

Dr. Molnár László*

Gyors működésű gyutacs-detonátor felépítésének modellezése

A JELENLEG HASZNÁLTOS INICIÁLÁSI ELJÁRÁSOK FŐBB FIZIKAI JELLEMZŐI

A harcanyagok hatásának és hatékonyságának [1] növeléseire irányuló törekvések egyik feladata az iniciálendő valamely szerelt $rg_{(ff)(hg)}$ robbanóanyagból álló (ft_{hg}) főtöltet maximális – egyensúlyi és stacionárius – $D_{(ff)(hg),max}$ detonációsebességének eléréséhez szükséges (valamely iniciáló szerkezettel megvalósítható) Δt_{in} időtartam hosszúságának és hibájának csökkentése. Az alkalmas eljárás megismerhető, Δt_{in} alábbi függvénykapcsolatának tartalmi kifejtésével.

$$\Delta t_{in} (\equiv \Delta t_{D\{(ff)(hg)\},max}) \pm \Delta(\Delta t_{in}) = [t_{in} (\equiv t_{D\{(ff)(hg)\},max}) - t_{in[0]} - t_{(00)}] \pm \Delta(\Delta t_{in}) \quad (1)$$

Ahol, ΔX : a továbbiakban, valamely X szakasz hosszúságát jelöli. Az indexek közül az (ff) és a (hg) a főtöltetet és a harcanyagot, $D_{(ff)(hg),max}$ a fenti detonációsebességet, $[Y]$, a valamely index – itt, Y indexét jelöli. Továbbá, az (1) összefüggés, az alábbiak szerinti,

t_{in} : időpont, amelynél a főtöltet iniciálása során, annak detonációsebessége a felfutás során eléri a $D_{(ff)(hg),max}$ értéket,

$t_{in[0]}$: a robbanóanyag iniciálásának kezdeti időpontja, amelynél megkezdődik az iniciáló robbanóanyag $\Delta V_{kr[ég]}$ kritikus térfogatú égési reakciótartományában lévő $m_{kr[ég]}$ tömegű robbanóanyag gyullasztása, az ide érkező valamely fizikai/kémiai E_{akt} aktiváló energia hatására.

$t_{(00)}$: a reteszkapcsoló kioldásának kezdeti időpontja. Ebben az időpontban kezdődik meg az aktiválási energia áramlása az iniciáló robbanóanyag irányába. A kioldás, valamely külső fizikai hatás következménye.

Az iniciáló szerkezetek mindegyikére érvényes az alábbi összefüggés, amely szerint Δt_{in} a következő részidőtartamok összessége:

$$\Delta t_{in} = [\Delta t_{in[0](00)} \equiv (t_{in[0]} - t_{(00)})] + [\Delta t_{kr[ég]} \equiv (t_{ég} - t_{in[0]})] + [\Delta t_{kr[det]} \equiv (t_{in} - t_{ég})] \quad (2)$$

Ahol, $kr[ég]$, $kr[det]$ indexek: a valamely kritikus égési / detonációs reakciótartományt [2] jelölik; és $t_{ég}$ időpontban fejeződik be a robbanóanyag égése, valamint kezdődik el detonációja a reakciótartományokban.

Az alábbiakban szükséges a (2) összefüggés tagjainak tartalmi elemzése és az eredmények felhasználásával annak megállapítása, hogy ezektől Δt_{in} csökkenthetősége hogyan és milyen mértékben függ. Vagyis,

$\Delta t_{in[0](00)}$: időtartam. Tagjai, a (kapcsoló) bekapcsolásának Δt_{kapcs} időtartama és az aktiválási energia áramlásának $\Delta t_{vez[E(akt)]}$ időtartama, a reteszkapcsoló kimenete és a gyutacs primer robbanóanyagának valamely bemeneti helye közötti szakaszon. Vagyis,

$$\Delta t_{in[0](00)} = \Delta t_{kapcs} + \Delta t_{vez[E(akt)]} \approx \Delta t_{kapcs} \quad (3)$$

$t_{(00)}$ időpontban, a kapcsoló kimenetén az energiának szélsőérték maximuma van.

A fentiekre vonatkozó megállapítások a következők:

Δt_{kapcs} mérőszámai; mikroelektronikai áramköröknél – itt villamos (elektronikus, lézer, esetleg mézer, rádiófrekvenciás) kapcsolóknál – $10^{-4} - 10^{-6}$ [s] – [3], amelyek általában elhanyagolhatóan kicsinyek, vagy állandó paraméterként kezelhetők, mivel a jel terjedési sebessége fénysebesség, illetve az ezt közelítő valamely sebesség. Teljesítmény áramköröknél

ÖSSZEFOGLALÁS: A jelen publikációban a szerző bemutatta a maximum néhány száz 10^{-7} [s] működési időtartamú gyutacs és detonátor funkciókat együttesen ellátó iniciáló szerkezetek egyikére kidolgozott elméleti modelljét. A vázolt működési jellemzők szerint a modell – további K+F tevékenységet követően – alkalmas lehet az aktív rakétavédelmi rendszer részeként szuper- és hiperszonikus sebességű támadóeszközök leküzdését végző, max. 5 M szuperszonikus sebességgel repülő elfogó repesz harcírészek főtölteteinek nagy pontosságú iniciálását végző – valamely – szerelési egység kidolgozására, továbbá az ugyanezen rendeltetésű kinetikus-harcírészek aerodinamikai és/vagy sugárkormányait működtethető robbanótölteteinek indítására [18, 19].

