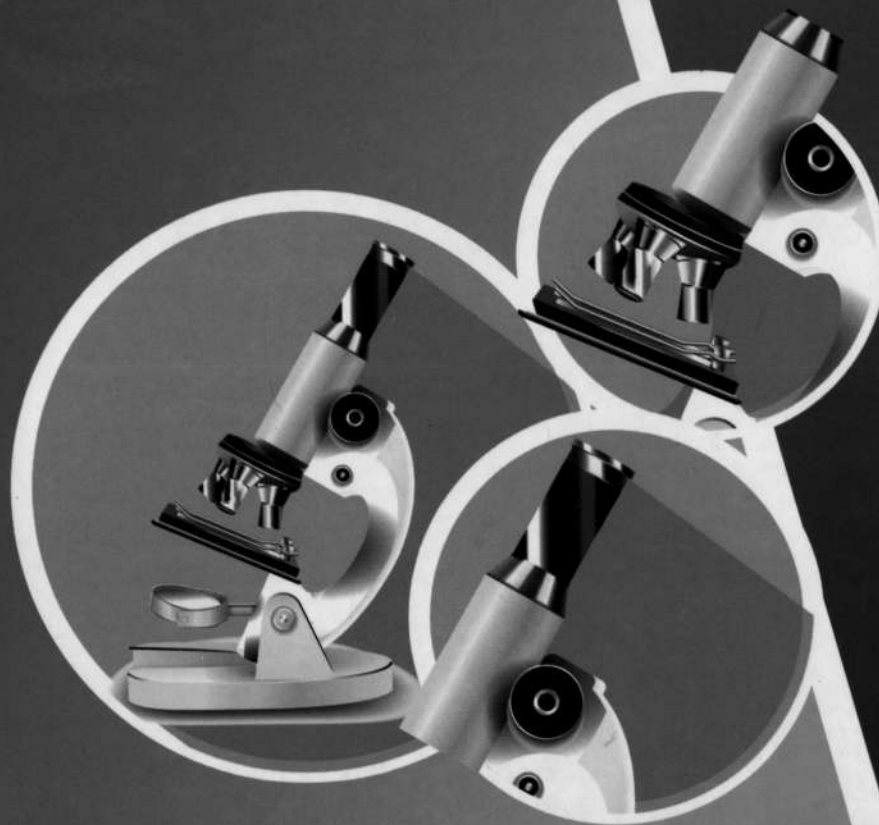


**M.I.BAZARBAYEV, I.MULLAJONOV, U.M.ABDUJABBOROVA,
A.Z.SOBIRJONOV, I.SH.SAIDNAZAROVA**

TIBBIY ELEKTRONIKA



**Kitob quyidagi ko'rsatilgan
muddatda topshirilishi shart**

**Oldingi foydalanishlar
miqdori**

--	--

UO'K: 621.3:61(075.8)

KBK: 32.85ya73

T 46

Tibbiy elektronika [Matn]: darslik / M.I.Bazarbayev, I.Mullajonov, U.M.Abdujabborova [va boshq.]. – Toshkent: «O'zbekiston xalqaro islom akademiyasi» nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020. – 208 b.

UO'K: 621.3:61(075.8)

KBK: 32.85ya73

Taqrizchilar:

B.X.Eshchanov – fizika-matematika fanlari doktori, dotsent

B.U.Iriskulov – tibbiyot fanlari doktori, professor

Mualliflar:

M.I.Bazarbayev – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika, biofizika va normal fiziologiya» kafedrası mudiri, fizika-matematika fanlar nomzodi

I.Mullajonov – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika, biofizika va normal fiziologiya» kafedrası dotsenti, fizika-matematika fanlar nomzodi,

U.M.Abdujabborova – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika, biofizika va normal fiziologiya» kafedrası assistenti

A.Z.Sobirjonov – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika, biofizika va normal fiziologiya» kafedrası assistenti

I.Sh.Saidnazarova – Toshkent tibbiyot akademiyasi «Informatika, biofizika va normal fiziologiya» kafedrası assistenti

O'quv qo'llanma O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2018-yil 15-avgustdagi 718-sonli buyrug'iga asosan nashr etishga ruxsat berilgan.

ISBN 978-9943-6528-8-0

© «O'zbekiston xalqaro islom akademiyasi» nashriyot-matbaa birlashmasi, 2020.

KIRISH

Elektronika – elektronlarni elektr maydoni bilan ta'sirini va axborot uzatish, qayta ishlash va saqlashda qo'llaniladigan elektron asbob va qurilmalarni yaratish usullarini o'rganish bilan shug'ullanadigan fan.

Elektronika, avvalambor, inson jamiyatining axborotga bo'lgan talablarini qondirishga mo'ljallangan. Ishlab chiqarish kuchlari va munosabatlarining rivojlanishi texnika va texnologiyaning yangi turlarini yaratishga asoslangan va axborot vositalarining rivojlanishi bilan kuchli ravishda bog'liq. Insonlar o'rtasidagi axborot almashish qurilmalarining rivojlanish tarixi bir necha bosqichlardan iborat: harakat va mimika, tovush, yozuv, kitob bosmasi, elektronika. Hozirgi kunda axborot uzatish, qayta ishlash va saqlash qurilmalarining barchasi inson jamiyati tomonidan ishlatilmoqda. Axborot uzatishning yangi usuliga o'tish doimo jamiyatda ishlab chiqarish kuchlarini keskin o'sishiga olib kelgan. Elektronika uzoq masofalarga uzatilaётgan axborotning uzatish tezligi va hajmini keskin ortirdi. Elektronika rivojlanish jarayonida to'rt bosqichni bosib o'tdi.

Birinchi bosqich 1895-yilda A.S.Popov tomonidan simsiz telegraf – radio ixtiro qilinishi bilan boshlandi. Bu davrdagi aloqa qurilmalari passiv elementlardan: simlar, induktivlik g'altaklari, magnitlar, rezistorlar, kondensatorlar, elektromexanik qurilmalar (almashlab ulagichlar, rele va boshqalar)dan iborat edi.

Ikkinchi bosqich 1906-yili L. de Forest tomonidan birinchi aktiv elektron asbob – triod lampasining yaratilishi bilan boshlandi. Triod – elektr signallarini turli o'zgartirish usullari, asosan – quvvat kuchaytirish xossasiga ega bo'lgan birinchi aktiv elektron asbob bo'ldi. Kuchsiz signallarni elektron lampalari yordamida kuchaytirish hisobiga telefon orqali suhbatlarni uzoq masofalarga uzatish imkoniyati yuzaga keldi. Elektron lampalari radio orqali tovush, musiqa, keyinchalik esa televideniye orqali tasvirlarni ham uzatishga o'tishga imkon yaratdi. Ikkinchi bosqich elektronika apparaturalari elementlariga – elektron lampalar, rezistorlar, kondensatorlar, transformatorlar kiradi.

Uchinchi bosqich 1948-yili Dj.Bardin, V.Brattayn va V.Shoklilar tomonidan qattiq jismli (yarimo'tkazgichli) elektronikaning asosiy aktiv (kuchaytirgich) elementi bo'lgan – bipolyar tranzistorning kashf etilishi

3

DENOV TADBIRKORLIK
VA PEDAGOGIKA
INSTITUTI ARM
№ 25583

bilan boshlandi. Tranzistor elektron lampaning barcha funksiyalarini bajarishga qodir.

Tranzistor yaratilishi bilan, uning almashlab ulagich vazifasini bajara olish xossasi, kichik o'lchamlari va yuqori ishonchligiga ko'ra bir necha ming elektr radioelementlardan (ERE) tashkil topgan murakkab elektron qurilma va tizimlarni yaratish imkoniyati tug'ildi. Bunday qurilmalarni loyihalash juda oson, lekin xatosiz yig'ish va ishlashini ta'minlash esa deyarli mumkin emas edi. Gap shundaki, har bir ERE alohida (diskret elementlar) yaratilgan bo'lib, boshqa elementlar bilan individual bog'lanishni (montajni) talab qilardi. Hatto juda aniq montajda ham uzilish, qisqa tutashuv kabi xatoliklar yuzaga kelar va tizimni darhol ishg'a tushishini ta'minlamas edi. Masalan, 50-yillar so'ngida yaratilayotgan EHMLar o'nlab rezistor va kondensatorlarni hisobga olmaganda, 100 mingga yaqin diodlar va 25 mingtacha tranzistorlardan iborat bo'lgan.

Diskret elementlar quyidagi xossalarga ega: o'rtacha quvvati 15 mW, o'lchamlari (bog'lanishlari bilan) 1 sm^3 , o'rtacha og'irligi 1 g va buzilish ehtimolligi 10^{-5} s^{-1} . Natijada diskret elementlardan tuzilgan EHMning sochilish quvvati 3 kW, o'lchamlari $0,2 \text{ m}^3$, og'irligi 200 kg bo'lib, har bir soatda ishdan chiqar edi. Bu albatta EHM ish qobiliyatini kichikligidan dalolat beradi. Bunday diskret tranzistorli texnika yordamida murakkab elektron qurilmalarni yaratish imkoni mavjud emas. Demak, buzilishlar ehtimoli, o'lchamlari va og'irligi, tannarxi va boshqalar bir necha darajaga kichik bo'lgan sifatli yangi element baza yaratish talab qilinardi. Integral mikrosxemalar xuddi shunday element baza talabalariga javob berdi.

To'rtinchi bosqich integral mikrosxemalar (IMS) asosida qurilma va tizimlar yaratish bilan boshlandi va **mikroelektronika davri** deb ataladi.

Mikroelektronikaning birinchi mahsulotlari – integral mikrosxemalar 60-yillar so'ngida paydo bo'ldi. Hozirgi kunda IMSlar uch xil konstruktiv – texnologik usullarda yaratiladi: qalin pardali va yupqa pardali gibrid integral mikrosxemalar (GIS) va yarimo'tkazgichli integral mikrosxemalar.

Integral mikrosxemalar radio elektron apparaturalarda elementlararo ulanishlarni ta'minlash bilan birgalikda, ularning kichik o'lchamlarini, energiya ta'minotini, massa va material hajmini ta'minlaydilar. Ko'p sonli chiqishlar va korpuslarning yo'qligi radio elektron apparaturalarning hajmi va massasini kichraytiradi.

I-BOB. TIBBIY ELEKTRONIKA ASOSLARI

1.1. Tibbiy elektron asbob va apparatlarning asosiy guruhlari

Fizika har qanday boshqa fan kabi jamiyat talablariga ko'ra taraqqiy etib keldi va taraqqiy etmoqda. Uning rivojlanishi amaliy masalalar bilan boshqariladi. O'z navbatida, fizikaning taraqqiyoti amaliy, shu bilan birga texnik muammolarni yechishga imkon beradi. Masalan, elektromagnit hodisalarni tekshirish sohasidagi yutuqlar natijasida texnikaning tegishli tarmoqlari rivojlanib ketdi: elektro va radiotexnika. Asta-sekin radiotexnikaning ko'pgina bo'limlari radioelektronika yoki elektronika deb atala boshladi.

«Elektronika» termini shartli ravishda qabul qilingan bo'lib, unga aniq bir ta'rif berish qiyin. Ehtimol, hammadan to'g'rirog'i **elektronika deganda fan va texnikaning shunday tarmog'i tushuniladiki, unda elektrovakuuml, ionli va yarimo'tkazgichli qurilmalar (asboblari)ning ishi va qo'llanishi ko'rib chiqiladi.**

Elektronikaning, keng ma'noda aytganda, (umumiy elektronikaning) qo'llanish sohasi bo'yicha qurilmalarning sinfiga, nazariy savollarning tabaqasiga qarab guruhlarga bo'lish mumkin. Shuning uchun fizika bo'limini nazarda tutib, fizik elektronikani ajratib olamiz. Unda jismlarning elektr o'tkazuvchanligi, kontakt va termoelektron hodisalar ko'rib chiqiladi; texnik elektronika deganda, uning shunday bo'limlari tushuniladiki, ularda asbob va apparatlarning tuzilishi, ularning ulash sxemalari tasvirlanadi; yarimo'tkazgichlar elektronikasi deb, yarimo'tkazgichli asboblarning mos ravishda qo'llanishining barcha yo'nalishlariga aytiladi.

Ba'zan hamma elektronika uchta yirik sohaga bo'linadi: vakuumli elektronika, u elektrovakuum asboblarni (elektron lampalar, fotoelektron qurilmalar, rentgen trubkasi, gaz razryadli asboblarni) yaratish va qo'llashga doir barcha masalalarni o'z ichiga oladi; qattiq jism elektronikasi, u yarimo'tkazgich asboblarni, shuningdek, integral sxemalarni ham, yaratish va qo'llash bilan bog'liq masalalarni o'z ichiga oladi; kvant elektronikasi – elektronikaning alohida bo'limi bo'lib, lazerlar va mazerlarga tegishlidir.

bilan boshlandi. Tranzistor elektron lampaning barcha funksiyalarini bajarishga qodir.

Tranzistor yaratilishi bilan, uning almashlab ulagich vazifasini bajara olish xossasi, kichik o'lchamlari va yuqori ishonchliliga ko'ra bir necha ming elektr radioelementlardan (ERE) tashkil topgan murakkab elektron qurilma va tizimlarni yaratish imkoniyati tug'ildi. Bunday qurilmalarni loyihalash juda oson, lekin xatosiz yig'ish va ishlashini ta'minlash esa deyarli mumkin emas edi. Gap shundaki, har bir ERE alohida (diskret elementlar) yaratilgan bo'lib, boshqa elementlar bilan individual bog'lanishni (montajni) talab qilar edi. Hatto juda aniq montajda ham uzilish, qisqa tutashuv kabi xatoliklar yuzaga kelar va tizimni darhol ishga tushishini ta'minlamas edi. Masalan, 50-yillar so'ngida yaratilayotgan EHMLar o'nlab rezistor va kondensatorlarni hisobga olmaganda, 100 mingga yaqin diodlar va 25 mingtacha tranzistorlardan iborat bo'lgan.

Diskret elementlar quyidagi xossalarga ega: o'rtacha quvvati 15 mW, o'lchamlari (bog'lanishlari bilan) 1 sm^3 , o'rtacha og'irligi 1 g va buzilish ehtimolligi 10^{-5} s^{-1} . Natijada diskret elementlardan tuzilgan EHMning sochilish quvvati 3 kW, o'lchamlari $0,2 \text{ m}^3$, og'irligi 200 kg bo'lib, har bir soatda ishdan chiqar edi. Bu albatta EHM ish qobiliyatini kichikligidan dalolat beradi. Bunday diskret tranzistorli texnika yordamida murakkab elektron qurilmalarni yaratish imkoni mavjud emas. Demak, buzilishlar ehtimoli, o'lchamlari va og'irligi, tannarxi va boshqalar bir necha darajaga kichik bo'lgan sifatli yangi element baza yaratish talab qilinadi. Integral mikrosxemalar xuddi shunday element baza talabalariga javob berdi.

To'rtinchi bosqich integral mikrosxemalar (IMS) asosida qurilma va tizimlar yaratish bilan boshlandi va *mikroelektronika davri* deb ataladi.

Mikroelektronikaning birinchi mahsulotlari – integral mikrosxemalar 60-yillar so'ngida paydo bo'ldi. Hozirgi kunda IMSlar uch xil konstruktiv – texnologik usullarda yaratiladi: qalin pardali va yupqa pardali gibrid integral mikrosxemalar (GIS) va yarimo'tkazgichli integral mikrosxemalar.

Integral mikrosxemalar radio elektron apparaturalarda elementlararo ulanishlarni ta'minlash bilan birgalikda, ularning kichik o'lchamlarini, energiya ta'minotini, massa va material hajmini ta'minlaydilar. Ko'p sonli chiqishlar va korpuslarning yo'qligi radio elektron apparaturalarning hajmi va massasini kichraytiradi.

1-BOB. TIBBIY ELEKTRONIKA ASOSLARI

1.1. Tibbiy elektron asbob va apparatlarning asosiy guruhlari

Fizika har qanday boshqa fan kabi jamiyat talablariga ko'ra taraqqiy etib keldi va taraqqiy etmoqda. Uning rivojlanishi amaliy masalalar bilan boshqariladi. O'z navbatida, fizikaning taraqqiyoti amaliy, shu bilan birga texnik muammolarni yechishga imkon beradi. Masalan, elektromagnit hodisalarni tekshirish sohasidagi yutuqlar natijasida texnikaning tegishli tarmoqlari rivojlanib ketdi: elektro va radiotexnika. Asta-sekin radiotexnikaning ko'pgina bo'limlari radioelektronika yoki elektronika deb atala boshladi.

«Elektronika» termini shartli ravishda qabul qilingan bo'ib, unga aniq bir ta'rif berish qiyin. Ehtimol, hammadan to'g'rirog'i *elektronika deganda fan va texnikaning shunday tarmog'i tushuniladiki, unda elektrovakuumli, ionli va yarimo'tkazgichli qurilmalar (asboblari)ning ishi va qo'llanishi ko'rib chiqiladi.*

Elektronikaning, keng ma'noda aytganda, (umumiy elektronikaning) qo'llanish sohasi bo'yicha qurilmalarning sinfiga, nazariy savollarning tabaqasiga qarab guruhlarga bo'lish mumkin. Shuning uchun fizika bo'limini nazarda tutib, fizik elektronikani ajratib olamiz. Unda jismlarning elektr o'tkazuvchanligi, kontakt va termoelektron hodisalar ko'rib chiqiladi; texnik elektronika deganda, uning shunday bo'limlari tushuniladiki, ularda asbob va apparatlarning tuzilishi, ularning ulash sxemalari tasvirlanadi; yarimo'tkazgichlar elektronikasi deb, yarimo'tkazgichli asboblarning mos ravishda qo'llanishining barcha yo'nalishlariga aytiladi.

Ba'zan hamma elektronika uchta yirik sohaga bo'linadi: vakuumli elektronika, u elektrovakuum asboblarni (elektron lampalar, fotoelektron qurilmalar, rentgen trubkasi, gaz razryadli asboblarni) yaratish va qo'llashga doir barcha masalalarni o'z ichiga oladi; qattiq jism elektronikasi, u yarimo'tkazgich asboblarni, shuningdek, integral sxemalarni ham, yaratish va qo'llash bilan bog'liq masalalarni o'z ichiga oladi; kvant elektronikasi – elektronikaning alohida bo'limi bo'lib, lazerlar va mazerlarga tegishlidir.

Bu masalalarning barchasi bir tomondan elektronikaning mazmuni haqida taassurot yaratasa, boshqa tomondan elektronika chegarasining noaniqligini qo'shimcha marta belgilab beradi. **Elektronika — fan va texnikaning juda rivojlanuvchi tarmog'idir.**

Yangi effektlar (hodisalar) asosida elektron qurilmalar, shular qatorida elektron va tibbiyotda qo'llasa bo'ladiganlar ham yaratilmoqda.

