

# The switching time determination in aspect of new automatic welding filter (AWF) constructions appearing in the market

Joanna Szkudlarek <sup>1</sup>, Iga Drobiną <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Central Institute for Labour Protection – National Research Institute,  
Department Of Personal Protective Equipment, 48 Wierzbowa, Łódź 90-133, Poland, [joszka@ciop.lodz.pl](mailto:joszka@ciop.lodz.pl)  
<sup>2</sup> University of Silesian in Katowice, Faculty of Law and Administration, 11b Bankowa, Katowice 40-007, Poland, email:  
[iga.drobina@gmail.com](mailto:iga.drobina@gmail.com)  
\* Corresponding author, e-mail:[joszka@ciop.lodz.pl](mailto:joszka@ciop.lodz.pl)

**Abstract:** The aim of the work is to indicate the automatic welding filter (AWF) manufacturers the new possibilities of testing it in the field of switching time. New 3D AWF constructions (panoramic and integrated with shields housing) have caused that many laboratories do not have the possibility of carry out tests. One of the most significant parameters of AFS is switching time. The parameter requires a specialist test stand, dedicated to new filters types, as well as that should meet the requirements of new international standards. A new stand for determining the switching time of AWFs was designed and constructed in the Eye and Face Protection Laboratory of CIOP-PIB. It provides completely new possibilities of testing all AWFs types regardless of their geometry: shape and size. This is particularly important for AWF manufacturers and engineers designing new solutions of welding protectors equipped with AWF, who can commission tests of their innovative solutions and conduct prototype testing.

**Keywords:** Personal protective equipment (PPE); Automatic welding filters (AWFs); Eye and face protectors; switching time; Protective parameters

## Wyznaczanie czasu zadziałania automatycznych filtrów spawalniczych (AFS) w aspekcie pojawiających się na rynku nowych konstrukcji

Joanna Szkudlarek <sup>1\*</sup>, Iga Drobiną <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy,  
Zakład Ochron Osobistych, Wierzbowa 48, Łódź 90-133, Polska, [joszka@ciop.lodz.pl](mailto:joszka@ciop.lodz.pl)  
<sup>2</sup> Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Prawa i Administracji, Bankowa 11b, Katowice 40-007, Polska, email: [iga.drobina@gmail.com](mailto:iga.drobina@gmail.com)  
\* Corresponding author, e-mail:[joszka@ciop.lodz.pl](mailto:joszka@ciop.lodz.pl)

**Streszczenie:** Celem pracy jest wskazanie producentom automatycznych filtrów spawalniczych (AFS) nowych możliwości testowania w zakresie czasu zadziałania. Nowe 3D konstrukcje AFS (panoramiczne i zintegrowane z obudowami osłon), spowodowały, że wiele laboratoriów badawczych nie ma możliwości realizacji badań. Jednym z najistotniejszych parametrów AFS jest czas zadziałania. To szczególny parametr, ponieważ wymaga specjalistycznego stanowiska badawczego, które powinno spełniać wymagania nowych norm międzynarodowych. W Pracowni Ochron Oczu i Twarzy CIOP-PIB zaprojektowano i wykonano nowe stanowisko do wyznaczania czasu zadziałania AFS. Daje ono zupełnie nowe możliwości badania wszystkich konstrukcji AFS niezależnie od ich geometrii: kształtu i wielkości. Jest to szczególnie ważne dla producentów AFS oraz dla inżynierów projektujących nowe rozwiązania osłon spawalniczych wyposażonych w AFS, którzy mogą zlecić badania swoich innowacyjnych rozwiązań i prowadzić badania prototypów.

**Słowa kluczowe:** Środki ochrony indywidualnej (ŚOI); Automatyczne filtry spawalnicze (AFS); Ochrony oczu i twarzy; Czas zadziałania; Parametry ochronne

## 1. Wprowadzenie

Z informacji pozyskanych podczas organizacji badań porównawczych międzylaboratoryjnych od 7 laboratorium, można stwierdzić, że tylko 1 laboratorium wykazało gotowość wykonania badań czasu zadziałania na zgodność z nowymi normami ISO. Jednak po wybraniu i przesłaniu próbek do badań, okazało się, że warunki sprzętowe nie pozwalają na wykonanie badań automatycznych filtrów spawalniczych (AFS) zintegrowanych z goglami spawalniczymi. Konieczne było przeprowadzenie badań porównawczych z użyciem płaskich (kasetowych) automatycznych filtrów spawalniczych. Fakty te potwierdziły, że stanowisko badawcze do wyznaczania czasu zadziałania CIOP-PIB jest unikatowe, bo uniwersalne i multifunkcjonalne.

