



BADANIA URZĄDZEŃ ELEKTROMECHANICZNYCH PO WIELOLETNIEJ EKSPLOATACJI

Janusz ŁUKASZEWICZ
Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia

Streszczenie: W artykule przedstawiono fragment procesu badania stanu technicznego rakiet po wieloletniej eksploatacji mającego na celu określenie możliwości ich dalszej eksploatacji po okresie gwarantowanym przez producenta, obejmujący badania urządzeń elektromechanicznych sterujących i wykonawczych. Omówiono przedmiot przeprowadzanych badań oraz zastosowane podczas badań procedury. Przedstawiono także wnioski z przeprowadzonych badań i analiz. Wykazano przydatność zastosowanych metod badawczych w procesie badania stanu technicznego elementów rakiet po wieloletniej eksploatacji.

Słowa kluczowe: eksploatacja rakiet, programator PMK-60D

EXAMINING ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT AFTER LONG TERM SERVICE

Janusz ŁUKASZEWICZ
Military Institute of Armament Technology

Abstract: The paper presents a part of technical status examination process for missiles after long term service. The aim of the process is to evaluate if any possibilities exist for further use of missiles having the manufacturer's warranty period expired. This process includes examination of electromechanical equipment belonging to missile's control and servo systems. The paper includes the used examinations and tests with the procedures and finally the conclusions. The usefulness of testing and examination methods used to evaluate technical status of missile's components after a long term service was shown.

Keywords: missiles long term service, programmer PMK-60D

1. Wstęp

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia od wielu lat w prowadzi badania mające na celu zapewnienie bezpiecznej eksploatacji środków bojowych oraz określenie możliwości przedłużenia okresu ich eksploatacji poza okres gwarantowany przez producenta. Między innymi prowadzone są badania długotrwale eksploatowanych sterujących i wykonawczych urządzeń elektromechanicznych, wykorzystywanych w raketach przeciwlotniczych klasy ziemia-powietrze oraz raketach woda-woda. Podczas eksploatacji rakiet na dyżurach

bojowych oraz w czasie okresowych sprawdzeń ich stanu technicznego większość urządzeń elektromechanicznych jest uruchamiana i pracuje od kilku do kilkunastu minut w każdym cyklu kontrolnym. Rakieta zawierająca elementy będące przedmiotem badań, może przebywać kilka lat w warunkach, gdzie występuje zmienna temperatura otoczenia mogąca powodować powstawanie na podzespołach rosy lub szronu. W związku z powyższym istnieje konieczność kontroli stanu technicznego wszystkich podzespołów raket, jakości połączeń elektrycznych oraz sprawdzania, czy nie następuje degradacja materiału związana z wieloletnią eksploatacją, często w niekorzystnych warunkach klimatycznych.

2. Cel badań

Podzespoły elektromechaniczne po wieloletniej eksploatacji jako elementy mające istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania rakiety, poddawane są kompleksowym sprawdzeniom z wykorzystaniem wielu metod badawczych. Wykonywane są badania polegające na symulacji ich pracy w zmiennych warunkach klimatycznych, przy zmianach napięcia zasilania oraz badania żywotności. Uzyskane wyniki służą do opracowania prognozy możliwości dalszej eksploatacji badanych podzespołów.

3. Przedmiot badań

Przedmiotem badań był programator PMK-60D będący elementem rakiety 5W28E. Badaniu poddano programator PMK-60D o numerze 53252 (oznaczony symbolem 2) przedstawiony na fot. 1, 3 i 4.

Programator PMK-60D zbudowany jest w oparciu o silnik elektryczny z regulatorem odśrodkowym i zespół krzywek z mikrowyłącznikami. Zadaniem programatora jest włączenie i wyłączenie w zaprogramowanym czasie poszczególnych podzespołów rakiety w trakcie jej lotu. Realizacja zadania następuje poprzez:

- w 20 sekundzie podanie +27V na radiolokacyjną głowicę samonaprowadzania GSN, zespół komutacji i układ przeliczający SRP;
- w 30 sekundzie wyłączenie napięcia +27V z zespołu komutacji;
- w 45 sekundzie podanie napięcia +27V na zespół komutacji, układ przeliczający SRP i radiozapalnik RZ.

Po sprawdzeniach kontrolnych programator ustawia się automatycznie w położenie początkowe.

W rakiecie są dwa podzespoły PMK-60D, w celu podwyższenia niezawodności wydawanych komend komutacji.

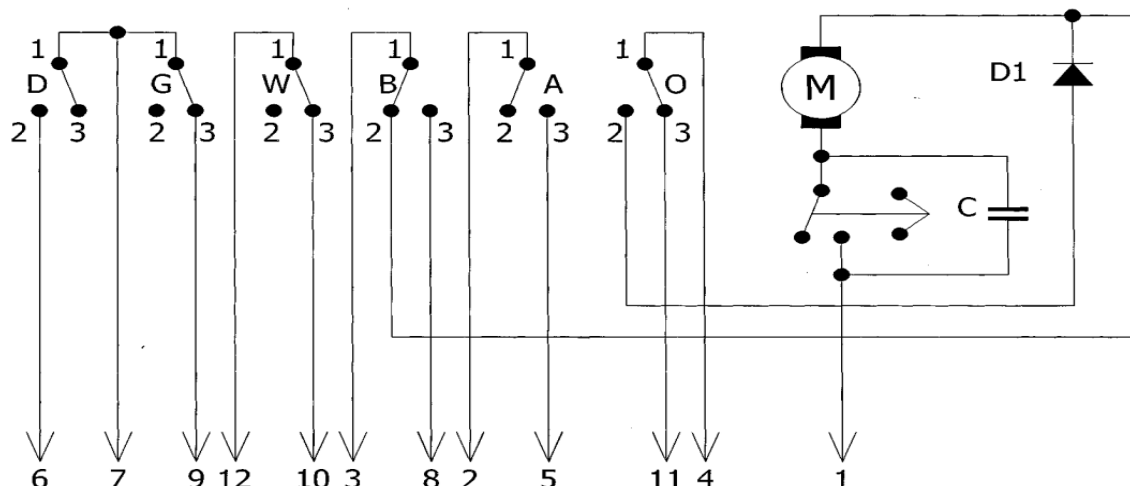
Opis działania programatora PMK-60D.

Start programu zaczyna się w momencie podania na silnik napięcia +27V przez złącze 3 i -27V przez złącze 1. W miarę obrotu krzywek:

- po 1 s. zapracowuje przełącznik „O”, zapewniający ustawienie wału krzywkowego w położenie wyjściowe po wykonaniu sprawdzeń naziemnych;
- po 1,4 s. zapracowuje przełącznik „W”;
- po 20 s. zapracowuje przełącznik „D” i na złączu 6 SZ1 pojawia się napięcie +27V;
- po 30 s. zapracowuje przełącznik „G” i ze złącza 9 SZ1 zdejmowane jest napięcie +27V;
- po 45 s. zapracowuje przełącznik „A” i na złączu 5 SZ1 pojawia się napięcie +27V;
- po 50 s. zapracowuje przełącznik „B” i PMK zatrzymuje się.

Podczas naziemnych sprawdzeń kontrolnych zatrzymanie wału krzywkowego w wyjściowym położeniu następuje przez podanie stałego napięcia - 27V na złącze 1 i +27 V na złącze 4. Napięcie +27V podaje się przez diodę na silnik obracający wał krzywkowy. Obwód elektryczny zasilania silnika przerywa się przełącznikiem „O” i PMK zatrzymuje się.

Przełącznik „O” wydaje sygnał do naziemnej automatyki o zatrzymaniu wału krzywkowego w położeniu wyjściowym.



