

## Badania niezawodności urządzeń i pokładowych systemów uzbrojenia w trakcie występowania zakłóceń w instalacji elektrycznej

**Streszczenie.** W artykule zaproponowano możliwości prowadzenia laboratoryjnych badań niezawodnościowych wymaganych w normie obronnej NO-06-A104:2005 sprzętu wojskowego oraz systemów uzbrojenia w trakcie oddziaływania długotrwałych i chwilowych odchyłek oraz pulsacji napięcia występujących w instalacji elektrycznej. Artykuł odnosi się do poruszanych kwestii w opracowaniach zagranicznych, z których wynika potrzeba realizacji w/w badań sprzętu wojskowego (SpW). Przedstawiono problemy, jakie rozwiązywano podczas przygotowywania aparatury badawczej oraz opracowywania algorytmów do analizy danych w czasie rzeczywistym. Efektem pracy jest innowacyjne stanowisko laboratoryjne jako jedyne o takich możliwościach w kraju oraz funkcjonujące akredytowane przez Wojskowe Centrum Normalizacji i Kodyfikacji procedury badawcze wykorzystywane do badań niezawodności sprzętu wojskowego w warunkach zakłóceń w instalacji elektrycznej.

**Abstract.** The article proposes possibilities of conducting laboratory reliability tests required in defense standard NO-06-A104:2005 for military equipment and weapon systems during the occurrence of both prolonged and temporary voltage deviations and pulsation in the electrical system. The article refers to problems addressed in foreign publications, which demonstrate the need to conduct the above mentioned tests of military equipment. The author presents problems which had to be solved to prepare the test apparatus and develop algorithms to analyze data in real time. The results of this work include an innovative laboratory stand, which is the only one in Poland to offer such testing possibilities, and the application of testing procedures accredited by the Military Centre for Standardization and Codification, used in reliability testing of military equipment during the occurrence of interference in the functioning of the electrical system. (**Reliability tests of devices and on-board weapon systems during electrical system interference**)

**Słowa kluczowe:** zakłócenia w instalacji elektrycznej, odchyłki napięcia, pulsacje napięcia, badania niezawodności.

**Keywords:** electrical system interference, voltage deviations, voltage pulsation, reliability testing.

### Wstęp

Podstawowe wymagania dotyczące, jakości energii elektrycznej dostarczanej do urządzeń montowanych w sprzęcie wojskowym (SpW), a w tym również do systemów uzbrojenia zdefiniowane są w Tablic 3 Normy Obronnej NO-06-104:2005, „Uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań. Wymagania konstrukcyjne”. Sprawdzenie niezawodności działania systemów i urządzeń integrowanych z SpW w symulowanych warunkach pracy podczas zmian parametrów dostarczanej energii elektrycznej powinno być kluczowe i obowiązkowe.

Współczesne pojazdy wojskowe wyposażone w systemy uzbrojenia to zawansowane systemy elektroniczne, podczas użytkowania poddawane są ekstremalnym warunkom eksploatacji [4]. Prawidłowe funkcjonowanie ma istotny wpływ na bezpieczeństwo i sprawność przemieszczania ludzi i ładunków [2, 3, 5, 6], a w przypadku systemów uzbrojenia prawidłowe i bezpieczne wykonanie zadania w warunkach pokoju i bojowych.

Ocena niezawodności funkcjonowania na etapie badań laboratoryjnych ograniczy problemy mogące wystąpić podczas eksploatacji elementów wyposażenia SpW narażanych na zakłócenia występujące w instalacji elektrycznej w trakcie eksploatacji.

Z punktu widzenia charakteru przebiegu zakłócającego rozróżniamy oddziaływania:

- stałonapięciowe;
- impulsowe i quasi impulsowe;
- stałej lub zmiennej częstotliwości [7].

Długotrwałe, chwilowe odchyłki oraz pulsacje napięcia, które mogą wystąpić podczas pracy bojowej SpW są przyczyną rozłączenia/wyłączenia urządzeń lub całych systemów, fakt ten został potwierdzony podczas badań funkcjonalnych. Pomimo przedstawianych deklaracji przez producentów, że urządzenia i systemy integrowane z pojazdami i systemami uzbrojenia spełniają wymagania tablicy 3 przywoływanej normy obronnej.

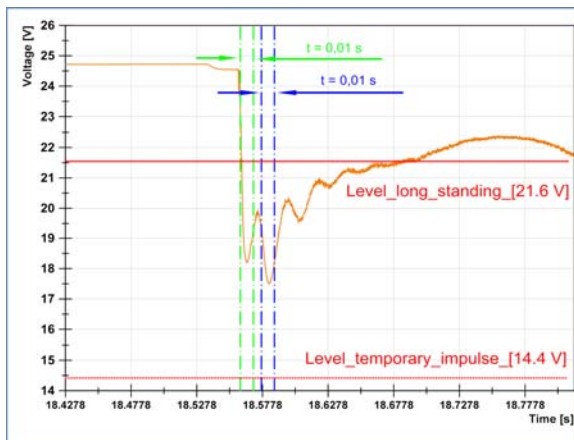
Główne przyczyny zmian jakości dostarczanej energii elektrycznej, które wpływają na zawodność pracy elementów wyposażenia pojazdów wojskowych i systemów uzbrojenia jest wiele, niektóre z nich to:

- uruchamianie odbiorników o dużym zapotrzebowaniu na energię w trakcie pracy bojowej (np. ładowanie armaty, szybkie zmiany położenia armaty);
- przejście z trybu pracy, podczas zasilania z baterii pokładowych na zasilanie z silnika marszowego lub agregatu prądotwórczego;
- niewłaściwy dobór elementów podtrzymujących napięcia zasilania (np. w terminalach, elementach manipulacyjnych i blokach sterowania);
- generowanie harmonicznych (np. w wyniku pracy wentylatorów, urządzeń filtrowentylacyjnych, napędów systemów uzbrojenia lub radarów, prądnic i alternatorów).

