

Pomiary parametrów elektrycznych charakteryzujących intensywność rażenia wybranych typów paralizatorów

Streszczenie. W artykule przedstawiono budowę i rodzaje paralizatorów. Omówiono zasady przeprowadzania ich badań oraz scharakteryzowano wymagania dotyczące stosowanych układów pomiarowych. Przedstawiono wyznaczone przebiegi chwilowe prądów rażenia oraz wyniki pomiarów wielkości elektrycznych charakteryzujących prądy rażenia paralizatorów ręcznych określone dla wybranych rezystancji obciążenia oraz dwóch typów paralizatorów ręcznych: ESP Scorpy Max i ESP Scorpion 300

Abstract. The paper presents the design and kinds of conducted energy weapons. The rules for carrying out research on them and the requirements for the use of measurement systems were characterized. The paper also presents measured instantaneous shock currents waveforms and results of measurements of electric parameters characterizing shock current of hand-held conducted energy weapon determined for different load resistances and for two types of hand-held stun guns: ESP Scorpy Max and ESP Scorpion 300. (*Measurements of Electrical Parameters Characterizing the Intensity of Selected Types of Conducted Energy Weapons*).

Słowa kluczowe: paralizator, parametry elektryczne paralizatorów, prąd impulsowy

Keywords: conducted energy weapon, electrical parameters of conducted energy weapon, pulse current

Wprowadzenie

Paralizatory stanowią rodzaj broni przeznaczonej do obezwładniania osób za pomocą energii elektrycznej. Przepływający przez organizm człowieka ładunek elektryczny powoduje zakłócenie pracy systemu nerwowego i paraliż mięśni, wywołując czasowe ograniczenie możliwości ruchowych i obezwładnienie organizmu. Pomimo zapewnień producentów paralizatorów o ich bezpiecznym działaniu, co roku notuje się liczne przypadki śmierci osób rażonych prądem generowanym przez paralizatory. W Stanach Zjednoczonych średnia liczba przypadków śmiertelnych w latach 2001-2012, spowodowanych użyciem urządzeń CEW (ang. Conducted Energy Weapon) wyniosła około 45 rocznie [8]. Szeroka dyskusja dotycząca zagrożeń związanych z użyciem paralizatorów, zasadnością oraz sposobem ich użycia, a także właściwą i obiektywną procedurą przeprowadzania ich badań nasiliła się szczególnie po śmierci Roberta Dziekańskiego w dniu 13 października 2007 roku, kilkukrotnie rażonego paralizatorem przez funkcjonariuszy policji na lotnisku w Vancouver [10]. Również śmierć na komisariacie 25-letniego, w pełni zdrowego - w opinii bliskich i rodziny - mężczyzny po jego zatrzymaniu w dniu 15 maja 2016 roku przez policjantów, którzy także użyli w stosunku do zatrzymanego paralizatora, zainicjowała dyskusję nad możliwymi następstwami użycia tego rodzaju środków przymusu bezpośredniego przeznaczonych do obezwładniania osób za pomocą energii elektrycznej.

Występują dwa podstawowe rodzaje paralizatorów. Paralizatory wystrzeliwujące elektrody połączone przewodami są głównym urządzeniem, których elektrody po osiągnięciu celu oddalonego najczęściej o kilka metrów od urządzenia, umożliwiają przekazanie ładunku elektrycznego do organizmu napastnika i jego obezwładnienie. Paralizatory te zwane są w języku potocznym taserami od nazwy jednego z głównych producentów tego rodzaju urządzeń - firmy TASER International. Urządzenia te stosowane są głównie przez policję i funkcjonariuszy innych służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo [5, 6]. Drugą kategorię stanowią tzw. paralizatory ręczne zwane też bezpośrednimi, których użycie wymaga bezpośredniego zbliżenia urządzenia do obezwładnianej osoby. Generowany przez paralizator impuls cechujący się napięciem rzędu od kilkudziesięciu do nawet kilkuset kilowoltów powoduje przebiegi odzieży i porażenie obezwładnianej osoby prądem elektrycznym. Osobną kategorię stanowią bezprzewodowe pociski

obezwładniające, będące w pełni samodzielnymi urządzeniami typu CEW, wyposażonymi we własne zasilanie bateryjne i wystrzelivanymi ze strzelb np. kalibru 12 mm na odległość kilkudziesięciu metrów, czy też miny wyposażone m.in. w czujniki ruchu i kamery, obezwładniające w wyniku jednoczesnego wystrzału wielu elektrod pod odpowiednio szerokim kątem [6].

