

KOMPOZIT MATERIALLARNING SIGNALLARNI QABUL QILISH IMKONIYATLARI

Abduqayumov Abdurauf Abdurashidovich¹,

¹O‘zbekiston texnik jihatdan tartibga solish agentligi direktorining birinchi o‘rinbosari, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),

Jumamuratov Bexzod Akramjonovich²,

²Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti doktorant,

Rajapova Dildora Baxramovna³,

³Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti magistrant.

email: uzst@standart.uz, rajapovadildora.22@gmail.com

Annotatsiya: Kompozit materiallar signallarni qabul qilishda ularning elektromagnit xususiyatlari, yutish, qabul qilish, va signallarni qayta ishlash qobiliyatiga qarab farqlanadi. Ular signalni qabul qilishning samaradorligini oshirishi yoki kamaytirishi mumkin. Kompozit materiallarning innovatsion yondashuvlari, ayniqsa nanokompozitlar va elektromagnit tolqin xususiyatlari, signallarni qabul qilish va qayta ishlashda yangi imkoniyatlar yaratadi.

Kalit so‘zlar: Kompozit materiallar(KM), radioshaffoflik, elektromagnitlik, yutish koeffitsienti, nanokompazitlar.

KIRISH

Kompozit materiallarning signallarni qabul qilish imkoniyatlari elektromagnit to‘lqinlarga qanday ta’sir qilishiga, shu jumladan, ularning elektromagnit maydonlar bilan o‘zaro ta’siriga asoslanadi. Kompozit materiallar, odatda, bir nechta komponentlardan tashkil topgan bo‘lib, ular birgalikda ishlaganda

yuqori samaradorlikka ega bo‘lishi mumkin. Bu materiallar, radioshaffoflik, elektromagnit signallarni yutish, aks ettirish yoki tarqatish kabi xususiyatlarga ega bo‘lishi mumkin, shuningdek, signallarni qabul qilish, qayta ishlash va uzatish imkoniyatlariga ega bo‘lishi ham mumkin [1,2].

MATERILLAR VA USULLAR

Kompozit materiallarning signallarni qabul qilish imkoniyatlari asosan quyidagi omillarga bog‘liq:

Elektromagnit xususiyatlari kompozit materiallarning elektromagnit xususiyatlari, ayniqsa, permittivlik (ϵ) va permeability (μ), ularning elektromagnit to‘lqinlarga qarshi ta’sirini belgilaydi. Bu xususiyatlar materialning signallarni qabul qilish va qayta ishlash qobiliyatiga ta’sir ko‘rsatadi.

-Permittivlik (ϵ): Kompozit materiallarning permittivligi, uning elektromagnit to‘lqinlarni qanday o‘zlashtirishini yoki to‘sqinlik qilishini belgilaydi. Yuqori permittivlikka ega materiallar elektromagnit signallarni yaxshi o‘zlashtira oladi

-Permeability (μ): Materialning magnit xususiyatlari. Agar kompozit materiallar yuqori permeabilityga ega bo‘lsa, ular elektromagnit signallarni qabul qilish va tarqatish qobiliyatiga ega bo‘lishi mumkin [3,4].

Yutish (Absorbtsion) Xususiyatlari. Kompozit materiallar signallarni qabul qilishda muhim rol o‘ynaydigan yutish xususiyatiga ega bo‘lishi mumkin. Yutish xususiyatlari, materialning elektromagnit to‘lqinlarni qanchalik samarali tarzda yutishini ko‘rsatadi. Materiallar, masalan, radioshaffof yoki elektromagnit shilding xususiyatlariga ega bo‘lishi mumkin.

-Dielektrik materiallar: Kompozit materiallar orasida dielektrik modifikatsiyalar mavjud bo‘lib, ular elektromagnit signallarni yutish orqali energiya o‘zgarishini kamaytiradi va signallarni samarasiz tarzda tarqatmaydi.

