



Urządzenie do dynamicznego skracania drogi spadania w sprzęcie chroniącym przed upadkiem z wysokości

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt nr III.PB.15

pt. *Opracowanie urządzenia do dynamicznego skracania drogi spadania w indywidualnych systemach chroniących przed upadkiem z wysokości*

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: dr inż. Marcin Jachowicz

Zdjęcie na okładce: kckate16/Bigstockphoto

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 46 50, fax (48-22) 623 36 93, www.ciop.pl

Wstęp

W środowisku pracy – wszędzie tam, gdzie jej wykonywanie wiąże się z pewnym ryzykiem, którego nie można wyeliminować za pomocą, np. zbiorowych środków technicznych lub organizacyjnych stosuje się środki ochrony indywidualnej [1]. Zmieniające się warunki pracy oraz możliwości techniczne producentów sprzętu ochronnego powodują, że konstrukcje środków ochrony cały czas się zmieniają, a ich parametry ochronne są stale poprawiane.

W celu uzyskania tej poprawy coraz częściej konstruktorzy stosują wyspecjalizowane moduły elektroniczne. Są one stosowane zarówno w postaci elementów świetlnych, dźwiękowych, jak i w postaci zestawów czujników, detektorów, czy wręcz całych rozbudowanych systemów elektronicznych. Tak wyposażone środki ochrony indywidualnej nazywane są inteligentnymi [2].

Wśród przykładów inteligentnych rozwiązań technicznych jakie możemy znaleźć w grupie urządzeń opracowanych dla pracowników są [3, 4]:

- Urządzenia do komunikacji i lokalizacji użytkownika.
- Czujniki monitorujące czynniki fizjologiczne i środowiskowe (np. dla strażaków).
- Elementy chłodzące i grzewcze, które działają wtedy, gdy jest to potrzebne, reagując na pomiary funkcji organizmu i temperatury zewnętrznej.
- Aktywne ŚOI, które działają jak urządzenie zatrzymania awaryjnego, na przykład gdy urządzenia laserowe lub piły łańcuchowe zagrażają bezpieczeństwu użytkownika.
- Elastyczne materiały emitujące światło, które zapewniają doskonałą widoczność.

Powyższe rozwiązania wymagają zastosowania elementów elektronicznych w środkach ochrony indywidualnej. Inteligentne systemy wymagają często również bezprzewodowego łącza z urządzeniami zewnętrznymi. Dzięki temu osoba odpowiedzialna, np. kierownik ds. bezpieczeństwa, czy komendant straży pożarnej, może interweniować, gdy członek załogi powinien zostać ostrzeżony o niebezpiecznej sytuacji lub potrzebuje pomocy.

Inteligentne systemy elektroniczne w sprzęcie chroniącym przed upadkiem z wysokości

Szczególną grupą środków ochrony indywidualnej jest sprzęt chroniący przed upadkiem z wysokości. Zagrożenie upadkiem z wysokości występuje wszędzie tam, gdzie na stanowisku pracy lub w jego bezpośrednim otoczeniu istnieją miejsca usytuowane względem siebie na różnych poziomach, a pracownik może znaleźć się powyżej poziomu najniższego [5, 6]. Stanowiska pracy, na których występuje zagrożenie upadkiem z wysokości, mogą istnieć we wszystkich gałęziach przemysłu jednak najczęściej występują w energetyce, budownictwie i telekomunikacji.

Zjawisko upadku z wysokości można określić jako końcowy etap spadania, objawiający się gwałtownym zatrzymaniem spadającego w wyniku zderzenia z podłożem. Biorąc pod uwagę, że upadek z wysokości jest w praktyce zawsze poprzedzony spadaniem oraz, że niebezpieczeństwo odniesienia urazu występuje także podczas spadania (np. w wyniku uderzeń o konstrukcję) lub podczas powstrzymywania spadania przez sprzęt ochronny - już sam proces spadania jest zagrożeniem. Zagrożeniem jest także czas od bezpiecznego powstrzymania spadania do ewakuacji pracownika. Jest on kluczowy dla zdrowia, a nawet życia poszkodowanego. Może bowiem zaistnieć także np. konieczność przeprowadzenia specjalnej akcji ewakuacyjnej wynikającej z „zawiśnięcia” człowieka po powstrzymaniu spadania w miejscu uniemożliwiającym samodzielną ewakuację z miejsca zdarzenia.