Rys.1. Schemat funkcjonalny programatora PMK-60D

4. Przebieg i wyniki badań

Podczas badań programatora PMK-60D porównywano rzeczywiste czasy pracy poszczególnych styków programatora z podanymi w opisie technicznym rakiety. Na rys.2 przedstawiono schemat stanowiska pomiarowego, a jego widok na fot.2.

W tabeli 1 pokazano stan początkowy styków programatora i ich połączenia na złączu SZ1(fot.1.)



Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego programatora PMK-60D



Fot.1. Złącze SZ1 programatora PMK-60D

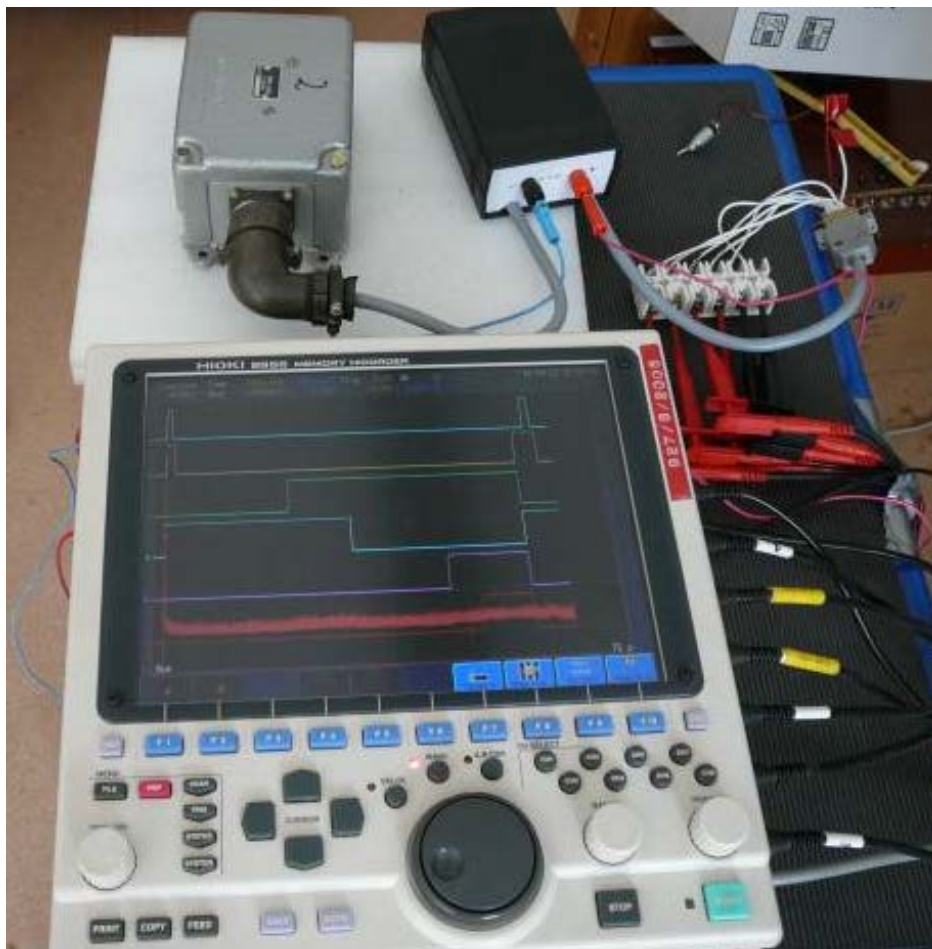
Tabela 1. Stan styków programatora PMK-60D w położeniu początkowym

Sygnał	Kontakty											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
O				0							Nz	
W										Nz		0
D						No	0					
G							0		Nz			
A		0			No							
B			0					No				

O - styk wejściowy

No - styk normalnie rozarty

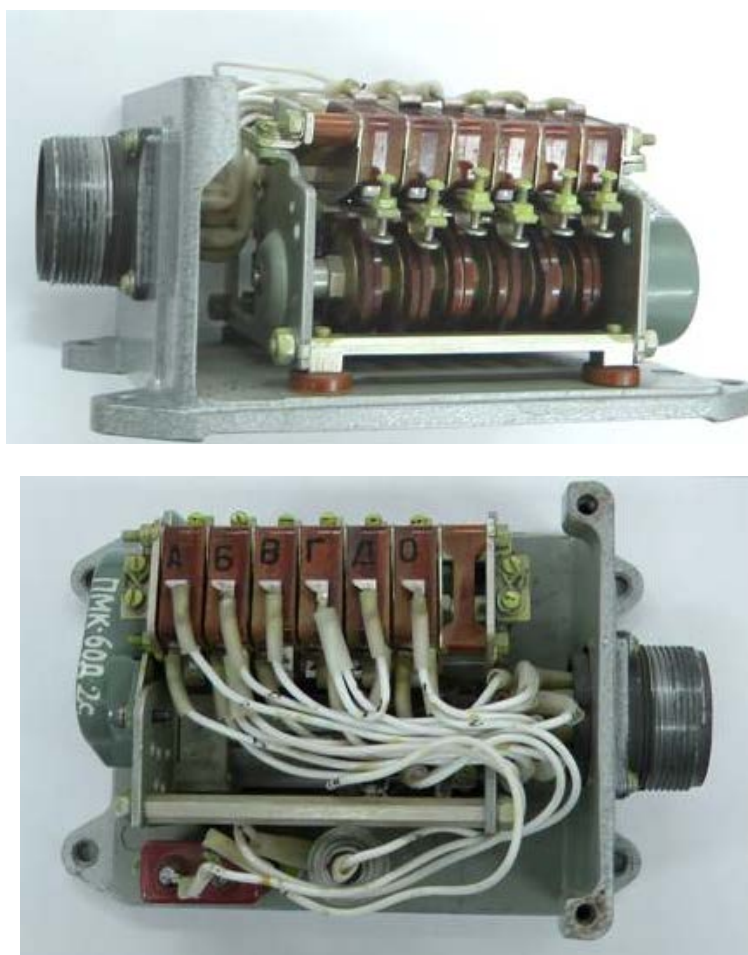
Nz - styk normalnie zwarty



Fot. 2. Stanowisko pomiarowe programatora PMK-60D



Fot. 3. Programator PMK-60D oznaczony symbolem 2



Fot. 4. Wnętrze programatora PMK-60D z widocznym zespołem krzywek

Wyniki badań zapisywano przy użyciu rejestratora cyfrowego firmy HIOKI 8555 Memory HiRecorder Nr: 050736922.

4.1. Badanie funkcjonowania programatora w granicznych temperaturach otoczenia

Badany programator należy do pokładowych urządzeń raketowych, które wg normy obronnej NO-06-A 103:2005 należy zaliczyć do grupy wykonania „R.3”.

Ponieważ aparatura pokładowa podczas przechowywania w polskich warunkach klimatycznych może być poddawana działaniu niskich i wysokich temperatur należy zgodnie z normą obronną NO-06-A107:2005 poddać ją badaniom odporności całkowitej na podwyższoną i obniżoną temperaturę otoczenia.

Pokładowe urządzenia raketowe powinny być podczas wszystkich etapów eksploatacji odporne na działanie czynników środowiskowych wymienionych w NO-06-A103:2005:

- podwyższona temperatura otoczenia
 - pracy +60°C,
 - graniczna +85°C,
- obniżona temperatura otoczenia
 - pracy -50°C,
 - graniczna -60°C.

Przebieg badań odporności całkowitej na podwyższoną temperaturę otoczenia:

- pomiary parametrów badanego zespołu (urządzenia) w warunkach normalnych (temp. +20°C);
- przetrzymywanie urządzenia w temperaturze pracy +60°C w czasie 2 godz.;
- pomiary parametrów badanego zespołu;
- przetrzymywanie urządzenia w temperaturze granicznej +85°C w czasie 24 godz.;
- obniżenie temperatury do temperatury pracy +60°C i przetrzymywanie urządzenia w czasie 2 godz.;
- pomiary parametrów badanego zespołu;
- obniżenie temperatury do temperatury normalnej i sprawdzenie poprawności działania.

