



INNOWACYJNE ROZWIĄZANIE KONSTRUKCYJNE AKTYWNEJ TARCZY TERMICZNEJ SZYBKO NAGRZEWANEJ DO STRZELAŃ W NOCY

INNOVATIVE DESIGN SOLUTION FOR QUICK-HEATING ACTIVE THERMAL TARGET FOR NIGHT SHOOTING

Waldemar ŚWIDERSKI, Paweł HŁOSTA

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszynski St., 05-220 Zielonka, Poland

Grzegorz POLAK, Dariusz TYMIŃSKI
OPTIMUM

Author's e-mail address: swiderskiw@witu.mil.pl. ; ORCID: 0000-0003-4040-2197

DOI 10.5604/01.3001.0013.7302

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcję nagrzewanej aktywnej tarczy termicznej przeznaczoną do szkolenia i prowadzenia strzelań w warunkach nocnych z użyciem celowników termowizyjnych. Innowacyjne rozwiązanie polega na zestawie układu sterującego oraz tarczy, o tak dobranych parametrach, aby moc grzewcza na początku nagrzewania była kilkakrotnie większa niż moc niezbędna do utrzymania zadanej różnicy temperatury w stanie ustalonym. Po osiągnięciu wymaganej temperatury układ sterowania nie podaje pełnego napięcia na figurę. Czasy podawania napięcia i jego wyłączenia są tak dobrane, aby temperatura figury odpowiadała wymaganej wartości. Czas uzyskania wymaganej temperatury w proponowanym rozwiązaniu jest kilka razy krótszy niż w obecnie stosowanych konfiguracjach. Pozwala to na włączenie nagrzewania równocześnie z uruchamianiem podnośnika tarczy. Takie rozwiązanie eliminuje wady tarcz podgrzewanych dotychczas stosowanych do strzelań.

Słowa kluczowe: tarcza termiczna, szkolenie strzeleckie, celownik termowizyjny

1. Wstęp

Celem szkolenia żołnierzy w strzelaniu z broni strzeleckiej jest nauczenie umiejętności posługiwania się uzbrojeniem oraz znajomości

Abstract: The paper presents a concept of a heated active thermal target designed for training and shooting with thermal sights at night conditions. The innovative solution contains a control system and a target with specially matched parameters providing several times greater power at the beginning of heating than the power needed to maintain a demanded difference of temperatures in the steady state. After reaching the required temperature, the control system does not give full voltage to the target. The times of voltage supply and its switching off are so selected that the temperature of the target corresponds to the required value. The time needed to obtain the required temperature in the proposed solution is several times shorter than in the currently used configurations. This allows the heater to be activated at the same time as the blade lift is activated. The solution eliminates disadvantages of heated targets used for shooting up to now.

Keywords: thermal target, shooting training, thermal sight

1. Introduction

Soldiers are trained on shooting with the small arms to learn the handling of weapons and to familiarise with theory

teorii i zasad strzelania. W trakcie szkolenia strzelanie prowadzi się zarówno w dzień jak i w nocy, w różnych warunkach atmosferycznych. Szczególnie trudnym elementem szkolenia strzeleckiego jest strzelanie w nocy. W nocy strzelanie prowadzi się do celów oświetlonych, demaskujących się błyskami oraz nie demaskujących się. Do celów oświetlonych i demaskujących się błyskami strzałów prowadzi się ogień wykorzystując podświetlenie podziałek celownika (nasadek samoświecących). Do celów niedemaskujących się ogień prowadzi się wykorzystując celowniki optoelektroniczne, a cele demaskuje się promiennikami podczerwieni i ciepła (MON, 2012). W trakcie strzelania z użyciem optoelektronicznych celowników używane są tarcze widoczne w podczerwieni. Obecnie używane są zarówno tarcze pasywne odbijające promieniowanie podczerwone (Świdorski i in., 2017a, Świdorski i in., 2017b, Świdorski i in., 2018), jak i aktywne tarcze podgrzewane, które emitując promieniowanie ciepłe są widoczne przy użyciu celowników termowizyjnych.

W Polsce obecnie na strzelnicach poligonowych używa się dwóch podstawowych rodzajów celów: podświetlanych reflektorami na światło w zakresie widzialnym i podgrzewanych za pomocą instalacji wykonanej z drutu oporowego (fot.1a). Przez jednego z krajowych producentów oferowana jest również tarcza podgrzewana za pomocą drutów oporowych znajdujących się wokół krawędzi tarczy (fot.2 b i c) (Termalna..., 2018b).

