

Marcin SZCZEPANIAK¹

**WYMAGANIA TECHNICZNE STAWIANE ZESPOŁOM
PRĄDOWÓRCZYM W ŚWIETLE NOWO
OPRACOWYWANYCH ZASAD EKSPLOATACJI POŁOWYCH
URZĄDZEŃ I SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH
NA NAPIĘCIE DO 1 kV**

1. Wstęp

Niezależnie od przeznaczenia, w zależności od warunków eksploatacji, urządzenia wojskowe dzieli się na klasy i grupy, przedstawione w tablicy 1.

Tablica 1. Klasy i grupy urządzeń techniki wojskowej [5]

Nazwa klasy	Oznaczenie	
	Klasy	Grupy
Naziemne	N	1÷14
Morskie	M	1÷6
Lotnicze	S	1÷6
Rakietowe	R	1÷6
Wyposażenie artyleryjskie	T	1÷7

Klasa urządzenia charakteryzuje jego przynależność do rodzaju sprzętu wojskowego. W obrębie klasy urządzenia dzieli się na grupy. Grupa określa warunki eksploatacji i zbiór czynników m.in. środowiskowych w czasie i/lub po oddziaływaniu, których urządzenia powinny być zdadne do użytku, a ich parametry utrzymywać się w ściśle ustalonych granicach, określonych również w nowo opracowywanych zasadach eksploatacji połowych urządzeń i sieci elektroenergetycznych na napięcie do 1 kV [8].

¹ dr inż., Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej im. profesora Józefa Kosackiego

Wartości narażeń są określone w normach obronnych [5] w tym w NO-61-A208 [6]. Ponadto cytowana norma NO-61-A208 [6] podaje szczegółowo parametry sprzętu oraz zakres badań i procedurę przeprowadzania każdego z nich.

Przedmiotowa norma NO-61-A208 [6] oraz nowo opracowywane zasady eksploatacji polowych urządzeń i sieci elektroenergetycznych na napięcie do 1 kV dotyczą między innymi zespołów prądowców o:

- mocy (0,5 ÷ 5 000) kW;
- prądzie stałym i napięciu znamionowym 28,5, 115, 230, 400 V;
- prądzie i napięciu znamionowym 230 i 400 V, o częstotliwości 50, 400 Hz;
- pierwszym stopniu automatyzacji.

Norma NO-61-A208 [6] oraz ww. zasady eksploatacji [8] nie dotyczy zespołów przeznaczonych do zasilania urządzeń morskich (klasy M), pokładowych urządzeń lotniczych (klasy S) oraz zespołów instalowanych w pociągach-elektrowniach.

2. Parametry znamionowe oraz zakres badań

Zgodnie z normą obronną NO-61-A208 [6] oraz ww. zasadami eksploatacji [8], parametry znamionowe zespołów prądowców powinny odpowiadać podanym w tablicach 2 i 3, natomiast tablica 4 podaje parametry jakości energii elektrycznej wytwarzanej przez zespoły.

Tablica 2. Parametry zespołów prądowców i polowych stacji zasilania [6,8]

Nazwa parametru	Jednostka miary	Wartość
Napięcie znamionowe dla: Prądu stałego Prądu przemiennego jednofazowego Prądu przemiennego trójfazowego	V	28,5; 115; 230 230 230; 400
Znamionowe częstotliwości prądu przemiennego	Hz	50; 400
Znamionowy współczynnik mocy przy obciążeniu indukcyjnym oraz mocy: 0,5 kW 1 kW i większej z turbinowymi z prądnicami wysokoobrotowymi o częstotliwości 400 Hz		0,8; 1,0 0,8 0,7; 0,8

Tablica 3. Parametry zespołów prądotwórczych i polowych stacji zasilania [6,8]

Rodzaj zespołu prądotwórczego	Rodzaj prądu	Napięcie znamionowe	Częstotliwość znamionowa	Moc znamionowa
		V	Hz	kW
Ruchomy benzynowy	Przebiegienny jednofazowy	115	400	0,5; 1
		230	50	0,5;1; 2; 4; 8
			400	0,5;1; 2; 4; 8
	Przebiegienny trójfazowy	230	50	1; 2; 4; 8; 16; 20
			400	4; 8; 16; 30
		400	50	2; 4; 8; 16; 20; 30
	Stały	28,5	–	0,5; 1; 2; 4; 8
		115	–	2; 4; 8; 16
		230	–	16; 30
Ruchomy wysokoprężny	Przebiegienny trójfazowy	230	50	4; 8; 20; 40; 60
			400	4; 8;20;40;60;125;250
		400	50	4; 8;20; 40; 60;125; 250
			400	60; 125; 250
	Stały	28,5	–	4; 8
		115	–	8; 20
		230	–	20; 30; 40
Stacjonarny wysokoprężny	Przebiegienny trójfazowy	230	50	8; 20; 40; 60
		400		8; 20; 40; 60; 125; 250; 400; 500

Tablica 4. Parametry jakości energii elektrycznej [6,8]