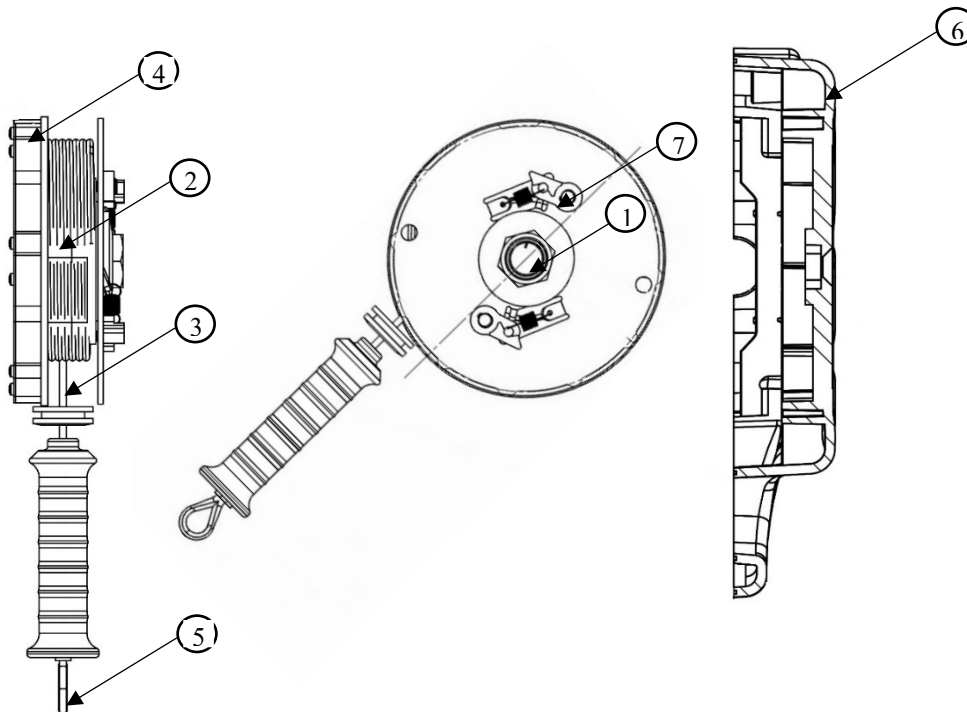
Duża liczba wymienionych powyżej czynników niebezpiecznych, związanych z powstrzymywaniem spadania oraz typów sprzętu zabezpieczającego, daje szerokie możliwości zastosowania systemów elektronicznych, które mogą podnieść bezpieczeństwo osób pracujących na wysokości. Należy jednak pamiętać, że w przypadku ochrony przed upadkiem z wysokości należy wykazać się szeroko idącą ostrożnością, gdyż są to środki III kategorii bezpośrednio chroniące życie użytkowników. Dlatego w tej chwili wprowadzane na rynek środki chroniące przed upadkiem z wysokości wyposażone są w elementy elektroniczne spełniające głównie funkcje pomiarowe czy informacyjno-alarmowe, np. dokładne rejestrowanie czasu pracy, monitorowanie czynników atmosferycznych na które są narażone lub informowanie o położeniu pracownika [7, 8].

Sterowane elektronicznie urządzenie samohamowne do dynamicznego skracania drogi spadania

Urządzenie samohamowne [9] to sprzęt służący do asekuracji przy pracach na wysokości [10]. Zapewniają bezpieczeństwo podczas wykonywania czynności w trudnych warunkach, w których występuje bezpośrednio zagrożenie upadkiem z wysokości. Umożliwiają swobodne przemieszczanie się względem punktu kotwiczenia nawet na dużych odległościach w zakresie, najczęściej od kilku do kilkudziesięciu metrów [11]. Systemy asekuracyjno-samohamowne stosowane są w wielu branżach i na wielu stanowiskach [12]. Są wykonane z trwałych, wzmacnianych materiałów takich jak poliamid, poliester, stal i aluminium. Zaprojektowane są z myślą o bezpieczeństwie oraz długotrwałym, profesjonalnym użytkowaniu.

Najczęściej urządzenie samohamowne (rys. 1) zbudowane jest z osi głównej (1), na której z jednej strony umieszczony jest bęben (2). Na nim nawinięta jest spiralnie, w kilku

warstwach, lina lub taśma bezpieczeństwa (3). Na drugiej stronie osi zamocowana jest sprężyna (4), która umożliwia zwijanie liny do wnętrza urządzenia. Lina bezpieczeństwa jest na jednym końcu przymocowana do osi, a na drugim wyposażona jest w punkt kotwiczenia (5) np. w postaci łącznika. Wolny koniec liny wystaje z obudowy urządzenia samohamownego (6).



