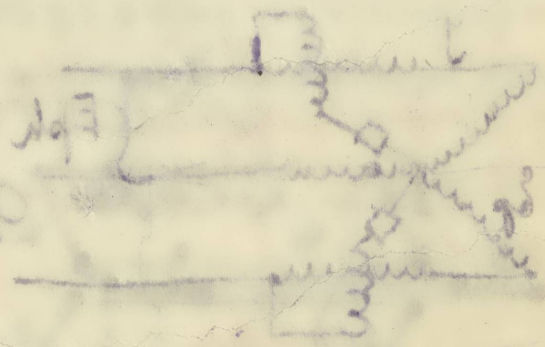
$$F_0 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}$$

W tym celu należy obliczyć siły reakcyjne, generując bodźce przy  
pomocy odpowiednich obrotów sił reakcyjnych.



W tym celu należy obliczyć siły reakcyjne, generując bodźce przy  
pomocy odpowiednich obrotów sił reakcyjnych.

$$F_0 = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}$$

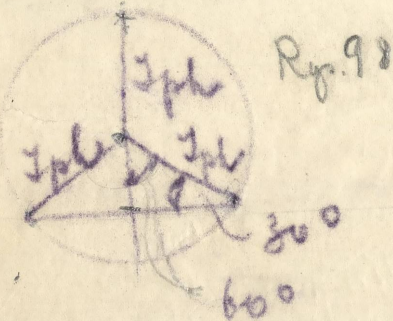


W tym celu należy obliczyć siły reakcyjne, generując bodźce przy  
pomocy odpowiednich obrotów sił reakcyjnych.

W tym celu należy obliczyć siły reakcyjne, generując bodźce przy  
pomocy odpowiednich obrotów sił reakcyjnych.

Moc prądu trójfazowego ✓

Przy prądzie stałym mierzy się napięcie i natężenie prądu, moc jest iloczynem tych wielkości. To samo można zrobić przy prądzie zmiennym, pod tym warunkiem, że prąd i napięcie są w fazie. Jeżeli jednak napięcia i prąd są przesunięte w fazie, to otrzymamy tylko moc pozorną. Przy prądzie jednofazowym woltmetr wskaże nam  $E_p I_{eff}$  jak będzie przy prądzie trójfazowym? Weźmy najpierw złączenie w gwiazdę / Rys.98. / Jeżeli 3 fazy są równomiernie obciążone i napięcie  $U$  między nimi jest to samo, to wystarczy zmierzyć moc jednej fazy, wówczas otrzymamy



$$W_{ph} = E_p I_{eff}, P_w = 3 E_p I_{eff}$$

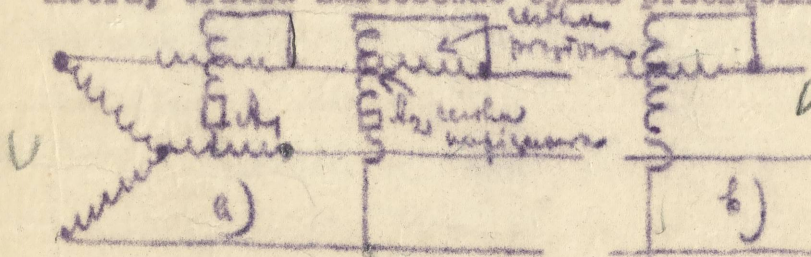
$$E_{ph} = E_p \sqrt{3}, U_w = \sqrt{3} E_p I_{eff}$$

$$I = \sqrt{3} I_{ph}$$

$$P = 3 \frac{E_p I_{eff}}{\sqrt{3}}$$

Jeżeli fazy nie są równomiernie obciążone, trzeba włączyć 3 woltmetry, po jednym w każdą fazę, następnie zsumować wartości tych trzech woltmetrów.

Użyjmy teraz następującego połączenia, cewki prądowe połączmy w serje w jednej fazie, cewki zaś z napięciem jednego woltmetru połączmy między dwie fazy / Rys.99. / Przy zastosowaniu tego połączenia można dowieść, że  $R_1 + R_2 = R_x$ , można tu użyć jednego woltmetru, trzeba zastosować tylko przełącznik.

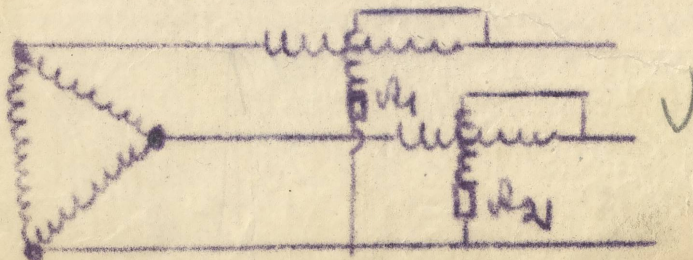


Rys. 99

Zupełnie ogólnym złączeniem, które można zawsze zastosować jest następujące: Łączą się cewki prądowe w dwóch odmiennych fazach, tak samo

Łączą się cewki napięciowe  $S_1, C_1, K_1$

/ Rys.100. /

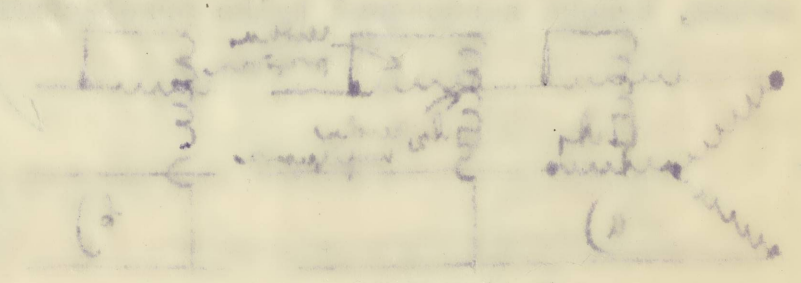
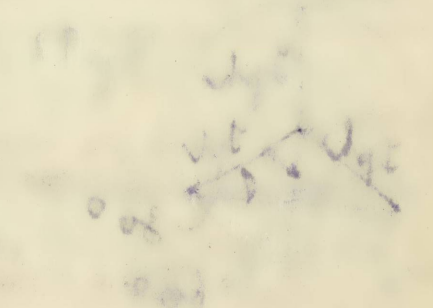


Przy przesunięciu fazy wynoszącym więcej niż 60° odchylenie woltmetru jest odwrotne, w tym wypadku

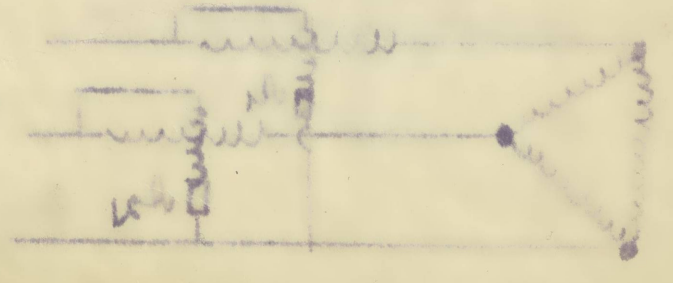
Faded handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

$$E_{pk} = E_0 \sqrt{2} \quad (E_0 = 13 \text{ E...})$$

$$E_{pk} = E_0 \sqrt{2} \quad (E_0 = 3 \text{ E...})$$



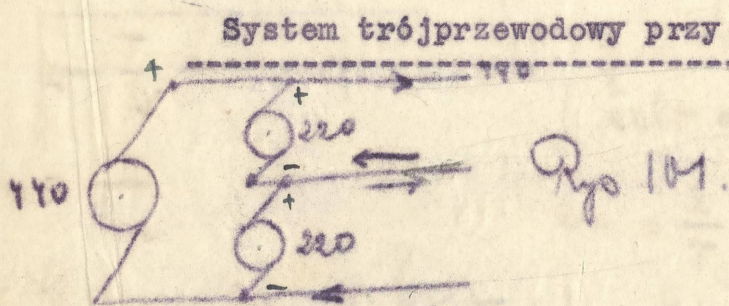
Handwritten text below the diagram, possibly a label or a note.



odchylenie to trzeba wstawić jako ujemne.

Co do znaczenia prądu trójfazowego zauważyć należy, że prócz własności praktycznych i zalet które posiada wchodzi tu i inne względy, które temu systemowi prądu zapewniły takie powodzenie. Wchodzi tu w grę kwestja przeniesienia, kwestja ceny i kosztu miedzi, co przedstawimy w poniższej tabeli :

Prąd stały lub jednofazowy prąd zmienny		prąd wielofazowy		
dwuprzewodowy system	trójprzewodowa sieć	dwufazowy	trójfazowy w gwiazdę w trójkąt	
100%	31.2%	75%	25%	75%



Mamy jedną maszynę na 440 wolt, w serję mamy połączone z nią dwie maszyny, każda na 220 wolt. Jaki jest

cel tego systemu ?

Wzięmy, że im wyższe napięcie tem mniejszy wypada przekrój przewodów. Dlatego też, gdy przed elektrotechniką stanęło zadanie przenoszenia energii na coraz to dalsze odległości, starano się zwiększyć napięcie, dla konsumentów zaś stworzono sieć trójprzewodową. Dalsze podwyższenie napięcia niema racji bytu, gdyż ze względu na bezpieczeństwo musi się dawać lepszą izolację.

Jeżeli obie strony trójprzewodowego systemu są równomiernie obciążone, to prąd w zerowym przewodzie będzie równy 0, ponieważ tego jednak nie można osiągnąć, dlatego przewód zerowy robi się o przekroju o połowę mniejszym niż przewody zewnętrzne.

System ten dosyć rozpowszechniony został wyparty z chwilą gdy rozwinęła się technika prądu zmiennego.

obchyczenie to trzeba wzawzić jako ujemne.

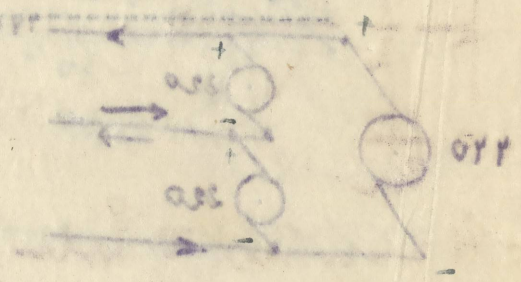
Go do znanenia prądu trójfazowego znamy tylko, że  
przez własność praktycznych i zajął które posiada wchodzi tu i inne  
względny, które tam systemowi prądu zapewniły takie powiększenia.  
Wchodzi tu w grę kwestja przeniesienia, kwestja ceny i kosztu materiału,  
co przedstawiamy w poniższej tabeli :

Prąd wielofazowy		Prąd stały lub jednofazowy prąd ujemny	
Dwuprzewodowy system sieci	trójprzewodowy dwufazowy	trójprzewodowy w związku w trójfazowy	
100%	21.2%	75%	75%

System trójprzewodowy przy spadku napięcia / Rys. 101.

Mały jedny napięcie na 440  
wolt, w serje mamy połączo-  
no a nie dwie maszyny, ka-  
żda na 220 wolt. Jaki jest

Rys. 101



cel tego systemu ?

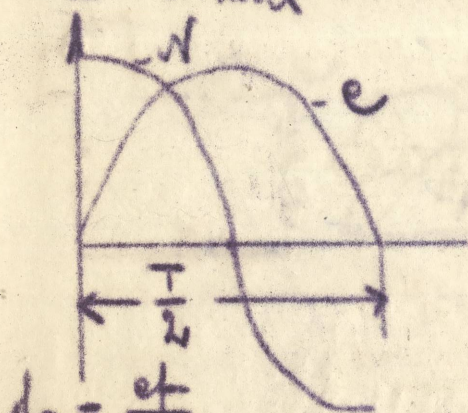
Wskazy, że im wyższe napięcie tem mniejszy wypada przekrój przewodów.  
Dlatego też, gdy przed elektrotechniki stanęło zadanie przeniesienia  
energji na coraz to dalsze odległości, starano się zwiększyć napięcie  
dla przewodów zaś stworzone sieci trójprzewodowy. Dalšie podwyższenie  
napięcia niema racji być, gdyż ze względu na bezpieczeństwo musi się  
zawsze iaczej izolacje.  
Tabela obie strony trójprzewodowego systemu są równoważenie  
obciążone, to prąd w zerowym przewodzie będzie równy 0, ponieważ tego  
jednak nie można osiągnąć, dlatego przewód zerowy robi się o przekroju  
o połowę większym niż przewody zewnętrzne.  
System ten może rozpoznać się następująco: wprawy a chwila  
gdy rozwinęła się technika prądu zmiennego.

Maszyny prądu zmiennego .

Pominiemy tu kwestje wspólne dla obu systemów maszyn jak np. kwestje charakterystyki magnetycznej i identycznej dla maszyn prądu stałego jak i zmiennego. Następnie odpada ~~z~~ kwestja komutacji. To co jest odmienne i specjalnie charakterystyczne to elektromotoryczna siła.