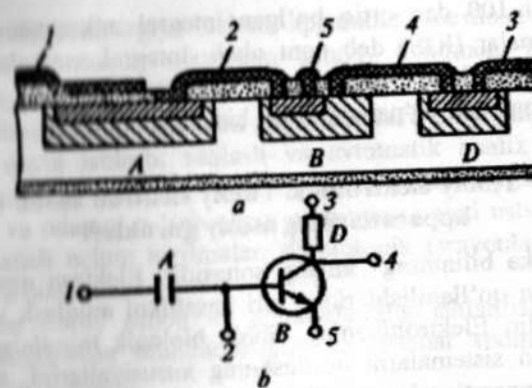
Olimlar har qanday texnika, shu jumladan, radiotexnika va elektron qurilmalarni zamonaviylashtirishga, mustahkamroq, kam energiya iste'mol qiladigan, kichik gabaritli qilishga intilmoqdalar. Biroq bunda qiyinchiliklar tug'iladi: masalan buyumlar gabaritlarining kichraytirilishi ularning mustahkamligini kamaytirish mumkin va hokazo.

Masalaning bir tomoniga — elektron qurilmalar va sxemalar elementlarning o'lchamlarini qisqartirish yoki miniaturlash tendensiyasi g'oyasi ustida to'xtab o'tamiz.

Elektronikada faqat elektron lampalar qo'llanilgan vaqtdan beri, bu lampalarni shuningdek, sxemaning passiv elementlarini (rezistorlar, induktiv g'altaklar, kondensatorlar) kichik tashqi o'lchamli qilishga intilganlar.

Elektron qurilmalarni miniaturlashda yarimo'tkazgichli diod va triodlarning qo'llanilishi muhim bo'ldi, bu esa 1 sm^3 hajmga 2–3 ta elementlarni joylashtirish imkonini berdi. Elektronikani miniaturlashning hozirgi vaqtda ham rivojlanayotgan navbatdagi bosqichi integral sxemalarning barpo etilishidir.

Bu mikro-miniatur elektron tuzilmaning barcha elementlari (yoki uning qismlari) ajralmas qilib konstruktiv bog'langan va o'zaro bir-biri bilan elektrik birlashgan. Integral sxemalarning ikkita asosiy tipi mavjud: yarimo'tkazgichli va plyonkali.



1.1 rasm. Yarimo'tkazgichli integral sxemalardan biri: a — uning ko'ndalang kesimi; b — prinsipial elektrik sxemasi.

Yarimo'tkazgichli integral sxemalar — asl yarim o'tkazgichlardan tayyorlanadi. Termik, diffuzli va boshqacha ishlov berish natijasida yarimo'tkazgichning kristall panjarasini shunday o'tkazdiriladiki, natijada uning ayrim sohalari sxemaning turli elementlari bo'lib qoladi. Bu o'lchovi 1 sm^2 ga yaqin bo'lgan plastinkadan 100 va undan ko'proq detallardan iborat, radiotexnik blokka ekvivalent bo'lgan sxema yaratishga imkon beradi. Integral sxemalarda rezistorlar va kondensatorlar sifatida, odatda, $p-n$ o'tishlardan foydalaniladi. 1.1-rasmda yarimo'tkazgichli integral sxemalardan biri ko'rsatilgan: a — uning ko'ndalang kesimi; b — prinsipial elektrik sxemasi. Turlicha shtrixlash bilan — xil yarimo'tkazgich yoki o'tkazgich materiallar yoki turlicha kirishmali materiallar ko'rsatilgan (A — kondensator, B — rezistor, 1–5 — sxemaning tegishli nuqtalari).

Plyonkali integral sxemalar vakuumda maxsus tagliklar ustiga turli materiallarni cho'ktirish yo'li bilan tayyorlanadi. Shuningdek, yarimo'tkazgichli va plyonkali sxemalarning birga qo'shilishidan iborat bo'lgan — **gibridli integral sxemalardan** ham foydalaniladilar.

Integral sxemalar ayrim elementlarining o'lchamlari judayam kichik, 0,5 – 10 mkm tartibida bo'ladi, shuning uchun ozginagina chang, gard va shunga o'xshashlar ularning ishiga ta'sir etishi mumkin. Bu esa integral sxemalarning atrofidagi muhit g'oyatda toza bo'lgan sharoitlarda tayyorlanishi kerakligini jiddiy talab etadi.

Elementi 100 dan ortiq bo'lgan integral mikrosxemalar – katta integral sxemalar (KIS) deb nom oladi. Integral sxemalarni yaratish, elektron qurilmalarni miniaturlash hozirgi zamon elektronikasi taraqqiyotining bosh yo'nalishlaridan biri bo'lib qoldi.

1.2 Tibbiy elektronika. Tibbiy elektron asbob va apparatlarning asosiy guruhlari

Elektronika bilimning amaliy sohasidir. Elektron qurilmalarning keng tarqalgan qo'llanilishlaridan biri kasallikni aniqlash va davolash bilan bog'liqdir. Elektronikaning, tibbiy biologik masalalarni yechish uchun elektron sistemalarni qo'llashning xususiyatlarini, shuningdek, ularga mos apparatlarning tuzilishini ko'rib chiqiladigan bo'limi — *tibbiyot elektronikasi* deb ataladi.

Tibbiyot elektronikasi fizika, matematika, texnika, tibbiyot, biologiya, fizologiya va boshqa fanlardan olingan ma'lumotlarga asoslanadi. U o'zida biologik va fiziologik elektronikani mujjassamlashtiradi. Bu doimo kengayib boruvchi soha hisoblanadi, chunki elektronikaning tibbiyotda qo'llanilishi xilma-xildir. Hozirgi vaqtda unda ko'proq an'anaviy noelektronik xarakteristikalar – temperatura, jismning siljishi, biokimyoviy ko'rsatkichlarni o'lchashda foydalanilmoqda va elektr signaliga o'zgartirish kiritishga harakat qilinmoqda. Elektr signal sifatida beriladigan ma'lumotni uzatish va qayd qilish qulay. Tibbiy biologiya maqsadlari uchun ishlatiladigan elektron asbob va apparatlar asosan quyidagi guruhlarga ajratiladi

1. Tibbiy biologiya axborotini olish, uzatish va qayd qilish qurilmalari. Bunday axborot faqat organizmda (biologik to'qima, a'zolar, sistema) ro'y beradigan jarayonlar bo'lmasdan, balki atrof-muhitning (sanitariya-gigiyena) holati, protezlarda sodir bo'ladigan jarayonlar va h.k. haqida bo'lishi mumkin. Bunga diagnostik apparaturalarning ko'pgina qismi: ballistokardiograf, fonokardiograf, reograf va boshqalar kiradi. Bunday asboblarning ko'pchiligida elektr signallar kuchaytirgichlarining bo'lishi xarakterlidir. Bu guruh yana laboratoriya tekshirishlari uchun elektro tibbiyot apparatlarini, pH – metrni kiritish mumkin.

2. Davolash maqsadida organizmga turli fizik omillar – (ultraviolet, elektr toki, elektromagnit maydon va boshqalar) bilan dozali ta'sir ko'rsatishni ta'minlovchi elektron qurilmalar: mikroto'liqlik terapiya

apparatlar, elektroxirurgiya uchun apparatlar, kardiostimulatorlar va boshqalar. Fizik nuqtayi nazardan bunday tuzilmalar har xil elektr signallarining generatori hisoblanadi.

3. Kibernetika elektron qurilmalari: a) tibbiy-biologiya axborotini qayta ishlash, saqlash va avtomatik analiz qilish uchun elektron hisoblash mashina; b) hayot uchun zarur bo'lgan jarayonlarni boshqarish va odamni o'rab olgan muhitning holati ustidan avtomatik analiz o'rnatish uchun tuzilmalar; d) biologik jarayonlarning elektron modellari va boshqalar.

Elektron tibbiy asbob va apparatlarning ishlatilishi diagnostika hamda davolashning samaradorligini va tabobat xodimining mehnat unumdorligini oshiradi.

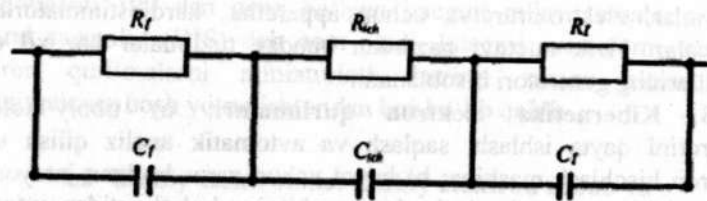
1.3 Tibbiyot apparaturasining elektr xavfsizligi

Elektron tibbiyot apparaturasining ishlatilishi bilan bog'liq bo'lgan eng muhim masalalardan biri, ham bemor uchun, ham tabobat xodimi uchun uning elektr xavfsizligidir.

Bemor har xil sabablarga (organizmning darmonsizlanishi, narkozning ta'siri, kuchsizlanish, tanada elektrodning bo'lishi, ya'ni bemorni elektr zanjiriga to'g'ridan-to'g'ri ulanishi h.k) ko'ra sog' odamga nisbatan alohida elektr xavfli sharoitda bo'ladi. Shuningdek, tibbiyot elektron apparaturasi bilan ishlaydigan tibbiyot xodimi ham elektr tokidan zararlanish havf-xatari sharoitida turadi.

Elektr tarmog'i va texnik tuzilmalar, odatda, elektr kuchlanish beradi. Lekin organizm yoki organlarga elektr toki, ya'ni vaqt birligi ichida biologik obyektidan oqib o'tuvchi zaryad ta'sir ko'rsatadi.

Ikkita elektrod orasidagi odam tanasining qarshiligi ichki to'qimalar va a'zolarining qarshiligi va teri qarshiligining yig'indisidan iborat (1.2-rasm). Organizm ichki qismlarining qarshiligi – R_{ich} odamning umumiy holatiga kuchsiz bog'liq bo'lib, hisoblashlarda kaft-tovon yo'li uchun $R_{ich} = 1 \text{ k}\Omega$ qabul qilingan.



1.2 rasm Ikkita elektrodlar orasidagi odam tanasining qarshiligi ichki to'qimalar va organlarning qarshiligi va teri qarshiligining yig'indisidan iborat

Terining qarshiligi – R_f ichki a'zolarining qarshiligidan ancha ortiq bo'lib, u ichki hamda tashqi sabablarga (terlash, namlik) bog'liq bo'ladi, bundan tashqari, tananing turli qismlarida teri har xil qalinlikka ega va qarshiligi ham turlichadir. Shuning uchun (odam terisining qarshiligini noaniqligini hisobga olib) uni hisobga olmaydi va $I = U/R_{ich} = U/1000$ deb hisoblanadi. Masalan, $U = 220$ V bo'lganda $I = 220/1000$ A = 220 mA. Umuman olganda, teri qarshilikka ega va real sharoitda, 220 V kuchlanishda tok kuchi 220 mA dan kichikdir.

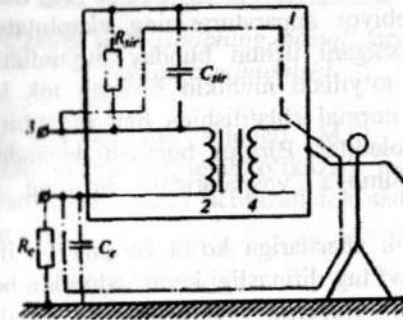
Elektron tibbiy apparatura bilan ishlashda xavfsizlikni ta'minlashning barcha mumkin bo'lgan choralarini ko'rilgan bo'lishi kerak. Asosiy va boshlang'ich talab – kuchlanish ostida turgan apparaturaning qismlariga qo'l tegib ketmasligidir.

Buning uchun eng avval kuchlanish ostida turgan asbob va apparaturaning qismlarini bir-biridan va apparatning korpusidan muhofaza qilinadi. Bunday rolni bajaruvchi izolatsiya asosiy yoki ishchi izolatsiya deyiladi. Korpusdagi teshiklar – barmoqlarni, bezak uchun taqiladigan zanjirlarni va h.k. to'satdan apparatning ichki qismlariga kirib va tegib ketmasligini muhofaza etishi kerak.

Biroq, kuchlanish ostida bo'lgan apparat qismlari yopiq bo'lsa-da, bu aqalli ikkita sababga ko'ra xavfsizlikni hali ta'minlamadi.

Birinchidan, apparatning qismlari va uning korpusi orasidagi izolatsiya qanday bo'lmasin asbob va apparatning o'zgaruvchan tokning qarshiligi, elektr tarmog'ining simlari va yer o'rtasidagi qarshilik ham cheksiz emas. Shuning uchun odam apparatning korpusiga tekkanda, uning tanasi orqali sirqish toki deb ataladigan tok o'tadi.

Ikkinchidan, ishchi izolatsiyaning buzilishi (eskirishi, atrofdagi havoning namligi) tufayli apparatning ichki qismlarning korpusi bilan elektr tutashuvi ro'y berishi ehtimoldan xoli emas – korpusga urish va apparaturaning tashqi tegish mumkin bo'lgan qismi – korpusi – kuchlanish ostida bo'ladi.



1.3 rasm Sirqish tokining zanjirining sxematik ko'rinishda

Ham birinchi, ham ikkinchi hollarda shunday choralarni ko'rish kerakki, ular apparatning korpusiga tekkan kishilarni tok urishidan xalos etsin. Bu masalalarni bir muncha mukammalroq ko'rib chiqamiz. Korpusga o'tadigan sirqish tokining kuchi, har qanday o'tkazish kabi Ohm qonuniga asosan kuchlanishga va zanjirning qarshiligiga bog'liq bo'ladi. Sirqish tokining zanjiri sxematik ravishda 1.3-rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda birinchi apparatning korpusi, uning ichida transformator, uning ikkinchi birlamchi o'ramli, uchinchi tarmoqning kuchi kuchlanish manbaiga ulangan. To'rtinchi transformator ikkilamchi o'rami apparaturaning ishchi qismi bilan o'ralgan (bu rasmda ko'rsatilmagan).

Tarmoq yerga ulangan bo'lishi yoki bo'lmasligiga bog'liq bo'lmay har doim yerga nisbatan birmuncha o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi, u izolatsiya va yerga ulanish aktiv (omik) qarshiligi R_e bilan va tarmoq simlari hamda yerning sig'imi C_e – bilan aniqlanadi. Tarmoq va korpus orasidagi elektr o'tkazuvchanlik ishchi izolatsiyaning omik qarshiligiga va apparatning kuchlanish ostida bo'lgan ichki qismlari hamda korpusi orasidagi sig'imiga, ya'ni R_{sir} va C_{sir} ga bog'liq bo'ladi. Bu

elementlarning barchasi sochilgan parametrlar bo'lgani va rezistorlar kondensatorlar sifatida bo'lmaganligi tufayli 1.3-rasmda uzuq chiziq bilan tasvirlangan.

Rasmda shtrixpunktir chiziq bilan apparat yoki asbobning korpusiga tegib turgan odam orqali o'tuvchi, sirqish tokining yo'li ko'rsatilgan. Agar bemor zanjiri (konturi) korpusda izolatsiya qilingan bo'lsa, u holda yana alohida, bemorga sirqish toki ham bo'ladi. Sirqish tokining kuchi tibbiyot apparaturasining eksplutatsiya xavfsizligiga muhim ta'sir ko'rsatgani uchun bunday buyumlarni loyihalash va tayyorlashda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan tok kuchini asbob va apparatlarning ham normal ishlatilishida, ham faqat birgina buzilish ro'y berganda hisobga oladilar. Birgina buzilish deganda, elektr tokining urishiga qarshi himoya vositalaridan birining ishdan chiqishi tushuniladi.

Elektr xavfsizlik shartlariga ko'ra birgina buzilish odam uchun to'g'ridan to'g'ri xavf tug'dirmasligi kerak. Mumkin bo'lgan sirqish tok kuchlarini elektro tibbiyot buyumlarining xillariga va bu mahsulotlarning tok urishidan himoya darajasiga qarab ajratiladi. Ularning to'rt xili mavjud:

H – himoya darajasi normal bo'lgan buyumlar: bunday himoya uy-ro'zg'or asboblarining himoyasiga ekvivalentdir.

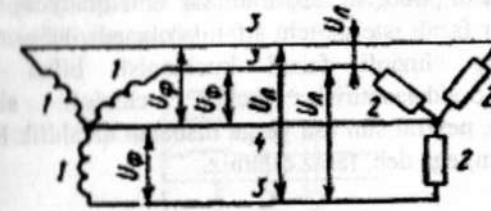
B – himoya darajasi yuqori bo'lgan buyumlar.

BF – himoya darajasi yuqori bo'lgan va ishchi qismi izolatsiya qilingan buyumlar.

CF – Himoya darajasi yuqori bo'lgan va ishchi qismi izolatsiya qilingan buyumlar. Bu xilga, albatta, xususan ishchi qismi yurak bilan elektr kontaktda bo'lgan buyumlar kiradi.

CF – xildagi buyumlarga alohida belgi qo'yilishi lozim (1.4- rasm) 1-jadvalda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan sirqish tok kuchi buyum xillari – H, B, BF va CF uchun keltirilgan.

Korpusga urishda apparaturaning tegishli qismlari kuchlanish ostida bo'lib qoladi. Bu holda ham buyumlar ishining buzilish sharoitlarida elektr tokining urishidan himoyalani usullarini ko'rib qo'yish kerak. Bunday himoya choralarga yerga ulash va nolga ulash kiradi. Bu choralarni fizik jihatdan tushunish elektro tibbiyot apparaturasini qanday qilib uch fazali sistemaga ulash kerakligini bilish lozim.



1.4-rasm Apparat yoki asbobning chiziqli fazali kuchlanish bilan ta'minlanishi

XIX asring oxirida rus injeneri M.O. Dolivo-Dobroloskiy o'zgaruvchan tokni simlaridan tejab o'tkazish to'g'risidagi masalani texnik jihatdan hal qilish uchun uchfazali tok sistemasini (uch fazali tokni) taklif etgan edi.

1-jadval

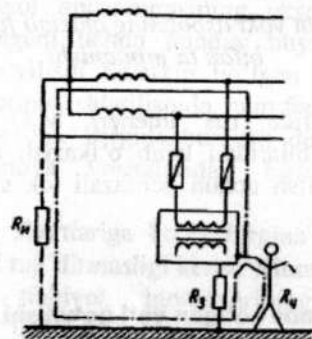
Buyum xillariga mos bo'lgan yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan sirqish tok kuchi

Buyumlar turi	N		B, BF		CF	
	Normal holatda	Bir marta buzilishda	Normal holatda	Bir marta buzilishda	Normal holatda	Bir marta buzilishda
sirqish tokining turi						
korpusga	0,25	0,05	0,1	0,5	0,01	0,5
bemorga	–	–	0,1	0,5	0,01	0,5

Bu sistema variantlaridan biri 1.4-rasmda keltirilgan; 1 – bitta generatoring faza o'ramlari, ularda o'zgaruvchan kuchlanish induksiyalanadi; 2 – nagruzkalar (iste'molchilar); 3 – chiziqli simlar (ular generatorni iste'molchi bilan birlashtiradi). Iste'molchilar uch fazali zanjirning bir konturida, ikkinchi konturining ish tartibiga ta'sir ko'rsatmasligi uchun neytral (nol) sim – 4 ni kiritish maqsadga muvofiqdir. Chiziqli simlar orasidagi U ga chiziqli, chiziqli va neytral simlar orasidagi U_f ga fazali kuchlanish deyiladi. Fazali va chiziqli kuchlanish orasidagi munosabat quyidagicha:

$$U_r = \sqrt{3}U_f \approx 1,73U_f$$

Odatda, elektr tibbiyot apparaturasi chiziqli yoki oddiy fazali kuchlanishga bir fazali iste'molchi sifatida ulanadi. 1.5- rasmda apparat yoki asbobning chiziqli fazali kuchlanish bilan ta'minlanishi ko'rsatilgan. Soddashtirish uchun chiziqli simlar to'la izolatsiyalangan, neytral sim esa yerga nisbatan qarshilik R_3 ga (puntir bilan ko'rsatilgan) ega deb, faraz qilamiz.



