
Informace

Zbraně se směřovanou energií jako prostředek rozvoje schopností ozbrojených sil

Directed Energy Weapons as a Means to Development of Capabilities of the Armed Forces

Ing. Jan Valouch, Ph.D.

Abstrakt: Zbraně se směřovanou energií využívají přesně cílenou energii k poškození cíle. Tyto zbraně využívají elektromagnetické záření, zvuk nebo subatomové částice. Cílem článku je zejména prezentace informací o současné situaci v oblasti elektromagnetických zbraní se směřovanou energií, které využívají impulsní elektromagnetické pole v pásmu radiových vln a v pásmu mikrovln. Tyto technologie se využívají pro narušení činnosti nebo destrukci elektronických a elektrických obvodů zařízení protivníka. Tím je možné narušit nebo úplně vyřadit veškerý provoz informačních, komunikačních, řídicích, kontrolních, palebních a dalších elektronických prostředků.

Abstract: The Directed energy weapons use highly focused energy to damage targets. These weapons use electromagnetic radiation, sound, or subatomic particles. This article aims mainly presentation of information on the current situation in the field of directed electromagnetic weapons that use pulsed electromagnetic field in the range of radio waves and microwaves band. These technologies are used for disruption or destruction of electronic and electrical circuits of the enemy equipment. This makes it possible to neutralize or completely destroy the operation of information, communication, management, control, firing and other electronic devices.

Klíčová slova: Elektromagnetická kompatibilita; mikrovlny vysokého výkonu; zbraně s řízenou energií; elektromagnetický impuls; výzkum a vývoj; zbraňový systém.

Key words: Electromagnetic Compatibility; High Power Microwave; Direct Energy Weapons; Electromagnetic Pulse; Research and development; Weapon System.

ÚVOD

Činnost elektrických a elektronických systémů může být narušena působením přírodních nebo uměle generovaných elektromagnetických impulsů (EMP). V této souvislosti se již řadu let vyvíjejí prostředky umožňující generování výkonových EMP a to i ve formě zbraňových systémů. Potencionálními cíly mohou být důležité prvky kritické a obranné infrastruktury, vojenské komunikační, informační a zbraňové systémy nebo dopravní prostředky.

Cílem příspěvku je zejména nalezení odpovědí na následující otázky.

- Jaké typy elektromagnetických zbraní pracujících v pásmu radiových vln a mikrovln jsou v současnosti vyráběny?
- Které společnosti mají stěžejní podíl na výrobě?
- Byly výše uvedené zbraně použity ve vojenských konfliktech?
- Je k dispozici dostatek technických informací k těmto zbraním?

Zbraně se směřovanou energií (Directed Energy Weapons, DEW) zahrnují laserové zbraně, částicové zbraně, zbraně pracujících v pásmu radiových vln a v pásmu mikrovln. Z hlediska zaměření článku jsou dále podstatné DEW využívající impulsní elektromagnetické pole v pásmu radiových vln (DEWRF- direct energy weapons- radio frequency, stovky kHz až 1 GHz) a v pásmu mikrovln (DEWM - direct energy weapons- microwave, 1- 300 GHz). Tyto zbraně mohou způsobit narušení činnosti elektronických zařízení, zahoření, poškození či zničení obvodů, v praxi např. vyřazení počítačů, otevíření/ uzavření elektronických ventilů, poškození dat, narušení komunikace, ztrátu ovládání a přerušení napájení.¹

Elektromagnetické zbraně DEWRF a DEWM se dále dělí na úzkopásmové (využívající HPM- high power microwave) a širokopásmové (UWB- ultra wide band). Širokopásmové EMC zbraně vysílají záření v širokém frekvenčním pásmu, ale s nízkou hustotou energie. Tyto zařízení jsou vhodná tam, kde není možno přesně identifikovat vlastnosti cíle- zejména jeho pracovní kmitočty. Oproti tomu úzkopásmové EM zbraně vysílají pulsy na jednotlivých frekvencích s velmi vysokým výkonem. Působení na cíl je pak velmi efektivní, neboť impuls rezonuje se známou frekvencí napadeného zařízení.²

V této souvislosti se nejčastěji hovoří o **HPM zbraních**, které jsou definovány jako zařízení navržené za účelem narušení, degradace nebo zničení cíle pomocí vyzařované elektromagnetické energie v kmitočtovém pásmu 10 MHz – 100 GHz. Útok realizovaný HPM prostředky bývá označován jako úmyslná elektromagnetická interference (IEMI). Mezi potenciálními útočníky, kteří používají HPM prostředky patří kriminální skupiny a jednotlivci, teroristé, nespokojení zaměstnanci/ zákazníci, nepřátelské vojenské/ speciální síly a konkurence.³

1 ČOS 999935. *Vliv okolního prostředí na vojenskou techniku. Podmínky elektrického a elektromagnetického prostředí*. 2. vyd. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 2013. 104 s.

2 DRAŽAN, Libor. *Elektromagnetické zbraně, hrozba pro industriální společnost*. In: Trilobit [online]. 1. 12. 2013: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta aplikované informatiky, 2013 [cit. 2016-03-02]. ISSN 1804-1795. Dostupné z <<http://trilobit.fai.utb.cz/>>..

3 Ref 1; BEASON, D. *The E-Bomb*. Cambridge: Da Capo Press, 2005. 256 p. ISBN-10: 0-306-81506-0.

Většina finančních prostředků z obranných rozpočtů, určených na vývoj DEWRF a DEWM je alokována na úzkopásmové pulsní zbraně. USA rozděluje ročně mezi jednotlivé složky ozbrojených sil (Army, Navy, Air Force) a JNLWD (Joint Non-Lethal Weapons Directorate) cca 40 miliard dolarů na HPM programy. V rámci JNLWD je zpracovávána koncepce budoucích válek s maximálním nasazením DEW.⁴ Podobné koncepce a vědecké studie, řešící podobu budoucích operací s cílem zhodnotit vliv vyvíjených aplikovaných technologií na budoucí schopnosti jsou zpracovávány řadou států a organizací.⁵ Např. Directed Energy Weapons: Promise and Prospect (Center for a new American Security, 2015) nebo Directed Energy- Applications Across Land, Air, and Sea (NAVSEA, 2014).

