

# Podstawy Inżynierii Wysokonapięciowej

prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński  
Zakład Wysokich Napięć

# WIADOMOŚCI PODSTAWOWE

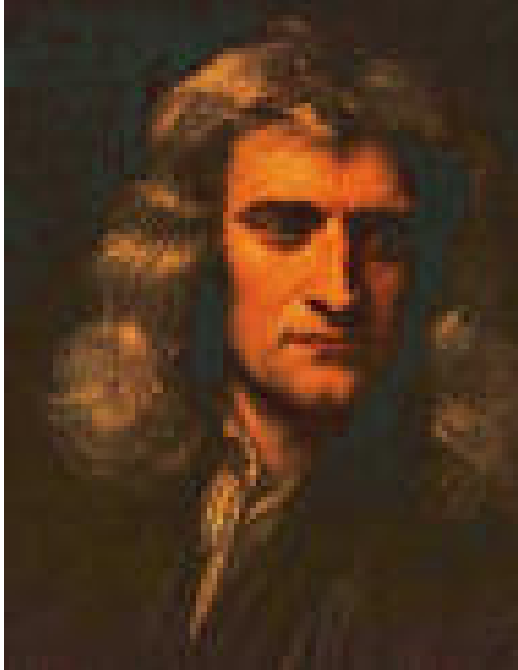
## 1. ZARYS HISTORII TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ

**Początki inżynierii wysokonapięciowej związane są ze zjawiskami elektryczności atmosferycznej. Już żołnierze rzymscy i żeglarze feniccy obserwowali tzw. ognie świętego Elma czyli świecenie ostrza włócznie lub szczytu masztu przy obecności chmur burzowych.**

**Nowożytna historia rozpoczyna się około roku 1600 i związana jest z rozwojem elektrofizyki. Pierwsze nazwiska ludzi, którzy próbowali łączyć zjawiska elektryzacji statycznej związanej z pocieraniem dielektryków np. szkła bursztynu czy siarki, ze zjawiskami elektryczności atmosferycznej to Gotfryd Wilhelm Leibnitz (1646-1716) czy Izaak Newton (1643-1727) i inni. Ludzie ci domyślali się istoty zjawisk, lecz nie potrafili swych domysłów sformułować i udowodnić. Pierwszym, którego doświadczenia były całkowicie udane i powtarzalne był burmistrz Magdeburga Otto von Guericke.**



**Gotfryd Wilhelm Leibnitz**  
**(1646-1716)**



**Izaak Newton**  
**(1643-1727)**

**Guericke otwiera więc listę dat sygnujących znaczące osiągnięcia:**

**1663 r. - zbudowanie przez niemieckiego fizyka Otto von Guericke (1602-1686) pierwszej wysokonapięciowej maszyny elektrostatycznej, w której uzyskiwano ładunki poprzez pocieranie dłońmi kuli z siarki;**

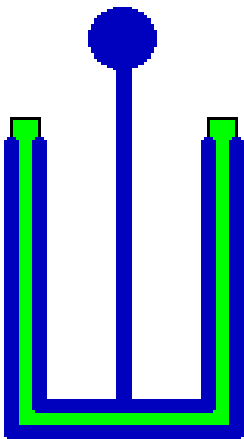


**1745-46 r. - wynalezienie butelki lejdejskiej (pierwszego kondensatora wysokonapięciowego - rys. 1.1) niezależnie przez Pitera von Musschenbroeka (1692-1761) w Leidzie (Holandia) i Ewalda Jürgena Georga von Kleista (1700-1748) w Kamieniu Pomorskim (dziekan katedry w Kamieniu Pomorskim) (Niemcy) oraz Daniela Gralatha (1708-1767) w Gdańsku (burmistrz);**



**Piter von Musschenbroek (1692-1761)**

(a)



(b)



Rys. 1.1 Butelka lejdejska: (a) zasada działania; (b) przykładowe wykonanie.



