

TOLALI OPTIK ALOQA LINIYALARIDA DISPERSIYA KOMPENSATORLARINI QO'LLASH SAMARADORLIGINI TAKOMILLASHTIRISH

Mirazimova Gulnora Xasanovna

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7856943>

Abstract. Further development of modern optical communication systems requires the elimination of factors that limit the capabilities of the system and increase the efficiency and quality of the system's transmission. Dispersion values in long-distance fiber-optic communication lines are significantly high, which requires the use of special technical solutions to compensate for dispersion distortions for an optical signal of any format. The article is devoted to the issues of increasing the efficiency of using dispersion compensators.

Keywords: fiber-optic communication systems, communication line, optical fiber, signal, optical channel, dispersion, dispersion compensation, optical amplifier, efficiency, transmission quality.

KIRISH

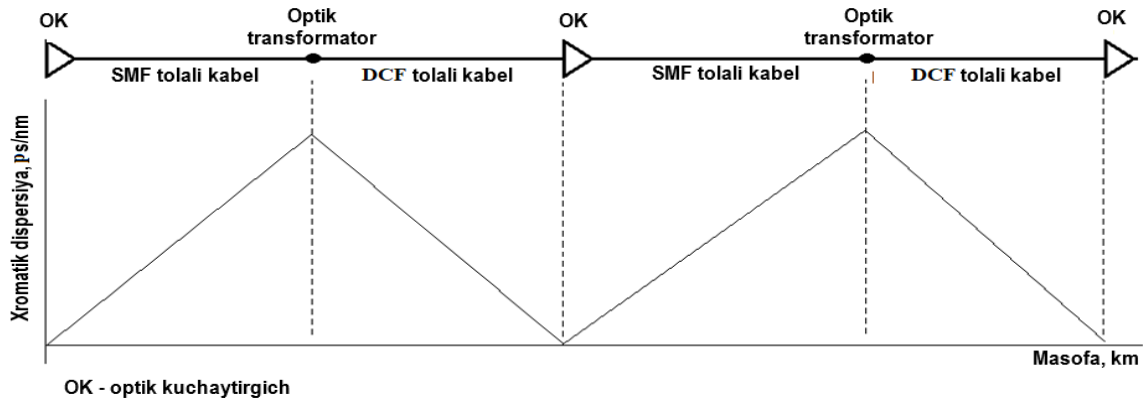
Optik tolada nafaqat xromatik dispersiya (masalan, liniyaning 1000 km uzunligida G.652 tolalarda 550 nm to'liq uchun yig'indi xromatik dispersiya taxminan 18 000 ps/nm ni tashkil etadi), balki apparaturalarning optik qurilmalarida to'planadigan PMDdan birmuncha kichik dispersion buzilishlar qiymati (masalan, G.652 PMD=0,2 ps/km^{0,5} tolada 1000 km liniya uzunligida dispersiya 66 ps ni tashkil etadi) ham optik signallarni uzatish imkoniyatlarini cheklaydi va kompensatsiyalash bo'yicha echimlarni talab qiladi. Bular maqolaning dolzarbligini belgilaydi. Maqolada zamonaviy optik aloqa tizimlarida dispersiya kompensatorlarini qo'llash samaradorligini takomillashtirish tahlillarini amalga oshirish maqsad etilgan.

Asosiy qism. Dispersiyani kompensatsiyalashning qanday texnik echimlari mavjud? Ularning afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanishi samaradorligi nimada? Bu savollarga quyida asoslangan javoblarni ifodalash zarur.

