

Wentyl Gilesa-Mościckiego

Krystian Leonard Chrzan

Wstęp

Rozwój elektroenergetycznych linii napowietrznych wymagał ich ochrony przed przepięciami. W tym celu wykorzystano znane i sprawdzone rozwiązania zastosowane na liniach telegraficznych – iskierniki. Jednym z pierwszych zastosowań iskierników w napowietrznej linii elektroenergetycznej była linia 60 kV Niagara-Lockport, oddana do użytku w 1906 roku [1].

Jednakże napięcie linii elektroenergetycznych jest około 1000 razy większe od napięcia stosowanego w liniach telegraficznych. Po zapłonie proste iskierniki nie są niestety w stanie przerwać prądu zwarcowego podtrzymywanego przez wysokie napięcie. Usunięcie tego stanu wymaga chwilowego wyłączenia napięcia. Ponadto czas do zapłonu iskiernika jest rzędu mikrosekundy. Dlatego inżynierowie poszukiwali bardziej doskonałych aparatów do ograniczania przepięć. Jednym z takich interesujących rozwiązań były wentyle Gilesa.

Wentyl Gilesa-Mościckiego

Na zjeździe elektryków szwajcarskich w 1905 r. Ignacy Mościcki zwrócił uwagę na ograniczone możliwości iskierników rożkowych. Produkcję urządzeń o znacznie lepszych własnościach w roku 1907 podjęła fabryka kondensatorów we Fryburgu; do literatury technicznej weszły pod nazwą wentyli Gilesa, od nazwiska dyrektora fabryki [2].

Dopiero w styczniu 1925 roku, bezpośrednio przed uroczystością nadania tytułu doktora *honoris causa* Politechniki Warszawskiej trzem wybitnym naukowcom: Ignacemu Mościckiemu, Karolowi Pollakowi i Aleksandrowi Rothertowi, pierwszy z nich opublikował artykuł o wentylu Gilesa w Przeglądzie Elektrotechnicznym [3]. W pracy tej Ignacy Mościcki ujawnił, że to on opracował podstawy teoretyczne i eksperymentalne wentyli Gilesa, a także, że do tej pory nie opublikował sprawozdań z tych badań. Można zatem uznać, że ten aparat elektryczny powinien nosić nazwę wentyla Gilesa-Mościckiego.

Ignacy Mościcki był konstruktorem wysokonapięciowych szklanych kondensatorów. Przeprowadził doświadczenie z kondensatorem, którego izolację stanowiła szklana menzurka wypełniona rtęcią, umieszczona w naczyniu także częściowo wypełnionym rtęcią. Do rtęciowych elektrod doprowadzone zostało napięcie przemiennie. Rysunek 1 a pokazuje podobny układ eksperymentalny, w którym – zamiast rtęci – zastosowano wodę wodociągową o konduktywności 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Słup wody w menzurce jest wyższy od poziomu wody w naczyniu. Po załączeniu napięcia obserwuje się wyładowania jarzeniowe (rys. 1 b), a przy wyższym napięciu – rozwój iskier ślizgowych (rys. 1 c).

Ignacy Mościcki zbadał podstawowe własności obserwowanych wyładowań powierzchniowych [3]:

