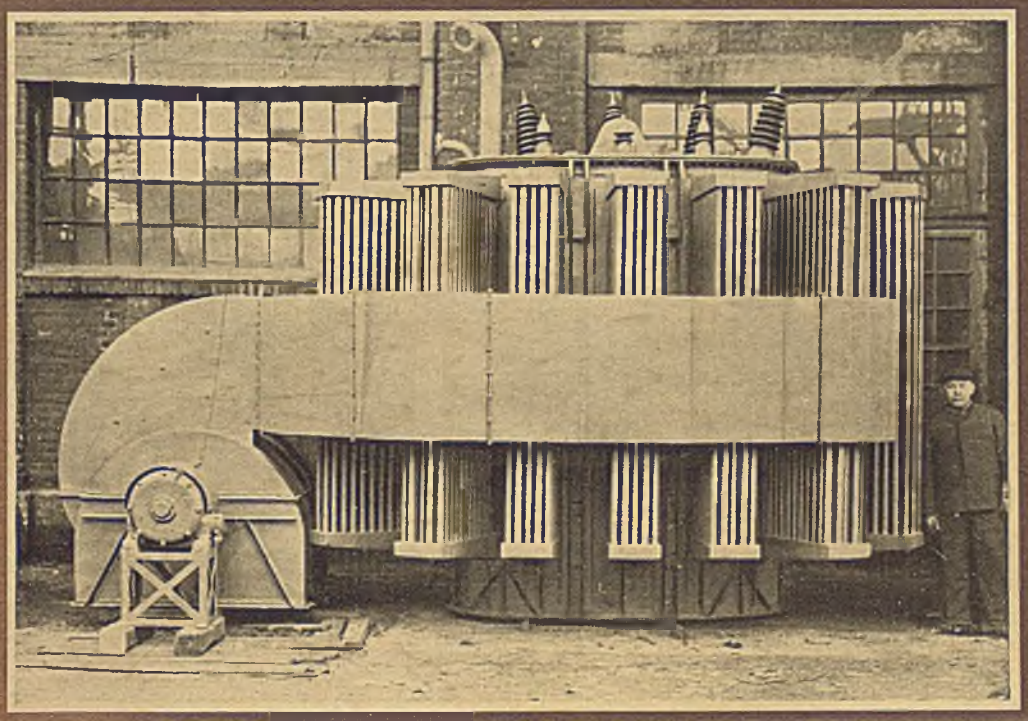
„Elektrobudowa"

Spółka Akcyjna

Łódź, ul. Kopernika Nr. 56/58.



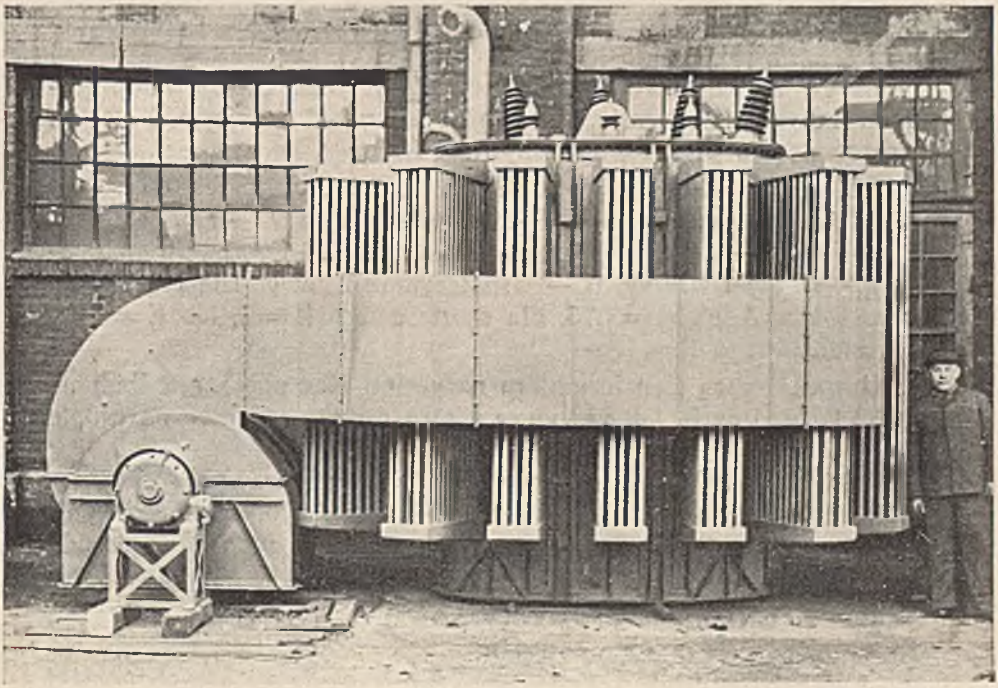
CENNIK

TRANSFORMATORÓW

1937

„ELEKTROBUDOWA", WYTWÓRNIA MASZYN ELEKTRYCZNYCH. SP. AKC., Łódź
ul. Kopernika 56/58 :: Telefon 111-77, 191-77.

Cennik Transformatorów



Transformator 12 000 kVA na 37/5 kV z chłodzeniem powietrznym sztucznym.

1937 r.

Znamiona.

Podane na tabliczkach znamionowych wartości, ujęte są pg. PNE/33—1936.

Jeśli napięcie biegu jałowego będzie **napięciem znamionowym**, to transformatory będą posiadały warunki podane lub gwarantowane, oczywiście, jeśli jedno z napięć **roboczych** przy obciążeniu pozostanie **znamionowym**. —

Moc transformatora określają ogólne warunki PNE/33—1936. Przepisy rozmaitych narodów posiadają pewne różnice, wpływające na ocenę mocy transformatorów, tak, iż możnaby mówić o mocy pg. przepisów niemieckich RET, angielskich BS, lub Międzynarodowej Komisji Elektr., oraz **mocy znamionowej**, ujętej pg. tych czy innych przepisów.

Obecnie określenie **mocy znamionowej** różni się nieco od dawniej przyjętych zasad oznaczania mocy transformatorów i dlatego pozwolimy sobie przytoczyć je. —

Mocą znamionową transformatora nazywamy moc pozorną, równą iloczynowi z napięcia znamionowego i prądu znamionowego przez współczynnik fazowy, pg. wzoru:

$$P = KI_1 V_1 = KI_2 V_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1.$$

W powyższym oznacza: P - moc w VA, V_1 i V_2 — napięcia znamionowe (biegu jałowego) pierwotne i wtórne, I_1 i I_2 — prądy znamionowe pierwotny i wtórny, K — współczynnik fazowy. Dla prądu trójfazowego $K = 3$ lub $K = 1.73$, dla dwufazowego $K = 2$, lub $K = 1.41$, dla jednofazowego $K = 1$. —

Dawniej mocą transformatora nazywano moc pozorną, odbieraną z zacisków wtórnych, jak np. mocą silnika nazywa sie moc na czopie wału. —

Jeśli przez ΔV_2 oznaczymy spadek napięcia przy pełnym obciążeniu, przez η sprawność, przez $\cos.\varphi$ — współczynnik mocy, wynikający z prądu namagnesowania transformatora, to moc na zaciskach wtórnych określi wzór:

$$P = KI_1 V_1 \eta \cos.\varphi = KI_2 (V_2 - \Delta V_2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2.$$

Różnica między obu określeniami jest, może być, znaczna dla małych transformatorów (poniżej 5 kVA), lecz dla większych poniżej 1000 kVA jest mniejsza niż 1,5%. Wartości $I_1 V_1$ i $(V_2 - \Delta V_2)$ we wzorze 2-gim, będą wartościami „roboczymi". —