Katta uzunlikdagi optik liniyalarda kiritiladigan optik quvvatni yo'qtishlarni kompensatsiyalash uchun turli optik kuchaytirgichlar ishlatiladi. Bitta oraliq (oxirgi) stansiyada dispersiya kompensatori va quvvat kuchaytirgichni birlashtirish optik signallarni yuqori aniqlikda qayta tiklashga imkon beradi. Bunda ko'p sonli (10 dan ortiq) optik kuchaytirgichlarni kaskadli ulanishi kuchaytirgichlarning o'z-o'zidan emissiyasi shovqining to'planishi sababli optik signal/shovqin nisbatini (OSNR) kamayishiga olib keladi, undan qutilish deyarli mumkin emas. Bundan tashqari, dispersiya kompensatorlari va kuchaytirgichlardan turli foydalanish sxemalari, masalan, kompensator tolasida nochiqli optik samaralar vujudga keltiradigan OSNRning qo'shimcha pasayishini keltirib chiqarishi mumkin, bu kuchaytirgichlar orasidagi masofaga, kuchaytirish qiymatiga va kuchaytirishning bir tekisligiga va boshqalarga cheklashlarni qo'yadi.

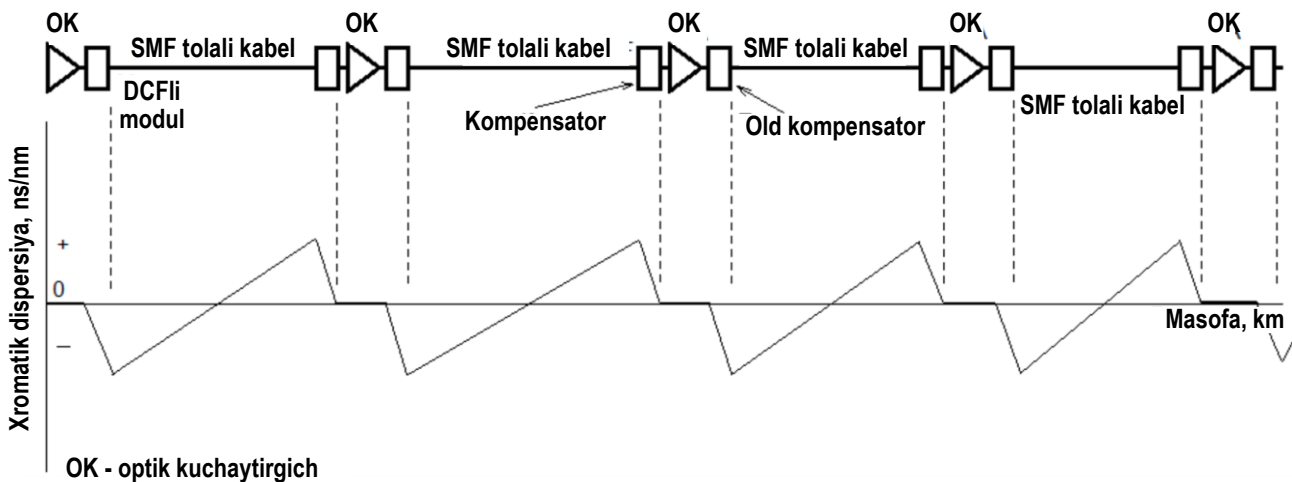
DWDM tizimlari uchun DCF tolalar asosida tolali xromatik dispersiya kompensatorlari ishlab chiqilgan. DCF tolalarnig qator turlari mavjud, masalan, SMF dispersiyani kompensatsiyalash uchun 0,22 dB/km o'z yo'qotishlariga ega, DCF38 tola kichik manfiy dispersiya qiymati (-4,3...-1,6 ps/nm×km), 27 mkm² samarali maydon, NZDSF dispersiyani kompensatsiyalash uchun 0,22 dB/km o'z yo'qotishlariga va 0,05 ps/km^{0,5} dan kichik PMDga ega. Bu tolalar kompleks liniyani qurish uchun optik kabel tarkibiga kiritiladigan liniyaviy tolalar