Rys. 1. Konstrukcja typowego urządzenia samohamownego, gdzie: 1 – oś główna, 2 – bęben, 3 – lina bezpieczeństwa, 4 – sprężyna powrotna, 5 – punkt zaczepowy, 6 – obudowa, 7 – zapadka.

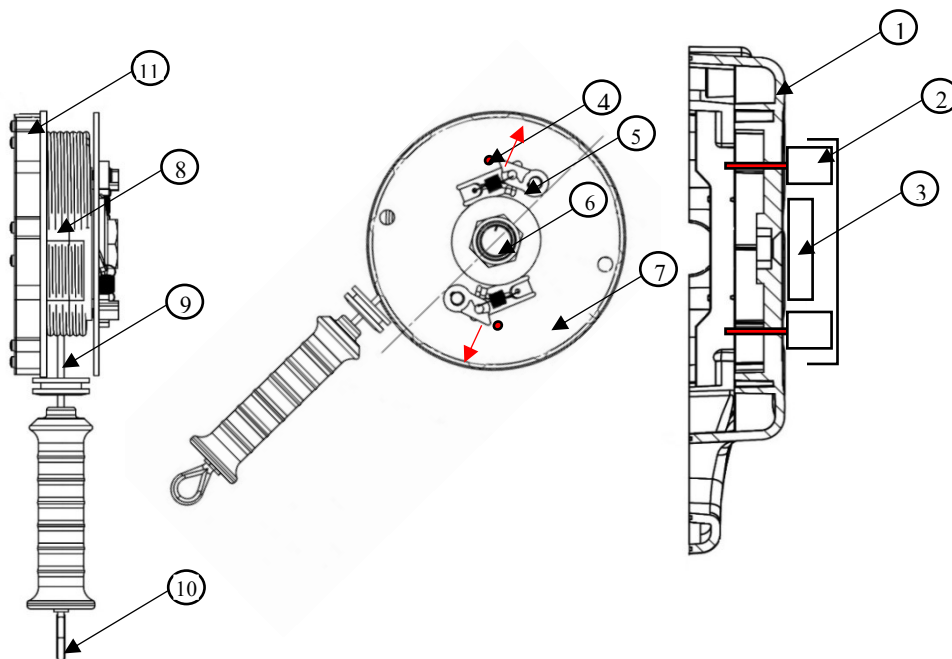
W przypadku nagłego szarpnięcia za wolny koniec liny, spowodowanego przez spadanie człowieka pracującego na wysokości, następuje uruchomienie specjalnych mechanizmów, np. zapadek (7) i zębatek i powstrzymanie obrotów bębna. Zapadki umieszczone na bębnie wprawiane są w ruch dzięki sile odśrodkowej wywoływanej obrotami bębna.

Opracowany w CIOP-PIB przy współudziale z partnerami przemysłowymi prototyp urządzenia samohamownego sterowanego elektronicznie pozwala na dynamiczne, niezależne od zewnętrznej energii generowanej podczas spadania człowieka, jego uruchomienie. Takie sterowanie powoduje zmniejszenie drogi swobodnego spadania, a więc i sił działających na człowieka podczas powstrzymywania spadania. Opracowany system pozwala także na pracę urządzenia samohamownego w pozycji poziomej lub zbliżonej do poziomu oraz umożliwia jego wykorzystanie jako urządzenia zapobiegającego rozpoczęciu spadania. Dzięki

elektronicznemu systemowi blokowania wyposażonemu w akumulator nie jest konieczna energia dostarczona z zewnątrz.