Przypuśćmy, że mamy sinusoidy dla siły elektromotorycznej

/ Rys. 102. / W tym samym czasie zmieni się strumień magnetyczny od  $+N_{max}$  do  $-N_{max}$   $e = -m \frac{dN}{dt}$



rys. 102.

$$f_e = \frac{ef}{em}$$

$$= 4 \text{ mm} N_{max} 10^{-8} \text{ volt} \quad ef = 4 f_e \text{ mm} N_{max} 10^{-8} \text{ volt} = K' n m \sqrt{10^{-8}} \text{ max}$$

$\int_0^{\frac{T}{2}} e dt$  przeciętna wartość elektro-  
motorycznej siły

$$\int_0^{\frac{T}{2}} e dt = \int_{+N_{max}}^{-N_{max}} m dN = 2m N_{max}$$

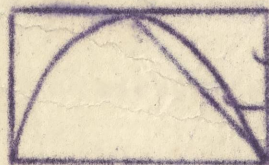
$$em = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} e dt = \frac{4}{T} m N_{max} =$$

Wprowadźmy zamiast m ilość skutecznych przewodów  $\frac{z}{2}$

to :

$$ef = 2f_e n z N_{max} 10^{-8} = \underline{K n z N_{max} 10^{-8} \text{ volt}}$$

Równanie to jest zupełnie nie zależne od kształtu krzywej, kształt bowiem krzywej jest wyrażony we współczynniku  $f_e$  względnie  $k'$  lub  $K$ .



dla sinusoidy

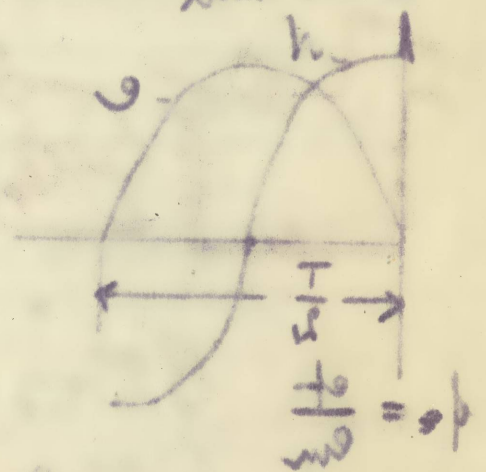
$$K' = 4.44$$

$$f_e = 1.11 K = 2f_e = 2.22$$

$$ef = 2.22 n z N_{max} 10^{-8} = 4.44 n m N_{max} 10^{-8} \text{ V}$$

Co do kształtu elektromotorycznej siły przy maszynach prądu zmiennego istnieje ogromna różnorodność. Czyste sinusoidy powstają w tym wypadku, któryśmy wyprowadzili teoretycznie ;

$$\frac{dy}{dx} = 0 \quad \text{at } x = \frac{1}{2}$$

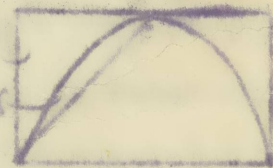


$$y = -x^2 + x = -\left(x - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{1}{4}$$

$$= \int_0^1 (-x^2 + x) dx = \left[-\frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2}\right]_0^1 = -\frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$$

$$= \frac{1}{6} = 0.1667$$

$$K = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$



$$= \int_0^{1/2} (-x^2 + x) dx = \left[-\frac{x^3}{3} + \frac{x^2}{2}\right]_0^{1/2} = -\frac{1}{24} + \frac{1}{8} = \frac{1}{12}$$

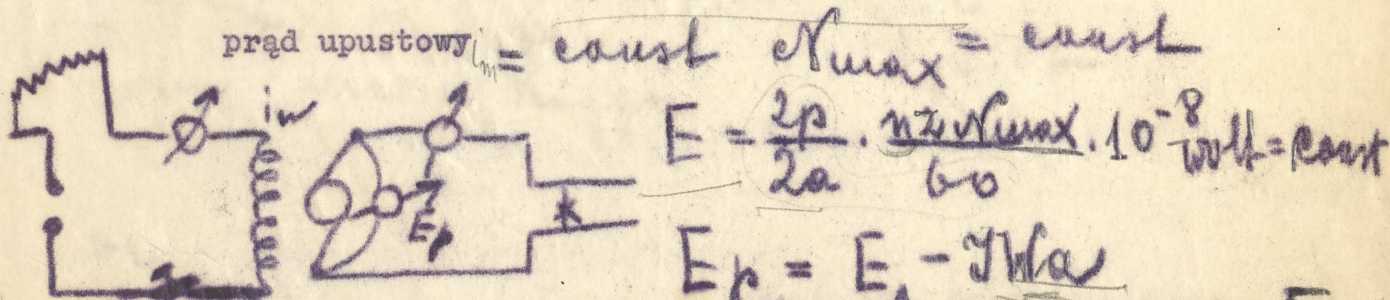
wypadek ten jednak przy maszynach nie zachodzi, dlatego też wszystkie te krzywe mają odmienny kształt, chociaż zbliżony do sinusoidy.

Charakterystyka napięciowa maszyny prądu zmiennego.

/ Rys.103. /

Maszyna prądu zmiennego odpowiada maszynie prądu stałego z obcem wzbudzeniem.

Cheąc wypośrodkować charakterystykę napięciową dla prądu  $x$  stałego przyjmujemy, że:  $n = \text{const}$



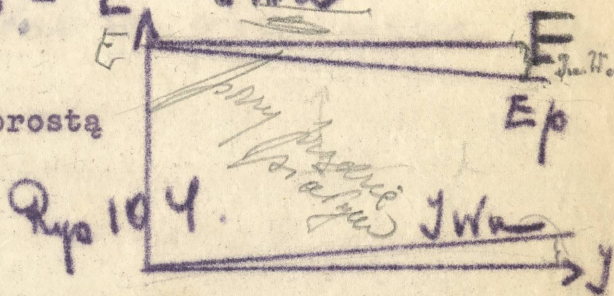
Rys.103.

ponieważ opór

twornika jest stały otrzymamy linię prostą

/ Rys.104. /

Jak jest przy prądzie zmiennym ?

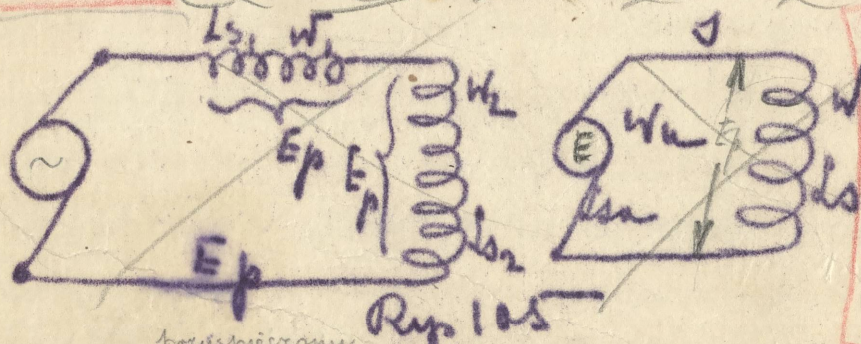


Elektromotoryczna siła pod tym względem zasadniczo nie się nie zmienia.

$E = K n \mathcal{N}_{\text{max}} 10^{-8} = \text{const}$   $E_p = E - I S$

$S = \text{impedancja twornika}$

W jaki sposób otrzymamy teraz napięcie  $E_p$  jako funkcję prądu  $I$  ? (Swego czasu robiliśmy diagram dla dwóch impedancji /Rys.105.)



Aby skonstruować diagram dla generatora prądu zmiennego wychodzimy z wektora prądu, do którego pod kątem

90° mamy przesunięty induktywny spadek napięcia w tworniku.

Przyjmujemy, że wszystkie wielkości są stałe, tylko napięcie zmienia się jako funkcja prądu. Elektromotoryczna siła jest stała prąd wzbudzający jest stały, chcemy stwierdzić jak się zmienia napięcie. Jeżeli elektromotoryczna siła jest stałą t.zn., że dokoła punktu O możemy nią zakreślić koło, zakreślmy narazie koło o tym samym promieniu około punktu F i przedłużmy wektor  $E_p$  do punktu G to BG jest

wspadek ten jednak przy następnym nie zachodzi, dlatego też wszystkie to krzywe mają odmienne kształty, chociaż zbliżony do sinusoidalny.

Charakterystyka napięciowa maszyny prądu stałego

Maszynę prądu stałego obciążamy prądem stałym z obciążeniem.

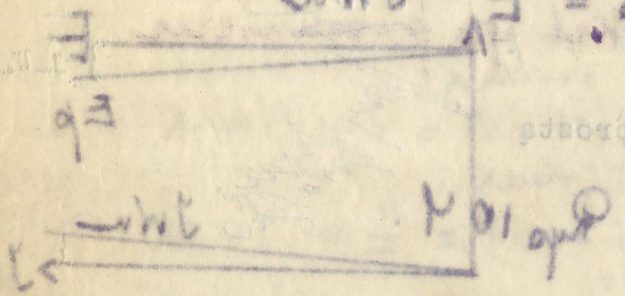
Celem wyznaczenia charakterystyki napięciowej dla prądu stałego

prądu stałego, należy:  $I = const$

$I_{max} = const$

$E = \frac{2p}{2a} \cdot \omega \cdot N_{max} \cdot 10^{-8} \text{ volt} = const$

$E_g = E - 2I_a R_a$



tworznika jest stały oraz mamy linijny spadek

rys. 104

Jak jest przy prądzie zmiennym?

Elektromotoryzacja silna pod tym względem zasadniczo nie różni się

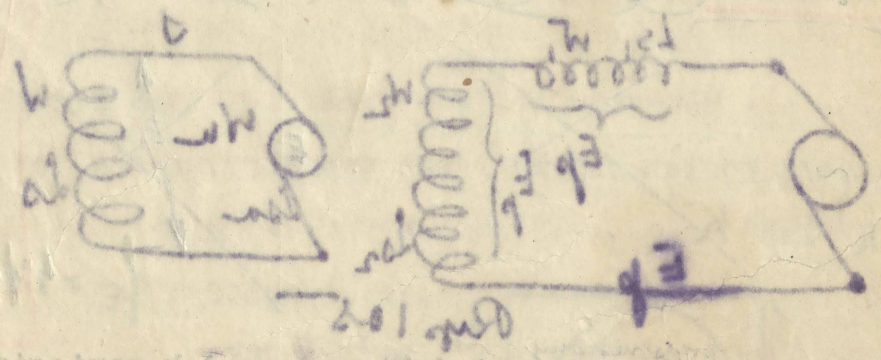
$E = k \omega N_{max} 10^{-8} = const$   
 $E_g = E - 2I_a$

2 = impedancja tworznika

W jaki sposób otrzymamy tenże napięcie  $E_g$  jako funkcję

prądu I? Swoje rozwiązanie otrzymamy z diagramu dla dwóch impedancji (rys. 105)

Aby skonstruować diagram dla generatora prądu zmiennego wyznaczamy wektory prądu i napięcia pod kątem



90° mamy przesunięty indukcyjny spadek napięcia w tworzniku.

Przyjmując, że wszystkie wielkości są stałe, tylko napięcie

zmienna jest jako funkcja prądu. Elektromotoryzacja silna jest stała

prąd zmienny jest stały, otrzymujemy więc jak dla napięcia napię-

cie, jeżeli elektromotoryzacja silna jest stała, to jest stała punkt

o motoryzacji nie zmienia się, zmieniają natomiast kąt o tym samym pro-

mieńm około punktu P i przedłużony wektor  $E_g$  do punktu G to BG jest

całkowitym spadkiem napięcia  $E-E_p$  / Rys.106. /

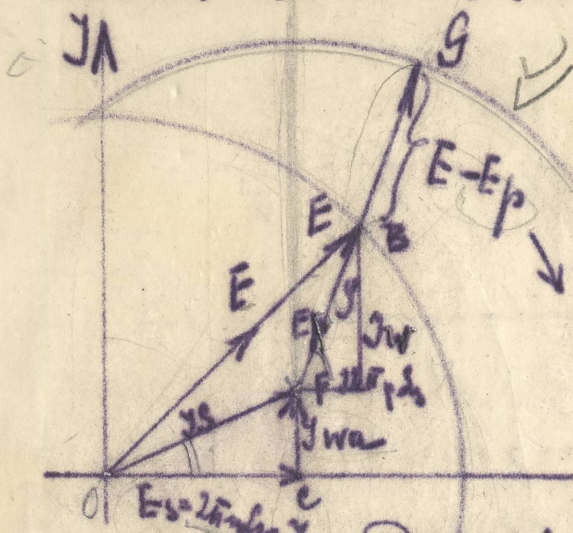
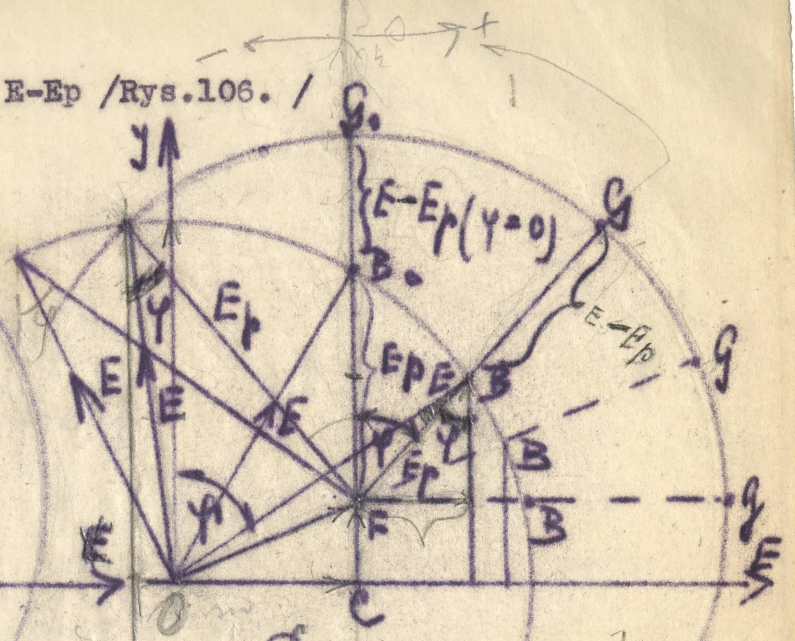


Diagram Jakobu Kappe Rys. 106



Rys. 107

Narysujmy ten sam diagram w trochę innej formie / Rys.107. /

$OB$  = induktywny spadek napięcia

$CF$  = spadek w oporze

$OF$  = całkowity spadek napięcia w tworniku. Aby poznać wpływ

*kąt  $\varphi$  = przesunięcie*

przesunięcia fazy na napięciową charakterystykę wychodzimy od wypadku, że kąt  $\varphi = 0$  t.zn. zewnątrz maszyny prąd z napięciem jest w fazie.

