

УДК 623.438.3

Б.О. Оліярник

Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут, Львів

## АПАРАТУРНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕГРОВАНОЇ ЦИФРОВОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ БРОНТЕХНІКИ

*Запропонований методологічний підхід до апаратурної реалізації інтегрованих інформаційно-керуючих систем для бронетехніки. Запропоновані базові уніфіковані конструктивно-технологічні та схемотехнічні рішення, що забезпечують реалізацію систем.*

**Ключові слова:** інформаційно-керуюча система, бронетехніка.

### Вступ

**Постановка задачі і аналіз останніх досліджень і публікацій.** Покращання основних характеристик об'єктів бронетанкової техніки прямо залежить від впровадження інтегрованої автоматизованої системи керування, що містить підсистеми автоматизації процесів: керування вогнем, керування рухом, керування взаємодією, а також керування активним і пасивним захистом [1].

В 80 – 90-х роках минулого століття бортові системи аналогового керування розроблялись замкнутими і орієнтованими на вирішення задач з керування окремими пристроями. Зміна існуючого підходу викликана необхідністю підвищення ефективності ведення вогню шляхом введення інтегрованих цифрових систем автоматизації, які забезпечують конкурентноздатність об'єктів бронетехніки на сучасному ринку озброєння.

Виходячи з основних контурів керування в об'єктах бронетехніки, що взаємопов'язуються в інформаційно-керуючій системі (ІКС), і те, що ІКС є складовою основних систем: керування вогнем, керування рухом, керування взаємодією, керування захистом, формуються основні вимоги до апаратурної реалізації ІКС.

Конструювання і розміщення в об'єктах бронетехніки інтегрованої інформаційно-керуючої системи (ІКС) є складною науково-технічною задачею з таких причин:

– вимога забезпечення теплових режимів апаратури в умовах закритого об'єму без права використання примусового охолодження (робоча температура від мінус 40°C до плюс 55°C);

– наявність статичного і динамічного пилу;

– забезпечення жорстких механічних вимог (гр. 1.10 ГОСТ В20.39.301-76).

Звідси другою важливою вимогою є уніфікація апаратури щодо конструктивно-технологічного виконання, схемотехнічних і конструктивних рішень вхідних-вихідних перетворювачів, обчислювальних модулів та інтерфейсів обміну інформацією, за типами засобів індикації і органів керування,

за джерелами вторинного живлення від бортової мережі [2, 3].

Третьою, не менш важливою, є вимога реалізації кожного з основних контурів керування в мінімальному, "одичному" об'ємі апаратури, що дозволяє використовувати автономно ряд підсистем і виробів, і мінімізує взаємний обмін параметрами в системі.

Важливою умовою якісного відлагодження апаратури є можливість оперативної корекції функції програмного забезпечення на борту об'єкта, а також функції автономної і примусової діагностики [4].

Серйозною перешкодою для використання цифрової і мікропроцесорної техніки на борту танка є низька якість первинного електроживлення, а також його "хронічний" дефіцит потужності, що призводить до різких перепадів напруги бортмережі (до 10 В) в процесі роботи апаратури.

### Основний матеріал

#### Конструкція електронного блока для об'єктів бронетехніки

Сукупність вимог, викладених в постановці задачі, однозначно визначає необхідність розроблення апаратури в пілебризгозахисених корпусах з обов'язковим вирішенням питань кондуктивного охолодження (зменшення теплового градієнту: інтегральна мікросхема – корпус блока) і повне вилучення індивідуальних, вбудованих в блоки вентиляторів.

Сьогодні відомі конструкції блоків, в яких розміщуються електронні модулі, але основним недоліком їх є недостатня надійність роботи в умовах значних навантажень за значних температур середовища. За значної теплової потужності електронних модулів (особливо в електросхемах ключових елементів) виникає нерівномірний нагрів корпусу, що викликає деформацію бокових стінок, яка посилюється дією вібрацій і ударних навантажень, що в результаті призводить до розгерметизації корпусу блока.