HPM elektromagnetické zbraně je možno použít na vzdálenost řádově desítky metrů až stovky km v závislosti na použitém nosiči. Tyto zbraně mohou být konstruovány jako hlavice na řízených střelách, dělostřelecké granáty, přenosné, mobilní nebo stacionární prostředky.

DEW se obvykle skládají z primárního zdroje energie (např. kapacitní baterie), generátoru (magneto- hydrodynamické, explozivně pumpované), rychlých spínacích prvků (pro širokopásmové DEW) nebo výkonové elektronky (pro úzkopásmové DEW) a antény. Impulsní zdroj transformuje naakumulovanou energii na vysoko výkonový elektrický puls v délce trvání v jednotkách nanosekund. Tento impuls pak ve zdroji mikrovlnného záření vytváří se paprsek elektronů s energií až 400 kV/ 10-60 kA. Tato energie je poté vyzářena směrovou anténou.

1. VÝVOJ A VYUŽITÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH ZBRANÍ

O současnosti ve vývoji a využití EMC zbraní by se dalo zjednodušeně říci, že poté, co se EMC zbraně vynořily z „neznámého“ světa utajovaných projektů, probíhá v této době doladování a zvyšování jejich možností a realizace umisťování na praktické prostředky- automobily, letadla, lodě, bomby, řízené střely a dokonce kosmické lodě. Zájem už není jen o jednotlivé kusy těchto prostředků, ale o celé systémy včetně snímačů a výbavy k řízení bojových funkcí. Během posledních dvaceti let se zvýšil výkon DEW o 9 řádů, z miliwatů na megawaty.⁶

EMC zbraně nabízí v rámci vojenského využití následující výhody:

- velmi rychlý účinek na protivníkovy cíle,
- použití bez ohledu na povětrnostní vlivy,
- pokrytí velkého množství různorodých cílů s minimální potřebou informovanosti o jejich charakteristikách,
- účinek na méně dostupné cíle- podzemí,
- operační úder (zničení, přerušení, degradace) na vybraných úrovních boje,

⁴ Defence Science Board. *Directed Energy Weapons*. Washington: Office of the Secretary Defense, 2007. 97 p.

⁵ PIKNER, Ivo, DYČKA, Lukáš, *Operační koncepce a použití ozbrojených sil v budoucích operacích*, Vojenské rozhledy, 2014, roč. 23 (55), č. 1, s. 81–89, ISSN 1210-3292.

⁶ BEASON, D. *The E-Bomb*. Cambridge: Da Capo Press, 2005. 256 p. ISBN-10: 0-306-81506-0.

- minimum vedlejšího zničení v politicky citlivých prostředí a tím možnost využití prostředí po konfliktu,
- zkrácení sledování a navádění na cíl,
- redukce potřeby počtu nasazených vojáků při vojenských operacích.

Budoucnost elektromagnetických zbraní z hlediska jejich nasazení je spojena především se vzájemnou spoluprací pozemních, leteckých a námořních vojsk. Do všech těchto oblastí se předpokládá nasazení DEW. Předpokládá se realizace řešení ochrany samotných letadel a lodí proti účinkům DEW protivníka. Dále např. aktivní používání DEW vůči protivzdušné obraně a použití DEW v kosmickém prostoru na kosmických lodích nebo satelitech a to za účelem narušení družicových informačních a komunikačních kanálů protivníka. DEW budou instalovány na bezpilotních prostředcích. Z hlediska technologií pro DEW se výzkum zaměřuje především na zvyšování výstupního výkonu, snižování rozměrů a hmotnosti a zdokonalení anténních systémů. Zajímavou oblastí je také výzkum problematiky biologických účinků DEW na člověka a to z hlediska nebezpečí pro personál a rovněž z pohledu využití elektromagnetické energie např. k rozhánění davů.

2. ZBRANĚ S ŘÍZENOU ENERGIÍ PRACUJÍCÍ V PÁSMU RADIOVÝCH VLN A V PÁSMU MIKROVLN

Následující část příspěvku popisuje vybrané prostředky a projekty z oblasti vysokofrekvenčních neletálních zbraní.

2.1 Ranets-E a Rosa-E

Již v roce 2001 představila ruská státní akciová společnost Rosoboronexport na veletrhu Maritime and Aerospace Exhibition LIMA 2001 v Malajsii dva nové typy zbraní s řízenou energií pod názvy Ranets-E a Rosa-E. Na jejich vývoji se podílel Moscow Radio Engineering Institute.

Ranets-E představuje mobilní HPM zbraňový systém, jehož účinný dosah činí až 40 km (intenzita EM pole 1 kV/m), přičemž na vzdálenost 2 km generuje EM pole o intenzitě 19 kV/m. Ranets-E je primárně určen k ochraně pozemních cílů vůči prostředkům využívajícím přesně naváděnou municí (PGM - Precision Guided Munitions) a dále k ovlivnění činnosti elektronických systémů letadel a bezpilotních letounů. Pracovní frekvence leží v X-pásmu (8-12 GHz), přičemž zařízení generuje 10–20 ns impulsy s opakovací frekvencí 500 Hz. Zisk parabolické antény činí 45–50 dB. Systém o váze 5 tun je nainstalován na kolovém podvozku MZKT-7930 8×8.⁷ Obranný sektor systému je 60 st. vertikálně a 360 st. horizontálně.