$O-B$  elektromotoryczna siła, siła  $E$

Zakreślmy sobie dwa koła o promieniu elektromotorycznej siły, to  $B_0 G_0$  da nam różnicę między elektromotoryczną siłą a napięciem dla kąta  $\varphi = 0$

Jeżeli kąt  $\varphi$  nie równa się 0 lecz istnieje jakieś przesunięcie fazy między napięciem  $E_p$  a prądem  $I$ , to obowiązuje ten sam diagram, elektromotoryczna siła bowiem i prąd się nie zmienia. Wiadomy obecnie, że przy tym samym prądzie i tym samym obciążeniu maszyny różnica  $B G$  jest o wiele większą. Weźmy pod uwagę punkt, w którym przecinają się dwa koła, i połączmy ten punkt z punktem  $O$ , dla tych samych warunków  $E = E_p$ ; kąt  $\varphi = -$  (minus)

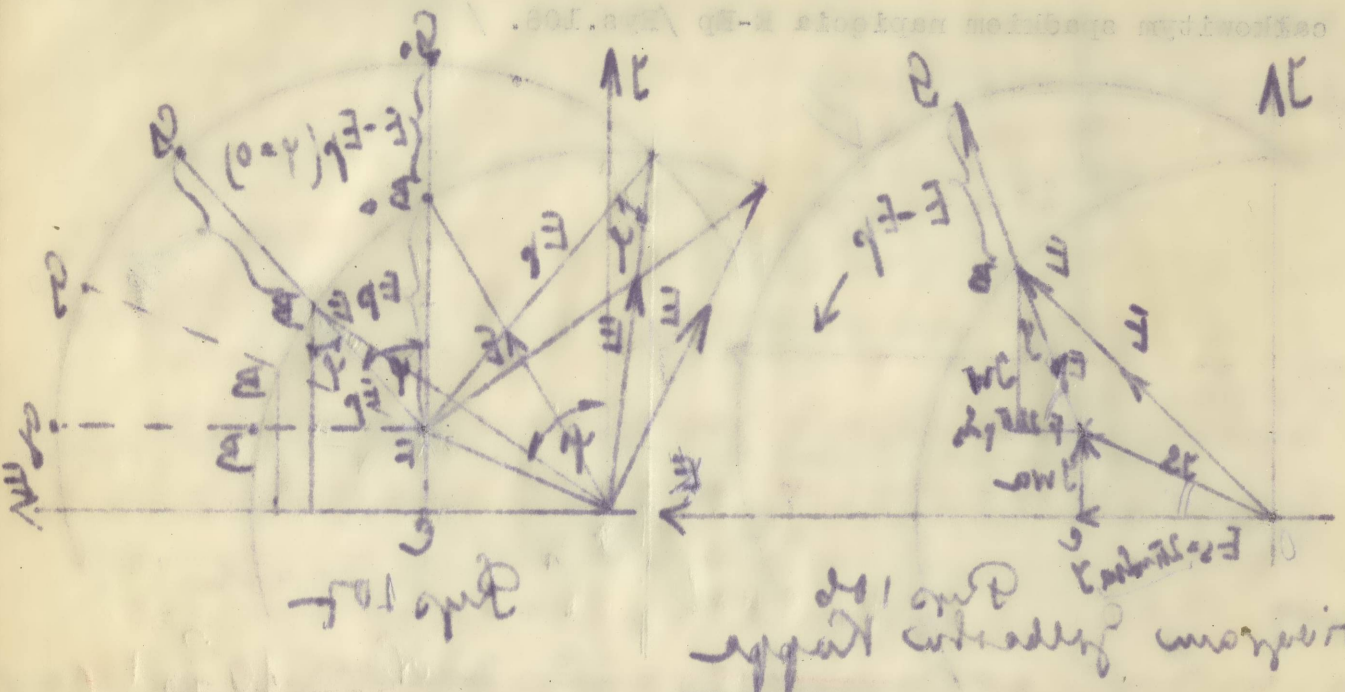
*Z przesunięciem fazy  $B G > B_0 G_0$*

Jeżeli kąt  $\varphi$  staje się ujemny i przekroczy pewną granicę wtedy napięcie maszyny staje się większe od elektromotorycznej siły.

$$n = \text{const} \quad \bar{n} = \text{const} \quad i_n = \text{const} \quad i_c = \text{const} \quad E_p = f(\varphi)$$

*$\Delta \varphi = \Delta$  mody  $I$  w  $B$  a wektorem  $E_p$ .*

21



Prędkość światła

Prędkość

Należy zauważyć, że ten sam układ w trochę innej formie / Kys. 107.

Wzrost  $\varphi = \text{konstanta}$

- $\omega_e$  = indukcyjny spadek napięcia
- $\omega_f$  = spadek w opozycie
- $\omega$  = całkowity spadek napięcia w transformatorze. Aby poznać wpływ

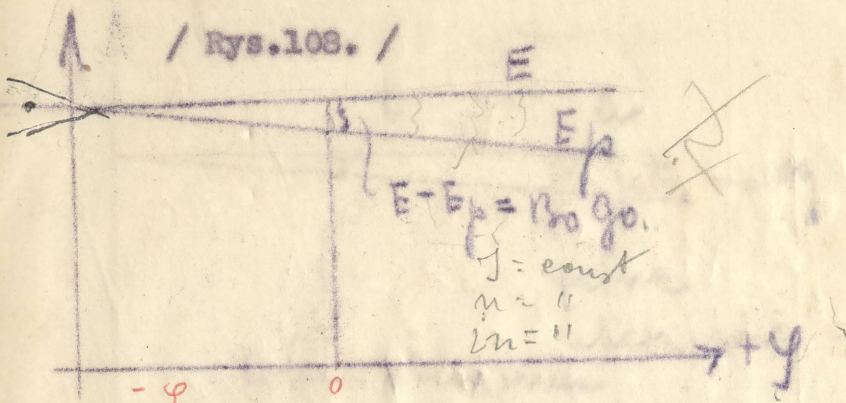
Przeanalizujmy teraz ten układ w trochę innej formie / Kys. 107. Aby poznać wpływ całkowitego spadku napięcia w transformatorze, należy zauważyć, że ten sam układ w trochę innej formie / Kys. 107.

Wzrost  $\varphi = \text{konstanta}$

Wzrost  $\varphi = \text{konstanta}$

Wzrost  $\varphi = \text{konstanta}$

$$n = \text{const} \quad \vec{r} = \text{const} \quad \varphi = \text{const} \quad \text{Prędkość światła} = \text{const} \quad \text{Prędkość} = \text{const}$$

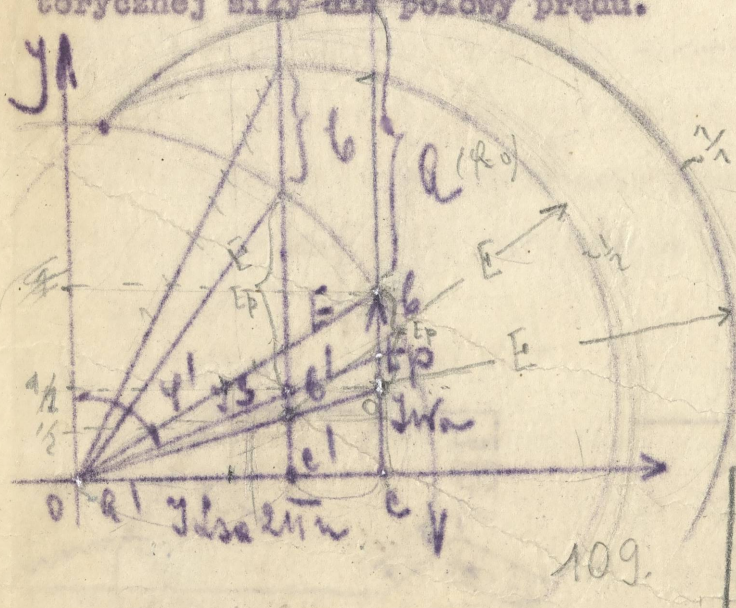


Przedstawmy napięcie  $E_p$  dla rozmaitych kątów  $\varphi$  to otrzymamy krzywą

/ Rys.108. / przedstawiającą  $E_p$  przy stałym prądzie, wzbudzeniu, ilości obrotów. Im większy kąt  $\varphi$  tem większy spadek napięcia. Skutek negatywnego przesunięcia fazy może się zdarzyć, że na początku sieci możemy mieć napięcie mniejsze niż na końcu. Pierwszy zauważył to Feranti, dlatego też ten fenomen nazywamy fenomenem Ferantiego. **W**

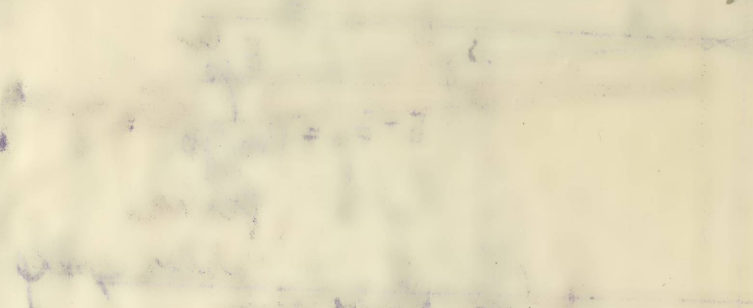
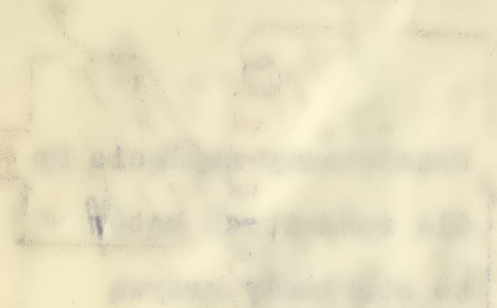
Weźmy diagram napięciowy / Rys.109. / pod założeniem, że  $n = \text{const}$ ,  $i_n = \text{const}$ ,  $\varphi = 0$ ,  $\cos\varphi = 1$ .

Wszystkie 3 boki trójkąta charakterystycznego  $a, b, c$ , są proporcjonalne do prądu  $I$ , jeżeli więc chcemy otrzymać napięcie  $E_p$  dla połowy prądu, musimy wszystkie 3 boki trójkąta podzielić w stosunku  $1/2$ , trójkąt  $a', b', c'$  będzie odpowiadał obciążeniu połową prądu. Zakreślmy teraz koło ~~przez~~ punktu  $a$  i  $b'$  koła tą samą siłą elektromotoryczną to otrzymamy wektor napięcia i wypadkowy wektor elektromotorycznej siły dla połowy prądu.

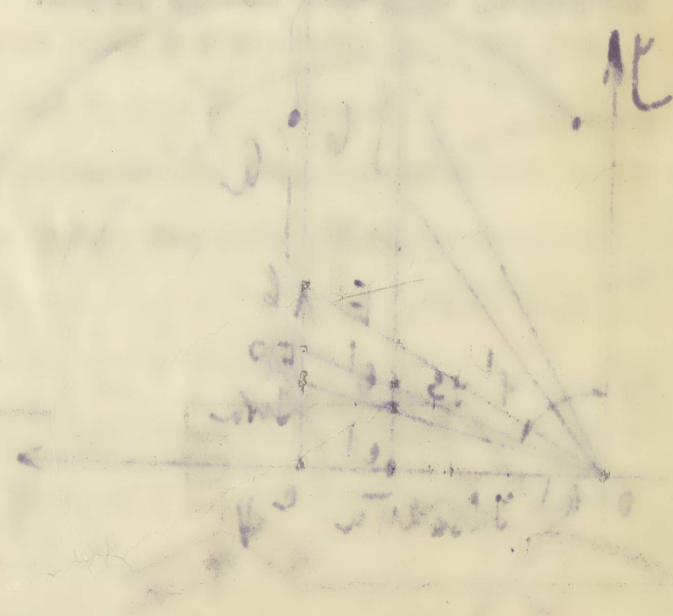


Możemy na podstawie tego skonstruować napięcie " $E_p$ " jako funkcję prądu " $I$ " / Rys.110. / Chcąc eksperymentalnie to stwierdzić robimy analogiczne łączenie jak przy maszynie z obcym wzbudzeniem / Rys.111. / Wzbudzamy maszynę tak, aby przy luźnym biegu dawała normalne