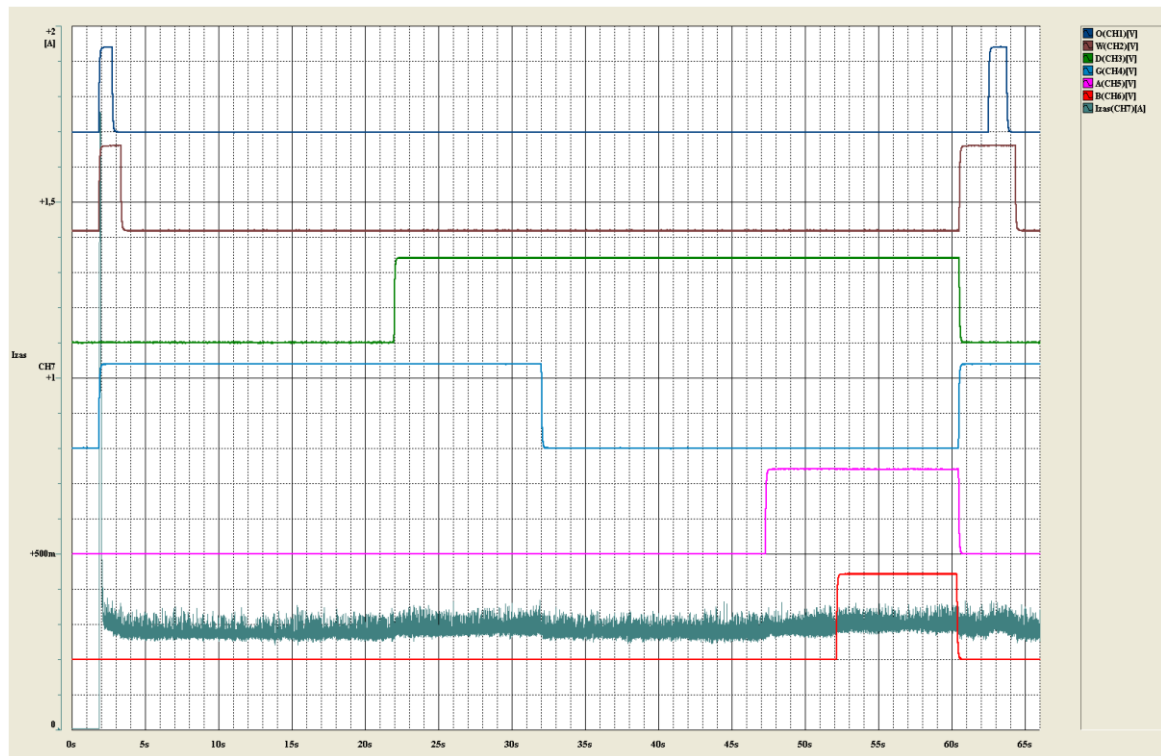
Przebieg badań odporności całkowitej na obniżoną temperaturę otoczenia:

- pomiary parametrów badanego zespołu (urządzenia) w warunkach normalnych (temp. +20°C);
- przetrzymywanie urządzenia w temperaturze granicznej -60°C w czasie 24 godz.;
- podwyższenie temperatury do temperatury pracy -50°C i przetrzymywanie urządzenia do nagrzania całej objętości;
- pomiary parametrów badanego zespołu;
- podwyższenie temperatury do temperatury normalnej i sprawdzenie poprawności działania.

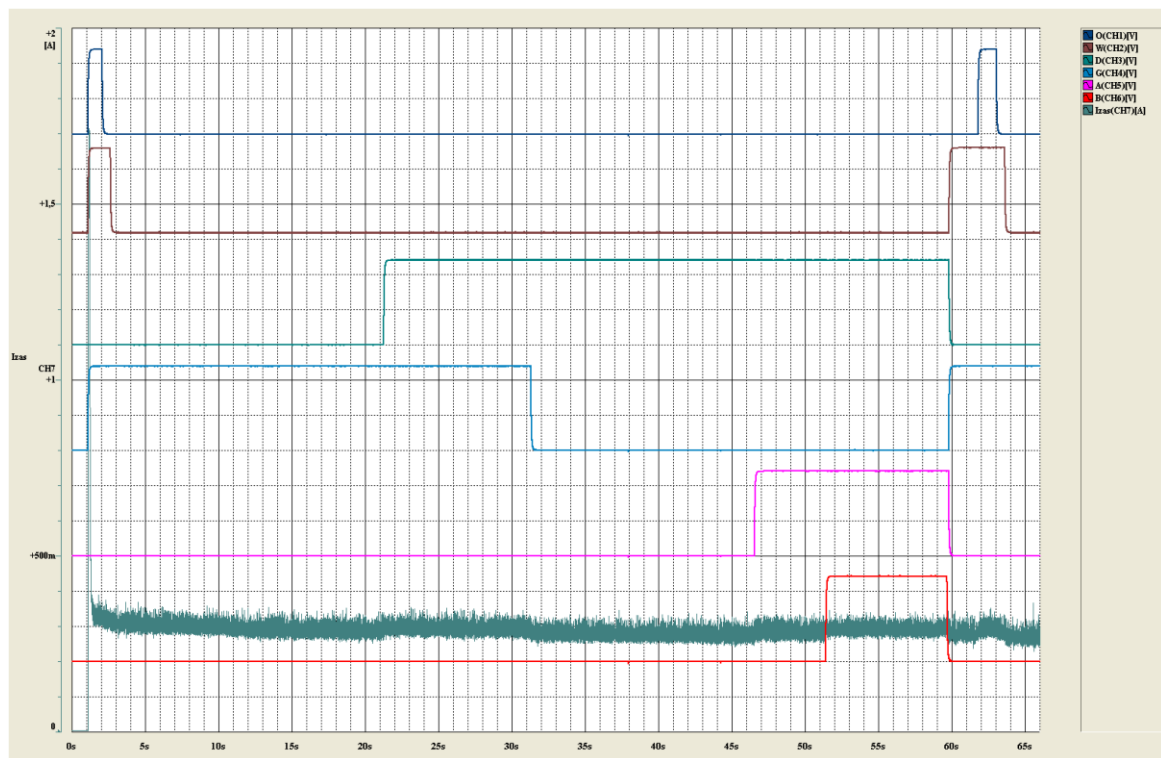
Celem badań była ocena odporności programatora na wymuszenia termiczne. Badania przeprowadzono według procedur opisanych powyżej na stanowisku przedstawionym na Fot 2. Urządzenie poddano badaniu odporności na podwyższoną oraz obniżoną temperaturę. Sprawdzono także odporność urządzeń na pracę przy obniżonym i podwyższonym napięciu zasilania.

W opisie technicznym rakiety nie podano zakresu tolerancji poszczególnych czasów. Ponieważ czas dla styku W podano z dokładnością 0,1 s, pomiary przeprowadzono z dokładnością o rząd wielkości lepszą czyli 0,01 s. Podczas analizy wyników obliczono procentowe odchyłki uzyskanych wyników od czasów nominalnych podanych w instrukcji eksploatacji. Należy zaznaczyć, że istotne dla prawidłowej pracy PMK-60D są czasy na stykach: D – 20 s, G – 30 s oraz A – 45 s, pozostałe czasy związane są z przygotowaniem i zakończeniem cyklu pracy programatora.