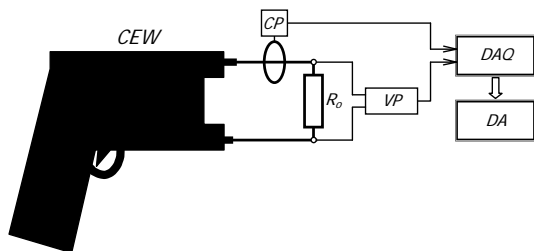
Ocena intensywności rażenia paralizatorów

W związku ze wzrostem śmiertelnych przypadków użycia przez policję, głównie w Kanadzie i USA, paralizatorów wyposażonych w wystrzeliwane elektrody, podjęte zostały liczne badania, prace i dyskusje mające na celu określenie właściwej procedury badania intensywności rażenia tego rodzaju paralizatorów oraz wprowadzenia odpowiednich norm bezpieczeństwa i ograniczenia w przyszłości ilości przypadków użycia paralizatorów [1, 3, 7, 10]. Jednakże powszechnie dostępne i stosunkowo niedrogie paralizatory ręczne wciąż pozostają poza obszarem zainteresowania i nierzadko jedyną informacją o ich charakterystyce i intensywności rażenia pozostają dane katalogowe przedstawiane przez ich producentów, choć skutki ich użycia mogą być równie nieprzewidywalne, jak w przypadku tzw. taserów [4, 7]. W użyciu spotykane są również samowolnie modyfikowane przez użytkowników egzemplarze powszechnie dostępnych na rynku paralizatorów oraz egzemplarze urządzeń wytworzone przez konstruktorów-amatorów.

Paralizatory ręczne składają się z przetwornicy napięcia, układu oscylatora wytwarzającego sygnał impulsowy, powielacza napięcia, stanowiącego układ diod prostowniczych, kondensatora wysokonapięciowego, transformatora podwyższającego napięcie oraz źródła zasilania [1, 3, 4].

Pomiary wielkości elektrycznych charakteryzujących działanie paralizatorów wykonuje się w układzie otwartym, tj. bez obciążenia dołączonego do badanego urządzenia - pomiar realizowany jest w układzie różnicowym z wykorzystaniem dwóch sond wysokonapięciowych mierzących napięcie na elektrodach paralizatora oraz podstawowym układzie przeznaczonym do badań, jakim jest układ zamknięty - do elektrod badanego paralizatora przyłącza się odpowiedni rezystor symulujący organizm człowieka. Na rysunku 1 przedstawiony został schemat pomiarowy układu zamkniętego stosowanego podczas badań intensywności rażenia paralizatorów.

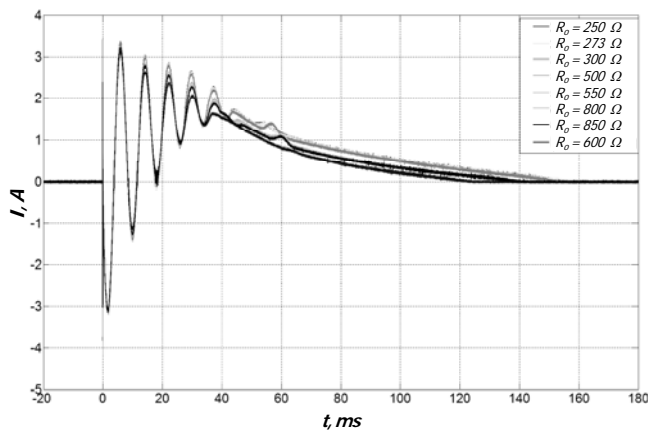
Charakter zmian prądów wytwarzanych przez paralizatory wymaga zastosowania w układzie pomiarowym sondy prądowej pozwalającej na rejestrację składowych DC i AC o wartościach szczytowych do 30 A, w paśmie co najmniej 10 MHz.



