

7-627.269

72

geen 5/5/51

M. POŻARYSKI

ELEKTRYCZNOŚĆ ATMOSFERYCZNA I ZABEZPIECZENIE OD NIEJ BUDYNKÓW.

Normalny średni stan elektryczny atmosfery.

Ziemia łącznie z jej atmosferą stanowi zespół trzech warstw różniących się znacznie pod względem przewodnictwa elektrycznego.

Morze zajmujące około $\frac{3}{4}$ powierzchni globu ziemskiego ma opór właściwy wody około $100 \Omega \text{ cm}$, ląd w warstwach powierzchniowych przeważnie od 10^4 do $10^5 \Omega \text{ cm}$.

Powietrze w pobliżu ziemi tworzy warstwę źle przewodzącą o oporze właściwym około $4,5 \cdot 10^{15} \Omega \text{ cm}$.

Natomiast wyżej mamy dobrze zjonizowaną warstwę Heaviside'a, w której opór właściwy powietrza wynosi około $900 \Omega \text{ cm}$.

Możemy więc powiedzieć, że żyjemy wewnątrz kulistego kondensatora, którego okładki znajdujące się na odległości 80 do 160 km stanowią ziemia i warstwa Heaviside'a, a dielektryk — powietrze.



Badania wieloletnie prowadzone przez wielu badaczy: W. Thomsona, F. Exnera, I. Elstera, H. Geitela, Wilsona i innych wykazały, że na powierzchni ziemi znajduje się ładunek elektryczny ujemny, a więc wektor natężenia pola ziemskiego skierowany jest do ziemi.

Wobec nieznacznej wysokości warstwy Heaviside'a nad ziemią w porównaniu do promienia ziemi, można by uważać pole elektryczne nad ziemią za jednostajne. Doświadczenie jednak stwierdza, że natężenie pola elektrycznego z wysokością szybko maleje. Przyczyną tego są dodatnie ładunki przestrzenne w atmosferze.

Przy ziemi mamy natężenie pola elektrycznego 120 V/m (woltów na metr), na wysokości 2 km już tylko 30 V/m , a na wysokości 20 km tylko $1,2 \text{ V/m}$. Średnie natężenie pola wynosi $2,5 \text{ V/m}$.

Jeżeli przyjmiemy wysokość warstwy Heaviside'a nad ziemią za równą 80 km , to napięcie jej względem ziemi wypadnie 200000 V .

Doświadczenia stwierdzają jeszcze, że w polu elektrycznym ziemskim stale płynie prąd z góry na dół. Natężenie tego prądu dla całej kuli ziemskiej wynosi około 1400 A .

Na podstawie powyższego z napięcia i prądu obliczymy opór rozważanej części atmosfery. Opór ten wynosi 143Ω . Jeżeli uwzględnić wzrost przewodnictwa powietrza z wysokością, to wypadnie na troposferę¹⁾ (około 20 km) 137Ω , a na stratosferę 6Ω .

Ładunek przestrzenny atmosfery tworzą elektrony, jony dodatnie, cząsteczki naelektryzowane małe i duże.

W pobliżu ziemi obecność ładunków elektrycznych zawdzięczamy głównie substancjom radioaktywnym gleby i powietrza: w ziemi $0,5$ do $3 \cdot 10^{-12} \text{ g/cm}^3$, w wodzie morskiej 10^{-16} do $4 \cdot 10^{-14} \text{ g/cm}^3$. Poza tym jest jonizacyjne działanie promieni kosmicznych. Wyżej przeważa działanie jonizacyjne promieni słonecznych.

Wszystkie powyższe dane liczbowe i uwagi dotyczą atmosfery w czasie pięknej pogody i są obliczone jako średnie z różnych miejscowości, w różnych porach dnia i roku.

Elektryczność opadów atmosferycznych.

Z deszczem, śniegiem i gradem na ziemię spadają ładunki elektryczne. Większe ładunki elektryczne przynosi deszcz. Ładunek elektryczny deszczu wynosi około $0,5$ elektrostatycznej jednostki na gram.