Określone wskaźniki energii elektrycznej	Wartość wskaźnika
Prąd przemienny	
1. Ustalona, procentowa odchyłka napięcia w ustalonym stanie cieplnym przy zmianie symetrycznego obciążenia (10 ÷ 100)% mocy znamionowej	±2; ±3; ±5
2. Ustalona, procentowa odchyłka napięcia w ustalonym stanie cieplnym przy stałym symetrycznym obciążeniu w przedziale (25 ÷ 100)% mocy znamionowej	±0,5; ±1,0
3. Ustalona, procentowa odchyłka napięcia w ustalonym stanie cieplnym przy stałym symetrycznym obciążeniu w przedziale (10 ÷ 25)% mocy znamionowej	±1,0; ±1,5; ±3,0
4. Przejściowa, procentowa odchyłka napięcia przy nagłym odciążeniu i nagłym obciążeniu symetrycznym: 100% mocy znamionowej Czas ustalenia 50% mocy znamionowej Czas ustalenia	±20; ±30 2 s; 3 s; 5 s ±10; ±15 1 s; 2 s; 3 s
5. Ustalona, procentowa odchyłka częstotliwości przy stałym odciążeniu symetrycznym (25–100)% mocy znamionowej	±0,5; ±1,0
6. Ustalona, procentowa odchyłka częstotliwości przy stałym odciążeniu symetrycznym 25% mocy znamionowej	±1,0; ±1,5; ±2,5
7. Przejściowa, procentowa odchyłka częstotliwości przy nagłym odciążeniu i nagłym obciążeniu symetrycznym 100% mocy znamionowej: Czas ustalenia	±3; ±16; ±10 3 s; 5 s
8. Procentowy współczynnik amplitudowej modulacji napięcia o częstotliwości 400 Hz przy obciążeniu symetrycznym	1,0; 1,5; 2,0
9. Procentowy współczynnik odkształcenia sinusoidalności krzywej napięcia biegu jałowym i przy napięciu znamionowym: prądu trójfazowego prądu jednofazowego	5; 10; 16 20
10. Procentowy współczynnik symetrii napięć międzyprzewodowych przy obciążeniu niesymetrycznym faz ze współczynnikiem asymetrii prądu do 25% prądu znamionowego (pod warunkiem, że w żadnej z faz prąd nie przekracza wartości znamionowej)	5; 10
PRĄD STAŁY	
11. Ustalona, procentowa odchyłka napięcia w ustalonym stanie cieplnym przy zmianie obciążenia (0-100)% mocy znamionowej	±2; ±3; ±5
12. Ustalona, procentowa odchyłka napięcia w ustalonym stanie cieplnym przy dowolnym stałym obciążeniu w całym przedziale do 100% mocy znamionowej	±2; ±3
13. Przejściowa, procentowa odchyłka napięcia przy nagłym odciążeniu i nagłym obciążeniu o wartości 100% mocy znamionowej Czas ustalenia	±10; ±15; ±20 2 s; 3 s; 5 s
14. Procentowy współczynnik pulsacji napięcia przy pracy pod obciążeniem (bez buforowej baterii akumulatorów)	3; 6

Norma NO-61-A208 oraz zasady eksploatacji określają ponad to zakres i szczegółowe metody badań [6]:

- sprawdzenie wymiarów gabarytowych i masy;
- sprawdzenie, jakości połączeń metalicznych;
- sprawdzenie rezystancji izolacji;
- sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji;
- próba uruchomienia;
- sprawdzenie kolejności faz;
- próba pracy;
- sprawdzenie dokładności regulacji napięcia i częstotliwości w całym zakresie obciążeń;
- sprawdzenie dokładności regulacji napięcia i częstotliwości przy stałym obciążeniu;
- sprawdzenie odchyłki napięcia i częstotliwości przy nagłym obciążeniu i odciążeniu;
- sprawdzenie odchyłki napięcia pod wpływem temperatury;
- sprawdzenie zakresu nastaw napięcia;
- próba grzania;

- próba pracy przy obciążeniu asymetrycznym;
- sprawdzenie zdolności zespołu do rozruchu silnika asynchronicznego;
- próba pracy ciągłej;
- badanie odporności całkowitej na zwiększoną wilgotność;
- sprawdzenie poziomu zakłóceń radiowych;
- sprawdzenie głośności pracy;
- sprawdzenie, kształtu krzywej napięcia;
- badanie odporności na opady atmosferyczne (deszcz);
- próba pracy przy przechyłach i pochyleniach;
- próba uruchomienia w temperaturze ujemnej;
- badanie odporności na obniżoną temperaturę;
- badanie odporności na kondensacyjne osady atmosferyczne (szron i rosę);
- badanie wytrzymałości na zmiany temperatury otoczenia;
- badanie odporności na podwyższoną temperaturę;
- próba pracy przy przeciążeniu;
- próba pracy na wysokości 1 000 m.n.p.m.;
- pomiar prądu upływu;
- badanie wytrzymałości na transport;
- sprawdzenie zabezpieczeń przed zwarciami;
- badanie wytrzymałości i odporności na wibrację i udary;
- badanie wytrzymałości na zmiany ciśnienia atmosferycznego;
- próba pracy na wysokości od 2 000 m do 4 000 m.n.p.m.;
- badanie odporności na promieniowanie słoneczne;
- badanie odporności na strumień powietrza;
- badanie odporności na działanie pyłu i piaski;
- próba wytrzymałości na zabiegi specjalne;
- badanie podatności na przechowywanie;
- badania niezawodności;
- próba pracy równoległej.

3. Zaplecze badawcze

Każdy proces oceny urządzeń oparty jest przede wszystkim na wynikach, uzyskanych z badań sprzętu zakresu wymienionego w rozdziale 2.

