

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI VA
KOMMUNIKATSIYALARNI RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

G. X. MIRAZIMOVA, N.YU. YUNUSOV

OPTIK ALOQA TIZIMLARI

“5350100 – Telekommunikatsiya texnologiyalari” yo‘nalishi
bo‘yicha ta‘lim olayotgan talabalar uchun laboratoriya ishlari dan
uslubiy qo‘llanma

Toshkent – 2017

UO‘K: 621.315.05-037.52

KBK: 32.88

M 88

M 88 G. X. Mirazimova, N.YU. Yunusov. Optik aloqa tizimlari. (Laboratoriya ishlarini bajarish bo‘yicha uslubiy qo‘llanma).T.: «Aloqachi», 2017, 196 bet.

ISBN 978-9943-326-90-3

Uslubiy qo‘llanmaning maqsadi – talabalar tomonidan “Optik aloqa tizimlari” fanini o‘zlashtirish va o‘rganishdan iborat.

Uslubiy qo‘llanmada laboratoriya ishlari bajariladigan qurilmalarning tuzilishi va ishni bajarish jarayoni ketma-ketligi keltirilgan.

Uslubiy qo‘llanmada har bir ishning maqsadi, mazmuni, laboratoriya ishini bajarish jarayoni, hisobot tarkibi, nazorat uchun savollar, nazariy qism, laboratoriya ishi bajariladigan qurilmaning umumiy tavsifi va adabiyotlar ro‘yxati keltirilgan.

Uslubiy qo‘llanma TATU ilmiy-uslubiy kengashida ko‘rib chiqildi va tasdig‘i asosida nashrga tavsiya qilingan.

UO‘K: 621.315.05-037.52

KBK: 32.88

Taqrizchilar:

Gulturayev N.X. – TI kaf. dotsenti, t.f.n.;

Berganov I.R. – O‘zR AT va KRV “UNICON.UZ” DUK bo‘lim boshlig‘i t.f.n., dotsent;

Tashqi:

Izbasarov U.A. – “O‘zbektelekom AK” “T va PRM” filiali loyihalarni amalga oshirishni nazorat qilish xizmati boshlig‘i.

TATU ilmiy - uslubiy kengashi qaroriga asosan chop etildi (2017-yil 21-fevral, 5 (96) – sonli bayonnoma).

ISBN 978-9943-326-90-3

©«Aloqachi» nashriyoti, 2017.

SO‘Z BOSHI

Ushbu laboratoriya ishlari to‘plami o‘zining bir qator o‘ziga xos xususiyatlari – o‘tkazish polasasining kengligi, halaqitga bardoshliligi, o‘lchamlarining ixchamligi, yengilligi, nisbatan arzonligi va boshqa afzalliklari tufayli telefoniya, kabel televideniya, havo va suv osti kemalarining bort aloqasini tashkil etishda, lokal va abonentga ulanish tarmoqlarida, texnologik jarayonlarni boshqarishda tobora keng qo‘llanish topayotgan tolali optik aloqa tizimlarining aktiv va passiv elementlarini tajriba yo‘li bilan o‘rganishga qaratilgan laboratoriya ishlarini bajarishga bag‘ishlangan.

Unda umumiy hajmi 36 soatlik laboratoriya mashg‘ulotlari chog‘ida bajariladigan quyidagi laboratoriya ishlarining maqsad va vazifalari, ularni bajarishda qo‘llaniladigan qurilmalarning tavsiflari, laboratoriya ishlarini bajarish bo‘yicha uslubiy ko‘rsatmalar keltirilgan:

1- laboratoriya ishi. Optik tolalar. Optik tolalarning turlari va xarakteristikalarini. Optik tolalarning geometrik va fizik parametrlari. Optik tolalarning sonli aperturasini tajriba yo‘li bilan aniqlash;

2- laboratoriya ishi. Yorug‘lik diodi va lazer diodining vatt-amper xarakteristikalarini qiyosiy o‘rganish;

3- laboratoriya ishi. Fotoqabul qilgichning volt-amper va spektral xarakteristikalarini tadqiq etish;

4- laboratoriya ishi. Lazer diod nurlanishining impulsli modulyatsiya jarayonini tadqiq etish;

5- laboratoriya ishi. Lazer diod nurlanishining analog modulyatsiya jarayonini tadqiq etish;

6- laboratoriya ishi. Optik aloqa tizimlarining tuzilish prinsipini o‘rganish (STM-1 uzatish tizimi asosida);

7- laboratoriya ishi. Raqamli tolali-optik uzatish tizimlarining liniya kodlarini tadqiq etish;

8- laboratoriya ishi. Optik regeneratlarni o‘rganish va tekshirish;

9- laboratoriya ishi. Optik kuchaytirgichlarning xarakteristika va parametrlarini tadqiq etish;

10- laboratoriya ishi. Real optik aloqa liniyasi qabul qilish punktida signal shaklini modellashtirish;

11- laboratoriya ishi. Ajraladigan optik ulagichlarning xarakteristikasini tadqiq etish;

12- laboratoriya ishi. Optik attenyuatorlarning xarakteristikasini

tadqiq etish;

13- laboratoriya ishi. Optik tolaning bukilishi tufayli sodir boʻladigan soʻnish solishtirma koeffitsiyentining uning bukilish radiusiga bogʻliqligini tadqiq etish.

Ushbu laboratoriya ishlarini bajarishda qoʻllaniladigan zamonaviy uskunalar, tadqiq etiladigan aktiv va passiv optik elementlar, optik aloqa tizimlari bilan tanishish, laboratoriya ishlarini bajarish va ularning natijalari boʻyicha tegishli hisoblashlar va tahliliy ishlarni bajarish, talabalarga ajratilgan soatlar davomida «Optik aloqa tizimlari» fani boʻyicha yetarli darajadagi koʻnikma va uquvlarni shakllantirish imkonini beradi. Har bir laboratoriya ishini bajarishdan avval keltirilgan qisqacha nazariy maʼlumotlar laboratoriya ishlarini samarali yakunlashga yordam beradi degan umiddamiz.

Mualliflar.

1-Laboratoriya ishi

OPTIK TOLALAR. OPTIK TOLALARNING TURLARI VA XARAKTERISTIKALARI. OPTIK TOLALARNING GEOMETRIK VA FIZIK PARAMETRLARI. OPTIK TOLALARNING SONLI APERTURASINI TAJRIBA YO‘LI BILAN ANIQLASH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

Optik tolalarning turlari va xarakteristikalarini, optik tolalarning geometrik va fizik parametrlarini o‘rganish. Bir modali va ko‘p modali optik tolalarning sonli aperturalarini tajriba yo‘li bilan aniqlash.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishiga tayyorlanayotganda quyidagi savollarni o‘rganish zarur:

- optik tolaning tuzilishi va uning geometrik parametrlarini o‘rganish;

- hisobot uchun nazariy qismning qisqacha mazmuni, qurilmaning tuzilishi va olingan natijalarni qayd etish uchun jadval chizilgan sahifani tayyorlash;

- [1]-adabiyotning 44 – 79 sahifalari, [2]-adabiyotning 6 – 9, 21 – 45 sahifalari, [5]-adabiyotning 37 – 40 sahifalari, [6]-adabiyotning 51 – 52 sahifalari, [7]-adabiyotning 13 – 20 sahifalaridan foydalaning.

3. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

Diqqat! Har bir qo‘llashdan avval tolali shnurlar yordamida o‘lchovlarni olib borishda ularning kesimidan himoya qalpoqlarini yechish kerak. Tolali shnur yordamida ish tugagach, uning kesimiga yechilgan himoya qalpog‘ini albatta, kiygizib qo‘yish kerak.

Ushbu laboratoriya ishida quyidagi elementlar qo‘llaniladi (1.11-rasm):

- “nurlanish manbaining elektr ta‘minoti bloki” elektron bloki;
- lazer diodi LD yoki yorug‘lik diodi YD;
- yustirovka qurilmalari YuQ1 va YuQ2;

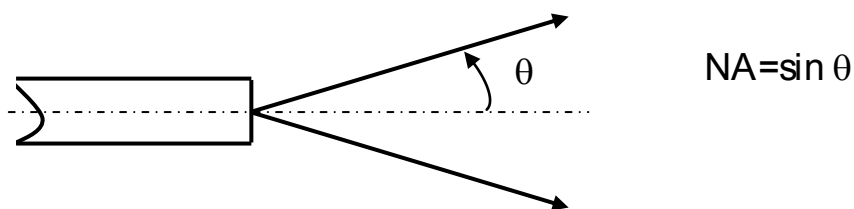
- FC-UPC turdagi konnektorli, himoya qobig'isiz (sariq rangli bufer qoplamali) bir modali optik tola;
- FC-UPC turdagi konnektorli ko'p modali (olov rangli himoya qobig'li) optik tola;
- Mikroobyektivsiz telekamera;
- oq-qora monitor;
- qatorni ajratish bloki;
- ossilograf.

Dastlabki ogohlantirish. Optik tolaning sonli aperturasini o'lchashda telekamera mikroobyektiv albatta, yechilishi kerak.

Optik tolaning sonli aperturasi NA deganda optik tola ko'ndalang kesimiga tushayotgan yorug'lik nuri va optik tola o'qi orasidagi burchak sinusining nurning o'zak-qobiq chegarasidan to'liq ichki qaytishiga mos keladigan qiymati tushuniladi. Uni tajriba yo'li bilan aniqlash uchun optik tola kesimidan chiqayotgan nurlanishning tarqalish jarayoni tadqiq etiladi. Bunda yorug'lik nurining optik toladagi to'liq ichki qaytishi chog'ida tolaning kirishidagi va chiqishidagi burchaklarning o'zaro teng bo'lishiga asoslaniladi. 1.1-rasmda qo'zg'atilgan optik tola kesimidan chiqayotgan natijaviy nurlarning yo'li ko'rsatilgan. Ular bilan optik tola o'qi orasidagi θ burchak NA sonli apertura qiymatini belgilaydi.

Optik tolaga kiritiladigan nurlanish manbai sifatida lazer diodi LD yoki yorug'lik diodi YD ishlatilishi mumkin. Ikkala manba laboratoriya qurilmasining tarkibiga kiradi.

Optik tolaning chiqish kesimi telekameraning ko'rish maydonida joylashadi va monitor ekranida uning tasviri hosil bo'ladi. Televizion Ossilograf yordamida tasvir qatorini ajratish (laboratoriya ishi qurilmasining tavsifiga qarang), uning ko'ndalang kesimida intensivlikning taqsimlanishini tahlil etish imkonini beradi.



1.1-rasm. Qo'zg'atilgan optik tola kesimidan chiqayotgan natijaviy nurlarning yo'li

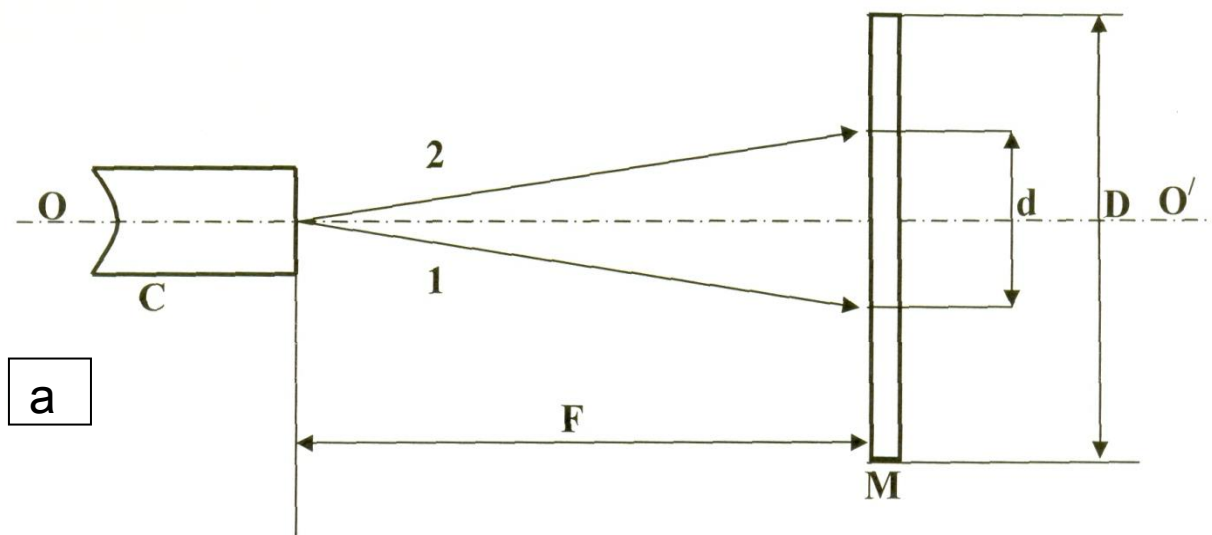
1.2-rasmda optik tola kesimi S va undan chiqayotgan nurlanish

mujassamlashgan yorug'lik konusini chegaralovchi 1-, 2-nurlar ko'rsatilgan. Nurlar telekameraning PZS matritsasiga tushadi (Masalan 1.2 a-rasm), uning yordamida televizion signal shakllanadi. 1.2 a-rasmda optik tola kesimidan F masofaga tarqaluvchi nurlanishga mos keluvchi yorug'lik dog'i t ning diametri va matritsaning T gorizontal o'lchami belgilangan.

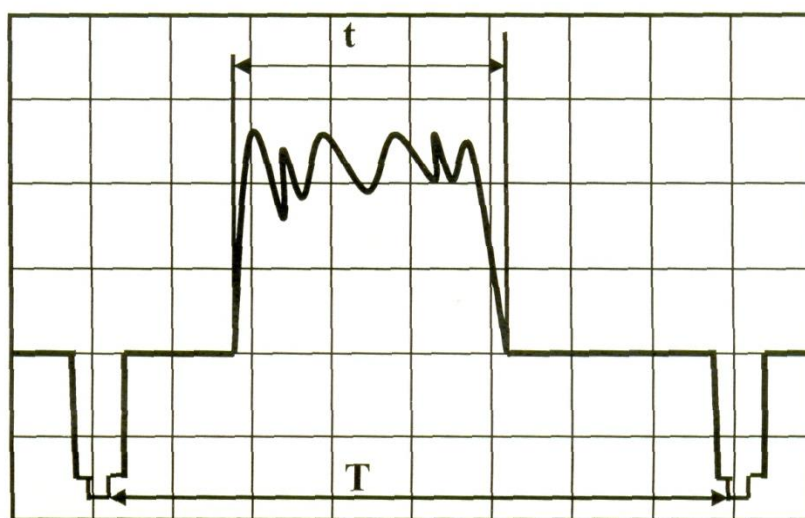
M matritsaga yorug'lik konusi proyeksiyasining tasviri monitor ekranida yorug' dog' ko'rinishida kuzatiladi. Ossilograf va qatorni ajratish bloki QAB yordamida televizion signalning qatorlaridan biri ajratilishi mumkin. Dog' o'rtasiga to'g'ri keluvchi, qatorga muvofiq keluvchi ossilogrammaning namunaviy ko'rinishi 1.2 b va 1.2 v-rasmlarda ko'rsatilgan.

1.2 b-rasm tadqiq etilayotgan optik tolaning lazer diodi LD yordamida qo'zg'algan holatiga muvofiq keladi. LD nurlanishining kogerentligi tufayli optik tola kesimida barcha mumkin bo'lgan modalar (spekl) tomonidan hosil bo'ladigan interferension tasvir kuzatiladi. Natijada yorug'lik dog'iga mos keluvchi ossilogramma kuchli qiyib tashlangan. Bu o'lchovni o'tkazishga xalaqit qilishi mumkin.

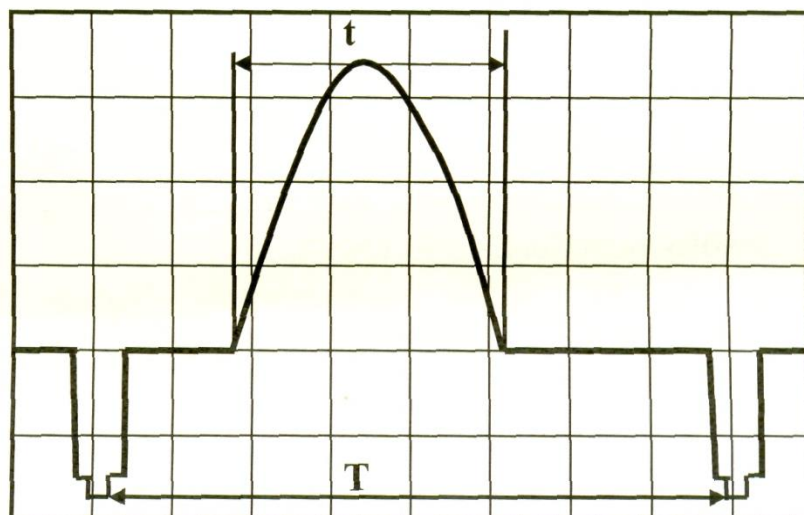
1.2 v-rasm tadqiq etilayotgan optik tolaning yorug'lik diodi YD yordamida qo'zg'algan holatiga mos keladi. Uning nurlanishi nokogerent va modalar orasida interferensiya mavjud emas.



a



b



v

1.2-rasm. Optik tola kesimi C va undan chiqayotgan nurlanish mujassamlashgan yorug'lik konusini chegaralovchi 1 – 2- nurlar (a) . Tadqiq qilayotgan optik toladan LD (b) va YD (v) dan uzatilayotgan optik nurlanishining ostsillogrammasini namunaviy ko'rinishi.

Dog'ning diametriga ossillogrammada belgilangan t o'lcham mos keladi. D matritsaning gorizontaal o'lchamiga ossillogrammadagi qo'shni qator impulslari orasidagi T masofa mos keladi. Maketda ishlatiladigan telekamera uchun D o'lcham ma'lum ($D=40$ mm). Shuning uchun dog'ning real o'lchami D ossillogramma bo'yicha t va T kattaliklarni o'lchash yo'li bilan aniqlanishi mumkin:

$$d=t \cdot D/T.$$

Sonli aperturaning qiymati, masofaning o'lchangan qiymati bo'yicha oddiy trigonometrik ifoda orqali hisoblanadi:

$$NA=\sin(\theta)=d/(\sqrt{(d^2 + D^2)}).$$

3.1. Ko'p modali (olov rangli himoya qobig'ili) optik tola kirish kesimining joyini chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi yustirovka qurilmasi YQ1 tuguniga mahkamlanadi (1.15-rasm). Buning uchun quyidagilar bajariladi:

3.1.1. Joyni chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi mikrometrik vint CHB1 yordamida tugunning joyini chapga oxirgi holatga o'zgartirish.

3.1.2. 2 - va 3-platalardagi tirqishlar orqali optik tolni o'tkazish.

3.1.3. Konnektorning qayd etish vintini burab, optik tolaning FC konnektorini opravka 10 ga mahkamlash.

3.2. Joyni burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi yustirovka qurilmasi YQ2 (1.15-rasm) tuguniga optik tolaning chiqish kesimini mahkamlash. Buning uchun quyidagi ishlar bajariladi:

3.2.1. Joyni chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi mikrometrik vint CHB1 yordamida tugunning joyini chapga oxirigacha o'zgartirish.

3.2.2. FV2 qayd etuvchi vintni (1.15-rasm) burash va yechiladigan opravka 12 ni ajratish.

3.2.3. 5, 6, 7-halqalardagi va 11-silindrdagi tirqishlar orqali optik tolni o'tkazish.

3.2.4. Konnektorning qayd etuvchi vintini burab, opravka 12 dagi optik tolaning FC konnektorini mahkamlash;

3.2.5. Ehtiyotlik bilan optik tolaning keskin bukilishiga yo'l qo'ymasdan, opravka 12 ni o'rnatiladigan joyiga qo'yish va uni FV2 qayd etuvchi vint yordamida mahkamlash.

3.3. O'rnatish uchun quyidagi ishlar bajariladi:

- NMETB ning old panelidagi (1.12-rasm) damlash tokini sozlovchi

potensiometr ruchkasini soat strelkasiga teskari yo'nalishda eng oxirgi holatga o'rnatish;

- damlash tokining o'zgarish chegarasini almashlab ulash tugmachasini

50 mA holatiga o'rnatish;

- bog'lovchi kabel yordamida LD yoki YD ni (1.11-rasm) NMETB ga ulash. Ulash blok qismining old panelida joylashgan PS4TV ajraladigan ulagich yordamida amalga oshiriladi;

- opravka 8 ga tanlangan optik manbani mahkamlash (1.15-rasm).

3.4. NMETB blokining old panelidagi "TARMOQ" tumblerini yoqish. Bunda u yonadi. Potensiometr yordamida LD damlash tokining $I_d=20$ mA qiymatini o'rnatish. Damlash tokining nazorati old paneldagi strelkali asbob bo'yicha amalga oshiriladi.

3.5. Monitorning old panelidagi tugmachali almashlab/ulagichni bosib, M monitor va TK telekameraning (1.11-rasm) ta'minotini yoqish. Bunda u qizib bo'lgandan so'ng monitor ekranikuchsiz yorishadi.

3.6. Optik tolaning chiqish kesimi telekameraning qarshisida joylashgan. Ikkala element ikkinchi yustirovka qurilmasi YQ2 ga mahkamlangan (1.15-rasm). BV2 va BG2 mikrometrik vintlar yordamida telekameraga nisbatan optik tola kesimining burchak bo'yicha holatini o'zgartirib va CHK2 hamda CHV2 mikrometrik vintlar yordamida telekamera joyini ikki ko'ndalang yo'nalishlarda o'zgartirib, monitor ekranida optik tola kesimining tasvirini hosil bo'lishiga erishish mumkin.

3.7. Ushbu eksperimentda tadqiq etilayotgan lazer diodi joyi burchak bo'yicha o'zgartirishni amalga oshiruvchi yustirovka qurilmasi YQ1 tugunida joylashgan (1.15-rasm). Uning nurlanishini shu yustirovka qurilmasida (joyini chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugunda) joylashgan optik tolaning kirish kesimiga tushishiga erishish kerak. BV1 va BG1 mikrometrik vintlar yordamida OT kesimiga nisbatan LD ning burchak bo'yicha holatini o'zgartirib va CHK2 hamda CHV2 mikrometrik vintlar yordamida LD ga nisbatan optik tolaning kirish kesimli opravkaning joyini ikki ko'ndalang yo'nalishlarda o'zgartirib, optik tola kesimining chiqishida yorug'lik dog'ining hosil bo'lishiga erishish mumkin, bu dog' monitor ekranida kuzatiladi. Manbaning va optik tola kirish kesimining holatini sozlashni ketma-ket yaqinlashtirish usulida olib borib kuzatiladigan dog'ning maksimal aniqligiga erishiladi.

Agarda monitor ekranida tasvirning o'ta kontrastligi kuzatilsa, qutblantirgichni LD ga burib, quvvat sathini kamaytiriladi.

3.8. Ossilograf manbaini ulash. Uning boshqaruv elementlarini

shunday holatga o'rnatish kerakki, bunda uning ekranidagi ossillogramma monitor ekranida kuzatiladigan video signalning qatorlaridan biriga mos kelsin.

3.9. CHB2 mikrometrik vintlar yordamida telekameraning joyini shunday holatga o'zgartirish kerakki, monitorda kuzatiladigan yorishayotgan dog' ekranning taxminan yarmini egallasin.

3.10. Ossilografning razvertka rejimi boshqaruv elementlarini qo'llab, uning ekranida 1.2-rasmga mos keluvchi ossilogrammaning hosil bo'lishiga erishish. R razvertka davomiyligini (del/mksek) pog'onali sozlovchi almashlab ulagichning holatini va T-kichik impulslar orasidagi masofani belgilab qo'yish (1.2-rasm). O'lchov ma'lumotlarini 1.1-jadvalga kiritish.

3.11. "↑" "↓" tugmalar yordamida monitor ekranidagi tasvir bo'yicha ajratilgan qator joyini pastga yoki yuqoriga o'zgartirish amalga oshiriladi va yorishayotgan dog'ga mos keluvchi impulsning maksimal kengligiga erishiladi. Bu bilan yorug'lik dog'ining markaziga to'g'ri keluvchi qatorni ajratish ta'minlanadi. O'lchov aniqligini oshirish uchun razvertka davomiyligini del/mksek pog'onali sozlovchi almashlab ulagich yordamida razvertka davrini kamaytirish kerak. Uning yangi holati R_0 ni belgilab qo'yish.

3.12. BV2 va BG2 mikrometrik vintlar yordamida telekameraga nisbatan optik tola kesimining burchakli holatini o'zgartirib, monitor ekranidagi dog' o'lchamini va ossilogrammada unga mos keluvchi impuls o'lchamini kamaytirishga harakat qilish. Bu bilan optik tola kesimi joylashgan yuza va obyektiv fokal yuzasining parallelligiga erishish ta'minlanadi. Shundan keyin ajratilgan qator holati korreksiyalanadi va 11-punktida ta'riflangan ishlar takrorlanadi.

3.13. CHK2 va CHV2 mikrometrik vintlar yordamida optik tola kesimiga nisbatan telekamera joyini ko'ndalang yo'nalishlarda o'zgartirib, dog' o'lchamini kamaytirishga harakat qilish. Bu bilan optik tola kesimining holatini optik o'q O ga nisbatan (1.2-rasm) moslashtirishni ta'minlash.

Shundan so'ng 11-punktida qayd etilgan, ishlarni takrorlab, ajratilgan qator holatini korreksiyalash. Razvertka davomiyligini (del/mksek) – pog'onali sozlovchi almashlab ulagichning oxirgi yakuniy holati R_0 ni va ossilogrammada kuzatiladigan impulsning mos keluvchi kengligi t_0 va T_0 larni belgilab qo'yish. O'lchov ma'lumotlarini 1.1-jadvalga kiritish.

Optik tolani sonli aperturasini o'lchash

t_i (del)	t_0	t_1		t_n
R_i (del/mksek)	R_0	R_1		R_n
T_i (del)	T_0	T_1		T_n
F_i (mm)	F_0	F_1		F_n
d_i (mm)	d_0	d_1		d_n
NA	NA_0	NA_1		NA_n

3.14. CHB2 mikrometrik vint shkalasi bo'yicha F_0 masofa qiymatini belgilab qo'yish. O'lchov ma'lumotlarini 1.1 - jadvalga kiritish.

3.15. $F = F_{1,2,...n}$ masofalar va $R = R_{1,2,...n}$ uchun 11 – 14 punktlarda qayd etilgan o'lchashlarni takrorlash. Bunda barcha otschetlar o'lchashlarda $F_{1,2,...n} < F_0$ bo'lishiga e'tibor berish. O'lchashlar soni n o'qituvchi tomonidan ko'rsatiladi. O'lchov ma'lumotlarini 1.3-jadvalga kiritish.

3.16. 1.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlar bo'yicha yorug'lik dog'ining o'lchamini quyidagi miqdoriy munosabat bo'yicha aniqlash:

$$d = t \cdot D/T.$$

Hisoblangan qiymatlarni 1.1-jadvalga kiritish.

3.17. Quyidagi munosabat bo'yicha apertura soni NA ning qiymatini aniqlash:

$$NA = \sin(\theta) = d/(\sqrt{d^2 + D^2}).$$

Sonli aperturaning o'lchangan qiymati uning quyidagi o'rtacha qiymati bo'yicha aniqlanadi:

$$NA = (\sum NA_i)/(n).$$

3.18. Ko'p modali optik tolani bir modaliga almashtirish. Buning uchun quyidagi amallarni bajarish:

3.18.1. Joyni chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi yustirovka qurilmasi YQ1 tugunining joyini CHB1 mikrometrik vint (1.15-rasm) yordamida eng chap holatga o'rnatish.

3.18.2. Konnektorning qayd etuvchi vintini burab, ko'p modali optik tolani kirish kesimini FC konnektorining opravkasi 10 dan ajratish. Shundan keyin uni joyni chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi yustirovka qurilmasi YQ1 tugunidan chiqarib olish.

3.18.3. Bir modali optik tolani 2, 3-platalardagi tirqishlardan o'tkazish.

3.18.4. Konnektorning qayd etuvchi vintini burab, optik tolani FC konnektorini opravka 10 ga mahkamlash.

3.18.5. Joyni chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi mikrometrik vint ChB2 yordamida yustirovka qurilmasi YQ2 tugunining joyini chapga oxirgi holatga o'rnatish.

3.18.6. Qayd etuvchi FV2 vintni (1.15-rasm) burab ochish va ko'p modali optik tolani yechiladigan opravka 12 ni ajratish. Optik tolani opravkani yustirovka qurilmasidan chiqarib olish ehtiyotkorlik bilan uni keskin bukishlarga yo'l qo'ymasdan amalga oshirilishi kerak.

3.18.7. Konnektorning qayd etuvchi vintini qayta burab, ko'p modali optik tolani kirish kesimini FC konnektorining opravkasi 12 dan burab chiqarish. Shundan so'ng uni joyini burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi yustirovka qurilmasi YQ2 tugunidan chiqarib olish.

3.18.8. Bir modali optik tolani 5, 6, 7-halqalar va silindr 11 dagi tirqishlar orqali o'tkazish.

3.18.9. Konnektorning qayd etuvchi vintini burab, optik tolani FC konnektorini opravka 12 ga mahkamlash.

3.18.10. Ehtiyotkorlik bilan - optik tolani keskin bukishlarga yo'l qo'ymasdan, opravka 12 ni joylashadigan o'rniga qo'yish va uni FV2 qayd etuvchi vint bilan mahkamlash.

3.19. Yuqorida ta'riflangan o'lchash usullaridan foydalanib, bir modali optik tolani sonli aperturasini o'lchash.

4. Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot

Hisobotga quyidagilar keltirilishi lozim:

1. Nazariy qismning qisqacha mazmuni.
2. Qurilmaning tuzilish sxemasi.

3. O'lash natijalari va chizmalari.
4. Olingan natijalar tahlili va xulosa.

5. Nazorat savollari

1. Optik tolaning optik aloqa tizimidagi o'rniga tavsif bering.
2. Optik tolaning tuzilishini tavsiflang.
3. Optik tola qanday materiallardan tayyorlanadi?
4. Tolali optik aloqa tizimida qo'llaniladigan optik tolalarning qanday turlari mavjud? Ularga tavsif bering.
5. Tolali optik aloqa tizimlarida optik tolalarning qanday standartlaridan keng foydalaniladi? Ularga tavsif bering.
6. Ikki muhit chegarasidagi tekislikka tushgan yorug'lik nurining tushish va sinish burchaklari orasidagi bog'lanishni ifodalovchi Snellius qonuni qanday munosabat bilan aniqlanadi?
7. Optik tolaning muhim parametrlaridan biri – sindirish ko'rsatkichining nisbiy farqi qanday munosabat bilan aniqlanadi?
8. Yorug'lik nurining to'liq ichki qaytish burchagi uchun miqdoriy munosabatni yozing va uni tavsiflang.
9. Apertura burchagi va sonli apertura tushunchalariga ta'rif bering.
10. Pog'onali va gradientli sindirish ko'rsatkichlariga ega bo'lgan optik tolalar uchun apertura sonlari qanday miqdoriy munosabatlar bilan aniqlanadi?

6. Nazariy qism

6.1. Optik tola va uning tuzilishi

Tolali optik aloqa tizimi (TOAT)da yorug'lik to'lqinlarining tarqalishini chegaralovchi va yorug'lik energiyasi oqimini berilgan yo'nalishda yo'naltiruvchi, uzatish va qabul qilish traktlarini bog'lab turuvchi muhit optik tola deb yuritiladi. Optik tolalarning xossalari qisman aloqa tizimining sifatini aniqlaydi. Shuning uchun TOATni loyihalashtirishda optik tola (OT) larning tavsiflarini e'tiborga olish kerak. Kichik so'nish koeffitsiyentiga ega bo'lgan optik tolalar asosida optik signallarni uzoq masofalarga uzatishni ta'minlovchi optik kabellar yaratilgan.

Optik tolalar o'zak va qobiqdan tarkib topadi (1.3-rasm). Ular qiymati bo'yicha bir-biriga yaqin turli sindirish ko'rsatkichlariga ega.

O'zak uzatuvchi, qobiq esa o'zi va o'zak orasida chegara hosil qiluvchi muhit sifatida ishlatiladi. Bu chegara yorug'likni yo'naltiruvchi fizik kanalni shakllantirib, u orqali uzatilgan signalning eltuvchisi – yorug'lik nuri tarqaladi.

Yorug'lik nurining faqat o'zak bo'ylab tarqalishini ta'minlash uchun

$$n_1 > n_2, \quad (1.1)$$

shart bajarilishi kerak. Bu yerda mos ravishda

n_1 – o'zakning sindirish ko'rsatkichi;

n_2 – qobiqning sindirish ko'rsatkichi.

Optik yorug'lik uzatgichlarining sindirish ko'rsatkichi quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$n = \varepsilon \cdot \mu, \quad (1.2)$$

bu yerda, ε va μ – mos ravishda yorug'lik uzatuvchi muhitning nisbiy dielektrik va magnit singdiruvchanliklari.

Ikkinchi tomondan, sindirish ko'rsatkichi n , yorug'likning vakuumdagi tezligi (s) ni uning uzatuvchi shaffof muhitdagi tezligi (s_m) ga nisbati orqali ifodalanadi:

$$n = s / s_m. \quad (1.2')$$

Sindirish ko'rsatkichining qiymati bilan farqlanuvchi turli xil moddalarda yorug'lik turlicha tezlik bilan tarqaladi (1.2-jadval) [1].

1.3-rasmda OT ning tuzilishi tasvirlangan. OTni tayyorlash uchun asosiy material sifatida juda toza va shaffof kvarts shishasi – kremniy ikki oksidi (SiO_2) ishlatiladi.

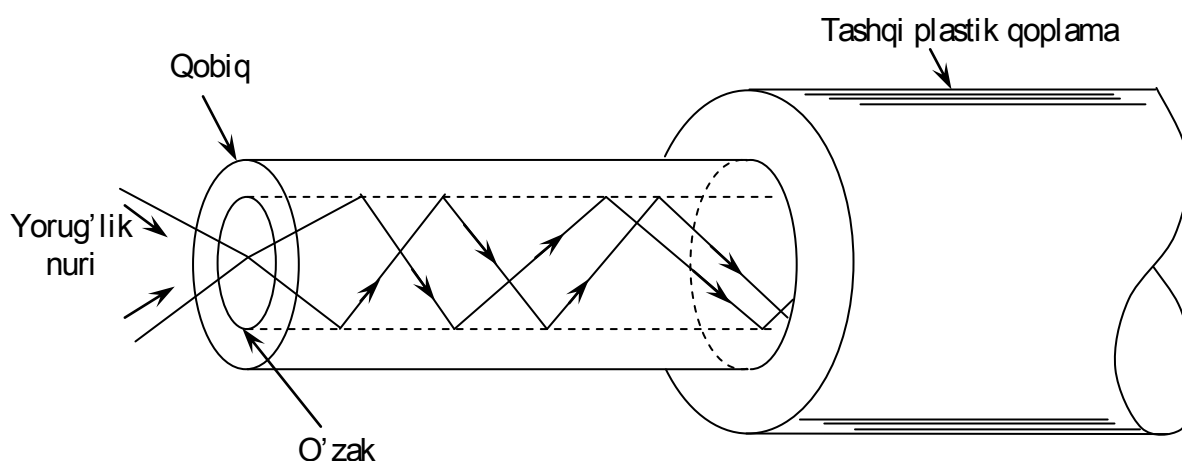
O'zak va qobiqning kerakli sindirish ko'rsatkichlariga erishish uchun kvarts shishasiga kiritmalar kiritiladi. Chunonchi, germaniy va fosfor sindirish ko'rsatkichi qiymatini oshiradi, bor va fluor esa, aksincha uni kamaytiradi.

Tolani qo'shimcha qobiqlari himoya qobig'i hisoblanadi. 1.3-rasmda tashqi plastik qoplama ko'rsatilgan [2].

Tashqi plastik qoplama optik tolani uning xususiyatlariga ta'sir etuvchi mexanik va boshqa atrof muhit ta'sirlaridan himoya qiladi.

Turli xil materiallarning sindirish ko'rsatkichlari

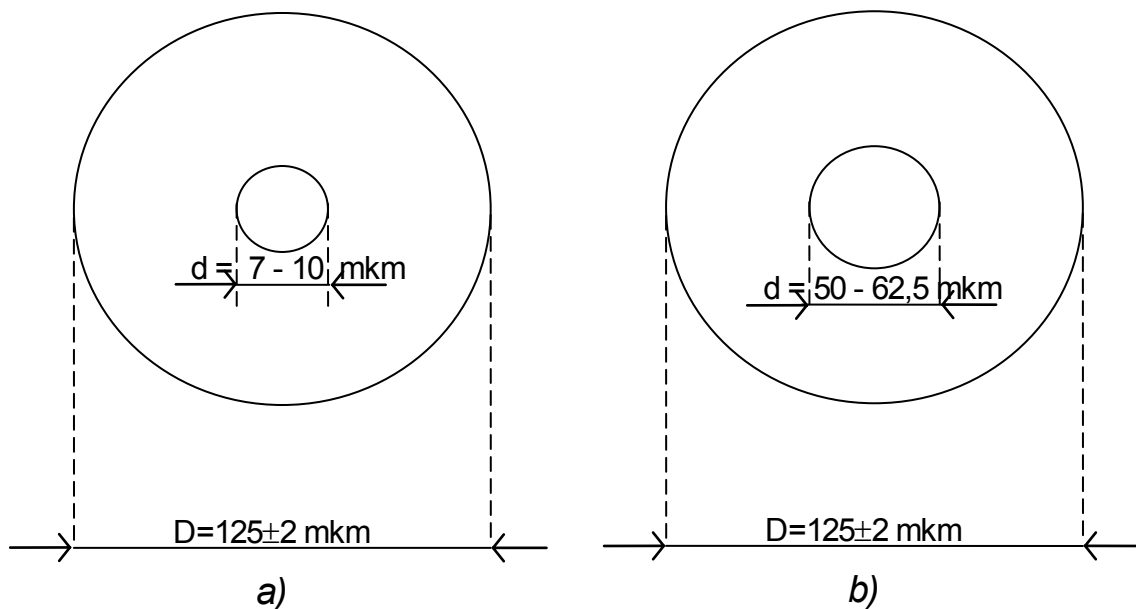
Materiallar nomi	Sindirish ko'rsatkichlari, n	Yorug'likning turli materiallardagi tezligi, c_m , km/sek.
Vakuum	1,0	300 000
Havo	1,0003	300 000
Suv	1,33	225 000
Kvars	1,46	205 000
Shisha	1,5	200 000
Olmos	2,5	120 000



1.3-rasm. Optik tolani tuzilishi.

6.2. Optik tola turlari va ularning tavsiflari.**Bir modali va ko'p modali optik tolalar. Pog'onali, gradientli va maxsus sindirish ko'rsatkichli optik tolalar**

O'zagi diametrining u bo'ylab tarqaluvchi to'lqin uzunligiga nisbatiga ko'ra optik tolalar bir modali va ko'p modali bo'lishi mumkin. Bir modali optik tolalarda ko'pincha o'zak diametri 7 – 10 mkm (1.4, a-rasm), ko'p modali optik tolalarda esa, 50 – 62,5 mkm (1.4, b-rasm) bo'ladi.



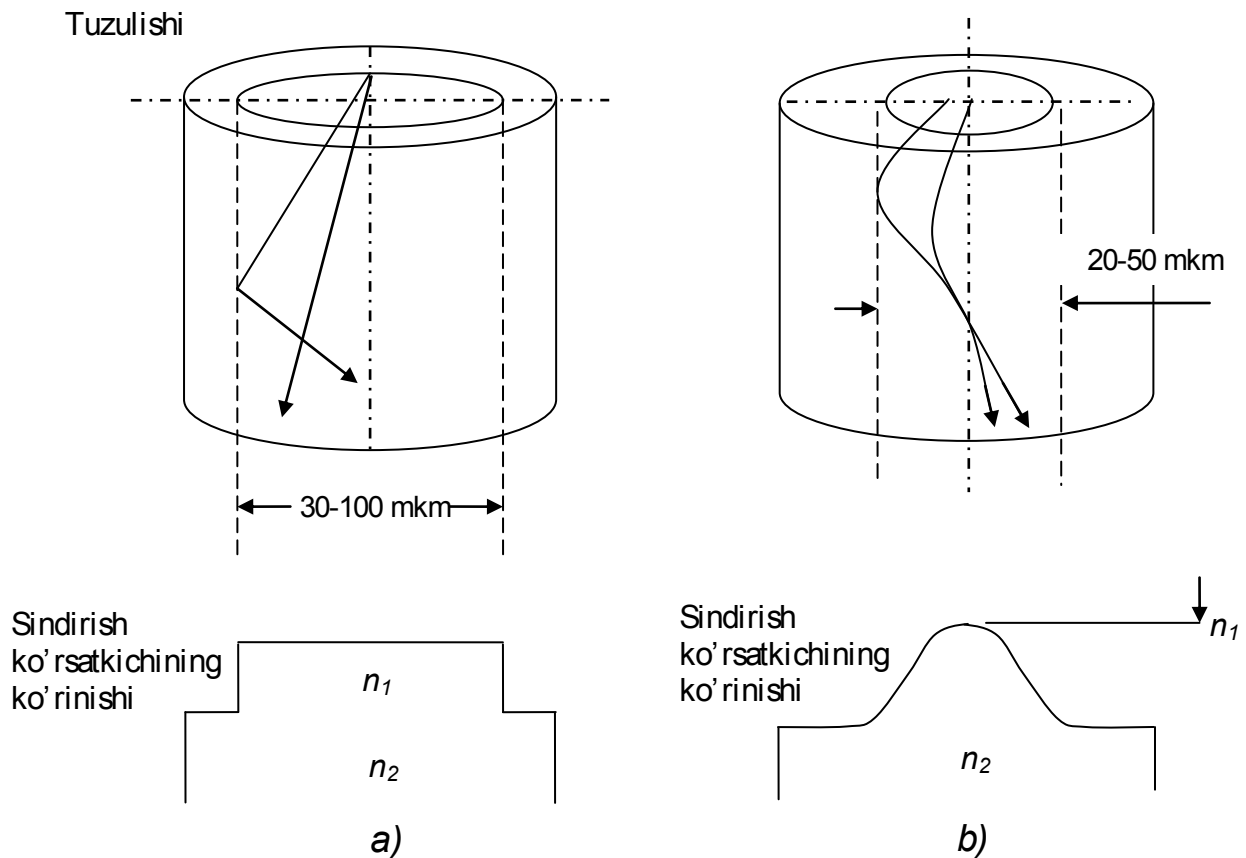
1.4-rasm. Bir modali (a) va ko'p modali (b) optik tolalarning ko'ndalang kesimi.

Ikkala turdagi optik tolalarda qobiq diametri 125 mkm ni tashkil etadi. Amaliyotda bir modali va ko'p modali optik tolalar diametrlarining boshqacha qiymatlari ham mavjud. Bir modali optik toladan faqat bitta moda (optik eltuvchi) uzatiladi. Ko'p modali optik toladan esa, bir vaqtning o'zida apertura burchagi doirasida tolaga turli burchaklar ostida kiritiladigan bir necha yuzlab ruxsat etilgan modalarni uzatish mumkin. Barcha ruxsat etilgan modalar turli tarqalish yo'nalishi va vaqtiga ega.

Ko'p modali optik tolalar sindirish ko'rsatkichining tola radiusi bo'yicha taqsimotiga ko'ra pog'onali (1.5, a-rasm) va gradientli (1.5, b-rasm) tolalarga bo'linadi [2].

Pog'onali sindirish ko'rsatkichli ko'p modali optik tolalar ikki muhit chegarasida sindirish ko'rsatkichlarining keskin - pog'ona ko'rinishida n_1 dan n_2 gacha o'zgarishi bilan harakterlanadi. Pog'onali sindirish ko'rsatkichli optik tolalar o'tkazish polosasini chegaralaydi, biroq gradientli sindirish ko'rsatkichli optik tolalarga nisbatan arzon hisoblanadi.

Gradientli sindirish ko'rsatkichli ko'p modali optik tolalar pog'onali sindirish ko'rsatkichli tolalarga nisbatan ravon o'zgaruvchi sindirish ko'rsatkichiga egaligi va modalararo dispersiyaning kamligi tufayli yuqori texnik ko'rsatkichlari bilan ajralib turadi. Chunki gradientli sindirish ko'rsatkichli optik tolada modalarning tarqalish tezligi (dispersiyasi) bir-biridan juda ham kattaga farq qilmaydi. Dispersiya impulslarning kengayib ketishiga, uzatilayotgan signallarning buzilishiga olib keladi. Shuning uchun hozirda gradientli sindirish ko'rsatkichli ko'p modali optik tolalar keng tarqalgan.



1.5-rasm. Pog'onali (a) va gradientli (b) ko'p modali optik tolalarning tuzilishi va sindirish ko'rsatkichining optik tola o'zagi radiusi bo'yicha taqsimoti.

Gradientli sindirish ko'rsatkichli ko'p modali optik tolalarning asosiy kamchiligi tannarxining qimmatligi va ularni ishlab chiqarishning murakkabligidir.

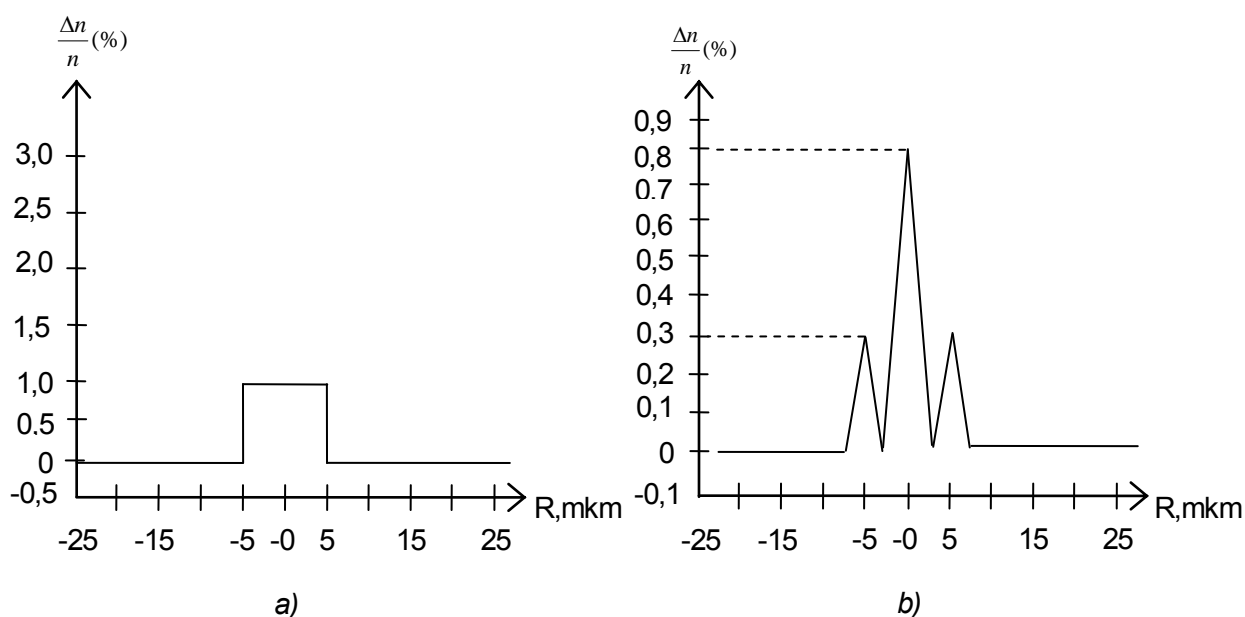
Ko'p modali optik tolalarda modal araro dispersiya o'tkazish polosasi va aloqa masofasini chegaralaydi. Shuning uchun ko'p modali optik tolalar signallarni asosan lokal tarmoqlarda va nisbatan past tezlikli raqamli TOAT lar bo'ylab uzatishda ishlatiladi. Bir modali optik tolalardan magistral aloqa tarmoqlarida foydalaniladi. Chunki bir modali optik tolalarda modal araro dispersiya yuzaga kelmaydi, shuning uchun signallar ko'p modali rejimga qaraganda kam buzilish bilan uzatiladi.

Bir modali optik tolalar sindirish ko'rsatkichining optik tola radiusi bo'yicha taqsimotiga ko'ra pog'onali (to'g'riburchakli) va maxsus turdagi uch tishli W ko'rinishdagi tolalarga bo'linadi (1.6-rasm).

Sindirish ko'rsatkichlari optik signalning so'nishiga ta'sir etmasada,

xromatik dispersiya ko'rsatkichlarini o'zgartiradi.

Ya'ni, bir modali optik tolalardan foydalanish optik tolaning o'tkazish qobiliyatini oshiradi, lekin bu holda uzatuvchi qismda birmuncha qimmat bo'lgan lazer diodlaridan foydalanish talab etiladi. 1.7-rasmda optik signallarning turli xil tolalar bo'ylab tarqalish jarayoni tasvirlangan [1].



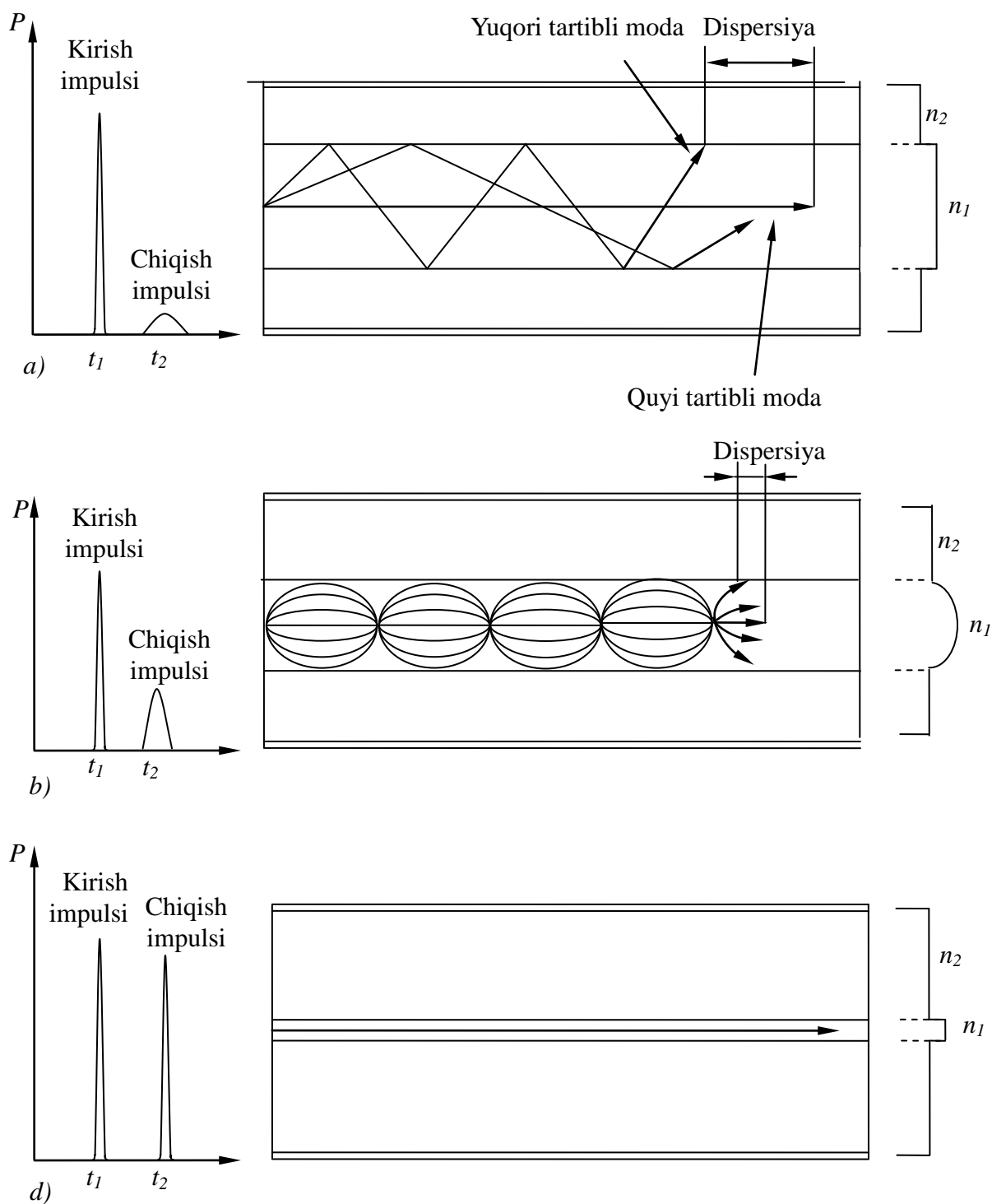
1.6-rasm. Bir modali optik tola sindirish ko'rsatkichlarining radius bo'yicha taqsimoti.

- a) – pog'onali sindirish ko'rsatkichli bir modali standart SF optik tola;
b) – maxsus uch tishli – W ko'rinishga ega sindirish ko'rsatkichli, dispersiyasi nolga siljigan bir modali

Bir modali optik tolalar dispersiya qiymatlari bo'yicha quyidagi turlarga bo'linadi:

1. Standart tola - SF (Standart Fiber).
2. Siljigan dispersiyali tola - DSF (Dispersion-Shifted Fiber).
3. Nolga teng bo'lmagan siljigan dispersiyali tola - NZ DSF (Non-Zero Dispersion-Shifted Fiber).

DSF, NZ DSF optik tola turlari maxsus profil ko'rinishidagi W sindirish ko'rsatkichlariga ega.



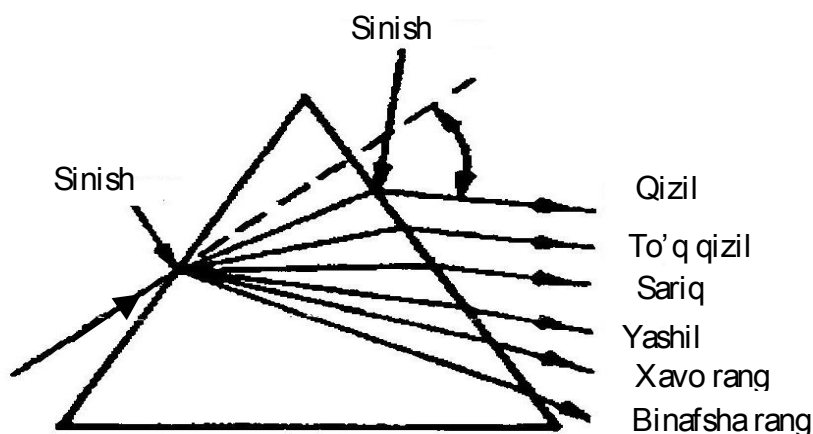
1.7-rasm. Turli xil optik tolalarda sindirish ko'rsatkichlarining radius bo'yicha taqsimoti va ularda yorug'lik nurining tarqalish jarayoni:
 a) – ko'p modali, pog'onali sindirish ko'rsatkichli optik tola;
 b) – ko'p modali, gradient sindirish ko'rsatkichli optik tola;
 v) – bir modali, pog'onali sindirish ko'rsatkichli optik tola.

6.3. Yorug'likning optik tola bo'ylab tarqalish qonuniyatlari, yorug'likning sinish jarayoni

Optika qonuniyatlari yorug'lik nurining birjinsli muhitda to'g'ri chiziq bo'yicha tarqalishiga, tola muhiti bilan o'zaro ta'sirlashuviga va tolaning xossalriga, ya'ni uning barcha yo'nalishlarda bir xil xususiyatga ega ekanligiga asoslangan. Bu qonuniyatlarga yorug'likning qaytish/sinish qonunlari va ularga asoslangan hodisalar kiradi.

Yorug'lik bir muhitdan boshqasiga o'tganida uning tarqalish tezligi o'zgaradi. To'lqin nazariyasi nuqtai nazaridan bu harakat yo'nalishining o'zgarishiga olib keladi. Bu hodisa – yorug'likning to'g'ri yo'nalishdan og'ishi sinish deb ataladi.

Sinish hodisasini prizma tushgan yorug'lik nuri misolida ko'rib chiqamiz (1.8-rasm).



1.8-rasm. Prizmada yorug'likning sinishi.

Prizmaga oq yorug'lik tushirilganda, prizma bu yorug'likni sindiradi va kamalakning turli ranglariga ajratadi. Qizil rang eng kuchli og'adi va kichik tarqalish tezligiga ega. Sinish prizma kirishida bo'lganidek, uning chiqishida ham xosil bo'ladi [1].

Optik toladan signallarning uzatilish jarayonida ham yuqorida ko'rib chiqilgan sinish hodisasi ro'y beradi. Bu haqida quyida batafsilroq to'xtalamiz.

Yorug'likning to'liq ichki qaytishi

Yorug'lik nuri sindirish ko'rsatkichi kichik muhitdan sindirish ko'rsatkichi katta muhitga o'tganida, ikki muhit chegarasida og'adi va muayyan shart bajarilganida ikki muhit chegarasidan to'liq qaytadi. Bu

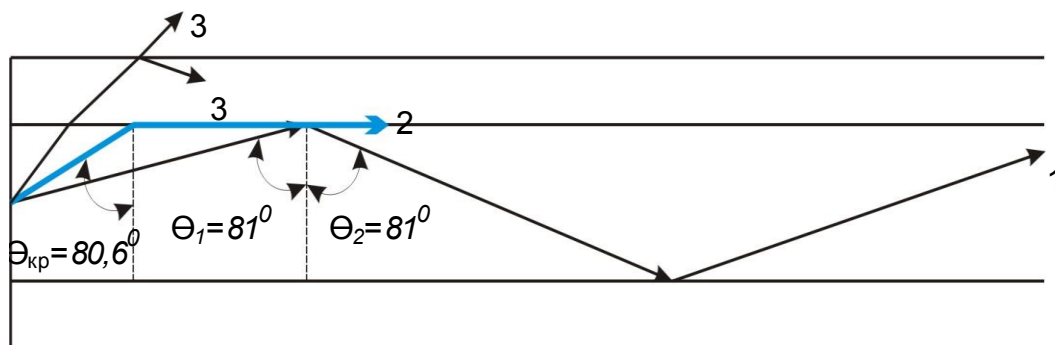
hodisa yorug'likning to'liq ichki qaytishi (TIQ) hodisasi deb ataladi. TIQ hodisasi optik signallarning yorug'lik uzatgichi bo'ylab tarqalishining fizik asosi hisoblanadi. Uni amalga oshirish uchun optik tola o'zagining sindirish ko'rsatkichi n_1 qobiqning sindirish ko'rsatkichi n_2 dan katta bo'lishi kerak.

O'zak va qobiq tayyorlanadigan materiallarning sindirish ko'rsatkichlari nisbatini maqbul tarzda tanlash orqali yorug'lik nurining qobiq va o'zak chegarasidan to'liq ichki qaytishiga erishiladi va nurning faqat optik tola o'zagi bo'ylab zigzaksimon ko'rinishida tarqalishi ta'minlanadi.

Masalan, sindirish ko'rsatkichlari optik tola uchun xos bo'lgan $n_1=1,48$, $n_2=1,46$ qiymatlariga ega bo'lsin. U holda yorug'lik nurining to'liq ichki qaytishiga mos kelgan kritik tushish burchagini quyidagi munosabat bilan aniqlash mumkin:

$$\Theta_{kr} = \arcsin (1,46 / 1,48) = \arcsin (0,9864) = 80,6^{\circ}$$

Sindirish ko'rsatkichlari shunday nisbatga ega, kritik tushish burchagi $\Theta_{kr}=80,6^{\circ}$ ga teng yoki undan katta, masalan $\Theta_2=81^{\circ}$ bo'lganida nur ikkinchi muhitga o'tmay, boshlang'ich muhitga to'liq ichki qaytadi. Yorug'lik signallarining optik tola bo'ylab tarqalishi ana shu prinsipga asoslangan. 1.9-rasmda optik signallarning sindirish ko'rsatkichlari va tushish burchagi ana shunday qiymatlarga ega bo'lgan optik tola bo'ylab tarqalish jarayonlari ko'rsatilgan.



1.9-rasm. Optik tolada to'liq ichki qaytish jarayoni.

Chizmadan ko'rinadiki, kritik burchakdan katta ($\Theta > \Theta_{kr}$) burchak ostida o'zak-qobiq chegarasiga tushgan nurlar (nur 1) chegaradan to'liq ichki qaytadi. Tushish va sinish burchaklari o'zaro teng $\Theta_1 = \Theta_2$ bo'lgani uchun, 1-nur takroriy qaytishlarga uchrab, o'zak muhiti bo'ylab zigzaksimon traektoriya bo'yicha tarqaladi.

Ideal holda yorug'likning sochilishi va nolinci dispersiya

bo'lmaganda 1-nur o'zak bo'ylab istalgan masofaga tarqalishi mumkin [6].

Bu nur yo'nalgan nur (moda) deyiladi.

2-nur Θ_{kr} burchak ostida tushib, sinadi va o'zak-qobiq chegarasi bo'ylab tarqaladi.

$\Theta < \Theta_{kr}$ ostida tushgan 3-nur esa, sinadi va uning bir qismi qobiq chegarasiga tushib, qobiq bo'ylab tarqalishida so'nadi yoki qobiqdan tashqariga chiqib ketadi. Ular nurlanuvchi nurlar deyiladi.

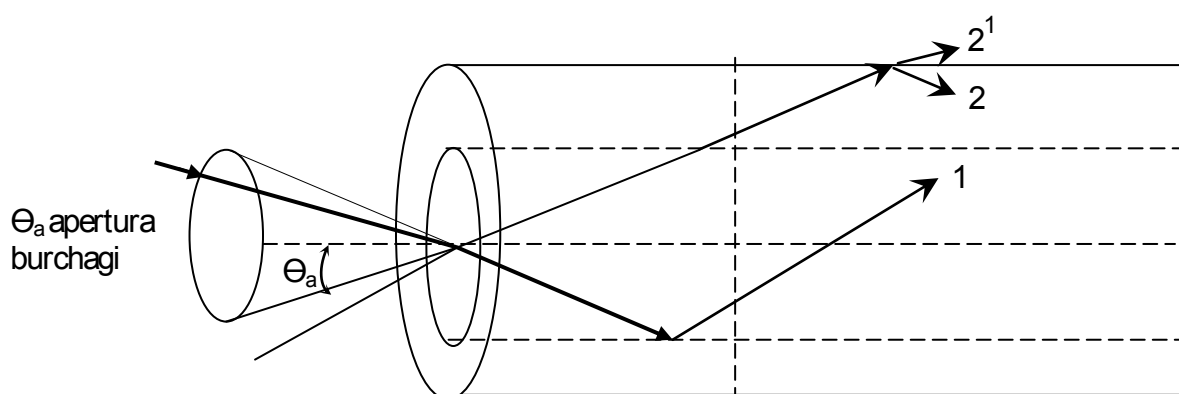
Sonli apertura

Optik tolaga bir emas, bir necha yorug'lik nurlarining dastasi kirish konusini hosil qilib tushadi va faqat kritik burchakdan katta burchak ostida tushgan nurlargina OT o'zagi bo'ylab tarqaladi. Nurlarning tola o'zagiga maksimal tushish konusining yarim burchagi apertura burchagi – θ_a , $\sin\theta_a$ kattalik esa sonli apertura deb ataladi (1.10-rasm). Sonli apertura NA bilan belgilanadi (inglizchadan Numerical Aperture) va o'zak, qobiq sindirish ko'rsatkichlari orqali quyidagi munosabat bo'yicha aniqlanadi:

$$NA = \sin \theta_a = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = n_1 \sqrt{2\Delta_n}$$

yoki

$$NA_1 = k \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} \quad (1.3)$$



1.10-rasm. Optik tolani apertura burchagi.

(1.3) munosabatda sonli aperturani hisoblashning adabiyotlarda uchrashi mumkin bo'lgan ikki formulasi berilgan. Ular sonli aperturaga yaqin qiymatlarni beradi. Birinchi formula nazariy, ikkinchisi esa amaliy

hisoblashlar uchun ishlatiladi. Bu yerda o'lichash usullariga bog'liq holda $k=0,98$ yoki $k=0,94$.

Yuqoridagi 1.9-rasm uchun berilgan $n_1=1,48$, $n_2=1,46$ qiymatlar uchun, (1.3) formula bo'yicha sonli aperturaning (nazariy qiymatlari) 0,242487 yoki 0,237637 ($k=0,98$) va (amaliy qiymati) 0,227938 ($k=0,94$) ga teng [6].

Sindirish ko'rsatkichlarining nisbiy farqi Δ_n quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$\Delta_n = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}. \quad (1.4)$$

$\theta \leq \theta_a$ burchak ostida, ya'ni apertura burchagi doirasida tushgan nurlar (1.10-rasmdagi 1-nurga mos keladi) qobiq va o'zak chegarasidan to'liq ichki qaytib, optik tola o'zagi bo'ylab uzatiladi. $\theta > \theta_a$ apertura burchagi doirasidan katta burchak ostida tushgan nurlar sinib, o'zakdan qobiqqa o'tadi. Bu nurlarning bir qismi qobiq bo'ylab tarqalib, qobiqdan chiqib ketib qolgan qismi o'zak bo'ylab tarqalishi chog'ida so'nib boradi (1.10-rasmdagi mos ravishda 2 va 2¹ nurlar).

Apertura doirasiga mos keluvchi nurlar yo'nalgan nurlar (1-nur), aperturadan tashqaridagi nurlar (2 va 2¹-nurlar) nurlanuvchi nurlar deb ataladi. Aperturadan tashqaridagi qobiq bo'ylab tarqaladigan nurlar qobiq bo'ylab uzatiluvchi nurlar deb ataladi [6].

1.3-jadvalda eng ko'p tarqalgan optik tolalar parametrlarining odatiy qiymatlari keltirilgan [8].

1.3-jadval

OT turi (kvars shishasi)	O'zak diametri, mkm	NA	Tola o'zagiga maksimal tushish burchagi, grad.	Δ_n
Ko'p modali OT	50 – 200	0,25 – 0,5	20 – 30	0,005 – 0,02
Bir modali OT	5 – 12	0,12 – 0,25	5 - 8	0,002 – 0,01

NA optik tolaning muhim parametri hisoblanib, yorug'lik nuri tolaga qanday kiritilishi va tarqalishini ko'rsatadi.

NA ning qiymati katta bo'lgan OT yorug'likni yaxshi qabul qiladi, kichik sonli aperturali optik tolalarga esa faqat tor yo'nalishli yorug'lik dastasini kiritish mumkin.

Yuqori o'tkazish polosali OT kichik qiymatli NA ga ega. Shu sababli, ularda modalar soni kam, dispersiya qiymati kichik va ishchi o'tkazish polosasi keng bo'ladi.

NA katta qiymatga ega optik tolalarda yorug'lik nurining mumkin bo'lgan yo'nalishlari, ya'ni modalar sonining ko'pligi natijasida modalararo dispersiya yuqori bo'ladi [1].

«Optik tolalarning xarakteristikalarini tadqiq etish» o'quv laboratoriya qurilmasi

1. Qurilmaning umumiy tavsifi

Ushbu qurilma asosida quyidagi laboratoriya ishlarini bajarish mumkin:

1. Optik tolalarning sonli aperturasini tajriba yo'li bilan aniqlash.
2. Optik tolaning bukilishi tufayli yuzaga keladigan so'nish solishtirma koeffitsiyentining tola radiusiga bog'liqligini tadqiq etish.

Yuqorida qayd etilgan laboratoriya ishlarini bajarish quyidagi maqsadlarga erishish imkonini beradi:

- optik tolalarning sonli aperturasini tajriba yo'li bilan aniqlash;
- optik tolalarning ruxsat etiladigan bukilish radiuslarini baholash va bukilish kiritadigan so'nish koeffitsiyentini aniqlash.

2. Laboratoriya maketining tarkibi va uning funksional sxemasi

Laboratoriya maketining funksional sxemasi 1.11-rasmda keltirilgan. Uning tarkibiga quyidagi elementlar kiradi:

2.1. Optik nurlanish manbai - lazer diodi LD1, u $\lambda = 0,67$ mkm to'lqin uzunligidagi nurlanishni ta'minlaydi. Nurlanish quvvati damlash toki I_d ga bog'liq bo'ladi va $I_d = 40$ mA da 5 mVt qiymatga erishadi.

2.2. Optik nurlanish manbai - yorug'lik diodi YD, u $\lambda = 0,67$ mkm to'lqin uzunligidagi nurlanishni ta'minlaydi. Nurlanish quvvati damlash toki I_d ga bog'liq bo'ladi va $I_d = 40$ mA da 5 mVt qiymatga erishadi.

LD1 korpusida mikroob'yektiv mavjud bo'lib, u nurlanishni optik tolaning kesimiga fokuslash imkonini beradi. YD da mikroob'yektiv

mavjud emas. LD1 va YD bir xil diametrli kaprolonli korpuslarda joylashgan va ta'minot blokiga ulanish uchun PS4-TV ajraladigan ulagichli elektr shnurlar bilan ta'minlangan.

Qurilmada ular maxsus opravkada joylashgan, bu o'lchash jarayonida ularni osonlik bilan almashtirishni amalga oshirish imkonini beradi.

2.3. Optik nurlanish manbaining ta'minot bloki (NMTB $\lambda=0,67$ mkm). 1.12-rasmda blokning old paneli ko'rsatilgan. Unga LD1 va YD PS4-TV ajraladigan ulagichli ta'minot shnuri yordamida ulanadi. Ajraladigan ulagichning blokli qismi old panelda joylashgan va "OPTIK CHIQISH" deb belgilangan.