Rys. 1. Schemat pomiarowy układu przeznaczony do badań intensywności rażenia paralizatorów: CEW - badane urządzenie (ang. Conducted Energy Weapon), CP - sonda prądowa (ang. current probe), VP - sonda napięciowa (ang. voltage probe), DAQ - układ akwizycji danych pomiarowych (ang. data acquisition board), DA - układ analizy danych (ang. data analysis)

Układ akwizycji danych powinien być wyposażony w co najmniej 8-bitowy przetwornik A/C i zapewniać możliwość ciągłej rejestracji serii impulsów wytwarzanych przez paralizator z próbkowaniem ≥ 2 MS/s oraz pasmem > 1 MHz.

Jako obciążenie R_o symulujące organizm człowieka stosowane są rezystory bezindukcyjne o rezystancji wynoszącej najczęściej $R_o = 600 \Omega$ [1, 3, 10]. Z rezultatów przeprowadzonych przez autorów badań oraz z wyników pomiarów przedstawionych w [10] wynika, iż wartość rezystancji R_o nie ma zasadniczego wpływu na wartości oraz kształt przebiegu mierzonego prądu rażenia wytwarzanego przez badany paralizator. Na rysunku 2 przedstawione zostały przykładowe wykresy prądów rażenia zarejestrowane dla urządzenia typu TASER X26 w przypadku różnych wartości obciążenia R_o .



Rys. 2. Wartości chwilowe prądu rażenia I określone dla urządzenia typu TASER X26 w przypadku zmiany rezystancji obciążenia R_o [10]

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi działanie paralizatorów są: czas pomiędzy impulsami oraz ich częstotliwość, częstotliwość powtarzania impulsów, całkowity czas trwania impulsów, prąd maksymalny, ładunek i energię przekazywane do obciążenia, całkowity czas trwania pojedynczego impulsu oraz średnia wartość prądu.

Parametrem charakteryzującym możliwość wystąpienia zjawiska migotania komórek serca, spowodowanego przepływem przez organizm ludzki impulsowego prądu rażenia pochodzącego od paralizatora, jest całkowity ładunek Q wyznaczany zgodnie ze wzorem (1) [3]:

$$(1) \quad Q = \int |I| dt$$

Przy czym w publikacji [3] na podstawie zaleceń zawartych w normie [5] określone zostały trzy graniczne wartości progowe C1, C2, i C3 odpowiadające następującym wartościom prawdopodobieństwa wystąpienia zjawiska migotania komórek serca:

- C1 – brak zagrożenia wystąpienia migotania komórek serca,
- C2 – ryzyko migotania komórek serca wynoszące 5%,
- C3 – ryzyko migotania komórek serca wynoszące 50%.

Ponadto graniczna wartość ekwiwalentu ładunku Q określona dla czasu trwania pojedynczego impulsu t_{imp} wynosi:

$$(2) \quad Q_{t_{imp}} = Q_{1ms} \cdot t^{0,28}$$

Przy czym dla czasu odniesienia wynoszącego 1 ms wskazane zostały następujące wartości graniczne ładunków odpowiadające każdemu z progów C1, C2 i C3:

$$(3) \quad \begin{aligned} Q_{1ms,C1} &= 1350 \mu C \\ Q_{1ms,C2} &= 2700 \mu C \\ Q_{1ms,C3} &= 4320 \mu C \end{aligned}$$

W przypadku pojedynczego impulsu o czasie trwania np. $t_{imp} = 1$ ms graniczne wartości ekwiwalentu ładunku Q dla poszczególnych progów wynoszą odpowiednio: 708 μC , 1417 μC i 2267 μC . Należy jednak zauważyć, iż opisane w normie [5] zalecenia odnoszące się do oceny ryzyka wystąpienia zjawiska migotania komórek serca zostały określone dla przypadków przepływu prądu przez organizm człowieka na drodze od lewej ręki do stóp. Użycie zarówno paralizatorów bezpośrednich, jak również paralizatorów posiadających wystrzeliwane elektrody nie jest tożsame z wywołaniem przepływu prądu na drodze opisanej w przedmiotowej normie i może prowadzić do wywołania przepływu prądu w okolicach bezpośrednio sąsiadujących z sercem - w zależności od sposobu oddania strzału, czy też miejsca przyłożenia paralizatora.