Laboratorium Badawcze Wojskowego Instytutu Techniki Inżynierskiej (LB WITI) zajmujące się badaniem sprzętu wojskowego dysponuje:

- Stanowiskiem do badań wytrzymałościowych składającym się z:
 - wstrząsarki magnetycznej GEARING&WATSON;
 - zestawu czujników przyspieszenia;
 - komputera PC z oprogramowaniem.
- Stanowiskiem do badań parametrów elektrycznych polowych źródeł zasilania składającym się z:
 - analizatora sieci AR.5 oraz FLUKE 435-II;
 - zestawu obciążenia 120 kVA;
 - zestawu obciążenia 20 kVA;

- wielofunkcyjnego stołu pomiarowego;
- Stanowiskiem do badań bezpieczeństwa przeciwporażeniowego urządzeń techniki wojskowej składającym się z:
 - zautomatyzowanego stołu pomiarowego;
 - indukcyjnego miernika izolacji oraz miernika Sonel MPI 520;
 - wielofunkcyjnego analizatora parametrów elektrycznych FLUKE 435-II ;
 - mostka Thomsona oraz Sonel MMR-620;
 - automatycznego próbnika wytrzymałości elektrycznej izolacji API5000;
- Stanowiskiem do pomiaru parametrów elektrycznych agregatów prądotwórczych i oddziaływania narażeń klimatycznych składającym się z:
 - układu wentylacji do badania zespołów prądotwórczych;
 - układu odprowadzania spalin do badań zespołów prądotwórczych.
 - komory klimatycznej 85 m³;
 - stołu pomiarowego;
- Stanowiskiem do badań środowiskowo – klimatycznych składającym się z:
 - miernika temperatury i wilgotności TESTO 445;
 - komory klimatycznej Servathin do wykonywania badań środowiskowych.

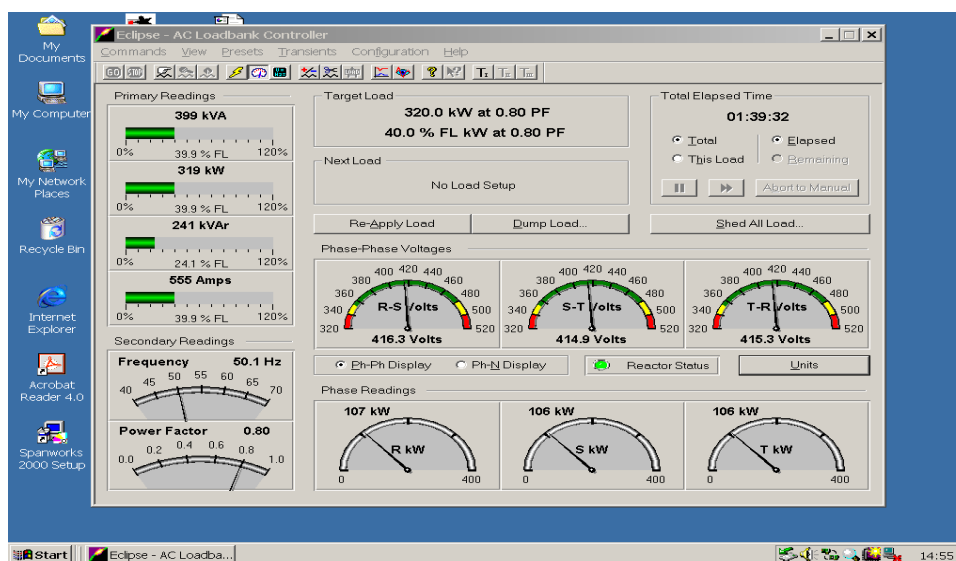
Na wyżej wymienionych stanowiskach wykonywane są wielokrotnie badania w różnych konfiguracjach, po przeprowadzonych testach bezpieczeństwa elektrycznego, mechanicznych i klimatycznych wspomaganymi komputerowo.



Rys. 1. Komora klimatyczna



Rys. 2. Maszyna wytrzymałościowa – system wibracyjny



Rys. 3. Monitoring parametrów elektrycznych obciążenia obiektów badań

3.1. Metody badań bezpieczeństwa elektrycznego instalacji i urządzeń elektrycznych stosowanych w WP

W laboratorium badawczym Wojskowego Instytutu Techniki Inżynieryjnej zajmującym się badaniem elektrycznego i elektronicznego sprzętu oraz instalacji do użytku wojskowego najczęściej wykonywanymi pomiarami przy ocenie bezpieczeństwa elektrycznego są pomiary:

- rezystancji izolacji;
- wytrzymałości elektrycznej izolacji;
- prądu upływu;
- czasu i progu działania zabezpieczeń;
- rezystancji przejścia pomiędzy dostępnymi częściami metalicznymi;
- rezystancji uziemienia;
- impedancji pętli zwarcia.

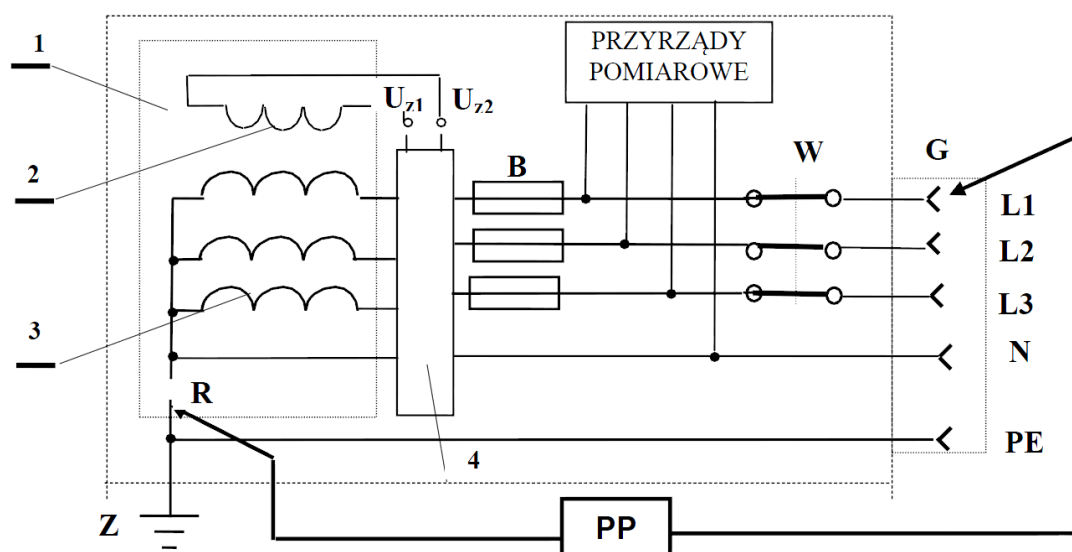
Poniżej przedstawione zostały metody pomiarów wielkości stosowane w laboratorium badawczym WITI [7] na przykładzie badań zespołu prądotwórczego.