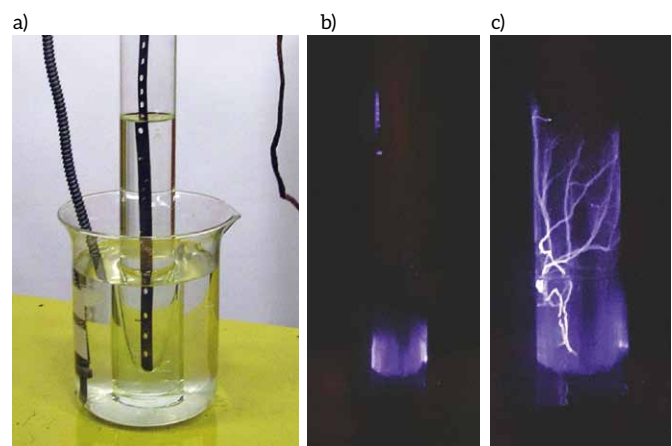
Streszczenie: W artykule przedstawiono prace prof. Ignacego Mościckiego (prezydenta Polski w latach 1926–1939), których wynikiem było zbudowanie nowego typu ogranicznika przepięć. W literaturze technicznej jest on jednak znany tylko jako wentyl Gilesa od nazwiska dyrektora fabryki kondensatorów we Fryburgu. Po prawie 100 latach konstrukcję wentyla Gilesa-Mościckiego wykorzystano ponownie w ograniczniku przepięć MC 50-B.

Słowa kluczowe: przepięcie, ogranicznik przepięć, iskiernik

🇬🇧 GILES-MOSCICKI'S VALVE

Abstract: The article presents the works of prof. Ignacy Mościcki (president of Poland in the years 1926–1939), which resulted in the construction of a new type of surge arrester. In technical literature, however, it is only known as the Giles valve, after the director of the capacitors factory in Fribourg. After almost 100 years, the Giles-Mościcki valve structure was reused in the surge protective device MC 50-B.

Keywords: overvoltage, surge arrester, spark gap

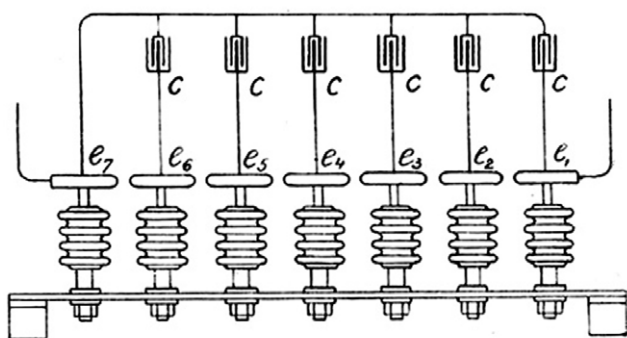


Rys. 1. Odtworzony eksperyment Ignacego Mościckiego ze szklanym kondensatorem:

- a) naczynie wypełnione wodą i menzurka wypełniona wodą;
- b) wyładowanie jarzeniowe;
- c) iskry ślizgowe.

Fig 1. Ignacy Mościcki's reconstructed experiment with glass capacitor:

- a) a vessel filled with water and a measuring cup filled with water;
- b) glow discharges;
- c) creeping discharges



Rys. 2. Model analogowy złożony z szeregowo połączonych iskierników i kondensatorów C [3]; e - elektrody iskierników.

Fig. 2. Analog model composed of series connected spark gaps and capacitors C [3]; e - spark gaps electrodes

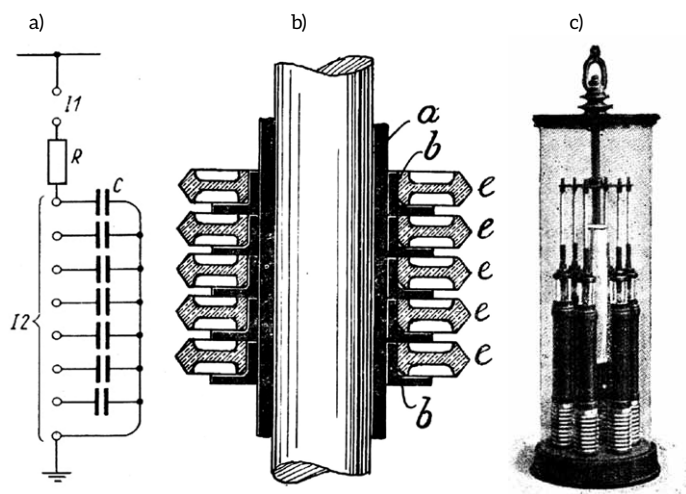
- Odległość od brzegu okładziny, do której dochodzi wyładowanie powierzchniowe, jest proporcjonalna do zastosowanego napięcia.
- Zmniejszenie grubości dielektryka wpływa na zwiększenie długości wyładowania.
- Dielektryki o wyższej stałej dielektrycznej powodują również zwiększenie długości wyładowania.