⁷ PALÍŠEK Libor. Testování odolnosti techniky proti účinkům výkonových elektromagnetických polí. In *Sborník semináře „Výkonová elektromagnetická pole v praxi v návaznosti na EMC“* [CD]. Vyškov: VOP-026, 2004.

Zařízení s označením **Rosa-E** je určeno k zabudování do letounu a umožňuje narušení činnosti nepřátelských radarů. Pracovní frekvence leží opět v X pásmu (8–12 GHz). Dosah je udáván do vzdálenosti 500 km, výkon generátoru činí 50 až 100 kW, výstupní výkon 5–10 kW, hmotnost zařízení 600–1500 kg.



Obr. č. 1: HPM systém Ranets-E⁸

2.2 CHAMP

Příkladem elektromagnetických zbraní použitelných na velké vzdálenosti je společný projekt U.S. Air Force Research Laboratory a společnosti Boeing pod názvem CHAMP (Counter-electronics High-powered Microwave Advanced Missile Project).⁹ HPM generátor je nainstalován na řízené střele (odpalované např. z letounu B-52) a umožňuje negativně ovlivnit funkce nebo poškodit elektronických zařízení v objektech (např. protivzdušnou obranu protivníka, systémy velení a řízení, komunikační sítě, objekty kritické infrastruktury). Zařízení umožňuje generovat úzkopásmové EMP o výkonu 2 GW na vzdálenost 300 m. Společnost Boenig, jako systémový integrátor řeší vzdušnou platformu a společnost Raytheon Ktech Corp. dodává HPM zdroj. Vývoj s náklady 40 mil. dolarů, začal v roce 2009 a v říjnu 2012 byly úspěšně provedeny testy v Utahu ve výcvikovém areálu Hill Air Force Base. Dle naprogramovaného letového plánu, raketa přeletěla

⁸ KOOP, Carlo. Russian/Soviet Point Defence Weapons. [online]. c. 2004/2014. rev. 27. 1. 2014. [cit. 2016-03-25]. Dostupné z < <http://www.ausairpower.net> >.

⁹ AXE, David. *New Air Force Missile Turns Out Lights With Raytheon Microwave Tech*. [online]. c. 2014. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z < <http://breakingdefense.com/> >.

nad sedmi cílovými objekty (vybavenými elektronickými zařízeními) a ve stanovených časových intervalech byl aktivován generátor EMP. Při testu došlo např. k narušení činnosti počítačové techniky, výpadku napájení v cílových objektech a narušení činnosti kamerových systémů.



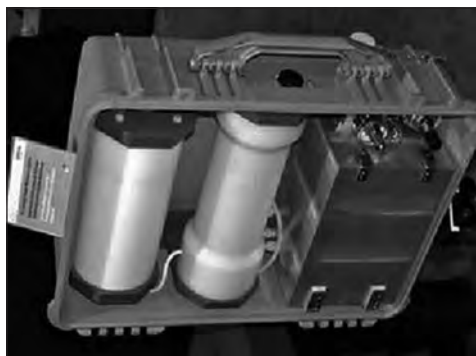
Obr. č. 2: HPM systém CHAMP¹⁰

2.3 DS-110, HPMcase

HPM zbraně mohou být konstruovány pro jednorázové použití (munice) nebo pro použití opakované (ochrana objektů). Obrázek č. 3 ukazuje příklad přenosného, bateriového HPM systému DS-110 (výrobce DIEHL GmbH, Germany), který umožňuje např. neutralizaci dálkově odpalovaných výbušnin, rušení kamerových a zabezpečovacích systémů, zastavování vozidel narušením jejich řídicí elektroniky, narušení funkcí počítačů, televizních a rozhlasových přijímačů, telefonů atd. Maximální intenzita EM pole činí 160 kV/m nebo 300 kV/m s reflektorem) ve vzdálenosti 1 m od antény.¹¹ Systém DS-110 využívá Marxův generátor, pracovní frekvence je 375 MHz. Společnost Diehl nabízí podobné systémy v přenosném provedení (DS-110 B, pracovní frekvence 100-300 MHz, max. intenzita EM pole – 700 kV) nebo ve stacionárním provedení (DS 350, f=100 MHz, max. intenzita EM pole – 1 MV). Na obrázku č. 4 je příklad aplikace HPM systému v rámci obrany proti dronům.

¹⁰ Ref. 9

¹¹ PALÍŠEK Libor. Testování odolnosti techniky proti účinkům výkonových elektromagnetických polí. In *Sborník semináře „Výkonová elektromagnetická pole v praxi v návaznosti na EMC“* [CD]. Vyškov: VOP-026, 2004.



Obr. č. 3: Přenosný HPM systém DS-110¹²



Obr. č. 4: Nasazení HPM systému jako obranného prostředku proti dronům¹³

Společnost Diehl Defence nabízí v současné době obdobný systém pod názvem **HPMcase**, jehož primární určení je deaktivace elektroniky (výpočetní techniky, datových center, odposlouchávacích zařízení, poplachových zabezpečovacích systémů atd.). V rámci ochrany objektů může být systém použit na kontrolních místech pro vstup osob (proti sebevražedným atentátníkům nebo zpravodajské technice). HPMcase je optimalizovaný pro potřeby speciálních sil. Uživatelské rozhraní umožňuje nastavit např. zpoždění aktivace, dobu provozu nebo počet impulsů. Instalace je možná i skrytě za zdí. Maximální špičkový vyzářený výkon je 365 MW, pracovní frekvence 350 MHz, opakovací frekvence 10 Hz, délka skupiny impulsů 60 s

2.4 ADS

Cílem působení elektromagnetických zbraní nemusí být pouze elektronické systémy, ale také osoby. Pro potřeby eliminace negativních činností- rozhánění davů, byl vyvinut pod vedením JNLWP- Joint Non-Lethal Weapons Directorate (v rámci ministerstva obrany USA) mikrovlnný systém aktivního odpuzování ADS (Active Denial System), viz obr. č. 5. Výrobce systému je společnost Raytheon (USA) a tento systém umožňuje na vzdálenost až 1000 m způsobovat silné tepelné účinky na lidské tělo (proniká 0,4 mm pod kůži). Pracovní frekvence ADS je 95 GHz, výkon 100 kW, zdrojem elektrické energie pro gyrotron (generátor mikrovln) jsou iontové lithiové baterie a naftový generátor. Systém byl vyvíjen v letech 2002-2007 v rámci programu „Advanced Concept Technology Demonstration Program“. V roce 2010 byl systém nasazen armádou Spojených států

¹² *Defence Update*. Defense magazine, Israel. [online]. c. 2014. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z < <http://defense-update.com> >.

