

KPT. JANUSZ GROSZKOWSKI
INŻYNIER ELEKTRYK

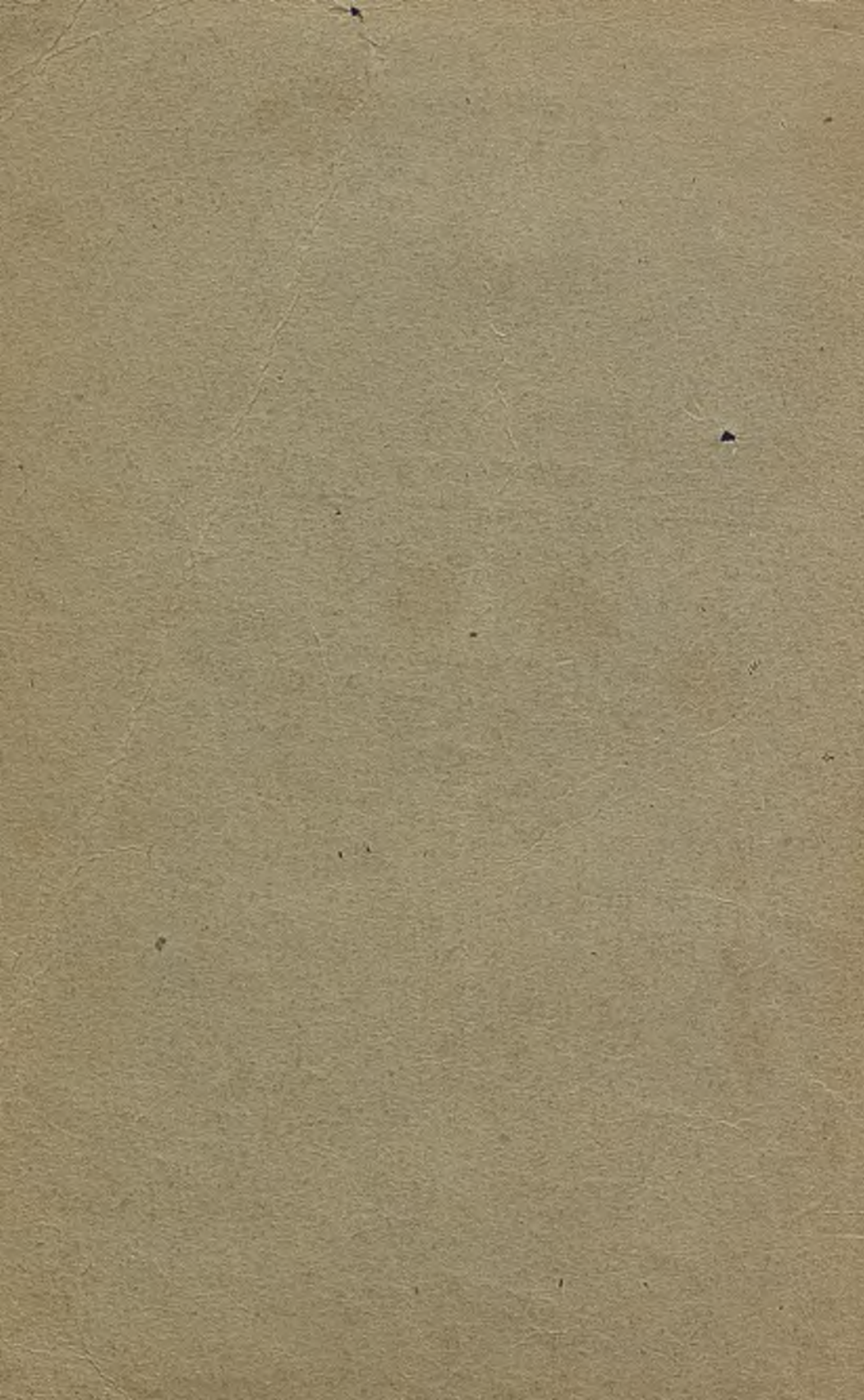
LAMPY KATODOWE

ORAZ ICH ZASTOSOWANIE W RADJOTECHNICE

Z PRZEDMOWĄ
PROF. M. POŻARYSKIEGO

WARSZAWA 1925

WOJSKOWY INSTYTUT NAUKOWO-WYDAWNICZ



JANUSZ GROSZKOWSKI

INŻYNIER ELEKTRYK

KAPITAN WOJSKA ŁĄCZNOŚCI

LAMPY KATODOWE

ORAZ

ICH ZASTOSOWANIE W RADJOTECHNICE

Z PRZEDMOWĄ

PROF. M. POŻARYSKIEGO

WARSZAWA 1925

WOJSKOWY INSTYTUT NAUKOWO-WYDAWNICZY

Wszelkie prawa przedruku i przekładu zastrzeżone.

ŚWIĘTEJ PAMIĘCI
JANA MACHCEWICZA,
INŻYNIERA ELEKTRYKA,
PORUCZNIKA WOJSKA ŁĄCZNOŚCI
POŚWIĘCAM.

SPIS RZECZY.