Blok quyidagi imkoniyatlarni ko'zda tutadi:

- old panelda joylashgan potensiometr ruchkasi yordamida damlash tokini sozlash. Damlash tokining o'zgarishi lazer diodining nurlanish quvvatini o'zgartirish imkonini beradi;

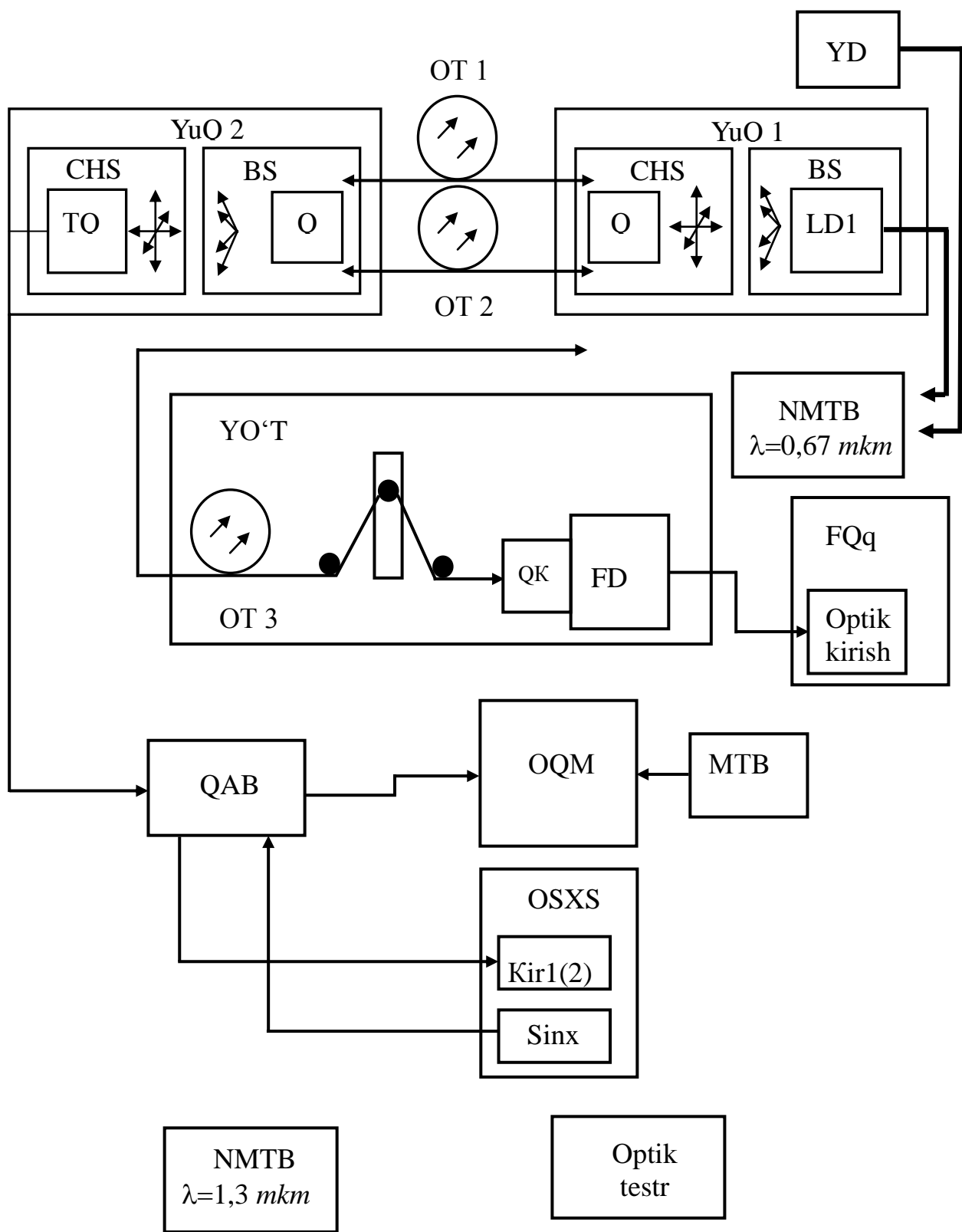
- almashlab ulagich tugmasi yordamida damlash tokining o'zgarish chegarasini (5, 50 mA) almashlab ulash;

- "NURLANTIRGICH TOKI" raqamli indikator yordamida damlash tokining mavjudligini qayd etish.

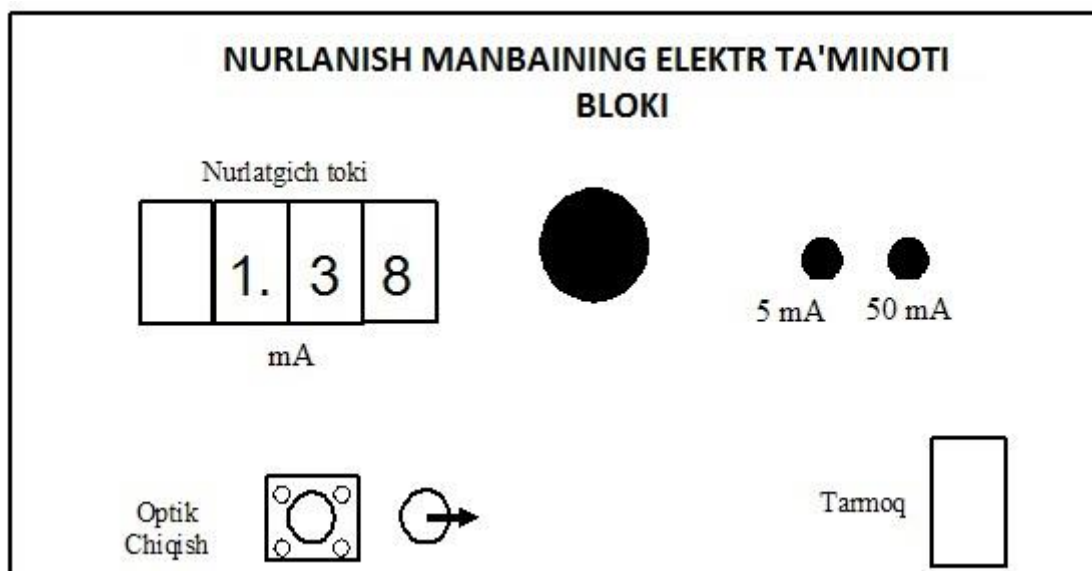
NMTB ta'minoti 220 V/50 Hz tarmoqdan amalga oshiriladi. Blokni yoqish old paneldagi qizil rangli "TARMOQ" tumblari orqali amalga oshiriladi.

2.4. Optik nurlanish manbaining ta'minot bloki (NMTB $\lambda=1,3$ mkm). Blok oldingi blokdagi bilan bir xil boshqaruv elementlaridan iborat. Farqi shundaki, PS4-TV elektr ajraladigan ulagich o'rniga FC-SM optik rozetka o'rnatilgan. Unga optik tolaning ajraladigan ulagichi bevosita ulanadi.

2.5. FD fotodiod, u $\lambda=0,67$ mkm to'lqin uzunlikdagi nurlanishni qayd etish uchun mo'ljallangan, shtativda silindrik korpusda joylashgan va foto qabul qilgich



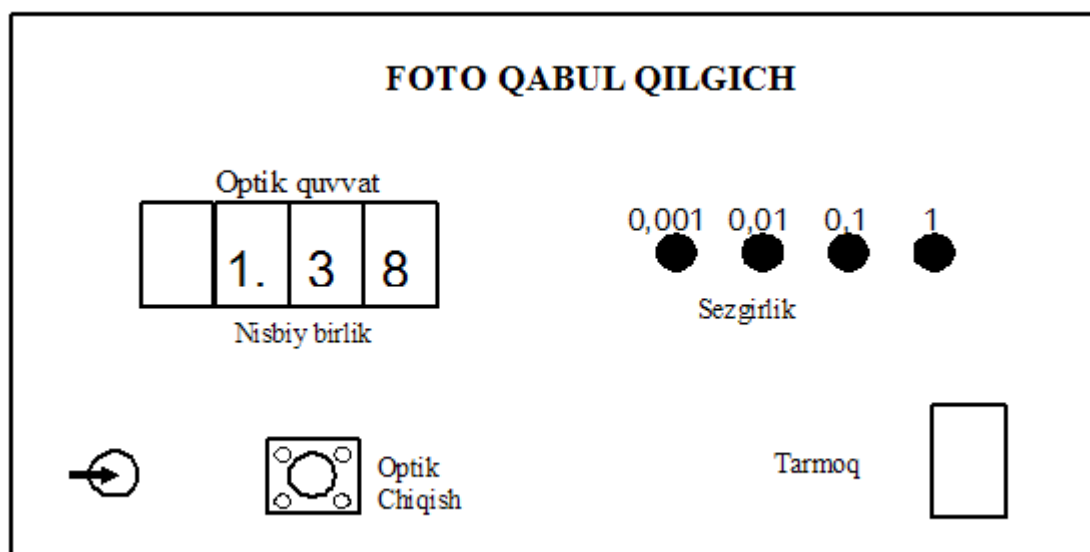
1.11-rasm. Maketning funksional sxemasi.



1.12-rasm. Optik nurlanish manbaining elektr ta' minoti bloki.

blokiga ulanish uchun PS4-TV ajraladigan ulagichli ta'minot shnuri bilan jihozlangan. Fotodiod korpusiga opravka o'rnatilgan, unga tadqiq etilayotgan optik tola K konnektori mahkamlangan.

2.6. Foto qabul qilgich (FQQ), u $\lambda=0,67$ mkm to'liq uzunlikdagi nurlanishni qayd etish uchun mo'ljallangan. 1.13-rasmda FQQ blokining old paneli ko'rsatilgan. Unga PS4-TV ajraladigan ulagichli ta'minot shnuri yordamida FD ulanadi. Ajraladigan ulagichning blok qismi old panelda joylashgan va unga "OPTIK CHIQISH" deb yozilgan.



1.13-rasm. Foto qabul qilgich.

Blok optik quvvatning o'zgarish chegarasini almashlab ulash imkoniyatini ko'zda tutadi. Buning uchun old panelda "SEZGIRLIK" tugmachali almashlab ulagich mavjud. Old paneldagi "0,001; 0,01; 0,1; 1" tugmachalarini bosish fototok kuchayish koeffitsiyentining o'zgarishiga olib keladi.

Optik quvvat nazorati uchun FQQ old panelida "OPTIK QUVVAT, NISB. BIRL" raqamli indikatori mavjud. FD ning fotosezgir maydoniga tushayotgan optik nurlanish, uning p-n o'tishi orqali o'tayotgan tok (fototok) ning o'zgarishiga olib keladi. Fototok fotodiodning fotosezgir maydonidagi optik quvvat qiymatiga to'g'ri proporsional. Shuning uchun raqamli indikator ko'rsatkichi bu quvvatga proporsional, lekin unga teng emas. Foto qabul qilgich yordamida o'lchash nisbiy birliklarda amalga oshiriladi.

2.7. "TOPAZ 3000" optik testeri. U $\lambda=1,3$ mkm to'lqin uzunlikdagi nurlanish parametrlarini qayd etish uchun mo'ljallangan.

2.8. Ikkita optik tola OT1 va OT2 qirqimi:

- FC-UPC turdagi konnektorli himoya qobig'isiz bir modali optik tola (sariq rangli bufer qoplamasi bilan);

- FC-PC turdagi konnektorli ko'p modali optik tola OT (olov rangdagi himoya qobig'i bilan);

OT konnektorlari laboratoriya qurilmasining optik sxema elementlari bilan maxsus opravalar (K) yordamida ulanadi, maxsus opravalar yustirovka qurilmalariga mahkamlangan (ularning ta'rifi quyida keltiriladi).

2.9. Mikroob'yektivli telekamera (TK), tadqiq etiladigan OT kesimidan tushayotgan nurlanishni tahlil qilish uchun xizmat qiladi. Telekameraning ko'rish maydonida tadqiq etilayotgan OTning bitta kesimi ko'rinadi.

Telekamera quyidagi xarakteristikalariga ega:

- maksimal ruxsat etish – 700 lin/mm;

- ob'yektivning fokus masofasi $F=4,2$ mm.

O'lchovlarni olib borish (sonli aperturani o'lchash, moda tarkibini tadqiq etish, manbaning kogerentlik darajasini o'lchash) da telekamera ob'yektivni ishlatilmaydi.

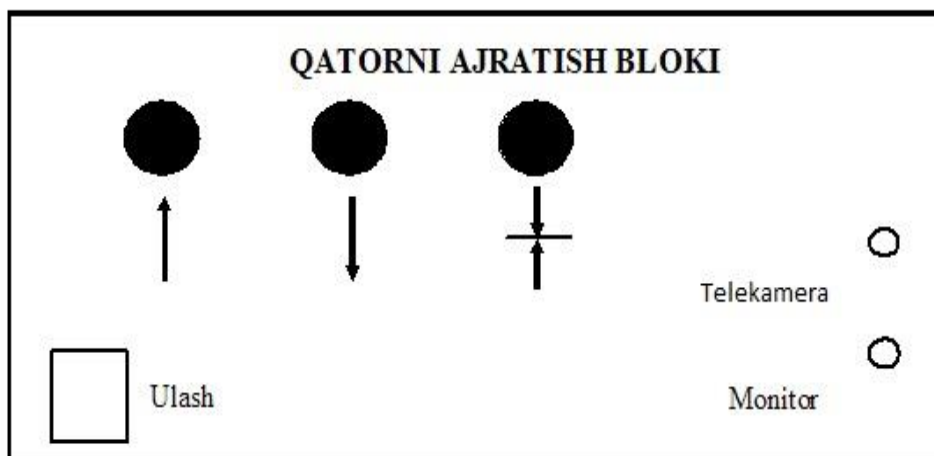
2.10. Oq-qora monitor (OQM), uning ekranida telekamera orqali shakllangan tadqiq etilayotgan optik tola yoritilgan kesimining tasviri kuzatiladi.

2.11. Qatorni ajratish bloki (QAB), uning yordamida telekamera orqali shakllangan tasvirning qatorini ajratish amalga oshiriladi. Bu signal

tadqiq etilayotgan optik tolaning ko'ndalang kesimida intensivlikning taqsimlanishiga mos keladi.

1.14-rasmda qatorni ajratish blokining old paneli ko'rsatilgan. Unda «↑», «↓», «+» simvollari bilan belgilangan uchta tugma mavjud. «↑», «↓» tugmalari yordamida monitor ekranidagi tasvir orqali ajratilgan qatorni pastga yoki yuqoriga siljitish amalga oshiriladi. «+» tugmasi ajratilgan qatorni tasvir o'rtasiga o'rnatadi. Ajratilgan qatorning holati monitor ekrani orqali nazorat qilinadi – tasvirda u yorqin chiziq bilan belgilangan.

Old panelga ikkita (ko'k va qizil) yorug'lik diodi joylashgan, ular blokning elektr ta'minotga ulanganligini va uning kirishida video signal mavjudligini nazorat etish imkonini beradi. Ta'minotga ulash old paneldagi «ULASH» tumblari orqali amalga oshiriladi.

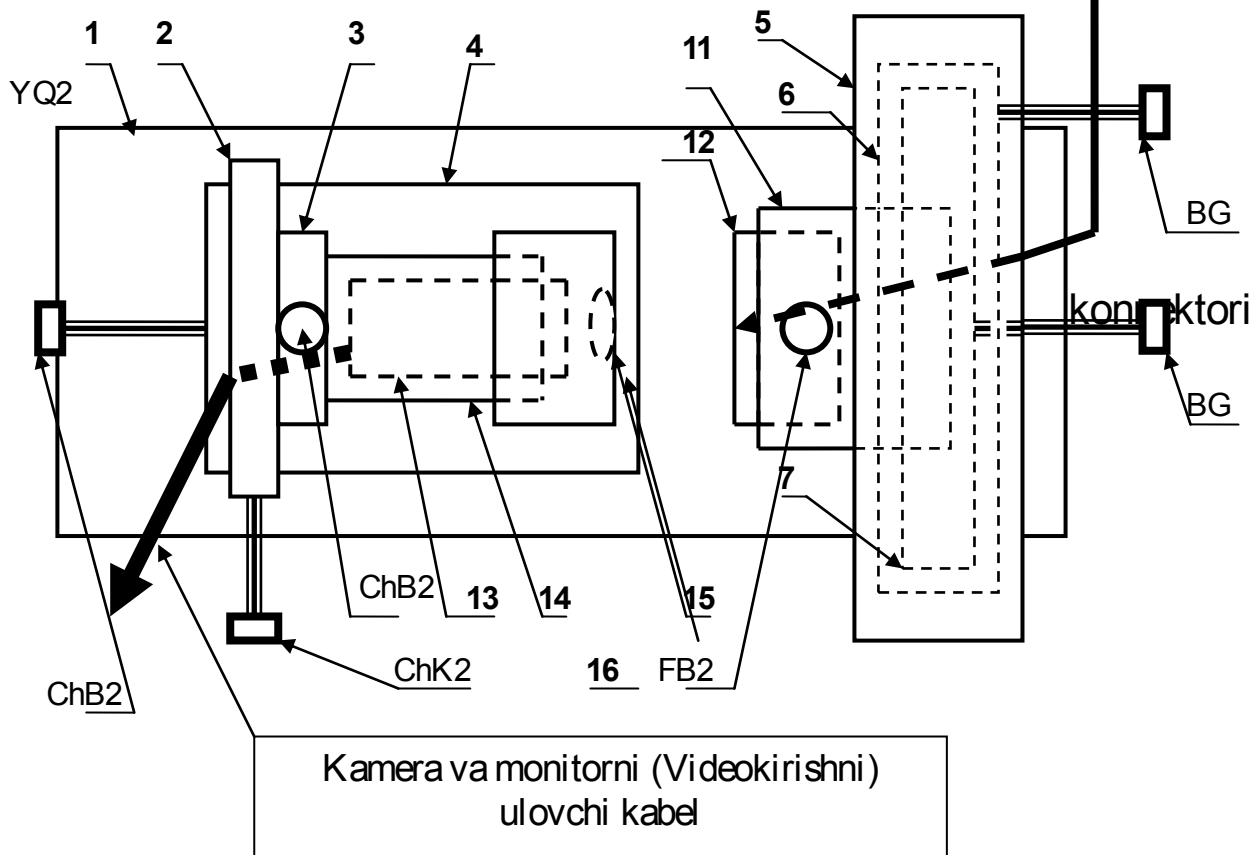
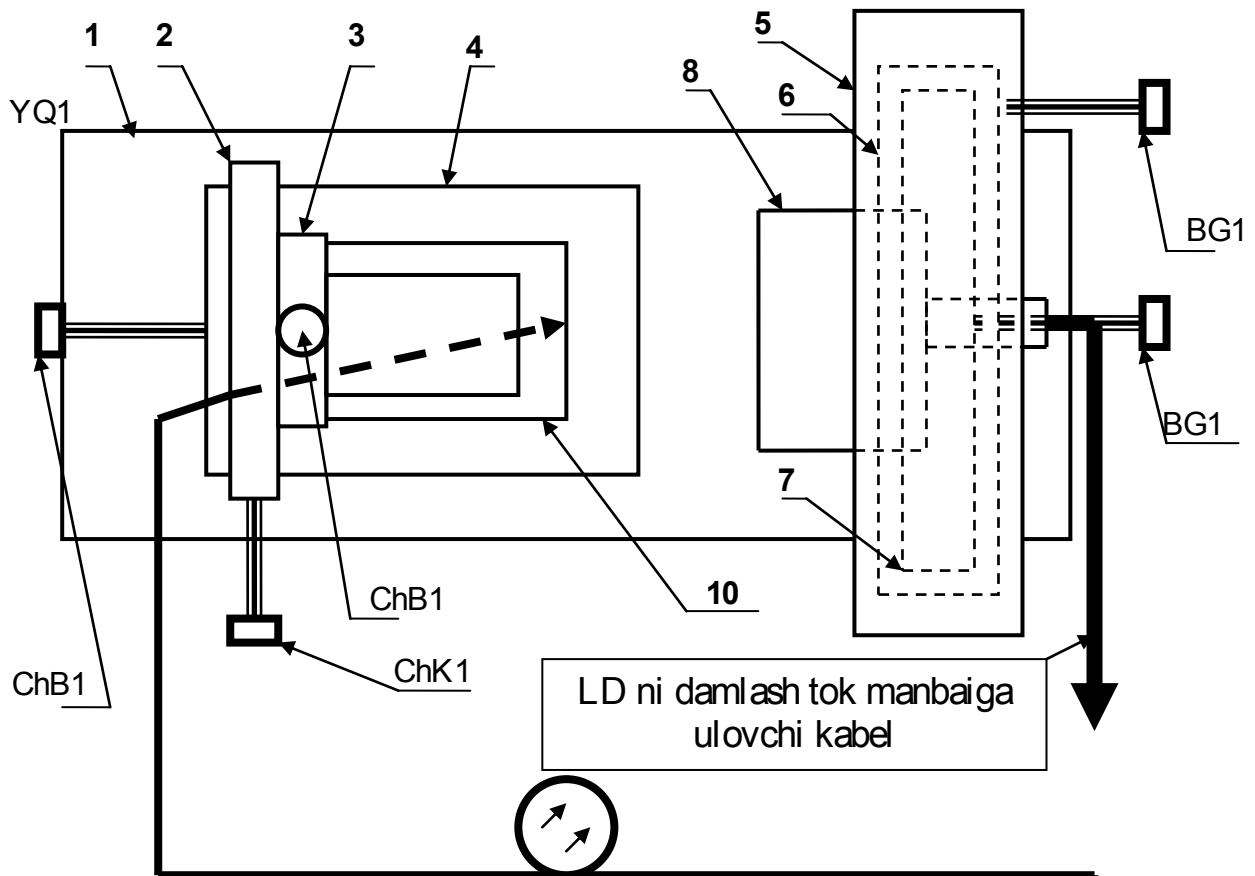


1.14-rasm. Qatorni ajratish bloki.

QAB monitoring video chiqishi va ossilografning kirishi bilan mos keluvchi ajraladigan ulagichli kabel yordamida ulanadi. Ajraladigan ulagichlarning blok qismlari blokning orqa panelida joylashgan.

2.12. Monitoring elektr ta'minoti bloki (METB), monitoring 220V/50Hz o'zgaruvchan elektr toki tarmog'idan ta'minotini amalga oshiradi. Telekamera va QAB ning ta'minoti monitorda ishlab chiqiladigan kuchlanish orqali ta'minlanadi.

2.13. Ossilograf (OSS). Uning kirishiga QAB dan ajratilgan qatorga muvofiq keluvchi signal tushadi. Telekameraning kuzatish maydonida tadqiq etilayotgan optik tola kesimi yotganligi uchun, qatorni ajratish rejimida ossilogramma o'zida optik tolaning ko'ndalang kesimida intensivlikning taqsimlanishini aks ettiradi.



1.15-rasm. Ikkita yustirovka qurilmasi.

2.14. Ikkita yustirovka qurilmasi (YQ1, YQ2). Ular quyidagilarni ta'minlaydi:

(K) uchun opravkani o'zaro yustirovkalaydi (YQ1). Bu hol sozlash, o'lchovlarni o'tkazish qulayligini ta'minlab, tadqiq etiladigan optik tolaga kiritiladigan optik quvvat sathini o'zgartirish imkonini beradi;

- tadqiq etilayotgan optik tola kesimi va telekameraning o'zaro yustirovkalaydi (YQ2).

YQ1 va YQ2 ning soddalashgan (yuqoridan ko'rinishiga mos keluvchi) eskizi 1.15-rasmda keltirilgan. Bu qurilmalar, kerakli elementlar biriktirilgan opravka ko'rinishi bilangina farqlanadi. Ularning boshqaruv qurilmalari bir xil.

Asos 1 (1.15-rasm) yustirovka qurilmalarining asosi bo'lib xizmat qiladi. Ularda ikki tugun joylashgan. Ularning biri o'zaro perpendikulyar yo'nalishda biriktirilgan elementli opravkaning joyini chiziqli ko'ndalang (CHK), chiziqli bo'ylama (CHB), chiziqli vertikal (CHV) o'zgartirishni amalga oshirish imkonini beradi.

Ikkinchi tugun, ikki o'zaro perpendikulyar yuzalarda biriktirilgan elementli opravkaning joyini burchakli - vertikal (BV) va gorizontal (BG) o'zgartirishni amalga oshiradi. Yuqorida ko'rsatilgan 5 yo'nalishdan biri bo'yicha o'zgartirishlarni amalga oshiruvchi mikrometrik vintlar rezbalarining qadami bir xil bo'lib, 0,5 mm ni tashkil etadi. Joyini chiziqli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugun tarkibiga uchta harakatlanuvchi (2, 3, 4) platalar kiradi, ular uch o'zaro perpendikulyar yo'nalishlarda – mos ravishda CHB 1, 2 mikrometrik vintlar orqali (chiziqli bo'ylama yo'nalishda), CHK 1, 2 (chiziqli ko'ndalang yo'nalishda), CHV 1, 2 (chiziqli vertikal yo'nalishda) joylarini o'zgartirishlari mumkin. Joyini burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugun tarkibiga uchta bir biriga kirgizilgan 5, 6, 7-halqalar kiradi. Tashqi 5-halqa asos 1 bilan juda mahkam bog'langan. 6- va 7-halqalar shunday biriktirilganki, ularni gorizontal (6) va vertikal (7) o'qlar atrofida burish ta'minlangan. Burish BG (joyini burchakli gorizontal o'zgartirish) va BV (joyini burchakli vertikal o'zgartirish) mikrometrik vintlar yordamida amalga oshiriladi.

YQ1 da joyini burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugunning ichki 7-halqasiga optik manba (LD yoki YD) li opravka (8) mahkamlangan. Shu tarzda bir manbadan keyin ikkinchisini ishlatish imkoniyati ko'zda tutilgan. Eskizda ulovchi kabel ko'rsatilgan, uning yordamida optik manba «Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki» ga ulanadi. Opravka (8) ga qutblantirgich (17) mahkamlangan. U opravkaga uning ichki yuzasidagi rezba bo'ylab buraladi. Qutblantirgichning burilishi

optik quvvat sathining o'zgarishiga olib keladi.

YQ1 da joyini burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugunning 3-platasiga (1.15-rasm) opravka (10) mahkamlangan, unga tadqiq etilayotgan optik tolaning FC konnektori ulanadi. 3-, 4-platalarda va silindr (9) da tirqishlar mavjud, u orqali tadqiq etilayotgan optik tola o'tadi (1.15-rasm).

YQ2 yustirovka qurilmasida joyini burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugunning ichki 7-halqasiga markaziy tirqishli silindr (11) mahkamlangan. Unga joyidan olinadigan opravka (12) FV2 vint yordamida (1.15-rasm) mahkamlangan, unda tadqiq etilayotgan optik tolaning FC konnektori qayd etiladi.

Silindr (11) va joyini burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugunning qopqog'idagi tirqish (eskizda ko'rsatilmagan) orqali tadqiq etilayotgan optik tola o'tadi.

YQ2 yustirovka qurilmasida joyini burchakli o'zgartirishni amalga oshiruvchi tugunning 3-platasiga ichki tirqishli silindr 14 mahkamlangan. Unga telekamera (13) mahkamlangan. Silindr (14) ning tashqi yuzasida (M 40 x 0,5) rezba mavjud. Unga ob'yektiv (15) ga ega bo'lgan opravka (16) buraladi. Telekamera obyektivi ishlatilgan holda rezba bo'ylab opravka (16) ning joyini silindr (14) gacha o'zgartirish, M monitor ekranida telekamera orqali shakllangan tasvirni sozlash imkonini beradi.

Eskizda (1.15-rasm) telekamerani monitor bilan bog'lovchi kabel ko'rsatilgan.

YQ2 yustirovka qurilmasi telekamera mikroob'yektiviga nisbatan tadqiq etilayotgan optik tola kesimining holatini kerakli tarzda o'zgartirish uchun xizmat qiladi.

2.15. Optik tola bukilishidagi yo'qotishlarni o'lchash tuguni (YO'T). Tugun eskizi 1.16-rasmda keltirilgan. Himoya qobig'isiz sariq rangli bufer qoplamali FC-UPC turdagi konnektorli bir modali yoki himoya qobig'isiz FC-PC turidagi ko'p modali optik tola (1) vint (3) yordamida fiksator (2) ga mahkamlanadi.

Fiksatorlar orasidagi optik tola qirqimi skremblarning harakatlanuvchi 4- va harakatlanmaydigan 5-ustunlari orasidan o'tkaziladi. Harakatlanuvchi 4-ustunlarning holati o'zgartirilganida, fiksator (2) larning joyi yo'naltiruvchi 6 bo'ylab o'zgartiriladi. Fiksatorlarning qayta o'z holatiga harakati prujinalar hisobiga amalga oshiriladi. Fiksatorlar, yo'naltirgichlar va harakatlanuvchi prujinalar harakatlanuvchi 7-asoslarga mahkamlangan.

Harakatlanmaydigan 6 ta 5-ustunlar harakatlanmaydigan asos (8) ga

mahkamlangan. Unda uzunasiga teshiklar o'yilgan, ular orqali 5 ta harakatlanuvchi ustunlarning joylari o'zgartiriladi.

Harakatlanuvchi ustunlarning joyini o'zgartirish mikrometrik vint (9) yordamida amalga oshiriladi.

Boshlang'ich holatda harakatlanuvchi ustunlar, optik tola uchastkasi deformatsiyalanmaydigan holatda bo'lishi kerak. Bunda fiksator (3) bilan bog'langan prujinalar yordamida optik tolni ozgina tortish ta'minlanishi kerak.

Harakatlanuvchi ustunlarning joyini yuqoriga o'zgartirish optik tolni bukilishiga olib keladi. Bukish radiusi ustun radiusi bilan mos keladi, bukilgan uchastka uzunligi esa, ustunlarning harakatidan o'zgaradi. L – harakatlanuvchi ustun joyining o'zgarishi mikrometrik vint (9) shkalasi bo'yicha belgilanadi.

Ustunning ma'lum D diametri va ustunlar orasidagi $d=20$ mm masofa uchun bukilgan uchastka uzunligi quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$L=D \cdot [\arcsin(D/(L^2+d^2)^{1/2})+\arctg(L/d)].$$

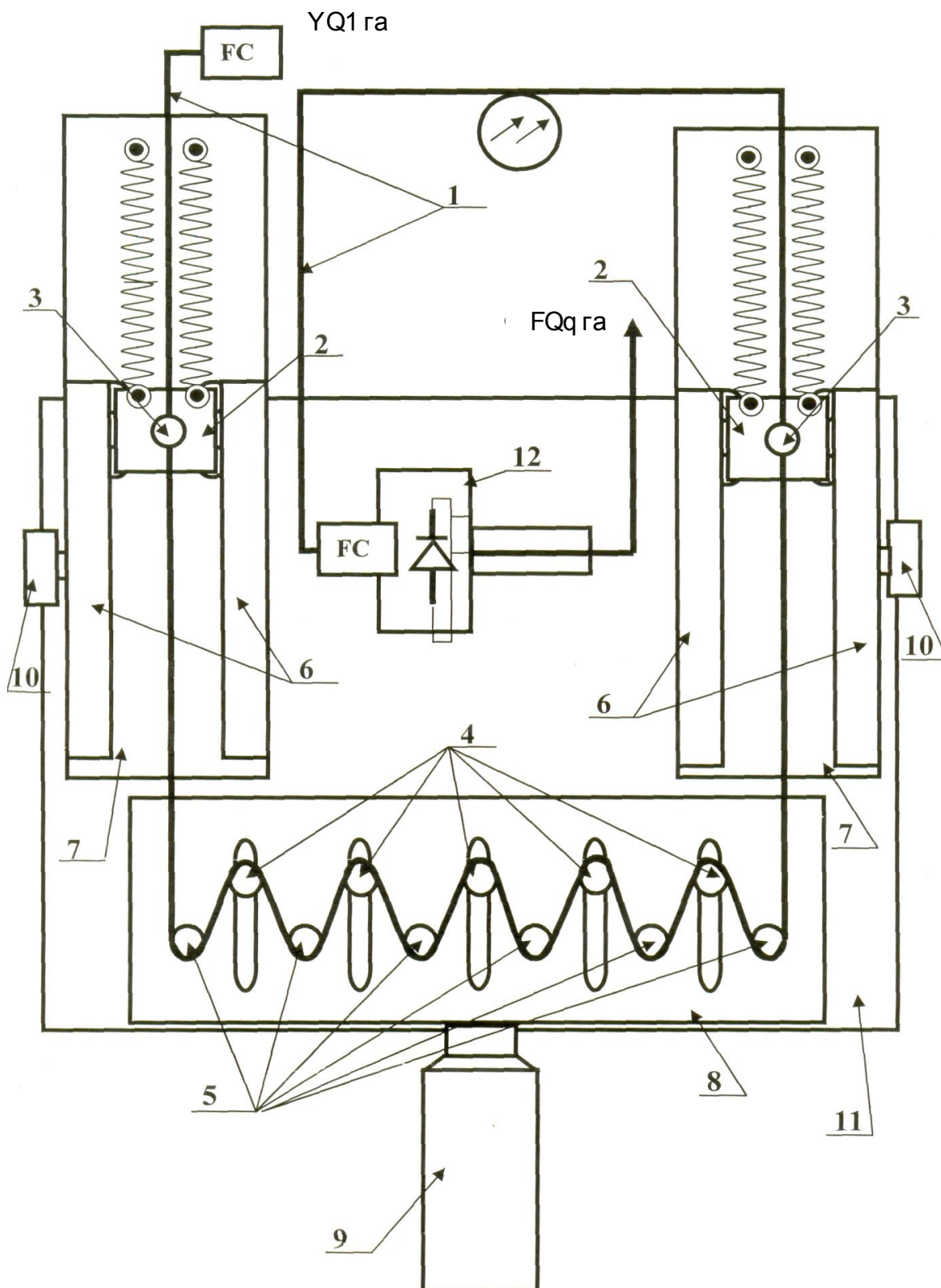
Harakatlanuvchi ustunlarning qayta o'z holatiga harakatlanishida, fiksator bilan bog'langan prujinalarni tortish hisobiga optik tola ham boshlang'ich holatiga qaytadi.

YO'T majmuasiga turli 5, 7, 9, 11, 13, 15 mm diametrli almashinuvchi ustunlar to'plami kiradi, ular bu diametrlarda yo'qotishlarni o'lchashni o'tkazishga imkon beradi.

Ustunlarning diametri o'zgartirilganida, optik tolni oxirgi harakatlanmaydigan ustunlarga nisbatan joylashuvi o'zgaradi. Optik tola 6-yo'naltirgichga parallel joylashgan bo'lsa, uning joylashuvi to'g'ri hisoblanadi. Buni ta'minlash uchun 7-asosning joyi optik tola va uning mahkamlash elementlari bilan birgalikda ko'ndalang yo'nalishda o'zgartiriladi. Joyni o'zgartirish (10) vintlar yordamida amalga oshiriladi.

Butun konstruktsiya (11) plataga mahkamlanadi. Unda shuningdek fotodiodli (12) opravka joylashadi. Uning diametri shu tarzda tanlanadiki, tadqiq etilayotgan OT1 konnektorining opravkasi u bilan ulansin.

Bunda tadqiq etilayotgan OT kesimidan chiqayotgan yorug'lik oqimi fotodiodning fotosezgir maydoniga to'liq tushadi. Konnektor uchun opravka – yechiladigan. U optik tola chiqish kesimining fotodiod bilan, shuningdek, telekamera bilan ulanishi uchun ishlatiladi. Oxirgi holda u YQ2 da o'rnatilgan.



1.16-rasm. Optik tola bukilishidagi yo'qotishlarni o'lchash tuguni.

2-laboratoriya ishi

YORUG'LIK DIODI VA LAZER DIODINING VATT-AMPER XARAKTERISTIKALARINI QIYOSIY O'RGANISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

1.1. Lazer diodining vatt-ampere tavsifini tajriba yo'li bilan o'lchash.

1.2. Lazer diodining bo'sag'a toki va optik nurlanish generatsiyasining boshlanishiga mos keluvchi damlash tokini tajriba yo'li bilan aniqlash.

1.3. Yorug'lik diodining vatt-ampere tavsifini tajriba yo'li bilan o'lchash.

1.4. Yorug'lik diodi va lazer diodining vatt-ampere tavsiflarini qiyosiy tahlil etish.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishiga tayyorlanayotganda quyidagi savollarni o'rganish zarur:

- tolali optik aloqa tizimlarida qo'llaniladigan optik nurlanish manbalarining turlari va ularning ishlash prinsipini o'rganish;

- hisobot uchun nazariy qismning qisqacha mazmuni, qurilmaning tuzilishi va olingan natijalarni qayd etish uchun jadval chizilgan sahifani tayyorlash;

- [1]-adabiyotning 82 – 89, 113 – 114 sahifalari, [2]-adabiyotning 57 – 74 sahifalari, [5]-adabiyotning 92 – 115 sahifalari, [6]-adabiyotning 143 – 176 sahifalari, [7]-adabiyotning 123 – 148 sahifalari, [9]-adabiyotning 122 – 123 sahifalaridan foydalaning.

3. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

Ushbu berilgan laboratoriya ishida quyidagi elementlardan foydalaniladi (2.6-rasm):

- yorug'lik manbaining elektr ta'minoti bloki;
- "foto qabul qilgich" elektron bloki;
- lazer diodi (LD1);
- yorug'lik diodi (YD);
- qutblantirgichlar (Q).

Optik manbadan nurlanayotgan quvvatni manbaning p-n o'tishi orqali oqayotgan tokka (damlash toki I_d) bog'liqligi vatt-ampere tavsifi deyiladi.

3.1. Yarim o'tkazgichli lazer diodi LD1 ni ulash uchun:

- nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki (NMETB) paneli yuzasidagi damlash tokini sozlovchi potensiometr ruchkasini soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirgi holatga qo'yiladi;

- tugmali o'zgartirgich yordamida damlash tokini o'zgartirish oralig'i 50 mA holatga o'tkaziladi;

- LD ulanuvchi kabel yordamida NMETB ga ulanadi (2.6-rasm). Ulanish panelning yuza sirtida joylashgan blok qismi PS 4 TV ajratgich yordamida amalga oshiriladi.

3.2. NMETB yuzasidagi "TARMOQ" tumblari yoqiladi. Shunda uning chirog'i yonadi.

3.3. LD1 mos holda yorug'lik manbaining elektr ta'minoti blokiga ulanadi.

3.4. FD1 mos holda foto qabul qilgich blokiga ulanadi.

3.5. Yorug'lik manbaining elektr ta'minoti blokidagi damlash tokini o'zgartiruvchi potensiometr yordamida damlash tokining I_d qiymati 25 mA ga qo'yiladi.

3.6. LD1 va FD1 orasida joylashgan qutblantirgichni burash orqali o'lchovchi qurilmadagi optik quvvat qiymati "1" ga qo'yiladi.

3.7. Optik manbaning vatt-ampere tavsifini o'lchashni olib borish. O'lchash jarayoni LD1 va YD uchun bir xil, shuning uchun quyida manba turi ko'rsatilmaydi.

3.7.1. Damlash toki I_d ni o'zgartiruvchi potensiometr ruchkasi soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirgi holatga buralib, 0 qiymatga qo'yiladi.

3.7.2. Optik quvvatni o'lchash oralig'ini tanlash tugmasini 1 holatga (maksimal sezgirlik holatiga) qo'yiladi.

3.7.3. Damlash tokining qiymatini 0 dan 3 mA gacha o'zgartirib, nisbiy birlikda optik quvvat qiymatlari o'lchanadi. I_d ning qiymatini generatsiya boshlanishiga mos holda belgilanadi. Damlash tokining qadamini o'zgartirish o'qituvchi ko'rsatmasiga binoan bajariladi. O'lchash natijasida olingan qiymatlar 2.1-jadvalga yoziladi.

3.7.4. Damlash tokini I_d o'zgartiruvchi potensiometr ruchkasi soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirgi holatga buraladi. Shundan so'ng damlash tokini o'zgartirish oralig'ini (0-15) mA tugma yordamida o'zgartirib, optik quvvat o'lchanadi va olingan qiymatlar 2.1-jadvalga

yoziyadi. O'lchash ishlari "Optik quvvat nisb. birl." o'lchov qurilmasining ko'rsatkichi "1" qiymatni ko'rsatguncha olib boriladi.

2.1-jadval

Optik nurlanish manbaining vatt-ampere xarakteristikasi

I_d, mA	
$P, \text{nisb.birl.}$	
U_d, V	

3.8. Yorug'lik diodining vatt-ampere xarakteristikasini o'lchash. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring.

3.8.1. "Damlash tokini aniq, qo'pol sozlash" potensiometr ruchkasini soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirgi holatga o'rnatish.

3.8.2. YD yorug'lik manbaini elektr ta'minoti blokiga ulang.

3.8.3. FD2 ni foto qabul qilgich blokiga ulang.

3.8.4. YD ning vatt-ampere xarakteristikasini o'lchash ishlari ushbu ko'rsatmaning 2 qismiga mos holda olib boriladi.

3.9. O'lchash natijalariga ishlov berish:

3.9.1. O'lchash natijalari bo'yicha YD va LD uchun nisbiy birlikdagi optik quvvat P ning damlash tokiga I_d bog'liqligini tuzing.

3.9.2. Tuzilgan bog'lanish bo'yicha quyidagilarni:

- YD va LD larida yorug'likning generatsiyasi boshlanishiga mos kelgan damlash toklarining qiymatlari;

- yorug'lik diodi va lazer diodi vatt-ampere xarakteristikalarining bukilishiga mos kelgan bo'sag'aviy tokining I_{b1} qiymatlari;

- YD va LD1 vatt-ampere xarakteristikalarining sifat jihatdan farqini aniqlang.

4. Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltirilishi lozim:

1. Nazariy qismning qisqacha mazmuni.
2. Qurilmaning tuzilish sxemasi.
3. O'lchash natijalari va xarakteristikalari.
4. Olingan natijalar tahlili va xulosa.

5. Nazorat savollari

1. Optik signallarni generatsiyalovchi nurlanish manbalariga qanday talablar qo'yiladi?
2. Optik aloqa tizimida yorug'lik manbalarining qanday turlaridan foydalaniladi? Ular qanday materiallardan tayyorlanadi?
3. Yorug'lik diodi va uning ish prinsipini tavsiflang.
4. Yorug'lik diodining vatt-amper xarakteristikasini tavsiflang.
5. Yorug'lik diodining afzalliklari va kamchiliklari nimada?
6. Yarim o'tkazgichli yorug'lik diodi va lazer diodining ish prinsiplari va xarakteristikalari bir-biridan qanday farqlanadi?
7. LD ning qanday turlari mavjud, ular qanday xususiyatlarga ega?
8. Lazer diodining vatt-amper xarakteristikasiga tavsif bering.
9. Optik signallarni to'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirishda bir modali lazer diodlarining qaysi turlaridan foydalaniladi?
10. Optik signalni uzatuvchi modul (OUzM) ning tuzilishi va bloklari vazifasini tushuntiring.

6-Nazariy qism

6.1. Optik nurlanish manbalariga qo'yiladigan talablar

OA tizimlari nurlanish manbalariga quyidagi umumiy talablar qo'yiladi:

– yorug'lik manbai optik kabelning ko'ndalang kesimiga muvofiq o'lchamlarga ega bo'lishi kerak;

– signalni uzoq masofaga uzatish uchun yorug'lik manbai yetarli darajada katta quvvatga ega bo'lishi kerak;

– nurlanish quvvatining yorug'lik manбайдan chiqishidagi yo'qotishlarni imkon qadar kamaytirish uchun yorug'lik manbai optik zichligi bo'yicha optik tola bilan muvofiqlashgan bo'lishi, boshqacha qilib aytganda, uning sindirish ko'rsatkichi optik tolaning sindirish ko'rsatkichiga yaqin bo'lishi kerak;

– yorug'lik manbaining nurlanishi optik tolaning shaffoflik «darcha»laridan biriga mos kelishi kerak. Hozirgi kunda qo'llanishda bo'lgan optik tolalarda yorug'likning tarqalish jarayonida yutilishi va boshqa turdagi yo'qotishlar juda kam sodir bo'ladigan uchta ana shunday «darcha» mavjud: $\lambda=850$ nm; $\lambda=1300$ nm; $\lambda=1550$ nm;

– axborotlarni talab etilgan tezliklarda uzatishni ta'minlash uchun

yorug'lik manbai yetarli darajada katta modulyatsiya chastotalarida ishlay olishi kerak;

– haroratning o'zgarishlari yorug'lik manbai ishiga imkon qadar kam ta'sir qilishi kerak;

– yorug'lik manbaining tannarxi nisbatan arzon bo'lishi kerak;

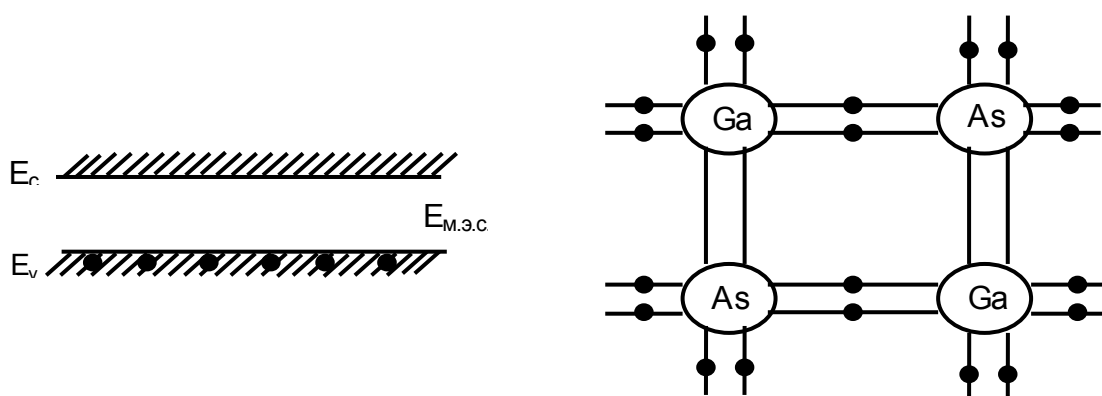
– xizmat muddati yetarli darajada katta bo'lishi kerak.

Bugungi kunda tolali optik uzatish tizimlarida bu talablar majmuiga javob beradigan yorug'lik manbalarining ikki turidan – yarim o'tkazgichli yorug'lik diodlari va injeksion lazer diodlaridan foydalaniladi.

6.2. Optik signalni generatsiyalovchi kogerent va nokogerent nurlanish manbalarining ishlash prinsipi

Kvant mexanikadan ma'lumki, elektronlar tomonidan egallangan energiyaning qiymati diskret hususiyatga ega. Energetik holatlarning diskretligi elektron u yoki bu energetik sathda joylashgan deb gapirishga asos bo'ladi. Yarim o'tkazgichlarda (2.1-rasm) elektronlarning konsentratsiyasi nisbatan yuqori va shuning uchun ko'plab energetik sathlar energetik soha tashkil qilgan holda zich joylashgan bo'ladi.

Bunday sohalarning ikki turi mavjud: o'tkazuvchanlik sohasining eng quyi energetik sathi bu sohaning tubi deb ataladi va uni E_s ko'rinishida, valent energetik sohaning eng yuqori energetik sathi bu sohaning shipi deb ataladi va E_v ko'rinishida belgilanadi. Bu energetik sohalor orasida $E_{m.e.s.}$ energiyali man etilgan soha hosil bo'ladi.



2.1-rasm. Yarim o'tkazgichlarning energetik sohalari.

Valent elektronlar sohasi bazaviy (minimal) energetik sathga mos keladi deb hisoblanadi. Issiqlik muvozanati sharoitida deyarli barcha elektronlar aynan shu energetik sohada joylashadi, ya'ni elektronlar yarim o'tkazgich kristall panjarasining aniq joylarida joylashadi va saqlanib qoladi. Agar elektronlarga tashqaridan energiya berilsa, nima yuz beradi degan savol paydo bo'ladi. Agar yarim o'tkazgichning p-n o'tishiga to'g'ri yo'nalishdagi siljituvchi kuchlanish berilsa, unda mazkur o'tish orqali elektr toki o'ta boshlaydi. Bunda tashqaridan beriladigan energiya miqdori yetarli bo'lsa, past energetik sathda joylashgan ba'zi elektronlar qo'shimcha energiya hisobiga yuqori sathlarga o'tadi, ya'ni valent energetik sohadagi elektronlarning bir qismi o'tkazuvchanlik energetik sohasiga o'tadi. Bu hol yarim o'tkazgich hajmida ko'chib yura oladigan erkin elektronlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Bunda valent energetik sohasining elektronlardan bo'shagan joylarida musbat zaryadlangan kovaklar paydo bo'ladi. Kovaklar va erkin elektronlar yarim o'tkazgichda tok tashuvchilar hisoblanadi. Yarim o'tkazgichdagi erkin elektronlar kristall panjara tugunlari yoki boshqa elektronlar bilan to'qnashib, valent elektronlar sohasiga «qaytib tushadi» va natijada «elektron-kovak» juftligi yo'qoladi [2].

Agar valent elektronlar sohasiga «qaytib tushish» to'qnashuvsiz yuz bersa, unday holatlarda elektronlar tomonidan yo'qotilgan energiya foton ko'rinishda ajralib chiqadi. Nurlanishning bunday jarayoni spontan nurlanish deb nomlanadi.

Bu nurlanishning ν chastotasi $E_s - E_v$ energetik sathlarning farqi, ya'ni man etilgan energetik soha kengligining qiymati bilan aniqlanadi:

$$\nu = c/\lambda = E_q/h, \quad (2.1)$$

bu yerda, c – yorug'likning vakuumdagi tezligi, $c = 3 \cdot 10^8$ m/sek;

λ – to'lqin uzunligi, mkm;

E_q – man etilgan energetik soha kengligi;

h – Plank doimiysi, $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Dj.sek.

Yuqoridagi munosabat Borning chastota sharti deyiladi. Yorug'likning jadalligi (intensivligi) rekombinatsiyalanadigan (to'qnashuv jarayonida yo'qoladigan) «elektron-kovak» juftliklari soniga bog'liq.

Spontan optik nurlanish har qanday elektronning bir energetik sathdan boshqasiga o'tishidan paydo bo'ladi. Biroq elektronlarning o'tish

vaqtlari bir-biriga mos kelmaganligi uchun energiyalari bir-biridan biroz farq qiladigan amplituda, fazalari va chastotalari har xil bo'lgan optik to'lqinlar hosil bo'ladi. Bundan tashqari $E_{m.e.s.}$ energiyasining kichik tebranishlari ham nurlanishning chastota bo'yicha yoyilib ketishiga ta'sir qiladi.

Spektr kengligi nurlanish manbaining monoxromatikligini tavsiflovchi parametr sifatida ishlatiladi. Spontan nurlanish kam monoxromatiklikka ega bo'lgani uchun u nokogerent yorug'lik deb ataladi. Yorug'lik diodi (YD) ana shunday spontan nurlanishli nokogerent manba hisoblanadi.

Yuqorida ko'rib o'tilganlardan farqli ravishda sinfaz optik to'lqinlarni nurlantiruvchi manbalar yorug'likning kogerent manbalari deb ataladi. Ularning ishi asosini hajmiy rezonator orasiga joylashgan yarim o'tkazgichning spontan nurlanishi tashkil etadi. Fabri-Pero turidagi rezonatorlar keng tarqalgan bo'lib, u Z o'qiga perpendikulyar o'rnatilgan ikkita ko'zgudan iborat (2.2 a-rasm). Ko'zgu musbat teskari aloqa vazifasini bajaradi. Ushbu konstruksiya nurlarning Z o'qi bo'ylab tarqalishiga to'sqinlik qiladi. Shu tarzda ko'ndalang modalar soni kamayadi [2].

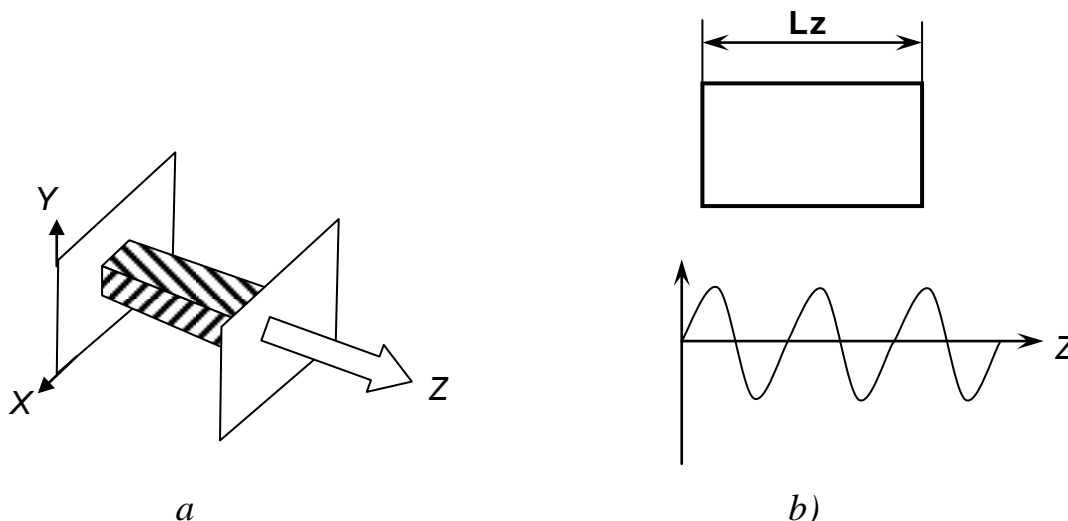
2.2 b-rasmda Z o'qi bo'ylab elektr maydonning taqsimlanishi ko'rsatilgan. Elektr maydoni kuchlanganligining Z o'qi bilan kesishishlari soni N_z ni juda ko'p deb hisoblaymiz.

Shu tarzda rezonatorida X, Y, Z o'qlarining ikkala tomoniga yo'nalgan, turli modalar qancha bo'lmasin, stabil sharoit (rezonans sharti) faqat yuqorida aytib o'tilgan elektromagnetizm qonunlarini qanoatlantiruvchi yorug'lik uchun o'rnatiladi va bu yorug'lik N_x -, N_y - va N_z - tartibli modalar ko'rinishida qolishni davom ettiradi.

Rezonatorning mavjudligi sinfaz optik to'lqinlar yuzaga kelishi uchun sharoit yaratadi. Natijada nurlanish spektri diskret yoki kogerent bo'ladi.

Kvant mexanikasi qonunlariga ko'ra, musbat teskari aloqaga ega rezonatorlarning bunday tuzilishida nafaqat spontan nurlanish, balki induksiyalangan (majburiy) nurlanish deb nom olgan jarayon ham yuz beradi. Induksiyalangan nurlanishning mohiyati shundaki, agar o'tkazuvchanlik zonasida joylashgan elektronga (2.1) munosabat bilan aniqlanadigan ν chastotaga taxminan teng bo'lgan ν_0 chastotali yorug'lik tushsa, ν_0 chastotali va tushayotgan yorug'lik yo'nalishidagi nurlanish paydo bo'ladi. Shunday qilib, spontan nurlanishga induksiyalangan nurlanish qo'shiladi.

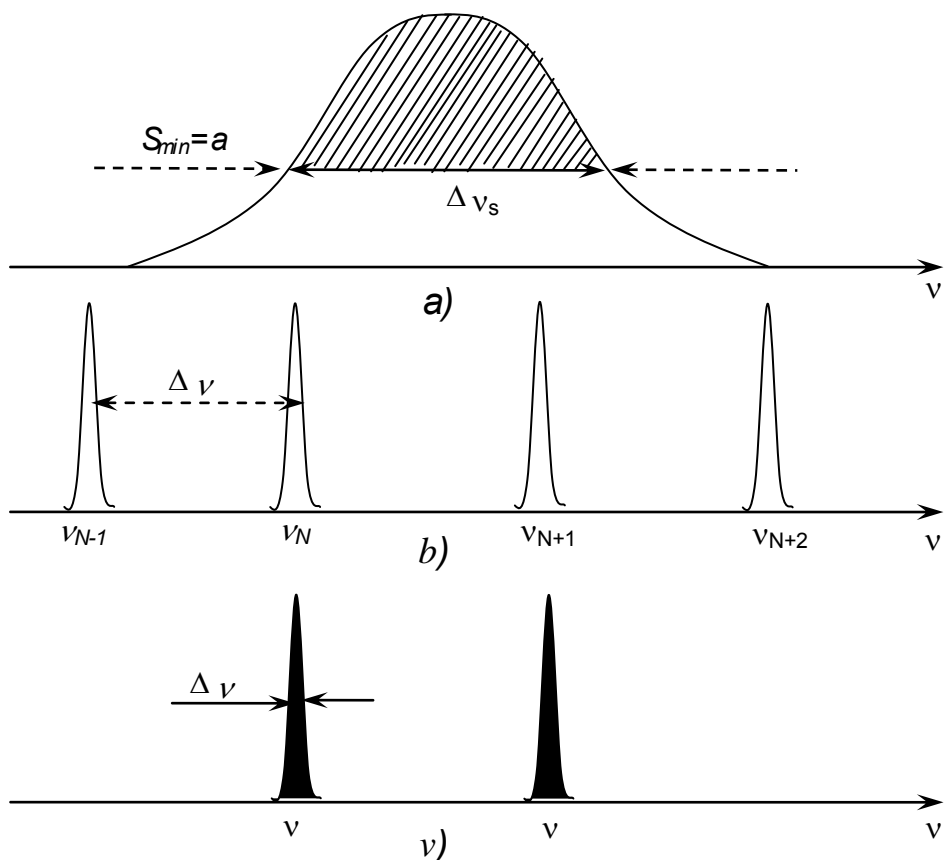
Agar bunday tuzilishda umumiy yo‘qotishlar kuchayishlarga qaraganda kamroq bo‘lsa, unda majburiy nurlanish generatsiyasining yuzaga kelishi bilan tavsiflanuvchi lazer effekti hosil bo‘ladi. Musbat teskari aloqani ta‘minlovchi ko‘zgularni olib tashlash bilan generatsiya to‘xtaydi, lekin spontan nurlanish avvalgidek davom etishi mumkin. Induksiyalangan (majburiy) nurlanish prinsipi lazer diodlarining ish asosini tashkil etadi.



2.2-rasm. Fabri-Pero rezonatorining umumiy tuzilishi (a) va Z o‘qi bo‘ylab elektr maydonining taqsimlanishi (b).

Majburiy yoki induksiyalangan nurlanish nurlanadigan bo‘ylama modalar sonini kamaytiradi. Lazer nurlanishining quvvati va chastotasi spontan nurlanish spektrining shakliga bog‘liq bo‘ladi. 2.3-rasmda bo‘ylama modalarning spontan (a), kogerent (b) nurlanishlari spektrlari va lazer generatsiyasi spektri ko‘rsatilgan [2]. Lazerda tebranishlarning qo‘zg‘alish darajasini aks ettiruvchi spontan nurlanish spektrini bu tebranishlarni kuchayish xarakteristikasi (kuchayish spektri) deb hisoblash mumkin [5].

Lazerda tebranishlarni hosil qilish uchun rezonatoridagi yo‘qotishlarni kompensatsiyalash va optik nurlanishni kuchaytirish tashqi manba energiyasi hisobiga amalga oshiriladi.



2.3-rasm. Lazer tebranishlarining spektri: a) – spontan nurlanish spektri; b) – kogerent nurlanish spektri; ν) – lazer generatsiyasi spektri.

6.3. Yorug'lik diodlari va ularning turlari

Yuqorida qayd etilganidek, yorug'lik diodi nokogerent optik nurlanish manbai hisoblanadi. Bunday manbalarning asosi sifatida to'g'ri o'tishli yarim o'tkazgichlardan (GaAs va boshqalardan) foydalaniladi. Bunday yarim o'tkazgichlarda o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronlar kristall panjara tugunlari bilan to'qnashmaydi, ya'ni energiya miqdorini saqlab qolgan holda valent elektronlar zonasiga o'tadi va kovaklar bilan qaytadan bog'lanadi. Bunday o'tishda spontan nurlanish vujudga keladi. Ikki yoki undan ortiq elementlardan tashkil topgan GaAs va boshqa birikmalar asosidagi yarim o'tkazgichlar ko'pincha to'g'ri o'tishli yarim o'tkazgichlar hisoblanadi va ulardan tayyorlangan p-n o'tishlar yorug'likni oson nurlantiradi. Agar Mendelejev jadvalining 3 – 4 guruh elementlari (aralashmali yarim o'tkazgichlar) dan foydalanilsa, komponentlarning o'zaro nisbatiga mos holda man etilgan zona energiyasi $E_{m.e.s}$ o'zgaradi. Shu tariqa turli to'lqin uzunliklarini nurlantiruvchi yorug'lik manbalarini yaratish imkoni tug'iladi. Komponentlarning o'zaro nisbatini o'zgarishidan sindirish koeffitsiyenti ham o'zgaradi. 2.2-jadvalda turli xil

kimyoviy birikmalar asosida olingan yarim o'tkazgichli yorug'lik manbalarining bir necha turi va ularning optik nurlanish diapazoni ko'rsatilgan.

Ko'rsatib o'tilgan birikmalar $\lambda < 1$ mkm to'lqin uzunlikli yorug'likni nurlantiradi. Agar InP asosida to'rt valentli kimyoviy birikma, masalan $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ tayyorlansa, x va y qismlari nisbatiga bog'liq holda nurlanish to'lqin uzunligi 1,0 dan 1,6 mkm oralig'ida o'zgaradi [2]. YD lar uchta "shaffoflik darcha"lari - 850, 1310 va 1550 nm da ishlatish uchun ishlab chiqariladi. Biroq, ular ko'proq 850 va 1310 nm li to'lqin uzunliklarida qo'llaniladi. YD larni ishlab chiqarish lazer diodlariga qaraganda arzonroq tushadi.

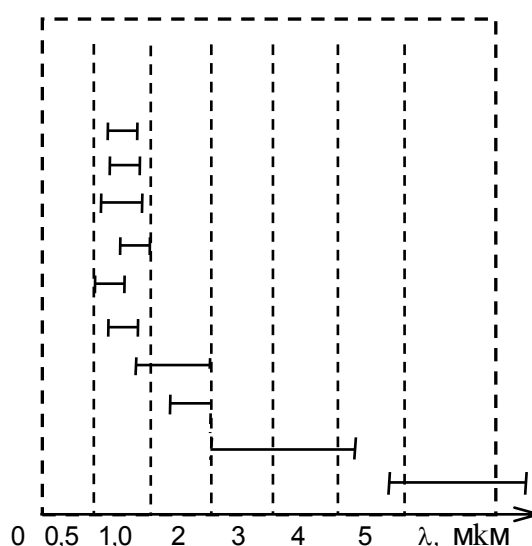
Tuzilishining nisbatan soddaligi, yuqori ishonchlilik va nurlanish tavsiflarining haroratga kuchsiz bog'liqligi YD larning afzalligi hisoblanadi. Biroq nurlanish spektrining kengligi (60 nm gacha), nurlanuvchi chastota oralig'ining kengligi (100 – 200 MHz) va tezkor emasligi sababli YD laridan asosan axborotlarni past tezlikli optik aloqa tizimlarida yaqin masofaga uzatish maqsadlarida foydalaniladi.

Lazer diodlari (LD) odatda uzoq masofali va yuqori tezlikli (155 Mbit/s dan yuqori) optik tizimlarida qo'llaniladi.

2.2-jadval

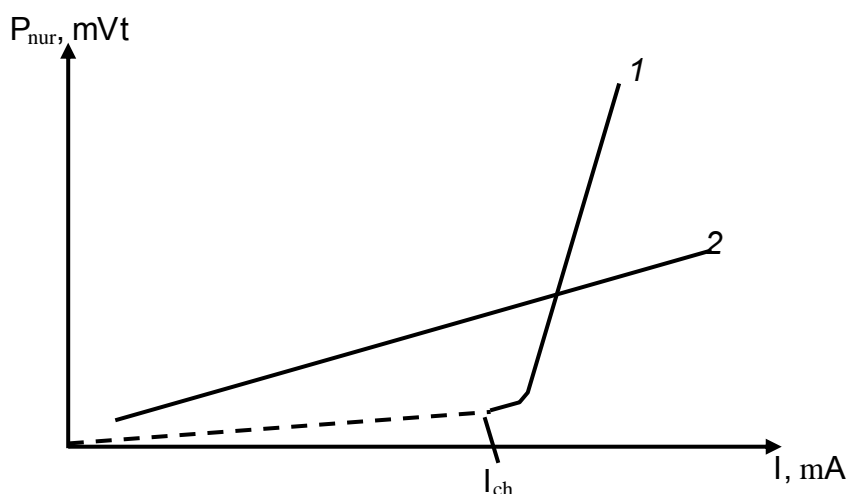
Turli kimyoviy birikmalar asosidagi yarim o'tkazgichli yorug'lik manbalarining nurlanish sohalari

Aktiv qatlam	Qobiq qatlami	Taglik
Al GaAs	Al GaAs	GaAs
GaInAsP	GaInP	GaAs
GaInAsP	GaInP	GaAs
GaInAsP	Al GaInP	GaAs
Al GaInP	Al GaInP	GaAs
GaInAsP	Al GaAs	GaAs
GaInAsP	InP	InP
Al GaAsSb	Al GaAsSb	GaSb
InAsSbP	InAsSbP	InAs
PbSnSeTe	PbSnSeTe	PbTe



6.4. Lazer diodlarining tavsiflari

Lazer diodlari nurlanish quvvati va uning tashqi injeksiya tokiga bog'liqligi, nurlanish spektri, nurlanishning yo'nalganlik diagrammasi va xizmat muddati bilan tavsiflanadi. Lazer diodi yorug'lik diodiga nisbatan tashqi injeksiya tokining katta qiymatlarida ishlaydi. Tashqi injeksiya toki I_i oshib, chegaraviy I_{ch} qiymatga etgach, ya'ni majburiy nurlanish quvvati tuzilishdagi yo'qotishlarga teng yoki katta bo'lganida lazer effekti yuzaga keladi. Bu nurlanish yuqori darajada kogerent bo'lgani uchun, LD nurlanish spektrining kengligi YD nikiga nisbatan tor bo'ladi. LD nurlanish spektrining kengligi 1-2 nm. Nurlanish quvvatining tashqi injeksiya tokiga bog'liqligi LD ning vatt-ampere xarakteristikasi orqali tavsiflanadi. 2.4-rasmda LD va YD larining vatt-ampere xarakteristikalari ko'rsatilgan.



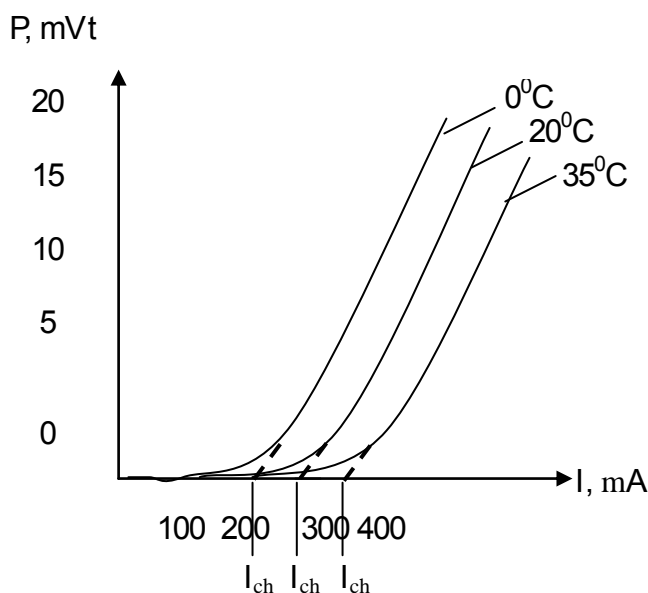
2.4-rasm. Vatt-ampere xarakteristikalari: 1 – lazer diodi uchun; 2 – yorug'lik diodi uchun.

Kichik tok qiymatlarida LD da kuchsiz spontan nurlanish yuzaga keladi, u nisbatan past samarali yorug'lik diodi sifatida ishlaydi. Yuqorida aytib o'tilgandek, tok qiymati chegaraviy tok I_{ch} qiymatidan oshganida nurlanish quvvati P_{nur} keskin ortib, kogerent majburiy nurlanish hosil bo'ladi. LD ning nurlanish quvvati 1-100 mWt oraliqda yotadi.

Rasmdan ko'rinadiki, LD ning vatt-ampere tavsifi noxiziqli ko'rinishga ega [3]. Shu sababdan, vatt-ampere tavsifini chiziqdashirishning maxsus choralarini qo'llamasdan, lazerning nurlanish quvvatini analog signal ta'sirida modulyatsiyalashtirishdan amaliy jihatdan foydalanilmaydi.

Odatda, injeksiya toki va mos ravishda lazerning chiqish optik

quvvatini modulyatsiyalash jarayonidan foydalaniladi. Shuni alohida ta'kidlash joizki, lazer chegaralangan cho'qqi quvvatli nurlanish manbai hisoblanadi. Bu damlash tokining katta qiymatlarida quvvatning kamayib borishi bilan bog'liq. LD ga xos yana bir muhim xususiyat shundaki, atrof muhitning harorati o'zgarsa, vatt – amper xarakteristikasi tokning katta qiymatlari tomon suriladi (2.5- rasm) [6]. Bu hol chegaraviy tok va chiqish nurlanish quvvati qiymatlarining o'zgarishiga olib keladi. Ushbu kamchilikni bartaraf etish uchun kompensatsiyalashning elektr sxemalaridan, shuningdek, mikrosovutgich ishini boshqaruvchi termokompensatsiyalovchi sxemalardan foydalaniladi.



2.5-rasm. Lazer diodi vatt-amper xarakteristikasining haroratga bog'liq ravishda o'zgarishi.

Magistral TOA liniyalarida signallar asosan 1,3 va 1,55 mkm to'liq uzunliklarida uzatiladi. 1,55 mkm to'liq uzunligida so'nish qiymatlari kichik bo'lgani uchun retranslyasiyasiz uzun uchastkalarda ($L=100$ km) ana shu to'liq uzunlikdagi optik uzatish manbalaridan foydalanish samaralidir. Magistral aloqa liniyalari kabellari bir modali tolalardan iborat bo'lgani uchun ham LD dan foydalanish kerak. Chunki LD nurlanishining yo'nalganlik diagrammasi YD dagiga qaraganda tor. Bu hol nurlanishni tolaga kiritishni osonlashtiradi [6].

