

10.2. BADANIA UDAREM NAPIĘCIOWYM PIORUNOWYM

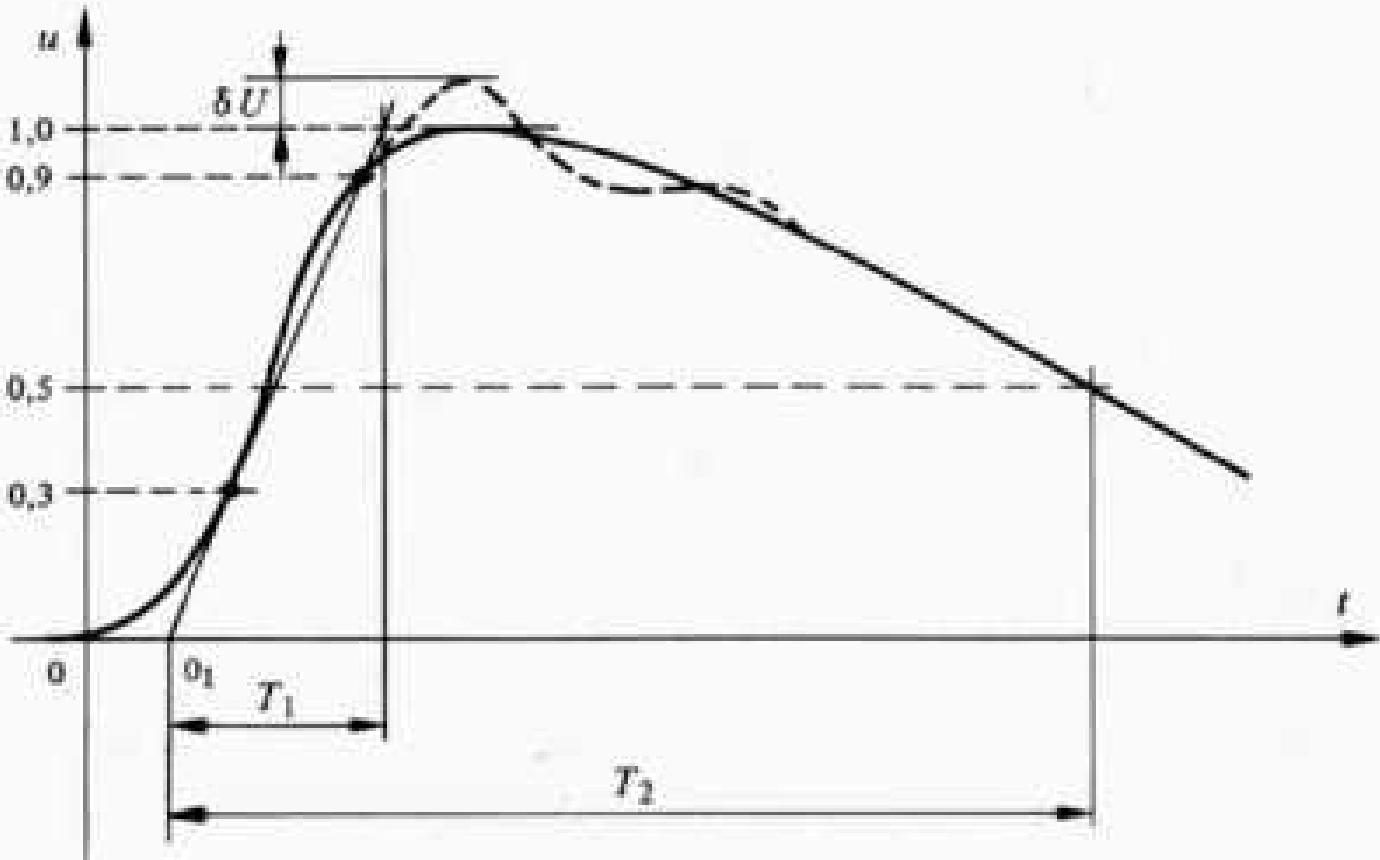
10.2.1. Wprowadzenie

Wszystkie układy izolacyjne, w jakikolwiek sposób związane z liniami napowietrznymi są narażone na przepięcia pochodzenia atmosferycznego winny być zatem projektowane tak by wytrzymywały napięcie udarowe o kształcie zbliżonym do napięć indukowanych w linii przez wyładowania piorunowe i winny być następnie badane w laboratoriach za pomocą symulowanych uderów napięciowych.