Jego cechy w zakresie poszczególnych elementów konstrukcyjnych stanowiska zdefiniowano w oparciu o doświadczenia pracowników Pracowni Ochrony Oczu i Twarzy wykonujących badania czasu zadziałania AFS na istniejącym stanowisku badawczym. Ponadto, celem, było skonstruowanie stanowiska z uwzględnieniem poprawy komfortu pracy operatora.

Przy projektowaniu uwzględniono dwa najważniejsze aspekty, aby nowe stanowisko do badania czasu zadziałania AFS spełniało wymagania nowych norm ISO PN-EN ISO 18526-2:2020-09 „Ochrona oczu i twarzy - Metody badań. Część 2: Fizyczne właściwości optyczne” [1] oraz PN-EN ISO 16321-2:2022-03 „Ochrona oczu i twarzy do zastosowań zawodowych. Część 2: Dodatkowe wymagania dla środków ochrony stosowanych podczas spawania i technik pokrewnych” [2] i norm powołanych a jednocześnie było na tyle uniwersalne, aby pojawiające się nowe tendencje w projektowaniu konstrukcji ochron spawalniczych nie ograniczały jego użycia [3].

Zaprojektowane stanowisko cechuje przewaga konkurencyjna w kilku aspektach [4]. W pracy skupiono się na jednym z nich - innowacyjnym układzie pomiarowym, który ma bezpośredni wpływ na uniwersalność stanowiska. Stanowisko do wyznaczania czasu zadziałania posiada rozbudowany system pomiarowy obsługiwany przez dedykowany program komputerowy. Składa się z kilku modułów zintegrowanych ze sobą i współpracujących ze sobą w ramach centralnego zarządzania przez mikrokontroler. W skład układu pomiarowego wchodzi moduł oświetleniowy, wyzwalający i moduł detekcji. Elementy elektroniczne i optyczne to m.in.: źródła światła (pomiarowego i wyzwalającego), układy do kolimacji wiązki światła oraz fotodetektory w zakresie modułu detekcyjnego.

Moduł oświetleniowy składa się z dwóch części – źródła światła pomiarowego i układu do ustawiania wartości luminancji. Jako źródła światła użyto nowoczesnych diod elektroluminescencyjnych firmy Cree, typu XHP35B-00-0000-0D0UB427G o maksymalnym natężeniu oświetlenia 410 lm, temperaturze barwowej 2700K i rozkładzie widmowym odpowiadającym standardowemu oświetleniu „Illuminant A”. Elektronika modułu umożliwia modyfikację natężenia oświetlenia LED-ów na podstawie żądań wysyłanych z modułu sterującego. Układ elektroniczny został tak zaprojektowany, aby zmiana natężenia oświetlenia odbywała się w czasie krótszym niż 286 ns (czas między sąsiednimi próbkami sygnału).

Moduł oświetleniowy zawiera również źródło światła wyzwalającego wmontowane w elastyczne ramię z możliwością ustawienia w każdej pozycji. Źródłem światła są dwie diody zintegrowane w jednej obudowie emitujące światło w kolorze czerwonym oraz promieniowanie podczerwone. Diody to źródło światła wyzwalającego a ponadto źródło światła pomocniczego, które służy do sprawdzenia poprawności ustawienia ramienia względem czujnika filtra. Układ został tak skonstruowany, aby emitowane przez niego światło podczerwone nie miało wpływu na pomiary przepuszczalności i czasu zadziałania AFS (duże skupienie wiązki, mała oświetlana powierzchnia znajdująca się poza polem widzenia detektorów optycznych). Zastosowano diodę IR, o kącie świecenia 4° jako źródło światła wyzwalającego, zamontowano ją na końcu ramienia (czarnej rurki ramienia), co dodatkowo zmniejsza kąt rozproszenia światła. Końcówka ramienia, w której zamontowano diody zapewnia również separację źródła światła wyzwalającego od pomiarowego oraz możliwość ustawienia w taki sposób, aby nie zasłaniać obszaru roboczego AFS, eliminując ryzyko zaburzenia pomiaru.

