



Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych

Wprowadzenie

We współczesnym świecie obserwowana jest coraz większa zależność niemalże wszystkich aspektów ludzkiej działalności od prawidłowego działania systemów i urządzeń elektronicznych. Spora liczba tych systemów musi być zainstalowana jako infrastruktura zewnętrzna – narażona na bezpośrednie oddziaływanie szkodliwych czynników środowiskowych, w tym na skutki wywołane wyładowaniami atmosferycznymi. W szczególności dotyczy to statków powietrznych, dla których prawdopodobieństwo trafienia piorunem w trakcie lotu lub podczas kołowania jest znacznie wyższe niż w przypadku instalacji naziemnych.

Te ostatnie zresztą są zwykle chronione przez różne systemy przeciwdziałające, których możliwość instalacji na pokładzie statku powietrznego jest ograniczona lub całkowicie niemożliwa. Zatem testy odporności samego statku powietrznego jak i jego systemów nawigacji i komunikacji na wyładowanie atmosferyczne stają się ważnym elementem kontroli jakości wytwarzanego sprzętu lotniczego i wpływają bezpośrednio na bezpieczeństwo operacji lotniczych. Podobna sytuacja dotyczy pozostałej infrastruktury elektronicznej, chociaż w tym przypadku skutki oddziaływania wyładowania atmosferycznego są zwykle mniej dramatyczne (najczęściej chwilowa, odwracalna awaria systemu), ale mogą być uciążliwe dla wielkich grup ludzkich.

Coraz większa świadomość zagrożeń związanych z uderzeniem pioruna spowodowała konieczność szczegółowego analizowania tego zjawiska oraz symulowania jego przebiegu w warunkach laboratoryjnych. W rezultacie doprowadziło to do powstania i rozwoju specjalizowanych centrów badawczo-technicznych, wyposażonych w instalacje umożliwiające precyzyjne zbadanie wpływu symulowanego wyładowania atmosferycznego na testowany obiekt. Powołane do działania w 1992 roku Laboratorium Symulowanych Wyładowań Atmosferycznych (LSWA) jest pierwszym tego typu centrum badawczo-technicznym powstałym na terenie Polski. LSWA działa w strukturach organizacyjnych IFPiLM, a jego kadre stanowią pracownicy naukowcy i badawczo-techniczni z wieloletnim doświadczeniem zawodowym obejmującym między innymi generację silnoprądowych, przejściowych wyładowań elektrycznych oraz szerokopasmową rejestrację impulsów elektrycznych.

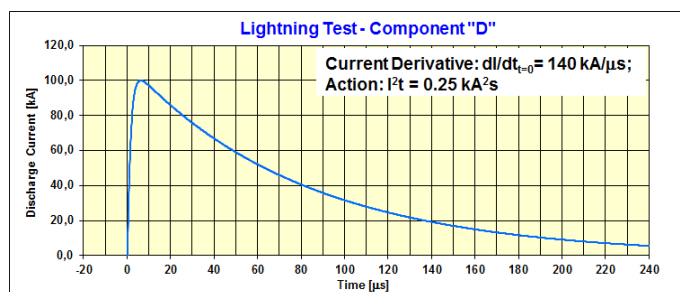
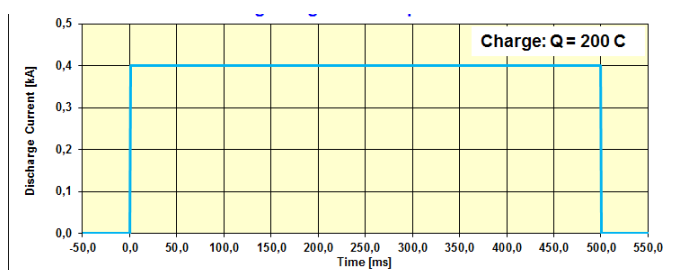
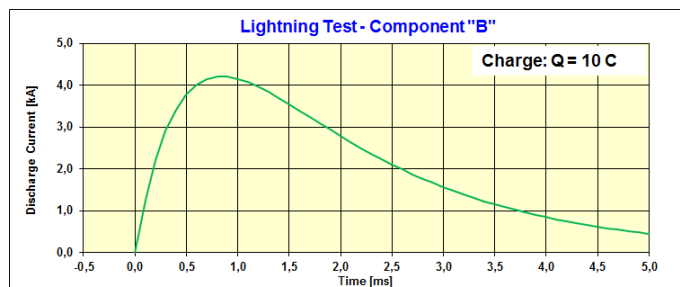
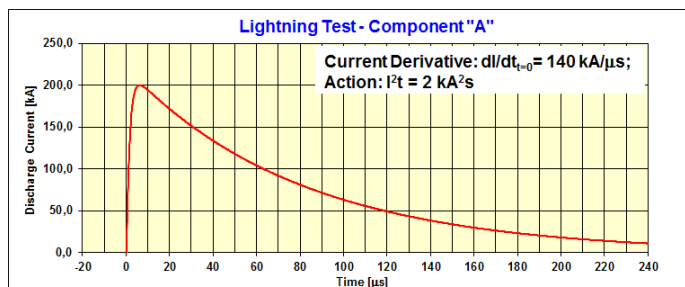
Pierwszym komercyjnym zleceniem realizowanym przez LSWA było kompleksowe badanie odporności śmigłowca W-3A Sokół na skutki wywołane symulowanym wyładowaniem atmosferycznym.