W przypadku działań bojowych wyłączenie któregokolwiek z systemu, z powodu zmian w parametrach jakości dostarczanej energii elektrycznej jest niedopuszczalne, wpływa to bezpośrednio na bezpieczeństwo załogi oraz ogranicza wykonanie zadania. Poniżej na rysunku 1 przedstawiono przykładowy przebieg spadku napięcia zasilania podczas uruchomienia pojazdu wyposażonego w systemy wspomagające działania na polu walki. Spadek napięcia nie przekroczył wartości krytycznej określonej dla chwilowej odchyłki napięcia (14,4 V), jednak przekroczył wartość krytyczną długotrwałej ujemnej odchyłki napięcia (21,6 V). Czas trwania napięcia na poziomie 21,6 V wynosił 0,5 s i spowodował wyłączenie dwóch kluczowych systemów. Ponowny czas uruchomienia tych systemów był na poziomie 90 sekund, co w przypadku działań bojowych jest niedopuszczalne (podobne zjawiska, również były zaobserwowane podczas symulacji pulsacji napięcia w zakresie niskich częstotliwości i wysokich wartościach skutecznych napięcia pulsacji).

Badania laboratoryjne również potwierdziły wyłączenie urządzeń. Wprowadzone zmiany konstrukcyjne przez wykonawcę w układzie podtrzymywania napięcia wyeliminowały to zjawisko. Po wprowadzeniu zmian,

rozłączanie systemów nie występowało podczas rozruchu jak również podczas badań na stanowisku laboratoryjnym. Zatem przeprowadzone badania i analizy potwierdzają konieczność realizacji badań niezawodnościowych, w tym zakresie dla całych obiektów, którym są pojazdy wojskowe oraz kompletne systemy uzbrojenia.



Rys. 1. Przykładowy przebieg zarejestrowanych zmian napięcia podczas rozruchu silnika marszowego

Zaprojektowane stanowisko oraz metoda badań laboratoryjne umożliwia sprawdzanie odporności i niezawodności SpW w trakcie oddziaływania:

- długotrwałych odchyłek napięcia;
- chwilowych odchyłek napięcia;
- pulsacji napięcia.

Laboratorium Badań Pojazdów Gąsienicowych Wojskowego Instytutu Techniki Panczernej i Samochodowej, jako jedyne laboratorium w kraju posiada możliwość symulacji energii elektrycznej wymaganej w NO-06-A104:2005, w tablicy 3 dla urządzeń elektrycznych, których zapotrzebowanie na prąd wynosi do 240 A.

Identyfikacja stanu technicznego obiektu wymaga podjęcia decyzji czy dane urządzenie elektryczne nadaje się do dalszej eksploatacji czy też wymaga regulacji lub naprawy. W przypadku wykrycia niesprawności, identyfikacja powinna umożliwić jej lokalizację, tzn. dokonania stwierdzenia, który z elementów obiektu jest niesprawny [1]. Zaproponowana metoda laboratoryjnych badań niezawodnościowych, umożliwia weryfikację urządzenia (kompletnie wyposażonego pojazdu wojskowego, systemu wieżowego, jako elementu wyposażenia o największym zapotrzebowaniu na energię) oraz jego pojedynczych elementów składowych, co oczywiście wpływa na czas i koszty realizacji badań.

Wymagania normy wydają się być oczywiste, jednak praktyczne wykonanie stanowiska, oprogramowania, algorytmów obliczeniowych oraz inne problemy napotkane w trakcie przygotowania okazały się bardzo skomplikowane.

Ocena niezawodności pracy przy zmianach jakości energii elektrycznej przy dużym zapotrzebowaniu na prąd, wymaga kontrolowania parametrów jakości energii elektrycznej dostarczanej do odbiorników, przekroczenie ich może spowodować uszkodzenie badanego obiektu.

Jednym z problemów podczas opracowania stanowiska i metody było dobranie odpowiednich elementów wyposażenia: zasilaczy, generatorów oraz wzmacniaczy mocy umożliwiających symulowanie wymaganych warunków. Ostatnie lata rozwoju SpW wskazują, że z pojazdami wojskowymi oraz systemami uzbrojenia jest integrowanych wiele odbiorników, zatem kompletne wyposażone obiekty badań charakteryzują się potężnym

zapotrzebowaniem na energię. Wymagania, coraz częściej, określają obligatoryjną potrzebę oceny ich niezawodności pracy w warunkach zakłóceń w sieci elektrycznej.

Z punktu widzenia konieczności realizacji badań sprawdzeniom powinny podlegać kompletne: obiekty, systemy i urządzenia, będące na wyposażeniu współczesnych wozów bojowych oraz czołgów podstawowych, które nie tylko są integrowane z podwoziem, ale również z systemami wieżowymi. Badania niezawodności pracy w warunkach zakłóceń powinny być przeprowadzane przed integracją z pojazdem lub systemem uzbrojenia oraz po integracji.

