УДК 623.4.05

В.Є. Кудряшов[1], А.Є. Присяжний[1], С.Г. Леушин[1], В.В. Кондрат[2]

[1] *Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків*
[2] *Національна академія Національної гвардії, Харків*

АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ СПОСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ЗУ-23-2 З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ АТО НА СХОДІ УКРАЇНИ

Аналізуються основні недоліки існуючої ЗУ-23-2 при застосуванні для боротьби з наземним супротивником та оборони військових об'єктів в Сухопутних військах, Національній гвардії, Прикордонних військах, Повітряних Силах та Військово-Морських Силах. Показані основні напрямки модернізації існуючої ЗУ-23-2 при її застосуванні по наземним та надводним цілям та основні науково-технічні проблеми, які виникають при модернізації ЗУ-23-2. Розглянута можливість здійснення дистанційного керування зенітною установкою ЗУ-23-2. Проведений порівняльний аналіз можливих засобів технічної реалізації електронної апаратури та виконуючих механізмів системи дистанційного керування ЗУ-23-2.

Ключові слова: *дистанційне керування зенітною установкою ЗУ-23-2, напрямки модернізації існуючої ЗУ-23-2, основні науково-технічні проблеми при модернізації ЗУ-23-2, електромагніт, двигун постійного струму, кроковий двигун, мікроконтролер.*

Вступ

Постановка проблеми. Досвід проведення АТО в південно-східних регіонах України свідчить, що ЗУ-23-2 широко застосовують не тільки для боротьби з повітряними цілями, а також для боротьби з наземним супротивником та оборони військових об'єктів в Сухопутних військах, Національній гвардії, Пограничних військах Повітряних Силах та Військово-Морських Силах. Це обумовлено її високою ефективністю ураження як одиночних, так і групових наземних та надводних цілей: броньованої автомобільної техніки, артилерійських, мінометних і кулеметних позицій, бронекатерів та ін. в умовах безпосереднього зіткнення з ворогом [1; 4].

Метою статті є аналіз недоліків існуючої ЗУ-23-2, які виникають при застосуванні для боротьби з наземним супротивником та оборони військових об'єктів; основні напрямки модернізації існуючої ЗУ-23-2 при її застосуванні по наземним та надводним цілям та основні науково-технічні проблеми, які виникають при модернізації ЗУ-23-2. Розглянута можливість здійснення дистанційного керування зенітною установкою ЗУ-23-2.

Виклад основного матеріалу

Аналіз недоліків ЗУ-23-2 при її застосуванні по наземних та надводних цілях. Застосування ЗУ-23-2 для боротьби з наземним супротивником та оборони військових об'єктів має цілий ряд недоліків, викликаних в першу чергу її дуже високою швидкістю стрільби, необхідною для ураження повітряних цілей (до 1000 пострілів за хвилину з одного ствола та стрільба тільки чергами по 10-20 снарядів одночасно з двох стволів).

Крім того, така висока скорострільність вимагає заміну стволів на запасні приблизно після кожних 100 пострілів, а також призводить до надмірної витрати снарядів, яка непотрібна для ураження навіть рухомих наземних та надводних цілей.

Ще одним недоліком існуючої ЗУ-23-2 є відсутність «пам'яті» азимутів та кутів місця пристріляних цілей як по правому, так і по лівому стволу.

Нарешті, мабуть головним недоліком існуючої ЗУ-23-2 є великі втрати особового складу артилерійської обслуги при застосуванні ЗУ-23-2 по наземним та надводним цілям на лінії фронту та обороні військових об'єктів (установка має обслугу у складі 5 чоловік).

Вищевказане обумовлює необхідність модернізації ЗУ-23-2 при її застосуванні по наземним та надводним цілям.

Основними напрямками такої модернізації слід вважати наступне:

– введення дистанційного керування ЗУ-23-2, що забезпечить скритність її позицій та збереження особового складу артилерійської обслуги;

– введення режимів одиночного та подвійного пострілів, а також стрільби короткими чергами (3-5 пострілів), що значно зменшить витрати снарядів при стрільбі по одиночним цілям, а також зменшить значні руйнування при застосуванні ЗУ-23-2 по цілям в межах населених пунктів та промислових об'єктів. Крім того, введення таких режимів стрільби дозволить збільшити час використання стволів гармати, тобто буде сприяти збереженню блоків із запасними стволами гармати;

– експериментальна перевірка можливості підвищення точності стрільби при дистанційному керуванні ЗУ-23-2 в усіх режимах (в штатній зенітній

© Кудряшов В.Є., Присяжний А.Є., Леушин С.Г., Кондрат В.В., 2017

установці в приціл при стрільбі вводяться наступні вхідні дані: курс, швидкість, дальність, кут пікірування або кабрірування цілі. Але дальність до цілі визначається на око або за допомогою стереодальноміра. Інші вхідні дані визначаються на око);

– оцінка можливості роздільної стрільби двома кулеметами ЗУ-23-2 при їх дистанційному керуванні по азимуту і куту місця в режимах одиночного, подвійного пострілу та короткої черги (штатний спусковий механізм з ножним приводом і його ручним дублером дозволяє вести вогонь тільки з двох кулеметів одночасно);

– розробка засобів технічної реалізації пульта керування, оптико-електронної системи наведення, ліній зв'язку та виконуючих механізмів системи дистанційного керування ЗУ-23-2;

– вибір елементної бази апаратури дистанційного керування та оцінка можливості вітчизняної промисловості щодо виготовлення всіх комплектуючих, а також оцінка можливості заміни частини комплектуючих імпортними компонентами;

– розробка тактики бойового застосування ЗУ-23-2 з дистанційним керуванням в режимах одиночного, подвійного пострілів та короткої черги;

– експериментальне вимірювання тактико-технічних характеристик ЗУ-23-2 при її дистанційному керуванні в режимах одиночного, подвійного пострілів та короткої черги;

– розробка засобів спряження комплектуючих ЗУ-23-2 при переходах від штатного режиму до режиму дистанційного керування та навпаки.

