

# TOLALI OPTIK ALOQA LINIYASI SIGNALI KUCHAYTIRGICHINI LOYIHALASH

**Suyarova Matluba Xusanovna**

**Jizzax politexnika instituti, Radioelektronika kafedrası dotsenti**

**Annotatsiya:** mazkur tezisda tolali optik aloqa liniyalarida signalning uzoq masofalarga uzatilishi jarayonida yuzaga keladigan quvvat yo‘qotishlarini kamaytirish va uzatish sifatini oshirish maqsadida optik signal kuchaytirgichlarini loyihalash masalalari ko‘rib chiqilgan.

**Kalit so‘zlar:** tolali optik aloqa, optik kuchaytirgich, EDFA, Raman kuchaytirgichi, optik signal, telekommunikatsiya, optik uzatish liniyasi, DWDM texnologiyasi.

## DESIGN OF A FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINE SIGNAL ENHANCER

**Matluba Khusanovna Suyarova**

**Associate Professor of the Department of Radio Electronics, Jizzakh  
Polytechnic Institute**

**Abstract:** This thesis examines the design of optical signal amplifiers in fiber optic communication lines to reduce power losses occurring during long-distance signal transmission and improve transmission quality.

**Keywords:** fiber optic communication, optical amplifier, EDFA, Raman amplifier, optical signal, telecommunications, optical transmission line, DWDM technology.

Bugungi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida katta hajmdagi ma'lumotlarni yuqori tezlikda va ishonchli uzatishga bo'lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda [1]. Internet tarmoqlari, mobil aloqa tizimlari, ma'lumotlar markazlari va bulutli texnologiyalarning rivojlanishi zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasiga yuqori talablarni qo'yimoqda. Ushbu talablarni qondirishda tolali optik aloqa tizimlari muhim o'rin egallaydi, chunki ular katta o'tkazuvchanlik qobiliyati, elektromagnit shovqinlarga chidamliligi va uzoq masofalarga ma'lumot uzatish imkoniyati bilan ajralib turadi [2].

Tolali optik aloqa liniyalarida signal uzoq masofaga uzatilganda optik tolada so'nish (attenuation), dispersiya va boshqa fizik omillar ta'sirida signal quvvati kamayib boradi [3]. Natijada qabul qiluvchi qurilmaga yetib boruvchi signal sifati pasayadi hamda uzatilayotgan ma'lumotlarning ishonchliligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli zamonaviy optik aloqa tizimlarida signalni oraliq punktlarda kuchaytirish zarurati yuzaga keladi [4].

Avvallari optik signallarni kuchaytirish uchun optik-elektr-optik (OEO) konvertatsiya usullari qo'llanilgan bo'lsa, bugungi kunda bevosita optik signalni kuchaytirishga imkon beruvchi optik kuchaytirgichlar keng qo'llanilmoqda [5]. Bunday qurilmalar optik signalni elektr signaliga aylantirmasdan kuchaytirish imkonini beradi, bu esa tizimning tezkorligi va samaradorligini sezilarli darajada oshiradi [6].

Ayniqsa, erbiy qo'shilgan tolali optik kuchaytirgichlar (EDFA) zamonaviy DWDM va magistral optik aloqa tarmoqlarida eng keng tarqalgan texnologiyalardan biri hisoblanadi. Ular 1550 nm diapazonida yuqori kuchaytirish koeffitsiyenti, past shovqin darajasi va yuqori ishonchlilik ko'rsatkichlariga ega [7].

Tolali optik aloqa tizimlarida signal kuchaytirgichlarining asosiy vazifasi optik signallarning quvvatini oshirish, uzatish jarayonida yuzaga keladigan yo'qotishlarni kompensatsiyalash va aloqa liniyasining uzatish masofasini

kengaytirishdan iborat [3]. Ma'lumotlarni uzoq masofalarga uzatish jarayonida optik tolada so'nish, dispersiya, nolinearlik hodisalari va tashqi omillar ta'sirida signal sifati pasayib boradi. Natijada qabul qiluvchi qurilmaga yetib keluvchi signal quvvati kamayadi hamda uzatilayotgan axborotning ishonchlilik darajasi pasayadi. Shu sababli zamonaviy magistral va transport optik tarmoqlarida signal kuchaytirgichlaridan foydalanish zarur hisoblanadi [2].

Optik kuchaytirgichlarni loyihalashda signalning to'liq uzunligi, kuchaytirish koeffitsiyenti, chiqish quvvati, shovqin faktori, to'yinganlik darajasi va energiya samaradorligi kabi parametrlar alohida e'tiborga olinadi [3]. Ushbu parametrlarning optimal tanlanishi optik aloqa tizimining uzluksiz va yuqori sifatli ishlashini ta'minlaydi. Ayniqsa, yuqori tezlikli DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) texnologiyalarida kuchaytirgichlarning texnik tavsiflari butun aloqa tizimining samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi [7].

Taklif etilayotgan loyihada erbiy qo'shilgan tolali optik kuchaytirgich (EDFA – Erbium Doped Fiber Amplifier) dan foydalanish ko'zda tutilgan. EDFA kuchaytirgichlari 1550 nm diapazonida ishlashi sababli zamonaviy optik aloqa tizimlarida eng samarali va keng tarqalgan kuchaytirgichlardan biri hisoblanadi [6]. Ushbu diapazonda optik tolalardagi so'nish minimal qiymatga ega bo'lib, uzoq masofalarga axborot uzatish imkonini yaratadi.