«Yorug'lik diodi va lazer diodining vatt-amper xarakteristikalarini

qiyosiy o'rganish» o'quv laboratoriya qurilmasi

1. Qurilmaning umumiy tavsifi

Ushbu qurilma asosida quyidagi laboratoriya ishini bajarish mumkin: yorug'lik diodi (YD) va lazer diodi (LD) ning vatt-amper tavsiflarini o'rganish.

Laboratoriya ishini bajarish quyidagilarni o'rganish imkonini beradi:

-yarim o'tkazgichli yorug'lik manbai nurlanish quvvatining damlash toki (p-n o'tish orqali oquvchi tok) ga bog'liqligini o'rganish. Quyida bu bog'lanish vatt-amper tavsifi deb yuritiladi;

-YD va LD vatt-amper tavsiflarini qiyosiy tadqiq etish.

2. Laboratoriya qurilmasi funksional sxemalarining tuzilishi

Laboratoriya qurilmasi tarkibiga quyidagilar kiradi (2.6-rasm).

2.1. Uchta yarim o'tkazgichli yorug'lik manbai: ikkita lazer diodi LD1, LD2 lar va yorug'lik diodi YD. Bu manbalar $\lambda=0.67$ mkm to'lqin uzunligi diapazonidagi nurlanishni ta'minlaydi. Ikkita fotodiod FD1 va FD2 lar $\lambda=0.67$ mkm to'lqin uzunligi diapazonidagi optik nurlanishni qayd etadi. Manbalar va fotodiodlar qurilma optik sxemasining elementlariga mahkamlangan maxsus qobiqlarda joylashtirilgan. LD1 va YD larning nurlanishi mos holda FD1 va FD2 lar tomonidan qayd etiladi. Optik nurlanish manbai va unga mos keluvchi fotodiod orasida o'z o'qi atrofida aylana oladigan qutblantirgich Q lar joylashtirilgan. Shu tariqa nurlanish manbai qutblanish koeffitsiyentini aniqlash imkoni ta'minlanadi. LD2 yustirovka qurilmasi YU1 ga mahkamlangan va uning qismida burchakli siljish (BS) amalga oshiriladi.

2.2. Optik nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki (NMETB). U LD1, LD2, YD manbalarini qo'zg'atish uchun qo'llaniladi. 2.6-rasmda qurilmaning yuza sirti ko'rsatilgan. LD unga PC4-TV ajraladigan ta'minot shnuri yordamida ulanadi. Ajratgichning blok qismi panelning yuza sirtida joylashgan va u "OPTIK CHIQISH" deb belgilangan.

Blok quyidagi imkoniyatlarni ko'zda tutadi:

-panelning yuzasiga chiqarilgan potensiometr ruchkasi yordamida damlash toki qiymatini va shu tariqa LD nurlanish quvvatini o'zgartirish;

-tugmali o'zgartirgich yordamida damlash tokining o'zgarish chegaralari (5, 50 mA) ni o'zgartirish;

-“NURLANTIRGICH TOKI” raqamli indikatori yordamida damlash

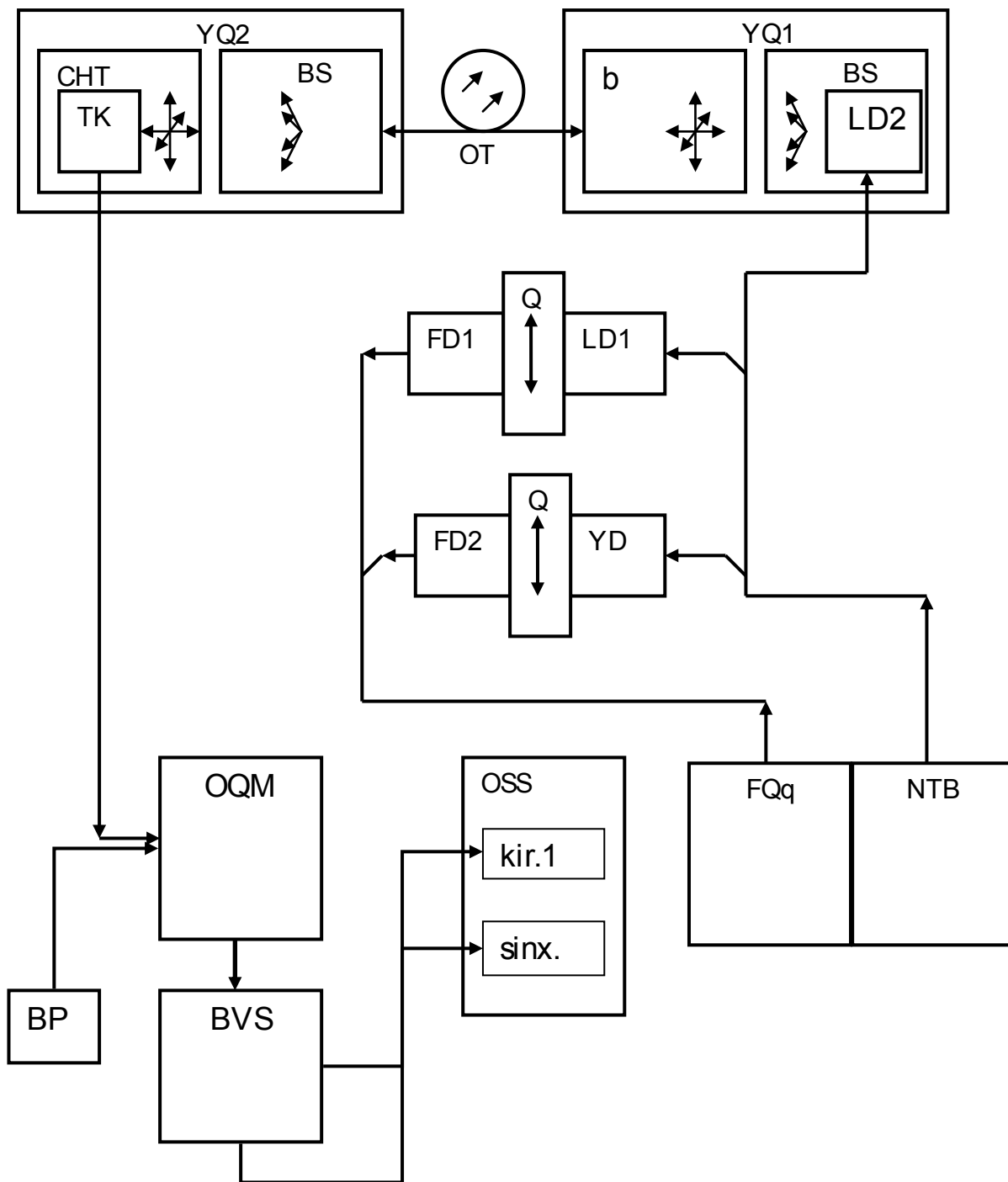
tokini qayd etish.

Nurlanish manbaining elektr ta'minoti 220 V/50 Hz tarmoqdan amalga oshiriladi.

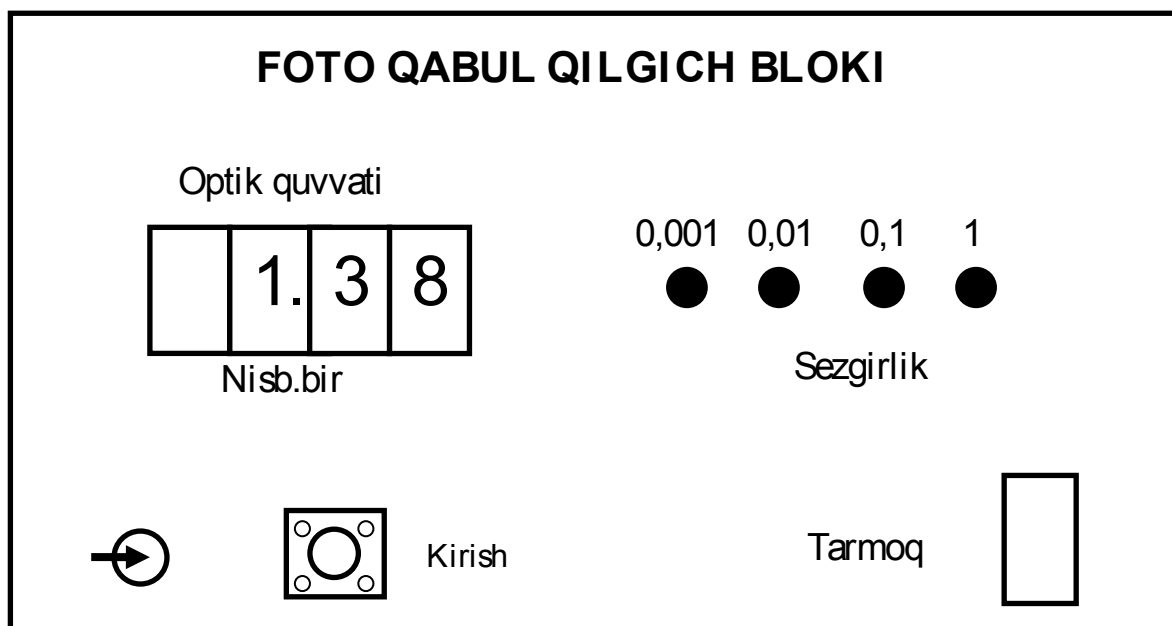
2.3. Foto qabul qilgich qurilmasi (FQq), u $\lambda=0.67$ mkm to'lqin uzunligidagi nurlanishni qayd etadi. 2.7-rasmda FQq blokining yuza sirti ko'rsatilgan. Fotodiod unga PC4-TV ajratgichli ta'minot shnuri bilan ulangan. Ajratgichning blok qismi panelning yuza sirtiga joylashtirilgan va u "KIRISH" deb belgilangan. Blok optik quvvatni o'lchash chegaralarini o'zgartirish imkonini ko'zda tutadi. Buning uchun panelning yuzasidagi "SEZGIRLIK" tugmali o'zgartirgichidan foydalanish mumkin. Panelning yuza qismidagi "0.001; 0.01; 0.1; 1" tugmalarni bosish fototok kuchayish koeffitsiyentini o'zgartirish imkonini beradi.

Foto qabul qilgich panelining yuza sirtida optik quvvatni nazorat qilish uchun raqamli indikator "OPTIK QUVVAT, NISB. BIRL." mavjud. Fotodiodning fotosezgir maydoniga tushuvchi optik nurlanish, uning p-n o'tishi orqali oquvchi tokning (fototok) o'zgarishiga olib keladi. Fototok fotodiodning fotosezgir maydonidagi optik quvvat qiymatiga to'g'ri proporsionaldir. Shu sababdan raqamli indikator ko'rsatkichlari bu quvvatga teng emas, balki proporsionaldir. Foto qabul qilgich yordamida o'lchash nisbiy birliklarda amalga oshiriladi.

Qurilma tarkibiga ikkita tolali yorug'lik uzatgichi (TYoU) kiradi. Ularning vazifasini bir modali (sariq rangli himoya qobig'ili) va ko'p modali (olov rangli himoya qobig'ili) ulovchi tolali shnurlar bajaradi. Ikkala shnur SFC (bir modali) va FC (ko'p modali) turidagi konnektorlar bilan ta'minlangan.



2.6-rasm. Laboratoriya qurilmasi tarkibi.



2.7-rasm. Foto qabul qilgich bloki.

Yorug'lik uzatgichi (YoU) laboratoriya qurilmasi optik sxemasi elementlari bilan yustirovka qurilmasining bo'g'imlariga mahkamlangan maxsus qobiqlar yordamida ulanadi.

2.4. Mikroob'yektivli telekamera (TK), undan tadqiq etilayotgan yorug'lik uzatgichi ko'ndalang kesimidagi nurlanishni tahlil qilish uchun foydalaniladi. Telekameraning kuzatish maydonida tadqiq etilayotgan yorug'lik uzatgichining bitta ko'ndalang kesimi kuzatiladi.

Telekamera quyidagi tavsiflarga ega:

- maksimal ruxsat etish - 700 lin/mm;
- ob'yektivning fokus masofasi $F=4,2$ mm.

O'lchash ishlari (sonli aperturani o'lchash, moda tarkibini tadqiq etish, manbaning kogerentlik darajasini o'lchash) olib borilayotganida telekameraning ob'yektivi qo'llanilmaydi.

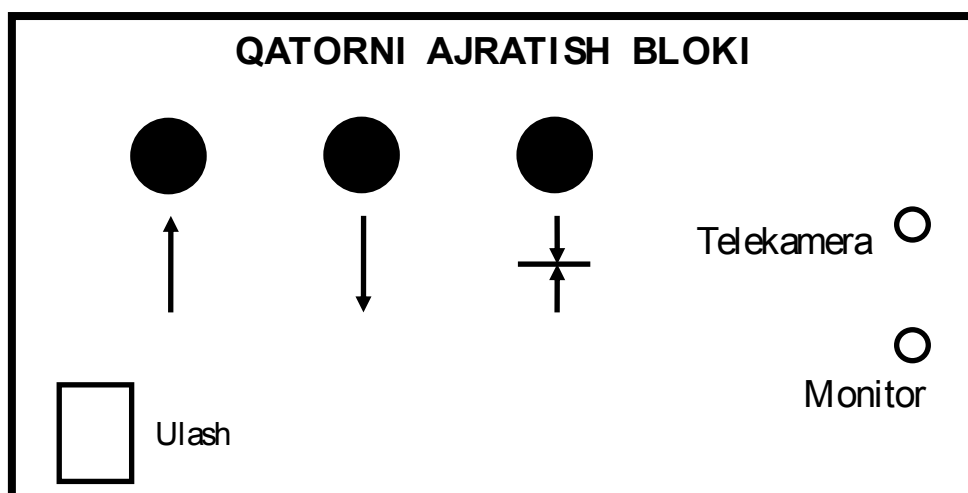
2.5. Oq-qora monitor (OQM), uning ekranida telekamerada shakllangan tasvir kuzatiladi. Ushbu qurilmada – bu, o'rganilayotgan yorug'lik uzatgichining nurlanayotgan uchi tasviridir.

2.6. Qatorni ajratish bloki (QAB), uning yordamida telekamerada shakllangan tasvirni qatorlarga ajratish amalga oshiriladi. Bu hol signal tadqiq qilinayotgan yorug'lik uzatgichining ko'ndalang kesimida jadallikning taqsimlanishiga mos keladi.

3.8-rasmda qatorni ajratish blokining yuza sirti ko'rsatilgan. Unda shartli tarzda «↑», «↓», «+» simvollar bilan belgilangan uchta tugma mavjud. «↑», «↓» tugmalari yordamida monitor ekranidagi tasvir bo'yicha

ajratilgan qatorni yuqoriga va pastga harakatlantirish amalga oshiriladi. «+» tugma ajratilgan qatorni tasvir o'rtasiga o'rnatadi. Ajratilgan qatorning holati monitor ekrani bo'yicha nazorat qilinadi – tasvirda u yorqin chiziq bilan belgilangan.

Panelning yuza sirtida elektr ta'minoti blokining yoqilishini va uning kirishida videosignal borligini nazorat qilish imkonini beruvchi ikkita (qizil va ko'k) yorug'lik diodi joylashgan. Ta'minotni yoqish panel sirtining yuzasidagi "ULASH" tumblari yordamida amalga oshiriladi.



2.8-rasm. Qatorni ajratish bloki.

QAB, u ossilograf kirishi va monitoring video chiqishi bilan mos keluvchi ajratish kabellari yordamida ulanadi. Blokning orqa panelida ajratgichlarning blok qismi joylashgan.

2.7. Monitoring elektr ta'minoti bloki (METB), u o'zgaruvchan tok 220V/50Hz tarmog'idan monitor ta'minotini ta'minlaydi. Telekamera va QAB ta'minoti monitorda ishlab chiqarilgan kuchlanishlar yordamida amalga oshiriladi.

2.8. Ossilograf (OSTS), uning kirishiga QAB dan ajratilgan qatorga mos keluvchi signal beriladi. Telekameraning ko'rish maydonida o'rganilayotgan yorug'lik uzatgichi uchining burchagi topiladi, qatorni ajratish rejimida Ossilogramma uning ko'ndalang kesimida jadallikning taqsimlanishini aks ettiradi.

2.9. Ikkita yustirovka qurilmasi (YQ 1, YQ 2). Qurilma tarkibiga ikkita yustirovka qurilmalari (YQ1, YQ2) ham kiradi. Ular quyidagilarni:

– LD2 manbai va o'rganilayotgan yorug'lik uzatgichi uchining o'zaro yustirovkasi (YQ1) ni ta'minlaydi. Berilgan sozlagich o'lchash o'tkazishning qulayligini ta'minlashi uchun o'rganilayotgan yorug'lik

uzatgichiga kiritiladigan optik quvvat sathini o'zgartirish imkonini beradi;
– telekameralar va o'rganilayotgan yorug'lik uzatgichi uchining o'zaro yustirovkasi (YQ2) ni ta'minlaydi.

3.9 -rasmda YQ1 va YQ2 larning yuqoridan ko'rinishiga mos keladigan soddalashtirilgan tuzilishi keltirilgan. Bu qurilmalar faqat zarur elementlar mahkamlangan qobiqning ko'rinishi bilan farq qiladi. Ularning boshqaruv qurilmalari bir xil.

1-taglik asos yustirovka qurilmalarining asosini tashkil etadi (2.9-rasm). Ularda ikkita tugun joylashgan. Ulardan biri elementlar bilan mahkamlangan qobiqning uchta perpendikulyar yo'nalish bo'yicha chiziqli siljishi - chiziqli ko'ndalang (CHK), chiziqli bo'ylama (CHB), chiziqli vertikal (CHV) siljishini amalga oshirish uchun xizmat qiladi.

Ikkinchi tugun ikkita o'zaro perpendikulyar tekislikda mahkamlangan qobiqning burchakli - vertikal (BV) va gorizontal (BG) siljishini amalga oshiradi.

Yuqorida ko'rsatilgan yo'nalishlarning birida siljishni amalga oshiruvchi mikrometrik vintlarning rezba qadamlari bir xil bo'lib, ular 0.5 mm ni tashkil etadi.

Chiziqli siljishni amalga oshiruvchi tugun tarkibiga uchta harakatchan platalar (2, 3, 4) kiradi, ular mikrometrli vintlar yordamida uch o'zaro perpendikulyar yo'nalishda - CHB 1, 2 (chiziqli bo'ylama yo'nalishda), CHK 1, 2 (chiziqli ko'ndalang yo'nalishda), CHV 1, 2 (chiziqli vertikal yo'nalishda) siljiydi.

Burchakli siljishni amalga oshiruvchi tugun tarkibiga uchta bir-biriga joylashtirilgan halqalar 5, 6, 7 kiradi. Tashqi halqa taglik 1 bilan mahkam bog'langan. 6 va 7 halqalar shunday mahkamlanganki, ularning gorizontal (6) yoki vertikal (7) o'q atrofida aylanishi ta'minlanadi. Aylantirish BG (burchakli gorizontal siljitgich) va BV (burchakli vertikal siljitgich) mikrometrik vintlar yordamida amalga oshiriladi.

Yustirovka qurilmasi YQ1 da burchakli siljishni amalga oshiruvchi tugunning ichki halqasi 7 da lazer diodi LD2 li qobiq 8 mahkamlangan. Chizmada "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" blokini LD2 ga ulovchi kabel ko'rsatilgan.

Yustirovka qurilmasi YQ1 da (2.6, 2.9-rasmlar) chiziqli siljishni amalga oshiruvchi 3 tugun platasida tadqiq qilinayotgan tolali yorug'lik uzatgichning konnektori FC qayd etiladigan yechib olinadigan 10 qobiq mahkamlangan.

3 va 4 platalarda tadqiq etilayotgan yorug'lik uzatgichi

o'tkaziladigan tirqish mavjud (2.9-rasm).

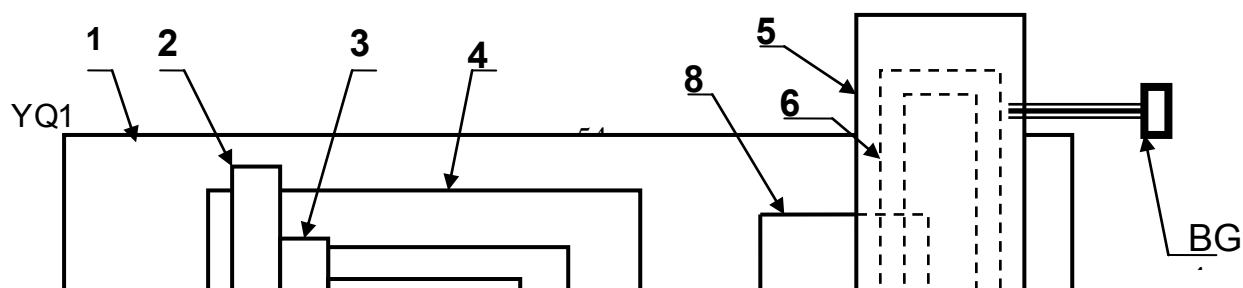
YQ1 yustirovka qurilmasi tadqiq etilayotgan yorug'lik uzatgichiga lazer diodi LD2 dan kiritilayotgan optik quvvat sathini sozlash uchun xizmat qiladi.

YQ2 yustirovka qurilmasida burchakli siljishni amalga oshiruvchi tugunning ichki halqasi 7 ga markaziy tirqishli silindr 11 mahkamlangan. Unda QEV2 qayd etiluvchi vint yordamida yechib olinadigan qobiq (12) mahkamlangan, ya'ni tadqiq etilayotgan yorug'lik uzatgichining FC konnektori qayd etiladi.

Tadqiq etilayotgan yorug'lik uzatgichi burchakli siljishni amalga oshiruvchi (chizmada ko'rsatilmagan) tugunning qopqog'idagi tirqish va silindr 11 orqali o'tadi.

YQ2 yustirovka qurilmasida chiziqli siljishni amalga oshiruvchi (3) tugun platasida (2.6, 2.9-rasmlar) ichki tirqishli silindr (14) joylashgan. Unga telekamera (13) mahkamlangan. Silindr (14) ning tashqi sirtiga (M 40 x 0,75) rezba o'yilgan. U bo'yicha qobiq (16) obyekt (15) bilan birlashtiriladi. (16) qobiqni (14) silindrning rezbasi bo'yicha siljitish telekamera yordamida shakllangan tasvirni monitor M ekranida sozlash imkoniyatini beradi (2.6-rasm).

2.9-rasmda telekamerani monitor bilan ulovchi kabel ko'rsatilgan. YQ2 yustirovka qurilmasi tadqiq qilinayotgan yorug'lik uzatgichi uchining holatini telekameraning mikroob'yektiviga nisbatan to'g'rilash uchun xizmat qiladi.



3-laboratoriya ishi

FOTOQABUL QILGICHNING VOLT-AMPER VA SPEKTRAL XARAKTERISTIKALARINI TADQIQ ETISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

- 1.1. Optik quvvat o'lchagichi (optik tester) dan foydalanish bo'yicha amaliy ko'nikmalar hosil qilish.
- 1.2. Optik quvvat o'lchagichi yordamida lazer diodi vatt-amper xarakteristikasini o'lchash.
- 1.3. Fotodioddan oqib o'tayotgan tokning uning sezgir yuzasiga tushayotgan quvvat sathiga bog'liqligini tadqiq etish.
- 1.4. Fotodioddan oqib o'tadigan tok va uning chiqqichlariga qo'yilgan siljitish kuchlanishi orasidagi bog'lanishni tadqiq etish.
- 1.5. Fotodiod spektral sezgirligi va siljitish kuchlanishi orasidagi bog'lanishni tadqiq etish.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishini bajarishga tayyorlanayotganda quyidagi ishlarni amalga oshirish zarur:

- hisobot uchun laboratoriya ishi mavzusiga oid nazariy qismning mazmunini;
- TOAT larda qo'llaniladigan yorug'lik manbalariga qo'yiladigan talablar, lazer diodining tuzilishi, ish mexanizmi, xarakteristikalari va parametrlari, qo'llanish xususiyatlarini;
- TOAT larda qo'llaniladigan foto qabul qilgichlarga qo'yiladigan talablar, ularning turlari, fotodiodning tuzilishi, ish mexanizmi, xarakteristikalari va parametrlari, afzallik va kamchiliklarini o'rganish;
- laboratoriya ishini bajarishga mo'ljallangan uskunaning tuzilishi va olingan natijalarni qayd etish jadvali keltirilgan sahifani tayyorlash;
 - v [1]-adabiyotning 128 – 156 sahifalari, [2]-adabiyotning 75 – 83 sahifalari, [5]-adabiyotning 121 – 138 sahifalari, [6]-adabiyotning 176 – 180 sahifalari, [7]-adabiyotning 149 – 163 sahifalari, [9]-adabiyotning 141 – 146 sahifalaridagi ma'lumotlarni o'rganish.

3. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

3.1. Lazer diodi vatt-amper xarakteristikasini optik quvvat o'lgachigi yordamida o'lchash.

3.1.1. "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki boshqarish organlarini boshlang'ich qiymatga qo'ying:

– tok qiymatini boshqaruvchi "I₀", "I₁" potensiometrlarning buragichini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda eng oxirgi holatga qo'ying;

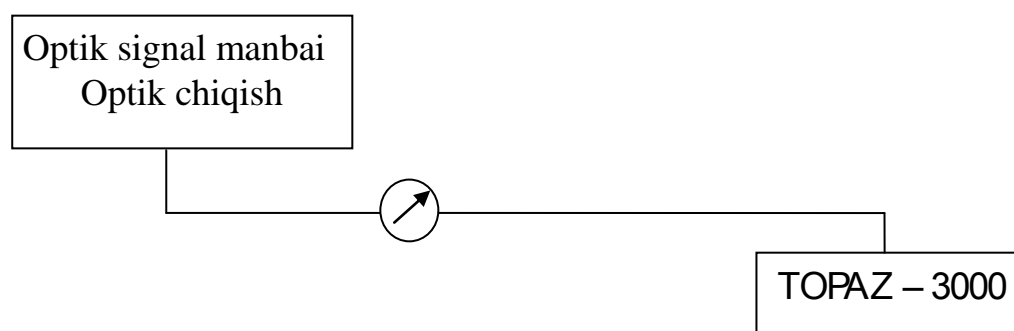
– "MODULYATSIYA", "DISPERSIYA", "SHOVQIN" tugmachali almashlab ulagichini bosilmagan holga qo'ying;

– "TARMOQ" tumblerini ulang. Bunda uning indikatorini yongan holatga o'tadi.

– "KUCHLANISH MANBAINI TANLASH" tugmachasini lazer diodining $\lambda=1,3$ mkm yoki $\lambda=1,5$ mkm to'lqin uzunligidagi nurlanuvchi holatga o'tkazish. Bunda tegishli rozetka ustidagi nazorat uchun qo'llaniladigan yorug'lik diodi yonadi. Boshqarish qurilmasining ushbu holatida elektron blok tanlangan chiqishda uzluksiz modulyatsiyalanmagan yorug'lik nurlanishini ta'minlaydi. Uning quvvati "I₀" potensiometri yordamida boshqariladi.

3.1.2. FC turidagi konnektorli bir modali shnur (sariq rangli himoya qobig'ili) yordamida "OPTIK NURLANISH MANBAI" elektron blokining chiqishini "TOPAZ 3000" optik tester kirishi bilan ulang (3.1-rasm).

3.1.3. "TOPAZ 3000" optik testeri tavsifidan foydalanib, uni tanlangan to'lqin uzunligidagi optik nurlanish quvvatini absolyut qiymatlarda (mVt larda) o'lchash rejimiga ulang.



3.1-rasm. Optik signal manbai chiqishini optik tola yordamida «TOPAZ 3000» optik tester kirishi bilan ulash sxemasi.

3.1.4. "OPTIK NURLANISH MANBAI" elektron bloki panelining yuza

sirtidagi potentsiometr yordamida “ I_0 ” toki qiymatini o‘zgartirib, lazer diodi vatt-ampere xarakteristikasini o‘lchashni amalga oshiring. Nurlanish quvvati qiymati P_C ni “TOPAZ 3000” asbobi yordamida absolyut birliklarda aniqlang. “ I_0 ” tok qiymatini “OPTIK NURLANISH MANBAI” elektron bloki panelining yuza sirtiga joylashgan raqamli indikator yordamida aniqlang. O‘lchashlarni “ I_0 ” qiymatini $0 < I_0 < 25$ mA oraliqda o‘qituvchi ko‘rsatgan qadam bilan o‘zgartirgan holda o‘tkazing. O‘lchashlar natijalarini 1-jadvalning 1-qatoriga kiriting. O‘lchashlar tugaganidan so‘ng “TOPAZ 3000” asbobini o‘chiring.

3.1.5. Tajriba natijalari bo‘yicha lazer diodining vatt-ampere xarakteristikasi – nurlanish quvvati P_0 (mVt) va lazer diodidan oqib o‘tadigan I_0 (mA) tok orasidagi bog‘lanish grafigini tuzing. Xarakteristikada bo‘sa‘a toki $I_{bo’s}$ (mA) ning qiymatini aniqlang. Bu qiymat keyingi tadqiqotlarni bajarish uchun kerak bo‘ladi.

3.1-jadval

Lazer diodi vatt-ampere xarakteristikasini o‘lchash natijalari

I_0 , mA	0	5	7	10	15	20	25	30
P , mVt								

3.2. Fotodioddan oqib o‘tadigan tok qiymatining uning sezgir yuzasiga tushayotgan optik quvvat sathiga bog‘liqligini tadqiq etish

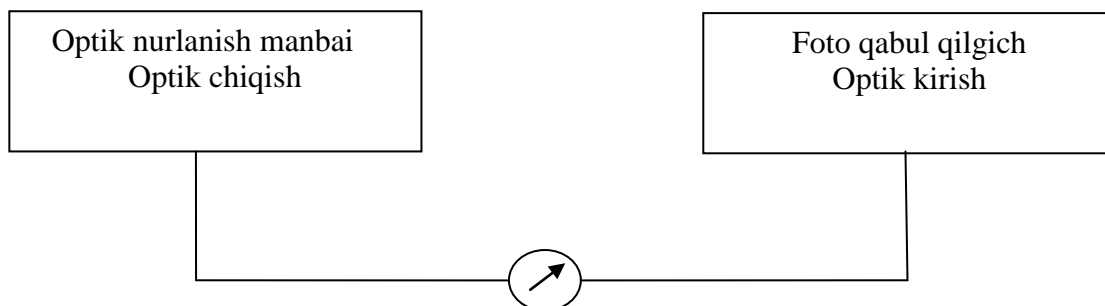
3.2.1. ”FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki boshqarish organlarini boshlangich holatga qo‘ying:

- “SILJISH KUChLANISHINI BOSHqARISH” buragichini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirgi holatga qo‘ying;
- “NOLNI QO‘YISH” tugmachali almashlab ulagichni bosib qo‘ying;
- “SEZGIRLIK” tugmachali almashlab ulagichni 1 holatga o‘tkazing;
- “TARMOQ” tumblerini ulang. Bunda tegishli indikator yonadi.

3.3.2. “OPTIK NURLANISH MANBAI” elektron bloki panelining yuza sirtidagi I_0 toki qiymatini boshqaruvchi potentsiometr buragichini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirgi holatga qo‘ying. Bunda lazer diodi nurlanmaydi.

3.3.3. “TOPAZ 3000” asbobi kirishidagi optik shnur konnektorini ajrating va uni ”FOTO QABUL QILGICH” elektron blokining optik kirishi bilan ulang (3.2-rasm).

3.3.4. "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtidagi siljish kuchlanishi potensiomترلari yordamida o'qituvchi ko'rsatmasiga muvofiq siljish kuchlanishi U_{silj} ning kerakli qiymatini qo'ying.



3.2-rasm. Optik nurlanish manbai optik chiqishini foto qabul qilgich optik kirishini ulash sxemasi.

3.3.5. Foto qabul qilgichni kalibrovkalang. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

- "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki panelining yuza sirtidagi "NOLGA QO'YISH" almashlab ulagich tugmasini bosib qo'ying;
- "NOLGA QO'YISH" potensiometri buragichi yordamida optik quvvatni nisbiy birliklarda o'lchovchi asbobning ko'rsatkichini nolga qo'ying;
- "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki panelining yuza sirtidagi kalibrovka almashlab ulagich tugmachasini bosilgan holatdan boshlangich holatga o'tkazing.

3.3.6. Lazer diodi vatt-amper xarakteristikasini "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtida joylashgan optik quvvatni nisbiy birliklarda qayd etuvchi asbob yordamida o'lchashlarni bajaring. O'lchash natijalari "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtidagi strelkali asbob ko'rsatkichlari P (nisbiy birliklarda) va damlash toki I_0 orasidagi bog'lanishga mos keladi.

I_0 tok qiymatlarini 3.1-jadvalga muvofiq shunday tanlab olish kerakki, optik quvvatning 1- bandeda o'lchangan absolyut qiymatlari va ushbu bandeda o'lchangan nisbiy qiymatlari o'rtasida muvofiqlikni ta'minlash imkoniyati bo'lsin. Olingan natijalarga ishlov berish qulay bo'lishi uchun 2.2-jadvalning 3-qatoriga 1-jadvaldan optik quvvatning P_0 ning absolyut birliklarda (mVt larda) o'lchangan qiymatlarini kiriting.

3.3.7. "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtidagi asbobdan fotodiodga qo'yilgan siljish kuchlanishini qiymatini

o'zgartirib va optik quvvatni nisbiy birliklarda qayd qiluvchi qurilma sifatida foydalanib, lazer diodi vatt-amper xarakteristikasini o'lchashlarni qaytaring. Bunda U_{silj} ning qiymatlarini o'qituvchining ko'rsatmasiga muvofiq tanlab oling.

3.2-jadval

Lazer diodi vatt-amper xarakteristikasini "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki yordamida fotodiodga qo'yilgan siljish kuchlanishining $U_{silj} = 10 \text{ V}$ qiymatida o'lchash natijalari

I_0, mA	0	2	5	10	15	20	25	30
$P, \text{nisb.birl.}$								

3.3.8. 3.2-jadvalda keltirilgan o'lchashlar natijalari bo'yicha U_{silj} kuchlanishining berilgan qiymatlarida optik quvvatning nisbiy birliklarda o'lchangan qiymatlari va bu quvvatning absolyut qiymatlari orasidagi bog'lanish grafigini tuzing. Bu grafik tegishli kuchlanish U_{silj} da foto qabul qilgichning o'lchash asbob isifatida graziurovkalash imkonini beradi.

$P(P_{abs})$ bog'lanishdan fotodiod tomonidan qayd etilgan optik quvvatning undan oqib o'tadigan tok qiymatiga mosligi haqida xulosa qilish lozim. Ideal holda bu kattaliklar orasida to'g'ri proporsionallik kuzatilishi kerak.

3.3.9. "FOTO QABUL QILGICH" elektron blokining $P_{nisb.birl.}$ qiymatlarini qayd etuvchi o'lchash asbobining ko'rsatkichlari foto qabul qilgichning sezgir yuzasiga tushayotgan optik quvvat tufayli hosil bo'lgan fototok I_f va qorong'ilik toki I_q larning yig'indisiga proporsional:

$$(I_f + I_q) (A) = K (A) P_{nisb.birl.} \quad (3.1)$$

Proporsionallik koeffitsiyenti $K(A)$ ni $P_{nisb.birl.}$ ning $I_0=0$ qiymatga mos kelgan qiymati bo'yicha aniqlanishi lozim. Bunda lazer diodi nurlanmaydi: $I_f=0$. Maketda foydalanilayotgan fotodiodga tegishli qorong'ilik tokining qiymati $I_q=10^{-9} \text{ A}$.

$K (A)$ koeffitsiyentining qiymati:

$$K (A) = I_q (A) / P_{nisb.birl.} \quad I_0=0 \quad (\text{mA}). \quad (3.2)$$

3.3.10. Siljish kuchlanish U_{silj} ning har bir qiymati uchun fotodiod spektral sezgirligi qiymatini hisoblab chiqing. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

- optik quvvatning nisbiy birliklardagi va absolyut birliklardagi o'lchash kattaliklari orasidagi boglanishlarning siljish kuchlanishi U_{silj} ning har biri uchun chiziqli bo'laklarni aniqlang;
- chiziqli bo'laklar chegaralarini va ularga mos kelgan nurlanish quvvatlari $P_{nisb.birl.max}$, $P_{abc.max}$ (Vt) va $P_{nisb.birl.min}$, $P_{abc.min}$ (Vt) larni aniqlang. Optik quvvatning absolyut qiymatlari vatlarda ifodalanishi kerak;
- fotodiod spektral sezgirligi qiymatini quyidagi miqdoriy munosabat bo'yicha aniqlang:

$$S(A/Vt)=K(A)(P_{nisb.birl.max} - P_{nisb.birl.min})/(P_{abc.max} - P_{abc.min}) \quad (3.3)$$

Spektral sezgirlik S ning hisoblab chiqilgan qiymati va unga mos siljish kuchlanishi U_{silj} ning qiymatini 3.3-jadvalga kiriting.

3.3-jadval

Fotodiodning sezgirligi va unga qo'yilgan siljish kuchlanishi orasidagi bog'lanish

U_{silj}, V	5	10	15	20
$S, A/Vt$				

3.3.11. 2.3- jadval ma'lumotlari bo'yicha foto qabul qilgich spektral sezgirligi va fotodiodga qo'yilgan siljish kuchlanishi orasidagi bog'lanish grafigini tuzing.

3.3.12. O'lchashlarni o'tkazgandan so'ng:

- "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtida joylashtirilgan "SILJISH KUCHLANISHINI BOSHQARISH" potensimetri buragichini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatga qo'ying;
- I_0 tok qiymatini aniqlash uchun boshqaruvchi potensimetr buragichini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatga qo'ying;
- har ikkala elektron blokida "Tarmoq" tumblerlarini o'chirib qo'ying.

4. Hisobotning mazmuni

- 4.1. Laboratoriya ishi maketining prinsipial sxemasi chizmasini keltiring.
- 4.2. Bajirilgan laboratoriya ishining har bir bosqichi uchun bosqichning nomi va natijalarini (jadvallar va grafiklar ko‘rinishida) keltiring.
- 4.3. Olingan natijalar haqidagi qisqacha xulosalarni keltiring.

5. Nazorat savollari

1. TOAT larda qo‘llaniladigan yorug‘lik manbalariga qanday talablar qo‘yiladi?
2. TOAT larda yorug‘lik manbalarining qanday turlaridan foydalaniladi?
3. Lazer diodiga yorug‘lik manbai sifatida ta’rif bering.
4. Lazer diodining ish prinsipi kvant mexanikasining qanday jarayonlaridan foydalanishga asoslangan?
5. Ikki yoqlama geteroo‘tishli lazer diodining ish prinsipini tushuntiring.
6. Lazer diodi vatt-amper xarakteristikasining o‘ziga xos jixatlarini tavsiflang.
7. Bir modali va ko‘p modali lazer diodlarining spektral xarakteristikalarini tavsiflang.
8. Lazer diodining turlarini tavsiflang.
9. Bir modali va ko‘p modali lazer diodlaridan qanday TOAT larda foydalaniladi?
10. TOAT larda qo‘llaniladigan foto qabul qilgichlarga qanday talablar qo‘yiladi?
11. TOAT larda foto qabul qilgichlarning qanday turlaridan foydalaniladi?
12. Fotodiodning tuzilishi va ish mexanizmini tushuntiring.
13. Fotodiod qanday xarakteristikalar va parametrlar bilan tavsiflanadi?
14. p-i-n fotodiodning afzallik va kamchiliklarini tavsiflang.
15. p-i-n fotodioddan qanday TOAT larda foydalaniladi?

6. Tolali optik aloqa tizimlarida qo‘llaniladigan yorug‘lik manbalari va foto qabul qilgichlar haqida qisqacha nazariy ma’lumotlar

Tolali optik aloqa tizimlarining ish prinsipi asosini tashkil etgan fizik jarayonlarni ro‘yobga chiqarish bir qator tarkibiy elementlardan foydalanishni taqazo etadi.

Ulardan ayrimlari xabarni ifodalovchi kirish signali ustida ikkilamchi o‘zgartirishlarni amalga oshirish, optik traktdagi yorug‘lik oqimini modulyatsiyalash va zarur hollarda kuchaytirish uchun xizmat qilsa,

boshqalari yorug'lik oqimini uzatish, tarmoqlash, almashlab ulash, kommutatsiyalash, muayyan yo'nalishlarga yo'naltirish, uni to'lqin uzunliklari bo'yicha zichlash va ajratish uchun xizmat qiladi.

Tashqi manba energiyasi hisobiga signal ustida u yoki bu turdagi o'zgarishlarni amalga oshiruvchi birinchi xil elementlarni - aktiv elementlar, energiya iste'mol qilmaydigan yoki uni signalning o'zgarishlariga sarflamaydigan ikkinchi xil elementlarni esa passiv elementlar deb yuritiladi. Quyida biz ushbu laboratoriya ishi mavzusiga tegishli aktiv elementlar – yorug'lik manbai (lazer diodlari) va foto qabul qilgichlar (fotodiod va p-i-n fotodiod)ga oid nazariy ma'lumotlar haqida qisqacha to'xtalamiz.

6.1. TOAT larda qo'llaniladigan yorug'lik manbalari

Yorug'lik manbai TOAT uzatuvchi optoelektron modulning asosiy va ajralmas elementi bo'lib, u elektr signalini yorug'lik signaliga o'zgartirib beradi. Tolali optik aloqa tizimlarida yorug'lik manbai sifatida yarim o'tkazgichli yorug'lik diodi yoki lazer diodi ishlatiladi. Bunda yorug'lik diodidan nomonoxromatik va nokogerent nurlanish manbai, lazer diodlaridan esa, monoxromatik va kogerent nurlanish manbai sifatida foydalaniladi. Tolali optik aloqa tizimlarida qo'llaniladigan yorug'lik manbalariga quyidagi talablar qo'yiladi:

- yorug'lik manbai optik kabelning ko'ndalang kesimiga muvofiq o'lchamlarga ega bo'lishi kerak;
- signalni uzoq masofaga uzatish uchun yorug'lik manbai yetarli darajada katta quvvatga ega bo'lishi kerak;
- nurlanish quvvatining yorug'lik manбайдan chiqishidagi yo'qotishlarni imkon qadar kamaytirish uchununing sindirish ko'rsatkichi optik tolaning sindirish ko'rsatkichiga yaqin bo'lishi kerak;
- yorug'lik manbaining nurlanishi optik tolaning shaffoflik «darcha» laridan biriga mos kelishi kerak. Hozirgi kunda qo'llanishda bo'lgan optik tolalarda yorug'likning tarqalish jarayonida yutilishi va boshqa turdagi yo'qotishlar juda kam sodir bo'ladigan uchta ana shunday «darcha» mavjud. Ularning markazlari quyidagi to'lqin uzunliklariga mos keladi: $\lambda=850$ nm; $\lambda=1300$ nm; $\lambda=1550$ nm;
- yorug'lik manbai katta tezkorlika ega bo'lishi, uning xizmat muddati yetarli darajada katta bo'lishi va tannarxi nisbatan arzon bo'lishi kerak.

Bugungi kunda tolali optik uzatish tizimlarida bu talablar majmuiga javob beradigan yorug'lik manbalarining ikki turi mavjud.:

- yarim o‘tkazgichli yorug‘lik diodlari;
- injyeksion lazer diodlari.

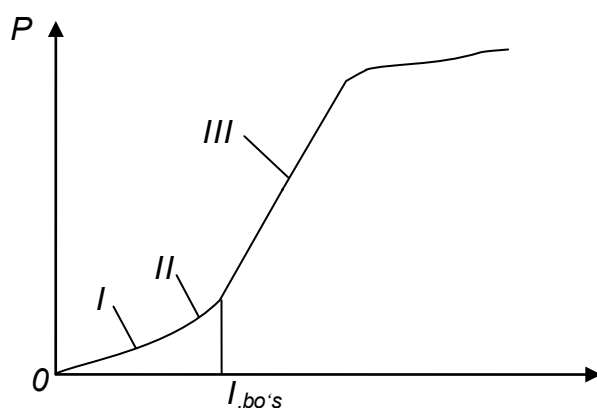
Bunda yorug‘lik diodidan nomonxromatik va nokogerent nurlanish manbai, lazer diodlaridan esa, monoxromatik va kogerent nurlanish manbai sifatida foydalaniladi.

Biz bu o‘rinda magistral, mintaqaviy va mahalliy tolali optik tarmoqlarda keng qo‘llaniladigan lazer diodlarining asosiy xarakteristikalari ustida qisqacha to‘xtalib o‘tamiz.

Vatt-amper va spektral xarakteristikalari lazer diodlaridan TOAT larda foydalanish nuqtai nazaridan asosiy xarakteristikalar hisoblanadi (3.3- va 3.4-rasmlar).

Nurlanish quvvati P va lazerdan oqib o‘tadigan tok orasidagi bog‘lanish lazerning vatt-amper xarakteristikasi deb ataladi.

Bu xarakteristikada lazer diodining turli xil ish rejimlariga mos kelgan uchta bo‘lak yaxshi aks etgan. Kichik og‘ish burchagiga mos kelgan I bo‘lak lyuminessensiya rejimiga, o‘zgaruvchan og‘ishga ega bo‘lgan II bo‘lak esa, o‘talyuminessensiya rejimiga mos keladi. Lazerdan o‘tadigan tokning bo‘sa qiyamati $I_{bo's}$ dan boshlanadigan va taxminan o‘zgaruvchan og‘ish burchagiga ega bo‘lgan III bo‘lak esa, kogerent nurlanish rejimini aks ettiradi.

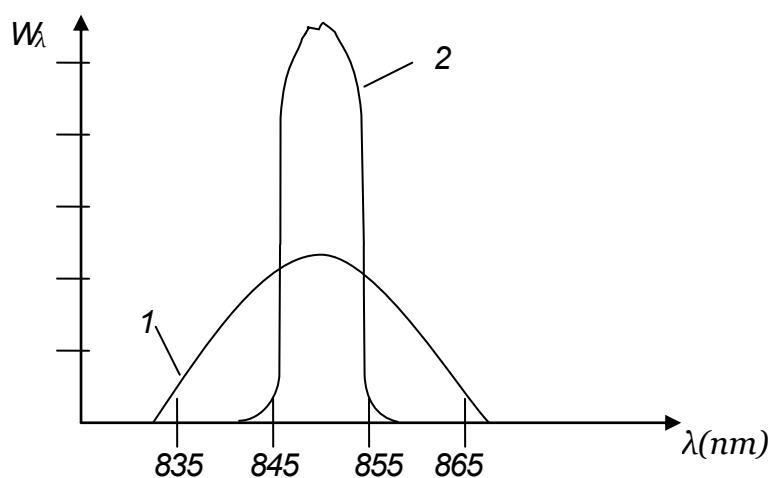


3.3-rasm. Yarim o‘tkazgichli injyeksion lazer diodining vatt-amper xarakteristikasi.

Lazer diodiga xos muhim xususiyatlardan biri shundaki, atrof muhit haroratining o‘zgarishi vatt–amper xarakteristikasi ko‘rinishining o‘zgarishiga olib keladi.

Nurlanish quvvatining spektral zichligi va nurlanish to‘lqin uzunligi (chastotasi) orasidagi bog‘lanish lazerning spektral xarakteristikasi deb ataladi.

3.4-rasm galliy arsenidili injeksion lazerning spektral xarakteristikasi haqida tasavvur beradi. Bu rasmda 1-egri chiziq bo‘lag‘a toki $I_{bo‘s}$ dan kichik toklardagi (2,5 A), 2-egri chiziq esa, bo‘lag‘a toki $I_{bo‘s}$ dan katta toklardagi (10 A) nurlanish spektrini ifodalaydi. Bo‘lag‘a tokidan kichik injeksiya toklarida spektral xarakteristikaning kengligi 0,1 mkm dan ortiq, bo‘lag‘a tokidan katta toklarda esa spektral xarakteristikaning kengligi $(1-1.5) \cdot 10^{-3}$ mkm gacha kamayadi. Shunga qaramasdan, yarimo‘tkazgichli lazerdiodlarining monoxromatikligi boshqa qattiq jisimli lazerlarnikiga nisbatan ancha kam. Bu hol yarimo‘tkazgichlarda energetik sohalarga tegishli sathlarning sezilarli darajada “yoyilganligi” bilan izohlanadi.



3.4-rasm. Galliy arsenidili injeksiyon lazerning spektral xarakteristikasi.

3.5-rasmda Fabri –Pero rezonatorili ko‘p modali lazer diodi (a) va bir modali lazer diodining (b) spektral xarakteristikalari keltirilgan.

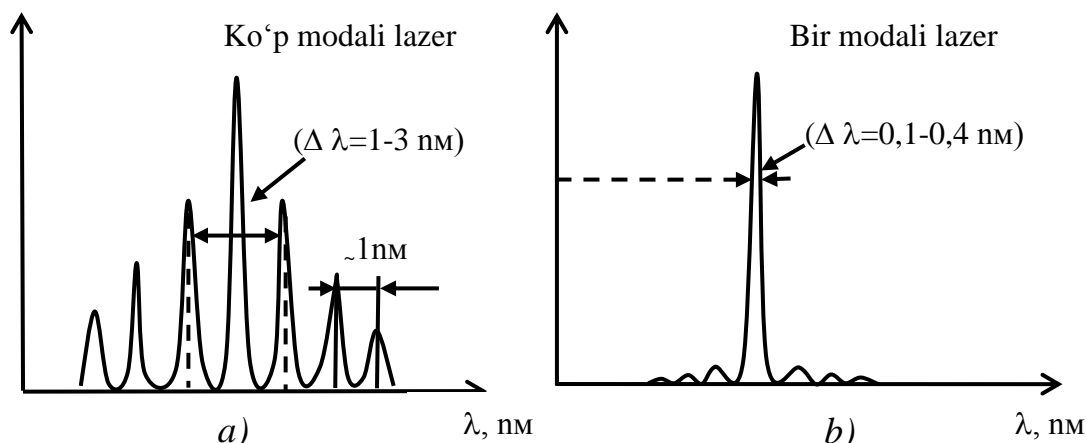
3.5, a rasmdagi katta amplitudali moda – bu to‘lqin uzunligining asosiy modasi, kichik amplitudali modalar esa, yon modalar hisoblanadi. Yon modalar orasi taxminan 1 nm ga teng. Lazer nurlanishining modulyatsiyasi jarayonida nafaqat asosiy moda, shuningdek yon modalar ham modulyatsiyalanadi. Bunday lazerlarda optik nurlanishning to‘liq spektr yarim kengligi 4 – 5 nm ga teng [5].

Nurlanish spektrning kengligi dispersiyaning ortishiga olib keladi. Fabri-Pero rezonatorili, ko‘p modali lazerlar yuqori texnik tavsiflarga ega emas. Biroq tuzilishi sodda bo‘lgani uchun, narx-samaradorlik nuqtai nazaridan, bunday lazerlar juda yuqori tezliklar talab etilmaydigan optik aloqa tizimlarida qo‘llaniladi.

Bir modali lazer diodlarida spektral kenglik 0,1 – 0,4 nm ni tashkil

etadi. Bu turdagi lazer diodlaridan katta tezlikli magistral, mintaqaviy, mahalliy TOAT larda foydalaniladi.

3.6 – rasmda lazer diodi nurlanishining yoʻnalganlik diagrammasi koʻrsatilgan. Undan koʻrinib turibdiki, lazer nurlanishining diagrammasi nosimmetrik koʻrinishga ega. Quvvatning yarim sathida oʻlchanganda uning kengligi oʻtishga parallel yuzada 200 dan kichik va perpendikulyar yuzada 400 dan katta (3.6–a rasm).

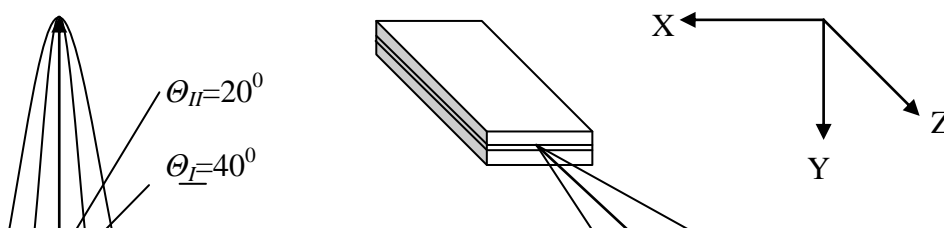


3.5-rasm. Lazer diodlarning nurlanish spektrlari:

- a) koʻp modali lazer diodining nurlanish spektri; b) bir modali lazer diodining nurlanish spektri.

3.6,b–rasmda oʻzaro perpendikulyar yoʻnalishlarda nurlanish quvvatining burchakka bogʻliqligi koʻrsatilgan. Yoʻnalganlik diagrammasi ellips asosli konus koʻrinishiga ega. Generatsiyalanadigan nurlanishning yetarli katta yoyilganligi, uni kichik sonli aperaturali optik tolaga samarali kiritishga toʻsqinlik qiladi.

Buning uchun maxsus moslashtiruvchi qurilmalarni qoʻllash talab etiladi. Magistral tolali optik aloqa liniyalarida asosan signallar 1,3 va 1,55 mkm toʻlqin uzunliklarida uzatiladi. 1,55 mkm toʻlqin uzunligida soʻnish qiymatlari kichik boʻlgani uchun retranslyasiyasiz ($L=100$ km) uzun uchastkalarda ana shu toʻlqin uzunlikdagi optik uzatish manbalaridan foydalanish samaralidir. Magistral aloqa liniyalari kabellari bir modali tolalardan iborat boʻlgani uchun ham lazer diodidan foydalanish kerak. Zero, lazer diodining yoʻnalganlik diagrammasi yorugʻlik diodlarnikiga qaraganda tor va bu nurlanishni tolaga kiritishni osonlashtiradi.



3.6-rasm. Lazer diodi nurlanishining yoʻnalganlik diagrammasi:
a) parallel va perpendikulyar yuzalardagi nurlanish kengligi; b) oʻzaro perpendikulyar yoʻnalishlarda nurlanish quvvatining burchakka bogʻliqligi.

Lazer diodining turlari

Lazer diodlari, yuqorida qayd eilganidek, tolali optik aloqa tizimlarining uzatuvchi optoelektron modullarida yorugʻlik manbai vazifasini oʻtaydi. Lazer diodlarining quyidagi toʻrt xili ayniqsa keng tarqalgan:

- koʻp modali yoki Fabri-Pero rezonatorli lazerlar va quyidagi turdagi bir modali lazerlar;
- bir modali taqsimlangan teskari aloqali lazerlar;
- taqsimlangan Bregg aks etishli lazerlar;
- tmashqi rezonatorli lazerlar.

Ular haqida batafsilroq malumotlarni [1, 2, 5, 6, 7, 9] dan olish mumkin.

6.2. TOAT larda qoʻllaniladigan foto qabul qilgichlar

Foto qabul qilgich qabul qiluvchi optoelektron modulning asosiy va ajralmas qismi hisoblanadi, aynan shu element yordamida bu modul kirishidagi yorugʻlik signallari elektr signallariga aylantirib beriladi.

Tolali optik aloqa tizimlarida qoʻllaniladigan foto qabul qilgichlarga quyidagi talablar qoʻyiladi:

- foto qabul qilgichning fotosezgir yuzasi optik tolalarning koʻndalang kesim oʻlchamlariga yaqin oʻlchamlarga ega boʻlishi;

- foto qabul qilgich, yorug‘lik manbai va optik kabel bilan spektral jihatdan mos kelishi;
- foto qabul qilgich yetarli darajada katta fotosezgirlikka ega bo‘lishi;
- axborotni talab etilgan tezliklarda qabul qilishini ta‘minlash uchun foto qabul qilgich katta tezkorlikka ($10^{-9} \div 10^{-10}$ s) ega bo‘lishi kerak.

Hozirgi vaqtda tolali optik aloqa tizimlarida bu talablar majmuiga javob beradigan foto qabul qilgichlar sifatida kremniy, germaniy va boshqa tor energetik sohali yarim o‘tkazgichlardan tayyorlangan fotodiod, p-i-n fotodiodi, ko‘chkili fotoddan foydalaniladi.

Foto qabul qilgichlar ularni yorug‘lik oqimining berilgan qiymatlarida elektr zanjiri elementi sifatida tavsiflovchi volt-amper xarakteristikasidan tashqari, kuchlanishning berilgan qiymatlarida ulardan oqib o‘tadigan tok kuchi va ularning sirtiga tushayotgan yorug‘lik oqimi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi energetik xarakteristika, fototok va yorug‘lik oqimi tarkibidagi fotonlar energiyasi yoki to‘lqin uzunligi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi spektral xarakteristika bilan tavsiflanadi.

Quyidagilar foto qabul qilgichlarning asosiy parametrlari hisoblanadi:

- foto qabul qilgichning solishtirma integral sezgirliigi. Bu parametr foto qabul qilgichning nomonoxromatikligi bo‘lib, y yorug‘lik oqimiga sezgirliigini ifodalaydi va kuchlanishning 1 B ga teng qiymatida foto qabul qilgichdan oqib o‘tayotgan tok kuchining yorug‘lik oqimiga nisbatini ko‘rsatadi:

$$S_{c.umm} = \frac{I}{\Phi U}, \quad (3.4)$$

bu yerda: I – foto qabul qilgichdan yorug‘lik ta‘sirida oqib o‘tadigan tok kuchi;

U – foto qabul qilgich chiqqishlari orasidagi kuchlanish; F- yorug‘lik oqimi;

- foto qabul qilgichning solishtirma spektral sezgirliigi. Bu parametr foto qabul qilgichning monoxromatik yorug‘lik oqimiga nisbatan sezgirliigini ifodalaydi. U

$$S_{\lambda} = \frac{I}{\Phi_{\lambda} U}, \quad (3.5)$$

munosabat bilan aniqlanadi;

– foto qabul qilgichning qorong‘ilik qarshiligi. Bu parametr foto qabul qilgichning kuchlanish yoki tok kuchi bo‘yicha berilgan ish rejimida yorug‘lik oqimining $F=0$ qiymatiga mos kelgan qarshiligini ifodalaydi, R_q ;

– foto qabul qilgichning chegaraviy chastotasi. Bu parametr foto qabul qilgichning sezgirligi sinusoidal qonuniyat bilan o‘zgaruvchi oqim ta’sirida o‘zgarish oqim ta’siridagiga nisbatan $\sqrt{2}$ marta kamayishiga mos kelgan chastotani ko‘rsatadi;

– foto qabul qilgichning temperaturaviy koeffitsiyenti. Bu parametr foto qabul qilgich sirtiga tushayotgan yorug‘lik oqimining berilgan qiymatida fototokning harorati 1°K ga o‘zgarishiga mos kelgan nisbiy o‘zgarishini ifodalaydi.

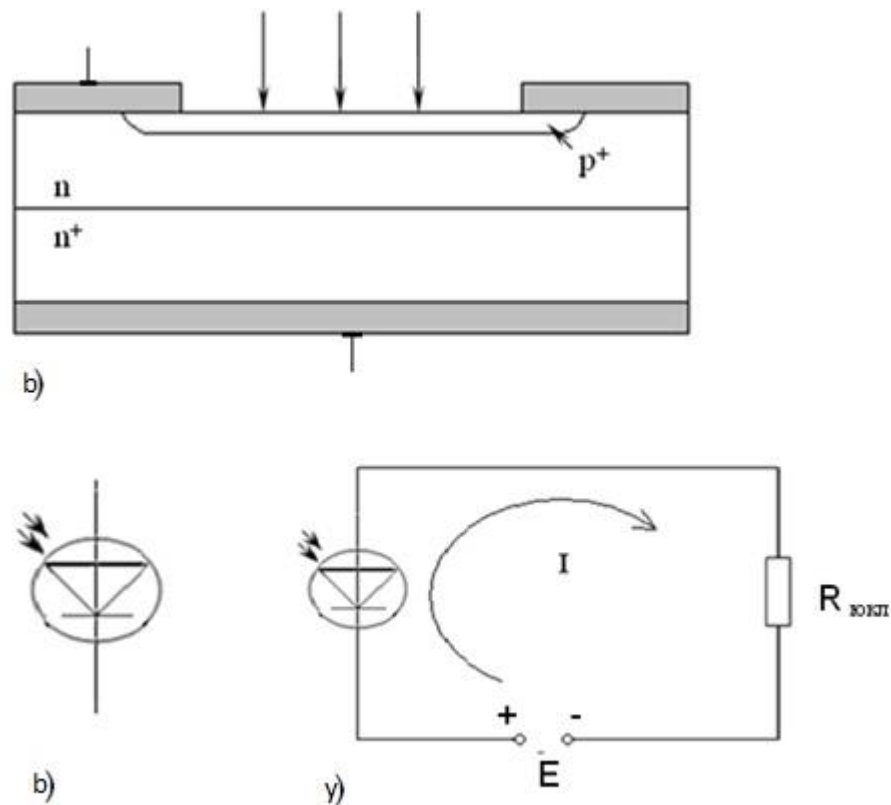
$$\alpha_T = \frac{1}{\Delta T} \cdot \frac{\Delta I}{I}, \quad (3.6)$$

kuchlanishning ishchi qiymatlari;

ruxsat etilgan eng katta sochilish quvvati.

Fotodiod, uning tuzilishi, xarakteristikalar va parametrlari

Ish prinsipi teskari yo‘nalishda ulangan p-n o‘tishdan oqib o‘tadigan tok kuchini yorug‘lik ta’sirida boshqarishga asoslangan yarim o‘tkazgichli diodlar fotodiodlar deb ataladi. 3.7-rasmda fotodiodning tuzilishi, shartli belgilanishi va qo‘llanish sxemasi keltirilgan.



3.7-rasm. Fotodiodning shartli belgilanishi (a), tuzilishi (b) va qoʻllanish sxemasi (v).

Germaniy yoki kremniy yarim oʻtkazgichidan yassi qatlamli yoki qotishmali texnologiya boʻyicha tayyorlangan asbob yuza sirti shisha qatlam bilan qoplangan metall qobiqqa joylashtiriladi.

3.8 – a rasmda fotodiodning yorugʻlik oqimining turli qiymatlariga mos kelgan volt–amper xarakteristikalarini oilasi keltirilgan. Bu xarakteristikalarining koʻrinishi bipolyar tranzistorning chiqish xarakteristikalarini oilasini eslatadi. yorugʻlik oqimi tushmagan ($F=0$) boshlangʻich holda fotodioddan teskari yoʻnalishdagi odatiy toʻyinish toki oqib oʻtadi. Uni fotodiodning qorongʻulik toki deb ataladi.

Yorugʻlik oqimining taʼsirida dioddan oqib oʻtadigan tok ortadi va xarakteristika yuqoriga – tokning katta qiymatlari tomon siljiydi.

Yorugʻlik oqimi qanchalik katta boʻlsa, fototok ham shunchalik katta boʻladi. yorugʻlik oqimining turli qiymatlariga tegishli xarakteristikalar teskari yoʻnalishda qoʻyilgan kuchlanish qiymatlarining keng oraligʻida deyarli oʻzgarmay qoladi. Faqat kuchlanishning bir muncha katta qiymatlaridagina fototokning biroz ortishi kuzatiladi. Kuchlanishning muayyan U_{tesk} qiymatida esa, elektr teshilishi hodisasi sababli fototokning keskin ortishi yuz beradi (xarakteristikalarining uzlukli boʻlaklariga

qarang).

Shunday qilib, ishchi rejimda (xarakteristikalarining uzluksiz bo‘laklarida) fotodioddan ikki tashkil etuvchidan iborat to‘liq tok oqib o‘tadi:

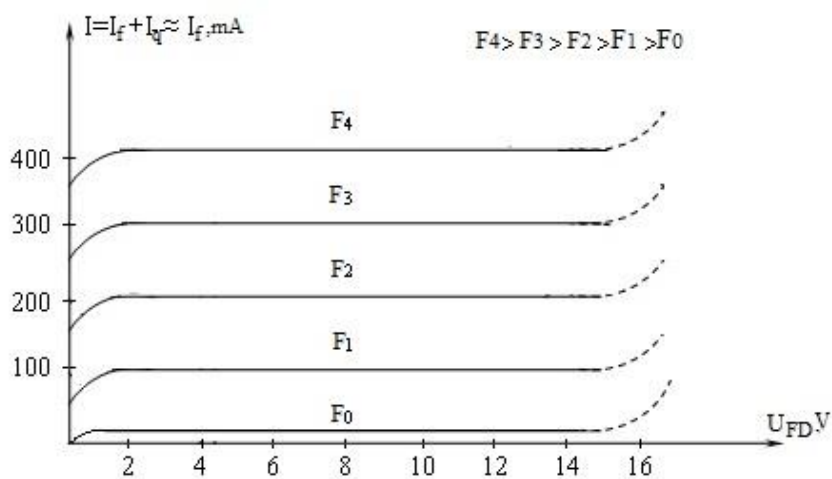
$$I_t = I_q + I_f, \quad (3.7)$$

bu yerda, I_q – qorong‘ilik toki; I_f – fototok.

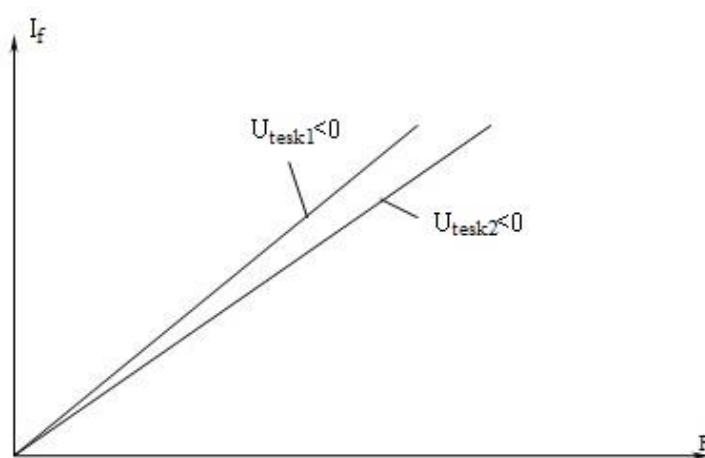
3.8,b-rasmda fotodiodning teskari yo‘nalishda qo‘yilgan kuchlanishning berilgan qiymatlarida undan oqib o‘tuvchi tok kuchi va yorug‘lik oqimi orasidagi bog‘lanishni ifodalovchi energetik xarakteristikalari aks ettirilgan. Bu xarakteristikalar to‘g‘ri chiziqli ko‘rinishga ega va ularning holati kuchlanishning qiymatlariga deyarli bog‘liq emas.

Fotodiodlarning integral sezgirligi bir necha o‘ndan bir A/Vt larni tashkil etadi. Bu parametrning qiymati yorug‘lik nurining to‘lqin uzunligiga bog‘liq va turli yarim o‘tkazgichlar uchun to‘lqin uzunligining muayyan qiymatlarida eng katta qiymatga erishadi (3.9, a-rasm)

Fotodiodlar katta tezkorlikka ega bo‘lgan foto qabul qilgichlardan hisoblanadi. Ular bir necha yuz megagerslargacha chastotalarda ishlaydi. Fotodiodga qo‘yiladigan kuchlanishning qiymatlari 10 – 30 V oraliqda yotadi. Qorong‘ilik tokining qiymati germaniyli fotodiodlar uchun 10 – 20 mkA dan, kremniyli fotodiodlar uchun esa 1 – 2 mkA dan oshmaydi. Ulardan yorug‘lik ta’sirida oqib o‘tadigan tokning qiymati bir necha yuz mikroamperlarni tashkil etadi.



a)



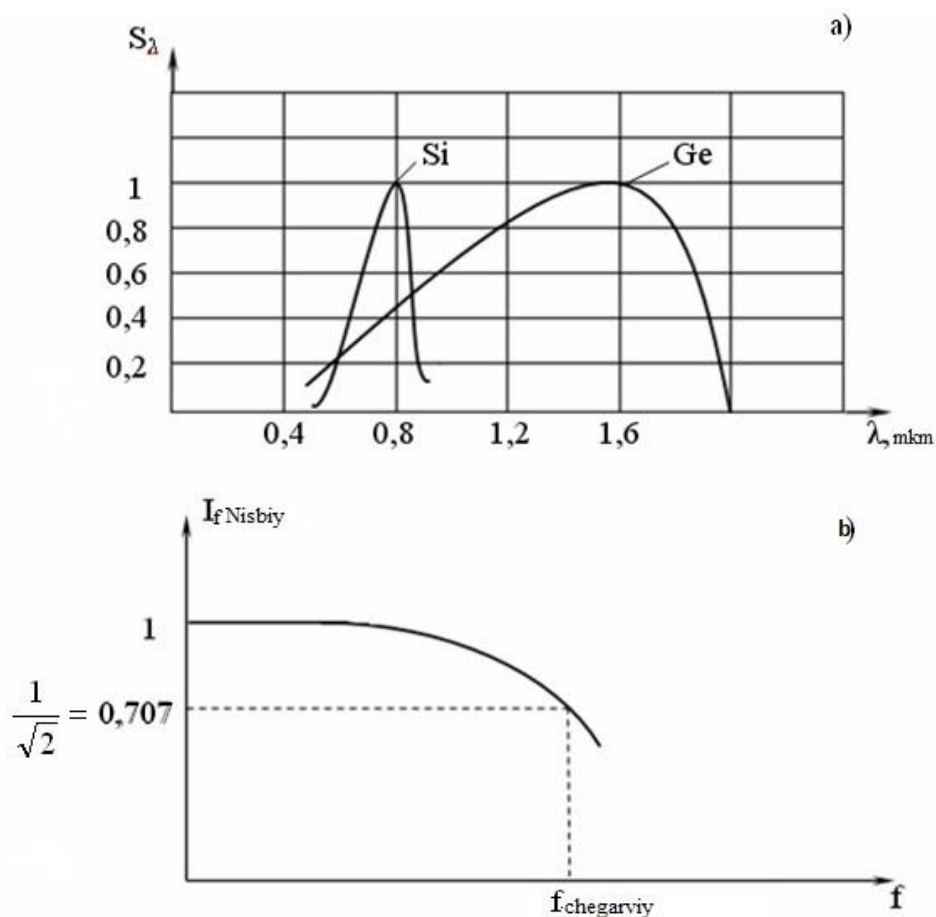
b)

3.8-rasm.Fotodiodning volt-amper xarakteristikalari (a) va energetik xarakteristikalari (b) oilasi.

p-i-n fotodiodi

Bu turdagi fotodiodning o'ziga hos hususiyati shundaki, unda p+ va n+ sohalar xususiy yarim o'tkazgichli i qatlam bilan ajratilgan (3.10-rasm). Undagi p+ va n+ belgilashlar bu sohalar kiritmalar bilan yuqori darajada boyitilganini ko'rsatadi. d qalinlikka ega bo'lgan i-qatlamga oz miqdordagi donor yoki akseptor kiritmalari diffuziya qilingan.