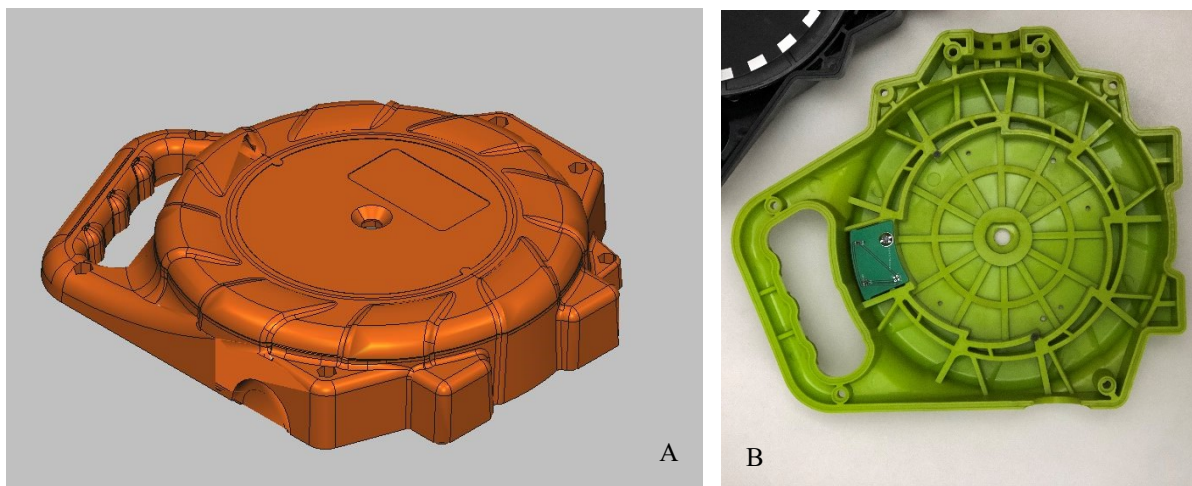
Budowa i sposób działania prototypu opracowanego elektronicznego systemu blokowania

Opracowane urządzenie samohamowne wyposażone w elektroniczny system blokowania przedstawiono na rys. 2. Część mechaniczna zbudowana jest z osi głównej (6), na której z jednej strony umieszczony jest bęben (8). Na nim nawinięta jest spiralnie, w kilku warstwach, lina bezpieczeństwa (9). Na bębnie znajduje się dysk bębna (7), do którego przymocowane są zapadki (5). Na drugiej stronie osi zamocowana jest sprężyna (11), która umożliwia zwijanie liny do wnętrza urządzenia. Lina bezpieczeństwa jest na jednym końcu przymocowana do osi, a na drugim wyposażona jest w punkt zaczepowy (10) dla łącznika. Wolny koniec liny bezpieczeństwa wystaje z obudowy urządzenia samohamownego (1). W przypadku nagłego szarpnięcia za wolny koniec liny, spowodowanego przez spadanie człowieka pracującego na wysokości, następuje szybki obrót dysku bębna (7). Zapadki (5) umieszczone na dysku bębna (7) wprawiane są w ruch obrotowy i dzięki sile odśrodkowej wywoływanej obrotami bębna rozchylają się. Rozchylone zapadki zaczepiają o obudowę (1) wyposażoną w zębatkę. Powoduje to zablokowanie mechanizmu, powstrzymanie wysuwania liny bezpieczeństwa i powstrzymanie spadania.