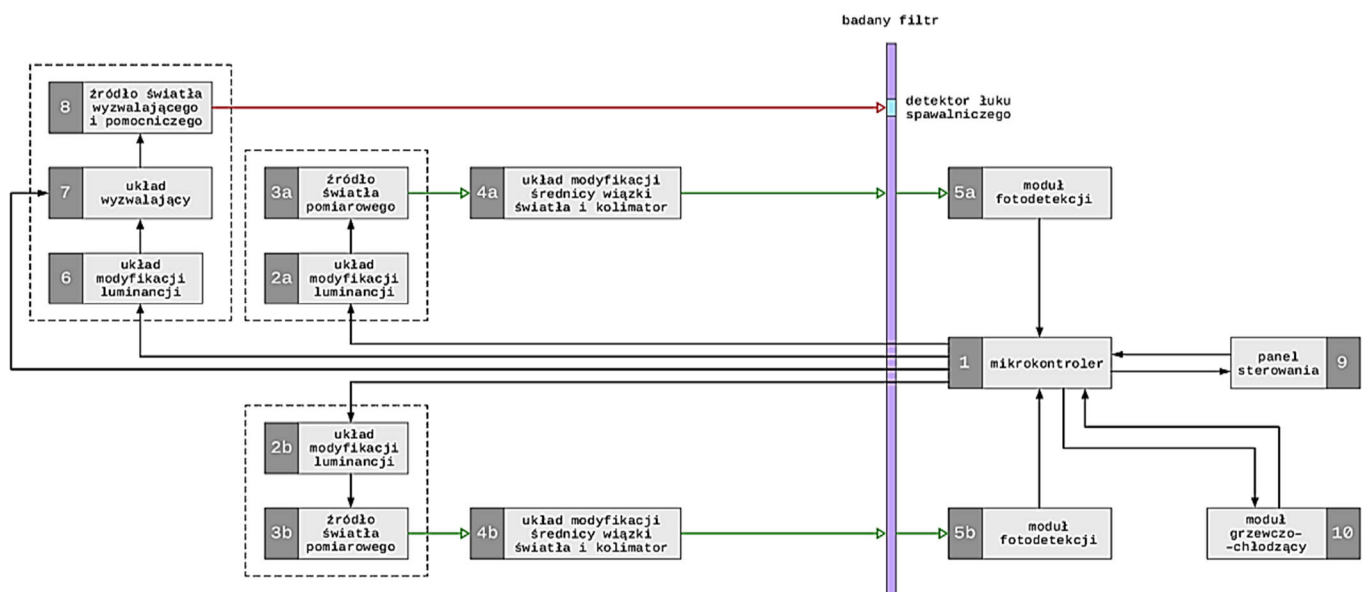
Moduł wyzwalający składa się z 3 podbloków: źródła światła wyzwalającego, układu wyzwalającego i układu modyfikacji luminancji. Jako źródło światła wyzwalającego zastosowana została dioda elektroluminescencyjna IR opisana powyżej. Układ modyfikacji luminancji został wyposażony w elektronikę do sterowania stopniem jasności diody. Układ wyzwalający zaprojektowano tak, aby był dostatecznie szybki i nie wносił istotnego opóźnienia do toru pomiarowego. Całkowite opóźnienie wyzwalania liczone wraz z czasem zaświecenia diody jest w przybliżeniu stałe, rzędu kilkudziesięciu ns, i nie wnosi istotnego błędu podczas obliczania czasu zadziałania AFS ( $50 \text{ ns} / 20 \mu\text{s} = 0.25\%$  dla najgorszego przypadku). Mimo to, czas ten został uwzględniony w obliczeniach.