Wyposażenie kluczowe i obligatoryjne na współczesnym polu walki, które powinno być poddawane sprawdzeniom to m.in.:

- systemy zarządzania polem walki;
- systemy aktywnej osłony;
- systemy ostrzegania o opromieniowaniu laserowym;
- systemy ostrzegania o opromieniowaniu elektromagnetycznym;
- systemy wykrywania skażeń chemicznych i promieniotwórczych;
- systemy wykrywania i lokalizacji strzałów;
- systemy filtrowentylacji;
- systemy wyrzutni granatów dymnych;
- systemy nawigacji;
- elementy wyposażenia systemów kierowania ogniem;
- systemy kontroli i diagnostyki;
- systemy automatycznego śledzenia;
- systemy automatycznego ładowania armaty;
- systemy skanowania terenu;
- systemy łączności;
- monitory, terminale, komputery pokładowe itp.

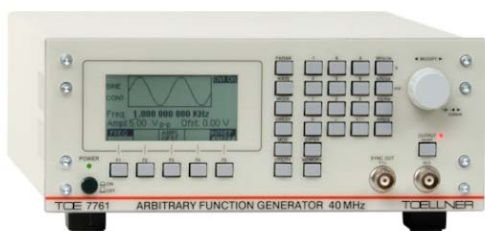
#### Stanowisko do badań niezawodności w warunkach laboratoryjnych

Wyposażenie zasadnicze stanowiska to trzy zasilacze arbitralne TOE 88105 (rys. 2) z wzmacniaczami mocy TOE 8811 (27 jednostek), jeden generator arbitralny TOE 7761 (rys. 3), kontroler GPIB-USB TOE 9101 oraz oprogramowanie ArbNet i WaveControl umożliwiające z poziomu aplikacji programowanie zasilaczy. Z jednostkami zasilaczy został zintegrowany trigger wyzwalający wymagane wartości energii w tym samym czasie z trzech zasilaczy jednocześnie. Konfiguracja stanowiska umożliwia górowanie sygnałów pulsacji na sygnał wyjściowy wszystkich zasilaczy.

Stanowisko jest wykorzystywane stacjonarnie, konstrukcja umożliwia przetransportowanie do dowolnie wybranego miejsca, zakładu lub laboratorium w celu wykonania badań niezawodnościowych obiektów prototypowych. Jedyne wymaganie jakie jest obligatoryjne dla zamieszczonego miejsca prowadzenia badań to dostęp do trzyczęściowej sieci elektrycznej



Rys. 2. Zasilacz arbitralny TOE 88105



Rys. 3. Generator Arbitralny TOE 7761



Rys. 4. Zestaw jednego zasilacza TOE 88105 oraz wzmacniaczy TOE 8811 (w skład stanowiska wchodzi trzy takie zestawy)

W skład wyposażenia wchodzi zestaw do rejestracji oraz analizy oparty o aparaturę National Instruments z kontrolerem NI PXI 8106, główna jednostka pomiarowa to karta wejść/wyjść NI PXIe 6120 z terminalem NI TB 2708 oraz interaktywne oprogramowanie NI Signal Express 2015.



Rys. 5. Jednostka NI PXI do akwizycji i analizy

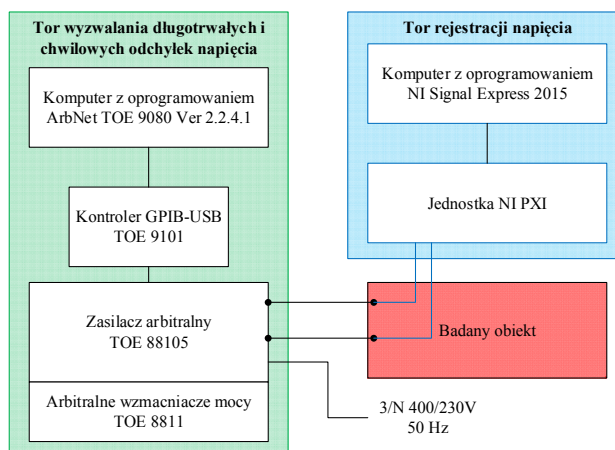
Ogólne schematy przedstawiające konfigurację stanowiska w oparciu o aparaturę TOE oraz NI PXI przedstawione są na rys. 6 i 7.

### Możliwości symulacyjne stanowiska laboratoryjnego

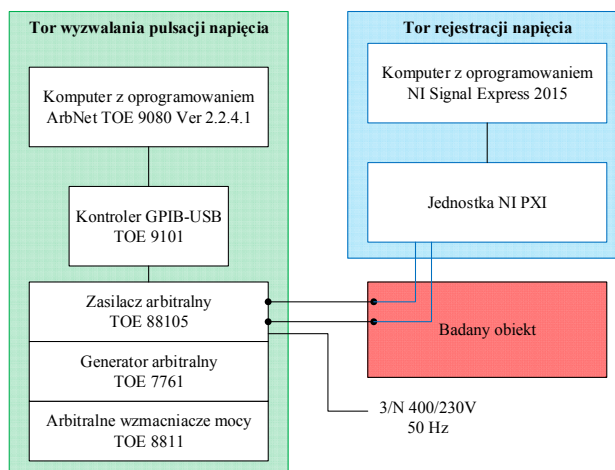
W trakcie symulowanych warunków jakości energii elektrycznej, SpW jest oceniany pod względem niezawodności i możliwości pracy w trakcie oddziaływania i po oddziaływaniu zakłóceń.