Mościcki zbudował model analogowy wyładowań ślizgowych złożony z kilku iskierników i kondensatorów (rys. 2). Model został poddany próbom napięciem impulsowym, aby zbadać szybkość zapłonu wszystkich iskierników. Dzięki pojemnościowemu sterowaniu rozkładem napięcia próby wykazały bardzo małe czasy opóźnienia zapłonu.

W tym samym czasie, na początku XX wieku, badania wyładowań elektrycznych, w tym wyładowań ślizgowych, prowadził również Maximilian Toepler [4]. Jednak dopiero w roku 1921 przedstawił on opis matematyczny wyładowań ślizgowych [5, 6].

Wentyl Gilesa można zaliczyć do ograniczników, gdyż składał się z kilku równolegle połączonych zespołów, z których każdy zawierał iskiernik wstępny I1, rezystor ograniczający R oraz układ iskierników szeregowych I2 o sterowaniu pojemnościowym (rys. 3a). Iskiernik wielokrotny złożony został z izolowanych między sobą krążków cynkowych e, nasadzonych na izolowanej od krążków rurze mikanitowej a, i uziemionego rdzenia metalowego. Dzięki takiej konstrukcji uzyskano stosunkowo duże pojemności doziemne C poszczególnych elementów iskiernika wielokrotnego (rys. 3a).

Zasada działania wentyla Gilesa jest następująca: po zapłonie iskiernika wstępnego I1 prąd zostaje odprowadzony początkowo do ziemi przez pojemność C, a po zapłonie iskiernika wielokrotnego I2 – przez jego zjonizowane przerwy (rys. 3a). Przy bardzo dużym prądzie wyładowczym, dzięki rezystorowi R, może zapalić się wyładowanie w kolejnym, równoległym zespole. Ogranicznik ten stosowany do sieci o napięciu znamionowym do 18 kV dawał znacznie lepszą ochronę niż iskierniki różkowe i rolkowe, gasząc prąd następczy przy pierwszym



Rys. 3. Wentyl Gilesa-Mościckiego [3]:

a) schemat układu: I1 - iskiernik wstępny; R - rezystor ograniczający; I2 - iskiernik wielokrotny; I1 - iskiernik odcinający; C - pojemności doziemne elektrod iskiernika I2;

b) budowa iskierników: e - elektrody w postaci krążków cynkowych; b - izolacja pomiędzy elektrodami; a - izolacja mikanitowa;

c) fabryczny aparat składający się z sześciu wentyli Gilesa-Mościckiego.

Fig. 3. Giles-Mościcki's valve [3]:

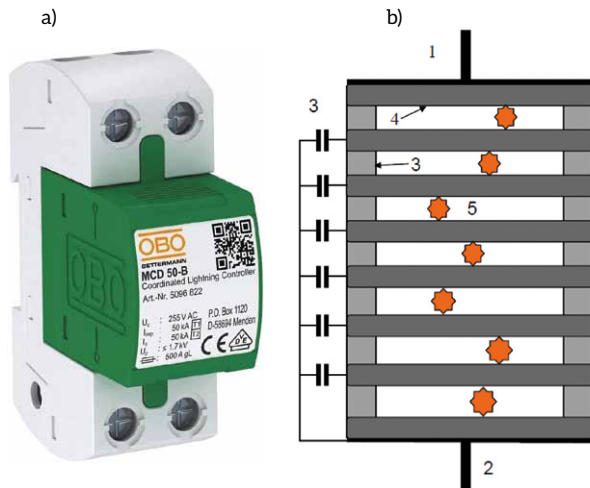
a) electric diagram; I1 - pre-spark gap; R - limiting resistor; I2 - multiple spark gap; I1 - shut-off spark gap; C - ground capacitances of the spark gap I2;