¹⁾ W troposferze zachodzi ze wzrostem wysokości obniżanie się temperatury, która w stratosferze jest niemal stała.

Deszcz na dużym obszarze, bez wiatru, w 75% ma kropelki naładowane elektrycznością dodatnią i tylko w 25% naładowane elektrycznością ujemną.

Elektryzacja opadów atmosferycznych powstaje według Lenarda i Simpsona skutkiem rozbijania wiatrem zawieszonych w powietrzu cząsteczek wody i śniegu.

W ten sam sposób tłumaczy się elektryzacja piasku unoszonego na pustyni.

Elektryczność burz.

Według Simpsona chmura burzowa, mająca swe dolne warstwy na odległości około $\frac{1}{2} \text{ km}$ nad powierzchnią ziemi, sięga niemal granic troposfery.

W taką chmurę dmie pod pewnym kątem wiatr; tam, gdzie składowa pionowa tego wiatru wynosi 8 m/sek lub więcej, deszcz padać nie może, kropelki o średnicy mniejszej od $0,5 \text{ cm}$ nie opadają, lecz są unoszone, kropelki zaś o średnicy większej są w stanie równowagi chwiejnej i częściowo rozpylają się.

Przebieg rozpylania jest następujący: pod wpływem ciśnienia wiatru kropelka przybiera kształt odwróconej miseczki, w której środku wiatr przedmucha otwór, odrywając dużo drobnych kropełek. Kropelki te przy odrywaniu elektryzują się ujemnie, przez co reszta kropli ma nadmiar ładunku dodatniego.

Ciężkie mało ruchliwe cząsteczki dodatnio naelektryzowane zostają narazie tam, gdzie powstały, drobniutkie zaś, naelektryzowane ujemnie, unosi wiatr. Stąd powstaje rozdział przestrzenny ładunków dodatnich i ujemnych.

W chmurze zawieszonej w powietrzu słabo zjonizowanym, a więc źle przewodzącym gromadzą się warstwy kropełek naelektryzowanych na przemian to dodatnio, to ujemnie.

Obecność warstw naelektryzowanych różnoimiennie została stwierdzona doświadczalnie za pomocą altielektrografu, który puszczało w chmury na baloniku.

Altielektrograf jest rodzajem amperomierza samopiszącego, który zapisuje przepływ prądu w odpowiednio zawieszonym przewodniku, zaznaczając jego kierunek. Badania takie zostały przeprowadzone według pomysłu Simpsona i Scrase'a w obserwatorium Kew. Wynik tych badań wykazały, że chmura piorunowa w warstwach górnych ma ładunki dodatnie, niżej ujemne, a u podstawy często znowu dodatnie. Na poziomie rozdziału ładunków różnoimiennych panuje temperatura znacznie niższa od 0° , więc ładunki elektryczne w górnych warstwach chmur gromadzą się raczej na kryształkach lodu, niż na kropelkach wody.

Elektryczne zjawiska świetlne w troposferze.

Zaburzenia w normalnym stanie elektrycznym atmosfery powodują ruchy znacznych ładunków elektrycznych, z którymi wiąże się szereg zjawisk świetlnych.

1. Ognie św. Elma, widoczne w postaci snopów świetlnych na wysokich górach, na masztach okrętów i t. p., rzadko bardzo w dolinach, stanowią snopiaste wyładowania jarzące, które powstają, gdy zachodzi jonizacja przez zderzenie pod wpływem elektronów osiagających dostateczną szybkość.

Gdy natężenie pola elektrycznego w powietrzu osiągnie $4000 V/cm$, to łatwo może na ostrzach zwiększyć się do $30000 V/cm$, co wystarcza dla wywołania jonizacji i zjawisk świetlnych jarzenia.

Według Toeplera w poszczególnych snopach świetlnych ogni św. Elma płynie prąd od 1 do 2 miliamperów.