W czasie niemalże ćwierćwiecza podobne, kompleksowe jak i wycinkowe badania przeprowadzono dla siedmiu innych typów statków powietrznych. Z czasem oferta LSWA została poszerzona o badania urządzeń i systemów spoza szeroko rozumianej branży lotniczej. W tym zakresie, na szczególną uwagę zasługują coraz powszechniejsze testy odpornościowe instalacji fotowoltaicznych, w trakcie których sprawdzana jest poprawność działania ograniczników napięcia w nich wykorzystywanych.



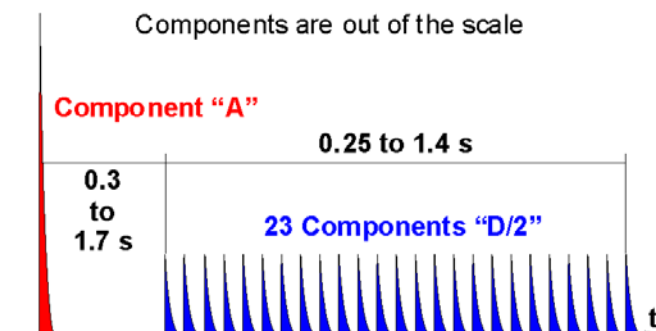
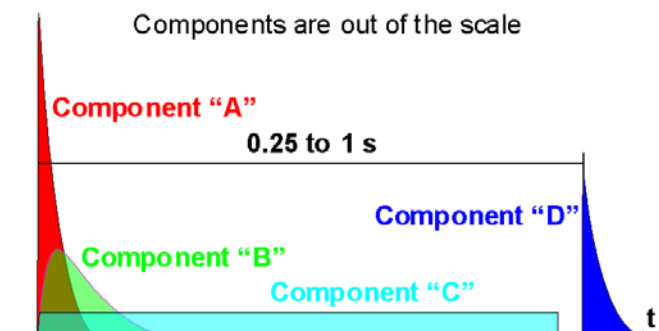
Impulsy składowe symulowanego wyładowania atmosferycznego

Wieloletnie obserwacje i badania wyładowań atmosferycznych wykazały, że w zjawisku tym występują w różnych kombinacjach i skalach cztery podstawowe typy impulsów składowych, z których każdy ma nieco inny sposób oddziaływania z obiektem. Przebieg czasowy impulsów podstawowych oraz ich najistotniejsze parametry zostały przedstawione w poniższej tabeli.



Standardowe modele symulowanego wyładowania atmosferycznego

Do symulacji wyładowania atmosferycznego w warunkach laboratoryjnych stosowane są zwykle dwie standardowe sekwencje czasowe wyładowania zawierające różne impulsy składowe. Zgodnie z wynikami badań przeprowadzonych na całym świecie, obie sekwencje standardowe odpowiadają ok. 90% wyładowań atmosferycznych obserwowanych w przyrodzie.



Klasyfikacja efektów oddziaływania wyładowania atmosferycznego na obiekty latające

Wszelkie zagrożenia dla bezpieczeństwa lotu statku powietrznego, wynikające z uderzenia pioruna, można podzielić na dwie główne grupy różniące się sposobem oddziaływania z obiektem jako integralną całością konstrukcyjną lub z jego systemami kontrolno-sterującymi.