Bateria kondensatorów, typu butelka lejdejska (muzeum w Dreźnie)

**1746 r. - odkrycie istoty ogni świętego Elma;**

**1752 r. - wynalezienie przez Benjamina Franklina (1706-1790)  
piorunochronu;**



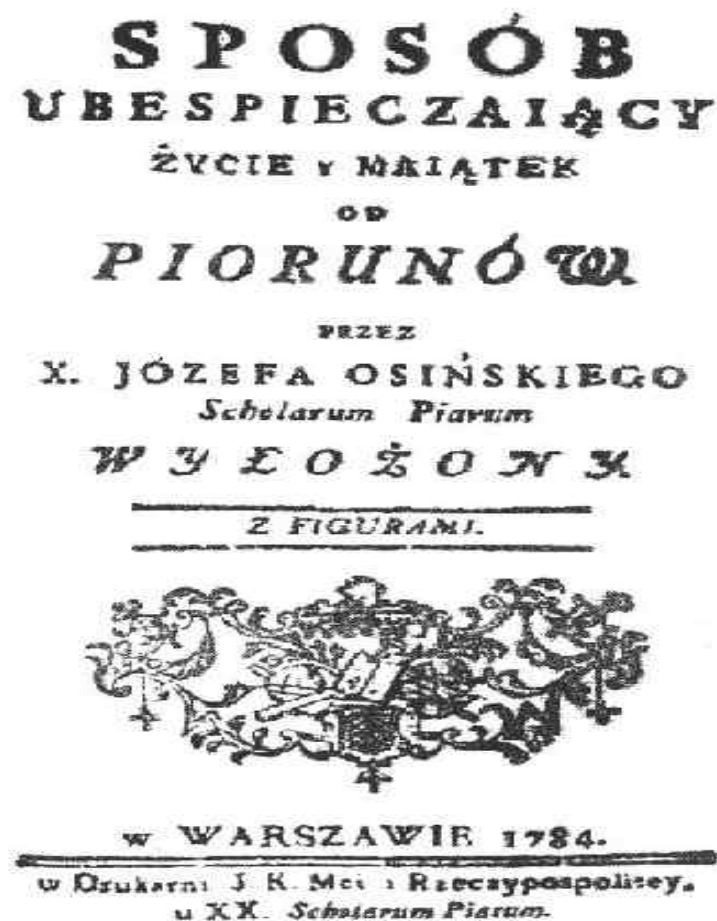
**1753 r. - śmierć Gregora Wilhelma Richmana (1711-1753), fizyka rosyjskiego, który badając elektryczność atmosferyczną stał się pierwszą ofiarą badań wysokonapięciowych;**



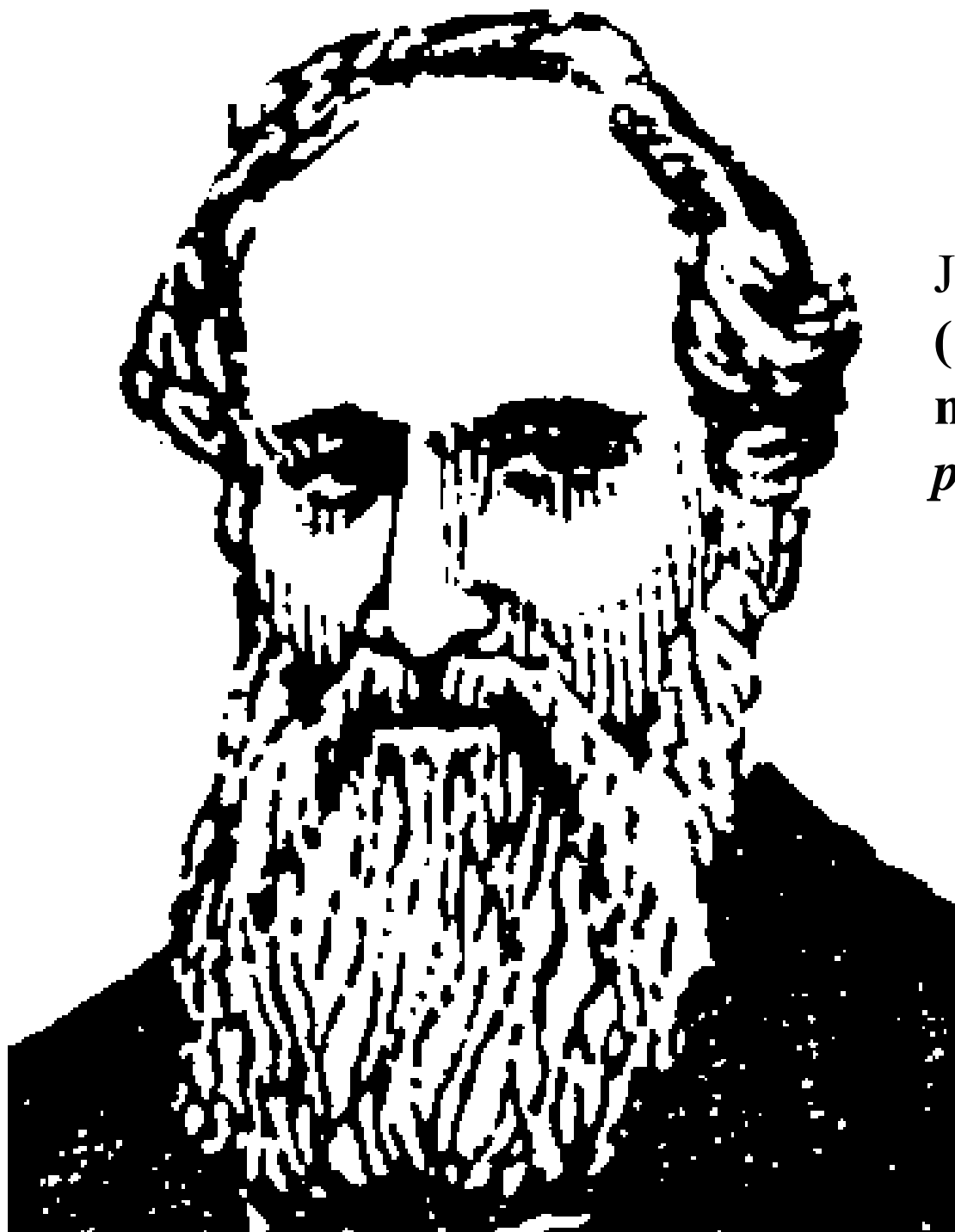
1784 r. - wydanie przez księdza (pijar) Józefa Osińskiego książki "Sposób ubespieczający życie y majątek od piorunów" (jest to pierwsza polska praca z elektrotechniki, a przy tym ujmująca całkowicie prawidłowo zagadnienia ochrony odgromowej) [12];