1.5-rasm. Elektrik apparatlarni yerga ulanish sxemasi.

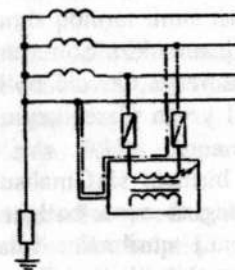
Agar himoyalovchi – R_e bo'lmaganda edi, u holda korpusda tok urishda va odam unga tekkanda unda kuchlanish hosil bo'lar edi.

Shtrix puntir bilan odam ulanib qolgan hol uchun zanjir ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinadiki, U_f – kuchlanish, odam tanasi qarshiligi – R_0 bilan uning yerga ulanishini ham kiritganda R_0 orasida qayta taqsimlanar ekan. Agar, masalan, $R_0 = 0,5 R_e$, $U_f = 220$ V bo'lsa, u holda odamda $220 / 3 \approx 75$ V kuchlanish bo'lib qolishi mumkin. Odamni himoyalash uchun korpusni yerga ulash kerak. Yerga ulash R_e qarshiligi R_0 ga parallel ulangan. R_e kichik bo'lgani uchun (4 Om dan katta bo'lmasligi kerak) $R_0 \gg R_e$ bo'ladi va mana shu qarshilikda va shuningdek, odamda juda oz kuchlanish bo'ladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, R_0 – qarshilik kattaligi tufayli tokni korpusga urishi, saqlagich yoyilib ketishi uchun avariya tokini vujudga keltirmaydi, shuning uchun bunday buzilish ishlovchiga sezilmasdan qolaveradi.

Agar yonida boshqa chiziqli simdan (boshqa fazadan) korpusga tok urgan apparat (asbob) turgan bo'lsa, u holda ikkala asbob korpuslari

orasida chiziqli kuchlanish paydo boladi. Bir vaqtning o'zida bunday korpuslarga tegish juda xavfli.



1.6- rasm. Himoyali nolga ulash

Hozirgi vaqtda ko'pincha neytrali yerga ulangan uch fazali tarmoqlardan foydalanilmoqda. Bu holda himoyalovchi yerga ulashning samarasi kam. Haqiqatan ham, yerga ulash yaxshi bo'lganda (1.5- rasm) R_e – kichik, U_f – kuchlanish qarshiliklar orasida taqsimlanadi va korpuslar bilan yer orasida $0,5U_f$ ga teng bolgan kuchlanish bo'ladi. Bu odam uchun xavflidir. Muhimi tok urishda saqlagich kuyadi, lekin bu birdaniga yuz bermasligi yoki «avariya» tok kuchining kamligi tufayli umuman yuz bermasligi mumkin. Saqlagich ishlab turishi uchun boshqa turdagi himoyadan foydalaniladi – himoyali nolga ulash, bunda apparatning korpusini simlar yordamida tarmoq simining noli bilan ulanadi (1.6- rasm).

Korpusga tok urgan holda qisqa tutashish ro'y beradi (shtrix chiziq bilan ko'rsatilgan), saqlagich kuyadi va apparatura kuchlanish manbaidan uziladi. Nol simining uzilib ketishi ehtimolligi har qachon bo'lishi tufayli neytral yerga bir necha joylarda ulanadi.

Aytilganlardan xulosa qilib, yana shuni ta'kidlaymizki, himoyali yerga ulash yoki nolga ulash – izolatsiyalangan neytrali tuzilmalarda tarmoqli apparaturaning yerga ulangan qismlari bilan tutashishi natijasida odam tanasi orqali o'tuvchi xavfsiz tok kuchini, neytralli yerga ulangan tuzilmalarda esa apparaturaning elektr tarmog'i avtomatik uzishini ta'minlashlari kerak.

Biroq har qanday elektron tibbiyot apparaturasi ham yerga ulash yoki nolga ulash bilan mustahkam himoyalangan. Ta'minlovchi tarmoqning tok urishidan qo'shimcha himoya choralariga ko'ra

apparatura to'rt sinfga bo'linadi: 1) buyumlar, ularda asosiy izolatsiyadan tashqari, tegish oson bo'lgan metall qismlarda kuchlanish ta'minlovchi bilan yerga ulash (nolga ulash)ni o'zaro tutashtirish ko'zda tutiladi. Buni, masalan, uch simli tarmoq shnuri va uch kontaktli vilka yordamida amalga oshirish mumkin. Shurning ikkita simi kuchlanish hosil qilish, uchinchi esa yerga ulovchi bo'lib xizmat qiladi. Vilkani rozetkaga kiritganda avval yerga ulash, keyin esa kuchlanish tarmog'i birlashadi.

01 – buyumlar, ular birinchi sinf mahsulotlaridan shu bilan farq qiladiki, ulardan alohida, tegish oson bo'lgan metall qismlarni yerga ulaydigan (nolga ulaydigan) qurilmalar bilan birlashtirish maqsadida qo'shimcha qisqich (klemma) bo'ladi. 1.7-b rasmda himoyaviy yerga ulash (nolga ulash) ko'rsatilgan. 01 – sinfdagi buyumlarni qo'llash vaqtinchalik bo'lib, keyinchalik bu – mahsulotlarni birinchi sinfga tegishlilik bilan almashtirish kerak.



1.7- rasm CF – xildagi buyumlarning shartli belgilanishi

II buyumlar asosiy izolatsiyadan tashqari, qo'shimcha izolatsiyaga ham ega bo'ladi. Asosiy va qo'shimcha izolatsiya o'rnida oshirilgan izolatsiya bo'lishi mumkin. Bu sinfdagi apparatlarda kimyoviy yerga ulash uchun moslamalar yo'q. 1.7-d rasmda bu sinf mahsulotlari tarmoq shnurlarini (yoki kabelni) kirgizilishi ko'rsatilgan.

III Mahsulotlar, ular 20 V dan katta bo'lmagan o'zgaruvchan kuchlanishi yoki 50 V dan oshmaydigan o'zgarmas kuchlanishni izolatsiyalangan tok manbaidan ta'minlashga mo'ljallangan bo'lib, kattaroq kuchlanishli tashqi yoki ichki zanjirga ega bo'lmagan buyumlardir. Bu sinfdagi mahsulotlar ham himoyaviy yerga ulash uchun moslamalarga ega emas.

Yuqorida faqat elektron tibbiy apparatlari bilan ishlashda elektr xavfsizligini asosiy masalalari ko'rib o'tildi. Baxtsiz hodisalarga olib

keluvchi har xil vaziyatlarda elektrtexnik izoh berish qiyin bo'lgani uchun bir necha umumiy ko'rsatmalar bilan chegaralanamiz.

– asboblarga bir vaqtning o'zida ikkala qo'l tana qismlari bilan tegmang;

– ho'llangan nam polda, yerda ishlamang;

– elektr apparatlarda ishlanganda trubalarga (gaz, suv isitish), metallar konstruksiyalarga tegmang;

– bir vaqtning o'zida ikkita apparat (asboblar)ning metall qismlariga tegmang;

Bemorga ulangan elektrodlar yordamida davolash tadbirlari olib borilayotganda elektr xavfsizlik holatini vujudga keltiruvchi ko'p variantlarni (kasalni isitish batareyalariga, gaz va suv o'tkazish truba va kranlarga tegishini, qo'shni apparatura korpusi orqali tutashishni va h.k.) ko'zda tutish qiyin, shuning uchun berilgan davolash tadbirlarini o'tkazishda yo'l-yo'riqqa amal qilgan holda, ulardan chetga chiqmaslik kerak.

1.4 Tibbiyot apparati bilan ishlashda texnika xavfsizligi

Tibbiyot apparati o'zining turiga va tuzilishiga qarab, uning qo'llanilish usuliga va qayerda ishlatilishiga bog'liq holda bu apparaturadan foydalanadigan xodimga har xil zararli va xavfli ta'sirlar ko'rsatishi mumkin. Bu ta'sirlar qatoriga quyidagilar kiradi: elektr toki bilan jarohatlanish, ish joylarida ionlovchi nurlanishning, elektromagnit nurlanishning, ultrabinafsha, infraqizil nurlarning, qaytgan va sochilgan lazer nurlanishning normadan yuqori darajada bo'lishi, tibbiyot apparati sirtining harorati yuqori va past bo'lishi, portlash va yong'in xavfi, ish vaqtida shovqin, vibratsiyaning kuchli bo'lishi va h.k.

Tibbiyot apparati bilan ishlashda asosiy xavfsizlik shartlari quyidagidan iborat: apparat doim buzilmagan bo'lishi kerak, ishlatish qoidalariga rioya qilish kerak, elektron tibbiyot apparati uchun manba hisoblangan elektron qurilmani to'g'ri o'rnatish kerak, asbob va apparaturani ekspluatatsiya qilish qoidasiga rioya qilish kerak.

Yuqori kuchlanishdan saqlanish uchun har xil usullar qo'llaniladi. Saqlanish usuliga ko'ra tashqi manbaidan ta'minlanadigan elektr tibbiyot asboblari va apparatlari 4 sinfga bo'linadi:

01 va I sinflar yerga ulash bilan saqlanishni yoki «0» ga ulashni mo'ljallaydi.

II sinf izolatsiya yo'li bilan saqlashni mo'ljallaydi.

III sinf past kuchlanishli zanjirdan ta'minlanadi, ular katta kuchlanishli zanjirga ega emas. Ko'p hollarda 0I va I sinf apparatlari qo'llaniladi. Yuqori kuchlanishdan saqlanishni ta'minlovchi bunday apparaturalar bilan ishlash jarayonida har xil sabablarni hisobga olganda baxtsiz hodisalarni keltirib chiqarishdan istisno emas, deb bo'lmaydi.

Tananing elektr qarshiligi o'zgaruvchan kattalidir. Past chastotalarda bu qarshilik asosan teri, muguz qatlamining qarshiligi bilan aniqlanadi. Bu kattalikning solishtirma qarshiligi 10 Om·m ga teng, namlanganda esa 10^2 Om·m. Ichki organlarning qarshiligi har xil omillarni hisobga olmaganda 10^3 Om ga teng deb qabul qilinadi. Elektr toki bilan jarohatlanishning oqibati – tokning turi va kattaligiga, odam tanasidan o'tish yo'liga, ta'sir etish vaqti va chastotasiga bog'liq. Shuningdek, o'rab olgan tashqi muhitning namligi, harorati va bosimiga bog'liqdir.

10 mA gacha bo'lgan tok kuchi faqat noqulay hissiyotni uyg'otadi, og'irroq holatlarda o'tkazgich bilan kontaktda bo'lgan sohada muskullarning qisqarishi yuz beradi.

15 mA bo'lgan tok kuchida muskullarning qisqarishi shunday kuchli bo'ladi, unda barmoqlarni o'tkazgichdan ajratib olib bo'lmaydi. Bunga qo'yib yubormaydigan tok deb ataladi.

25 mA va undan ortiqroq toklar ta'sirida tananing barcha muskullari changak bo'lib qoladi, shuningdek, nafas yo'llaridagi muskullar nafas yo'lini bo'g'adi va o'lim havfi tug'iladi. Bundan keyin nerv, yurak tomir sistemasining ishi buzilib, hushdan ketish hodisasi va klinik o'lim yuzaga keladi, bu esa reanimatsion choralar ko'rilishini talab qiladi.

100 mA kattaligidagi o'zgaruvchan tok to'g'ridan-to'g'ri miokardga ta'sir etib, yurakning fibrillyatsiyasini yuzaga keltiradi, bunda yurakning ritmik qisqarishini tiklash uchun defibrillyatorlardan foydalaniladi.

450 – 500 V tok kuchlanishigacha bo'lgan o'zgaruvchan tok o'zgarimas tokka nisbatan xavfliroqdir.

Katta kuchlanishlarda esa o'zgarimas tok o'zgaruvchan tokka nisbatan xavfliroqdir. O'zgarimas tok uchun 350 V dan yuqori bo'lgan kuchlanishlar joylardagi o'zgarimlarga olib keladi, ya'ni 3 va 4-darajali elektr kuyish hodisasi yuz beradi.

Elektr jarohatlanishning oldini olish uchun ekspluatatsiya vaqtida texnika xavfsizligi qoidalariga rioya qilish kerak, ulardan asosiylari:

- ikkala yalang qo'l bilan qurilmalarga tegish mumkin emas;
- elektroapparatura bilan ishlayotganda gaz, suv va isitish uchun keltirilgan metall quvurlarga tegish mumkin emas.

Ish joyida mikroto'lqin terapiyasi asbobida ishlaydigan xodim saqlanish ko'zoynagi bilan ish kuni davomida nurlanganida elektromagnit maydon intensivligining qiymati $0,01$ mW/sm² dan oshmasligi kerak. Santimetr va detsimetr uzunligidagi to'lqinlarni tarqatadigan apparatlarning nurlantirish zonasida bo'lish shaxs uchun man etiladi. Bunday apparatlar ma'lum masofa (distansiya)larda joylashgan ekranlovchi kabinalardan boshqariladi. Ultrabinafsha nurlar bilan nurlantirilganda xodimlar yorug'lik fil'tri saqlanish ko'z oynalaridan foydalanishi shart. Ultratovushning zararli ta'siridan qo'lini saqlash uchun tibbiyot xodimi gazlama va rezina qo'lqoplarda ishlashi kerak. Lazer qurilmalarini joylashtirishda va undan foydalanishda shaxsning lazer nuridan jarohatlanishining oldini olish kerak. Birlamchi yoki ko'zgdan qaytgan va nishonga yo'naltirilgan lazer nuriga qarash man etiladi. Tibbiyot apparatlari va asboblari bilan ishlashda o'z vaqtida instruksiya o'tkazish va undan chetga chiqmaslik lozim.

1.5. Tibbiyot apparaturasining ishonchligi

Tibbiyot apparatlari normal ishlab turishi kerak. Bu talab har doim bajarilmaydi, aniqroq aytganda, bunday talab maxsus choralar ko'rilmaganda, istalgancha uzoq vaqtgacha bajarilmaydi.

Tibbiyot apparaturasidan foydalanilayotganda shifokor ekspluatatsiya qilayotgan buyumning ishdan chiqish ehtimolligi to'g'risida, ya'ni asbob (apparat) yoki qismlarining buzilishi, ruxsat etilgan parametrlarning oshib va kamayib ketishi to'g'risida tasavvurga ega bo'lishi kerak. Texnik talabalarga javob bermaydigan qurilma ish qobiliyatini yo'qotadi, shuning uchun uni sozlab ishlash qobiliyatiga qaytarish mumkin. Ko'p hollarda faqat lampani yoki rezistorni

almashtirib buyumni yana normal ishlashi ta'minlanadi, ammo bunday ham bo'lishi mumkin: apparatura shunchalik eskirgan va ishdan chiqqan bo'lishi mumkinki, uni sozlash iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo'lmaydi. Shu sababdan tabobat apparaturani sozlashga yaroqli va uning qisimlarining chidamli ekanligi to'g'risida tasavvurga ega bo'lgan bo'lishi kerak.

Mahsulotlarni berilgan sharoitlarda ishdan to'xtab qolmasligi va berilgan vaqt davomida o'zining ish qobiliyatini saqlashini umumiy ishonchlilik termini bilan xarakterlaydilar. Tibbiyot apparaturasi uchun ishonchlilik masalasi ayniqsa, muhimdir, chunki asbob va apparaturalarning ishdan chiqishi faqat iqtisodiy yo'qotishlarga emas, balki bemorlarning o'limiga ham sabab bo'lishi mumkin. Apparatning buzilmasligi ko'pgina sabablarga bog'liq bo'lib, ularning ta'sirini hisobga olish amalda mumkin emas, shuning uchun ishonchlilikni miqdoriy baholash ehtimollik xarakteriga ega.

Bunda, masalan, muhim parametr buzilmasdan ishlash ehtimolligi hisoblanadi. U tajribada aniqlanib, t vaqt ichida N ta ishlayotgan (buzilgan) buyumlar sonini sinab ko'riladigan buyumlarning umumiy soni N_0 ga nisbati bilan baholanadi:

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0} \quad (1.1)$$

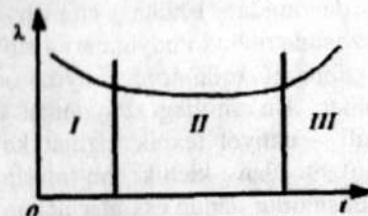
Bu xarakteristika berilgan vaqt davomida buyumlarning ish qobiliyatini saqlash imkoniyatini baholab beradi.

Ishonchsizlikni boshqa miqdoriy ko'rsatkichi buzilishlar intensivligi (tezligi) $\lambda(t)$ hisoblanadi. Bu ko'rsatkichni ishdan chiqish soni dN ni - ishlovchi elementlarning umumiy soni N ning dt ga ko'paytmasini nisbati sifatida ifodalash mumkin:

$$\lambda = -\frac{dN}{Ndt} \quad (1.2)$$

«-» ishorasining qo'yilishiga sabab $dN < 0$ ekanligi, chunki ishlab turgan buyumning soni vaqt o'tishi bilan kamayib boradi. $\lambda(t)$ funktsiya har xil ko'rinishga ega bo'lishi mumkin.

Eng xarakterli shakli grafik ravishda 1.8-rasmda tasvirlangan. Bu yerda 3 soha sezilarli: I ishning boshlanish davri, buyumlarning defektli elementlari «kuyganda», detallarni tayyorlash jarayonida vujudga keladigan, yashirin nuqsonlar yuzaga chiqadi.



1.8-rasm. Apparatlarning ishlashini eng xarakterli shakli, grafigi

Bunda ishdan chiqish intensivligi yetarli darajada katta bo'lishi mumkin. II normal ekspluatatsiya davri, ishdan chiqish intensivligi o'zining doimiy qiymatini saqlab turishi mumkin. Bu davrga apparaturaning normal ekspluatatsiyasini planlashtirish lozim ko'riladi; III eskirish davri, ishdan chiqish intensivligi vaqt o'tishi bilan eskirishining va elementlar yeilishining ta'sir ko'rsatishi tufayli o'sib boradi.

Tibbiyot xodimlari uchun shunisi qiziq bo'lsa kerakki odam o'limini xarakterlaydigan parametrning vaqtga bog'liqligi ham taxminan shunday ko'rinishga o'xshash bo'ladi. «O'lim intensivligi» ko'p jihatdan chaqaloqlik I davr va qarilik (III davr) davriga xos.

Buzilmasdan ishlash intensivligi P va ishdan chiqish intensivligi λ orasida maxsus bog'lanish mavjud. Uni $\lambda = \text{const}$ (II- davr) hol uchun aniqlaymiz. Differensial tenglama (1.2) ni o'zgaruvchilarni qisimlarga ajratib quyidagicha yozib olamiz.

