

Andrzej SZELMANOWSKI, Jerzy BOROWSKI, Krzysztof GŁYDA

KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE BADAŃ LOTNICZEJ INSTALACJI PRZECIWOPOŻAROWEJ TYPU SSP-FK W ASPEKTCIE FAŁSZYWEGO SYGNALIZOWANIA POŻARU

Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane wyniki prac realizowanych w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych (ITWL) w zakresie badań instalacji przeciwpożarowej SSP-FK stosowanej na wielu typach wojskowych statków powietrznych eksploatowanych w Siłach Zbrojnych RP. Dla określania warunków fałszywego sygnalizowania pożaru opracowano modele symulacyjne działania bloków wykonawczych SSP-FK-BI. Badania modeli symulacyjnych działania układów instalacji przeciwpożarowej wykonano w pakietach obliczeniowych Matlab-Simulink i Circuit-Maker. Wyniki tych prac zostały wykorzystane do diagnostyki instalacji SSP-FK w trakcie badania rzeczywistych przypadków fałszywego zadziałania tych urządzeń.

WSTĘP

Odotowane w systemach eksploatacji, liczne przypadki samoczynnego zadziałania lotniczej instalacji przeciwpożarowej SSP-FK (włącznie z uruchomieniem zaworów i butli gaśniczych) świadczą o tym, że jest ona nie do końca jeszcze poznana w aspekcie technicznym, a ze względu na pełniąca rolę na statku powietrznym jest elementem podstawowym do zapewnienia bezpieczeństwa lotu [1]. Rozwiązanie problemu z fałszywą sygnalizacją pożaru instalacji SSP-FK jest zagadnieniem ważnym dla bezpiecznej eksploatacji samolotów i śmigłowców wojskowych [2, 3], gdyż jest ona systemem prewencyjnym (ostrzegającym załogę o możliwości wystąpienia pożaru) i ratowniczym (mającym ugasić pożar) w każdej fazie lotu. Znaczenia nadaje także fakt, że instalacja SSP-FK jest eksploatowana na wielu typach wojskowych statków powietrznych (m.in. na śmigłowcach z rodziny W-3/3W/3WA/3PL i Mi/8/14/17/24 oraz samolotach An-28 i Tu-154M).

Wybraną do analizy instalację przeciwpożarową SSP-FK na śmigłowcu Mi-8 (fot. 1.), pod względem przeznaczenia można podzielić na dwie części [4]: układ wykrywania pożaru i układ gaszenia pożaru z pulpitem sterowania. W skład układu wykrywania pożaru SSP-FK śmigłowca Mi-8 wchodzi 12 grup czujników DPS (umieszczonych w 4 kontrolowanych przedziałach śmigłowca) oraz 2 elektroniczne bloki wykonawcze SSP-FK-BI.



Fot. 1. Widok wielozadaniowego śmigłowca wojskowego typu Mi-8 z systemami pokładowymi w czasie badań instalacji przeciwpożarowej SSP-FK [materiał ITWL, 2014]

Z powyższej analizy wynika, że na śmigłowcu Mi-8 kontrolowane są przedziały: lewego silnika; prawego silnika; głównego reduktora oraz przedział naftowego pieca ogrzewczego KO-50. Z uwagi na fakt, że na śmigłowcu Mi-8 butle gaśnicze wyposażone są w jedną piroglowicę, magistrala rozprowadzania środka gaśniczego podzielona została na dwie części: część wspólną dla wszystkich kontrolowanych przedziałów i butli (zakończoną 4 odcinającymi zaworami przeciwpożarowymi) oraz 4 magistrale doprowadzające mieszankę gaśniczą do wybranego przedziału.

Warunkiem rozpoczęcia procesu gaszenia jest w następującej kolejności: pojawienie się sygnału na wejściu bloku wykonawczego, otwarcie właściwego zaworu oraz podanie napięcia +27V na piroglowicę butli. Głównym elementem generującym sygnał pożaru i sterującym pracą instalacji przeciwpożarowej SSP-FK jest blok wykonawczy SSP-FK-BI, który zawiera 6 niezależnych płytek elektronicznych z układami wzmacniającymi sygnały, zwanych płytkami wzmacniaczy [4].

