

# KONCEPCJA SYSTEMU ZAPALNIKOWEGO DO WYTWARZANIA AEROZOLU WODNEGO METODĄ WYBUCHOWĄ

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono koncepcję specjalistycznego systemu zapalnikowego do wytwarzania aerozolu wodnego metodą wybuchową. Zjawisko to znalazło praktyczne zastosowanie w akcjach gaśniczych prowadzonych przy pomocy śmigłowców przeciwpożarowych. Przedstawiono wymagania, budowę oraz obsługę nowo opracowanego systemu zapalnikowego.

## 1. Wstęp

Koncepcja zapalnika powstała w oparciu o założenia wypracowane w wyniku badań parametrów fali uderzeniowej powstającej przy wytwarzaniu aerozolu wodnego metodą wybuchową. Pozytywne wyniki badań stanowiły podstawę do praktycznego zastosowania tego zjawiska w akcjach gaśniczych prowadzonych przy pomocy śmigłowców przeciwpożarowych. W celu optymalnego wykorzystania efektu gaśniczego niezbędnym jest wytworzenie aerozolu wodnego na określonej wysokości nad źródłem ognia. Wymaganą wysokość można określić kilkoma sposobami: przez bezpośredni pomiar bieżącej wysokości lub przez pomiar pośredni, polegający na odniesieniu się do znanej wysokości lotu śmigłowca gaśniczego i określeniu czasu spadania worka z wodą z tej wysokości do wysokości pożądanej. Sposób bezpośredniego określania wysokości jest znacznie bardziej skomplikowany i znacznie trudniejszy do praktycznego zastosowania w tym konkretnym przypadku. Ponadto zespół konstruktorski posiada znacznie większe doświadczenie w projektowaniu zapalników czasowych niż zbliżeniowych. A to daje gwarancję wykonania zadania szybciej i przy niższych nakładach finansowych.

## 2. Założenia konstrukcyjne

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| – Źródło danych podstawowych                     | komputer pokładowy;           |
| – Element programujący zapalniki                 | programator zapalników;       |
| – Komunikacja między komputerem i programatorem  | złącze R S;                   |
| – Komunikacja między programatorem i zapalnikiem | złącze R S;                   |
| – Aktywacja zapalnika                            | mechaniczna za pomocą cięgna; |
| – Zakres temperatur pracy                        | 0÷+65oC;                      |
| – Zakres czasów opóźnienia                       | 3÷10s;                        |
| – Krok nastawy czasów opóźnienia                 | 1ms;                          |
| – Dokładność czasów opóźnienia                   | ± 5ms;                        |
| – Programowanie zapalników                       | automatyczne, co 10ms;        |
| – Zasilanie                                      | zewnętrzne z programatora;    |
| – Energia dostarczana przez układ zapłonu        | 0,8 ÷ 3mWs/Ω.                 |
- Ponadto od zapalnika wymagane jest:

- Hermetyczność zapalnika;
- Łatwość umieszczenia w materiale wybuchowym;
- Pobudzanie dwu różnych ładunków wybuchowych : zasadniczego i pomocniczego, przy czym ładunek pomocniczy nie może detonować przed ładunkiem zasadniczym;
- Samoczynne wyłączenie się zapalnika , jeżeli komenda do startu nie przyjdzie w czasie krótszym niż 30s od zaprogramowania;
- Po wyłączeniu zapalnika układ zapłonowy musi się dezaktywować (rozładować kondensatory obwodu zapłonowego);

### 3. Koncepcja systemu zapalnikowego

Koncepcja powstała na podstawie doświadczeń nabytych podczas prac nad zapalnikami czasowymi o podobnym działaniu, przeznaczonych do zastosowania w amunicji artyleryjskiej i raketowej, znajdującej się na wyposażeniu Wojska Polskiego.

Koncepcję zapalnika oparto o elektroniczny układ czasowy, ponieważ układy mechaniczne czy pirotechniczne nie pozwalają na otrzymanie założonej dokładności i rozdzielczości odmierzanego czasu. Ponadto system wypracowania decyzji o czasie zadziałania, oparty o komputer pokładowy preferuje układy elektroniczne.