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (1.3)$$

Integrallab va quyi chegaralarni (sinab ko'riladigan mahsulotlarning boshlang'ich soni N_0 va $t=0$ vaqtini) va yuqori chegaralarni (t momentda beto'xtov ishlovchi mahsulotlar soni N ni) qo'yib:

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt. \quad \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t, \quad \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}. \quad (1.4)$$

ni olamiz. (1.4) ni (1.1) bilan solishtirib, $P(t) = e^{-\lambda t}$ ga ega bo'lamiz. Shunday qilib, buzilish intensivligi doimiy bo'lganda buzilmasdan ishlash ehtimoli vaqtga bog'liqligini eksponensial qonunini olamiz. Bu qonunni apparaturaning ishonchligini baholashda qo'llash mumkin.

Ekspluatatsiya davomida ishdan chiqish mumkin bo'lgan asoratlarga bog'liq ravishda tibbiyot buyumlari 4 sinfga bo'linadi.

A – bemor va tibbiyot xodimining hayoti uchun bevosita havf tug'diradigan buyumlar. Bu sinfdagi buyumlar uchun buzilmasdan ishlash ehtimoli rejali – ehtiyot texnik xizmat ko'rsatkichlar orasida ishlash davomida 0.99 dan kichik bo'lmasligi, texnik xizmat ko'rsatilmaydigan mahsulotlar uchun esa ular uchun belgilangan xizmat muddati ichida bo'lishi kerak. Bu sinfdagi mahsulotlarga kasalning hayoti uchun muhim organlarning ishini takrorlaydigan asboblari, sun'iy nafas olish va qon aylanish apparatlari va boshqalar kiradi.

B – mahsulotlar, ularning ishdan chiqishi, organizmning holati yoki atrof-muhit to'g'risidagi ma'lumotni buzib ko'rsatadi, bemor yoki tibbiyot xodimining hayotiga to'g'ridan-to'g'ri havf solmaydi, bu kutish rejimida turgan, belgilangan vazifasiga ko'ra o'shanga o'xshash mahsulotdan darhol foydalanish zaruriyatini tug'diradi. Bu sinfdagi mahsulotlar uchun buzilmasdan ishlash ehtimolligi 0,8dan kam bo'lmasligi kerak. Bunday mahsulotlarga kasallarni kuzatib turuvchi sistemalar, yurak faoliyatini rag'batlantiruvchi apparatlar (stimulatorlar) va boshqalar kiradi.

D – buyumlar ularning ishdan chiqishi effektivlikni pasaytiradi yoki kritik bo'lmagan holatlarda davolash – diagnostikaning borishini to'xtatib qo'yadi yoxud tibbiyot va xizmat ko'rsatuvchi xodimlarning ishini ko'paytiradi yo faqat moddiy zararga olib keladi. Bu sinfdagi ta'mir qilinuvchi buyumlarning ishdan chiqishigacha ishlash vaqti va ta'mir qilmaydigan buyumlarni ishdan chiqquniga qadar o'rtacha ishlash vaqti rejali – ehtiyot texnik xizmat ko'rsatishi orasidagi vaqtdan yoki kalendar davridan kamida ikki martadan oshmasligi kerak. O'rtacha intensivlikda ishlaydigan texnik xizmat ko'rsatilmaydigan buyumlar uchun esa bu vaqt kafolatli ishlash vaqtida yoki kafolat muddatidan kam bo'lmasligi kerak. Bu sinfga diagnostik va fizioterapevtik apparaturalarning, asboblarning va boshqalarning ko'pchilik qismi kiradi.

E – ishdan chiquvchi qismlarga ega bo'lmagan buyumlar. Elektr tibbiyot apparatura bu sinfga kirmaydi.

Shifokorlarga ishonchlilik tushunchasini ba'zi bir shart bilan odam organizmiga ham tatbiq qilish mumkinligini bilish ancha qiziqarlidir. Bunday kasallik – ish qobiliyatini yo'qotish tarzida, davolash esa ta'mir,

muolaja esa ishonchsizlikni oshiruvchi chora tarzda qaraladi. Biroq organizm murakkab sistema bo'lib, unga «texnik» yondashish qismangina amalga oshirilishi mumkin, bunda teskari aloqa va rostdash jarayonlarini hisobga olish kerak.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. «Elektronika» terminiga ta'rif bering
2. Djozefson effekti nimadan iborat?
3. Integral sxema deb nimaga aytiladi?
4. Integral sxemalarning qanday tiplari mavjud?
5. Integral sxemalarda rezistor va kondensator sifatida nimadan foydalaniladi?
6. Integral sxemalarni yasash uchun qanday sharoit kerak?
7. Katta integral sxemalar deb nimaga aytiladi?
8. Gibridli integral sxemalar nimalardan iborat?
9. Inson organizmining qarshiligi qanday?
10. Sirqish toki deb nimaga aytiladi?
11. Uch fazali tok sistemasi kim tomonidan taklif etilgan?
12. Fazali kuchlanish deb nimaga aytiladi?
13. Yuqori kuchlanishdan saqlanish uchun qanday usullar qo'llaniladi?
14. 3 va 4 darajali elektr kuyish hodisasi qanday kuchlanishda sodir bo'ladi?
15. Tibbiyot apparatlari bilan ishlashda texnika xavfsizlik qoidalari nimalardan iborat?

2-BOB. METROLOGIYA ASOSLARI

2.1. Metrologiya haqida asosiy tushunchalar

O'lchash – bu o'lchov va o'lchash asboblari yordamida tajriba yo'li bilan fizik kattaliklarni topishdir.

Fizik kattalikning berilgan miqdorini qayta tiklash vositasiga o'lchov deyiladi.

O'lchash axboroti signalini kuzatish va bevosita o'zlashtirishga mo'ljallangan vositaga o'lchash asbobi deyiladi.

Elektr o'lchash asboblari ikki guruhga bo'linadi: bevosita baholash asboblari va solishtirish asboblari. Ampermetr, voltmetr, ommetr va hokazo (bular bevosita baholash asboblari). Bu asboblarda o'lchanayotgan kattalikning qiymatini shkalaga qarab aniqlash mumkin.

Solishtirish asboblari (ko'priq, kompensator) o'lchanayotgan kattalikning qiymati o'lchov bilan solishtiriladi. Ular aniq o'lchash ishlarida ishlatiladi.

Har qanday o'lchashning natijasi o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan biroz farq qiladi. Kattalikning o'lchab olingan qiymati bilan haqiqiy qiymati orasidagi farq o'lchashning mutlaq xatoligi deyiladi:

$$A = A_o - A_h \quad (2.1)$$

Bunda: A_o – kattalikning o'lchab olingan qiymati; A_h – kattalikning haqiqiy qiymati; A – mutlaq xatolik.

Mutlaq xatolikning o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati *nisbiy xatolik* deyiladi va u foiz orqali ifodalanadi:

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_h} \cdot 100 \text{ foiz} \quad (2.2)$$

Mutlaq xatolikning asbobning maksimal qiymatiga nisbati keltirilgan xatolik deyiladi:

$$B_{kel} = \frac{\Delta A}{A_{max}} \cdot 100 \text{ foiz} \quad (2.3)$$

A_{max} – shkalaning maksimal qiymati;

B_{kel} – keltirilgan xatolik.

Eng katta keltirilgan xatolik asosiy keltirilgan xatolik deyiladi va asbob shkalasida qayd etiladi.

2.2. Elektr o'lchash asboblari sinflashtirish shkaladagi shartli belgilar.

Elektr o'lchov asboblari ma'lum belgilariga asosan bir necha xilga bo'linadi (2.1 va 2.2- jadvallar).

Ish prinsipi bo'yicha asboblari quyidagi tizimlarga ajratiladi: magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, ferrodinamik, induksion, elektrostatik, elektron.

2.1-jadval

Elektr o'lchov asboblari va ularning shartli belgilari.

O'lchanayotgan kattalik turi	Asbobning nomi	Shartli belgilar		
Tok	Milliampermetr, ampermetr, kiloampermetr	mA	A	kA
Kuchlanish	Millivoltmetr, voltmetr, kilovoltmetr	mV	V	kV
Elektroenergiya	Vattmetr, kilovattmetr	W	kW	
Elektrquvvati	Aktiv va reaktiv energiya schyotchigi	Wh	VARh	
Fazalar siljishi chastota	Fazometr, chastotometr	φ	Hz	
Elektr qarshilik	Ommetr, megometr	Ω	MΩ	

O'lchash kattaliklari quyidagi asboblari vositasida aniqlanadi: voltmetr va ampermetrlar (tok kuchini, kuchlanishni o'lchash uchun), vattmetrlar (quvvatni o'lchash uchun), o'lchagichlar (elektr energiyani o'lchash uchun), ommetrlar va megoommetrlar (qarshilikni o'lchash uchun), chastotamerlar va fazometrlar (faza siljishini o'lchash uchun).

TOK turlarini o'lchash bo'yicha asboblari o'zgarimas tok, o'zgaruvchan tok va aralash tok asboblari bo'linadi.

O'rnatish usuli bo'yicha hamma asboblari tik, gorizontal yoki nishab ostida bo'lishi mumkin.

Asosiy keltirilgan xatolik bo'yicha hamma elektr o'lchash asboblari sakkizta aniq sinfga bo'lingan: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 va 4,0.

2.2 jadval
Elektr o'lchov asboblari tizimi va ularning shkalasidagi shartli belgilari

Tizim belgisi	Tizim	Asboblarning sxemasidagi belgilanishi	Izohlar
	Magnitoelektrik	Aniqlik sinflarining belgilari	Asosiy keltirilgan xatoliklar, %
	Magnitoelektrik logometr		0,05; 0,1; 0,2; 0,5;
	To'g'rilagichli		1; 1,5; 2,5; 4.
	Termoelektrik	Tokning turini ko'rsatuvchi belgilar	O'zgarmas tok
	Elektromagnit		O'zgaruvchan tok Uch fazali tok
	Elektrodinamik	Asboblarni qanday o'rnatish zarurligini ko'rsatuvchi belgilar	Shkalaning vertikal holati
	Elektrodinamik logometr		Shkalaning gorizontal holati Shkalaning qiya holati
	Ferrodinamik	Asbob izolatsiyasining mustahkamligini ko'rsatuvchi belgilar	O'lchash zanjiri asbob g'ilofidan izolatsiyalangan va 2kV kuchlanish ostida tekshirilgan
	Ferrodinamik logometr		

2.3. Metrologiyaning asosiy tushunchalari
Metrologiya – O'lchashlar, ularning birliligini ta'minlash metodlari va vositalari va talab etilgan aniqlikka erishish usullari to'g'risidagi fan.

Nazariy (fundamental) metrologiya va metrologiyaning fundamental asoslarini o'rganuvchi bo'limidir.

Qonunchilik metrologiyasi – metrologiyaning fizik kattaliklar o'lchov birliklari, etalonlar, o'lchash usullari va vositalarini qo'llashning majburiy texnik va yuridik jihatlarini o'rganuvchi bo'limidir.

O'lchashlar birliligi – O'lchashlarning natijalari qonunlashtirilgan birliklarda ifodalangan va o'lchashlarning xatolari berilgan ehtimollik bilan ma'lum bo'lgan holat. O'lchash – maxsus texnik vositalar yordamida fizik kattaliklar qiymatlarini tajriba yo'li bilan topish.

O'lchash vositasi – normalashtirilgan metrologik tavsifga ega bo'lgan o'lchash asbobidir.

O'lchash vositasi, o'z navbatida, o'lchov, o'lchash o'zgartirgichlari, o'lchov asboblari, o'lchash axborot tizimi va o'lchash qurilmalari kabi turkumlarga bo'linadi.

O'lchov deb, berilgan o'lchamli fizik kattaliklarni qayta tiklash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasiga aytiladi.

Namuna o'lchash vositalari – ishchi o'lchash asboblari tekshirish va ularni o'zlari bo'yicha darajalashga xizmat qiladi.

Etalonlar deb, fan va texnikaning eng yuksak saviyasida aniqlik bilan ishlangan namunaviy o'lchovlarga aytiladi.

O'lchov birligi – o'lchash natijasi ko'rsatilgan birlikda ifodalangan va o'lchash xatoligi berilgan ehtimollikda ma'lum bo'lgan o'lchash holatidir.

O'lchash aniqligi – bu o'lchash natijalarini va o'lchanayotgan kattalik haqiqiy qiymatining mos kelish darajasidir.

O'lchash xatoligi – o'lchash natijasining o'lchanayotgan kattalikning asl qiymatidan farqlanishidir. Kattalikning asl qiymati xatolardan xoli bo'lgan qiymatdir. O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati yo'l qo'yilgan xatolar ta'sirida olingan natijalar qiymatidir.

Fizik kattalik – sifat jihatdan bir qancha obyektlarga va miqdor jihatdan ularidan har biriga xususiy bo'lgan xossadir.

Fizik kattalik o'lchami – berilgan obyektga to'g'ri keluvchi «fizik kattalik» tushunchasiga mos xususiyatlarning miqdoriy yig'indisi.

Fizik kattalikning o'lchov birligi – son miqdori berilgan, o'lchovi aniq bo'lgan va fizik kattaliklarni ifodalash uchun kerak bo'lgan fizik kattalik.

O'lchash – fizik kattalikning qiymatini maxsus texnik vositalar yordamida tajriba yo'li bilan aniqlash.

«O'lchash» tushunchasining asosiy belgilariga quyidagilar kiradi:

A) real mavjud bo'lgan obyektlarning xossalari-gina, ya'ni fizik kattaliklarning xossalari-ni o'lchash mumkin.

B) o'lchash tajriba o'tkazishni talab etadi, ya'ni nazariy fikrlash yoki hisob-kitoblar tajriba o'rni-ni bosa olmaydi.

D) tajribalarni o'tkazish uchun material obyekt bilan ta'sir ettiriluvchi alohida texnik vositalar-o'lchov vositalari talab etiladi.

E) o'lchov natijasi fizik kattalikning qiymati hisoblanadi.

O'lchash tamoyili – o'lchash asosida yotgan fizik hodisa yoki effekt.

O'lchash natijasi – o'lchash yo'li bilan topilgan kattalik qiymati.

O'lchash natijasining xatoligi – o'lchash natijalarining o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy miqdoridan chetlashishi.

O'lchash natijalarining aniqligi – o'lchash sifatining xarakteristikalaridan biri bo'lib, o'lchash natijalari xatoligining nolga yaqinligini ifodalaydi.

To'g'rilik – o'lchash sifatining xarakteristikasi bo'lib, sistematik xatolarning nolga yaqinligini ifodalaydi.

1960-yilda o'lchov va tarozilar bo'yicha o'tkazilgan 11-General konferensiya o'z ichiga birliklarning mexanik sistemasi va elektr sistemasini olgan Xalqaro birliklar sistemasi (inglizchada «system international» yoki qisqacha «SI») ni tasdiqladi.

2.4. O'lchashlarning turlari va usullari

O'lchashlarni bajarish uchun quyidagi o'lchov operatsiyalarini amalga oshirish kerak:

Berilgan o'lchamdagi kattalikni hosil qilish – avvaldan berilgan kattalik parametrini kuchlanish, tok, qarshilik va h. k. bilan ifodalash operatsiyasidir.

Solishtirish – bir jinsli kattaliklar orasidagi mutanosiblikni aniqlash. Ushbu operatsiya solishtirish qurilmasi (komparator) tomonidan amalga oshiriladi.

Masshtablash – kirish signali bilan bir jinsli signal yaratish. Bunda uning informativ parametri kiruvchi signalning informativ parametri o'lchamiga K marta proporsional bo'ladi. Masshtabli

o'zgartirish *masshtab o'zgartirgich* deb nomlanadigan qurilmada amalga oshiriladi.

O'lchashlar klassifikatsiyasi:

O'lchashlar soniga qarab – *bir martali*, bunda o'lchashlar bir marta amalga oshiriladi. *Ko'p martali* – bitta o'lchamli fizik kattalikni bir necha bor bir martadan o'lchash.

O'lchanayotgan kattalikning o'zgarish xarakteriga qarab: agar fizik kattalikning qiymati o'lchash davomida o'zgarmas hisoblansa – *statistik*, agar fizik kattalikning o'lchamiga qarab o'lchashlar ham o'zgaras – *dinamik* deyiladi.

O'lchash natijalarini taqdim etish usuliga qarab – kattalikni uning birliklarida absolyut o'lchashlar va nisbiy – bir nomli kattalikka nisbatan kattalikning o'zgarishini o'lchash.

Bevosita o'lchash – izlanayotgan kattalikning qiymati bevosita tajriba natijalaridan topiladigan o'lchashlar. Bevosita o'lchashga misol-voltmetr yordamida manbaning kuchlanishini o'lchash.

Bilvosita o'lchash – bevosita o'lchanayotgan kattaliklar va izlanayotgan kattaliklar orasidagi bog'lanish asosida o'lchash. Bilvosita o'lchashda o'lchanayotgan kattalikning qiymati $x = F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ tenglamani yechish yo'li bilan topiladi. Bu erda $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – bevosita o'lchash bilan topiladigan kattaliklar qiymati.

Bilvosita o'lchashga misol: rezistorning qarshiligi R rezistordagi kuchlanish U va undan o'tayotgan I tokning nisbati orqali topiladi. $R = U/I$.

O'lchash usullari quyidagi belgilarga qarab sinflashtiriladi:

O'lchash asosida yotuvchi fizik tamoyilga asosan – elektr, mexanik, magnit, optik va boshq;

Vosita va o'lchash obyektiga asosan – kontaktli va kontaktsiz;

Vosita va o'lchash obyektining ta'sirlashuv rejimiga asosan – statik va dinamik;

O'lchov signallarining ko'rinishiga qarab, analogli va raqamli;

2.5. O'lchash vositalarining klassifikatsiyasi

O'lchash vositasi (O'V) – fizik kattalikning birligini ko'rsatuvchi o'lchash uchun mo'ljallangan texnik vosita, normalashtirilgan metrologik xarakteristikalar bo'lib, ularning o'lchami ma'lum vaqt

intervali davomida o'zgarmas bo'lib qoladi (o'rnatilgan xatoliklar chegarasida).

Maqsadiga ko'ra O'V o'lchovlarga, o'lchash o'zgartirgichlariga, o'lchov asboblari, o'lchov ustanovkalari va sistemalariga bo'linadi.

O'lchov asbobi – o'lchash vositasi bo'lib, o'lchanayotgan fizik kattalikning qiymatini o'rnatilgan diapazonda aniqlash uchun mo'ljallangan.

O'lchov asboblari quyidagilarga bo'linadi:

O'lchanayotgan kattalikni registratsiya qilish shakliga ko'ra analogli va raqamli;

Qo'llanishiga qarab – ampermetrlar, voltmetrlar, chastotometrlar, ossillograflar va b;

Maqsadiga ko'ra – elektrik va noelektrik fizik kattaliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan asboblari;

Ta'siriga ko'ra – integrallovchi va yig'uvchi;

O'lchanayotgan kattalikni qiymatlarini indikatsiya qilish usuliga ko'ra, ko'rsatuvchi, signal beruvchi va qayd qiluvchi;

O'lchanayotgan kattalikni o'zgartirish usuliga ko'ra – bevosita baholash va solishtiruvchi;

Tashqi ta'sirdan himoyalanganlik darajasiga qarab – oddiy, namlik, gaz va changdan himoyalangan, germetik, portlashga chidamli va boshq.