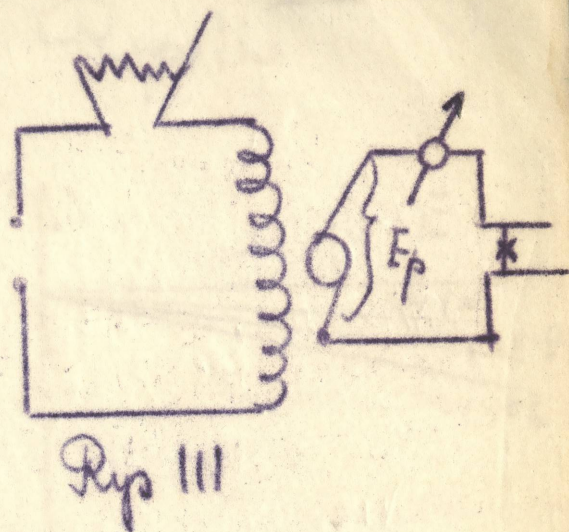
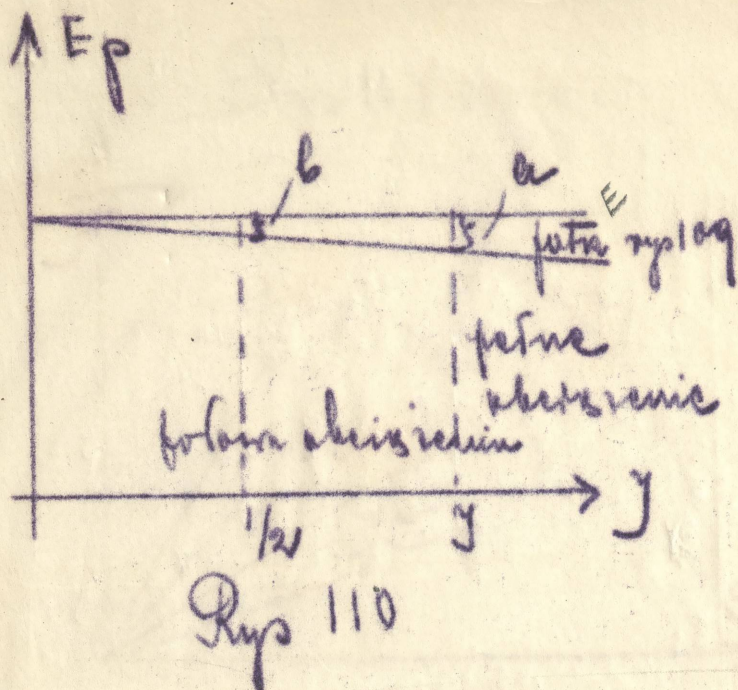
napięcie, odczytujemy napięcie i prąd, włączamy następnie coraz więcej żarówek i w ten sposób otrzymujemy charakterystykę.



The following diagram illustrates the principle of the...  
 In the first case, the current flows from the positive terminal...  
 through the resistor, and the voltage drop across it is...  
 In the second case, the current flows from the negative terminal...  
 through the resistor, and the voltage drop across it is...  
 The total current in the circuit is...  
 The total voltage across the circuit is...  
 The power dissipated in the resistor is...  
 The energy stored in the capacitor is...  
 The time constant of the circuit is...  
 The frequency of the oscillation is...  
 The amplitude of the oscillation is...  
 The phase shift between the current and the voltage is...  
 The quality factor of the circuit is...  
 The bandwidth of the circuit is...  
 The selectivity of the circuit is...  
 The stability of the circuit is...  
 The linearity of the circuit is...  
 The noise level of the circuit is...  
 The distortion of the circuit is...  
 The efficiency of the circuit is...  
 The reliability of the circuit is...  
 The cost of the circuit is...  
 The size of the circuit is...  
 The weight of the circuit is...  
 The power consumption of the circuit is...  
 The heat dissipation of the circuit is...  
 The lifetime of the circuit is...  
 The maintenance of the circuit is...  
 The safety of the circuit is...  
 The environmental impact of the circuit is...  
 The social impact of the circuit is...  
 The economic impact of the circuit is...  
 The political impact of the circuit is...  
 The cultural impact of the circuit is...  
 The legal impact of the circuit is...  
 The ethical impact of the circuit is...  
 The moral impact of the circuit is...  
 The spiritual impact of the circuit is...  
 The intellectual impact of the circuit is...  
 The emotional impact of the circuit is...  
 The physical impact of the circuit is...  
 The psychological impact of the circuit is...  
 The sociological impact of the circuit is...  
 The anthropological impact of the circuit is...  
 The historical impact of the circuit is...  
 The geographical impact of the circuit is...  
 The biological impact of the circuit is...  
 The chemical impact of the circuit is...  
 The physical impact of the circuit is...  
 The mathematical impact of the circuit is...  
 The scientific impact of the circuit is...  
 The technological impact of the circuit is...  
 The artistic impact of the circuit is...  
 The literary impact of the circuit is...  
 The musical impact of the circuit is...  
 The dramatic impact of the circuit is...  
 The cinematic impact of the circuit is...  
 The televisual impact of the circuit is...  
 The digital impact of the circuit is...  
 The internet impact of the circuit is...  
 The mobile impact of the circuit is...  
 The cloud impact of the circuit is...  
 The big data impact of the circuit is...  
 The artificial intelligence impact of the circuit is...  
 The quantum impact of the circuit is...  
 The nanotechnology impact of the circuit is...  
 The biotechnology impact of the circuit is...  
 The space technology impact of the circuit is...  
 The defense technology impact of the circuit is...  
 The medical technology impact of the circuit is...  
 The agricultural technology impact of the circuit is...  
 The industrial technology impact of the circuit is...  
 The transportation technology impact of the circuit is...  
 The energy technology impact of the circuit is...  
 The environmental technology impact of the circuit is...  
 The information technology impact of the circuit is...  
 The communication technology impact of the circuit is...  
 The manufacturing technology impact of the circuit is...  
 The construction technology impact of the circuit is...  
 The transportation technology impact of the circuit is...  
 The energy technology impact of the circuit is...  
 The environmental technology impact of the circuit is...  
 The information technology impact of the circuit is...  
 The communication technology impact of the circuit is...  
 The manufacturing technology impact of the circuit is...  
 The construction technology impact of the circuit is...



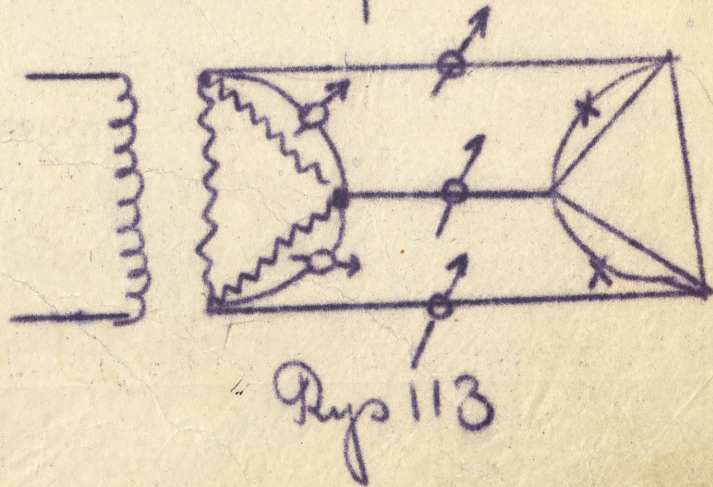
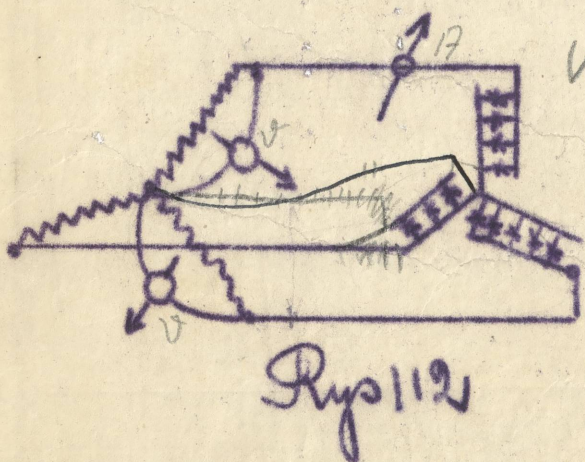
The diagram shows a network of resistors, capacitors, and inductors. The total current in the circuit is... The total voltage across the circuit is... The power dissipated in the resistor is... The energy stored in the capacitor is... The time constant of the circuit is... The frequency of the oscillation is... The amplitude of the oscillation is... The phase shift between the current and the voltage is... The quality factor of the circuit is... The bandwidth of the circuit is... The selectivity of the circuit is... The stability of the circuit is... The linearity of the circuit is... The noise level of the circuit is... The distortion of the circuit is... The efficiency of the circuit is... The reliability of the circuit is... The cost of the circuit is... The size of the circuit is... The weight of the circuit is... The power consumption of the circuit is... The heat dissipation of the circuit is... The lifetime of the circuit is... The maintenance of the circuit is... The safety of the circuit is... The environmental impact of the circuit is... The social impact of the circuit is... The economic impact of the circuit is... The political impact of the circuit is... The cultural impact of the circuit is... The legal impact of the circuit is... The ethical impact of the circuit is... The moral impact of the circuit is... The spiritual impact of the circuit is... The intellectual impact of the circuit is... The emotional impact of the circuit is... The physical impact of the circuit is... The psychological impact of the circuit is... The sociological impact of the circuit is... The anthropological impact of the circuit is... The historical impact of the circuit is... The geographical impact of the circuit is... The biological impact of the circuit is... The chemical impact of the circuit is... The physical impact of the circuit is... The mathematical impact of the circuit is... The scientific impact of the circuit is... The technological impact of the circuit is... The artistic impact of the circuit is... The literary impact of the circuit is... The musical impact of the circuit is... The dramatic impact of the circuit is... The cinematic impact of the circuit is... The televisual impact of the circuit is... The digital impact of the circuit is... The internet impact of the circuit is... The mobile impact of the circuit is... The cloud impact of the circuit is... The big data impact of the circuit is... The artificial intelligence impact of the circuit is... The quantum impact of the circuit is... The nanotechnology impact of the circuit is... The biotechnology impact of the circuit is... The space technology impact of the circuit is... The defense technology impact of the circuit is... The medical technology impact of the circuit is... The agricultural technology impact of the circuit is... The industrial technology impact of the circuit is... The transportation technology impact of the circuit is... The energy technology impact of the circuit is... The environmental technology impact of the circuit is... The information technology impact of the circuit is... The communication technology impact of the circuit is... The manufacturing technology impact of the circuit is... The construction technology impact of the circuit is...

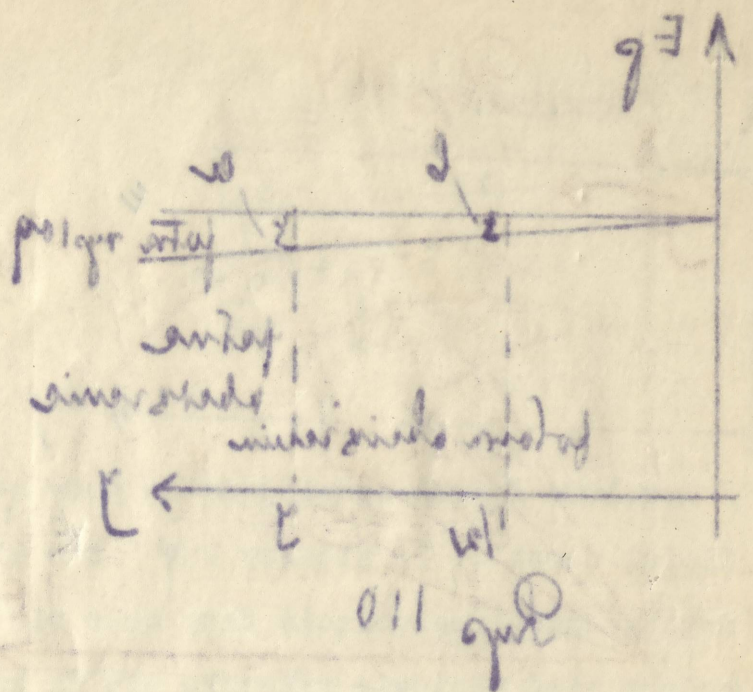
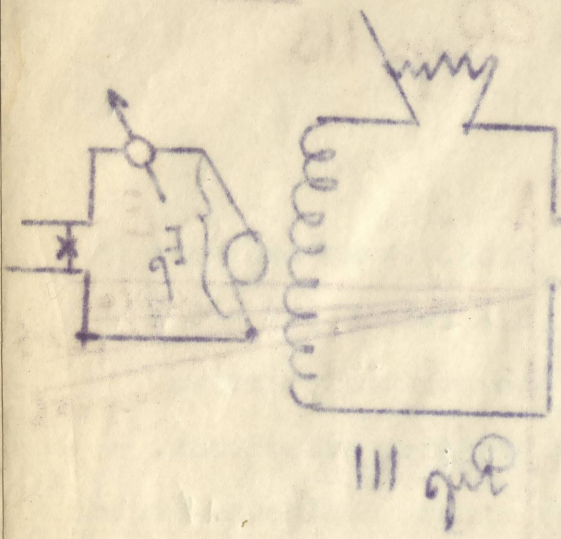


Łączenie w gwiazdę przy trójfazowej maszynie / Rys.112. /

Generator i odbiorniki prądu są połączone w gwiazdę, włączamy tu 1 ampermeter i 2 woltmetry. Łączenie w trójkąt przedstawia rys.113. Dżagram / Rys.114. / wyprowadzamy pod tym warunkiem, że między napięciem a prądem w obwodzie zewnętrznym, przesunięcie fazy jest 0. Przyjmijmy teraz jakie przesunięcie induktywnego obciążenia. Mamy nasz wektor prądu, trójkąt charakterystyczny dla pełnego obciążenia. Zakreślmy teraz jak przedtem koło o promieniu elektromotorycznej siły to samo narysujmy dla połowy obciążenia. Ponieważ przesunięcie fazy jest to samo musimy więc wykreślić równoległą do wektora "E p". Im większe przesunięcie fazy tem większy mamy spadek napięcia. Zupełnie analogicznie jak poprzednio otrzymamy charakterystykę napięciową dla pewnego  $\cos \varphi$ , dla warunków. że :  $n = \text{const}$   $i_n = \text{const}$   $E = \text{const}$   
 $\cos \varphi = 0.7$