Skutki bezpośrednie:

- Palenie, topienie, iskrzenie, wyładowania łukowe i parowanie materiału poszycia obiektu w miejscu jego styku z kanałem wyładowczym, powstawanie silnych naprężeń mających swe źródło zarówno w termicznej fali uderzeniowej związanej z kanałem wyładowczym jak i siłami elektrodynamicznymi związanymi z przepływającym prądem – prowadzące w efekcie do utraty hermetyczności lub trwałego odkształcenia elementów konstrukcyjnych obiektu;
- Wzrost temperatury wokół ścieżki wyładowania (ciepło Joule) oraz towarzyszące temu iskrzenia i przebicia elektryczne mogą spowodować zapalenie się obiektu latającego lub doprowadzić do zainicjowania wybuchu par w zbiornikach paliwa;

Skutki pośrednie:

- Zakłócenia lub uszkodzenia, w ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa, systemach kontrolno-pomiarowych i sterujących lotem obiektu wywołane silnymi polami elektrycznymi i magnetycznymi towarzyszącymi wyładowaniu atmosferycznemu.



Kompleksowa procedura laboratoryjnych badań odporności obiektów latających na wyładowanie atmosferyczne

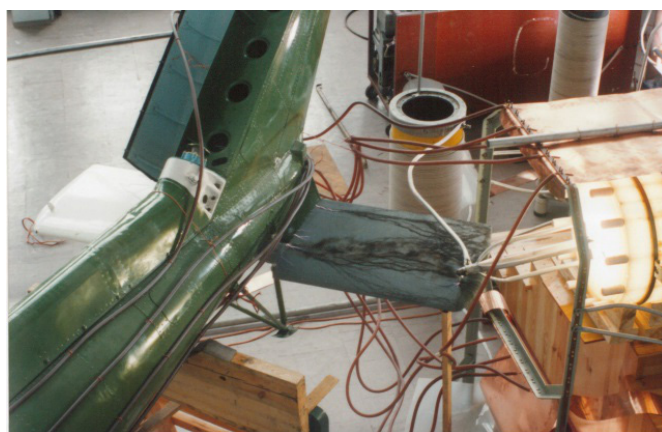
Procedura kompleksowa składa się z czterech różnych etapów badawczych:

Próba na wybiórczość trafień – określenie najbardziej prawdopodobnych dróg przepływu prądu przez badany obiekt podczas wyładowania.

Próbie tę przeprowadza się w specjalnie przygotowanych, separowanych laboratoriach badawczych. Do zwizualizowania ścieżek wyładowczych używa się napięcia probierczego mieszczącego się w zakresie od jednego do kilku MV, przy prądzie wyładowania rzędu kilku kA;

Śmigłowiec W-3A Sokół podczas prób na wybiórczość trafień przeprowadzanych dla przedniej części kabiny (próby przeprowadzono w Laboratorium Wysokich Napięć Instytutu Energetyki, Warszawa-Mory)

Próba typu direct – badanie skutków bezpośrednich – uszkodzeń mechanicznych i elektrycznych wywoływanych wyładowaniem oddziaływującym na najbardziej istotne części składowe badanego obiektu wskazane przez jego producenta (w przypadku śmigłowca będą to zazwyczaj łopaty obu wirników, stateczniki, kabina pilotów, zbiorniki paliwa itp.). Podczas badania skutków bezpośrednich najczęściej wykorzystywana jest standardowa sekwencja „A+B+C+D” przeprowadzana w pełnej skali wyładowania (50kV/200 kA, MAX);



Statecznik śmigłowca W-3A Sokół podczas badań skutków bezpośrednich;

Fotografia zarejestrowana podczas wyładowania (część lewa); Zauważalne efekty wyładowania (część prawa)

Próba typu indirect - badanie skutków pośrednich – określenie kształtu i poziomu zakłóceń elektrycznych mogących się pojawić podczas wyładowania, w najważniejszych z punktu widzenia bezpieczeństwa lotu, systemach kontrolno-pomiarowych i sterujących (układy nadzorujące pracę silników, autopilot, żyrobusola, radar itp.) Podczas badania skutków pośrednich najczęściej wykorzystywana jest standardowa sekwencja „A+23D/2” przeprowadzana w skali 1:10 (dotyczy to prądu opływającego obiekt), a uzyskane wyniki (zakłócenia na magistralach przesyłowych) przemnażane są przez 10;

Testy odpornościowe – badanie stabilności pracy wybranych systemów sterowania i kontroli podczas wprowadzania do ich instalacji sygnałów zakłócających, których parametry zostały określone na podstawie wyników badań efektów pośrednich.



Infrastruktura badawczo-pomiarowa LSWA

LSWA dysponuje wewnętrzną przestrzenią badawczo-pomiarową o powierzchni przekraczającej 1000 m², ulokowaną w głównej hali laboratoryjnej IFPiLM. Dzięki zainstalowanej w tej przestrzeni suwnicy o udźwigu 5 T, istnieje możliwość bezpośredniego podejmowania i przemieszczania dużych, separowanych elementów statków powietrznych dostarczanych do badań.