O'lchash qurilmalari – funksional jihatdan birlashgan chora-tadbirlar, o'lchov asboblari, o'lchov o'zgartirgichlari va bitta yoki bir nechta fizik kattaliklarni o'lchashga mo'ljallangan boshqa moslamalar bo'lib, ular bir joyda joylashgan bo'ladi.

O'lchov sistemasi – turli joyda joylashgan, funksional jihatdan birlashgan, o'lchov asboblari, o'lchov o'zgartirgichlari, EHM va boshqa texnik vositalar yordamida bitta yoki bir nechta fizik kattaliklar parametrlarini o'lchashga qaratilgan chora-tadbirlar. Maqsadiga ko'ra o'lchov sistemalari axborot beruvchi, nazorat qiluvchi, boshqaruvchi va boshqalarga bo'linadi.

O'lchov-hisoblash kompleksi – o'lchov vositalarining funksional birlashgan vositalari, EHM va aynan shu masalani hal etish uchun mo'ljallangan yordamchi qurilmalar.

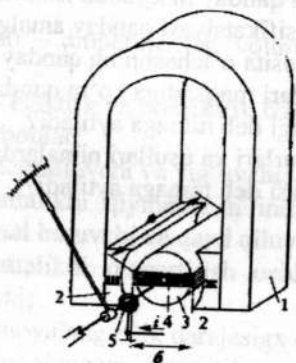
BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Elektr o'lchov asboblari ish prinsipiga ko'ra qanday guruhlariga ajratiladi?
2. Metrologiya fani nimalarni o'rganadi?
3. O'lchashlar birligi deb nimaga aytiladi?
4. Namuna o'lchash vositalari nimalardan iborat?
5. Etalon deb nimaga aytiladi?
6. O'lchov birligi deb nimaga aytiladi?
7. Solishtirish usuli qanday maqsadda ishlatiladi?
8. O'lchashlar klassifikatsiyasi qanday amalga oshiriladi?
9. Bevosita va bilvosita o'lchashning qanday farqlari mavjud?
10. O'lchov asboblari maqsadiga ko'ra qanday turlarga ajratiladi?
11. O'lchash xatoligi deb nimaga aytiladi?
12. O'lchashning turlari va usullari nimalardan iborat?
13. O'lchash vositasi deb nimaga aytiladi?

3-BOB. ELEKTR O'LCHOV ASBOBLARI

3.1. Magnitoelektrik tizim asboblari

Asbobning tuzilishi 3.1-rasmda ko'rsatilgan. Doimiy magnit qutblar va silindrlilik o'zak havo tirqishiga to'g'ri burchakli harakatchan g'altak (ramka) o'rnatilgan.



3.1 rasm. Magnitoelektrik asbobning tuzilishi. 1. doimiy magnit. 2. qutblarning to'qnashishi 3. o'zak 4. harakatchan g'altak (ramka) 5. spiralsimon prujina.

Magnit maydonning kuch chiziqlari g'altakning har qanday holatida uning o'tkazgichlariga tik yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun Amper qonuni bo'yicha g'altakning bir tomoniga ta'sir qiladigan kuch quyidagi ifoda ga asosan aniqlanadi:

$$F = B \cdot l \cdot I \cdot W \quad (3.1)$$

Bunda: F – kuch; l – g'altakning faol uzunligi; I – g'altakdagi tok kuchi; W – g'altak o'ramlari soni; B – magnit qutblar va silindrlilik o'zakning havo tirqishidagi magnit induksiyasi.

G'altakning boshqa tomoniga xuddi shunga o'xshash, lekin teskari yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. G'altakning aylantiruvchi momenti:

$$M_{ayl} = B \cdot l \cdot I \cdot W \cdot P \quad (3.2)$$

Bunda: P – g'altakning eni. B, l, I, W larning qiymatlari har bitta asbobda doimiy bo'lgani uchun oxirgi tenglamani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$M_{ayl} = K_1 \cdot I \quad (3.3)$$

Bunda: $K_1 = B \cdot l \cdot P \cdot W$ – doimiy koeffitsiyenti.

G'altakka tok ikkita spiralsimon prujinalar orqali beriladi. Bu prujinalar birdaniga aks ta'sir etuvchi momentni hosil qiladi:

$$M_{aks} = K_2 \cdot \alpha \quad (3.4)$$

Bunda: K_2 – doimiy koeffitsiyent (solishtirma aks ta'sir etuvchi momenti), α – g'altakning burilish burchagi. G'altakning aylanuvchi momenti – M_{ayl} ta'sirida α burchakka burilib va $M_{ayl} = M_{aks}$ paytida to'xtaydi. Shu tenglikdan foydalanib, g'altakning burilish burchagini topamiz:

$$M_{ayl} = M_{aks} \quad (3.5)$$

$$\alpha = K_1 / K_2 = K \cdot I \quad (3.6)$$

Bunda: K – doimiy koeffitsiyent.

G'altak bilan birga strelka ham xuddi o'sha burchakka buriladi va shkalada o'lchanayotgan kattalikning qiymati ko'rinadi.

Asbobning ko'rsatishini tez qayd etish uchun uning harakatchan qismi tez to'xtashi kerak. Buning uchun g'altakning asosi aluminiydan yasalgan. G'altak burilish paytida uning asosida uyurma toklar paydo bo'lib, tinchlantiradigan to'xtatuvchi momentni yuzaga keltiradi.

Magnitoelektrik asboblari bevosita faqat o'zgaruvchan tokni o'lchaydi. Sababi: bu asbob o'zgaruvchan tok zanjiriga ulanganda, aylantiruvchi moment – M_{ayl} tokning oniy qiymatiga proporsional ravishda o'zgaradi. Lekin inertsia tufayli harakatchan qismi moment ketidan o'zgarib ulgurmaydi. Sinusoidal tok uchun tok kuchining, demak, momentning ham o'rtacha qiymati nolga teng va harakatchan qismi og'maydi.

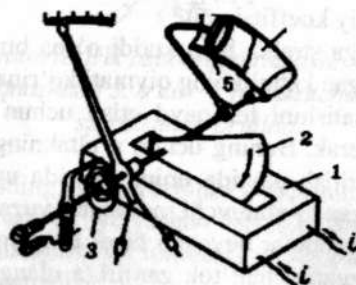
Magnitoelektrik tizim asboblari doimiy tok, kuchlanish va qarshiliklarni o'lchash uchun qo'llaniladi. Ular yuqori aniqlikka va sezuvchanlikka ega, elektr energiyani juda kam iste'mol qiladi. Harakatchan qismning burilish burchagi tokka to'g'ri proporsional bo'lgani uchun shkalasi bir tekis bo'ladi. Doimiy magnit bo'lgani uchun

bu asboblarning ko'rsatishi deyarli tashqi magnit maydonga bog'liq emas.

O'zgaruvchan tok zanjirida kattaliklarni o'lchash uchun magnitoelektrik asboblarda to'g'rilagich orqali ulanadi. To'g'rilagich sxema bilan ulangan yuqori sezuvchan magnitoelektrik asbobni – to'g'rilagich tizim asbobi deyiladi. To'g'rilagich asbob ichiga o'rnatiladi. Odatda to'g'rilagich tizim asboblari o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarida tok kuchi, kuchlanish, qarshilik va sig'implarni turli o'lchov chegaralari bilan o'lchaydi.

3.2. Elektromagnit tizim asboblari

Elektromagnit asbob 3.2-rasmda ko'rsatilgan. O'lchayotgan tok qo'zg'almas g'altakka beriladi. G'altakda paydo bo'lgan magnit maydon o'zakni g'altak ichiga tortadi. Natijada o'zak strelka bilan birga buriladi va shkala orqali o'lchanayotgan tokning qiymatini ko'rsatadi. G'altakning magnit maydoni g'altakni va o'zakni kesib o'tgani uchun asbobning aylantiruvchi momenti tokning kvadratiga proporsional bo'ladi:



3.2 rasm. Elektromagnit asbobning tuzilishi. 1. qo'zg'almas g'altak, 2. o'zak, 3. spiralsimon prujina, 4. slindr, 5. porshen

Aks ta'sir ko'rsatuvchi momentni spiralsimon prujina hosil qiladi:

$$M_{ayl} = K_1 I^2 \quad (3.7)$$

Aks ta'sir ko'rsatuvchi momentni spiralsimon prujina hosil qiladi:

$$M_{aks} = K_2 \cdot \alpha \quad (3.8)$$

Aks ta'sir ko'rsatuvchi moment aylantiruvchi momentni muvozanatlashtirgan paytida asbobning harakatchan qismi to'xtaydi. Ushu tenglikdan burilish burchagini topamiz:

$$M_{ayl} = M_{aks} \quad (3.9)$$

$$K_1 I^2 = K_2 \alpha$$

$$\alpha = \frac{K_1}{K_2} \cdot I^2 = K \cdot I^2 \quad (3.10)$$

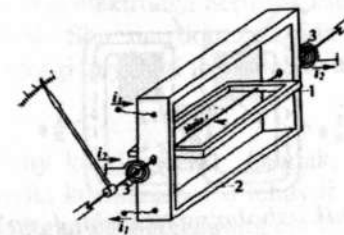
bunda: K_1 , K_2 , K – doimiy koeffitsiyentlar; α – burilish burchagi.

Elektromagnit tizim asboblari ham o'zgarmas, ham o'zgaruvchan tok zanjirlarida ishlatiladi, chunki g'altakda tokning yo'nalishi o'zgarsa o'zakda ham qo'zg'atilgan tokning yo'nalishi o'zgaradi. Natijada aylantiruvchi momentning ishorasi o'zgaradi.

Harakatchan qismni tezda tinchlantirish uchun asbobda havo sozlovchi o'rnatilgan: porshen va bir tomoni yopiq silindrdan iborat. Porshen strelka bilan birga buriladi va silindrda bosimlar ayirmasini hosil qiladi. Porshen va silindr tirqishidan havoning ko'chishi porshenning harakatini sekinlashtiradi. Natijada harakatchan qismning tebranishi tezda to'xtaydi. Burilish burchagi tok kuchining kvadratiga proporsional bo'lgani uchun elektromagnit asbobning shkalasi notekis: boshida qisqartirilgan oxirida cho'zilgan. Elektromagnit tizim asboblari ko'pincha ishchi asboblarda sifatida qo'llaniladi.

3.3. Elektrodinamik tizim asboblari

Elektrodinamik tizim asbobi 3.3-rasmda ko'rsatilgan. O'lchanayotgan tok ham qo'zg'almas, ham harakatchan g'altaklarga beriladi.



3.3 rasm. Elektrodinamik asbobning tuzilishi. 1. harakatchan g'altak, 2. qo'zg'almas g'altak, 3. spiralsimon prujinalar.

Ular orasida elektrodinamik o'zaro ta'sirlashuv yuzaga keladi. Natijada harakatchan g'altakka aylantiruvchi moment ta'sir qiladi. Harakatchan g'altakka tok ikkita spiralsimon prujinalar orqali beriladi. Bu prujinalar ham aks ta'sirlovchi moment hosil qiladi. Harakatchan g'altak strelka bilan birga burilib, ikkala momentlar muvozanatlashganda to'xtaydi. O'zgaras tok uchun harakatchan g'altakning burilish burchagi:

$$\alpha = K_I I_1 I_2 \quad (3.11)$$

Bunda: K_I – doimiy koeffitsiyent, I_1 – qo'zg'almas g'altakning toki, I_2 – harakatchan g'altakning toki.

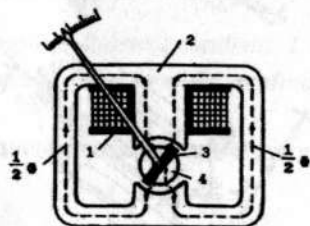
O'zgaruvchan tok uchun harakatchan g'altakning burilish burchagi:

$$\alpha = K_I I_1 I_2 \cos \varphi \quad (3.12)$$

Bunda: φ – g'altaklarda toklar orasidagi faza bo'yicha siljish burchagi. Elektrodinamik tizim asboblari yuqori aniqlikka va sezuvchanlikka ega. Lekin bu asboblar elektr energiyani ko'p iste'mol qiladi va tashqi magnit maydon ularning ko'rsatishiga ta'sir qiladi. Ko'pincha elektrodinamik asboblarda vattmetrlar va namuna asboblari sifatida qo'llaniladi.

3.4. Ferrodinamik tizim asboblari

Ferrodinamik tizim asboblarning ishlash prinsipi xuddi elektrodinamik tizimning o'zginasi. Faqat tuzilishida (3.4-rasm) quyidagi farqlar bor: 1) qo'zg'almas g'altak po'lat o'zakka kiydirilgan; 2) harakatchan g'altak o'sha po'latdan yasalgan silindrlilik o'zak atrofida aylanishi mumkin.

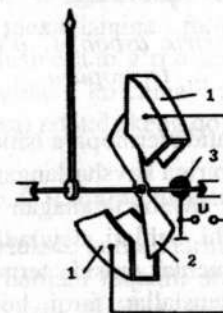


3.4 rasm. Ferrodinamik asbobning tuzilishi: 1. qo'zg'almas g'altak, 2. qo'zg'almas g'altak o'zagi, 3. harakatchan g'altak, 4. harakatchan g'altakning o'zagi

Po'lat o'zaklar ferrodinamik asbobning magnit maydonini kuchaytiradi. Natijada aylantiruvchi moment ham ortadi. Bu esa asbobning mustahkam bo'lishiga sharoit yaratadi va uning ko'rsatishiga tashqi magnit maydonning ta'sirini kamaytiradi. Shuning uchun ferrodinamik tizim asboblari o'ziyozar asboblarda va havo kemalarida keng qo'llaniladi. O'ziyozar asboblarda ishlash uchun katta aylantiruvchi moment kerak. Havo kemalarida esa tashqi maydon va vibratsiya kuchli bo'lgani uchun faqat ferrodinamik asboblarda qo'llaniladi.

3.5. Elektrostatik asboblarda

3.5-rasmda elektrostatik asbobning tuzilishi ko'rsatilgan. Ikkita qo'zg'almas elektrod orasida harakatchan elektrod o'rnatilgan.



3.5 rasm. Elektrostatik asbobning tuzilishi: 1. qo'zg'almas elektrod. 2. harakatchan elektrod. 3. spiralsimon prujina.

O'zgaras yoki o'zgaruvchan kuchlanish qo'zg'almas spiralsimon prujina orqali harakatchan elektrodga beriladi. Elektrodlar orasida elektr maydon paydo bo'ladi. Shu maydon ta'sirida harakatchan elektrod buriladi. Burilish burchagi quyidagi formuladan aniqlanadi:

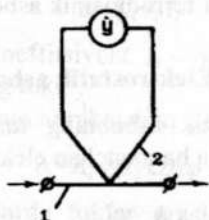
$$\alpha = K U^2$$

Bunda: K – doimiy koeffitsiyent. Demak, elektrostatik asboblarda ishlash prinsipi bo'yicha kuchlanishni o'lchaydi. Elektrostatik asboblarda vazni engil, o'lchanayotgan kuchlanishning chastota doirasi keng, tashqi magnit maydon, temperaturaning o'zgarishi va kuchlanishning shakli asboblarning ko'rsatishlariga ta'sir qilmaydi. Lekin bu asboblarning

sezuvchanligi kamroq bo'lgani uchun, ular 30 V va undan yuqori kuchlanishni o'lchaydi.

3.6. Termoelektrik asboblar

Termoelektrik asboblar magnitoelektrik mexanizm va termo o'zgartirgichdan iborat (3.6- rasm).



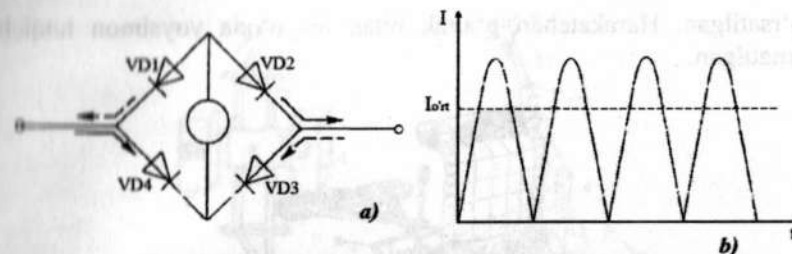
3.6-rasm. Termoelektrik asbob: 1. o'tkazgich-qizitgich, 2. termopara.

Termoo'zgartirgich sifatida termopara ishlatiladi. Turli metallardan yasalgan va bir tomoni bir-biriga kavsharlangan ikkita simga **termopara** deyiladi. Termoparaning kavsharlanmagan uchlari erkin uchlari, kavsharlanganlari esa ishchi uchlari deyiladi. Termoparaning ishchi uchlari qizdirilganda erkin uchlari orasida termo yurituvchi kuch termo EYUK deb ataluvchi potentsiallar farqi hosil bo'ladi. Bu EYUK termoparaning ishchi uchlardagi temperaturaga bog'liq.

Termoparaning ishchi uchiga o'tkazgich-qizitgichni kavsharlab, termoo'zgartirgich hosil qilamiz. Qizitgich orqali tok o'tganida, u qizib termoparaning ishchi uchlari qizdiradi va uning erkin uchlari termo EYUK hosil bo'ladi. Bu EYUK o'tkazgichdan o'tayotgan tokka bog'liq. O'lchash asbobi shkalasiga tokning amaliy qiymati yozilsa, o'tkazgichdan o'tayotgan tokni o'lchash mumkin.

3.7. To'g'rilagichli asboblar

To'g'rilagichli asboblar magnitoelektrik o'lchash mexanizmi va yarimo'tkazgichli to'g'rilagichdan iborat (3.7-rasm). Diodlar yordami bilan o'zgaruvchan tok pulslanuvchi tokka o'zgartiriladi. O'rtacha aylantiruvchi moment va harakatchan qismning burilish burchagi o'rtacha tokka bog'liq bo'ladi.



3.7-rasm. To'g'rilagichli asbob sxemasi va uning ishlash prinsipi: a) asbobning sxemasi, b) pulslatuvchi tok.

Bu tok esa sinusoidal tok uchun amaliy qiymatga proporsional bo'ladi. Demak, bu asboblar ham o'zgarmas, ham o'zgaruvchan tok va kuchlanishlarni o'lchaydi. O'zgaruvchan tok va kuchlanishni o'lchash uchun ular o'lchash mexanizmiga to'g'rilagich orqali beriladi. O'zgarmas tok va kuchlanish esa to'g'ri o'lchash mexanizmiga beriladi.

To'g'rilagichli asboblar ko'chma universal ko'p chegarali ampervoltmetr («tester») sifatida keng qo'llaniladi.