3.1.1. Pomiar rezystancji izolacji

Pomiar rezystancji izolacji zespołu prądotwórczego wykonuje się za pomocą miernika SONEL MPI-530 – rys. 4, którego przewody przyłącza się do zacisków (styków) mierzonych obwodów:

- rezystancji izolacji obwodu głównego względem masy (obudowy);
- rezystancji izolacji obwodu wzbudzenia względem masy (obudowy);
- rezystancji izolacji między obwodem głównym, a obwodem wzbudzenia.

Wielkość napięcia pomiarowego U_p jest uzależniona od wartości napięcia znamionowego U_n , tak więc przykładowo dla $U_n = 230 \text{ V}$ napięcie pomiarowe wynosi $U_p = 500 \text{ V}$.



Rys. 4. Schemat ideowy zespołu prądowórczego trójfazowego podczas pomiar rezystancji izolacji obwodów względem masy
 1 – prądnicą; 2 – uzwojenie wzbudzenia; 3 – uzwojenie główne; 4 – układ regulacji napięcia;
 W – wyłącznik główny; B – zabezpieczenia; G – gniazdo dawkcze; Z – zacisk uziemienia;
 PP – przyrząd pomiarowy: MPI - wielofunkcyjny miernik firmy SONEŁ (3.1.1),
 API – automatyczny próbnik izolacji (3.1.2), R_d i A – układ pomiarowy składający się z szeregowo połączonym rezystora i amperomierza (3.1.3).

3.1.2. Sprawdzenie wytrzymałości elektrycznej izolacji

Pomiar wytrzymałości elektrycznej izolacji zespołu prądowórczego wykonuje się za pomocą automatycznego próbnika izolacji – rys. 4, którego przewody przyłącza się do zacisków (styków) mierzonych obwodów celem badania: wytrzymałość elektryczną izolacji obwodu głównego względem masy (obudowy);

- wytrzymałość elektryczną izolacji obwodu wzbudzenia względem masy (obudowy);
- wytrzymałość elektryczną izolacji między obwodem głównym, a obwodem wzbudzenia.

Wielkość napięcia porobierczego U_p jest uzależniona od wartości napięcia znamionowego U_n , tak więc przykładowo dla $U_n = 230$ V napięcie pomiarowe wynosi $U_p = 1000$ V, natomiast dla obwodów o napięciu znamionowym $U_n = 400$ V napięcie pomiarowe wynosi $U_p = 1500$ V.

3.1.3. Pomiar prądu upływu

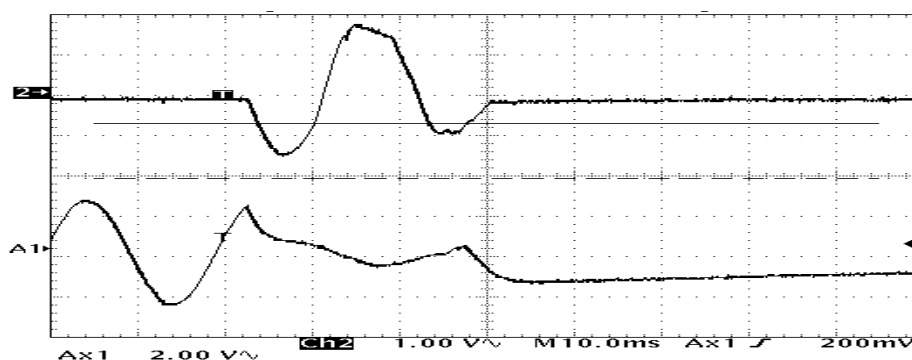
Pomiar prądu upływu zespołu prądowórczego wykonuje się za pomocą podłączonego rezystora dekadowego R_d wraz z szeregowo włączonym miliamperomierzem A, o zakresie pomiarowym od pojedynczych do kilkudziesięciu miliamperów – rys. 4.

Po włączeniu napięcia obserwuje się wskazania miliamperomierza i stopniowo zmniejsza się wartość rezystancji nastawionej na rezystorze dekadowym R_d do wartości stanowiącej z rezystancją miliamperomierza wypadkową rezystancję 2000Ω (szacunkowa wartość rezystancji ciała człowieka na drodze przepływu ręka-noga).

Po doprowadzeniu rezystancji obwodu pomiarowego do wymienionej wartości dokonuje się odczytu wartości prądu, który jest wartością prądu upływu.

3.1.4. Pomiar czasu i progu działania zabezpieczeń

Pomiar czasu i progu działania zabezpieczeń zespołu prądotwórczego wykonuje się za pomocą podłączonego do przetwornika I/U oscyloskopu, a ten do przekładnika prądowego P w obwodzie prądu zwarciovego – rys. 4.