KULCSSZAVAK: Detonáció, detonátor, gyutacs, iniciálás, irreverzibilis folyamatok, robbanóanyag-aktiválási energia, Hariton-elv.

ABSTRACT: In this publication, the author presented his own theoretical model of a particular initial device – the cap-detonator – that handles both the maximum about 10^{-7} [s] operating duration cap and detonator functionalities. According to the outlined specification, after further R&D, this model could be used for developing a high-precision initiation device for an active missile defense system's max. 5 M supersonic speed missile warhead that is designed to intercept super- and hypersonic speed offensive weapons. Moreover, this model can also be used to initiate the blast charges of such kinetic devices' aerodynamic and/or stability-guidance jets [18, 19].

KEY WORDS: detonation, detonator, cap, initiation, irreversible processes, activation energy of high explosives, Hariton-principle.

* Hadtudomány (haditechnika) kandidátusa, Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) Hadtudományi Doktori Iskola (National University of Public Service Doctoral School). ORCID:0000-0002-3411-831X

a berendezések méret-, tömegadatai nagyságrendekkel meghaladják az előzőekét. Az előbbiek segédáramkörként alkalmazhatók, az utóbbiak nem. Mechanikus (csapódó – pillanathatású) gyújtó-konstrukciónál, a jelsebesség mintegy $1000 \text{ [ms}^{-1}\text{]}$ amely tovább növelhető és a jel továbbításának úthossza, néhányszor $10^{-4} - 10^{-3} \text{ [m]}$, amely (tovább) csökkenthető, vagyis a fenti mérőszámok tartománya $10^{-4} - 10^{-5} \text{ [s]}$ – [4]. A jelparaméterek további növelése / csökkentése, a konstrukció fejlesztésével lehetséges, ezekben az esetekben mérőszámaik szintén elhanyagolhatók, így Δt_{in} csökkentésére felhasználhatók lehetnek.

$\Delta t_{vez[E[akt]]}$ mérőszámaira a reteszkapcsolónál felsoroltak érvényesek, vagyis önmagukban Δt_{in} csökkentésére nem alkalmasak.

$\Delta t_{kr[ég]}$: Az $m_{kr[ég]}$ tömegű robbanóanyag égésének időtartama. Az időtartam részidőtartamok összege, amelynek tényezői az $u_{kr[ég]}$ égési sebesség $\Delta t_{kr[ég(ff)]}$ felfutási és $\Delta t_{kr[ég,stab]}$ stabil – ugyanakkor nem stacionárius – időszakaszai. A felfutási részidőtartam, a $\Delta V_{kr[ég]}$ térfogatban lévő robbanóanyag és égéstermék együttes hővezetőképességétől függ, mivel a transzportfolyamatok közül legkisebb sebességű a hővezetés.

$$\Delta t_{kr[ég(ff)]} = \frac{E_{akt} \Delta L_{kr[ég]}}{\Lambda_{rg[ft][hg]} q_{kr} T} \quad (4)$$

Ahol, valamennyi paraméter a $\Delta V_{kr[ég]}$ reakciónára vonatkozik és

$\Delta L_{kr[ég]}$: a reakcióna – égési sebességvektor irányú – vastagsági mérete,

Λ : a robbanóanya hővezetési tényezője,

q_{kr} : a reakcióna robbanóanyaggal határos felületének nagysága,

T : hőmérséklet.

A stabil égési időszak a robbanóanyag égési sebességének függvénye, amely változó nyomáson megy végbe, és amelyet legnagyobb pontossággal Beljajev összefüggése [5] jellemez,

$$\Delta t_{kr[ég,stab]} = A + B \int_K^L p^\nu dp, \text{ ahol } K = p_{kr[ég],0 \approx kr[ég,stab]}, L = p_{kr[ég],\max} = p_{kr[det],\min} \quad (5)$$

Itt, $p_{kr[ég],0} / p_{kr[ég,stab]} / p_{kr[ég],\max}$: sorrendben, kezdeti, stabil, maximális égési sebességhez tartozó nyomások,

$p_{kr[det],\min}$: a robbanóanyag minimális detonációsebességéhez tartozó nyomás, amely megegyezik a maximális égési sebességhez tartozó nyomással, vagyis

$$p_{kr[det],\min} \equiv p_{kr[ég],\max} \text{ ezért } u_{kr[ég],\max} \equiv D_{(ft)[hg],stab,\min} \quad (6, 7)$$

A, B, ν : állandók; továbbá,

$$\Delta t_{kr[ég(ff)]} \ll \Delta t_{kr[ég,stab]} \quad (8)$$

A fentiek alapján megállapítható, hogy $\Delta t_{kr[ég]}$ csökkentése lehetséges olyan robbanóanyagok felhasználásával, amelyek kritikus égési térfogatai kicsinyek és égési sebességeik – ezeken belül – ν tényezőik az 1 számértéket maximális mértékben közelítik. Ugyanakkor, a jelenleg ismeretes robbanóanyagok felhasználásával, a csökkentés mértéke várhatóan nem éri el az egy nagyságrendet.