¹³ *HPM system from Diehl Defence protects against mini drones*. Diehl Defence. [online]. c. 2016 [cit. 2016-06-01]. Dostupné z < <http://www.diehl.com/> >.

v Afganistánu. Systém ve verzi ADS 1 je instalován na vozidle HMMWV (Humvee), robustnější verze ADS 2 je instalována ve dvou pancéřovaných boxech (kontejnerech) na podvozku nákladního automobilu HEMTT. JNLWP řídí vývoj dalších HPM prostředků, např. RF Vessel Stopper nebo Vehicle Stopper, určených k zastavení pohonu dopravních vozidel a plavidel prostřednictvím narušení činnosti elektrických obvodů



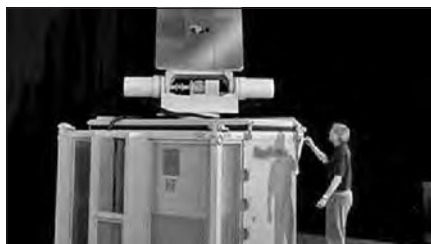
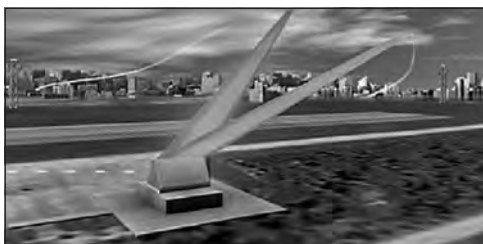
Obr. č. 5: Active Denial System¹⁴

2.5 Silent Guardian

Komerční provedení systému ADS nabízí Raytheon pod názvem Silent Guardian. Primární určení je zastavení, odstrašení, zpomalení a donucení agresora k útěku. Počítá se s aplikací v rámci ochrany proti terorismu, na kontrolních stanovištích, ale i ochrany osob, majetku, perimetru objektů nebo nasazení ve věznicích.¹⁵ Dosah činí až 250 m, pracovní frekvence 95 GHz, ohřev lidské kůže na teplotu 51,66 °C, možnost instalace na vozidla, otočná anténa- záběr 360 st., ovládání joystickem, video-detekce, automatické sledování vybraných cílů (osob), možnost zaměření paprsku na jednotlivce, obsluha – 1 operátor, doba aktivace z pohotovostního režimu max. 2 s, doba přesměrování max. 2 s.

¹⁴ *Defence Update*. Defense magazine, Israel. [online]. c. 2014. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z < <http://defense-update.com> >.

¹⁵ *Raytheon's Proven High-Tech Military Defense Systems Go Commercial*. In: Technology Today. Raytheon. Issue 2, 2007. USA: Raytheon Company, 2007. pp.16-18.

Obr. č. 6: Silent Guardian¹⁶Obr. č. 7: Vigilant Eagle¹⁷

2.6 Vigilant Eagle

Mezi další výrobky společnosti Raytheon patří systém Vigilant Eagle, které je určen pro ochranu letišť před útoky na letadla raketami typu země vzduch a rovněž útoky pomocí přenosných systémů protivzdušné obrany. Generovaný HPM signál způsobí narušení činnosti naváděcího systému nepřátelské rakety.¹⁸ Pracovní frekvence leží v horní části UKV pásma, cca 1–2,6 GHz. Systém se skládá ze tří podsystémů: detekční a sledovací systém (MDT), řídicí systém (C2) a HPM generátoru s anténním polem (AESAs).

2.7 WB-I

V listopadu 2014 byl na 10th China International Aviation and Aerospace Exhibition (Airshow China 2014) představen nový mikrovlnný zbraňový systém pod označením WB-I, který představuje obdobu výše popisovaného amerického systému ADS. Výrobce systému je společnost Poly Technologies se sídlem v Pekingu (dceřiná společnost China Poly Group Corporation). Aplikace se předpokládá především v rámci řešení nepokojů a vzpour (systém bývá označován jako Anti-riot Denial System), dále v rámci protiteroristických a anti-pirátských operací, kde se předpokládá nasazení na lodích, které hlídají ve sporných vodách.¹⁹ Standardně je WB-I instalován na nákladním vozidle. Efektivní dosah je uváděn 80 m, při zvýšení výkonu až 1000 m. Systém způsobuje u osob palčivý pocit pálení, s tím že umožňuje s využitím 2 sekundových impulsů ohřát lidskou kůži na teplotu 55 °C, přičemž už při teplotě 50°C osoby instinktivně utíkají.

¹⁶ Raytheon's Proven High-Tech Military Defense Systems Go Commercial. In: Technology Today. Raytheon. Issue 2, 2007. USA: Raytheon Company, 2007. pp.16-18.

¹⁷ Ref. 16

¹⁸ Ref. 16

¹⁹ Defense Industry Technology - WB-1 Anti-riot Denial system. Army Recognition [online]. c. 2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z < <http://www.armyrecognition.com/weapons/> >.