Moduł detekcyjny stanowi układ dwóch fotodetektorów umieszczonych w uchwycie do mocowania próbek w kształcie modelu głowy. Fotodetektory są umieszczone w miejscu źrenic (rozstaw źrenic zgodny z wymaganiami normy dla

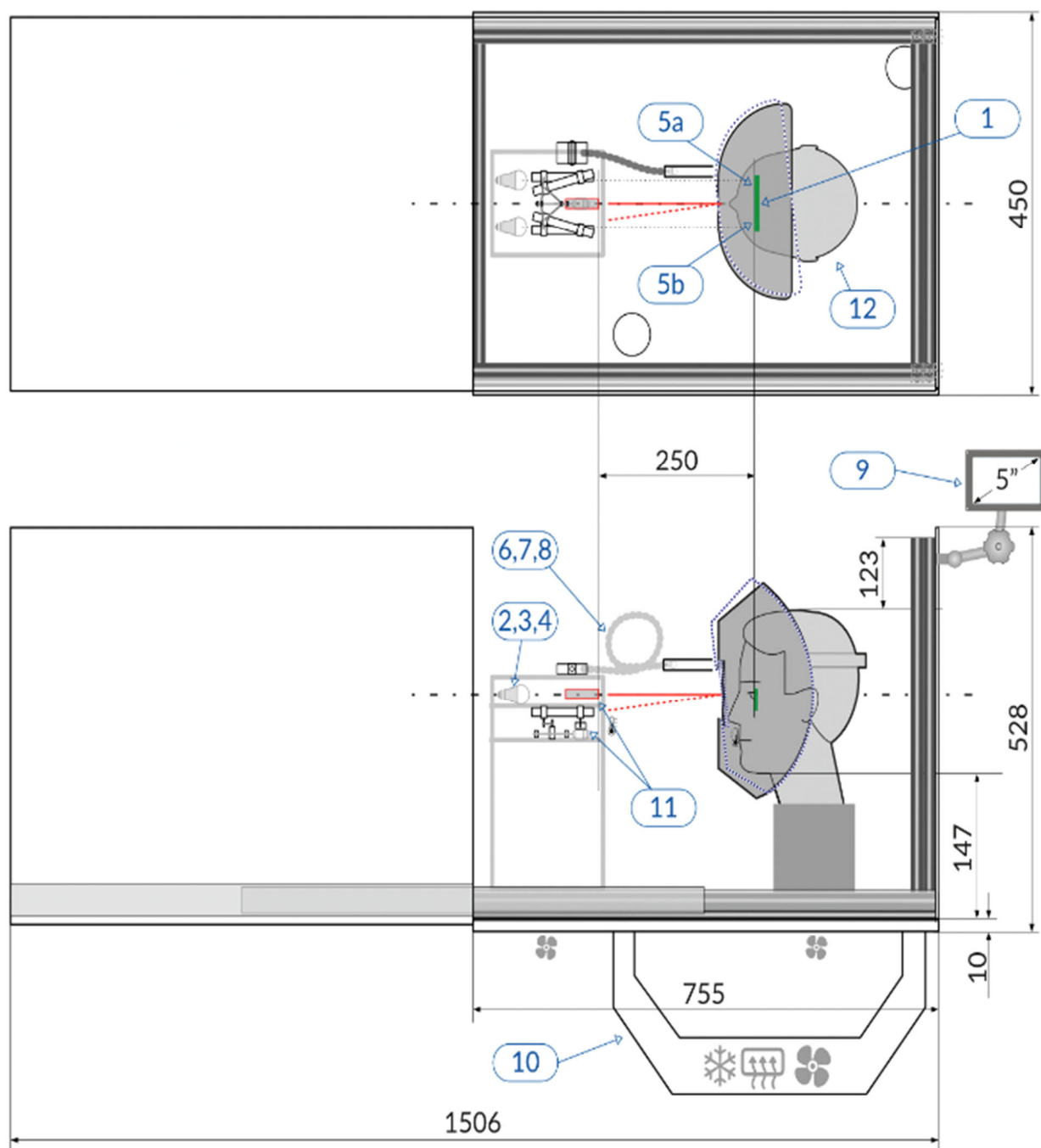
rozmiaru 1 M). Są nimi fotodiody typu BPW34S o czynnej powierzchni 7.02 mm<sup>2</sup> i wymiarach 2.65x2.65 mm. Działają one niezależnie podając dane z dwóch miejsc pomiarowych na filtrze.