$\Delta t_{kr[det]}$: időtartam, a detonációsebesség gyorsulásának (felfutásának) szakasza. A detonáció, a $\Delta L_{kr[det]}$ vastagságú és $\Delta V_{kr[det]}$ kritikus térfogatú detonációs reakciónában megy végbe, döntően a kondenzált fázisú robbanóanyagban, részben gáz – (plazma-) fázisban. A térfogat energiatranszport irányú szakaszának hosszúsága, szintén $\Delta L_{kr[det]}$. Vagyis,

$$\Delta t_{kr[det]} = \Delta L_{kr[det]} \int_M^N \frac{dt}{D_{rg[hg]}}, \text{ ahol } M = t_{ég}, N = t_{in} \quad (9)$$

A fenti időtartam csökkentése olyan robbanóanyagok alkalmazásával lehetséges, amelyek kritikus reakcióna-mérete kicsi és/vagy detonációsebessége magas. A csökkenés mértékét illetően, az előzőek irányadók.

Összegezve: A (2–9) összefüggések alapján megállapítható, hogy Δt_{in} csökkenthető, pontossága – várhatóan egy nagyságrend alatti mértékben – növelhető. Ez olyan iniciálók szerkezetekkel valósítható meg, amelyeknél az alkalmazásra kerülő robbanóanyagok inhomogenitásainak (sűrűség-elteréseinek) mérőszámai és a kritikus égési és detonációs reakciótartományainak méretei kicsinyek, az égési és detonációsebességei magasak, valamint reteszkapcsoló konstrukciói a csapódó pillanathatású gyújtók ütőszeg-szerkezeteinek megfelelőek.

Egyéb alkalmas eljárások fizikai alapjait, modelljeit a (hozzáférhető) szakirodalom nem tartalmazza.

TÖRTÉNETI ÖSSZEGZÉS

Δt_{in} és hibájának csökkentésére irányuló kutatásokat együttesen alapozta meg L. Osanger, az általa kidolgozott irreverzibilis termodinamikai folyamatok értelmezésére és szabatos leírására vonatkozó fizikai modellel és matematikai módszerrel [6], valamint Ja. B. Zeldovics a detonációs folyamatokra érvényes hidrodinamikai elméletével [7].

Az első jelentős eredményeket, az Amerikai Egyesült Államokban L. W. Alvarez és L. Johnston érték el az általuk kidolgozott iniciálók robbanóanyaggal / robbanóanyagokkal szerelt, EBD (Exploding-Bridgewire Detonator) villamos iniciálók szerkezettel [8], a Szovjetunióban Ju. B. Hariton, az előzőhöz hasonló szerkezettel [9]. A szerkezetek mindegyikénél

Δt_{in} meghatározó résztényezője, a (2) összefüggés szerinti $\Delta t_{kr[ég]}$ és $\Delta t_{kr[det]}$ részidők együttese volt, így ezek működési időtartamainak és pontosságainak szélsőértékei: $(10^{-5} + 2 \cdot 10^{-6}) - (10^{-6} + 2 \cdot 10^{-7})$ [s] voltak.

A szerkezetek gyakorlati felhasználhatóságait az első kísérleti implóziós atombombák vizsgálati eredményei igazolták: Amerikai Egyesült Államok, Fat Man 1945. július 16. [10], Szovjetunió, RDSZ-1 1949. augusztus 29. [11]. A továbbfejlesztett változatok, sorrendben a robbanófóliás és a nagyszélességi detonátorok (Slapper Detonator [12], HVD – High Voltage Detonator [13]), valamint, a közelebről nem ismeretes, ugyanakkor ezekkel szükségszerűen egyenértékű szovjet iniciáló szerkezetek, a működési időtartamok csekély mértékű csökkentését, pontosságaik egy nagyságrenddel való növelését eredményezték.

A fenti iniciáló szerkezeteknél az elektromos energia átmeneti tárolására kidolgozott kondenzátor (-rendszer) továbbításának indítására, az áramkörbe iktatott gyorskapcsoló szolgál. Az energia, vagy a robbanóanyaggal érintkező vezeték szakaszán (huzal, fólia), vagy annak szikraközébe helyezett robbanóanyagban szabadul fel. $t_{in[0]}$ időpontban a kémiai reakciózónában abszorbeált fajlagos energia-mennyiség eléri a robbanóanyag gyullasztásához elégséges mértéket. Az energia hordozója, az égés $t_{in[0]}$ kezdeti időpontjában rendelkezésre álló azon plazmamennyiség, amely $\Delta t_{kr[ég]} = t_{ég} - t_{in[0]}$ időtartam során képződik a vezető anyagának és a robbanóanyag $\Delta L_{kr[ég]}$ kritikus szélességi méretű és $\Delta V_{kr[ég]}$ térfogatú kémiai reakciózónájában lévő – itt kizárólag égési reakciók közegét alkotó – anyag együtteséből. A további hőakkumulációs szakasz hosszúságának és időtartamának végén, az abszorbeált és az égés során felszabaduló fajlagos energiák együttese elégséges a robbanóanyag minimális detonációsebességű kémiai átalakulásának elindításához a kémiai reakciózónában.