sifatida xizmat qilishi mumkin (1- rasm), bunda G.652 va DCF3 tolalarli yoki G.655 va DCF38 tolalarli kabellari navbatma-navbat keladi. Turli optik tolalarni birlashtirish joyida xarakteristikalari bo‘yicha moslashtirish qurilmasi – qaytishga yo‘qotishlarni kamaytiradigan optik transformator ishlatiladi. Xromatik dispersiya kompensatsiyalanadigan optik tolali liniyani qurishning muqobil varianti bo‘lib, dispersiyani kompensatsiyalash modulli yig‘ilgan sxema xizmat qilishi mumkin. Bunda modullar liniya tolasining uzunligiga, masalan, 40 km 2,7 dB kiritiladigan yo‘qotishlar bilan, 60 km 4 dB kiritiladigan yo‘qotishlar bilan, 100 km 6,2 dB kiritiladigan yo‘qotishlar bilan bog‘lanishga ega bo‘ladi.



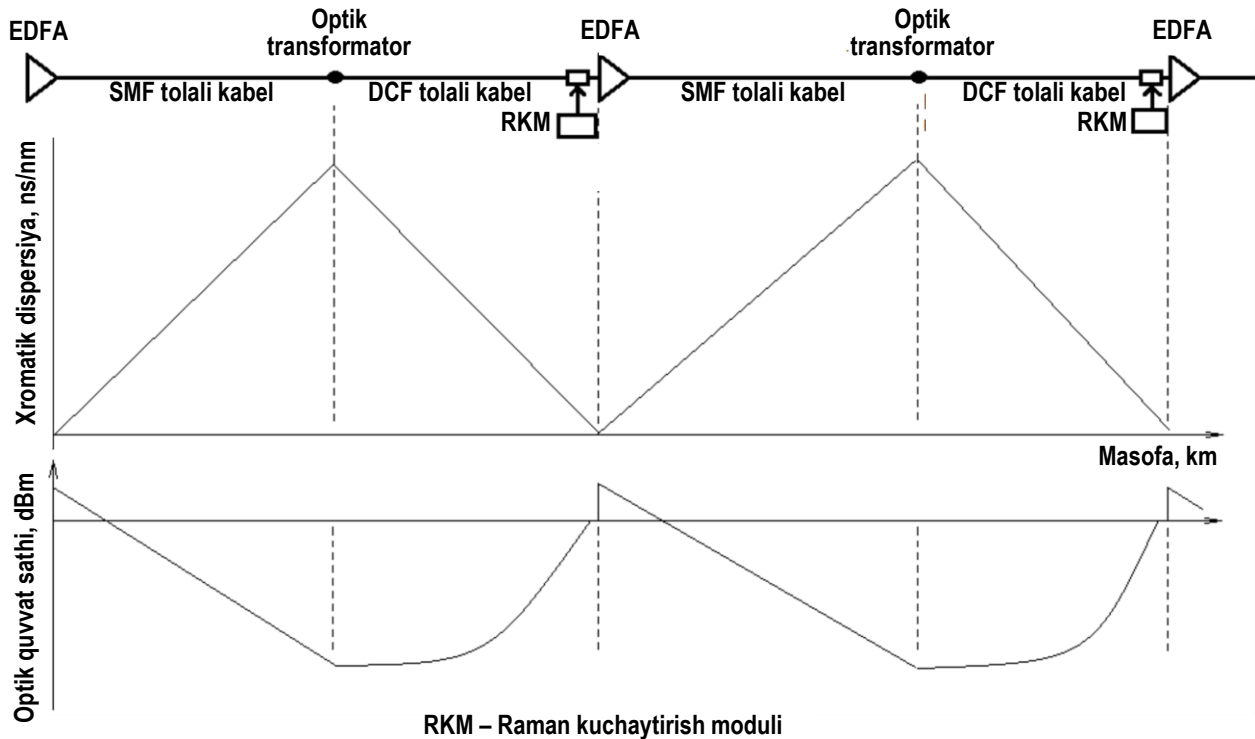
1- rasm. DCF dispersiya kompensatsiyalovchi kabelli tolali optik liniya