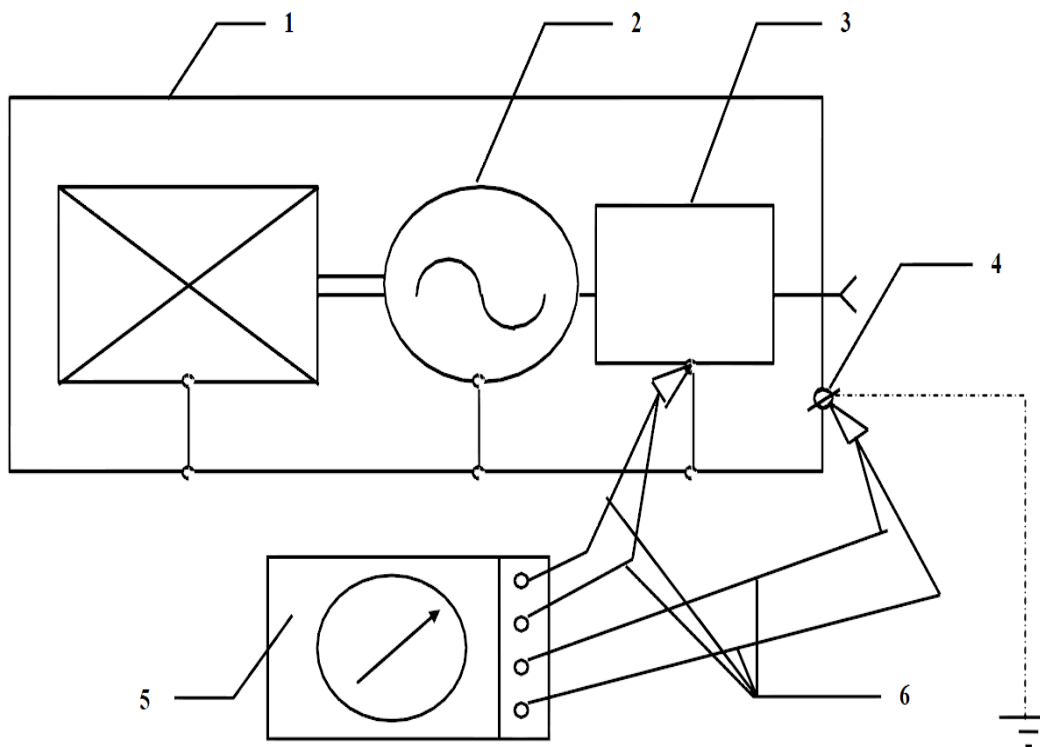
Rys. 5. Przykładowy oscylogram podczas próby zwarcia

Próbie przeprowadza się przez dokonanie załączenia wyłącznikiem napięcia wyjściowego na zwarte przyłącze wyjściowe zespołu (gniazdo lub zaciski). Po włączeniu napięcia następuje przepływ prądu zwarciovego w obwodzie głównym zespołu. Powinno to spowodować zadziałanie jego zabezpieczeń przeciwzwarciovych. Stan przejściowy prądu zwarcia i napięcie na zaciskach wyjściowych od momentu załączenia do czasu zadziałania zabezpieczeń jest rejestrowane oscyloskopem. Wynikiem sprawdzenia jest: zarejestrowana wartość prądu i czas działania zabezpieczeń od chwili załączenia prądu zwarcia do momentu jego wyłączenia.

3.1.5. Pomiar rezystancji przejścia

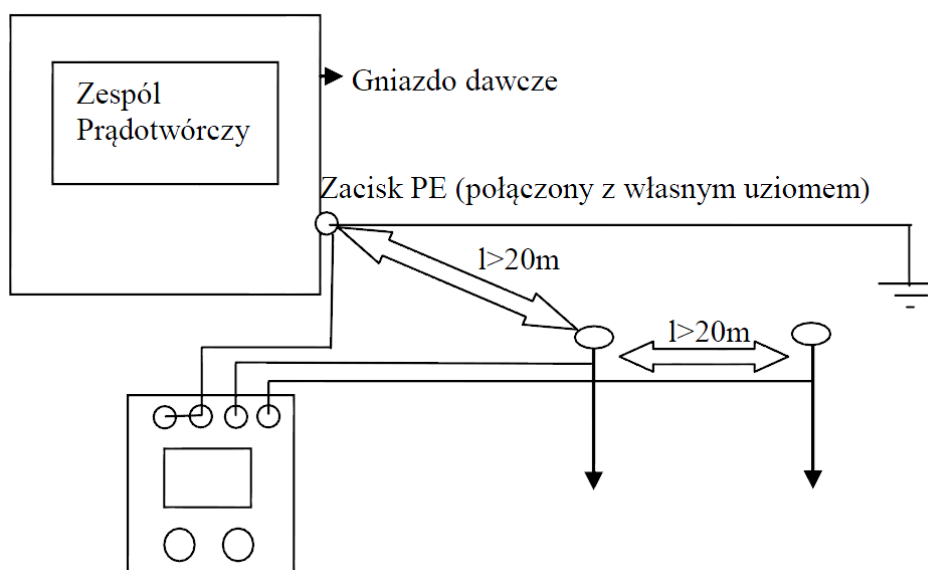
Pomiar rezystancji przejścia przeprowadza się między zaciskiem ochronnym zespołu i połączonymi z nim przewodem ochronnym zaciskami (stykami) ochronnymi: prądnicą, tablicy bezpiecznikowo - rozdzielczej, tablicy (przyłącza) gniazd wyjściowych, bloku automatycznej regulacji napięcia, filtra przeciwzakłóceniovego i ramy zespołu – rys. 6.

Przeprowadza się także pomiar połączeń metalicznych innych styków z przewodem ochronnym zespołu, jeżeli rozwiązania konstrukcyjne konkretnego typu badanego zespołu charakteryzują się obecnością takich połączeń.