Zgodnie z art. 11 pkt 7 ustawy [9] jedynym parametrem określającym konieczność posiadania pozwolenia na broń w przypadku przedmiotów przeznaczonych do obezwładniania osób za pomocą energii elektrycznej jest średnia wartość prądu rażenia, która nie może przekraczać 10 mA. Ustawowy obowiązek ograniczenia średniej wartości prądu rażenia paralizatorów dostępnych na rynku bez zezwolenia, nakłada na organy prowadzące postępowania (m.in. policję, prokuraturę) konieczność zlecenia przeprowadzenia niezbędnych badań paralizatorów przez upoważnione do tego podmioty w celu zastosowania właściwej kwalifikacji prawnej czynu w stosunku do osób, które doprowadziły do szkody u innych osób w wyniku użycia paralizatorów lub w każdym przypadku, kiedy zachodzi uzasadnione podejrzenie posiadania przez obwinionego urządzenia bez wymaganego pozwolenia.

Wyniki pomiarów parametrów elektrycznych charakteryzujących intensywność rażenia paralizatorów

Autorzy przebadali zarówno nowe egzemplarze, jak również będące już w użyciu paralizatory kilku typów dostępnych na krajowym rynku. Do pomiaru i akwizycji wartości chwilowych prądów zastosowany został oscyloskop cyfrowy wyposażony w prądową sondę pomiarową Tektronix TCP0030. Zastosowana sonda pomiarowa cechuje się pasmem częstotliwościowym z zakresu od 0 do 120 MHz i pozwala na pomiar prądów w zakresach 5 A i 30 A z możliwością pomiaru prądów

o maksymalnej wartości chwilowej do 50 A przy zapewnieniu dokładności pomiaru nie gorszej niż 1%. Wartości mierzonych prądów rażenia zostały zarejestrowane z próbkowaniem 6,25 MS/s.

Rejestracji wartości chwilowych prądów rażenia badanych paralizatorów dokonano w układzie zamkniętym z obciążeniem rezystancyjnym bezindukcyjnym $R_o = 600 \Omega$ i $R_o = 1000 \Omega$. Na podstawie zarejestrowanych danych pomiarowych wyznaczono w środowisku Matlab wartości następujących parametrów charakteryzujących działanie oraz intensywność rażenia badanych paralizatorów: ilość impulsów n , czas trwania t_{imp} oraz częstotliwość f pojedynczego impulsu, czas pomiędzy impulsami t_i , wartości: średnią I_{av} , minimalną I_{min} , maksymalną I_{max} i skuteczną I prądu rażenia oraz różnicę wartości szczytowych $I_p = I_{max} - I_{min}$, wartości skuteczną I_{imp} i średnią $I_{av imp}$ pojedynczego impulsu, jak również określone dla pojedynczego impulsu wartości ładunków elektrycznych: dodatniego Q_p , ujemnego Q_N oraz całkowitego ładunku elektrycznego Q .