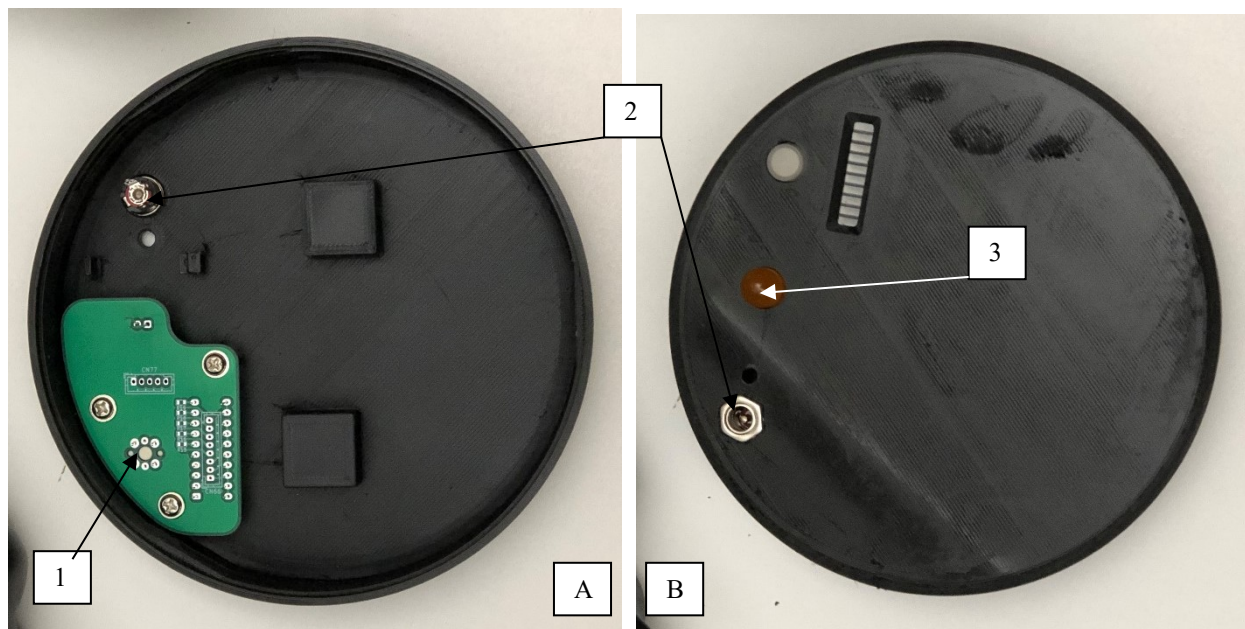


Rys. 2. Urządzenie samohamowne wyposażone w elektroniczny system blokowania, gdzie: 1 – obudowa, 2 – serwomechanizm, 3 – elektroniczny system sterowania, 4 – trzpień serwomechanizmu, 5 – zapadka, 6 – oś główna, 7 – tarcza bębna, 8 – bęben, 9 – lina bezpieczeństwa, 10 – punkt zaczepowy, 11 – sprężyna powrotna.

Część elektroniczna z elementami wykonawczymi systemu blokowania zamocowana jest do obudowy urządzenia samohamownego (rys. 3). Jej obudowa pokazana na rys. 4 ma kształt walca o wymiarach: średnica 133 mm i wysokość 28 mm.

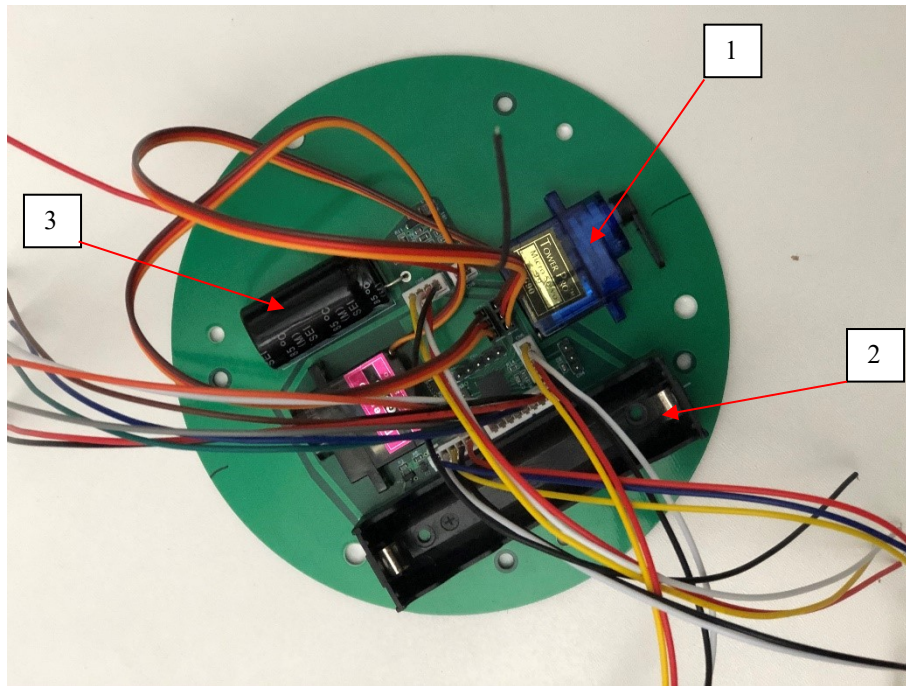


Rys. 3. Obudowa urządzenia samohamownego: A – widok zewnętrzny, B – widok wewnętrzny.