2. Błyskawice są wyładowaniami jarzącymi powstającymi w chmurach lub w powietrzu między chmurami a ziemią.

Wyróżniamy cztery rodzaje błyskawic:

- a. Błyskawice powierzchniowe.
- b. Błyskawice smugowe.
- c. Perełki.
- d. Kule.

Wszystkie błyskawice nazywamy wyładowaniami jarzącymi, gdyż tu grają rolę przede wszystkim ładunki przestrzenne wywołane lawinową jonizacją przez zderzenie, gdy np. jeden elektron wyzwala dwa elektrony, te dwa elektrony wyzwalają cztery i t. d.



Ryc. 1.

Najczęstsze jednak są błyskawice smugowe. Powstają one czasem w chmurach, zanikając następnie w powietrzu licznymi rozgałę-

Dopiero gdy droga została utorowana, może nastąpić ruch ładunków zgromadzonych w chmurach i na ziemi mający chwilowo charakter w pewnej mierze wyładowania łukowego, które wymaga źródeł o znacznej ilości energii.

Błyskawice powierzchniowe widzimy na chmurach w postaci jarzenia się świetlnego kropelek w masie chmury.

zieniami, bywają jednak również podobne błyskawice powstające na ziemi, najsilniejsze są te, które wybiegając z chmur, dosięgają ziemi i wywołują piorun.

Na ryc. 1 widzimy dwa pioruny, lewy z chmury dodatnio naelektryzowanej, a prawy z chmury ujemnie naelektryzowanej.

Na ryc. 2 mamy fotografię pioruna, obok którego widoczne są wstępne wyładowania z ziemi.

Na ryc. 3 jest fotografia wyładowań wielokrotnych w tym samym kanale.

Liczne badania przeprowadzono za pomocą aparatu fotograficznego z ruchomym filmem, obmyślonego przez Boya (ryc. 4).

Stwierdzono, że wstępne wyładowania posuwają się skokami (ryc. 5).

Gdy takie wyładowanie dosięgnie ziemi, wtedy dopiero od ziemi do góry posuwa się wyładowanie główne w postaci silnie świecącej smugi w tym samym kanale (ryc. 6).

Napięcie elektryczne chmur burzowych względem ziemi dosięga nieraz 1000 milionów woltów, a natężenie prądu piorunów najczęściej nie jest większe od $40000 A$, czasem jednak dosięga $150000 A$. Wo-



Ryc. 3.

bec tego jednak, że prąd piorunowy płynie przez czas bardzo krótki, energia piorunowa wynosi tylko od kilku do kilkuset kilowatgodzin.

Rzadkie są błyskawice perełki. Stanowią one właściwie błyskawice smugowe w niektórych miejscach rozszerzone. Najrzadsze jednak są błyskawice kuliste.

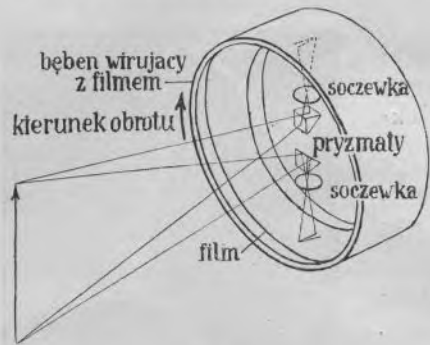
Opisy tych błyskawic stwierdzają, że są to kule

świejące o średnicy 10 do 20 cm i więcej. Światło ich jest czerwone w otoczce niebieskiej.

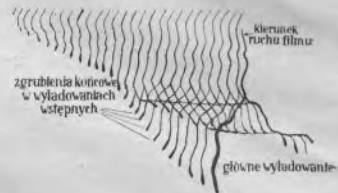


Ryc. 2.

Kula taka zjawia się niespodzianie, syczy i trzepecze się, znika przeważnie po upływie cząstki sekundy, ale czasem trwa do 5 sekund.