Wzór 1 został wzięty do oznaczania mocy znamionowej przez przepisy wielu narodów, jako prostszy i pozwalający na ściślejsze ujęcie mocy, gdyż we wzorze 2-gim wartości prądów i napięć są uzależnione od definicji mocy spadku napięcia i wogóle wymagały obszernych komentarzy. —

Dotychczas nie mamy opracowanych norm polskich na straty w żelazie i miedzi i napięcia zwarcia transformatorów sieciowych. Ze względów fabrykacyjnych tak ścisła normalizacja nie jest, być może, konieczną wobec ciągłych zmian w wymiarach. Ze względów jednakże han-

dlowych i gospodarczych pewna normalizacja byłaby celowa, np. w napięciach znamionowych, układzie połączeń, zaczepach i t. p. Np. napięcie 6000 ± 5%/400 — 231 V przy układzie gwiazda-zygzak do 100 kVA mocy i układzie trójkąt-gwiazda powyżej 100 kVA, znajduje częste zastosowanie. Lecz najmniejsze odchylenie od powyższych, anuluje zupełnie wartość normy. —

Wyposażenie zwykłe. Dostawa normalna rozumie się z olejem. Kadź otrzymuje zawsze zawór wybuchowy, kran do spustu oleju od mocy 3 kVA wzwyż, konserwator do oleju dla wewnętrznych, od mocy 30 kVA przy 6 kV i od 5 kVA dla zewnętrznych. Każdy konserwator do oleju otrzymuje korek do spustu oleju w dolnej części. Na żądanie dodaje się olejowskaz, kranik do pobierania próbek oleju, termometr rtęciowy wkręcony na pokrywie kadzi. —

Przy napięciu 400-380 V zero jest wyprowadzane zwykle, przy innych napięciach — na żądanie. —

Próby. Próby na przebicie pg. norm innych, niż PNE/33-1936, wykonywane są na żądanie w zamówieniu, lecz niezależnie od sposobu wykonania uzwojenie może podlegać próbie na przebicie tylko raz w ciągu jednej minuty. —

Dopuszczalne przeciążenia zależą od temperatury otoczenia, od obciążenia poprzedniego, częstości przeciążenia i innych czynników. Dla temperatury otoczenia 25° C, po pracy ciągłej 50% mocy znamionowej, dopuszczalne będą poniższe przeciążenia:

przeciążenie:	**czas trwania:**
10%	15 godzin
20%	4 „
30%	2 „
50%	1 „
100%	10 minut

Przy temperaturze otoczenia niższej, czas powyższy może być nieco przedłużony. Im rzadziej trwają przeciążenia, tem dłuższy czas mogą trwać i odwrotnie. Zaleca się przy przeciążeniach nadzwyczajnych notowanie wzrostu temperatury oleju w górnych warstwach. — Pamiętać należy, że mocniejsze przeciążenie powoduje zwiększenie się różnicy między temperaturą gorących punktów i temperaturą oleju. W wypadkach wątpliwych częstych przeciążeń, należy określać różnicę temperatury oleju i średniej temperatury uzwojeń, choćby sposobem oporowym. —

Warunki transformatorów zwykłych. Straty biegu jałowego, oraz w miedzi uzwojeń w podanych tu tablicach 1,2,3,4, nie różnią się wiele od norm stosowanych w krajach sąsiednich. —

Stratami biegu jałowego nazywamy straty w watach, mierzone przy biegu jałowym i napięciu znamionowym. —

Stratami w miedzi nazywamy straty mierzone przy prądzie znamionowym, pobieranym przez jedno uzwojenie przy zwarciu drugiego, przy 75° C. Straty w miedzi podawane są w % mocy znamionowej. —

Napięcie zwarcia oznacza napięcie, przy którym zwarty transformator pobiera prąd znamionowy przy temperaturze uzwojeń 75° C. Napięcie zwarcia wyrażone jest w % znamionowego. –

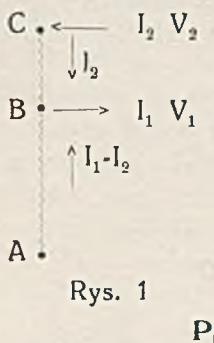
Jak napięcie zwarcia, tak i straty w miedzi określone są na zaczepie znamionowym. —

Autotransformatory.

Transformatory jednouzwojeniowe, lub transformatory oszczędnościowe, wykonywane są jako jedno — lub wielofazowe. Trójfazowe otrzymują tylko układ gwiazdowy. Uziemienie zera chroni przed wzrostem napięcia przy zakłóceniach. —

Rozróżniamy moc „przechodnią" i moc „własną". **Moc przechodnia** jest to iloczyn z napięcia przez prąd i przez współczynnik fazowy. Jest to moc przechodząca przez transformator.

Moc własna jest to moc, określająca konstrukcyjnie transformator, czyli wielkość transformatora. Rys. 1 przedstawia uzwojenie jednouzwojeniowego transformatora. Części uzwojeń AB i BC odpowiadają oddzielnym uzwojeniom dwuuzwojeniowego. Moc części uzwojenia AB równa się:



Rys. 1

$$P_w = (I_1 - I_2)\ V_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3.$$

Moc części BC równa się:

$$P_w = (V_2 - V_1)\ I_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4.$$

Wartości wzorów 3 i 4-go są sobie równe i stanowią moc „własną" jednouzwojeniowego transformatora. — Ponieważ moc przechodnia:

$$P_p = V_2\ I_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5.$$

Więc dzieląc wzór 4-ty przez 5-ty, otrzymamy:

$$P_w = \frac{V_2 - V_1}{V_2}\ P_p \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 6.$$

Czyli, że moc własna równa się stosunkowi różnicy napięć do napięcia wyższego mocy przechodniej. Np. 10 kVA jednouzwojeniowy transformator na napięcia 450/500 V będzie posiadał moc przechodnią 10 kVA,a moc własną:

$$P_w = \frac{500 - 450}{500} = 0{,}1\ \ 10 = 1\ \text{kVA}$$

Waga więc i wymiary transformatora 10 kVA jednouzwojeniowego będą odpowiadały wadze i cenie transformatora 1 kVA mocy dwuuzwojeniowego. Techniczne zaś warunki, podane w tablicach, nie ulegną zmianie, a procentowe wartości będą się odnosiły do **mocy własnej** i różnicy napięcia. — Np. 10 kVA transformator jednofazowy suchy jednouzwojeniowy 450/500 V będzie posiadał straty w żelazie 18 W straty w miedzi 3,3% mocy własnej, napięcie zwarcia 4,2% różnicy napięć $V_2 - V_1$. — Transformator 40 kVA trójfazowy olejowy na napięcia 500/380 V, będzie posiadał warunki i cenę transformatora 10 kVA mocy z tablicy 1. — tj. straty jałowe 90 W, straty w miedzi 3,3%, czyli 330 W, napięcie zwarcia 4% 120 V = 4,8 V.

Tablica 1.

Dane transformatorów do 1000 V. suchych jednofazowych

Typ	Moc kVA	Straty jałowe w.	Straty w miedzi %	Napięcie zwarcia %	Sprawność %	Waga ok. kg	Cena
Esj — 0,5	0,5	13	3,6	4,3	94,35	25	
Esj — 1	1	18	3,3	4,2	95,14	30	
Esj — 2	2	30	3,2	4,1	95,50	45	
Esj — 5	5	60	3,1	4	95,86	80	
Esj — 10	10	95	2,9	4	96,28	190	

Tablica 1a.

Dane transformatorów do 1000 V. olejowych jednofazowych

Typ	Moc kVA	Straty jałowe w.	Straty w miedzi %	Napięcie zwarcia %	Sprawność %	Waga bez oleju ok. kg	Waga oleju ok. kg	Cena
Ej — 3	3	35	3,8	4,5	95,25	75	35	
Ej — 5	5	55	3,6	4,3	95,50	95	45	
Ej — 10	10	90	3,3	4,2	95,96	125	55	
Ej — 20	20	160	3,1	4,1	96,24	180	65	
Ej — 30	30	190	2,9	4	96,57	220	70	

Tablica 1b.