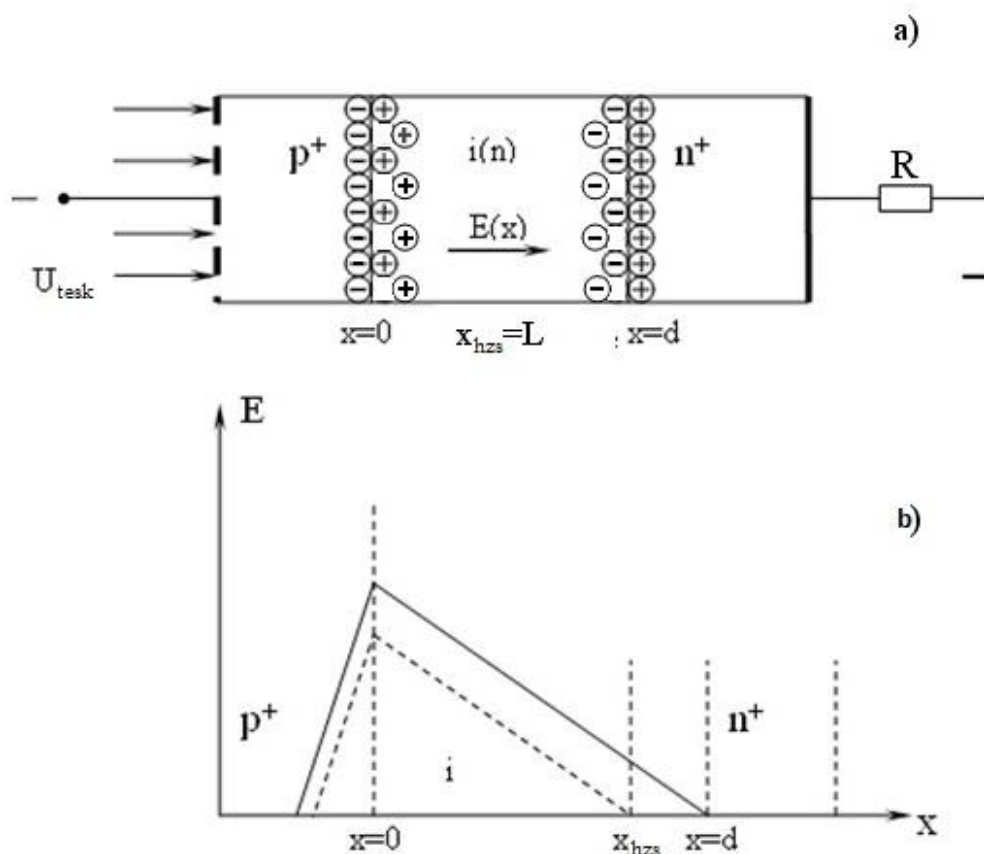
Undagi p+ va n+ belgilashlar bu sohalar kiritmalar bilan yuqori darajada boyitilganini ko'rsatadi. d qalinlikka ega bo'lgan i-qatlamga oz miqdordagi donor yoki akseptor kiritmalari diffuziya qilingan.



3.9 – rasm. Fotodiodning spektral (a) va chastotaviy (b) xarakteristikalarini.

Fotodiodga teskari yo‘nalishdagi U_{tesk} kuchlanish qo‘yilganida i-sohada L_{hzs} qalinlikdagi hajmiy zaryad qatlami shakllanadi va ichki elektr maydoni hosil bo‘ladi. Ishchi rejimda U_{tesk} kuchlanish hajmiy zaryadi qatlamni butkul qoplaydigan, ya’ni $L_{\text{hzs}}=d$ bo‘ladigan qilib tanlab olinadi.

Fotodiod energiyasi yarim o‘tkazgich man etilgan energetik sohasining kengligiga qaraganda katta ($h\nu > \Delta W_{\text{mes}}$) fotonlar bilan yoritilganida har bir yutilgan fotonlar hisobiga bir juft elektron va kovak hosil bo‘ladi. Yorug‘lik tomonidan hajmiy zaryad sohasida hosil qilingan zaryad tashuvchilar ichki elektr maydon tufayli ajralib, qarama-qarshi tomon harakat qiladilar va tok hosil qiladilar. Yuqori tezkorlik, xarakteristikalarini va parametrlarining barqarorligi, past shovqin sathi p-i-n fotodiodining afzalligi, sezgirligining $0,5 - 0,8 \text{ A/Vt}$ bilan cheklanganligi uning kamchiligi hisoblanadi.



3.10-rasm. p-i-n fotodiodining tuzilishi (a) va elektr maydon kuchlanganligining uning sohalari bo'yicha taqsimoti.

4-laboratoriya ishi

LAZER DIOD NURLANISHINING IMPULSLI MODULYATSIYA JARAYONINI TADQIQ ETISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

1.1. Lazer diodi intensivligining modulyatsiyasi jarayonini vatt-amper xarakteristikasidagi ishchi nuqta holatining optik signal shakliga ta'sirini tadqiq etish.

1.2. Lazer diodi intensivligi modulyatsiya koeffitsiyentining vatt-amper xarakteristikasidagi ishchi nuqta holatiga bog'liqligini tadqiq etish

1.3. Lazer diodi intensivligi modulyatsiya koeffitsiyentining fotodiodga qo'yilgan siljish kuchlanishiga bog'liqligini tadqiq etish.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishini bajarishga tayyorlanayotganda quyidagi ishlarni amalga oshirish zarur:

– hisobot uchun laboratoriya ishi mavzusiga oid nazariy qismning mazmunini - TOAT larda yorug‘lik nurlanishi optik eltuvchisini modulyatsiyalash jarayonining mohiyati, to‘g‘ridan-to‘g‘ri (bevosita), tashqi va ichki modulyatsiyalash usullari, lazer diodi intesivligini raqamli elektr signali ta’sirida modulyatsiyalash jarayoniga oid ma’lumotlarni o‘rganish;

– laboratoriya ishini bajarishga mo‘ljallangan uskunaning tuzilishini o‘rganish va olingan natijalarni qayd etish jadvali keltirilgan sahifani tayyorlash;

– [1]- adabiyotning 182 – 207 sahifalari, [2]- adabiyotning 84 – 94 sahifalari, [6]- adabiyotning 173, 231 – 238 sahifalari, [7]- adabiyotning 164 – 178 sahifalari, [8]- adabiyotning 72 sahifalaridagi ma’lumotlarni o‘rganish.

3. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

3.1. “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki boshqarishi organlarini boshlang‘ich holatiga qo‘ying:

– “ I_0 ”, “ I_1 ” toklarini boshqaruvchi potenciallar buragichlarini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirgi holatga qo‘ying;

– “DISPERSIYA”, ”SHOVQIN” tugunli almashlab ulagich tugmachasini bosil-magan holatga qo‘ying;

– impulsli modulyatsiya ”MODULYATSIYA” almashlab ulagichi tugmachasini bosib qo‘ying:

–”MODULYATSIYA”, “DISPERSIYA”, ”SHOVQIN” potensiometrlarining buragichlarini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirgi holatga qo‘ying.

– “TARMOQ” tumblerini ulang. Bunda tegishli indikator yongan holatga o‘tadi.

– “MANBANI TANLASH” tugmali almashlab ulagichini lazer diodi 1,3 mkm yoki 1,5 mkm to‘lqin uzunlikda nurlanadigan qilib ulangan holatga qo‘ying. Bunda tegishli optik rozetka ustidagi nazorat maqsadida o‘rnatilgan yoruglik diodi yonadi.

3.2. “Foto qabul qilgich” elektron bloki boshqarish organlarini boshlang‘ich holatga qo‘ying:

- “SILJISH KUCHLANISHINI BOSHQARISH” potensiometri buragichni soat strelkasiga qarshi yo‘nalishida oxirgi holatga qo‘ying;
- “NOLGA QO‘YING” almashlab ulagich tugamachasini bosilmagan holatga qo‘ying;
- “SEZGIRLIK” almashlab ulagich tugmachasini 1 holatga qo‘ying;
- “TARMOQ” tumblerini ulang. Bunda tegishli yorug‘lik diodi yongan holatga o‘tadi;
- “SILJISH KUCHLANISHINI BOSHQARISH” potensiometri buragichi yordamida panel yuza sirtida uning o‘qituvchi ko‘rsatmasiga tegishli qiymatini qo‘ying.

3.3. “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki ishchi optik chiqishini bir modali optik tolali shnur (sariq rangli himoya qobig‘ili) yordamida “FOTO QABUL QILGICH” elektron blokining optik kirishi bilan ulang.

3.4. Laboratoriya maketi tarkibiga kiruvchi koaksial kabelar yordamida quyidagi ulashlarni bajaring:

- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “OSSIOLOGRAF SINXRONIZATSIYASI” uyachasini ossilografning kirish kanali bilan ulang;
- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi «KT3»uyachasini ossilografning birinchi kirish kanaliga ulang;
- “FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki paneli yuza sirti «CHIQISH» uyachasini ossilografning ikkinchi kirish kanali bilan ulang.

3.5. Ossilografni manbaga ulang, ikkala kanal kirishlarini signalning o‘zgarmas tashkil etuvchisini kuzatishni ta‘minlovchi ochiq kirish (=) holatiga qo‘ying. Qizigandan keyin ossilograf ekranida ikkita kanalga tegishli ikkita gorizonta razvertka (yoyish) chizigi paydo bo‘ladi. Zaruriyat tug‘ilganida tasvir chizig‘ining yorqinligini, fokuslanishni va tasvirning vertikal va gorizonta yo‘nalishlarda markazlashuvini to‘g‘rilang.

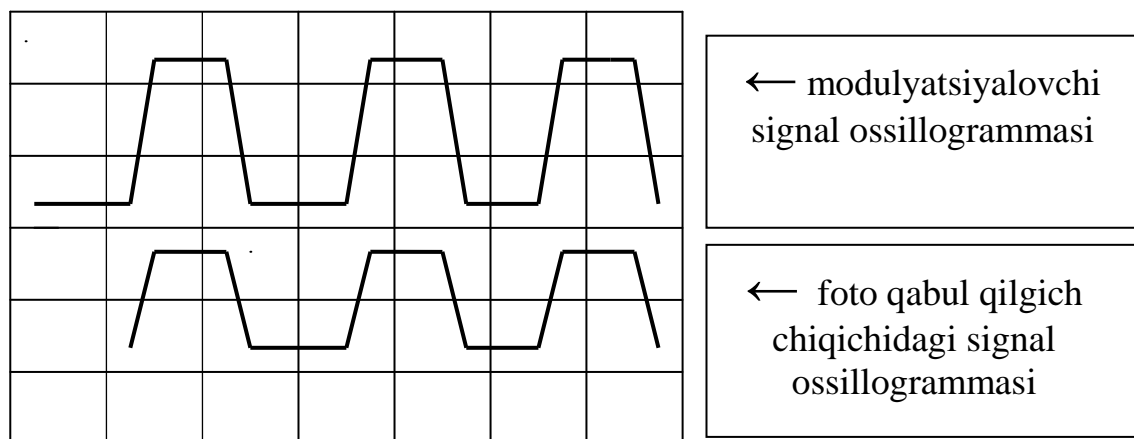
3.6. Avvalgi laboratoriya ishida lazer diodi vatt-amper xarakteristikasini tadqiq etish bo‘yicha olingan natijalardan foydalanib, “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “ I_0 potensiometri yordamida I_0 okining qiymatini bo‘lag‘a toki $I_0=I_{bo's}$ ga teng qilib qo‘ying.

3.7. “MODULYATSIYA” (impulsi modulyatsiya) indeksli potensiometrning yuqorigi buragichini o‘rta holatga qo‘ying. “Optik signal manbai” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “ I_1 ” potensiometr buragichini burash yo‘li bilan I_1 toki qiymatini asta-sekin oshiring. Bunda lazer diodidan oqib o‘tadigan damlash toki va u tomonidan nurlanadigan optik quvvat impulsi elektr signali bilan modulyatsiyalangan bo‘ladi. I_1

tokining qiymati bu signal amplitudasini belgilaydi. Ossilograf razvertkasi (yoyma davri, kuchaytirish, tasvirni gorizont va vertikal yo‘nalishlar bo‘yicha markazlashtirish) ni boshqarish organidan foydalanib, ossilograf birinchi kanalida modulyatsiya signalining mo‘tadil tasvirini oling.

3.8. Ossilograf – ikkinchi kanalning “V/bo‘l” almashlab ulagachini 0.5 holatiga qo‘ying. I_1 tok qiymatini boshqaruvchi “ I_1 ” potensimetri yordamida (uni soat strelkasi yo‘nalishida aylantirib va shu tariqa uning qiymatini oshirib) “ I_1 ” ning foto qabul qilgich chiqishida signal paydo bo‘lishini taminlaydigan qiymatini qo‘ying. So‘ngra I_1 tok qiymatini va modulyatsiyalovchi signal amplitudasini oshirib (buning uchun modulyatsiyalovchi signal potensimetri buragichini soat strel kasi bo‘yicha aylantirib) qabul qilinadigan optik signal amplitudasining imkon qadar katta qiymatiga erishing.

Zarurat tuzilganida ossilograf ikkinchi kanali “V/del” almashlab ulagichi holatini o‘zgartiring. ossillogramma taxminan 4.1-rasmda keltirilgan ko‘rinishiga ega bo‘ladi.



4.1-pacm. Ostsillograf ekranidagi signallar ostsillogrammalari.

3.9. Keyingi o‘lchashlarni olib borishning qulayligi uchun ossilograf 1-kanalidagi signalning vertikal holatini boshqarish orqali uni ekrandan tashqariga siljiting. Ekranda foto qabul qilgich elektron bloki chiqishidan tushayotgan 2-kanal signali kuzatiladi.

3.10. Ossilograf ekranida fotodioddan oqib o‘tayotgan tokning nol qiymatiga mos kelgan hisob chizigini hosil qiling. Buning uchun quyidagilarni bajaring:

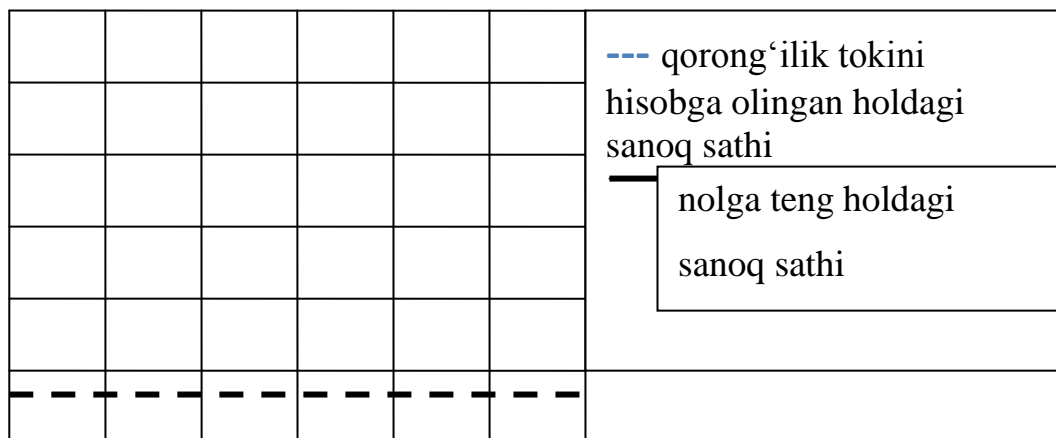
- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki yuza sirtidagi I_1 tokni boshqaruvchi potensimetr buragichini soat strelkasiga qarshi

yoʻnaltirishda oxirgi holatga qoʻyish. Bunda modulyatsiyalovchi signal amplitudasi nolga teng boʻladi, modulyatsiya boʻlmaydi;

- “FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki paneli yuza sirtidagi almashlab ulagich tugmasini bosib, “nolga qoʻying”. Bunda fototok kuchaytirgichi yerga ulanadi, bu fotodiod tokining nol qiymatiga mos keladi;

- Ossilograf ekranida toʻgʻri chiziq paydo boʻladi. 2-kanal signalining vertikal holati () ni boshqarish yoʻli bilan ossilograf ekranida oʻtkazilgan graduirlovchi toʻrning quyi chizigʻiga mos kelgan holatga suring (4.2-rasmdagi quyuq chiziq);

- “NOLGA QOʻYISH” almashlab ulagich tugmachasini bosing. Bunda ossilografning 2 – kanali siljiydi (4.2-rasm). Ushbu holda yuqorida qayd etilgan tiziqning holati fotodiodning qorongʻilik toki bilan belgilanadi (modulyatsiya signali yoʻq va I_0 tokining qiymati lazer diodining boʻsagʻa toki $I_{boʻs}$ ga teng qilib olingan).



4.2-rasm. Nolga teng sanoq sathini belgilash.

3.11 “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “ I_1 ” potensiometr buragichini soat strelkasi boʻyicha signalning maksimal amplitudasiga erishilgunicha aylantirish orqali “ I_1 ” tok qiymatini asta-sekin oshiring. Qiymatnig nazorati Ossilograf ekrani boʻyicha olib boriladi;

3.12. Lazer diodi nurlanishining impulsli signal taʼsiridagi modulyatsiya chuqurligi va I_0 tok orasidagi bogʻlanishni tadqiq etish.

Buning uchun quyidagi amallarni bajarish lozim:

- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi modulyatsiyalovchi tok amplitudasini boshqaruvchi “ I_1 ” potensiometr

- yordamida uning $I_1=20$ mA qiymatini qo‘ying,
- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi I_0 toki boshqaruvchi potensiometri yordamida bu tokning qiymatini qo‘ying;
 - ossilograf ekranida kuzatilgan ossillogramma bo‘yicha P_{\min} va P_{\max} qiymatlarni aniqlang (4.3-rasm). Bu qiymatlar fotodiod bilan qayd etilgan signalning minimal va maksimal sathlariga mos keladi;
 - o‘lchashlar natijalarini 4.1-jadvalga kiriting;
 - o‘lchashlarni I_0 tokning o‘qituvchi ko‘rsatgan barcha qiymatlari uchun davom etdiring.

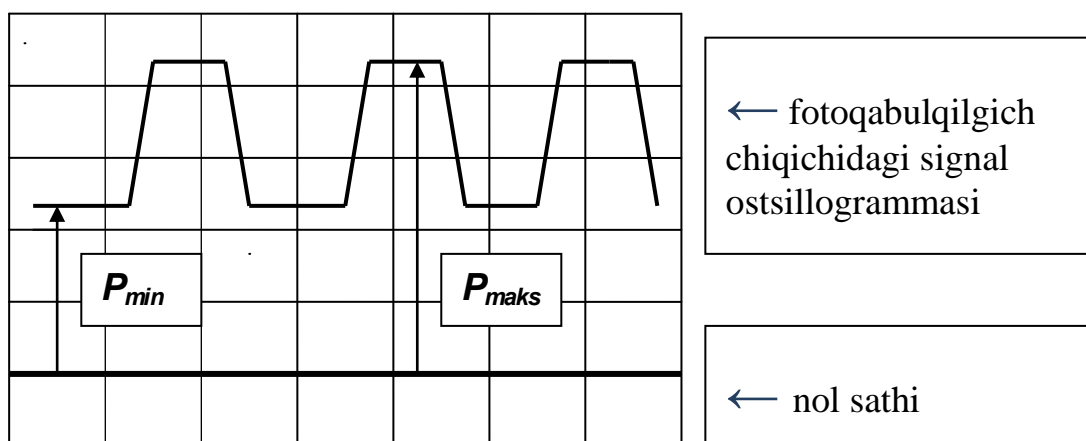
4.1-jadval

Modulyatsiya koeffitsiyentining I_0 tokka bog‘liqligi

I_0 (mA)						
P_{\min} (mm)						
P_{\max} (mm)						
m						

3.13. 4.1-jadvalning eksperimental natijalari bo‘yicha modulyatsiya koeffitsiyentini quyidagi miqdorni munosabat bilan aniqlang:

$$m = (P_{\max} - P_{\min}) / (P_{\max} + P_{\min}). \quad (4.1)$$



4.3-pacm. Ostsillogramma bo‘yicha modulyatsiya koeffitsiyentini

3.14. 4.1-jadval ma‘lumotlariga ko‘ra modulyatsiya koeffitsiyenti m va I tok orasidagi bog‘lanish grafigini chizing.

3.15. Lazer nurlanishini impulsli signal tasiridagi modulyatsiya chuqurligi va fotodiodga quyilgan siljish kuchlanishi U_{siljish} orasidagi bog‘lanishni tadqiq eting. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “ I_0 ” potentsiometri yordamida I_0 tokning lazer diodi bo‘sa‘a toki $I_{\text{bo‘sa}}$ ga teng qiymatiga erishing;
- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtida demodulyatsiya-lovchi tok amplitudasini boshqaruvchi “ I_1 ” potentsiometr yordamida modulyatsiya-lovchi tok amplitudasining $I_1 = 20 \text{ mA}$ qiymatiga erishing;
- “FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “SILJISH KUHLANISHINI BOSHQARISH” potentsiometri buragichini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirgi holatga qo‘ying;
- ossilograf ekranida kuzatilayotgan ossillogramma bo‘yicha P_{min} va P_{maks} kattaliklarni aniqlang (4.3-rasm). Bu kattalik fotodiod qayd etgan signalning minimal va maksimal sathlariga mos keladi;
- o‘lchashlar natijalarini 4.2-jadvalga kiriting;
- siljish kuchlanishi U_{siljish} ni mumkin bo‘lgan minimal qiymatdan (“qo‘pol”, ”aniq”) potentsiometri buragichini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda burib oxirgi holatga qo‘ygan holda 5V gacha o‘qituvchi ko‘rsatgan qadam bilan P_{min} va P_{maks} kattaliklar qiymatlarini o‘lchashlarni bajaring. O‘lchashlar natijalarini 5-jadvalga kiriting.

3.16. 4.2-jadvaldagi eksperiment natijalari bo‘yicha 3.13-bandda keltirilgan miqdoriy munosabatdan foydalangan holda modulyatsiya koeffitsiyentini aniqlang.

3.17. 4.2-jadval natijalarida foydalanib, modulyatsiya koeffitsiyenti va fotodiodga qo‘yilgan siljish kuchlanishi orasidagi bog‘lanish grafigini tuzing.

4.2-jadval

Modulyatsiya koeffitsiyenti m va siljish kuchlanishi U_{siljish} orasidagi bog‘lanish

U_{siljish} (V)				
P_{min} (mV)				
P_{maks} (mV)				
m				

3.18. I_0 va I_1 kattaliklarning qiymatlarini o‘qituvchining ko‘rsatmasiga

ko'ra qo'ying. 1-kanal signali vertikal holatini boshqarish orqali modulyatsiya signalini ekranga chiqaring. Bunda ikkinchi kanal signali holatini boshqarish organlari nolli hisoblash sathining holati o'zgarmsdan qolishi uchun boshlang'ich holatda qolishi kerak. 1-kanal bo'yicha kuzatilayotgan modulyatsiyalovchi signal va ikkinchi kanal bo'yicha kuzatilayotgan foto qabul qilgich tomonidan qabul qilingan signalning ossillogrammalarini chizing. Ossillogrammada nolinci sath holatini belgilang.

3.19. Koaksial kabelni "KT3" uyachasidan "KT2" uyachasiga qayta ulang. Bunda ekranda ossilograf ekranida lazer diodi bo'yicha kuzatilayotgan damlash toki ossillogrammani chizing.

3.20. O'lchashlar o'tkazib bo'lingandan so'ng ikkala elektron bloklari panellari yuza sirtlaridagi barcha potensiometrlar buragichlarini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatda qo'ying.

- ikkala elektron bloklarida «TARMOQ» tumblerlarini uzib qo'ying.

4. Hisobot mazmuni

4.1. Laboratoriya maketining tarkibiy sxemasini keltiring.

4.2. Hisoblashlar va o'lchash natijalarini tavsiflang.

4.3. Damlash toki ossillogrammasini chizing.

4.4. Olingan natijalar bo'yicha xulosalarni tavsiflang.

5. Nazorat savollari

1. Yorug'lik nurlanishi optik eltuvchisini modulyatsiyalash jarayoniga ta'rif bering.

2. Optik eltuvchini yorug'lik to'liqinining qaysi parametrlari bo'yicha modulyatsiyalash mumkin?

3. Optik eltuvchini modulyatsiyalashning qanday usullari mavjud?

4. Optik eltuvchini to'g'ri, tashqi va ichki modulyatsiyalash jarayonlariga tavsif bering.

5. Yorug'lik diodi va lazer diodi intesivligini analog elektr signali ta'sirida modulyatsiyalash jarayonini tavsiflang.

6. Yorug'lik diodi va lazer diodi intesivligini raqamli elektr signali ta'sirida modulyatsiyalash jarayonini tavsiflang.

7. Tashqi va ichki optik modulyatsiyalashda qaysi fizik hodisalardan foydalaniladi?

5-laboratoriya ishi

LAZER DIOD NURLANISHINING ANALOG MODULYATSIYA JARAYONINI TADQIQ ETISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

1.1. Lazer diodi nurlanishi intensivligini analog modulyatsiya jarayonini va vatt-amper xarakteristikasidagi ishchi nuqta holatining optik signal shakliga ta'sirini tadqiq etish.

1.2. Lazer diodi nurlanishi intensivligi va modulyatsiya koeffitsiyentining vatt-amper xarakteristikasidagi ishchi nuqta holati orasidagi bog'lanishni tadqiq etish.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishini bajarishga tayyorlanayotganda quyidagi ishlarni amalga oshirish zarur:

- hisobot uchun laboratoriya ishi mavzusiga oid nazariy qismning mazmunini – yorug'lik nurlanishi optik eltuvchisini modulyatsiyalash jarayonining mohiyati, optik eltuvchini to'g'ridan-to'g'ri (bevosita), tashqi va ichki modulyatsiyalash usullari, lazer diodi intensivligini analog elektr signali ta'sirida modulyatsiyalash jarayoniga oid ma'lumotlarni o'rganish;
- laboratoriya ishini bajarishga mo'ljallangan uskunaning tuzilishini o'rganish va olingan natijalarni qayd etish jadvali sahifasini tayyorlash;
- [1]- adabiyotning 182 – 207 sahifalari, [2]- adabiyotning 84 – 94 sahifalari, [6]- adabiyotning 173, 231 – 238 sahifalari, [7]- adabiyotning 164 – 178 sahifalari, [8]- adabiyotning 72 sahifalaridagi ma'lumotlarni o'rganish.

3. Laboratoriya ishni bajarish tartibi

3.1. O'qituvchi ko'rsatmasiga muvofiq "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki optik chiqishini "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki optik kirishi bilan bir modali optik tola (sariq rangli himoya qobig'ili) yoki ko'p modali optik tola (olov rangli himoya qobig'ili) shnur yordamida ulang.

3.2. "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron blokining boshqarish organlarini boshlang'ich holatga qo'ying:

- «I₀», «I₁» toklarni boshqaruvchi potensimetrlar buragichlarini soat strelkasiga qarshi yoʻnalishda oxirgi holatga qoʻying;
 - “DISPERSIYA”, ”SHOVQIN” tugunli almashlab ulagich tugmachasini bosilmagan holatga qoʻying;
 - impulsli modulyatsiya “MODULYATSIYA” almashlab ulagichi tugmachasini bosilmagan holga qoʻying.
 - analog modulyatsiya “MODULYATSIYA” almashlab ulagichi tugmachasini bosilgan holga qoʻying;
 - “MODULYATSIYA” , ”DISPERSIYA”, ”SHOVQIN” potensimetrlarining buragichlarini soat strelkasiga qarshi yoʻnalishda oxirgi holatga qoʻying.
 - “TARMOQ” tumblerini ulang. Bunda tegishli indikator yongan holatga oʻtadi;
 - “YORUGʻLIK MANBAINI TANLASH” almashlab ulagich tugmachasini tanlangan 1,3 mkm yoki 1,5 mkm toʻlqin uzunligida nurlanuvchi lazer diodini ulaydigan holatga qoʻying. Bunda tegishli optik rozetka ustidagi nazorat yorugʻlik diodi yonadi;
 - “FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki boshqarish organlarini boshlangʻich holatga qoʻying;
 - “SILJISH KUCHLANISHINI BOSHQARISH” potensimetri buragichni soat strelkasiga qarshi yoʻnalishda oxirgi holatga qoʻying;
 - “NOLGA QOʻYISH” almashlab ulagich tugmachasini bosilmagan holatga qoʻying;
 - “SEZGIRLIK” almashlab ulagich tugmachasini 1- holatga qoʻying;
 - “TARMOQ” tumblerini ulang. Bunda tegishli yorugʻlik diodi yongan holatga oʻtadi;
 - “SILJISH NURLANISHINI BOSHQARISH” potensimetri buragichi yordamida panel yuza sirtida oʻqituvchi koʻrsatmasiga koʻra panel yuza sirtidagi asbob boʻyicha kuchlanishning berilgan qiymatini qoʻying.
- 3.4. Laboratoriya maketi tarkibiga kiruvchi koaksial kabelar yordamida quyidagi ulashlarni bajaring:
- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “KT3” uyachasini ossilografning 1-kanali kirishi bilan ulang;
 - “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi «OSSIOLOGRAF SINXRONIZATSIYASI” uyachasini ossilograf sinxronizatsiyasi kanali kirishi bilan ulang;
 - “FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “KUCHAYTIRISH CHIQISHI” uyachasini ossilografning ikkinchi kirish kanali bilan ulang.

3.5. Ossilografni manbaga ulang. Ikkala kanal kirishlarini signalning o'zgarish tashkil etuvchisini kuzatishni ta'minlovchi ochiq kirish (=) holatiga qo'ying. Qizigandan keyin ossilograf ekranida uning ikkita kanaliga tegishli ikkita gorizontaal razvertka (yoyish) chizig'i paydo bo'ladi. Zaruriyat tug'ilganida tasvirlar chizig'ining yorqinligini, fokuslanishini va tasvirning vertikal va gorizontaal yo'nalishlarda markazlashuvini o'zgartirish orqali to'g'rilang.

3.6. "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki paneli yuza sirtidagi "I₀" tokini boshqaruvchi potentsiometr yordamida I₀ tokining 10 mA qiymatini qo'ying.

3.7. Ossilograf ekranida uning ikkinchi kanalidagi signal uchun nol sanoq chizig'ini qo'ying. Bu chiziq fotodiod tokining nol qiymatiga mos keladi. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

– "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron blokining paneli yuza sirtidagi "MODULYATSIYA" potentsiometri buragichining soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatda turganini tekshiring. Bunda modulyatsiyalovchi signal amplitudasi nolga teng – modulyatsiya mavjud emas;

– "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki panelining yuza sirtidagi "NOLGA QO'YISH" almashlab ulagich tugmachasini bosilgan holatga qo'ying, ya'ni, foto qabul qilgichni kalibrlashni ulang). Bunda fototok kuchaytirgichi yerga ulanadi va bu fotodiod tokining nol qiymatiga mos keladi;

– Ossilograf ekranida to'g'ri chiziq paydo bo'ladi. 2-kanal signalining vertikal holatni boshqarish yo'li bilan uni ossilograf ekranida o'tkazilgan graduirlovchi to'rning quyi chizig'iga mos kelgan holatga suring. Ekrandagi sanoq boshlanadigan chiziq holatini xotirada saqlash lozim. Foto qabul qilgichni kalibrlashni ulovchi "NOLGA QO'YISH" almashlab ulagich tugmachasini bosilgan holatga o'tkazing. Bunda ossilograf ikkinchi kanalidagi signalga tegishli to'g'ri chiziq yuqoriga siljiydi. Bu holda sanoq boshlanadigan chiziqning holati fotodiodning qorong'ilik toki va lazer diodi nurlanishining o'zgarish sathi bilan aniqlanadi. Bu sath lazer diodidan oqib o'tadigan tokning I₀ = 10 qiymatiga mos keladi.

3.8. "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron blokining paneli yuza sirtidagi "MODULYATSIYA" (ikkinchi qatorda joylashgan analog modulyatsiya indeksli) potentsiometr buragichini soat strelkasi bo'yicha burab ossilografning birinchi va ikkinchi kanallarida sinusoidal signallar paydo bo'lishiga erishing. Potentsiometr buragichini oxirigacha burab analog

signal amplitudasining maksimal qiymatini qo‘ying. Birinchi kanalda modulyatsiyalovchi signal, ikkinchi kanalda foto qabul qilgich chiqishidagi signal kuzatiladi. Signallar ossillogrammalarini chizib oling. Ikkinchi kanaldagi foto qabul qilgich chiqishidagi signal uchun albatta nol sathini belgilang.

3.9. “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron blokining paneli yuza sirtidagi I_0 tokni boshqaruvchi potensiometr yordamida bu tokning qiymatini kamaytirib, foto qabul qilgich chiqishidagi signalning buzilishi paydo bo‘lishiga erishing. Foto qabul qilgich chiqishidagi signal uchun nol sathini belgilangan holda signallar ossillogrammani chizib oling.

3.10. Keyingi o‘lchashlarning qulayligi uchun birinchi kanal signalining vertikal holatini boshqarish yo‘li bilan bu signalni ekrandan tashqariga siljiting. Bunda “FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki chiqishida ikkinchi kanal signali kuzatiladi.

3.11. Lazer diodi nurlanish intensivligining analog signal ta’siridagi modulyatsiyasi chuqurligining I_w toki kattaligiga bog‘liqligini tadqiq eting. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron blokining paneli yuza sirtidagi I_0 tokni boshqaruvchi potensiometr yordamida bu tokning joriy qiymatini qo‘ying.;

- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron blokining paneli yuza sirtidagi “MODULYATSIYA” potensiometri buragichini burab modulyatsiyalovchi signal amplitudasini foto qabul qilgich chiqishidagi signal shaklini buzilmaydigan qilib to‘g‘rilang;

- ekranda kuzatiladigan ossillogramma bo‘yicha fotodiod tomonidan qayd qilingan signalning minimal va maksimal sathlariga mos kelgan P_{\min} va P_{\max} qiymatlarini o‘lchang;

- o‘lchashlar natijalarini 5- jadvalga kiriting;

- o‘lchashlarning I_0 tokning o‘qituvchi tomonidan ko‘rsatilgan barcha qiymatlari uchun qaytaring.

5.1- jadval

Modulyatsiya koeffitsiyenti m ning I_0 tokning qiymatiga bog‘liqligi

I_0 (mA)				
P_{\min} (mm)				
P_{\max} (mm)				
m				

3.12. 5.1- jadvalda keltirilgan tajriba ma'lumotlari bo'yicha quyidagi miqdoriy munosabat orqali modulyatsiya koeffitsiyentini hisoblang:

$$m=(P_{\text{maks}}-P_{\text{min}})/(P_{\text{maks}}+P_{\text{min}}). \quad (5.1)$$

5.1- jadval natijalari bo'yicha modulyatsiya m ning I_0 tokning qiymatiga bog'liqligi grafigini chizing.

4. Hisobot mazmuni

- 4.1. Laboratoriya maketining tarkibiy sxemasini keltiring.
- 4.2. Hisoblashlar va o'lchash natijalarini tavsiflang.
- 4.3. Damlash toki ossillogrammasini chizing.
- 4.4. Olingan natijalar bo'yicha xulosalarni tavsiflang.

5. Nazorat savollari

1. Yorug'lik nurlanishi optik eltuvchisini modulyatsiyalash jarayoniga ta'rif bering.
2. Optik eltuvchini yorug'lik to'lqinining qaysi parametrlari bo'yicha modulyatsiyalash mumkin?
3. Optik eltuvchini modulyatsiyalashning qanday usullari mavjud?
4. Optik eltuvchini to'g'ridan-to'g'ri (bevosita), tashqi va ichki modulyatsiyalash jarayonlariga tafsif bering.
5. Yorug'lik diodi va lazer diodi intesivligini analog elektr signali ta'sirida modulyatsiyalash jarayonini tavsiflang.
6. Optik nurlanishni tashqi va ichki usul bilan modulyatsiyalashda qaysi fizik hodisalardan foydalaniladi?

6. Nazariy qism (4, 5-laboratoriya ishlariga oid)

TOAT larda optik eltuvchini axborot oqimiga monand ravishda modulyatsiyalash usullari.

Ma'lumki, axborotlar oqimini optik tola bo'ylab uzatish optik eltuvchi - yorug'lik to'lqinini axborot signaliga monand tarzda o'zgartirishni taqazo etadi. Yorug'lik nurlanishning bir yoki bir necha parametrlarini elektr (tok yoki kuchlanish), tovush, mexanik yoki optik signal ta'sirida vaqt yoki fazo bo'yicha berilgan qonuniyatga ko'ra

o'zgartirishdan iborat mazkur jarayonni optik nurlanishni modulyatsiyalash jarayoni deb ataladi.

Yorug'lik nurlanishini soddalik uchun yassi monoxramatik to'lqin deb faraz qilinsa, uning vaqt va fazo bo'yicha tarqalishi fizik optikadan yaxshi ma'lum bo'lgan quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

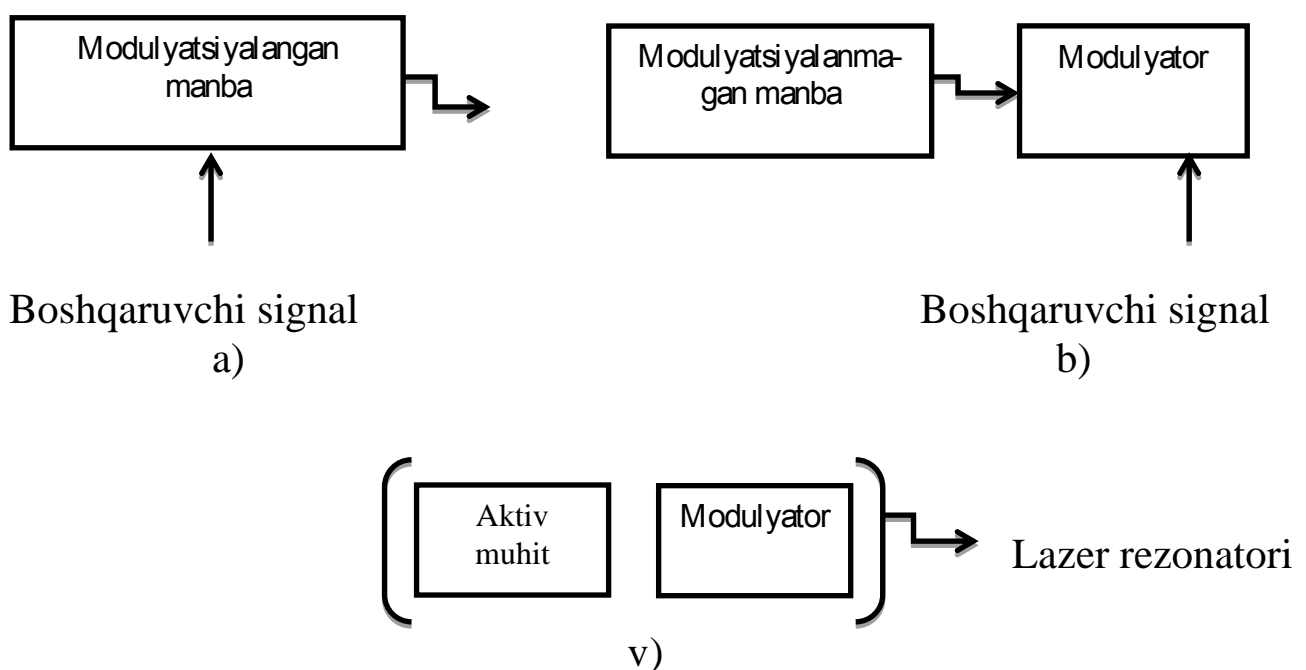
$$E(x,t)=E_m \cos[2\pi(\nu t - \nu n/S_0 x + \varphi_0)], \quad (5.2)$$

bu yerda, E – yorug'lik to'lqini elektr maydonining kuchlanganligi; E_m – mazkur elektr maydon kuchlanganligining amplitudasi; ν – tebranishlar chastotasi; t – vaqt; n – muhitning sindirish ko'rsatkichi; S_0 – yorug'likning vakumdagi tezligi; x – nurlanishning tarqalish yo'nalishi bo'yicha koordinata; φ_0 – tebranishlarning boshlang'ich fazasi. (5.2) tenglamadan ko'rinadiki, optik eltuvchini axborot signaliga mos ravishda modulyatsiyalash jarayonini yorug'lik to'lqinining amplitudasi, chastotasi, fazasi va qutblanish vektorining yo'nalishini o'zgartirish orqali amalga oshirish mumkin. Optik signal tola bo'ylab tarqalib, so'ngra foto qabul qilgichga tushadi. Zamonaviy foto qabul qilgichlar yorug'lik nurlanishini faqat intensivlik bo'yicha qayd etadi. Shu sababdan intensivlik bo'yicha modulyatsiyalash jarayonidan eng keng foydalaniladi. Boshqa turdagi modulyatsiyalash jarayonlaridan foydalanilganida, dastlab u yoki bu usulda modulyatsiyalangan nurlanishni intensivlik bo'yicha modulyatsiyalangan signalga o'zgartirish talab etiladi. Yorug'lik nurlanishini modulyatsiyalashning turli xil usullari mavjud. Ulardan birinchisi to'g'ri modulyatsiya usuli bo'lib, unda yorug'lik manbai – yorug'lik diodi yoki lazer diodi nurlanishining modulyatsiyasiga ulardan oqib o'tadigan injeksiya tokini o'zgartirish yo'li bilan erishiladi (5.1,a-rasm).

Tashqi modulyatsiya deb atalgan ikkinchi usulda yorug'lik manбайдan tarqalayotgan o'zgarmas (modulyatsiyalanmagan) yorug'lik oqimi maxsus qurilma – modulyator yordamida modulyatsiyalanadi (5.1,b-rasm). Va nihoyat, agar tegishli modulyator bo'lsa, uni lazer rezonatoriga kiritish va shu tarzda ichki modulyatsiyani amalga oshirish mumkin (5.1,v-rasm). Bundan ko'rinadiki, ichki modulyatsiya mohiyat e'tibori bilan to'g'ri modulyatsiyaning bir turi hisoblanadi.

Optik eltuvchini to'g'ri modulyatsiyalash usulini ro'yobga chiqarish optik aloqa tizimlarida qo'llaniladigan yorug'lik manbalari - yorug'lik diodi va lazer diodining muhim xususiyatlaridan hisoblangan yetarli

darajadagi tezkorlik va shu munosabat bilan ularda kechadigan fizik jarayonlarni elektr signali yordamida samarali boshqarish imkoniyatining mavjudligi bilan bog'liq. Bu hol mazkur asboblarning ish jarayonini belgilovchi noasosiy zaryad tashuvchilar yashash vaqtining kichikligi bilan tushuntiriladi. Chunonchi, hisoblashlarning ko'rsatishicha, ko'p modali lazerlar yordamida 400 Mbit/s tezlikli impuls - kodli modulyatsiyani yetarli darajada osonlik bilan amalga oshirish mumkin. Bir modali lazer diodlaridan foydalanish esa, uzatish tezligini bir necha gigogerslargacha oshirish imkonini beradi. Hozirgi vaqtda 14 GHz va undan yuqori tezliklarda ishlovchi lazer diodlari mavjud.



5.1- rasm. Yorug'lik nurlanishini to'g'ridan – to'g'ri, (a), tashqi (b) va ichki (v) modulyatsiyalash usullari.

Spontan tabiatga ega bo'lgan nomonoxromatik va nokogerent nurlanish manbai bo'lgan yorug'lik diodlari uchun faqat ularni qo'zg'atish yo'li bilan amalga oshiriladigan intensivlikni to'g'ri modulyatsiyalash usulidan foydalanish mumkin. Yorug'lik diodlarida nurlanish quvvati ulardan oqib o'tadigan injeksiya tokining ortishi bilan chiziqli tarzda o'zgaradi va uning qiymati faqat issiqlik effektlari bilan cheklanadi.

Yorug'lik nurlanishini analog va raqamli signallar ta'sirida modulyatsiyalash mumkin.

Yorug'lik manbai – yorug'lik diodi va lazer diodida analog elektr signali ta'sirida intensivlik bo'yicha modulyatsiyalash jarayoni quyidagi tarzda ro'y beradi. Yorug'lik manbaiga qo'yilgan analog ko'rinishdagi

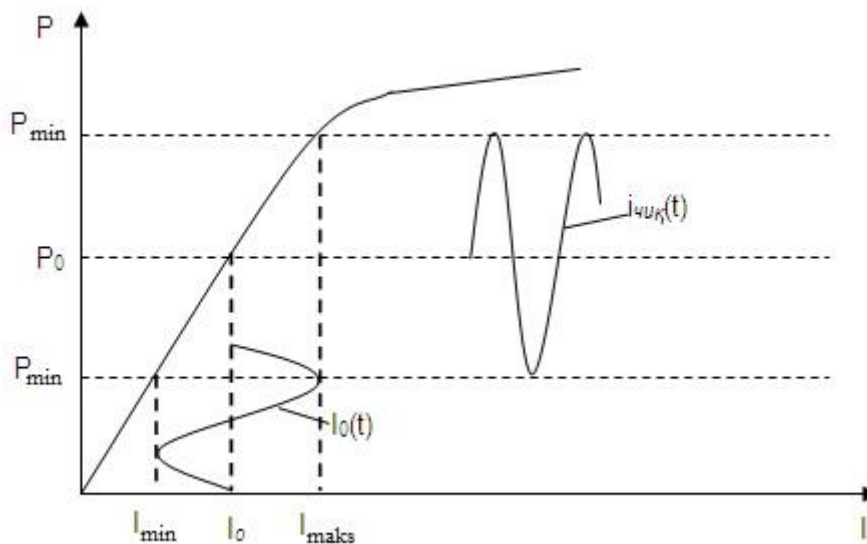
elektr signali nurlanish quvvatining xuddi shunday qonuniyat bilan o'zgarishiga olib keladi (5.1-rasm). Bunda yorug'lik manbaining P_0 va I_0 parametrlar bilan belgilanadigan ishchi nuqtasi vatt-amper xarakteristikasi chiziqli bo'lagining o'rtasida joylashadigan qilib olinadi.

Modulyatsiya A ishchi rejimida amalga oshiriladi va bu hol uchun modulyatsiya koeffitsiyenti quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$m (I_{\text{maks}} - I_{\text{min}}) / (I_{\text{maks}} + I_{\text{min}}) = \sqrt{2} I_d / I_0 = (P_{\text{maks}} - P_{\text{min}}) / (P_{\text{maks}} + P_{\text{min}}), \quad (5.3)$$

bu yerda, I_d – modulyatsiya signali tokining ta'sir etuvchi qiymati.

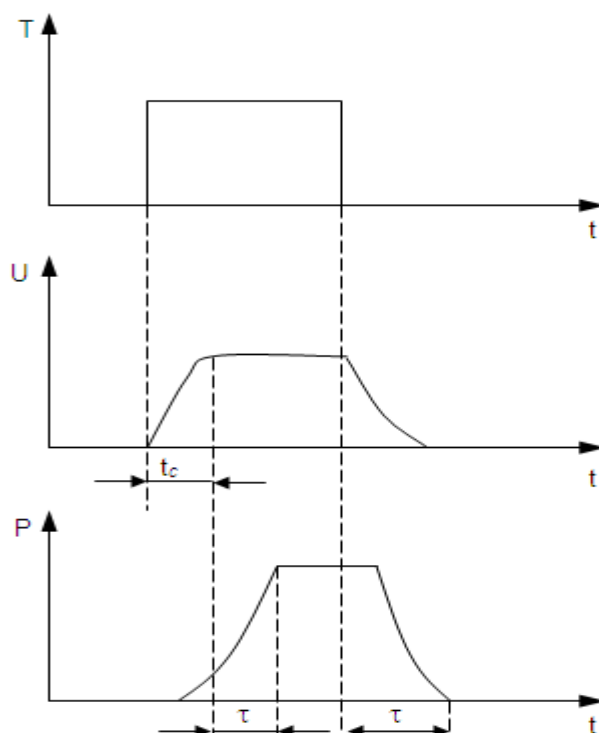
Analog signal ta'siridagi modulyatsiya jarayoni vatt-amper xarakteristikasining yuqori darajadagi chiziqchilikni (yoki garmonikalar amplitudasining kichikligini) talab etadi. Nochiziqli buzilishlarni kamaytirish uchun modulyatsiya chuqurligini kamaytirish (bu hol qabul chog'idagi signal/shovqin nisbatining pasayishiga olib keladi) yoki bu buzilishlarni kompensatsiyalashni amalga oshirish mumkin. Keyingi holda yorug'lik manbai nurlanish xarakteristikasi nochiziqchilikni kompensatsiyalashning dastlabki buzilishlarni kiritish, faza modulyatsiyasi, yarim dastlabki buzilishlar yoki teskari manfiy bog'lanish usullaridan foydalaniladi.



5.2-rasm. Yorug'lik manbai – yorug'lik diodi yoki lazer diodi intensivligini analog elektr signali ta'sirida modulyatsiyalash jarayoni.

Yorug'lik intensivligini raqamli elektr signali ta'sirida modulyatsiyalanganida injeksiya tokining sakrab ortishi va nurlanishning

boshlanishi orasida kechikish vujudga keladi. 5.3-rasmda lazer diodi tokining sakrab ortishi va sakrab kamayishi bilan bog‘liq uzilish va ulanish jarayonlari aks ettirilgan.



5.3-rasm. Lazer diodi nurlanishi intensivligini raqamli elektr signali ta‘sirida modulyatsiyalash jarayoni.

Tok sakrab ortganida, avval U kuchlanish ortadi, keyin esa t_c kechikish va τ_{ort} ortish vaqtlari bilan nurlanish boshlanadi. Tok uzilganda nurlanish intensivligi taxminan vaqt doimiysi τ ga teng bo‘lgan eksponensial qonun bo‘yicha kamayadi. Kuchlanish esa, yanada sekinroq sur‘at bilan kamayadi.

Raqamli modulyatsiyalash chog‘ida kechikish vaqtini kamaytirish uchun lazer diodiga bo‘lag‘a tokiga mos kelgan kuchlanishdan kattaroq kuchlanish qo‘yish kerak. Bu holda kechikish vaqti faqat o‘shish va kamayish vaqtlari bilan aniqlanadi. Bu vaqtlar impuls davomiyligini eng kamida 2τ qadar kengaytiradi. Shunday qilib, kechikish vaqti τ ning qiymati lazer diodining chastotaviy xossalarini belgilaydi.

“Optik liniya traktining modeli” o‘quv laboratoriya qurilmasi

1. Qurilmaning umumiy xarakteristikasi

Ushbu qurilma asosida quyidagi laboratoriya ishlari bajarilishi mumkin:

1. Lazer diodi va foto qabul qilgichning xarakteristikalarini tadqiq etish.
2. Lazer diodining impulsli modulyatsiya jarayonlarini tadqiq etish.
3. Real optik aloqa liniyasining qabul qiluvchi oxirida signal shaklini modellashtirish.
4. Lazer diodining analog modulyatsiya jarayonlarini tadqiq etish.
5. Tolali yorug'lik uzatgichi so'nish koeffitsiyentini o'lchash.

Yuqorida sanab o'tilgan laboratoriya ishlarini bajarish:

- lazer diodi vatt-amper xarakteristikasini o'lchash va shu asosda mazkur asbobning ishchi nuqtasini aniqlash va undan yorug'lik nurlanish quvvatining impulsli va analog modulyatsiyasini amalga oshirishda foydalanish;

- fotodiod tomonidan hosil qilingan fototokning uning sirtiga tushadigan yorug'lik quvvatiga bog'liqligini tadqiq etish va shu asosda ushbu asbobning yorug'lik nurlanishining berilgan diapazonidagi spektral sezgirligini aniqlash;

- impulsli va analog modulyatsiya signallari uchun modulyatsiya chuqurligining lazer diodi vatt-amper xarakteristikasidagi ishchi nuqta holatiga bog'liqlikni tadqiq etish;

- real optik liniyada o'zgaruvchan atenyuator yordamida so'nishni, modulyatsiyalovchi impuls shaklini oldindan buzish yo'li bilan dispersiyaga oid buzilishlarni va optik aloqa liniyasi bo'yicha uzatilayotgan yorug'lik signaliga boshqariladigan sathli shovqinlarni kiritish yo'li bilan real optik liniyadagi jarayonlarni modellashtirish imkonini beradi.

3. Laboratoriya qurilmasi funksional sxemasining tavsifi

Laboratoriya qurilmasining blok sxemasi 5.3-rasmda keltirilgan. Uning tarkibiga quyidagicha elementlar kiradi:

1. Universal kasseta (splays-plastina), u tolali yorug'lik uzatgichini payvandlab, uning termik ulangan joyini mahkamlash uchun xizmat qiladi.
2. To'rt tolali bir modali (sariq rangli himoya qobiqli) kabelning bir tomondan SC/ UPC turidagi konnektorlar(to'rt tolali SC/ UPC-4, DST/4/SM 9/125) bilan tugallangan ikki bo'lagi. Uchta (to'rttadan)

yorug'lik uzatgich bu bo'laklarining tugallangan tomonlari juftlab payvandlash yo'li bilan o'zaro ulangan. Payvandlangan joylarni himoyalovchi, issiqlik yo'li bilan joylashtirilgan naychalar 1 kassetada mahkamlangan.

3. To'rt tolali ko'p modali (jigarrang rangli himoya qobiqli) kabelning bir tomondan SC/PC turdagi konnektorlar bilan tugallangan ikki bo'lagi (to'rt tolali SC/PC-4, SC/PC-4,DST/4/MM 50/125). Uchta (to'rttadan) yorug'lik uzatgich bu bo'laklarining tugallanmagan tomonlarini juftlab payvandlash yo'li bilan o'zaro ulangan. Payvandlangan joylarni himoyalovchi, issiqlik yo'li bilan joylashtirilgan naychalar kassetaga mahkamlangan.

4. Rozetkali portlar uchun mo'ljallangan W902 seriyali ikkita kommutatsiya qutisi (devorga mahkamlanadigan kross). Qutilarda:

– yuqori qavatda to'rtta SC-SC/UPC turidagi ulovchi rozetkalar (FC turidagi konnektorlar bilan tugallangan bir modali yorug'lik uzatgichlarni ulash uchun);

– pastki qatorda SC-SC/PC turidagi to'rtta ulovchi rozetkalar (FC turidagi konnektorlar bilan tugallangan ko'p modali yorug'lik uzatgichlarni ulash uchun) joylashtirilgan.

To'rt tolali kabellarning tugallangan tomonlari qutiga mahkamlangan (ular yorug'lik uzatgichlarining konnektorlariga tegishli rozetkalar bilan qutining ichki tomonidan ulangan).

5. Optik elementlar platasi, unda:

– ikkita keramikali markazlashtiruvchi bilan FC-D/UPC bir modali ulovchi rozetkalar;

– uzunligi 1000 m bir modali yorug'lik uzatgichining bo'lagidan iborat FC/UPC (FC/UPC-SM1000-FC/UPC) konnektorlari bilan tugallangan normalashtiruvchi g'altakjoylashtirilgan.

6. Optik elementlar platasi, unda:

– FC/SM bir modali tola uchun o'zgaras attenyuator-rozetka (so'nish qiymati – 20 dB);

– FC/MM ko'p modali tola uchun o'zgaras attenyuator-rozetka (so'nish qiymati 20 dB);

– FC/SM bir modali va FC/MM ko'p modali tolalar uchun o'zgaruvchan (boshqariladigan) attenyuator-rozetka (so'nish qiymati 0-20 dB) joylashtirilgan.

7. Optik elementlar platasi, unda:

– bronzali markazlashtiruvchi bilan FC-D/PC ikkita ulovchi ko'p modali rozetkalar;

– uzunligi 200 m ko'p modali yorug'lik uzatgichining bo'lagidan iborat

FC/UPC(FC/PC-MM200-FC/PC) konnektorlari bilan tugallangan normalashtiruvchi g'altak joylashtirilgan.

8. Optik signal manbai (OSM) elektron bloki. Uning paneli yuza sirti 5.4-rasmda keltirilgan. U 1 mVt chiqish quvvatiga ega bo'lgan LFQ-14-P ($\lambda=1.3\text{mkm}$) va LFQ-17-P ($\lambda=1.5\text{ mkm}$) yarim o'tkazgichli lazer diodlari yordamida $\lambda=1.3\text{ mkm}$ va $\lambda=1.5\text{ mkm}$ to'lqin uzunliklaridagi yorug'lik nurlarining generatsiyasini ta'minlaydi.

Lazer diodlari FC/UPC turdagi konnektorlar bilan tugallangan bir modali optik tolaning bo'laklari bilan ulangan. Ularni tashqi optik zanjirlar bilan ulangan FC/UPC (optik chiqish) turidagi va yuza paneliga chiqarilgan optik rozetkalar yordamida amalga oshiriladi.

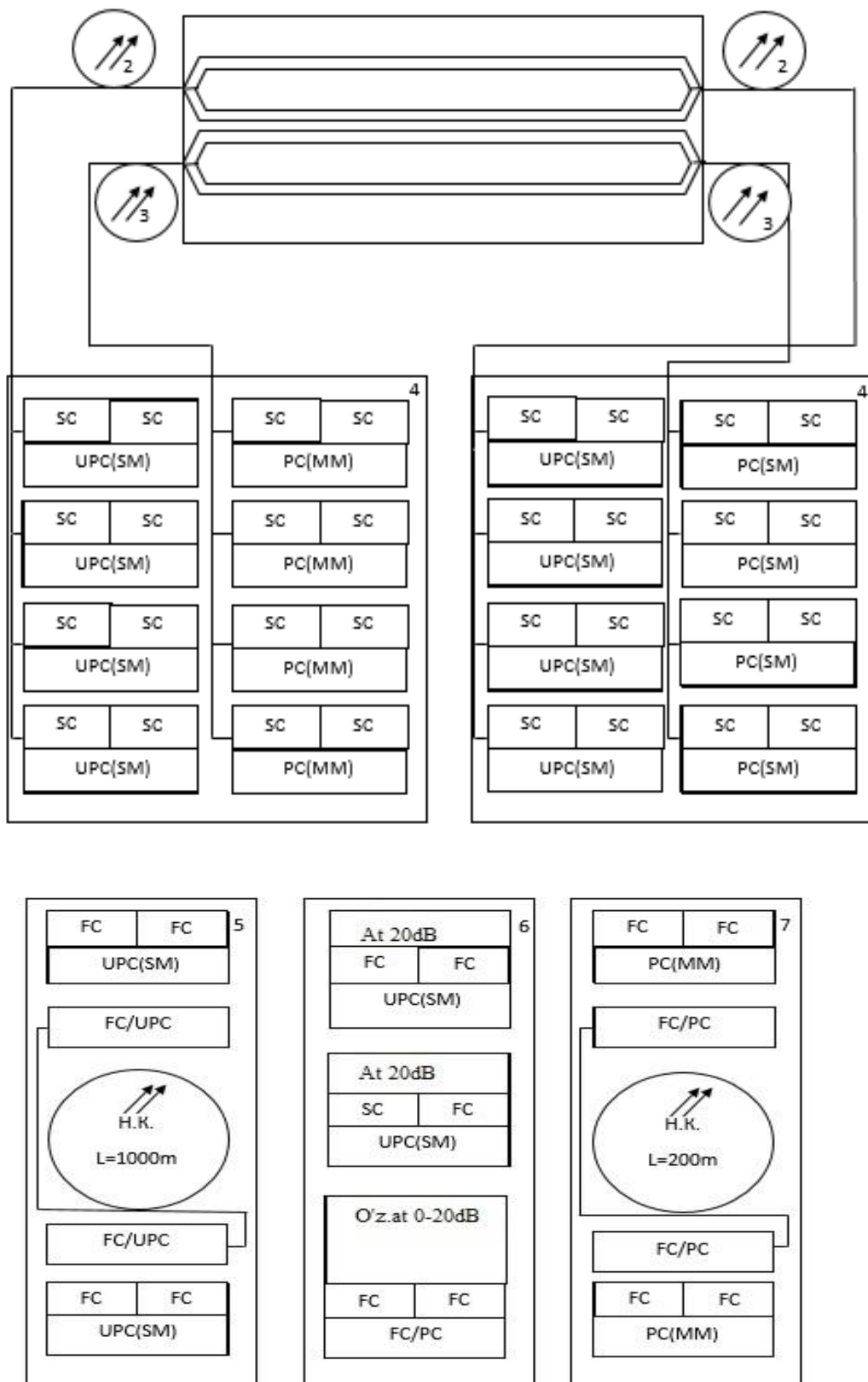
$\lambda=1.3\text{ mkm}$ yoki $\lambda=1.5\text{ mkm}$ to'lqin uzunlikli ikki yorug'lik manbalardan birini ulash knopkali "Manbani tanlash" almashlab ulagichi yordamida amalga oshiriladi.

Optik rozetkalar ishini nazorat qilish uchun maket yuzasiga yorug'lik diodlari o'rnatilgan, ular tegishli lazer diodi ulanganda yongan holatga o'tadilar.

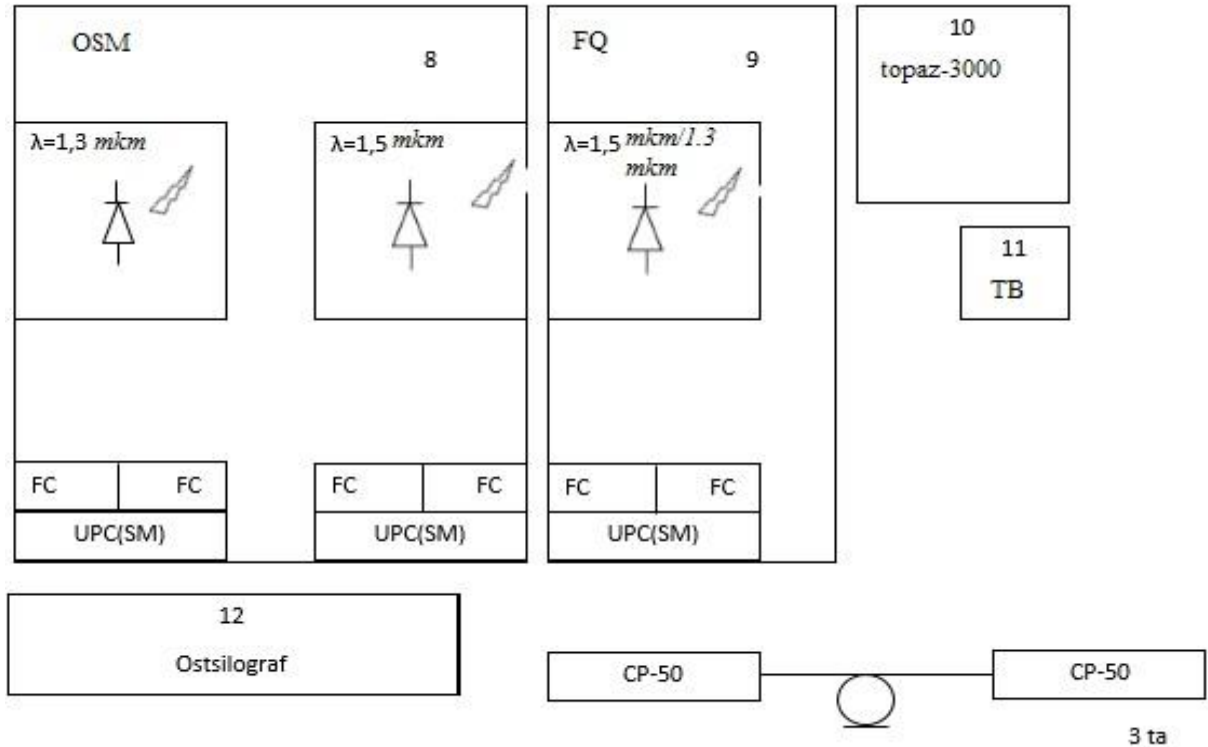
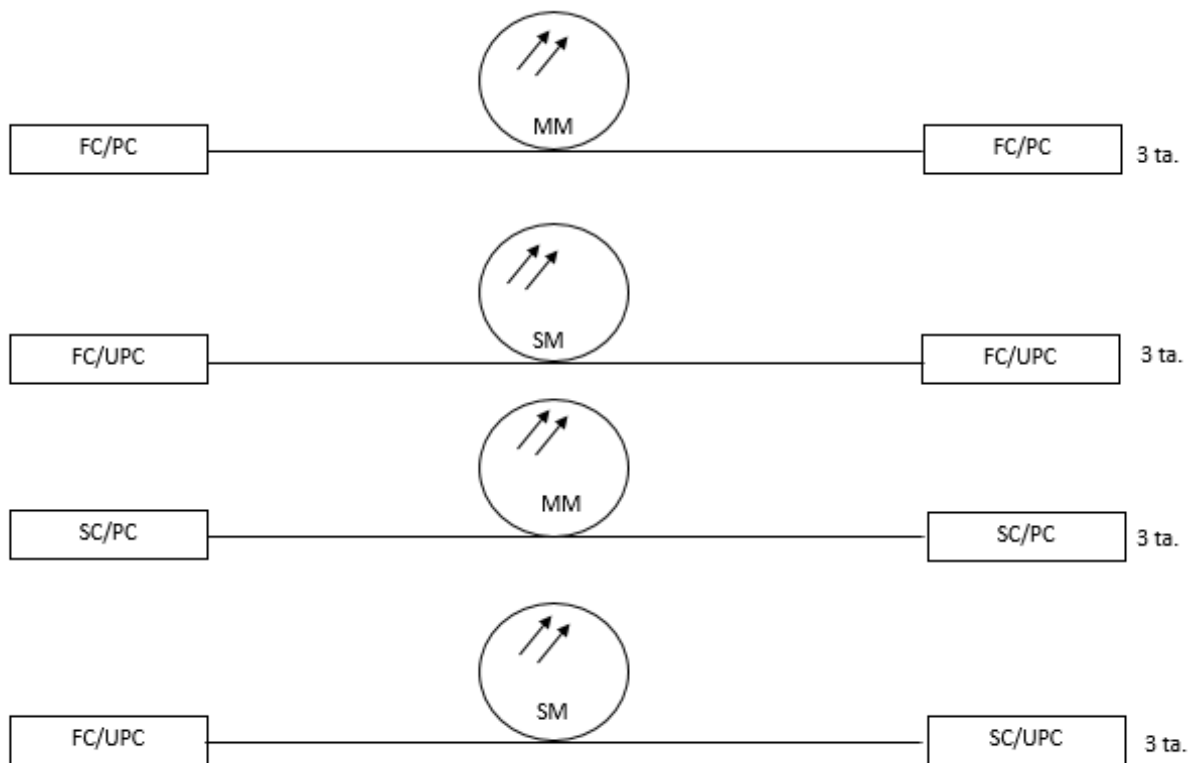
Ulangan lazer diodining ish rejimini boshqarish, lazer diodining p-n o'tishidan oqib o'tadigan I_0 , I_1 toklarni ta'minlovchi ikkita kalit yordamida amalga oshiriladi.

Panel yuzasiga toklarning tegishli qiymatlarini o'zgartirib beruvchi I_0 va I_1 potensiometrlarning buragichlari chiqarilgan. I_0 , I_1 toklar qiymatlarini nazorat qilish NMB paneli yuzasida joylashgan ikkita "DAMLASH TOKI, mA" raqamli indikator yordamida bajariladi. Uning yonida CP razyomli kabelni ossilografga ulash va lazer diodi p-n o'tishidan oqib o'tayotgan tok qiymatini nazorat qilish uchun "KT2" uyacha joylashgan.