Dispersiyani kompensatsiyalash modullari (DKM) qabul qilgichdan oldin signallarning optik quvvatini qo‘shimcha yo‘qotishlarni kirishi hisobga olinganda bu modullarni yo‘qotishlarni kompensatsiyalaydigan optik kuchaytirgichli optik uzatkichlardan keyin qo‘yilishi varianti bo‘lishi mumkin. DKMning bunday qo‘llanishi oldindan kompensatsiyalash deyiladi. Lekin oldindan kompensatsiyalashning sezilarli kamchiligi o‘zakning kichik maydoni va optik quvvatni kichik hajmdagi yuqori kompensatsiyasiga bog‘liq yuqori nohiziqilik tufayli DKMda nohiziqi halqitlarni hosil bo‘lishi hisoblanadi. Kelishtiriladigan echim sifatida uzatishda qisman oldindan kompensatsiyalash va qabul qilishda to‘liq kompensatsiyalashdan birga foydalanishni hisoblash mumkin (2- rasm). DCF tolalarning o‘ziga xos xususiyatlari nafaqat xromatik dispersiyani kompensatsiyalash uchun, balki bu tolalarni taqsimlangan Raman kuchaytirish rejimida kuchaytirishda va erbiyli kuchaytirgichlar bilan birga ishlatishda zarur OSNR nisbatni saqlash uchun ishlatilishi mumkin (3- rasm).



2- rasm. Dispersiyani oldindan kompensatsiyalash va keyingi kompensatsiyalash modullariga ega bo‘lgan tolali optik liniya

Raman optik kuchaytirgichlari erbiyli kuchaytirgichlarga qaraganda past o‘z-o‘zidan emissiya shovqiniga ega va dastlabki kuchaytirish, ya’ni minimum ravishda tolalarning uzunligi bo‘yicha taqsimlangan kuchaytirish hisobiga DCF tolalardagi so‘nishni kompensatsiyalash uchun yaroqli hisoblanadi.



3- rasm. Dispersiya kompensatsiyalanadigan va aralash erbiyli-raman kuchaytirishli tolali optik liniya

Barcha yuqorida ko‘rib chiqilgan xromatik dispersiyani kompensatsiyalash sxemalarining umumiy kamchiliklariga quyidagilar kiradi:

- nohiziqli halaqitlarning hosil bo‘lishi va to‘planishi ehtimolligi, bu optik kanalning qabul qilish tomonida OSNR qiymatini kamaytiradi;

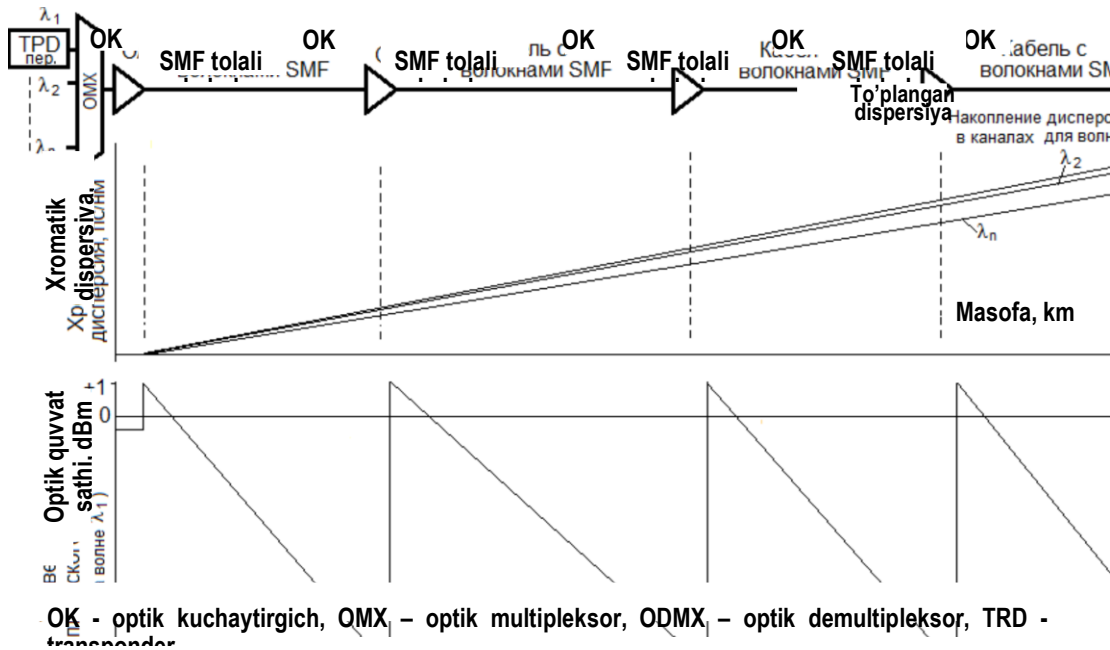
passiv kompensatsiyalashning qo‘llanishi optik quvvatni qo‘shimcha yo‘qo‘tishlarga olib keladi va kuchaytirish seksiyasining uzunligini qisqartirishni talab qiladi, bunda seksiyalarning maksimal uzunliklarini saqlash uchun optik kuchaytirishni oshirish tolali liniyadagi nohiziqli samaralar tufayli mumkin bo‘lmaydi;

