

6. Зінченко О. І. Цифрові освітні середовища: аналітика, адаптивність та виявлення ризиків навчання / О. І. Зінченко // Освітній вимір. – 2025. – № 1. – С. 12–18.
7. Марченко Д. Ю. Моделювання навчальної поведінки як засіб підтримки прийняття рішень у цифровій освіті / Д. Ю. Марченко // Інформаційні технології в освіті. – 2023. – № 2. – С. 33–40.
8. Петренко І. С. Освітня аналітика як інструмент ідентифікації проблем у навчальній поведінці студентів / І. С. Петренко // Педагогічна наука і практика. – 2023. – № 4. – С. 40–46.
9. Соловйова Л. Ю. Аналітика освітніх даних у віртуальних середовищах: виклики персоналізації / Л. Ю. Соловйова // Вища освіта України. – 2022. – № 3. – С. 88–94.
10. Шевченко М. В. Індивідуалізація освітнього процесу на основі цифрового сліду студента / М. В. Шевченко // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2024. – № 1. – С. 55–62.

УДК 621.316.172

JEL Classification: O33, L93

DOI: <https://doi.org/10.64076/eecsr250708.27>

Сокіркаєв Д. В.,
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,
Харківський національний університет
радіоелектроніки, м. Харків

ПОБУДОВА КАНАЛУ ЛАЗЕРНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ КОСМІЧНИЙ АПАРАТ – НАЗЕМНИЙ ПУНКТ

Технологія передачі енергії за допомогою лазера має ряд переваг і є перспективним напрямком при розробці проекту демонстраційної сонячної космічної електростанції. Пропонована система лазерної передачі енергії дозволить передавати енергію на Землю і здійснювати енергопостачання платформи.

Для успішної передачі накопиченої енергії на космічній електростанції за допомогою оптико-електронної технології необхідні детальні дослідження та ретельне опрацювання питань щодо визначення вигляду каналу перетворення електричної енергії в лазерну та її передачі на Землю. Такий канал лазерної передачі енергії – це, перш за все, три головні елементи в цій системі (рис. 1):

1. Лазерне випромінювання - дозволяє генерувати високі потужності і з високою ефективністю;

2. Оптична система – формує вузький лазерний пучок, забезпечує високоточне наведення і стабілізацію;

3. Високоєфективні фотоперетворювачі – перетворюють лазерне випромінювання в електроенергію [1, с. 722].

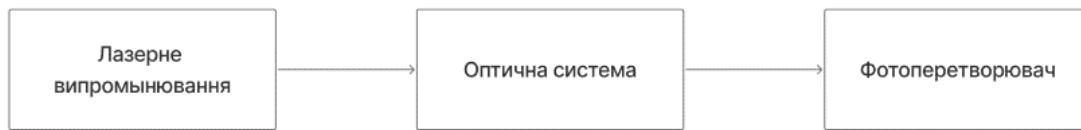


Рис. 1. Схема каналу лазерної передачі енергії

Всі ці три основні елементи лазерного каналу дистанційної передачі енергії повинні мати високу ефективність, тоді це дозволить використовувати цю систему на Землі. Ефективність даної системи буде визначатися двома факторами:

- ефективність кожного елемента системи (джерело живлення, лазери, блок управління, фотоперетворювачі тощо);
- ефективність передачі (функціональна ефективність точності наведення, точність стабілізації лазерного променя тощо).

При цьому ефективність повинна зберігатися при високих рівнях потужності (щільність потужності випромінювання), що дозволить масштабувати цю систему. Розглянемо побудову структури каналу передачі енергії поблочно.

Блок лазерних випромінювачів містить наступні елементи та вузли, що забезпечують високу ефективність роботи зображені на рисунку 2 [2, с. 770–775].