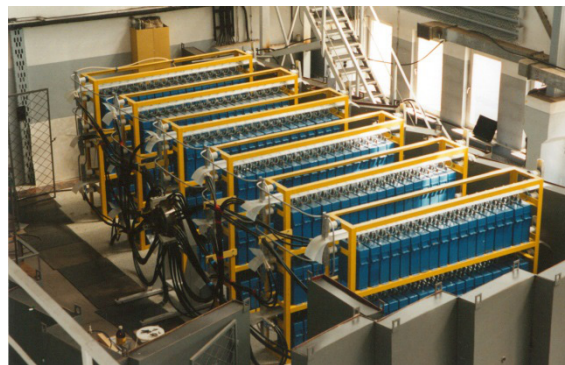
Wewnętrzna przestrzeń badawczo-pomiarowa jest wykorzystywana zwykle do badań skutków bezpośrednich oddziaływania symulowanego wyładowania atmosferycznego na obiekty latające. W przypadku obiektów latających o niewielkiej kubaturze (taksówki powietrzne, drony), może ona być także miejscem przeprowadzania badań skutków pośrednich i testów odpornościowych.

Badania skutków pośrednich oraz testów odpornościowych dla statków powietrznych o większej kubaturze zwykle są przeprowadzane na dziedzińcu wewnętrznym IFPiLM, w ramach którego organizowana jest tymczasowa, zewnętrzna przestrzeń badawczo-pomiarowa.

Badania odpornościowe urządzeń lub systemów elektronicznych – nie będących częścią statku powietrznego, przeprowadzane są zawsze w wewnętrznej przestrzeni badawczo-pomiarowej.

Baza badawczo-pomiarowa LSWA obejmuje między innymi:

- Generatory czterech składowych symulowanego wyładowania atmosferycznego. Wartości szczytowe napięcia i prądu generatora składowej typu „A” osiągają poziom 50 kV/200 kA, odpowiednio;
- Specjalizowane generatory typu 8/20 i 10/350 przeznaczone do badania urządzeń anty-przebiegowych (stosowanych w sieciach elektroenergetycznych jak i instalacjach fotowoltaicznych) podczas obciążeń wywoływanych symulowanym wyładowaniem atmosferycznym;
- Generatory przejściowych uderzeń prądowych pracujące w aranżacji wynikającej ze specyficznych wymagań klienta;
- Mobilne, szerokopasmowe generatory zakłóceń umożliwiające przeprowadzanie testów odpornościowych także w siedzibie klienta;
- Stacjonarne i mobilne klatki Faraday’a;
- Szerokopasmowe oscyloskopy cyfrowe;
- Sondy wysokonapięciowe i prądowe, dzielniki wysokich napięć oraz boczniki silnoprądowe.



Generatory składowych symulowanego wyładowania atmosferycznego zainstalowane w wewnętrznej przestrzeni badawczo-pomiarowej LSWA;

Widok generatorów składowych „A”, „C” i „D” (część lewa); Widok generatora składowej „C” (część prawa)



Oferta LSWA

Portfolio usług LSWA obejmuje:

- Przeprowadzanie procedury badawczej pozwalającej na określenie odporności obiektów różnego typu (włącznie ze statkami powietrznymi) na obciążenia wnoszone przez symulowane wyładowanie atmosferyczne. W ramach tej procedury przeprowadzane są próby direct i indirect oraz testy odpornościowe. Zasadniczo, kolejne etapy badań realizowane są w siedzibie LSWA, ale w przypadkach koniecznych (i możliwych do zrealizowania) próby typu indirect i testy odpornościowe mogą być przeprowadzane w siedzibie klienta;
- Badania ograniczników napięcia stosowanych w instalacjach fotowoltaicznych – zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 61643-31:2019;
- Badanie reakcji urządzeń elektronicznych na obciążenia wnoszone przez silnoprądowe, przejściowe wyładowania elektryczne, których przebieg czasowy oraz prądy szczytowe ustalane są na podstawie specyficznych wymagań klienta;
- Kontrolę poprawności działania aparatury dostarczonej przez klienta w polach wysokich zakłóceń elektromagnetycznych.
- Zespół badawczy LSWA dokłada zawsze wszelkich starań aby oferowane usługi były precyzyjnie dostosowane do potrzeb klientów, a naszą dewizą jest przejrzystość procedur badawczych oraz elastyczność i wiarygodność działania.