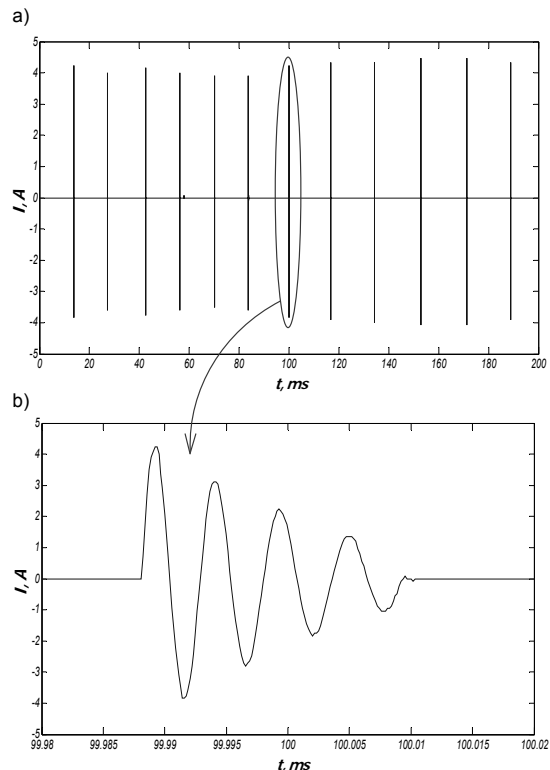
Na rysunku 3 przedstawiono widok badanych paralizatorów ESP Scorpy Max oraz ESP Scorpion 300. Według danych katalogowych producenta paralizatory ESP Scorpy Max i ESP Scorpion 300 generują impulsy o napięciu odpowiednio: 500 kV i 200 kV, natomiast energia wyładowania wynosi odpowiednio: 45 mJ i 31,5 mJ. Dla obu urządzeń natężenie prądu określone przez producenta wynosi 9,9 mA. Ponadto urządzenia wyposażone zostały dodatkowo w miotacz z gazem pieprzowym. Każdy z paralizatorów zasilany jest baterią alkaliczną typu 6LR61, przy czym urządzenie ESP Scorpy Max wymaga do prawidłowej pracy dwóch tego rodzaju źródeł zasilania [2].



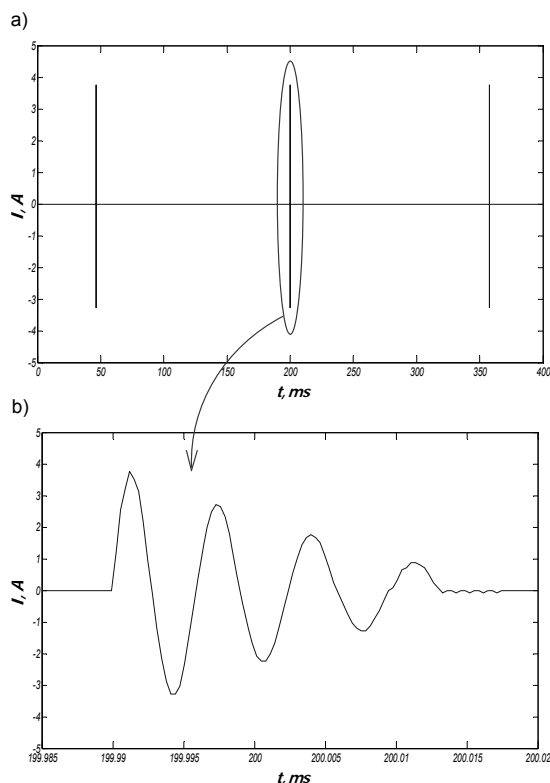
Rys. 3. Widok badanych paralizatorów: a) ESP Scorpy Max oraz b) ESP Scorpion 300 [2]

Na rysunku 4 zaprezentowane zostały wykresy wartości chwilowych prądu rażenia paralizatora ESP Scorpy Max w przypadku obciążenia $R_o = 600 \Omega$. Przedstawiono zarówno reprezentatywny fragment ciągu impulsów, jak również wybrany pojedynczy impuls. Na rysunku 5 zobrazowane zostały analogiczne wyniki pomiarów uzyskane dla paralizatora ESP Scorpion 300.

W tabelach 1 i 2 zestawione zostały wybrane wartości parametrów charakteryzujących intensywność rażenia badanych paralizatorów, określone jako wartości średnie na podstawie zarejestrowanych prądów rażenia dla ciągu impulsów wygenerowanych przez badane egzemplarze urządzeń. Każde z urządzeń przed rozpoczęciem badań zostało wyposażone w nową baterię typu 6LR61.