	Str.
Od autora	IX
Przedmowa	XI
Oznaczenia schematowe	XIII
Oznaczenia literowe	XV
Wstęp	1
<i>Historja rozwoju lampy katodowej i aparatów lampowych</i>	3
ROZDZIAŁ I: Emisja elektronów przez ciała rozżarzone	7
Zasada i opis doświadczenia. Emisja elektronów przez ciała rozżarzone. Szybkość wyjściowa. Wzór Richardсона. Własności emisyjne niektórych ciał. Dyskusja wzoru Richardсона. Katoda niejednorodna. Inne wpływy. Żarzenie katody. Katoda jako źródło elektronów. Obciążenie katody. Sposoby zasilania katody. Czynna powierzchnia katody. Charakterystyki katody	7 + 20
ROZDZIAŁ II: Lampa katodowa dwuelektrodowa	21
A. Teorja (21): Prąd i napięcie anodowe nasycenia. Ładunek przestrzenny. Stan ustalony przebiegów w lampie dwuelektrodowej. Charakterystyki lampy katodowej dwuelektrodowej. Równanie stanu ładunku przestrzennego. Układ płaski elektrod. Wzór Langmuir'a dla układu płaskiego elektrod. Układ cylindryczny elektrod. Wzór Langmuir'a dla układu cylindrycznego. Odchylenia od wzoru. Kształt rzeczywistej charakterystyki. Wpływ niedoskonałości próżni. Inne przyczyny odchylen od wzoru. Opór i przewodnictwo wewnętrzne lampy dwuelektrodowej. Moc anodowa wydzielona w lampie. Obciążenie anody	21 + 36
B. Zastosowanie (36): Prostownik katodowy. Zastosowanie prostowników katodowych. Zastosowanie w roentgenotechnice. Działanie detekcyjne. Lampa katodowa jako regulator napięcia. Inne zastosowania.	36 + 42
C. Budowa i typy lamp dwuelektrodowych (43). Wielkości charakterystyczne. Budowa lamp. Niektóre typy lamp katodowych dwuelektrodowych. Prostowniki tungarowe. Prostowniki jonowe z katodą Wehnelta	43 + 48
Przykłady	48 + 50
ROZDZIAŁ III: Lampa katodowa trójelektrodowa	51
A. Teorja (51): Powstanie i rozwój lampy trójelektrodowej. Obwody lampy trójelektrodowej. Wpływ potencjału siatki na ruch elektronów w lampie. Obrazy pola elektrycznego w lampie. Charakterystyki lampy trójelektrodowej. Charakterystyki przy innej temperaturze katody. Wpływ potencjału anody. Równanie prądu emisyjnego w lampie trójelektrodowej. Współczynnik	

amplifikacji. Elektrostatyczne znaczenie K_0 . Nachylenie charakterystyk. Opór wewnętrzny i opór anodowy lampy trójelektrodowej. Opór siatki. Dobroć lampy trójelektrodowej. Charakterystyka stałego prądu. Równanie różniczkowe prądu emisyjnego. Interpretacja geometryczna. Nachylenie S_0 i opór ρ_0 . Dyskusja wzoru na S i ρ . Obliczenie K_0 z geometrycznych wymiarów elektrod. Odchylenia w przebiegu charakterystyk. Określenie stałych K , S i ρ lampy trójelektrodowej. Pomiar bezpośredni stałych K , S i ρ . Łączenie równoległe lamp trójelektrodowych. Charakterystyka robocza lampy trójelektrodowej. Lampa trójelektrodowa jako alternator. Moc anodowa prądu zmiennego. Dobroć lampy. Pojemność wejściowa siatki. Prąd siatki w próżni doskonałej. Opór ρ_s . Prąd siatki w próżni niedoskonałej. Przyczyny obecności gazów. Określenie stanu próżni. Próżnia w lampach odbiorczych

51 — 106

B. Fabrykacja lamp i ich typy (106): Podział lamp trójelektrodowych. (Lampy odbiorcze. Lampy nadawcze. Lampy nadawczo-odbiorcze). Fabrykacja lamp katodowych. Pompy dyfuzyjne i kondensacyjne. Materiały stosowane do wyrobu lamp. Budowa lamp katodowych. Wybór stałych elektrycznych lampy trójelektrodowej. (Gęstość siatki). Lampy odbiorcze Audion de Forest'a. Lampa Lieben'a. Lampy katodowe trójelektrodowe firm niemieckich. Opornik bezpiecznikowy. Lampy francuskie. Lampy angielskie. Lampy amerykańskie. Lampy holenderskie. Lampy nadawcze . . .

106 — 129

Przykłady 130 — 134

ROZDZIAŁ IV. Działanie detekcyjne lampy katodowej trójelektrodowej 135

Zasada działania detekcyjnego. Detektor katodowy. Działanie detekcyjne na zakrzywieniach charakterystyki prądu anodowego. Działanie detekcyjne na zakrzywieniu charakterystyki prądu siatki. Wartości C i ρ_s . Detektor lampowy ze sprzężeniem zwrotnem

135 — 146

Przykład 146

ROZDZIAŁ V. Działanie amplifikacyjne lampy katodowej trójelektrodowej 147

Zasada działania amplifikacyjnego. Układ amplifikacyjny lampy trójelektrodowej. Energietyczne wzmocnienie amplifikatora. Źródło energii wzmacnianej. Amplifikator transformatorowy małej częstotliwości. Transformatory międzylampowe. Transformator wyjściowy. Transformatory amplifikatorowe z żelazem. Przykłady amplifikatorów transformatorowych małej częstotliwości. (Amplifikatory: „3 ter.”, „L. 43” i „EV 211”). Amplifikator oporowy (małych i wielkich częstotliwości). Wzmocnienie fal krótkich. Wzmocnienie wolnych impulsów prądu. Amplifikator oporowy bardzo małej częstotliwości.