Na podstawie analizy działania instalacji przeciwpożarowej SSP-FK oraz badań wykonanych na pokładzie śmigłowca Mi-8 jako możliwe przyczyny jej samoczynnego zadziałania przyjęto następujące zjawiska (traktowane jako hipotezy badawcze):

- generacja napięcia uruchamiającego w czujnikach DPS na skutek gwałtownych zmian temperatury otoczenia (oddziaływanie mrozu, a następnie podmuch zimnego lub gorącego powietrza),
- generacja napięcia uruchamiającego w obwodzie sterowania przekaźnikiem wyjściowym płytki wzmacniacza bloku SSP-FK-BI na skutek wewnętrznych zwarc lub uszkodzeń elementów elektronicznych (np. wpływ wilgoci lub procesów starzenia),
- generacja napięcia uruchamiającego w obwodzie sterowania przekaźnikiem wyjściowym płytki wzmacniaczy bloku SSP-FK-BI na skutek oddziaływania elektrycznych impulsów zakłócających w obwodach zasilania lub kontroli (np. wpływ włączania/wyłączania źródeł zasilania i odbiorników dużej mocy).

Dla weryfikacji powyższych hipotez wykonano odpowiednie symulacje komputerowe, a ich wyniki zweryfikowano w warunkach laboratoryjnych w ITWL.

1. KOMPUTEROWE BADANIA WYBRANYCH MODELI SYMULACYJNYCH W ZAKRESIE ZADZIAŁANIA SYSTEMU PRZECIWPOŻAROWEGO SSP-FK

Z przeprowadzonej analizy [4, 5] wynika, że instalacja przeciwpożarowa SSP-FK na pokładzie śmigłowca Mi-8 działa w taki sposób, że czujniki DPS wytwarzają siłę termoelektryczną (siłę elektromotoryczną), której wielkość jest proporcjonalna do różnicy pomiędzy temperaturą zewnętrzną spoiny termoelementu (nagrzewanej lub chłodzonej opływającą strugą powietrza), a temperaturą wewnętrzną spoiny umieszczonej w złączu czujnika.

W blokach wykonawczych SSP-FK-BI (stanowiących elektroniczne układy logiczne, realizujące algorytm automatycznego wykrywania pożaru) siła termoelektryczna, podawana z czujników DPS, porównywana jest z dopuszczalnym poziomem napięcia i w razie przekroczenia tej wartości na wyjściu bloku pojawia się sygnał uruchamiający instalację sygnalizacji i gaszenia pożaru.

Sygnał ten jest podawany na uzwojenie przekątnika pośredniczącego TKE-54PODG, który poprzez zamknięcie swoich zestyków wchodzi w stan „samopodtrzymania” zasilania obwodu cewki [5]. Jednocześnie podaje on sygnał pożaru do obwodu sygnalizacji i obwodu gaszenia (m.in. na blok zaworów przeciwpożarowych 781100, który otwiera odpowiednią magistralę gaśniczą).

Tor wewnętrzny bloku wykonawczego SSP-FK-BI w zakresie przetwarzania sygnału składa się z komparatora US1 płytki wzmacniaczy (sygnał z nadajnika podawany jest na wejście nieodwracające komparatora), wzmacniacza operacyjnego US2, tranzystora wstępnego sterowania T3 oraz tranzystora mocy T4, sterującego zadziałaniem przekątnika wykonawczego RES-52 [2].

Na podstawie wykonanej analizy działania i badań wstępnych instalacji przeciwpożarowej SSP-FK opracowano modele symulacyjne działania jego wybranych elementów.

Poniżej zaprezentowano wybrane możliwości wykorzystania wspomaganie komputerowe na bazie pakietów obliczeniowych Matlab-Simulink oraz Circuit-Maker na etapie teoretycznych badań tego systemu, w zakresie czujników pożaru DPS i DTBG oraz bloku wykonawczego SSP-FK-BI.

1.1. Wyniki komputerowych badań modeli symulacyjnych w zakresie możliwości zadziałania czujników pożaru typu DPS i DTBG

Do oceny, jako pierwsza została wybrana hipoteza o możliwości generacji w czujnikach DPS napięcia uruchamiającego instalację SSP-FK na skutek gwałtownych zmian temperatury otoczenia (oddziaływanie mrozu, podmuch zimnego lub gorącego powietrza). Do badań przyjęto opracowane w ITWL modele dla dwóch typów czujników (fot. 2. i 3.): DPS (z pojedynczym układem spoin) i bardziej czułych DTBG (z podwójnym układem spoin).