-Yutish koeffitsienti: Materiallarning elektromagnit signallarni yutish darajasi (yutish koeffitsienti) materialning ichki strukturasi, masalan, tolalar va matriks aralashmasining ta’siriga bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Signallarni qabul qilish va yutish bilan bog‘liq formulalar elektromagnit to‘lqinlar va materiallarning xususiyatlariga asoslangan matematik ifodalarni o‘z ichiga oladi. Bu formulalar materiallarning elektromagnit to‘lqinlarga qanday ta’sir qilishini, ularning yutilishini va aks ettirilishini tahlil qilishda ishlatiladi. Quyida signallarni qabul qilish va yutishga oid ba’zi asosiy formulalar keltirilgan.

$$\alpha = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\mu\epsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} - 1 \right)} \quad (1)$$

α – yutilish koeffitsienti m^{-1} ;

ω – burchakli chastota $\omega = 2\pi f$, f – to‘lqin chastotasi;

c – yorug‘lik tezligi (3×10^8 m/s);

μ – materialning magnit permeabilitesi (H/m);

ϵ – materialning dielektrik permittivligi (F/m);

σ – materialning elektr o‘tkazuvchanligi (S/m);

Bu formulada materialning elektromagnit to‘lqinlarga qarshi qarshiligi va uning signallarni yutish darajasi hisoblanadi. Yutilish koeffitsienti qanchalik yuqori bo‘lsa, material shuncha ko‘p energiya yutadi [4,5].

Yutilgan energiya material ichida to‘plangan elektromagnit energiyani ifodalaydi. Yutilgan energiya E_{abc} ni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$E_{abc} = \frac{1}{2} \sigma E^2 d \quad (2)$$

E_{abc} – yutilgan energiya

σ – materialning elektr o‘tkazuvchanligi

E – materialga kiritilgan elektromagnit to‘lqinning maksimal elektr maydoni

d – materialning qalinligi

Yutilgan energiya, materialning o‘tkazuvchanligi va to‘lqinlarning intensivligiga bog‘liq bo‘lib, materialga kiritilgan elektromagnit energiyaning qanchalik qismini yutishini ko‘rsatadi.

Elektromagnit To‘lqinlarga Qarshi Shilding (Shielding). Kompozit materiallar signallarni qabul qilish qobiliyatiga ega bo‘lsa-da, ba’zi kompozit materiallar elektromagnit interferensiya va signalni noto‘g‘ri qabul qilishdan himoya qilish uchun elektromagnit shilding (yopish) funksiyasini bajaradi.

- Elektromagnit shilding: Elektromagnit shilding materiali signallarni qabul qilishda interferensiyani kamaytirishi mumkin. Bu shilding materiallar odatda metallar yoki yuqori elektromagnit o‘zgaruvchan xususiyatlarga ega materiallardan tashkil topgan bo‘ladi.

- Radioshaffof shilding: Kompozit materiallar o‘zlarining radioshaffoflik xususiyatlariga qarab, radio to‘lqinlarini yutmaydi yoki aks ettirmaydi, bu esa signallarni qabul qilishni soddalashtiradi.

Signallarni Modifikatsiya qilish va qayta ishlash. Kompozit materiallarning bir qismi elektromagnit signallarni faqat qabul qilib qolmay, balki ularni qayta ishlash, kuchaytirish yoki modifikatsiya qilish imkoniyatiga ham ega bo‘lishi mumkin.

- Metall va kompozit tolalar: Ba’zi kompozit materiallar, masalan, ko‘mir tolalari yoki metall tolalar, elektromagnit to‘lqinlarni ko‘paytirish yoki ular orqali signalning o‘zgarishini amalga oshirishda foydalidir. Bunday materiallar signallarni qabul qilishda samarali bo‘lishi mumkin.

- Sensorlar va aktuatorlar: Kompozit materiallar sensorlarni o‘z ichiga olgan tizimlarda ham qo‘llaniladi. Sensorlar elektromagnit to‘lqinlar yoki boshqa signallarni qabul qiladi, o‘lchaydi va kerakli signallarni qayta ishlash imkoniyatini beradi.

Frekans diapazoni va Chastota. Kompozit materiallarning elektromagnit signallarni qabul qilish imkoniyatlari ularning ishlash chastota diapazoniga bog‘liq.

Materiallar ba'zi chastotalarda samarali ishlashi mumkin, boshqa chastotalarda esa samaradorlik kamayadi.

Kompozit materiallar yuqori chastotali mikrova yoki radar signalini qabul qilishda qo'llanilishi mumkin. Bunday materiallar maxsus mikrova signallarni o'zlashtirish yoki radioshaqqoflik xususiyatlariga ega bo'lishi mumkin [4].