Враховуючи вище наведене, пропонується базова конструкція електронного блока для використання при проектуванні цифрової ІКС для об'єктів бронетехніки [5 – 7].

На рис. 1 показана загальна уніфікована конструкція блока.

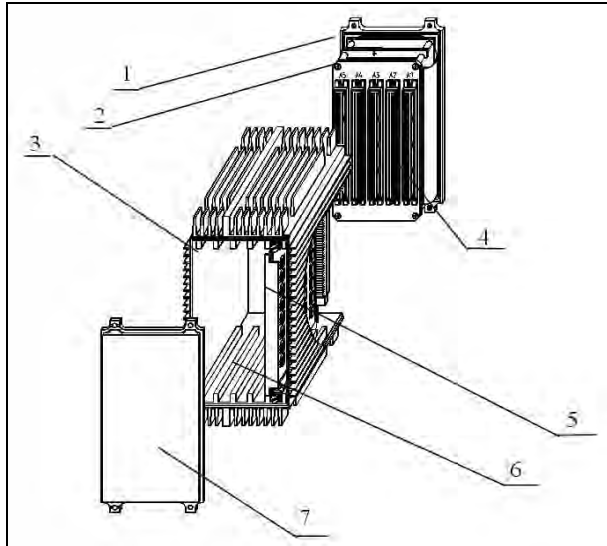


Рис. 1. Уніфікована конструкція електронного блока: 1 – задня панель; 2 – об'єднуюча плата; 3 – корпус; 4 – гнучка плата; 5 – комірка; 6 – клин; 7 – передня панель

У запропонованій конструкції охолодження відбувається шляхом кондуктивної передачі тепла на стінки блока, а далі розсіюванням тепла через природну конвекцію корпусу

Виконання корпусу з ребрами із зовнішньої сторони наявність в ребрах гофрованої поверхні з обох сторін дозволяє збільшити площу тепловипромінювання, а наявність каналів між рядами стовпчиків і між самими ребрами забезпечує оптимальну циркуляцію повітряного потоку при конвекційному охолодженні. Таким чином, покращується ефективність теплопередавання і, як наслідок, надійність роботи. Використання композитної системи забезпечує термокомпенсацію внутрішніх напружень матеріалів з різними коефіцієнтами лінійного розширення.

Кріплення комірки виконується защемленням її з двох довгих сторін, що забезпечує ефективну теплопередачу з теплопровідної плати на корпус блока і механічну міцність, як комірки, так і всього блока в цілому.

Несуча конструкція має єдиний принцип формування корпусу і дозволяє міняти ширину блока під різну кількість комірок [8].

Багаторазові випробування показали, що температурний градієнт найбільш нагрітих корпусів електронних компонентів і корпусу блока складає не більше  $10 \div 15$  °С.

### Обчислювальні модулі для бортових ІКС

Обчислення параметрів основних контурів керування об'єкту бронетехніки забезпечується обчислювальними модулями.

Вибір того чи іншого мікропроцесора, мікроконтролера чи мікро-ЕОМ для побудови обчислювальних модулів проводиться на основі структури модуля обчислювальної потужності, необхідної для реалізації обчислень основних контурів керування.

Для реалізації контурів автоматичного наведення і стабілізації та навігаційних задач необхідна висока обчислювальна потужність, тому обчислювальні модулі для підсистем керування вогнем і підсистем керування взаємодією необхідно будувати на основі мікро-ЕОМ. У деяких випадках підсистеми керування взаємодією будуються на базі спеціалізованих ЕОМ. Для обчислень контуру керування робочими процесами танкового дизеля і трансмісії достатньо використання мікроконтролерів в побудові обчислювачів.

З 1999-2000 років в галузі вбудованих комп'ютерних систем широко використовуються спеціалізовані рішення на основі ідеології "комп'ютер на модулях" – CoM (Computer-on-Module). Впровадження цих модулів у нові ІКС вимагає забезпечення спадковості за операційними системами, технологічними засобами розробки програм, алгоритмами роботи, інтерфейсами та заміни у впровадженій у виробництво апаратурі. Застосування високоінтегрованих мікромодулів дозволяє відмовитися від великої номенклатури імпоротної елементної бази, що не виробляються на Україні.