Aparatura, będąca na wyposażeniu umożliwia symulację długotrwałych dodatnich i ujemnych odchyłek

napięcia zgodnie tabelą 1 i rys. 8 oraz 9 dla urządzeń, których napięcie znamionowe nie przekracza +40 VDC oraz zapotrzebowanie na prąd nie przekracza 240 A.



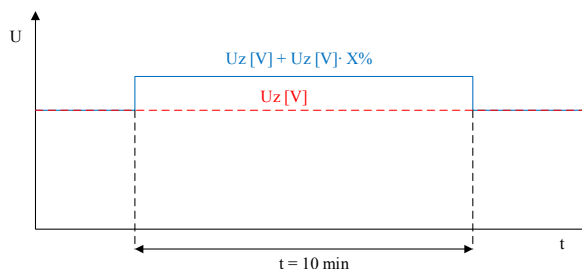
Rys. 6. Ogólny schemat połączeniowy podczas oceny możliwości pracy urządzeń i zespołów narażanych na długotrwałe i chwilowe odchyłki napięcia



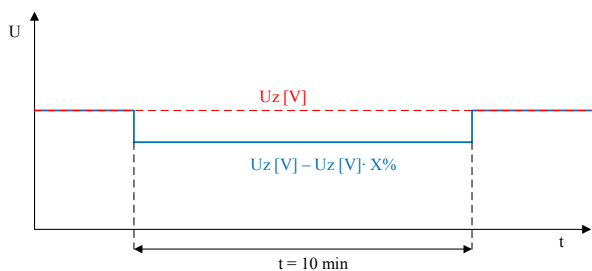
Rys. 7. Ogólny schemat połączeniowy podczas oceny możliwości pracy urządzeń i zespołów narażanych na pulsacje napięcia

Tabela 1– Parametry długotrwałych dodatnich i ujemnych odchyłek napięcia

	Jednostka	Napięcie znamionowe $U_z$ [V]		
		12	24	27
Długotrwała odchyłka napięcia	%	od -10 do +15	od -10 do +15	od -10 do +7,5
	V	od 10,8 do 13,8	od 21,6 do 27,6	od 24,3 do 29,0



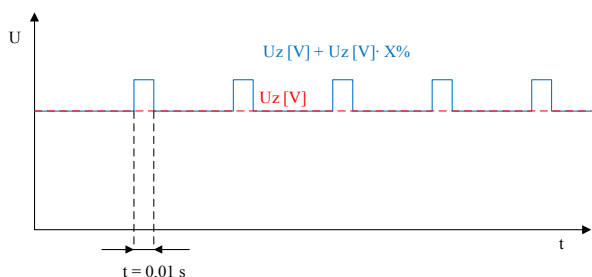
Rys. 8. Dodatnia długotrwała odchyłka napięcia



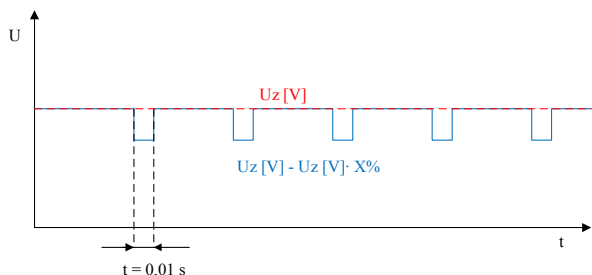
Rys. 9. Ujemna długotrwała odchyłka napięcia

Tabela 2 – Parametry impulsów napięcia

Chwilowa odchyłka napięcia	Napięcie znamionowe		
	12 V	24 V	27 V
	od -40 do +40 [%] od 7,2 do 16,8 [V]	od -40 do +40 [%] od 14,4 do 33,6 [V]	od -25 do +30 [%] od 20,25 do 35,1 [V]
Czas trwania impulsu napięcia	0,01 [s]		
Czas narastania i opadania	≤ 0,001 [s]		



Rys. 10. Dodatnie chwilowe odchyłki napięcia



Rys. 11. Ujemne chwilowe odchyłki napięcia

Tabela 3 – Wartości współczynnika pulsacji i parametry pulsacji napięcia

Wskaźnik jakości energii elektrycznej	Napięcie znamionowe		
	12 V	24 V	27 V
K [%]	15	15	12
$U_{RMS}$ [V] <sup>1)</sup>	1,8	3,6	3,24
f [Hz]	10 + 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> + 10 <sup>4</sup>	10 + 10 <sup>4</sup>
t [min]	5		

Aparatura, umożliwi symulację impulsów (dodatnich i ujemnych) napięcia zgodnie tabelą 2 i rys. 10 i 11 dla urządzeń, których napięcie znamionowe nie przekracza +40 VDC oraz zapotrzebowanie na prąd nie przekracza 240 A.

Przykładowe parametry pulsacji napięcia dla napięcia znamionowego odbiornika nieprzekraczającego +40 VDC oraz zapotrzebowania do 240 A, możliwe do zasymulowania zaprezentowane są w tabelach i od 3 do 6.