A mechanikus iniciáló szerkezetek közül, a csapódó – pillanathatású gyújtóknál meghatározó, a (2) összefüggés szerinti részidők összessége, ezért – konstrukciójuktól függően – Δt_{in} mérőszámai a fentiek lehetnek.

A vázolt működési folyamattól különböző iniciáló szerkezetek leírását a szakirodalom nem tartalmazza.

GYORS MŰKÖDÉSŰ GYUTACS-DETONÁTOR

A továbbiakban, a $(gy-d)$ index jelű paraméterekkel leírható modell – villamos (szikraközös) iniciáló szerkezet, amelynek konstrukciója részben hasonló az előzőekben vázolt villamos szerkezetekéhez. A szerkezet egészének, és döntő többségében szerelési egységeinek, áramköreinek működési jellemzői, eltérőek.

A működés egészét az jellemzi, hogy $\Delta t_{in[(gy-d),0]}$ időpontban megkezdődik az $(ft)_{hg}$ főtöltet iniciálását végző $(gy-d)$ gyutacs-detonátor szikraközébe lévő főtöltet robbanóanyagának $D_{(ft[(gy-d)],max)}$ sebességű és a $\Delta t_{in[(gy-d)]}$ időtartam során állandó detonációja, az égési fázis kihagyásával. Ezt a szerkezet konstrukciója teszi lehetővé, amely szerint a fenti szikraközben $\Delta t_{in[(gy-d),0]}$ időpontban emittált és a $\Delta V_{kr[(gy-d),det]}$ detonációs reakció térfogatban abszorbeált (szikra-) energia elégséges az abban lévő $m_{kr[det]}$ tömegű robbanóanyag fenti detonációsebességű átalakulásának indításához. Ezért a detonáció megvalósításához, nincsen szükség az $m_{kr[(gy-d),ég]}$ tömegű robbanóanyag előzetes égésének időszakaszára. Iniciálás után a detonáció állandó sebességgel halad a fenti töltetben. Vagyis, az iniciálás folyamat hosszúságára, az (1, 2) összefüggésekkel analóg alábbi egyenletek érvényesek,

$$(\Delta t_{in[(gy-d)]} \equiv \Delta t_{D\{(ft[(gy-d)],max)\}} \pm \Delta(\Delta t_{in[(gy-d)]} = [t_{in[(gy-d)]} \equiv t_{D\{(ft[(gy-d)],max)\}} - t_{in[(gy-d),0]} - t_{(0,0[(gy-d)]} \pm \Delta(\Delta t_{in[(gy-d)]})) \quad (10)$$

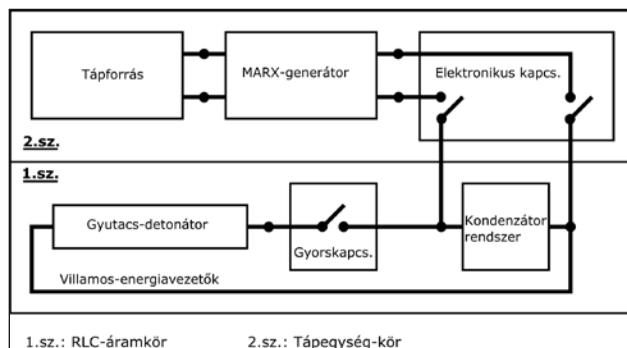
$$\Delta t_{in[(gy-d)]} = [\Delta t_{in[(gy-d),0,(0,0)]} \equiv (t_{in[(gy-d),0]} - t_{(0,0[(gy-d)]})] + [\Delta t_{kr[det,(gy-d)]} \equiv (t_{in[(gy-d)]} - t_{in[(gy-d),0]})] \quad (11)$$

A szerkezet kettő, egymáshoz párhuzamosan kapcsolható részáramkör együttese, ahol az 1. sz. soros felépítésű, $\tau_{(gy-d)}$ időállandójú, nem állandó paraméterű, nem lineáris RLC áramkör, a 2. sz., az ezen áramkör szintén soros felépítésű tápegység köre, amelynek linearitására és paramétereinek állandóságára nincsenek külön követelmények [14].

A szerkezet elektromos blokkvázlatát az 1. ábra szemlélteti konkrét műszaki megoldások nélkül, azzal a kiegészítéssel, hogy az R-, C- áramköri szerelési egységek helyettesítő kapcsolásainak részét képező, itt fel nem tüntetett kiegészítő áramköri elemeket szükséges figyelembe venni a fenti időtartam során. Részletezések, a következők.

RLC áramkör szerelési egységei, a nem lineáris kapcsolású elem(ek)ként működő $(gy-d)$ gyutacs-detonátor, az áramforrásként funkcionáló C kapacitású KR kondenzátor-rendszer, ez utóbbi kisülését indító elektronikus GYKE gyorskapcsoló-egység és a felsoroltakat összekötő VEV villamos-energia-vezető (1. 2. ...n.)-index jelű szakaszok összessége.