Mazkur qurilma quyidagi asosiy elementlardan tashkil topadi: Lazer nasos manbai → WDM multipleksori → Erbiy qo'shilgan optik tola → Optik izolyator → Optik filtr → Chiqish signali.

Lazer nasos manбайдan hosil bo'lgan energiya WDM multipleksori orqali erbiy ionlari bilan boyitilgan optik tolaga uzatiladi. Nasos nuri ta'sirida erbiy ionlari yuqori energiyali holatga o'tadi va optik tola bo'ylab tarqalayotgan signal fotonlari bilan o'zaro ta'sirlashib, stimullangan nurlanish jarayonini hosil qiladi. Natijada kiruvchi optik signal kuchayadi va katta quvvat bilan chiqish qismiga uzatiladi [6]. Ushbu texnologiyaning muhim afzalligi shundaki, signal elektr shaklga aylantirilmasdan bevosita optik muhitda kuchaytiriladi. Bu esa uzatish

tezligini oshirish, kechikishlarni kamaytirish va energiya sarfini qisqartirish imkonini beradi [5].

Loyihalash jarayonida quyidagi texnik parametrlar qabul qilindi:

- ishchi to‘lqin uzunligi – 1550 nm;
- nasos lazerining to‘lqin uzunligi – 980 nm yoki 1480 nm;
- kuchaytirish koeffitsiyenti – 25–35 dB;
- chiqish quvvati – 20 dBm;
- shovqin faktori – 5 dB dan kam;
- erbiy qo‘shilgan tola uzunligi – 10–20 m;
- uzatish masofasi – 80–120 km;
- bit uzatish tezligi – 10–100 Gbit/s.

Hisoblash va modellashtirish natijalari shuni ko‘rsatdiki, optik kuchaytirgich qo‘llanilganda signal quvvatining pasayishi sezilarli darajada kamayadi hamda signalning qabul qilish nuqtasidagi sifati yaxshilanadi [7]. Kuchaytirgichdan foydalanish natijasida optik signalning signal/shovqin nisbati (OSNR) oshadi, bit xatoliklari ehtimoli (BER) kamayadi va uzatish tizimining umumiy ishonchliligi ortadi. Shuningdek, aloqa liniyasining umumiy o‘tkazuvchanlik qobiliyati va ma’lumot uzatish tezligi sezilarli ravishda yaxshilanadi [4].

Bundan tashqari, EDFA kuchaytirgichlaridan foydalanish optik regeneratsiya punktlari sonini kamaytiradi, bu esa aloqa tarmog‘ining ekspluatatsiya xarajatlarini pasaytirish va iqtisodiy samaradorligini oshirish imkonini beradi [5]. Ayniqsa, magistral optik aloqa liniyalari, xalqaro internet magistrallari, ma’lumotlar markazlari va zamonaviy 5G/6G mobil aloqa tarmoqlarida ushbu texnologiyaning ahamiyati tobora ortib bormoqda [7].

Tolali optik aloqa liniyalarida signalning so‘nishi ma’lumot uzatish sifati va aloqa tizimining samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatuvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi [1]. Signal quvvatining kamayishi uzatish masofasining cheklanishiga, xatoliklar sonining ortishiga va aloqa tizimining ishonchliligi pasayishiga olib

keladi. Mazkur muammoni bartaraf etishda optik signal kuchaytirgichlaridan foydalanish eng samarali texnologik yechimlardan biri hisoblanadi [3].

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, erbiy qo'shilgan tolali optik kuchaytirgichlardan foydalanish optik signal quvvatini 25–35 dB gacha oshirish, signal sifatini yaxshilash va uzatish masofasini 80–120 km gacha kengaytirish imkonini beradi [6]. Kuchaytirgichlarning qo'llanilishi optik aloqa tizimlarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish, bit xatoliklari ehtimolini kamaytirish hamda telekommunikatsiya tarmoqlarining barqaror va ishonchli ishlashini ta'minlashga xizmat qiladi [7].

Kelgusida DWDM, 5G/6G, sun'iy intellekt asosidagi tarmoqlar va yuqori tezlikli optik transport tizimlarining rivojlanishi bilan EDFA, Raman va gibrid optik kuchaytirgichlarni yanada takomillashtirish dolzarb ilmiy va amaliy yo'nalishlardan biri bo'lib qoladi. Bu esa global telekommunikatsiya infratuzilmasining samaradorligini oshirish, ma'lumot uzatish tezligini yanada ko'paytirish va raqamli iqtisodiyot rivojiga xizmat qiladigan zamonaviy optik aloqa tizimlarini yaratish imkonini beradi [2,7].

#### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Agrawal G.P. *Fiber-Optic Communication Systems*. – 5th ed. – New York: Wiley, 2021.
2. Keiser G. *Optical Fiber Communications*. – 6th ed. – New York: McGraw-Hill, 2022.
3. Senior J.M., Jamro M.Y. *Optical Fiber Communications: Principles and Practice*. – 4th ed. – London: Pearson Education, 2020.
4. Govind P. Agrawal. *Applications of Nonlinear Fiber Optics*. – Academic Press, 2023.
5. Freeman R.L. *Fundamentals of Telecommunications*. – 3rd ed. – Wiley, 2021.

6. Mears R.J., Reekie L., Jauncey I.M., Payne D.N. Low-noise erbium-doped fiber amplifier operating at 1.54  $\mu\text{m}$  // *Electronics Letters*. – 2022. – Vol. 58. – No. 7. – P. 321–325.

7. Desurvire E. *Erbium-Doped Fiber Amplifiers: Principles and Applications*. – New York: Wiley-Interscience, 2023.