Str.

Amplifikator dławikowy. Amplifikator transformatorowy wielkiej częstotliwości. Amplifikator transformatorowy wielkiej częstotliwości. Amplifikatory o układach kombinowanych. Amplifikator transformatorowy w. cz. typ A. G. 2. Amplifikatory wielkiej i małej częstotliwości. Warunki wzmocnienia nieodkształconego. Wybór stałych lampy i początkowych potencjałów elektrod. Zaburzenia w amplifikatorze. Pomiar współczynnika wzmocnienia amplifikatorów	147 + 187
Przykłady	187 + 190
ROZDZIAŁ VI. <i>Działanie generacyjne lampy katodowej trójelektrodowej</i>	191
A. Teoria (191): Lampa katodowa jako generator prądów zmiennych:	
a) Generator lampy o wzbudzaniu obcym (192):	
α) Drgania na prostoliniowej części charakterystyki. Moc anodowa, moc drgań i sprawność. Moc wzbudzania,	
β) Drgania na rzeczywistej charakterystyce. Teoria przybliżona. Teoria ścisła. Charakterystyka dynamiczna. Własności charakterystyk dynamicznych. Najdogodniejszy opór r_{opt} . Najdogodniejsze napięcie wzbudzające V_{opt} . Sprawność generatora lampowego. a) Przebiegi prądu i napięcia anodowego sinusoidalne. (b) Przebieg napięcia anodowego sinusoidalny. (c) Przebieg napięcia anodowego prostokątny. Kompromis między W_{max} i η_{max} . Moc prądów zmiennych w generatorze. Współczynnik wyzyskania mocy. Rola współczynnika amplifikacji. Równoległe łączenie lamp generatorowych. Prąd siatki w generatorach lampowych. Obliczenie oporu pozornego r obwodu drgań.	
b) Generator o wzbudzaniu własnym (225).	
1) Generator o sprzężeniu indukcyjnym obwodu siatki. (Warunek podtrzymania drgań. Punkt stanu trwałego pracy. Warunek samowzbudzania drgań. Częstotliwość wytwarzanych prądów. Właściwe połączenie cewek obwodu siatki i obwodu drgań). 2) Generator o sprzężeniu siatki indukcyjnym bezpośrednim. 3) Generator o sprzężeniu siatki pojemnościowym bezpośrednim. 4) Generator o sprzężeniu pojemnościowym obwodu siatki. 5) Generator o sprzężeniu indukcyjno-pojemnościowym obwodu siatki. (Sprzężenie przez wewnętrzną pojemność lampy. Odsprzężenie). 6) Generator z obwodem drgań w obwodzie siatki. 7) Generator o sprzężeniu przez lampę. Przeciąganie. Generatory bardzo wielkich i bardzo małych częstotliwości. Generatory prądów wielofazowych. Określenie współczynnika sprawności generatora lampowego	191 + 247

B. Zastosowanie (248):

a) Urządzenia nadawcze radjotelegraficzne.

Zasilanie obwodu anodowego. Włączanie źródła napięcia anodowego. Żarzenie lamp generatorowych. Włączanie klucza nadawczego. Przykłady nadawczych stacji radjotelegraficznych lampowych. (Radjostacja nadawcza o mocy 10 KW w Königswusterhausen. Nadawcza stacja radjotelegraficzna lampowa w Carnarvon. Radjostacja nadawcza lampowa typu E_3).

b) Urządzenia nadawcze radjotelefoniczne.

Modulacja w obwodzie siatki lampy generatorowej (Radjostacja telefoniczna lampowa pod wieżą Eiffel'a). Modulacja w obwodzie anodowym generatora lampowego. Modulacja systemem Heisinga. (Radjostacja Marconi'ego typu YB). Modulacja przez absorbcje energii w antenie. Wyeliminowanie fali nośnej w radjotelefonii.

248 + 268

c) Generatory heterodynowe.

Przykłady 269 — 282

ROZDZIAŁ VII. Różne układy i rodzaje lamp katodowych 283

Opór ujemny i jego własności. Dynatron-Kallirotron. Negatron.

Biotron Magnetron. Lampa czteroelektrodowa Fleming'a. Multiwibrator. Lampa katodowa dwusiatkowa. Odbiorniki z reakcją. (Detektor katodowy ze sprzężeniem zwrotnym). Odbiór superreakcyjny. Odbiór superheterodynowy

283 + 309

Wykaz literatury.

Podręczniki 311

Literatura periodyczna 312 + 324

Skorowidz alfabetyczny 325 + 328

Dostrzeżone omyłki.

OD AUTORA.

Rola lampy katodowej w radjotechnice i teleotechnice współczesnej jest znaną dziś dostatecznie. Rok temu mniej więcej, gdy powstała myśl wydania tej pracy — istniały obawy, że, wobec szybkiego rozwoju i postępu tej gałęzi radjotechniki, rzecz stanie się przestarzała, nieaktualna, zanim książka po ukończeniu druku zdąży ujrzeć półki księgarskie.