- Past chastotali signallar: Ba'zi kompozit materiallar past chastotali elektromagnit signallarni qabul qilishda samaraliroq ishlashi mumkin. Bu materiallar elektromagnit to'lqinlarning past chastotalarini qabul qilish uchun optimallashtirilgan bo'lishi mumkin.

TAHLIL

Qat'iylik va Modifikatsiya. Kompozit materiallarning xususiyatlari vaqt o'tishi bilan o'zgarishi mumkin, shuningdek, ular harorat, bosim, va boshqa tashqi sharoitlarga qarab o'zgarishi mumkin. Shuning uchun, materialning signallarni qabul qilish qobiliyati ham sharoitga bog'liq bo'lishi mumkin.

- Modifikatsiya qilish: Kompozit materiallar yordamida signallarni qabul qilish imkoniyatlarini kengaytirish uchun materiallar tuzilishini yoki ularning elektro-magnit xususiyatlarini o'zgartirish mumkin.

-Dinamik o'zgarishlar: Kompozit materiallar o'zlarining elektromagnit xususiyatlarini muhitga moslashtiradigan tarzda o'zgartirishi mumkin, bu esa ularning signalni qabul qilishdagi samaradorligini oshiradi.

Nanokompozit Materiallar. Nanokompozit materiallar elektromagnit signalni qabul qilishda innovatsion yondashuvlarni taqdim etadi. Nanomateriallar, masalan, nanofillerlar yoki nano-tolalar kompozit materiallar ichiga qo'shilganida, materiallarning elektromagnit to'lqinlarga bo'lgan sezgirligi o'zgaradi.

Nanokompozitlar: Bu materiallar, masalan, yuqori zichlikdagi nano-qism materiallar yordamida elektromagnit signallarni qabul qilish va qayta ishlashda yanada yuqori samaradorlikni ta'minlashi mumkin.

Radioshaffoflikni o‘lchash va baholash, ular qanday amalga oshiriladi, misollar

O‘tkazuvchanlik (T) bu parametr uzatilgan to‘lqin quvvatining (P_T) tushayotgan to‘lqinning kuchiga (P_0) nisbati sifatida aniqlanadi [4];

$$T = \frac{P_t}{P_0} \quad (3)$$

bu yerda:

P_0 - materialdan o‘tishdan oldin elektromagnit to‘lqinning kuchi;

P_t - materialdan o‘tgandan keyin to‘lqin kuchi.

Signalning zaiflashishi: to‘lqin materialdan o‘tganda, energiyaning bir qismi so‘riladi va bir qismi sirtidan aks etadi. Signalning susayishi eksponensial qonun bilan tavsiflanishi mumkin:

$$P_t = P_0 e^{-ad} \quad (4)$$

bu yerga:

a - materialning to‘lqin chastotasiga va materialning xususiyatlariga bog‘liq bo‘lgan zaiflashuv (shaffoflik) koeffitsienti;

d - material qalinligi.

Zaiflash koeffitsienti a ni sindirish ko‘rsatkichining kompleks qiymati orqali aniqlash mumkin $N = \dot{n} - \iota k$, bu erda n - to‘lqin tarqalish tezligini aniqlaydigan haqiqiy qism va, k , yutilish bilan bog‘liq bo‘lgan xayoliy qism:

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (5)$$

bu erda: λ - vakuumdagi to‘lqin uzunligi.

Zaiflashuv koeffitsienti orqali o‘tkazuvchanlik: P_t ifodasini T o‘tkazuvchanlik tenglamasiga almashtirib, biz quyidagilarni olamiz:

$$T = e^{-\alpha d} \quad (6)$$

Tenglamaning ikkala tomonining logarifmini olib, biz zaiflashuv koeffitsientini o‘tkazuvchanlik nuqtai nazaridan ifodalashimiz mumkin;

$$\alpha = -\frac{\ln(T)}{d} \quad (7)$$

Material orqali to‘lqinning tarqalish jarayoni ko‘pincha elektr maydonining murakkab amplitudasi nuqtai nazaridan tavsiflanadi. Agar materialda tarqalayotgan tekis to‘lqinni ko‘rib chiqsak, uning tarqalish yo‘nalishi bo‘yicha z koordinatasiga qarab $E(z)$ elektr maydonini quyidagicha yozish mumkin;

$$E(z) = E_0 e^{-i\tilde{k}z} \quad (8)$$

Kompleks to‘lqin raqami qayerda, $\tilde{k} = \frac{2\pi\tilde{n}}{\lambda_0} = \frac{2\pi}{\lambda}$ λ_0 - vakuumdagi to‘lqin uzunligi.