Основними науково-технічними проблемами, які виникають при вищевказаних напрямках, є наступне:

– порівняльний аналіз можливих засобів технічної реалізації електронної апаратури дистанційного керування ЗУ-23-2;

– розробка програмного забезпечення пульта дистанційного керування (ПДК);

– розробка пропозицій щодо виконуючих механізмів ЗУ-23-2 з дистанційним керуванням в режимах одиночного, подвійного пострілів та короткої черги (3…5 пострілів), а також розробка пропозицій щодо дистанційно-керованої роздільної стрільби кулеметами ЗУ-23-2 для всіх 3-х вищевказаних режимів;

– розробка пропозицій щодо підвищення точності стрільби ЗУ-23-2. Відомо [2], що через недостатньо високу точність стрільби ЗУ-23-2 ймовірність ураження цілі зі швидкістю 200 м/с при польоті всієї зони становить лише 0,023;

– оцінка можливості модернізації штатного оптичного прицілу сучасною системою відеоспостереження (для стрільби по повільнорухомим та нерухомим наземним цілям на штатному прицілі змонтований оптичний наземний приціл Т3, що має незалежну від зенітного прицілу лінію візування) [8–9; 12];

– порівняльний аналіз засобів технічної реалізації завадозахищенної лінії передачі даних між пультом дистанційного керування та виконуючими механізмами ЗУ-23-2 (провідний зв'язок або радіолінія з використанням багаточастотних сигналів) [14–15];

– розробка тактики бойового застосування ЗУ-23-2 з дистанційним керуванням в режимах одиночного, подвійного пострілів та короткої черги пострілів.

Кути місця цілі і азимута вводяться при безпосередньому візуванні на ціль.

Відповідно вищевказаному розглянемо дві головні з перерахованих науково-технічних проблем, а саме порівняльний аналіз можливих засобів технічної реалізації електронної апаратури та виконуючих механізмів системи дистанційного керування ЗУ-23-2.

Порівняльний аналіз можливих засобів рішення дистанційного керування ЗУ-23-2. Усі можливі способи дистанційного керування ЗУ-23-2 повинні бути розроблені без суттєвих змін конструкції її кулеметів, в першу чергу спускового механізму. Існуючий спусковий механізм дозволяє вести тільки автоматичний вогонь за допомогою ножного або ручного спуску.

Для відстрілу одного снаряду призначений додатковий важіль, що під тиском ~ 20 кг/с зрушує важіль спуску. В термінології технічного опису [2] його слід називати важіль роздільно спуску (ВРС). Кут повороту $\Delta\Phi$ ВРС, необхідний для виконання стрільби, звичайно становить декілька десятків градусів:

$$\Delta\Phi \approx 30...50^{\circ}. \qquad (1)$$

Для утворення режимів одиночного, подвійного пострілу та режиму короткої черги пострілів цей ВРС може бути ефективним виконуючим механізмом. Його поворот на кут $\Delta\Phi$ може здійснюватися за допомогою електромагніту, двигуна постійного струму або крокового двигуна.

Спрощена структурна схема дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 за допомогою електромагніту показана на рис. 1.

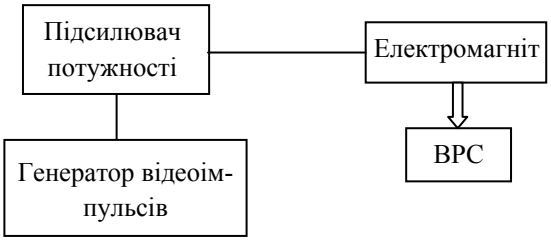

Рис. 1. Спрощена структурна схема дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 за допомогою електромагніту

Перевагою цієї схеми є її простота та низька собівартість. В якості генератора відеоімпульсів можуть бути використані мікросхема 133АГ1

(рис. 2), або схеми генераторів на логічних елементах [5–6]. В схемі рис. 2 коло R1, C1 задає тривалість позитивного відеоімпульсу на виході «6» мікросхеми. Цей відеоімпульс відкриває JGBT транзистор DA1, що працює на обмотку електромагніту L1. Діод D1 є антидемферним. JGBT транзистор DA1 вибраний тому, що дозволяє отримати струм в обмотці L1 в декілька десятків А, що забезпечує достатньо велику потужність та швидкість переміщення рухомої частини електромагніту. При експериментальних дослідженнях підсилювач потужності на транзисторі DA1 забезпечував отримання на обмотці L1 електромагніту імпульсного струму ~ 30 А, що забезпечує споживану потужність 720 ВТ.