Результати аналізу та синтезу контурів керування і пошуку CoM дали змогу розробити обчислювальний модуль для бронетехніки. Модуль повторює усі архітектурні особливості своїх попередників, має менші порівняно з ними розміри та споживання і призначений для побудови малогабаритних систем.

На рис. 2 наведено зовнішній вигляд сучасних обчислювальних модулів для використання в електронних блоках інтегрованих ІКС для вирішення обчислень контурів автоматичного наведення і стабілізації основного та допоміжного озброєння та навігаційних задач.

Поряд з розглянутими модулями, для обчислення контурів керування двигуном і трансмісії пропонується використання обчислювальних модулів на універсальних мікроконтролерах, традиційна сфера застосування яких – задачі керування та попередньої обробки інформації нижнього рівня, де вимагаються незначні об'єми пам'яті та програмного забезпечення і відносно невеликі обчислювальні потужності. Можливе використан-

ня інтеграції кількох мікроконтролерів з обміном інформації паралельною шиною з метою збільшення обчислювальної потужності [9].

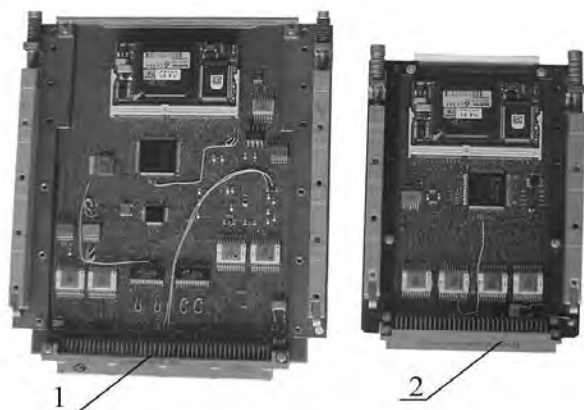


Рис. 2. Обчислювальні модулі на базі CoM:  
1 – модуль розміром 170x200x15 мм;  
2 – модуль розміром 160x95x12 мм.

Для збільшення швидкодії виконання обчислювальним модулям на базі мікроконтролерів пропонується використати окремий математичний співпроцесор. Але, наприклад, за відсутності засобів підтримки співпроцесора в архітектурі мікроконтролера AT Mega можливо лише застосовувати зовнішній математичний процесор в режимі периферійного пристрою. За такої побудови обчислювального модуля можливе його використання також для рішення навігаційної задачі. Оскільки використання математичного співпроцесора в режимі периферійного пристрою збільшує навантаження на центральний процесор, з метою розвантаження останнього від операцій з детального програмування периферійного процесора в структуру модуля вводиться допоміжний процесор. Допоміжний процесор – процесор математичних формул, який згідно з макроінструкцією, отриманою від центрального процесора, реалізує управління виконанням математичним процесором списку інструкцій, необхідних для обчислення конкретної математичної формули.

### Бортова ЕОМ

Для обчислення задач орієнтації наземного об'єкту (контур рішення навігаційних задач) та роботи з цифровою картою місцевості в командирських об'єктах під час управління взаємодією об'єктів бронетехніки або в комплексах машин управління необхідна ще більша обчислювальна потужність апаратних засобів, а забезпечення командирів можливістю оперативного керування кожною бойовою одиницею або підрозділом в умовах високої динаміки процесів вимагає обчислювачів з розвинутими засобами діалогу і відображення інформації.

В такому випадку необхідне використання спеціалізованих ЕОМ. Пропонується структура і конструктивне виконання БЦОМ, призначеної для побудови систем керування взаємодією та використання у броньованих об'єктах або машинах управління як основного терміналу командира [10].