Obawy te nie ziściły się. Pomimo, iż radjotechnika lamp katodowych posuwa się naprzód i każdy dzień przynosi coś nowego, działanie aparatów lampowych opiera się jednak wciąż na tych samych zasadach; również podstawy fizyczne lampy katodowej jako takiej, teoria działania detekcyjnego, amplifikacyjnego i generacyjnego zostały raz ustalone i zmianie prawie że nie ulegają. Powstają jedynie coraz to nowe schematy i kombinacje, tworzone z zasadniczych układów lampy katodowej.

Z tego też względu, w pracy niniejszej ograniczono ilość podanych schematów tylko do takiej, jaka jest niezbędna jedynie dla zilustrowania zasadniczych układów lampowych. Bowiem na tej podstawie wszelkie inne schematy — jako schematy pochodne — staną się dostatecznie zrozumiałe a nawet częstokroć dadzą się obliczyć.

Książka niniejsza jest wynikiem opracowania wykładu „Lamp katodowych” na wydziale elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Obejmuje ona fizykę lamp katodowych (ze szczególnem uwzględnieniem lamp katodowych trójelektrodowych) oraz ich zastosowanie jako detektor, amplifikator i generator. Pomimo, iż od czasu do czasu posługiwano się wyższą matematyką lub rachunkiem symbolicznym, treść jest dostatecznie dostępna, tem bardziej, iż rozdziały są ilustrowane przykładami liczbowymi.

Książka jest przeznaczona w pierwszym rzędzie dla inżynierów, oficerów wojska łączności oraz osób, interesujących się głębiej tą dziedziną. Niemniej jednak radjotechnik - amator, korzystający dotąd z wydawnictw popularnych, znajdzie również podstawy naukowe i uzasadnienie tych zjawisk lub wielkości, z którymi ma do czynienia.

W zakończeniu chciałbym na tem miejscu złożyć podziękowanie wszystkim, którzy przyczynili się do wydania niniejszej książki. A więc: p. pułkownikowi T. Jaworowi, szefowi Wydziału Wojska Łączności — za umożliwienie wydawnictwa, p. prof. M. Pożaryskiemu — za cenne rady

i uwagi odnośnie całości, p. por. Antoniemu Krzyczkowskemu — za pomoc w korektach, sprawdzenie wielu przeliczeń i sporządzenie liczbowych danych i wykresów do 3. przykładu generatora lampowego, firmie Polskie Towarzystwo Radjotechniczne — za niektóre fotografie, zaś p. por. S. Jasińskiemu — za pomoc w sprawach wydawnictwa w czasie dłuższego mego pobytu zagranicą, wreszcie pannie J. Kunczyńskiej — za przepisywanie rękopisu.

Również poczuwam się do obowiązku mile podkreślić prawdziwą pomoc, jaką spotykałem na każdym kroku ze strony Wojskowego Instytutu Naukowo-Wydawniczego — a w szczególności ze strony p. J. Biernackiego.

Zaś zecerowi Drukarni M. S. Wojsk. p. J. Rudzińskiemu winien jestem wdzięczność za pracę pełną zrozumienia przy składaniu książki.

Inż. J. GROSZKOWSKI.

Listopad, 1924.

PRZEDMOWA.

Radjotechnika, a szczególnie radjokomunikacja z roku na rok zaczyna odgrywać coraz większą rolę w życiu społecznem. Dziedzina ta wymaga coraz więcej specjalistów. Pomimo to, literatura tego przedmiotu jest jeszcze wogóle dosyć skromna; w Polsce nie mieliśmy dotychczas żadnego poważnego dzieła. „Lampy katodowe oraz ich zastosowanie w radjotechnice” inż. Janusza Groszkowskiego zapoczątkowują fachową literaturę radjotechniczną u nas.

Temat pracy inż. Groszkowskiego jest najbardziej aktualny, gdyż lampa katodowa w radjokomunikacji społecznej odgrywa rolę dominującą, nie tylko na stacji odbiorczej, ale i na stacji nadawczej.

Autor, mając sposobność zapoznania się praktycznego z lampami i aparatami lampowymi najróżnorodniejszych typów, ilustruje treść teoretycznych wywodów licznymi przykładami praktycznymi, co wysoce podnosi wartość wydawnictwa.

Przedmiot jest systematycznie ujęty, tak, że każdy interesujący się pewną sprawą łatwo znajdzie dział, który go szczególnie obchodzi.

Na podkreślenie zasługuje okoliczność, stawiająca pracę inż. Groszkowskiego poza konkurencję wydawnictw zagranicznych. — Prace francuskie, niemieckie czy amerykańskie prawie wyłącznie traktują przedmiot z punktu widzenia techniki i nauki swego kraju. My, mając dopiero początek przemysłu w tej dziedzinie, korzystamy z wytworów techniki różnych narodów. Przez to, mając do czynienia ze wszystkimi ważniejszymi wyrobami techniki światowej inż. Groszkowski ujął krytycznie całość sprawy, zestawiając ze sobą z obiektywnego punktu widzenia wyniki prac różnych narodów i różnych krajów w dziedzinie teorii i praktyki.

