

OPTIK TOLALI ALOQA UZATISH SISTEMALARI

Jo‘rayeva Zilola Xusenovna

Zayniyev Akobir Faxriddin o‘g‘li

Avezov Ismoil Yoshuzoq o‘g‘li

Buxoro davlat universiteti talabasi

Buxoro, O‘zbekiston

Buxoro davlat universiteti o‘qituvchisi

Buxoro, O‘zbekiston

Annotatsiya: Ushbu tezisdagi optik tolali aloqa uzatish sistemalarining fizik asoslari, axborot sig‘imi, so‘nish, dispersiya va nochiziqli effektlar ta’siri ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Optik tolali aloqa tizimlarida axborot yorug‘lik impulslari orqali uzatiladi, bunda asosiy uzatish muhiti sifatida dielektrik optik tola xizmat qiladi. Zamonaviy optik aloqa tizimlarida to‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirish, kogerent qabul qilish va raqamli signalni qayta ishlash texnologiyalari yuqori tezlik va katta masofaga uzatishni ta’minlaydi [1], [2]. Shu bilan birga, optik toladagi so‘nish, xromatik dispersiya, qutblanish dispersiyasi va Kerr nochiziqliligi uzatish sifatini cheklovchi asosiy omillar hisoblanadi [3], [4].

Kalit so‘zlar: optik tola, optik aloqa, uzatish tizimi, so‘nish, dispersiya, Kerr nochiziqliligi, kogerent qabul qilish, WDM.

Kirish

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi yuqori tezlikdagi, keng polosali va ishonchli aloqa tizimlariga bo‘lgan talabni keskin oshirdi. Optik tolali aloqa uzatish sistemalari hozirgi global telekommunikatsiya infratuzilmasining asosiy qismini tashkil etadi. Buning asosiy sababi optik tolaning keng chastota polosasiga ega bo‘lishi, elektromagnit shovqinlarga chidamliligi, kichik so‘nish koeffitsiyenti va katta masofalarga axborot uzatish imkoniyatidir [1].

Optik aloqa tizimining umumiy tuzilmasi quyidagi asosiy qismlardan iborat: optik uzatkich, modulyator, optik tola, optik kuchaytirgich, qabul qilgich va raqamli signalni qayta ishlash bloki. Uzatkichda elektr signali optik signalga aylantiriladi, optik tolada tarqaladi va qabul qilgichda qayta elektr signalga o'tkaziladi.

Asosiy qism

Optik tolada signal tarqalishi jarayonida quvvat masofa bo'yicha kamayadi. Bu hodisa so'nish deb ataladi va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$P(L) = P_0 e^{-\alpha L},$$

bu yerda P_0 — tola boshidagi optik quvvat, $P(L)$ — L masofadan keyingi quvvat, α — so'nish koeffitsiyenti, L — optik tola uzunligi. Amaliy hisoblarda so'nish ko'pincha dB ko'rinishida yoziladi:

$$A_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{P_0}{P(L)}.$$

So'nish optik aloqa liniyasining maksimal uzunligini belgilaydi. Shu sababli uzoq masofali tizimlarda erbiy bilan legirlangan optik kuchaytirgichlar va regeneratsiya qurilmalari qo'llaniladi [1].

Optik tolali uzatish tizimlarida yana bir muhim cheklovchi omil xromatik dispersiyadir. Dispersiya tufayli turli to'lqin uzunliklaridagi komponentlar tolada turli tezliklarda harakat qiladi va optik impuls kengayadi. Impuls kengayishi soddalashtirilgan holda quyidagicha ifodalanadi:

$$\Delta T = |D| \Delta \lambda L,$$

bu yerda D — dispersiya koeffitsiyenti, $\Delta \lambda$ — manba spektral kengligi, L — uzatish masofasi. Dispersiya ortishi natijasida impulslar bir-biriga qo'shib ketadi va belgilararo xalaqit yuzaga keladi. Bu esa bit xatolik ehtimolini oshiradi [2].

Zamonaviy optik tolali aloqa tizimlarida yuqori spektral samaradorlikka erishish uchun kogerent qabul qilish usuli qo'llaniladi. Kogerent qabul qilgichlar signalning

amplitudasi, fazasi va qutblanish holatini aniqlash imkonini beradi. Bu esa kvadratur amplitudali modulyatsiya va qutblanish bo'yicha zichlashtirish texnologiyalaridan foydalanishga sharoit yaratadi [2].