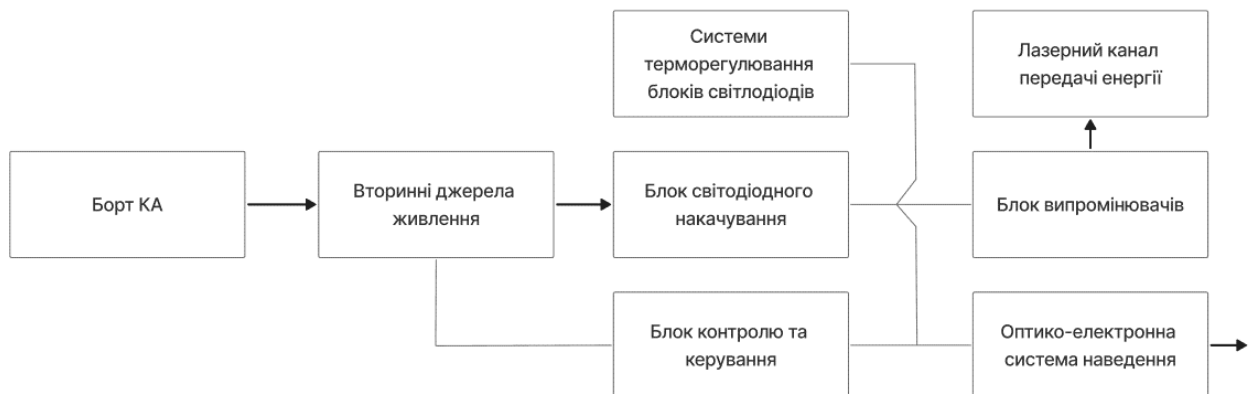


Рис. 2. Структура блоку лазерного випромінювача

Випромінювання волоконних лазерів підсумовується в спеціальному пристрої (суматорі випромінювань), який контролюється блоком контролю, підсумоване лазерне випромінювання потрапляє в дзеркальну систему. Дана дзеркальна система має двокоординатну систему приводів з секундною точністю. Для високоточного наведення використовується додаткова лазерна система. Схема оптичного каналу представлена на рисунку 3 [3, с. 45–52].

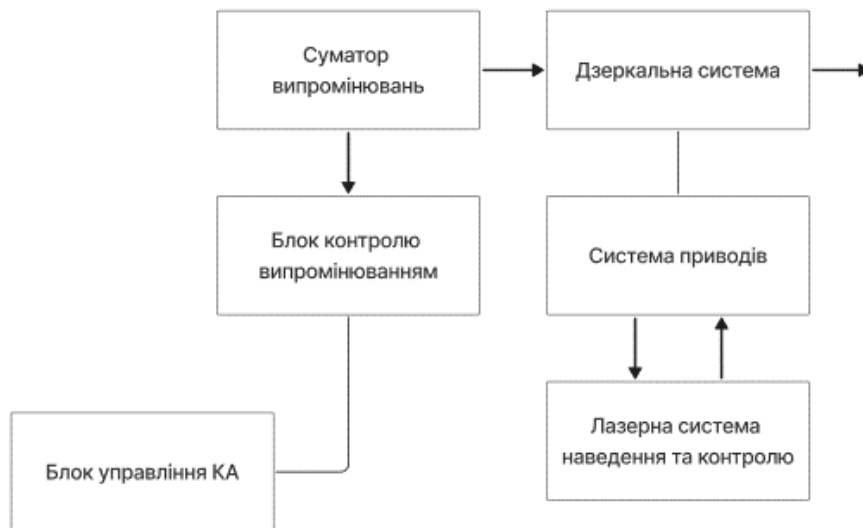


Рис. 3. Схема оптичного каналу

Фотоприймальна система на наземному приймачі повинна мати високу ефективність як по відношенню до сонячного випромінювання, так і по відношенню до лазерного випромінювання. При цьому необхідно для досягнення високої ефективності використовувати концентратори випромінювання, що в свою чергу призводить до необхідності використання системи терморегулювання (рис. 4).



Рис. 4. Схема фотоприймальної системи на супутнику-приймачі

Лазерне випромінювання, проходячи систему концентраторів, надходить на фотоперетворювачі, далі перетворюється, і електричний струм надходить в блок автоматики, паралельно лазерне випромінювання контролюється оптико-електронною системою, для управління тепловим режимом фотоперетворювачів застосовуються електрохромні покриття і теплові труби. Ефективність системи лазерного каналу передачі енергії залежить від точності наведення і управління всім комплексом систем, тому

потрібні додаткові системи. Це – перш за все системи визначення орбітальних параметрів космічних апаратів, радіосистема обміну даними як між космічним апаратом, так і з лазерним супутником управління (рис. 5) [4, с. 123–130].