Tabela 4 – Wartości skuteczne i parametry pulsacji dla napięcia znamionowego 12 VDC

Wskaźnik jakości energii elektrycznej	Napięcie znamionowe						
	12 V						
$U_{RMS}$ [V] <sup>1)</sup>	8	5	3	2	1	0,1	0,01 <sup>2)</sup>
	0,96	0,6	0,36	0,24	0,12	0,012	0,0012 <sup>2)</sup>
f [Hz]	10 + 10 <sup>3</sup>		10 <sup>3</sup> + 10 <sup>4</sup>				
t [min]	5						

Tabela 5 – Wartości skuteczne i parametry pulsacji dla napięcia znamionowego 24 VDC

Wskaźnik jakości energii elektrycznej	Napięcie znamionowe						
	24 V						
$U_{RMS}$ [V] <sup>1)</sup>	8	5	3	2	1	0,1	0,01 <sup>2)</sup>
	1,92	1,2	0,72	0,48	0,24	0,024	0,0024 <sup>2)</sup>
f [Hz]	10 + 10 <sup>3</sup>		10 <sup>3</sup> + 10 <sup>4</sup>				
t [min]	5						

Tabela 6 – Wartości skuteczne i parametry pulsacji dla napięcia znamionowego 27 VDC

Wskaźnik jakości energii elektrycznej	Napięcie znamionowe						
	27 V						
$U_{RMS}$ [V] <sup>1)</sup>	4	4	3	2	1	0,1	0,012
	1,08	1,08	0,81	0,54	0,27	0,027	0,0027 <sup>2)</sup>
f [Hz]	10 + 10 <sup>4</sup>		10 <sup>4</sup> + 1,5 · 10 <sup>5</sup>				
t [min]	5						

$$1) U_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 \cdot \sin^2 \omega t dt} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 U_m$$

2) Minimalna wartość skuteczna napięcia pulsacji dla napięcia znamionowego 12 V, 24 V i 27 V możliwa do wygenerowania na generatorze arbitralnym TOE 7761 wynosi 0,008 V, co stanowi 0,07% napięcia znamionowego 12 V oraz 0,03% napięcia znamionowego 24V i 27 V.

Tabele od 1 do 6 prezentują tylko przykładowe możliwości aparatury w odniesieniu do normy obronnej.



## Oprogramowanie do akwizycji, symulacji i analizy – problemy badawcze

Oprogramowanie do akwizycji, symulacji i analizy oparte jest o strukturę interaktywnego oprogramowania NI Signal Express 2015. W trakcie walidacji metody badawczej, stwierdzono problemy wynikające z braku możliwości wykonywania obliczeń oraz analiz w czasie rzeczywistym przez jednostkę sprzętową PXI dla najwyższych częstotliwości pulsacji wymaganych w normie. Zaprojektowany algorytm akwizycji i obliczeń nie był w stanie w czasie rzeczywistym, podczas badań odporności na pulsacje napięcia analizować wartości skutecznej napięcia pulsacji oraz współczynnika pulsacji wynikającego z tablicy 3 normy obronnej z zakładaną (jednocześnie niezbędną) dokładnością. Analiza i obserwacja wymaganych wartości była możliwa, jednak nie spełniało to wymagań stawianych przez autora.

Zgodnie z twierdzeniem Kotelnikova-Shannona-Nyquista sygnał ściśle dolnoprzepustowy, którego widmo ograniczone jest do pasam częstotliwości ( $-\omega_M$ ;  $\omega_M$ ) można odtworzyć na podstawie próbek pobieranych z częstotliwością  $\Omega_0$  nie mniejszą niż  $2\omega_M$  [2]. Sugerując się tym twierdzeniem przygotowano algorytm na potrzeby badań zgodnie z wymaganiami normy obronnej, twierdzenie okazało się słuszne, umożliwiło odtworzenie sygnału, jednak niewystarczające. Dwukrotna wartość częstotliwości była niewystarczająca do dokładnego odtworzenia sygnału oraz wykonania szczegółowej analizy w czasie rzeczywistym w doniesieniu do: wartości skutecznej napięcia pulsacji oraz współczynnika pulsacji wynikających z tablicy 3 przywoływanej normy obronnej. Niezbędne było wykonywanie pomiarów z częstotliwością ok. 10 x większą od częstotliwości pulsacji w celu zachowania wymaganej jakości danych, co wymagało zwiększenia częstotliwości próbkowania do, co najmniej 1,5 MHz ( $\approx 666$  ns) – „tak wysoka częstotliwość próbkowania, również jest zastanawiająca z punktu widzenia wymagań normy oraz możliwości realizacji badań w latach 2005”. Tak wysokie częstotliwości możliwe były do uzyskania jednak dla generatorów znacznie mniejszej mocy.