Obr. č. 8: Anti-riot Denial System WB-1²⁰

2.8 Bofors HPM BLACKOUT

Společnost BAE Systems Bofors AB vyrábí HPM mobilní systém Bofors HPM BLACKOUT, který je určen, jako řada výše popisovaných zařízení pro vojenské a bezpečnostní operace za účelem narušení funkce, degradace nebo zničení standardních elektronických systémů. Systém se skládá z mikrovlnného zdroje, modulátoru a antény. Součástí systému jsou rovněž baterie, zajišťující autonomní provoz. Systém o výkonu 1 GW generuje impulzy o délce 400 ns ve frekvenčních pásmech L a S (1–4 GHz) s opakovací frekvencí 10 Hz. Zisk antény činí 10 až 25 dBi, zařízení o průměru 100 cm má délku 250 cm.²¹

²⁰ *Defense Industry Technology - WB-1 Anti-riot Denial system. Army Recognition* [online]. c. 2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z < <http://www.armyrecognition.com/weapons/> >.

²¹ *Bofors HPM Blackout. BAE system* [online]. c. 2015 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z < <http://www.baesystems.com/> >.



Obr. č. 9: Bofors HPM BLACKOUT²²

2.9 MAXPOWER

Zařízení MAXPOWER představuje vysoce výkonný HPM systém, který je určen pro boj proti improvizovaným výbušným zařízením (IED). Cílem systému je odpálit všechny třídy IED v bezpečné vzdálenosti od vlastních sil a prostředků a to bez předchozí znalosti umístění IED. Využití je možné např. při ochraně konvojů, kdy před kolonou jede obrněné vozidlo vybavené uvedeným HPM systémem. MAXPOWER byl nasazen do provozu v roce 2012 k operačnímu testování. Systém vznikl v rámci vývojové programu vědecko-výzkumné organizace Air Force Research Laboratory (AFRL), která součástí United States Air Force. AFRL se podílí i na vývoji jiných HPM systémů, jako jsou např. MACE a MEGA System.

2.10 HPEM Counter IED

Mezi další HPM systémy určené k eliminaci IED patří výrobek německé společnosti Diehl Defence- HPEM Counter IED, který patří dle vyjádření výrobce mezi nejúčinnější, v současné době nabízené systémy. Systém byl schopen eliminovat pět nejběžnějších IED používaných v Afghánistánu, kde byl ozbrojenými silami SRN testován.

HPEM C-IED umožňuje eliminovat elektronicky spouštěné IED (aktivované radiovým signálem, IR senzory, detektory magnetického pole nebo hluku, časovači). Reakce IED na HPM závisí na jejich konstrukci. IED buď budou odpálena v bezpečné vzdálenosti

²² Ref. 21

od vozidla, nebo dojde k jejich trvalému zablokování. Údaje o výkonu systému jsou důvěrné.²³ Nicméně je možno se domívat, že systém využívá úzkopásmový zdroj signálů o délce cca 100 ns až několik mikrosekund.



Obr. č. 10: HPEM Counter IED²⁴

3. ZBRANĚ S ŘÍZENOU ENERGIÍ URČENÉ PRO ZASTAVOVÁNÍ VOZIDEL

Elektromagnetické zbraně lze použít rovněž k zastavování vozidel. V současné době je dostupná řada produktů využívající za tímto účelem výkonové EMP. Takové prostředky ve stacionárním, mobilním i přenosném provedení mohou zajistit fyzickou bezpečnost přístupových míst k chráněným objektům, popřípadě mohou být nasazeny i na kontrolních stanovištích na komunikacích.²⁵

²³ White Paper on HPEM Technology. Roethenbach/Pegnitz, Germany: Diehl BGT Defence., 2013. 14 p.

²⁴ Ref. 23

²⁵ H. Urbancokova, J. Valouch and S. Kovar, *Stopping of transport vehicles using the power electromagnetic pulses*. In: Przegląd Elektrotechniczny. Vol 2015, No 8. Poland, Warszawa, 2015, pp. 101-104.

3.1 HPEMcarStop a HPEMcheckPoint

Mezi významné výrobce HPM technologií patří např. již výše zmiňovaná společnost **Diehl Defence GmbH & Co.**, Roethenbach/Pegnitz, Germany, která v oblasti zastavování vozidel vyrábí HPEM (High Power Electro Magnetics) efekторы ve formě systémů s označením HPEMcarStop a HPEMcheckPoint.



Obr. č. 11: Systém zastavování vozidel HPEMcarStop²⁶

Systém **HPEMcarStop** může být používán např. pro činnost policie, armády, operace speciálních jednotek nebo ochranu významných událostí (např. olympijských her). Systém je navržen tak, aby EMP působily na cílové vozidlo z jeho přední strany, tj. generátor EMP je zabudován na plošině v zadní části vozidla (Jeep Grand Cherokee), kdy umožňuje:

- zastavení motoru stojících a pomalu jedoucích vozidel (např. vozidel použitých při bankovních loupežích, přejímkách drog nebo v rámci potřeby zadržení osob),
- zastavení ujíždějících vozidel,
- ochrana konvojí (snížení rizika útoku od ostatních vozidel- nárazem, střelbou), vozidlo HPEMcarStop jede jako poslední a udržuje ostatní vozidla v odstupu.²⁷

HPEMcarStop byl úspěšně testován při zkouškách s více než 60 různými typy vozidel a umožňuje zastavovat cílová vozidla ve vzdálenosti 3-15 m s více než 75% úspěšností. Maximální špičkový vyzářený výkon činí 4 GW, opakovací frekvence 60 Hz, pracovní frekvence 350 MHz, 3 dB šířka pásma 50 MHz, max. délka skupiny impulsů (burst) je 180 s.

²⁶ Ref. 26

²⁷ White Paper on HPEM Technology. Roethenbach/Pegnitz, Germany: Diehl BGT Defence., 2013. 14 p.