Spodziewać się należy, że książka inż. Groszkowskiego przyczyni się do rozpowszechnienia i ugruntowania wiedzy radjotechnicznej w Polsce, zaś w literaturze międzynarodowej wypełni istniejącą lukę.

OZNACZENIA SCHEMATOWE.

	ogniwo, akumulator		mikrofon
	baterja ogniw lub akum.		brzęczyk
	prądnica prądu stałego		żarówka
	alternator prądu zmiennego		opór omowy stały
	alternator prądu szybkozm.		opór omowy regul.
	połączenie przewodów		potencjometr
	skrzyżowanie przewodów		druk mierniczy
	wyłącznik		opór ujemny
	przełącznik dwubiegunowy		samoindukcja
	przełącznik wielobiegunowy		samoindukcja zmienna skokami
	przełącznik zmiany kierunku prądu		samoindukcja zmienna w sposób ciągły
	klucz nadawczy		indukcja wzajemna stała
	amperomierz, woltomierz		indukcja wzajemna regulowana
	miliamperomierz, galwanometr		dławik o stałej samoindukcji
	{ klucz nadawczy, uruchamiania przy pomocy relais		dławik o samoindukcji zmiennej
			dławik o samoindukcji zmiennej w sposób ciągły
			pojemność
			pojemność z oporem bocznym

	pojemność zmienna		lampa katodowa dwuelektrodowa
	transformator ze rdzeniem otwartym		lampa katodowa trójelektrodowa
	transformator ze rdzeniem zamkniętym		lampa katodowa cztero-elektrodowa
	autotransformator ze rdzeniem zamkniętym		lampa katodowa dwusiatkowa
	autotransformator ze rdzeniem otwartym		dynatron
	antena		pliodynatron
	uziemiaenie		negatron
	przeciwwaga uziemiona i zwykła		magnetron
	antena ramowa		magnodynatron
	detektor		prostownik Wehnelt'a
	amperomierz i transformator		prostownik tungarowy
	kondensator kompensacyjny		prostownik rtęciowy
			rura roentgenowska
			opornik bezpiecznikowy

OZNACZENIA LITEROWE.

A — stała, stała we wzorze Richardson'a.

a — wielkość stała we wzorze na prąd siatki,

B — stała, stała we wzorze Richardson'a, baterja.

b — współczynnik ostygania końców katody.

C — stała, kondensator, pojemność.

c — współczynnik w równaniu Langmuir'a:

c_0 — dla układu cylindrycznego elektrod.

c — dla układu płaskiego elektrod

$$c_1 = \frac{C}{K^{3/2}}$$

D — współczynnik przechwytu.

d — średnica cylindra.

E, e — siła elektromotoryczna (SEM-na)

e — zasada logarytmów naturalnych = 2,73 ..

F, f — funkcja.

G — dobroć lampy.

H — natężenie pola.

I, i — natężenie prądu.

K — współczynnik amplifikacji.

α — współczynnik we wzorze na potencjał zastępczy.

β — kąt nachylenia.

$$\gamma = \frac{a}{T_k}$$

Δ — przyrost skończony.

δ — przyrost skończony.

δ — średnica drutu.

ε — ładunek elektronu.

η — sprawność.

θ — dekrement tłumienia.

κ — stopień sprzężności.

λ — długość fali.

ν — częstotliwość (odwrotność okresu).

ξ — przewodnictwo.

K — współczynnik wzmocnienia amplifikatora.

k — współczynnik wzmocnienia lampy.

L, l — samoindukcja.

l — długość.

M — współczynnik indukcji wzajemnej.

m — masa elektronu.

N, n — ilość.

P — obciążenie.

p — ciśnienie gazów.

p — przekładnia transformatora.

Q — ładunek elektryczny.

q — powierzchnia.

R, r — opór omowy.

r — opór pozorny, równoważny oporowi omowemu.

r — promień cylindra.

S — nachylenie charakterystyki.

s_a — powierzchnia anody.

T — temperatura, okres prądu zmiennego.

t — czas.

u — szybkość.

W, w — moc.

V, v — napięcie, potencjał.

x — odległość elektrod.

Z — opór pozorny.

Π — współczynnik określający próżnię.

$\pi = 3,14165...$

ρ — opór przerwy próżniowej.

Σ — suma.

τ — współczynnik we wzorze na potencjał zastępczy.

τ_v — gęstość ładunku przestrzennego.

τ — przeciąg czasu, trwałość.

φ — przesunięcie faz.

γ — współczynnik wyzyskania mocy.

ψ — współczynnik straty napięcia na pojemności międzylampowej.

ψ — stosunek prądu jonowego do elektronowego.

ω — częstotliwość pulsacji = $2\pi \nu$.