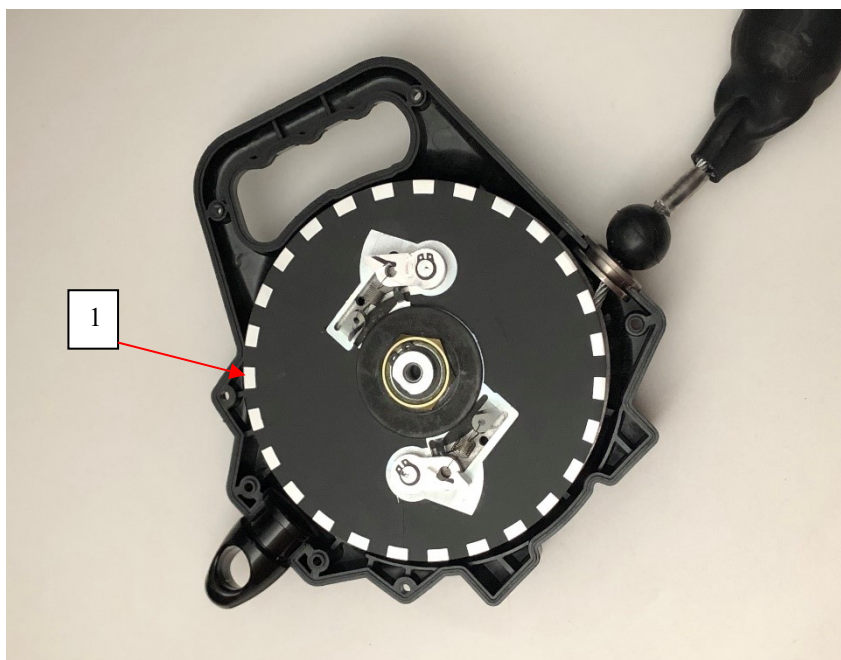
Rys. 4. Obudowa części elektronicznej: A – widok zewnętrzny, B – widok wewnętrzny. gdzie: 1 – płyta elektroniczna układu zasilania, 2 – gniazdo zasilania, 3 – dioda LED.

W tej obudowie znajduje się główny element w postaci płytki elektronicznej (rys. 5) zawierającej elementy sterowania, zasilania i wykonawcze.



Rys. 5. Płytkę elektroniczną układu sterująco – wykonawczego; gdzie: 1 – serwomechanizm, 2 – gniazdo na akumulator, 3 – kondensator elektrolityczny.

Sterowanie odbywa się z wykorzystaniem procesora programowalnego - mikrokontrolera firmy Microchip serii XLP enhanced z rodziny PIC16F18xxx. Zwijanie i rozwijanie liny z bębna jest dekodowane na podstawie odczytu sygnałów z fotosensorów refleksyjnych umieszczonych blisko zewnętrznej części bębna. Na tarczy bębna umieszczone są elementy refleksyjne (rys 6).



Rys. 6. Widok tarczy bębna z elementami refleksyjnymi (1).

Uproszczony schemat blokowy systemu elektronicznego blokowania przedstawiono na rys. 7. Jego działanie dzięki wbudowanemu akumulatorowi odbywa się niezależnie od energii dostarczanej podczas powstrzymywania spadania, a dynamiczne blokowanie rozwijania linki urządzenia następuje w trzech przypadkach, gdy:

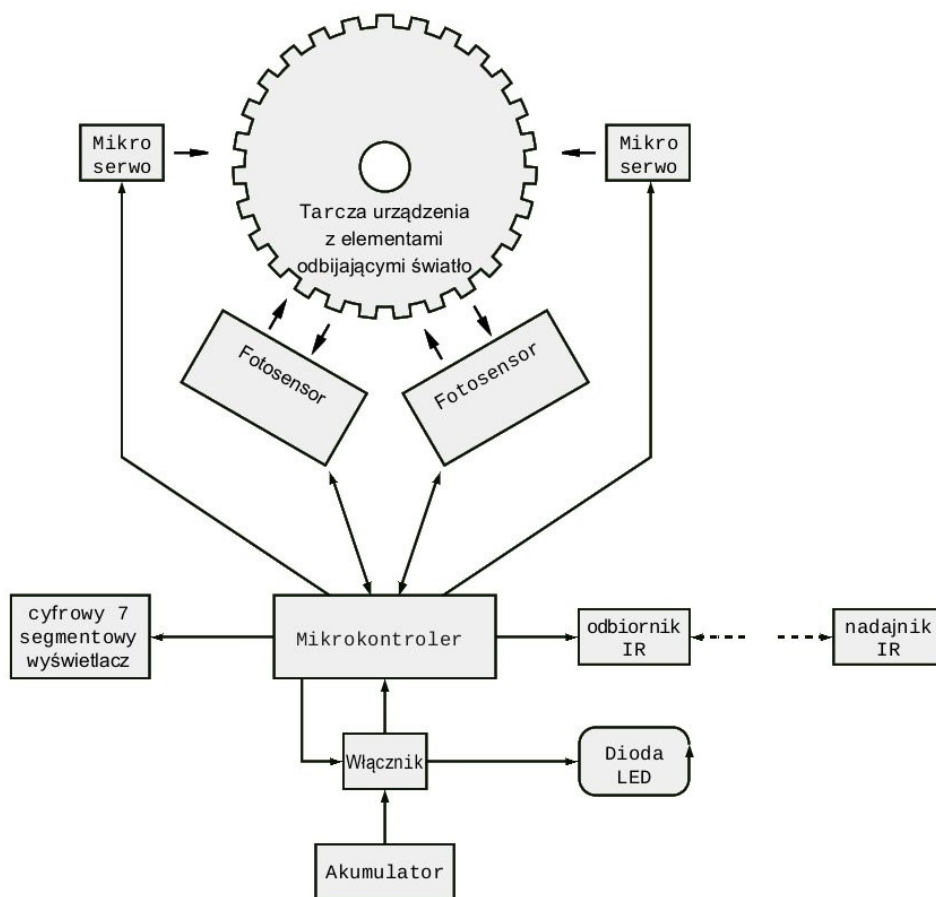
1. Osiągnięte zostanie określone wcześniej maksymalne wysunięcie linki.