Але на практиці була обрана схема генератора відеоімпульсів на КМДН мікросхемі, що приведена на рис. 3. До її складу входять 4 логічних елемента ТА-НІ (одна мікросхема DD1-561ЛА7) та вихідний підсилювач потужності на JGBT транзисторі. Відомо, що мікросхеми КМДН забезпечують більш високу завадостійкість та значно меншу залежність параметрів від нестабільностей напруги живлення [6].

Принцип дії цієї негенеративної схеми пояснюється за допомогою часових діаграм (рис. 4).

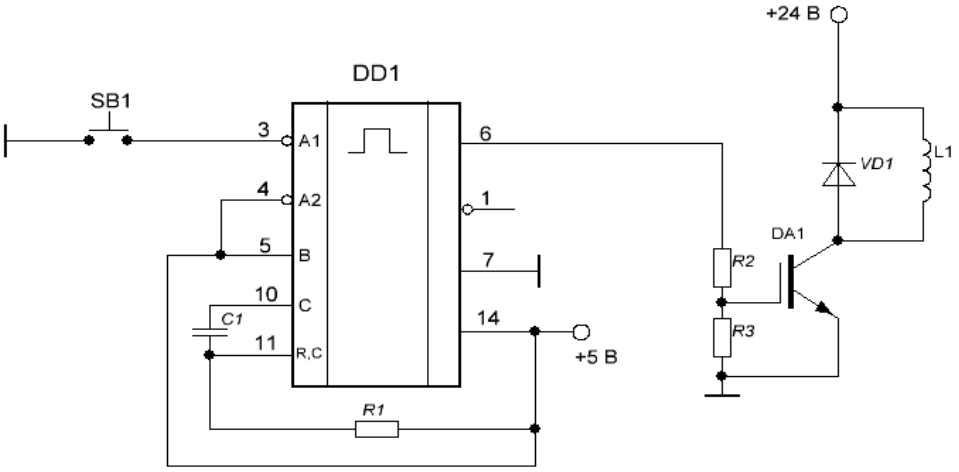

Рис. 2. Схема генератора відеоімпульсів на мікросхемі 133АГ1

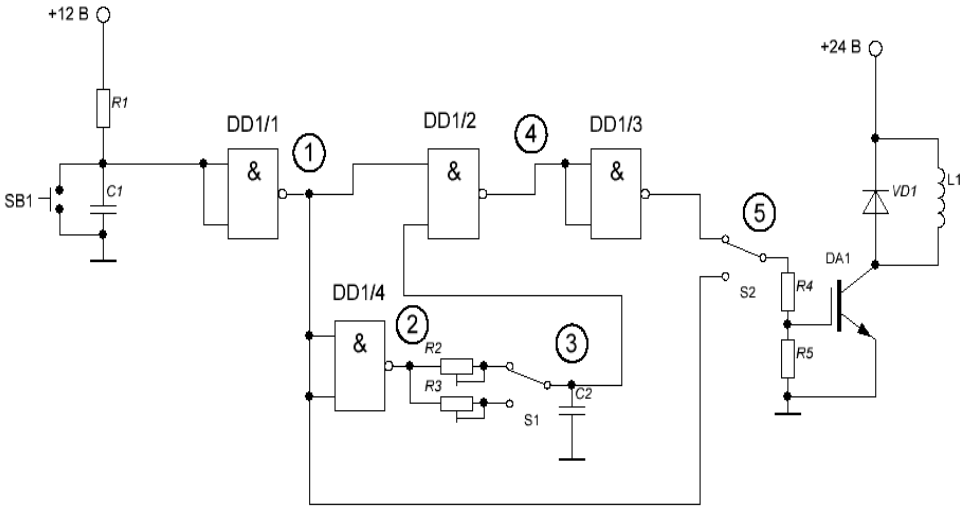

Рис. 3. Схема генератора відеоімпульсів на логічних елементах

Тривалість t_i позитивного імпульсу на затворі DA1 визначається сталими часу C2, R2 або C2, R3.

При використанні кола C2, R2 тривалість t_i повинна забезпечувати лише один постріл ЗУ-23-2, тобто при скорострільності 1000 пострілів за 1 хвилину маємо:

$$t_i = \frac{1\text{хв}}{1000} = 60\ \text{мс}, \qquad (2)$$

тобто стала часу C2, R2 повинна дорівнювати:

$$C_2R_2 \approx \frac{t_i}{3} \approx 20\ \text{мс}. \qquad (3)$$

Для використання 2-х пострілів в схемі рис. 3 треба мати сталу часу відповідно $C_2R_2 \approx 40$ мс, бо зміна кількості пострілів в схемі рис. 3 виконується шляхом зміни тривалості імпульсів генератора відеоімпульсів.

Головним недоліком 1-го варіанту технічної реалізації дистанційного керування ЗУ-23-2 (рис. 1) є велика споживана потужність електромагніту та

його інерційність. що не дозволяє отримати надійну кількість пострілів (особливо одиночного пострілу) при однакових умовах застосування.