b) construction of spark gaps; e - electrodes in the form of zinc discs; b - insulation between the electrodes; a - micanite insulation;

c) factory apparatus consisting of six Giles-Mościcki valves

naturalnym przejściu przez zero. Wentyl Gilesa stanowił znaczny postęp w porównaniu z poprzednimi konstrukcjami, ale jego wadą była jednak skomplikowana budowa. Po roku 1930 pojawiły się ograniczniki iskiernikowe z warystorami karborundowymi, które przez 50 lat zdominowały rynek aparatów służących ograniczaniu przepięć w systemie elektroenergetycznym [2].

Okazuje się jednak, że po prawie 100 latach od zbudowania wentyla Gilesa-Mościckiego konstrukcja ta wykorzystana została przez znaną firmę w iskiernikach sterowanych, stosowanych do ograniczania przepięć piorunowych w liniach niskich napięć MC 50-B i MC 125-B (rys. 4). Tak, jak w wentylu Gilesa-Mościckiego, zastosowano iskiernik wielokrotny ze sterowaniem pojemnościowym. Zamiast elektrod metalowych zastosowano elektrody grafitowe. Dzięki temu wyeliminowano erozję elektrod metalowych powodowaną przez łuk elektryczny. Ze względu na te zalety elektrody grafitowe były już wcześniej wykorzystywane w elektrycznych lampach łukowych. Parametry nowego ogranicznika są znacznie lepsze od standardowych ograniczników z iskiernikiem pojedynczym. Napięcie zapłonu wynosi zaledwie 2 kV, a napięcie obniżone jest mniejsze od 400 V przy prądzie udarowym 10 kA i prądzie zwarciovym w miejscu zainstalowania wynoszącym aż 25 kA [7].



Rys. 4. Ogranicznik MC 50-B z iskiernikiem wielokrotnym o pojemnościowym sterowaniu napięcia:

a) widok ogranicznika [8];

b) budowa iskiernika [7]: 1, 2 – doprowadzenia; 3 – sterowanie pojemnościowe; 4 – grafitowe elektrody.

Fig. 4. Surge protective device MC 50-B with multiple spark gap with capacitive voltage control:

a) view of the surge protective device [8];

b) construction of spark gap [7]; 1, 2 – lead-in wires; 3 – capacitive grading; 4 – graphite electrodes

Działanie iskiernika wielokrotnego MC 50-B sprawdzono za pomocą generatora udarowego o znamionowym napięciu 6 kV. Rys. 5a przedstawia wygenerowany impuls o amplitudzie 2,2 kV, gdy do generatora nie był przyłączony ogranicznik przepięć. Po przyłączeniu ogranicznika amplituda na ograniczniku zmniejszyła się do 1,7 kV (rys. 5b). Na oscylogramie widoczne są charakterystyczne impulsy po zapłonie kolejnych iskierników.