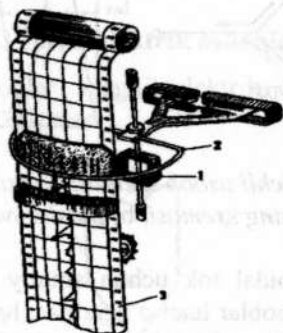
3.8. Raqamli asboblar

Raqamli asboblar uzluksiz kattaliklarni vaqtning ayrim paytlarida o'lchaydi va olinadigan natijani raqamli shaklda ko'rsatadi. Raqamli indikator sifatida murakkab shaklga ega bo'lgan ko'p elektrodli lampalar keng qo'llaniladi. Bu lampalar 0 dan 9 gacha bo'lgan raqamlar tasvirini beradi. Raqamli asboblar yuqori aniqlik, tez harakatchanlik, keng o'lchash chegaralari, elektron hisoblash mashinalari bilan osongina komplektlanishi, natijalarni xatosiz cheksiz masofaga uzatishga imkoniyat beradi. Lekin raqamli asboblarning bahosi katta va sxemasi murakkab bo'ladi. Ko'pincha raqamli asboblar voltmeter sifatida ishlatiladi.

3.9. Qayd qiluvchi asboblar. O'ziyozar asboblar

Bu asboblar uzoq vaqt davomida o'lchanayotgan kattalikni yozish va kuzatish uchun qo'llaniladi. Ular faqat sekin o'zgaradigan kattalikni yozish mumkin. O'ziyozar asboblarda o'lchanayotgan kattalikni yozish uchun maxsus tuzilma o'rnatiladi. 3.8-rasmda magnitoelektrik o'ziyozar

ko'rsatilgan. Harakatchan g'altak bilan bir o'qda yoysimon tutqich o'rnatilgan.



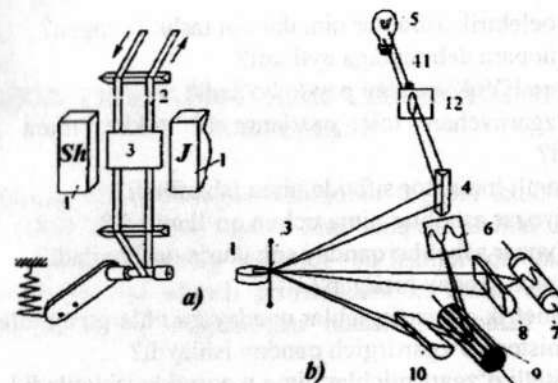
3.8-rasm. Magnitoelektrik o'ziyozar asbobning tuzilishi. 1. harakatchan g'altak. 2. yoysimon tutqich. 3. qog'oz tasmasi.

Tutqichda qalam va strelka joylashgan. Qog'oz tasma bitta charxdan boshqasiga dvigatel yordami bilan to'xtovsiz o'raladi. Natijada qalam qog'oz tasmaning ustida egri chiziq chizadi. Bu egri chiziq o'lchanayotgan kattalikning vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatadi.

O'ziyozar asboblari elektr va meteorologiya stansiyalarida har xil parametrlarni uzoq vaqt yozish va kuzatish uchun keng qo'llaniladi.

Tez o'zgaradigan parametrlarni yozish va kuzatish uchun elektron va magnitoelektrik ossilloqraflar ishlatiladi.

3.9-rasmda magnitoelektrik ossilloqraflarning tuzilishi ko'rsatilgan. Vibrator o'lchov elementi vazifasini o'taydi. Vibratorning tuzilishi: taqasimon magnitning magnit maydonida bronzali tasmadan tayyorlangan sirtmoq joylashgan. Sirtmoq o'rtasida oynacha yopishtirilgan. Sirtmoqdan tok o'tayotganda aylantiruvchi moment hosil bo'lib, sirtmoqni va oynani buradi.



3.9-rasm. Magnitoelektrik ossilloqraflarning tuzilishi. a) vibrator, b) ossilloqraflarning sxemasi: 1. doimiy magnit, 2. sirtmoq, 3. oynacha, 4. prizma, 5. lamp, 6. ekran, 7. fotoqog'oz, 8. linza, 9. ko'pqrirali oynali baraban, 10. prizma, 11. kondensator, 12. diafragma.

Lampaning nuri kondensator, diafragma va prizma orqali oynachaga tushadi. Oynachada aks etgan nur prizma orqali ikki qismga bo'linadi. Bir qismi oynali charx yordamida jilosiz ekranga vizual kuzatish uchun yo'naltiriladi, boshqa qismi esa linza orqali fotoqog'oz ustiga tushadi. Oynali charxni va fotoqog'ozni maxsus elektr dvigatel aylantiradi. Shuning uchun jilosiz ekranda tekshiruvchi parametrlarning qo'zgalmas grafigi tasvirlanadi. Fotoqog'ozda esa o'sha parametrlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi grafigi tasvirlanadi.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Magnitoelektrik asboblari nimani o'lchaydi?
2. Uyum toklari deb nimaga aytiladi?
3. Sinusoidal o'zgaruvchan tok deb nimaga aytiladi?
4. Magnitoelektrik tizim asboblari nima uchun qo'llaniladi?
5. To'g'rilagich tizim asboblari qanday ishlaydi?
6. Ferrodinamik tizim asboblari nima maqsadda ishlatiladi?
7. Elektromagnit tizim asboblarning ishlash prinsipi nimadan iborat?
8. Elektrodinamik tizim asboblarning ishlash prinsipi nimadan iborat?

9. Termoelektrik asboblardan tashkil topgan?
10. Termopara deb nimaga aytiladi?
11. Termo EYuK qanday paydo bo'ladi?
12. O'zgaruvchan tok pulslanuvchi tokka nima yordamida o'zgartiriladi?
13. Raqamli indikator sifatida nima ishlatiladi?
14. O'ziyozar asboblardan nima uchun qo'llaniladi?
15. O'ziyozar asboblardan qanday sohalarida qo'llaniladi?
16. Vibrator qanday tuzilgan?
17. Parametrik o'zgartirgichlar qanday guruhlariga ajratiladi?
18. Termistorli o'zgartirgich qanday ishlaydi?
19. Reostatli o'zgartirgichlar nima maqsadda ishlatiladi?
20. Fotorezistorli o'zgartirgichlar qanday prinsipda ishlaydi?
21. Taxogeneratorlar EYuK ni qanday o'zgartiradi?
22. Sig'imli o'zgartirgichlarning ishlash prinsipi nimadan iborat?
23. Suyuqlikning hajmi va sathi qanday o'zgartirgichlar yordamida o'lchanadi?

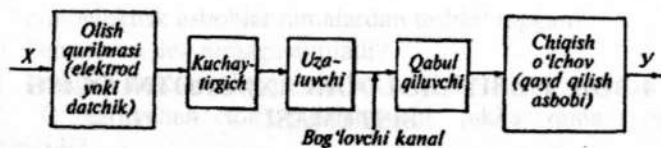
4-BOB. TIBBIY-BIOLOGIK AXBOROTNI OLISH SISTEMASI

Har qanday tibbiy-biologik tadqiqotlar tegishli axborotni olish va uni qayd qilish bilan bog'liqdir. Shu maqsad uchun ishlatiladigan qurilmalar va metodlarning har xil bo'lishiga qaramay, ularning umumiy sxemalari va ishlash prinsiplarini ko'rsatib o'tish mumkin. Mazkur bobda ko'rib chiqiladigan masalalar qisman kibernetikaga tegishli.

4.1 Tibbiy-biologik axborotni olish, uzatish va qayd qilishning tuzilish sxemasi

Tibbiy-biologik sistemaning holati va parametrlari to'g'risidagi axborotni olish va yozish uchun bir butun tuzilmalar to'plami bo'lishi lozim. Bunday to'planning birlamchi elementi sistemasining o'zi bilan bevosita kontaktda yoki o'zaro ta'sirda bo'ladigan olish tuzilmasi deb ataluvchi o'lchamlar vositasi sezgir elementdir, qolgan elementar medik-biologik sistemadan, odatda, ajralib turadi, ayrim hollarda o'lchov sistemasining qismlari o'lchanuvchi obyektidan ma'lum masofaga eltib qo'yiladi. O'lchov zanjirining tuzilish sxemasi 4.1-rasmda tasvirlangan. Bu sxema umumiy bo'lib, tibbiyotda diagnostika va tekshirish uchun qo'llaniladigan barcha real sistemalarni o'zida aks ettiradi. Tibbiy elektronika tuzilmalarida sezgir element yo elektr signalni to'g'ridan-to'g'ri uzatadi yoki bunday signalni biologik sistema ta'sirida o'zgartiradi. Shunday qilib, olish tuzilmasi, mediko-biologik va fiziologik mazmundagi informatsiyani elektron tuzilmaning signaliga o'zgartirib beradi. Tibbiy elektronikada ikki ko'rinishdagi olish tuzilmalaridan foydalaniladi: elektrodlar va datchiklar.

O'lchash zanjirining tugallovchi elementi qilib shunday o'lchov vositasi olinadiki, u biologik sistema to'g'risidagi ma'lumotni to'g'ridan-to'g'ri kuzatuvchi uchun qulay shaklda aks ettiradi yoki qayd qiladi. Ko'pincha olish tuzilmasi va o'lchov vositasi oralig'ida boshlang'ich signalni kuchaytiruvchi va uni masofaga uzatuvchi elementlar bo'ladi.



4.1-rasm. O'lchov zanjirining tuzilish sxemasi

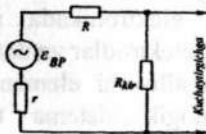
Tuzilish sxemasida X – biologik sistemaning o'lchanuvchi parametrlaridan birini, masalan, qon bosimini bildiradi. Y – harfi bilan chiqish kattaligi belgilanadi, masalan, o'lchov asbobida tok kuchi (mA) yoki qayd qiluvchi asbobning qog'ozida chizuvchining siljishi (mm). Hisoblash uchun $Y=f(x)$ bog'liqlik ma'lum bo'lishi kerak.

4.2. Bioelektrik signalni olish uchun elektrodlar

Elektrodlar – bu o'lchash zanjirini biologik sistema bilan birlash-tiruvchi maxsus shakldagi o'tkazgichlardir.

Diagnostikada elektrodlardan elektr signallarini olish uchun emas, balki tashqi elektromagnit ta'sirlarni keltirib berish uchun foydalaniladi, masalan, reografiyada. Tibbiyotda elektrodlardan davolash maqsadida elektromagnit ta'sir ko'rsatishda va elektr qo'zg'atishda foydalaniladi.

Elektrodlarga alohida talablar qo'yiladi: ular tez mahkamlanishi va olinishi, elektr kattaliklari yuqori darajada barqaror bo'lish, mustahkam, xalaqit bermaydigan, biologik to'qimalarni qo'zg'atmasligi kerak va hokazo. Bioelektrik signallarni olish uchun elektrodlarga tegishli muhim fizik masala – u ham bo'lsa foydali ma'lumotning yo'qotilishini, ayniqsa, elektrod – teri o'tish qarshiligini minimumga yetkazishdir. Biologik sistema va elektrodni o'z ichiga olgan elektr zanjirining ekvivalent elektr sxemasi 4.2-rasmda tasvirlangan.



4.2-rasm. Biologik sistema va elektrodni ekvivalent elektr sxemasi.

e_{BP} – biopotensiallar manbaining EYuK, r – biologik sistema ichki to'qimalarining qarshiligi; R – teri va elektrodning qarshiligi; R_{kir} – biopotensiallar kuchaytirgichining kirish qarshiligi.

Om qonuniga asosan:

$$\varepsilon_{BP} = I \cdot r + I \cdot R + I \cdot R_{kir} = I \cdot R_i + I \cdot R_{kir} \quad (4.1)$$

kuchaytirgichning chiqishidagi kuchlanish tushishini shartli ravishda «foydali» deyish mumkin, chunki kuchaytirgich manbai EYuK ning mana shu qisminigina kattalashtirib beradi. Bu ma'noda biologik sistemaning ichidagi va elektrod – teri sistemasidagi kuchlanish tushishlarni «foydasiz» deyish mumkin. berilganligi uchun $I \cdot r$ ni kamaytirish uchun ta'sir ko'rsatib bo'lmaydi, u holda $I \cdot R_{kir}$ ni oshirishni R ni kamaytirish va eng avval elektrod – teri kontaktining qarshiligini kamaytirish bilan amalga oshiriladi.

Elektrod – teri o'tish qarshiligini kamaytirish uchun elektrod va teri orasidagi muhitning elektr o'tkazuvchanligini oshirishga urinadilar, buning uchun fiziologik eritmaga ho'llangan marli sochiqdan yoki elektr o'tkazuvchi pastadan foydalaniladi. Bu qarshilikni elektrod – teri kontaktining yuzasini kattalashtirish yo'li bilan ham kamaytirish mumkin, ya'ni elektrodning o'lchamini kattalashtirib, lekin bunda elektrod bir qancha ekvipotensial sirtlarni egallaydi va bunda elektr maydonining haqiqiy manzarasi buziladi.

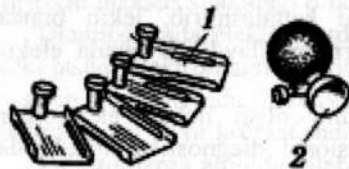
Vazifasiga ko'ra bioelektrik signalni olish uchun elektrodlar quyidagi guruhlariga bo'linadi: 1) funksional diagnostika xonalarida qisqa muddat ichida, ya'ni masalan, elektrokardiogrammalarni bir marta olish uchun; 2) uzoq muddatda qo'llaniladigan, masalan, uzluksiz terapiya palatalari sharoitlarida og'ir bemorlarni doimiy kuzatib turishda; 3) harakatdagi tekshiruvlarda qo'llaniladigan, masalan, sport yoki kosmik tibbiyotda; 4) tezlik bilan qo'llashda, masalan, tez yordam berish sharoitlarida qo'llaniladigan elektrodlar.

Barcha hollarda elektrodni qo'llanilishining o'ziga xos xususiyati namoyon bo'lishi tushunarli. Agar bioelektrik signallarni kuzatish uzoq davom etsa, fiziologik yeritma qurib qolishi mumkin va bunda qarshilik o'zgaradi. Bemor hushidan ketgan paytda ignasimon elektrodni ishlatish qulaydir va hokazo. Elektrofiziologik tekshirishlarda elektrodni foydalanishda ikkita o'ziga xos masala vujudga keladi: ulardan biri elektrodni biologik to'qima bilan kontaktida galvanik EYuK ning hosil bo'lishi hisoblanadi. Boshqasi elektrodning elektrolitik qutblanishi, u toq o'tganda, elektrodni reaksiya

mahsulotlarining ajralishida namoyon bo'ladi. Natijada asosiyga nisbatan qarshi kelgan EYuK vujudga keladi.

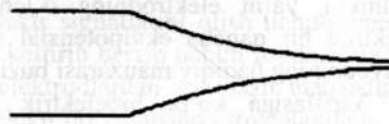
Ikkala holda vujudga keladigan EYuK elektrodlar yordamida olinadigan foydali bioelektrik signalni buzadi. Shunday usullar mavjudki, ular shu singari ta'sirlarni kamaytiradi yoki yo'qotadi, biroq bunday usullar elektrokimyoga aloqador bo'lib, bu kursda u ko'rib chiqilmaydi.

Nihoyat, ayrim elektrodning tuzilishini ko'rib chiqamiz. Elektrokardiogrammani olish uchun elektrodlar, ya'ni tarmoqlar kabellarining uchlari qo'yiladigan va mahkamlanadigan 1-qisqichli metall plastinkalar (4.3-rasmda) maxsus rezina lentalar bilan oyoq-qo'llarga mahkamlanadi. Kabellar elektrodni elektrokardiograf bilan ulaydi. Bemorning ko'kragiga 2-ko'krak elektrod o'rnatiladi. U rezina so'rg'ich bilan ushlab turiladi. Bu elektrod ham tarmoq kabeli kabi qisqichga ega.



4.3-rasm.

Elektrokardiogrammani olish uchun elektrodlar. 1. oyoq-qo'llarga mahkamlanadigan metall plastinkalar; 2. ko'krak elektrod



4.4-rasm. Mikroelektroddi shishali elektrodlar.

Amaliyotda mikroelektroddi shishali elektrodlar ishlatiladi. Bunday elektrodning profili (yon tomondan ko'rinishi) 4.4-rasmda tasvirlangan, uning uchi 0,5 mkm diametrga ega. Elektrodning korpusi izolator bo'lib, ichida elektrolitga o'xshash o'tkazgichi bor. Mikroelektrodlarni tayyorlash va ular bilan ishlash ma'lum qiyinchiliklar tug'diradi, biroq bunday mikroelektrod membrana hujayrasiga sanchilib hujayralar ichida tekshirishlar olib borishga imkon beradi.

4.3. Noelektrik kattaliklarni elektr usullari bilan o'lchash

Noelektrik kattaliklarni elektr usullari bilan o'lchash texnikada juda keng qo'llaniladi. Chunki elektr usullar o'lchashni uzoq masofadan turib, yuqori aniq va sezgirlik bilan uzluksiz ravishda olib borishga imkon beradi. Ko'pgina hollarda noelektrik kattalik unga bog'liq bo'lgan elektr kattalikka aylantiriladi va uni o'lchash orqali noelektrik kattalik aniqlanadi. Noelektrik kattalikni elektr kattalikka aylantiradigan elementi *o'lchov o'zgartirgichi* yoki *datchik* deb ataladi. Agar noelektrik kattalik R , L yoki C elektr parametrlardan birortasiga aylantirilsa, u holda o'zgartirgich parametrik, agar noelektrik kattalik EYuK ga aylantirilsa, u holda generatorli o'zgartirgich deyiladi.

Parametrik o'zgartirgichlar ishlash prinsiplariga qarab quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1. **Simli o'zgartirgichlar.** Ularning ish prinsipi deformatsiyalangan sim qarshiligining o'zgarishiga asoslangan. Bu o'zgartirgichlar tenzometrik datchiklar ham deyiladi.

2. **Termistorli o'zgartirgichlar** – bu termosezuvchan (temperaturani sezadigan) rezistordir. Uning qarshiligi muhitning harakatiga yoki issiqlikning tarqalish sharoitiga bog'liq bo'lib, undan gazlarning harakat tezligini, gazlarning tarkibi va hokazo, parametrlarni o'lchashda foydalaniladi.

3. **Reostatli o'zgartirgichlar** – ularning ish prinsipi reostat qarshiligining harakatchan kontakt holatiga asoslangan bo'lib, suyuqlikning hajmi va sathini, liniya va burchak ko'chishlarni va hokazo parametrlarni o'lchash uchun ishlatiladi.

4. **Induktiv o'zgartirgichlar** – ularning ish prinsipi g'altak magnit maydonining o'zgarishiga, ferromagnit o'zakning ko'chishiga asoslangan bo'lib, mexanik kuchlanishlarni, bosimlarni, liniya va burchak ko'chishlarni o'lchash uchun qo'llaniladi.

5. **Sig'imli o'zgartirgichlar** – ularning ish prinsipi o'lchanayotgan kattalik ta'sirida o'zgartirgich sig'imining o'zgarishiga asoslangan bo'lib, mexanik ko'chishlarni, bosim, namlik, modda miqdori, liniya va burchak ko'chishlarni o'lchashda foydalaniladi.

6. **Fotorezistorli o'zgartirgichlar** – ularning ish prinsipi o'zgartirgichga tushayotgan yorug'likning intensivligiga asoslangan bo'lib, temperatura, suyuqlikning hamda gazli muhitning shaffofligi va xiraligini o'lchashda qo'llaniladi.