Na podstawie badań symulacyjnych (wykonanych w pakiecie Matlab-Simulink) stwierdzono, że dla przypadku włączonego pieca ogrzewczego KO-50 i jego wentylatora na pokładzie śmigłowca w warunkach zimowych o założonym przebiegu procesu zmian temperatury powietrza otaczającego spoiny zewnętrzne czujnika w przyjętej kolejności: -20°C , $+60^{\circ}\text{C}$, -20°C generowana w czujniku siła termoelektryczna wynosi odpowiednio: 0 mV, +7,2 mV, 0 mV (dla czujnika DPS) oraz 0 mV, +18,2 mV / +14 mV, -4,5 mV / 0 mV (dla czujnika DTBG).

Minimalna wartość siły termoelektrycznej generowanej z jednego czujnika, wymaganej do uruchomienia sygnalizacji pożaru, wynosi około 10 mV, z czego wynika, że czujniki typu DTBG mogą być przyczyną fałszywego zadziałania systemu SSP-FK na skutek nagłego podania ciepłego powietrza pochodzącego z pieca ogrzewczego KO-50 (przy włączonym wentylatorze pieca).



Fot. 2. Widok elementów termoelektrycznego dla czujnika pożaru typu DPS [materiał ITWL, 2015]



Fot. 3. Widok elementów termoelektrycznego dla czujnika pożaru typu DTBG [materiał ITWL, 2015]

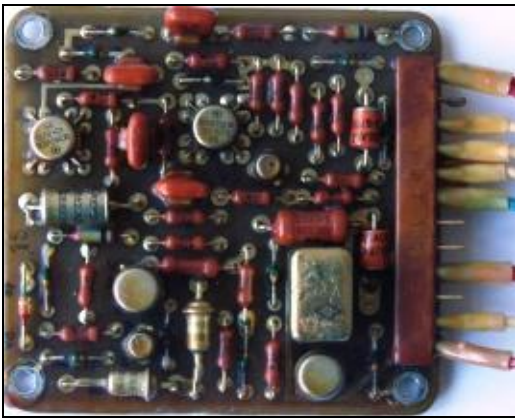
Dodatkowo przeprowadzone badania wykazały, że gwałtowne ochłodzenie powietrza otaczającego czujniki poddawane ogrzewaniu z pieca KO-50 o założonym przebiegu zmian temperatury: -20°C , $+60^{\circ}\text{C}$ / -50°C / $+60^{\circ}\text{C}$, -20°C wywołuje generowanie siły termoelektrycznej odpowiednio: 0 mV, +7,2 mV / -2,6 mV / +7,2 mV, 0 mV (dla czujnika DPS) oraz 0 mV, +18,2 mV / +14 mV, -12 mV / -5,1 mV, +21 mV / +14 mV, -4,5 mV / 0 mV (dla czujnika DTBG).

Przeprowadzone badania symulacyjne pozwoliły również wykazać, że nagłe ochłodzenie czujnika DPS nie powoduje znaczącego wzrostu siły termoelektrycznej generowanej w czujniku i nie może ono być przyczyną samoczynnego zadziałania instalacji SSP-FK dla przyjętych warunków cieplnych (tj. włączenia wentylatora pieca ogrzewczego KO-50).

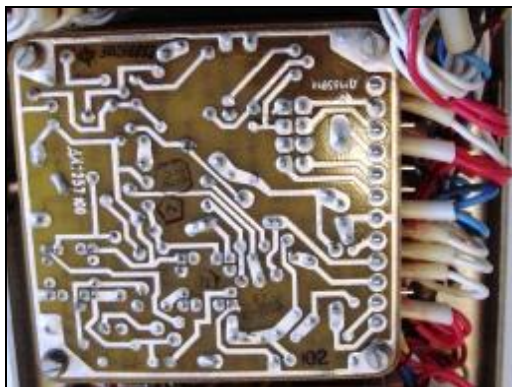
1.2. Wyniki komputerowych badań modeli symulacyjnych ITWL w zakresie możliwości zadziałania bloków wykonawczych SSP-FK-BI

Celem badań symulacyjnych modeli wybranych obwodów elektrycznych bloków wykonawczych SSP-FK-BI (opracowanych w pakiecie Circuit-Maker) było zweryfikowanie hipotezy o możliwości ich fałszywego zadziałania na skutek wystąpienia zwarć między obwodami lub wpływu impulsów zakłócających występujących w obwodach zasilania lub kontroli płytek wzmacniaczy.