Podstawowymi wadami tarcz obecnie używanych na krajowych strzelnicach otwartych są: stosunkowo długi czas nagrzewania, duży pobór energii (ma to istotne znaczenie przy wymaganym na strzelnicy zasilaniu z akumulatorów), dużym prawdopodobieństwem zniszczenia tarczy (przy uszkodzeniu drutów oporowych w trakcie strzelania) oraz brakiem możliwości regulowania kontrastu termicznego między tarczą a tłem, w zależności od warunków atmosferycznych.

Wychodząc naprzeciw potrzebom wyposażenia strzelnic wojskowych w aktywne tarcze podgrzewane pozbawione powyższych wad Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia we współpracy z firmą OPTIMUM w ramach pracy badawczo-rozwojowej finansowanej ze

and principles of firing. The training is conducted both at day and night at different atmospheric conditions. Night firing is an especially difficult part of the training. At night the shots are fired to targets which are illuminated, or self-disclosed by flashes, or not self-disclosed. The targets, illuminated and self-disclosed by flashes of shots, are fired at using the illumination of the sight scale lines (self-illuminating adapters). The non-self-disclosed targets are fired at using optoelectronic sights, and the targets are indicated by infrared and heat radiators (MON, 2012). When the optoelectronic sights are employed at firing then the targets visible in infrared are used. Now there are used both passive targets, reflecting the infrared radiation (Świdorski et al., 2017a, Świdorski et al., 2017b, Świdorski et al., 2018), as well as active heated targets, which radiate the heat and are visible in thermal sights.

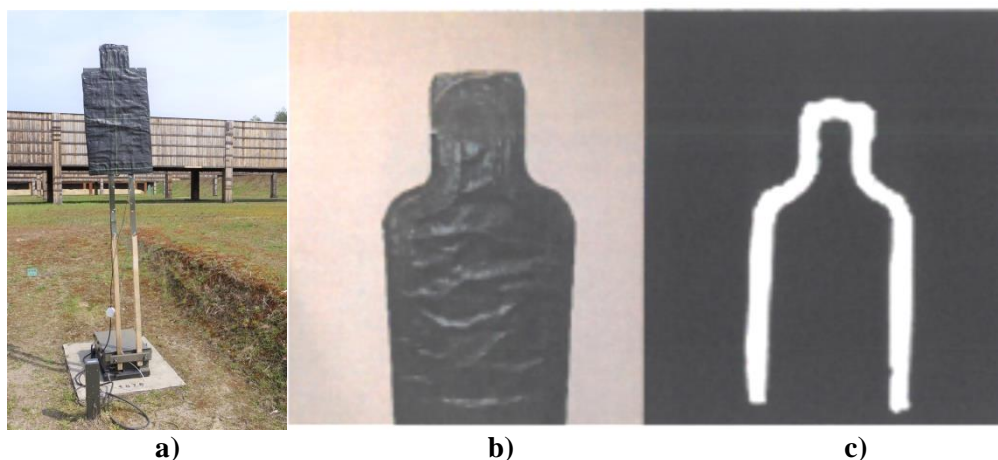
Two basic types of targets are used in Poland now on the firing ranges: illuminated by visible light reflectors and heated by systems made from the resistance wire (Photo 1a). One of country manufacturers also offers a target heated by resistance wires placed at the target edges (Photo 2 b and c) (Thermal..., 2018b).

Main disadvantages of targets employed currently in the country at the opened firing ranges are: relatively long time of preheating, high consumption of energy (it is important at powering by batteries what is demanded on firing ranges), high probability of target destruction (with damaging the resistance wires at firing) and lack of possibility for controlling the level of thermal contrast between the target and the background depending on atmospheric conditions.

The Military Institute of Armament Technology together with the OPTIMUM company have developed an innovative solution of an active heated thermal target in the frame of a research-development project financed by own resources to meet the demands for equipping the military firing ranges with the active heated

środków własnych opracował innowacyjne rozwiązanie podgrzewanej aktywnej tarczy termicznej.

targets without the disadvantages mentioned above.