W międzynarodowych normach przyjęto, iż uderzeniowy napięciowy piorunowy znormalizowany (normalny) ma kształt (rys. 3.3) zapisywany jako:

$$1.2 \pm 30\% / 50 \pm 20\% \quad \mu s$$

co oznacza, że jest to napięcie o umownym czasie narastania czoła $T_1 = 1.2 \mu s$ z tolerancją $\pm 30\%$ i umownym czasie do półszczytu $T_2 = 50 \mu s$ z tolerancją $\pm 20\%$. Czasy T_1 i T_2 zdefiniowano na rysunku 3.3.

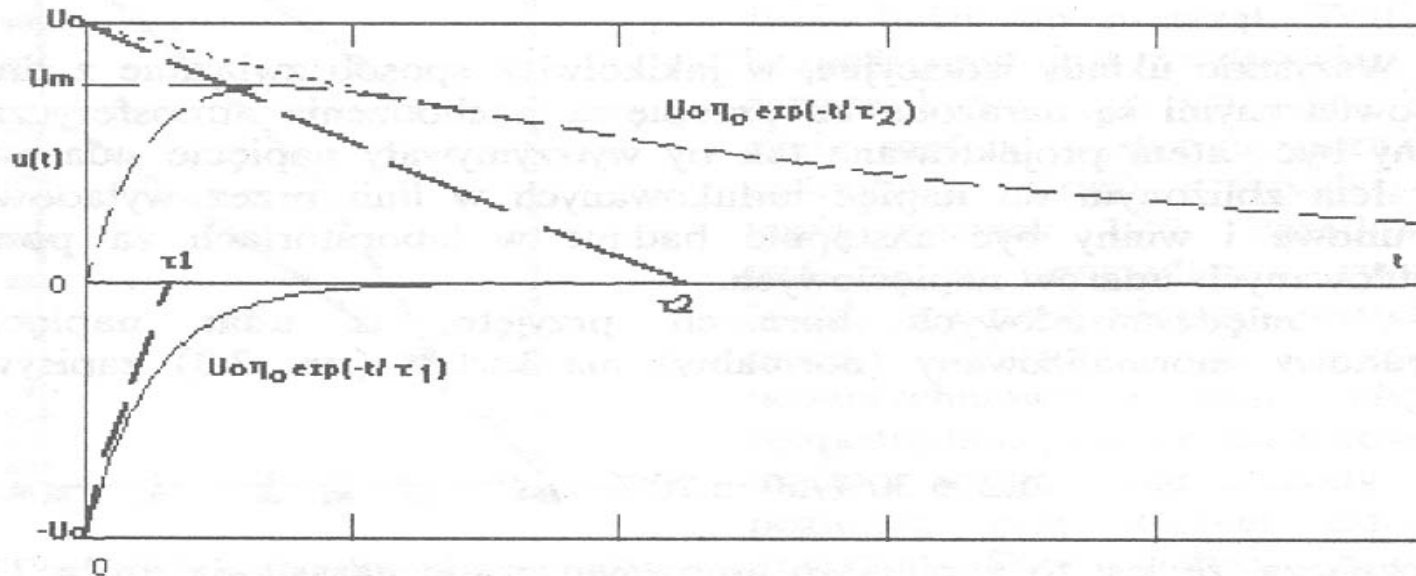
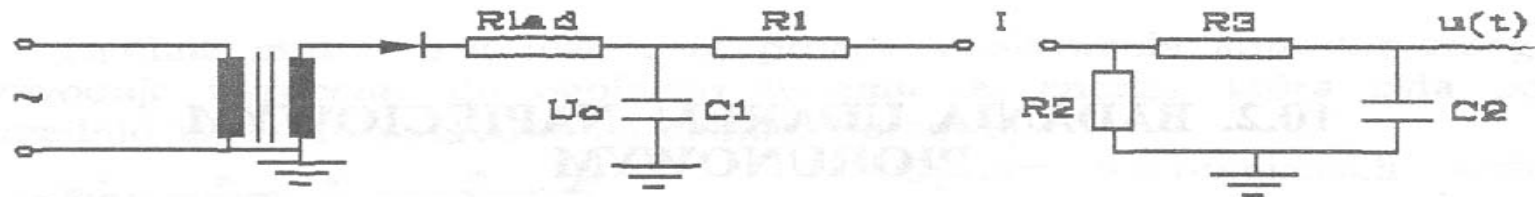