Zgodnie z założeniami konstrukcyjnymi, wypracowanie decyzji o czasie opóźnienia zadziałania zapalnika następuje w komputerze pokładowym, skąd transmitowana jest poprzez złącze RS do programatora. Złącze to charakteryzuje się niską odpornością na zakłócenia, dlatego też można nim przysyłać komendy na niewielkie odległości, najlepiej wewnątrz pomieszczenia. Przesyłanie komend do zapalnika znajdującego się na zewnątrz nośnika, w strefie silnych zakłóceń powinno odbywać się po innym łączu, szybszym i odporniejszym na zakłócenia. Problem ten można rozwiązać przez wprowadzenie urządzenia pośredniczącego – programatora – będącego dodatkowym, stałym elementem wyposażenia systemu.

Zadaniem programatora będzie cykliczne odbieranie z komputera pokładowego bieżącej informacji o czasie opóźnienia zapalnika, zamiana protokołu transmisji i przesłanie tej informacji w postaci komendy do zapalnika, a także odbieranie informacji o stanie zapalnika i przesyłanie ich do komputera pokładowego. Jednocześnie w programatorze następowałoby przetwarzanie napięcia z sieci pokładowej (24V) do poziomu, wymaganego przez układy elektroniczne w samym programatorze i w zapalniku. Komunikacja programatora z zapalnikiem prowadzona będzie za pośrednictwem złącza standard 485 (422).

#### 3.1 Programator

Programator będzie umieszczony w skrzynce o wymiarach nie przekraczających 200x100x50mm, wyposażonej w złącza do kabli łączących programator z komputerem pokładowym, pokładową siecią zasilania i zapalnikiem oraz w elementy sygnalizacyjne. Skrzynka powinna być bryzgo- i pyłoszczelna. Wewnątrz skrzynki zamontowany zostanie pakiet (pakiety) układu elektronicznego.

Podstawowym elementem zespołu programatora będzie mikrokontroler jednocukładowy ze specjalnym oprogramowaniem. Zadaniem jego będzie transformacja przychodzącej przez złącze R S informacji o wymaganym czasie opóźnienia na odpowiednie komendy dla zapalnika. Aby dostosować poziom i strukturę sygnałów otrzymywanych z komputera pokładowego i wysyłanych do zapalnika zastosowane zostaną odpowiednie bufory.

Zespół stabilizatorów będzie miał za zadanie przekształcenie napięcia z sieci pokładowej do wartości niezbędnych dla prawidłowej pracy układów elektronicznych programatora i zapalnika.

### 3.2 Zapalnik

Zapalnik powinien być zmontowany w hermetycznym korpusie z tworzywa sztucznego, o konstrukcji pozwalającej na trwałe i pewne połączenie z pobudzonym urządzeniem oraz posiadającym złącze, pozwalające na pewne połączenie z kablem programatora. Jednocześnie złącze to powinno być łatwo rozłączalne, aby mogło rozłączyć się podczas zrzutu.

Zastosowanie tworzywa sztucznego pozwoli na zapewnienie zapalnikowi odporności na korozję a jednocześnie zminimalizuje niebezpieczeństwo rażenia odłamkami śmigłowca.

Zapalnik zbudowany jest z czterech podstawowych zespołów:

- kadłuba;
- moduł czasowego;
- układu sterowania;
- układu pobudzania;
- układu zasilania;
- zespołu zabezpieczająco-uzbrajającego;
- zespołu pirotechnicznego.

Kadłub stanowi podstawowy element konstrukcyjny zapalnika, pozwalający na połączenie w jedną całość wszystkich pozostałych elementów. Wykonany jest z tworzywa sztucznego. Kadłub zapewnia prawidłowe ułożenie zespołów zapalnika.

Układ czasowy, zbudowany jest w oparciu o zaprogramowany mikrokontroler. Zadaniem jego będzie:

- odbieranie komend z programatora;
- na podstawie otrzymanych komend ustawianie licznika czasu opóźnienia zadziałania;
- stałe monitorowanie stanu zapalnika ;
- po otrzymaniu sygnału startu odliczanie zadanego czasu opóźnienia zadziałania;
- po odmierzeniu zadanego czasu uruchomienie układu pobudzania spłonki.

Układ sterowania stanowi zespół kluczy półprzewodnikowych, realizujący funkcje załączania i wyłączania układów. Do jego zadań należy:

- przekształcanie sygnału do startu, z mechanicznego (ciągną) na elektryczny;
- blokowanie linii sygnałowej (programowania) po otrzymaniu sygnału do startu;
- na sygnał z kontrolera - podawanie napięcia pobudzającego na spłonkę.