Fot. 1. Tarcze podgrzewane a) zdjęcie tarczy podgrzewanej drutem oporowym na całej powierzchni, b) zdjęcie tarczy - podgrzewane krawędzie, c) widok tarczy b w kamerze termowizyjnej (Termalna..., 2018a)

Photo 1. Heated targets: a) target heated by resistant wire on the whole area, b) target with heated edges, c) target b viewed by a thermal camera (Thermal..., 2018a)

2. Koncepcja nowej aktywnej tarczy szybko nagrzewanej

W celu wyeliminowania wad dotychczas używanych do strzelań w nocny podgrzewanych tarcz, opracowano system składający się z nakładanej na figurę bojową podgrzewanej narzuty wykonanej z folii oraz nowy system i sposób sterowania nagrzewaniem tarczy (Świdorski i in., 2019). Na rys.1 przedstawiono przykład wykonania narzuty na figurę bojową nr 23 wykonaną z pianki o wysokiej izolacyjności cieplnej. Na nieprzewodzącej folii np. PCW lub PE (1) mogącej być o grubości od 0,1 do 2,5 mm, stanowiącej warstwę nośną narzuty, naklejono pasy z taśmy miedzianej (2), a powierzchnie pomiędzy pasami pomalowano farbą przewodzącą prąd elektryczny (3), o konduktancji tak dobranej, aby odpowiednio się nagrzewała podczas przepływu prądu. Do pasów z miedzi dołączono przewody (4), które doprowadzają zasilanie.

W celu zabezpieczenia warstwy farby przewodzącej przed warunkami atmosferycznymi i uszkodzeniami mechanicznymi warstwę nośną narzuty od strony czołowej pokryto folią zabezpieczającą (może być wykonana z PET – poliestru, PCW – polichlorku

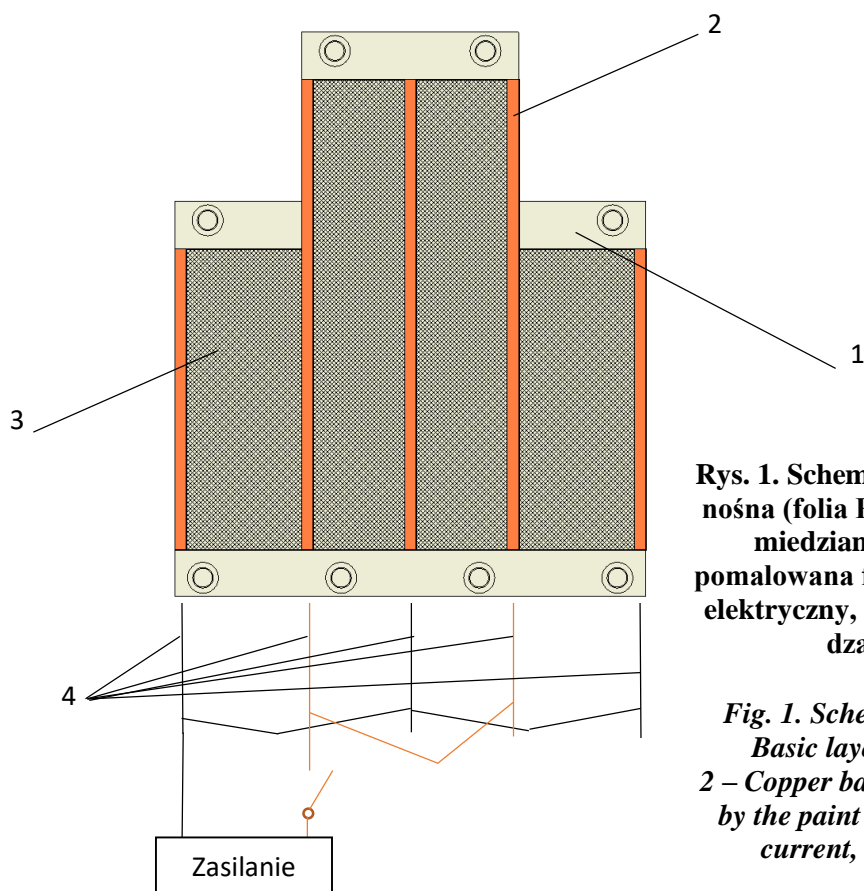
2. Conception of a New Rapidly Heated Target

A system containing a heated foil cover, put onto the combat silhouette, and a new system and method for controlling the heating of the target were developed in order to eliminate disadvantages of heated targets, used up to now for night firings (Świdorski et al., 2019). Fig. 1 shows an example of the covering to be put on the combat silhouette No 23 made of a foam of high thermal isolation. On the non-conductive PCW or PE foil (1), having the thickness from 0.1 to 2.5 mm and being a basic layer of the covering, the strips of copper bands are stuck (2), and the space between the bands was painted by a paint conducting the electric current (3) and having the conductivity for a suitable heating at the flow of current. The supply wires are connected to copper bands (4).