W niektórych krajach np. ZSRR czy Japonia, spotyka się jeszcze udary normalne 1.5/40 μs , które, jak widać, mieszczą się w granicach tolerancji. Do celów specjalnych stosuje się czasem udary **1/5 μs** , **2/10 μs** itp.

10.2.2. Sposób wytwarzania uderów piorunowych

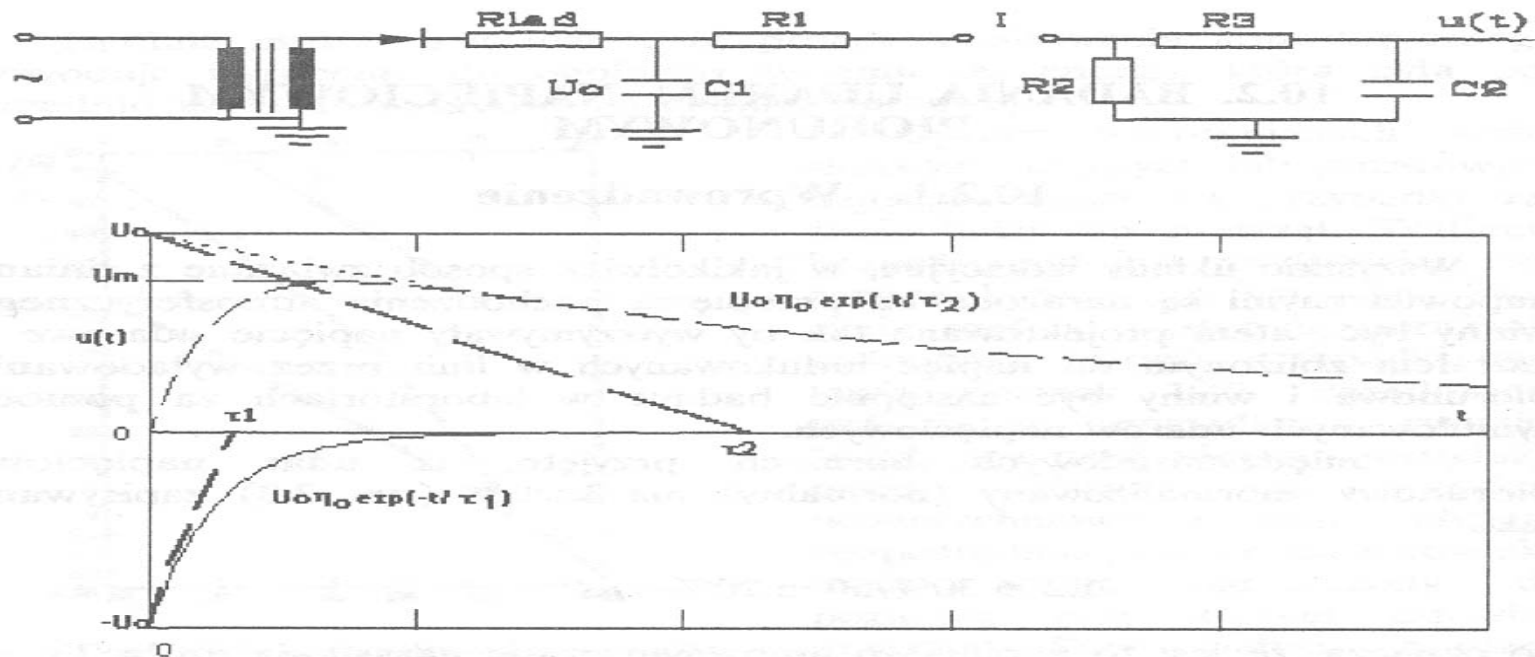
10.2.2.1. Generator elektrostatyczny jednostopniowy