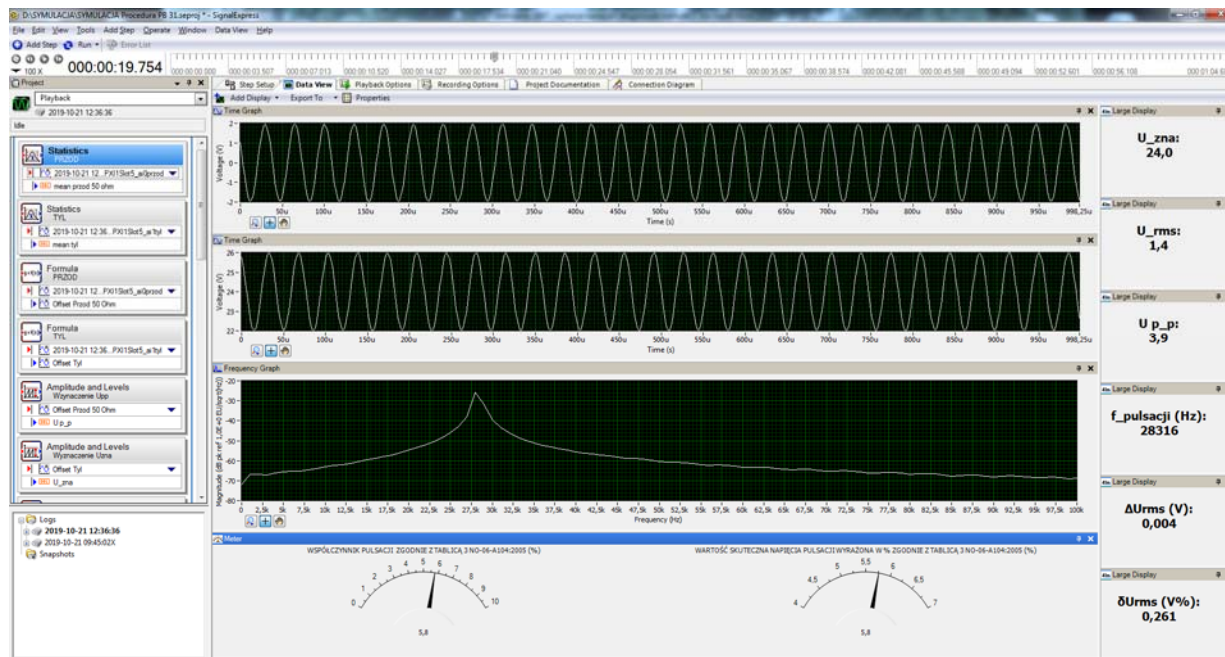
Zwiększanie częstotliwości próbkowania w czasie rzeczywistym w zaproponowanym algorytmie wiązało się z większym zapotrzebowaniem na podręczną pamięć jednostki sprzętowej, co w pewnym momencie stało się ograniczeniem. Zbyt duża ilość danych przesyłana w czasie rzeczywistym nie była możliwa do jednoczesnej analizy.

Rozwiązaniem problemu było opracowanie algorytmu symulacyjnego (rys. 14) opartego o analogiczną interaktywną strukturę algorytmu do akwizycji w oparciu o oprogramowanie NI Signal Express 2015 (rys. 12). Dane zarejestrowane tylko z dwóch kanałów napięciowych z wymaganą częstotliwością próbkowania, poddawane są analizie po wykonaniu badań, co ogranicza możliwość obserwacji i oceny w czasie rzeczywistym jednak nie wpływa negatywnie na uzyskiwany wynik. W trakcie badań w czasie rzeczywistym algorytm umożliwia ciągłą kontrolę warunków badań z niższą niż wymagana częstotliwość próbkowania.

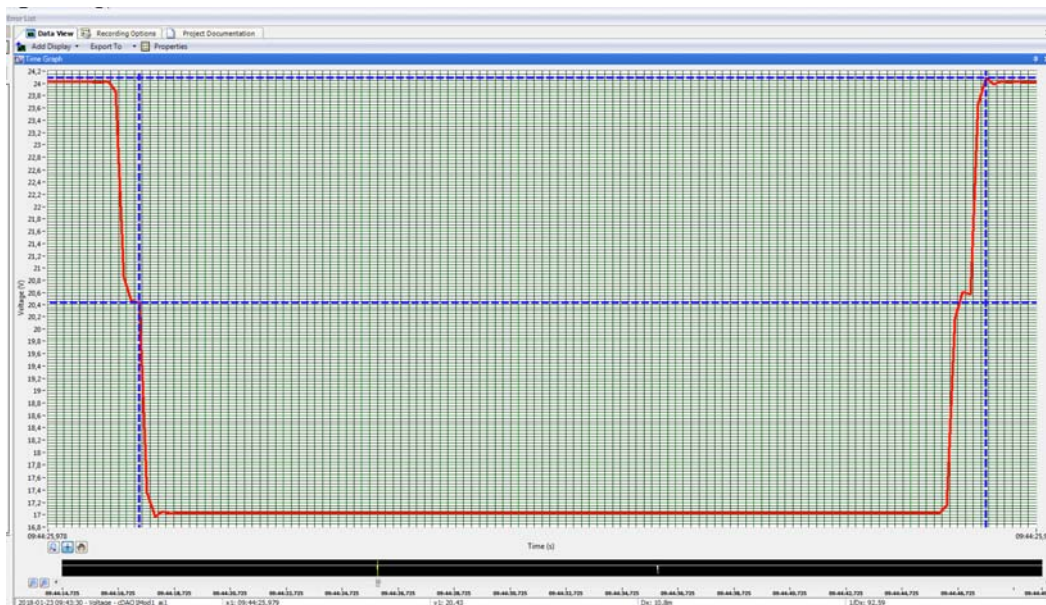
Po wykonaniu walidacji oraz badań, nasuwa się kolejne pytanie dotyczące wymagań normy oraz możliwości realizacji badań w latach 2005 „*jakie urządzenia pomiarowe były w stanie w latach 2005 symulować, rejestrować oraz obliczać wymagane w normie parametry pulsacji dla dużych prądów, które niezbędne są do prawidłowej pracy w pełni wyposażonych systemów uzbrojenia*”.