A — amper.	$^{\circ}\text{C}$ — stopnie Celsjusza.
mA — miliamper = 10^{-3} A.	$^{\circ}\text{K}$ — stopnie Kelwin'a (bezwzględne)
μA — mikroamper = 10^{-6} A.	$^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}$.
V — wolt.	\rightarrow — dąży do...
kV — kilowolt = 10^3 V.	$>$ — większe.
Ω — om.	$<$ — mniejsze.
k Ω — kiloom = 10^3 Ω .	\gg — znacznie większe.
M Ω — megom = 10^6 Ω .	\ll — znacznie mniejsze.
W — wat.	\cong — około, mniej więcej równe.
mW — miliwat = 10^{-3} W.	$+$ — od.. do...
kW — kilowat = 10^3 W.	d — różniczka zupełna.
H — henr.	d — różniczka cząstkowa.
F — farad.	$j = \sqrt{-1}$ — 1 jednostka urojona.
μF — mikrofad = 10^{-6} F.	lg — logarytm dziesiętny.
cmC — elektrost. jednostka pojemn.	ln — logarytm naturalny.
cmL — elektromagn. jednostka samoind.	lim — granica.
mA/V — miliampery na wolt.	sn — sinus.
V/V = wolt na wolt.	tg — tangens.
mW/V ² — miliwaty na wolt w kwadracie.	

ZNACZKI (INDEKSY).

a — anoda.	n — bieżący.
ak — anoda względem katody.	nas — nasycenie.
d — dynoda.	N — normalny.
c — elektroda zbierająca.	o — stan początkowy, zerowy.
e — emisja.	opt — najdogodniejszy, najlepszy.
ec — emisja całkowita.	optopt — najdogodniejszy z najdogodniejszych.
j — jonowy.	p — elektroda potencjalna.
k — katoda.	r — roboczy.
ko — katoda w stanie zimnym.	s — siatka.
kT — katoda w stanie gorącym.	sa — siatka względem anody.
kr — krytyczny.	sk — siatka względem katody.
m — międzylampowy.	t — wyjściowy, telefoniczny.
max — największy.	w — wejściowy.
maxmax — największy z największych.	z — źródło.
min — najmniejszy.	

Kreska nad literami E , I i V oznacza odpowiednie amplitudy (wielkości maksymalne).

\sim — oznacza „okres”.

W S T Ę P.

Jeśli w radjokomunikacji system fal gasnących przetrwał i wyłącznie prawie panował aż do lat ostatnich, nie ustępując miejsca daleko doskonalszemu w samej już zasadzie systemowi fal niegasnących, zawdzięcza to litylko tej okoliczności, iż sposoby wytwarzania fal niegasnących, aczkolwiek już znane od wynalazku Poulsena w roku 1903, nie osiągnęły takiej doskonałości, aby były w stanie obalić systemy iskrowe, poważnie podparte ulepszeniem Wien'a.

W samej bowiem rzeczy, z jednej strony generator Poulsen'a nie pozwalał na wytwarzanie drgań równomiernych i czysto sinusoidalnych, z drugiej zaś strony odbiór znaków przy pomocy ślizgacza — przerywacza niezupełnie odpowiadał stawianym wymaganiom. Ponadto, wytwarzanie fal o małej długości w systemie Poulsen'a było prawie niemożliwe.

Tę ostatnią wadę posiadały również alternatory wielkiej częstotliwości, albowiem wytwarzanie fal krótkich wymagało stosowania znacznych szybkości obrotowych. Ponadto stałość długości fali była zależna od równomierności biegu alternatora, dość trudnej do osiągnięcia.

Lecz zalety systemu fal niegasnących były tak oczywiste i tembardziej zachęcające, ponieważ doskonale rozwiązywały zagadnienie radjotelefonji oraz wogóle sprawę radjokomunikacji na wielkie odległości z pomocą znacznych energii.

Bowiem dla osiągnięcia wielkich odległości należy wprowadzić w grę duże ilości energii, co nie daje się łatwo osiągać przy systemie iskier dzwiczących z powodu szeregu trudności, związanych z dużą ilością przerw iskiernikowych, pomocniczem wzbudzaniem iskiernika oraz uzyskaniem czystości tonu. Następnie, konieczność zmniejszenia wzajemnego przeszkadzania silnych stacyj gasnących, nie pozwalających, z powodu znacznego tłumienia, na ostre dostrajanie, jak również coraz bardziej dająca się odczuwać potrzeba szybkiej maszynowej radjotelegrafji daleko łatwiej dawały się rozwiązać przy pomocy fal niegasnących.

Jednakowoż dopiero wynalazek oraz udoskonalenie lamp katodowych, pozwalające na techniczne ich zastosowanie, całkowicie przechyliły szalę na stronę fal niegasnących i, wypierając system fal gasnących, właściwie zapoczątkowały radjotechnikę współczesną.

Lampa katodowa, do niedawna jeszcze nie wychodząca poza obręb laboratoriów, dziś staje na usługach techniki wogóle, a radjotechniki w szczególności, gotowa do praktycznego użytku, oparta na ścisłej teorii naukowej, stworzonej przez szereg uczonych i sprawdzonej licznymi doświadczeniami. Teoria ta jest wynikiem lat ostatnich. Dotąd bowiem udoskonalenia i rozszerzenia zakresu zastosowań opierały się raczej na zdobyczach doświadczalnych, aniżeli na teoretycznych rozważaniach. Dziś już istnieje nie tylko dokładna teoria lampy katodowej w różnych jej układach, lecz są również ustalone podstawy obliczeń, pozwalające na celową i racjonalną budowę lampy jako takiej, oraz aparatów lampowych, podobnie, jak to się dzieje np. z budową maszyn elektrycznych.

Nic więc dziwnego, że w świecie naukowym i technicznym lampa katodowa wzbudziła zainteresowanie powszechne, zaś w radjotechnice otworzyła nowy okres rozwoju.