В результаті аналізу за основу для побудови системного блока БЦОМ обраний SmartModule фірми Digital-Logic AG, який має велику обчислювальну потужність, необхідний набір периферійних пристроїв, широку номенклатуру інтерфейсів, підтримує технологічні засоби налагодження апаратури і програмного забезпечення, зберігає працездатність в розширеному температурному діапазоні, має найкраще співвідношення ціна/продуктивність. Фірма Digital-Logic AG гарантує, що і майбутні розробки нових модулів цього класу будуть сумісні за механічними, електричними і функціональними параметрами.

Зовнішній вигляд БЦОМ наведений на рис. 3.



Рис. 3. Зовнішній вигляд БЕОМ

### Модулі обробки вхідних/вихідних сигналів

Провівши аналіз вхідних/вихідних сигналів, що використовуються при апаратній реалізації основних контурів керування танка, пропонується уніфікований ряд модулів (комірок).

Одні такі модулі забезпечують приймання, підсилення та оцифрування множини вхідних сигналів (дискретні, частотні, аналогові), попереднє оброблення (апаратна і програмна фільтрація, усереднення і т.д.) і передавання в загальнодоступну пам'ять. Інші модулі забезпечують приймання оцифрованих сигналів із загальнодоступної пам'яті та програмне формування вихідних сигналів залежно від алгоритму роботи блока.

Обидва типи модулів (можуть бути об'єднані) складаються з двох частин: одна частина – процесорна (мікропроцесорна), однакова для всіх модулів (комірок), друга – функціональна, залежно від мно-

жини вхідних/вихідних сигналів. Обмін інформацією між модулями (комірками) в електронному блоці здійснюється інформаційним каналом через загальнодоступну область пам'яті.

Зовнішній вигляд уніфікованого модуля обробки вхідних/вихідних сигналів наведений на рис. 4.

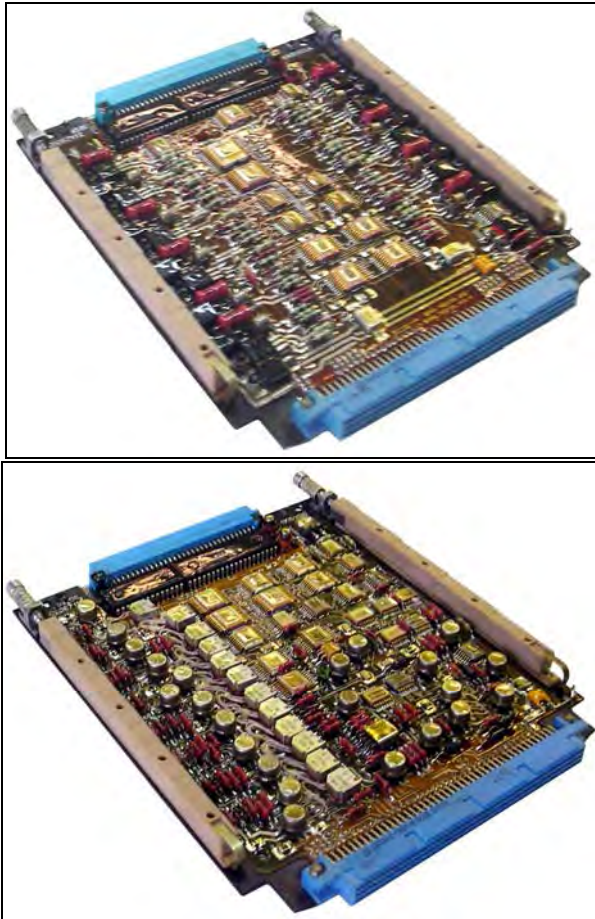


Рис. 4. Уніфікований модуль (комірка) обробки вхідних сигналів

#### Модулі вторинного електроживлення

Як уже згадувалось, у 80-х роках минулого століття система вторинного електроживлення цифрових систем автоматики бронетехніки будувалась централізованою. Спочатку окремій апаратурі первинну борт-мережу, якість якої відповідає ГОСТ В21999-86 (зміна вхідної напруги від 15 В до 70 В), перетворювали до якості "чистої" борт-мережі 22,5 В ÷ 28,5 В, а потім в кожній конкретній апаратурі керування джерелами вторинного електроживлення формувались необхідні напруги ( $\pm 5$  В,  $\pm 15$  В і т.д.).