Systém **HPEMcheckPoint** od stejného výrobce je určen k zastavování vozidel na kontrolních stanovištích a u významných objektů (např. kritické infrastruktury). Představuje kombinaci systému HPEMcarStop s dalším zdrojem HPEM umístěným na přívěsu. Obrázek č. 13 ukazuje možný scénář nasazení systému, kdy je cílové vozidlo exponováno EMP v pozici 2 (HPEM v přívěsu) a další HPEM zařízení ve vozidle je určeno jako záložní.



Obr. č. 12: Systém zastavování vozidel HPEMcheckPoint²⁸



Obr. č. 13: Scénář aplikace HPEMcheckPoint²⁹

3.2 RF Safe Stop

Britská společnost **e2v** (Chelmsford, England) v rámci svého výrobního programu, zaměřeného rovněž na mikrovlnná zařízení pro vojenské i civilní účely, nabízí systém **RF Safe Stop**, který umožňuje dle způsobu instalace pozemní a námořní nasazení. Systém je určen k zastavování vozidel v rámci kontrolních míst, ochrany konvojů a dalších činností. Může sloužit i námořní policii k ochraně vstupů do přístavů nebo zastavování motorových plavidel. Zařízení má hmotnosti 350 kg a pracovní vzdálenost až 50 m. V praxi bývá

²⁸ Ibid.

²⁹ Ibid.

instalováno např. na vozidla Nissan Nevara and Toyota Land Cruisers. Na jedno nabití je zařízení schopno pracovat v celkové době 12 minut, nicméně na zastavení vozidla postačuje působení EMP v délce 3 s.



Obr. č. 14: Instalace systému RF Safe Stop³⁰

Nasazení systému RF Safe Stop ve stacionární instalaci na kontrolním místě je znázorněno na obrázku č. 15. Motory vozidel jsou po vynuceném zastavení schopny opětovného provozu, s tím že v některých případech je potřeba odpojení baterie. Zařízení nemá negativní vliv na zdraví osob.



Obr. č. 15: Aplikace systému RF Safe Stop³¹

³⁰ RF Safe-Stop™ System. Chelmsford, England: e2v, 2013, issue 109/13. p 2.

³¹ Ibid.

3.3 HPEMS

K dalším výrobcům podobných zařízení patří např. společnost Eureka Aerospace (Pasadena, California, USA), která se zabývá využitím mikrovlnných a RF technologií.³² Systém s označením HPEMS (High-Power Electromagnetic System) je určen k zastavování vozidel, lodí a eliminaci elektronicky spouštěných improvizovaných výbušných zařízení, tudíž zajišťuje ochranu významných objektů (zastupitelské úřady, vojenské objekty, vrtné plošiny, přístavy atd.) Základ zařízení tvoří 16 stupňový Marxův generátor, pracovní vzdálenost je uváděna až 200 m, frekvence 350 MHz – 1,35 GHz, energie EM pole 20 kV / 50 m. Vývoj HPEMS probíhal ve spolupráci s ozbrojenými silami, v tomto případě USMC (United States Marine Corps).

3.4 Multi-Frequency Radio-Frequency Vehicle Stopper

Na vývoji zařízení využívající EMP jako zbraňového prostředku se podílí řada prvků ozbrojených sil. Významnou roli v rámci ozbrojených sil USA představuje JNLWD - **Joint Non-Lethal Weapons Directorate**, které řídí, podporuje a koordinuje výzkum a vývoj v oblasti neletálních zbraní. V rámci svých aktivit se podílí i na vývoji prostředků k zastavování vozidel (ve spolupráci se společností L-3 Electron Devices, USA) a lodí, mezi které patří systémy:

- Multi-Frequency Radio-Frequency Vehicle Stopper,
- Radio Frequency Vessel Stopper nebo
- Non-Lethal Unmanned Aerial Vehicle (UAV) High Power Microwave Payload.

Systém **Vehicle Stopper** (viz obr. č. 16) je určen především pro ochranu vojsk a předpokládá se nasazení na přístupových bodech, kontrolních stanovištích, u zátarasů nebo pro mobilní hlídky. Provedení systému bude jako přenosné nebo mobilní. Současně jsou vyvíjeny systémy pro zastavování motorových plavidel, které budou instalovány na lodích nebo na vzdušných bezpilotních prostředcích.

3.5 Electrical Vehicle Stopper

Obdobnou problematikou se v minulosti zabývala i **Army Research Laboratory**, ale s odlišným přístupem k mechanismu průniku EMP, kdy namísto využití směrových antén vyvíjela ve spolupráci s **National Institute of Justice** systém EVS (Electrical Vehicle Stopper) s využitím generátorů (180 kV), které byly napojeny na pružinové elektrody, instalované v deskách na vozovce (viz obr. č. 17). Při průjezdu vozidla přes vzduchové hadice bylo připojeno napětí na elektrody a po jejich kontaktu nebo přiblížení k rámu a motoru vozidla došlo k narušení chodu motoru.³³

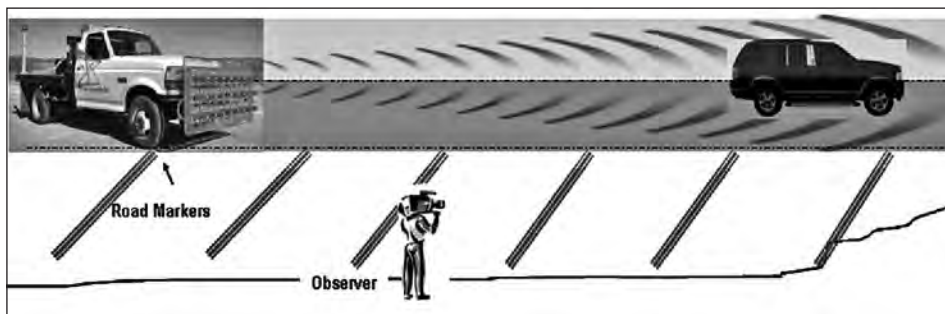
³² Eureka Aerospace. *Solution to high- tech problems*. [online]. c. 2015. [cit. 20016-03-31]. Dostupné z <<http://www.eurekaaerospace.com>>.