Rys. 6. Schemat ideowy zespołu prądowórczego
 1 – Zespół prądowórczy; 2 – Prądnica zespołu; 3 – Tablica bezpiecznikowo-rozdzielcza;
 4 – Zacisk uziemiający zespołu; 5 – Techniczny mostek Thomsona
 lub Sonel MMR-620; 6 – Przewody połączeniowe pomiarowe

3.1.6. Pomiar rezystancji uziemienia



Rys. 7. Schemat ideowy zespołu prądowórczego podczas pomiaru rezystancji uziemienia

Pomiar rezystancji uziemienia przeprowadza się między uziemionym (za pomocą własnego uziomu, będącego na wyposażeniu każdego zespołu) zaciskiem ochronnym zespołu, a połączonymi z nim przewodami sondami pomocniczymi, podłączonymi do indukcyjnego miernika uziemienia IMU lub Sonel MPI-530 - rys. 7.

4. Przykłady praktycznego sprawdzenia zgodności sprzętu z wymaganiami

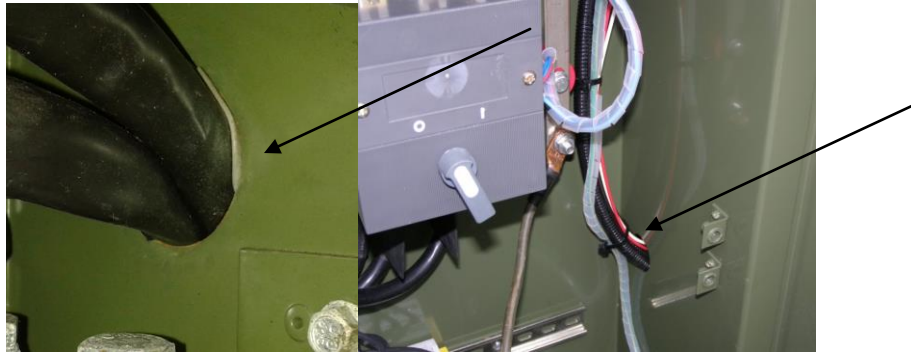
Badania i analizy spełnienia wymagań normatywnych dla sprzętu techniki wojskowej wykazały wielokrotnie, że zastosowanie sprzętu z tzw. rynku cywilnego kończy się niepowodzeniem w dziedzinie jakościowej oraz biznesowej dla firm oferujących taki sprzęt dla Sił Zbrojnych RP, czego przykłady zaprezentowano na rysunkach 8 - 21.



Rys. 8. Zaciski ochronne za blisko siebie uniemożliwiają zakręcenie śrub



Rys. 9. Brak zakończeń przewodów oraz oznaczeń przewodów toru głównego (dodatkowo bardzo zła kultura techniczna wykonania)



Rys. 10. Niezabezpieczone przewody przed przetarciem izolacji w wyniku wibracji podczas pracy lub transportu



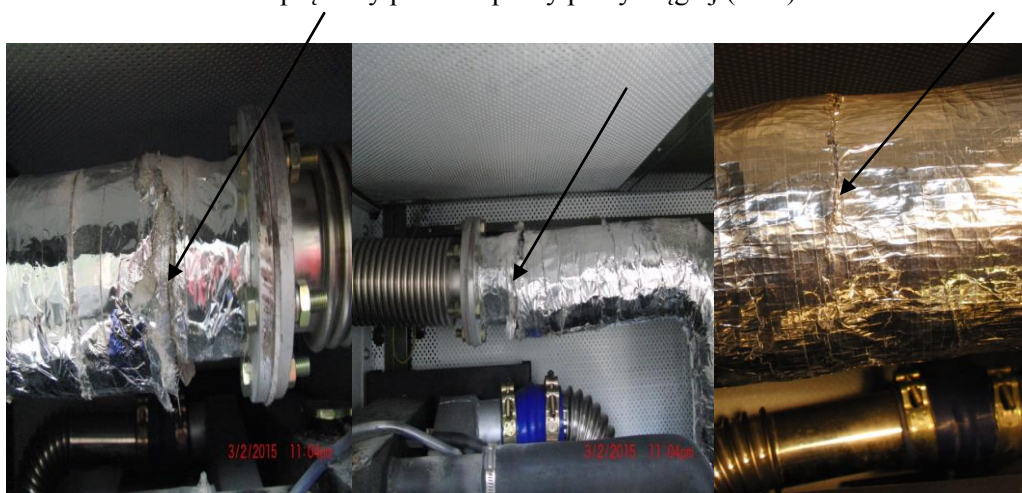
Rys. 11. Mały prześwit, uniemożliwiający poruszanie się w terenie lekko pofałdowanym.



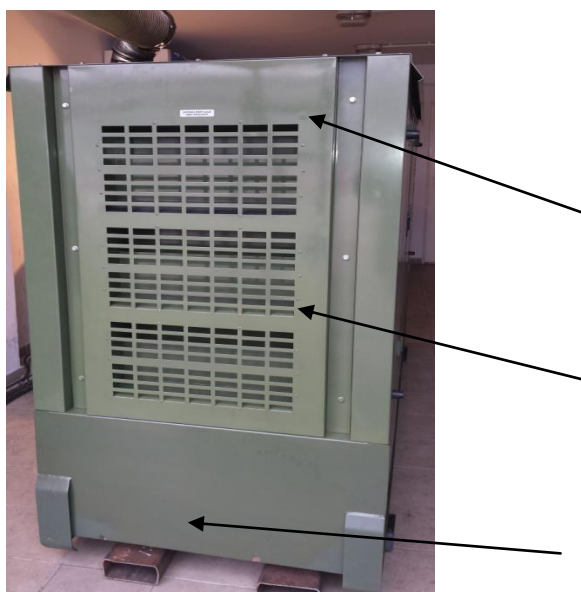
Rys. 12. Liczne wycieki płynów eksploatacyjnych (na zewnątrz i wewnątrz zespołu)