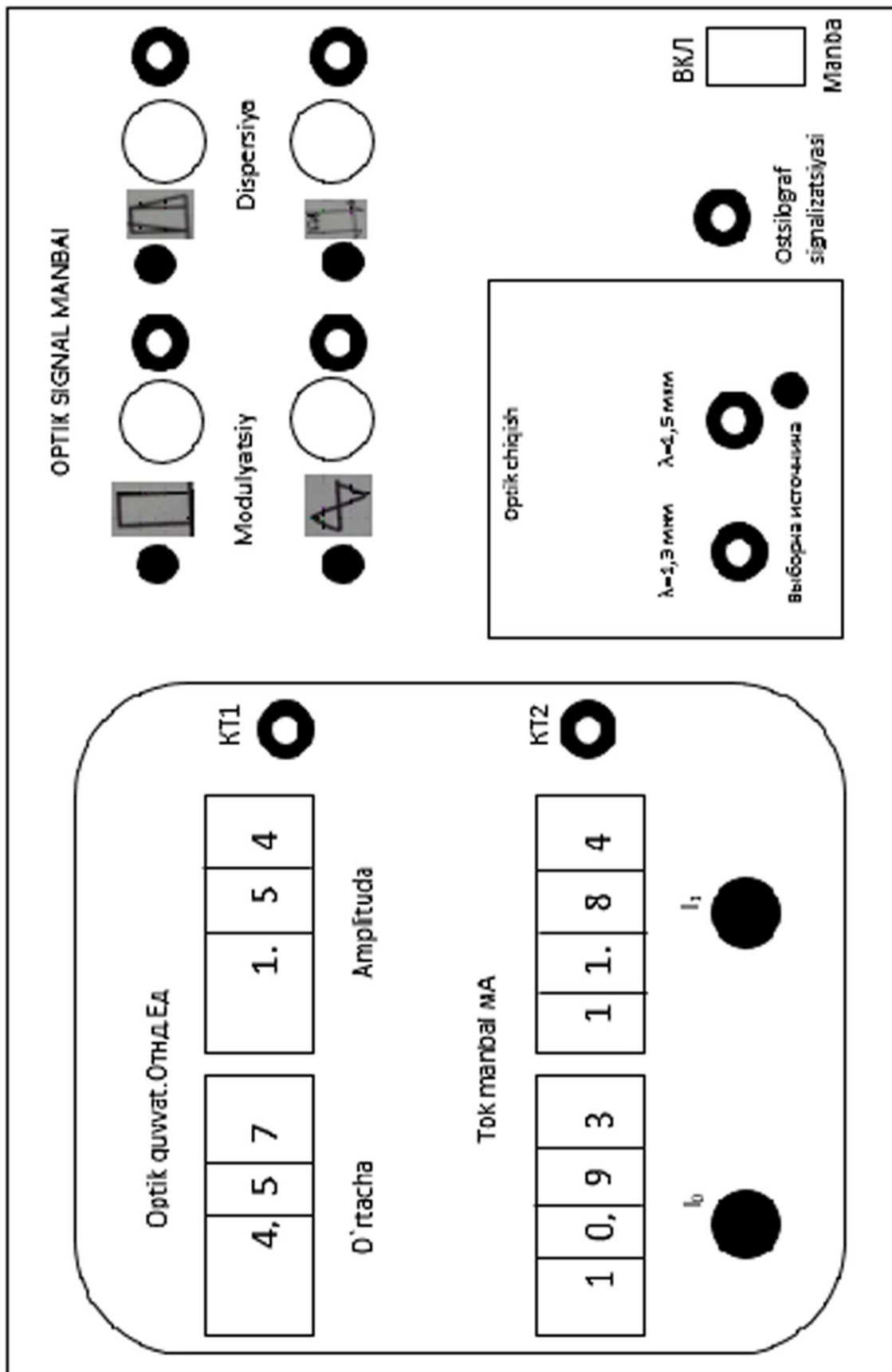
Ulangan lazer diodining ishga layoqatliligini nazorat qilish – uning chiqishida nurlanish quvvatining mavjudligi bo'yicha amalga oshiriladi. Nurlanish quvvatini o'lchash lazer diodi korpusiga joylashtirilgan fotodiod yordamida boshqariladi. Lazer diodlaridan oqib o'tadigan tokning qiymati ikkita "OPTIK QUVVAT, nisb.birlik" raqamli indikatorlari bilan aks ettiriladi. Indikatorlarning ko'rsatkichlari nisbiy haraktyerga ega ekanligini YD da tutish lozim.



5.4 – rasm. Laboratoriya qurilmasining blok sxemasi.



5.4 – a rasm. Laboratoriya qurilmasining blok sxemasi (davomi)



5.5–rasm. "Optik signal manbai (OSM) elektron bloke

Optik nurlanishni modulyatsiyalash imkoni koʻzda tutilgani uchun qurilma quvvatining nazorati uchun ikkita indikatoridan foydalaniladi. Birinchi "OʻRTACHA" indikatorini ulangan lazer diodi tomonidan nurlanadigan optik quvvatning oʻrtacha sat-hini aks ettiradi. Ikkinchi "AMPLITUDA" indikatorini nurlanish quvvatining amplituda qiymatini koʻrsatadi. Uning koʻrsatkichi faqat optik nurlanish modulyatsiyasi ulangan holda noldan farq qiladi.

Lazer diodi korpusiga joylashtirilgan fotodiod tokining qiymati ossilograf yordamida amalga oshirilishi mumkin. Buning uchun CP-50 razyomli optik kabelni ulash uchun indikator yoniga "KP" uyachasi joylashtirilgan.

Elektron blokda yorugʻlik nurlanishini impulsli va analog modulyatsiyalash imkoniyati koʻzda tutilgan. Bu rejimni ulash "MODULYATSIYA" almashlab ulagichining tegishli tugmachasini bosish yoʻli bilan amalga oshiriladi. Modulyatsiyalovchi signal amplitudasi boshqargichlari panelning yuzasi sirtiga chiqarilgan tegishli potensiometrlar bilan boshqariladi. Potensiometr boshqargichlari yonida CP-50 razyomli kabelni ulash va ossilograf ekrani boʻyicha modulyatsiyalovchi signal shakllanishini nazorat qilish uchun "KT3", "KT4" uyachalar joylashgan.

Elektron blokda real optik liniyada yuzaga keladigan dispersiya tufayli yuzaga keladigan buzilishlarni modellashtirish modulyatsiyalovchi impuls shaklining buzilishini kiritish imkoniyati mavjud.

Bu rejimni ulash "DISPERSIYA" tugmachasini bosish orqali amalga oshiriladi. Dispersiya tufayli impulsning kengayishi buragichi panel yuzasi sirtiga chiqarilgan tegishli potensiometr yordamida boshqariladi. Uning yonida CP-50 razyomli kabelni ulash va ossilograf ekrani boʻyicha modulyatsiyalovchi signal shaklini nazorat qilish uchun "KT5" uyachasi joylashtirilgan. Elektron blokda real optik aloqa liniyasida yuzaga keladigan jarayonlarni modellashtirish uchun modulyatsiyalovchi signalga additiv shovqinlar tashkil etuvchisini kiritish imkoniyati koʻzga tutilgan. Bu rejimga ulash "Shovqin" tugmachasini bosish yoʻli bilan amalga oshiriladi. Shovqin sathi buragichi tegishli potensiometr yordamida boshqariladi. Uning yordamida CP-50 razyomli kabelni ulash va ossilograf ekrani boʻyicha modulyatsiyalovchi signal shaklini nazorat qilish uchun "KT6" uyacha joylashtirilgan.

Panelning yuzasi sirtida foydalanilayotgan ossilografning sinxronizatsiya kirishiga CP-50 razyomli kabelni ulash uchun "OSSIOLOGRAFNI SINXRONIZATSIYALASH" uyachasi koʻzda tutilgan.

Elektron blokning ta'minoti 220V/50Hz li tarmoqdan amalga oshiriladi. Bloknı ulash kanal yuza sirtidagi yonib turuvchi "TARMOQ" tugmachasi yordamida amalga oshiriladi.

9. "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki. U FD-1375-r turidagi fotodiod yordamida $\lambda=(1.3 - 1.5)$ to'liqin uzunligi diapazonida optik nurlanish quvvatini o'lchashni taminlaydi. Fotodiod FC/UPC turidagi konnektor bilan tugallangan. Unda tashqi optik zanjirga ulash FC turidagi "OPTIK KIRISH" yordamida amalga oshiriladi. Qabul qilinadigan optik signalni nazorat qilish uchun "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtida ikkita "OPTIK QUVVAT, nisb. birl." indikatorlaridan foydalaniladi. Ulardan birinchisi "O'RTACHA" qabul qilinadigan optik quvvatining o'rtacha sathini, ikkinchi "AMPLITUDA" indikatorı esa, optik quvvatning amplituda qiymatini aks ettiradi. Ikkinchi indikatorning ko'rsatkichi faqat yorug'lik nurlanishi modulyatsiyasi mavjud bo'lgan vaqtdagina noldan farq qiladi.

Fotodiodning sezgir yuzasiga tushayotgan yorug'lik nurlanishi uning p-n o'tishidan oqib o'tayotgan tok (fototok) ning o'zgarishini yuzaga keltiradi. O'lchash oraliqlarinalmashlab ulash "SEZGIRLIK" tugmachasi yordamida bajariladi. "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtidagi "0.001; 0.01; 0.1; 1" tugmachalarini bosish fotodiod kuchaytirish koeffitsiyentining o'zgarishiga olib keladi.

Fototok fotodiodining sezgir yuzasiga tushayotgan yorug'lik quvvatining qiymatiga proporsional. Shu sababdan raqamli indikatorning ko'rsatkichi buquvvatga proporsional bo'ladi, biroq unga teng emas. Foto qabul qilgich yordamida yorug'lik quvvatini o'lchash nisbiy birliklarda amalga oshiriladi.

"FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki panelining yuza sirtiga tugmachali almashlab o'lchagich va "NOLNI QO'YISH" potensiometri joylashtirilgan. Oraliqlarnı almashlab ulash uchun bu tugmachani bosish kerak va potensinometr yordamida "O'RTACHA" indikatorning nol ko'rsatkichini qo'yish kerak.

Foto qabul qilgich panelining yuza sirtiga "SILJITISH KUCHLANISHI, V" potensiometr buragichi joylashtirilgan, uning yordamida fotodiodga qo'yiladigan siljitish kuchlanishi o'zgartiriladi. Bu kuchlanish qiymatining nazorati "SILJITISH KUCHLANISHI, V" raqamli indikator yordamida amalga oshiriladi.

Panelning yuza sirtiga CP-50 razyomli kabelni ulash va ossilograf ekrani bo'yicha qabul qilinadigan optik signal shaklini nazorat qilish uchun "KUCHAYTIRGICHNING CHIQISHI" uyachasi joylashtirilgan.

Elektron blokning ta'minoti 220 V/50 Hz li tarmoqdan amalga oshiriladi. Blokni ulash yonuvchi indikatorli "TARMOQ" tumbleri bilan amalga oshiriladi.

10. Optik quvvat o'lchagichi "TOPAZ 3000", undan optik quvvatning etalon o'lchagichi sifatida foydalaniladi. Optik quvvat uning kirishiga tolali shnur yordamida beriladi. Asbob avtonom ta'minot manbaiga va tarmoq adapteri (11) ga ega. Asbobni ishlatish uning laboratoriya qurilmasi majmuiga kiruvchi to'liq tasnifi asosida bajariladi.

Laboratoriya qurilmasi tarkibiga bundan tashqari qurilma elementlarini o'zaro ulash uchun xizmat qiladigan optik tolali ulagich (OTU) lar va uning shnurlari kiradi.

Qurilma majmuiga quyidagilar kiradi:

- 3 ta FC/PC konnektorli ko'p modali ulovchi shnurlar (jigar rang yoki ko'k rangli himoya qobig'ili);
- 3 ta FC/UPC konnektorli ulovchi bir modali indikatorlar (sariq rangli himoya qobig'ili);
- 2 ta SC/PC konnektorli ko'p modali ulovchi shnurlar (jigarrang rangli himoya qobig'ili);
- 2 ta SC/UPS konnektorli bir modali ulovchi shnurlar (sariq rangli himoya qobig'ili);
- 2 ta FC/PC - SC/PC konnektorli ko'p modali o'tish ulovchi shnurlar (jigar rang rangli himoya qobig'ili);
- 2 ta FC/UPC - SC/UPS konnektorli bir modali o'tish ulovchi shnurlar (sariq rangli himoya qobig'ili).

Laboratoriya qurilmasi tarkibiga, shuningdek, CP-50 razyomli uchta koaksial kabel ham kiradi. Ulardan ossilografni elektron blokning nazorat nuqtalariga ulash va sinxronizatsiya signalini uzatish uchun foydalaniladi.

OPTIK ALOQA TIZIMLARINING TUZILISH PRINSIPINI O'RGANISH (STM-1 UZATISH TIZIMI ASOSIDA)

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

- 1.1. SDH (STM-1) uzatish tizimining tuzilish prinsipini o'rganish.
- 1.2. E_1 oqim asosida STM-1 modulining shakllanishini o'rganish.
- 1.3. POH va SOH sarlavhasi vazifasini va STM-1 tizimining ko'rsatkichini o'rganish.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

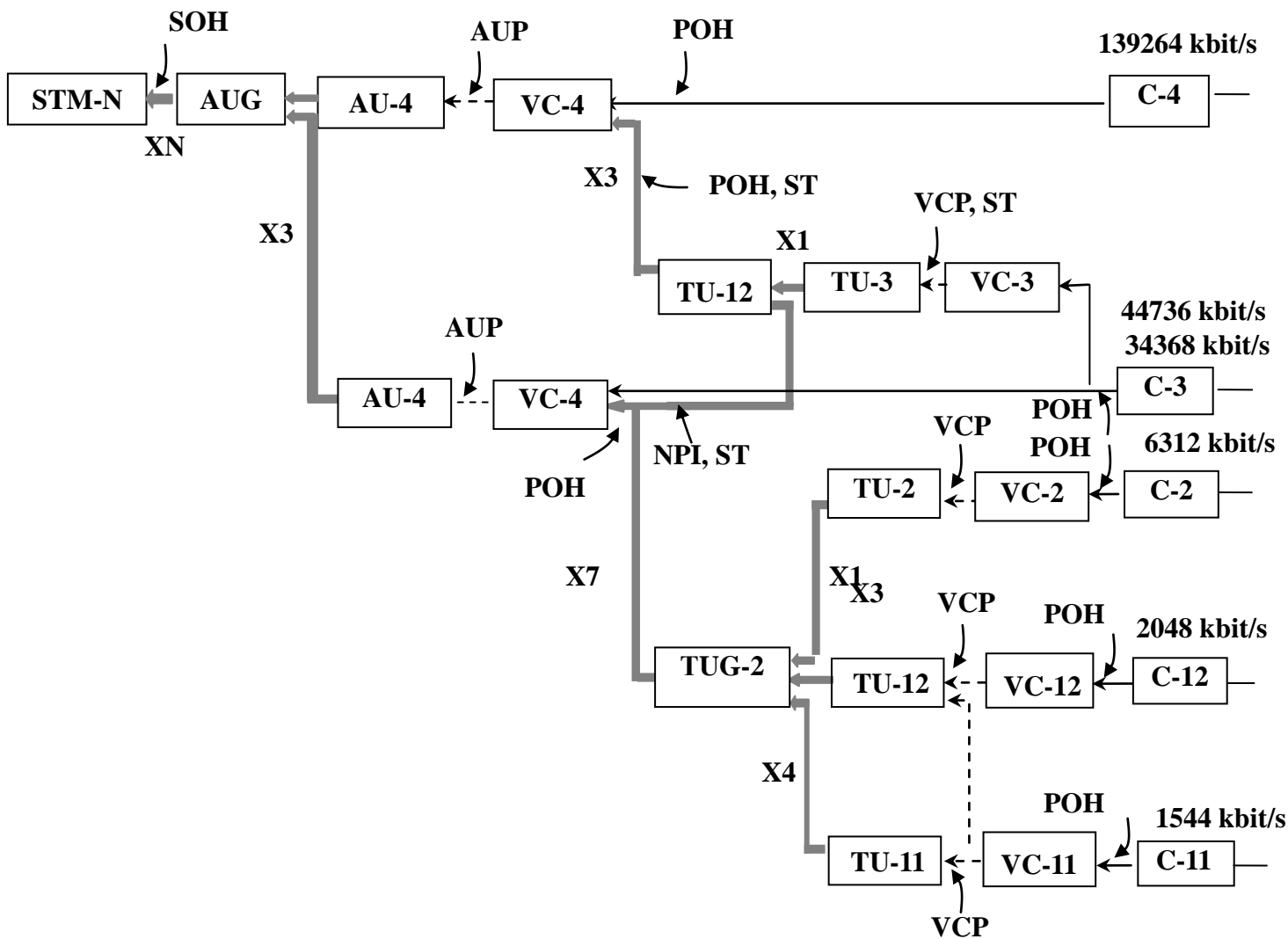
- 2.1. STM-1 modulining tuzilish variantlarini o'rganish [3,26 – 38-betlar].
- 2.2. STM-1 modulining tuzilish sxemasi (E_1 oqimi yuklanishidan shakllangan) keltirilishi zarur bo'lgan hisobot uchun sahifa tayyorlash lozim.
- 2.3. [3]- adabiyotning 248 – 304 sahifalari, [4]- adabiyotning 17 – 19, 39 – 48 sahifalari, [5]- adabiyotning 225 – 264 sahifalari, [6]- adabiyotning 90 – 96 sahifalaridagi ma'lumotlarni o'rganish.

3. STM-1 uzatish tizimi tuzilish prinsipining qisqacha tavsifi

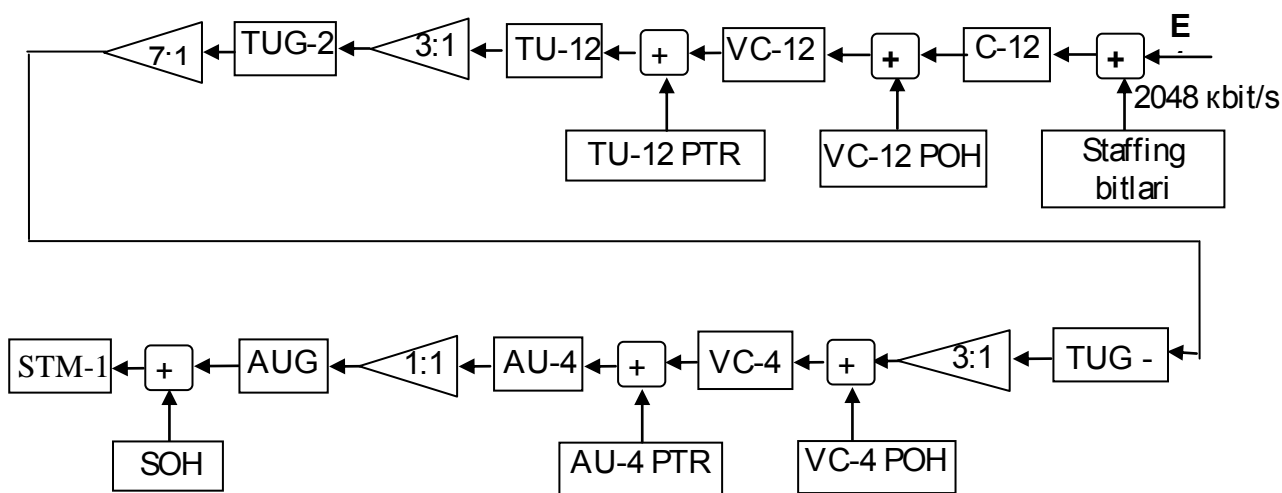
{2} dan ma'lumki, sinxron transport modullari turli oqimlarning yuklamalari asosida shakllanishi mumkin (6.1-rasm).

Mazkur rasmda quyidagi shartli belgilar qabul qilingan:

- C-11 $T_1=1,5$ Mbit/s; triblarni qobiqlaydigan konteyner;
- C-12 $T_1=2$ Mbit/s; triblarni qobiqlaydigan konteyner;
- C-2 $T_2=6$ Mbit/s va $E_2=8$ Mbit/s; triblarni qobiqlaydigan konteyner;
- C-3 $E_3=34$ Mbit/s va $T_3=45$ Mbit/s; triblarni qobiqlaydigan konteyner;
- C-4 $E=140$ Ms-triblarni qobiqlaydigan konteyner;
- VC-11, VC-12, V-2 past sathlarning virtual konteynerlari;
- VC-3-yuqori sathning virtual konteynerlari;
- TU-11, TU-12, TU-3-trib bloklari;
- TUG-2 va TUG-2 va 3 sathga mos trib bloklari guruhlar;
- VC-3 va VC-4 – 3 va 4 sathga mos virtual konteynerlar;
- AU-3 va AU-4 – 3 va 4 sathdagi ma'muriy bloklar;
- AUG-ma'muriy guruh bloklari;
- STM-N – sinxron transport modul ($N=1, 4 \dots$) transport modul ($N=1, 4 \dots$)



6.1-rasm. Trib signallaridan N-sathdagi sinxron transport modulining shakllanishi.



6.2-rasm. E1 yuklama oqimlaridan STM-1 sinxron transport modulining shakllanishi.

6.1-rasmda: xn-vaqtli guruhlalashtirish; ← - - - - sozlash;



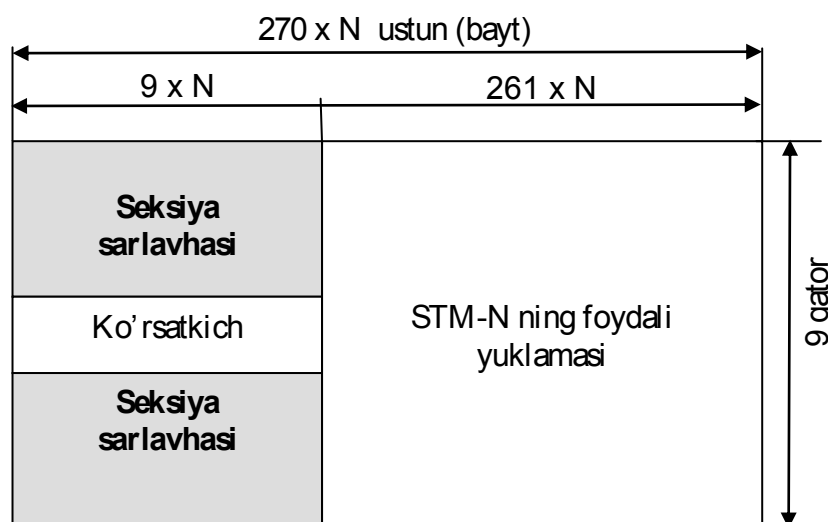
- joylashtirish; ST - qo‘shimcha simvol.

Amaliyotda E1 triblardan shakllanadigan STM-1 moduli ancha keng tarqalgan. Bunday modullardan birining sxemasi 6.2-rasmda keltirilgan.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki, sinxron transport modulining shakllanish jarayonida yuklamaga avval tenglashtiruvchi bitlar, shuningdek, qaydlanadigan, boshqaradigan va joylaydigan bitlar qo‘shiladi. Quyiroqda C-n konteyneri shakllanishida yuklama tezligini tekislash jarayonida ancha keng to‘xtaymiz, (SDH tizimi staffing jarayonida).

Shakllangan C-12 konteyneriga VC-12 POH (Path Overhead) yo‘nalishining sarlavhasi qo‘shiladi, natijada virtual konteyner shakllanadi.

Virtual konteynyerga ko‘rsatkichning 1 bayti (PTR) ni qo‘shilishi yuklamani (TU) birinchi blokka aylantiradi. So‘ngra turli sathdagi bloklar guruhlarida yuklama bloklarini multipleksorlash jarayoni to VC-4 ning yuqori sathdagi virtual konteyneri shakllanganiga qadar yuz beradi. VC-4 POH yo‘nalishining sarlavhasi ulanishi natijasida ma‘muriy blok hosil bo‘ladi, unga seksiya sarlavhasi SOH (Section Overhead) ulanadi. SOH, regenerator seksiyasi sarlavhasi (RSOH) va multipleksor seksiyasi sarlavhasi (MSOH) dan iborat (6.3-rasm).



6.3-rasm. STM-1 sathidagi SOH sarlavhasining tuzilishi.
Sikl 125 mikrosekund vaqt oraliq‘ida uzatiladi, ya‘ni 8000 sikllar/s
(155520 Mbit/s)

Sarlavha va ko‘rsatkichlar SDH da muhim rol o‘ynaydi, chunki ular

raqamli oqimning yuklanish va bo'shatilish jarayonlari, boshqarish va boshqa jarayonlar bilan zich bog'langan. Shuning uchun sarlavha va ko'rsatkichlarning ikki turi nima uchun qo'llanilishini aniq tasavvur qilish kerak. Seksiya sarlavhasi (SOH) SDH tarmoqlarida boshqarish kanallarini (servis kanallarini) boshqarish, servis vazifalarini bajarish, avtomatik zahira ulagichlarni boshqarish va zahirani ta'minlash, maxsus vazifali ma'lumotlar yzatishtirish kanallarini vujudga keltirish, tarmoqqa xizmat ko'rsatish vazifasini ta'minlash, sifat monitoringi uchun qo'llaniladi. Yo'nalish sarlavhasi (POH) yuqori sath sarlavhasi va past sath sarlavhalari bilan birga virtual konteyner (VC) yo'nalishlarini o'rnatish vujudga keltirish uchun (VC); multipleksorlashtirishni tuzilishi haqida axborotlar uzatish uchun, buzilganlik signallarini uzatish uchun (alarms); tarmoqqa xizmat ko'rsatish vazifasini ta'minlash uchun, VC doirasida sifat monitoringi uchun ishlatiladi. TU va AU bloklarning ko'rsatkichlari SDH konteynerlarida yuklamalarni dinamik joylashtirish uchun qo'llaniladi. SDH tizimi transport moduliga raqamli oqimning yuklanishi va bo'shatilishi bilan bog'liq jarayonlarni ko'rib chiqamiz (STM-N transport moduli). Transport modulini raqamli oqimning yuklanish jarayoni 1-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, raqamli oqimning yuklanish jarayoni tenglashtirish jarayonlaridan foydalanish (bitli staffing), ko'rsatkichlarning faolligi, shuningdek POH va SOH sarlavhalardan foydalanish bilan bog'liq. Ma'lumki, SDH uzatish tizimida konteyner o'lchami standartlashtirilgan. Uning o'lchami yuklanadigan oqim tezligining maksimal yo'l qo'yiladigan variatsiyasini hisobga olgan holda iyerarxiya sathiga mos keluvchi PDH oqimining yuklanishi uchun kerak bo'lganidan ancha kattadir. Raqamli oqimning yuklanishidan bitli staffing usuli bilan uni tenglashtirish ishlari bajariladi, uning uchun konteyner qismidan foydalaniladi.

Bitli staffingning ikki turi farqlanadi:

– suzuvchi tenglashtirish ya'ni siklning boshiga nisbatan ixtiyoriy vaqt holati faqat yuklanadigan raqamli oqimlar tezligidagi farqlarni kompensatsiyalashnigina emas, unig variatsiyasini ham nazarda tutadi. Bu holda konteynerdagi foydali yuklama tez ko'payishi va kamayishi mumkin, bunda u konteynerga oqimning tezlik variatsiyasi bilan yuklanishiga imkon beradi. Konteynerning bir necha qismlarida suzuvchi tenglashtirishni ta'minlash uchun o'zgaruvchan staffing maydoni ko'zda tutiladi. Staffingni davriy takrorlanuvchi indikatorlari o'zgaruvchan staffing maydonida bit axborotlimi yoki tenglashtirish bitimi va bo'shatish jarayonida yo'qotilishi zarur ekanligi aniqlanadi;

– qayd etilgan tenglashtirish konteyner tarkibiga uning o‘lchami standartga mos bo‘lishi uchun qo‘shimcha bitlar qo‘shishni nazarda tutadi. Suzuvchi tenglashtirish jarayonida farqli ravishda, undassaffing bitlar indikatorlar bilan aynan tenglashtiriladi, qayd etilgan tenglashtirish jarayonida indikatorlardan foydalanilmaydi. Staffing maydoninig joylashish o‘rni konteyner tuzilishi bilan belgilangan.

Sinxron transport modulida raqamli oqimning yuklanish va bo‘shatish jarayonida, odatda tenglashtirishning ikkala ko‘rinishi ham ishlatiladi. Tenglashtirish juda muhim, chunki u yuklangan oqimlarning imkonli sinxronlashdan chiqishni kompensatsiyasini, shuningdek, tezlik variatsiyasini ta‘minlaydi. PDH iyerarxiyasida yuklanadigan oqimlar tezligi variatsiyasining yo‘l qo‘yiladigan qiymatlari 6.1-jadvalda keltirilgan.

Past sathli virtual konteynerlarga misol tarzida 2 Mbit/s oqimning asinxron yuklanishini ko‘rib chiqamiz. Bu raqamli oqim yuklanish varianti tez-tez qo‘llaniladi (6.4-rasm).

Mazkur rasmda E1 (2048 Kbit/s) oqimning sinxron transport moduliga yuklangan bayt bo‘yicha tuzilishi berilgan, POH (V5, J2, N2 va K4) sarlavha baytlari alohida ajratib ko‘rsatilgan. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, E1 oqimning asinxron yuklanish jarayonida qayd etilgan va suzuvchi tenglashtirishdan foydalaniladi.

6.1-jadval

Yuklanadigan oqimlar tezligi variatsiyalarining yo‘l qo‘yiladigan qiymatlari va konteynerlarning har xil turlari

Raqamli oqim tezligi, Mbit/s	Tezlik variatsiyasining maksimal yo‘l qo‘yilishi, rrt;	Konteynerlarda raqamli oqim tezligi, Mbit/s	Konteyner Nomi
1,544	50	1,600	S-11
2,048	50	2,176	S-12
6,312	30	6,784	S-2
34,368	20	36,864	S-3
44,736	20	48,384	S-3
139,260	15	149,760	S-4

R	
32 bayt	
R	
J2	
C1C20000RR	
32 bayt	
R	C – staffing indikatori;
N2	D – informatsion bit;
C1C20000RR	O – sarlavxa bitlari;
32 bayt	R – belgilangan tsaffing bitlari;
R	S – staffing yoki informatsion bit.
K4	
C1C2RRRRS1	
S2DDDDDDDD	
31 bayt	
RRRRRRRR	

6.4-rasm. Sinxron transport modulida 2 Mbit/s oqimni asinxron yuklanishi.

Sarlavha tarkibiga batafsil to‘xtab o‘tamiz (6.5-rasm). Rasmdan ko‘rinib turibdiki, siklli sinxronizatsiyalash (A1, A2) haqida axborot 3 marta takrorlanadi, bu SDH va SONET ctandartlari birlashganligi bilan bog‘liq. D1-D12 baytlar ma’lumotlar uzatish kanalini vujudga keltiradi, u qurilgan o‘z-o‘zini diagnostikalash tizimlari va TMN tizimlarida ishlatilashi mumkin. Masalan, D baytlari vujudga keltirgan ma’lumotlar uzatishning xizmat kanalidan foydalanish, yagona markazdan tarmoqni rekonfiguratsiyalashni bajarishga imkon beradi.

Regenerator seksiyasining trassasi, POH sarlavhasidagi J1 bayti bajaradigan vazifalarni bajaradi. SDH tizimida testlashni o‘tkazish uchun F1 xizmat kanali muhim hisoblanadi, unda aniqlikni nazorat qilish va xatoliklarni topish natijalari haqida axborot uzatiladi. F1 bayti tarkibiga R1 regeneratorlarining identifikatorlari va S axborot bitlari kirib, u yerda xatolar haqida axborot uzatiladi (6.6-rasm).

SOH sarlavhasining tuzilishi

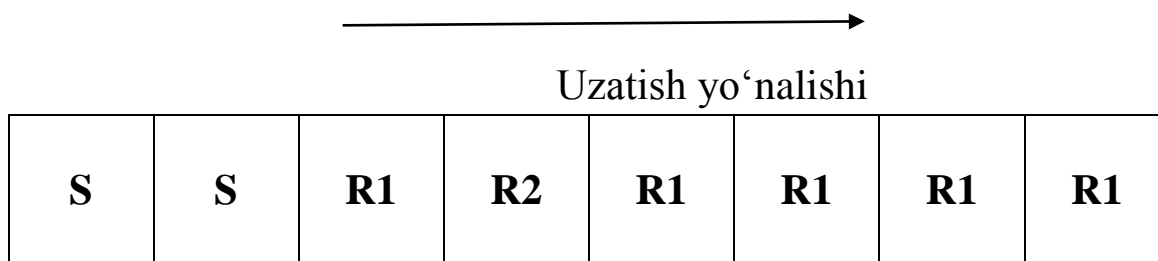
RSOH	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1/ J0	X	X
	B1	●	●	E1	●		F1	X	X
	D1	●	●	D2	●		D3		
Ko'rsatkich (PTR, AU)									
MSOH	B2	B2	B2	K1			K2		
	D4			D6			D6		
	D7			D8			D9		
	D10			D11			D12		
	S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	X	X

6.5-rasm. SOH sarlavhasining tuzilishi.

- A1, A2 siklli sinxronizasiya signali;
D1, D3 Reg. seksiyasini boshqarish uchun 192 kbit/s kanal;
D4-D12 Mult. seksiyasini boshqarish uchun 578 kbit/s kanal;
M1 BIP (FEBE) xatoliklarni tasdiqlash;
B1 Aniqlik nazorati (BIP-8);
B2 Aniqlik nazorati (BIP-24);
C1 STM-1 identifikatori;
J0 Regenerator seksiyasining trassasi;
K1, K2 Zahira ulagichni boshqarish;
Z1, Z2 Kelajakdagi vazifalar otsida zahiralashtirilgan;
E1, E2 Ovozli aloqaning xizmat kanallari;
X Milliy foydalanish uchun zaxiralashtirilgan;
F1 Boshqarish ma'lumotlari uzatish kanalini yaratish vazifa otsida zaxiralashtirilgan;
□ Foydalanilmaydi;
S1 Sinxronizatsiya sifati indikatorini;
● Uzatish muhitiga bog'liq baytlar.

SOH sarlavhasining K1 va K2 baytlari ham SDH tizimi ishini tahlil qilishda katta ahamiyatga ega. Mazkur baytlar tarmoqning zaxiraviy ulanishi va tezkor rekonfiguratsiyani ta'minlaydi. Xozirgi vaqtda o'z-o'zini tuzatadigan tarmoqlar kontseptsiyasi keng tarqalgan, ularning harakat mexanizmi tezkor rekonfiguratsiya va zaxira resursiga o'tish bilan bog'liq. Xuddi shu protseduralar K1 va K2 baytlari bilan ta'minlanadi.

Shuning uchun ularning tahlili zaxiralashtirish jarayonlarining ishga yaroqliligini tenglashni ta'minlaydi.



Me'yorda uzatish

- 0 1 MAJ ERR xatoligi; B1 xatolik nisbati chegara kattalikdan oshgan
- 1 0 REC; siklni yo'qotish yoki signal yo'qligi
- 1 1 ERR MON; B1 xatolik nisbati chegara qiymati atrofida

6.6-rasm. F1 boshqarish kanalining tuzilishi.

POH sarlavhasining tuzilishi

POH yo'nalish sarlavhasi konteynerlarning uzatish sifati parametrlarini nazorat qilish funksiyasini bajaradi. U konteynerni shakllanish nuqtasidan to tarqalish nuqtasigacha yo'nalish bo'ylab harakat qilishda birga bo'ladi. POH sarlavhasi tuzilishi va o'lchami mos konteyner turi bilan aniqlanadi. Demak, sarlavhaning ikki asosiy turi farqlanadi:

- VC-4/VC-3 konteynerlari uchun ishlatiladigan yuqori sathli yo'nalish sarlavhalari (HLgh-order POH-HO-POH);
- VC-3/VC-2/VC-1 konteynerlari uchun ishlatiladigan past sathli yo'nalish sarlavhalari (Low-order POH-LO-POH).

Yuqori va past sathli yo'nalishlarning sarlavhalarini ko'rib chiqamiz. HO-POH sarlavhasining tuzilishi 6.7-rasmda keltirilgan.

LO-POH sarlavhasining tuzilishi 6.4-rasmda keltirilgan vasikllik takrorlanadigan 4 ta bayt-V5, J2, N2 va K4 dan iborat.

J1	Yoʻnalish indikatori
B3	Sifat monitoring (BIP-8 kodi)
C2	Foydali yuklama turidagi koʻrsatkich
G1	Uzatishdagi xatoliklarni tasdiqlash
F2	Xizmat koʻrsatish signallari
H4	Yuqori sikl indikatori
F3	Xizmat koʻrsatish signallari
K3	Avtomatik ulanish
N1	Birga ulanish monitoring

6.7-rasm. POH sarlavhasining tuzilishi.

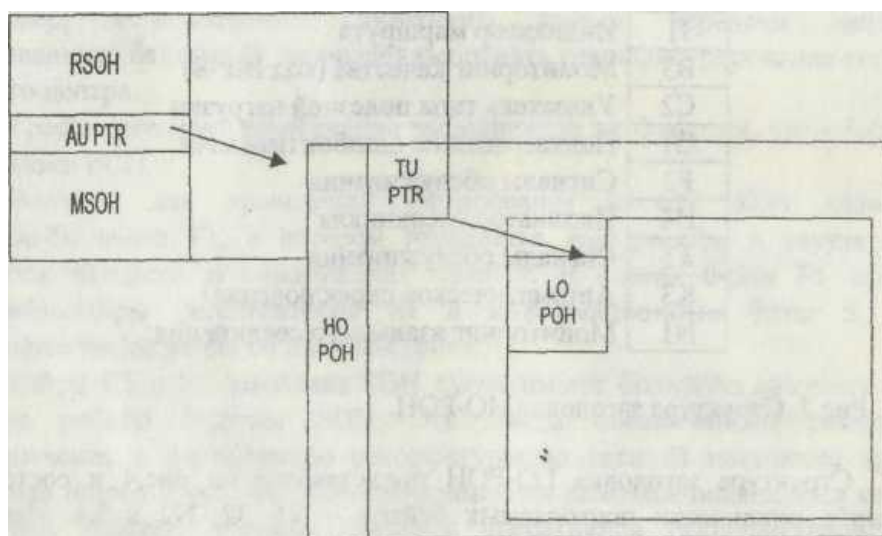
Uzatish texnologiyasi uchun ancha muhim V5 bayt hisoblanadi, unda aniqlik nazorati, xatolar indikatsiyasi va yuklanish turi haqidagi axborotlar uzatiladi. V5 baytning tuzilishi 6.7-rasmda keltirilgan. J2, N2 va K4 baytlari HO-POH ning J1 N1 va K3 baytlarning qiymatlariga oʻxshash. qolgan barcha axborot maydonlari (C, C1, B baytlari) past sathli yoʻnalish sathida V5 baytiga birlashtirilgan.

BIP-2		RE1	RF1	L1	L2	L3	RDI
1	2	3	4	Yuklama turining koʻrsatkichlari			
1	2	3	4	5	6	7	8
				0	0	0	Konteyner yuklanmagan
				0	0	1	Konteyner yuklangan, yuklama maxsuslashtirilmagan
				0	1	0	Asinxron yuklanish
				0	1	1	Bit-sinxron yuklanish
				1	0	0	Bayt-sinxron yuklanish
				1	1	0	0.181 boʻyicha test signali
				1	1	1	VC-AIS

6.8-rasm. V5 baytning tuzilishi.

V5 bayti maydonining vazifasi: BIP-2, VC-12 ning aniqlik nazorati;

REI-Remote Error Indication-BIP-2 (uzoqdagi chet xatoni) tasdiqlash xabari; RFI-Remote Fault Indication – uzoqdagi chetda xatolik; RDI-Remote Defect Indication – uzoqdagi chet xatolik nuqsonini indikatsiyasikli sinxronizatsiya yo‘qolgan holatlarda uzatiladi. Ko‘rsatkichlarning birinchi funksiyalari ancha muhim hisoblanadi, chunki SDH texnologiyasining asosiy afzalligi multipleksorlash/demultipleksorlashda qadamlash zaruriyatining yo‘qligi bilan bog‘langan. AU PTR ma‘muriy bloklarning va TU PTR yuklanma bloklarining ko‘rsatkichlari itsalgan sathda sinxron transport moduliga yuklangan oqimga to‘g‘ri kirishni ta‘minlaydi (6.9-rasm).



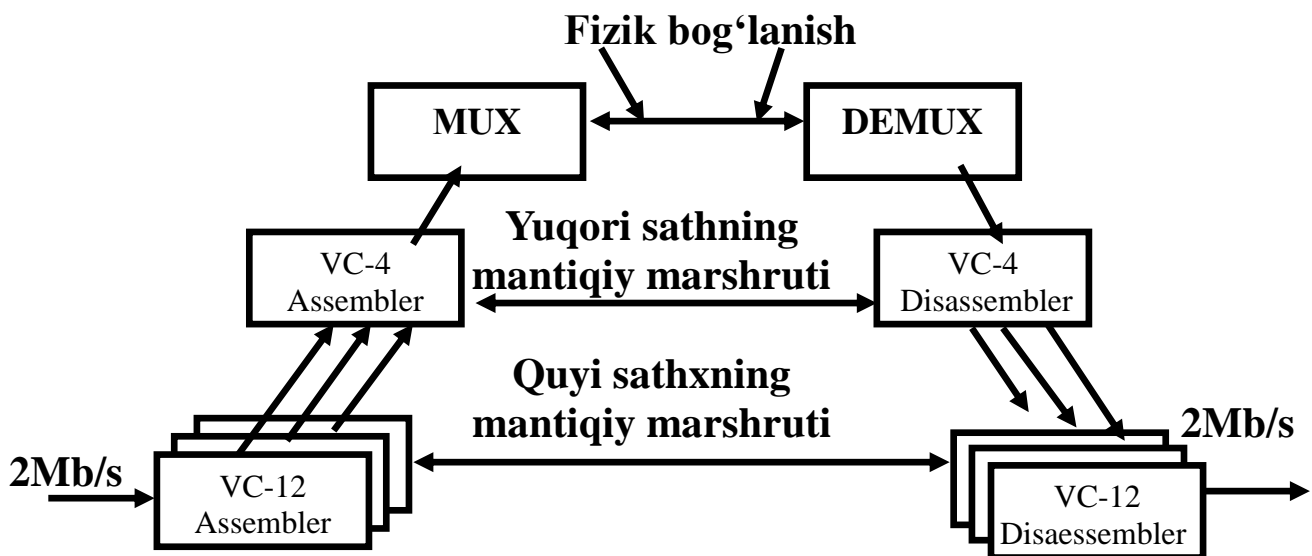
6.9-rasm. Yuklamaga to‘g‘ri kirishni tashkil etuvchi mexanizm.

6.9-rasmdan ko‘rinib turibdiki, SDH uzatish tizimlarida ko‘rsatkichlarning 2 turi: ma‘muriy (AU-PTR) va tributar (TU-PTR) guruhlari qo‘llanadi. Ko‘rsatkichlar H baytlari bilan hosil qilinadi. Ko‘rsatkichlarning tuzilishiga misol tariqasida 6.10-rasmda keltirilgan AU-4 ko‘rsatkichini ko‘rib chiqamiz.

STM-1 siklining boshi									Ko'rsatkichning manfiy siljish imkoniyatlari			Ko'rsatkichning musbat siljish imkoniyatlari						
H1	Y	Y	H2	1*	1*	H3	H3	H3										
1*= barcha birlar									0	-	-	1	-	-	-	782	-	-
Y = 1001 SS11 (S aniqlanmagan)									87	-	-							
STM-1 siklining boshi															521	-	-	
STM-1 siklining boshi									522	-	-	523	-	-				
H1	Y	Y	H2	1*	1*	H3	H3	H3										
1*= barcha birlar									0	-	-	1	-	-	-	782	-	-
Y = 1001 SS11 (S aniqlanmagan)									87	-	-							

6.10-rasm. AU-4 ko'rsatkichining tuzilishi.

Har bir VC-4 konteynerning boshlanishi mazkur konteynerning yuklama maydonidagi holatiga mos raqam bilan bir xillashtiriladi. Har bir shunday holat (yoki katakcha) o'zida 3 tadan baytni birlashtiradi. 0 raqamli katakchasi bevosita SOH STM-1 tarkibidagi 9 baytli (H1-H3) ko'rsatkichlardan keyin keladi. Standart bo'yicha yuklama maydonida hammasi bo'lib 782 tagacha katakcha ko'zda tutilgan, ko'rsatkichlar potensial holda 1023 tagacha katakchani indikatsiyalashni ta'minlay oladi. Shunday qilib, ko'rsatkichlar virtual konteynerlar holatini indikatsiyalashni ta'minlaydi. Ko'rsatkichlarning shakllanish mexanizmi 6.10-rasmda keltirilgan yuklamani izlash mexanizmiga teskari mexanizmini sxematik ravishda 6.11-rasmdagidek tasavvur qilish mumkin. Ta'kidlab o'tilganidek, SDH uzatish tizimi bo'yicha uzatilayotgan signalning barcha yo'li xuddi past sathli yo'nalish, yuqori sathli yo'nalish va fizik birlashtirishni amalga oshiruvchi multipleksor seksiyalari kabi (rasmda-E1 oqim yuklanishi) bir necha uchastkalar ko'rinishida bo'ladi. Shunga mos holda transport moduli shakllanishining uch sathli tartibi ajratiladi, u yerda past va yuqori sathli (Assembler) virtual konteynerlarning shakllanish vositalari va transport moduli vositalari qatnashadi. Yuklama holatining yuklanishi va multipleksorlanishida ko'rsatkichlarga uzatiluvchi raqam beriladi. Yuklamani ajratish uchun ko'rsatkichlar tahlilidan foydalanib, teskari tartib (Disassembler) ishlatiladi.



6.11-rasm. SDH signalining shakllanishini o‘zlashtirish-izlash tuzilishi.

Asosiy vazifadan tashqari ko‘rsatkichlar yana bir muhim vazifani bajaradi, ya’ni axborot maydonida yuklama joylashuvini ko‘rsatadi, u faqat SDH asbob-uskunalari ishlari mexanikasini ta’riflash uchungina emas, foydalanish va o‘lchash uchun ham muhimdir. Gap SDH tizimlarida sinxronlashtirishdan chiqishning o‘rnini bosish tartiblari haqida ketyapti. SDH texnologiyasida ko‘rsatkichlarning siljish algoritmi tezliklarini tenglashtirish jarayonlari uchun qo‘llanishini ko‘zda tutadi, uni baytssaffingi tartibi sifatida qarash mumkin (chunki ko‘rsatkich o‘lchami 3 bayt yoki 24 bitni ko‘rsatadi).

5. Laboratoriya ishi bo‘yicha hisobot

- 5.1. STM-1 modulining shakllanish sxemasi.
- 5.2. POH sarlavhasining tuzilishi.
- 5.3. SOH sarlavhasining tuzilishi.
- 5.4. Ko‘rsatkichlarning vazifasi.

6. Nazorat savollari

- 6.1. SDH tizimi deb nimaga aytiladi?
- 6.2. STM-1 moduli qanday shakllanadi?
- 6.3. Staffing protsedurasi nima uchun qo‘llaniladi?
- 6.4. POHni vazifasi va tuzilishi.
- 6.5. SOHni vazifasi va tuzilishi.
- 6.6. Ko‘rsatkichlarning vazifasi.

7- laboratoriya ishi

RAQAMLI TOLALI OPTIK UZATISH TIZIMLARINING LINIYA KODLARINI TADQIQ ETISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi

Raqamli liniya kodlariga boʻlgan talablarni oʻrganish, ularning sinflanishi va shakllanishi bilan tanishish, 1B2B sinfidagi kodlarining vaqt boʻyicha diagrammalari va shakllanishi bilan amaliy tanishishdan iborat.

2. Laboratoriya ishining mazmuni

- 2.1. 5.1-rasmda koʻrsatilgan uzatuvchi – qabul qiluvchining umumiy tuzilish sxemasi va shu sxemaning funksional tugunlarining vazifasi bilan tanishish.
- 2.2. Raqamli TOUT (tolali optik uzatish tizim) larining liniya kodlarining oʻziga xos xususiyatlarini, ularning sinflarini va shakllanishini oʻrganish.
- 2.3. BI-L kodining signallarini qoʻllashni va kodlanish algoritmini oʻrganish.
- 2.4. 1B2B sinfidagi optik liniya kodlarining vaqt boʻyicha shakllanish diagrammalari grafiklarini olish, shakllanish algoritmlarini va xususiyatlarini oʻrganish.

3. Laboratoriya ishiga topshiriq

- 3.1. [1] adabiyotning 282 – 293 sahifalarini, [2] adabiyotning 107 – 113 sahifalarini, [5] adabiyotning 118 – 120 sahifalarini oʻrganish;
- 3.2. Hisobot uchun tayyorlangan sahifada, oʻqituvchi by ergan raqamli aralashmalar uchun NRZ kodining BI-L kodiga vaqt boʻyicha oʻzgarishini koʻrsatish;
- 3.3. Oʻqituvchi by ergan raqamli aralashmalar uchun, berilgan kodlash algoritmi boʻyicha (5.2 va 5.3-rasm) 1B2B sinfidagi har qanday kod uchun vaqt boʻyicha ketma-ketlikni koʻrsatish va raqamli optik liniya kodlarining oʻziga xos xususiyatlarini, ularning afzalliklari va kamchiliklarini oʻrganish.

4. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

4.1. Virtual laboratoriya ishining ishchi oynasidagi mundarija sahifasiga kiritish.

4.2. Sichqonchanning o'ng tomoni bilan mundarijadagi 1-tugmani bosish, «Optik tolali uzatish tizimlari haqidagi ma'lumotlar» sahifasiga kirish va asosiy tushunchalarni o'zlashtirish. Asosiy sahifaga qaytish uchun «Mundarija» tugmasini bosish.

4.3. Sichqonchanning o'ng tomoni bilan mundarijadagi 2-tugmani bosish, optik liniya kodlarining turlarini o'rganish hamda shu sahifadagi «rasmlar» tugmasini bosib, NRZ kodidan BI-L kodiga o'zgarishning vaqt bo'yicha diagrammasini chizish.

4.4. «Ortga» tugmasini, so'ng «mundarija» tugmalarini bosib, virtual laboratoriya ishining ishchi oynasidagi mundarija sahifasiga qaytish.

4.5. Mundarija sahifasidagi 3-tugmani bosish, optik uzatgichning tuzilish sxemasini o'rganish va sxemani chizish.

4.6. Sichqonchanning o'ng tomoni bilan sxemadagi «Koder» blokini bosish va virtual laboratoriya ishini bajarish sahifasiga kirish. So'ng quyidagilar bajariladi:

4.6.1. «Kirish signali» paneliga boshlang'ich sakkiz razryadli kodli kombinatsiyani kiritish va «Qabul qilish» tugmasini bosish.

4.6.2. «Kod turini tanlang» panelidan kod turini tanlash va «Kodlash» tugmasini bosish.

4.6.3. Bunda boshlang'ich sakkiz razryadli kodli kombinatsiyalar raqamli liniya kodlariga o'zgaradi. Boshlang'ich kodli kombinatsiyalar va optik liniya kodlarining vaqt diagrammalarini hamda kodlash algoritmlarini chizib olish.

4.6.4. «Kod turini tanlang» panelidan boshqa liniya kodlarini ham tanlab, 4.6.1. banddan 4.6.3. gacha bandlarni takrorlash.

4.7. «Mundarija» tugmasini bosib, virtual ish mundarija sahifasiga qaytish.

4.8. Mundarija sahifasida 4-tugmani bosib, «Test savollari» sahifasiga kirish va test savollariga javob berish.

5. Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot

5.1. BI-L kodli signallar qo'llangan (7.4-rasm misolida), laboratoriya ishini bajarishda olingan ossillogrammalar.

5.2. O'qituvchi byergan sakkiz razryadli aralashmalar va 1B2B sinfli

kodlar uchun kodlash algoritmi va vaqt diagrammalari grafiklari.

5.3. Ish bo'yicha xulosalar.

6. Nazorat savollari

6.1. Optik liniya kodlariga qanday talablar qo'yilgan?

6.2. Aniq kodlarni tanlashda qanday mezonlar bor?

6.3. 1B2B liniya kodlarining orasidagi o'zaro qanday farq bor?

6.4. Nima uchun $m \geq 2$, $n > m$ bo'lgan, mB nB kodlari qo'llaniladi?

6.5. 1B2B kodlar nima bilan farqlanadi?

6.6. NRZ koddan BI-L kodga o'tish qanday amalga oshadi?

7. Nazariy qism

7.1. Raqamli liniya kodlari bo'yicha qisqacha nazariy ma'lumotlar

Raqamli optik signalning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, liniya traktida qo'llaniladigan ikki qutbli elektrik impulslardan farqli, ya'ni faqat bir qutbli impulslar yoki nol bo'lishi mumkin.

Optik liniya kodlarini tanlashda qo'yidagi mezonlardan foydalanish tavsiya etiladi:

a) signalning energetik spektri yetarlicha tor bo'lishi kerak, bu shovqinlarni va dispersiya maydonlarini pasayishiga imkon yaratadi;

b) energetik spektr doimiy tashkil topuvchilarga ega bo'lmasligi va past chastotali sohalarda kichkina qiymatga ega bo'lishi kerak;

v) liniya kodining tuzilishi, regeneratordalarda taktli sinxronizatsiya impulslarini shakllantirish uchun, raqamli signallardan taktli chastotani oddiy ravishda ajratib olishni ta'minlashi kerak;

g) kod tuzilishi, uzatish sifatini va qurilmaning kam-ko'stini nazorat qilishni ta'minlashi, shuningdek, kodlash va dekoderlash, oddiy sxemali qurilmalarda amalga oshishini ta'minlashi kerak.

Barcha talablarni qoniqtiruvchi, optimal kodning mavjud emasligi tufayli, kodlash algoritmi, qo'llanilgan signallar (7.2, 7.3-rasmlar) kabi rasmlar asosida ma'lumotlarni olish mumkin bo'lgan, shuningdek ularning spektrlari (7.1-jadval, 7.4-rasm) haqidagi tasavvurni beruvchi bir qancha kodlar majmuasi qo'llaniladi.

Barcha ko'rsatilgan kodlar eng sodda va eng ko'p tarqalgan 1B2B sinfiga tegishli. Buning uchun har bir impul'sning boshlang'ich ketma-

ketligi liniya kodining ikkita ikkilik simvolida qayta kodlanadi, bu liniya signalining taktli chastotasini ikki marta oshishiga olib keladi. Spektr bo'yicha mBnB turidagi anchagina tejamli kodlar ham mavjud, bu yerda $m \geq 2$, $n \geq m$. Lekin bunday kodlar uchun, kodlash va dekodlash apparaturalari ancha murakkablashadi.

7.2. Optik liniya kodlarini shakllantirish sxemasining tavsifi

Sxema, jadallik bo'yicha raqamli signal bilan modulyatsiyalangan optik nurlanishni uzatish va qabul qilish qurilmalaridan iborat. Uzatuvchi va qabul qiluvchi sxemalar o'zaro bir-biri bilan optik tola qirqimi orqali ulangan. Uning tuzilish sxemasi 7.1-rasmda ko'rsatilgan.

Uzatuvchi sxemaning tuzilishiga qo'yidagilar kiradi:

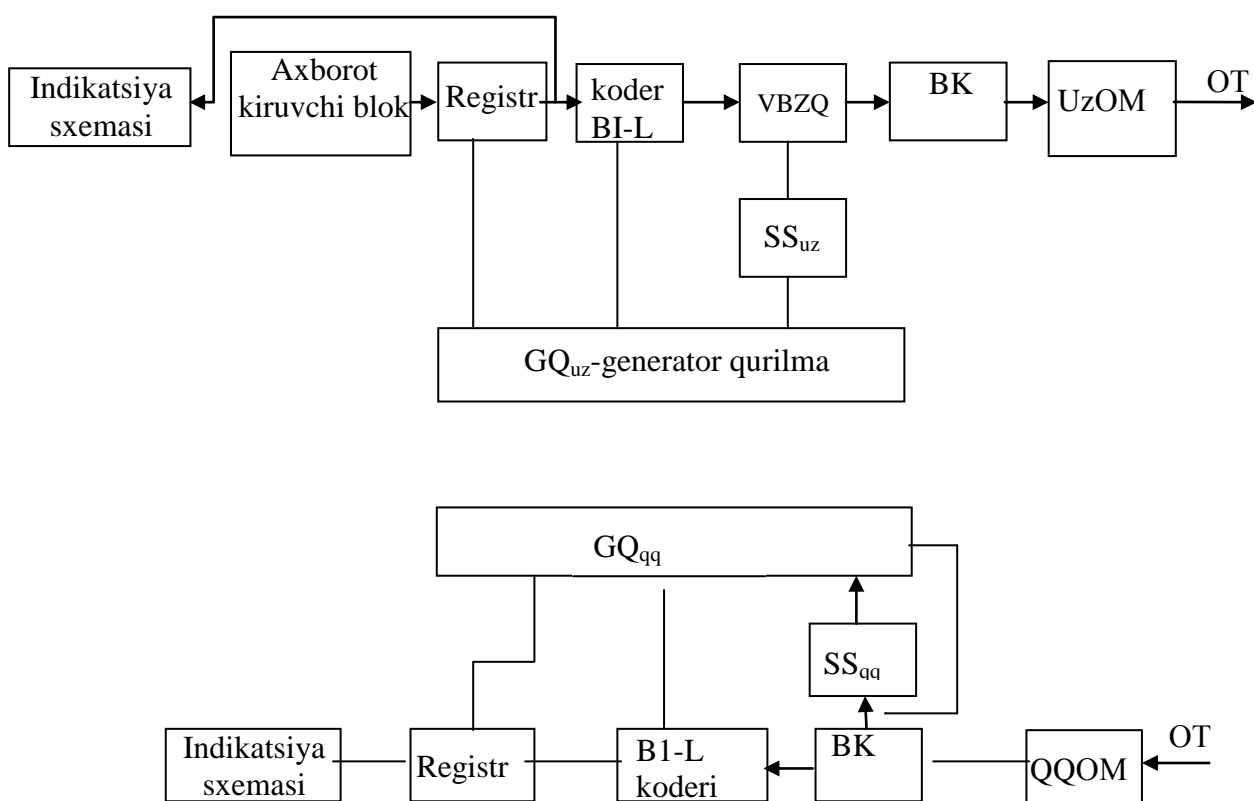
- axborot kirituvchi blok;
- ikkilik axborotni eslab qoluvchi registr;
- shu axborotning indikatsiya sxemasi;
- BI-L kodining koderi;
- generator qurilmasi;
- sinxrosignal uzatgichi;
- kiritilayotgan axborotga sinxrosignalni birlashtiruvchi, vaqt bo'yicha zichlashtiruvchi qurilma;
- signal kuchayishi amalga oshadigan buferli kaskad;
- elektron-kvant o'zgartirish amalga oshadigan uzatuvchi optik modul (UzOM).

Axborot kirituvchi blokda, qo'lda, mikro almashlab ulagich yordamida "0" va "1" logik jo'natmalar, turli aralashmalar yig'indisi ko'rinishida amalga oshadi. Indikatsiya sxemasida terilgan "1" lar, ulangan yorug'lik (yorug'lik nurlantiruvchi) diodlarda aks etadi, "0" lar esa yorug'lik diodlarida nurlanmaydi. Terilgan kod, BI-L kodi koderida o'zgartiriladigan oddiy ikkilik NRZ (non return to zero – nolga qaytmaydigan) kodga mos keladi. BI-L kodini qo'llash (7.4-rasm), oddiy raqamli qo'shuvchi mikrosxemada "2" moduli ("ILI" sxemasi bo'lmagan) bo'yicha amalga oshadi.

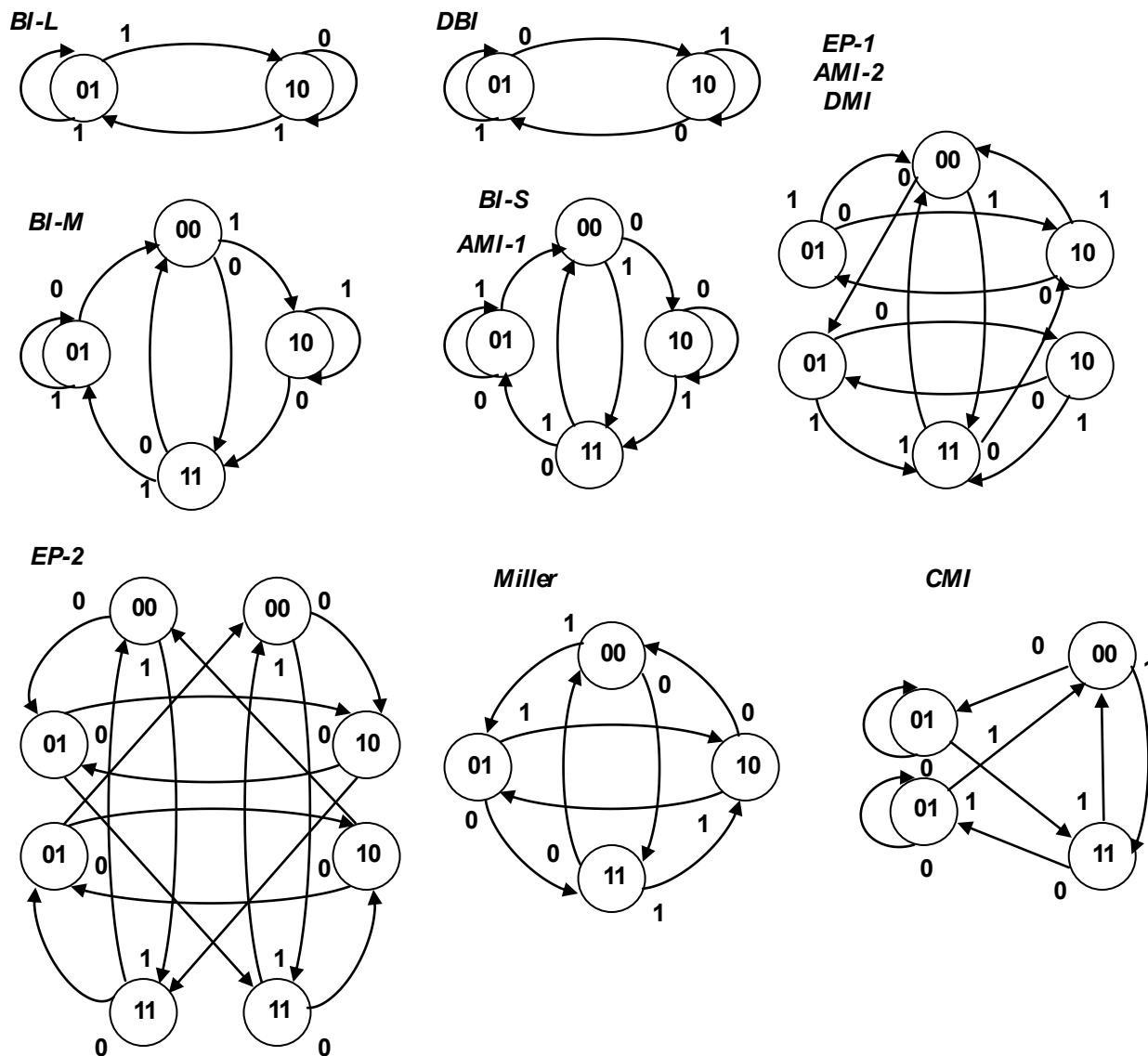
Qabul qiluvchi sxema quyidagilardan:

- kvant-elektron o'zgartirishni amalga oshiruvchi QQOM blokidan (QQOM – qabul qiluvchi optik modul);
- signal kuchayadigan buferli bosqichdan;

- umumiy vaqtli signaldan, sinxrosignalni ajratib olish amalga oshadigan, sinxrosignal qabul qilgichidan;
 - qabul qiluvchi kismdagi generator qurilmasidan;
 - BI-L liniya kodini NRZ kodga o‘zgaruvchi BI-L dekoderidan;
 - qabul qilingan signal kodini eslab qoluvchi registrdan;
 - qabul qilingan signalning indikatsiya sxemasidan iborat.
- BI-L kodini NRZ kodiga o‘zgartirish uchun “ILI dan tashqari” sxemasi xizmat qiladi.

















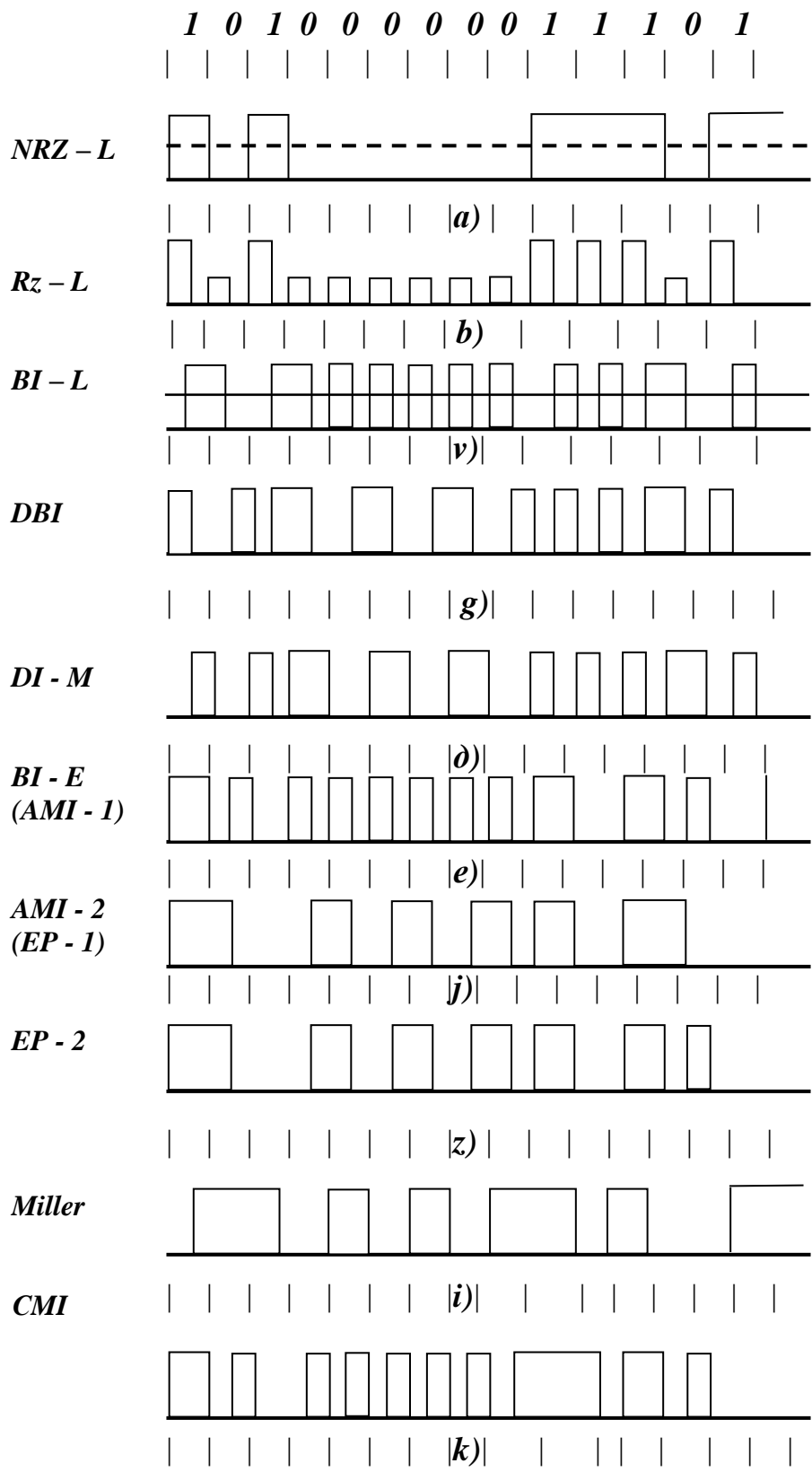
7.1-rasm. Qabul qilib uzatuvchining tuzilish sxemasi.



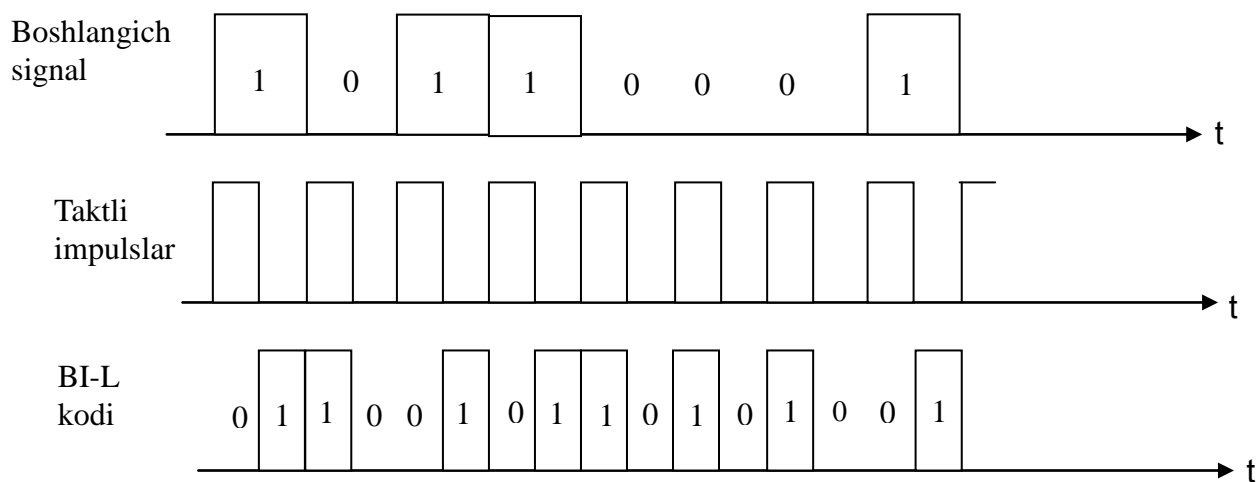
7.2-rasm. 1B2B sinfli kodlarning kodlash algoritmi.