Opisywane wyżej problemy oraz bieżące ich rozwiązywanie umożliwiły przygotowanie stanowiska badawczego oraz akredytowanych przez Wojskowe Centrum Normalizacji Jakości i Kodyfikacji procedur badawczych:

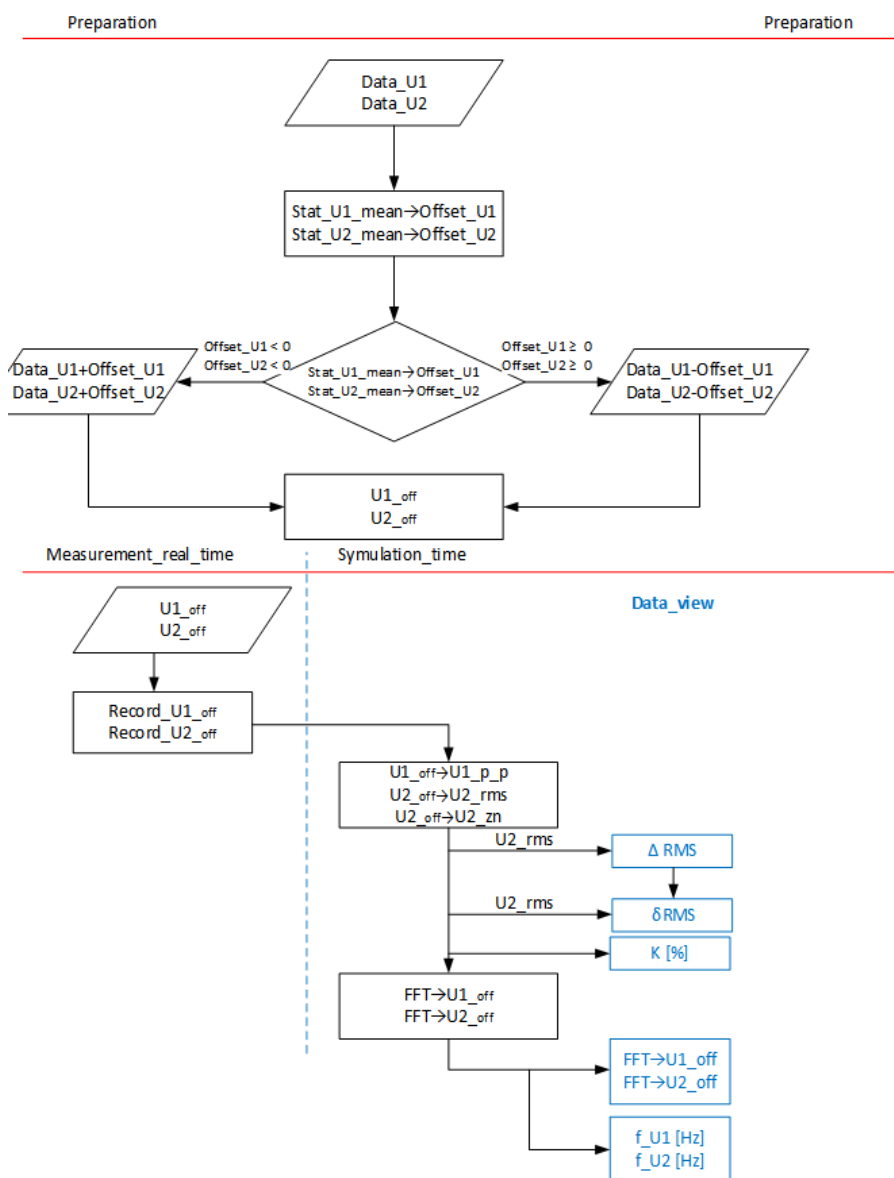
1. Procedura badawcza PB 30/LBPG „Badanie odporności całkowitej na oddziaływanie długotrwałych i chwilowych odchyłek napięcia”.
2. Procedura badawcza PB 31/LBPG „Badanie odporności całkowitej na oddziaływanie pulsacji napięcia”.
3. Procedura badawcza PB 32/LBPG „Badanie odporności całkowitej na oddziaływanie impulsów napięcia”.



Rys. 12. Widok okna programu symulacyjnego podczas analizy pulsacji napięcia



Rys. 13. Widok okna programu do akwizycji podczas symulacji chwilowego impulsu ujemnego (czas trwania 0,01 s, czas narastania i opadania 0,001s)



Rys. 14. Algorytm realizacja badań oraz funkcjonalny oprogramowania

W ramach w/w akredytowanych procedur badawczych w Laboratorium Badań Pojazdów Gąsienicowych Wojskowego Instytutu Techniki Panczernej i Samochodowej przeprowadzono już szereg badań niezawodnościowych w trakcie występowania zakłóceń w instalacji elektrycznej m.in.:

1. Pojazdu Poprad.
2. Pojazdu Szop.
3. Artyleryjskiego Wozu Amunicyjnego.
4. Zdalnie Sterowanego Systemu Wieżowego.
5. Artyleryjskiego Wozu Rozpoznawczego.
6. Pojazdów rozpoznawczych R1 i R2.
7. Systemu wieżowego czołgu Leopard 2PL.