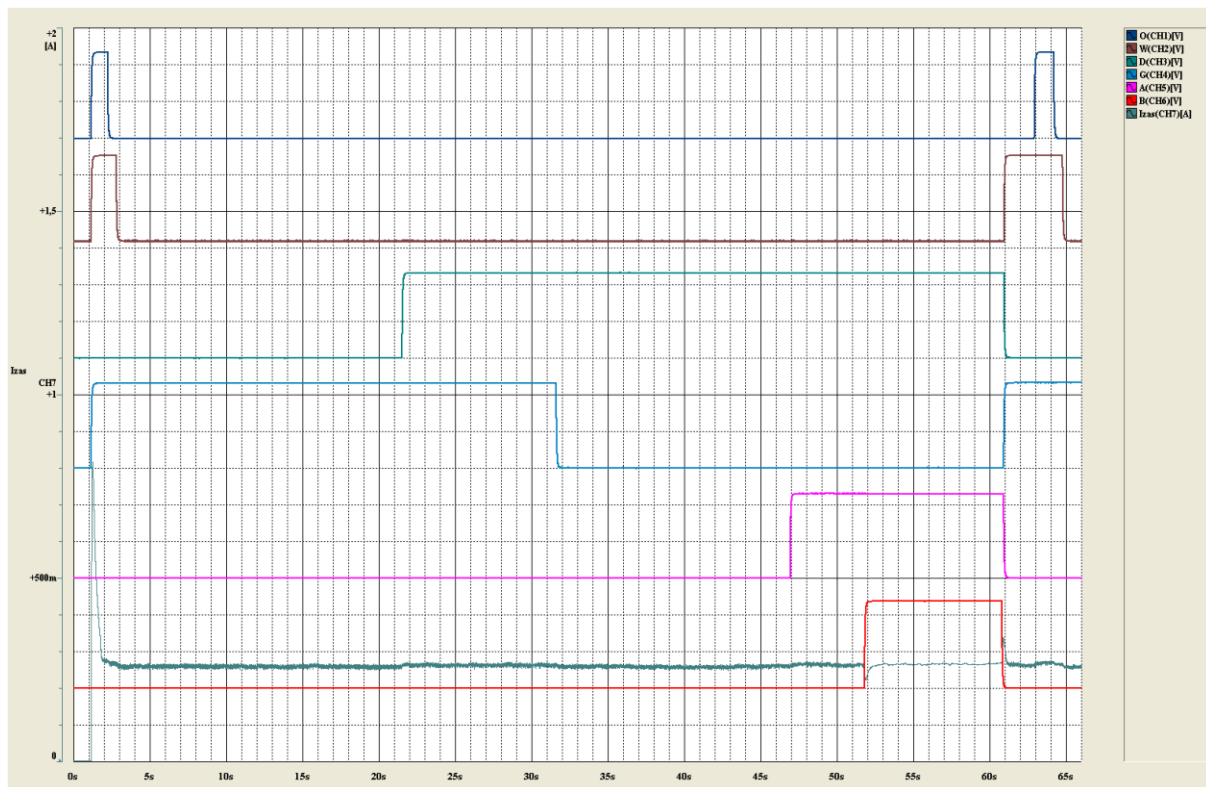
4.1.1. Wyniki badania zespołu PMK-60D w podwyższonej temperaturze



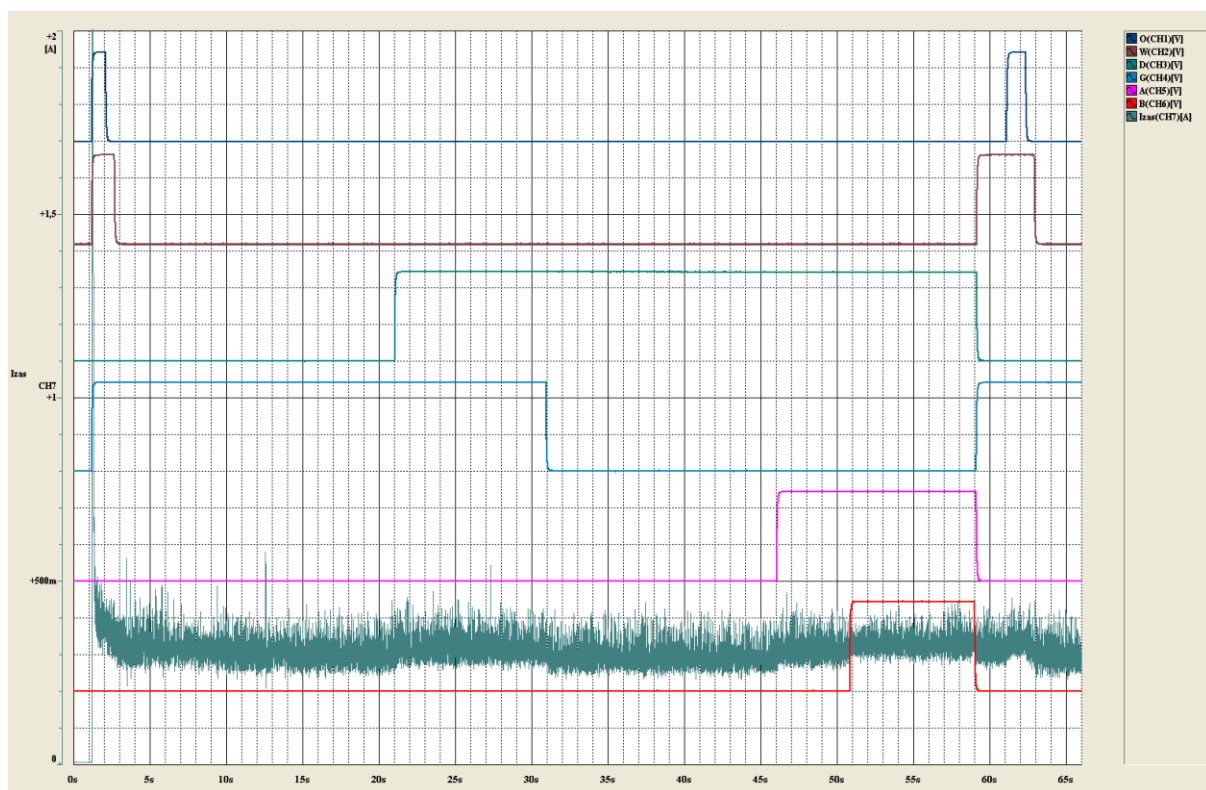
Rys. 3. Wykres PMK-60D, temp=20°C, U=27V