Zasadniczymi elementami generatora uderów napięciowych (w skrócie GUN) są wysokonapięciowe kondensatory, rezystory bezindukcyjne oraz układ zasilacza napięciem stałym złożonego z transformatora, prostownika i rezystora ładującego (rys. 10.10a).



Rys. 10.10. Jednostopniowy generator uderów napięciowych piorunowych: a) schemat układu, b) przebiegi napięciowe

Nie wnikając w szczegóły dość złożonego opisu matematycznego takiego obwodu z jednoczesnym ładowaniem i rozładowywaniem kondensatorów przy napięciu stałym można zasadę działania generatora omówić w sposób opisowy. Po załączeniu napięcia stałego do kondensatora C_1 zostaje on ładowany przez rezystor ładujący R_1 do napięcia U_0 równego napięciu przeskoku iskiernika I. Po zapłonie iskiernika następuje ładowanie pojemności C_2 , zwanej pojemnością do kształtowania czoła udaru, poprzez rezystory tłumiące R_1 i R_2 z pojemności C_1 .



Rys. 10.10. Jednostopniowy generator ударовъ напряжения грозовыхъ: а) схема системы, б) протекания напряжения

Jest to faza kształtowania czoła udaru [krzywa 1 - na rys. 10.10b]. Jednocześnie następuje rozładowanie pojemności C_1 , a po osiągnięciu wartości maksymalnej na kondensatorze C_2 , także i tej pojemności przez rezystor rozładowujący R_2 [krzywa 2 na rysunku 10.10b].

Suma tych napięć daje napięcie na wyjściu generatora:

$$U_c = U_0 \cdot \eta_0 \cdot \left[e^{\left(\frac{-t}{\tau_2}\right)} - e^{\left(\frac{-t}{\tau_1}\right)} \right] \quad (10.1)$$

gdzie: $\tau_1 = \eta_0 \cdot C_2 \cdot \left(R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2} \right)$; $\tau_2 = \frac{R_2 \cdot C_1}{\eta_0}$; $\eta_0 = \frac{1}{1 + \frac{R_1}{R_1} + \frac{C_2}{C_1} + \frac{R_3}{R_2} \cdot \frac{C_2}{C_1}}$

Wielkość η_0 nosi nazwę sprawności generatora. Określenie czasów charakterystycznych T_1 i T_2 udaru jest skomplikowane i w przybliżonych obliczeniach, dla udaru normalnego, piorunowego przyjmuje się:

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= k_c \cdot \tau_1 \\ T_2 &= k_g \cdot \tau_2 \\ U_m &= U_0 \cdot \eta_0 \end{aligned} \right\} \quad (10.2)$$

gdzie $k_c = 3.0$ oraz $k_g = 0.73$.