Z analizy działania instalacji SSP-FK wynika, że każda z sześciu płytek wzmacniaczy (fot. 4. i 5.) bloku wykonawczego SSP-FK-BI, wraz z grupą czujników DPS, stanowi oddzielny (niezależny od pozostałych) kanał wykrywania pożaru. Zasilanie z szyny akumulatorowej poprzez zaciski złącza Sz4 bloku wykonawczego SSP-FK-BI podawane jest do końcówek zasilania każdej z płytek wzmacniaczy. Dla każdej płytki „plus” zasilania podawany jest na końcówki zasilania 1, 4 i 12 złącza płytki, natomiast „minus” zasilania na końcówkę 7 złącza płytki [4].



Fot. 4. Widok płytki wzmacniaczy od strony zabudowy elementów elektronicznych [materiał ITWL, 2015]



Fot. 5. Widok płytki wzmacniaczy od strony połączeń elementów elektronicznych [materiał ITWL, 2015]

Zgodnie z wynikami badań możliwości fałszywego (samoczynnego) zadziaływania instalacji SSP-FK opisanymi w [2], w przypadku wystąpienia pożaru w kontrolowanym przez system SSP-FK przedziale, pod wpływem nagłego wzrostu temperatury rośnie siła termoelektryczna w grupie czujników DPS danego kanału (m.in. przedziału ogrzewacza KO-50) i powoduje wzrost napięcia podawanego na wejście nieodwracające komparatora US1 płytki wzmacniaczy tego kanału.

W chwili, gdy napięcia podawane na wejścia sygnałowe komparatora US1 zrównają się, następuje skok napięcia wyjściowego z komparatora US1 do poziomu wysokiego. Napięcie to podane na wejście odwracające wzmacniacza US2, będąc wyższym od napięcia odniesienia podawanego na wejście nieodwracające, powoduje skok napięcia do poziomu niskiego. Sygnał ten podany na bazę tranzystora T3 powoduje jego otwarcie i w układzie kolektorowym T3 płynie prąd. Powoduje to spadek napięcia na rezystorze R19, który podany na bazę tranzystora T4, powoduje jego otwarcie i jednocześnie zamknięcie przez diodę D28 obwodu minusowego przełącznika wyjściowego RES-52. Zadziałanie przełącznika powoduje podanie napięcia zasilania na końcówkę 2 płytki wzmacniacza, z którego otrzymywany jest sygnał o pożarze. Sygnał ten podawany jest dalej do obwodów wykonawczych, uruchamiających układ sygnalizacji i gaszenia pożaru dla nadzorowanego przedziału (uruchamiany jest m.in. przełącznik wykonawczy TKE-54PODG i blok zaworów przeciwpożarowych 781100).

Na podstawie funkcjonowania płytek wzmacniaczy bloku SSP-FK-BI określono ideowy schemat elektryczny (wraz z identyfikacją ich elementów) oraz opracowano ich odpowiednik numeryczny w pakiecie Circuit-Maker (umożliwiającym projektowanie i testowanie obwodów elektrycznych).

Badania symulacyjne opracowanego schematu ideowego wykazały, że możliwe zwarcia elektryczne między wybranymi elementami elektronicznymi w obwodach płytek wzmacniaczy (m.in. zwarcie obwodu wyjścia komparatora US1 do obwodu masy poprzez kondensator C10, zwarcie obwodu wyjścia wzmacniacza US2 do obwodu masy poprzez kondensator C2, zwarcie obwodu kolektora i bazy lub obwodu kolektora i emitera tranzystora T4) powodują uruchomienie przełącznika RES-52 na płytce wzmacniaczy i samoczynne zadziałanie układu sygnalizacji pożaru.

Stwierdzono także, że zadziałanie przełącznika RES-52 i pojawienie się sygnału pożaru może być wywołane także przez chwilowe impulsy zakłócające występujące w obwodach zasilania lub kontroli płytki wzmacniaczy przy włączaniu / wyłączaniu odbiorników dużej mocy [5]. Zachodzi to jednak wtedy, gdy nie działają układy filtrujące znajdujące się na płytce wzmacniaczy w warunkach jej zawilgocenia (m.in. kondensatory C2, C5, C10 i pojemności wewnętrzne tranzystora T3).