W wyżej wymienionych obiektach badań oceniano niezawodność pracy całego obiektu, jak również systemów i elementów wyposażenia, którymi były:

- systemy ostrzegania o opromieniowaniu laserowym;
- systemy wykrywania skażeń chemicznych i promieniotwórczych;
- systemy wykrywania i lokalizacji strzałów;
- systemy filtrowentylacji;
- systemy wyrzutni granatów dymnych;
- systemy nawigacji;
- elementy wyposażenia systemów kierowania ogniem;
- systemy kontroli i diagnostyki;
- systemy automatycznego śledzenia;
- systemy łączności;
- monitory, terminale, komputery pokładowe itp.

Podstawowe wskaźniki niezawodnościowe, które są oceniane podczas badań na stanowisku laboratoryjnym to m.in.:

- odporność na odchyłki i pulsacje napięcia;
- czas gotowości do pracy po oddziaływaniu odchyłki napięcia;
- czas gotowości do pracy po oddziaływaniu pulsacji napięcia.

### Podsumowanie

Wymagania stawiane elementom wyposażenia integrowanego z pojazdami wojskowymi oraz systemami uzbrojenia są bardzo restrykcyjne i w wielu przypadkach trudne do weryfikacji i oceny, ze względu na brak wymaganego zaplecza badawczego. Jedno z takich wymagań, które w ostatnich latach powtarza się i jest obligatoryjne, to wymaganie określające niezawodność pracy urządzeń w trakcie oddziaływania zakłóceń w instalacji elektrycznej.

Poruszana problematyka w opracowaniach krajowych i zagranicznych nie zawiera szczegółowych informacji dotyczącej tej dziedziny badań w aspekcie niezawodności. Przywołane opracowania odnoszą się głównie do obiektów cywilnych, które nie są poddawane tak restrykcyjnym narażeniom. Pojazdy cywilne, również nie posiadają na wyposażeniu tak wielu kluczowych z punktu widzenia bezpieczeństwa, systemów wspomagających działania operatora i załogi. Jednak opracowania zawierają informację o podejmowanych badaniach w zakresie możliwych narażeń elektrycznych.

Próba rozwiązania problemu realizacji badań była procesem długotrwałym, przede wszystkim ze względu doboru wyposażenia umożliwiającego symulację wymaganych parametrów jakości energii elektrycznej, które muszą być bezwzględnie utrzymywane i kontrolowane oraz kosztów zakupu i konfiguracji.

Zaproponowane rozwiązanie problemu nie jest całkowite, możliwości sprzętowe oraz oprogramowanie ograniczają wykonanie badania w sposób idealny. Jednak można jednoznacznie stwierdzić, że podjęta próba zakończyła się sukcesem. Stanowisko w sposób ciągły podlega również modernizacji.

Stwierdzenie, które jest również uzasadnione to fakt, iż stanowisko oraz oprogramowanie jest nowatorskie w zakresie możliwości badawczych w odniesieniu do badawczego potencjału krajowego. Opracowane akredytowane procedury badawcze, zostały wdrożone oraz są wykorzystywane o czym świadczą przeprowadzone badania.

Zaletą stanowiska jest, również możliwość realizacji badań obiektów, nie na stanowisku laboratoryjnym w Wojskowym Instytucie Techniki Panczernej i Samochodowej, lecz również w zamiejscowym oraz poza granicami kraju. Obiektami badań mogą być nie tylko obiekty wojskowe ale również pojazdy cywilne jak również różnego rodzaju odbiorniki.

**Autor:** ppłk dr inż. Maciej Dorczuk, Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej, Laboratorium Badań Pojazdów Gąsienicowych, ul. Okuniewska 1, 05-070 Sulejówek, E-mail: [maciej.dorczuk@witpis.eu](mailto:maciej.dorczuk@witpis.eu).

### LITERATURA

- [1] Dziubiński M. „Conception of car electric equipment diagnostics”. *Maintenance and Reliability*, 2(14), 2002: 39-47.
- [2] Izydorzyc J, Płonka G, Tyma G. „Teoria sygnałów kompendium wiedzy na temat sygnałów i metod ich przetwarzania”. Wydaw. Helion, Gliwice 2006.
- [3] Paś J., Rosiński A. „Selected issues regarding the reliability-operational assessment of electronic transport systems with regard to electromagnetic interference”. *Maintenance and Reliability*, 3(19), 2017: 375-381.
- [4] Paś J. *Operation of electronic transportation systems*. Radom: Publishing House University of Technology and Humanities, 2015.
- [5] Perzyński T, Lewiński A, Łukasik Z. Safety analysis of accidents call system especially related to in-land water transport based on new telematic solutions. *Communications in Computer and Information Science, Tools of Transport Telematics*, vol 531. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015: 90-98.
- [6] Sumiła M., Miszkiewicz A. Analysis of the problem of interference of the public network operators to GSM-R. In *Tools of Transport Telematics*, editors: Mikulski J., given as the monographic publishing series – „Communications in Computer and Information Science”, vol. 531. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2015: 76-82.
- [7] Urbanowicz M., „Problemy współczesnych samochodowych instalacji elektrycznych”, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 16(6), 250-254, Stupsk 2015.