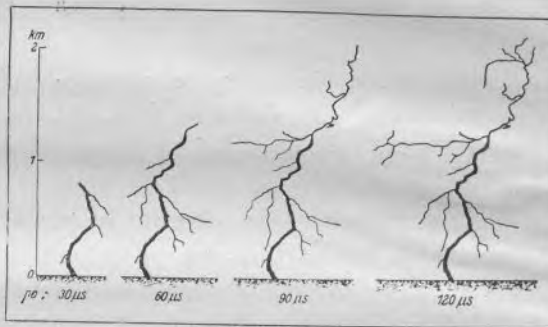


Ryc. 4.

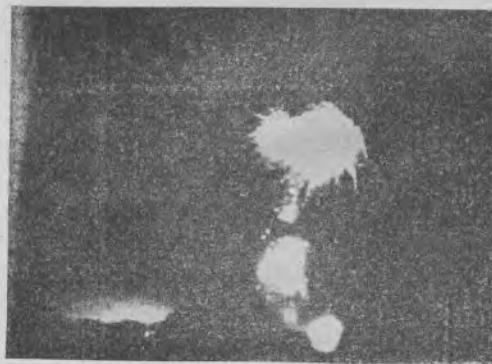


Ryc. 5.

Kule piorunowe poruszają się nieraz ze znaczną szybkością do 2 m/sek, czasem stają. Takie, tak zwane siedzące kule są najniebezpieczniejsze. Znikają one cicho lub z hukiem, zostawiając po sobie często brunatną mgłę i silny zapach.



Ryc. 6.



Ryc. 7.

I. C. Jensen w Physics, t. 4, str. 372, podaje opis i fotografię (ryc. 7) błyskawicy kulistej, którą opisuje jako kilka różowych mas; jedna była o średnicy 8,5 m, druga 12,8 m, na wysokości 28 m od ziemi, na razie posuwały się one poziomo na przestrzeni 60 m, następnie skierowały się ku ziemi i zniknęły z wielkim hukiem. Zjawisko trwało około 3 minut.

Usiłowano doświadczalnie wywołać wyładowania elektryczne kuliste. Udało się

to tylko w pewnej mierze dwóm badaczom, Plantemu i Toepferowi.

Z badań nowszych wynika, że tak jak perełki wyładowania kuliste tworzą się ze smugowych w szczególnie sprzyjających warunkach. Niewątpliwie są to skupienia gazów zjonizowanych, pobudzonych do świecenia. Dokładnej jednak teorii ich powstawania nie mamy.

Piorunochrony.

Stosowanie piorunochronów pierwszy zaproponował w roku 1750 Franklin, fizyk amerykański.

Franklin radził stawiać na domach żelazne pręty ostro zakończone, połączone z ziemią, przypuszczając, że ładunki elektryczne spływające z ostrzy zdołają w znacznym stopniu rozbroić chmury.

Dziś zdajemy sobie sprawę, że rola rozbrajania ładunków chmur może być wypełniona przez piorunochrony tylko w znikomym małym stopniu.

Piorunochron powinien dawać raczej wyładowaniom piorunowym drogę do ziemi bezpieczną i jak najkrótszą o małym oporze elektrycznym, aby piorun nie mógł uczynić szkody budynkowi, przedmiotom tam się znajdującym i ludziom.

Dziś stosowanych jest pięć rodzajów piorunochronów.