Przeprowadzone badania symulacyjne wykazały, że obwód „emiter tranzystora T3 – baza tranzystora T4” stanowi wewnętrzny układ filtrujący o właściwościach członu różniczkującego (powodującego powstawanie charakterystycznych „szpilek” dla impulsu prostokątnego). Aby uzyskać na bazie tranzystora T4 napięcie sterujące w postaci dłuższej trwającego impulsu prostokątnego, należy użyć zakłóceń o przebiegu trójkątnym (lub piłokształtnym).

Na podstawie badań oszacowano, że dla wytworzenia napięcia sterującego tranzystorem T4 o parametrach 500 mV / 10 ms (uruchamiające zadziałanie bloku SSP-FK-BI), impuls zakłócający w zasilaniu płytki wzmacniaczy musiałby posiadać kształt zbliżony do impulsu trójkątnego o wysokiej amplitudzie rzędu 1,5 kV / 10 ms, co jest mało prawdopodobne na pokładzie śmigłowca w warunkach normalnych (bo powoduje stałe uszkodzenie wybranych elementów elektronicznych).

Symulacje wykazały natomiast, że impulsy elektryczne mogą uruchomić układ sygnalizacji pożaru w przypadku chwilowego nieutrzymywania parametrów przez układy filtrujące np. w warunkach zawilgocenia (m.in. pojemności wewnętrzne tranzystora T3). Wtedy zakłócenia występujące w obwodach zasilania o kształcie impulsu trójkątnego i amplitudzie rzędu 30 V / 10 ms mogą przedostawać się do obwodów sterowania płytki wzmacniaczy (m.in. na bazę tranzystora T4). W takiej sytuacji możliwe jest pojawienie się napięcia otwierającego tranzystor T4 i uruchamiającego przełącznik RES-52 (co powoduje fałszywe generowanie sygnału pożaru).

2. ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWYCH BADAŃ OPRACOWANYCH MODELI SYMULACYJNYCH W DIAGNOZOWANIU INSTALACJI SSP-FK

Otrzymane dla wykonanych symulacji komputerowych wyniki badań zostały wykorzystane do diagnostyki bloków wykonawczych instalacji przeciwpożarowej SSP-FK w trakcie badania rzeczywistych przypadków samoczynnego zadziałania tych urządzeń (m.in. ekspertyzy realizowane w ITWL w latach 2010 i 2014 / 2015).

Z analizy statystycznej [1] wynika, że wśród niesprawności urządzeń instalacji przeciwpożarowej SSP-FK dominującą grupę stanowią uszkodzenia bloku wykonawczego SSP-FK-BI (ok. 30% ogólnej liczby niesprawności występujących na statkach powietrznych Sił Zbrojnych RP eksploatujących tą instalację).

Dlatego jako przykładowe do ilustracji zastosowania badań komputerowych wybrano wyniki badań dla zakłóceń temperaturowych (oddziałujących bezpośrednio na czujniki pożaru DPS i DTBG) oraz zakłóceń elektrycznych (pojawiających się w obwodach zasilania i kontroli bloków wykonawczych SSP-FK-BI).

2.1. Wyniki eksperymentalnych badań weryfikacyjnych modeli symulacyjnych instalacji SSP-FK dla zakłócających wymuszeń temperaturowych

Dla weryfikacji wyników uzyskanych w badaniach symulacyjnych dokonano sprawdzenia siły termoelektrycznej generowanej dla czujnika typu DPS i DTBG umieszczonego w płomieniu zapalniczki. Wartość maksymalna generowanego napięcia na wyjściu czujnika pożaru dochodzi do +270 mV (dla czujnika DTBG) oraz do +130 mV (dla czujnika DPS).

Wykazano, że nagłe ochłodzenie spoin zewnętrznych czujnika powoduje zmniejszenie wartości siły termoelektrycznej, a nawet przyjęcie przez nią wartości ujemnej (blokującej skok napięcia wyjściowego na komparatorze US1).