³³ Berry, M., Turner, T. and Reiff, Ch. *Electrical Vehicle Stopper Evaluation, Phase III- Jaycor*. Adelphi, USA: U.S. Army Research Laboratory, 2010, ARL-TR-2273. 22 p.

Obr. č. 16: Vehicle Stopper³⁴Obr. č. 17: Electrical Vehicle Stopper³⁵

3.6 Electromagnetic Weapon System (EMWS)

Společnost Fiore Industries Inc. (USA) v rámci programu podpořeném NIJ (National Institute of Justice) vyvinula prostředek pro zastavování vozidel pod označením EMWS Engine Stopper. Úspěšné testování probíhalo ve spolupráci s Air Force Research Laboratory (AFRL) již v roce 2009 na Mobility Assessment Test and Integration Center (MATIC), New Mexico. Vozidla jedoucí rychlostí 50 km/hod a vystavena působení EMP z přední nebo boční strany karoserie se podařilo zastavit na vzdálenost 20 m. Po dobu generování EMP nebylo možno vozidla znovu nastartovat. EMWS, skládající se z několika impulsních zesilovačů, 24 prvkové antény se ziskem 23 dB je schopen generovat impulsy o výkonu 2,4 kW, délce 30 mikrosekund s opakovací frekvencí 8 kHz. Systém je ovládán dálkově, je napájen ze dvou olověných baterií a je instalován na vozidle Ford F350 Pick-up.³⁶

Obr. č. 18: Systém pro zastavování vozidel EMWS³⁷

³⁴ Non-Lethal Weapons Program. U.S. Department of Defense. [online]. c. 2016. [cit. 20016-04-03]. Dostupné z < <http://jnlwp.defense.gov> >.

³⁵ bid.

³⁶ SMITH, D., HTRUJILLO H. a AGUILA, H., *Effects Research Test Report for the National Institute of Justice (NIJ) Engine Stopper Program: Final Report* [online]. Albuquerque, New Mexico, 2010, 7 s. [cit. 2016-05-28]. Dostupné z: <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/grants/236755.pdf>

³⁷ Ibid.

3.7 SAVELEC

SAVELEC (Safe control of non cooperative vehicles through electromagnetic means) představuje společný výzkumný projekt v rámci programu EU. Řešitelem je konsorcium pod vedením německé společnosti IMST GmbH (společnost zabývající se vývojem vysokofrekvenčních obvodů, bezdrátových modulů a komunikačních systémů. Členem konsorcia je např. Akadémia ozbrojených sil Generála Milana Rastislava Štefánika, Liptovský Mikuláš. Cílem projektu je navrhnout řešení pro externí, bezpečné řízení provozu- zastavování vozidel s využitím HPM technologií.³⁸

3. 8 Testy účinnosti elektromagnetických prostředků k zastavování vozidel

Na základě vyjádření řady expertů o zranitelnosti kritické infrastruktury a armády USA vůči útoku EMP byla již v roce 2001 Kongresem USA založena *Commission to Assess the Threat from High Altitude Electromagnetic Pulse*, od r. 2006 pracující pod novým názvem **Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse Attack** (dále jen EMP komise) [20]. Úkolem komise, jejíž členy jmenuje ministr obrany je monitoring, ověřování a vydávání doporučení v oblasti zranitelnosti elektrických a elektrických systémů vládních agentur, veřejné správy a soukromého sektoru.



Obr. č. 19: Testování zastavování vozidel s využitím EMP³⁹

³⁸ SAVELEC: *Safe control of non cooperative vehicles through electromagnetic means* [online]. Athens, Greece: TEL of Piraeus, 2012 [cit. 2016-05-27]. Dostupné z: <http://savelec-project.eu/>

³⁹ HONG, K. - BRAINWOOD, S. Stopping Car Engines Using High Power Electromagnetic Pulses. In *Proceeding International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications* (ICEAA). Sydney, Austrálie: Macquarie University, 2010. ISBN 978-1-4244-7366-3. p. 378-381.

V rámci analýzy jedné z oblastí kritické infrastruktury- dopravní infrastruktura, organizovala komise testování osobních a nákladních vozidel vůči účinkům EMP. Testování bylo podrobeno 37 osobních vozidel ročníků 1986-2002, přičemž působení EMP bylo aplikováno ve zkušební laboratoři na vozidla se zapnutým i vypnutým motorem. Výsledky testů prokázaly negativní účinky EMP o energii přesahující 25 kV/m, kdy u 10 % vozidel došlo k zastavení motoru včetně závažných poruch elektroniky a u 80 % vozidel došlo k drobným poruchám (blikání kontrolky na palubní desce). Výsledky testů u nákladních vozidel jsou podobné- při testovacích úrovních přesahujících 12 kV/m došlo u 15 % vozidel k zastavení motoru a u 70 % vozidel k drobným poruchám, nevyžadujícím zásah řidiče. Tyto nízká úspěšnost v zastavování chodu motoru byla způsobena použitím nízkých úrovní EM pole, které v laboratorních podmínkách nepřesahovalo 50 kV/m. Obdobné testování probíhalo v roce 2010 s využitím EMP prostředku na bázi Marxova generátoru u DSTO (**Defence Science and Technology Organisation**), organizační součástí Ministerstva obrany Austrálie. Testování bylo provedeno v otevřeném prostoru, přičemž bylo testováno 8 vozidel (z toho jedno s hybridním pohonem) ve stáří max. 10 let. Účinky EMP byly testovány z různé vzdálenosti, orientaci vozidel a časového působení. Závěry výsledků testů byly následující:

- na vzdálenost 2 m bylo zastaveno 7 vozidel, na vzdálenost 5 m byla zastavena 4 vozidla,
- úrovně elektromagnetického pole potřebné pro zastavení vozidla byly vyšší než 50 kV/m,
- k zastavení vozidla je potřebné působení EMP v době několika sekund (ke snížení doby je zapotřebí zvýšit opakovací frekvenci impulsů),
- bylo by vhodné použít antény s větším směrovým účinkem.