- turli kompensatorlar (turli oraliqlar uzunliklariga, turli tolalarga) va ularni tolalar o‘zaklarining turli samarali maydonlari tufayli liniyaviy tolalar bilan moslashtirish vositalarining (o‘tish optik transformatorlarining) zarurati, shuningdek dispersiyani kompensatsiyalash modullari cheklangan harorat bo‘yicha stabilikka ega;

- katta uzunlikdagi liniyalarda (2000 km dan ortiq) PMDni adaptiv kompensatorlarining qo‘llanishi zarurati.

Yuqori uzatish tezliklarili (100 Gbit/s va undan yuqori) optik kanallarda dispersiyani kompensatsiyalashning barcha kamchiliklari bo‘yicha echim bo‘lib DWDM tizimida

transponderlar vositalari orqali qabul qilingan va elektr formatga o‘zgartirilgan har bir kanalli signalga raqamli ishlov berishning qo‘llanishi xizmat qiladi (4- rasm).



4- rasm. TPD_{qab} transponder qabul qilish qismida dispersiyani kompensatsiyalash uchun kanalli signalga ishlov berish moduliga ega bo‘lgan tolali optik liniya

Dispersiyani kompensatsiyalash uchun raqamli signalni boshqa tuzatish va qayta tiklash algoritmlariga ega bo‘lgan optik protsessor sxemasida amalga oshiriladigan ikkita algoritmlar (xromatik dispersiyani kompensatsiyalash va PMD uchun dinamik ekvalayzer) ko‘zda tutilgan echim qo‘llanishi mumkin. Bu echim DWDM tizimida nohiziqli halaqitlarni minimumga keltirish, optik kanalda passiv komponentlar sonini kamaytirish, past nohiziqli samaralar bo‘lag‘asili tolali yorug‘lik o‘tkazgichlarini qo‘llamaslikka imkon beradi.