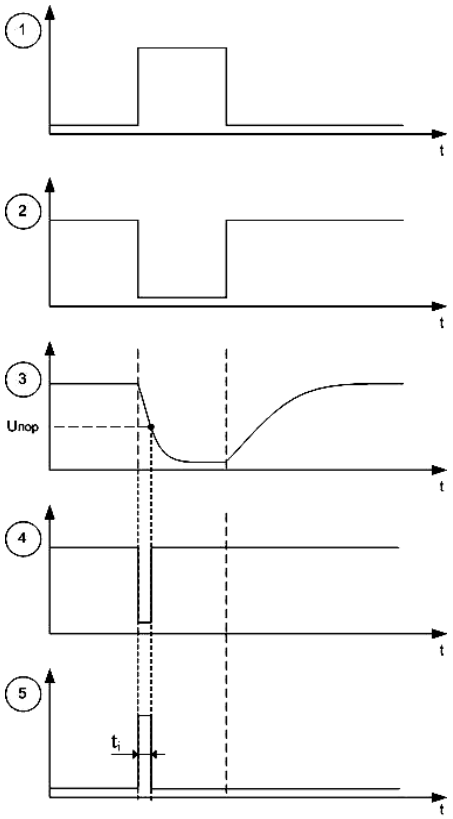

Рис. 4. Часові діаграми роботи схеми генератора відеоімпульсів на логічних елементах

Другим варіантом технічної реалізації дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 є використання в якості виконуючого механізму не електромагніту, а двигуна постійного струму. Спрощена функціональна схема дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 за допомогою двигуна постійного струму представлена на рис. 5, де М – двигун постійного струму. В схемі рис. 5 керування кількістю пострілів виконується шляхом зміни швидкості обертання двигуна М. Програмно-керований драйвер забезпечує на обмотці двигуна М напругу, величина якої визначає швидкість обертання цього двигуна. В залежності від цього кривошип забезпечує виконання одиночного, подвійного пострілів чи короткої черги за одне обертання вихідної шестерні понижуючого редуктора.

Даний спосіб технічної реалізації дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 дозволяє значно зменшити споживану потужність, бо потрібний струм двигуна при наявності понижуючого редуктора не перевищує одиниць ампер при напрузі 24 В, або навіть 12 В. Таким чином, споживана потужність буде становити лише декілька десятків Вт.

Але недоліком даного способу технічної реалізації (рис. 5) є труднощі дискретного управління швидкістю обертання двигуна М та забезпечення стабільності кожного значення цієї швидкості. Ці недоліки не дозволили забезпечити стабільне значення кількості пострілів в однакових умовах випробувань, особливо в режимі одиночного пострілу.

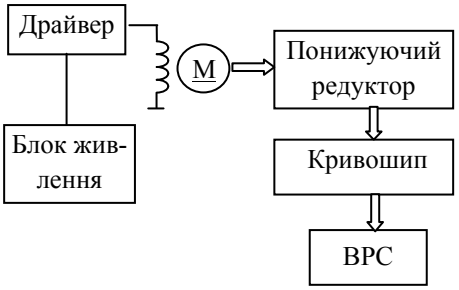

Рис. 5. Спрощена функціональна схема дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 за допомогою двигуна постійного струму

Третім варіантом технічної реалізації дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 є використання в якості виконуючого механізму крокового двигуна (КДв). Спрощена структурна схема дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 за допомогою КДв представлена на рис. 6.

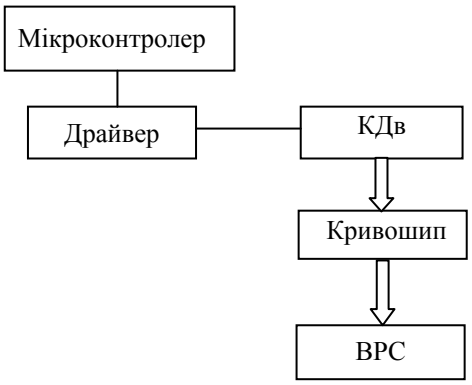

Рис. 6. Спрощена структурна схема дистанційного керування стрільбою ЗУ-23-2 за допомогою крокового двигуна

В схемі рис. 6 керування кількістю пострілів виконується шляхом зміни частоти повторення відеоімпульсів, що надходять із мікроконтролера на драйвер для керування швидкістю обертання валом крокового двигуна і кривошипа.

Відомо, що крокові двигуни з магнітним ротором дозволяють отримати більший крутячий момент та забезпечити фіксацію ротора при знеструмлених обмотках статора, а послідовна активація цих обмоток визиває дискретне кутове переміщення (кроки) ротора [7; 9]. На практиці широко застосовують двофазні крокові двигуни, що забезпечують кутове переміщення $\Delta\varphi$ ротора за один крок, яке дорівнює $\Delta\varphi$= 0,9° (400 кроків за оборот), 1,8° (200 кроків за оборот), 3,6° (100 кроків за оборот).

Сучасні крокові двигуни мають точність виставлення кроку без навантаження ротору, що дорівнює

5% від величини кроку, і не потребують додаткових кіл зворотного зв'язку від датчиків кутового положення ротора.

В мікрокроковому режимі обмотки крокового двигуна керуються незалежно. Це дозволяє при зміні співвідношення струмів обмоток фіксувати ротор в проміжному стані між шагами, тобто підвищувати плавність обертання ротора. Таким чином, кроковий двигун в мікрокроковому режимі буде мати більш високу точність позиціювання (на практиці Δφ можна зменшити в декілька десятків разів).