Lampa katodowa bowiem znajduje tu wszechstronne zastosowanie tak na stacji nadawczej jak i odbiorczej.

Na stacji nadawczej — stosuje się ją jako doskonały generator drgań niegasnących, wyróżniający się nadzwyczajną stałością amplitudy i częstotliwości, łatwością osiągania dowolnej długości fali oraz umożliwiającą w dogodny sposób tak manipulowanie telegraficzne jak i modulowanie telefoniczne, przy uzyskaniu wysokiego współczynnika sprawności.

Na stacji odbiorczej — znajduje zastosowanie jako detektor, amplifikator oraz generator heterodynowy lub, w najróżnorodniejszym połączeniu tych właściwości, lampa katodowa jest niezastąpionym elementem aparatury odbiorczej. Lecz nie tylko w radjokomunikacji lampa katodowa znajduje zastosowanie: stosuje się ją dziś również w technice prądów słabych, jako przekaźnik telefoniczny, w technice prądów silnych jako przyrząd pomocniczy np. dla regulacji maszyn elektrycznych, lub wykorzystuje się jej działanie prostownikowe; wreszcie w fizyce dla celów pomiarowych spotykają się lampy katodowe z coraz to szerszym zakresem zastosowania.

Historja rozwoju lampy katodowej i aparatów lampowych.

Historja lampy katodowej rozpoczyna się właściwie w r. 1883, gdy T. A. Edison zauważył zjawisko promieniowania ujemnego ładunku elektrycznego przez rozżarzoną nitkę żarówki elektrycznej swego wynalazku.

Lecz dopiero w 20 lat później, w roku 1904, Fleming oraz Wehnelt zbadali dokładniej to zjawisko i budowali na tej zasadzie prostowniki katodowe; Fleming, w roku 1905, zastosował ten prostownik jako detektor dla celów radjotelegrafji, zaś Lee de Forest (1907) wprowadził do prostownika Fleminga dodatkową elektrodę, wywierającą wpływ na ruch elektryczności wewnątrz lampy, stwarzając w ten sposób prototyp dzisiejszej lampy katodowej trójelektrodowej.

Pierwsze swe zastosowanie dla celów wzmacniania słabych prądów lampka katodowa trójelektrodowa zawdzięcza R. v. Lieben'owi, który ściśle wyodrębnił w lampie trójelektrodowej obwód anody i obwód elektrody regulującej i, doprowadzając do tego ostatniego słabe prądy zmienne, uzyskał w obwodzie anody silniejsze prądy tej samej częstotliwości i tego samego prawie kształtu (1910).

Dalsze prace Schlömilcha, Round'a, Tigerstedt'a i innych nad budową samej lampy katodowej i kształtem jej elektrod doprowadziły do cylindrycznej anody oraz siatki, umieszczonej między anodą a katodą.

Układ cylindryczny elektrod posiadał tę zaletę, iż równomiernie wykorzystywał katodę lampy, tak pod względem równomierności emisji elektronów jak też i sił elektrostatycznych, działających na katodę.

W roku 1912 grupa niemieckich firm elektrotechnicznych, oceniając doniosłość wynalazku lampy katodowej, nabyła patenty von Lieben'a.

W pierwszych lampach katodowych, działających na zasadzie emisji elektronowej, katodę stanowił drucik lub blaszka metalowa,

pokryta tlenkami metali ziem alkalicznych, głównie wapnia i baru. Próżnia w tych lampach była stosunkowo niedoskonała, tak iż ruch elektryczności wewnątrz odbywał się głównie dzięki jonom dodatnim, wytworzonym przez zderzanie się elektronów z cząsteczkami (molekułami) gazu.

Przebiegi w takich lampach były oczywiście bezwładne i niestałe, wskutek czego pierwsze aparaty lampowe v. Lieben'a, Reiss'a i in. nie odznaczały się zbytnią pewnością i dokładnością w działaniu.

Dopiero zupełnie prawidłowe i stałe działanie dało się uzyskać przez zastosowanie doskonałej próżni, w której zachodzące przebiegi były czysto elektronowe.

I rzeczywiście, począwszy od roku 1913, gdy ta różnica między lampami dawnymi (t. zw. jonowymi, czyli miękkimi) oraz lampami nowymi (elektronowymi) została wyraźnie sformułowana, doświadczenia w specjalnie do tego celu założonych laboratoriach, oparte na nowych pracach I. Langmuir'a nad lampami o doskonałej próżni, pozwoliły Towarzystwu „Telefunken“ zbudować w roku 1914 pierwszy amplifikator dwulampowy małej częstotliwości, który został wypuszczony na rynek w formie, nadającej się do praktycznego użytku.

Jednocześnie, dzięki wynalazkowi sprzężenia zwrotnego przez Meissner'a i de Forest'a w r. 1913 zostało rozwiązane zagadnienie wytwarzania drgań niegasnących z pomocą lamp katodowych. Korzyści tego wynalazku były podwójne: pozwoliły rozwinąć zupełnie nowy system odbioru fal niegasnących, oraz otworzyły możliwość zastosowania lamp katodowych do celów nadawczych.