Optik aloqa kanalining nazariy sig'imi Shannon formulasi orqali baholanadi:

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}),$$

bu yerda C — kanal sig'imi, B — chastota polosasi, SNR — signal-shovqin nisbati. Ushbu ifoda shuni ko'rsatadiki, axborot uzatish tezligini oshirish uchun chastota polosasini kengaytirish yoki signal-shovqin nisbatini yaxshilash zarur [3].

Biroq optik tolali tizimlarda quvvatni cheksiz oshirish mumkin emas. Yuqori quvvatlarda tolaning Kerr nochiziqiligi kuchayadi. Optik signalning tolada tarqalishi umumiy holda nochiziqli Shredinger tenglamasi bilan tavsiflanadi:

$$\frac{\partial A}{\partial z} + \frac{\alpha}{2} A + i \frac{\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = i\gamma |A|^2 A.$$

Bu yerda A — optik maydon amplitudasi, α — so'nish koeffitsiyenti, β_2 — guruh tezligi dispersiyasi, γ — nochiziqlilik koeffitsiyenti. Tenglamaning o'ng tomonidagi

$$i\gamma |A|^2 A$$

had Kerr nochiziqililigini ifodalaydi. Bu effekt o'z fazaviy modulyatsiyasi, kesishma fazaviy modulyatsiya va to'rt to'lqinli aralashish kabi hodisalarni yuzaga keltiradi [4], [5].

To'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirish — WDM texnologiyasi optik tolali aloqa tizimlarining sig'imini sezilarli oshiradi. Bunda bir optik tola orqali turli to'lqin uzunliklarida bir nechta mustaqil kanal uzatiladi. Umumiy uzatish tezligi quyidagicha baholanishi mumkin:

$$R_{\text{umumiy}} = NR_{\text{kanal}},$$

bu yerda N — optik kanallar soni, R_{kanal} — bitta kanalning uzatish tezligi. WDM, kogerent qabul qilish va raqamli signalni qayta ishlash texnologiyalari birgalikda zamonaviy magistral optik tarmoqlarning asosini tashkil etadi [1], [2].

Xulosa

Optik tolali aloqa uzatish sistemalari yuqori tezlik, katta axborot sigʻimi va uzoq masofaga ishonchli uzatish imkoniyati bilan zamonaviy telekommunikatsiyaning asosiy texnologiyasiga aylangan. Bunday tizimlarda signal sifati asosan soʻnish, dispersiya, shovqin va noxiziqli effektlar bilan cheklanadi. Kogerent qabul qilish, WDM zichlashtirish, optik kuchaytirish va raqamli signalni qayta ishlash usullari ushbu cheklovlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Ilmiy tahlil shuni koʻrsatadiki, optik tolali aloqa tizimlarining keyingi rivoji yuqori spektral samaradorlik, noxiziqli effektlarni kompensatsiya qilish va signal-shovqin nisbatini yaxshilash bilan bevosita bogʻliq. Shu sababli optik tolali uzatish sistemalari nafaqat mavjud telekommunikatsiya tarmoqlari, balki kelajakdagi yuqori sigʻimli raqamli infratuzilma uchun ham muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega [3], [4], [5].

Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Essiambre, R. J., Kramer, G., Winzer, P. J., Foschini, G. J., Goebel, B. **Capacity Limits of Optical Fiber Networks.** *Journal of Lightwave Technology*, 28(4), 662–701, 2010. DOI: 10.1109/JLT.2009.2039464.
- [2] Savory, S. J. **Digital Coherent Optical Receivers: Algorithms and Subsystems.** *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 16(5), 1164–1179, 2010. DOI: 10.1109/JSTQE.2010.2044751.
- [3] Essiambre, R. J., Foschini, G. J., Kramer, G., Winzer, P. J. **Capacity Limits of Information Transport in Fiber-Optic Networks.** *Physical Review Letters*, 101, 163901, 2008. DOI: 10.1103/PhysRevLett.101.163901.
- [4] Mitra, P. P., Stark, J. B. **Nonlinear Limits to the Information Capacity of Optical Fibre Communications.** *Nature*, 411, 1027–1030, 2001. DOI: 10.1038/35082518.

[5] Temprana, E. et al. **Overcoming Kerr-Induced Capacity Limit in Optical Fiber Transmission.** *Science*, 348(6242), 1445–1448, 2015. DOI: 10.1126/science.aab1781.

[6] Savory, S. J. **Digital Filters for Coherent Optical Receivers.** *Optics Express*, 16(2), 804–817, 2008. DOI: 10.1364/OE.16.000804.