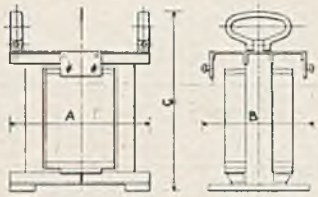
Dane transformatorów do 1000 V. suchych trójfazowych

Typ	Moc kVA	Straty jałowe w.	Straty w miedzi %	Napięcie zwarcia %	Sprawność %	Waga ok. kg	Cena
Es — 0,5	0,5	13	3,8	4,5	93,97	30	
Es — 1	1	18	3,5	4,3	94,96	35	
Es — 2	2	30	3,3	4,2	95,41	55	
Es — 5	5	60	3,2	4,1	95,77	85	
Es — 10	10	100	3	4	96,15	200	
Es — 20	20	180	2,8	4	96,42	280	

Tablica 1c.

Dane transformatorów do 1000 V. olejowych trójfazowych

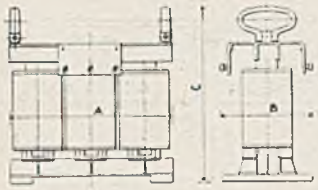
Typ	Moc kVA	Straty jałowe w.	Straty w miedzi %	Napięcie zwarcia %	Sprawność %	Waga bez oleju ok. kg	Waga oleju ok. kg	Cena
E — 3	3	42	3,8	4,5	95,05	85	40	
E — 5	5	60	3,6	4,3	95,41	115	50	
E — 10	10	95	3,3	4,2	95,91	140	60	
E — 20	20	180	3,1	4,1	96,15	190	70	
E — 30	30	220	2,9	4	96,48	235	80	



Rys. 1

Typ	A	B	C
Esj – 0,5	280	240	350
Esj – 1	300	260	380
Esj – 2	320	270	400
Esj – 5	450	350	550
Esj – 10	550	400	650

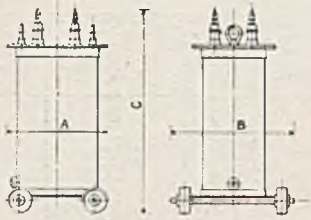
Tabl. 2 — **Zmiany wymiarów zastrzegamy.**



Rys. 2

Typ	A	B	C
Es – 0,5	350	230	340
Es – 1	370	240	370
Es – 2	400	250	400
Es – 5	450	350	550
Es – 10	500	450	650
Es – 20	550	550	750

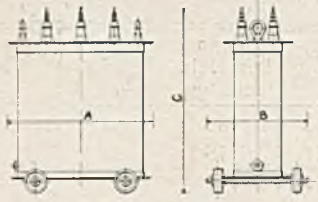
Tabl. 2a. — **Zmiany wymiarów zastrzegamy.**



Rys. 3

Typ	A	B	C
Ej – 3	370	450	660
Ej – 5	390	460	700
Ej – 10	400	475	750
Ej – 20	430	490	800
Ej – 30	450	500	850

Tabl. 2b. — **Zmiany wymiarów zastrzegamy.**



Rys. 4

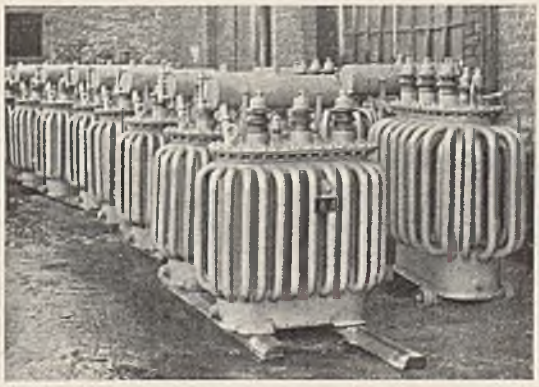
Typ	A	B	C
E – 3	520	400	660
E – 5	580	415	700
E – 10	620	430	750
E – 20	660	440	800
E – 30	700	450	850

Tabl. 2c. — **Zmiany wymiarów zastrzegamy.**

Tablica 3.

Dane transformatorów olejowych typu E_6 na 6000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E_6 – 5	5	60	3,6	4,5	95,41	120	55	
E_6 – 10	10	100	3,3	4,3	95,87	150	65	
E_6 – 20	20	175	3,1	4,1	96,22	210	70	
E_6 – 30	30	240	2,9	4	96,42	250	90	
E_6 – 50	50	350	2,7	4	96,70	360	110	
E_6 – 75	75	475	2,5	4	96,91	450	145	
E_6 – 100	100	580	2,3	4	97,2	600	175	
E_6 – 125	125	680	2,2	4	97,32	725	220	
E_6 – 160	160	820	2,05	4	97,50	825	270	
E_6 – 200	200	960	1,95	4	97,62	950	320	
E_6 – 250	250	1130	1,83	4	97,76	1150	350	
E_6 – 320	320	1350	1,72	4	97,90	1350	400	
E_6 – 400	400	1600	1,63	4	98,00	1830	470	
E_6 – 500	500	1900	1,53	4	98,12	2100	550	
E_6 – 640	640	2350	1,45	4	98,21	2500	650	
E_6 – 800	800	2850	1,4	4	98,26	2850	770	
E_6 – 1000	1000	3400	1,3	4	98,36	3400	920	
E_6 – 1250	1250	4000	1,26	4	98,44	4000	1150	
E_6 – 1600	1600	4800	1,2	4	98,51	4500	1350	

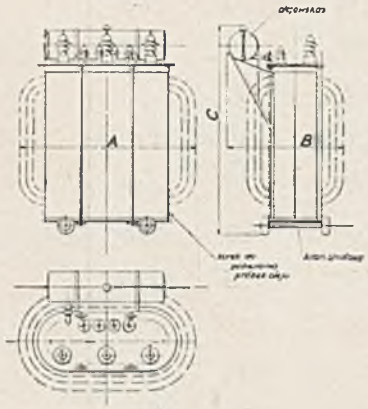


Rys. 5

Tablica 4.

Wymiary transformatorów olejowych typu E_6 na 6000 V.

Konserwator wzdłuż kadzi.

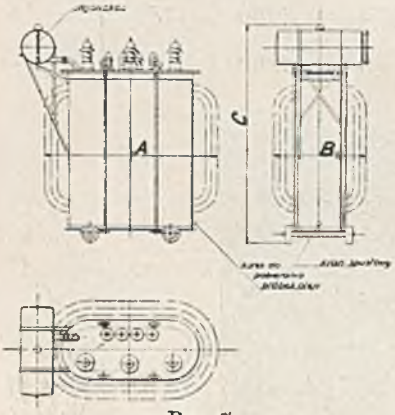


Rys. 6

Typ	A	B	C
E_6 — 5	650	450	900
E_6 — 10	650	500	950
E_6 — 20	700	600	950
E_6 — 30	750	650	1000
E_6 — 50	1000	650	1100
E_6 — 75	1050	700	1150
E_6 — 100	1100	750	1250
E_6 — 125	1100	800	1350
E_6 — 160	1200	850	1500
E_6 — 200	1250	850	1500
E_6 — 250	1250	900	1550
E_6 — 320	1400	900	1650
E_6 — 400	1450	950	1750
E_6 — 500	1500	1000	1800
E_6 — 640	1550	1050	2000
E_6 — 800	1600	1100	2100
E_6 — 1000	1650	1150	2200
E_6 — 1250	1700	1200	2300
E_6 — 1600	1750	1250	2400
E_6			

Zmiany wymiarów zastrzegamy.

Konserwator wpoprzek kadzi.