Крутячий момент (Н · м) зменшується з підвищенням швидкості обертання ротора крокового двигуна. Для збільшення крутячого моменту використовують драйвери крокових двигунів зі стабілізацією струму на основі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Драйвер, що був застосований при експериментальних дослідженнях схеми рис.1.6, мав дискретні значення коефіцієнта зменшення Δφ, що дорівнюють $К_φ = 2$, 4, 8…256. Таким чином, в мікрокроковому режимі можна отримати мінімальне значення кута повороту для середнього значення Δφ = 1,8°:

$$\Delta\varphi_{мін} = \frac{\Delta\varphi}{\left(К_ф\right)_{макс}} = \frac{1,8^\circ}{256} = 0,2'. \qquad (4)$$

Така висока точність дозволяє в режимі дистанційного наведення значно підвищити точність прицілювання засобів ЗУ-23-2 при наявності відеокамери з високою розрізнювальною здатністю. Але звичайно для засобів ЗУ-23-2 неможливо реалізувати таке мале значення $\Delta\varphi_{мін}$ через наявність великих люфтів у механічних передачах. Тому обирають $\Delta\varphi_{мін} \approx 1'$, тобто $К_ф \approx 32$. При такому $К_φ$ та середньому значенні Δφ = 1,8° маємо:

$$\Delta\varphi_{мін} = \frac{1,8^\circ}{32} \approx 0,06^\circ. \qquad (5)$$

Тоді для середнього значення $\Delta\Phi = 45^\circ$ (1) отримаємо кількість імпульсів керування драйвера:

$$N = \frac{\Delta\Phi}{\Delta\varphi_{мін}} = \frac{45^\circ}{0,06^\circ} \approx 800 \text{ імп.} \qquad (6)$$

Нарешті для розрахованого значення тривалості t_i (2) максимальна частота повторення імпульсів меандру на виході мікроконтролера буде становити:

$$F_{макс} = \frac{N}{2 \cdot t_i} \approx \frac{800}{2 \cdot 60мс} \approx 6,7 \text{ кГц}. \qquad (7)$$

Періодичну послідовність відеоімпульсів з такою частотою здатен утворювати будь-який сучасний мікроконтролер. При зміні режиму стрільби мікроконтролер повинен програмно змінювати частоту F повторення відеоімпульсів. Крім того, наявність пам'яті дозволяє мікроконтролеру запам'ятовувати кутові координати попередньо визначених цілей з метою їх швидкого обстрілу. В режимах дистанційного наведення та дистанційного гальмування мікроконтролер повинен також забезпечувати драйвери відповідних крокових двигунів відео- імпульсами управління по азимуту та куту місця.

Відомо, що перед кожним пострілом по нерухомим цілям кулемети ЗУ-23-2 повинні бути загальмовані як по азимуту, так і по куту місця [1; 4]. Таке гальмування при дистанційному керуванні може бути виконано за допомогою потужних електромагнітів або двигунів постійного струму або крокових двигунів. Недолік першого способу – це велика споживана потужність електромагнітів (споживаний струм ~ десятки ампер при напрузі живлення +24 В).

Спрощена функціональна схема дистанційного гальмування по азимуту (куту місця) за допомогою двигунів постійного струму (М), що забезпечує меншу $Р_{сп}$, зображена на рис. 7.

Блок керування забезпечує включення та виключення двигуна М при натисканні кнопки $К_н$, а також реверс обертання двигуна за допомогою механічного зворотного зв'язку із застосуванням кінцевих вимикачів. Черв'ячна передача забезпечує перетворення обертання валу двигуна М до лінійного переміщення важеля гальмування. Важіль гальмування механічно з'єднаний із штатною колодкою гальмування станини.

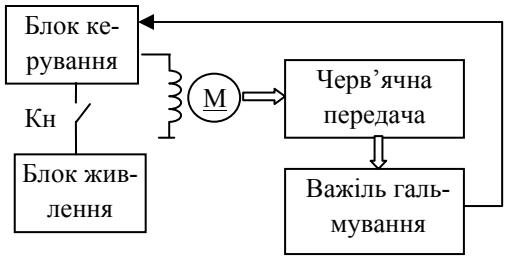

Рис. 7. Спрощена функціональна схема дистанційного гальмування по азимуту (куту місця) за допомогою двигунів постійного струму

Даний спосіб потребує малої споживаної потужності, але має громіздку конструкцію та низьку надійність.

Більш надійним є дистанційне гальмування за допомогою крокового двигуна, об'єднаного з понижуючим редуктором (рис. 8).

Кроковий двигун КДв в режимі гальмування обертається лише на (120–180°) та забезпечує високу надійність гальмування по азимуту (куту місця) при незначному коефіцієнті передачі понижуючого редуктора (К = 5…8).

Можливими засобами технічної реалізації дистанційного наведення також може бути застосування двигунів постійного струму або крокових двигунів.