Rys. 4. Wykres PMK-60D, temp=60°C, U=27V



Rys. 5. Wykres PMK-60D, temp=60°C, U=14V



Rys. 6. Wykres PMK-60D, temp=60°C, U=54V

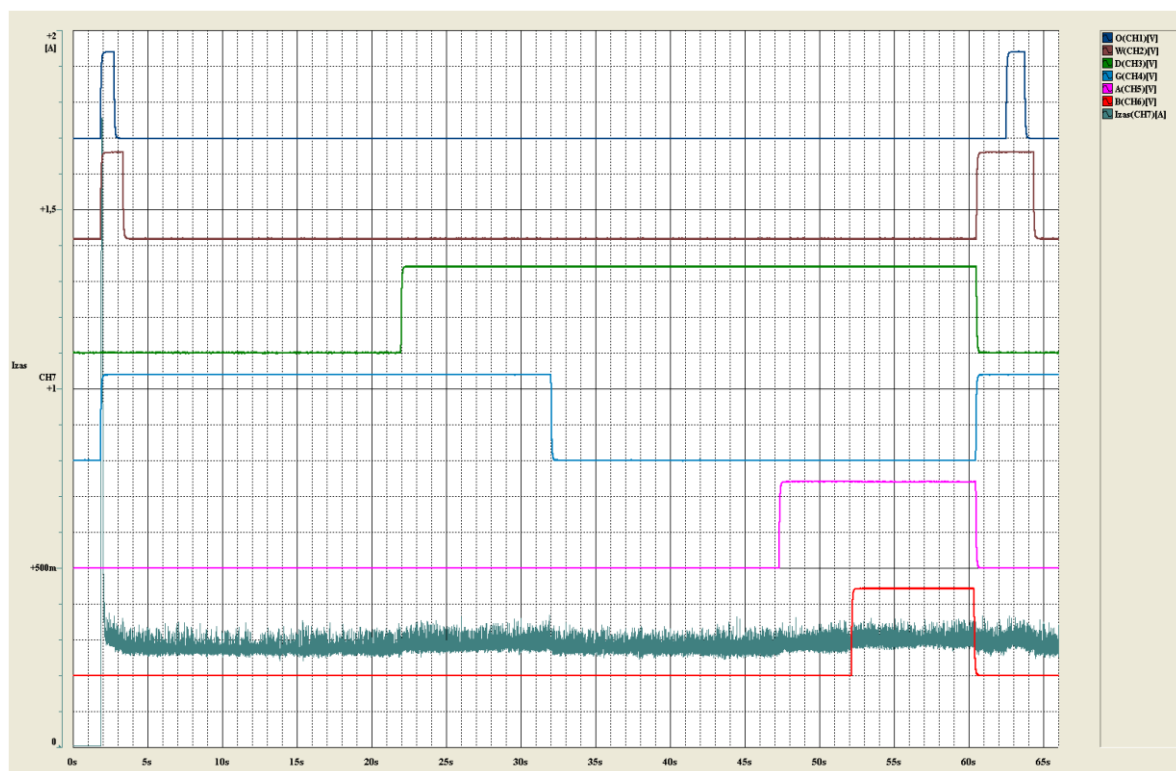
Tabela 2. Wyniki badań programatora PMK-60D w podwyższonej temperaturze

Zespół PMK-60D	Temperatura [°C]	Nap. zasilania [V]	Prąd zasilania [A]	Czas t [s]					
				Sygnał					
				O	W	D	G	A	B
Czas nominalny z dokumentacji rakiety				1	1,4	20	30	45	50
2	20	27	0,29	0,90	1,50	20,13	30,18	45,46	50,30
	60	27	0,29	0,96	1,53	20,17	30,20	45,45	50,31
		14	0,26	1,08	1,65	20,36	30,45	45,77	50,65
		54	0,33	0,93	1,49	19,85	29,76	44,87	49,65

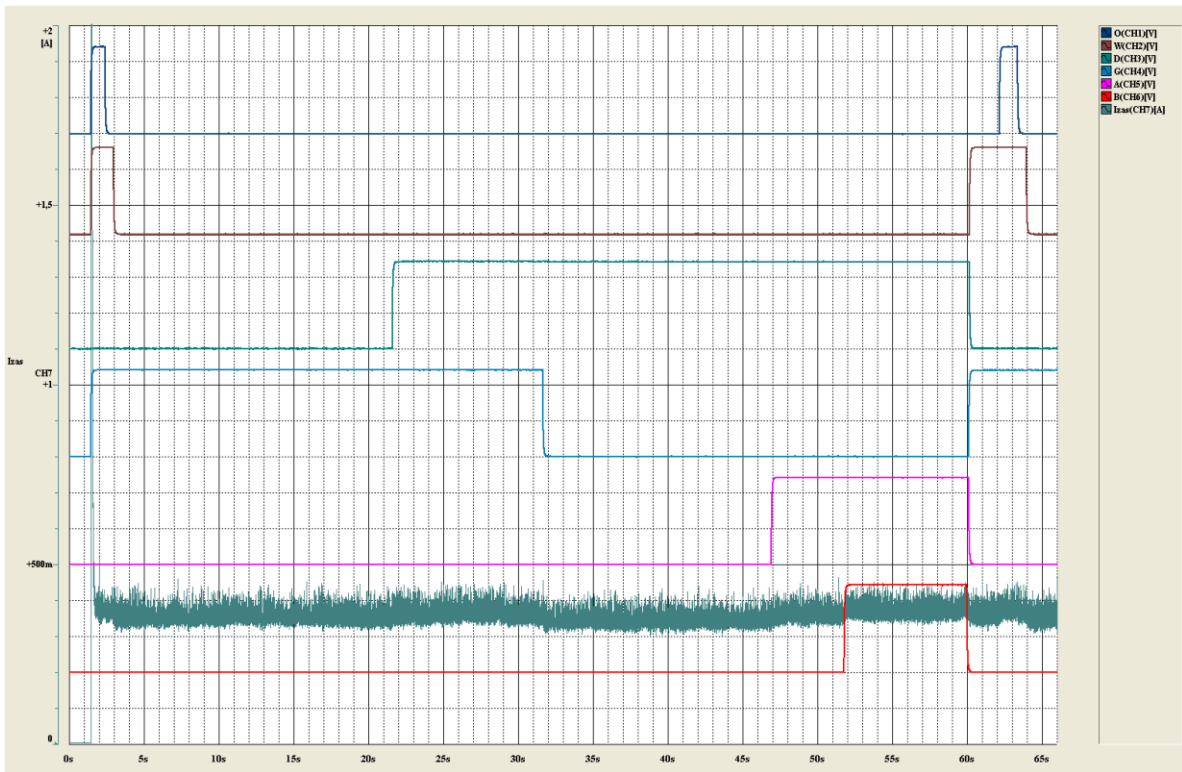
Tabela 3. Procentowe odchylenie czasu od nominału dla badanych styków PMK-60D

Rodzaj badania	Procentowe odchylenie czasu od nominału [%]					
	O	W	D	G	A	B
Stan początkowy	10,0	7,14	0,65	0,60	1,02	0,60
60°C, U=27V	4,0	9,29	0,85	0,67	1,00	0,62
60°C, U=14V	8,0	17,86	1,80	1,50	1,71	1,30
60°C, U=54V	7,0	6,43	0,75	0,80	0,29	0,70

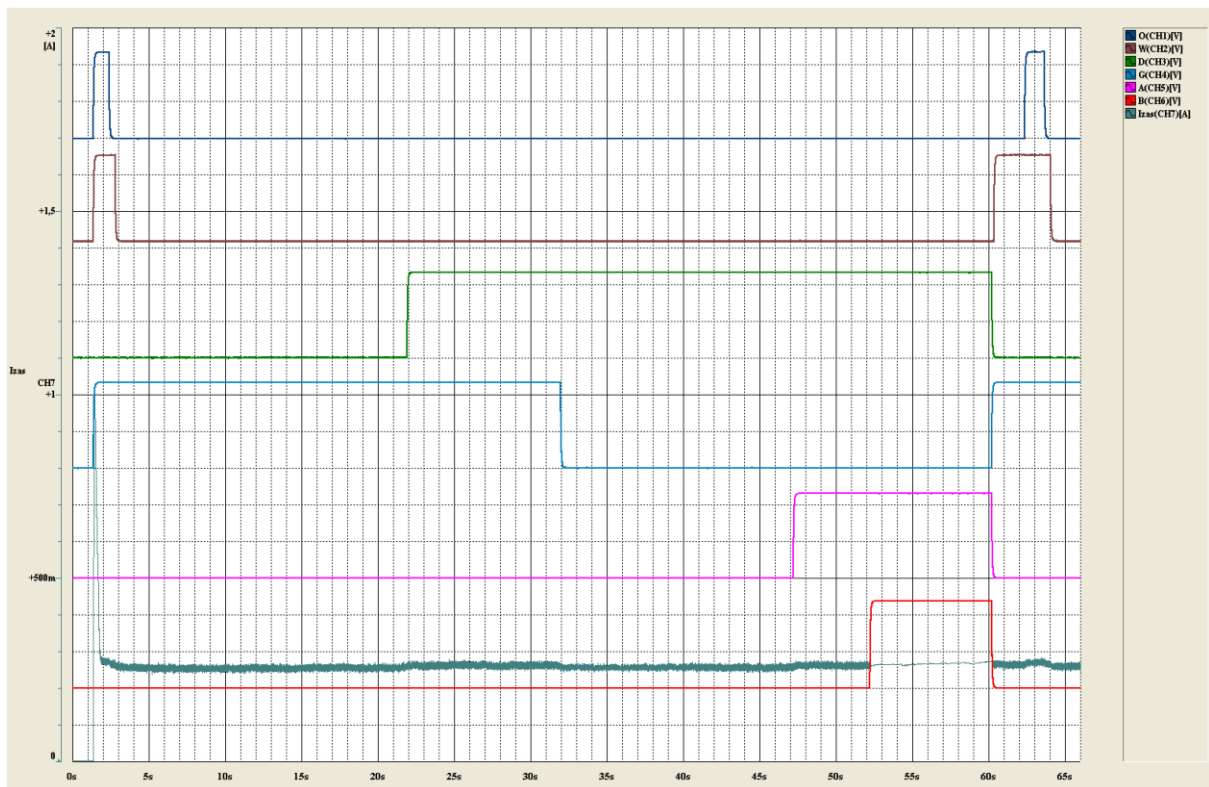
4.1.2. Wyniki badania zespołu PMK-60D w obniżonej temperaturze