In order to protect the layer of the conducting paint against atmospheric conditions and mechanical destruction the ground layer of the covering is covered from the front side by a protecting foil (it may be made of PET – polyester, PCW – vinyl polychloride, or PE – polyethylene) with

winyłu lub PE - polietylenu) o grubości, która może wynosić od 0,03 do 1 mm.

thickness from 0.03 to 1.0 mm.



Rys. 1. Schemat narzuty: 1 – warstwa nośna (folia PCW lub PE), 2 – taśmy miedziane, 3 – powierzchnia pomalowana farbą przewodzącą prąd elektryczny, 4 – przewody doprowadzające zasilanie

Fig. 1. Schematic of the cover: 1 – Basic layer (foil PCW or PE), 2 – Copper bands, 3 – Surface painted by the paint conducting the electric current, 4 – Supplying leads

W czasie prowadzenia strzelań z wykorzystaniem podnośników tarcz, czas w którym figura ukazuje się strzelającemu wynosi od kilku do kilkunastu sekund. Czas nagrzewania dotychczas używanych tarcz wynosi około 3 minuty. Powoduje to, że tarcza musi być już nagrzewana przed rozpoczęciem strzelania i jest ona nagrzewana przez cały czas treningu strzeleckiego, mimo że realnie pokazywana jest co kilkanaście minut, wymuszając znaczne zużycie energii.

W nowym rozwiązaniu, aby w znacznym stopniu zaoszczędzić zużycie energii, wprowadzono między tarczę a zasilanie regulator temperatury (system sterowania) (rys.2.).

Istotą nowego rozwiązania jest znaczne zwiększenie mocy grzewczej oraz odpowiednie sterowanie dostarczoną mocą grzania. Pozwala to na znaczne skrócenie (z kilkudziesięciu do kilku sekund) czasu nagrzewania się tarczy i powoduje znaczne zmniejszenie zużycia energii. Możliwość sterowania dostarczoną mocą grzewczą umożliwia również dostoso-

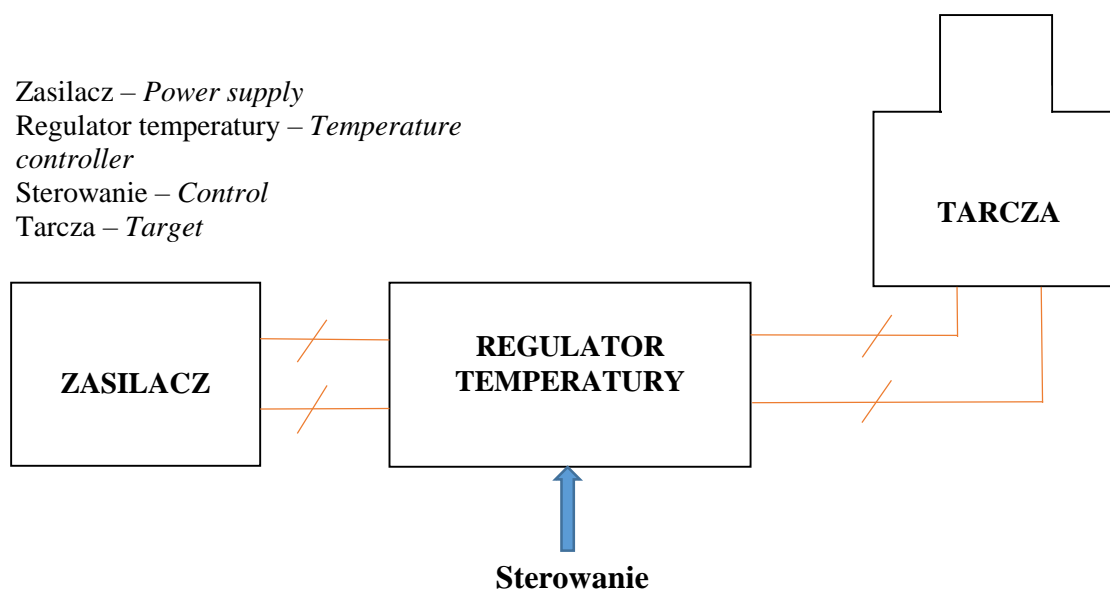
There are firing sessions when the target plates are lifted for a few to a dozen of seconds to be visible by a shooter. Currently used targets have to be pre-heated by ca. 3 min. It effects a great consumption of energy as the target must be already heated before the start of firing, and is heated during the whole time of the firing training session, even if in reality it is disclosed by every dozen minutes.