Generatorli o'zgartirgichlar ish prinsipi bo'yicha quyidagi guruhlarga bo'linadi:

1. **Termoelektrik o'zgartirgichlar** – ularni termoparalar deb ham ataladi (3.6-rasm). Termoparaning ishchi uchlari qizdirilganda erkin uchlarda termoelektr yurituvchi kuch (termo EYUK) hosil bo'ladi. Bu EYUK ishchi uchlarning temperaturasi proporsional bo'lgani uchun termoparalar temperaturani o'lchashda ishlatiladi.

2. **Taxogeneratorlar** – aylanish tezligini unga proporsional EYUK ga o'zgartirib beradi. Amalda magnitoelektrik va induksion taxogeneratorlar keng qo'llaniladi.

3. **Pyezoelektrik o'zgartirgichlar** – ularning ish prinsipi ba'zi kristallarda mexanik kuch ta'sirida EYUK ning vujudga kelishiga asoslangan: kuchlarni, bosimlarni va kichik chastotali tebranishlarning amplitudalarini o'lchashda qo'llaniladi.

4. **Fotoelektrik o'zgartirgichlar** (quyoshli fotoelement) – ularning ish prinsipi ba'zi yarimo'tkazgichlarning yorug'lik ta'sirida EYUK ni vujudga keltirishiga asoslangan bo'lib, har xil elektr tuzilishlarda, kosmik kemalarda tok manbai sifatida ishlatiladi.

Parametrik o'zgartirgichlarning chiqish kattaliklarini o'lchash uchun logometr va elektr ko'priklar qo'llaniladi. Generator o'zgartirgichlarining chiqish EYUKni o'lchash uchun voltmeter va kompensatorlar qo'llaniladi.

4.4. Tibbiy-biologik axborot datchiklari

Ko'pgina tibbiy-biologik axborotlarni elektrodlar bilan «olib» bo'lmaydi, chunki ular bioelektrik signallarda aks ettirilmaydi: qon bosimi, temperatura, yurak tovushlari va hokazo. Ayrim hollarda tibbiy-biologik axborot elektr signal bilan bog'langan bo'ladi, biroq unga noelektrik kattalik sifatida yondashish qulayroqdir, masalan, pulslar. Bu hollarda datchiklardan foydalanishadi (o'lchov o'zgartiruvchilar).

O'lchanuvchi yoki tekshiriluvchi kattalikni uzatish bundan keyin o'zgartirish yoki qayd qilish uchun qulay bo'lgan signalga aylantiruvchi tuzilma *datchik* deb aytiladi. O'lchanuvchi kattalik keltirib ulangan, ya'ni o'lchov zanjiridagi birinchi datchik – *birlamchi* deyiladi.

Tibbiyot elektronika uchun faqat o'lchanuvchi yoki tekshiriluvchi noelektrik kattaliklarni elektr signalga aylantiruvchi datchiklar ko'rib chiqiladi. Boshqa xildagilarga qaraganda elektr signaldan foydalanish

eng qulaydir, chunki elektron tuzilmalar uni nisbatan murakkab bo'lmagan holda kuchaytirib berish, masofaga uzatish va qayd qilish imkonini beradi. Generatorli va parametrik datchiklar mavjud.

O'lchanuvchi signal ta'sirida bevosita kuchlanishni yoki tokni generatsiyalaydigan datchiklar – **generatorli datchiklar** deyiladi. Bunday datchiklarning ba'zi turlarini va ular asosidagi hodisalarni ko'rsatamiz. 1) pyezoelektrik datchiklar – pyezoelektr effekti; 2) termoelektrik datchiklar – termoelektr hodisasi; 3) induksion datchiklar – elektromagnit induksiya; 4) fotoelektrik datchiklar – fotoeffekt hodisalarga asoslangan. Parametrik datchiklar – shunday datchiklarki, ularda o'lchanuvchi signal ta'sirida birorta parametrlar o'zgaradi. Bunday datchiklarning ba'zilarini va ular yordamida o'lchanuvchi parametrlarni ko'rsatamiz: 1) sig'imli datchik – sig'im; 2) reostatli datchik – omik qarshilik; 3) induktivli datchik – induktivlik yoki o'zaro induktivlikni o'lchaydi.

Axborotni tashuvchi energiyaga ko'ra datchiklar: mexanik, akustik, temperatura, elektrik, optik va boshqa datchiklarga bo'linadi. Ba'zi hollarda datchiklarga o'lchanuvchi kattalik bo'yicha nom beriladi, masalan, bosim datchigi, tenzometrik datchik (tenzo-datchik) ko'chishni yoki deformatsiyani o'lchaydi va hokazo.

Ko'rsatib o'tilgan datchiklarning mumkin bo'lgan tibbiy-biologik qo'llanishlarini keltiramiz (4.1-jadval).

4.1-jadval

Datchiklar va ularning tibbiyotda qo'llanilish sohalari

Datchik	Mexanik	Akustik	Optik	Temperatutali
Pyezoelektrik	AB	FKG	-	-
Termoelektrik	-	-	-	T
Induksion	BKG	FKG	-	-
Fotoelektrik	-	-	OGG	-
Sig'imli	FKG	-	-	-
Reoslatli	AB, BKG	-	-	T
Induktiv	MIB	-	-	-

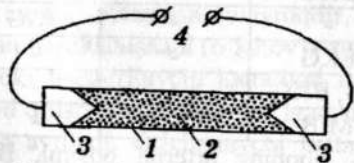
***Belgilar:** AB – qonning arterial bosimi, B.K.G. – balli stokardiogramma, F.K.G. – fonokardiogramma, OGG – oksigemografiya, T – temperatura, MIB – me'da-ichak yo'lidagi bosim.

Datchik chiqish kattaligi Y ni kirish kattaligi X ga funksional bog'lanishini ifodalaydigan o'zgartiruvchi funksiya bilan xarakterlanadi, u analitik $Y=f(X)$ ifoda bilan yoki grafikda tasvirlanadi. Eng sodda va qulay hol, $Y=kX$ to'g'ri proporsionallik bog'lanish hisoblanadi. Kirish kattaligining o'zgarishi chiqish kattaligiga qanchalik ta'sir etishini—datchikning sezgirligi ko'rsatadi.

$$z = \Delta Y / \Delta X.$$

U datchikning turiga qarab mm. ga Om bilan (Om/mm.), Kelvinga millivolt (mV/K) bilan olchanadi va hokazo. Datchiklar ketma-ket to'plamining sezgirligi barcha datchiklar sezgirliklarining ko'paytmasiga teng. Datchiklarning vaqt bo'yicha xarakteristikalari ham ahamiyatga egadir. Analitik ravishda bunday xususiyat datchik sezgirligining kirish kattaligi dx tezligiga – yoki X garmonik qonun bo'yicha o'zgarganda, chastotaga bog'liq bolishiga olib keladi.

Datchiklar bilan ishlashda ularning o'ziga xos bo'lgan xatoliklarini hisobga olish lozim. Xatoliklarga olib keluvchi sabablar: 1) o'zgartiruvchi funksiyaning temperaturaga bog'liqligi; 2) gisterizis – datchikda qaytmas jarayonlar natijasida ro'y beradigan kirish kattaligining sekin o'zgarishlari hamda Y ning X dan kechikishi; 3) o'zgartiruvchi funksiyaning vaqt bo'yicha xarakteristikasi doimiy bo'lmasligi; 4) ko'rsatishning o'zgarishiga olib keladigan datchikning biologik sistemaga teskari ta'siri; 5) datchikning inertligi (uning vaqt bo'yicha xarakteristikalarini hisobga olmaslik) va boshqalar. Tibbiyotda ishlatiladigan datchiklarning konstruksiyasi juda xilma-xildir, oddiylardan (termojuft tipidagi), to murakkab datchiklarigachadir. Misol sifatida eng oddiy nafas olish datchigi – reostatli (rezistivli) datchikni bayon etamiz.



4.5-rasm. 1. rezina naycha; 2. ko'mir kukuni; 3. elektrodlar;
4. tashqi manba

Bu datchik (4.5- rasm) rezina naycha – 1 ko'rinishida qilingan bo'lib, u ko'mir kukuni – 2 bilan to'ldirilgan. Trubkaning kesilgan joylariga elektrodlar – 3 birlashtirilgan. Ko'mir orqali tashqi manba 4 dan tok o'tkazish mumkin. Trubka cho'zilganida uzunligi ortadi va ko'mir ustunining ko'ndalang kesimi quyidagi formula bo'yicha kamayadi:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

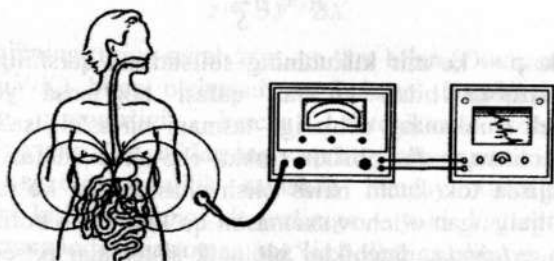
bu yerda ρ – ko'mir kukunining solishtirma qarshiligi. Shunday qilib, agar trubka bilan ko'krak qafasi bog'lansa yoki odatda qilinadigandek trubkaning uchlariga tasmani birlashtirilsa va ko'krak qafasi o'rab olinsa, nafas olishda trubka cho'ziladi, nafas chiqarishda siqiladi. Zanjirda tok kuchi nafas olish chastotasiga ko'ra o'zgaradi, buni esa mo'ljallangan o'lchov sxemasini qo'llab yozib borish mumkin. Xulosa qilib aytganda, datchiklar biologik sistemalar retseptorlarining texnikaviy o'xshashidir.

4.5. Signalni uzatish. radiotelemetriya

Olingan va kuchaytirilgan elektr signalni qayd qiluvchi (olchovchi) asbonga uzatish zarur. Ko'pincha elektrodlar yoki datchiklar, kuchaytirgich va qayd qiluvchi asbob bir butun tuzilma sifatida konstruktiv yasalgan bo'ladi, biroq o'lchovchi qism biologik sistemadan biror masofada turishi mumkin, bunday o'lchashlar telemetriyaga yoki birmuncha torroq biotelemetriyaga daxldordir. Bunday hollarda datchik va qayd qiluvchi asbob orasidagi aloqa yo simlar, yoki radio orqali amalga oshiriladi. Telemetriyaning keyingi varianti **radiotelemetriya** deyiladi. Bu xildagi aloqada kosmik tadqiqotlarda – kosmik kemaning va uning ekipaji haqidagi, sport tibbiyotida – mashg'ulot o'tkazib turgan vaqtda sportchining fiziologik holati to'g'risidagi ma'lumotni olish uchun keng miqyosda foydalanadi. Masalan, sportchi shlyomidagi, 300 – 500 m. masofaga (ya'ni stadion chegarasida) radio to'lqinlar tarqatuvchi uzatgich antenasi yordamida uning ahvoli to'g'risidagi ma'lumotlarni belgilab olish mumkin. Radiotelemetriya ovqat yo'llarini endoradiozondlash uchun ham ishlatiladi. Bu masalani mukammalroq ko'rib chiqamiz. Radioperedatchikli miniatur (kichkinagina hajmdagi) kapsula (endoradiozond, 4.6-rasm) bemor tomonidan yutiladi (4.7-rasm).



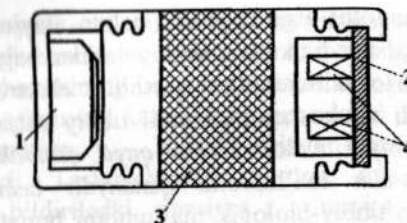
4.6-rasm. Endoradiozondning tashqi ko'rinishi. O'ng tomonda bir tiyinlik tanga bilan kattaligi solishtirilgan.



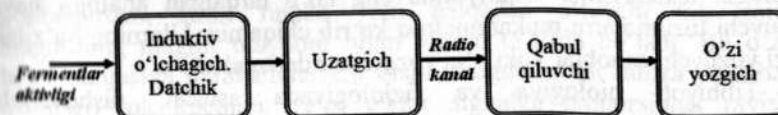
4.7-rasm. Bemor tomonidan yutilgan endoradiozond tomonidan chiqarilayotgan axborotni qayd qilish sistemasi.

Uzatuvchi chastotasining o'zgarishi bo'yicha bemor yaqiniga qo'yilgan priyomnik bilan kapsula o'rnatilgan joydagi bosimni, kislotani yoki ishqor darajasini, temperatura va boshqa parametrlarni o'lchash mumkin. 4.8-rasmda ovqat hazm qilish fermentlarining aktivligini aniqlash uchun ishlatiladigan endoradiozond sxemasi ko'rsatilgan. U uch asosiy qismdan iborat: 1 – olinuvchi, kiygizma joylashgan kuchlanish manbai, 2 – ferment tomonidan eritiluvchi ferromagnit kukuni va zarralardan presslanib yasalgan disk, 3 – yarimo'tkazgichli tranzistor va radiosxemaning boshqa detallari.

Disk olinuvchi kiygizma ichiga joylashgan bo'lib, kuchlanish manbaidek, bir marta ishlatilgandan so'ng boshqasiga almashtirilishi mumkin. Disk induktiv g'altak – 4 ga qisiladi va u bilan yopiq magnit o'tkazgichni hosil qiladi. Disk ovqatni hazm qiluvchi fermentlar ta'sirida erigan sari zanjirning induktivligi kamayadi va generator chastotasi ortadi. Shunday qilib, qabul qilinayotgan chastota bo'yicha fermentlar aktivligi haqida xulosa chiqarish mumkin.



4.8-rasm. 1. olinuvchi, kiygizma joylashgan kuchlanish manbai; 2. ferment tomonidan eritiluvchi ferromagnit kukuni va zarralardan presslanib yasalgan disk; 3. yarimo'tkazgichli tranzistor; 4. induktiv g'altak.



4.9-rasm. Endoradiozondning ishlash sxemasi

Endoradiozondning ishlash sxemasi 4.9-rasmda tasvirlangan. Ba'zan shunday ko'p kanalli tuzilmalar ishlatiladiki, ular bir vaqtning o'zida bir yo'la bir necha parametrlarni olish, uzatish va qayd qilish imkonini beradi. Tibbiy-biologik xarakterdagi bir vaqtda to'plangan ma'lumot diagnostika imkoniyatlarini ancha kengaytiradi. Hozirgi vaqtda bunday ma'lumotni qayd qilish hisoblash mashinalari yordamida bajariladi.

4.6. Analogli qayd qiluvchi tuzilmalar

4.1-rasmda tasvirlangan texnik sxemaning oxirgi elementi tibbiy-biologik ma'lumotni aks ettiruvchi yoki qayd qiluvchi o'lchov (tekshiruv) tuzilmalari hisoblanadi.

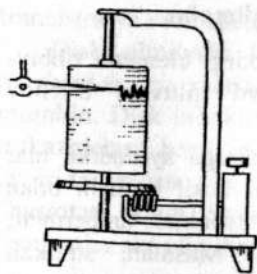
Aks ettiruv tuzilmalari deb shunday tuzilmalarga aytiladiki, ular ma'lumotni vaqtincha ko'rsatib, yangi ma'lumot hosil bo'lishi bilan oldingi ma'lumot izsiz yo'qolib ketadi. Strelkali asboblari: ampermetr, voltmetr va boshqalar bunga misol bo'ladi. Masalan, strelkali ampermetr tok kuchini berilgan vaqt momentida ko'rsatsa-da, uni belgilamaydi. Zanjirda tok kuchining o'zgarishi bilan oldingi qiymat to'g'risidagi ma'lumot qaytmasdan yo'qoladi. Bunday tuzilmalarda aks

ettiriladigan ma'lumotni esga tushirish uchun atayin uni yozib borish kerak, buni esa talabalar fizika laboratoriyalaridan bajaradilar.

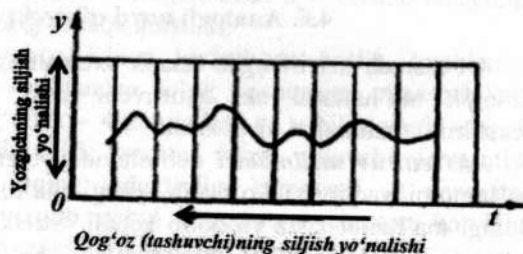
Aks ettiruvchi tuzilmalardan qarshilik elektrotermometri, puls urishini o'lhagich va boshqa shu kabi tibbiy asboblarda tayyorlashda foydalaniladi. Tibbiyot elektronikada **qayd qiluvchi asboblarda** keng tarqalgan bo'lib, ular ma'lumotni qandaydir tashuvchida belgilab boradi. Bu olingan tibbiy-biologik ma'lumotni hujjatga olish, saqlash, ko'p marta foydalanish, ishlab chiqish va analiz qilish imkonini beradi.

Aks ettiruvchi va qayd qiluvchi asboblarda **analogli – uzluksiz, diskretli, analogli va diskretli** asboblarning imkoniyatlarining birga qo'shilishidan tashkil topgan kombinatsiyalarga bo'linadi. Tibbiy-biologik tekshirishlar amaliyotida eng ko'p tarqalgan analogli qayd qiluvchi tuzilmalarni mukammalroq ko'rib chiqamiz. Ularning ba'zilarini o'zi yozuvchi asboblarda yoki o'zi yozgichlar deb ataladi.

Tibbiyot, biologiya va fiziologiyada asosan, tashuvchida ma'lumotni qayd qilishning quyidagi usullaridan foydalaniladi: a) modda qatlamini (bo'yoqni) yurgazish; siyoh-peroli va oqizib yozadigan sistemalar; b) tashuvchi moddalarning holatini o'zgartirish: fotoregistratsiya, elektrkimyoviy, elektrofotografiyaviy (kserografiya) va magnitli yozuv; d) tashuvchidan modda qatlamini ko'chirish: dudlab qoraygan yuz, issiqlikni yozish. Fiziologik tajribada hozirgi kunda ham qo'llanilayotgan eng sodda o'zi yozgichlardan biri buralgan prujinadan ishlovchi kimograf (4.10-rasm) yoki elektrokimograf hisoblanadi. Elektrokimograf uning barabanini bir tekis aylanishi elektrodvigatel yordamida amalga oshiriladi.



4.10-rasm. O'zi yozgich – kimograf.

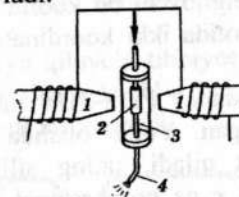


4.11-rasm. Kimograf yordamida olingan grafik.

Kimograf g'oyasi – tekshiriluvchi kattalikning vaqtga bog'liqligini o'lhovchi hozirgi zamon analogli qayd qiluvchi asboblarning asosan, ko'pchiligida tashuvchining bir tekis aylanishi yoki sirtining ko'chishi saqlanadi. Qayd qilinuvchi kattalikka proporsional bo'lgan yozgichning yoki yorug' dog'ning y – siljishi olingan grafikning (4.11-rasm) ordinatasi bo'ladi. Tashuvchining (qog'oz, fotoplyonka) bir tekis ko'chishi shuni bildiriladiki, absissa t – vaqtga proporsional ekan. Natijada hosil bo'lgan egri chiziq $Y=f(t)$ munosabatni aks ettiradi.