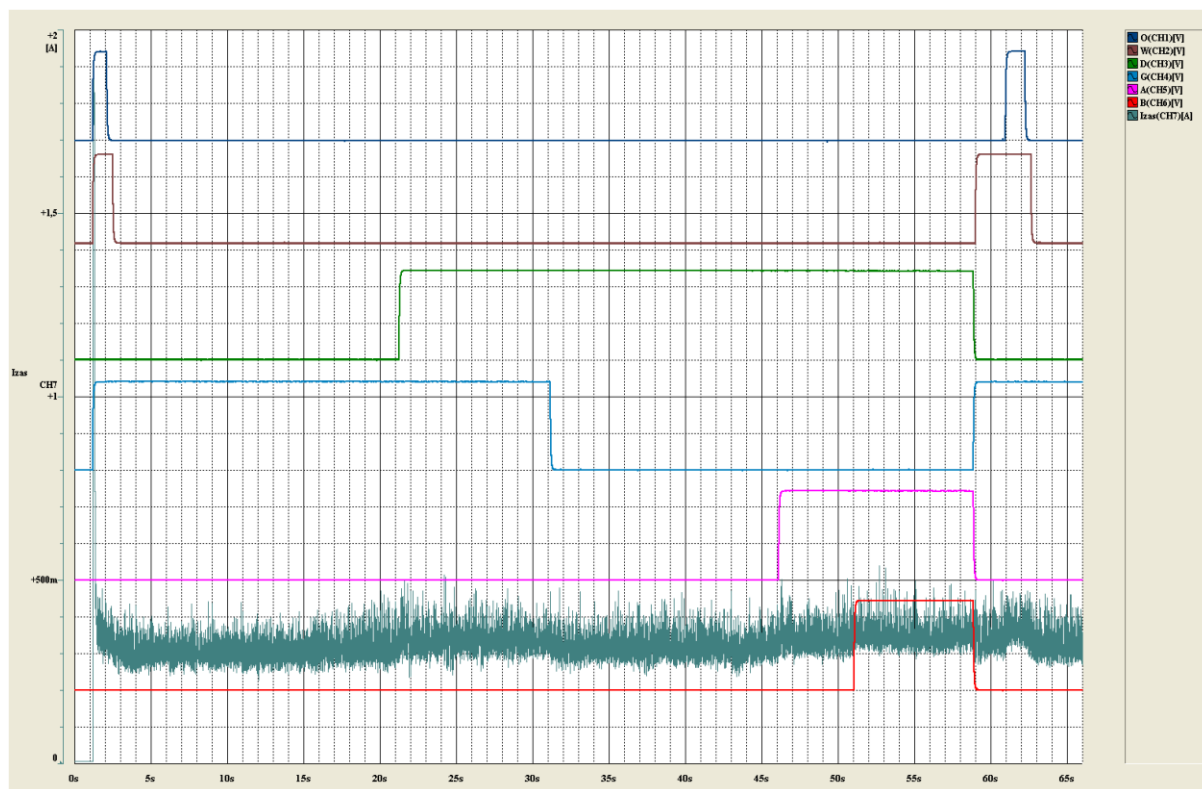
Rys. 7. Wykres PMK-60D, temp=20°C, U=27V



Rys. 8. Wykres PMK-60D, temp=-50°C, U=27V



Rys. 9. Wykres PMK-60D, temp=-50°C, U=14V



Rys. 10. Wykres PMK-60D, temp=-50°C, U=54V

Tabela 4. Wyniki badań programatora PMK-60D przy obniżonej temperaturze

Zespół PMK-60D	Temperatura [°C]	Nap. zasilania [V]	Prąd zasilania [A]	Czas t [s]					
				Sygnał					
				O	W	D	G	A	B
Czas nominalny z dokumentacji rakiety				1	1,4	20	30	45	50
2	20	27	0,29	0,90	1,50	20,13	30,18	45,46	50,30
	-50	27	0,36	0,97	1,53	20,15	30,21	45,49	50,35
		14	0,26	1,03	1,46	20,55	30,60	45,85	50,86
		54	0,34	0,93	1,31	20,07	29,97	44,92	49,86

Tabela 5. Procentowe odchylenie czasu od nominalu dla badanych styków PMK-60D

Rodzaj badania	Procentowe odchylenie czasu od nominalu [%]					
	O	W	D	G	A	B
Stan początkowy	0,9	7,14	0,65	0,60	1,02	0,60
-50°C, U=27V	0,97	9,29	0,75	0,70	1,09	0,70
-50°C, U=14V	1,03	4,29	2,75	2,00	1,89	1,72
-50°C, U=54V	0,93	6,43	0,35	0,10	0,18	0,28

Przedstawione w tabelach wyniki pomiarów pracy programatora PMK-60D wykazują, że istotne dla działania rakiety czasy przełączeń styków D, G i A są prawidłowe, charakteryzują się

dużą stabilnością i ich odchylenie od czasu nominalnego nie przekracza 2,75%. Większe są odchylenia procentowe (poniżej 18%) dla krótkich czasów (O=1s i W=1,4s), ale wartości bezwzględne błędów rzędu 0,25s przy mechanicznym rozwiązaniu krzywkowym są zadowalające. Nie ma znaczącego wpływu podwyższonej i obniżonej temperatury urządzenia na jego funkcjonowanie. Urządzenie funkcjonuje prawidłowo także przy obniżonym i podwyższonym napięciu.