Materiallar chegaralarida aks etishni o‘z ichiga olgan holda, o‘tkazuvchanlikning aniqroq ifodasini olish mumkin;

$$T = \left| \frac{4n_1 n_2}{(n_1 + n_2)^2 e^{-\alpha d} + (n_1 - n_2)^2 e^{\alpha d}} \right|^2 \quad (9)$$

bu yerda:

n_1 hamda n_2 - chegaralardagi nurlarning sinishi ko‘rsatkichlari (masalan, havoda to‘siqlarga uchraganda va kompozit materialda).

Aytaylik, uzunligi $l=0,1\text{m}$ bo‘lgan to‘lqin uchun qalinligi $d=0,01\text{m}$ bo‘lgan materialning radioshaffofligini aniqlash zarur bo‘lib, o‘lchangan o‘tkazuvchanlik $T=0,8$ ekanligi ma’lum.

Biz zaiflashuv koeffitsientini hisoblaymiz;

$$\alpha = -\frac{\ln(0.8)}{0.01} \approx 22.31 \text{ m}^{-1} \quad (10)$$

Zaiflash koeffitsienti asosida materialning ma’lum bir qalinligida yo‘qotishlarni aniqlash va uning radioshaffof material sifatida samaradorligini baholash mumkin.

Ushbu tenglamalar va yondashuvlar materialning radioshaffof xususiyatlarini hisobga olgan holda samolyot pardasini loyihalashda foydalanish uchun qanchalik mos ekanligini baholash imkonini beradi.

Samolyot old burin qismida ishlatiladigan radioshaqqof materiallardagi nuqqsonlarni aniqlash samolyot jihozlarining xavfsizligi va ishlashini ta'minlashda muhim qadamdir. Teshiklar, delaminatsiyalar, yoriqlar yoki begona qo'shimchalar kabi nuqqsonlar materialning radioshaqqof xususiyatlarini sezilarli darajada buzishi mumkin, bu esa radio signallarini uzatish va qabul qilish sifatini pasayishiga olib keladi.

Ultrasonik to'liqlar hosil bo'ladi va materialga yo'naltiriladi. To'liqlar material bo'ylab harakatlanadi va qatlamlar yoki nuqqsonlar chegaralaridan aks etadi. Nosozliklar mavjudligi va tabiatini aniqlash uchun aks ettirilgan signallar tahlil qilinadi.

Chuqurlikdagi nuqqsonlarni aniqlash qobiliyati, yuqori aniqlik.

Delaminatsiyalar va bo'shliqlar kabi ichki nuqqsonlarni aniqlash uchun ishlatiladi.

Usul materialga kirib boradigan va uning uch o'lchovli tasvirini yaratadigan radio to'liqlardan foydalanadi. Materialning tuzilishidagi nuqqsonlar tufayli yuzaga kelgan o'zgarishlar radio to'liqlarini uzatishda og'ishlarga olib keladi.

Kichik nuqqsonlarni aniqlash qobiliyati bilan buzilmaydigan sinovlarni o'tkazish imkonini beradi.

Murakkab kompozit materiallarni tahlil qilish uchun, hatto radioshaqqoflikka ta'sir qilishi mumkin bo'lgan kichik nuqqsonlarni aniqlash uchun ishlatiladi [8,9].

Xulosa o'rnida shuni aytish mumkinki, materialdan o'tadigan terahertz to'liqlari strukturadagi o'zgarishlarga, masalan, teshiklar yoki delaminatsiyalarga sezgirdir. Ushbu to'liqlar infraqizil va mikroto'liqlar orasidagi spektral diapazonda bo'lib, ularning ko'p dielektrik materiallarga kirib borishiga imkon beradi.