1B2B sinfidagi kodlar

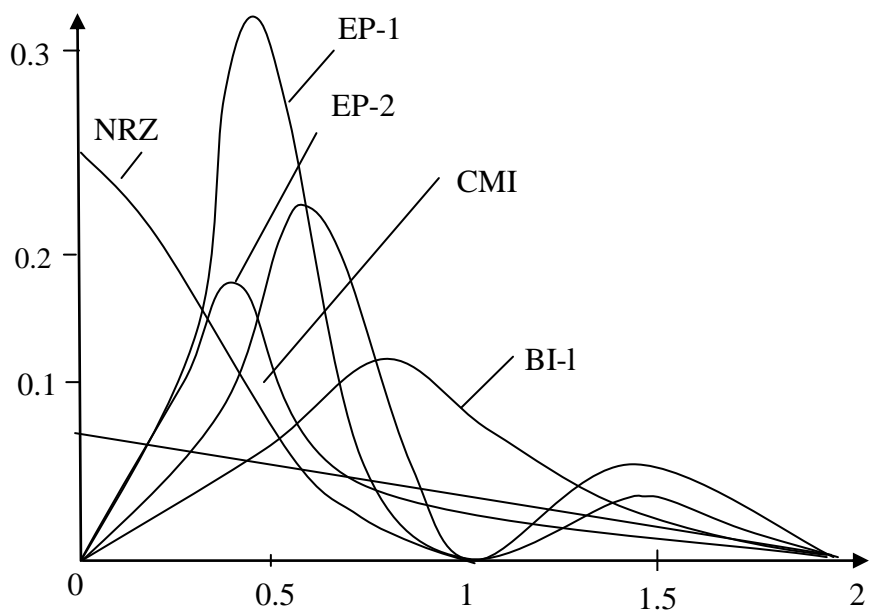
Kod turi	Kodlash qoidasi	Impulslarning o'zgarishi		90% energiyani uzatishdagi chastota polosasi kengligi
		«1»	«0»	
NRZ	«1» - butun intervalda 1 sath, «0» - butun intervalda 0 sath	 0 T	 0 T	0,86/T
RZ	T intervalning birinchi yarimida 1 sath, butun intervalda 0 sath	 0 T	 0 T	1,72/T
BI-L	T intervalning birinchi yarimida 1 sath, T intervalning ikkinchi yarimida 0 sath	 0 T	 0 T	2,96/ T
BI-S	«1» - T intervalning boshida o'tish, «0» - T intervalning boshida va o'rtasida o'tish	 0 T	 0 T 0 T	2,96/ T
CMI	«1» - butun T intervalda 1 va 0 sathlar almashinib, «0» - intervalning birinchi yarimida	 0 T	 0 T	1,7/ T
EP-1	«1» - butun T intervalda 1 va 0 sathlar almashinib, «0» - intervalning o'rtasida o'tish	 0 T	 0 T 0 T	1,52/ T
EP-2	«1» - butun T intervalda 1 va 0 sathlar almashinib, «0» - T intervalning birinchi va ikkinchi yarimida 1 va 0 sathlar mos ravishda almashinib	 0 T	 0 T 0 T	1,7/ T
Miller kodi	boshlang'ich «0» simvoliga mos ravishda 11 va 00 bloklari, «1» simvoliga esa 01 va 10 bloklari qo'yiladi.			-



7.3-rasm. 1B2B kodli signallarni qo‘llash.



7.4 – rasm. NRZ kodni BI-L kodga o‘zgartirish.



7.5 – rasmi. Optik liniya kodlari energetik spektrining uzluksiz qismi.

8 –laboratoriya ishi

OPTIK REGENERATORLARNI O‘RGANISH VA TEKSHIRISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi

Optik signal regeneratorining tuzilish prinsiplari va ularning asosiy xarakteristikalarini o‘lchash usullarini o‘rganishdan iborat.

2. Laboratoriya ishining mazmuni

2.1. Analog va raqamli signallarning regeneratrlarini tuzilish prinsiplarini o‘rganish.

2.2. Regeneratorning vaqt bo‘yicha ishlash diagrammasini o‘lchash va tahlil qilish.

3. Laboratoriya ishiga topshiriq

3.1. [1] adabiyotning 274 – 281 sahifalarini, [2] adabiyotning 95 – 100 sahifalarini, [5] adabiyotning 186 – 190 sahifalarini o‘rganish;

3.2 Regeneratorning harakterli nuqtalaridan olingan ossillogrammalarni kiritish uchun mo‘ljallangan sahifa tayyorlash.

4. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

4.1. “Projekt 1” fayliga sichqoncha chap tugmasi bilan 2 marta bosib, virtual laboratoriya ishi oynasiga kirish.

4.2. Oynada “Virtual laboratoriya ishi”, “Nazariy ma’lumotlar”, “Nazorat savollari” tugmalari joylashgan. “Nazariy ma’lumotlar” tugmasini bosib, raqamli tolali optik aloqa uzatish tizimining liniya trakti, retranslyatorlar, ularning turlari, regeneratrlar haqida nazariy malumotlarni o‘qib o‘rganish.

4.3. “Virtual laboratoriya ishi” tugmasini bosish, bunda regeneratrlar blokining umumiy sxemasi hosil bo‘ladi. Sxemadagi har bir blok (qurilma) tugmalarini bosib, ularni vazifasi bilan tanishish.

4.4. Sxemadagi “REG” bloki tugmasini bosish, bunda regeneratrlar blokining tuzilish sxemasi hosil bo‘ladi. Sxemada 1÷6 tagacha nazorat

nuqtalari belgilangan.

4.5. Nazorat nuqtalari orqali sxemadagi har bir elementining kirishi va chiqishidagi signallarning vaqt diagrammalarini ko‘rish mumkin. Buning uchun 1÷6 tagacha nuqtalarni ketma-ketlikda bosib, regenerator har bir blokining kirishidagi va chiqishidagi signallarning ko‘rinishini, ya’ni regenerator ishining vaqt diagrammalarini shakllantirish va chizib olish kerak.

4.6. Dasturdan chiqish.

4.7. Ishchi oynadagi. “Nazorat savollari” tugmachasini bosish, bunda ishni himoya qilish uchun tayyorgarlik ko‘riladigan nazorat savollari aks etadi.

5. Hisobot mazmuni

Hisobotda retranslyator va maketning tuzilish sxemasi va olingan ossilogrammalar, tahrir qilingan natijalar bo‘lishi shart.

6. Nazorat savollari

1. Optik signal retranslyatorining vazifasi nimadan iborat?
2. Retranslyator deganda nima tushuniladi?
3. Nimaga “retranslyator”, “regenerator” deb ataladi?
4. Regeneratorlarning qanday turlarini bilasiz?
5. Nima uchun taktli chastota ajratiladi?
6. Ta’qib impulslari qanday shakllanadi?
7. Optik regenerator xarakteristikalari.
8. Taktli sinxronizmga kirish vaqti nimaga bog‘liq?

7. Nazariy qism

7.1. Optik signal regeneratorlarining tuzilish prinsiplari

7.1 – rasmda zamonaviy tolali optik uzatish tizimining namunaviy sxemasi ko‘rsatilgan. Shu sxemadan ko‘rishib turibdiki, optik liniya traktining oraliq (retranslyatsiya) punktlarining asosiy elementlari, berilgan sifat ko‘rsatkichi bilan amalda har qanday masofaga optik signallarni uzatishni ta’minlovchi regeneratorlar hisoblanadi. Kabelning yorug‘lik o‘tkazuvchi tolalari orqali optik signal o‘tayotganida, uning

optik tola materialida tarqalishi va yorug'lik nurlanishining yutilishi tufayli shaxsiy shovqinlarnin hosil bo'lishi, signalni so'nishiga olib keladi, bu regeneratorni qo'llash zaruriyatini yuzaga keltiradi. Bunday yo'qotishlarning spektral bog'lanishi signallarni amplituda-chastotaviy buzilishini hosil qiladi.

Bundan tashqari, optik toladagi dispersiya hodisasi, signalning modali va spektral tashkil topuvchilarining vaqt bo'yicha tarqalishiga olib keladi, ya'ni ularning turli vaqtda tarqalishi, optik impulsli signallarning doimiyligini va shaklini o'zgarishiga sabab bo'ladi. Bu buzilishlar impulsli signallarni uzatganda ma'lum bir (vaqt) qiymatlarda simvollararo yoki interferensiyalar shovqinlarga olib keladi.

Shuni ham hisobga olish kerakki, optik toladan signal o'tganda so'nish yuzaga keladi, optik kabelning qismlarga ajraladigan va qismlarga ajralmaydigan ulagichli, qurilish uzunligida optik signallarning aks qaytishi va uzatish tizimlarining komponentlari mavjud.

Optik tolaning tashqi elektromagnit maydonlar ta'siridan himoyalanganligi katta bo'lishidan qat'i nazar, optik signalga quyidagilardan kelib chiquvchi shovqinlar ta'sir qiladi: Yorug'lik diodlarida, tashuvchilarning spontan rekombinasiyasiga, tarqalish va majburiy emissiyalar tufayli yuzaga keluvchi shovqinlar, turli nurlanuvchi moddalar orasidagi fluktuatsiya oqibatida yuzaga keluvchi tokning tarqalish shovqinlari, ya'ni modalar interferensiyasi tufayli yuzaga keluvchi optik tolada tarqaluvchi moda shovqinlari, optik tolada qaytish tufayli hosil bo'luvchi simvollararo buzilishlar, ko'chkili fotodiodlari va ularning optik qabul qilgichidagi toklar, rezistordagi issiqlik shovqinlari, tranzistorlar, kuchaytirgichlar va uzatish tizimlaridagi boshqa elektron sxema komponentlari.

Liniya retranslyator (regenerator)lari yordamida, qismlarga ajraladigan va kislarga ajralmaydigan ulagichlarda, optik nurlanishni kiritish-chiqarish qurilmasida, optik va elektrik signallarning shakllarini sozlashda, boshlang'ich signallarda lozim bo'lgan vaqtli va spektral nisbatlarning, qayta tiklashda optik toladagi so'nishini sozlash amalga oshadi.



7.1-rasm. Totali optik uzatish tizimlarining umumiy tuzilish sxemasi:

KXQA – raqamli kanal hosil qiluvchi apparaturaning uzatuvchi qismi;

BA 1 – skdemdan va birashirgichdagi kod o'zgartirgichdan iborat bo'lgan birashiruvchi apparatura;

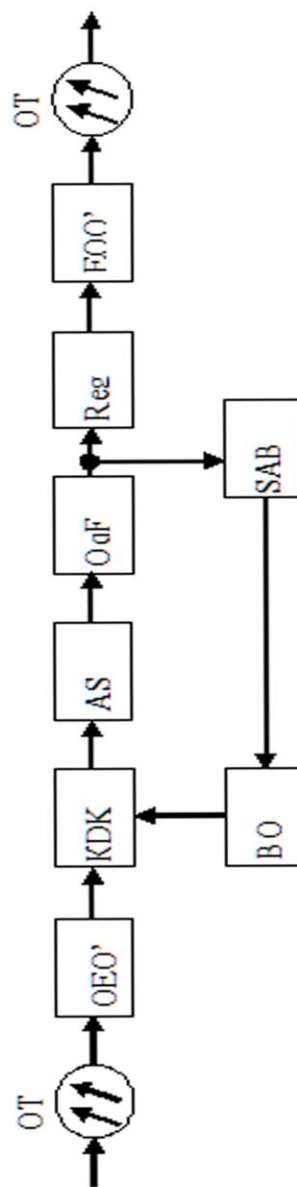
OU – optik uzatkiich; OSR- optik signal retranslyatori;

OQQ – optik qabul qilgich;

BA 2 – raqamli signalni birashiruvchi kodiga o'zgartiruvchi va desdembrdan tashkil topgan apparatura ;

KHQ – raqamli kanal hosil qiluvchi apparaturaning qabul qiluvchi qismi ;

OK – optik kabel :



7.2-rasm. Raqamli retranslyatorning umumiy tuzilish sxemasi.

Liniya retranslyator (regenerator)lari yordamida, qismlarga ajraladigan va kislarga ajralmaydigan ulagichlarda, optik nurlanishni kiritish-chiqarish qurilmasida, optik va elektrik signallarning shakllarini sozlashda, boshlang'ich signallarda lozim bo'lgan vaqtli va spektral nisbatlarning, qayta tiklashda optik toladagi so'nishini sozlash amalga oshadi.

Oxirgi yillarda muvoffaqiyatli tekshirishlar va yangi texnologiyalarning ishlab chiqarilishi natijasida, tolali optik uzatish tizimlarining oxirgi avlodidagi kvant kuchaytirgichlari sohasida, retranslyasiya punktlaridagi regeneratorlar o'rniga, erbiy ionlari bilan to'ldirilgan, 1,55 mkm li to'lqin diapazonida ishlovchi, yarim o'tkazgichli lazerli kuchaytirgichlar va aktiv tolalarga asoslangan kuchaytirgichlarni qo'llash yo'lga qo'yilgan. Lekin hozirgi davrda liniya traktida ishlab turgan uzatish tizimlarida optik retranslyator (regenerator)lar keng qo'llanilmoqda. Liniya retranslyatorining tuzilishi, optik yoki elektrik signallarning tanlangan uzatish usuli (analog, impulsli, raqamli), modulyatsiya turiga, qabul qilish (bevosita detektorlash, kogerent qabul qilish va hokazo) usulariga qarab tanlanadi. Hozirgi vaqtda tolali optik uzatish tizimlarida oddiy va chidamli bo'lgan, jadallikni to'g'ri modulyatsiya yoki analog va raqamli elektrik signallarning lazerli yoki yorug'lik nurlantiruvchi diodlarini yorug'likni nurlantiruvchi quvvati va p-i-n ko'chkili fotodiodlari yordamida optik nurlanishni jadalligi bo'yicha to'g'ri detektorlashdan keng foydalanilmoqda.

Liniya retranslyatorlari analog va raqamli yoki regeneratsiyalovchi retranslyatorlarga bo'linadi. Shulardan eng oxirgisi keng tarqalgan. Shuning uchun ushbu ish, ularni o'rganishga va tekshirishga bag'ishlangan..

Raqamli retranslyatorlar deb, raqamli optik signallarni, elektrik signallarga o'zgaruvchi, uni regeneratsiyalash va oxirida yana optik signalga aylantirish uchun mo'ljallangan qurilmaga aytiladi.

Raqamli retranslyatorning tuzilish sxemasi 7.2-rasmda ko'rsatilgan.

Sxemada: OK optik kabel (liniyaviy yoki stansiyaviy);

OEO' – p-i-n yoki lovin fotodiodi asosida bajariladigan va optik signalni elektrik signalga o'zgaruvchi opto-elektron o'zgartirgich (fotodetektor) ;

KDK – OEO' ning fotodetektor chiqishidagi fototokni kuchaytiruvchi keng polosali, dastlabki kuchaytirgich;

AS – fotodetektor optik tola parametrlarining chastotaviy bog'lanishi va sezuvchanligi tufayli hosil bo'lgan chastotaviy buzilishlarni sozlashni

amalga oshiruvchi. amplitudaviy sozlagich;

QqF – uzatish parametrlari (so‘nish yoki impulsli xarakteristika), axborotli signal parametrlari va uning spektral yuzasi bilan maksimal moslashtirilgan yuqori chastotali shovqinlarni pasaytirish uchun mo‘ljallangan, qabul qiluvchi filtr;

SABQ – optik tola parametrlarining haroratini o‘zgarishi shuningdek, OEO‘ parametrlarining nomo‘tadilligi tufayli yuzaga kelgan, kirishdagi signal sathining o‘zgarishini to‘g‘rilashga mo‘ljallangan, sathni avtomatik boshqarish qurilmasi.

BQ – SABQ dan tushgan signal ta’sirida OEO‘ ning uzatish parametrlarini o‘zgartirishini ta’minlovchi boshqaruvchi qurilma. BQ-p-i-n yoki ko‘chkili fotodiodlarning siljish kuchlanishi manbai orqali boshqariluvchi qurilma hisoblanadi.

Reg – regenerator elektrik impulslar va taktli intervallarni yoki, axborotli impulslar ketma-ketligining vaqtli nisbatini yoki kodini shaklini tiklovchi qurilma.

EOO‘ – elektrooptik o‘zgartirgich yorug‘lik diodi yoki lazerli diod chiqishidagi liniya kodining elektrik impulslari ketma-ketligini, optik nurlanuvchi impulslar ketma-ketligiga o‘zgartirish uchun mo‘ljallangan qurilma.

Raqamli regenerator, bajaradigan funksiyalariga bog‘liq holda quyidagilarga bo‘linadi:

-optik tolalarda dispersiya hodisasi, impuls shakllarini regeneratsiyalash, liniya kodlari impulslari orasidagi vaqtli nisbatni qayta tiklash tufayli yuzaga kelgan, impulslarning amplituda – chastotaviy buzilishlarini sozlashga ega bo‘lgan;

-impulslarning amplituda – chastotaviy buzilishlarini sozlashga va shaklini regeneratsiyalashga ega bo‘lgan;

-faqat aplituda-chastotaviy buzilishni sozlashga ega bo‘lgan regeneratorlar.

Raqamli retranslyatorning asosiy tugunlari regeneratorlar hisoblanadi. Uning umumiy tuzilish sxemasi 7.3-rasmda ko‘rsatilgan va qo‘yidagi belgilarga ega:

CHK – additiv shovqinlarning va elektrik signallarning eng kichik qiymatini kesishga mo‘ljallangan, chegaralovchi kuchaytirgich;

SABQ – sathni avtomatik boshqaruvchi qurilma;

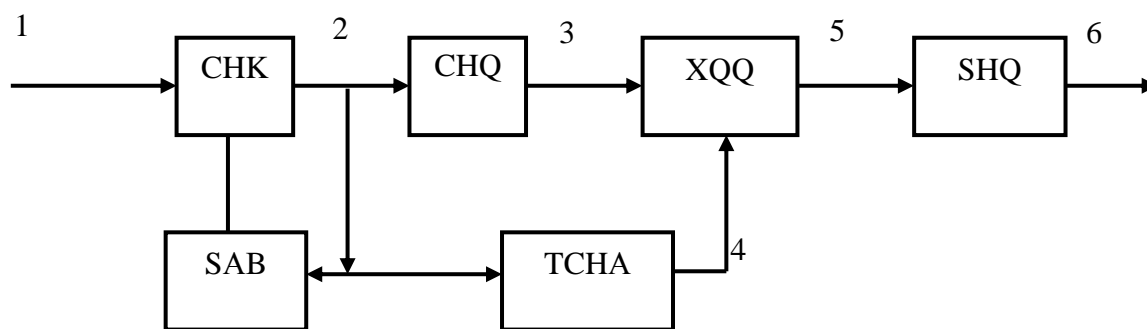
CHQ –chegaralovchi qurilma;

XQQ – hal qiluvchi qurilma;

TCHA – taktli chastota ajratgich;

SHK–ma’lum bir amplituda, davomiylik va shaklga ega bo’lgan impulslarni shakllantiruvchi qurilma.

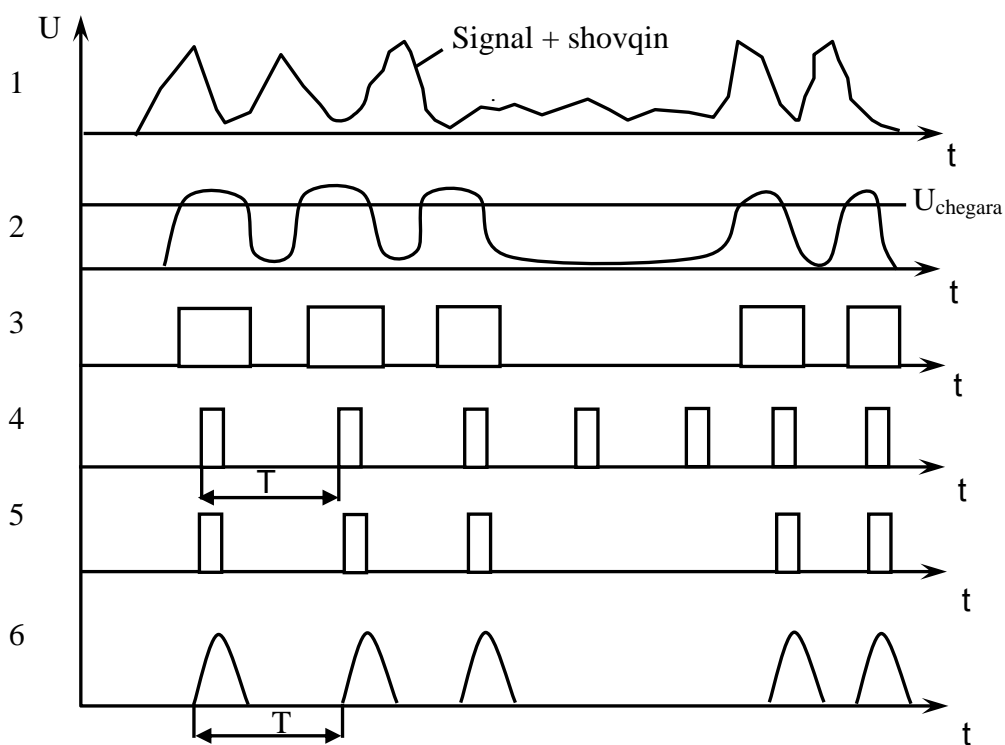
7.4 – rasmda, regeneratorning asosiy elementlarini vazifasi bilan birgalikdagi ishining vaqt bo’yicha diagrammasi ko’rsatilgan. Bu diagrammada 1...6 gacha bo’lgan raqamlar orqali, regeneratorning turli nuqtalaridagi (1...6 nuqtalar) (7.4 – rasmga qarang) signal shakllari belgilangan. Qabul qiluvchi filtr (QqF) chiqishidan (7.2 – rasmga qarang) birlashtiruvchi qurilmaga additiv shovqinlar bilan birgalikdagi signallar tushadi. CHK da shu signalni kuchaytirish, uning amplitudasini chegaralash va shovqinning bir qismini yo’qotish amalga oshadi (2).



7.3-rasm. Regeneratorning umumiy tuzilish sxemasi.

CHK chiqishidan signal, va CHQ va TCHA kirishiga tushadi. CHQ chiqishida (3) signal paydo bo’ladi, qachonki uning qiymati CHQ kirishidagi U_{chegara} qiymatidan yuqori bo’lsa. Taktli chastota ajratgichining chiqishidagi signal, chastotasi $f_t = 1/T$ davriy impulslar ketma-ketligidan iborat (4). Bu yerda: T- impulslarning ta’qib davri.

Agar xal qiluvchi qurilmaning biror kirishiga CHQ chiqishidan (3) axborotli ketma-ketlik, boshqasidan esa impulslarning taktli ketma-ketligi (4) tushsa, bunday holda ular vaqt bo’yicha mos tushsa, unda hal qiluvchi qurilma chiqishida malum bir amplituda va doimiylikka ega, XQQ ni ishga tushirish uchun lozim bo’lgan impulslar (5) paydo bo’ladi. SHQ da to’liq regeneratsiyalangan impulslar (6) shakllanadi va undan keyin optik nurlanuvchi impulslarning shakllanishi amalga oshadigan elektro-optik o’zgartirgich (EOO) kirishiga tushadi.



7.4-rasm. Regeneratorning vaqt bo'yicha ishlash diagrammasi.

Chegaralovchi qurilma va chegaralovchi kuchaytirgich, regeneratorning shovqinbardoshligini ta'minlovchi eng asosiy elementlardan hisoblanadi. O'zining vazifasini bajarish uchun chegara kuchlanishi va mo'tadil kuchayishni aniq belgilashni talab qiladi.

Undan keyin impulslarning bu davriy ketma-ketligi, takli chastota ajratgichi (TCHA) chiqishida (4), taktli chastota ajratgichi ishining nuqsoni natijasida hosil bo'lgan, fazali fluktuasiyalarni kamaytirish maqsadida, CHK chiqishida sozlangan impulslar bilan albatta fazalanadi.

Chegaralovchi qurilma va chegaralovchi kuchaytirgich, regeneratorning shovqinbardoshligini ta'minlovchi eng asosiy elementlardan biri hisoblanadi. O'zining vazifasini bajarish uchun chegara kuchlanishi va mo'tadil kuchayishni aniq belgilashni talab qiladi. Chegara kuchlanishining har qanday tomonga o'zgarishi, chegaralovchi kuchaytirgich (CHK) chiqishida sozlangan impulslarning maksimal qiymati orasidagi optimal nisbatni va CHKning chegara kuchlanishini buzilishiga olib kelishi sababli regeneratorning shovqinbardoshligini kamaytiradi. Regeneratorida bunday optimal nisbatni doimiy saqlash uchun, boshqaruvchi signal sifatida CHK chiqishidagi impulsning eng kichik qiymati qo'llaniladigan SABQ dan foydalaniladi.

Hozirgi vaqtda asosan, optik nurlanuvchi raqamli signallarni bevosita

modulyatsiyalashga va to'g'ri detektorlashga ega bo'lgan raqamli tolali optik uzatish tizimlari qo'llanilganligi uchun odatda "retranslyator" so'zi o'rniga "regenerator" so'zi ishlatiladi.

Qo'llaniladigan regeneratorlar, optik nurlanishning to'lqin uzunligiga, qo'llaniladigan nurlanish manbalarining turi va uning qabul qiluvchi qurilmalariga, o'tkazuvchanlik qobiliyati va hokazolarga qarab sinflanadilar.

9-Laboratoriya ishi

OPTIK KUCHAYTIRGICHLARNING XARAKTERISTIKA VA PARAMETRLARINI TADQIQ ETISH

1. Virtual laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

EDFA optik kuchaytirgichining xarakteristikalarini va parametrlarini virtual dastur orqali aniqlash.

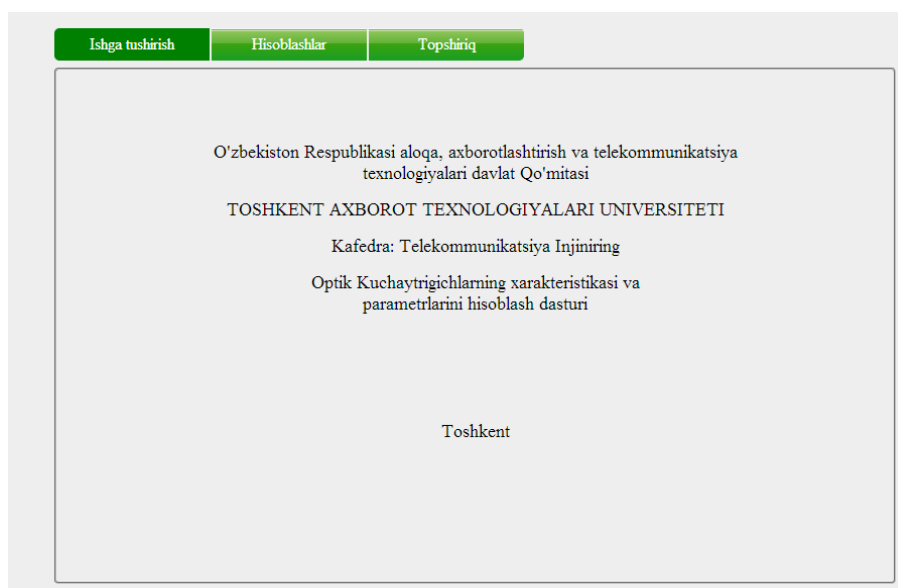
2. Virtual laboratoriya ishiga topshiriq

Virtual laboratoriya ishida quyidagilarni o'rganish zarur:

- optik kuchaytirgichining tuzilishi hamda uning xarakteristikalarini va parametrlarini o'rganish;
- hisobot uchun nazariy qismning qisqacha mazmuni, dastur haqida ma'lumot va olingan natijalarni qayd etish uchun jadval chizilgan sahifani tayyorlash;
- [1] adabiyotning 158 – 181 sahifalarini, [2] adabiyotning 100 – 107 sahifalarini, [4] adabiyotning 186 – 214 sahifalarini, [5] adabiyotning 191 – 204 sahifalarini, [6] adabiyotning 181 – 200 sahifalarini, [7] adabiyotning 104 – 120 sahifalarini, [9] adabiyotning 126 – 129 sahifalarini o'rganish.

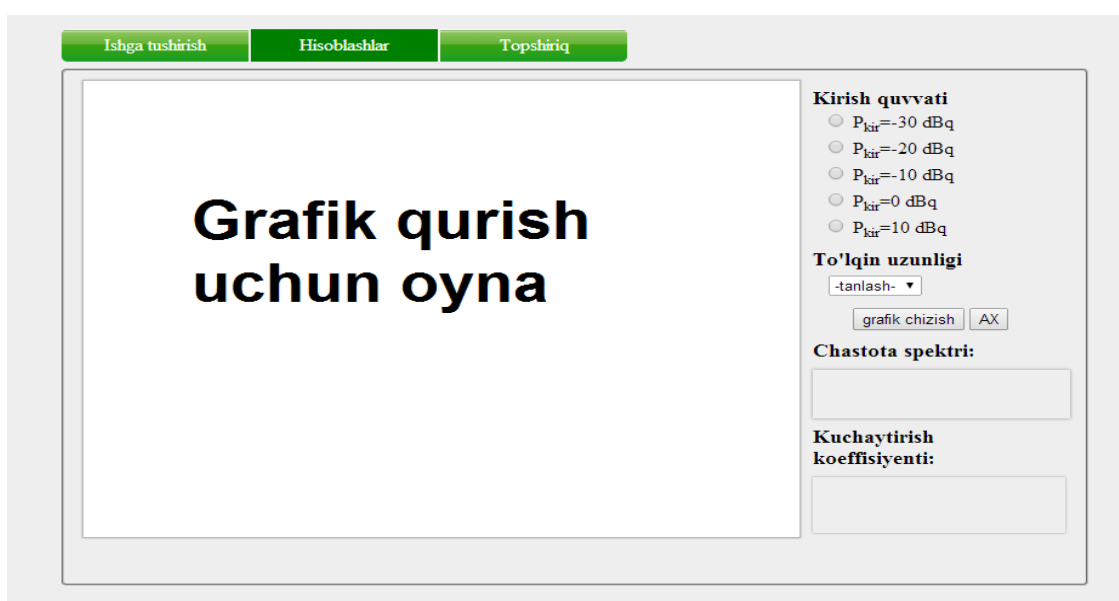
3. Virtual laboratoriya ishini bajarish tartibi

Virtual laboratoriya ishining dastur qismi 3 bo'limdan iborat bo'lib, uning birinchi bo'limi "*Ishga tushirish*" deb nomlanadi. Ushbu virtual laboratoriya ishining umumiy ko'rinishi quyidagicha:



9.1-rasm. Virtual laboratoriya ishining umumiy ko‘rinishi.

Virtual laboratoriya ishining ikkinchi bo‘limi “*Hisoblashlar*” deb atalib, unda o‘ng tomonda parametrlarni tanlash va chiqarish tugmalari joylashtirilgan. Bundan tashqari grafik chizish uchun, ya’ni xarakteristikalarini chiqarish uchun oyna joylashgan. U quyidagi ko‘rinishga ega:



9.2-rasm. Virtual laboratoriya ishining “*Hisoblashlar*” bo‘limi.

Parametrlar joylashgan qismda “Kirish quvvati”, “To‘lqin uzunligi”, “Kuchaytirish koeffitsenti” va “Chastota spektri” mavjud bo‘lib, hisoblashda, avvalo, to‘lqin uzunligini tanlash va mos ravishda kirish quvvatini o‘zgartirish orqali quyidagi ikki parametr kuchaytirish koeffitsiyenti, hamda chastota spektri aniqlanishi mumkin. Bunda kirish quvvati (-30 – +10 dBq) gacha o‘zgartiriladi, to‘lqin uzunligi esa (1530 – 1560 nm) oralig‘ida tanlanadi. Parametrlar joylashgan qism quyidagi ko‘rinishga ega:

The screenshot shows a control panel with the following elements:

- Kirish quvvati**: A group of five radio buttons for selecting input power levels: $P_{kir} = -30$ dBq, $P_{kir} = -20$ dBq, $P_{kir} = -10$ dBq, $P_{kir} = 0$ dBq, and $P_{kir} = 10$ dBq.
- To‘lqin uzunligi**: A dropdown menu currently set to “-tanlash-”.
- Two buttons: “grafik chizish” and “AX”.
- Chastota spektri:** An empty rectangular input field.
- Kuchaytirish koeffitsiyenti:** Another empty rectangular input field.

9.3-rasm. Virtual laboratoriya ishida parametrlar joylashgan qismi.

Parametrlar joylashgan qismda yuqoridagilardan tashqari “grafik chizish” va “AX” (amplituda xarakteristika) tugmalari ham joylashgan bo‘lib, ular yordamida grafiklar quriladi.

Virtual laboratoriya ishining uchinchi bo‘limi “*Topshiriqlar*” deb atalib, unda virtual laboratoriya ishini bajarish tartibida keltirilgan beshta jalval joylashgan bo‘lib, ularga dasturdagi kerakli hisoblashlar natijalari to‘ldiriladi. Uchinchi bo‘limning umumiy ko‘rinishi quyidagicha:

Ishga tushirish
Hisoblashlar
Topshiriq

Berilgan to'lqin uzunliklari hamda dastur yordamida hisoblangan kuchaytirish koeffitsiyenti yordamida chiqish quvvati hisoblansin va (1,2,3,4) jadvallar to'ldirilsin.

Dastur yordamida chastota spektri aniqlansin, aniqlangan qiymatlar yordamida 5 - jadval to'ldirilsin.

1.	$\lambda=1530$					
	$P_{\text{kir, dBк}}$	-30	-20	-10	0	10
	$P_{\text{chiq, dBк}}$					
	G					
2.	$\lambda=1540$					
	$P_{\text{kir, dBк}}$	-30	-20	-10	0	10
	$P_{\text{chiq, dBк}}$					
	G					
3.	$\lambda=1550$					
	$P_{\text{kir, dBк}}$	-30	-20	-10	0	10
	$P_{\text{chiq, dBк}}$					
	G					
4.	$\lambda=1560$					
	$P_{\text{kir, dBк}}$	-30	-20	-10	0	10
	$P_{\text{chiq, dBк}}$					
	G					
5.	$\lambda, \text{нм}$	1530	1540	1550	1560	
	$\Delta\nu$					
	$P_{\text{шов кыр, dBк}}$					

9.4-rasm. Virtual laboratoriya ishining “Topshiriqlar” bo‘limi.

Ushbu virtual laboratoriya ishida optik kuchaytirgichlarning bir necha xarakteristikalarini va parametrlarini ko‘rib chiqamiz:

1. Kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlash:

$$g=10\lg (P_{s. \text{ chiq}}/P_{s. \text{ kir}}) \text{ yoki } G= P_{s. \text{ chiq}} - P_{s. \text{ kir}}, \text{ dB}, \quad (9.1)$$

bu yerda, $P_{s. \text{ chiq}}$ – chiqish signalining quvvati;

$P_{s. \text{ kir}}$ – kirish signalining quvvati.

Virtual laboratoriya ishida kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlashda (3.1) formuladan foydalaniladi.

Dasturga to‘lqin uzunligi λ va $P_{s. \text{ kir}}$ kirish quvvati (-35 – +5 dBm) oraliq qiymatlarini kiritish orqali $P_{s. \text{ chiq}}$ quvvati aniqlanadi.

Olingan natijalar 9.1–9.4-jadvallarga to‘ldiriladi. Bunda to‘lqin uzunligi λ (1530-1560 nm) oraliq qiymatlarini qabul qilishi mumkin.

9.1-jadval

$\lambda=1530 \text{ nm}$					
$P_{\text{kir, dBq}}$	-30	-20	-10	0	10
$P_{\text{chiq, dBq}}$					
G					

9.2-jadval

$\lambda=1540 \text{ nm}$					
$P_{\text{kir, dBq}}$	-30	-20	-10	0	10
$P_{\text{chiq, dBq}}$					
G					

9.3-jadval

$\lambda=1550 \text{ nm}$					
$P_{\text{kir, dBq}}$	-30	-20	-10	0	10
$P_{\text{chiq, dBq}}$					
G					

9.4-jadval

$\lambda=1560 \text{ nm}$					
$P_{\text{kir, dBq}}$	-30	-20	-10	0	10
$P_{\text{chiq, dBq}}$					
G					

Yuqoridagi jadvallar (9.1 – 9.4) to‘ldirilishi natijasida optik kuchaytirgichning amplitudaviy xarakteristikasini (kirish signalining chiqish signaliga bog‘liqligi) chiqarish imkoni bo‘ladi.

2. Kirishdagi shovqin quvvatini aniqlash:

Kirishdagi shovqin quvvatini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$P_{\text{shov kir}} = hv \cdot \Delta\nu, \text{ dBq}, \quad (9.2)$$

bu yerda, h – Plank doimiysi $h=3,34 \cdot 10^{-34} \text{ Vt} \cdot \text{s}^2$ ga teng;
 ν – uzatilayotgan to‘lqin chastotasi;

$\Delta\nu$ – chastota spektri, u quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\Delta\nu=(c/\lambda^2)*\Delta\lambda \quad (9.3)$$

Virtual laboratoriya dasturi yordamida chastota spektri $\Delta\nu$ aniqlanib, 9.5-jadval to'ldiriladi. Kirishdagi shovqin quvvati esa (9.2) formulaga ko'ra topiladi.

9.5-jadval

λ , nm	1530	1540	1550	1560
$\Delta\nu$				
$P_{\text{shov. kir.}}$ dBq				

Yuqoridagi 9.5-jadval asosida kirishdagi shovqin quvvatini to'liq uzunligiga bog'liqlik grafigi chiziladi.

4. Virtual laboratoriya ishi bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltirilishi lozim:

1. Nazariy qismning qisqacha mazmuni.
2. Optik kuchaytirgichning tuzilish sxemasi.
3. O'lchash natijalari va chizmalari.
4. Olingan natijalar asosida xulosa.

5. Nazorat savollari

1. Optik kuchaytirgichga ta'rif bering.
2. Optik kuchaytirgichning qanday turlari mavjud? Ularga tavsif bering.
3. Optik kuchaytirgichlar nima uchun qo'llaniladi?
4. EDFA kuchaytirgichiga ta'rif bering.
5. Optik kuchaytirgichlarning qanday parametrlarini bilasiz?
6. Kuchaytirish koeffitsiyenti qaysi formula orqali aniqlanadi?
7. Optik kuchaytirgichlarning qanday xarakteristikalarini bilasiz?
8. To'yinish quvvati nima?
9. Optik kuchaytirgich bilan optik regeneratoring farqi nimada?
10. Nima uchun to'liq zichlashtirish texnologiyalarida optik kuchaytirgichdan foydalaniladi?

6. Virtual laboratoriya ishini bajarishga namuna. Virtual laboratoriya ishini bajarishdan olingan natijalar

“Hisoblashlar” bo‘limida parametrlar joylashgan qismidan olingan natijalar quyidagilardan iborat:

To‘lqin uzunligi 1540 nm bo‘lganda kirish quvvatlarini o‘zgartirish yordamida olingan kuchaytirish ko‘effitsiyenti qiymatlari:

Kirish quvvati

- $P_{kir} = -30$ dBq
- $P_{kir} = -20$ dBq
- $P_{kir} = -10$ dBq
- $P_{kir} = 0$ dBq
- $P_{kir} = 10$ dBq

To‘lqin uzunligi

1540 ▼

grafik chizish AX

Chastota spektri:

$3.79 \cdot 10^{12}$

Kuchaytirish ko‘effitsiyenti:

$G = 26.8$

9.5-rasm. Parametrlar joylashgan qismda -30 dBq uchun natijalar.

Kirish quvvati

- $P_{kir} = -30$ dBq
- $P_{kir} = -20$ dBq
- $P_{kir} = -10$ dBq
- $P_{kir} = 0$ dBq
- $P_{kir} = 10$ dBq

To‘lqin uzunligi

1540 ▼

grafik chizish AX

Chastota spektri:

$3.79 \cdot 10^{12}$

Kuchaytirish ko‘effitsiyenti:

$G = 22$

9.6-rasm. Parametrlar joylashgan qismda -10 dBq uchun natijalar.

To‘lqin uzunligi 1540 nm bo‘lgandagi olingan natijalar 9.6-jadvalda keltirilgan

9.6-jadval

$\lambda=1540$ nm					
P_{kir} , dBq	-30	-20	-10	0	10
P_{chiq} , dBq	-3.2	3.5	12	14	15.3
G	26.8	23.5	22	14	5.3

To‘lqin uzunligi 1550 nm bo‘lganda kirish quvvatlarini o‘zgartirish yordamida olingan kuchaytirish koefitsiyenti qiymatlari:

Kirish quvvati

$P_{kir}=-30$ dBq
 $P_{kir}=-20$ dBq
 $P_{kir}=-10$ dBq
 $P_{kir}=0$ dBq
 $P_{kir}=10$ dBq

To‘lqin uzunligi

1550

grafik chizish AX

Chastota spektri:

$3.74 \cdot 10^{12}$

Kuchaytirish koefitsiyenti:

G = 27.4

9.7-rasm. Parametrlar joylashgan qismda -20 dBq uchun natijalar.

Kirish quvvati

$P_{kir}=-30$ dBq
 $P_{kir}=-20$ dBq
 $P_{kir}=-10$ dBq
 $P_{kir}=0$ dBq
 $P_{kir}=10$ dBq

To‘lqin uzunligi

1550

grafik chizish AX

Chastota spektri:

$3.74 \cdot 10^{12}$

Kuchaytirish koefitsiyenti:

G = 14.2

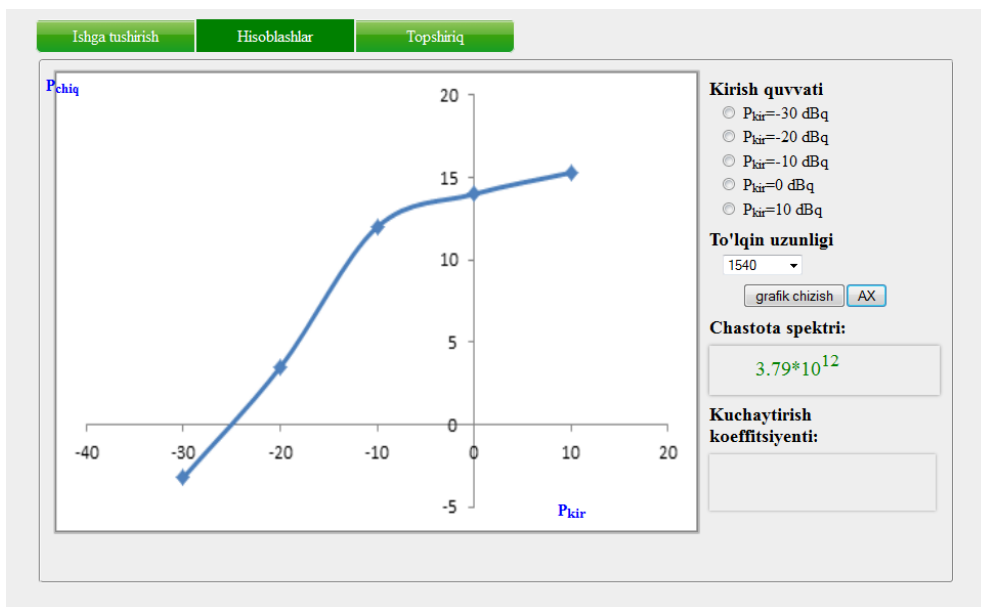
9.8-rasm. Parametrlar joylashgan qismda 0 dBq uchun natijalar.

To‘lqin uzunligi 1550 nm bo‘lgandagi olingan natijalar 9.7-jadvalda keltirilgan.

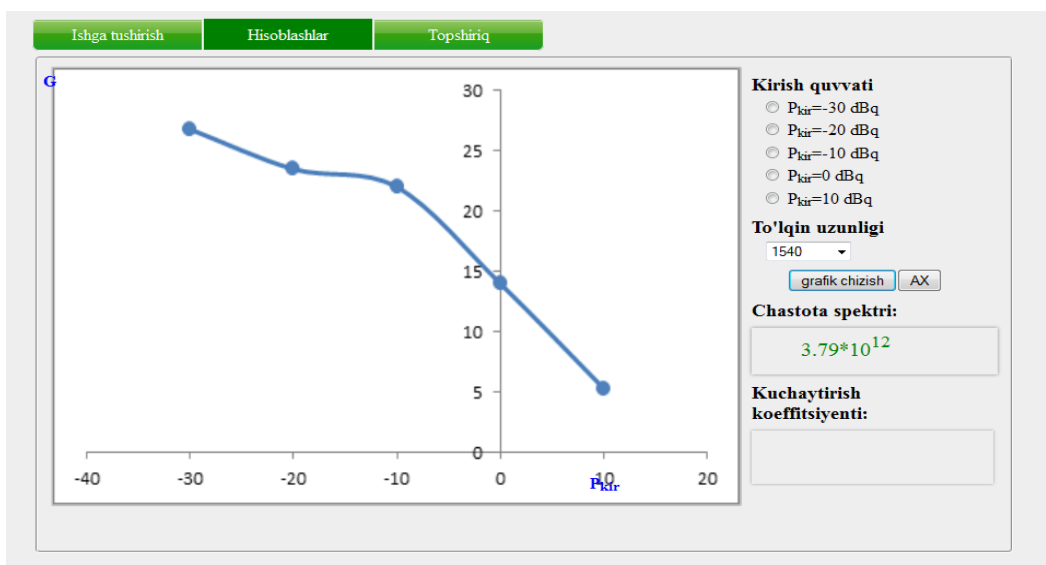
9.7-jadval

$\lambda=1550$					
$P_{kir}, \text{ dBq}$	-30	-20	-10	0	10
$P_{chiq}, \text{ dBq}$	-1	7.4	13.6	14.2	16
G	29	27.4	23.6	14.2	6

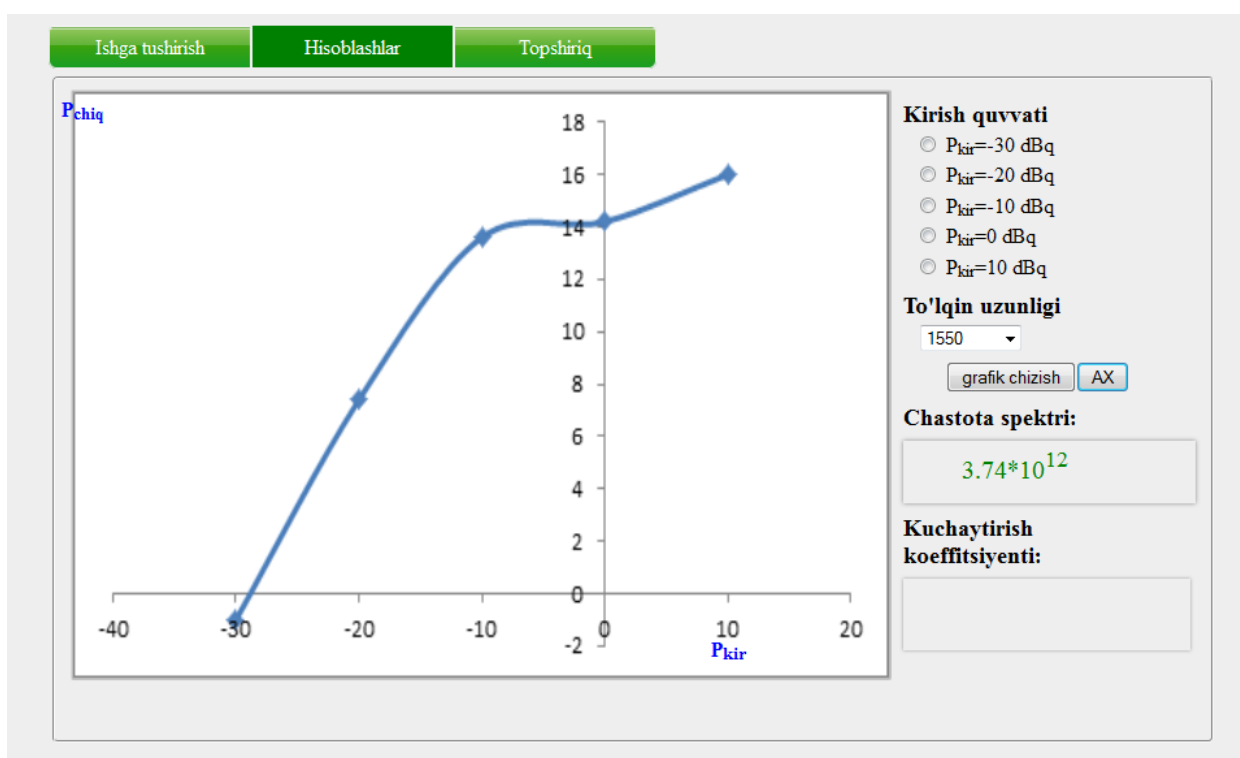
Quyida har bir to‘lqin uzunligi (1530 –1560 nm) uchun kuchaytirish koefitsiyentini kirish quvvatiga bog‘liqlik grafiklari keltirilgan:



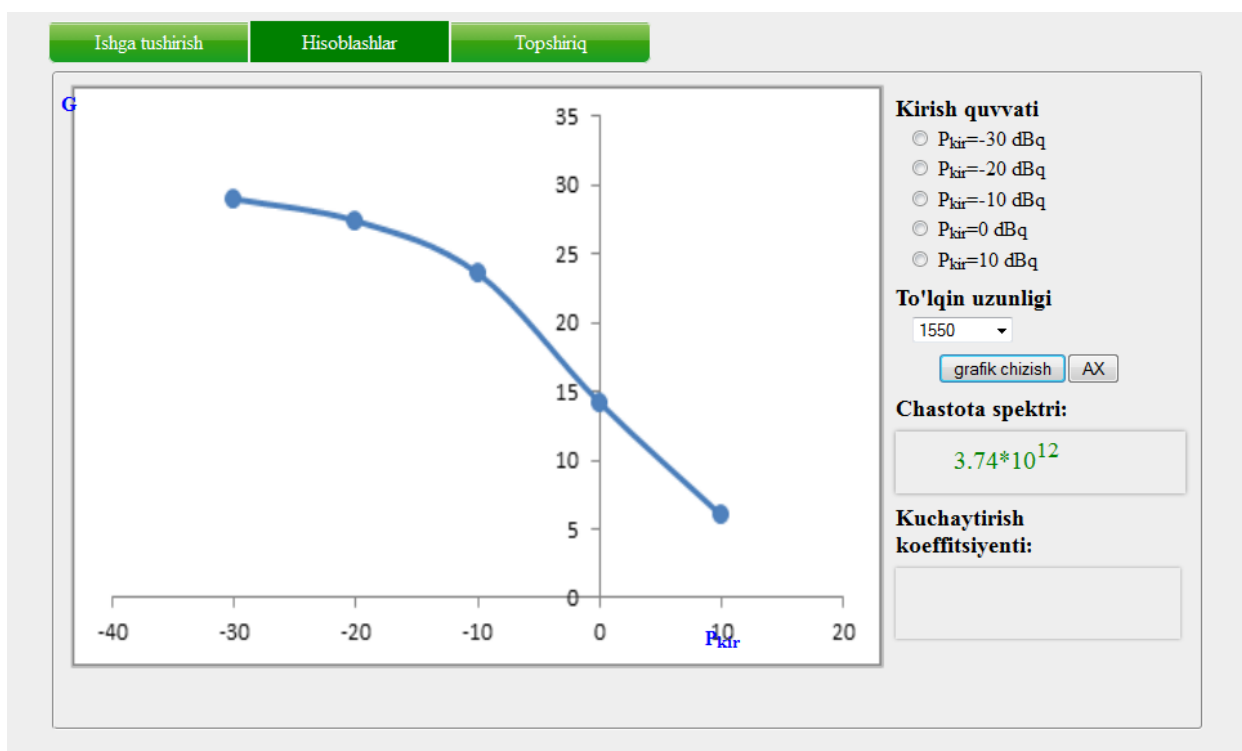
3.9-rasm. 1540 nm uchun kirish quvvatini chiqish quvvatiga bog‘liqligi.



3.10-rasm. 1540 nm uchun kuchaytirish ko'effitsiyentini kirish quvvatiga bog'liqligi.



3.11-rasm. 1550 nm uchun kirish quvvatini chiqish quvvatiga bog'liqligi.



3.12-rasm. 1550 nm uchun kuchaytirish ko'effitsiyentini kirish quvvatiga bog'liqligi.

Xulosa

Olingan natijalarni hisoblashda boshlang'ich statistik ma'lumotlar (P_{kir} -kirish quvvati) dan foydalanib, mos ravishda kuchaytirish ko'effitsiyenti va chiqish quvvati aniqlandi. Bunda har bir to'lqin uzunligi (1530-1560 nm) uchun P_{kir} - kirish quvvatining -30, -20, -10, 0 va 10 dBq qiymatlari tanlab olinib, beshta variant misolida ko'rib chiqilgan.

Ushbu natijalar yuqorida keltirilgan jadvallar asosida kirish quvvatini chiqish quvvatiga bog'liqligi, kirish quvvatining kuchaytirish ko'effitsiyentiga bog'liqlik grafiklari qurilgan.

10-laboratoriya ishi

REAL OPTIK ALOQA LINIYASI QABUL PUNKTIDAGI SIGNAL SHAKLINI MODELLASHTIRISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

1.1. Optik aloqa liniyasining berilgan xarakteristikalari bo'yicha optik signalning real parametrlarini hisoblash.

1.2. Bajarilgan hisoblashlar asosida laborotoriya uskunasida real optik signal shaklini modellashtirish.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laborotoriya ishini bajarishga tayyorlanayotganda quyidagi ishlarni amalga oshirish zarur:

-laboratoriya ishi mavzusiga oid nazariy qismning mazmunini o'rganish;

-laboratoriya ishini bajarishga mo'ljallangan uskunaning tuzilishi va olingan natijalarni qayd etish jadvali keltirilgan sahifani tayyorlash;

- [1]-adabiyotning 66 – 79 sahifalaridagi ma'lumotlarni o'rganish.

3. Laboratoriya ishining bajarilish tartibi

“Real optik aloqa liniyasi oxiridagi signal shaklini modellashtirish” mavzusidagi ushbu laborotriya ishi “Optik liniya traktining modeli” o'quv laborotriya qurilmasi yordamida bajariladi. Qurilmaning tavsifi 5-laborotriya ishiga oid ma'lumotlardan so'ng keltirilgan (75-82 betlarga qarang).

Diqqat! O'lchashlarda tolali shnurlardan har bir foydalanishdan avval ularning uchidan himoya qalpoqchalarini olib tashlash zarur. Tolali shnurlar bilan ishlash tugaganidan so'ng uning uchlariga albatta himoya qalpoqchasini kiygizib qo'yish kerak. O'lchashlarda “TOPAZ 3000” optik testeridan har bir foydalanishdan avval uning konnektori uchidan himoya qalpoqchasini olib qo'yib, uni zudlik bilan shurning konnektori bilan ulash zarur. O'lchashlar tugaganidan so'ng himoya qalpoqchasini albatta avvalgi joyiga o'rnatib qo'ying.

3.1. Optik signalni modellashtirish uchun optik aloqa liniyasining

o'qituvchi tomonidan beriladigan quyidagi boshlang'ich ma'lumotlardan foydalaniladi:

- liniya uzunligi L (km);
- yorug'lik uzatgichi – optik tola (ko'p modali yoki bir modali);
- optik tolaning so'nish koeffitsiyenti (dB/km);
- ko'p modali optik tola uchun (psek/km) va bir modali optik tola uchun (psek/km*nm) dispersiya koeffitsiyenti t ning qiymatlari;
- bir modali optik tola uchun lazer diodining spektral kengligi $\Delta\lambda$ (nm) ;
- uzatish tezliklari V (mBit/sek).

Bu parametrlarning qiymatlarini modellashtirayotgan liniya va ulash uchun qo'llaniladigan optik tolaning turini hisobga olgan holda tanlash lozim.

3.2. Aloqa liniyasining qabul qilish oxirida optik impulsning dispersiya tufayli kengayishi Δt ni hisoblang.

Ko'p modali aloqa liniyalari uchun Δt kattalik quyidagi munosabat bilan

$$\Delta t(\text{псек}) = \tau \left(\frac{\text{псек}}{\text{км}} \right) L(\text{км}), \quad (10.1)$$

bir modali aloqa liniyalari uchun esa,

$$\Delta t(\text{псек}) = \tau \left(\frac{\text{псек}}{\text{км} \cdot \text{нм}} \right) \Delta\lambda(\text{нм}) L(\text{нм}) \quad (10.1^1)$$

munosabat bilan aniqlanadi.

3.3. Modellashtirilayotgan liniyalarda so'nishni quyidagi munosabatdan foydalangan holda hisoblang:

$$A(\text{dB}) = \alpha(\text{dB/km}) * L(\text{km}) \quad (10.2)$$

3.4. Fototok kuchaytirgichi yuklamasidagi kuchlanishning shovqin tashkil etuvchisi kattaligini hisoblang. Signallarni modellashtirishda qabul tomonida shovqinlar fototok shovqin tashkil etuvchisi I_{fsh} ning o'rtacha kvadratik qiymati

$$(I_{\text{fsh}})^2 = 2qP_{\text{o'rt}} S \Delta f \quad (10.3)$$

va qorong'ilik toki shovqin tashkil etuvchisi I_{qsh} ning o'rtacha kvadratik

qiymati

$$(I_{qsh})^2 = 2qI_q \Delta f \quad (10.4)$$

yig'indisi sifatida aniqlanadi deb faraz qilinadi.

Bu yerda:

- $P_{o'rt}$ – fotodiod kirishidagi optik quvvat o'zgarmas tashkil etuvchisining o'rtacha qiymati, u har qanday modulyatsiya usulida noldan farq qiladi;

- S – fotodiod spektral sezgirligining qiymati, bu qiymat 4-laboratoriya ishida keltirilgan (3.4) munosabat bo'yicha hisoblanadi;

- I_q – fotodiodga qo'yilgan siljish kuchlanishiga mos kelgan qorong'ilik tokining pasport qiymati: $U_{silj}=5V$ da $I_q=10^{-9}A$;

- q – elektron zaryadi: $q=1,6 \cdot 10^{-19}Kl$;

- Δf – liniya bo'ylab uzatiladigan signal egallagan chastotalar oralig'i (polosasi): $\Delta f=2B$.

Kuchlanishning kuchaytirgich yuklamasidagi shovqin tashkil etuvchisining amplitudasi quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$U_{sh} = K_t(\sqrt{(I_{shf})^2 + (I_{sht})^2}) \quad (10.5)$$

K_t kattalik kuchaytirgich kirishidagi tok va uning yuklamasidagi kuchlanish tushishi orasidagi proporsionallik koeffitsiyenti. Bu koeffitsiyent $K_T=2000 Om$.

3.5. "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki boshqarish organini boshlang'iya holatga qo'ying:

- tokni boshqaruvchi I_0 , I_1 potensiometrlarning burchagini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatga qo'ying:

- "DISPERSIYA", "SHOVQIN" almashlab ulagichlari tugmachasini bosilmagan holga qo'ying;

- impulslı modulyatsiyani ulovchi "MODULYATSIYA" almashlab ulagichi tugmachasini bosib qo'ying;

- analog modulyatsiyani ulovchi "MODULYATSIYA" almashlab ulagichi tugmachasini bosilmagan holga qo'ying.

- "MODULYATSIYA", "DISPERSIYA", "SHOVQIN" potensiometrlari buragichlarini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatga qo'ying;

- "TARMOQ" tumblerini ulang. Bunda uning yoritgichi yonadi;

- “MANBANI TANLASH” almashlab ulagichi tugmachasini 1,3 yoki 1,5 mkm to‘lqin uzunliklaridan tanlab olingani bo‘yicha lazer diodining ulanishiga mos kelgan holatga qo‘ying. Bunda tegishli optik razetka ustidagi nazorat yorug‘lik diodi yonadi.

3.6. “FOTO QABUL QILGICH” elektron bloki boshqarish organlarini boshlang‘ich holatga qo‘ying:

- siljish kuchlanishini boshqaruvchi “SILJISHNI BOSHQARISH” potensiometri buragichini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirgi holatga qo‘ying;

- “NOLGA QO‘YING” almashlab ulagichi tugmachasini bosilmagan holga qo‘ying;

- “SEZGIRLIK” almashlab ulagichi tugmachasini 1-holatga qo‘ying;

-“TARMOQ” tumblerini ulang. Bunda uning yoritgichi yonadi;

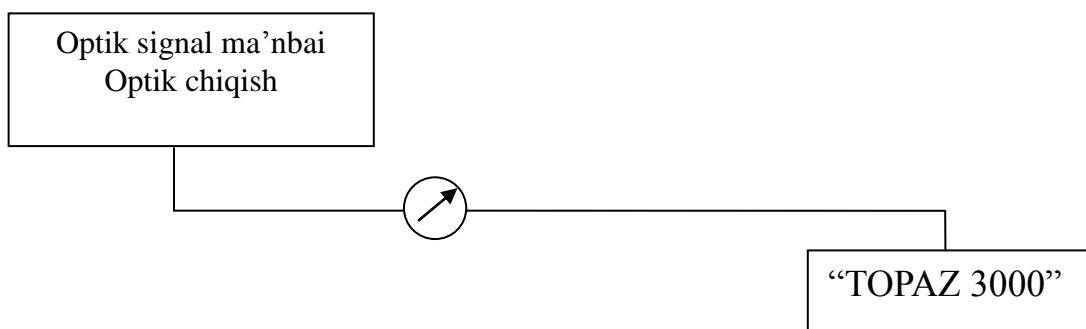
-“SILJISH KUCHLANISHINI BOSHQARISH” potensiometri buragichini panel yuza sirtidagi asbob bo‘yicha kuchlanishning o‘qituvchi tomonidan berilgan qiymatiga mos holatga qo‘ying.

3.7. Modellashtirilayotgan liniya turiga qarab bir modali yoki ko‘p modali tolali shnur yordamida “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron blokini “TOPAZ 3000” optik quvvat o‘lchagichi kirishi bilan ulang (10.1-rasm). Uni optik quvvat P ning absolyut qiymatini o‘lchash rejimiga qo‘ying. Bu holda o‘lchagich kirishiga modulyatsiyalangan signal kiradi. Shu sababdan o‘lchagich ko‘rsatkichlari optik signal o‘rtacha qiymatiga mos keladi.

3.8. “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “ I_0 ” potensiometri yordamida I_0 tokning lazer diodi bo‘sag‘a tokiga teng qiymatini qo‘ying.

3.9. “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “ I_1 ” potensiometri yordamida modulyatsiyalovchi tok amplitudasi I_1 ning qiymatini asta-sekin oshirib, lazer diodi tomonidan nurlanadigan optik signal o‘rtacha quvvatining mumkin bo‘lgan maksimal qiymatiga erishing. Quvvat o‘rtacha qiymatining nazorati “TOPAZ 3000” optik quvvat o‘lchagichi yordamida amalga oshiiladi. Quvvatning o‘rtacha qiymatini qayd eting.

3.10. O‘lchagichni so‘nishni (dB da) o‘lchash rejimiga o‘tkazing. Uning displey ekranida nolga teng sathini belgilang. Buning uchun panel yuzasidagi ($\rightarrow 0 \leftarrow$) tugmachasini bosib qo‘ying



10.1-rasm. Optik signal manbai chiqishini optik tola yordamida “TOPAZ 3000” optik tester kirishi bilan ulash sxemasi.

3.11. Tolali shnurni “TOPAZ 3000” optik quvvat o‘lchagichidan uzing va uni umumiy so‘nish qiymati 15 dB bo‘lgan o‘zgaruvchan attenyuator kirishi bilan ulang. Attenyuator 6-platada joylashgan (11.5-rasm). Uning chiqishini tolali shnur yordamida optik quvvat o‘lchagichi g‘altagini (u modellashtirilayotgan liniya turiga qarab bir modali yoki ko‘p modali bo‘lishi mumkin) normallashtirib, kirish rozetkasiga ulang. Bir modali normallashtiruvchi g‘altak 5-platada, ko‘p modali normallashtiruvchi g‘altak esa, 7-platada joylashgan.

3.12. Normallashtiruvchi g‘altak chiqish rozetkasini modellashtirilayotgan liniya turiga qarab bir modali yoki ko‘p modali o‘tish tolali shnuri yordamida kommutatsiya qutisining rozetkalaridan biriga ulang (qutidagi rozetkalarining yuqori qatori bir modali optik tolalar uchun, ularning pastki qatori esa ko‘p modali optik tolalar uchun mo‘ljallangan).

3.13. Modellashtirilayotgan liniya turiga qarab bir modali yoki ko‘p modali o‘tish tolali shnurlari yordamida kommutatsiya tuguni chiqish rozetkalarinin galma-gal ulang. Bu quti maketning qarama-qarshi tomonida “TOPAZ 3000” optik quvvat o‘lchagichining kirishi bilan birga joylashgan. Ulashlarni rozetkalardan birida optik quvvat mavjud bo‘lishiga qadar amalga oshiring. Optik quvvatning 4 ta optik toladan payvandlash yordamida faqat uchta ulanganligini hisobga olish lozim. Shu sababdan 4 ta holdan birida chiqish rozetkalaridan birortasida optik quvvat qayd etilmaydi. Bu holda normallashtiruvchi g‘altakning chiqish rozetkasini o‘sha qatordagi normallashtiruvchi g‘altakning ixtiyoriy boshqa rozetkasi bilan ulang.

3.14. Attenyuatorning boshqaruvchi gaykasini burab optik quvvat o'lhagichi displeyida attenyuator so'nishini 3-bandda o'tkazilgan hisoblash natijalariga mos qilib qayd eting. Zarurat tug'ilganida optik sxemaga modellashtirilayotgan liniyaga mos ravishda bir modali yoki ko'p modali o'zgaras attenyuatorni (20 dB) ulang. U 6-platada joylashgan.

3.15. O'tish tolali shnurini «TOPAZ 3000» optik quvvat o'lhagichidan uzing va foto qabul qilgichning optik kirishi bilan ulang.

3.16. Laboratoriya maketi tarkibiga kiruvchi kaoksial kabel yordamida quyidagi ulashlarni bajaring:

- "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki paneli yuza sirtidagi "KT3" uyachasini Ossilografning birinchi kanali kirishi bilan ulang;

- "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki paneli yuza sirtidagi "OSSIOLOGRAF SINXRONIZATSIIYASI" uyachasini ossilografning sinxronizatsiya kanali kirishi bilan ulang;

- "FOTO QABUL QILGICH" elektron bloki paneli yuza sirtidagi "KUCHAYTIRGICHNING CHIQISHI" uyachasini ossilografning ikkinchi kanali kirishi bilan ulang.

3.17. Ossilografni manbaga ulang. Kanallarning ikkala kirishlari almashlab ulagichlarini (=) signallarning o'zgaras tashkil etuvchisini kuzatishni ta'minlovchi ochiq kirish holatiga qo'ying. Ossilograf isiganidan so'ng ekranda modulyatsiyalovchi (birinchi kanal) va foto qabul qilgich tomonidan qabul qilinadigan signalning (ikkinchi kanal) ossilogrammalari paydo bo'ladi. Boshqarish organlari yordamida ossilogrammalarning barqaror tasvirini olishga erishing. Zarurat tug'ilganida chiziqlar tasvirini vertikal va gorizonta yo'nalishlarda yorqinlikni o'zgartirish, fokuslash va markazlashtirish yo'li bilan to'g'rilang.

3.18. 3.2- bandda aniqlangan impulsning dispersiya jarayoni tufayli kengayishini qo'ying. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

- ossilograf ekranidagi chiziqli shkala bo'yicha impuls davomiyligi T (mm) ni o'lchang;

- quyidagi munosabat bo'yicha impulsning kengayishini hisoblang:

$$T(\text{mm}) = T(\text{mm}) (\Delta t 2V); \quad (10.6)$$

- "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki paneli yuza sirtidagi "DISPERSIYA" almashlab ulagichi tugmachasini bosib qo'ying;

- "OPTIK SIGNAL MANBAI" elektron bloki paneli yuza sirtidagi "DISPERSIYA" potensiometri buragichini burab ossilograf ekranida

impulsning talab etilgan kengayishiga erishing. Buning uchun kuzatilayotgan signallarning ixtiyoriy bittasidan foydalanish mumkin.

3.19. 3.4-bandda aniqlangan kuchaytirgich yuklamasidagi kuchlanishning shovqin tashkil etuvchisi amplituda qiymatini qo‘ying. Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

- ossilografning birinchi kanalida kuzatiladigan signal (foto qabul qilgich chiqishidagi signal)ning amplituda qiymatini uning ekranida qayd eting;

- impuls modulyatsiyasi indeksli “MODULYATSIYA” potensimetri buragichini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirigacha burang. Bunda ossilograf ekranida ikkala kanal bo‘yicha ham to‘g‘ri chiziq kuzatiladi;

- “OPTIK SIGNAL MANBAI” elektron bloki paneli yuza sirtidagi “SHOVQIN” almashlab ulagichi tugmachasini bosib, shovqin generatorini ulang;

- “SHOVQIN” potensimetri buragichini burab, ossilografning birinchi kanalida kuzatiladigan signalning talab etilgan sathini qo‘ying;

- impuls modulyatsiyasi indeksli “MODULYATSIYA” potensimetri buragichini soat strelkasi yo‘nalishi bo‘yicha burab, foto qabul qilgich chiqishida signalning boshlang‘ich amplitudasini tiklang.

3.20. Ossilografning birinchi kanalida kuzatilgan signal modellashtirilgan signalga mos keladi.

3.21. O‘lchashlar bajarilganidan so‘ng:

- ikkala elektron bloklari panellarining yuza sirtidagi barcha potensimetrlar buragichlarini soat strelkasiga qarshi yo‘nalishda oxirgi holatga qo‘ying.;

- ikkala elektron bloklarida “TARMOQ” tumblerlarini o‘chiring.

5. Nazorat savollari

1. Optik tola qanday fizik parametrlar bilan tavsiflanadi?

2. Birjinsli optik muhitlarda so‘nish jarayoni qanday miqdoriy munosabat bilan aniqlanadi?

3. So‘nish jarayonidagi yo‘qotishlar qanday tashkil etuvchilardan tarkib topadi?

4. Optik tolaning so‘nish koeffitsiyentiga ta’rif bering.

5. Optik tolaning so‘nish koeffitsiyenti qanday miqdoriy munosabat bilan aniqlanadi?

6. Modellashtirilayotgan liniyalarda so‘nish kattaligi qanday

miqdoriy munosabat bo'yicha aniqlanadi?