Gyutacs-detonátor szerelési egység; ellátja a gyutacs és a detonátor együttes funkcióit. Főtöltete, $rg_{(gy-d)}$ robbanóanyagból készített test, amelynek egyensúlyi és stacionárius detonációsebessége, $D_{(ft[(gy-d)],max)}$. Szükséges, hogy az ezen detonációsebesség elérje a $D_{(ft[(hg)],max)}$ értéket és felfutási út-, időtartam-hosszúsága, minimális legyen. A vázoltak szerinti legelőnyösebb robbanóanyagok a következők lehetnek: flegmatizált oktanitro-kubán/hexanitro-dodekán (CL-20), ahol, $D_{rg[(gy-d)],max}$ 10100, és 9500 $[ms^{-1}]$, [15], továbbá TNT-vel / alumínium púderral flegmatizált, elektromosan jól vezető, vagy nem flegmatizált, préselhető és esetleg iniciáló robbanóanyaggal (elsősorban ólomaziddal) adalékolt brizáns, vagy



1. ábra. Gyors működésű gyutacs-detonátor elektromos blokkvázlata

maximális préselési/öntési sűrűségű brizáns robbanóanyagok – HMX (oktogén), RDX (hexogén) – vagy ezek keverékei. Prés-testeknél a maximális töltetsűrűség elérése céljából, a flegmatizátor mennyisége, a szemcsék maximálisan tömör, egymással érintkező eloszlásának megfelelő hézagterefogatot tölti ki. Öntvényeknél ez a mennyiség, a kezelésszükséglet minimuma szerinti.

Célszerű formája, minimálisan $d_{(ft)(gy-d),hat}$ határátmérőjű [12] és (itt, állandó) $A_{(ft)(gy-d)}$ szelvény-felületű, minimálisan $\Delta L_{(ft)(gy-d)} \equiv \Delta L_{(ft)(gy-d),rg}$ hosszúságú, $\Delta V_{(ft)(gy-d)}$ térfogatú henger, ahol

$$d_{(ft)(gy-d),rg,hat} \approx K_2 (= \text{állandó}) d_{(ft)(gy-d),rg,krit} \quad (12)$$

és $d_{(ft)(gy-d),rg,krit} : (ft)_{(gy-d)}$ főtöltet-robbanóanyag kritikus átmérője.

A hengerben lévő, $\rho_{rg(gy-d)}$ sűrűségű robbanóanyag $m_{rg(gy-d)}$ tömege, az $(ft)_{(gy-d)}$ robbanóanyagának minimálértéke, a harcanyag brizáns robbanóanyagára vonatkoztatva.

Az $(ft)_{(gy-d)}$ folyamatos iniciálását a henger véglapjánál belépő és annak teljes keresztmetszetét kitöltő villamos szikra generálja a $\Delta L_{(gy-d)}$ hosszúsági szakaszon, $\Delta t_{kri(det,(gy-d))}$ időtartam alatt. A maximális szikrakeresztmetszet flegmatizált $rg_{(gy-d)}$ robbanóanyagoknál, a flegmatizátor robbanóanyaghoz viszonyított, magas (felületi) villamos vezetőképességének következménye, amely a $\Delta V_{(ft)(gy-d)}$ térfogat egészében érvényesül. Flegmatizátort nem tartalmazó robbanóanyagoknál ez a présesetek / öntvények kristályos – mikrokristályos szerkezetinek és az ezekkel korrelációban lévő izotróp villamos ellenállásainak következménye. Ebben az esetben a skin-hatás a csekély villamos vezetőképességű kristályfelületek összességén, szintén a $\Delta V_{(ft)(gy-d)}$ térfogat egészében érvényesül. A $\Delta t_{in[(gy-d),0]}$ időtartam alatt itt elnyelődő összes $\Delta E_{szk[\Delta L_{(gy-d)}]}$ szikra-energia fedezi az $m_{rg(gy-d)}$ tömegű robbanóanyag $D_{(ft)(gy-d),max}$ detonációsebességéhez tartozó aktiválási energia mennyiségének és a robbanóanyagból képződő (dv) jelű, $m_{dv[(gy-d)]} \equiv m_{rg[(gy-d)]}$ tömegű detonációs végtermék ionizációs energiaszükségletének összességét. Vagyis,

$$\Delta E_{szk[\Delta L_{(gy-d)}]} = \Delta U_{at[(gy-d),0]} \int_{t_{at0}}^{t_{sz}} \frac{[\Delta U(t)]^2}{Z_{dv[(gy-d)]}(t)} dt \geq m_{rg[(gy-d)]} [e_{akt[rg,(gy-d)]} + e_{ion[(dv),(gy-d)]}] \quad (13)$$

ahol, $\Delta U_{at[(gy-d),0]}$: a $\Delta L_{(gy-d)}$ hosszúságú szikraköz átütéséhez szükséges minimális feszültségkülönbség $t_{in[0]}$ időpontban.