Aviatsiyada radioshaqqof materiallarning har tomonlama diagnostikasini ta'minlash uchun bir nechta usullarni birlashtirgan integratsiyalashgan monitoring tizimlaridan foydalanish mumkin. Masalan, ultratovush diagnostikasi materialning

tuzilishini to‘liqroq tahlil qilish uchun terahertz skanerlash bilan birgalikda ishlatilishi mumkin. Muntazam texnik xizmat ko‘rsatish vaqtida bunday tizimlar yarmarkalarning holatini avtomatik ravishda tahlil qilishi va jiddiy nosozliklarga olib kelishidan oldin yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan nuqsonlarni aniqlashi mumkin.

Ushbu usullar va texnologiyalar aviatsiya tizimlarining xavfsizligi va samaradorligini ta‘minlash uchun juda muhim bo‘lgan radioshaqqof materiallarning holatini sifat va miqdoriy tahlil qilish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Abduqayumov A.A., Eshmuradov D.E., Jumamuratov B.A.. Kompozit materiallarning radioshaqqofligini nazorat qiluvchi vositaning metrologik ta‘minoti. OAK jurnali 05.00.00-texnika fanlari 2024 / 3-SON Standartlashtirish, sertifikatlashtirish va texnik jihatdan tartibga solish ilmiy-tadqiqot instituti “Milliy standart” ilmiy jurnali c.1-5.
2. Grattan, K. T. V., & Sun, T. Рассматриваются различные виды волоконно-оптических датчиков, которые могут быть интегрированы в композитные материалы для мониторинга их состояния. Fiber Optic Sensor Technology: An Introduction. Springer, 2000.
3. Hellier, C. Полное руководство по методам неразрушающего контроля, включая применение ультразвуковых, рентгеновских и вихретоковых методов.
4. Handbook of Nondestructive Evaluation, Second Edition. McGraw-Hill, 2012.
5. Luycx, G., Voet, E., Lammens, N., & Degrieck, J. Исследование о применении волоконных датчиков для мониторинга состояния композитных материалов в реальном времени "Strain measurement in composite materials using embedded fibre Bragg gratings." Composite Science and Technology, 68(3), 2008, pp. 506-515.

6. Boyes, R. Non-Destructive Testing of Composite Materials. Книга охватывает основные методы неразрушающего контроля композитных материалов, включая ультразвуковую инспекцию, термографию и радиоволновую томографию. Woodhead Publishing, 2018.
7. Jumamuratov B.A., Amangeldiyev N.S., Perdebayev S.R. Havo kemalarining radiopriborlarini sertifikatlashtirishda diagnostika masalalari. OAK 01-07/1368. Science and innovation international scientific journal volume 1 issue 8 uif-2022: 8.2ISSN: 2181-3337 C.86-89.
8. Jumamuratov B.A Metrological Supply of the Repair and Testing of the Nose of the Aircraft (Radom) International scientific and practical “Smart cities and sustainable development of regions” (SMARTGREENS 2024): LLC Institute of Digital Economics and Law [ООО «Institut tsifrovoy ekonomiki i prava»], 2024. – 1005 p. ISBN: 978-5-6050374-8-5 C.522-526.
9. Jumamuratov B.A. Metrological support of the repair and testing of the nose of the aircraftparameters of an aircraft. OAK. Kamissiya qarori 24.05.2017 №5/2 Science and Education in Karakalpakstan. 2024 №2/1 ISSN 2181-9203., c.123-130.
10. Eshmuradov D. et al. STANDARTILASHTIRISH, SERTIFIKATLASH VA SIFATNI BOSHQARISH TIZIMLARI SOHASIDAGI ME’YORIY HUJJATLAR //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – №. A8. – С. 595-600.
11. Alijon Abdurakhmanov, Norkhuja Nizomov ANALYSIS OF AVAILABLE INNOVATIVE METHODS OF MEASURING AND CONTROLLING THE QUALITY OF ENERGY SUPPLY IN DIGITAL TECHNOLOGY FACILITIES // SAI. 2024. №Special Issue 17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-available-innovative-methods-of-measuring-and-controlling-the-quality-of-energy-supply-in-digital-technology-facilities> (дата обращения: 29.11.2024).
12. Nasiba G. N. S. T., Eshmuradov D. E. ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ //МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «Состояние и тенденции развития стандартизации и технического регулирования в мире. – 2022. – С. 178-184.