70 000 ps/nm gacha to‘plangan dispersion buzilishlarni kompensatsiyalash bo‘yicha dinamik imkoniyatlarga erishilgan, bu 1550 nm to‘lqinda SMF dispersiyaning standart 18 ps/nm×km qiymatida 3,8 - 4,0 ming kilometrlar masofalardagi optik kanallarni tashkil etishga imkon beradi. Shuningdek ta’kidlash zarurki, ko‘rib chiqilgan dispersion buzilishlarni kompensatsiyalash usullaridan tashqari, optik liniyalar va kanallarda boshqa echimlar bo‘lishi mumkin, masalan, DWDM-tizimlarda foydalanishda kichik quvvat yo‘qotishlari va etarli bo‘lmagan ishchi chastotalar polosasi va tolalarning uzunligiga qayta sozlashning murakkabligi bilan farqlanadigan Bregg tolali panjarali dispersiya kompensatorlari, cheklangan to‘lqin diapazoni (1530 - 1560 nm) va qayta sozlash diapazoniga (± 2500 ps/nm, ya’ni 1550 nm dan 150 km gacha SMF dispersiyani kompensatsiyalashga) mo‘ljallangan, lekin transponder tarkibida oddiy joylashtiriladigan qayta sozlanadigan to‘lqin o‘tkazgichlar panjaralariga ega bo‘lgan ixcham kompensatorlar bo‘lishi mumkin. Shuningdek, dispersiyani kompensatsiyalash va tolalarning nohiziqli samaralarini kamaytirishdagi muhim yutuq sifatida 1 Tbit/s gacha tezlikli rejimlarga optik super kanallar uchun ishlab chiqilgan JNLCDP usulini (joint nonlinearity and chromatic dispersion pre-compensation method for CO-OFDM systems – OFDM kogerent tizimlari uchun

xromatik dispersiya va nochiziqililigni oldindan kompensatsiyalash usulini) hisoblash mumkin [15].

Tolali yorug'lik o'tkazgichining nochiziqililigi va dispersiyasini oldindan optik kompensatsiyalash OSNR bo'sag'aviy qiymatini bir necha dB larga kamaytirishga imkon beradi va bu bilan katta uzunlikdagi uzatish seksiyalarining so'nishini engib o'tish uchun har bir optik kanalning quvvatini oshirish imkoniyati yaratiladi.

Xulosa

Zamonaviy optik aloqa tizimlarining uzatish sifatini oshirishning asosiy yo'nalishlaridan biri yig'ilgan xromatik dispersiya va yig'ilgan polyarizatsion modali dispersiya kompensatorlarini qo'llash samaradorligini takomillashtirishdir. DCF tolalari xromatik dispersiyani kompensatsiyalash uchun ishlatiladi, lekin tolali optik liniyani qurishning muqobil varianti bu dispersiyani kompensatsiyalash modullarini kuchaytirish kaskadlariga joylashtirish hisoblanadi. DWDM tizimlarida Raman kuchaytirgichlari va erbiyli tolali kuchaytirgichlar (EDFA) samarali ishlaydi. Optik kuchaytirgichlar aloqa masofasini bir necha ming kilometrlarga oshiradi. Boshqa echim Bregg tolali panjarali dispersiya kompensatorlari joylashtiriladigan qayta sozlanadigan to'lqin o'tkazgichlar panjaralariga ega bo'lgan ixcham kompensatorlar bo'lishi mumkin. Yuqori uzatish tezlikli (100 Gbit/s va undan yuqori) optik kanallarda dispersiyani kompensatsiyalashning barcha kamchiliklari qabul qilishdagi transponderlar yordamida har bir kanal signallariga raqamli ishlov berish orqali bartaraf etilishi mumkin. Bu 1550 nm to'lqinda 18 ps/nm×km qiymat dispersiyali SMF standart tolalarni ishlatib 3,8 - 4 ming kilometrli tolali optik liniya traktlarini tashkil etishga imkon beradi.

REFERENCES

1. В.Г. Фокин. Ибрагимов Р.З. Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи: Учебное пособие/ Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики: каф. многоканальной электросвязи и оптических систем. Новосибирск. 2015 г. - 161 с.: ил.
2. Mirazimova G.H. About Quality of Optical Channels in Wavelength Division Multiplexing Systems of Optic Fibers. TELKOMNIKA, Vol.16, No.5, October 2018, pp.2005~2013
3. Kazuhiko Aikawa, Junji Yoshida, Susumu Saitoh, Manabu Kudoh, and Kazunari Suzuki. Dispersion Compensating Fiber Module// Fujikura Technical Review, 2011. P.16- 22.