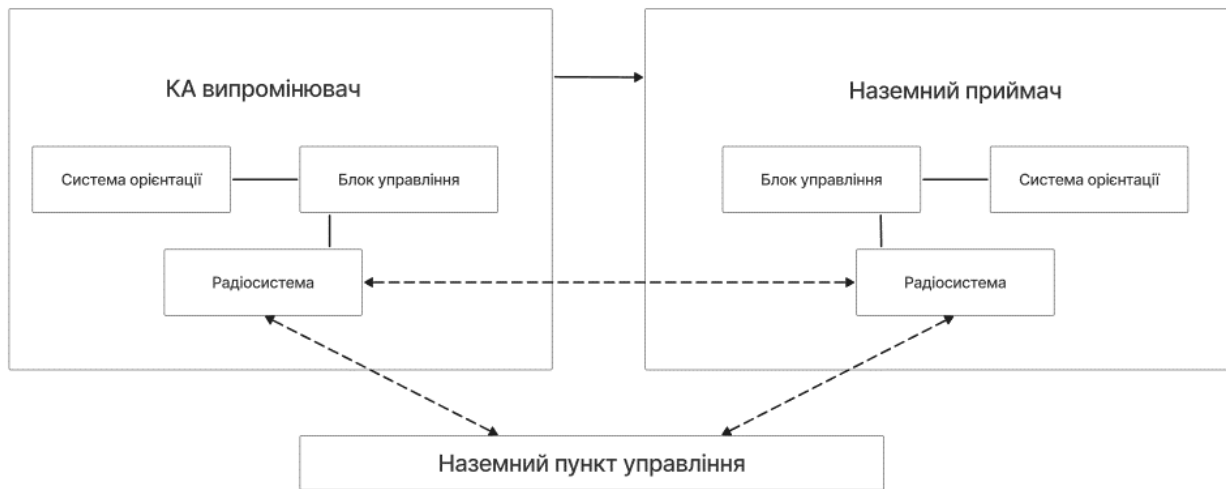


Рис. 5. Схема передачі енергії між КА-випромінювачем і наземним приймачем

Необхідно врахувати важливість ідеології побудови лазерного передавача для дистанційної передачі енергії. Це створення передавача з окремих лазерних випромінювачів (рис. 6) [5, с. 10–18], що живляться окремою системою живлення, що дозволяє вирішити дві задачі:

- Підвищити надійність системи;
- Зменшити питоме теплове навантаження на систему терморегулювання.

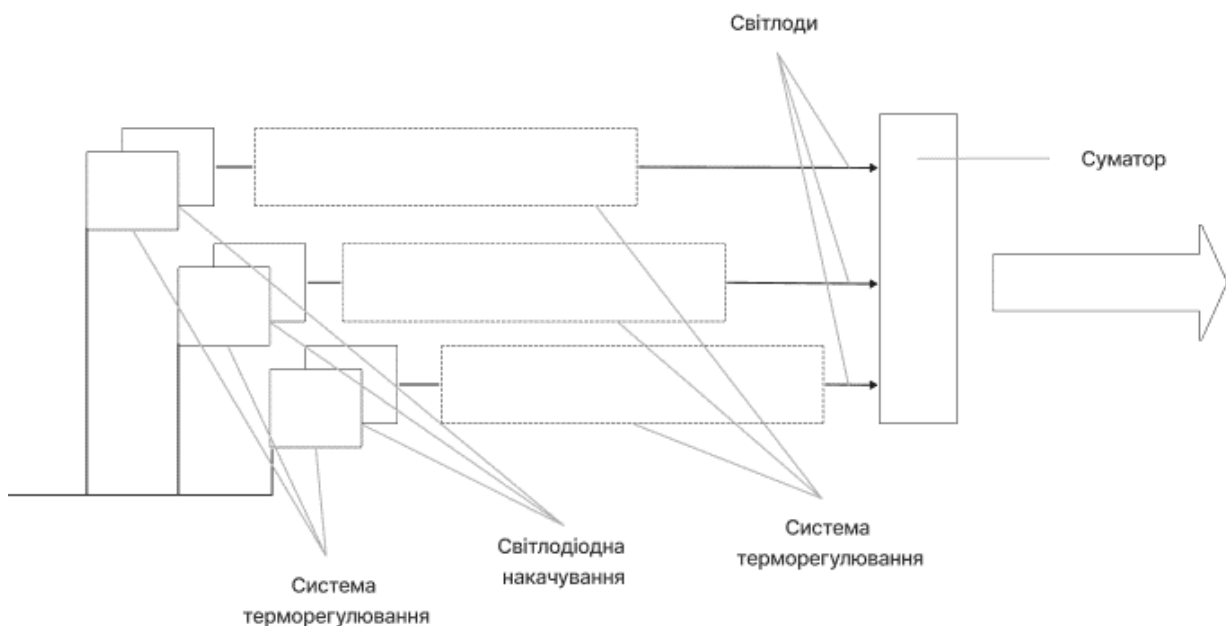


Рис. 6. Схема передавача лазерного каналу передачі енергії з окремих лазерних випромінювачів

Висновки: запропонований варіант побудови лазерного каналу передачі енергії з космосу на Землю дозволить нарощувати потужність випромінювання за рахунок можливого збільшення потужності одиничних випромінювачів, а також за рахунок збільшення кількості випромінювачів в кільці – решітці випромінювача. Даний проект передбачає багатофункціональне використання даної системи крім безпосереднього завдання передачі енергії, використовувати її також для вимірювально-інформаційних функцій. Завдяки її конструктивним особливостям можуть здійснюватися наступні функції: передача енергії на відстань декількох кілометрів та даних, а також вимірювання геометричних параметрів.

Список використаних джерел

1. Weng H., Wang W., Chen Z., Zhu B., Li F. A Review of Indoor Optical Wireless Communication / Photonics. – 2024. – Т. 11, № 8. – Article 722.
2. Mohsan S. A. H., Qian H., Amjad H. A Comprehensive Review of Optical Wireless Power Transfer Technology / Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering. – 2023. – Випуск 24 (6). – С. 767–800.
3. Landis G. Laser Power Beaming / NASA TM & IEEE p. / У монографії Wireless Power Transfer. – 2006.
4. Arnon Sh. Advanced Optical Wireless Communications / Cambridge University Press. – 2012. – 350 с.
5. Clerckx B. et al. Foundations of Wireless Information and Power Transfer / arXiv preprint. – 2022.