Rys. 3. Wartości chwilowe prądu rażenia paralizatora ESP Scorpy Max wyznaczone przy obciążeniu $R_o = 600 \Omega$: a) cykl impulsów, b) pojedynczy impuls



Rys. 5. Wartości chwilowe prądu rażenia paralizatora ESP Scorpion 300 wyznaczone przy obciążeniu $R_o = 600 \Omega$: a) cykl impulsów, b) pojedynczy impuls

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów stwierdzono, iż wartości maksymalne i minimalne prądów rażenia generowanych przez badane paralizatory ręczne są zbliżone do wartości parametrów charakteryzujących działanie paralizatora Taser X26 (rys. 2) i około

czterokrotnie mniejsze w porównaniu z urządzeniem Taser M26, dla którego wartość maksymalna prądu rażenia wynosi około 15 A [3, 10].

Tabela 1. Wyniki pomiarów parametrów charakteryzujących intensywność rażenia paralizatora ESP Scorpy Max

Parametr elektryczny	Jednostka	Wartość
Ilość impulsów, n	imp./min.	62,8
Czas trwania pojedynczego impulsu, t_{imp}	μs	21,8
Częstotliwość impulsu, f	kHz	188,0
Czas pomiędzy impulsami, t	ms	15,9
Wartość średnia prądu, I_{av}	mA	0,118
Wartość skuteczna prądu, I	mA	68,7
Wartość minimalna prądu, I_{min}	A	-3,84
Wartość maksymalna prądu, I_{max}	A	4,24
Różnica wartości szczytowych prądu, I_p	A	8,08
Wartość średnia impulsu, $I_{av imp}$	mA	73,5
Wartość skuteczna impulsu, I_{imp}	A	1,89
Dodatni ładunek elektryczny impulsu, Q_p	μC	17,5
Ujemny ładunek elektryczny impulsu, Q_N	μC	15,9
Całkowity ładunek elektryczny impulsu, Q	μC	33,4

Tabela 2. Wyniki pomiarów parametrów charakteryzujących intensywność rażenia paralizatora ESP Scorpion 300

Parametr elektryczny	Jednostka	Wartość
Ilość impulsów, n	imp./min.	6,43
Czas trwania pojedynczego impulsu, t_{imp}	μs	24,0
Częstotliwość impulsu, f	kHz	153,7
Czas pomiędzy impulsami, t	ms	156
Wartość średnia prądu, I_{av}	mA	0,021
Wartość skuteczna prądu, I	mA	20,4
Wartość minimalna prądu, I_{min}	A	-3,28
Wartość maksymalna prądu, I_{max}	A	3,76
Różnica wartości szczytowych prądu, I_p	A	7,04
Wartość średnia impulsu, $I_{av imp}$	mA	137
Wartość skuteczna impulsu, I_{imp}	A	1,65
Dodatni ładunek elektryczny impulsu, Q_p	μC	17,5
Ujemny ładunek elektryczny impulsu, Q_N	μC	14,2
Całkowity ładunek elektryczny impulsu, Q	μC	31,7

Paralizatory ESP Scorpy Max i ESP Scorpion 300 cechują się zbliżonymi przebiegami oraz czasem trwania pojedynczych impulsów, jednakże pierwsze z urządzeń generuje niemal dziesięciokrotnie więcej impulsów w tym samym czasie w porównaniu do paralizatora ESP Scorpion 300. Również ładunki elektryczne pojedynczego impulsu obu urządzeń nie różnią się w stopniu istotnym – tabele 1 i 2. Ich wartości są jednak około trzykrotnie mniejsze w porównaniu z całkowitym ładunkiem Q pojedynczego impulsu urządzenia Taser X26 [3, 10]. Pomimo, iż wartości skuteczne prądów rażenia obu paralizatorów wyniosły odpowiednio: $I = 68,7$ mA oraz $I = 20,4$ mA, jednak istotna z punktu widzenia ustawy [9] wartość średnia prądów rażenia była równa zaledwie: $I_{av} = 0,118$ mA i $I_{av} = 0,021$ mA dla odpowiednio ESP Scorpy Max i ESP Scorpion 300, a zatem wielokrotnie mniejsza od wartości podanej przez producenta [2].

Podsumowanie

Wartość rezystancji obciążenia symulującej ciało człowieka nie ma zasadniczego wpływu na zmianę wartości parametrów elektrycznych charakteryzujących intensywność rażenia paralizatorów. Zarejestrowane przebiegi chwilowe oraz wartości maksymalne i minimalne prądów rażenia generowanych przez badane paralizatory ręczne są zbliżone do wartości parametrów charakterystycznych dla paralizatora Taser X26.