Rys. 7

Typ	A	B	C
E_6 — 5	800	350	950
E_6 — 10	800	350	950
E_6 — 20	850	500	1000
E_6 — 30	950	550	1050
E_6 — 50	1050	550	1150
E_6 — 75	1150	600	1200
E_6 — 100	1200	600	1300
E_6 — 125	1300	650	1400
E_6 — 160	1350	650	1500
E_6 — 200	1400	700	1550
E_6 — 250	1400	750	1600
E_6 — 320	1600	800	1700
E_6 — 400	1650	850	1750
E_6 — 500	1700	900	1850
E_6 — 640	1700	950	2000
E_6 — 800	1800	950	2150
E_6 — 1000	1800	1000	2250
E_6 — 1250	1850	1050	2350
E_6 — 1600	1900	1100	2450
E_6			

Zmiany wymiarów zastrzegamy.

Tablica 5.

Dane transformatorów olejowych typu E_{15} na 15 000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E_{15} – 5	5	85	3,6	5	94,95	150	75	
E_{15} – 10	10	130	3,3	4,8	95,59	225	100	
E_{15} – 20	20	210	3,1	4,5	96,00	285	110	
E_{15} – 30	30	280	2,9	4,5	96,29	325	120	
E_{15} – 50	50	400	2,7	4,5	96,61	420	160	
E_{15} – 75	75	540	2,5	4,5	96,87	550	175	
E_{15} – 100	100	660	2,3	4,5	97,12	650	190	
E_{15} – 125	125	760	2,2	4,5	97,26	730	250	
E_{15} – 160	160	900	2,05	4,5	97,45	845	300	
E_{15} – 200	200	1080	1,95	4,5	97,56	1000	360	
E_{15} – 250	250	1280	1,83	4,5	97,71	1200	375	
E_{15} – 320	320	1600	1,72	4,5	97,82	1400	430	
E_{15} – 400	400	1900	1,63	4,5	97,93	1870	500	
E_{15} – 500	500	2250	1,53	4,5	98,05	2150	600	
E_{15} – 640	640	2620	1,45	4,5	98,17	2550	700	
E_{15} – 800	800	3100	1,4	4,5	98,23	2900	800	
E_{15} – 1000	1000	3600	1,3	4,5	98,36	3500	960	
E_{15} – 1250	1250	4200	1,26	4,5	98,43	4200	1200	
E_{15} – 1600	1600	5000	1,2	4,5	98,53	4800	1400	

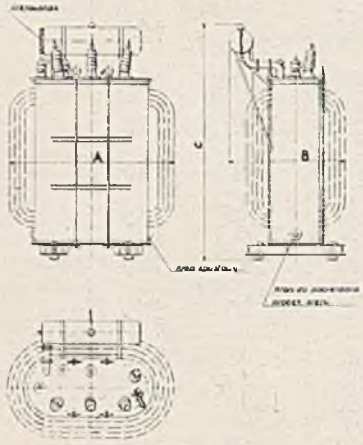
Rys. 8

Rys. 9

Tablica 6.

Wymiary transformatorów olejowych typu E_{15} na 15 000 V.

Konserwator wzdłuż kadzi.

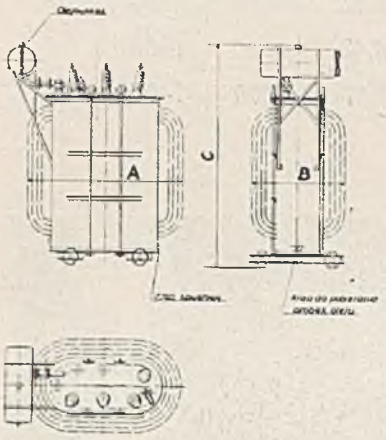


Rys. 10

Typ	A	B	C
E_{15} — 5	700	500	1150
E_{15} — 10	750	600	1200
E_{15} — 20	750	600	1300
E_{15} — 30	800	650	1350
E_{15} — 50	850	700	1400
E_{15} — 75	1000	750	1450
E_{15} — 100	1150	800	1500
E_{15} — 125	1200	850	1550
E_{15} — 160	1250	900	1600
E_{15} — 200	1300	900	1700
E_{15} — 250	1350	950	1800
E_{15} — 320	1400	1000	1900
E_{15} — 400	1500	1050	2000
E_{15} — 500	1550	1050	2100
E_{15} — 640	1600	1100	2250
E_{15} — 800	1700	1200	2350
E_{15} — 1000	1800	1300	2550
E_{15} — 1250	1900	1350	2650
E_{15} — 1600	2000	1400	2750

Zmiany wymiarów zastrzegamy

Konserwator wpoprzek kadzi.



Rys. 11

Typ	A	B	C
E_{15} — 5	850	450	1200
E_{15} — 10	900	500	1250
E_{15} — 20	950	500	1350
E_{15} — 30	1000	550	1400
E_{15} — 50	1050	550	1450
E_{15} — 75	1100	600	1500
E_{15} — 100	1200	600	1600
E_{15} — 125	1250	650	1600
E_{15} — 160	1300	650	1650
E_{15} — 200	1400	700	1750
E_{15} — 250	1500	700	1850
E_{15} — 320	1600	750	1950
E_{15} — 400	1700	800	2050
E_{15} — 500	1750	900	2150
E_{15} — 640	1850	900	2300
E_{15} — 800	1900	950	2400
E_{15} — 1000	2000	1000	2600
E_{15} — 1250	2100	1000	2700
E_{15} — 1600	2200	1050	2800

Zmiany wymiarów zastrzegamy

Tablica 6a.

Dane techniczne Transformatorów olejowych trójfazowych na 20 000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E_{20} — 10	10	150	3,3	5,0	95,40	220	100	
E_{20} — 20	20	225	3,1	5,0	95,94	310	130	
E_{20} — 30	30	300	2,9	5,0	96,23	370	165	
E_{20} — 50	50	425	2,7	5,0	96,56	460	210	
E_{20} — 75	75	575	2,5	5,0	96,83	600	230	
E_{20} — 100	100	700	2,3	5,0	97,08	710	250	
E_{20} — 125	125	825	2,2	5,0	97,21	800	330	
E_{20} — 160	160	1000	2,05	5,0	97,38	950	400	
E_{20} — 200	200	1180	1,95	5,0	97,52	1100	480	
E_{20} — 250	250	1400	1,83	5,0	97,65	1300	500	
E_{20} — 320	320	1700	1,72	5,0	97,80	1550	550	
E_{20} — 400	400	2000	1,63	5,0	97,91	1950	650	
E_{20} — 500	500	2350	1,53	5,0	98,03	2250	700	
E_{20} — 640	640	2820	1,45	5,0	98,14	2650	800	
E_{20} — 800	800	3360	1,40	5,0	98,21	3050	900	
E_{20} — 1000	1000	3800	1,30	5,0	98,34	3650	1050	
E_{20} — 1250	1250	4500	1,26	5,0	98,40	4400	1300	
E_{20} — 1600	1600	5300	1,20	5,0	98,49	5000	1500	

Tablica 6b.

Konserwator wpoprzek kadzi 20 000 V.

(patrz rys. 11)

Typ	A	B	C
E_{20} — 10	1100	520	1500
E_{20} — 20	1200	550	1550
E_{20} — 30	1300	580	1600
E_{20} — 50	1400	600	1650
E_{20} — 75	1450	650	1750
E_{20} — 100	1500	670	1850
E_{20} — 125	1550	700	1900
E_{20} — 160	1600	720	1950
E_{20} — 200	1700	750	2000
E_{20} — 250	1800	770	2100
E_{20} — 320	1900	800	2200
E_{20} — 400	1950	820	2250
E_{20} — 500	2050	900	2350
E_{20} — 640	2100	920	2450
E_{20} — 800	2250	1000	2550
E_{20} — 1000	2350	1100	2700
E_{20} — 1250	2400	1150	2900
E_{20} — 1600	2500	1200	3000

Zmiany wymiarów zastrzegamy

Tablica 7.