The new solution deploys a temperature control unit (control system) between the target and the supply to reduce the energy consumption (Fig. 2.).

Significant increase of the heating power and its reasonable control is an essence of the new solution. It provides a large reduction (from a few dozens to a few seconds) of target heating time and energy consumption. A possibility of controlling the supplied heating power can be also used for matching the de-

wanie, do panujących warunków atmosferycznych, wymaganego kontrastu termicznego między tarczą a tłem.

manded thermal contrast between the target and the background to existing atmospheric conditions.



Rys. 2. Schemat blokowy tarczy szybko nagrzewanej

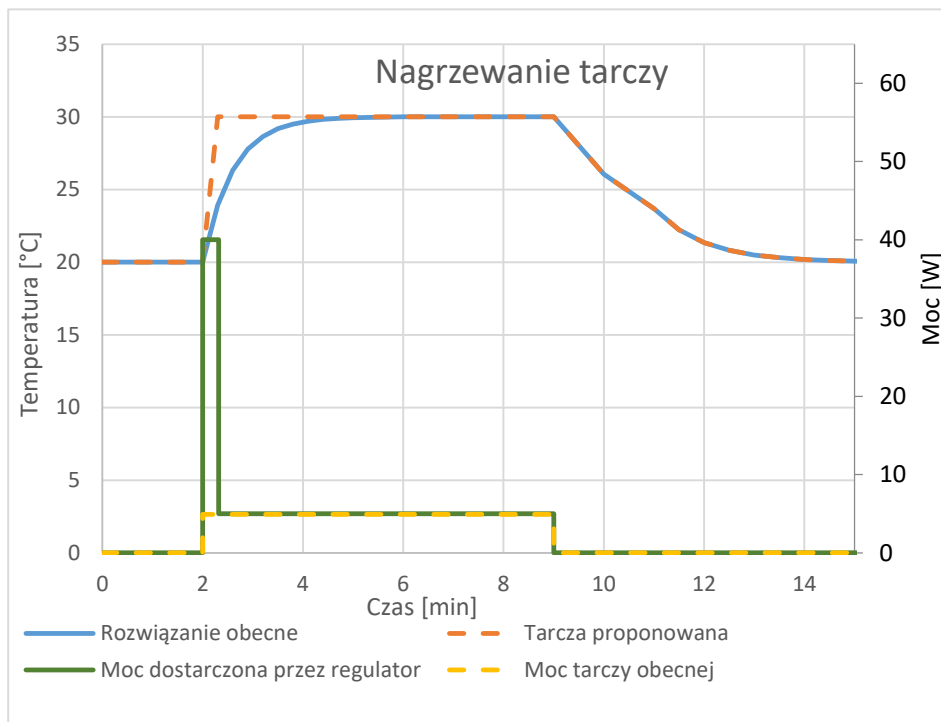
Fig. 2. Block schematic of rapidly heated target

Układ sterowania (regulator temperatury) po uruchomieniu, w początkowym stadium, zapewnia maksymalną możliwą moc nagrzewania, tak aby powierzchnia tarczy jak najszybciej osiągnęła zaplanowany przyrost temperatury. Po osiągnięciu wymaganego kontrastu temperatury zadaniem układu sterowania jest takie sterowanie mocą grzania, aby uzyskany kontrast termiczny był utrzymany. Porównanie charakterystyk temperatury i mocy obecnie używanych tarcz w porównaniu z nowym rozwiązaniem przedstawiono na rys. 3.

Na rys. 4 przedstawiono schemat blokowy układu sterowania zasilaniem aktywnej tarczy szybko nagrzewanej oraz podnośnika figury bojowej. Układ sterowania (1) zawiera element załączający lub przerywający zasilanie, podawane na tarczę – klucz (3). Załączaniem i wyłączeniem steruje układ elektroniczny (2). Po uruchomieniu działania układ sterowania początkowo nie ingeruje w proces grzania – figura rozgrzewa się bardzo szybko. Gdy osiągnie 100% zaplanowanego przyrostu temperatury układ sterowania okresowo przerywa zasilanie, tak aby poziom grzania pozwalał na utrzymanie temperatury figury na założonym poziomie.

The control unit (temperature controller) after the activation provides the maximal heating power at the initial stage to make the target get the planned increase of temperature as quickly as possible. After the demanded temperature contrast is reached the control system controls the heating power to maintain this thermal contrast. The temperature and power characteristics for currently used targets and the new solution are compared in Fig. 3.