$\Delta U(t)$: a feszültségkülönbség időfüggvénye a $\Delta L_{(gy-d)}$ távolságú véglapok között,

$Z_{dv[(gy-d)]}$: a detonációs végtermék impedancia-idő függvénye,

$e_{akt[rg,(gy-d)]}$: a robbanóanyag fajlagos (tömegegységre) vonatkoztatott aktiválási energiája,

$e_{ion[(dv),(gy-d)]}$: a detonációs végtermék fenti, fajlagos ionizációs energiája.

A szikra-energia hordozója, elektromágneses sugárzás. Ennek spektrális tartományát úgy kell beállítani, hogy az energia abszorpciója a robbanóanyagból képződő detonációs végtermékben minimális, a robbanóanyagban maximális legyen. Ez megvalósítható a detonációs végtermék és a robbanóanyag együttes kémiai összetételeitől függő szikra-hőmérséklet optimalizálásával.

Kondenzátor-rendszer szerelési egység: kondenzátor részegység, amelynek feladata, a gyutacs-detonátor szerelési egység működéséhez szükséges energia átmeneti tárolása, majd továbbítása. A részegység vegyes kapcsolású, a technika jelen színvonalán rendelkezésre álló, nagy kapacitású és feszültségű kondenzátorelemek együttese.

Szükséges és mérnöki tervezési méretezésekkel megvalósítható, hogy működése során a tárolt energia döntő mennyiségének felszabadulása, az $(ft)_{(gy-d)}$ főtöltetben menjen végbe, vagyis a szikraközre vonatkoztatott energia-disszipáció minimális (elhanyagolható) legyen.

Gyorskapcsoló szerelési egység: a villamos energia leadásának indítására szolgál, amely, a fenti szerelési egységek közé van iktatva. Az egység működési időtartama, $\Delta t_{(0,0)[0,0]} = t_{(0,0)} - t_{(0,0)[0,0]}$, amely max 10^{-7} [s].

Itt, $t_{(0,0)[0,0]}$: A gyorskapcsoló működésbe hozatalának időpontja. A szerző ajánlása szerint ennek megvalósítására (leginkább) előnyösek lehetnek azok az elektromos / elektronikus egységek, amelyek a következők szerinti főbb passzív részegységeket tartalmazzák. Az egyik részegység érzékeli a valamely mozgó céltárgyról beérkező minimum távoli infra-, maximum terahullám-hosszúságú jeleket és ezek alapján képes meghatározni a jelforrás saját (leküzdést végző harcanyag) relatív tér-idő koordinátáinak változási jellemzőit, amelyek elégségesek a harcanyag – céltárgy leküzdéséhez szükséges – optimális hely-idő koordinátáinak kiszámításához. Az adatok felhasználásával a gyorskapcsoló működését célszerűen maximum néhány száz 10 [ns] változási sebességű optikai kapcsoló jele aktiválja.

Villamosenergia-vezető szakaszok összessége – szerelési egység: szükséges, hogy a szakaszok bármelyikénél, a szikraközre vonatkoztatott energia-disszipáció elhanyagolható legyen.

Az áramkör egyéb működési feltételei: az iniciálás elérhető minimális $\Delta t_{in[(gy-d),min]}$ időtartama függ az RLC áramkör egészének impedanciájától és ennek változásától, nevezetesen a $(\partial Z_{RLC} / \partial t)_{\Delta t_{in[(gy-d)]}}$ paraméter stabilitásától. Az impedancia minimalizálásához és az utóbbi maximalizálásához szükséges egyrészt, hogy a kondenzátor szerelési egység bármely kondenzátor – fegyverzetének valamennyi $P_{fegyv,i}$ pontja és a gyutacs-detonátor $A_{(ft)(gy-d)}$ határ-szelvény felülete közötti $\Delta L_{(P,A)}$ áramvezetési távolságok, továbbá a $+/ -$ polaritású villamos vezetők összességét $\Delta L_{(+/-)}$ hosszúságai és a villamos vezetési $v_{vill.áram}$ átlagos sebességek közötti kapcsolatok, az alábbiak legyenek,

$$\frac{\Delta L_{(P,A)}}{v_{vill.áram}} \leq \Delta t_{in[(gy-d),min]} \quad (14)$$

$$\Delta L_{(-)} \geq \Delta L_{(+)} \quad (15)$$

Szükséges továbbá az áramkör temperálása, maximum $T \leq 0,15$ (TD) határhőmérsékleten, ahol (TD) a minimális Debye-hőmérséklet, amely az áramvezető valamely elemére vonatkozik a fenti időtartam során. Mindezek eredménye-

ként és következményeként, a szerelési egységek valamennyi elemének működésére a fenti hőmérsékleten, vagy alatta kerül sor, ezért ezek mindegyike kicsiny ellenállású és közelítőleg – különböző mértékben – maximális ellenállás stabilitású, lineáris kapcsolási elemként funkcionál [16]. Vagyis, a szerelési egységek fizikai jellemzőinek bázis- és határértékei nem változnak a fenti időtartam során.

2. sz. tápegység köre: rendeltetése az RLC áramkör kondenzátorainak feltöltése $t_{(0,0)[0,0]}$ időpontig. Fő elemei: a kondenzátor (-rendszer) tápforrása, a hozzá sorosan kapcsolt Marx-generátor és az elektronikus (K) kapcsolók együttese.