4. DISKUSE VÝSLEDKŮ

S ohledem na otázky stanovené v úvodu je možno prezentovat následující poznatky.

V současné době jsou vyvíjeny a vyráběny především HPM elektromagnetické prostředky v přenosném nebo mobilním provedení, které jsou určeny pro zastavování vozidel, pro eliminaci negativních činností osob (např. rozhánění davů a pro zneškodňování improvizovaných výbušných zařízení.

Mezi nejvýznamnější výrobce v tomto sektoru patří nadnárodní společnost Raytheon Company (USA, Waltham, Massachusetts) a německá společnost Diehl Defence Holding GmbH (Überlingen). V oblasti vývoje, výroby a použití elektromagnetických zbraní jsou na předních místech USA, Rusko, Francie, Čína, Německo a Velká Británie. Ostatní země (Belgie, Holandsko, Dánsko, Norsko atd.) se problematikou HPM dlouhodobě zajímají převážně v oblasti ochrany před působením HPM.

Nesouladem mezi teorií a praxí v uvedené oblasti je fakt, že i když se tyto prostředky vyvíjí už od 60. let minulého století, stále se o nich hovoří jako o zbraních budoucnosti. Dostupné jsou zpravidla pouze informace o jejich úspěšném testování, ale příklady nasazení ve vojenských operacích jsou pouze spekulativní. Při použití DEW o jejich aplikaci téměř nikdo, s výjimkou samotných útočníků a jejich obětí neví. V minulosti se hovořilo

o nasazení DEW Spojenými státy v rámci konfliktu v Iráku, Kosovu a v Afganistanu a to minimálně v testovacím provozu. Zajímavá je taky domněnka o použití DEW Ruskými jednotkami před zásahem proti teroristům v Moskevském divadle v r. 2002. Tato zbraň měla vyřadit elektronické roznětky náloží. Z hlediska útoků na prvky kritické infrastruktury je možné jmenovat např. vyřazení TV vysílače v Bagdádu (pomocí HPM zdroje instalovaného v bombě MK 84) nebo využití DEW při leteckém úderu Izraele na syrské objekty jaderného reaktoru v r. 2007.

Podrobné technické informace k popisovaným elektromagnetickým zbraním jsou důvěrné. Uživatelé (ozbrojené síly a bezpečnostní sbory) zpravidla uvádí pouze jejich význam a použití. Základní technické údaje lze dohledat v materiálech výrobců. Podrobnější informace (zpravidla ve formě výsledků testování) jsou publikovány většinou ve formě odborných článků autorů, kteří byli členy relevantních projektových týmů.

ZÁVĚR

Příspěvek pojednává o současné situaci v oblasti elektromagnetických zbraní se směřovanou energií, které využívají impulsní elektromagnetické pole v pásmu radiových vln a v pásmu mikrovln. Stejným cílem příspěvku byla prezentace aktuálních prostředků a systémů, které jsou určeny pro narušení činnosti nebo destrukci elektronických a elektrických obvodů zařízení protivníka. Potencionálními cíly mohou být např. informační, komunikační, řídicí, kontrolní nebo palebné systémy. Využití je možné i v dalších oblastech, jako např. zastavování vozidel, eliminaci negativních činností osob- rozhánění davů, zneškodňování improvizovaným výbušným zařízením v terénu, objektech nebo i v rámci kontroly procházejících osob.

Článek představuje dosud nepublikovaný souhrnný přehled vybraných HPM zbraní se směřovanou energií. V další práci autor připravuje podrobnou komparaci technických údajů uvedených prostředků a analýzu požadavků relevantních technických norem na elektromagnetickou odolnost elektronických a elektrických zařízení, které mohou být potencionálními cíly HPM zbraní.

Problematickou výzkumu a vývoje elektromagnetických zbraní se ve světě zabývá široká řada vládních a soukromých organizací, včetně univerzit. Významné postavení v této oblasti mají především USA, Rusko, Čína a Německo. Ostatní země jako např. Francie, Austrálie, Indie, Japonsko, Izrael, Jižní Korea se problematikou HPM dlouhodobě zabývají. Česká republika v dané oblasti, měla své zástupce v odborných panelech v rámci NATO Science and Technology Organization, jako např. Tactical Implications of High Power Microwaves, HPM Threat to Infrastructure and Military Equipment, HPM and Directed Energy Weapons. Výzkum a vývoj probíhal v ČR např. v oblasti generátorů mikrovln vysokého výkonu nebo ochrany vojenských objektů proti účinkům výkonových elektromagnetických polí, pod vedením VTUPV Vyškov.

Autor: *Ing. Jan Valouch, Ph.D., narozen v roce 1971. Je absolventem Vojenské akademie v Brně, obor speciální komunikační systémy (1994). Doktorské studium absolvoval na Univerzitě obrany a disertační práci na téma „Návrh pracoviště elektromagnetické kompatibility zaměřené na testování a vývoj vojenské techniky“ obhájil v roce 2007. Po dobu působení v Armádě České republiky (1993-2009) pracoval na funkcích spojených především s oblastí telekomunikací. V současné době pracuje na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně jako ředitel Ústavu bezpečnostního inženýrství. Ve své vědeckovýzkumné, publikační a pedagogické činnosti se zabývá problematikou elektromagnetické kompatibility a bezpečnostní futurologie.*

Jka citovat: VALOUCH, Jan. Zbraně se směřovanou energií jako prostředek rozvoje schopností ozbrojených sil. *Vojenské rozhledy*. 2016, 25 (3), 61-81. ISSN 1210-3292 (print), 2336-2995 (on-line).
Dostupné z: www.vojenskerozhledy.cz