Block diagram of the supply control unit for the active rapidly heated target, and the lifter of the combat silhouette are shown in Fig. 4. The control unit (1) has a component for switching on and off the supply provided to the target – the switch (3). The electronic unit is used for switching on and off (2). After activation the control unit first remains inactive at the process of heating – the silhouette heats up very quickly. After reaching 100% of a planned temperature increase the control unit periodically breaks the supply to the level of heating securing the maintenance of assumed temperature level.



Rys. 3. Charakterystyki zmian temperatury i mocy podczas nagrzewania tarczy

Fig. 3. Changes of temperature and power at heating the target

Nagrzewanie tarczy – *Target heating*

Moc – *Power*

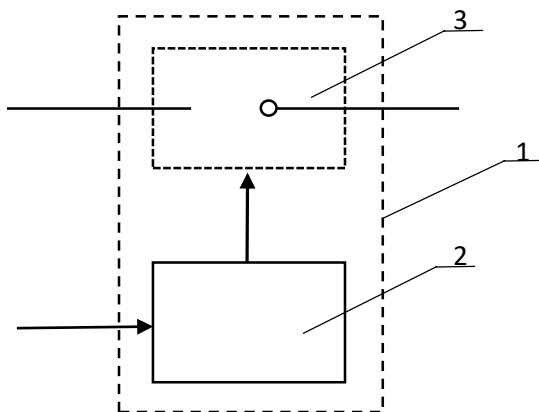
Czas – *Time*

Rozwiązanie obecne – *Current solution*

Moc doościeczona przez regulator – *Power provided by the controller*

Tarcza proponowana – *The proposed target*

Moc tarczy obecnej – *Power of the present target*

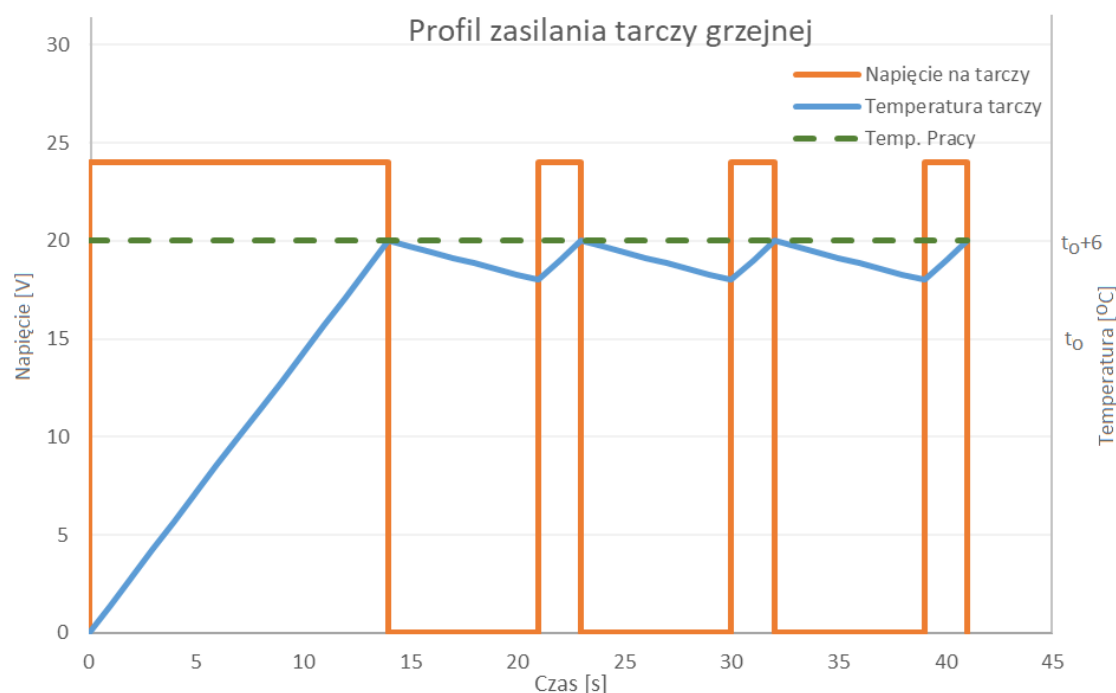


Rys. 4. Schemat układu sterowania: 1 – układ sterowania, 2 – układ elektroniczny sterujący załączaniem i wyłączaniem, 3 - klucz

Fig. 4. Schematic of control unit: 1 – Control unit, 2 – Electronic unit for switching on and off, 3 - Switch

Na rys. 5 przedstawiono zmiany poziomu zasilania i temperatury powierzchni nowej aktywnej tarczy szybko nagrzewanej w trakcie jej nagrzewania.