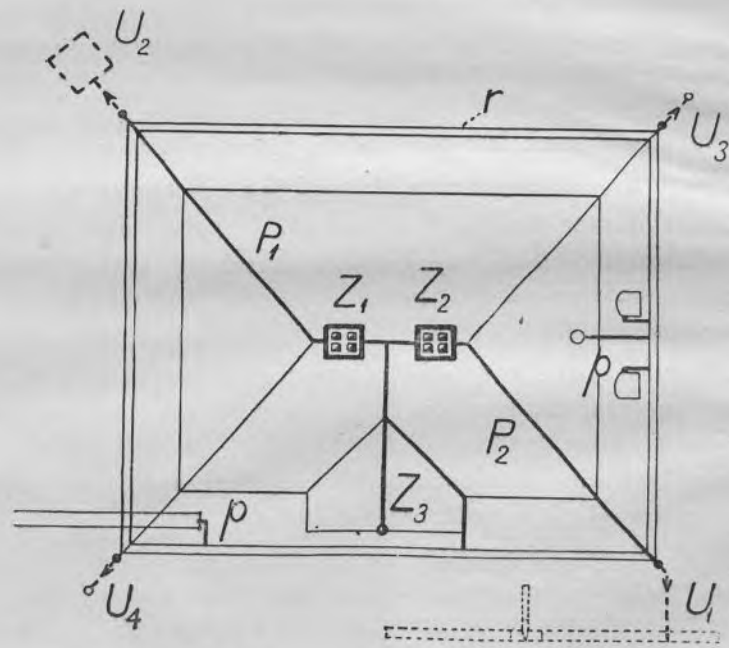
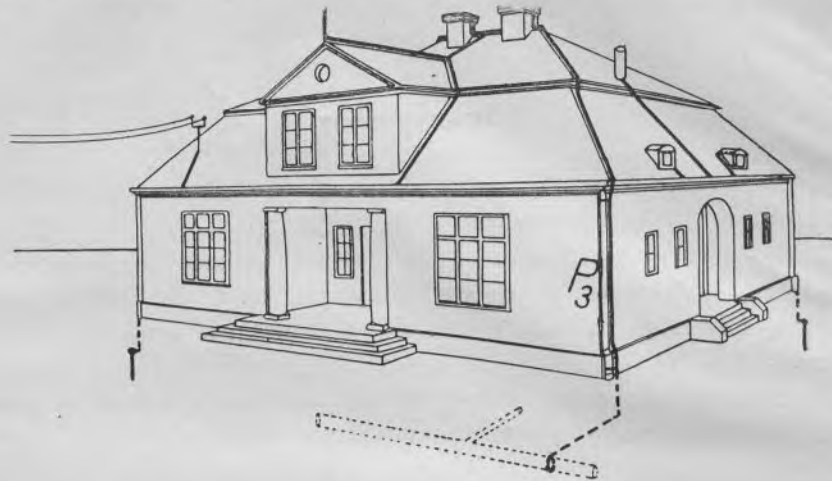
1. Prętowe, według Franklina i Gay Lussaca.
2. Wielokrotne według Melsensa.
3. Oszczędnościowe, wyzyskujące metalowe części budynków, według Findeisena i Ruppela.
4. Klatkowe Melsensa.
5. Radioaktywne, konstrukcji firmy francuskiej Helita¹⁾. Piorunochrony te mają na szczycie pręta krążek porcelanowy pokryty emalią i solą radioaktywną.

Przy budowie piorunochronów współczesnych nie zwracamy szczególnej uwagi na ostrość prętów, które w porównaniu do reszty budynku są zawsze dość ostre.

Nie ma także znaczenia dawniej uznawany stożek zabezpieczenia. Dawniej sądzono, że w granicach stożka, którego osią jest pręt piorunochronu, a kołową podstawą ma promień równy wysokości pręta, piorun uderzyć nie może.

¹⁾ M. Grenier. Bulletin de la Société Française des Electriciens, 1936 r., str. 513.

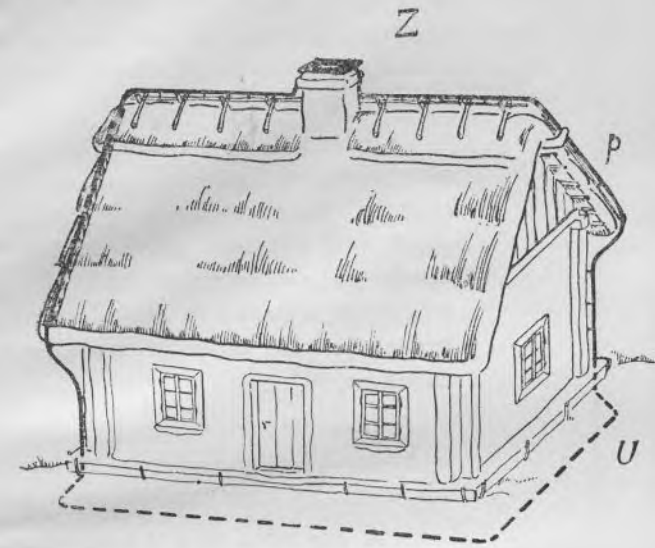
Dziś wiemy, że piorun tam bije, gdzie znajdzie odpowiednio zjonizowane powietrze, toteż znane są przypadki uderzenia pioruna u podstawy piorunochronu.