Такий принцип побудови значно збільшував об'єми апаратури і джгутів на об'єкті. При цьому зосереджені в одному об'ємі первинні перетворювачі вимагали примусового охолодження вентиляторними, оскільки завжди проектувались на максимальну потужність всього комплексу апаратури.

Пропонується розосереджений принцип побудови первинних і вторинних перетворювачів – прямо в уніфікованих цифрових блоках керування з параметрами потужності, які визначаються функціями блока. Такий принцип побудови дозволив значно зменшити загальні габарити апаратури, зменшити об'єми джгутів, а головне, обійтися лише кондуктивним охолодженням апаратури.

Створено уніфікований модуль електроживлення для ІКС об'єктів бронетехніки, правда їх конструкція передбачає монтаж їх в уніфікованих блоках. (Рис.1).

Структура уніфікованих модулів (комірок), що перетворюють бортову мережу ( $27_{-17}^{+43}$  В) в стабілізовані напруги постійного струму +5 В, +15 В, -15 В, +24 В), наведена на рис. 5.

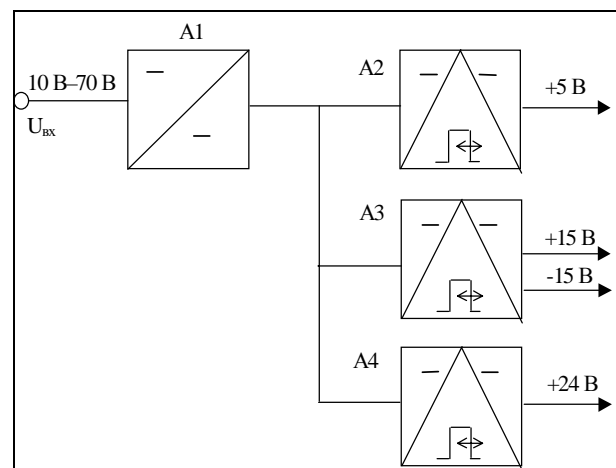


Рис. 5. Структурна схема уніфікованого модуля (комірки) вторинного електроживлення

Модуль побудований на базі однотактних перетворювачів напруги з оберненим включенням випрямляючих діодів. Напруга первинної бортмережі (10 В ÷ 70 В) поступає на обмежувач напруги А1, що захищає модуль від зміни полярності вхідної напруги і обмеження на рівні 32 В.

На рис. 6 показаний уніфікований модуль вторинного електроживлення.

#### Висновки

1. Визначальними вимогами при проектуванні апаратури систем керування для бронетехніки є забезпечення теплових режимів апаратури, забезпечення жорстких механічних і кліматичних умов, висока технологічність і надійність серійного виготовлення.

2. Пропонується уніфікована конструкція електронного блока для об'єктів бронетехніки, що характеризується максимальним кондуктивним відводом тепла від електронних компонентів, максимальною міцністю до ударних навантажень і технологічністю при серійному виготовленні.