Fig. 5 shows the changes of supply and temperature on the surface of the new active target of quick heating during the process of heating.



Rys. 5. Zmiany profilu nagrzewania i temperatury tarczy

Fig. 5. Changes of profiles for target heating and temperature

Profil zasilania tarczy grzejnej – Powering profile for the heated target

Napięcie na tarczy – Voltage on the target

Temperatura tarczy – Target's temperature

Temp. Pracy – Temperature of operation

Napięcie – Voltage

Czas – Time

3. Badania prototypu tarczy

W trakcie badań sprawdzono podstawowe parametry aktywnych tarcz szybko nagrzewanych WFG-23 i WFG-40 (WFG – Wojskowa Figura Grzana) figur bojowych nr 23 i nr 40. Zmierzono moc pobieraną przez tarcze w trakcie nagrzewania, wartość przyrostu średniej temperatury powierzchni tarczy w czasie przy maksymalnej mocy pobieranej przez tarczę oraz czas osiągnięcia wymaganego kontrastu termicznego między tarczą, a tłem.

Maksymalna zmierzona moc pobierana przez tarczę w trakcie nagrzewania wynosiła:

- dla tarczy WFG-23 – 160,8 W;
- dla tarczy WFG-40 – 384,0 W.

Średnia temperatura na powierzchni tarczy była wyznaczana za pomocą kamery termowizyjnej FLIR 655 pracującej w pasmie 8 -14 μm . Jest to główne pasmo, w którym

3. Testing the Target Prototype

Tests were aimed to check basic parameters of active targets with quick heating WFG-23 and WFG-40 (WFG – Wojskowa Figura Grzana – Military Heated Silhouette) of combat silhouettes nr 23 and nr 40. The power consumed by the targets at heating, and the increase of the target surface mean temperature in time when the maximal power is taken by the target, and the time needed for reaching the demanded thermal contrast between the target and background were measured.

Maximal measured power that was taken by the target during the heating was:

- For target WFG-23 – 160.8 W;
- For target WFG-40 – 384.0 W.

The mean temperature of the target surface was measured by thermal camera FLIR 655 operating on the band 8 -14 μm . It is the

pracują celowniki termowizyjne będące na wyposażeniu wojska. Podstawowym wymaganiem dla tego typu celowników jest kontrast termiczny między celem a tłem umożliwiający wykrycie celu i skuteczne ostrzelanie. Różnica temperatury między celem, a tłem powinna wynosić minimum $5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Obraz termiczny tarczy WFG-40 po nagraniu do maksymalnej średniej temperatury przedstawiono na rys. 6.

Wartość maksymalnej średniej temperatury wynosiła $T_{\text{śred.}} = 28,13^{\circ}\text{C}$ przy temperaturze tła $T_{\text{tła}} = 21,45^{\circ}\text{C}$. Różnica temperatury między powierzchnią tarczy, a tłem $\Delta T = 6,68^{\circ}\text{C}$.



Rys. 6. Termogram po nagraniu do maksymalnej temperatury tarczy WFG-40

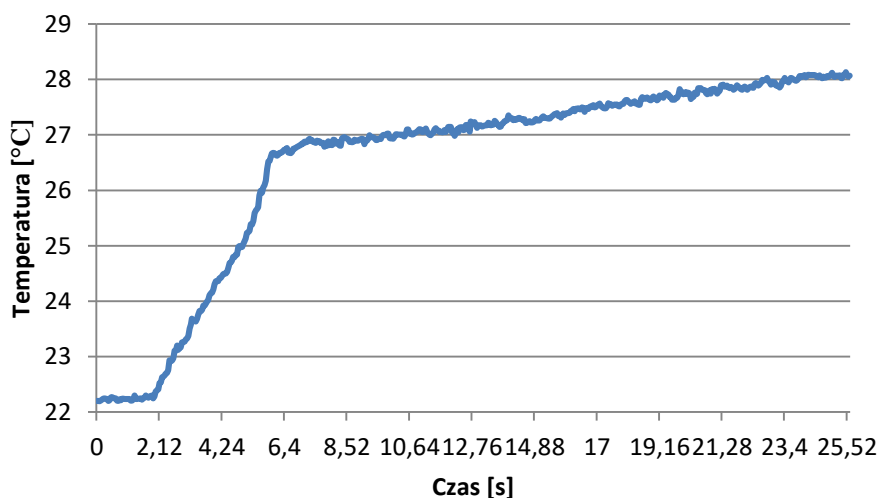
Fig. 6. Thermogram received after heating WFG-40 target to maximal temperature