Otrzymane wyniki badań eksperymentalnych potwierdziły hipotezę, że czujniki typu DTBG mogą być przyczyną fałszywego zadziałania instalacji SSP-FK na skutek nagłego nagrzania spoin przez ciepłe powietrze z uwagi na ich dużą czułość. Wykluczyły one jednak założenie, aby nagłe ochłodzenie czujnika DPS powodowało samoczynne zadziałanie instalacji SSP-FK dla przyjętych warunków cieplnych (tj. włączenia lub wyłączenia ogrzewacza KO-50).

2.2. Wyniki eksperymentalnych badań weryfikacyjnych modeli symulacyjnych instalacji SSP-FK dla zakłócających wymuszeń elektrycznych

Do badań elektrycznych wybrano dwie „ścieżki” oddziaływania impulsów zakłócających: kanał sygnałowy komparatora US1 oraz kanał sterowania tranzystorem T4. Z analizy działania płytki wzmacniaczy bloku SSP-FK-BI wynika, że zadziałanie układu w warunkach normalnych jest wywołane ogrzaniem czujnika DPS lub podaniem sygnału KONTROLA (tzw. sygnał startowy).

Sygnał startowy na wejściu komparatora US1 powoduje pojawienie się dodatniego napięcia na bazie tranzystora T4, co z kolei uruchamia przekaźnik RES-52 na płycie wzmacniaczy [2].

W trakcie badań poziomu zakłóceń występujących w obwodach zasilania instalacji SSP-FK wykonanych na śmigłowcu Mi-8 stwierdzono, że w czasie włączania i wyłączania źródeł zasilania (np. rozrusznika / prądnicy prądu stałego GS-18TP) oraz odbiorników dużej mocy (np. pieca grzewczego KO-50) pojawiają się impulsy zakłócające. Parametry tych impulsów mogą dochodzić do +2,8V / 0,1s i -14,8V / 1s (przy włączaniu odbiorników) oraz +21V / 1s (przy wyłączaniu odbiorników). W obwodach kontroli bloku wykonawczego SSP-FK-BI stwierdzono występowanie zakłóceń o poziomach około 10-krotnie niższych tj. +0,2V / 0,01s i -1,4V / 0,1s (przy włączaniu odbiorników) oraz +2,1V / 0,1s (przy wyłączaniu odbiorników).

Na podstawie powyższych danych, w ITWL opracowano i zbudowano wysokoprądowy generator impulsów zakłócających oraz wykonano badania instalacji przeciwpożarowej SSP-FK w warunkach laboratoryjnych spełniających wymagania dla pokładowych układów zasilania elektrycznego [6]. Impulsy zakłócające o amplitudzie do 50 V i częstotliwości 1 Hz ÷ 1 MHz były nakładane na napięcie zasilania zmieniane w zakresie 24 ÷ 32 VDC.

Stwierdzono, że impulsy o czasie trwania rzędu 10 μs są zbyt krótkie, aby „zdążyły” uruchomić przekaźnik RES-52 mimo, że wartość amplitudy na bazie tranzystora T4 jest wystarczająca do jego otwarcia (zamyka on obwód zasilania cewki przekaźnika). Jednak dla dłuższego trwającego impulsu zakłócającego (o okresie rzędu 10 ms) nie stwierdzono wymaganej wartości napięcia na bazie tranzystora T4, mogącej uruchomić przekaźnik RES-52. Zgodnie z wynikami symulacji komputerowych, obwód „zasilanie płytki – baza tranzystora T4” zawiera układy filtrujące i przejawia właściwości elementu różniczkującego.

Sytuacją, w której impulsy elektryczne występujące w obwodach zasilania płytek wzmacniaczy mogą uruchomić układ sygnalizacji pożaru jest chwilowa utrata właściwości filtrujących przez wybrane elementy elektroniczne (m.in. kondensatory i tranzystory) na skutek ich zawilgocenia lub zwarcia ich obwodów spowodowanego zawilgoceniem płytki.

Badania laboratoryjne wykazały, że dla amplitudy impulsu zakłócającego rzędu 30 V występuje napięcie otwierające na bazie tranzystora T4 i uruchamiany jest przekaźnik RES-52. Potwierdziło to hipotezę o możliwości fałszywego zadziałania instalacji SSP-FK na skutek chwilowych zakłóceń występujących w pokładowej sieci elektroenergetycznej.