A tápforrás – a harcanyag rendeltetésétől függően – pl. generátor, vagy olvadó-elektrolitos elemekből álló telep, amely a lepelbiztonsági, valamint az optimális célmegközelítési (tér- és idő-) koordináták által meghatározott (röp-)pálya szakaszon működtethető.

A transzformátor a tápforrás kimeneti feszültségét transzformálja a kondenzátor-rendszer $U(t_{(0,0)})$ feszültségére. Optimális konstrukciója, a rendelkezésre álló szakirodalmi információk alapján, pl. [3, 17] meghatározható. A kapcsolók a fenti elemek és a kondenzátor-rendszer közötti kapcsolásokat végzik.

A fentiek részletezése, vagy további elemek vizsgálata szükségtelen, mivel az 1. és 2. részáramkörök között kölcsönhatás nincs a Δt_{in} időtartam során. A tápegység-kör temperálása, nem szükséges.

A GYUTACS-DETONÁTOR MŰKÖDHETŐSÉGÉNEK MEGÁLLAPÍTÁSA

A megállapítás módszere számítás, amelynek eszköztárába tartoznak a jelen publikációban bemutatott összefüggések és a hivatkozásoknak megfelelő robbanóanyagokra, a robbanó harcanyagokra és a mikrohullámú áramkörökre vonatkozó mérnöki tervezési eljárások. A számítási eredmények érvényessége fizikai-matematikai diszkussziókkal (is) eldönthető, és ezek alapján a modell érvényességére szabatos megállapítások tehetők.

A számítások, a gyújtó-detontort tartalmazó iniciáló szerkezet 1. részáramkörének tervezési adataira vonatkoznak. A számítási eredmények kizárólag közelítő függvénykifejtéseknek megfelelőek (lehetnek), mivel a bemutatott összefüggések, részben ismeretlen összetett, és többváltozós paraméteres előállítású függvényeket tartalmaznak, amelyek analitikus megoldása nem lehetséges. A közelítések alkalmazott módszere – Fourier-sorfejtés, 4 lépés szerint. A főbb tervezési alapadatok és a számítási eredmények, a következők.

1. táblázat. 1. sz. részáramkör: tervezési alapadatok

Sorsz.	Megnevezés	Mértékegység	Mérszám	Megjegyzés
1.	Gyutacs-detonátor szerelési egység			
1.1.	Kivitelezés és forma			Préstest henger, burkolat nélkül
	$d_{(ft)(gy-d),hat} / \Delta L_{(gy-d)}$	m / m /	$5 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 10^{-2}$	
	$m_{rg[(gy-d)]}$	kg	$0,6 \cdot 10^{-3}$	
	$\Delta E_{szk[\Delta L(gy-d)]}$	J	1700	Számított adat
1.2.	Összetétel:			
	HMX / Al-púder (Al) / térhálós poliuretán (PU)	% / % %	96 / 2 2	PU: Estane 5702F analóg [12]
1.3.	Robb.-technikai jellemzők:			
	$D_{(ft)(gy-d),max}$	ms^{-1}	9000	Számított adat
	ρ_{HMX}	kgm^{-3}	$1,9 \cdot 10^3$	
	D_{HMX}	ms^{-1}	9100	
	$e_{akt[rg,(gy-d)]}$	$kJkg^{-1}$	850	
	$e_{ion[(dv),(gy-d)]}$	$kJkg^{-1}$	850	Számított adat
	e_{HMX}	$kJkg^{-1}$	745	
2.	Kondenzátor-rendszer szerelési egység			
2.1.	Kapacitás	μF	3,5	Hatásfok: 20%
2.2.	$\Delta U(t_{(0,0)})$	kV	50	
2.3.	Fegyverzetek anyaga			Alumínium
3.	Gyorskapcsoló szerelési egység			
3.1.	$\Delta t_{(0,0)[0,0]}$	s		
4.	Áramköri villamos-energiavezető szakaszok összessége – szerelési egység			
4.1.	Áramvezetők anyaga			Vörösréz
5.	A részáramkör Hőmérséklete, max., impedanciája	K ohm	48	(TD) vörösréz minimális, (max. $7,3 \cdot 10^{-3}$)



1. sz. részáramkör, számítási eredmény: $\Delta t_{[n((gy-d),0)]}; (1-10) \cdot 10^{-7}$ [s].

A fentiek alapján a következők állapíthatók meg:

A vázolt részáramkört tartalmazó fenti szerkezet alkalmas lehet az $rg_{(gy-d)}$ robbanóanyag $D_{(ft)[(gy-d)],max}$ sebességű átalakulásának kiváltására, ezzel egyenértékűen az $(ft)_{hg}$ főtöltet $D_{(ft)[hg],max}$ kezdeti sebességű iniciálására, vagyis a gyutacs és a detonátor funkció együttesének megvalósítására, maximum $(1-10) \cdot 10^{-7}$ [s] időtartam alatt.