Zostaje ono zapamiętane poprzez wywołany ręcznie, z wykorzystaniem nadajnika podczerwieni IR, sygnał który dociera do odbiornika podczerwieni IR i mikrokontrolera, gdzie jest zapamiętany.

2. Prędkość wysuwu linki przekroczy ustaloną wartość, wpisaną do pamięci mikrokontrolera.

Prędkość ta jest mierzona z wykorzystaniem fotosensorów oraz elementów odbijających światło na tarczy bębna.

3. Wystąpi zanik zasilania, niezależnie od jego przyczyny obejmując także wyłączenie urządzenia za pomocą przycisku.



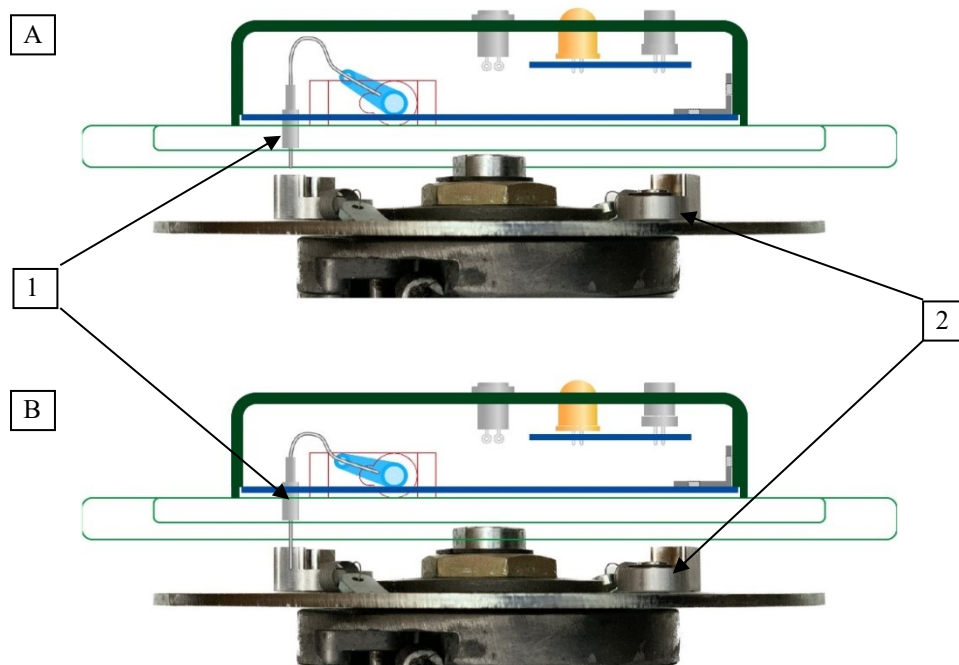
Rys. 7. Uproszczony schemat blokowy elektronicznego systemu sterowania urządzeniem samohamownym.