Trudności szerokiego zastosowania interferencyjnego systemu odbioru fal niegasnących, tak doskonałego w swej istocie, trudności, spowodowane niedogodnością wytwarzania drgań szybkozmiennych, obecnie, dzięki wynalazkowi Meissner'a, zostały usunięte, a sprawa budowy generatorów interferencyjnych (czyli t. zw. heterodyn) doskonale rozwiązana.

Stąd jednym już krokiem było użycie lampy katodowej w najróżnorodniejszych kombinacjach dla celów odbiorczych: jako detektora w połączeniu z amplifikatorem i generatorem drgań niegasnących czyli w t. zw. układzie ultraaudionowym, w układzie Armstrong'a (t. zw. regeneracyjnym i super-regeneracyjnym i t. p.) oraz w całym szeregu schematów małej i wielkiej częstotliwości.

Wogóle zastosowanie sprzężenia zwrotnego doprowadziło ponadto do istotnych zmian konstrukcyjnych w aparatach odbiorczych, które musiały się odtąd liczyć z dotychczas nieznaną dokładnością

nastrojenia. Jest to konieczne, ażeby umożliwić wysokie wykorzystanie energii, które wraz ze znacznem uniezależnieniem się od wpływów przeszkadzających charakteryzuje system fal niegasnących.

Drugą dziedziną, bodaj że ważniejszą, zastosowania wynalazku Meissner'a, było użycie lampy katodowej jako generatora drgań niegasnących dla celów radjotelegrafii nadawczej. Z pomocą lampy Lieben'a w takiej formie, jak ją używano do celów wzmocnienia, zdołano osiągnąć, aczkolwiek przy bardzo krótkiej jej trwałości, kilkanaście watów mocy szybkozmiennej. Obecność gazów w lampie Lieben'a, dogodna dla działania detektorowego, okazała się szkodliwą dla jej działania generatorowego przy większych napięciach anodowych.

O ile bowiem zagadnienie budowania lamp katodowych dla celów amplifikacji zostało stosunkowo szybko rozwiązane, o tyle sprawa lamp dla celów nadawczych napotykała na zasadnicze trudności, w pierwszym rzędzie wskutek tego, że prace z tak doskonałymi próżniami były dotąd w technice prawie niezbrane, oraz dla tego, iż najpierw należało, po uprzednich mozolnych próbach, stwierdzić, jakie metale nadają się najlepiej na wyrób lektrod lampy katodowej ze względu na wymagania tej próżni. Dzięki pracom Langmuir'a oraz wynalazkowi jego pompy dyfuzyjnej (1914—1916), trudności te zostały na tyle usunięte, iż pozwoliły w 1915 roku, zapomocą aparatów lampowych firmy „Telefunken“, nawiązać połączenie radjotelegraficzne i radjotelefoniczne na dość znacznej przestrzeni.

Wojna, jak wiadomo, przyczyniła się w nadzwyczajnym stopniu do rozwoju radjotechniki.

Z jednej strony firmy państw centralnych, a więc niemieckie i austriackie: „Telefunken“, „Huth“, „Lorenz“ i inne, z drugiej strony firmy koalicji: francuskie z „Société Française Radio-électrique“ na czele, angielska „Marconi“, oraz amerykańska „General Electric Co“ prowadzą wyteżoną pracę nad budową aparatów radjotechnicznych lampowych oraz udoskonalają lampy katodowe jako takie.

Zaś uczeni obu stron walczących: Irving Langmuir, Fleming, Round, Lee de Forest, Marius Latour, Abraham, Barkhausen, Möller, White, Vallauri, Gutton, Armstrong i wielu innych teoretycznie i praktycznie posuwają ten nowy dział wiedzy w szybkim tempie naprzód.

I aczkolwiek dzisiaj już lampa katodowa osiągnęła szerokie zastosowanie, prace nad dalszem jej udoskonaleniem wciąż posuwają się naprzód.

Prace te prowadzone są głównie w kierunku zmniejszenia zużycia mocy żarzenia i obniżenia napięcia anodowego w lampach odbiorczych oraz zwiększenia czasu życia, t. j. trwałości, lamp nadawczych. Dziś już istnieją lampy o niskim napięciu anodowym kilkunastu wolt zaledwie — (Seddig, Rüchardt, Marconi Co), oraz o minimalnej mocy żarzenia (Marconi Co — 0,2 wata), zaś trwałość lamp nadawczych dochodzi do kilku tysięcy godzin pracy (SFR — zakłady Levallois — Perrêt: lampa nadawcza 5000 W. bańka kwarcowa — trwałość 2000 godzin, lampa Holwecka z wymienianą katodą). Próby zastosowania zupełnie zimnej katody (Kessel, Marx), jak dotąd, nie doprowadziły do realnych wyników.

Wspomnieć należy również o specjalnym układzie lampy trójelektrodowej (przy wysokim potencjale siatki) działającej jako generator lub amplifikator, czyli o t. zw. dynatronie (A. W. Hull), następnie o lampie z wieloma siatkami (Schottky) o lampie czteroelektrodowej Fleminga z dwoma anodami, działającej jako detektor drgań niegasnących, wreszcie o zastosowaniu wpływu pola magnetycznego na przebiegi zachodzące w lampie katodowej (magnetron), o specjalnych układach lampy trójelektrodowej (kalitron), oraz o lampie trójelektrodowej z dodatkową anodą (negatron).