Rys. 1.2. Benjamin Franklin



Rys. 1.3. Strona tytułowa książki księdza Józefa Osińskiego



Józef Herman Osiński  
(1738-1802)  
nazywany *pierwszym  
polskim elektrykiem*

**1785 r. - sformułowanie przez francuskiego fizyka Charlesa Augustina de Coulomba (1736-1806) zależności na siłę oddziaływania między dwoma punktowymi ładunkami elektrycznymi - prawo Kulomba;**



**1882 r. - zbudowanie pierwszej doświadczalnej linii przesyłowej wysokiego napięcia stałego między Misbach a Monachium;**

**1888 r. - uzyskanie napięcia rzędu megawoltów za pomocą transformatora bezrdzeniowego - Nicolas Tesla (1876-1943) (Chorwat pracujący w USA);**

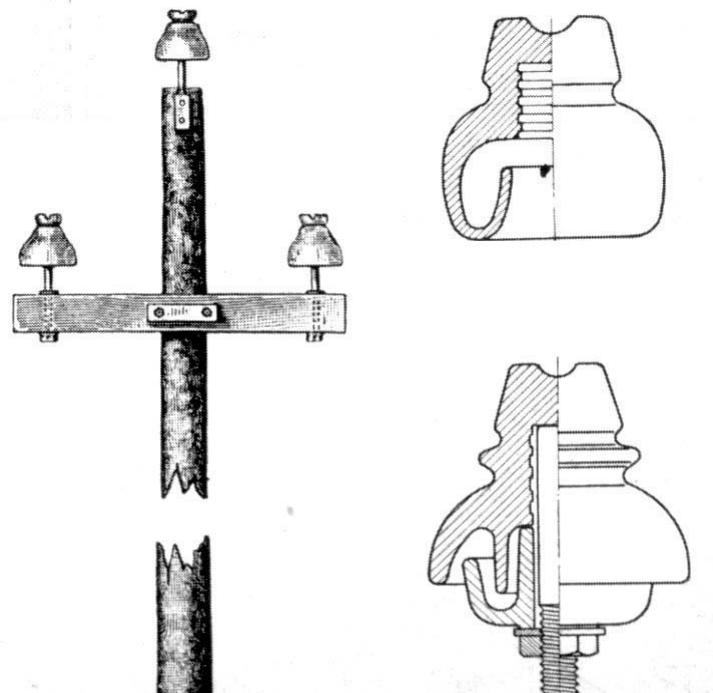


**1891 r. - uruchomienie przez Michała Doliwo-Dobrowolskiego (1862-1919) (elektrotechnik rosyjski polskiego pochodzenia, działający w Niemczech) pierwszej w świecie trójfazowej linii przesyłowej wysokiego napięcia z Lauffen w Bawarii do Frankfurtu nad Menem; linia ta o napięciu 8.5 kV, służyła do przesyłu mocy około 200 kW na odległość 175 km i była zawieszona na 3182 drewnianych słupach o wysokości 8÷10 m i długości typowego przęsła 60 m; linia i jej praca zostały zbadane przez międzynarodową komisję uzyskując bardzo wysoką ocenę; badania te przerwano przy napięciu 28.3 kV, gdy stwierdzono wpływ linii na łączność telefoniczną i zostały przebite dwa izolatory.**

(a)



(b)



Rys. 1.4. Michał Doliwo-Dobrowolski (a) oraz słup i izolatory prototypowej linii przesyłowej wysokiego napięcia [33]

**Poczynając od tej ostatniej daty nastąpił szybki i powszechny rozwój sieci trójfazowych wysokiego napięcia (tab. 1) oparty na badaniach wysokonapięciowych, których ranga i zakres wzrosły do tego stopnia, że w latach I wojny światowej wydzielono dział elektrotechniki o nazwie technika wysokich napięć zawierający do dziś trzy podstawowe dziedziny [8]:**

- wytrzymałość elektryczną materiałów i układów izolacyjnych,**
- przepięcia i ochronę przeciwprzepięciową oraz koordynację izolacji,**
- miernictwo wysokonapięciowe i wysokonapięciową technikę probierczą i laboratoryjną.**

# Tabela 1

Wzrost napięć znamionowych sieci trójfazowych [8]