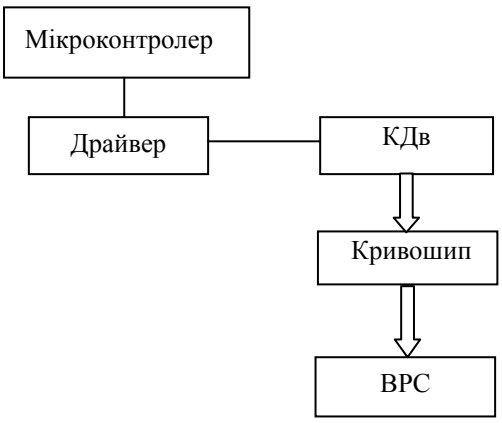

Рис. 8. Спрощена функціональна схема дистанційного гальмування по азимуту (куту місця) за допомогою крокових двигунів

Спрощена структурна схема дистанційного наведення по азимуту (куту місця) з використанням двигунів постійного струму представлена на рис. 9.

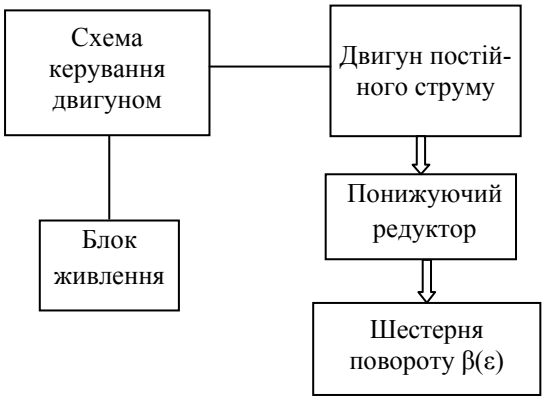

Рис. 9. Спрощена структурна схема дистанційного наведення по азимуту (куту місця) з використанням двигунів постійного струму

Схема управління двигуном забезпечує зміну швидкості та напрямку обертання малопотужного двигуна постійного струму, що через понижуючий редуктор (К ~ 50…100) обертає штатний механізм повороту кулеметів по азимуту (куту місця). Недоліками цього способу є труднощі точного наведення через інерційність системи наведення, яка не має зворотнього зв'язку, а також необхідність великого коефіцієнту передачі К понижуючого редуктора, що робить його малонадійним.

Значно більш точне дистанційне наведення по азимуту та куту місця забезпечується при використанні не двигунів постійного струму, а крокових двигунів (рис. 10). При цьому коефіцієнт передачі К понижуючого редуктора значно зменшується і становить не більше 10, що робить цей засіб більш надійним.

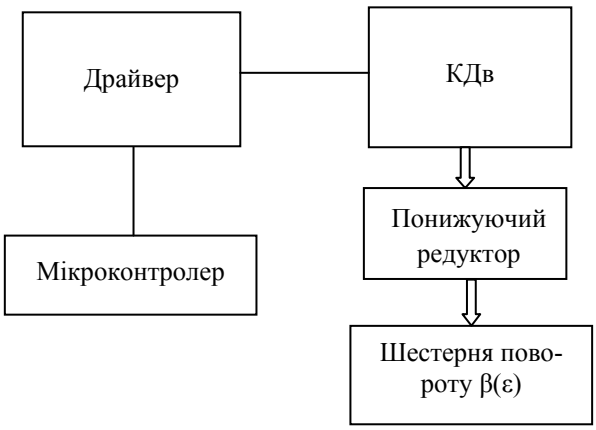

Рис. 10. Спрощена структурна схема дистанційного наведення по азимуту (куту місця) з використанням крокових двигунів

Із співвідношень (4–5) бачимо, що при мінімальному кутовому переміщенні ротора КДв $\Delta\varphi = 1{,}8°$ та коефіцієнті зменшення $K_\varphi = 32$ драйвера в мікрокроковому режимі дистанційного наведення можна отримати точність наведення на рівні одиниць кутових хвилин.

Мікроконтролер відповідно режиму стрільби працює як програмно керований генератор відеоімпульсів зі змінною частотою повторення, що дозволяє досить просто реалізувати функцію точного та грубого наведення на ціль.

Наприклад, при короткочасному натисненні на кнопку наведення по азимуту або куту місця швидкість наведення буде мінімальна, а при утриманні кнопки управління в затисненому положенні – швидкість наведення буде плавно збільшуватись з мінімальної до максимальної. Максимальна швидкість наведення буде визначатися потужністю крокового двигуна.

Висновки

Таким чином, при використанні можливих засобів дистанційного керування ЗУ-23-2 повинно бути враховано, що всі способи мають бути без суттєвих змін конструкції її кулеметів, в першу чергу спускового механізму.

В статті наведені переваги використання мікроконтролера та однотипних крокових двигунів в каналах стрільби, наведення та гальмування, які забезпечують необхідну уніфікацію дистанційно керованої ЗУ-23-2, що значно спрощує її обслуговування та ремонт.

Крім того, мікроконтролери в каналах наведення по азимуту та куту місця дозволяють збільшити точність прицілювання та запам'ятовувати кутові координати пристріляних цілей з метою швидкого наведення на них.

Список літератури

1.Техническое описание ЗУ-14. – МО СССР.

2.Техническое описание ЗУ-23. – МО СССР.

3.Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних сил Російської Федерації / А.М. Алімпієв, Г.В. Пєвцов, Д.А. Гриб та ін. За заг. ред. А.М. Алімпієва. – Х.: Оригінал, 2015. – 732 с.

4.Кокурин В. Модернизация ЗУ-23: огонь станет точным / В. Кокурин // Военный парад : журнал. – 1998. – № 4. – С.74-76.

5.Кенио Т. Шаговые двигатели и их микропроцесорные системы управления / пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.