Dane techniczne
Transformatorów olejowych trójfazowych na 30 000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E_{30} — 20	20	240	3,3	6,5	95,64	475	250	
E_{30} — 30	30	330	3,1	6,5	95,96	570	270	
E_{30} — 50	50	500	2,8	6,5	96,33	720	285	
E_{30} — 75	75	675	2,5	6,5	96,70	850	300	
E_{30} — 100	100	830	2,3	6,5	96,96	1000	350	
E_{30} — 125	125	980	2,2	6,5	97,10	1100	400	
E_{30} — 160	160	1150	2,05	6,5	97,30	1200	440	
E_{30} — 200	200	1360	1,95	6,5	97,43	1350	550	
E_{30} — 250	250	1600	1,83	6,5	97,58	1500	640	
E_{30} — 320	320	1920	1,72	6,5	97,73	1800	680	
E_{30} — 400	400	2250	1,63	6,5	97,85	2000	700	
E_{30} — 500	500	2650	1,53	6,5	97,97	2350	825	
E_{30} — 640	640	3100	1,45	6,5	98,09	2750	930	
E_{30} — 800	800	3600	1,4	6,5	98,18	3150	1100	
E_{30} — 1000	1000	4200	1,3	6,5	98,30	3800	1250	
E_{30} — 1250	1250	4800	1,26	6,5	98,37	4550	1700	
E_{30} — 1600	1600	5600	1,2	6,5	98,47	5200	2000	

Tablica 8.

Wymiary transformatorów olejowych
typu E_{30} na 30 000 V. z konserwatorem wpoprzek kadzi.

(patrz rys. 11)

Typ	A	B	C
E_{30} — 5			
E_{30} — 10			
E_{30} — 20			
E_{30} — 30	1700	600	1800
E_{30} — 50	1800	650	1900
E_{30} — 75	1850	700	2100
E_{30} — 100	1850	750	2100
E_{30} — 125	1850	750	2150
E_{30} — 160	1900	800	2200
E_{30} — 200	1950	800	2250
E_{30} — 250	2000	850	2300
E_{30} — 320	2100	850	2450
E_{30} — 400	2100	850	2500
E_{30} — 500	2200	900	2600
E_{30} — 640	2400	950	2650
E_{30} — 800	2600	1100	2750
E_{30} — 1000	2700	1200	2800
E_{30} — 1250	2750	1300	3200
E_{30} — 1600	2800	1350	3250

Zmiany wymiarów zastrzegamy

Transformatory rolnicze.

W rolnictwie zapotrzebowanie mocy jest wzmożone w czasie żniw i krótko po żniwach, w pozostałym zaś czasie pobór energii jest bardzo mały. Dla rolnictwa został dostosowany specjalny typ transformatora, znoszącego pewne okresowe przeciążenia, dochodzące do 100 %. Przeciążenia te jednakże nie mogą trwać dłużej, niż 12 godzin na dobę, a ogółem w ciągu roku nie powinny przekraczać 500 godzin, co w przybliżeniu odpowiada zapotrzebowaniu rolnictwa i pozwoliło na stworzenie specjalnego typu transformatora. Cechą charakterystyczną takiego transformatora są mniejsze straty biegu jałowego, niż transformatora zwykłego, pozwalającego na równą maksymalną moc. Np. transformator 50/100 kVA rolniczy na 6 kV posiada straty biegu jałowego 370 W, podczas gdy zwykły transformator 100 kVA, na 6 kV, pobiera przy biegu jałowym 580 W. W transformatorze zaś mało obciążonym straty biegu jałowego stanowią poważną sumę w ciągu dłuższego okresu czasu. Np. 210 W różnicy przy cenie 25 gr za 1 kWh da w ciągu roku ok. Zł 450. — oszczędności. —

Transformatory typu rolniczego są stosowane nietylko w rolnictwie, lecz wszędzie tam, gdzie obciążenie jest okresowo wzmagane lub pobór mocy waha się silnie, a maksymalna moc jest pobierana ogółem w ciągu ok. 10 % całego czasu włączenia transformatora do sieci. W przemyśle bardzo często zachodzą wypadki, w których transformator rolniczy będzie najodpowiedniejszy. Np. w transformatorach, służących do prób maszyn lub urządzeń, gdzie to wielkie moce są potrzebne na krótki czas, w wypadkach, gdy te transformatory są stale włączone do sieci. —

Wymiary i waga. Transformatory rolnicze niczem nie różnią się zewnętrznie od transformatorów zwykłych tego samego typu. Wymiary transformatorów rolniczych odpowiadają wymiarom tego samego typu transformatorów zwykłych, podanych na str. 8, 10, 11 i 12 w tablicach: 4, 6, 6b i 8.

Tablica 9.

Dane transformatorów olejowych rolniczych do 6000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E6 — 10	5/10	60	2,9	3,7	96,05	150	65	
E6 — 20	10/20	100	2,6	3,6	96,52	210	70	
E6 — 30	15/30	140	2,4	3,5	96,77	250	90	
E6 — 50	25/50	210	2,2	3,4	97,04	360	110	
E6 — 75	37,5/75	295	2,1	3,2	97,19	450	145	
E6 — 100	50/100	370	2	3	97,33	600	175	

Tablica 10.

Dane transformatorów olejowych rolniczych do 15 000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E_{15} – 10	5/10	85	2,9	3,9	95,59	225	100	
E_{15} – 20	10/20	120	2,6	3,8	96,33	285	110	
E_{15} – 30	15/30	165	2,4	3,7	96,61	325	120	
E_{15} – 50	25/50	235	2,2	3,6	96,95	420	160	
E_{15} – 75	37,5/75	335	2,1	3,4	97,08	550	175	
E_{15} – 100	50/100	410	2	3,2	97,25	650	190	

Tablica 11.

Dane transformatorów olejowych rolniczych do 20 000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E_{20} – 10	5/10	100	2,9	3,9	95,32	220	100	
E_{20} – 20	10/20	130	2,6	3,8	96,23	310	130	
E_{20} – 30	15/30	180	2,4	3,7	96.51	370	165	
E_{20} – 50	25/50	250	2,2	3,6	96,89	460	210	
E_{20} – 75	37,5/75	355	2,1	3,4	97,03	600	230	
E_{20} – 100	50/100	430	2,0	3,2	97,21	710	250	

Tablica 12.

Dane transformatorów olejowych rolniczych do 30 000 V.

Typ	Moc	Straty jałowe	Straty w miedzi	Napięcie zwarcia	Sprawność	Waga bez oleju	Waga oleju	Cena
	kVA	W.	%	%	%	ok. kg	ok. kg	
E_{30} – 20	10/20	150	2,6	4,1	96,05	475	250	
E_{30} – 30	15/30	205	2,4	4	96,36	570	270	
E_{30} – 50	25/50	310	2,2	3,9	96,70	720	285	
E_{30} – 75	37,5/75	420	2,1	3,7	96,87	850	300	
E_{30} – 100	50/100	520	2	3,5	97,04	1000	350	

Transformatory kopalniane.