Przebieg zmian średniej temperatury powierzchni tarczy od włączenia zasilania do osiągnięcia maksymalnej wartości przedstawiono na rys. 7. Z wykresu wynika, że powierzchnia tarczy osiągnęła wymaganą średnią wartość temperatury po czasie $t = 4,32$ s.

main band on which the thermal sights, being in the army inventory, operate. The basic requirement for this type of sights is the thermal contrast between the background and the object securing its spotting and efficient firing. The difference of temperatures between object and background should be at least $5^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Thermal picture of target WFG-40 after heating to maximal average temperature is shown in Fig. 6.

The value of the maximal average temperature was $T_{\text{śred.}} = 28.13^{\circ}\text{C}$ for the background temperature $T_{\text{tła}} = 21.45^{\circ}\text{C}$. The difference of temperatures of target surface and background was $\Delta T = 6.68^{\circ}\text{C}$.

The course of changes for the average temperature on target surface from turning the supply on to reaching the maximal value is shown in Fig. 7. The plot indicates that the target surface reached the demanded maximal temperature within the time of $t = 4.32$ s.



Rys.7. Przebieg zmian średniej wartości temperatury powierzchni tarczy WFG-40 w trakcie nagrzewania

Fig.7. The course of changes for the average temperature on WFG-40 target surface during the heating

4. Podsumowanie

Przedstawiona w artykule koncepcja nowej aktywnej tarczy szybko nagrzewanej eliminuje wady dotychczas stosowanych rozwiązań, do których należy zaliczyć:

- duże prawdopodobieństwo uszkodzenia tarczy,
- długi czas nagrzewania,
- duże zużycie energii.

Ponadto, w dotychczasowych rozwiązaniach stosowanych na strzelnicach w kraju, nie było możliwości regulacji kontrastu termicznego między tarczą a tłem w zależności od warunków atmosferycznych występujących w trakcie strzelania. Dopiero nowe rozwiązanie tarczy opracowanej w trakcie współpracy Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia z firmą OPTIMUM to umożliwia.

Przedstawione w artykule rozwiązanie może być również wykorzystane do prowadzenia szkoleń strzeleckich nie tylko na strzelnicach wojskowych, ale również na strzelnicach innych służb czy organizacji (np. policji, myśliwych), które używają podczas treningów strzeleckich celowników termowizyjnych.

4. Summary

Presented concept of the new active target of quick heating eliminates following disadvantages of currently used solutions:

- High chance for damaging the target,
- A long time of heating,
- High consumption of energy.

Moreover, currently used solutions on the country firing ranges cannot control the thermal contrast between the target and background depending on atmospheric conditions existing during the firing. This can be provided only by the new solution of the target developed by the Military Institute of Armament Technology in cooperation with the OPTIMUM company.

The solution presented in the paper may be also used for firing training sessions not only on military ranges but on the firing ranges of other services or organisations as well (e.g. police, hunters) using thermal sights at the training.

Literatura / Literature

- Ministerstwo Obrony Narodowej (MON). (2012). *Program strzelań z broni strzeleckiej*. Warszawa: Ministerstwo Obrony Narodowej, Szkol.857/2012.
- Świdorski W., Hłosta P., Polak G. i Tymiński D. (2017a). Pasywna tarcza termiczna do prowadzenia szkoleń i strzelań w dzień i w nocy, *Problemy Techniki Uzbrojenia*, Vol. 143(3), 7-16. doi:10.5604/01.3001.0010.6148.
- Świdorski W., Hłosta P., Polak G. & Tymiński D. (2017b). Work on Developing a Thermal Shooting Target, *Measurement Automation Monitoring*, No. 04, Vol. 63, 158-161.
- Świdorski W., Hłosta P., Polak G. & Tymiński D. (2018). New Developments in Thermal Targets, *SPIE Proceedings*, Vol. 10794, Target and Background Signatures IV.
- Świdorski W., Tymiński D., Hłosta P., Sylwestrzak M., Buryło M., Lewandowski Z., Widotta J. i Zych M. (2019). *Zgłoszenie patentowe P.429280*.
- Termalna figura bojowa/Termalna tarcza strzelnicza*. (2018a). *Karta katalogowa firmy IBCOL*.
- Termalna tarcza strzelnicza*. (2018b). Wzór użytkowy PL 69953Y1, IBCOL Sp. z o.o.