6.Схемотехника цифровых преобразователей перемещений: справочн. пособ. / В.Г. Домрачев, В.Р. Матвеевский, Ю.С. Смирнов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 392 с.

7.Ширман Я.Д. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: справочн. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Я.Д. Ширман. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.

8.Zarnowski J., Pace M., Joyner M. Aktive-pixel CMOS sensors improve their image // Laser Focus World. – 1999. July. – P. 111 – 114.

9.Никулин О.Ю. Системы телевизионного наблюдения / О.Ю. Никулин. – М.: Оберег-РБ, 1996. – 196 с.

10. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник / П.П. Мальцев и др.– М.: Радио и связь, 1994. – 240 с.

11. Хромов Л.И., Цыцулин А.К., Куликов А.Н. Видеоинформатика. – М.: Радио и связь, 1991. – 192 с.

12. Inforesist [Електроннний ресурс]. – Режим доступу:
https://inforesist.org/azov-pokazal-innovacionnuyu-razrabotku-dlya-zenitok/

13. Патент на корисну модель № 114613, UA, МПК (2017.01) F41G5/00 F41G3/00. Система дистанційного керування засобами малокаліберної артилерії / Ю.М. Цомартов, В.І. Ломінадзе, А.Є. Присяжний, О.М. Греховодов, С.Г. Більченко, О.Г. Кривоконь. – u 2016 10124, заявл. 05.10.16; опубл. 10.03.17; бюл. № 5. – 6 с.

14. Об одной возможности синтеза когерентного многочастотного сигнала с заданными корреляционными свойствами / В.Д. Карлов, И.Г. Леонов, Р.М. Животовский, В.Н. Петрушенко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 4(33). – С. 79-84.

15. Леонов И.Г. Инвариантный подход к обнаружению радиолокационных сигналов на фоне пассивных помех в условиях априорной неопределенности / А.Е. Присяжный, Р.Н. Животовский, Д.С. Сидоренко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 6(113). – С. 103-107.

References

1.“*Tekhnycheskoe opysanye ZU-14*”, [Technical description of ЗУ-14. - MO of the USSR].

2.“*Tekhnycheskoe opysanye ZU-23*”, [Technical description of ЗУ-23. - MO of the USSR].

3.Alimpiyev, A.M, Pyevtsov H.V. and Hryb, D.A. (2015), “*Dovidnyk uchasnyka ATO: ozbroyennya i viys’kova tekhnika Zbroynykh syl Rosiys’koyi Federatsiyi*”, Za zah. red. A.M. Alimpiyeva [*Directory of participants of the ATO: Arms and Military Equipment of the Armed Forces of the Russian Federation*], KH.: Oryhinal, 732 p.

4.Kokurin V. (1998), “Modernyzatsyya ZU-23: ohon stanet tochnym”, [Modernization of the ZU-23: the fire will become accurate], *Voennyy parad*, No. 4, p. 74-76.

5.Kenyo, T. (1987), “*Step motors and their microprocessor control systems*”, Per. from english, Energoatomizdat, Moscow, 200 p.

6.Domrachev, V.H., Matveevskyy, V.R. and Smyrnov, Yu.S. (1987), “*Skhemotekhnyka tsyfrovykh preobrazovateley peremeshchenyy*: Spravochnoe posobye” [Circuit design of digital converters of displacement: Reference manual], Énerhoatomyzdat, Moscow, 392 p.

7.Shyrman, Ya.D. (2007), “*Radyoélektronnye systemy: osnovy postroenyya y teoryya*: Spravochnyk”, Yzd. 2-e, pererab. y dop [*Radioelectronic Systems: Fundamentals of Construction and Theory:* A Handbook], Radyotekhnyka, Moscow, 512 p.

8.Zarnowski, J., Pace, M. and Joyner, M. (1999), “Aktive-pixel CMOS sensors improve their image”, *Laser Focus World*, pp. 111-114.

9.Nikulinm, O.U. and Petrushinm, A.N.(1991), “*Sistemi televizionnogo nabludehiya*”, [*Systems of television surveillance*], Obereg-RB, 196 p.

10. Malzev, P.P. (1994), ”*Zifrovie integralnie mikroshemi*: Spravochnik” [*Digital integrated circuits*: Handbook], Radio i svyaz, Moscow, 240 p.

11. Hromov, L.I., Zypulin, A.K. and Kulikov, A.N. (1991), “*Videoinformatika*” [*Video informatics*], Radio i svyaz, Moscow, 192 p.

12. *Inforesist* (2017), access mode: https://inforesist.org/azov-pokazal-innovacionnuyu-razrabotku-dlya-zenitok.

13. Zomartov, U.M, Lominadze, V.I., Prisyazhniy, A.Y., Grehovodov, O.M., Bilchenko, S.G. and Krivokon, O.G. (2017), “Patent na korysnu model’ № 114613, UA, MPK (2017.01) F41G5/00 F41G3/00. “*Systema dystantsiynoho keruvannya zasobamy malokalibernoyi artyleriyi*” [*The system of remote control means of small caliber artillery*], Patent for Utility Model, No. 114613, UA, MPC (2017.01) F41G5 / 00 F41G3 / 00.