Układ pobudzania stanowi zespół kondensatorów, gromadzących w czasie stanu gotowości zapalnika energię elektryczną niezbędną do pobudzenia spłonki i oddających ją do obwodu pobudzania po załączeniu odpowiedniego klucza w układzie sterowania. Zespół kondensatorów charakteryzuje się niską upływnością, aby zgromadzona energia nie uległa rozładowaniu w trakcie odmierzania zadanego czasu.

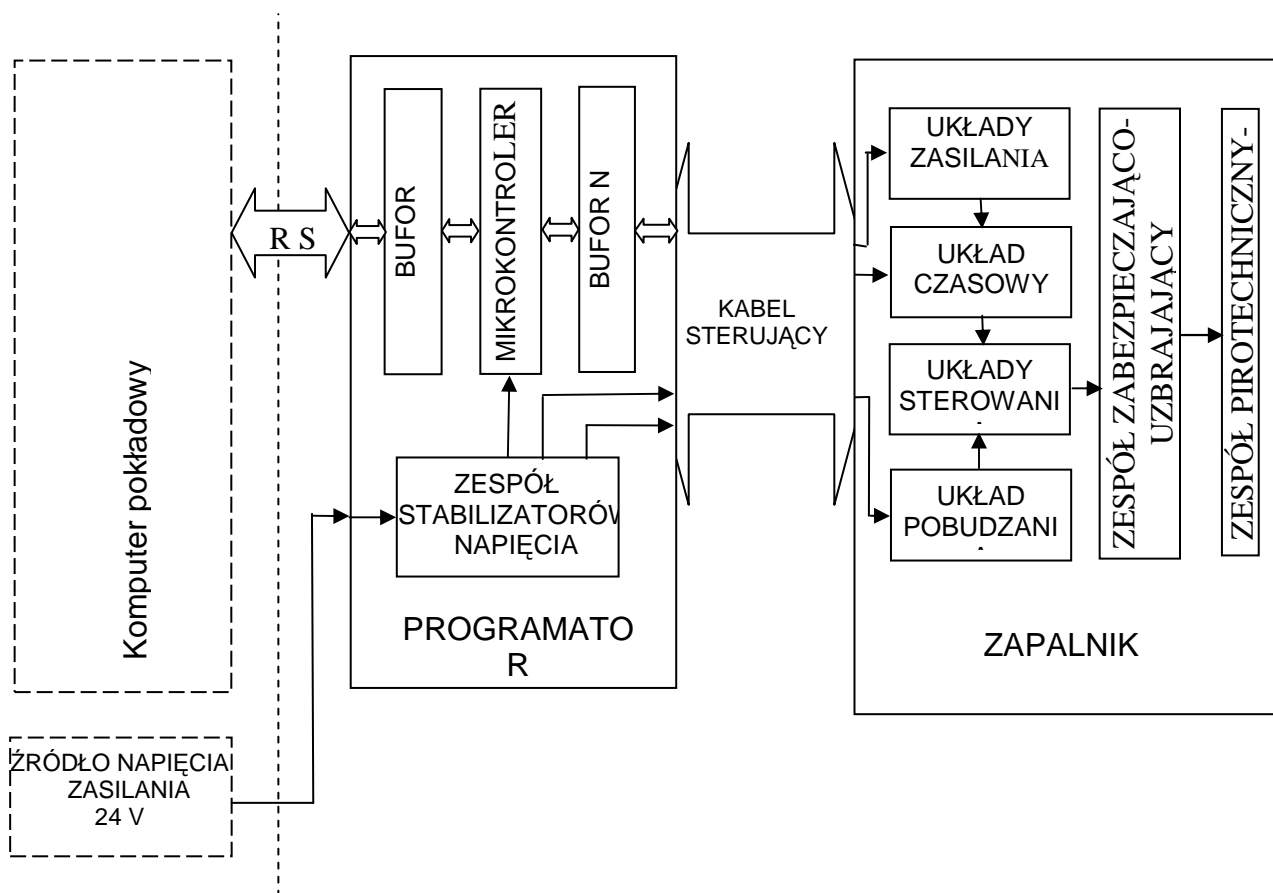
Układ zasilania stanowi zespół kondensatorów, gromadzących energię elektryczną niezbędną do pewnego zasilania całości układów zapalnika. Energia gromadzona będzie w czasie jego stanu gotowości. Kondensatory te występują zamiast drogich, zawodnych i mających stosunkowo krótki czas przydatności do użycia baterii czy akumulatorów. Mały pobór prądu przez nowoczesne układy elektroniczne pozwala na takie rozwiązanie, przy stosunkowo niewielkich – w porównaniu z bateriami – gabarytach.