Średnicę wiązki światła pomiarowego ustalono na ok. 5 mm, aby podczas pomiarów zapewnić oświetlenie całej powierzchni czujnika filtra z odpowiednim marginesem bezpieczeństwa. Wiązka o tej średnicy jest rozsądnym kompromisem między spełnieniem wymagania co do oświetlenia całej powierzchni sensora, a maksymalnym natężeniem oświetlenia na jego powierzchni. W detektorach zastosowano innowacyjne rozwiązania. Fotodiody pracują w warunkach zerowego napięcia polaryzacji w układzie wzmacniacza transimpedancyjnego. Takie rozwiązanie zapewnia dużą czułość układu i zerową wartość prądu ciemnego (dark current). Jednak z drugiej strony oznacza również pracę fotodiody w warunkach jej największej pojemności, co przekłada się na obniżenie szybkości działania detektora. Aby wyeliminować to bardzo niekorzystne zjawisko zastosowano bufor w postaci tranzystora J-FET z kanałem N, separujący pojemność wejściową fotodiody od wejścia odwracającego szybkiego (BWP=1.6 GHz), niskoszumnego wzmacniacza operacyjnego OPA657. Opisane rozwiązanie praktycznie eliminuje wpływ pojemności wejściowej fotodiody na szybkość działania fotodetektora, poprawia stosunek sygnału do szumu i ułatwia kompensację częstotliwościową, ale jednocześnie wprowadza do sygnału wyjściowego składową stałą o nieokreślonej bliżej wartości (ze względu na duże rozrzuty parametrów tranzystorów unipolarnych J-FET). Aby rozwiązać ten problem zastosowano dodatkowy tranzystor J-FET tego samego typu, redukujący wspomnianą składową stałą do pomijalnych wartości. Układ wymagał użycia identycznych tranzystorów, dobranych w pary pod względem parametru  $I_{dss}$  (prądu drenu przy zerowej polaryzacji bramki). Wobec powyższego użyto dwóch parowanych fabrycznie tranzystorów (typ LSK489, 2 x J-FET z kanałem N) w jednej obudowie.

Ilustrację schematu blokowego ilustrującego zasadę działania urządzenia oraz zasadę pomiaru czasu zadziałania zamieszczono na rysunku 1. Widok elementów składowych stanowiska zamieszczono na rysunku 2.



Rysunek 1. Schemat blokowy ilustrujący zasadę pomiaru czasu zadziałania AFS [5]



**Rysunek 2.** Schemat stanowiska do badania czasu zadziałania AFS [6]

Układ pomiarowy rozbudowany oznacza zastosowanie dwóch identycznych torów pomiarowych, które podają dwie niezależne grupy wyników. Moduł fotodetekcji (5a, 5b) stanowią w rzeczywistości dwa identyczne moduły, których sensory (sensory optyczne – fotodiody) są umieszczone w osi oczu (rozstaw źrenic zgodny z zaleceniami normy ISO) i działające niezależnie. Moduł oświetleniowy (2a–3a, 2b–3b) składa się z dwóch części – źródła światła pomiarowego i układu do ustawiania wartości luminancji. Moduł wyzwalający składa się w rzeczywistości z 3 podbloków: źródła światła wyzwalającego (8), układu wyzwalającego (7) i układu modyfikacji luminancji (6).

Zbieranie wyników z dwóch torów pomiarowych daje możliwość badania każdego rodzaju filtra, pozwalając na identyfikację właściwości ochronnych w miejscach pomiarowych odpowiadających miejscom gałek ocznych. Wyniki czasu zadziałania z dwóch miejsc pomiarowych pozwalają na wnioskowanie o jednorodności filtra.

Celem pracy jest prezentacja możliwości badawczych stanowiska do wyznaczania czasu zadziałania, które pozwala na testowanie każdego typu współcześnie produkowanych AFS.

## 2. Materiały i metodyka badań

Na rysunku 3 zaprezentowano współcześnie produkowane typy AFS, różniące się kształtem i wymiarami, które w odróżnieniu od standardowych filtrów płaskich, posiadają konstrukcję 3D (filtry panoramiczne oraz filtry zintegrowane z obudowami osłon np. gogle spawalnicze) [7,8].