Największym niebezpieczeństwem, wnoszonym przez przyrządy elektryczne do kopalni, są iskry tworzące się w niektórych z nich przy pracy normalnej, lub płomienie powstające przy uszkodzeniu. Przepisy Budowy i Ruchu Urządzeń Elektrycznych w Kopalniach, podają warunki, którym zadość czynić winny te urządzenia. —

Transformatory kopalniane podlegają przepisom o „budowie wzmocnionej". Pomimo, iż przepisy te nie wnoszą nic nowego do normalnej budowy transformatorów, tak, iż transformator zwykły czyni zadość tym przepisom, — „Elektrobudowa" wykonywa transformatory kopalniane w szczególny sposób, a mianowicie:

1) o znacznie silniejszej konstrukcji kadzi, niż w zwykłych, —
2) o silniejszym zamocowaniu transformatorów w kadziach, dozwalającym w potrzebie kładzenie transformatora na dowolnym boku kadzi, —
3) o silniejszej izolacji przewodów, —
4) o lepszym chłodzeniu dla obniżenia dozwolonego przyrostu temperatury. —

Dane techniczne transformatorów kopalnianych odpowiadają danym normalnym, podanym w tablicach 1 do 3-ej. Wyjątek stanowią jedynie wymiary kadzi, forma i waga. Kopalniane transformatory otrzymują z reguły mufy kablowe zamiast izolatorów. —

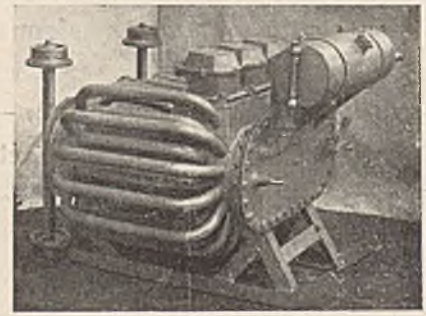
Małe transformatory są wyrabiane bądź jako olejowe, bądź też jako suche, umieszczone w szczelnym naczyniu metalowym. Rys. 1 przedstawia transformator suchy trójfazowy, w naczyniu aluminiowym, o mocy 1 kVA. —

Rys. 1
1 kVA transform. suchy, w aluminiowym szczelnym naczyniu.

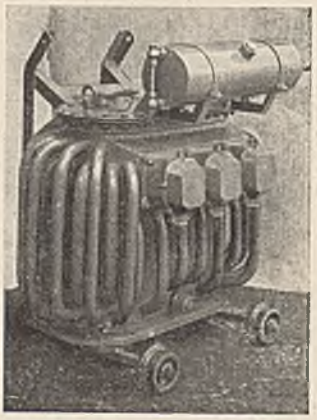
Rys. 2
Transformator z rys. 1-go, wyjęty z naczynia.

Jak doprowadzenie tak i odprowadzenie prądu odbywa się za pomocą kabla i specjalnej wtyczki kablowej. Gniazdka wtykowe posiadają zabezpieczenia przeciw niebacznemu wyciągnięciu wtyczki. Transformator posiada jedno gniazdko pierwotnego uzwojenia i cztery wtórnego. —

Rysunek 2-gi przedstawia transformator powyższy, wyjęty z naczynia. —



Rys. 3
Transformator 50 kVA 3-uzwojeniowy.



Rys. 4
Transformator 50 kVA 3-uzwojeniowy.

Rysunek 3-ci przedstawia transformator olejowy, zaopatrzony w sanie do przesuwania w wąskich kanałach kopalni, zaś rysunek 4-ty tenże transformator w położeniu na kółkach do przetaczania po szynach kolejki. —

Rys. 5
Transformator 50 kVA kopalniany.

Rysunek 5-ty przedstawia transformator kopalniany normalnej budowy, z 2-ma mufami kablowymi, z konserwatorem do oleju, umieszczonym pośrodku pokrywy. —

Transformatory przemysłowe.

Do celów grzejnych — w przemyśle chemicznym, do termicznej obróbki metalów — w metalowym, są stosowane transformatory, różniące się od normalnie używanych do rozdziału energii dla siły i światła.

Ciepło elektryczne, pozornie nieekonomiczne, daje nadzwyczajne wyniki w obu wyżej wspomnianych przemysłach przez łatwość regulowania, wytwarzania ciepła w ściśle ograniczonym miejscu przeznaczenia, oraz możności wygodnego odgrodzenia obrabianego materiału od wpływów pobocznych, co dopiero pozwala na osiąganie efektów niemożliwych przy innych rodzajach obróbki. Naogół wszystkie transformatory przemysłowe otrzymują wiele zaczepów dla regulacji w znacznych zakresach.

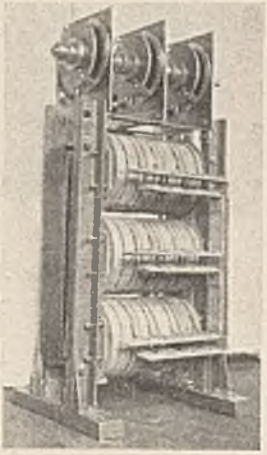
Przy wielkich prądach ze strony niskonapięciowej regulację w miarę możności przenosi się na stronę wysokonapięciową. Gdzie można stosuje się transformatory olejowe, nawet na niskie napięcia, jako gwarantujące większą pewność pracy, gdyż w suchych każde zamoczenie lub zawilgocenie grozi przebiciem.

Rys. 17
transform. do lutowania piły taśmowej.

Rys. 17 przedstawia transformatorek do lutowania stalowej piły taśmowej do drzewa, lub łączenia na srebro drutów miedzianych.

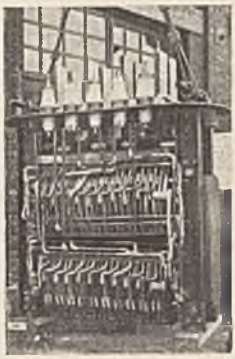
Rys. 18
transform. hartowniczy 1-fazowy.

Rys. 18 przedstawia transformator **hartowniczy** jednofazowy 27 kVA, — na 380/90—42 V, zmienianych przy 12-stu pozycjach. Przełączanie dokonywa się przez wyłączanie transformatora, przekręcenie rączki na całkowity obrót i włączenie transformatora. Całe przełączenie nie trwa dłużej niż 4 do 10 sekund.



Rys. 19
transform. 40 kVA hartowniczy trójfazowy.

Rys. 19 przedstawia transformator suchy 3-fazowy hartowniczy 40 kVA mocy, 380/25—7 V, nastawiany w 5-ciu stopniach po stronie pierwotnej, oraz przełączany z trójkąta na gwiazdę, co daje ogółem 10 pozycji prądowych.— Każda pozycja jest nastawiana za pomocą przekręcania rączki na 360 stopni czyli przez cały obrót rączką.



Rys. 20
Transform. jednofazowy
700 kVA. 3000/180—90—45 V.

Rys. 21
Transformator jednofazowy
700 kVA, 3000/180—90—45 V.

Na rys. 20 i 21 pokazany jest transformator jednofazowy 700 kVA mocy, służący do zasilania pieca elektrycznego prądem od 3000 do 24000 A przy napięciach od 240 do 33 V. Przełączanie dokonywa się ze strony pierwotnej za pomocą 7-miu zaczepów i 3-ch przełączeń ze strony wtórnej: raz po dwie, a następnie po cztery gałęzie równoległe. Ogółem przez 21 przełączeń przechodzi się od najwyższego do najniższego napięcia.

Od przełącznika odchodzą i przychodzą po 16 szyn miedzianych 1000 mm kw. w przekroju. Przychodzące i odchodzące szyny są ułożone blisko siebie, aby zmniejszyć napięcie samoindukcji pętli pola, tworzącego się między obu rodzajami szyn.

Na rysunku 21 widoczny jest przełącznik umocowany na suficie, oraz cztery grupy szyn wychodzących z pokrywy kadzi transformatora.

Na rysunku 20 widoczne jest uzwojenie ze strony wysoko napięciowej. Strona przeciwna jest zasłonięta przez szyny, prowadzone do zacisków.

W wielu wypadkach znajdą tu zastosowanie autotransformatory obrotowe, czyli regulatory indukcyjne do zmiany napięcia pod napięciem, szczególniej wygodne do regulacji w nieznacznych granicach, np. $\pm$ 20%, lub przy częstej bądź też bardzo czułej regulacji napięcia, a więc i prądu.