A gyutacs-detonátor működési pontosságának megállapítása, kizárólag számításokkal nem lehetséges. Ezen adatok, számítások és kísérleti vizsgálatok együttes eredményeinek értékelésével állapíthatók meg.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Hadtudományi Lexikon, Budapest, Magyar Hadtudományi Társaság, 1995.
2. K. K. Andrejev – A. F. Beljajev: A robbanó anyagok elmélete, Budapest, 1965.
3. G. F. Donald, A. McKenzie: Electronics Handbook I-II, McGraw-Hill Book Co., 1981.
4. Dr. Kovács Z.: Tüzérségi gyújtók. Kézirat, Haditechnikai Intézet, Budapest, 1962.
5. Ja. B. Zeldovics: Teorija udarnüh voln i vvedenie v gazodinamiku, Moszkva, Izd. AN SZSZSZR, 1946.
6. L. Osanger: Reciprocal relations of Irreversible Processes, I-II. Physics Reviews, 37, p. 405–426, 38, p. 2265 – 2279, 1931. DOI: 10.1103/physrev.37.405
7. K. P. Sztanjukovics: Nyeusztanovivsieszja dvizsenyija szplosnoj szredü, Moszkva, Nauka, 1971.
8. P. W. Cooper: Exploding Bridgewire Detonators. Explosives Engineering. Wiley-VCH. pp. 353–367. 1996.
9. SZ. SZ. Grigorjan, G. Sz. Sapiro: Djesztvie jadernogo vzrúva, Moszkva, Mir, 1971.
10. B. Gutenberg: Interpretation of Records Obtained from the New Mexico Atomic Test, July 16, 1945. Bulletin of the Seismological Society of America 36: 327–330. 1946.
11. S. J. Zaloga: The Kremlin's Nuclear Sword. Smithsonian Institution Press, Washington-London, pp. 6–11. 2002.
12. P. W. Cooper: Lawrence National Laboratory. Explosives Engineering, New-York: Wiley-VCH, 1996.
13. D. L. Jackson at al.: Development and Qualification Testing of the high Voltage Detonator (HVD), AIAA 96-2874, Proceedings of 32... Propulsion Conference, Orlando FL, July 1996. DOI: 10.2514/6.1996-2874.
14. Dr. Molnár L.: Implóziós robbantás. Kandidátusi értekezés, Budapest, 1992.
15. S. Zitrin: Analysis of Explosives by Infrared Spectrometry. London, 1988.
16. Dr.-Ing. habil. O. Zinke: Widerstende, Kondensatoren, Spulen und ihren Werkstoffe, Berlin, Heidelberg, New York, 1969.
17. Ledvánszky J.: Nemlineáris, mikrohullámú áramkörök tervezésének problémái: teljesítményillesztés, a reflexiós mátrix mérési hibáinak korrekciója. Kandidátusi értekezés, MTA, 1988.
18. Dr. Sztternák Gy.: Az európai rakétavédelem katona-technikai háttere. Hadmérnök, XI. évf. 1. sz. pp. 30-40. 2016. http://www.hadmernok.hu/161_04_szternakgy.pdf [2018.09.26]
19. John A. Tirpak: Mission to Mach 5, Air Force Magazine, vol. 82, no. 1. 1999.

HM ZRÍNYI TÉRKÉPÉSZETI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS SZOLGÁLTATÓ KÖZHASZNÚ NKFT.

Telephely: 1024 Budapest II., Szilágyi Erzsébet fasor 7–9. • 1276 Budapest 22, Pf. 85 • +36 (1) 336-2030 • www.topomap.hu • hm.terkepzeset@topomap.hu



- Topográfiai térképek
- Faksimile térképek
- Atlaszok, város- és autótérképek
- Falitérképek
- Szabadidőtérképek
- Légiforgalmi térképek
- Munkatérképek
- Dombortérképek
- Digitális térképészeti adatbázisok
- Egyéb digitális termékek
- Légifilmtári szolgáltatások

ÜGYFÉLSZOLGÁLAT ÉS TÉRKÉPBOLT:

1024 Budapest II., Filler u. 14.
+36 (1) 212-4540 • ugyfelszolgalat@topomap.hu
Nyitva tartás: hétfő–péntek 9.00–15.00

• PrePress – Nyomdai előkészítés

- szöveg-, grafika- és képfeldolgozás, kiadványszerkesztés
- ellenőrző nyomatok, digitális proofok előállítása
- bel- és kültéri tablók, bannerek nyomtatása
- hagyományos és elektronikus montírozás, színrebotás
- nyomóformák előállítása nyomdai filmről, illetve CTP-technológiával

• Gyorsokszorosítás

- színes és fekete-fehér másolás/nyomtatás 350 x 487 mm méretig

• Press – Nyomtatás

- ofsetnyomtatás négy-, illetve hatszínnyomó gépeken, 89 x 126 cm méretig

• PostPress – Kötészetű feldolgozás

- felületnemesítés fóliázással, laminálással 167 cm szélességig
- hajtogatás, spirálozás, sorszámozás
- összehordás, irkakészítés, ragasztókötés
- kasírozás, táblakészítés, aranyozás
- szortiment könyvkötészet

• Vákuumformázás

- vákuumformázó szerszámok, terepasztalok előállítása CNC-technológiával
- vákuumformázás

NYOMDAI GYÁRTÁSELŐKÉSZÍTÉS: +36 (1) 336-2035