Zespół zabezpieczająco – uzbrajający stanowi zespół elementów, których zadaniem jest zapewnienie maksymalnego z możliwych poziomu bezpieczeństwa w czasie eksploatacji zapalnika. Jego zadania to:

- przerwanie łańcucha ogniowego;
- zwieranie przewodów zasilania spłonek w każdym stanie oprócz stanu uzbrojenia;
- przerwanie obwodu elektrycznego służącego do pobudzenia spłonek;

- usunięcie przerwy w łańcuchu ogniowym, rozwarcie spłonek i zamknięcie obwodu pobudzenia po uzbrojeniu zapalnika.

Zespół pirotechniczny stanowią spłonki pobudzone elektrycznie oraz wzmacniacze pirotechniczne, pozwalające na pobudzenie ładunku kruszącego.



**Źródło: opracowanie własne.**

**Sch. Schemat funkcjonalny systemu zapalnikowego**

### 3.3 Opis działania podzespołów

Działanie programatora oparte jest o mikroprocesor jednoukładowy z odpowiednim oprogramowaniem. Podstawowym zadaniem programatora jest przetwarzanie informacji przychodzącej z komputera pokładowego na język zrozumiały przez zapalnik i odwrotnie - przychodzących z zapalnika na język zrozumiały przez komputer pokładowy. Programator umożliwia też programowanie zapalników w systemie awaryjnym, w przypadku uszkodzenia komputera pokładowego. Ponadto w programatorze umieszczone zostały układy zasilania zapalnika, to jest:

- źródło zasilania podzespołów elektronicznych zapalnika;
- źródło ładowania kondensatorów obwodów zapłonowych zapalnika.

Zapalnik stanowi jednolity zespół pozwalający na przewodowe, łatwo rozłączane połączenie z programatorem. W stanie pasywnym, podczas magazynowania, obsługi, transportu i przygotowania do użycia, posiada zabezpieczenie transportowe zdejmowane podczas przygotowywania zapalnika do działania. Tym samym podczas całego procesu przygotowawczego zapalnik będzie w stanie nie aktywnym (stan transportowy).

Przygotowanie zapalnika do działania polega na:

- dołączeniu kabla łączącego z programatorem;

- zdjęciu zabezpieczenia zewnętrznego.

Po wykonaniu tych czynności zapalnik będzie przygotowany do pracy, jednak nie będzie jeszcze uzbrojony (stan wyłączony).

Proces przechodzenia w stan aktywny (włączony) rozpocznie się w momencie włączenia zasilania programatora. Wówczas do zapalnika podane zostanie napięcie zasilania układów elektronicznych. Jednak w dalszym ciągu nie zostaną naładowane kondensatory układu pobudzania, a tym samym nie powstanie zagrożenie niekontrolowanego zadziałania. W tym stanie zapalnik będzie oczekiwał na komendę programującą. Stan taki może trwać dowolnie długo.

Gotowość do pracy zapalnik osiągnie po otrzymaniu pierwszej, jednoznacznie odebranej komendy programującej. Wówczas nastąpi włączenie obwodu ładowania kondensatorów układu pobudzania oraz ustawienie zapalnika na czas opóźnienia zgodny z otrzymana komendą. Ustawienia te będą zapamiętane do czasu otrzymania z programatora następnej komendy. Jeżeli zapalnik nie otrzyma następnej komendy przez okres dłuższy niż 30s, uzna poprzednią komendę za zakłócenie i rozłączy obwód ładowania kondensatorów układu pobudzania a dołączy obwód awaryjnego rozładowania tych kondensatorów. Po ich rozładowaniu przejdzie do stanu aktywnego oczekiwania na komendę ( stan włączony).