PODSUMOWANIE

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że badania symulacyjne opracowanych w ITWL numerycznych modeli diagnostycznych instalacji przeciwpożarowej SSP-FK umożliwiają określenie warunków mogących wywołać jej samoczynne zadziałanie oraz wartości parametrów dla wybranych czynników zakłócających (m.in. kształt impulsu, wartość amplitudy i czasu trwania).

Wspomaganie komputerowe badań może być także wykorzystane do projektowania specjalizowanych układów kontrolno-pomiarowych przeznaczonych do wytwarzania zakłóceń elektrycznych mogących być przyczyną samoczynnego zadziałania instalacji przeciwpożarowej SSP-FK [2, 3].

Specjalizowany układ kontrolno-pomiarowy, zbudowany w ITWL, umożliwia generację impulsów zakłócających, symulujących zjawiska dynamiczne występujące w pokładowej sieci zasilania elektro-energetycznego podczas wykonywania rozruchu silnika lub włączania / wyłączania źródeł energii i odbiorników elektrycznych dużej mocy (np. rozrusznika-prądnicy GS-18TP lub wentylatora pieca grzewczego KO-50) na pokładzie śmigłowca Mi-8.

Na bazie wykonanych badań opracowano także metodyki testowania instalacji przeciwpożarowej na specjalizowanych stanowiskach badawczych (fot. 6.), posiadanych m.in. w WZL-1 Łódź S.A.



Fot. 6. Widok specjalizowanego stanowiska kontrolnego do badań progów zadziałania instalacji przeciwpożarowej SSP-FK w zależności od napięcia zasilania [materiał ITWL/WZL, 2015]

Zaproponowane metody badań symulacyjnych wykorzystywane w ITWL wspomagają proces diagnozowania instalacji przeciwpożarowych typu SSP-FK w zakresie określania przyczyn ich samoczynnego zadziałania. Mogą one stanowić podstawę do opracowania dla potrzeb eksploatacyjnych tzw. symulatora działania instalacji przeciwpożarowej SSP-FK jako systemu automatycznego sterowania w zakresie przetwarzania sygnałów z czujników pokładowych dla wybranych typów statków powietrznych wykorzystujących ten system.

BIBLIOGRAFIA

1. Materiały analityczne ITWL, *Zestawienie przypadków fałszywego zadziałania instalacji przeciwpożarowej SSP-FK w latach 2010-2014*. System Informatyczny SI SAMANTA.
2. Michalak S., Szelmanowski A., Skoczylas D., *Badanie przyczyn fałszywego zadziaływania instalacji przeciwpożarowych*. BT ITWL, Warszawa 1993.
3. Szelmanowski A. i inni, *Badania przyczyn nieprawidłowego działania bloków wzmacniaczy instalacji przeciwpożarowej SSP-FK-BI*. BT ITWL, Warszawa 2010.
4. Instrukcja MON, *Śmigłowiec Mi-8. Opis osprzętu*. Wydawnictwo Dowództwa Wojsk Lotniczych, Warszawa 1971.
5. Instrukcja MON, *Śmigłowiec Mi-8. Eksploatacja i obsługa osprzętu*. Wydawnictwo Dowództwa Wojsk Lotniczych, Poznań 1970.
6. Norma Obronna MON, *Wojskowe statki powietrzne. Pokładowe układy zasilania elektrycznego. Podstawowe parametry, wymagania i badania*. NO-15-A200:2007.

COMPUTER AIDED TESTS OF THE SSP-FK AIRCRAFT FIRE SUPPRESSION SYSTEM IN TERMS OF DETERMINATION OF REASONS FOR FALSE FIRE ALARMS

Abstract

The paper presents selected results of the works at the Air Force Institute of Technology (AFIT) in the scope of testing the SSP-FK fire suppression system used on many types of military aircraft operating in the Polish Armed Forces. For the purpose of determining the conditions for false fire alarms, SSP-FK-BI suppression block simulation models have been developed. The tests were carried out on simulation models of the SSP-FK system in Matlab-Simulink and Circuit-Maker packages. Results of this work have been used for diagnosis of the SSP-FK fire suppression system during a test of real cases of false activation of those devices

Autorzy:

dr hab. inż. **Andrzej Szelmanowski** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie, Zakład Awioniki

dr inż. **Jerzy Borowski** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie, Zakład Awioniki

mgr inż. **Krzysztof Glyda** – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych w Warszawie, Zakład Awioniki