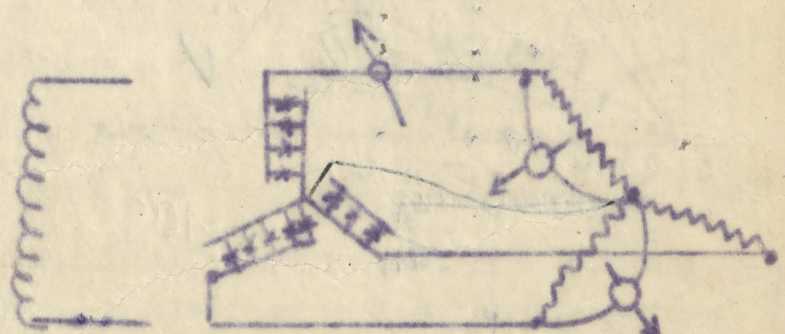
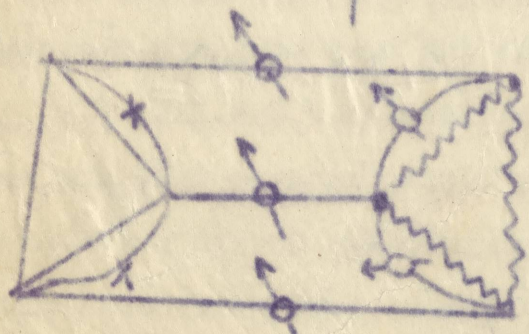
/ Rys.115. /

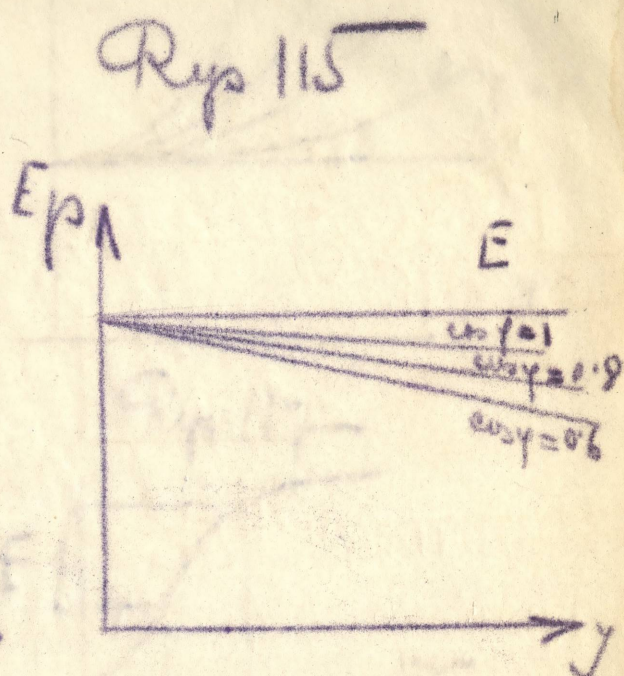
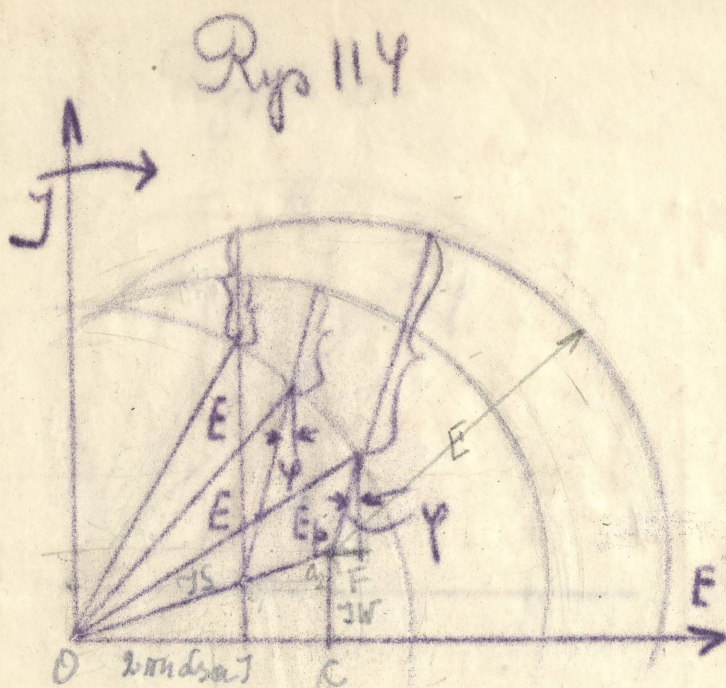




0. Przejmijmy teraz jako przesunięcie indukcyjnego obciążenia. Mamy nasz wektor prądu, trójką charakterystyczny dla pełnego obciążenia. Zakreślmy teraz jak przedtem koło o promieniu elektromotorycznym. Jest to samo najwyższe dla polowy obciążenia. Ponieważ przesunięto fazę jest to samo musimy więc wykreślić równoległą do wektora "E p". Im większe przesunięto fazę tym większy mamy spadek napięcia. Różnica analogicznie jest poprzednie otrzymamy charakterystykę napięciową dla pełnego  $\omega$ . Dla warunków te:  $\cos \alpha = \frac{E_g}{E_g + I R_a}$

Rys. 115.  $\cos \alpha = \frac{E_g}{E_g + I R_a}$



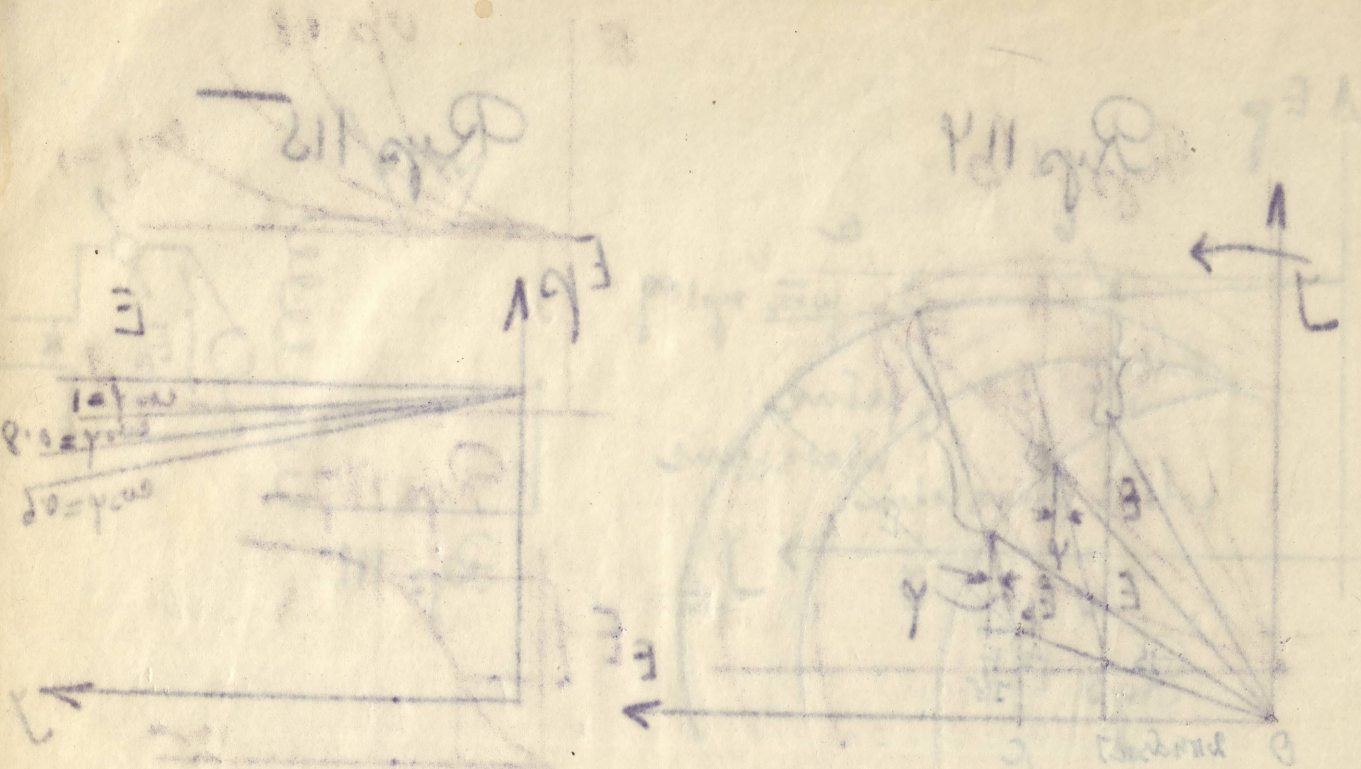


Przy większym przesunięciu fazy charakterystyka będzie leżała niżej.

Spadek napięcia generatorów w centrali jest tem większy im większe jest przesunięcie fazy w sieci, wskutek czego to przesunięcie fazy jest nie korzystne. Zapytajmy teraz co trzeba robić aby centralę regulować na stałe napięcie przy przesunięciu fazy w sieci:  
W tym wypadku musimy zmienić elektromotoryczną siłę jeżeli napięcie spadnie musimy elektromotoryczną siłę powiększyć, musimy maszynę silniej wzbudzić. Zapomocą djagramu wyprowadzimy to w ten sposób.  
 Rysujemy nasz charakterystyczny punkt wyjścia /Rys.116. / następnie rysujemy nasz djagram dla przesunięcia 0 i dla  $\varphi$  przyjmujemy, że  $E_p = \text{const}$ ,  $\varphi = 0$   $\cos \varphi = 1$

$$E = f(I)$$

Aby zbadać to dla innych przesunięć faz, zakreślamy koło nie elektromotoryczną siłą lecz napięciem, gdyż ono ma być stałe. Dla  $\varphi = 0$  otrzymamy wektor  $E_p$ , wypadkową jest elektromotoryczną siłą. Tem większe wzbudzenie, z drugiej strony tem większa musi być elektromotoryczna siła przy tym samym prądzie I, im większe jest przesunięcie fazy. Graficznie przedstawia to rys.117.



Trzy warianty przedstawienia fazy charakterystyka fazy

Jeżeli niech.

Spadek napięcia generatorów w centrali jest ten większy

im większe jest przesunięcie fazy w sieci, wartość czego to przes-

unięcie fazy jest niekonstante. Zależącej tenaz od czasu robót aby

centralę regulować na stałe napięcie przy przesunięciu fazy w sieci.

W tym wypadku musimy ustalić elektromotoryzacja albo jeżeli napięcie

spadnie musimy elektromotoryzacja albo powiększyć, musimy maszyn

alimiej wzbudzić. Zależność działania wprowadzając do ten spadek.

Wzrosty nasz charakterystyczny punkt w fazy. Rys. 110. / następuje

zrosty nasz dżerem dla przesunięcia φ dla γ (z) / następuje, że

$$E = U \cos \phi$$

$$E = U \sin \phi$$

aby spadek to dla końca przesunięcia fazy, zakreślony jako

nie elektromotoryzacja albo jest napięcie, gdy ono nie był stałe.

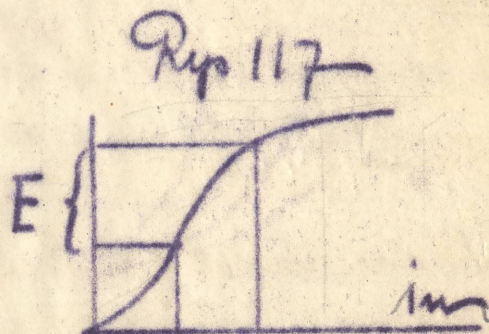
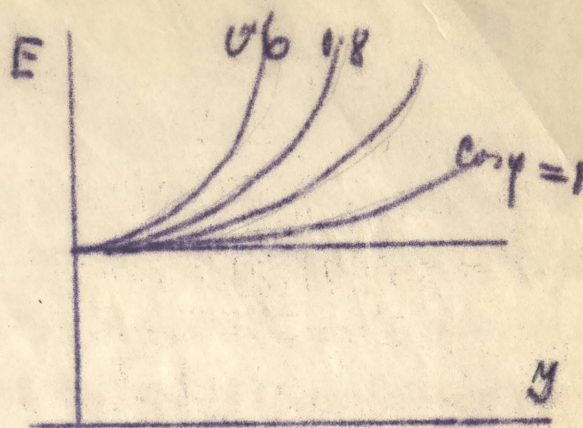
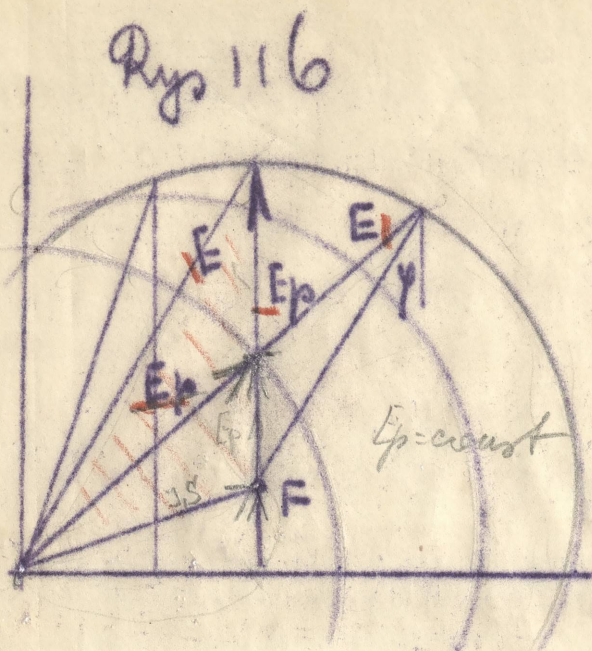
Dla φ = 0, wznosząca jest elektromotoryzacja, dla φ = 90°

tem się one wzbudzenie, z drugiej strony ten większe musi być sta-

lektromotoryzacja albo przy tym samym przesunięciu φ im większe jest przesun-

nięcie fazy. Uwagi przedstawia to rys. 111.