Ciągłe (cykliczne) otrzymywanie komend powodować będzie bieżącą aktualizację nastaw czasowych (czasu opóźnienia) i oczekiwanie na sygnał startu. Stan taki może trwać dowolnie długo (stan gotowości).

Ponieważ założono granice czasu opóźnienia 3÷10s, układ czasowy zapalnika wszelkie komendy nakazujące ustawienie czasu krótszego niż 3s lub dłuższego niż 10s zapalnik traktować będzie jako błędne i przejdzie do stanu nieaktywnego (zakłócenie i rozłączy obwód ładowania kondensatorów układu pobudzania a dołączy obwód awaryjnego rozładowania tych kondensatorów).

Odmierzanie czasu rozpocznie się w momencie otrzymania przez układ czasowy zapalnika sygnału startu. Sygnał taki wygenerowany zostanie w momencie zrzutu ładunku, poprzez wyciągnięcie ciężna. Układ elektroniczny przetworzy ten mechaniczny sygnał na sygnał elektryczny i zapoczątkuje odmierzenie czasu przez układ czasowy. Jednocześnie nastąpi przerwanie obwodów elektrycznych łączących zapalnik z programatorem. Tym samym w pamięci układu czasowego pozostanie nastawa czasowa zgodna z ostatnią odebraną komendą i ta nastawa będzie realizowana.

Jednocześnie oddziaływanie mechaniczne ciężna spowoduje zdjęcie zabezpieczenia mechanicznego przerywającego łańcuch ogniowy. Spowoduje też rozwarcie spłonki i dołączenie jej do elektrycznego obwodu pobudzania. Zapalnik zostanie uaktywniony i będzie oczekiwał na impuls pobudzający spłonkę.

Pobudzenie spłonki nastąpi po odmierzeniu przez układ czasowy zaprogramowanego czasu opóźnienia. Zakończenie odmierzenia zaprogramowanego czasu spowoduje generację impulsu, który otworzy klucz elektroniczny, łączący obwód pobudzania ze spłonką. Energia elektryczna zgromadzona w kondensatorach układu pobudzania rozładuje się przez spłonkę, powodując jej zadziałanie. Działająca spłonka pobudzi (poprzez wzmacniacz pirotechniczny) ładunek rozcalający.

#### **4. Bezpieczeństwo obsługi**

W celu uczynienia zapalnika w maksymalnym stopniu bezpiecznym dla obsługi, w założeniach i samej konstrukcji zrealizowano cały szereg przedsięwzięć. Pierwszym z nich jest pozbawienie zapalnika zasilania w okresie przechowywania, transportu i obsługi. Brak wewnętrznego źródła zasilania eliminuje zadziałanie w wyniku uszkodzenia obwodów elektrycznych. Dotyczy to zarówno zasilania samych podzespołów jak i obwodu pobudzania.

Zwieranie spłonki i odłączenie jej od obwodu pobudzania aż do czasu zrzutu ładunku ogranicza możliwość zadziałania pod wpływem pól elektromagnetycznych. Podobną rolę spełnia zastosowanie klucza półprzewodnikowego włączanego tylko na czas trwania impulsu z układu czasowego.

Dodatkowe zabezpieczenie zewnętrzne (transportowe) eliminuje możliwość przypadkowego zdjęcia zabezpieczenia mechanicznego.

Zastosowany zespół zabezpieczeń sprowadza niemal do zera prawdopodobieństwo przypadkowego zadziałania i gwarantuje wysoki stopień bezpieczeństwa podczas eksploatacji zapalnika.

#### **4. Podsumowanie**

Aktualnie trwają badania laboratoryjne i poligonowe partii modelowej zapalników i programatora wykonanych przez BZE Belma. Pozytywne wyniki badań pozwolą na weryfikację założeń konstrukcyjnych i umożliwią wykonanie dokumentacji na prototyp systemu. Do końca roku przewidziane jest wykonanie dokumentacji technicznej na system zapalnikowy i wykonanie pięćdziesięciu prototypów zapalników.

### **CONCEPTION OF THE FUZING SYSTEM FOR THE PROCESS OF WATER-SPRAY'S EXPLOSIVE FORMATION**

In this paper, we present structure fuzing system in the process of explosive formation of water-spray. A constructional documentation was performed, on the basis of which models fuzing system. The model set together was subjected to comprehensive laboratory tests in order to check both the concept and the possibility of practical application.