**Rysunek 3** Widok automatycznych filtrów spawalniczych o konstrukcji 3D: zakrzywiony (panoramiczny) oraz zintegrowany z obudowa gogli spawalniczych

Do badań czasu zadziałania AFS były zamontowane w dedykowane osłony spawalnicze. Obiektem badań były 3 osłony spawalnicze z AFS, które prezentują 3 współcześnie produkowane konstrukcje osłon spawalniczych z funkcją samościemniania:

1. przyłbica spawalnicza z AFS płaskim (kasetowym) – Przyłbica Servoglas 4000V, SERVORE, Korea;
2. gogle spawalnicze z AFS zintegrowanym z obudową – Gogle Arcshield I, SERVORE, Korea;
3. przyłbica spawalnicza z AFS zakrzywionym (panoramicznym) – przyłbica G5-02, 3M, USA.

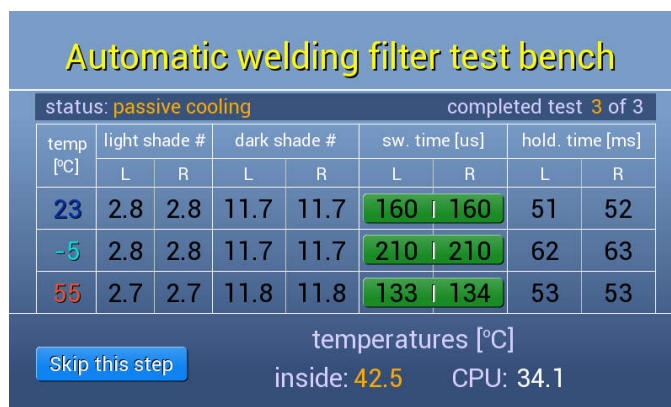
Widok obiektu badań zamieszczono na rysunku 4.



**Rysunek 4.** Osłony spawalnicze wyposażone w AFS o różnej geometrii: 1. przyłbica spawalnicza z AFS płaskim (kasetowym); 2. gogle spawalnicze z AFS zintegrowanym z obudową; przyłbica spawalnicza z AFS zakrzywionym (panoramicznym)

Pojawiające się nowe konstrukcje AFS wymusiły nowe podejście do procedury pomiaru czasu zadziałania od możliwości zamontowania próbek po dbałość o stabilność wyników pomiarów. Stąd zaprojektowany dwutorowy układ pomiarowy. Pozwala na uzyskanie wyników z dwóch miejsc pomiarowych, co pozwala ocenić wpływ geometrii filtra na wynik pomiaru oraz daje nowe możliwości prowadzenia porównań filtrów. Wyniki podawane przez program na wyświetlaczu LCD to stopnie zaciemnienia dla stanu jasnego i stanu zaciemnionego zmierzone przed wyznaczeniem czasu zadziałania oraz wyniki czasu zadziałania i utrzymania. Literą L oznaczono wyniki uzyskane z lewego toru pomiarowego, natomiast literą R wyniki dla prawego toru pomiarowego. Widok okna dialogowego z przykładowymi wynikami badań dla dwóch torów pomiarowych zamieszczono na rysunku 5.