Rys. 111

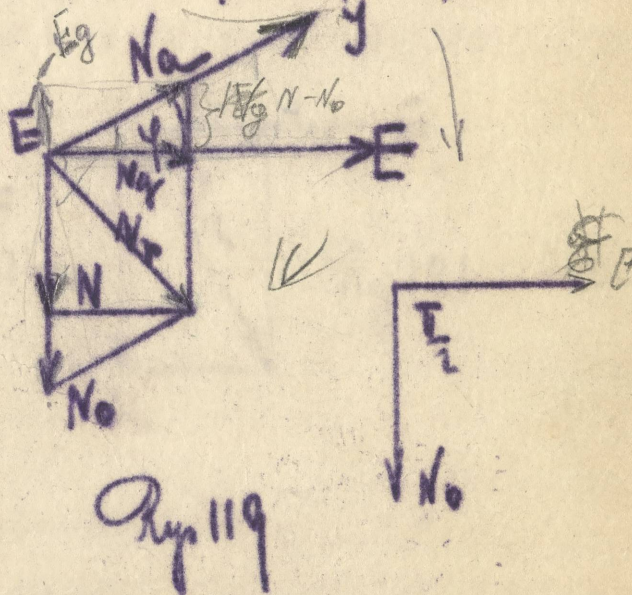
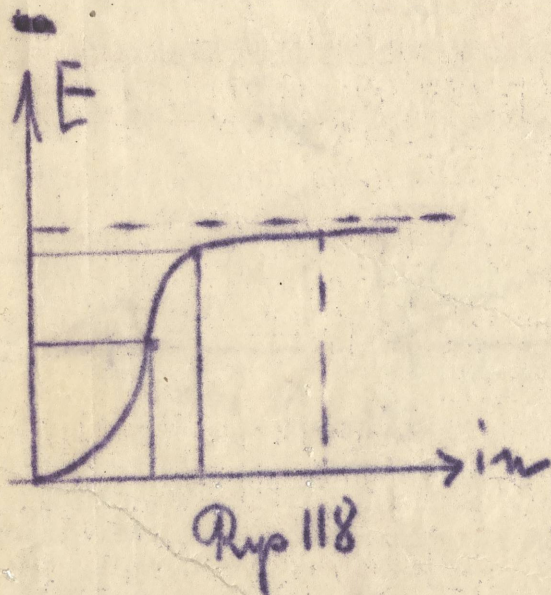


Prąd wzbudzający możemy wypośredkować wprost z charakterystyki magnetycznej, która daje nam związek między elektromotoryczną siłą a prądem wzbudzającym, z niej możemy od razu odczytać prąd wzbudzający / Rys.118. /

Reakcja twornika. (generator. przy  $\cos \phi = 1$ )

Jak wpływa reakcja twornika na zachowanie się maszyny ?

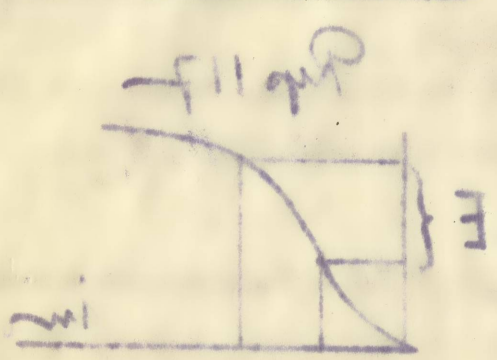
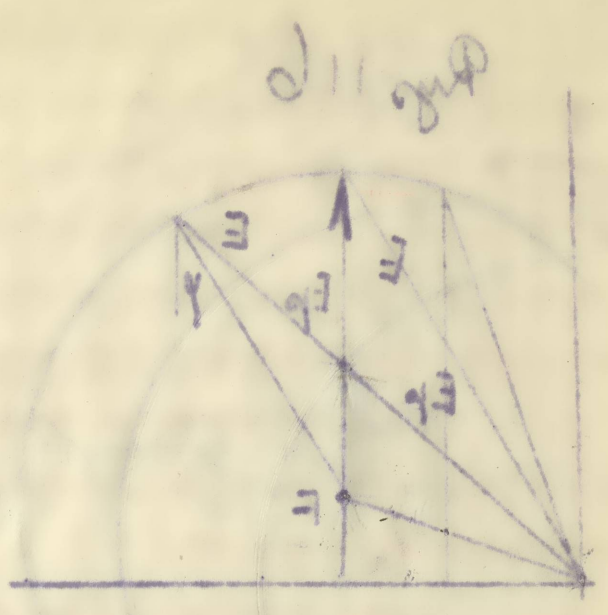
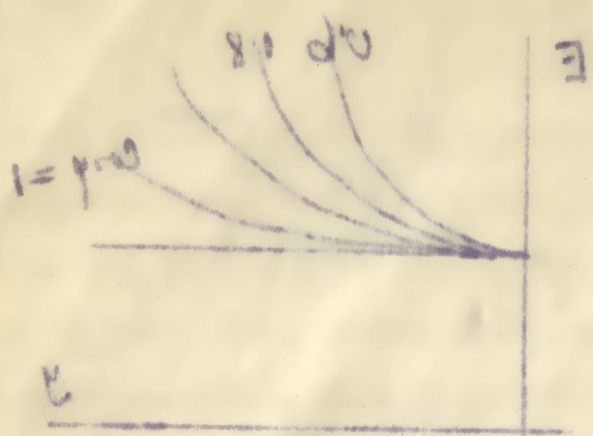
Wynik reakcji twornika jest taki, że jeżeli  $\phi = 0$ ;  $\cos \phi = 1$  to



reakcja twornika niema żadnego wpływu ilościowego, następuje tylko pewna deformacja pola w kierunku obrotu. Jeżeli mamy przesunięcie fazy to deformacja zanika, przy  $90^\circ$  niema już prawie żadnej deformacji.

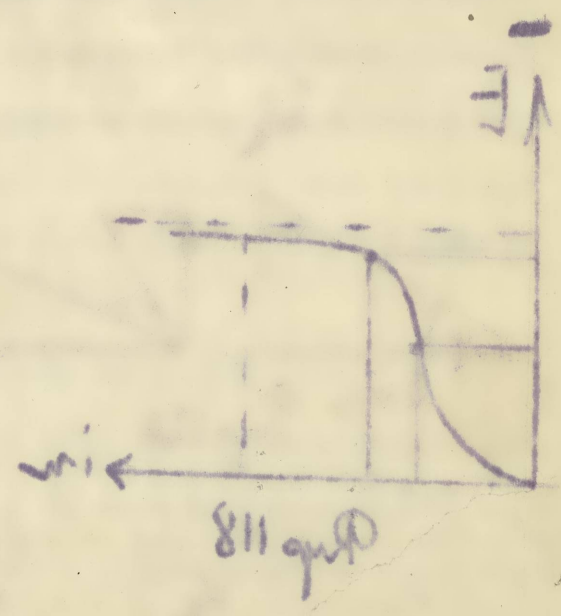
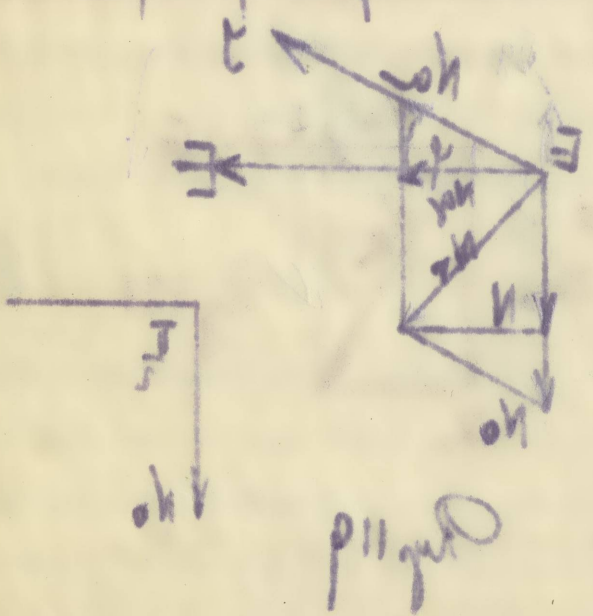
Inaczej jest gdy mamy przesunięcie fazy ujemne. Jeżeli mamy obciążenie pojemnością wtedy strumień magnetyczny zostaje wznowiony.

Kondensacja.



Przed wyznaczeniem siły wywołanej przez z charakterystyką...  
 w tym celu, konieczne jest wyznaczenie siły wywołanej przez...  
 a przede wszystkim, a tym samym, konieczne jest wyznaczenie...

to  $\omega = 1, \psi = 0$



Wobec tego, konieczne jest wyznaczenie siły wywołanej przez...  
 a przede wszystkim, a tym samym, konieczne jest wyznaczenie...  
 w tym celu, konieczne jest wyznaczenie siły wywołanej przez...  
 a przede wszystkim, a tym samym, konieczne jest wyznaczenie...

$e = k + e_s + k_y$

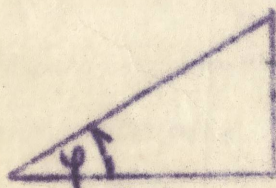
*α*

*tworzy 90°*

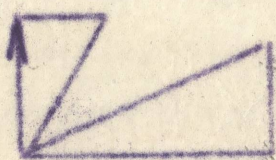
Przy luźnym biegu elektromotoryczna siła  $E$  i strumień magnetyczny przyjmujemy, że wektor prądu jest wobec elektromotorycznej siły we fazie opóźniony. We fazie o  $90^\circ$  przyspieszony jest wektor  $N_0$ . Przyjmujemy że maszyna jest obciążona, daje pewien prąd, oraz że ten prąd  $I$  jest we fazie wobec elektromotorycznej siły opóźniony: Mamy do czynienia z induktywnym obciążeniem.

Prąd ten wytwarza strumień magnetyczny, będący we fazie z prądem, nazwijmy go  $N_a$ . Te dwa pola magnetyczne  $N_0; N_a$  tworzą pole wypadkowe  $N_R$  / Rys.119. //

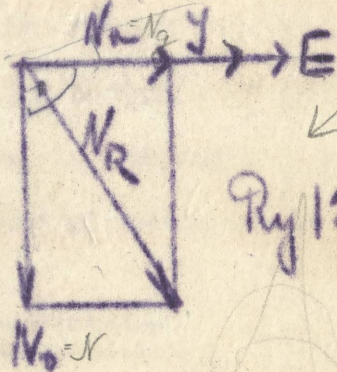
Jedną składową  $N_R$  jest  $N$  drugą  $N_g$ . Widzimy, że strumień  $N$  jest mniejszy od strumienia  $N_0$ , który istniał przy luźnym biegu, otrzymamy więc pole osłabione. Pole  $N_g$  musi stworzyć jakąś elektromotoryczną siłę, która jest we fazie o  $90^\circ$  opóźniona, otrzymamy więc jakąś elektromotoryczną siłę. Ta siła elektromotoryczna  $E_g$  leży naprzeciwko kąta  $\varphi_i$  jest proporcjonalną do  $\sin \varphi$  jednak jest proporcjonalną również i  $E_s$ . Widzimy z tego, że reakcja twornika działa ilościowo zupełnie analogicznie jak induktywny spadek napięcia. Wynika z tego że w poprzednim trójkącie charakterystycznym, który był podstawą naszego diagramu do spadku napięcia  $E_s$  musimy dodać jeszcze  $E_g$ . Musimy jeszcze uwzględnić działanie prądów wirowych w tym celu dodajemy 100%, mnożymy więc  $I_w a$  przez 2 / rys.120.



*I\_w a Rys 120*



*F I\_w a*



*Rys 121*

*E\_g = I\_w a*

2/. Jak przedstawi się reakcja dla przesunięcia fazy = 0

Z wypadkowej  $N_R$  / Rys.121. / otrzymamy składową  $N_0$ . Reakcja niema tutaj żadnego wpływu, pole pozostaje takie same jak przy biegu luźnym. 3/. Przyjmijmy, teraz, że prąd jest we fazie przyspieszony wobec elektromotorycznej siły. We fazie z prądem jest pole  $N_a$  / Rys. 122. /  $N > N_0$  t.zn. że przy ujemnym przesunięciu fazy, strumień ma-

gnetyczny został powiększony.