Przy zastosowaniu obrotowego transformatora staje się zbędny wyłącznik ze strony pierwotnej, który nie znosi częstych wyłączeń.

Transformatory obrotowe mogą być wyposażone w silniczki 0,25 KM dla nastawiania napięcia z odległości, co niekiedy jest pożądane lub nawet niezbędne.

Ponieważ jednofazowe obciążenie nie daje się przetwarzać na trójfazowe, należy naogół unikać tego rodzaju obciążenia w sieci trójfazowej, bądź przez zastosowanie pieca o trójfazowym nagrzewaniu, bądź przez trzy jednofazowe transformatory, bądź też przez dwa w połączeniu Scott'a.

Transformatory napięciowe probiercze.

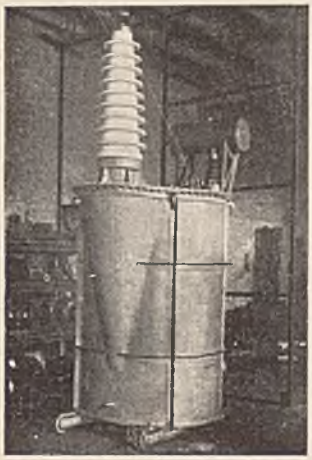
Dla celów laboratoryjnych stosowane są transformatory specjalne dla wytwarzania wysokiego napięcia o oporności zwarcia tak małej, by napięcie nie opadało przy większej pojemności badanych przedmiotów, czym te transformatory różnią się od napięciowych mierniczych.

Np. zbadanie izolacji między dwiema elektrodami kulowymi o średnicy 100 mm przy napięciu 60 kV jest możliwe za pomocą zwykłego transformatorka mierniczego 60 kV, lecz niemożliwe jest zbadanie transformatora ok. 1000 kVA mocy 60 kV napięcia roboczego, gdyż nie otrzyma się wcale napięcia po załączeniu dużej pojemności transformatora próbowanego.

Izolacja transformatorów probierczych jest najczęściej stopniowa, więc mogą one być próbowane tylko własnym napięciem przy podniesieniu do 25% napięcia znamionowego w ciągu jednej minuty.

Dla zabezpieczenia operatora przed przerzutem napięcia wysokiego na niskie, to ostatnie jest w naszych konstrukcjach silniej izolowane względem szkieletu i względem wysokiego napięcia, co jednakże nie przesądza innych ochron, jak uziemiania strony niskonapięciowej i mocnego odizolowania operatora od ziemi.

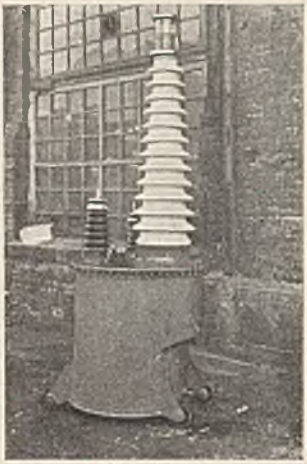
Rys. 22



Rys. 23
transformator 300 kV.

Rys. 22 przedstawia dwa transformatory na 100 kV napięcia, lecz o różnej wytrzymałości izolacji. Moc mniejszego jest 10 kVA, a większego 20 kVA. Większy posiada tylko silniejszą izolację, choć mniejszy był próbowany przy napięciu o 25% wyższym od znamionowego w ciągu kilku minut. Izolacja mniejszego była wykonana w szczególny sposób, przy bardzo małych odstępach części pod najwyższym napięciem, dla celów badawczych. Próby dały dodatnie wyniki i pozwoliły w znaczny sposób zmniejszyć wymiary transformatorów probierczych. Po wykonaniu doświadczeń i wyreparowaniu transformatora został on ofiarowany jednej ze szkół technicznych.

Na rys. 23 pokazany jest transformator 380/300.000 V, o mocy ok. 60 kVA.



Rys. 24
transform. 150 kV probierczy.

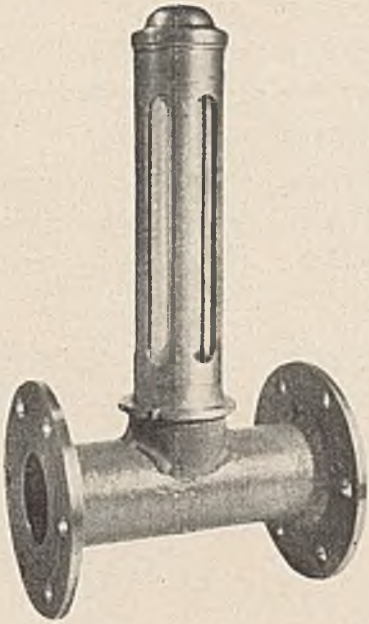
Na rys. 24 pokazany jest transformator probierczy 120/150.000 V, który był próbowany w ciągu minuty na 260.000 V. Ten ostatni otrzymał specjalnego rodzaju izolację, pozwalającą na znaczne zmniejszenie wymiarów. Transformator z rys. 24, na 150 kV, jest budowy późniejszej, niż na rys. 23 na 300 kV. Konstrukcja transformatorów zależna jest od napięcia probierczego, które wynosiło dla transformatora z rys. 24 — 260 kV, a dla transformatora z rys. 23 — 375 kV.— Przy znacznie mniejszych wymiarach kadzi transformator na 150 kV otrzymał nieco większy izolator w celu zmniejszenia trzasków iskier przy próbach. Izolatory we wszystkich wypadkach są wyrobu krajowego.

Pierwsze zwoje transformatorów probierczych otrzymują szczególnie silną izolację przeciw falom napięciowym, powstającym przy przebiciu. Najsilniejsze uderzenia otrzymują zwoje przy iskrach, powstających przy większym prądzie zwarcia lub przy większej pojemności. Dla prób ważne jest, aby transformator probierczy był na tyle silny, by napięcie nie opadało przy przebiciu izolacji lub przy większej pojemności badanych przedmiotów. Wielkość maksymalnej pojemności należy w przybliżeniu uprzednio określić. Np. transformator probierczy, nadający się do badania transformatorów do mocy 20.000 kVA na 35 kV napięcia roboczego, może być za mały dla badania kabli na 35 kV napięcia roboczego. Bardzo często do badań będzie stosowana znacznie mniejsza moc, niż może dać transformator przy zwarciu, a to dlatego, że dopływy prądu do laboratorium nie pozwalają na przekroczenie pewnej granicznej wartości. W każdym wypadku przez opory ze strony niskonapięciowej można dowolnie ograniczyć uderzenie prądu przy zwarciu. Np. transformator probierczy 380/100.000 V o mocy 10 kVA, będzie miał prąd znamionowy 26,3 A. Przy napięciu zwarcia 10% uderzenie prądu może wynieść 263 A na 380 V. Otóż nie każde laboratorium może otrzymać tak wielki prąd bez spadku napięcia, a pozatym nie jest to pożądane. Dla obniżenia uderzenia prądu np. do 50 A wprowadza się opór ze strony 380 V tak wielki, aby prąd 50 A nie mógł być przekroczony.

Ochrony transformatorów.

Wziernik.

Przyrząd ten został zgłoszony do Urzędu Patentowego w dn. 3 grudnia 1936 r. i potwierdzony za Nr. 7742.



Rys. 25
Wziernik.

Po burzy piorunowej obsługa linii napowietrznej nie jest pewna, który transformator kiedy zostanie wyłączony. Niekiedy dzieje się to natychmiast w czasie burzy, niekiedy dopiero po kilku dniach, tygodniach, a nawet miesiącach: dopiero późną jesienią, lub zimą po wyłączeniu transformatora okazuje się, że uszkodzenie spowodowały przepięcia atmosferyczne.