Napięcie znamionowe	Rok uruchomienia	Kraj
kV		
15	1891	Niemcy
69	1901	USA
115	1909	USA
161	1912	USA
230	1924	USA
287	1933	USA
380	1951	Szwecja
500	1961	ZSRR
735	1965	Kanada
750	1967	ZSRR
765	1969	USA
1150	1985	ZSRR

**Polska aż do końca XIX wieku nie miała większego udziału w rozwoju elektrotechniki światowej. Za prekursora techniki wysokich napięć można uznać profesora Ignacego Mościckiego (1867-1946) (w latach 1926-1939 prezydent Rzeczypospolitej Polskiej) konstruktora szklanych kondensatorów wysokonapięciowych, badacza wyładowań powierzchniowych i krawędziowych, którego książka "Badania nad wytrzymałością dielektryków", wydana w 1904 roku, może być uznana za pierwszą książkową publikację z zakresu techniki wysokich napięć w Polsce.**

**Twórcą polskiej szkoły wysokich napięć był profesor Kazimierz Drewnowski (1881-1952) [10], od 1907 r. adiunkt katedry elektrotechniki Szkoły Politechnicznej we Lwowie, a od 1916 r. profesor Politechniki Warszawskiej, gdzie był współinicjatorem powstania Wydziału Elektrycznego (1921) oraz twórcą i kierownikiem Zakładu Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć (1923) wraz z laboratorium wysokonapięciowym - pierwszą tego typu placówką w Polsce [10]. W 1934 r. laboratorium to zostało wzbogacone o, jedną z największych wówczas w świecie, halę wysokich napięć o wymiarach podstawy 24x16 m i wysokości 17 m (objętość 6500 m<sup>3</sup>) [8].**



Rys. 1.5. Prof. Ignacy Mościcki (1867-1946)



Rys. 1.6. Prof. Kazimierz Drewnowski (1881-1952)

**Zasługą profesora Drewnowskiego było wychowanie liczного grona specjalistów z dziedziny wysokich napięć, którzy tworzyli własne szkoły naukowe [8].**

**Ośrodek łódzki, utworzony i kierowany do roku 1976 przez prof. Zygmunta Hastermana (1906-1986), a w latach 1976-86 przez prof. Zdzisława Szczepańskiego (1920-1986) zajmuje się zagadnieniami:**

- wytrzymałości elektrycznej i projektowania izolacji wysokonapięciowych transformatorów energetycznych,**
- wylądowań niezupełnych,**
- miernictwa wysokonapięciowego i wysokonapięciowej techniki probierczej, głównie przy napięciach uderowych.**
- problemami ekologicznymi związanymi z przesyłem energii elektrycznej.**