*explorative  
explorative*

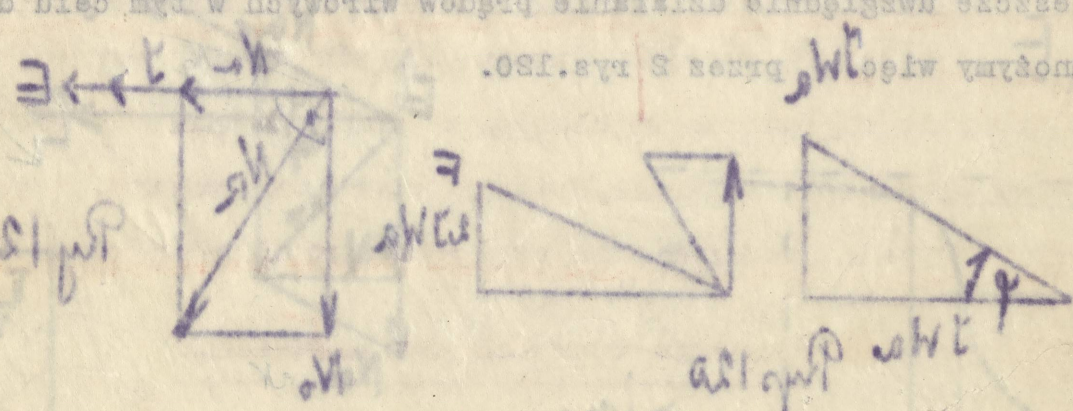
*maximum*

*Handwritten notes at the top of the page.*

Przyjmijmy, że wektor prądu jest wobec elektromotorycznej siły wektorem odpinnym. W fazie o  $90^\circ$  przyspieszony jest wektor  $H_0$ . Przejmijmy, że wektor jest obciążony, daje pewien prąd, oraz że ten prąd I jest wektorem odpinnym od elektromotorycznej siły odpinającej. Wzrost składowy  $H_0$  jest w fazie z  $H_0$ .

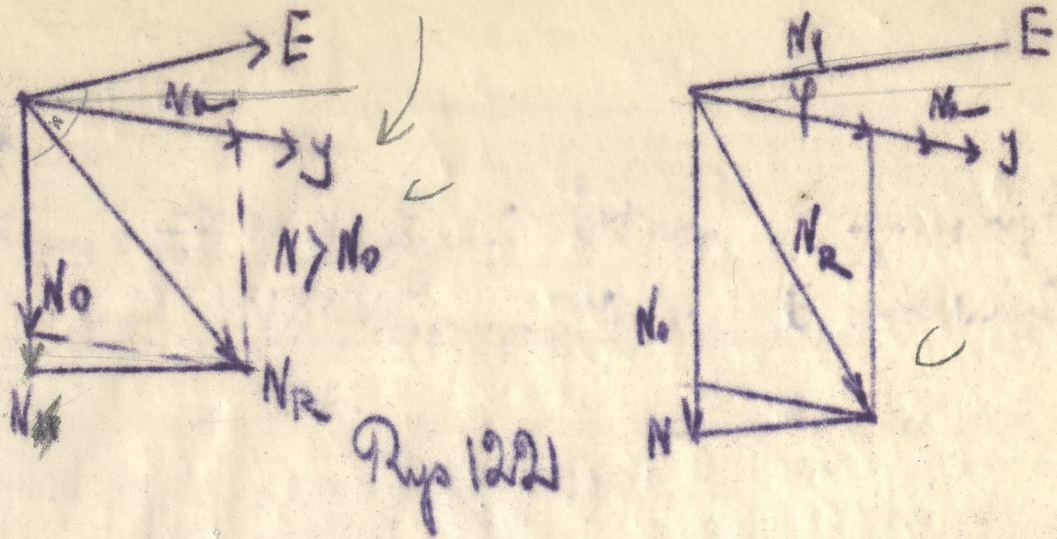
Prąd ten wytworzy, strumień magnetyczny, pod jego wektorem z prądem, nazwijmy go  $H_1$ . To dwa pola magnetyczne  $H_0$  i  $H_1$  tworzą pole wypadkowe  $H_2$  (rys. 119). Według składowej  $H_0$  jest w drucie  $H_0$ . Widzimy, że strumień  $H_2$  jest mniejszy od strumienia  $H_0$ , który posiadał przy jedynym drucie, otrzymany więc pole całkowite. Pole  $H_2$  musi stworzyć jakąś elektromotoryczną siłę, która jest wektorem odpinnym od strumienia  $H_2$  i jest proporcjonalna do niego.

Widzimy z tego, że reakcja twornika działa przeciwnie do kierunku analogicznie jak indukcyjny spadek napięcia. Wynika z tego, że w poprzednim trójkącie charakterystycznym, który był podstawą naszego diagramu do spadku napięcia  $H_2$  musimy dodać jeszcze  $H_0$ . Musimy jeszcze uwzględnić całkowite prądy w tym celu dobiejmy 100%.



3. Tak przedstawia się reakcja dla przesunięcia fazy  $\neq 0$ . W wypadkowej  $H_2$  (rys. 121) \ otrzymany składowy  $H_0$ . Reakcja nie ma tutaj żadnego wpływu, pole pozostaje takie same jak przy drucie jedynym. 3. Przejmijmy teraz, że prąd jest wektorem przyspieszonym wobec elektromotorycznej siły. W fazie z prądem jest pole  $H_0$  (rys. 122).

3.2.  $H_0 > H_2$ . W tym przypadku strumień  $H_2$  jest większy od strumienia  $H_0$ , który posiadał przy jedynym drucie, otrzymany więc pole całkowite. Pole  $H_2$  musi stworzyć jakąś elektromotoryczną siłę, która jest wektorem odpinnym od strumienia  $H_2$  i jest proporcjonalna do niego. Wzrost składowy  $H_0$  jest w fazie z  $H_0$ .



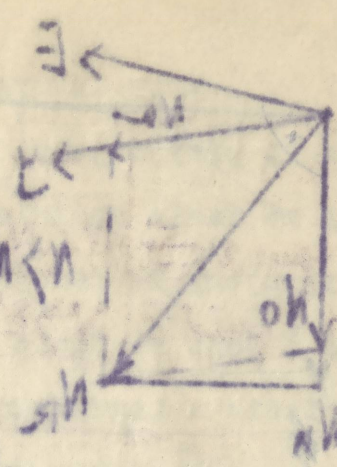
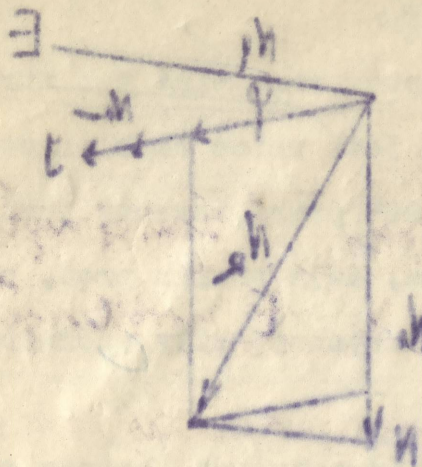
Porównajmy spadek napięcia między maszyną prądu stałego a zmiennego. Spadek napięcia przy maszynie z obcem wzbudzeniem wynosi 3-5%, przy maszynie prądu zmiennego jest on o wiele większy, rozróżniamy tu spadek induktywny maszyny i nieinduktywny  $E_{\text{ind}} = 10-15\%$

Całkowity spadek napięcia łącznie z reakcją twornika wynosi około 30%. Trzeba jednak podkreślić, że ten spadek napięcia ma pewne dodatnie strony. Gdyby się udało skonstruować maszyny, które nie mają żadnej samoindukcji tylko spadek omiczny to maszyna do praktycznego użytku, byłaby nie odpowiednia z następujących powodów: samoindukcja jest czynnikiem, który maszynę trzyma w synchronizmie w równoległym biegu, maszyna więc bez samoindukcji nie nadaje się do równoległego biegu. Z początku starano się aby spadek napięcia nie był zbyt znaczny ze względu na regulację, z chwilą jednak gdy zaczęto budować coraz to większe centrale, odstąpiono od tej zasady, z tego powodu aby na wypadek zwarcia zmniejszyć rozmiary niepożądanych skutków.

### Reakcja twornika przy motorach.

Przy każdej maszynie są 3 czynniki decydujące: Kierunek obrotu, kierunek pola i kierunek prądu. Przy przejściu z generatora do motora jeden z tych kierunków musimy odwrócić. Najłatwiej jest pozostawić kierunek obrotu i pola a zmienić kierunek prądu.

Zestawmy właściwości motoru i generatora w poniższą tablicę.



*Przykład*

Podstawny spadek napięcia między masą prądu stałego a zmiennego. Spadek napięcia przy masynie z obrotowym wirnikiem 8-25, przy masynie prądu zmiennego jest on o wiele większy, rozróżniamy tu spadek indukcyjny, maszyn i nieindukcyjny  $E_m = 10 + 12\%$

Całkowity spadek napięcia łożyska i reszki tworzenia wynosi około 30%. Trzeba jednak pamiętać, że ten spadek napięcia na pewno dochodzi do strony. Gdyby nie było skonstruowane maszyny, które nie ma tej samej samowolności tylko spadek omiary to maszyn do praktycznego użytku, byłoby nie odpowiednia a następujących powodów: samolot - Głównie jest czynnik, który maszyną brama w wypracowaniu w równoległym kierunku, maszyn wiec bez samowolności nie ma się do równoległego kierunku. W podobnym stopniu się aby spadek napięcia nie był zbyt znaczący ze względu na regulację, a chwilę jednak gdy zaczęto budować coraz to większe centrale, oba te powody, a tego powodu aby na wypadek zwrotu miałyby również niepodobnych skutków.

Reszka tworzenia przy motorach.

Przy każdej masynie są 3 czynniki decydujące: Kierunek obrotu, kierunek pola i kierunek prądu. Przy przejściu z generatora do motoru jeden z tych kierunków musimy odwrócić. Najłatwiej jest pozostać kierunek obrotu i pola a zmienić kierunek prądu.

Własności motoru i generatora w poniższej tabeli.

*Przykład*

Generator	Motor
Prąd	Prąd
Pole	Pole
Obrot	Obrot

Generator

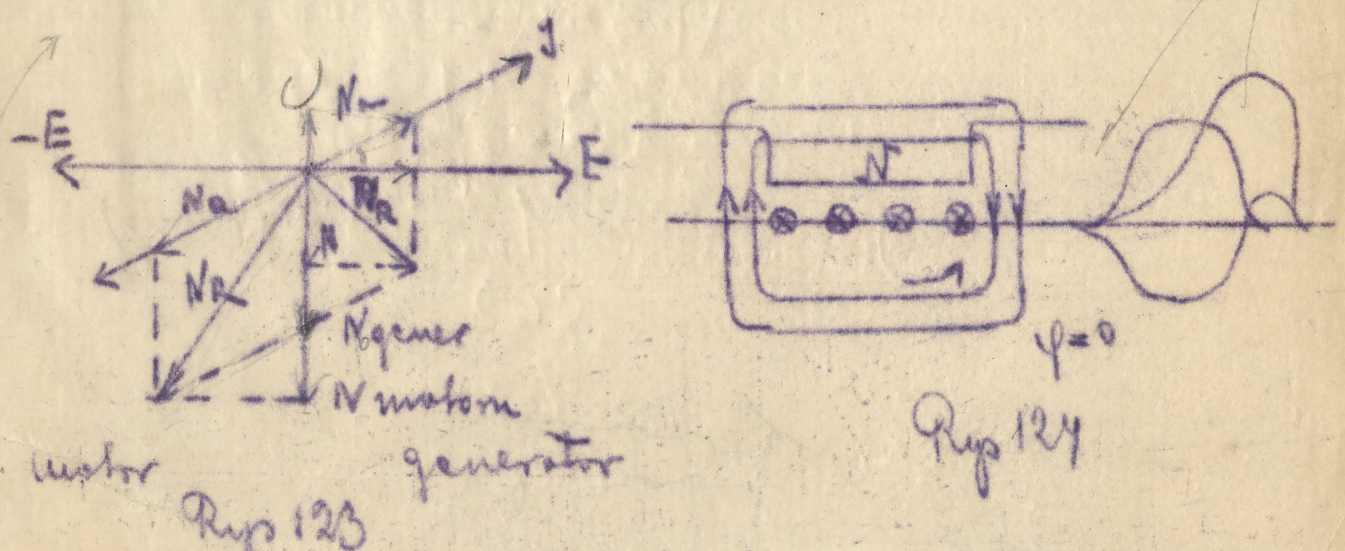
Motor

$\varphi = 0$	—	reakcja niema wpływu
+φ I biegnie za E	$N < N_0$ $E$ <u>zwiększyć</u>	$N > N_0$ $E$ <u>zmniejszyć</u>
-φ " " przed E	$N > N_0$ $E$ <u>zmniejszyć</u>	$N < N_0$ $E$ <u>zwiększyć</u>

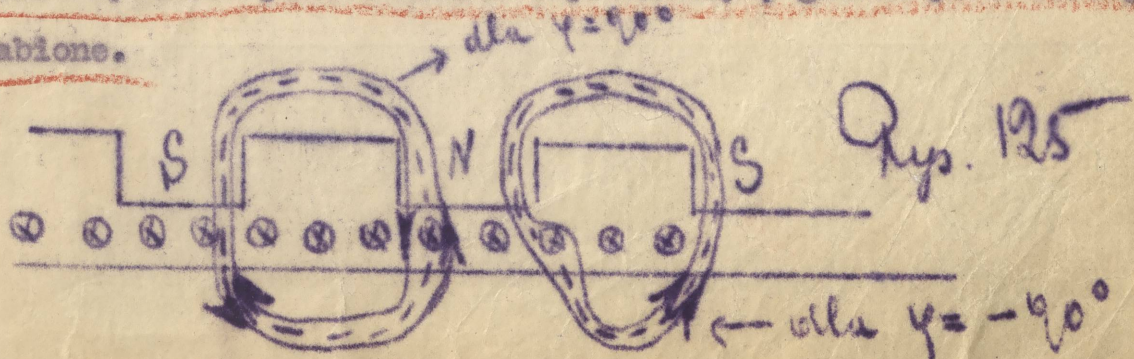
Postarajmy się teraz oddać reakcję twornika przy generatorze i motorze zapomocą djagramu. / Rys.123. /

Przy motorze elektromotoryczna siła jest wprost przeciwnym kierunku niż przy generatorze. Prąd I jest we fazie opóźniony, z nim we fazie jest pole twornika  $N_a$ , utwórzymy z nich wypadkową, to otrzymamy składową mierodajną dla indukcji, jest ona większa od  $N_0$ . *(dla motoru)*

Jeżeli I jest we fazie opóźniona, to przy generatorze otrzymamy wskutek reakcji twornika osłabienie  $N_0$ , przy motorze wzmocnienie. Ten sam djagram możemy narysować i dla innych wypadków, dla wypadku n.p. że prąd nie jest opóźniony cała figura zostanie przesunięta.