Główne elementy systemu to serwomechanizmy z wysuwanymi trzpieniami oraz fotosensory i odbiornik podczerwieni IR z programowalnym mikrokontrolerem. Steruje on serwomechanizmami na podstawie sygnałów otrzymywanych z fotosensorów refleksyjnych. Współpracują one z elementami odbijającymi światło umieszczonymi na tarczy bębna (rys.6) urządzenia samohamownego. Dzięki temu jest możliwe dekodowanie zwijania i rozwijania liny z bębna urządzenia. System uzupełniony jest nadajnikiem podczerwieni IR w postaci pilota, który pracownik nosi przy sobie.

Blokowanie z wykorzystaniem systemu elektronicznego (rys. 8) następuje w skutek uruchomienia 2 serwomechanizmów z trzpieniami (1), które aktywują wbudowane, oryginalne zapadki (2) urządzenia samohamownego.

Działanie systemu elektronicznego nie wpływa na podstawowy system blokujący wykorzystujący siłę odśrodkową. Działają one niezależnie i dublują funkcje ochronne. W każdym przypadku blokada dynamiczna dotyczy tylko rozwijania liny, natomiast jej zwijanie jest zawsze możliwe.

Zatwierdzenie dopuszczalnego wysunięcia liny odbywa się za pomocą pilota/nadajnika podczerwieni IR i potwierdzane jest błyskami pomarańczowej diody świecącej LED o wysokiej jasności, umieszczonej na obudowie urządzenia samohamownego. System zasilany jest z akumulatora litowo-jonowego, który zapewnia co najmniej 20 godzin ciągłej pracy.



Rys. 8. Schemat działania blokowania z wykorzystaniem serwomechanizmów. A – Tryb niezablokowany, B – Tryb zablokowany, gdzie: 1 – serwomechanizm z trzpieniem, 2 – zapadka

Prototyp urządzenia do dynamicznego skracania drogi spadania z elektronicznym systemem sterowania blokowaniem linki przedstawiony jest na rys. 9.



Rys. 9. Prototyp urządzenia do dynamicznego skracania drogi spadania z elektronicznym systemem sterowania blokowaniem linki.

Zastosowane sterowanie w żaden sposób nie wpływa na dotychczasową funkcjonalność urządzenia samohamownego co jest bardzo ważne w aspekcie bezpieczeństwa. W przypadku braku zasilania zapadki zostaną zablokowane automatycznie, a w razie całkowitej awarii części elektronicznej jego część mechaniczna będzie pracowała bez zakłóceń, więc urządzenie będzie nadal sprawne i bezpieczne.

Bibliografia

- [1] Dąbrowski A.: Wyposażenie i techniczne środki ochronne do prac na wysokości Bezpieczeństwa Pracy 11/2006 Warszawa
- [2] 10.1 in CEN/TC 162/WI 439 of July 2019.
- [3] <https://www.kan.de/pl/publikationen/kanbrief/przyszlosc-normalizacji/inteligentne-srodki-i-systemy-srodkow-ochrony-indywidualnej>
- [4] Dąbrowska A., Bartkowiak G., Greszta A.: Systemy sygnalizacji zagrożeń do zastosowania w inteligentnej odzieży ochronnej dla strażaków Materiały informacyjne CIOP-PIB Warszawa 2019
- [5] https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?nfpb=true&pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=19380&html_tresc_id=19538&html_klucz=19558&html_klucz_spis=, data dostępu: 21. 10.2022 r.
- [6] Dąbrowski A.: Prace na wysokości – najczęstsze przyczyny wypadków Bezpieczeństwo Pracy 1/2004 Warszawa
- [7] <https://sklep.hanplast.energy/przewody-i-akcesoria/181-osobiste-urządzenie-samohamowne-3m-dbi-sala-194m>, data dostępu: 21.10.2022
- [8] <https://www.rfidpolska.pl/technologie-rfid-co-to-jest>, data dostępu: 21.10.2022
- [9] PN-EN 360:2005 Środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkiem z wysokości -- Urządzenia samohamowne.
- [10] https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?nfpb=true&pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=19380&html_tresc_id=19538&html_klucz=19558&html_klucz_spis=, data dostępu: 21. 10.2022 r.
- [11] Baszczyński K.: „The Influence of Anchor Devices on the Performance of Retractable Type Fall Arresters Protecting Against Falls From a Height” , International Journal of Occupational Safety and Ergonomics , Volume 12, 2006 - Issue 3
- [12] Baszczyński K.: „Wytyczne dla producentów indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości” Materiały informacyjne CIOP-PIB, Warszawa 2019