7. Optik toladagi dispersiya jarayoniga ta'rif bering.

8. Dispersiyaning qanday turlarini bilasiz?

9. Ko'p modali optik tolalardagi modalararo dispersini tavsiflang.

10. Xromatik dispersiya qanday tashkil etuvchilardan tarkib topadi?

11. To'lqin uzatgichning xossalari bilan bog'liq dispersiyani tavsiflang.

12. Material dispersiyani tavsiflang.

13. Aloqa liniyasining qabul qilish oxirida optik impulsning dispersiya tufayli kengayishi Δt ko'p modali aloqa liniyalari uchun qanday munosabat bilan aniqlanadi?

14. Aloqa liniyasining qabul qilish oxirida optik impulsning dispersiya tufayli kengayishi Δt bir modali aloqa liniyalari uchun qanday munosabat bilan aniqlanadi?

15. Fototok kuchaytirgichi yuklamasidagi kuchlanishning shovqin tashkil etuvchisi o'z navbatida qanday tashkil etuvchilardan tarkib topadi?

16. Fototok kuchaytirgichi chiqishidagi fototok shovqin tashkil etuvchisi I_{fshi} ning o'rtacha kvadratik qiymati qanday munosabat bilan aniqlanadi?

17. Fototok kuchaytirgichi chiqishidagi qorong'ilik toki shovqin tashkil etuvchisi I_{qsh} ning o'rtacha kvadratik qiymati qanday munosabat bilan aniqlanadi?

18. Kuchlanishning kuchaytirgich yuklamasidagi shovqin tashkil etuvchisining amplitudasi qanday munosabat bilan aniqlanadi?

6. Nazariy qism

Optik toladagi so'nish va dispersiya jarayonlari

6.1. Optik toladagi so'nish jarayoni

Optik signal tola orqali uzatilganda yorug'lik to'lqinlarining tola muhiti bilan chiziqli va nochiziqli o'zaro ta'siri natijasida signal quvvatining yo'qolishidan optik signal so'nadi. Ulardan asosiylari yorug'lik nurining yutilishi va sochilishi hisoblanadi. Bunda so'nishni o'zgarish qonuni quyidagi umumiy ko'rinishga ega:

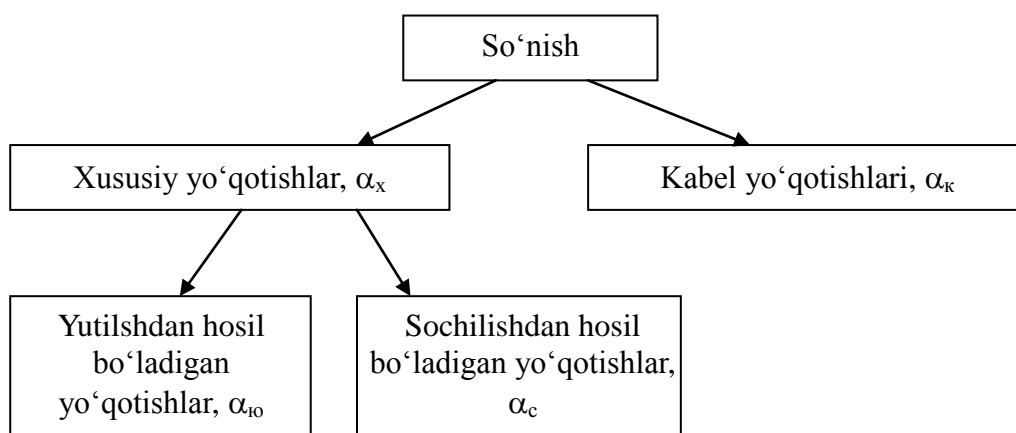
$$p = P_0 \exp(-\alpha * L) \quad (10.7)$$

bu yerda, P_0 – tolaga kiritiladigan quvvat; L – tola uzunligi; α - soʻnish doimiysi yoki toladagi yoʻqotishlar.

Bu munosabatni qoʻllab solishtirma yoʻqotishlarni dB/km da baholash ifodasini olishimiz mumkin [6]:

$$\alpha_{\text{solishtirma}} = - (10/L) \cdot \lg(P/P_0) = 4,343 \alpha. \quad (10.8)$$

Umumiy holda soʻnish optik signallarning sochilishi va yutilishidan hosil boʻluvchi yoʻqotishlar va kabel yoʻqotishlaridan yuzaga keladi (10.2-rasm).



10.2-rasm. Toladagi yoʻqotishlarning asosiy turlari.

Yutilish va sochilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar xususiy yoʻqotishlar, kabel yoʻqotishlari esa qoʻshimcha yoʻqotishlar deyiladi.

Toladagi toʻliq yoʻqotish ularning yigʻindisi koʻrinishida aniqlanadi:

$$\alpha = \alpha_x + \alpha_k = \alpha_{yu} + \alpha_s + \alpha_k, \text{ (dB/km)}. \quad (10.9)$$

6.1.1. Optik tolaning xususiy yoʻqotishlari

Xususiy yoʻqotishlarga yutilish va sochilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar kiradi. Yutilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar ichki va tashqi boʻladi.

Ichki yutilish yoʻqotishlarini toza kremniy materiali hosil qilishi mumkin. Har bir material molekulyar tuzilishiga koʻra maʼlum toʻlqin uzunliklarida signallarni yutishi mumkin. Masalan, SiO_2 ni ultra binafsha diapazonda $\lambda < 0,4$ mkm toʻlqin uzunligida elektron rezonanslari mavjud. Shuningdek, infraqizil diapazonda $\lambda > 7$ mkm toʻlqin uzunligida

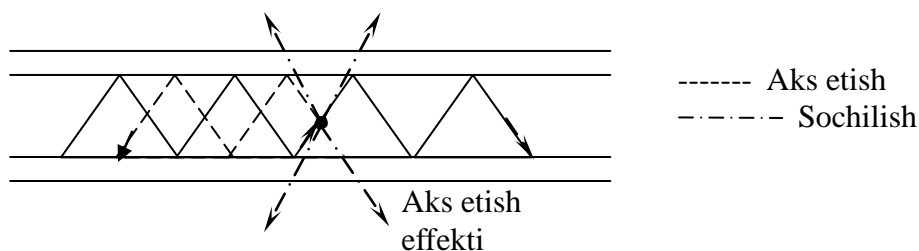
tebranuvchi rezonanslari mavjud. Demak, bu rezonanslar yutish polosasi ko‘rinishida mavjud bo‘ladi. Ikkinchi va uchinchi “shaffoflik darchalari”da yutilishning bu turi 0,03 dB/km dan ko‘p bo‘lmagan yo‘qotishlarga olib keladi.

Tashqi yutilish yo‘qotishlari yorug‘likning tola qo‘shimchalarida yutilishidan hosil bo‘ladi. Zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari bu yo‘qotishlar ta‘sirini juda kichik darajaga kamaytirgan. Bu yo‘qotishlarni quyidagi qo‘shimchalar hosil qiladi: temir, mis, nikel, magniy, xrom. Zamonaviy ishlab chiqarish jarayonida bu metallarning tarkibi milliarddan bir qismgacha kamaytirilgan. Shuning uchun ular umumiy tashqi yutish yo‘qotishlarining juda kichik qismini tashkil etadi. Bulardan farqli ravishda gidroksil ion (OH^-) lar qoldig‘ining mavjudligi, ya‘ni ishlab chiqarish jarayonida tolada suv qoldiqlarining qolishi tashqi yutish yo‘qotishlarini sezilarli darajada oshiradi. Optik tola tarkibida OH^- ionlari yuz milliondan bir qismdan kamni tashkil etish kerak.

Zamonaviy optik tolalarda mikroqo‘shimchalar miqdori juda kichikligi uchun tashqi yutilish yo‘qotishlari minimal bo‘lib, ularni hisobga olmasa ham bo‘ladi. Lekin OH^- konsentratsiyasi milliondan bir qismni tashkil etganida, 1390 nm to‘lqin uzunligida yo‘qotishlar 50 dB bo‘lishi mumkin.

Nurning sochilishidan hosil bo‘ladigan yo‘qotishlar ichki yo‘qotishlar hisoblanib, optik tola o‘zagining defektlari: havo puffakchalari, yoriqlar, tolaning bir turda emasligi, ya‘ni qo‘shimchalar qo‘shilishidan shisha zichligining tasodifiy o‘zgarishi tufayli yuzaga keladi. Bu omillar yorug‘lik oqimi yo‘nalishini o‘zgartirib, uning og‘ishiga olib keladi, natijada sinish burchagi oshib, yorug‘lik nuri qobiqdan tashqariga sochilib ketadi.

Bundan tashqari optik tolaning bir jinsli emasligi, ya‘ni qo‘shimchalarning mavjudligi yorug‘lik oqimi bir qismining teskari tomonga aks etishiga - teskari sochilishga olib keladi (10.3 - rasm).



10.3-rasm. Optik tolada– yorug‘likning sochilish va aks etish jarayonlari.

6.1.2 . Kabel yo‘qotishlari

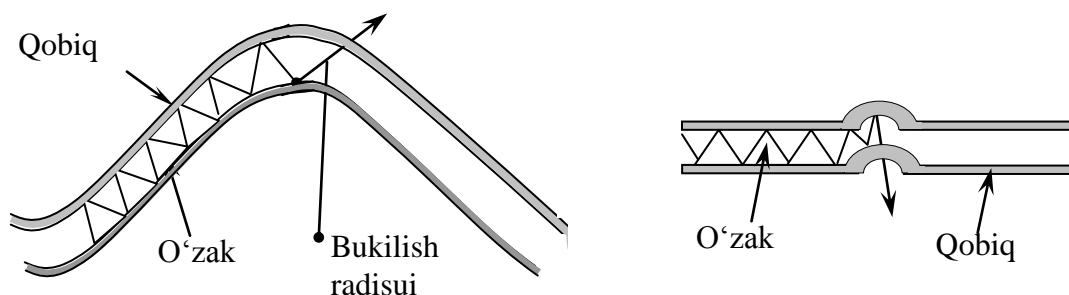
Kabel yo‘qotishlari makrobukilishlar va mikrobukilishlar hisobiga hosil bo‘ladi.

Makrobukilishlar. Minimal ruxsat etilgan radiusdan oshgan katta bukilishlarga makrobukilishlar deyiladi. Bir modali optik tolalarni bukishning ruxsat etilgan minimal radiusi 10 sm ni tashkil etadi. Bunday bukilishda yorug‘lik impulslari kuchsiz buzilish bilan tarqaladi. Bukilish radiusining kamayishi – tolani ruxsat etilgandan ortiq bukish optik impulslarning tola qobig‘i orqali sochilish effektini oshiradi.

Ishlab chiqaruvchilar tomonidan kabelning minimal bukish radiusi ko‘rsatilgan bo‘lishi kerak. Kabel g‘altakka o‘ralganida, albatta, g‘altak radiusi bo‘yicha bukiladi. Kabel binolarda yotqizilganda, u bino burchaklarida bukilishi mumkin. Kabelni yotqizuvchi bukish radiusini minimal ruxsat etilgan qiymatdan kamaytirmaslik, ortiqcha bukmaslik kerak. Tolali optik kabelni ruxsat etilgan chegaradan kuchli bukib, kabelni yaroqsiz qilish, hattoki kabeldagi tolalarning uzilishiga olib kelish mumkin. Bu hol toladagi so‘ninishning oshishiga sezilarli ta‘sir etishi mumkin. Makrobukilishlarning yorug‘lik nurlanishining so‘nishiga ta‘siri 10.4 – a rasmda ko‘rsatilgan.

Mikrobukilishlar. Mikrobukilishlar bu ishlab chiqarish jarayonida tola o‘zagi geometriyasining mikroskopik o‘zgarishi, tolaning yetarli tekis bo‘lmagan tashqi himoya qoplamalari bilan qoplanishi natijasida o‘zakning o‘q markazida joylashmasligi, o‘qqa nisbatan qiyshiq joylashishidan, ya‘ni tolaning mukammal emasligidan yuzaga keladi.

Mikrobukilishlar kabeldagi yo‘qotishlarini oshiradi. Bu yo‘qotishlar juda katta bo‘lishi va ba‘zi hollarda 100 dB/km dan ham oshishi mumkin. Mikrobukilishlarning yorug‘lik nurlanishining so‘nishiga ta‘siri 10.4 – b rasmda ko‘rsatilgan.



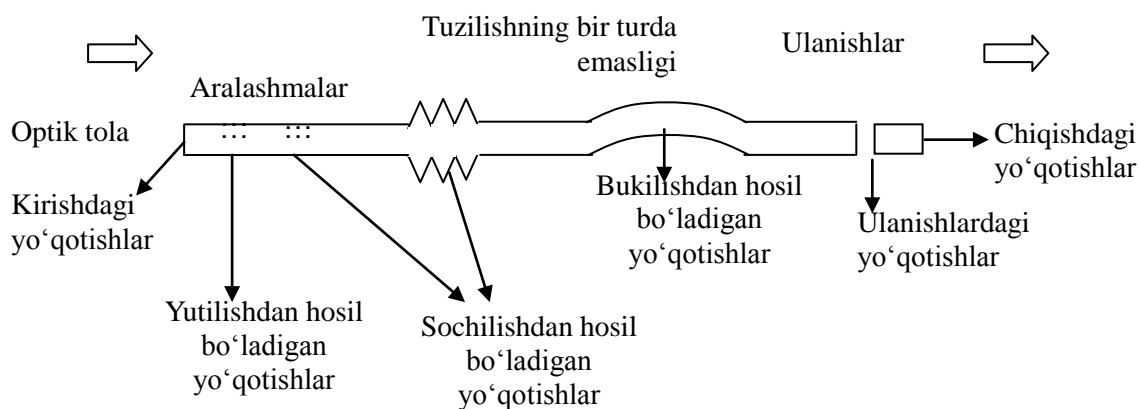
10.4–rasm. Optik tola makrobukilishlari (a) va mikrobukilishlari (b) ning yorug‘lik nurlanishining so‘nishiga ta‘siri.

Ishlab chiqarilgan optik tolaning mukammal emasligi, tola geometriyasining o'zgarishlari uning oson, tez va sifatli payvandlanmasligiga olib keladi. Tolalarni payvandlab ulashda yo'qotishlarga olib olib keladigan sabablar quyidagilar:

- tola o'zaklari o'lchamlarining moslashmaganligi;
- tolalar sindirish ko'rsatkichlarining farqlanishi;
- tolalarni ulashda uzunasiga o'qlarning chatishmasligi;
- tolalar apertura burchaklarining farqlanishi;
- tolalarni zich ulamaslikdan havo puffakchalarining hosil bo'lishi.

Bu omillarning barchasi so'nishni, yo'qotishlarni oshiradi. So'nish va yo'qotishlarni kamaytirish uchun ishlab chiqarish jarayonida tola geometriyasining yuqori darajada aniq bo'lishiga katta e'tibor berish kerak. Buning uchun ishlab chiqarishda o'zakni qobiq shishasida markazlashgan holda joylashishiga, ishlab chiqarilgan tolalar diametrlarining bir xil bo'lishiga, tolaning bukilishlariga katta talablar qo'yiladi.

Optik tolaning to'liq so'nish ko'effitsiyentini aniqlash uchun yuqorida aytib o'tilgan barcha omillar e'tiborga olinishi kerak.



10.5 – rasm. Optik signalni uzatish sifatiga ta'sir qiluvchi omillar.

Optik nurlanishning berilgan to'lqin uzunligi uchun so'nish ko'effitsiyenti tolagga kiritiladigan optik quvvatni toladan qabul qilingan optik signal quvvatiga nisbati orqali aniqlanadi. Odatda so'nish ko'effitsiyenti detsibell (dB) larda o'lchanadi va uning qiymati optik tola parametrlariga, shuningdek to'lqin uzunligiga ham bog'liq. So'nishning to'lqin uzunligiga bog'liqligi noxizizqli harakterga ega. Turli to'lqin uzunliklari uchun so'nish qiymatlari 10.1-jadvalda berilgan.

Turli to‘lqin uzunliklari uchun so‘nish qiymatlari

Shaffoflik darchalari	To‘lqin uzunligi λ , mkm	So‘nish α , dB/km
1	0,85	2-3
2	1,3	0,4–1,0
3	1,55	0,2–0,3

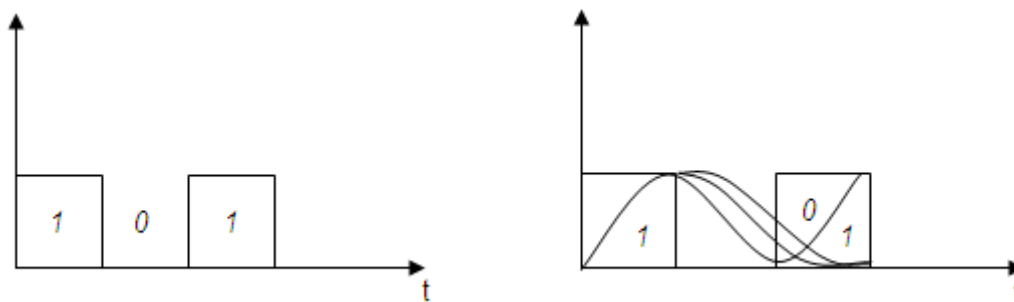
Birinchi “shaffoflik darchasi” keng polosali yorug‘lik nurlanish manbalaridan foydalanib, signallarni yaqin masofalarga uzatishda qo‘llaniladi.

Ikkinchi “shaffoflik darchasi”ga mos kelgan to‘lqin uzunliklari telekommunikatsiyada ko‘p qo‘llaniladi. Bu darcha nisbatan kam so‘nish koeffitsiyentiga ega bo‘lib, bu diapazonda signallarni uzatish uchun keng polosali optik nurlanish manbalari ishlatiladi. Buning asosiy sababi ushbu diapazonda kvars shishasi minimal xromatik dispersiya qiymatiga ega bo‘lib, u arzon nurlanish manbalaridan foydalanish imkonini beradi.

Uchinchi “shaffoflik darchasi”ning asosiy afzalligi so‘nish koeffitsiyentining minimalligi hisoblanadi. Biroq yuqori tezlikli tizimlarning oqimlarini uzatishda dispersiya qiymati oshib ketadi. Dispersiya qiymatini kamaytirish uchun dispersiyani kompensatsiya qiluvchi qurilmalarning qo‘llanilishi talab etiladi, bu esa tolali optik aloqa tizimlari narxining ortishiga olib keladi.

6.2. Optik toladagi dispersiya jarayoni va uning turlari

Optik tolada signallarni uzatish sifatiga ta’sir qiluvchi eng muhim omillardan biri dispersiya hisoblanadi. Dispersiya bu yorug‘lik impulslari frontlarining cho‘zilishi, ya’ni impulslarning kengayishidir. Qo‘shni impulslar kengayib, bir birini qoplaydi, natijada simvollararo buzilishlar yuzaga keladi va qabul qilishda impulslar ketma-ketligidan uzatilgan foydali axborotni ajratib bo‘lmay qoladi (10.6-rasm).

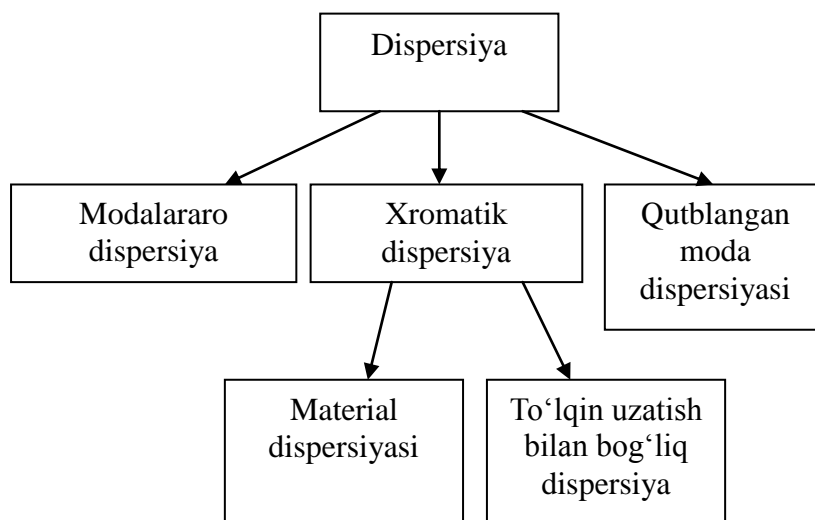


10.6 – rasm. Optik tolada impulslarning kengayishi.

Dispersiya o‘tkazish qobiliyatini kamaytirib, optik tizimlarning uzatish tezligini chegaralaydi. Dispersiya – impulslarning kengayishi L uzunlikli kabelning kirish va chiqishidagi impulslar davomiyligining kvadratik farqi sifatida quyidagi munosabat orqali aniqlanadi:

$$\tau(L) = \sqrt{t_{chiq}^2 - t_{kir}^2} \quad (10.10)$$

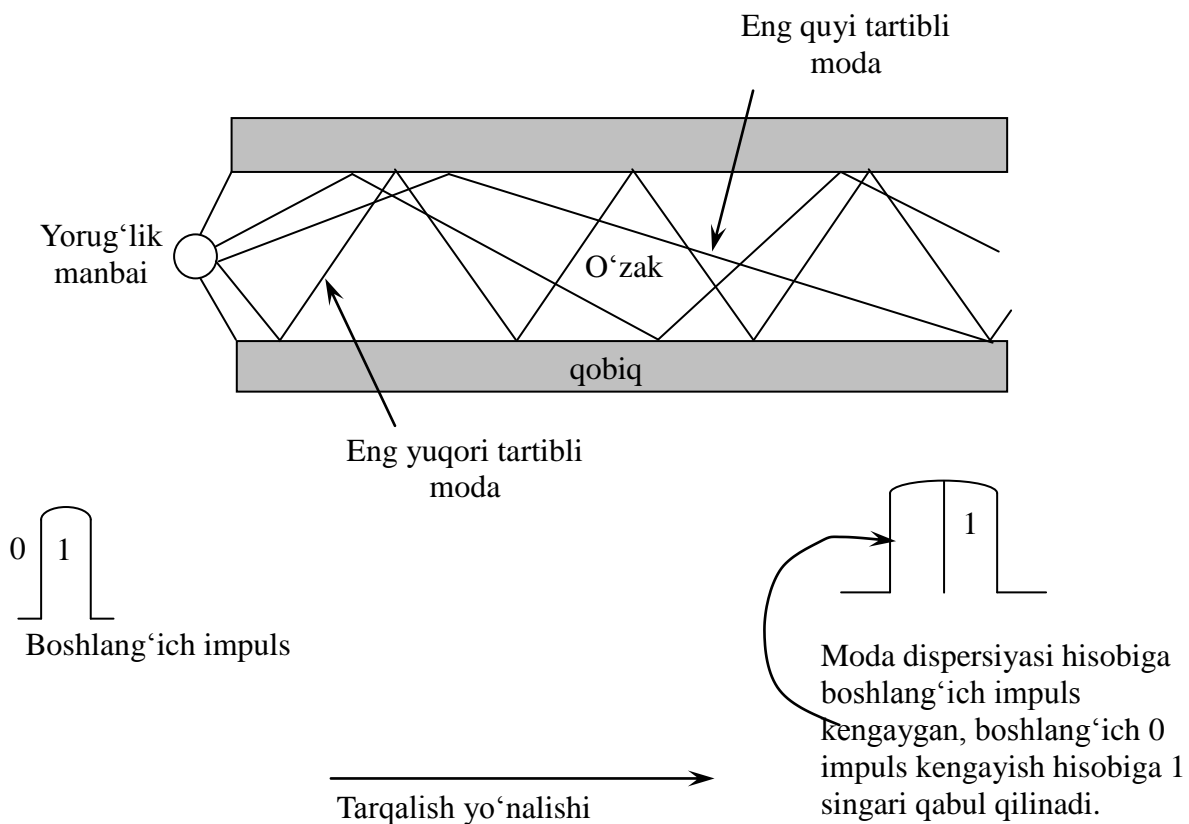
Dispersiya odatda, bir kilometr hisobida me’yorlashtiriladi va ps/km da o‘lchanadi. Dispersiyaning quyidagi turlari mavjud:



10.7 – rasm. Dispersiya turlari.

6.2.1. Modalararo dispersiya

Modalararo dispersiya tola bo‘ylab modalarning turli yo‘nalishlarda turli vaqt davomida tarqalishi bilan bog‘liq. Ko‘p modali tolaga apertura burchagi doirasida bir necha ruxsat etilgan modalar kiritilishi mumkin (10.8-rasm) [5]. Modalar turli yo‘nalishlarda tarqaladi va uzatuvchi manbadan qabul qilgichga turli vaqtlarda etib keladi. 10.8-rasmda eng katta to‘lqin uzunlikli moda 2 ta qaytishga ega bo‘lsa, eng kichik to‘lqin uzunlikli moda tolaning shu kesimida 7 ta qaytishga ega. Natijada kichik to‘lqin uzunlikli moda energiyasi katta to‘lqin uzunlikli moda energiyasiga qaraganda kechikadi.



10.8-rasm. Ko‘p modali optik tola kesimida yorug‘lik manбайдan uzatilayotgan. uchta modaning tarqalish jarayoni (ideallashtirilgan rasm).

Qabul qilingan impulslar yig‘indisida bir impulsning qo‘shni impuls intervaliga tushishidan qo‘shni impuls xato qabul qilinadi. Modalararo dispersiya ko‘p modali optik tolalarning kamchiligi hisoblanadi. Bu turdagi dispersiya buzilishlarini bir modali tolalarni qo‘llash orqali bartaraf etish mumkin. Chunki undan faqat bitta asosiy moda uzatiladi.

6.2.2. Xromatik dispersiya

Xromatik dispersiya ham dispersiyaning boshqa turlari kabi impulslarning kengayishi tufayli hosil bo'ladi. Xromatik dispersiyani material va to'lqin uzatgich (tola)ning tuzilishi bilan bog'liq dispersiyalarning yig'indisi tashkil etadi:

$$D_x = D_m + D_t. \quad (10.11)$$

Xromatik dispersiya pikosekund/nanometr*kilometr (ps/nm·km) larda o'lchanadi. ($1 \text{ ps} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ s}$, $1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$). Bu degani 1 nm kenglikdagi impulsni 1 km uzunlikdagi tola orqali uzatilganida uning necha ps ga kengayishi demakdir. Masalan: bir modali standart tolalarda 1550 nm to'lqin uzunligida xromatik dispersiya qiymati 17 ps/nm·km atrofida bo'ladi. Dispersiyaning bu turi bir modali tolalarga ham, ko'p modali tolalarga ham xos. Biroq u bir modali optik tolalarda ko'proq namoyon bo'ladi.

6.2.2.1. Material dispersiya

Material dispersiya to'lqin uzunligining tola materialining sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligi bilan aniqlanadi. Natijada tola materiali orqali turli to'lqin uzunliklari turlicha tezliklarda uzatiladi.

Optik tola asosan kvarts shishasidan (SiO_2) tayyorlanadi. Har bir to'lqin uzunligi tola materialidan turlicha tezlikda uzatiladi. 1-“shaffoflik darchasi”da katta to'lqin uzunliklari katta tezlikda, qisqa to'lqin uzunliklari kichik tezliklarda uzatiladi. Masalan: 865 nm to'lqin uzunligi 835 nm ga nisbatan katta tezlikda uzatiladi.

Bunga teskari tarzda 3-“shaffoflik darchasi”da qisqa to'lqin uzunliklari katta tezliklarda, uzun to'lqin uzunliklari esa, nisbatan kichik tezliklarda uzatiladi. Masalan: 1535 nm to'lqin uzunligi 1560 nm ga qaraganda tezroq uzatiladi.

2-“shaffoflik darchasi”ning 1310 nm to'lqin uzunligi nol dispersiyali to'lqin uzunligi deyiladi. Chunki 1310 nm to'lqin uzunligida kvarts shishasini sindirish ko'rsatkichi minimal qiymatga ega.

Material dispersiyasi bir modali optik tolalarda dispersiyaning asosiy tashkil etuvchisi hisoblanadi. Uzatish tizimlarining tezliklari oshgan sari bitlar orasidagi interval kamayadi, natijada dispersiya oshadi.

6.2.2.2. To‘lqin uzatgichning xossalari bilan bog‘liq dispersiya

To‘lqin uzatgichli dispersiya – bu impulslar tarqalish tezligining to‘lqin uzatgich (tola) ning tuzilishi bilan bog‘liq dispersiya turidir. Dispersiyaning bu turi tolaning geometrik shakliga va sindirish ko‘rsatkichining tola ko‘ndalang kesimi bo‘yicha o‘zgarishi - $\Delta n(x, y)$ ga bog‘liq.

Har qanday real nurlanish manbai to‘lqin uzunliklari chastotalarning ma‘lum oralig‘ida nurlantirishini e‘tiborga olsak, turli to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan yorug‘lik impulslari tolaning birjinsliklari tufayli undan turli vaqt davomida tarqaladi. Natijada boshlang‘ich impulslar va ularning ketma-ketligi buziladi.

Yuqorida qayd etilganidek, 1310 nm to‘lqin uzunligida dispersiya qiymati minimal bo‘lib, nolga teng, lekin so‘nish qiymati katta. Shuning uchun ham dispersiya, ham so‘nish qiymatlarini kamaytirish maqsadida dispersiyaning nol qiymati so‘nish qiymati kichik bo‘lgan 3-“shaffoflik darchasi”ga surilgan. Bu kvarts shishasini aralashmalar bilan legirlash yordamida amalga oshiriladi. Bunday tolalar siljigan dispersiyali tolalar deyiladi. Bu turdagi tolalardan signallarni yuqori tezlikli, shuningdek oraliq punktlar soni kam bo‘lgan tizimlarda uzoq masofalarga uzatishda foydalaniladi.

10.9-rasmda turli xil optik tolalar uchun xromatik dispersiya qiymatining to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi keltirilgan.

Uzatish liniyasi xromatik dispersiyasining qiymati quyidagilarga sezgir:

- tandem bog‘lanishlar sonining va uzatish liniyasi uzunligining oshishiga;

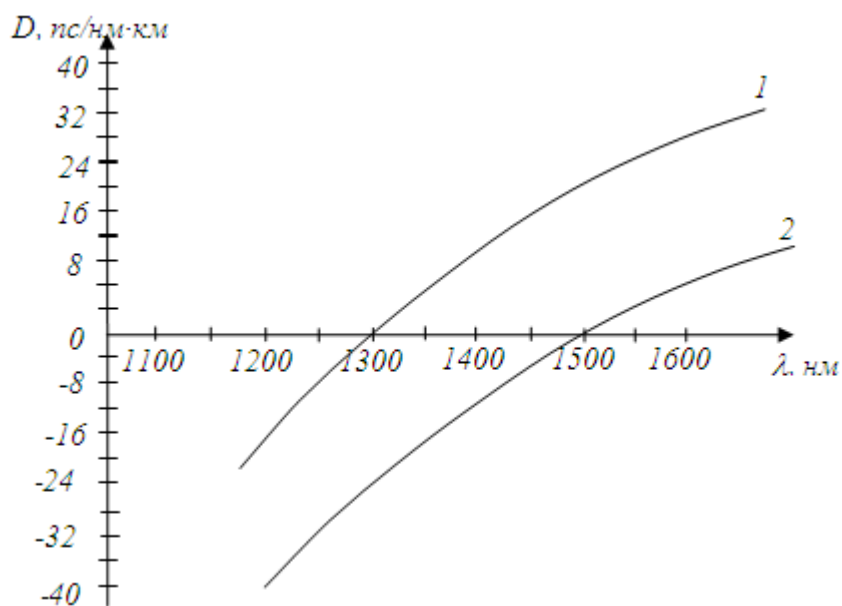
- uzatish tezligining oshishiga.

To‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirilgan (WDM) tizimlarda xromatik dispersiyaning kattaligiga quyidagilar ta‘sir qiladi:

- kanallar orasidagi qadamning kamayishi;

- kanallar sonining oshishi.

Xromatik dispersiyani kamaytirish uchun dispersiyani kompensatsiyalash usullaridan foydalaniladi.



10.9 - rasm. Xromatik dispersiyaning to‘lqin uzunligiga bog‘liqligi:
 1 – toza kvars shishasi xromatik dispersiyasining xarakteristikasi;
 2 – siljigan dispersiyali tola xromatik dispersiyaning xarakteristikasi.

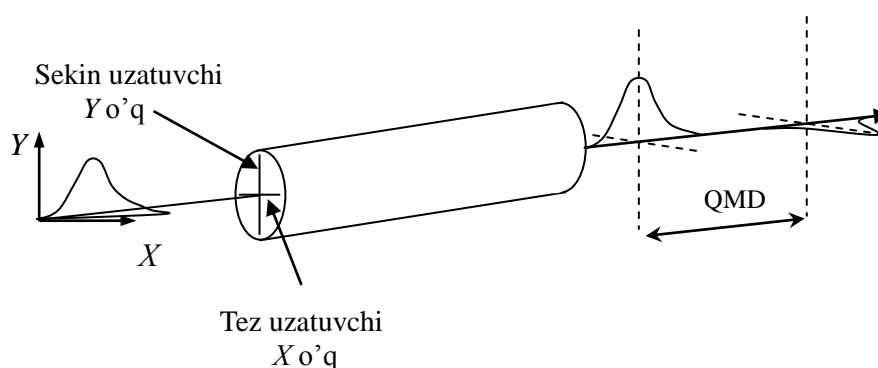
6.2.3. Qutblangan moda dispersiyasi

Bir modali optik tolalarda asosan bitta asosiy moda uzatiladi. Biroq, yorug‘lik to‘lqinining qutblanishini hisobga olsak, bir modali tola bo‘ylab ikkita moda uzatiladi. Ular boshlang‘ich asosiy modaning o‘zaro perpendikulyar qutblangan ikki tashkil etuvchilaridir. Bu tashkil etuvchilaridan biri dominant (asosiy) hisoblanib, u gorizonttal X o‘qi bo‘yicha, ikkinchisi esa, vertikal Y o‘qi bo‘ylab tarqaladi. X o‘qidan uzatilgan moda Y o‘qidan uzatilgan modaga nisbatan tez etib borgani uchun X o‘qini “tez uzatadigan o‘q”, Y o‘qini “sekin uzatadigan o‘q” deyiladi.

Signal ideal aniq geometriyaga ega toladan uzatilganida edi, modalar qabul qiluvchi punktga bir xil tezlikda, bir xil vaqtda yetib borardi. Biroq amaliyotda tolaning geometrik noidealligi, shuningdek turli mexanik va optik omillar tufayli sindirish ko‘rsatkichlari assimetriyasining yuzaga kelishi sababli ikki o‘zaro perpendikulyar qutblangan modalar vaqt bo‘yicha turlicha kechikishi natijasida turli tezliklarda tarqaladi. Tola chiqishida boshlang‘ich signalning asosiy modasi buzilgan holda etib keladi. Ikki o‘zaro perpendikulyar qutblangan tashkil etuvchi modalarning turli tezliklarda tarqalishidan boshlang‘ich signalning buzilgan holda qabul qilinishi qutblangan moda dispersiyasi (QMD) deyiladi.

QMD hosil bo'lish jarayoni 10.10-rasmda ko'rsatilgan.

QMD hosil bo'lishiga asosiy sabab bu tola o'zagi geometriyasining noidealligidir. Tola o'zaginging noidealligi (ovalligining buzilishi) tolni ishlab chiqarish yoki undan foydalanish jarayonlarida yuzaga keladi. Shuningdek, tolaning bukilishlari, tolni jo'natish uchun maxsus g'altaklarga o'rash, so'ng uni yotqizishdagi mexanik harakatlar tola profilini yoki o'zakning qobiq markazida joylashuvini buzadi va tola deformatsiyasiga olib keladi. Bularning barchasi tola geometriyasining o'zgarishiga ta'sir etib, qutblangan moda dispersiyasining hosil bo'lishiga olib keladi.



10.10 –rasm. Qutblangan moda dispersiyasining hosil bo'lish jarayoni.

Tola defektlarining qo'shilishi va qutblangan moda dispersiyasi bilan o'zaro ta'sirda bo'lishi natijasida qutblangan moda dispersiyasi signal bir seksiyadan keyingi seksiyaga yetib borguncha oshib boradi.

Qutblangan moda dispersiyasi ps/nm^{-1/2} larda o'lchanadi. Bir necha seksiyalardan iborat trassa uchun har bir uchastkaga mos keluvchi qutblangan moda dispersiyalarining o'rtacha kvadratik yig'indisini qo'llash kerak.

Quyidagi hollar TOAT larda qutblangan moda dispersiyasi ta'sirining ortishiga olib keladi:

- kanal bo'ylab uzatish tezligining oshishi;
- regeneratorlar orasidagi masofaning uzaytirilishi;
- to'lqin uzunligi bo'yicha katta zichlikda zichlashtirilgan (DWDM)-texnologiyaning qo'llanilishi.

Qutblangan moda dispersiyasi qiymatini tolni ishlab chiqarish jarayonini qat'iy nazoratga olish yo'li bilangina kamaytirish mumkin.

6.3. Dispersiyani kamaytirish usullari

Dispersiya qiymatlari minimal bo'lgan DSF, NZ DCF tolalarini qo'llash dispersiyani kamaytirish usullaridan biridir. Mamlakatimiz tolali optik aloqa liniyalarida SF - standart tolali kabellari eng ko'p qo'llaniladi. SF tolalarida yuqorida aytib y'tilgandek xromatik dispersiya qiymati nisbatan katta. Standart optik tolali kabellar o'rniga dispersiya qiymati kichik b'ylgan DSF, NZ DSF tolali optik kabellarni o'tkazish qo'shimcha sarf harajatlarni taqozo etadi. Shu sababdan bu usuldan yangi qurilayotgan tolali optik aloqa liniyalarini tuzishda foydalaniladi.

Standart tolali kabellar asosidagi uzatish tizimlarida dispersiyani kamaytirish uchun dispersiyani kompensatsiya qiluvchi tola DCF (Dispersion Compensating Fiber) lardan foydalanish mumkin.

Dispersiyani kompensatsiyalovchi tolalardan asosan xromatik dispersiyani kamaytirishda, regeneratsiyalash seksiyasi uzunligini oshirishda, past tezlikdan yuqori tezlikli tizimlarga o'tishda, to'lqin uzunligi bo'yicha zichlashtirilgan TOAT da foydalaniladi. DCF tolalarida dispersiya qiymati manfiy qiymatlarga ega bo'ladi. Xromatik dispersiyasi musbat ishchi tolaga dispersiyasi manfiy DCF tolalarini ulash natijasida dispersiya nolga yaqinlashadi, ya'ni kompensatsiya qilinadi (10.11-rasm).

DCF tolalari "Corning", "Lucent Technologies", "Sumitomo Electric" kompaniyalari tomonidan ishlab chiqarilmoqda.

Lekin DCF tolalarini qo'llash bir qator muammolarni tug'diradi. Zero, u:

- dispersiyasi musbat va manfiy turli tolalarni ulash, montaj va ta'mirlashni murakkablashtiradi;
- DCF tolalari ishchi tolaga qaraganda katta yo'qotishlarni yuzaga keltiradi, bu yo'qotishlar $\alpha = 0,4-1,0$ dB/km bo'lib, uzatish liniyasining umumiy yo'qotishlariga qo'shiladi;
- 10 – 12 km ishchi tolaning dispersiya qiymatini kompensatsiyalash uchun 1 km atrofida DCF tolalari talab etiladi;
- nochiziqli effektlarning oshishiga olib keladi.

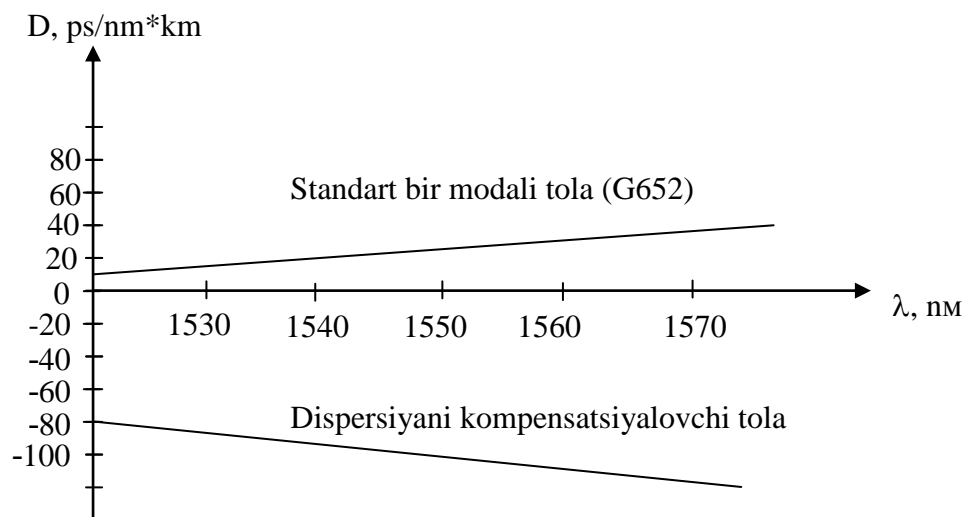
Kompensatsiyalash samarali bo'lishi uchun, ishchi tolaning umumiy dispersiya qiymatini va DCF tolasining dispersiya parametrlarini o'lchash kerak.

Kamchiliklarni yo'qotish maqsadida DCF tolalari DCM (Dispersion Sompensating Module) deb nomlangan maxsus modullarga joylashtirilib, ular uzatish tizimlarining ustunlariga yoki optik kuchaytirgichlarning 1-

va 2- kaskadlari orasiga qo‘yiladi. Dispersiyani kompensatsiya qiluvchi modullarning DCM o‘lchamlari har xil bo‘lishi mumkin. Masalan, “Corning” B turdagi modullari 235x235x40 mm, D turdagi modullar 267x267x40 mm, S turdagi modullar 278x432x44mm, “Sumitomo” firmasining modullari esa 228x202x41 mm o‘lchamlarga ega.

Biroq DCM modullarining qo‘llanilishi ham ayrim muammolarni keltirib chiqaradi, chunonchi qo‘shimcha yo‘qotishlarning yuzaga kelishiga, qutblangan moda dispersiyasi QMD qiymatining oshishiga olib keladi.

To‘lqin uzunligi bo‘yicha zichlashtirilgan yuqori tezlikli tizimlarda QMD qutblangan moda dispersiyasi $0,1-0,2 \text{ ps/km}^{-1/2}$ dan oshmasligi kerak.



10.11 – rasm. DCF yordamida dispersiyani kompensatsiyalash.

DCM modullari qo‘llanilganida yuqoridagi kamchiliklarni e‘tiborga olish zarur.

6.4. Real optik aloqa liniyasining qabullash oxiridagi shovqinlar

Optik signalning asosiy xususiyati shundaki, u kvant tuzilishga ega. Fototokning shakllanishi alohida olingan fotonlarning yutilishi va elektron-kovak juftlarining hosil bo‘lishi bilan bog‘liq jarayonlarining ketma-ketligidir. Shu sababdan hatto yorug‘lik manbai va optik traktning

barcha boshqa elementlari ideal bo'lib, fotodiod kirishida signalga shovqin kiritmasalar ham fototokda shovqin tashkil etuvchisi mavjud bo'ladi. Bu hol fotonlar yutilishining kvant statistikasi qonunlariga bo'ysinuvchi tasodifiy haraktyerga ega ekanligi tufayli yuzaga keladi.

Bunday shovqin kvant shovqini deb ataladi va uni fotodiod kuchaytirgichi chiqishidagi signal/shovqin (S/SH) nisbatini baholashda hisobga olish zarur. Bu shovqin optik signal tabiati bilan bog'liq bo'lgani sababli, uning sathi fotodiod kirishidagi optik quvvatning ortishi bilan ortib boradi. Kvant shovqinlarining sathi elekiron-kovak juftlari hosil bo'lishining tasodifiy haraktyerga ekanligi tufayli qo'shimcha tarzda ortadi. Bu hol tok tashuvchilar – elektronlar va kovaklarning hosil bo'lish joylaridan fotodiodning tashqi kontaktlarigacha ichki elektr maydoni ta'sirida turlicha vaqt davomida etib kelishi (dreyflanishi) bilan bog'liq.

Yuqorida ko'rib o'tilgan shovqinlar drobovoy shovqin ko'rinishida namoyon bo'ladi. Ular spektr bo'yicha foto qabul qilgich qayd etadigan Δf chastotalar oralig'ida tekis taqsimlangan. Fototok shovqin tashkil etuvchisining o'rtacha kvadratik qiymati quyidagi miqdoriy munosabat bilan aniqlanadi:

$$(I_{shf})^2 = 2q I_{f o'rt.} \Delta f = 2 q P_s S \Delta f, \quad (10.12)$$

bu yerda, $I_{f o'rt.}$ – fotodiod kirishidagi optik quvvatning o'rtacha qiymatiga mos keluvchi fototok o'zgarish tashkil etuvchisining o'rtacha qiymati. Bu qiymat har qanday modulyatsiya usulida ham noldan farq qiladi; P_s – fotodiod yuza sirtiga tushayotgan optik quvvatning o'rtacha qiymati; S – fotodiodning yorug'likka sezgir sirti yuzasi.

Avval qayd etilganidek, hatto $P_s = 0$ bo'lganida ham fotodiod orqali qorong'ilik toki oqib o'tadi. Uning tabiati ham tasodifiy haraktyerga ega va u kvant shovqini kabi qo'shimcha shovqin manbai hisoblanadi. Qorong'ilik toki shovqin tashkil etuvchisi o'rtacha kvadratik qiymatining kattaligi $I_{shqor.}$ uning o'rtacha qiymati orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$(I_{shqor.})^2 = 2 q I_{qor.o'rt} \Delta f. \quad (10.13)$$

Optik traktning umumiy shovqiniga fotodiodning sezgir yuza sirtiga halaqit vazifasini o'tovchi turli tashqi manbalardan tushayotgan fon nurlanishlari ham o'z hissasini qo'shadi. Agar bunday manba fotodiodning sezgir yuzasida $P_{fon.}$ quvvat hosil qilsa, unga tegishli shovqin tashkil etuvchisi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$(I_{\text{shfon}})^2 = 2 q P_{\text{fon}} S \Delta f. \quad (10.14)$$

Tolali optik aloqa liniyalari uchun yuqorida ko‘rib o‘tilgan shovqinlardan tashqari fotodiodning sezgir yuza sirti doirasida yorug‘lik intensivligining tasodifiy o‘zgarishlari (fluktuatsiyalari) hisobiga hosil bo‘luvchi modaviy shovqinlar ham harakterlidir. Bu turdagi shovqinlar kogerent nurlanish manbai (lazer diodi) ko‘p modali optik tola bilan birgalikda ishlatilganida namoyon bo‘ladi. Bu holda optik tolaning chiqish sirtida turli modalarning interferensiyasi natijasida “spekl-manzara” hosil bo‘ladi. Bu manzara bir qator omillar – atrof muhit haroratining o‘zgarishi, optik tolaning turlicha mexanik ta’sirlar tufayli mikro-deformatsiyasi va h.k.lar natijasida doimiy o‘zgarib turadi. Bu tashqi ta’sirlarning har biri optik tola bo‘ylab tarqalayotgan turli modalarga tegishli nurlarning geometrik yo‘li kattaligini tasodifiy tarzda o‘zgartiradi. Bu o‘zgarish unchalik katta bo‘lmasdan, bir kilometr optik tola uchun mikronning ulushlarini tashkil etishiga qaramasdan, u yorug‘lik nurlanishi to‘lqin uzunligiga yaqin o‘lchamlarga ega bo‘ladi va turli modalar orasidagi faza farqini muhim tarzda o‘zgartiradi. Bu hol optik tola chiqish sirtidagi nurlanish intensivligi taqsimotining o‘zgarishiga – modaviy shovqinning paydo bo‘lishiga olib keladi.

O‘xshash tarzda namoyon bo‘ladigan shovqin fotodiod kuchaytirgichining chi-qishida nokogerent nurlanish manbai – yorug‘lik diodi va bir modali optik toladan birgalikda foydalanilganida ham hosil bo‘ladi. Faqat farqi shundaki, yorug‘lik nurlanishi intensivligining optik tola chiqish yuza sirtidagi taqsimotining tasodifiy harakteri fazoviy va vaqtli tuzilishga ega bo‘lmaydi. Nurlanish manbai ham qo‘shimcha shovqinlar hosil qiladi. Ular optik quvvatning fluktuatsiyasi va intensivlikning nurlanish manbai yuza sirti bo‘ylab tasodifiy tarzdagi taqsimoti ko‘rinishida namoyon bo‘ladi.

Optik aloqa tizimini optik diapazon uchun harakterli bo‘lgan shovqinlar qatorining yuzaga kelish sabablarini bartaraf etib maqbullashtirish mumkin. Kogerent nurlanish manbalarini bir modali optik tola bilan birgalikda, nokogerent nurlanish manbalarini esa ko‘p modali optik tola bilan birgalikda qo‘llab modaviy shovqinlarni bartaraf etish mumkin. Lazer diodi va yorug‘lik diodini tayyorlashda takomillashtirilgan texnologiyalarni qo‘llash va damlash toki manbalari uchun ularning ish rejimini nazorat qilish va avtomatik boshqarish ko‘zda tutilgan sxemotexnik yechimlarni ishlab chiqish yorug‘lik manbai

shovqinlarini minimumlashtirish imkonini beradi. Signalning kvant shovqinlari va qorong'ilik tokining shovqinlarini birorta usul bilan ham bartaraf etish mumkin emas. Ularni optik signaldan ajratib bo'lmaydi va bu turdagi shovqin omillarining mavjudligini fototokning kuchaytirgichi uchun sxemotexnik yechimlarini ishlab chiqishda hisobga olish zarur.

10.12-rasmda foto qabul qilgichning umumlashgan ekvivalent sxemasi keltirilgan. Unda barcha asosiy shovqin manbalari hisobga olingan va yuqorida keltirilgan shovqin manbalari bilan bir qatorda fotodiod yuklamasi aktiv qarshiligi R_1 ning issiqlik shovqinini hisobga oluvchi tok generatori I_{shis} kiritilgan. Bu turdagi shovqinning kattaligi, ma'lumki, quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$(I_{shi})^2 = 4 k T \Delta f / R_1, \quad (10.15)$$

bu yerda, $k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Dj/K – Bolsman doimiysi; T – Kelvin (K) shkalasi bo'yicha harorat.

Yuqoridagi rasmda I_{shkuch} va U_{shkuch} manbalari bilan kuchaytirgich aktiv elementining shovqinlari hisobga olingan. Agar kuchaytirgich maydoniy tranzistor asosida tuzilsa,

$$(U_{shkuch.})^2 = \xi 4 k T \Delta f / g, \quad I_{shkuch.} = 0, \quad (10.16)$$

bu yerda g – maydoniy tranzistor kirish (stok-zatvor) xarakteristikasining egriligi – kirish o'tkazuvchanligi ma'nosiga ega kattalik; ξ – qiymati maydoniy tranzistor xiliga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent. Bu qiymat 0,7 – 1.1 oraliqda yotadi.

Bipolyar tranzistor asosida tuzilgan kuchaytirgich uchun

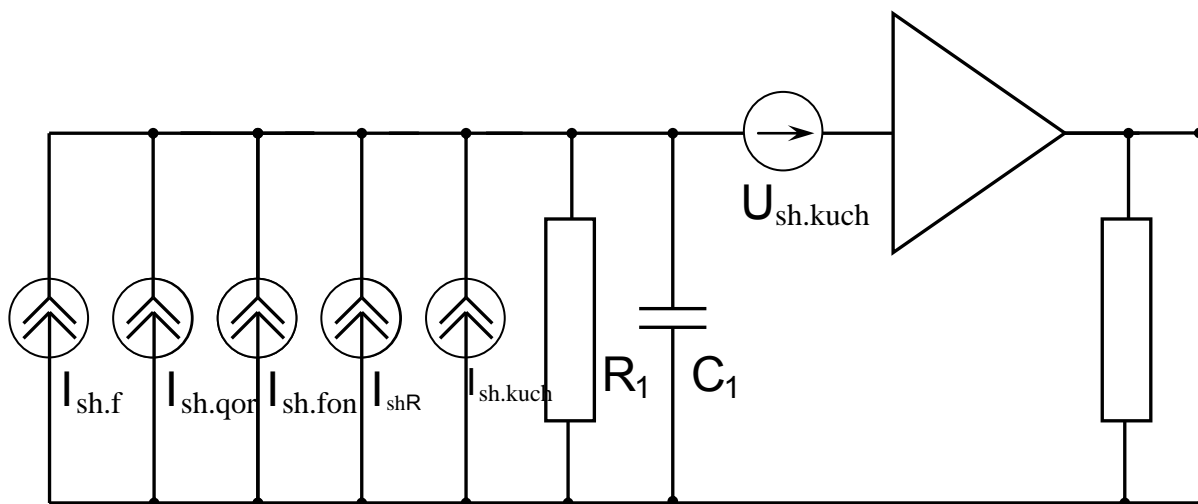
$$(U_{shkuch.})^2 = 4(k T)^2 \Delta f / (q I_k); \quad (I_{shkuch.})^2 = 2 q I_b \Delta f, \quad (10.17)$$

bu yerda I_b va I_k – mos ravishda tranzistorning bazasi va kollektori orqali oqib o'tadigan o'zgaruvchan toklar.

Yuqorida ko'rib chiqilgan barcha shovqin manbalarini birinchi yaqinlashuvda o'zaro bog'liq emaslar deb qarash mumkin. Shu sababdan kuchaytirgich kaskadining chiqishidagi shovqinning natijaviy quvvati alohida manbalar tomonidan kiritilgan shovqinlarni yig'ish orqali aniqlanishi mumkin. Yuqorida keltirilgan miqdoriy munosabatlardan foydalanib, kuchaytirish kaskadi chiqishidagi S/Sh nisbati uchun analitik

ifoda olish mumkin. Bu munosabatni atroflicha tahlil qilish quyidagi xulosalarga kelishga imkon beradi:

-S/Sh nisbati qabul qilinayotgan signalning quvvati P_s ga bog‘liq emas va bu nisbatni P_s ni oshirish hisobiga oshirib bo‘lmaydi;



10.12-rasm. Fotodiodning ekvivalent sxemasi.

-agar optik trakt shovqinlari foto qabul qilgich elektron qismining shovqiniga yaqin bo‘lsa, S/Sh nisbatini oshirishni fotodiod yuklamasi ekvivalent qarshiligi R_1 ni oshirish hisobiga ta‘minlash mumkin.

Biroq R_1 ning ortishi foto qabul qilgich o‘tkazish oralig‘ining kamayishiga olib keladi. Shu sababdan bir vaqtning o‘zida S/Sh nisbatini oshirish va foto qabul qilgichning o‘tkazish oralig‘ining avvalgi qiymatini saqlashni kuchaytirgich birinchi kaskadi elektron sxemasini muhim tarzda murakkablashtirishsiz amalga oshirish mumkin emas. Bu hol uning amplitudaviy-chastotaviy xarakteristikasiga yuqori chastotali korreksiya kiritishni talab etadi.

11-Laboratoriya ishi

AJRALADIGAN OPTIK ULAGICHLARNING XARAKTERISTIKASINI TADQIQ ETISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

- “TOPAZ 3000” optik testeri bilan ishlash ko‘nikmalarini hosil qilish.
- Ikkita yorug‘lik uzatgichini optik rozetka bilan ulash chog‘ida tolalarning sonli aperturasiga bog‘liq ravishda kiritiladigan so‘nish kattaligini aniqlash.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishiga tayyorlanayotganda quyidagi savollarni o‘rganish zarur:

- ajraladigan va ajralmaydigan optik ulagichlarning tuzilishi va ishlash prinsipini o‘rganish;
- hisobot uchun nazariy qismning qisqacha mazmuni, qurilmaning tuzilishi va olingan natijalarni qayd etish uchun jadval chizilgan sahifani tayyorlash;
- [1]-adabiyotning 214 – 218 sahifalari, [2]-adabiyotning 48 – 51 sahifalari, [5]-adabiyotning 61 sahisi, [6]-adabiyotning 283-309 sahifalari, [7]-adabiyotning 52– 74 sahifalaridan foydalaning.

3. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

Diqqat! Har bir qo‘llashdan avval tolali shnurlar yordamida o‘lchovlarni olib borishda ularning kesimidan himoya qalpoqlarini echish kerak. Tolali shnur yordamida ish tugagach, uning kesimiga echilgan himoya qalpog‘ini albatta kiygizib qo‘yish kerak. Har bir qo‘llashdan avval “TOPAZ 3000” optik testeri yordamida o‘lchashlarni olib borishda uning konnektori kesimidan himoya qalpog‘ini echish kerak va tezda uni tolali shnur konnektori bilan ulash zarur. O‘lchash ishlari tugagach himoya qalpoqlarini oldingi joyiga o‘rnatish shart.

1. ”Nurlanish manbaining elektr ta‘minoti bloki” boshqaruv

organlarini boshlang'ich holatga o'rnatib:

- potentsiometrning "sozlash" dastagini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatga keltiring;
- "rejim" tugmasini "quvvat" holatiga qo'ying. Buning uchun tegishli yozuvli tugmani bosib qo'ying;
- "tarmoq" tumblerini ulang, bunda uning chiroqchasi yonadi.

2. Lazerning ishga layoqatligini tekshiring. Buning uchun potentsiometrning "sozlash" dastagini soat strelkasi yo'nalishida burang. Bunda raqamli tablodagi ko'rsatkichlarning ortishi lazerning ishga layoqatligini ko'rsatadi.

3. "Rejim" tugmasini "tok" holatiga qo'ying. Bunda raqamli tabloda lazer diodidan oqib o'tayotgan tokning qiymati qayd etiladi.

4. FC/UPC turidagi bir modal (sariq rangli himoya qobig'ili) shnur yordamida "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki"ni "TOPAZ 3000" optik testerining kirishiga ulang.

5. "TOPAZ 3000" optik testerini ulang va panel yuza sirtidagi mVt, dBm, dB tugmalarini bosish yo'li bilan uni quvvatning absolyut qiymatlarini o'lchash rejimiga o'tkazing. Panel yuza sirtidagi tugmani bosib, testerni 1,3 mkm to'lqin uzunligida o'lchash rejimiga o'rnatib. Zarurat tug'ilsa, "TOPAZ 3000" asbobining tavsifidan foydalaning.

6. "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki"ni "sozlash" potentsiometrini "TOPAZ 3000" optik testerida optik quvvatning 0,5 mVt qiymatini ko'rsatadigan qilib o'rnatib. Bu qiymatlarni 11.1-jadvalga yozing. Qolgan o'lchashlarda bu qiymat o'zgarmasligi kerak.

11.1-jadval

Turli turdagi yorug'lik uzatgichlarini ulash tufayli yuzaga kelgan liniyaviy so'nishlar

$P_{ab}, 0,5 \text{ mVt}$	$\lambda, \text{ nm}$	sm-sm (dB)	mm-mm (dB)

7. mVt, dBm, dB tugmalarini kerak sonda bosib optik testerning ish rejimini optik quvvatni nisbiy birliklarda o'lchaydigan qilib o'rnatib. Shundan so'ng tester pultidagi "nolga sozlash" tugmasini bosib. Bunda tester kirishiga tushayotgan quvvat 0 deb olinadi va bu hol displeyda 0 dB ko'rinishida aks etadi.

8. FC/UPC - FC/UPC turidagi (sariq rangli himoya qobig'ili) bir modali shnur yordamida "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" ni 5-platadagi shtativda joylashgan FC - FC/UPC turidagi optik ulash rozetkasiga ulang (4.5-rasm). Optik rozetkaning qarama - qarshi tomonini FC/UPC - FC/UPC turidagi bir modali shnur yordamida "TOPAZ 3000" optik testeri kirishiga ulang. Uning displeyida dB larda ifodalangan bir xil sonli aperturali ikkita bir modali yorug'lik uzatgichning ulanishiga mos kelgan liniya so'nishi aks etadi. Bu qiymatni jadvaldagi sm-sm katagiga yozib qo'ying.

9. "TOPAZ 3000" optik testeri kirishi va optik rozetkani ulovchi FC/UPC - FC/UPC optik shnurini FC/PC - FC/PC turidagi ko'p modali (olov rangli himoya qobig'ili) shnurga almashtiring. Optik testyerda bir modali va ko'p modali yorug'lik uzatgichlarini ulashga mos kelgan so'nishlarni belgilang.

10. "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" ning "Optik chiqish" ini optik rozetka bilan ulaydigan FC/UPC - FC/UPC turidagi tolali shnurni uzing.

11. "TOPAZ 3000" optik tester kirishidagi FC/PC-FC/PC tolali shnurni uzing.

12. FC/PC - FC/PC turidagi ko'p modali shnur(olov rangli himoya qobig'li) yordamida "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" ning "Optik chiqish" ini "TOPAZ 3000" optik tester kirishiga ulang. Bunda tolali shnur orqali optik tester kirish konnektoriga tushuvchi optik quvvat sathi lazer diodining (elektron blok ichida joylashgan) bir modali yorug'lik uzatgichi va ko'p modali yorug'lik uzatgichlarni o'zgartirib ulash bilan o'zgaradi.

13. Optik tester yuzida joylashgan mvt, dbm, db tugmalarni bosib optik testerni quvvatni absolyut qiymatlarini o'lchash rejimiga o'tkazing. 6 va 7 qismlarda bajarilgan harakatlarni qaytaring.

14. FC/PC - FC/PC turidagi ko'p modali shnur (olov rangli himoya qobig'li) yordamida "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" ning "Optik chiqish" ini 5-platadagi shtativda joylashgan optik ulash rozetkasiga ulang. Optik rozetkaning qarama qarshi tomonini ko'p modali shnur (olov rangli himoya qobig'li) yordamida "TOPAZ 3000" optik testerining kirishiga ulang. Optik testerning displeyida bir xil sonli aperturali ikkita ko'p modali optik tolaning ulanishidagi liniya so'nishi dB larda aks etadi. Bu qiymatni jadvaldagi mm-mm katagiga yozib qo'ying.

15. "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" ning "Optik chiqish" idagi optik shnurni optik rozetkadan uzing.

16. Optik shnurni optik testyerdan uzing.

4. Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot

Hisobotga quyidagilar keltirilishi lozim:

1. Nazariy qismning qisqacha mazmuni.
2. Qurilmaning tuzilish sxemasi.
3. Olingan natijalar tahlili va xulosa.

5. Nazorat savollari

1. Optik ulagichlarning qanday turlarini bilasiz?
2. Qismlarga ajraladigan va ajralmaydigan optik ulagichlar qaysi hollarda qo'llaniladi?
3. Shtekerli ajraladigan optik ulagichning tuzilishini tavsiflang.
4. Optik tolalarni ajralmaydigan ulashning qanday usullarini bilasiz?

6 . Nazariy qism

6.1. Optik ulagichlar

Tolali optik aloqa tizimlari liniyalarini o'tkazishda uzatuvchi, qabul qiluvchi va liniya traktlarini tashkil etuvchi elementlarni o'zaro ulashdan iborat texnik masala yuzaga keladi va bu masala optik ulagichlar yordamida hal etiladi. Optik ulagich – bu nurlanishni kiritish va chiqarish joyida tolali optik aloqa liniya traktining turli komponentalarini, optoelektron modullarni kabel tolalari bilan ulash, kabelning qurilish uzunliklarini bir-biri yoki boshqa komponentalar bilan ulash uchun mo'ljallangan qurilma. Ulagichlarning ajraladigan va ajralmaydigan turlari mavjud. Ajralmaydigan ulanishni ta'minlovchi asosiy montaj usuli payvandlash hisoblanadi. Ajraladigan ulagichlar (ularni belgilash uchun konnektor, connector atamalaridan keng foydalaniladi) ko'p martalab ulash/ ajratishlarni bajarish imkonini beradi [6].

6.2. Ajraladigan optik ulagichlarning tuzilishi

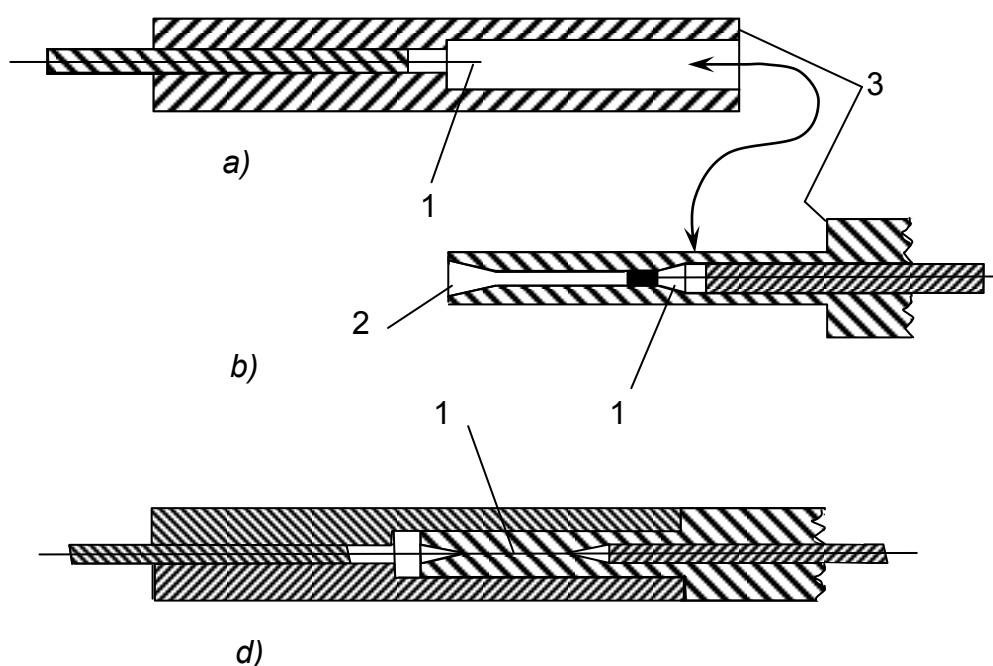
Optik aloqa tarmog'ining har bir tugunida kabelning optik tolalarini optik sxema elementlariga ulash imkoniyati ta'minlanishi kerak. Buning uchun odatda ajraladigan ulagichlardan foydalaniladi. Optik tolalarni optik sxema elementlariga ulash kommutatsiya qutilari, taqsimlovchi shkaflar va

krosslar yordamida amalga oshiriladi. Ularda optik rozetkalar va optik kabelni mahkamlovchi elementlar joylashtiriladi. Tolali kabelning yorug'lik uzatgichlari zaruriy kommutatsiyani amalga oshiruvchi optik konnektorlar bilan ta'minlanadi.

Ajraladigan ulagichlardan optik aloqa liniyasining alohida passiv elementlarini ulashni ta'minlash uchun ham foydalaniladi. Bu turdagi ulashlar odatda tolali shnurlar – pigteyllar yordamida amalga oshiriladi. Har bir shurning oxirgi uchlari sifatli ulanishga erishish uchun optik konnektorlar bilan ta'minlanadi.

11.1-rasmda shtekerli ajraladigan optik ulagichning tuzilishi ko'rsatilgan. Bu ulagichda uya va shtir qismlari ulanadi. Ulanishdan so'ng gayka bilan mustahkamlanadi. 11.1-rasmda ulagichning uyali qismi yuzasidagi rezba va gayka ko'rsatilmagan [6].

Ulagichlarga quyidagi talablar qo'yiladi: kirituvchi yo'qotishlari va teskari aks etishlari kam, tashqi mexanik, klimatik va boshqa ta'sirlarga bardoshli, yuqori ishonchli, tuzilishi sodda va ko'p martalab takroriy ulanishlardan so'ng xarakteristikalarini kam o'zgarishi kerak.



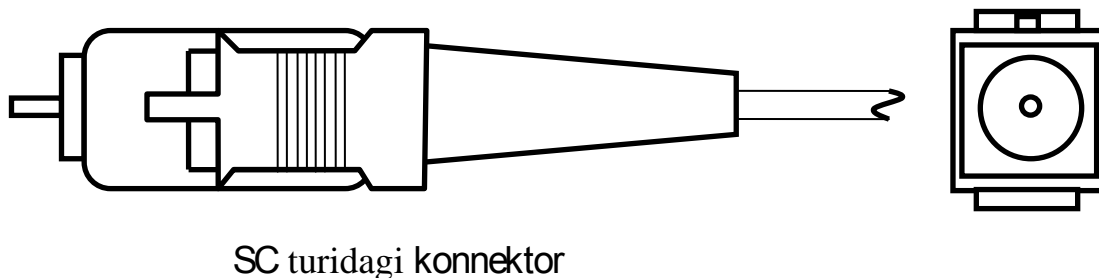
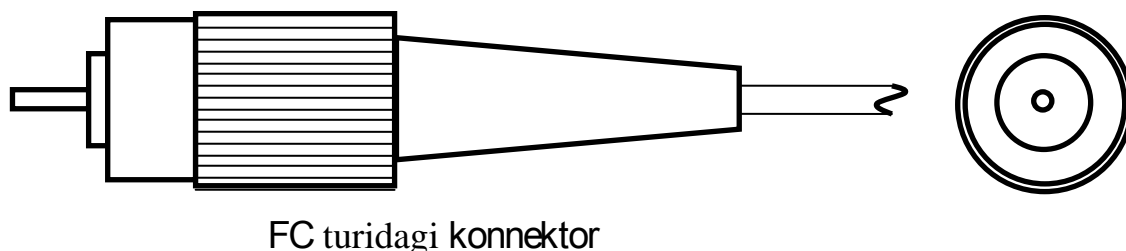
11.1-rasm. Shtekerli ulash: a – uya; b – shtir; d-ajraladigan ulagich;
1 – tola;
2 – kanal; 3 – birlashuvchi yuzalar.

Hozirgi vaqtda optik konnektorlarning bir-biridan ulash turi va qayd etish qobiliyati bilan farqlanadigan o'nlab turlari mavjud. Quyidagi konnektor turlari ayniqsa keng tarqalgan (11.2-rasm):

-silindr ko'rinishga va rezbali mahkamlagichga ega FC turidagi konnektor;

- to'g'ri burchakli ko'rinishga va push – pull turidagi qayd etish mahkamlagichiga ega SC turidagi konnektor.