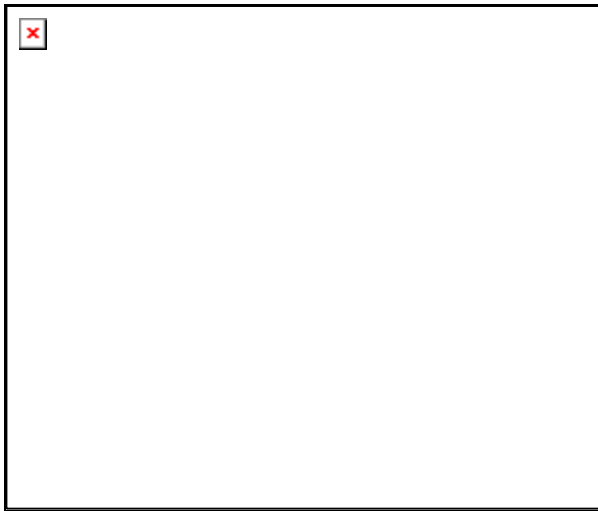


Рис. 6. Уніфікований модуль вторинного електроживлення

3. Пропонується ряд уніфікованих обчислювальних модулів для бронетанкової техніки, що забезпечують обчислення основних контурів керування сучасного танка та інших об'єктів бронетехніки.

4. Для розосередженого принципу побудови бортової системи вторинного електроживлення та пропонується уніфікований модуль вторинного електроживлення для бортових ІКС об'єктів бронетехніки.

### Список літератури

1. Борисюк М.Д. Повышение основных характеристик изделий бронетанковой техники за счет внедрения цифровых информационно-управляющих систем / М.Д. Борисюк, В.М. Мошин, Б.А. Олиарник // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – № 2. – С. 121-126.

2. Олиарник Б.О. Танкова інформаційно-керуюча система: досвід розробки / Б.О. Олиарник // *Механіка та машинобудування*. – 2004. – № 2. – С. 252-257.

3. Інформаційно-керуюча система для бронетанкової техніки / Б.О. Олиарник, В.І. Іванов, В.М. Корольов та ін. // *Механіка та машинобудування*. – 2002. – № 2. – С. 299-302.

4. Олиарник Б.О. Відлагодження інформаційно-керуючих систем в складі об'єктів військової техніки / Б.О. Олиарник // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – С. 268-272.

5. Олиарник Б.О. Конструкція радіоелектронного блоку для військово-гусеничних машин / Б.О. Олиарник, І.С. Смудка // *Механіка та машинобудування*. – 2006. – № 2. – С. 180-183.

6. Патент України на винахід №63991. Радіоелектронний блок. Авт.: Олиарник Б.О., Татарінов К.К., Обуханіч Р.В. та ін. Опубл. в Бюл. №2, 2004.

7. Патент України на винахід №71077. Радіоелектронний блок. Авт.: Олиарник Б.О., Татарінов К.К., Обуханіч Р.В. та ін. Опубл. в Бюл. №11, 2004.

8. Патент України на винахід №77616. Радіоелектронний блок. Авт.: Олиарник Б.О., Гринькович О.С., Татарінов К.К. та ін. Опубл. в Бюл. №12, 2006.

9. Олиарник Б.О. Спеціалізований обчислювальний модуль для танкових інформаційно-керуючих систем / Б.О. Олиарник, А.В. Тулиця // *Механіка та машинобудування*. – 2005. – № 2. – С. 252-257.

10. Бондарук А.Б. Бортова спеціалізована ЕОМ для бронетехніки / А.Б. Бондарук, Н.Л. Заїченко, Б.О. Олиарник // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні системи та мережі*. – 2006. – Вип. 573. – С. 15-21.

Надійшла до редколегії 20.05.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.Б. Чепков, Центральний НДІ ЗС України, Київ.

### АППАРАТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БРОНТЕХНИКИ

Б.А. Олиарник

Предложен методологический подход к аппаратной реализации интегрированных информационно-управляющих систем для бронетехники. Предложены базовые унифицированные конструктивно-технологические и схемотехнические решения, которые обеспечивают реализацию систем.

**Ключевые слова:** информационно-управляющая система, бронетехника.

### APPARATUS REALIZATION OF THE COMPUTER-INTEGRATED DIGITAL MANAGEMENT-INFORMATION SYSTEM FOR ARMORED EQUIPMENT

B.O. Oliyarnik

The methodological approach is offered to hardware representation -INTEGRATED DIGITAL management-information system FOR armored equipment. They are offered base unified constructive-technological and circuit of the decision, which provide realization of the systems.

**Keywords:** management-information system, armored equipment.