4.2. Badanie trwałości urządzenia

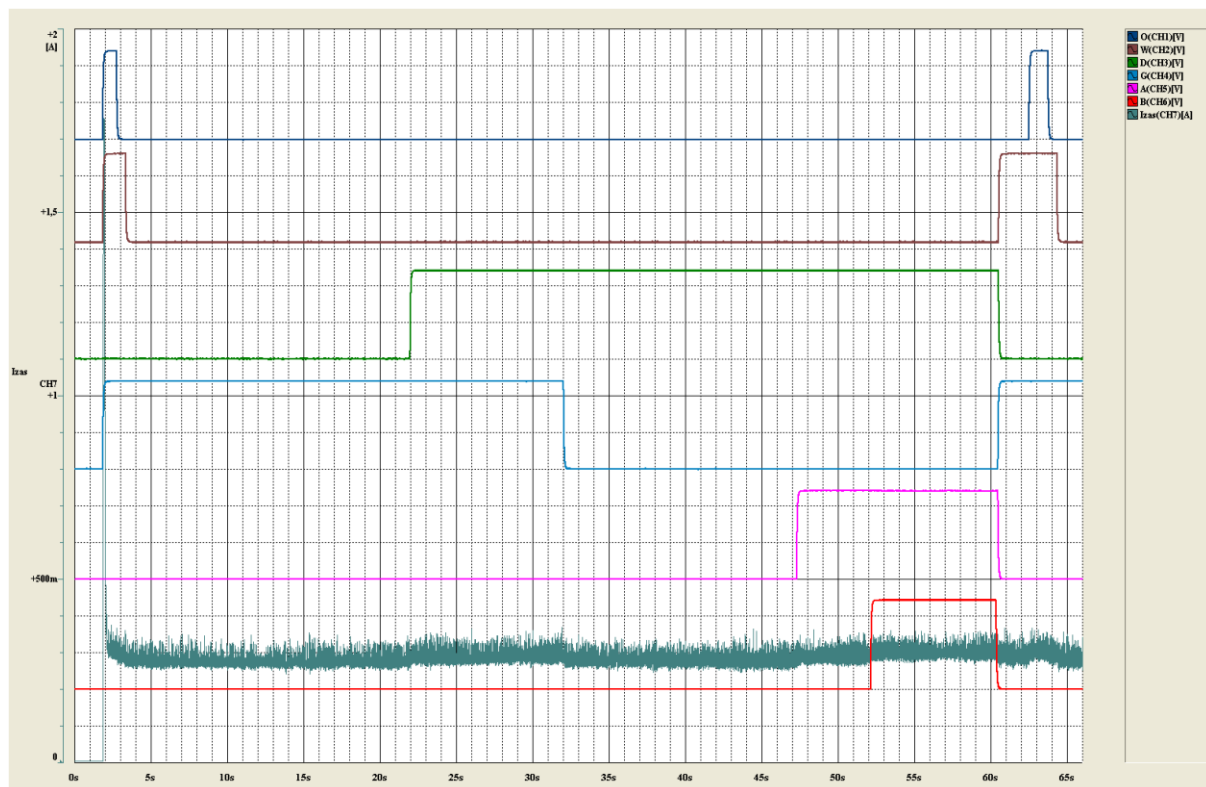
Badanie polegało na wykonaniu cykli wymuszeń z pomiarami parametrów pracy po każdym 100 cyklach.

4.2.1. Wyniki badań trwałości

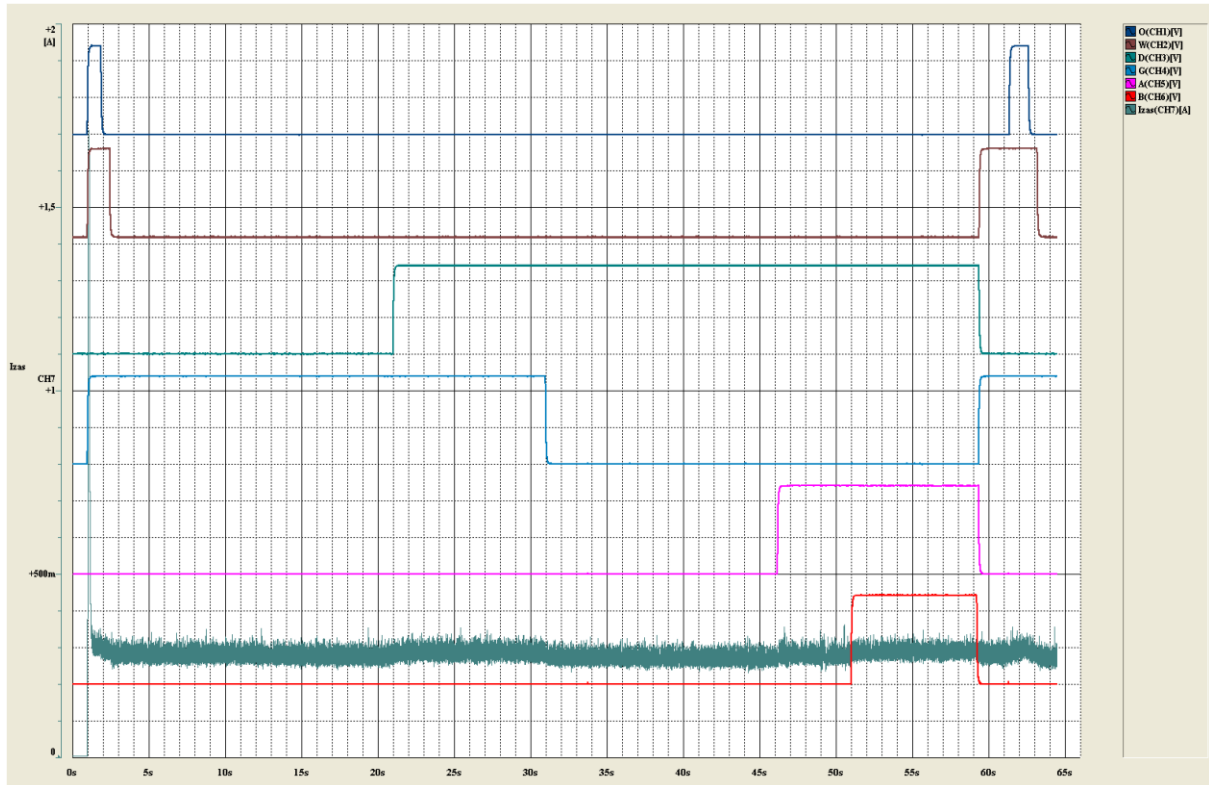
Rezultaty badań trwałości programatora PMK-60D przedstawiono na rys.11-14 oraz w tabelach 6 i 7.