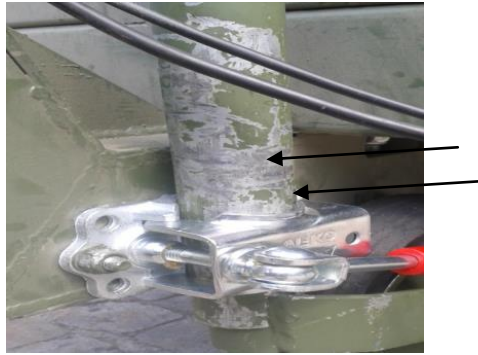
Rys. 13. Stopienie się izolatora z powodu odkręcenia się przewodu od prądnicy podczas próby pracy ciągłej (48 h)



Rys. 14. Wielokrotne pęknięcia otuliny układu wydechowego



Rys. 15. Zespół pomalowany różnymi farbami o różnej barwie i połysku



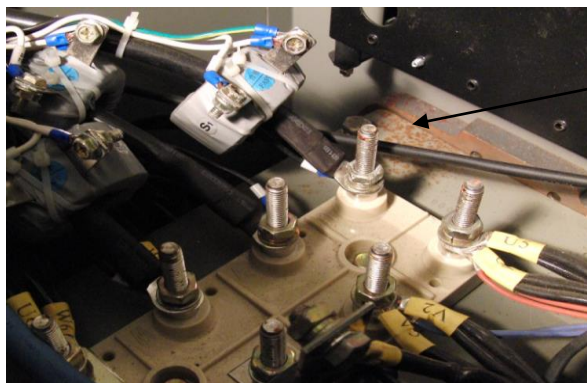
Rys. 16. Brak powłok lakierniczych i bardzo niski poziom kultury technicznej wykonania (porysowane koło podporowe)



Rys. 17. Pęknięty i skorodowany wspornik układu wydechowego po badaniach wilgotności i pracy ciągłej



Rys. 18. Awaryjne wyłączenia zespołu na skutek przegrzania zespołu podczas badań w podwyższonych temperaturach otoczenia



Rys. 19. Korozja wewnątrz prądnicy zespołu



Rys. 20. Korozja elementów silnika zespołu



Rys. 21. Korozja na zewnątrz zespołu i malowanie na wiele różnych kolorów

5. Podsumowanie

Ocena wymagań technicznych określających poziom bezpieczeństwa elektrycznego urządzeń stosowanych w Wojsku Polskim oparta jest na porównaniu wyników pomiarów wykonanych podczas wyżej wymienionych badań i oględzin z wymaganiami przepisów obowiązujących w technice militarnej [4,5,6], w tym również nowo opracowywanych zasad eksploatacji polowych urządzeń i sieci elektroenergetycznych na napięcie do 1 kV.

W przypadkach nie objętych przepisami militarnymi [4,5,6] zastosowanie mają normy i przepisy cywilne określające konkretne wymagania.

Zasady eksploatacji polowych urządzeń i sieci elektroenergetycznych na napięcie do 1 kV wskazują, że podczas oględzin określa się wizualnie stan uziomów, przewodów uziemiających i ochronnych oraz ich budowę, jak również oznaczenia, przekrój i jakość połączeń. Ponad to powinno się dokonać kontroli stanu urządzeń

wyłaczających i ich parametrów (w tym wyznaczenie prądów wyłączających) oraz dokonuje się oceny dokumentacji konstrukcyjnej pod względem kompletności i odwzorowania ze stanem faktycznym instalacji.

Po dokonaniu pomiarów i niezbędnych obliczeń (w tym wartości prądów zwarć) dokonuje się oceny:

➤ stanu uziemienia, na podstawie:

- rezystancji uziemienia;
- oględzin.

Wynik uznaje się za pozytywny, gdy wizualny stan i rezystancja uziomu lub uziomów jest zgodna z [4], a w szczególności:

- długość czynna uziomu (najczęściej prętowego) jest nie mniejsza niż 0,8 m i jego powierzchnia nie jest pokryta zanieczyszczeniami zmniejszającymi powierzchnię czynną styku z ziemią ;
- połączenie wykonane jest za pomocą zacisku śrubowego co najmniej M8, zabezpieczonego przed rozluźnieniem;
- przewód uziemiający wykonany jest z linki o dostatecznej długości i przekroju nie mniejszym niż 10 mm^2 lub dla uziemień pomocniczych $2,5 \text{ mm}^2$;
- w instrukcji eksploatacji istnieją odpowiednie zapisy określające miejsce zagłębienia i sposób przygotowania miejsca (przy bezpośrednim uziemieniu nie więcej niż 2 m od urządzenia, a w przypadku uziomów pomocniczych $10 \div 25 \text{ m}$) i zacisków;
- wartość rezystancji uziemienia nie powoduje niemożliwości spełnienia warunku samowylączenia (po wyeliminowaniu innych negatywnych składników z całej pętli zwarcia).

➤ stanu przewodów ochronnych, na podstawie:

- rezystancji przejść;
- oględzin.

Wynik uznaje się za pozytywny, gdy wizualny stan i rezystancja przejścia jest zgodna z [4 i 5], a w szczególności:

- rezystancja przejścia każdego połączenia metalowych części przewodzących dostępnych z głównym punktem uziomowym lub szyną nie przekracza $2000 \mu\Omega$ w każdych warunkach;
- przekrój przewodów ochronnych nie powinien być mniejszy niż 4 mm^2 dla przewodów prowadzonych oddzielnie i $S_{PE} = S_1$ (dla określonych przypadków $S_{PE} = S_1/2$);
- przewody i zaciski ochronne powinny posiadać odpowiednie oznaczenie i kolorystykę.

➤ warunków samowylączenia, na podstawie:

- pomiaru czasu i progu działania zabezpieczeń;
- wyznaczenia prądów wyłączenia zabezpieczeń;
- obliczenia wartości prądu zwarcia.