Oddawna dążono do skonstruowania przyrządu, któryby ostrzegał o niebezpieczeństwie grożącym transformatorom. Problem ten staje się szczególnie aktualny przy transformatorach wielkich, nie posiadających dostatecznych rezerw. — Dotychczas istniejące aparaty meldowały za pomocą dzwonków, syren lub żarówek sygnałowych właściwie utworzenie się większej ilości gazów pod pokrywą transformatora olejowego. Aparaty umieszczane w przewodzie między kadzią i konserwatorem do oleju alarmowały na skutek opadnięcia pływaka w komorze aparatu, dającego styk w obwodzie prądu syreny czy dzwonka. Opadnięcie pływaka następowało wskutek obniżenia się poziomu oleju przez nagromadzenie się gazów.

Wadą tego przyrządu w porównaniu z naszym wziernikiem jest zbyt późne meldowanie o niebezpieczeństwie, grożącym transformatorom.

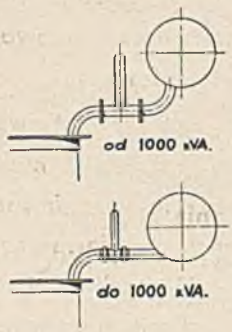
Doświadczalnie można stwierdzić, jak maleńkie są pęcherzyki powietrza, wytworzone przez oddzielne iskry i uświadomić sobie możemy, jak długą i trudną do przebycia mają drogę od miejsca powstania z wewnątrz uzwojenia transformatora, do przewodu między konserwatorem i kadzią. Dopiero łuk daje większą ilość gazów, powodujących opadnięcie pływaka, a więc alarm dzwonka czy syreny.

Wziernik pozwala na dostrzeganie najdrobniejszych pęcherzyków gazów w oleju, lub zmiany barwy oleju pod wpływem zwęglania się izolacji lub sadzy, tworzących się przy iskrach.

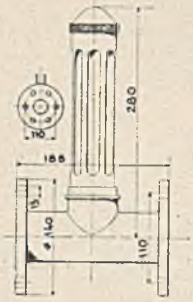
Rurka szklana jest dość długa, tak, iż poziom oleju w konserwatorze może być nawet niższy, niż w wzierniku. Wziernik więc będzie wsysał każdy pęcherzyk gazu, przechodzący przez przewód.

Przy próbach transformatorów, przy uruchamianiu po naprawie, po burzy piorunowej, obsługa nie będzie potrzebowała w naprężeniu nerwów oczekiwać alarmu dzwonkowego, gdyż stan oleju we wzierniku wskaże już przedtem o grożącym niebezpieczeństwie.

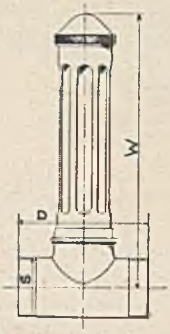
Rysunek 25 przedstawia wziernik w widoku, rysunek 26 — sposób ustawiania przy kadzi transformatorowej.



Rys. 26



Rys. 27



Rys. 28

Rysunek 27 wymiary wzierników dla transformatorów od 1000 kVA wzwyż.

Rysunek 28 wymiary wzierników dla transformatorów do 1000 kVA mocy.

od 125 do 800 kVA	$1^1/_2''$	105	220
od 5 do 100 kVA	$1^1/_4''$	85	180
Wielkość	S	D	W

Przyrządy gasikowe ziemne

do łączenia z zerem transformatora.

Problem gaszenia łuku w sieciach wysokiego napięcia przez indukcyjną kompensację prądu pojemnościowego zwarcia, został rozwiązany przed dwudziestu laty przez Petersena. Nie pomniejszając w niczym ogromnej zasługi tego wielkiego uczonego i wynalazcy, musimy stwierdzić, że niektóre nowe patenty, nie zmieniające zasady, wnoszą pewną nowość w szczegółach wykonania i działania przyrządu gasikowego.

Jest oczywiste, że między cewką rezonansową i konkurencyjną dyssonansową, nie ma praktycznej różnicy wobec trudności utrafienia na rezonans. Wyższe harmoniczne prądów namagnesowania żelaza przy większych nasyceniach żelaza, nie będą miały odpowiednich składowych w prądzie pojemnościowym, a więc nie będą nic kompensowały i pozostaną w łuku.

Przy regulacji prądu kompensacyjnego za pomocą zaczepów przy znaczniejszym nasyceniu żelaza, regulacja następuje w znacznym stopniu na koszt składowej skażonego prądu namagnesowania żelaza.

Obecnie wysuwają się na czoło przyrządy do kompensacji indukcyjnej, pozwalające na dopasowanie prądu bez zmiany indukcji w żelazie. Przyrządy te składają się z kilku cewek oddzielnych, bądź na wspólnym skombinowanym rdzeniu, bądź na oddzielnych. Np. jeśli oczekujemy, że prąd niezbędny będzie stanowił ok. 25 A, to, przyrząd gasikowy może się składać z trzech cewek na 4 – 9 i 17 A. — Przez rozmaite przyłączenie owych trzech cewek możemy otrzymać:

4 — 9 — 13 — 17 — 21 — 26 — 30 A

t. j. siedem prądów kompensujących.

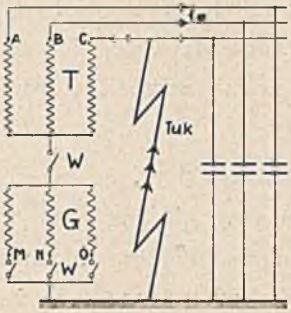
Cewka gasikowa ziemna, zgłoszona do Urzędu Patentowego w dn. 20 listopada 1936 r. i potwierdzona Nr. Akt. 7731, posiada tę przewagę nad wyżej opisanymi i konkurencyjnymi, że pozwala na

regulację prądu kompensującego podczas zwarcia

t. j. wtedy, gdy należy gasić prąd zwarcia. Różne kombinacje doboru prądu gaszącego pozwolą na szybkie zagaszenie łuku, jeśli prąd nastawiony uprzednio byłby nieodpowiedni.

Jeśli każda z cewek poszczególnych będzie przyłączona do uziemiania za pomocą rozłącznika, to będzie możliwe przy zwarciu włączanie coraz silniejszego prądu indukcyjnego. Jeśli cewki te będą połączone z ziemią za pomocą jednofazowych wyłączników olejowych, to będzie możliwe dowolne zmniejszanie i zwiększanie prądu kompensującego podczas zwarcia.

Rys. 29



Rys. 30

Rysunek 29 przedstawia przyrząd gasikowy ziemny 25 A, 20000 V, 500 kVA, wykonany z czterech oddzielnych cewek.

Na rys. 30 oznaczono: przez T transformator, przez W rozłącznik przez M N O trzy oddzielne cewki naprz. na prądy 4. 9 i 17 A przez W znów trzy oddzielne rozłączniki lub wyłączniki olejowe.

Transformator T o układzie gwiazdowym po stronie prądu zabezpieczanego przez przyrząd gasikowy, otrzymuje połączenie gwiazdy z ziemią przez przyrząd G za pomocą rozłączników lub wyłączników. W chwili zwarcia przy wyłączonym przyrządzie gasikowym przez „łuk" przepływa prąd pojemnościowy, powstający między trzema fazami przewodów i ziemią, co wyrażają na rysunku kondensatory. Cewka gasikowa ma za zadanie przesłanie prądu indukcyjnego przez miejsce zwarcia, przez „łuk", o wielkości równej do prądu pojemnościowego, lecz przeciwnie skierowanego, by go zgasić przez kompensację.

Rezonans jest też niebezpieczny, lecz idealny rezonans jest trudny do uchwycenia.

Zaletą naszego przyrządu gasikowego jest możność dobierania prądu nawet w czasie zwarcia fazy z ziemią.