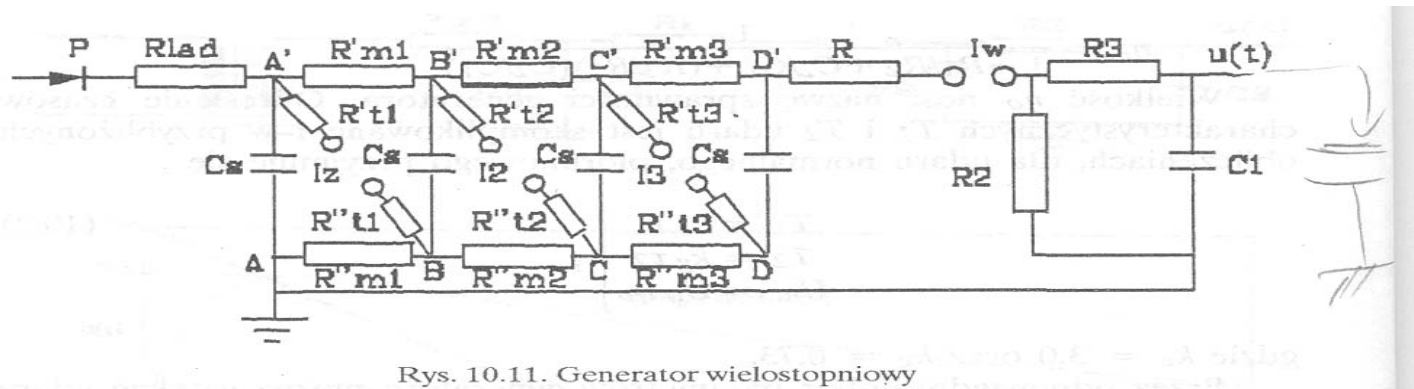
Przez odpowiedni dobór parametrów generatora można uzyskać udary o niemal dowolnym kształcie. Nowoczesne wielostopniowe generatory (patrz rozdz. 10.2.2.2) posiadają wymienne elementy (głównie rezystory) co pozwala przestrajac je na kilka kształtów udarów, w tym również łączeniowych (patrz rozdz. 9.1).

Generatory jednostopniowe są stosowane bardzo rzadko ze względu na możliwość uzyskiwania zbyt małych wartości szczytowych napięcia.

10.2.2.2. Generator wielostopniowy

Schemat połączeń generatora wielostopniowego pokazano na rysunku 10.11. Działanie takiego generatora można podzielić na następujące trzy etapy:

1. Kondensatory główne C_s , ładują się w układzie równoległym, poprzez rezystory R_l i R_m , ze źródła napięcia stałego. Rezystancje te są tak dobrane, by napięcia U_s na poszczególnych pojemnościach narastały jednakowo ($R_l \gg R'_{mi} + R''_{mi}$).



Rys. 10.11. Generator wielostopniowy

2. Z chwilą, gdy napięcie U_s osiągnie wartość równą napięciu przeskoku iskiernika U_z , zwanego iskiernikiem zapalającym, następuje zapłon tego iskiernika. Wówczas potencjał punktu **A**, równy dotąd zero wzrośnie do wartości bliskiej U_s , a potencjał punktu **B** do wartości $2U_s$. W tym czasie potencjał punktu **C** jest nadal bliski zero. Napięcia przeskoku kolejnych iskierników są tak dobrane, że

$$1.2 \cdot U_z < U_2 < U_3 < \dots < 2 \cdot U_z$$

gdzie U_z to napięcie przeskoku na iskierniku I_z .

Czyli, że warunek przeskoku na wszystkich iskiernikach jednocześnie, zostanie spełniony skokowo w ten sposób, że zapali iskiernik I_2 - w punkcie **C** napięcie wzrośnie do $2U_s$, a w punkcie **D** do $3U_s$ itd.

W ten sposób za pomocą zapłonu iskierników realizuje się przełączenie kondensatorów C_s z układu równoległego na układ szeregowy, a na iskierniku włączającym I_w pojawia się napięcie bliskie wartości $U_0 = nU_s$, gdzie n jest liczbą stopni generatora.

3. Faza trzecia to rozładowanie pojemności głównych C_s przez obwód kształtujący udar $C_2 \cdot R_r$. Faza ta jest bardzo zbliżona do działania generatora jednostopniowego, przy czym parametry schematu jednostopniowego uzyskuje się z wzorów:

$$\left. \begin{aligned} U_0 &= n \cdot U_s \\ R_1 &= \sum_{i=1}^n R_{ti} \\ R_2 &= R_r \\ C_1 &= \frac{C_s}{n} \end{aligned} \right\} \quad (10.3)$$

Nowoczesne generatory udarowe buduje się do napięć 7 000 kV. W kraju pracują generatory do napięć 3 600 kV. Generatory te posiadają układy automatycznego sterowania i rejestracji oraz mają możliwość przestrajania na kilka, a nawet kilkanaście różnych kształtów udarów.