Optik sxema elementlarini o'zaro ulash uchun qo'llaniluvchi 1-3 metr uzunlikga ega tolali shnurlar shunday konnektorlar bilan ta'minlanadi. Ulovchi shnurlar uchlariga bir turdagi FC-FC, SC-SC turidagi konnektorlar joylashtiriladi. Agar turli turdagi qobiqli elementlarni o'zaro ulash talab etilsa, tolali o'tish shnurlari qo'llaniladi. Ularning uchlariga turli turdagi (FC-SC) konnektorlar o'rnatiladi.



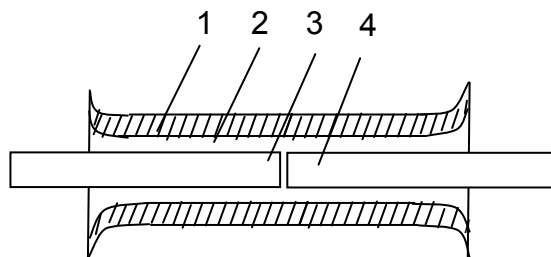
11.2-rasm. Konnektorning tuzilishi.

Turli turdagi konnektorlar bilan ulangan tolali shnurlarni ulashni ta'minlash uchun tegishli turdagi rozetkalar ishlab chiqilgan. Ularning qobiqlari muayyan turdagi konnektorli ikkita ulanuvchi tolali shnurlarni mahkamlash uchun mo'ljallangan. 11.2-rasmda FC-FC, SC-SC turidagi rozetkalarining tashqi ko'rinishi ko'rsatilgan. Turli turdagi konnektorli tolali shnurlarni ulash uchun SC – turidagi o'tish rozetkasidan foydalaniladi.

6.3. Ajralmaydigan optik ulagichlar

Odatda, optik liniya uzunligi o'nlab kilometrni tashkil etadi, bu esa tolali optik kabelning ko'pincha 10 km bo'lgan qurilish uzunligidan ancha katta. Shu sababli kabelni yo'qizishda turli qurilish uzunligiga ega kabellar optik tolalarini bir-biriga ulash zarurati tug'iladi. Bunday ulash payvandlash usuli bilan tayyorlanadigan ajralmaydigan ulagichlar yordamida amalga oshiriladi. Ikkita optik tola o'zaro payvandlangandan so'ng, payvandlash joyi mexanik ta'sirlardan va namlikdan termosiquvchi naycha yordamida himoyalanaadi. Mazkur naycha maxsus kasseta (splays-plastina) ga mahkamlanaadi. Ulanuvchi kabellarning optik tolalari splays-plastina bilan birgalikda ulovchi muftaga joylashtiriladi. Shu usul bilan payvandlangan optik tolalarning mexanik va atrof-muhit ta'sirlardan uzoq muddatga himoyalanaishi ta'minlanadi. Kabelni joylashtirish usuliga (yer va suv ostida, elektr uzatgich liniyalari ustuniga osish yo'li bilan) bog'liq holda turli mufta turlari qo'llaniladi.

Ajralmaydigan optik ulashning keng tarqalgan usullaridan biri shishadan tayyorlangan nay (trubka) yordamida ulash hisoblanadi (11.3-rasm). Bunday ulashda kiritiluvchi so'nish qiymati 0,29 dB ni tashkil etadi.

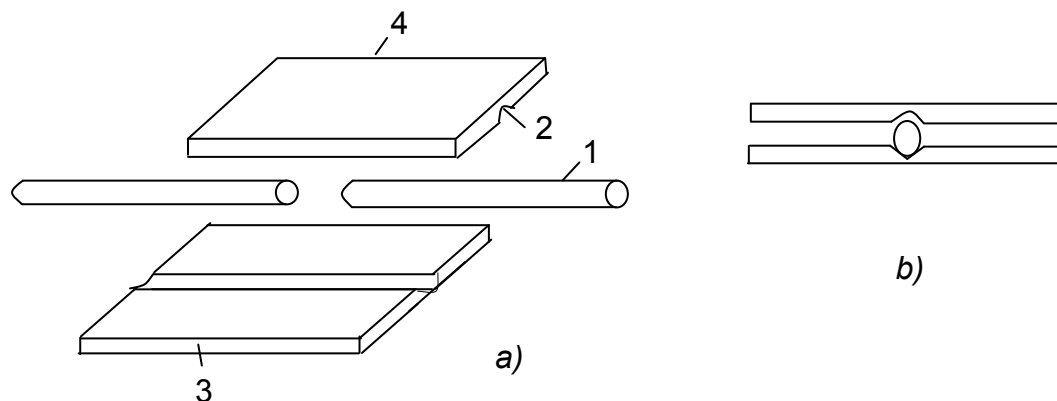


11.3- rasm. Trubka yordamida tolani ulash: 1 – vtulka; 2 – yopishtiruvchi kompaundni quyish uchun teshik; 3, 4 – optik tola.

Tolalarni yarimsilindrik ariqchali plastina yordamida ulash (11.4-rasm) usulida kiritiladigan so'nish sathi 0,5 dB ni tashkil etadi [7]. Tola oxirlari aniq markazlashtirilib, so'ng yopishtiriladi yoki payvandlanadi.

Ajralmaydigan optik ulashda optik tolalarni doimiy ulash, yuqorida qayd etilganidek, payvandlashda keng foydalaniladi. Hozirda payvandlash qurilmalari amaliyoti takomillashib bormoqda. Natijada payvandlashli ulash usuli qo'llanilganda kiritiluvchi so'nish qiymatlari bir modali va ko'p modali tolalar uchun 0,04 – 0,1 dB ni tashkil etadi.

Ko'p modali tolalarda payvandlashli ulash sifatiga ta'sir qiluvchi, tolaning o'ziga bog'liq bo'lgan omillar mavjud. Bu omillarga tola diametrlarining, sonli aperturalarining va sindirish ko'rsatkichlarining mos kelmasligi, o'zakning qobiq markazida joylashmasligi kiradi.



11.4- rasm. Dumaloq ariqchali plastina va V-turdagi forma yordamida tolani ulash: 1 – tola; 2 – ariqchalar; 3 – plastina; 4 – qopqoq

Bir modali tolalarda (dispersiyasi siljimagan holda) payvandlash sifatiga ta'sir qiluvchi asosiy omil – bu tolalar moda maydoni diametrlarining mos kelmasligi hisoblanadi.

Shuningdek, bo'ylama va burchakli siljishlar, o'zakning ifloslanishi va deformatsiyasi ham payvandlash sifatiga ta'sir qiluvchi omillardir. Bu omillarning ta'siri malakali texniklar, tola oxirlarini aniq markazlashtiruvchi avtomatik tenglashtiruvchi qurilmalarni va zamonaviy payvandlash qurilmalarni ishlatish hisobiga kamaytirilishi mumkin [6].

«Optik liniyaviy traktning passiv elementlarini tadqiq etish» o'quv laboratoriya qurilmasi

1. Qurilmaning umumiy tavsifi

Ushbu qurilma bazasida quyidagi laboratoriya ishlarini bajarishi mumkin:

1. Optik testerning ish tarzini va undan optik liniyadagi buzilishlarni izlashda foydalanishni o'rganish.

2. Optik liniya traktidagi optik ulagichlarning harakteristikalarini o'rganish.

3. Optik attenyuatorlarning xarakteristikasini o'rganish.

4. Optik quvvat ajratgichning xarakteristikasini o'rganish.

2. Laboratoriya qurilmasi funksional sxemasining tavsifi

Laboratoriya qurilmasining blok sxemasi 11.5-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, uning tarkibiga quyidagi elementlar kiradi:

1. Tolali yorug'lik uzatgichlarning termik bog'langan (payvandlangan) joyini o'rnatish uchun xizmat qiluvchi universal kasseta (splays-plastina);

2. Bir uchi SC/UPC turidagi konnektor bilan tugallangan to'rt tolali bir modali kabelning ikki bo'lagi (ular sariq rangli himoya qobig'iga ega), to'rt tolali SC/UPC-4, SC/UPC-4, DST/4/SM 9/125 turidagi yarim vilka.

3. Bir uchi SC/PC turidagi konnektor bilan tugallangan to'rt tolali ko'p modali kabelning ikki bo'lagi (ular olovrang himoya qobig'iga ega), to'rt tolali SC/PC-4, SC/PC-4, DST/4/MM 50/125 turidagi yarim vilka.

4. 8 ta rozetkali portlarga mo'ljallangan ikkita W902 seriyali kommutatsiya qutisi (devorga yopishtiriladigan kross).

Qutilarda quyidagilar joylashtirilgan:

– yuqori qatorda 4 ta SC-SC/UPC turidagi ulovchi rozetka (FC turidagi konnektor bilan tugallangan bir modali yorug'lik uzatgichlarni ulash uchun);

- pastki qatorda 4 ta SC-SC/PC turidagi ulovchi rozetka (FC turidagi konnektor bilan tugallangan ko'p modali yorug'lik uzatgichlarni ulash uchun).

5. Optik passiv elementlar platasi.

Unda quyidagilar joylashtirilgan:

- FC-SC/UPC markali keramik markazli bir modali o'tish rozetkasi;

- FC-SC/PC markali bronza markazli ko'p modali o'tish rozetkasi;

- FC-D/UPC markali keramik markazli bir modali ulovchi rozetka;

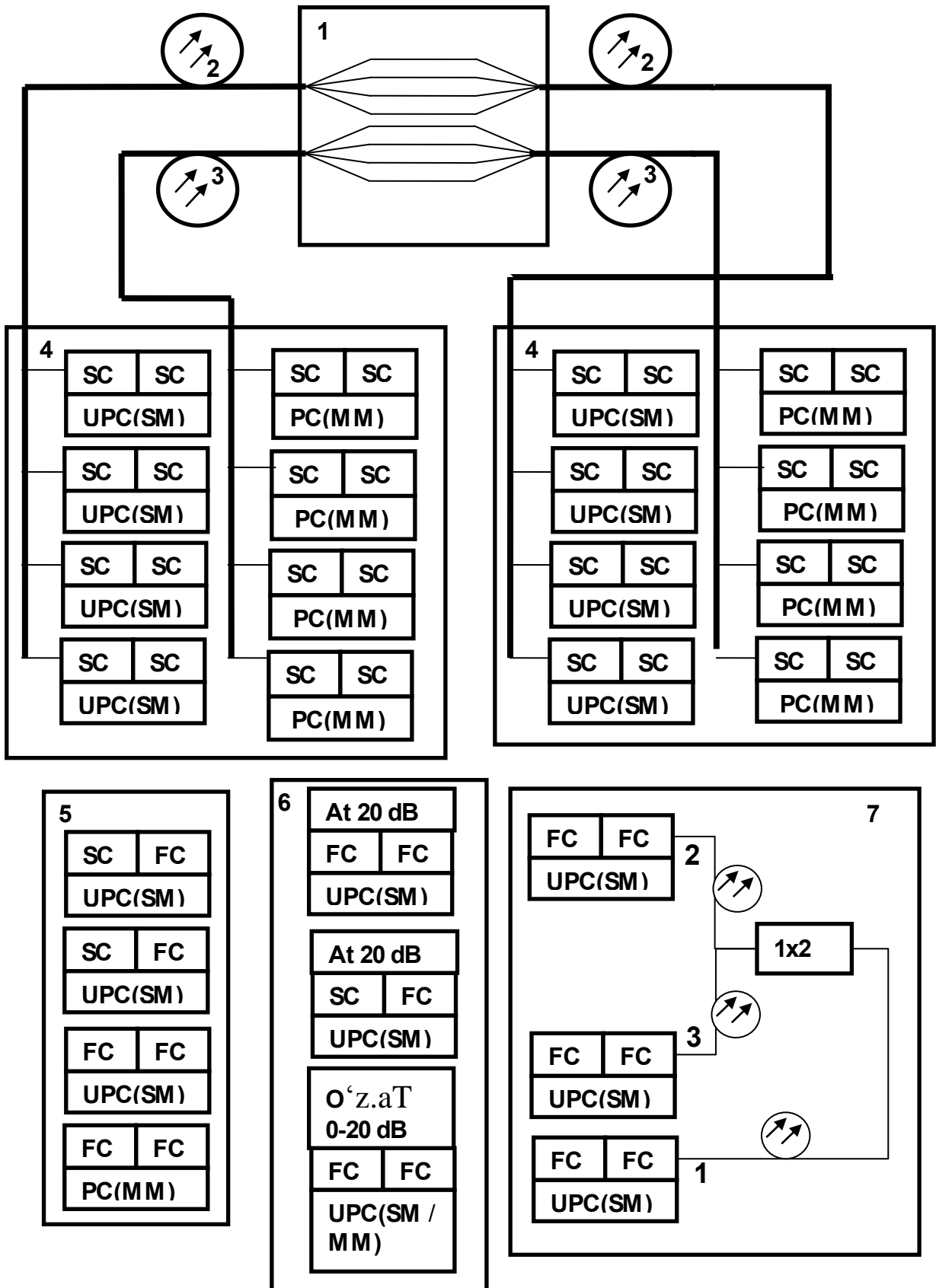
- FC-D/UPC markali keramik markazli ko'p modali ulovchi rozetka.

Unda quyidagilar joylashgan:

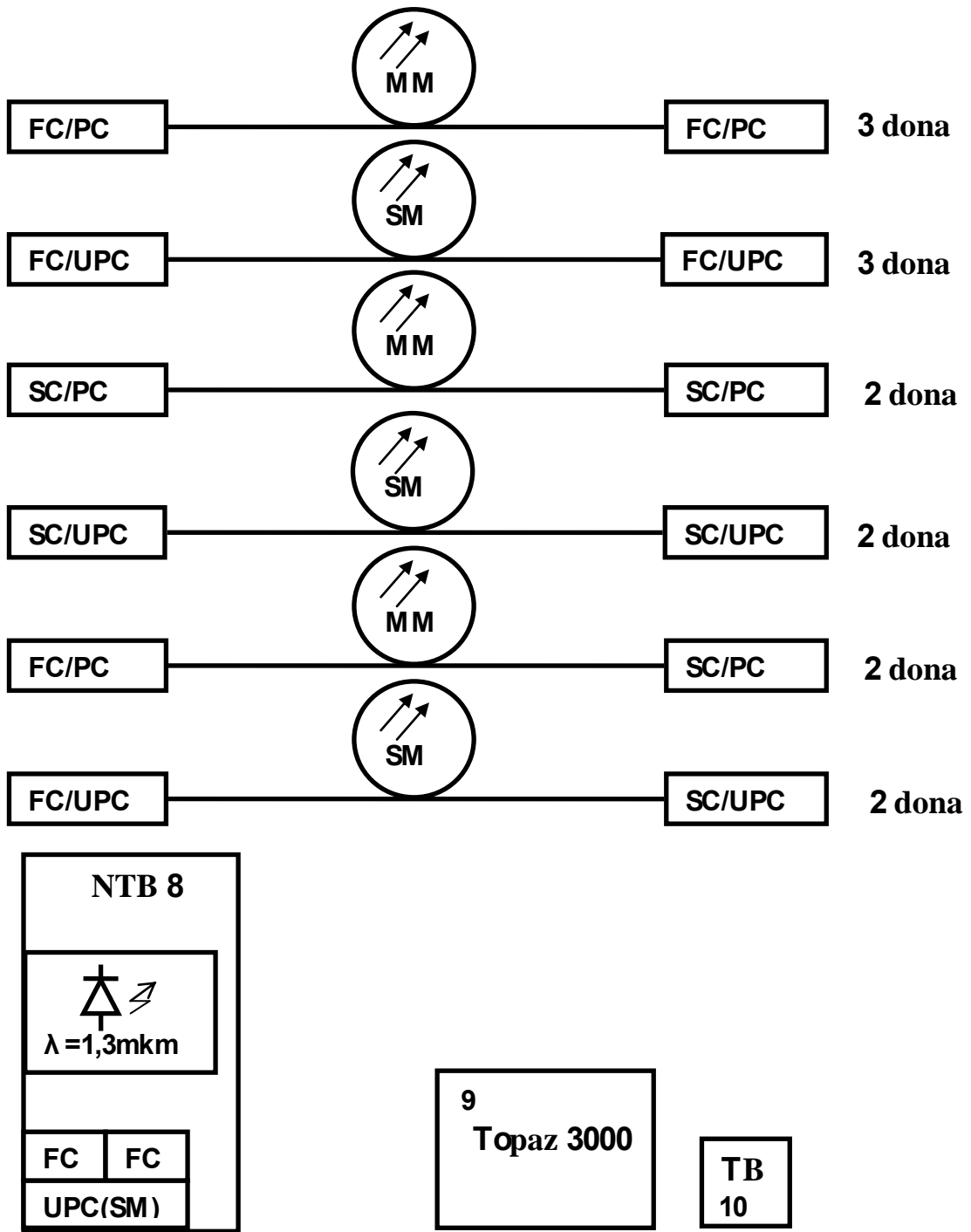
- FC/SM bir modali tola uchun so'nish kattaligi o'zgarmas (kiritadigan so'nishi -20 dB bo'lgan) attenyuator-rozetka;

- FC/MM ko'p modali tola uchun so'nish kattaligi o'zgarmas (kiritadigan so'nishi -20 dB bo'lgan) attenyuator-rozetka;

- FC/SM bir modali va ko'p modali tola uchun so'nish kattaligi o'zgaruvchi (kiritadigan so'nishi 0-20 dB oralig'ida yotgan) attenyuator-rozetka.



11.5-rasm. Laboratoriya qurilmasining blok sxemasi.



11.5-rasmning davomi.

6. Optik passiv elementlar platasi.

7. Optik passiv elementlar platasi.

Unda quyidagilar joylashgan:

- bir modali (SM) quvvat ajratgichi (50/50 1x2). Ajratgichning yorug'lik uzatgichlari FC/UPC turidagi konnektor bilan tugallangan;

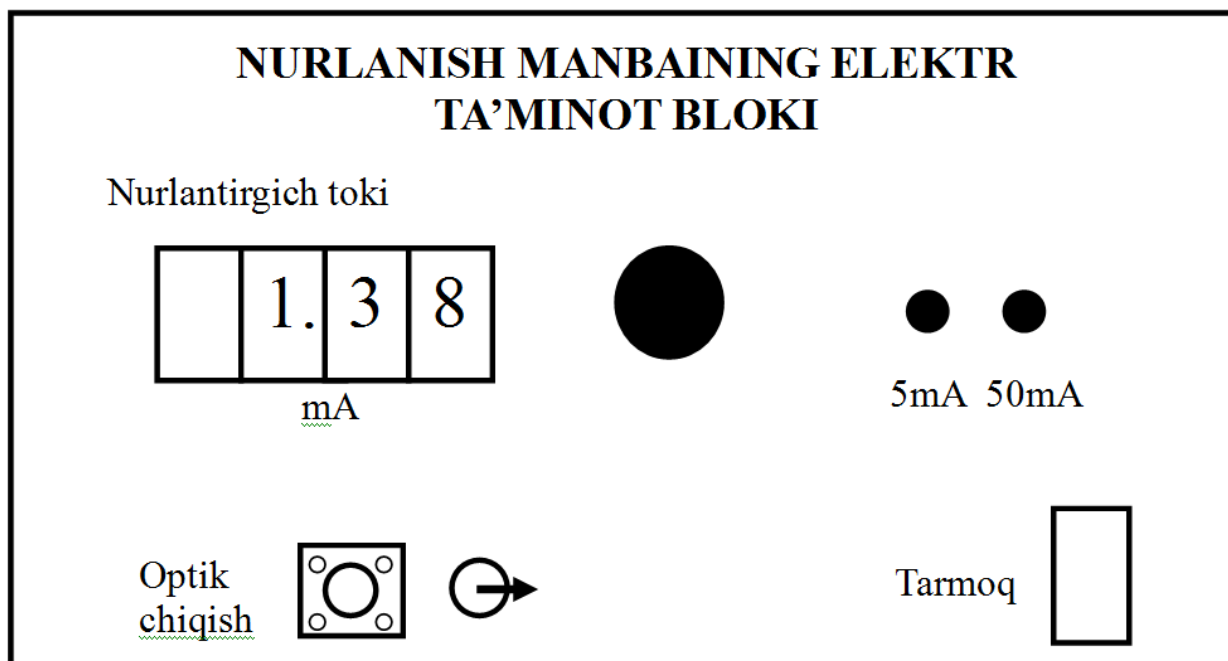
- keramik konsentratorli FC-D/UPC turidagi 3 ta ulovchi rozetka.

Barcha rozetkalar va attenyuatorlar ustunlarga mahkamlangan, ustunlar ham o'z navbatida mos platalarga qotirilgan. Platalar 2 ta umumiy P simon yo'naltirgichlarda joylashtirilgan. Yo'naltirgichlarning qarama-qarshi tomoniga qopqoqlar joylashtirilgan va ular yordamida yo'naltirgichlar ekranning yon ustunlari bilan bog'lanadi. Ekranning markaziy qismiga (1) kasseta va 4 ta kabel qirqimi (2, 3) mahkamlangan. Barcha konstruksiyalar laboratoriya qurilmasining ustki tokchasiga joylashtirilgan.

8. Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki (NMETB). Uning old paneli 11.6-rasmda ko'rsatilgan. U lazer diodi yordamida $\lambda=1,33$ mkm li to'lqin uzunlik diapazonidagi optik nurlanishning chiqish quvvati generatsiyasini ta'minlaydi. Uni tashqi optik zanjir orqali ishga tushirish optik rozetkani "OPTIK CHIQISH" paneliga ulash orqali amalga oshiriladi (11.6-rasm). Panelning yuza sirtida "SOZLASH" potensiometr dastagi joylashgan bo'lib, uning yordamida lazer diodidan oqib o'tayotgan tok va quvvatning qiymati o'zgartiriladi.

Damlash toki va quvvatni nazorat qilish uchun panel yuza sirtidagi "NURLANTIRGICH TOKI, OPTIK QUVVAT" raqamli indikatoridan foydalaniladi. Rejimlarni o'zgartirish "REJIM" tugmasi orqali amalga oshiriladi va bu holda "TOK" yoki "QUVVAT" tugmalarini bosib, indikatorida shu parametrlarga mos kelgan qiymatlarni ko'rish mumkin.

Quvvatni o'lchash «QUVVAT» rejimida ishlovchi raqamli tabloda aks etadigan tok, lazer qobig'iga birlashtirilgan fotodiod yordamida amalga oshiriladi. Shuni esda tutish lozimki, bu rejimda indikatorning ko'rsatishlari nisbiy haraktyerga ega. Bunday rejim lazer diodining ishga yaroqliligini nazorat qilish uchun qo'llaniladi. Nurlanish manbaini 220 V/50 Hz li tarmoqqa ulash "TARMOQ" tugmasini bosish orqali amalga oshiriladi.



11.6-rasm. Optik nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki.

9. Optik quvvatni o'lchovchi qurilma "TOPAZ 3000" etalon qurilma sifatida qo'llaniladi. Optiq quvvat uning kirishiga optik shnur orqali kiritiladi. Qurilma avtonom manba va tarmoq adapteri (10) ga ega. Qurilma bilan ishlash uning laboratoriya qurilmasi majmuiga kiruvchi texnik qo'llanma asosida amalga oshiriladi. Laboratoriya qurilmasining tarkibida bundan tashqari uning elementlarini ulash uchun xizmat qiladigan quyidagi tolali ulagich va o'tish shnurlari (VS)dan foydalaniladi:

- 3 ta FC/PC turidagi konnektorli ko'p modali ulovchi shnurlar (olov rangli himoya qobig'li);
- 3 ta FC/ UPC turidagi konnektorli bir modali (sariq rangli himoya qobig'li) ulovchi shnurlar;
- 2 ta SC/PC turidagi konnektorli ko'p modali (olov rangli himoya qobig'li) ulovchi shnurlar;
- 2 ta SC/ UPC turidagi konnektorli bir modali (sariq rangli himoya qobig'li) o'tish shnurlari;
- 2 ta FC/PC- SC/PC turidagi konnektorli ko'p modali (olov rangli himoya qobig'li) o'tish shnurlari;
- 2 ta FC/ UPC-SC/ UPC turidagi konnektorli bir modali (sariq rangli himoya qobig'li) o'tish shnurlari.

12-Laboratoriya ishi

OPTIK ATTENYUATORLARNING XARAKTERISTIKASINI TADQIQ ETISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

- “TOPAZ 3000” testeri yordamida optik quvvatni o‘lchash bo‘yicha ko‘nikmalar hosil qilish;

- ko‘p modali va bir modali yorug‘lik uzatgichlari uchun mo‘ljallangan optik rozetka asosidagi o‘zgarmas attenyuator tomonidan kiritiladigan so‘nishni o‘lchash;

- ko‘p modali va bir modali yorug‘lik uzatgichlari uchun mo‘ljallangan optik rozetka asosidagi o‘zgaruvchan attenyuator tomonidan kiritiladigan so‘nishni o‘lchash va atteyuatorni graduirovkalash.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishiga tayyorlanayotganda quyidagi savollarni o‘rganish zarur:

- optik passiv qurilmalar va ularni qo‘llanilishini o‘rganish;

- hisobot uchun nazariy qismning qisqacha mazmuni, olingan natijalarni qayd etish uchun jadval chizilgan sahifani tayyorlash;

- [1]-adabiyotning 227 – 228 sahifalari, [2]-adabiyotning 53 sahifasi, [5]-adabiyotning 60 sahisi, [6]-adabiyotning 265 – 267 sahifalaridan foydalaning.

3. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

Diqqat! Har bir qo‘llashdan avval tolali shnurlar yordamida o‘lchovlarni olib borishda ularning kesimidan himoya qalpoqlarini echish kerak. Tolali shnur yordamida ish tugagach, uning kesimiga echilgan himoya qalpog‘ini albatta kiygizib qo‘yish kerak. Har bir qo‘llashdan avval “TOPAZ 3000” optik testeri yordamida o‘lchashlarni olib borishda uning konnektori kesimidan himoya qalpog‘ini echish kerak va tezda uni tolali shnur konnektori bilan ulash zarur. O‘lchash ishlari tugagach himoya qalpoqlarini oldingi joyiga o‘rnatish shart.

1. "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" elektron bloki boshqaruv qurilmasini boshlang'ich holatga o'rning:

- potentsiometrning "sozlash" dastagini soat strelkasiga qarshi yo'nalishda oxirgi holatga keltiring;

- "rejim" tugmali almashlab ulagachini "quvvat" holatiga qo'ying, buning uchun tegishli yozuvli tugmachani bosing;

- "tarmoq" tumblerini ulang, bunda uning chiroqchasi yonadi.

2. Lazerning ishga layoqatligini tekshirib ko'ring. Buning uchun potentsiometrning "sozlash" dastagini soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha burang. Bunda raqamli tablodagi ko'rsatkichlar ortishi kerak. Bu hol lazerning ishga layoqatligini ko'rsatadi.

3. "Rejim" almashlab ulagich tugmasini "tok" holatiga qo'ying. Bunda raqamli tabloda lazer diodidan oqib o'tayotgan tokning qiymati aks etadi.

4. FC/UPC - FC/UPC turidagi bir modali (sariq rangli himoya qobig'li) shnur yordamida "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" ning "Optik chiqish" ini "TOPAZ 3000" optik testerining kirishiga ulang.

5. "TOPAZ 3000" optik testerini ulang va uni panelning yuza sirtidagi mvt, dbm, db tugmalarini bosib quvvatning absolyut qiymatlarini o'lchash rejimiga o'tkazing. Panel yuza sirtidagi λ tugmasini bosib, testerni 1,3 mkm to'lqin uzunligida o'lchash rejimiga o'rning.

6. "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" ning "sozlash" – potentsiometri yordamida "TOPAZ 3000" testerida optik quvvatning 0,5 mVt ga yaqin qiymatini olishga erishing. Bu qiymatni 12.1 - jadvalning tegishli katagiga yozib qo'ying. Qolgan o'lchashlar chog'ida bu qiymat o'zgarmasligi kerak.

7. mVt, dBm, dB tugmalarini tegishli marta bosib optik testerning ish rejimini nisbiy birliklarda o'lchash rejimiga o'rning. Shundan so'ng tester pultidagi "nolga sozlash" tugmasini bosing.

12.1-jadval

Qadamli atteyuatordagi so'nishlar (dB)					
P_{ab} , mVt	λ , nm	sm-sm	mm-mm	sm-sm	mm-mm
	1310				
		FC/SM		FC/MM	

8. FC/SM bir modali tola uchun o'zgaras attenyuator – rozetka tomonidan liniyaga kiritiladigan so'nishni o'lchang. Attenyuator 6-platada joylashgan (11.5-rasm). Buning uchun quyidagi amallarni bajaring:

8.1. FC/UPC - FC/UPC turidagi bir modali ajraluvchi shnurni "TOPAZ 3000" testeri kirishidan uzib, uni attenyuator - rozetkaga ulang.

8.2. Attenyuator - rozetkaning ikkinchi chiqishini FC/UPC - FC/UPC turidagi bir modali ajraluvchi (sariq rangli himoya qobig'li) shnur yordamida "TOPAZ 3000" optik testeri kirishiga ulang.

8.3. 12.1-jadvaldagi sm-sm katagiga attenyuatorning bir modali liniyaga kiritadigan so'nish qiymatini yozib qo'ying. So'nishning bu qiymati optik tester displeyida qayd etiladi.

8.4. Bir modali shnurlarni foydalanayotgan barcha elementlardan uzing.

8.5. FC/PC - FC/PC turidagi ko'p modali shnur yordamida "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti blokining "Optik chiqish" ini "TOPAZ 3000" optik testerining kirishiga ulang. Bunda tolali shnur orqali optik tester kirish konnektoriga tushuvchi optik quvvat sathi lazer diodining (elektron blok ichida joylashgan) bir modali yorug'lik uzatgichi va ko'p modali yorug'lik uzatgichlarni o'zgartirib ulash bilan o'zgaradi.

Optik testerni o'lchash rejimini mVt holatiga o'zgartirib (quvvatni o'lchash nisbiy birliklarda), "Nurlanish ta'minot bloki" yuzasidagi "sozlash" dastasi yordamida "TOPAZ 3000" qurilmasi bo'yicha optik quvvat kattaligini 0,5 mVt ga o'rnatish.

8.6. So'nishni o'lchashga mos keluvchi zarur tugmalarini bosib mvt, dbm, db, optik testerni ishlash rejimini o'rnatish. So'ngra testyerdagi "nolga sozlash" tugmasini bosish. Bunda qurilma kirishiga tushuvchi optik quvvat sathi nol deb qabul qilinadi. Uning displeyi 0 dB qiymatni ko'rsatadi.

8.7. FC/PC - FC/PC turidagi ko'p modali ajraluvchi optik shnurni "TOPAZ 3000" testeri kirishidan uzib, uni attenyuator – rozetkaga ulang.

8.8. Attenyuator – rozetkaning ikkinchi chiqishini FC/PC-FC/PC turidagi ko'p modali ajraluvchi (olov rangli himoya qobig'li) optik shnur yordamida "TOPAZ 3000" optik tester kirishiga ulang.

8.9. 12.1-jadvaldagi mm-mm katagiga attenyuatorning ko'p modali liniyaga kiritadigan so'nish qiymatini kiriting. So'nishning bu qiymati optik testr displeyida qayd etiladi.

9. Yuqoridagi punktdagi ishlarni FC/MM attenyuator – rozetka uchun bajarish.

10. Liniyaga o'zgaruvchan attenyuator orqali kiritiladigan so'nishni

o'Ichang. So'nishning bu qiymati avvalgi holdagi kabi bir modali va ko'p modali tolali liniyalardan foydalanilganida turlicha bo'ladi. Attenyuator 6-platada joylashgan. Quyidagi amallarni bajaring:

10.1. 4 – 7 punktlarda ko'zda tutilgan amallarni qaytaring.

10.2. FC/UPC - FC/UPC turidagi bir modali ajraluvchi tolali shnurli optik ajratgichni "TOPAZ 3000" optik tester kirishidan uzing va uni o'zgaruvchan attenuator – rozetkaga ulang.

10.3. O'zgaruvchan attenuator - rozetkaning ikkinchi chiqishini FC/UPC-FC/UPC turidagi bir modali (sariq rangli himoya qobig'li) tolali shnur yordamida "TOPAZ 3000" optik tester kirishiga ulang.

10.4. O'zgaruvchan attenuator FC/UPC - FC/UPC turidagi bir modali optik rozetka asosida tayyorlangan. Undagi so'nishlar unga ulangan optik tolalar uchlarning bo'ylama siljishi hisobiga o'zgaradi. Siljish uning qobig'idagi tashqi gaykani aylantirish hisobiga amalga oshiriladi. Gayka soat strelkasi yo'nalishida aylantirilganida so'nish ortadi, qarama-qarshi yo'nalishda aylantirilganida esa, u kamayadi. Belgilangan so'nishga erishish uchun qobiqqa yaqin joylashgan gaykadan foydalanish kerak. Sozlash gaykasini soat strelkasiga teskari yo'nalishda burab, optik tester displeyi yordamida optik attenuator kiritadigan so'nishni 3 dB ga o'rnating. Bu qiymatni 12.2-jadvalning birinchi katagiga kiriting.

10.5. Sozlash gaykasini uning o'qi atrofida N marta to'liq aylanishiga mos kelgan so'nishni qayd etgan holda attenuatorning graduirovkasini amalga oshiring. So'nishning bu qiymati tester displeyi yordamida aniqlanadi. Aylanishlar hisobining boshlanishi 3 dB (N=0) so'nishga mos keladi. O'lchashlarni so'nishning qiymati 15 dB ga yetgunicha olib boring. Bu qiymatlarni 12.2-jadvalga kiriting.

12.2-jadval

O'zgaruvchan attenuator graduirovkasi								
Kirishdagi quvvat $P =$ mVt								
N (aylanishlar)	0							
P, dB	3							

Ilova. 12-laboratoriya ishi bajariladigan qurilmaning umumiy tavsifi 144 – 148 betlarda keltirilgan.

4. Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot

Hisobotga quyidagilar keltirilishi lozim:

1. Nazariy qismning qisqacha mazmuni.
2. Qurilmaning tuzilish sxemasi.
3. Olingan natijalar tahlili va xulosa.

5. Nazorat savollari

1. Optik attenuatorlar qanday maqsadlarda qo'llaniladi?
2. Optik attenuatorlarning qanday turlarini bilasiz?
3. Optik attenuatorlar qanday parametrlar bilan tavsiflanadi?

6. Nazariy qism

6.1. Optik attenuatorlar haqida umumiy tushuncha

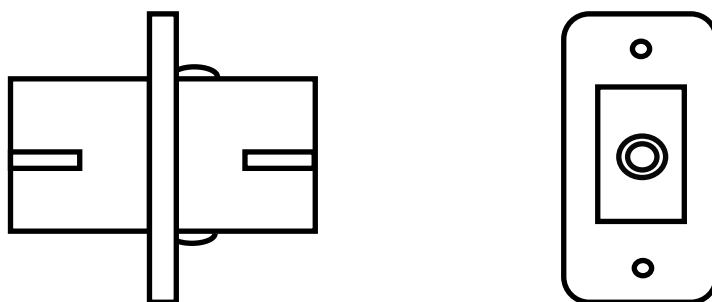
Optik attenuatorlar kirish optik signallarining quvvatini kamaytirish maqsadida ishlatiladi. Raqamli signallarni uzatishda ham, analog signallarni uzatishda ham bunga zaruriyat vujudga kelishi mumkin. Katta sathli raqamli signallarni uzatish chog'ida bu hol qabul qiluvchi optoelektron modulning to'yinishiga olib kelishi mumkin.

Attenuatorlar ko'pincha lazer uzatgichdan keyin joylashtiriladi. Attenuatorlar lazerning chiqish quvvatini undan keyingi EDFA kuchaytirgichlari, FD kabi qurilmalar talab etadigan sath bilan moslashtiradi.

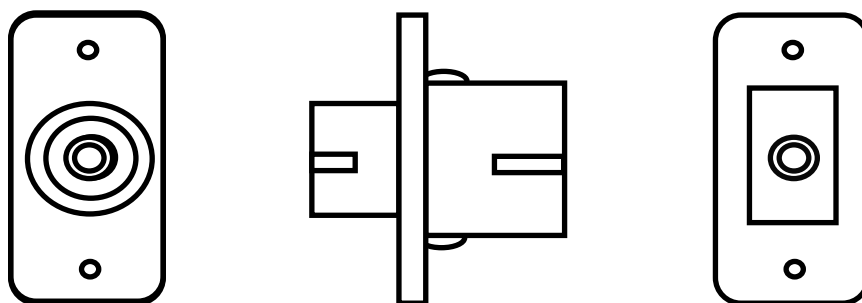
Yorug'likning jadalligi (intensivligi) fotodiodning dinamik diapazoni doirasidan chiqadigan darajada katta bo'lgan qisqa optik tolali seksiyalarda attenuator o'rnatish mumkin. Ular jadallikni qabul qilgichning dinamik diapazoniga mos keladigan sathgacha kamaytiradi [6].



FC turidagi optik rozetka



SC turidagi optik rozetka



FC-SC turidagi o'tish optik rozetka

12.1-rasm. Optik rozetka turlarining ko'rinishi.

Ishlash prinsipi bo'yicha attenyuatorlar so'nish qiymati o'zgaruvchi va so'nish qiymati o'zgarmas turlarga bo'linadi.

O'zgaruvchan attenyuatorlar so'nish qiymatini 0 – 20 dB oraliqda o'zgartirish imkonini beradi.

So'nish qiymati o'zgarmas attenyuatorlarda so'nish qiymati ishlab chiqaruvchi tomonidan belgilangan bo'ladi. Uning qiymati 0, 5, 10, 15 yoki 20 dB ni tashkil etishi mumkin [6].

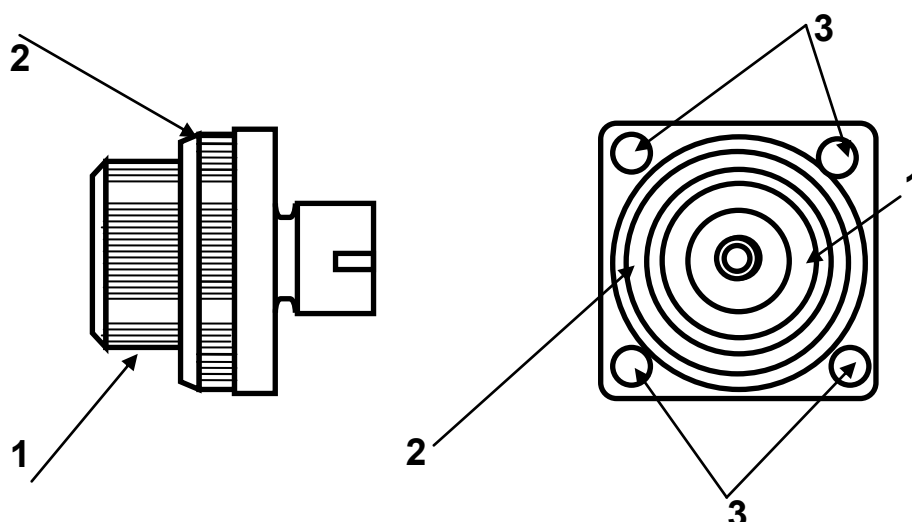
Attenyuatorlar tomonidan kiritiladigan so'nish $\pm 15\%$ dan ortiq bo'lmasligi kerak. Optik aks etish qobiliyati maksimal -40 dB sathda

bo'lishi kerak. Attenyuatorlarning ishchi to'lqin uzunliklari diapazoni eng ko'pi bilan 1360 nm dan 1580 nm gachani, eng kami bilan 1200 nm dan 1480 nm gachani tashkil etishi kerak. Ularning odatiy ishchi to'lqin uzunligi diapazoni 1310 – 1580 nm oraliqda yotadi. Attenyuatorlarda qutblangan moda dispersiyasi (QMD)ga bog'liq bo'lgan yo'qotishlar 0,3 dB dan yuqori bo'lmasligi kerak.

Optik attenuatorlar optik rozetka yoki optik konnektor asosida tayyorlanishi mumkin. 12.2-rasmda bu maqsadda ishlatiladigan ba'zi turdagi rozetkalarining tuzilishi ko'rsatilgan.

Bunday rozetkaning konstruksiyasi ulanayotgan optik tolalarning uchlari orasida o'zgarmas yoki sozlanuvchi havoli oraliq mavjudligini ta'minlaydi. Ushbu oraliqning kattaligi attenuator kiritayotgan so'nishning kattaligini belgilaydi.

12.2-rasmda FC-FC optik rozetka asosidagi sozlanuvchi attenuatorning tuzilishi ko'rsatilgan. Unda kiritiladigan so'nishni sozlash figurali gayka 1 ni (12.2-rasm) burash yo'li bilan, uning nazorati esa, optik tester yordamida amalga oshiriladi. Kontrgayka 2 sozlash holatini qayd etadi va tasodifiy mexanik ta'sirlar natijasidagi so'nish kattaligining o'zgarishini bartaraf etadi. Attenuatorni mahkamlash 3 teshiklar orqali amalga oshiriladi.



12.2-pacm. O'zgaruvchan optik attenuatorning tuzilishi.

13-laboratoriya ishi

OPTIK TOLANING BUKILISHI TUFAYLI SODIR BO‘LADIGAN SO‘NISH SOLISHTIRMA KOEFFITSIYENTINING UNING BUKILISH RADIUSIGA BOG‘LIQLIGINI TADQIQ ETISH

1. Laboratoriya ishining maqsadi va mazmuni

9/125 mkm o‘lchamli bir modali optik tola uchun optik tolaning bukilishi tufayli sodir bo‘ladigan so‘nish solishtirma koefitsiyentining uning bukilish radiusiga bog‘liqligini aniqlash.

O‘lchashlarni $\lambda = 1,3$ mkm to‘lqin uzunligi uchun olib borish.

2. Laboratoriya ishiga topshiriq

Laboratoriya ishiga tayyorlanayotganda quyidagi savollarni o‘rganish zarur:

- optik tolaning fizik parametrlarini o‘rganish;
- hisobot uchun nazariy qismning qisqacha mazmuni, qurilmaning tuzilishi va olingan natijalarni qayd etish uchun jadval chizilgan sahifani tayyorlash;
- [1]-adabiyotning 68 – 69 sahifalari, [5]-adabiyotning 45 – 46 sahifalari, [6]-adabiyotning 58 sahifalaridan foydalaning.

3. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

Diqqat! Tolali shnurlar yordamida o‘lchashlarni bajarishda ulardan har bir foydalanishdan avval ularning uchlaridan himoya qalpoqchalarini yechish kerak. Tolali shnur yordamidagi ish tugagach, uning uchiga yechilgan himoya qalpoqchani albatta kiygizib qo‘yish kerak.

Ushbu laboratoriya ishida quyidagi elementlar qo‘llaniladi (1.11-rasm):

- $\lambda = 1,3$ mkm to‘lqin uzunligi uchun mo‘ljallangan LD 2 lazer diodli “Nurlanish manbaining elektr ta‘minoti bloki” elektron bloki;
- FS-UPC turdagi konnektorli, himoya qobig‘isiz sariq rangli bufer qoplamali bir modali optik tola;
- optik tola bukilishidagi yo‘qotishlarni o‘lchash tuguni (YO‘T);

- "TOPAZ 3000" optik testeri.

$\lambda=1,3$ mkm to'liqin uzunligidagi so'nishni o'lchash.

Bu eksperimentda optik manba sifatida 1,3 mkm to'liqin uzunligida nurlanish tarqatuvchi lazer diodi LD2, foto qabul qilgich sifatida esa, "TOPAZ 3000" optik testeri ishlatiladi.

O'lchashni o'tkazishdan avval quyidagilarni bajarish kerak:

- tadqiq etilayotgan optik tolaning kirish konnektorini $\lambda=1,3$ mkm to'liqin uzunligi uchun mo'ljallangan "Nurlanish manbaining elektr ta'minoti bloki" elektron blokining old panelidagi optik rozetkaga o'rnatish;

- tadqiq etilayotgan optik tolaning chiqish konnektorini «TOPAZ 3000 33» optik testeridagi optik rozetkaga o'rnatish.

3.1. Tadqiq etilayotgan optik tolni yo'qotishlarni o'lchash tuguni (YO'T) ga joylashtirish (1.16-rasm). Buning uchun quyidagi amallarni bajarish kerak:

3.1.1. Tanlangan diametrli ustunlarni plata 6 da joylashgan shtirlarga kiygizish (1.16-rasm).

3.1.2. Ustunlar joyini harakatlantiruvchi mikrometrik vint 9 ni ustunlar oxirgi holatni egallaydigan qilib burash.

3.1.3. Fiksator 2 ning 3-vintini burash (1.16-rasm).

3.1.4. Tadqiq etilayotgan optik tolni harakatlanmaydigan va harakatlanadigan ustunlar orasiga joylashtirish. U shunday joylashishi kerakki, harakatlanuvchi ustunlar optik toladan oldin, harakatlanmaydigan ustunlar esa, undan keyin joylashsin (1.16-rasm). Optik tolaning o'zi esa, bunda deformatsiyalanmasligi kerak.

3.1.5. Tadqiq etilayotgan optik tolni chap fiksator ichiga joylashtirish (1.16-rasm) va uni vint 3 bilan mahkamlash. Vint 3 ni optik tolaning muqim joylashishini ta'minlovchi minimal kuch bilan burash kerak.

3.1.6. Tadqiq etilayotgan optik tolni o'ng fiksator ichiga joylashtirish (1.16-rasm). Optik tolni fiksator 2 ning prujinalari ozgina tortiladigan doirasida yengilgina tortish. Optik tolni vint 3 yordamida mahkamlash. Vint 3 ni optik tolaning muqim joylashishini ta'minlovchi minimal kuch bilan burash kerak.

3.1.7. Harakatlanuvchi ustunlar 4 joyini o'zgartiruvchi, mikrometrik vint 9 ni burab (1.16-rasm), ustunlar joyini tadqiq etilayotgan optik tolaga tegadigan, lekin uni deformatsiyalamaydigan qilib yuqoriga o'zgartirish.

3.1.8. Mikrometrik vint shkalasi bo'yicha, o'rtadagi ustun holatiga mos keluvchi, L_0 hisob boshini belgilash va uni 2.1-jadvalga kiritish.

3.2. Optik tester - o'lchov asbobining qo'zg'alagan optik tolaning chiqish kesimidagi maksimal quvvat sathiga mos keluvchi P_0 ko'rsatkichini belgilash. Bu qiymatni 13.1-jadvalga kiritish.

3.3. Harakatlanuvchi ustunlar holatini o'zgartirib, mikrometrik vint shkalasi bo'yicha L_i hisob boshini va «Optik tester» indikator bo'yicha ularga mos keluvchi P_i quvvat sathini belgilash. O'lchov natijalarini 13.1-jadvalga kiritish.

3.4. O'lchov tugagach harakatlanuvchi ustunlarni boshlang'ich holatga qaytarish, fiksator 2 larning 3-vintlarini qayta burash (1.16-rasm) va optik tolani YO'T dan chiqarib olish. Optik tolaning konnektorlarini NMTB dan va optik testyerdan ajratish.

3.5. Yo'qotishlarni o'lchashni bukilishlarning boshqa diametrlari uchun takrorlash. Buning uchun ustunlarga mos keluvchi diametrli vtulkalarni kiydirish va 2.1, 2.3 punktlarda qayd etilgan ishlarni takrorlash.

3.6. O'lchov tugagandan so'ng qisqich 10 ning fiksatsiyalovchi vintlarini qayta burash (1.16-rasm) va optik tolan bo'shatish.

3.7. O'lchov tugagandan so'ng bir modali optik tola uchun turli diametrli bukilishlarda so'nishning solishtirma koeffitsiyentini hisoblashni amalga oshirish. Buning uchun bukilgan uchastka uzunligini aniqlash kerak.

13.1-jadval

Optik tolaning bukilgan bo'lagidagi so'nishning solishtirma koeffitsiyentini o'lchash

$D =$ (mm), $L_0 =$ (mm), $P_0 =$ (dB).

L_i (mm)				
P_i (dB)				
$L=L_i-L_0$ (mm)				
l_i (mm)				
γ_i (dB/mm)				

13.1-rasm optik tolaning bukilgan uchastkasi uzunligini aniqlash uchun qo'llaniladigan ifodani tavsiflaydi. Ikkita aylana o'zida o'ngdagi harakatlanmaydigan va markaziy harakatlanuvchi ustunlarning yuqoridan ko'rinishini aks ettiradi. VAV^1 to'g'ri chizig'i ular orasidagi optik tolaning bukilmagan qirqimiga mos keladi va V hamda V^1 nuqtalardagi aylanalarga taalluqli hisoblanadi. Ustun markazlari orasidagi gorizontal masofa $OS = d = 20$ mm, ustun markazlari orasidagi vertikal masofa O^1S L o'lchov jarayonida aniqlanadi. $VO = V^1O^1 = D/2$ – ustun radiusi.

Optik tola bukilgan bo'lagining uzunligi aylanalarning OV va V^1S^1 yoy uzunliklari bilan aniqlanadi (13.1-rasm). Ularning bir xilligini tushunish oson, shuning uchun uchchala ustun orqali aniqlanadigan bukilishning to'liq uzunligi $4 \cdot OV$ ga teng.

Hisoblashlar uchun VOS burchakni aniqlash kerak. Elementar trigonometrik munosabatlardan quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} VOS = OGB = VAO^1 + O^1AG^1; \\ V^1AO^1 = \arcsin [(D/(L^2 + d^2)^{1/2})]; \\ O^1AG^1 = \arctg (L/d). \end{aligned}$$

Demak, bukilgan tola bo'lagining to'liq uzunligi l quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

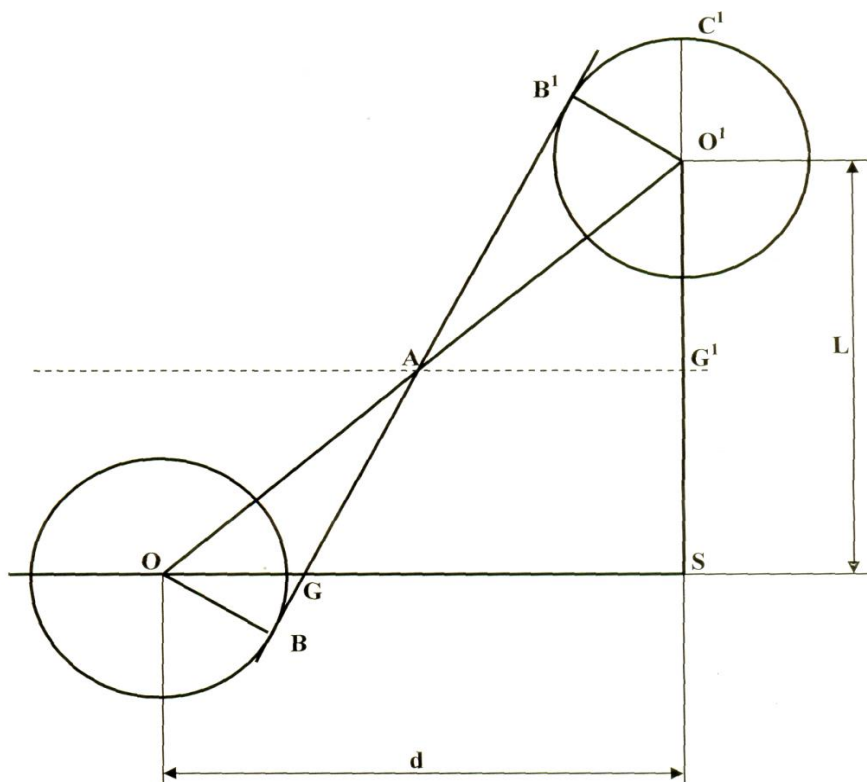
$$l = 8 D [\arcsin((D/(L^2 + d^2)^{1/2}) + \arctg(L/d)].$$

Barcha burchaklar radiantalarda ifodalaniishi kerak.

l bo'lak uzunligiga mos keluvchi so'nishning solishtirma koeffitsiyenti γ ning qiymati, quyidagi munosabat bo'yicha aniqlanadi:

$$\gamma_i = 10 \cdot Lg(P_0/P_i) / l .$$

So'nish solishtirma koeffitsiyentining qiymati barcha o'lchov natijalari bo'yicha γ_i qiymatini o'rtachalashtirish yo'li orqali aniqlanadi.



13.1-rasm. Optik tolani bükilgan bo'lagi uzunligini aniqlash.

Ilova. 2-laboratoriya ishi bajariladigan qurilmaning umumiy tavsifi 23 – 32 betlarda keltirilgan.

4. Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltirilishi lozim:

1. Nazariy qismning qisqacha mazmuni.
2. Qurilmaning tuzilish sxemasi.
3. Olingan natijalar tahlili va xulosa.

5. Nazorat savollari

1. Optik tolani so'nish bo'yicha baholashning zarurati nimada?
2. Toladagi yo'qotishlar qanday omillar tufayli yuzaga keladi?
3. Optik tolani xususiy yo'qotishlari qanday hosil bo'ladi?
4. Optik tolani kabel yo'qotishlari qanday hosil bo'ladi?
5. Optik signalni uzatish sifatiga qanday omillar ta'sir qiladi?

6. Nazariy qism

6.1. Soʻnish haqida asosiy tushunchalar

Yorugʻlik nurlanishi optik tola orqali uzatilganida yorugʻlik toʻlqinlarining tola muhiti bilan chiziqli va nochiziqli oʻzaro taʼsirlashuvi natijasida optik signal quvvatining muayyan miqdorda yoʻqolishi tufayli u soʻnadi. Buning asosiy sababi yorugʻlik nurining yutilishi va sochilishi jarayonlari hisoblanadi. Bunda soʻnishning oʻzgarishi quyidagi umumiy qonuniyat boʻyicha yuz beradi [3]:

$$p = P_0 \exp(-\alpha \cdot L), \quad (13.1)$$

bu yerda, P_0 – tolaga kiritiladigan quvvat;
 L – tolaning uzunligi;
 α – soʻnish yoki toladagi yoʻqotishlar doimiysi.

L masofali liniya kirishidagi quvvat P_0 ga, chiqishidagi quvvat P_1 ga teng boʻlsa, bu munosabatni qoʻllab 1km uzunlikli liniyadagi yoʻqotishlarni quyidagi ifoda orqali aniqlash mumkin [1]:

$$\alpha = (10/L) \cdot \lg(P_0/P_1) = 4,343 \alpha_B, \quad (13.2)$$

Bu yerda, α_B – yoʻnaltiruvchi muhitning yutish koeffitsiyenti, km^{-1} .

Umumiy holda soʻnish optik signallarning sochilishi va yutilishidan hosil boʻluvchi yoʻqotishlar va kabel yoʻqotishlaridan yuzaga keladi.

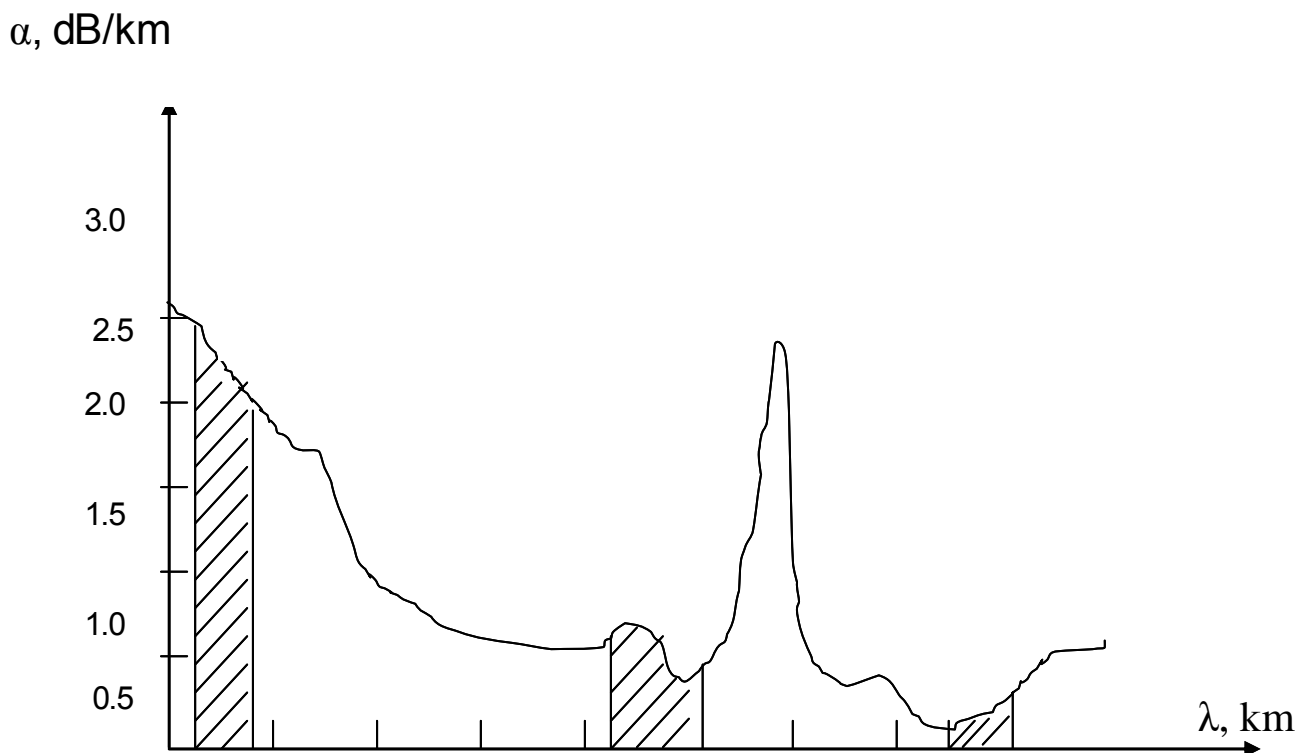
Yutilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar kvarts shishasining ultrabinafsha va infraqizil sohalarda xususiy yutilish yoʻqotishlaridan, yorugʻlik signallarining OT tarkibidagi metall aralashmalari va suv qoldiqlarida yutilishidan yuzaga keladi. Sochilishdan hosil boʻladigan yoʻqotishlar optik signallarning tolaning nobirjinsliliklarida va havo puffakchalari - mikroyoriqlarda sochilishidan yuzaga keladi. Kabel yoʻqotishlari esa qoʻshimcha yoʻqotishlar hisoblanib, optik tolaning makrobukilish va mikrobukilish yoʻqotishlaridan hosil boʻladi.

Kvarts optik tolasining soʻnish koeffitsiyenti tola boʻylab tarqalayotgan yorugʻlikning toʻlqin uzunligiga ham bogʻliq (13.2-rasmga qarang). Bu bogʻlanishdan koʻrinadiki, tolali optik aloqa tizimlarida optik tolaning 3 ta “shaffoflik” darchalaridan foydalanish imkoniyati mavjud.

Optik tolaning to‘liq yo‘qotishlarini quyidagi yig‘indi ko‘rinishida ifodalash mumkin:

$$\alpha = \alpha_{yu} + \alpha_s + \alpha_k, \text{ (dB/km)}. \quad (13.3)$$

Ikkinchi “shaffoflik darchasi”ga mos kelgan to‘lqin uzunliklari telekommunikatsiyada ko‘p qo‘llaniladi. Bu darcha nisbatan kam so‘nish koeffitsiyentiga ega bo‘lib, bu diapazonda signallarni uzatish uchun keng polosali optik nurlanish manbalari ishlatiladi. Buning asosiy sababi ushbu diapazonda kvars shishasi minimal xromatik dispersiya qiymatiga ega bo‘lib, u nisbatan arzon nurlanish manbalaridan foydalanish imkonini beradi. Uchinchi “shaffoflik darchasi”ning asosiy afzalligi so‘nish koeffitsiyentining minimalligi hisoblanadi. Biroq bu darchadan foydalanilganida yuqori tezlikli tizimlarning oqimlarini uzatish chog‘ida dispersiya qiymati ortib ketadi.



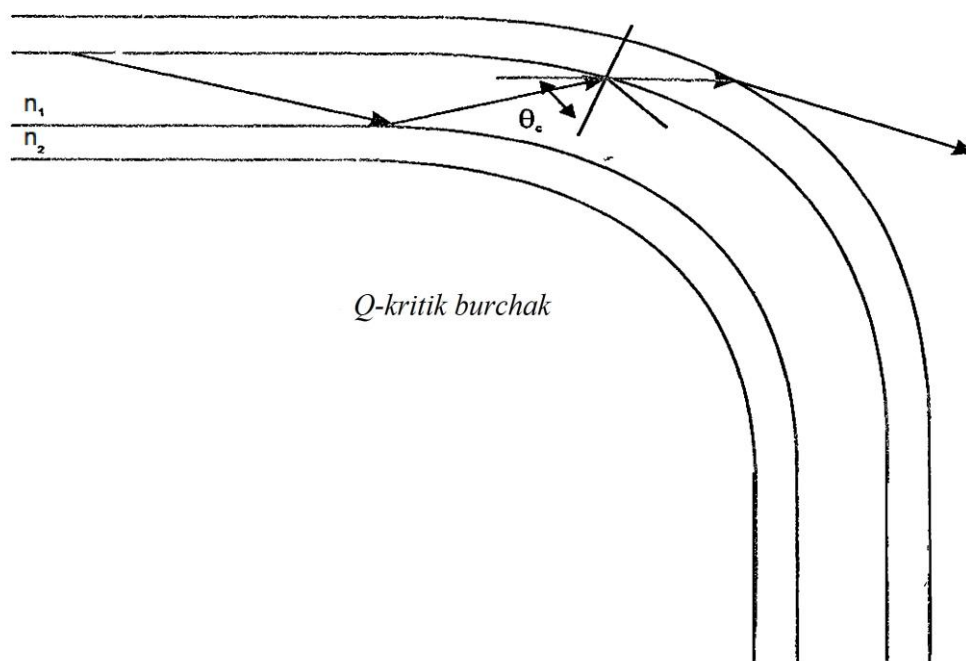
13.2-rasim. Optik tola so‘nishi koeffitsiyentining to‘lin uzunligiga bog‘liqligi.

6.2. Optik tolaning bukilishlaridagi yo'qotishlar

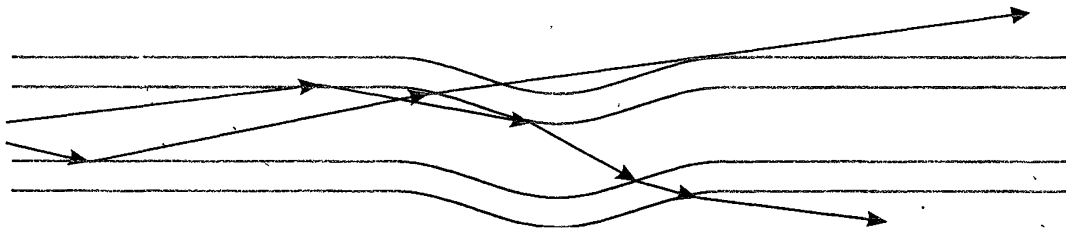
Kabel yo'qotishlari makrobukilishlar va mikrobukilishlar hisobiga hosil bo'ladi. Bu yo'qotishlar yorug'lik nuri optik tolaning bukilgan joyiga to'g'ridan-to'g'ri kritik burchakdan kichik burchak ostida tushgan yoki nur bukilgan joydan aks etib, so'ng qobiqqa kritik burchakdan kichik burchakda tushgan hollarda ro'y beradi [1].

Makrobukilishlar. Minimal ruxsat etilgan radiusdan oshgan katta bukilishlarga makrobukilishlar deyiladi (13.3–rasm. Bir modali optik tolalarni bukishning ruxsat etilgan minimal radiusi 10 sm ni tashkil etadi. Bunday bukilishda yorug'lik impulslari kuchsiz buzilish bilan tarqaladi. Bukilish radiusining kamayishi – tolni ruxsat etilgandan ortiq bukish optik impulslarning tola qobig'i orqali sochilish effektini oshiradi [1].

Ishlab chiqaruvchilar tomonidan kabelning minimal bukish radiusi ko'rsatilgan bo'lishi kerak. Kabel g'altakka o'ralganda, albatta g'altak radiusi bo'yicha bukiladi. Kabel binolarda yotqizilganda, u bino burchaklarida bukilishi mumkin. Kabelni yotqizuvchi bukish radiusini minimal ruxsat etilgan qiymatdan kamaytirmaslik, ortiqcha bukmaslik kerak. Tolali optik kabelni ruxsat etilgan chegaradan kuchli bukilsa, bu hol kabelni yaroqsiz holga keltirishi, hattoki kabelda optik tolalarning uzilishiga olib kelishi va bu ham tola so'nishining oshishiga sezilarli ta'sir etishi mumkin.



a)



b)

13.3–rasm. Optik tolaning makrobukilishlari (a) va mikrobukilishlari (b).

13.3, a-rasmda makrobukilishning yorug'lik nurlanishining tarqalish jarayoniga ta'siri ko'rsatilgan. Yorug'lik nuri o'zak/qobiq chegarasiga kritik burchakdan kichik burchakda tushadi va qobiqda yo'qoladi.

Mikrobukilishlar. Mikrobukilishlar bu ishlab chiqarish jarayonida tola o'zagi geometriyasining mikroskopik o'zgarishi, tolaning yetarli tekis bo'lmagan tashqi himoya qoplamalari bilan qoplanishi natijasida o'zakning o'q markazida joylashmasligi, o'qqa nisbatan nosimmetrik joylashishidan, ya'ni tolaning mukammal emasligidan, mikroyoriqlar va tashqi mexanik kuchlardan yuzaga kelishi mumkin.

Mikrobukilishlar kabeldagi yo'qotishlarni oshiradi. Bu yo'qotishlar juda katta bo'lishi va ba'zi hollarda 100 dB/km dan ham oshishi mumkin. Mikrobukilishlarning yorug'lik nurlanishining optik tola bo'ylab tarqalish jarayoniga ta'siri 13.3 b rasmda ko'rsatilgan.

Makrobukilishlar kabi mikrobukilishlarda ham yorug'lik nuri kritik burchakdan kichik burchakda tushsa qobiqqa o'tadi [1].

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Yunusov N.Yu., Isayev R.I., Mirazimova G.X. Optik aloqa asoslari. O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi – T.: Cho'lpon nomidagi NMIU, 2014 – y. – 368 bet.
2. Optik aloqa asoslari: o'quv qo'llanma/ G.X. Mirazimova, t.f.n., dotsent R.I. Isayev mas'ul muharrirligi ostida. - TATU, 2006. -118 bet.
3. Isayev R.I., Atametov R.K., Radjapova R.N. Telekommunikatsiya uzatish tizimlari. -«Fan va texnologiya», 2011. — 520 bet.
4. Скляр О. К. Волоконно - оптические сети и системы связи. Учебное пособие. 2е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2010. - 272 с.
5. Фриман Р. Волоконно–оптические системы связи: Перевод с английского под ред. Н.Н. Слепова.–М.: Техносфера, 2003.
6. Волоконно – оптическая техника: Современное состояние и перспективы. - 2-е изд., перераб. и доп. / Сб. статей под ред. Дмитриева С.А. и Слепова Н.Н. - М.: ООО "Волоконно – оптическая техника", 2005.

7. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. - М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999.
8. Дмитриев А.Л. Оптические системы передачи информации / Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2007. -96 с.
9. Игнатов А.Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: Учебное пособие. – М: Эко-Трендз. 2006.

MUNDARIJA

So‘z boshi	3
1-laboratoriya ishi. Optik tolalar. Optik tolalarning turlari va xarakteristikalari. Optik tolalarning geometrik va fizik parametrlari. Optik tolalarning sonli aperturasini tajriba yo‘li bilan aniqlash.....	5
2-laboratoriya ishi. Yorug‘lik diodi va lazer diodining vatt-amper xarakteristikalarini qiyosiy o‘rganish.....	31
3-laboratoriya ishi. Fotoqabul qilgichning volt-amper va spektral xarakteristikalarini tadqiq etish.....	47
4-laboratoriya ishi. Lazer diod nurlanishining impulsli modulyatsiya jarayonini tadqiq etish.....	62
5-laboratoriya ishi. Lazer diod nurlanishining analog modulyatsiya jarayonini tadqiq etish.....	68
6- laboratoriya ishi. Optik aloqa tizimlarining tuzilish prinsipini o‘rganish (STM-1 uzatish tizimi asosida)	83
7- laboratoriya ishi. Raqamli tolali-optik uzatish tizimlarining liniya kodlarini tadqiq etish	93
8- laboratoriya ishi. Optik regeneratorlarni o‘rganish va tekshirish	101
9- laboratoriya ishi. Optik kuchaytirgichlarning xarakteristika va parametrlarini tadqiq etish	108
10- laboratoriya ishi. Real optik aloqa liniyasi qabul qilish punktida signal shaklini modellashtirish	118
11- laboratoriya ishi. Ajraladigan optik ulagichlarning xarakteristikasini tadqiq etish	138
12- laboratoriya ishi. Optik attenyuatorlarning xarakteristikasini tadqiq etish	149
13- laboratoriya ishi. Optik tolaning bukilishi tufayli sodir bo‘ladigan so‘nish solishtirma koeffitsiyentining uning bukilish radiusiga bog‘liqligini tadqiq etish.	155
Foydalanilgan adabiyotlar	162

G. X. MIRAZIMOVA, N.YU.YUNUSOV

OPTIK ALOQA TIZIMLARI

Toshkent – «Aloqachi» – 2017

Muharrir:	M. Mirkomilov
Tex. Muharrir:	A. Tog‘ayev
Musahhiha:	N. Hasanova
Sahifalovchi:	F. Tog‘ayeva

«Aloqachi» nashriyoti.

**Bichimi 60x84 ¹/₁₆. «Time uz» garniturası. Ofset bosma
usulida bosildi.**

Shartli bosma tabog‘i 13. Nashriyot bosma tabog‘i 12,25

Tiraj 100. Buyurtma №11

**OK «NIHOL PRINT» bosmaxonasida chop etildi.
Toshkent., Muxtor Ashrafiy ko‘chasi, 101/99.**