Wyznaczone wartości średnie prądów rażenia badanych paralizatorów są wielokrotnie mniejsze od wartości 10 mA.

Wartość średnia prądu rażenia wytwarzanego przez paralizatory, pomimo, iż stanowi parametr, którego wyznaczenie nie nastęrcza szczególnych trudności, nie pozwala jednak na określenie w sposób obiektywny faktycznej intensywności rażenia wywołanej przepływem prądu impulsowego przez organizm człowieka. Do opisu stopnia oddziaływania na organizm człowieka prądu wytwarzanego przez paralizatory właściwym jest posłużenie się całkowitym ładunkiem pojedynczego impulsu, ilością impulsów w cyklu wyładowania, jak również całkowitym ładunkiem cyklu impulsów, bądź energią wyładowania wytworzonego przez urządzenie.

Skutki oddziaływania na człowieka prądu generowanego przez paralizator zależą nie tylko od charakteru zmian prądu rażenia, wartości charakterystycznych dla niego parametrów oraz czasu trwania oddziaływania, lecz w istotnym stopniu uzależnione są od miejsca oddziaływania i stanu osoby poddanej oddziaływaniu. W szczególności istotnymi okolicznościami są między innymi: stan zdrowia osoby rażonej, jej wiek, przebyte choroby oraz czy osoba rażona była pod wpływem alkoholu, narkotyków lub innych środków psychoaktywnych.

Autorzy artykułu składają podziękowanie firmie KOLTER - właścicielowi sklepu bron.pl oraz Straży Miejskiej w Myszkowie za udostępnienie paralizatorów w celu przeprowadzenia ich badań.

Autorzy: dr inż. Marek Gała, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: m.gala@el.pcz.czest.pl

dr inż. Andrzej Jąderko, Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny, Al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa, e-mail: aj@el.pcz.czest.pl

LITERATURA

- [1] Adler A., Dawson D., Evans R., Garland L., Miller M., Sinclair I., Youmaran R.: Toward a Test Protocol for Conducted Energy Weapons. Modern Instrumentation, 2013, 2, 7-15
- [2] Dane techniczne paralizatorów ESP Scorpy Max i ESP Scorpion 300, <http://esppoland.com/>, 12.03.2016 r.
- [3] Dawson D., Maimaitijiang Y., Adler A.: Development of a Performance Calibration System for X-26 Tasers, Medical Measurements and Applications Proceedings (MeMeA), 2010 IEEE International Workshop, Ottawa April 30 2010-May 1 2010, ISBN 978-1-4244-6288-9, p. 107-112
- [4] Gancarczyk A.: Przegląd metod pomiarowych parametrów elektrycznych paralizatora. Prace Naukowe Politechniki Śląskiej. Elektryka. Zeszyt 2, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2011, s. 91-100
- [5] IEC TS 60479-2:2007 Effects of current on human beings and livestock. Part 2. Special aspects.
- [6] Plumbaum K.: Przedmioty przeznaczone do obezwładniania osób za pomocą energii elektrycznej. Szkoła Policji w Słupsku, Słupsk 2015
- [7] The Health Effects of Conducted Energy Weapons. Council of Canadian Academies, Ottawa 2013, ISBN 978-1-926558-64-6
- [8] Trimel S.: Amnesty International Urges Stricter Limits on Police Taser Use as U.S. Death Toll Reaches 500. <http://www.amnestyusa.org/news/press-releases/amnesty-international-urges-stricter-limits-on-police-taser-use-as-us-death-toll-reaches-500>, 14.03.2016 r.
- [9] Ustawa z dnia 21 maja 1999 r. o broni i amunicji (Dz. U. z 2012, poz. 576 - tekst jednolity)
- [10] Wood D., Bray J.R., Simms B.: Technical Performance Testing of Conducted Energy Weapons. Defence R&D Canada – CSS, Technical Report DRDC CSS TR 2013-025, October 2013