Wnioski

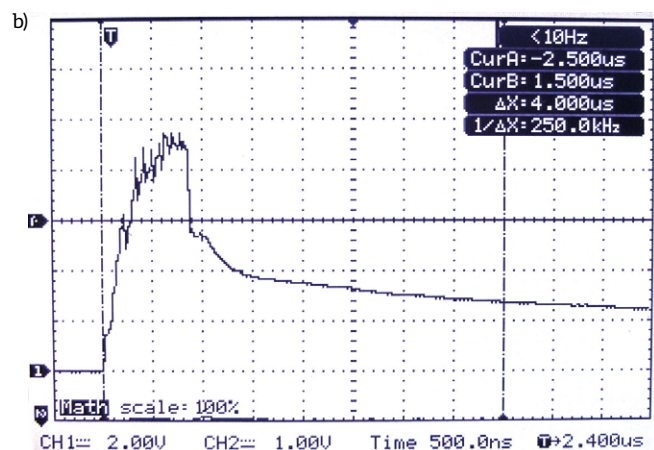
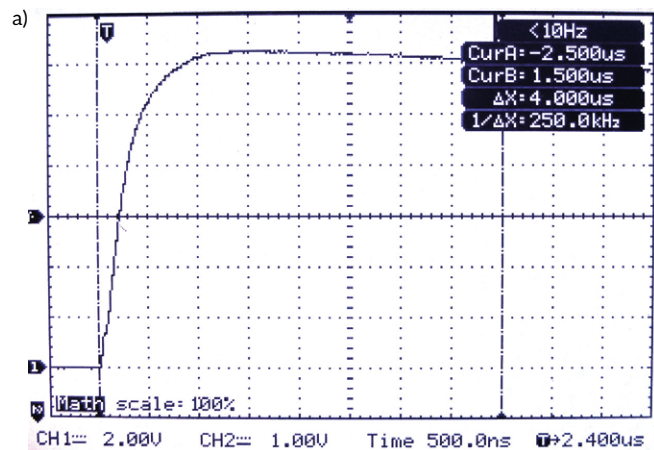
Ignacy Mościcki był konstruktorem ogranicznika przepięć znanego w literaturze jako wentyl Gilesa, dlatego ten aparat elektryczny powinien być nazywany wentylem Gilesa-Mościckiego.

Konstrukcja wentyla Gilesa-Mościckiego jest nadal wykorzystywana w produkowanych przez firmę OBO BETTERMANN niskonapięciowych ogranicznikach przepięć.

Ograniczniki z iskiernikiem wielokrotnym odznaczają się znacznie lepszymi parametrami od ograniczników z iskiernikami pojedynczymi.

Literatura

- [1] https://www.r-infinity.com/Niagara/Niagara_Lockport.htm, dostęp styczeń 2021.
- [2] CHRZAN K.L.: *Wysokonapięciowe ograniczniki przepięć*. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2003.
- [3] MOŚCICKI I.: *Wentyle Gilesa*. „Przegląd Elektrotechniczny” 2/1925.
- [4] TOEPLER M.: *Zur Kenntnis der Gesetze der Gleitfunkenbildung*. „Annalen der Physik”, 1906, nr 12, Vol. 21.



Rys. 5. Oscylogramy napięć udarowych:

a) udar napięciowy 1,2/40 μ s o amplitudzie 2,2 kV;

b) udar napięciowy ograniczony przez ogranicznik z iskiernikiem wielokrotnym do amplitudy 1,7 kV.

Fig. 5. Surge voltage oscillograms:

a) impulse voltage 1,2/40 μ s with an amplitude of 2,2 kV;

b) impulse voltage limited by a surge arrester with multiple spark gap to an amplitude od 1,7 kV

- [5] TOEPLER M.: *Über die physikalische Grundsetze der in der Isolatorrentechnik auftretenden elektrischen Gleiterscheinungen*. „Archiv für Elektrotechnik”, 1921, Heft 5/6.
- [6] CHRZAN K.L., TRZĘSICKI P.: *Creeping discharges*. V Ogólnopolskie Warsztaty Doktoranckie, Istebna-Zaozlie, zeszyt 3, 2003.
- [7] MEPELINK J.: *Lightning arresters with spark gaps. Requirements and future trends of development and applications*. 25th Int. Conference on Lightning Protection 2000, Rodos – Greece.
- [8] Katalog firmy OBO BETTERMANN.

dr hab. inż. Krystian Leonard Chrzan

e-mail: krystian.chrzan@pwr.edu.pl

Politechnika Wroclawska, Wydział Elektryczny, Katedra K38