Ryc. 8.

Wobec tego liczymy tylko na to, że jest większe prawdopodobieństwo uderzenia pioruna w wystający pręt niż w przedmioty niżej położone.

Ważną jest sprawą, aby przewody piorunochronowe stanowiły przewód ciągły bez przerw, prowadzący z góry na dół drogą najkrótszą do uziemienia.



Ryc. 8-a.

Uziemienia muszą być jak najlepsze, doprowadzone możliwie do stale wilgotnej ziemi; jeżeli się to nie da, bo taka ziemia jest za głęboko, wtedy najlepsze uziemienie otrzymujemy przez ułożenie prze-

wodu w ziemi wokół budynku, a poza tym na rogach wachlarzowego rozgałęzienia. Przewody ziemne zakopuje się zwykle na głębokości od 50 cm do 1 metra pod powierzchnią ziemi, w postaci taśmy czy linki miedzianej lub żelaznej albo taśmy ołowianej, jeżeli grunt chemicznie działa na miedź i żelazo.

Szczegółowe wiadomości o budowie piorunochronów są podane w wydawnictwie Stowarzyszenia Elektryków Polskich pod tytułem „PNE 22/1931. Wskazówki co do ochrony budowli od elektrycznych wyładowań atmosferycznych oraz instrukcja dla kontroli urządzeń piorunochronowych“.

Jako przykłady służyć mogą rysunki wykonania piorunochronów na domku, chacie wiejskiej i na kominie (ryc. 8, 8-a i 9).

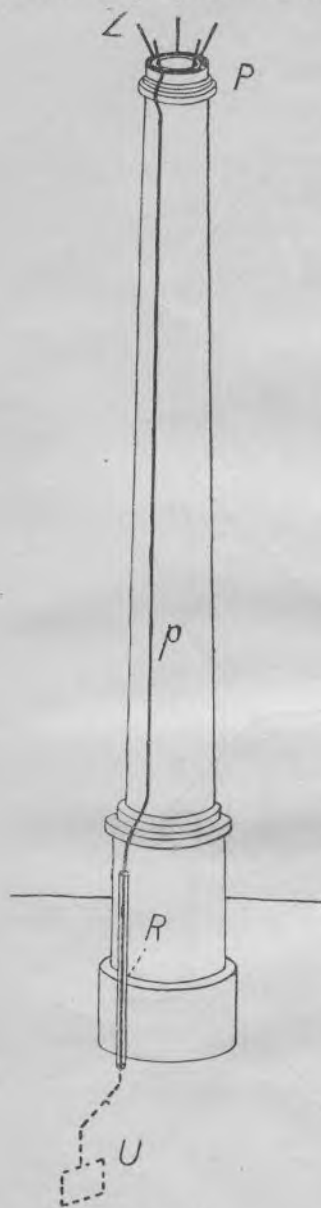
A oto kilka rad zachowania si ludzi w czasie burzy:

Nie należy w czasie burzy wychodzić z odosobnionego budynku.

Wewnątrz budynku najlepiej stać w środku pokoju, nie zbliżać się do przewodów elektrycznych i rur metalowych, do drzwi i okien, pieców i kominów.

Na dworze nie zbliżać się do drzew stojących osobno, słupów, pagórków, małych szop, najlepiej schować się do gęstego lasu, do ziemianki lub stanąć głęboko pod okapem.

Porażonych piorunem ludzi należy ratować sztucznym oddychaniem i zwalczać szkodliwy przesąd zakopywania porażonych do ziemi.



Ryc. 9.

Politechnika Warszawska.



4784/32