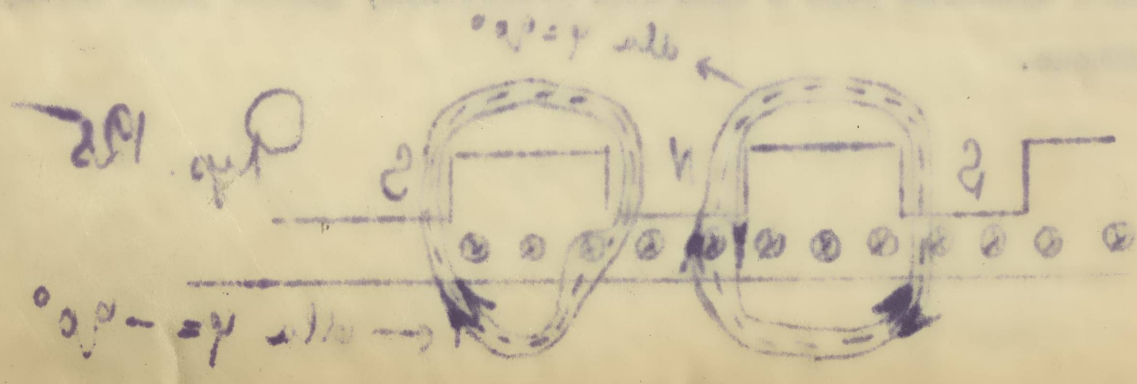
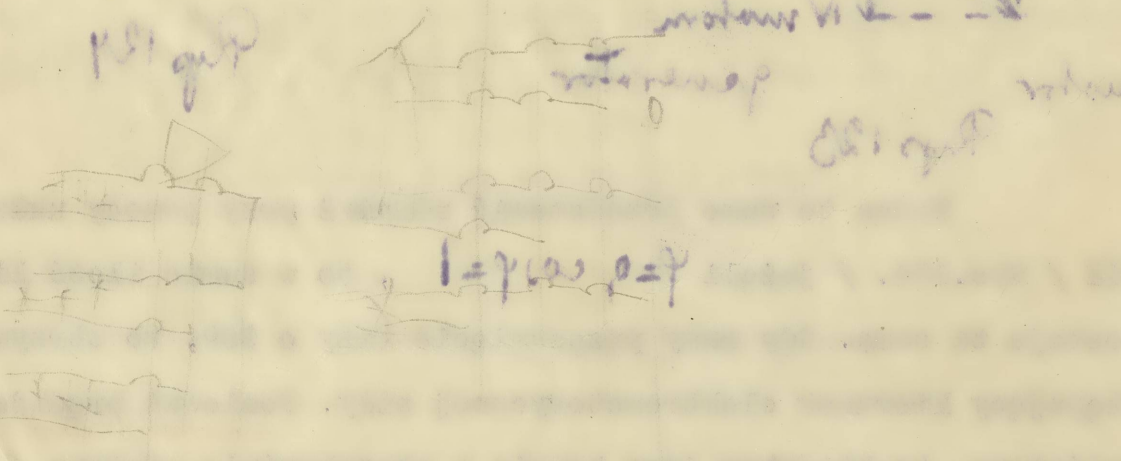
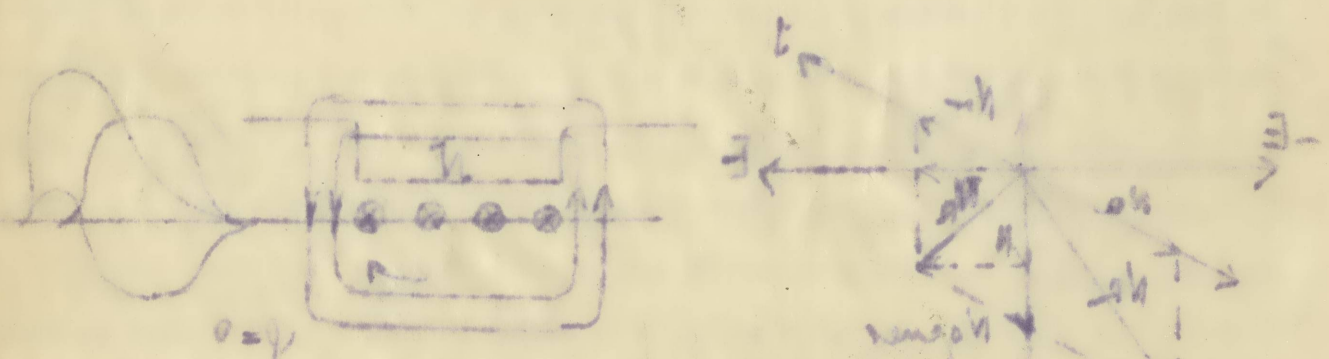


Można to samo przedstawić również przy pomocy układu linii sił / Rys.124. / jeżeli  $\varphi = 0, \cos \varphi = 1$ , to w sumie ilość linii sił zostaje ta sama. Gdy mamy przesunięcie fazy o  $90^\circ$ , to otrzymamy następujący kierunek elektromotorycznej siły. Ponieważ prąd jest o  $90^\circ$  opóźniony, to kierunek jego będzie w płaszczyźnie papieru / Rys.125. / Twornik wytwarza pole o kierunku przeciwnym, główne pole zostaje więc osłabione.



$\varphi = 0$	$N < N_0$ $E$ $N < N_0$ $E$ $N < N_0$ $E$	$N > N_0$ $E$ $N > N_0$ $E$ $N > N_0$ $E$
$\varphi = 0$	$N < N_0$ $E$ $N < N_0$ $E$ $N < N_0$ $E$	$N > N_0$ $E$ $N > N_0$ $E$ $N > N_0$ $E$

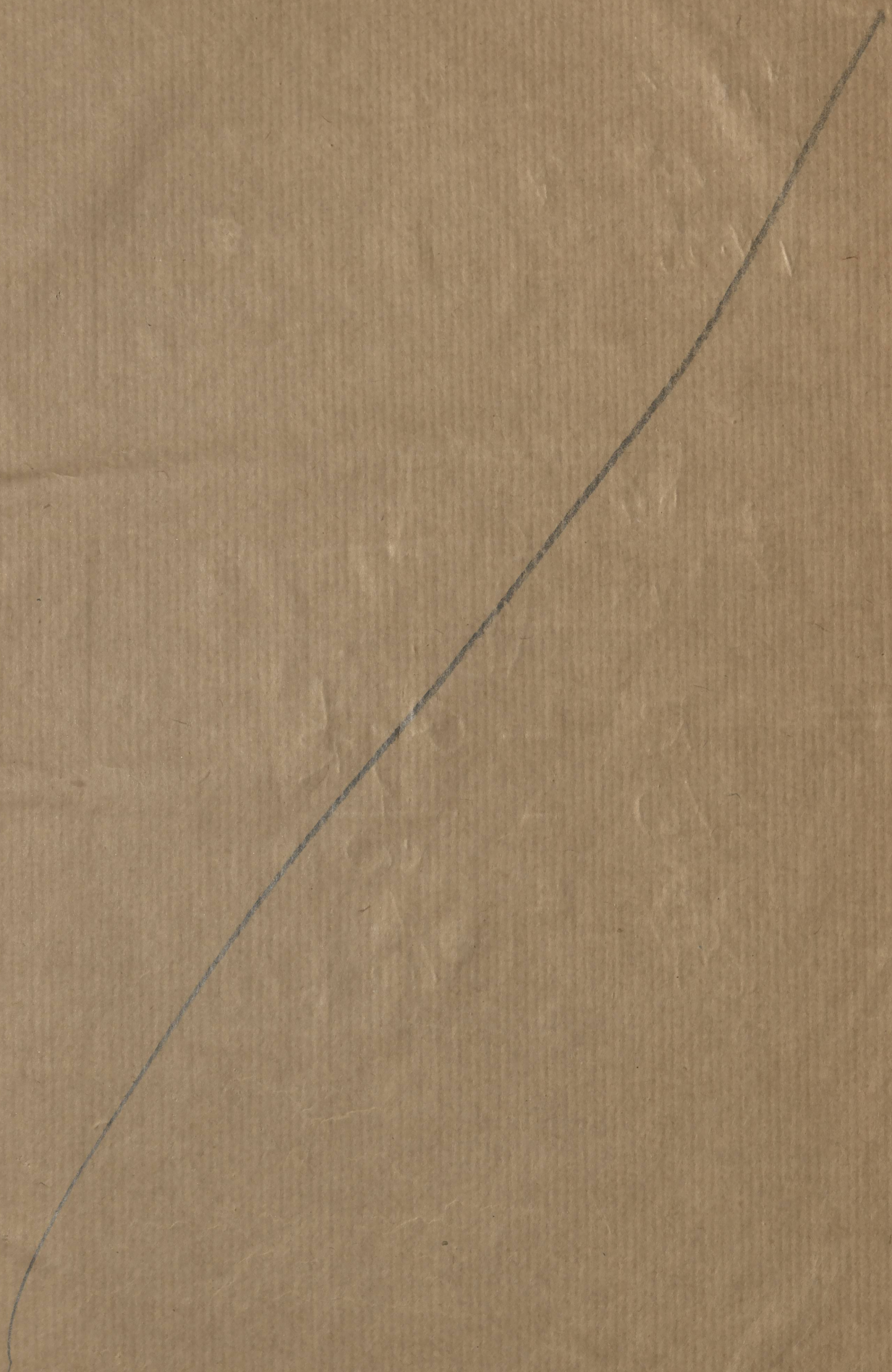
krak transformatora. - do robu z usutek

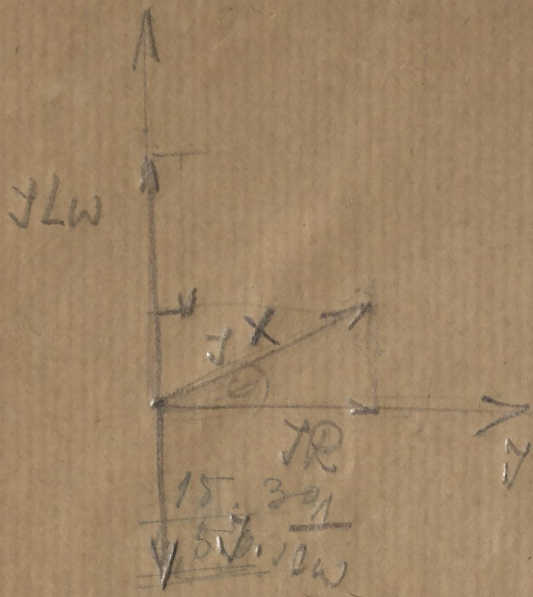
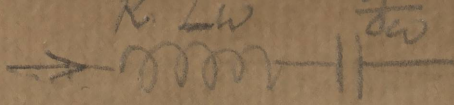


71

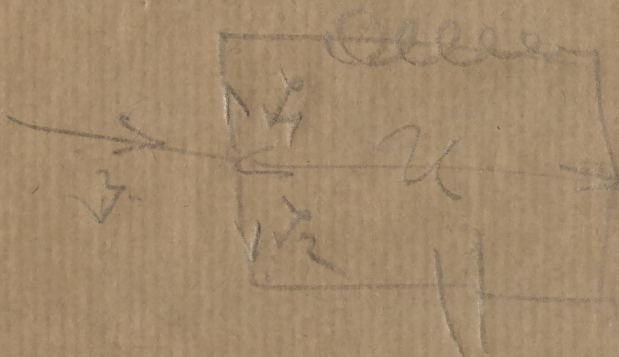
2

NEW YORK





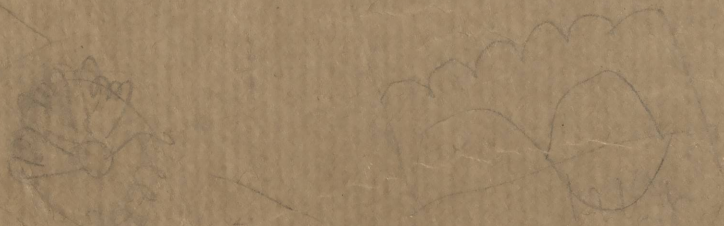
$$X = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$



$$= R \quad \text{---} \quad C = \frac{1}{K}$$

$$L\omega \quad \text{---} \quad \frac{1}{C\omega}$$

$$\frac{1}{C\omega} = \frac{1}{L\omega}$$



Archieval notes part, No 39

28 March 1928.

3