Tabela 6. Wyniki badań trwałości programatora PMK-60D

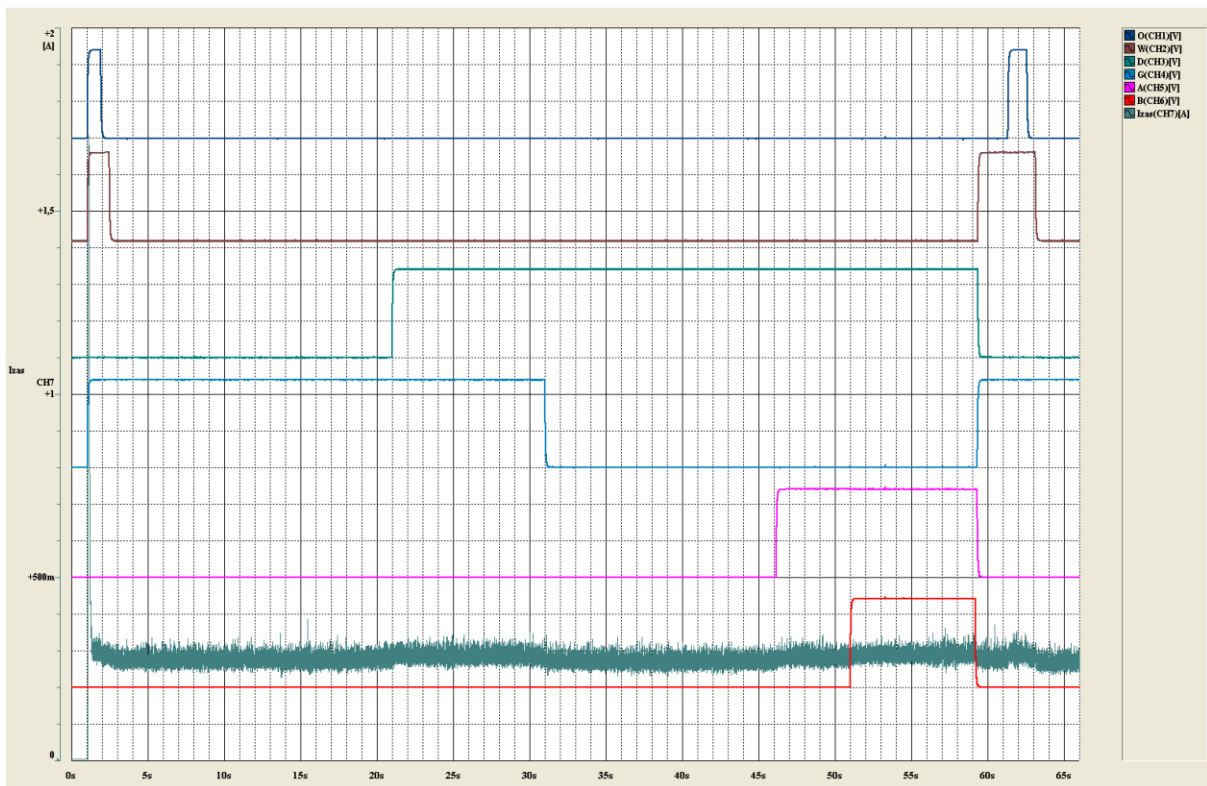
Zespół PMK-60D	Temperatura [°C]	Pomiar (po cyklach)	Nap. zasilania [V]	Prąd zasilania [A]	Czas t [s]					
					Styk					
					O	W	D	G	A	B
Czas nominalny z dokumentacji rakiety					1	1,4	20	30	45	50
2	20	x	27	0,29	0,90	1,50	20,13	30,18	45,46	50,30
	20	100	27	0,28	0,89	1,45	20,02	30,00	45,19	50,02
		200	27	0,28	0,89	1,45	19,97	29,98	45,11	49,97
		300	27	0,28	0,89	1,45	20,02	30,01	45,19	50,05



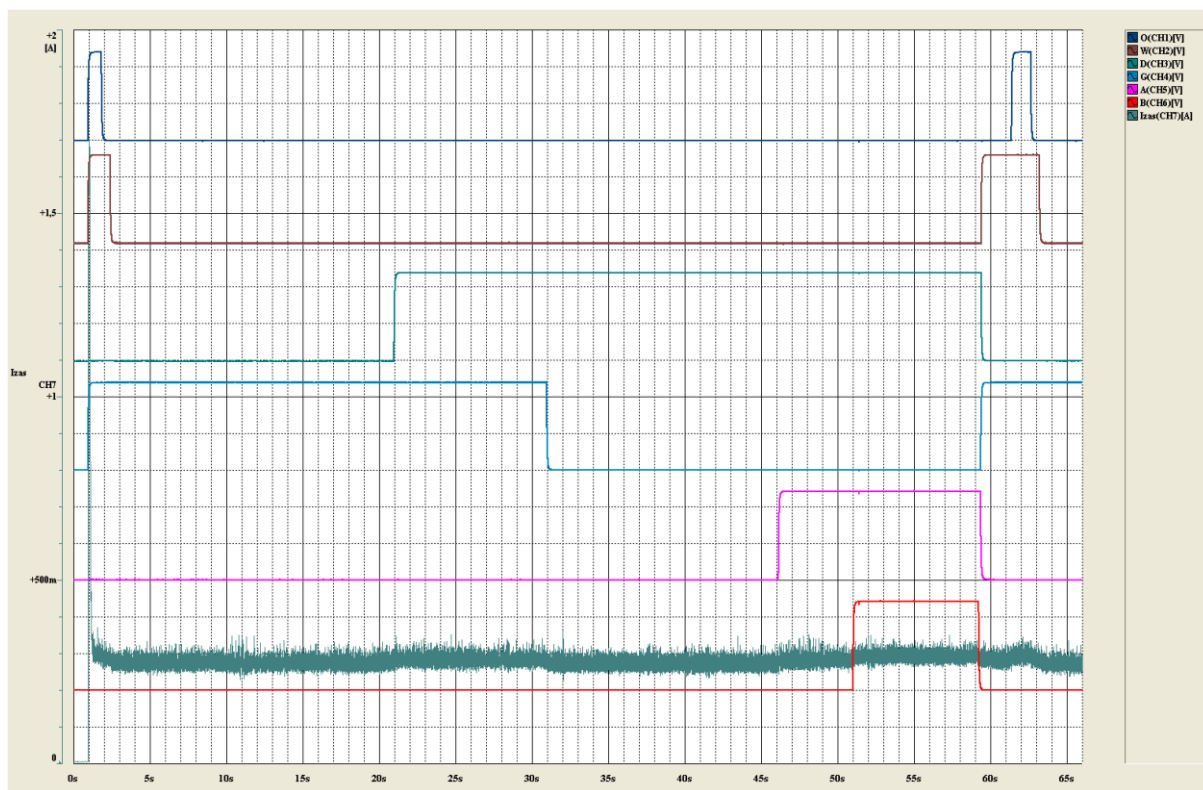
Rys. 11. Wykres PMK-60D, temp=20°C, U=27V



Rys. 12. Wykres PMK-60D, temp=20°C, U=27V po 100 cyklach



Rys. 13. Wykres PMK-60D, 2 temp=20°C, U=27V po 200 cyklach



Rys. 14. Wykres PMK-60D, temp=20°C, U=27V po 300 cyklach

Tabela 7. Procentowe odchylenie od nominału dla badanych styków PMK-60D

Rodzaj badania	Procentowe odchylenie czasu od nominału [%]					
	O	W	D	G	A	B
Stan początkowy	10,0	7,14	0,65	0,60	1,02	0,60
Po 100 cyklach	11,0	3,57	0,10	0,00	0,42	0,04
Po 200 cyklach	11,0	3,57	0,15	0,07	0,24	0,06
Po 300 cyklach	11,0	3,57	0,10	0,03	0,42	0,10

Przedstawione w powyższych tabelach wyniki pomiarów pracy programatora PMK-60D wykazują, że istotne dla działania rakiety czasy przełączeń styków D, G i A są prawidłowe, charakteryzują się dużą stabilnością i ich odchylenie od czasu nominalnego nie przekracza 1%. Większe są odchylenia dla krótkich czasów, ale ich wielkość do 10% przy mechanicznym rozwiązaniu krzywkowym jest zadowalająca. Nie obserwuje się wpływu czasu eksploatacji urządzenia na jego funkcjonowanie.

5. Wnioski z badań

Wyniki badań programatora PMK-60D wykazują, że jest to urządzenie trwałe i odporne na zmienne warunki klimatyczne oraz zmiany napięcia zasilania. Pozytywny wynik sprawdzeń po 300 cyklach pracy pozwala na stwierdzenie, że stan techniczny podzespołu jest dobry i nie wpływa negatywnie na prognozę dalszej eksploatacji rakiety.

Ponadto uzyskane wyniki wykazują trafność zastosowania przez konstruktorów prostego i odpornego na zakłócenia urządzenia sterującego pracą rakiety.

Literatura

- [1]. Zestaw raketowy S-200WE. Opis techniczny”, sygnatura OPK 1115/88
- [2]. Rakieta 5W28E. Eksploatacja”, sygnatura WLOP 24/90
- [3]. Materiały archiwalne WITU- niepublikowane
- [4]. T. Zagajewski, S. Malzacher, A. Kwieciński. Elektronika Przemysłowa, WNT Warszawa 1965r.
- [5]. Zagadnienia Konstrukcji, Technologii i Eksploatacji Techniki Uzbrojenia.” Warszawa 1976r.