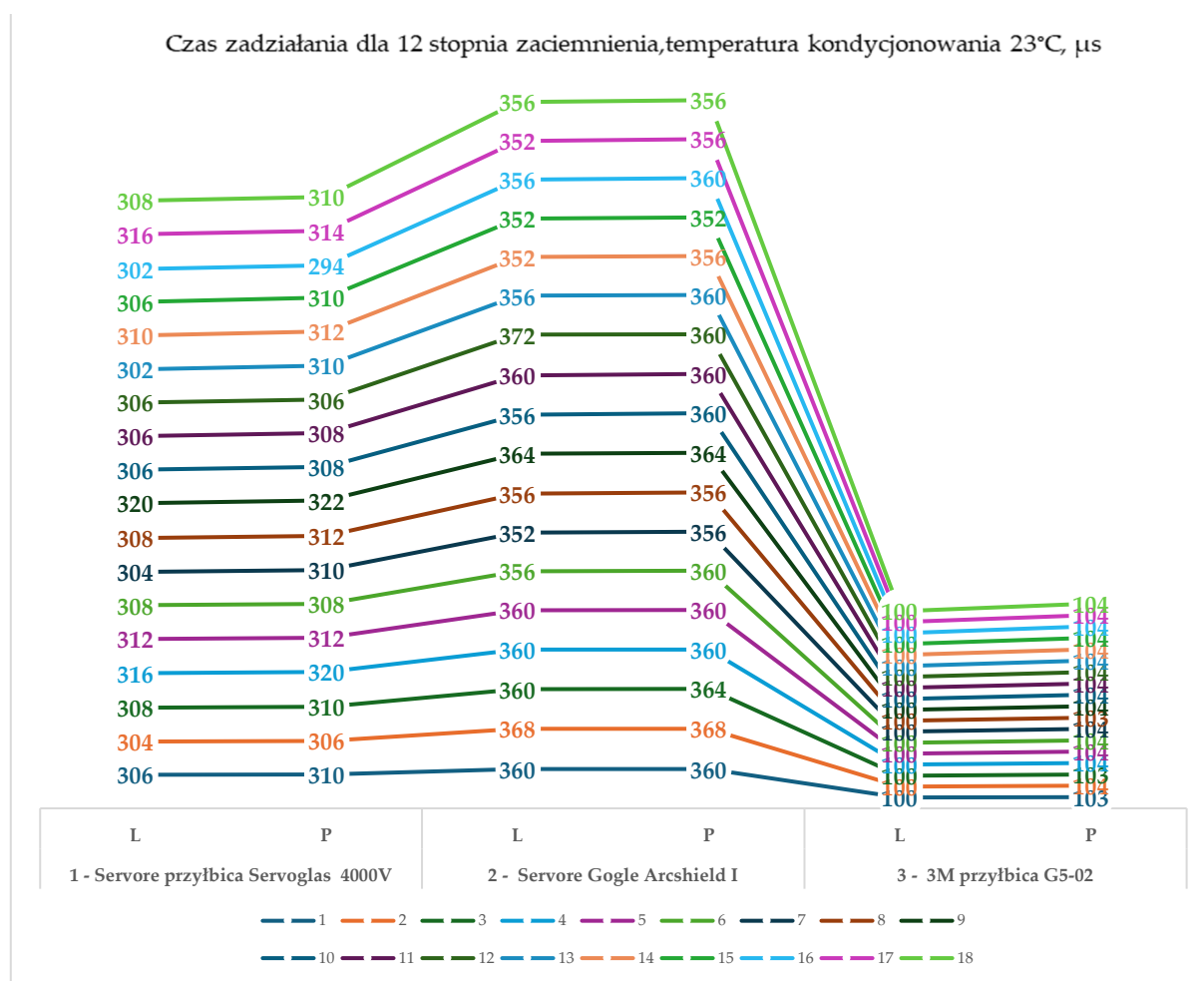




Rysunek 5. Widok okna dialogowego z przykładowymi wynikami badań

### 3. Wyniki

Wyniki walidacji układu pomiarowego stanowiska dla 18 powtórzeń dla każdego toru pomiarowego z wykorzystaniem próbek o różnych geometriach (pokazanych na rysunku 4) zamieszczono na rysunku 6.



Rysunek 6. Czas zadziałania (µs) – wyniki dla toru lewego (L) i prawego (P) dla 18 powtórzeń [5]

W tabeli 1 zamieszczono podsumowanie analizy wyników czasu zadziałania uzyskanych dla 2 torów pomiarowym: lewego (L) i prawego (R).

**Tabela 1.** Podsumowanie analizy wyników czasu zadziałania ( $\mu\text{s}$ ) dla różnego typu AFS o stopniu zaciemnienia 12 – wyniki uzyskane dla 2 torów pomiarowych i 18 powtórzeń

Parameter	1.		2.		3.	
	L	P	L	P	L	P
ŚR	308	310	358	359	100	104
MEDIANA	307	310	308	356	360	360
SD	4,94	5,80	5,53	3,69	0,00	0,38
MAX	320	322	372	368	100	104
MIN	302	294	352	352	100	103

Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że różnice średnich wartości czasu zadziałania uzyskane w dwóch seriach pomiarowych były bardzo małe i nie przekraczają  $4 \mu\text{s}$  dla wszystkich typów badanych filtrów. Rozrzut wyników wyrażony odchyleniem standardowym i procentową różnicą wartości MIN i MAX jest charakterystyczny dla danego typu filtra, przy czym najniższe wartości uzyskano dla panoramicznego filtra (3M, przyłbica G5-02). Maksymalny rozrzut wyników, wnioskowany na podstawie procentowej różnicy, z uwagi na złożoność zjawiska zaciemnienia, może osiągać 9,52 %. Przy czym odchylenie standardowe kształtowało się na niskim poziomie wynoszącym maksymalnie  $5,80 \mu\text{s}$ . W zakresie analizy wpływu geometrii filtra na wynik pomiaru, można wnioskować, że przyłbica z panoramicznym AFS charakteryzuje się najniższymi wartościami czasu zadziałania, najmniejszym, praktycznie zerowym, rozrzutem wyników i doskonałą symetrią zjawiska zaciemnienia, potwierdzoną wynikami z przeprowadzonych serii pomiarowych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można wnioskować, że czas zadziałania jest parametrem, który z uwagi na złożoność zjawiska zaciemnienia może posiadać pewien przypisany rozrzut wyników na powierzchni filtra. Uzyskane wyniki dla kanału lewego i prawego potwierdziły taką prawidłowość. Wyniki wpływu geometrii filtra na wynik pomiaru zostały uwzględnione w budżecie niepewności w procedurze badawczej.

Podsumowując, zgodnie z założeniem, dotyczącym możliwości badania każdego typu AFS zaprojektowano dwa tory pomiarowe, które umożliwiają wnioskowanie o symetrii uzyskanych wyników czasu zadziałania/utrzymania lub jej braku. Ta dodatkowa funkcjonalność stanowiska jest szczególnie użyteczna w przypadku badania szczególnych przypadków filtrów, jak również badań do celów porównań.

## Podziękowania

Stanowisko do wyznaczania czasu zadziałania/czasu utrzymania zostało wykonane przez firmę nProLab (Warszawa, Polska) we współpracy CIOP-PIB.

*Opracowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (do 12 grudnia 2023 r. – pod nazwą: Ministerstwo Rodziny i Polityki Społecznej); zadanie nr 1.ZS.05 pt. „Opracowanie metody badania czasu zadziałania automatycznych filtrów spawalniczych”. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*

## Reference

1. International Standard EN ISO 18526-2:2020 (PN-EN ISO 18526-2:2020-09) Ochrona oczu i twarzy - Metody badań. Część 2: Fizyczne właściwości optyczne
2. International Standard EN ISO 16321-2:2021 (PN-EN ISO 16321-2:2022-03) Ochrona oczu i twarzy do zastosowań zawodowych. Część 2: Dodatkowe wymagania dla środków ochrony stosowanych podczas spawania i technik Pokrewnych

3. Szkudlarek J. Analiza wymagań dotyczących automatycznych filtrów spawalniczych po wprowadzeniu nowych norm europejskich, *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*, 628(1), 16-21. <https://doi.org/10.54215/bp.2024.1.1.szkudlarek> (dostęp z dnia 18.11.2024)
4. Szkudlarek J., Drobina I. A new test stand for the switching time of automatic welding filters evaluation- new possibilities for assessing their protective parameters. *Technologie. Procesy i Systemy Produkcyjne*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego, Bielsko-Biała, 2023; Vol.3, 145-154, DOI:10.53052/9788367652117.14.
5. CIOP-PIB, Sprawozdanie z 2 etapu zadania nr 1.ZS.05 realizowanego w latach 2023-2024 w ramach VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”
6. CIOP-PIB, Sprawozdanie z 1 etapu zadania nr 1.ZS.05 realizowanego w latach 2023-2024 w ramach VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”
7. Servore Co. Dostępne online: <http://servore.de/> (dostęp z dnia 18 10 2024).
8. 3M. Dostępne online: [https://www.3mpolska.pl/3M/pl\\_PL/p/?Ntt=g5-02](https://www.3mpolska.pl/3M/pl_PL/p/?Ntt=g5-02) (dostęp z dnia 18 10 2024).