14. Karlov, V.D., Leonov, I.G., Givotovski, R.N. and Petrushenko V.N. (2012), “Ob odnoi vozmoznosty synteza kogerentnogo mnogochastotnogo sygnala s zadannimi koreliazionnimi svoistvami” [About one possibility of synthesis of coherent multifrequency signal with the set crosscorrelation properties], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No.4(33), pp.79-84.

15. Leonov, I.G., Prisyazhniy, A.Y., Sidorenko, D.S. and Zhyvotovskiy R.M. (2013), “Invariantnii podhod k obnaruzeniyu signalov na fone pasivnih pomeh v usloviiah apriornoi neopredelennosti” [Invariant rules of findingout radar signals on background the passive hindrances in the conditions of apriory probability], *Information Processing Systems*, No. 6(113), pp. 103-107.

Надійшла до редколегії 2.11.2017
Схвалена до друку 7.12.2017

Відомості про авторів:

Кудряшов Валерій Євгенович
кандидат технічних наук
доцент кафедри Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-8517-0513
e-mail: mailto:kudryashe.v.e@gmail.com

Присяжний Анатолій Євгенович
кандидат технічних наук
старший викладач кафедри Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0001-5891-8584
e-mail: apr071967@gmail/com

Леушин Сергій Геннадійович
старший викладач кафедри Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0003-0345-588X
e-mail:savva1964@gmail.com

Кондрат Віктор Віталійович
старший викладач кафедри
Національної академії Національної гвардії
Харків, Україна
https://orcid.org/0000-0002-2940-5269
e-mail:mailto:vikvitkondrat@gmail.com

Information about the authors:

Valeriy Kudryashov
Candidate of Sciences,
Associate Professor Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-8517-0513
e-mail : mailto:kudryashe.v.e@gmail.com

Anatoliy Prisiazhniy
Candidate of Sciences,
Senior Instructor Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0001-5891-8584
e-mail: apr071967@gmail/com

Serhiy Leushyn
Senior Instructor Ivan Kozhedub
Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-0345-588X
e-mail: :savva1964@gmail.com

Viktor Kondrat
Candidate of Sciences,
Senior Instructor National guard National academy,
Kharkiv, Ukraine,
https://orcid.org/0000-0002-2940-5269
e-mail: mailto:vikvitkondrat@gmail.com

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗУ-23-2 С УЧЕТОМ ОПЫТА АТО НА ВОСТОКЕ УКРАИНЫ

В.Е. Кудряшов, А.Е. Присяжний, С.Г. Леушин, В.В. Кондрат

Анализируются основные недостатки существующей ЗУ-23-2 при применении для борьбы с наземным противником и обороны военных объектов в Сухопутных войсках, Национальной гвардии, Пограничных войсках, Воздушных Силах и Военно-Морских Силах. Показаны основные направления модернизации существующей ЗУ-23-2 при ее применении по наземным и надводным целям и основные научно-технические проблемы, возникающие при модернизации ЗУ-23-2. Рассмотрена возможность осуществления дистанционного управления зенитной установкой ЗУ-23-2. Проведенный сравнительный анализ возможных средств технической реализации электронной аппаратуры и исполнительных механизмов системы дистанционного управления ЗУ-23-2.

Ключевые слова: *дистанционное управление зенитной установкой ЗУ-23-2, направления модернизации существующей ЗУ-23-2, основные научно-технические проблемы при модернизации ЗУ-23-2, электромагнит, двигатель постоянного тока, шаговый двигатель, микроконтроллер.*

ANALYSIS OF POSSIBLE CONTROL METHODS FORWARD ZU-23-2 WITH THE ATO EXPERIENCE IN THE EASTERN UKRAINE

V. Kudryashov, A. Prisiazhniy, S. Leushyn, V. Kondrat

The main weaknesses of the existing ZU-23-2 are being analyzed in order to combat the ground enemy and defense of military facilities in the Land Force, the National Guard, the Border Troops, the Air Force and the Navy. The use of the ZU-23-2 to combat ground enemy and the defense of military objects has a number of shortcomings due in the first place to its very high firing speed, necessary for defeat of air targets (up to 1000 shots per minute from one barrel and firing only by queues 10-20 shells simultaneously from two shafts). In addition, this high speed requires replacement of shafts after approximately every 100 shots, and also leads to excessive consumption of shells that is not needed to damage even moving ground and surface targets. A significant drawback of the use of the ZU-23-2 for single terrestrial and surface targets is also the high consumption of projectiles and the limited accuracy of shooting, since the ZU-23-2 is intended mainly for the setting of jamming flames. Another drawback of the existing ZU-23-2 is the lack of "memory" of the azimuths and the angles of the place targets for both the right and left barrels. Finally, perhaps the main drawback of the existing ZU-23-2 is the large loss of artillery personnel in the application of ZU-23-2 over ground and surface targets on the front line and the defense of military facilities. The main directions of modernization of the existing ZU-23-2 are shown in its application for ground and surface targets and the main scientific and technical problems that arise during the modernization of the ZU-23-2. Considered the possibility of remote control of anti-aircraft installation ZU-23-2. A comparative analysis of possible means of technical implementation of electronic equipment and executing mechanisms of the remote control system ZU-23-2.

Keywords: *remote control of anti-aircraft installation ZU-23-2, directions of modernization of existing ZU-23-2, main scientific and technical problems during modernization of ZU-23-2, electromagnet, DC motor, stepper motor, microcontroller.*