Wynik uznaje się za pozytywny, gdy czas działania i próg zadziałania zabezpieczeń jest zgodny z [4] i charakterystyką danego typu zabezpieczenia, a w szczególności :

- maksymalny czas działania zabezpieczeń nie powinien być większy niż 0,2 s w każdych warunkach
- próg zadziałania zabezpieczeń mieści się w granicach dopuszczalnych dla danego typu zabezpieczenia [1, 2 i 3].

➤ wartości prądu upływu na podstawie pomiaru.

Wynik pomiaru uznaje się za pozytywny, gdy wartość prądu upływu nie przekracza wartości 5 mA w każdych warunkach, a w szczególnych przypadkach wartości podanych w [1 i 4].

➤ wytrzymałości elektrycznej izolacji na podstawie pomiaru.

Wynik sprawdzenia uznaje się za pozytywny, gdy nie nastąpi przebicie izolacji w czasie 60 s po przyłożeniu określonej w [7] wartości napięcia probierczego.

➤ rezystancji izolacji na podstawie:

- pomiaru rezystancji izolacji;
- oględzin.

Wynik sprawdzenia uznaje się za pozytywny, gdy wizualny stan i rezystancja izolacji jest zgodna z [4 i 5].

Ogólne zasady wykonania urządzeń elektrycznych wykorzystywanych do zastosowań militarnych są podobne z cywilnymi.

Różnice wynikają ze specyfiki zastosowań militarnych i tak przykładowo sposoby ułożenia kabli i torów kablowych oraz ich ochronie przed narażeniami mechanicznymi, które są określone osobnymi przepisami.

Złącza wtykowe stosowane w technice militarne począwszy od złącz sygnałowych po złącza elektroenergetyczne mają inną konstrukcję.

Po wejściu SZRP do sojuszu północno atlantyckiego NATO zaczynają nas obowiązywać porozumienia normalizacyjne państw stowarzyszonych, które określają trend w dostosowywaniu złącz o charakterze militarnym do standardów cywilnych.

Wprowadzone zostało dodatkowo pojęcie rezystancji przejścia pomiędzy przewodzącymi dostępnymi częściami metalowymi, a głównym punktem lub szyną uziemiającą. Parametr ten ma w rzeczywistości nie dopuścić do pojawienia się na dostępnych częściach metalicznych napięć niebezpiecznych, które w warunkach niekorzystnych (np.: wykonanie połowe) zagrażałyby obsłudze. Tworzy się tak zwaną sieć ochronną.

Dodatkową pewność w ocenie wymagań technicznych w kontekście bezpieczeństwa elektrycznego dają badania klimatyczne i mechaniczne, które dla urządzeń stosowanych w technice militarnej jest obligatoryjne. Zaś odpowiednio skonstruowane przepisy pozwalające ocenić spełnienie wymagania przy odpowiednio dobranych narażeniach wymaga użycia systemów komputerowych używających odpowiednie oprogramowanie, a wszystko to zmniejsza ryzyko popełnienia błędu przy ocenie bezpieczeństwa na podstawie pomiarów w warunkach normalnych i specjalnych.

Literatura

- [1] KOZŁOWSKI J., WASIAK I.: „Ochrona przeciwporażeniowa w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia”, Politechnika Łódzka, Łódź.
- [2] ROGOŃ A.: „Ochrona od porażenia w instalacjach elektrycznych”, COSIW SEP, Warszawa.

- [3] STRZAŁKA J.: „Instalacje elektryczne i teletechniczne”, Verlag Dashofer, Warszawa, 2002-2016.
- [4] MON Szefostwo Badań i Rozwoju Techniki Wojskowej: „Przepisy eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych polowych na napięcie do 1kV” PEUE-91, Warszawa.
- [5] NO-06-A101÷A108 Aparatura, przyrządy, urządzenie i wyposażenie o przeznaczeniu wojskowym. Ogólne wymagania techniczne, metody kontroli i badań.
- [6] NO-61-A208 Zespoły prądotwórcze i ruchome elektrownie z silnikami spalinowymi.
- [7] Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej: Procedury badawcze PB-L2-001÷39, Wrocław, 2017.
- [8] W opracowaniu: Zasady Eksploatacji Polowych Urządzeń i Sieci Elektroenergetycznych na Napięcie do 1 kV DU-4.22.4.01, Inspektorat Wspierania Sił Zbrojnych, Bydgoszcz, 2017.

TECHNICAL REQUIREMENTS FOR GENERATING SETS ACCORDING TO NEW MAINTENANCE RULES FOR FIELD EQUIPMENT AND TRANSMISSION LINES UP TO 1kV

Summary

The dependency of modern military equipment on electrical power results in their efficiency and reliability being dependant on the quality of electricity and on the continuity of its supply. This is particularly important because most of the equipment in the defence sector is powered with mobile field generating sets with internal combustion engines. In addition, this equipment tends to be operated in extremely unfavourable conditions for long periods of time.

Furthermore, from a strategic point of view, what is very dangerous for the military equipment, is the poor quality of the power supply, as it causes malfunctions of all the interconnected devices and equipment, and thus periodically weaken defence capabilities. In these aspects, the topic for the paper has been chosen.

Research and subsequent analyses of the compliance with the normative requirements for the military equipment have repeatedly shown that the use of equipment from the so-called civil market results in failure in terms of quality and business operation for companies offering such equipment to the Polish Armed Forces. The paper discusses the defence standard requirements and the recently elaborated regulations pertaining to the operation and use of field equipment and transmission lines up to 1 kV relative to mobile field generating sets with internal combustion engines. Lastly, their tests and selected examples of the gross failure to comply with the specific quality- and technical standards by such kind of equipment are included.