Tibbiyot apparaturasida ishlatiladigan o'zi yozgich asboblarda elektr signalni mexanik ko'chirishga o'zgartirib beradi. Fizik nuqtayi nazardan ular galvanomer bolib, juda kichik tok kuchiga reaksiya beruvchi yuqori sezgirlikdagi elektr o'lhov asboblari hisoblanadi. Bu asboblarda g'altaklardan, simli ramka yoki halqadan o'tuvchi tok doimiy magnitning magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Bu o'zaro ta'sir natijasiga harakatlanuvchi qism (magnit, simli ramka yoki halqa qismlari) tok kuchiga, ya'ni elektr signalga proporsional ravishda og'adi.

Harakatlanuvchi qism bilan yozuv elementi birlashtirilgan bo'lib, u qog'zaluvchi tashuvchida yozuv izini qoldiradi, bu element alohida kapillarpero yoki oqizuvchi o'zi yozgichdagi konus naychali shisha kapillar yoki yorug'lik nurini qaytaradigan ko'zguha yoki boshqa narsa bo'lishi mumkin. Misol tariqasida 4.12-rasmda o'zi yozgich tasvirlangan. Bunda 1 – elektromagnit, uning o'ramlarida esa qayd qilinuvchi elektr signali o'tadi; 2 – silindr shakldagi doimiy magnit, u shisha kapillar, 3 bilan mahkam bog'langan, 4 kapillarning konus naychasidan bosim ostida siyoh otilib chiqadi va «iz» qoldiradi, u doimiy magnitning og'ishiga va shuningdek, elektrmagnitdagi tok kuchiga proporsional bo'ladi.



4.12-rasm. O'zi yozgichning umumiy ko'rinishi. 1. elektromagnit; 2. silindr shakldagi doimiy magnit; 3. shisha kapillar; 4. kapillarning konus naychasi va Y iz qoldiradi, u doimiy magnitning og'ishiga va shuningdek, elektrmagnitdagi tok kuchiga proporsional bo'ladi.

O'zi yozgichning muhim xarakteristikasi bo'lib qayd qilib ulguradigan tebranishlar chastotalari diapazoni hisoblanadi. O'ziyozgichning xarakterlanuvchi qismining inersiya momenti qancha katta bo'lsa, o'lchanuvchi kattalikning haqiqiy o'zgarishiga nisbatan qayd qilinishning kechikishi shuncha katta bo'ladi, chastotaviy xarakteristika yomon chiqadi. Eng ko'p keng chastotalar imkoniyati analogli qayd qiluvchi asboblarda bo'lib, ularni yorug' nurli (shleyfli) *ossilloqraflar* deyiladi.

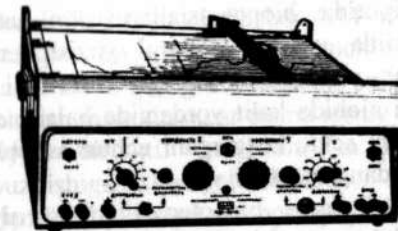
Bunday ossilloqraf chastotasi taxminan 0 dan 10 kHz gacha bo'lgan jarayonlarni qayd qilish imkonini beradi, bu esa tibbiy-biologik signalning chastotali xarakteristikalarini yetarli darajada qoplaydi. Asosan, bir vaqtning o'zida o'nlab o'zgaruvchan kattaliklarni qayd qilish imkonini beruvchi ko'p kanalli yorug' nurli ossilloqraflar ishlab chiqariladi. Ularning eng katta kamchiligi fotoqog'oz yoki fotoplyonkadagi suratni chiqarish zaruriyatidir. Hozirgi vaqtda ultrabinafsha yoritishga sezgir bo'lgan maxsus qog'oz ishlab chiqarilmoqda. U maxsus ishlashni talab etmaydi, biroq yoritish manbai ultrabinafsha nurlarning quvvatli dastasini nurlatishi lozim.

O'ziyozuvchi tuzilmalarda o'lchov asboblarning odatdagi xatoliklari bilan bir qatorda yozishda yo'l qo'yiladigan xatoliklar ham vujudga keladi.

Yozishdagi xatoliklarga sabab qog'oz yoki fotoplyonkani ko'chirish mexanizmi ishidagi noaniqlik, asbobning yozish sistemasining inersiyasi tufayli bo'ladigan kechikish, havo namligi ta'sirida qog'oz o'lchamlarining o'zgarishi, vaqtni belgilashdagi noaniqlik va hokazolar bo'lishi mumkin.

Vaqtga bog'liqlikni belgilovchi bir koordinatali o'zi yozgichlardan tashqari, tekshirish amaliyotida ikki koordinatali o'zi yozgichlar keng tarqaldi.

4.13-rasmda mana shunday PDS-21M modeli o'zi yozgichning tashqi ko'rinishi tasvirlangan. Yozib olishda ko'ndalang joylashgan reyka ilgariharakat qiladi, uning siljishi beriladigan signal (parameter)lardan biriga - x ga proporsional bo'ladi. Reyka bo'ylab yozgichi bor karetkka ikkinchi parametr y ning o'zgarishiga proporsional ravishda qo'zg'alib boradi. Natijada yozgich murakkab harakat qila boshlaydi va qog'ozda $Y = f(v)$ funksiyaning grafigini qoldiradi.



4.13-rasm. PDS-21M modeli o'zi yozgichning tashqi ko'rinishi.

Tibbiyot amaliyotida ma'lumotlarni qayd qilishda analogli qayd qiluvchi asboblardan birga elektron-nurli trubkalar kabi inersion bo'lmagan, kombinatsiyalashtirilgan tuzilmalar ham ishlatiladi.

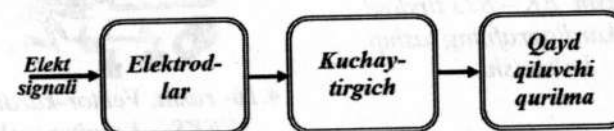
Masalan, vektor-kardioskop (4.16-rasmga qarang)ning asosiy qismi *elektron nurli trubka* hisoblanib, elektr va vektor-kardiogrammani tasvirlab ko'rsatadi.

Elektron-nurli trubka kombinatsiyalashtirilgan tuzilmalar guruhiga kiradi, chunki u chiqishdagi ma'lumotni faqat analogli emas, balki diskret (raqamlar, harflar) shaklda ham aks ettirishi (qo'shimcha ravishda suratga tushirishda qayd qilishi) mumkin.

4.7. Biopotsiallarni qayd qiluvchi tibbiyot asboblarning ishlash qonuniyati

Bioelektrik potentsiallar ko'pgina kasalliklarning muhim diagnostika ko'rsatkichi hisoblanadi. Shuning uchun eng muhimi, birinchidan, bu potentsiallarni to'g'ri qayd qila olish bilan, ikkinchidan, o'lchov natijalaridan kerakli tibbiyot ma'lumotini ajratib olishni bilishdir.

Biopotsiallarni qayd qiluvchi tibbiyot asboblarning strukturaviy sxemasi 4.14- rasmda tasvirlangan. U 4.1-rasmda ko'rsatilgan umumiy sxemasining xususiy holati hisoblanadi.



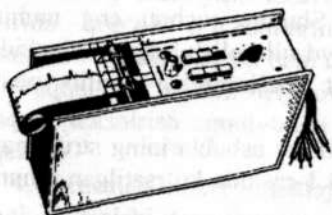
4.14- rasm. Biopotsiallarni qayd qiluvchi tibbiyot asboblarning strukturaviy sxemasi

Klinika amaliyotida biopotensiallarni teri ustiga qo'yiladigan elektrodlar yordamida uzatiladi, ularni yozish esa, analogli qayd qiluvchi tuzilmalar yordamida amalga oshiriladi. Bir tarmoqdan boshqasiga o'tishni alohida kalit yordamida bajariladi. Biopotensiallar vaqt bo'yicha deyarli sekin o'zgargani uchun asboblarda odat doimiy tok kuchaytirgichlardan foydalaniladi.

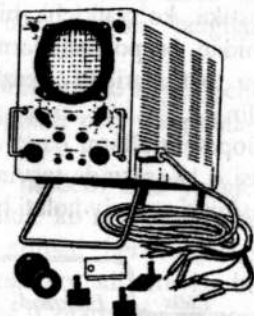
Elektrokardiografiyadagi biopotensiallarning qiymati bir necha millivolt tartibda, elektroensefalografiyada esa mikrovolt bo'ladi, shu sababli qayd qilish uchun ularni bir necha ming marta kuchaytirish kerak bo'ladi, bunga esa ko'p kaskadli kuchaytirgich yordamida erishiladi.

4.15-rasmda elektrokardiogrammani yozish uchun tranzistorli, EK – 873 tipdagi ixcham elektrokardiografning tashqi ko'rinishi tasvirlangan, 4.16-rasmda esa ixcham vektor-kardioskop VEKS – 1 p ko'rsatilgan. Bu asbobda yurakning elektr aktivligini elektrokardiografik usul bilan ham, vektor-kardiografiya usuli bilan ham tekshirish mumkin. Jarayon elektron-nurli trubka ekranida kuzatiladi va uni suratga olish ham mumkin bo'ladi.

Ba'zan bitta asbob bilan bir vaqtda qator parametrlarni, masalan, bosh miyaning har xil nuqtalaridagi biopotensiallarni aniqlash maqsadga muvofiqdir. Bunda ko'p kanalli qurilmalardan foydalaniladi, ular bir-biriga bog'liq bo'lmagan bir necha kuchaytirgichlardan iborat bo'lib, barcha kanallar bo'yicha o'lchovlar umumiy tasmaga yozib olinadi.



4.15- rasm. EK – 873 tipdagi elektrokardiografning tashqi ko'rinishi.



4.16- rasm. Vektor-kardioskop VEKS – 1 p ning tashqi ko'rinishi.

Biopotensiallarni olish va qayd qilishda 4.14- rasmdagi strukturaviy sxemada keltirilmagan bir qancha yordamchi tuzilmalardan ham foydalaniladi. Ularga t – o'qning masshtabini aniqlab beruvchi vaqtni belgilovchilarni kiritish mumkin. Agar tasma tortuv mexanizmi ko'chish tezligining qat'iy bir xil bo'lishini ta'minlay olsa, vaqtni belgilovchining buzilishiga imkoniyat qolmaydi.

Biopotensiallarni aniqlash uchun, boshqacha aytganda, Y o'qining masshtabini (4.11- rasimga qarang) kuchlanish birliklarida aniqlash uchun kuchlanish kalibratorlaridan foydalaniladi. Kalibrlangan kuchlanishni yozish biopotensiallarni yozishdan oldin yoki keyin bajariladi. Elektrokardiogrammani olishda $1mV$ ga teng bo'lgan kalibrli signallardan foydalaniladi.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Diagnostikada elektrodlar nima uchun ishlatiladi?
2. Elektrodga qanday talablar qo'yiladi?
3. Vazifasiga ko'ra elektrodlar qanday guruhlariga bo'linadi?
4. Mikroelektrodlil shishali elektrodlar qanday ishlaydi?
5. Noelektrik signallar qanday qilib elektr signallarga aylantiriladi?
6. Datchiklardan qaysi hollarda foydalaniladi?
7. Datchiklarning qanday xillari mavjud?
8. Generatorli datchiklarning ishlashi qanday hodisaga asoslangan?
9. Induktiv datchiklar nimani o'lchaydi?
10. Gisterezis deb nimaga aytiladi?
11. Radioteleometriya deb nimaga aytiladi?
12. Qayd qiluvchi asboblarning ishlash prinsipi nimadan iborat?
13. Klinikada biopotensiallar qay yo'sinda uzatiladi?

5-BOB. ELEKTROGRAFIYANING FIZIK ASOSLARI

5.1. Elektrokardiografiya – yurakda qo'zg'alish dinamikasini tekshirish usuli.

Yurakda qo'zg'alishning vujudga kelishi va tarqalishi ayrim muskul hujayralaridan yoki yurak yuzasidan elektr potentsiallari farqini yozib olish yo'li bilangina emas, balki yurakning ishlashi tufayli gavda sirtida ro'y beruvchi elektr o'zgarishlarini qayd qilish (yozib olish) yo'li bilan ham o'rganilishi mumkin. Gap shundaki, yurakning qo'zg'algan va qo'zg'alagan qismlari o'rtasida elektr potentsiallarining farqi paydo bo'lganda elektr kuch chiziqlari butun gavda bo'ylab taqsimlanadi. Bu esa gavdaning ma'lum nuqtalariga elektrod qo'yib potentsiallar o'zgarishining tipik egri chiziqlarini qayd qilish imkonini beradi. Yurakning elektr aktivligini tekshirish uchun V.Eytxoven, A.F.Samoylov, T.Lyuis, V.F.Zelenin va boshqalar amaliyotga joriy etgan shunday metodika *elektrokardiografiya*, uning yordamida qayd qilinadigan egri chiziqlar esa *elektrokardiogrammalar* deb atalgan.

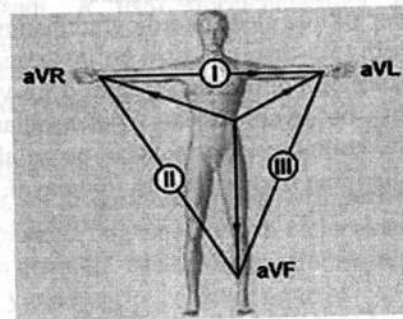
Elektrokardiografiya diagnostik usul bo'lib tibbiyotda keng qo'llanila boshladi, bu usul yurak faoliyatidagi bir qator buzilishlar xarakterini aniqlash imkonini beradi.

Elektrokardiografiya yurak mushaklarining qo'zg'alishida hosil bo'ladigan elektrik potentsiallarni yozib olish usulidir. Yurak ko'krak qafasida assimetrik joylashgan bo'lib, bundan tashqari uning anatomik va elektrik o'qlari frontal tekislikka nisbatan burchak hosil qilib joylashgan, shu sababli yurakning qo'zg'algan va qo'zg'alagan qismlari orasida potentsiallar farqi hosil bo'lganda tananing turli joylarida potentsiallar farqi hosil bo'ladigan elektr maydoni paydo bo'ladi. Tana sirtiga ma'lum tartibda elektrodlar joylashtirilib, potentsiallarni ya'ni elektrokardiogramma (EKG)ni yozib olish mumkin (5.3-rasm).

Hozir elektrokardiogrammani tekshirish uchun maxsus asboblardan foydalaniladi, ularda o'zgaruvchan tok yoki kuchlanishni lampali yoki yarimo'tkazgichli kuchaytirgichlari va ossillograflari yoki galvanometrlari bor. Egri chiziqlar harakatdagi qog'ozga tushiriladi. Odatda, odamni qayd

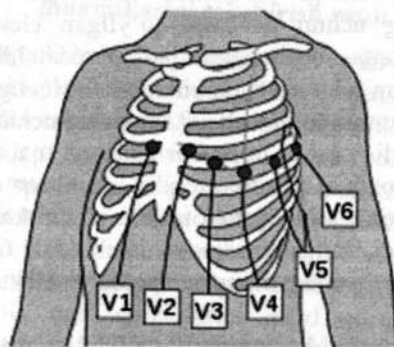
qiluvchi asbob yaqiniga yotqizib elektrokardiogramma yozib olinadi. Biroq odam muskullari bilan aktiv ishlab turganda va undan uzoqda turib elektrokardiogrammani qayd qiluvchi asboblardan ham ishlab chiqilgan. Bunday asboblardan – *teleelektrokardiograflar* — elektrokardiogrammani radio aloqa yordamida masofaga uzatish prinsipi asoslangan. Buning uchun gavdaga qo'yilgan elektrodlar hajmi va og'irligi uncha katta bo'lmagan radiopredatchikka ulanadi, bu predatchik kostyum cho'ntagiga yoki tekshiriladigan kishi boshiga kiyib oladigan shlyomga joylanadi. Radiopredatchik signallarini qayd qilish punktida radio qabul qiluvchi qurilma qabul qiladi va egri chiziqlar shaklida yozib oladi. Sportchilar musobaqa qilayotgan vaqtda, ishchilar og'ir jismoniy ish bajarayotgan vaqtda elektrokardiogrammasi shu usulda qayd qilinadi. Kuchli radiopredatchikdan foydalanib kosmonavtlar kosmosda uchayotgan vaqtda elektrokardiogrammasi tekshiriladi.

Yurak ko'krak qafasida simmetrik ravishda yotmaganligi va odam gavdasi o'ziga xos shaklda bo'lgani sababli elektr kuch chiziqlari butun gavda yuzasida bir tekis taqsimlanmaydi. Shuning uchun potentsiallarni olish nuqtasiga qarab, elektrokardiogrammaning shakli va tishlarining balandligi (voltaji) turlicha bo'ladi. Oyoq-qo'l va ko'krak qafasi yuzasidan elektrokardiogramma olishning bir qancha usullari taklif qilingan (5.1-rasm). Oyoq-qo'ldan elektrokardiogramma olishning uchta standart tarmog'i qabul qilingan bo'lib, elektrodlar quyidagicha qo'yiladi: I tarmog': o'ng va chap qo'l; II tarmog': o'ng qo'l – chap oyoq; III tarmog': chap qo'l – chap oyoq.



5.1-rasm. Oyoq-qo'ldan olinadigan standart va kuchaytirilgan bir qutbli (unipolyar) tarmoqlar.

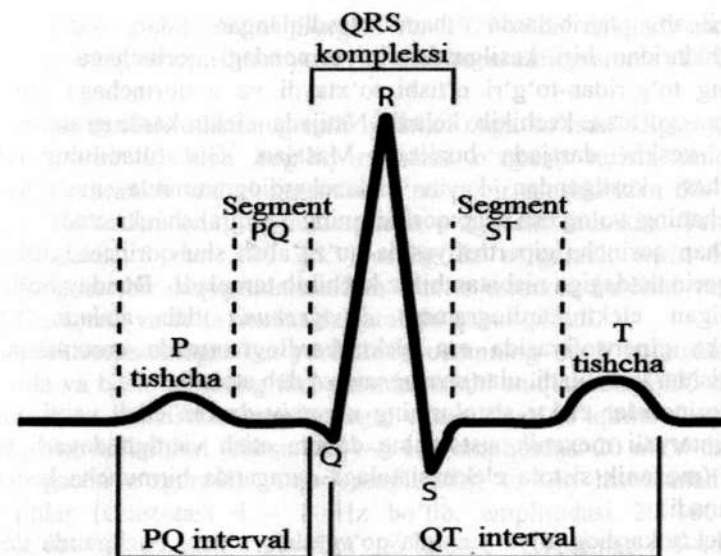
Ko'krak qafasidan elektrokardiogramma olish uchun elektrod 6 nuqtadan biriga qo'yish tavsiya etiladi (5.2-rasm). U qo'lga qo'yilgan elektrod yoki o'zaro birlashtirib ikkala qo'lga va chap oyoqqa qo'yilgan uch elektrod ikkinchi elektrod bo'lib xizmat qiladi.



5.2-rasm. Ko'krak elektrodlarini qo'yish nuqtalari.

Birlashgan uchta elektrod ikkala qo'lga va chap oyoqqa qo'yilganda elektrokardiogrammaning shakli faqat ko'krakdagi elektrodda sodir bo'layotgan elektr o'zgarishlariga bog'liq. Ikkala qo'lga va oyoqqa qo'yilgan birlashgan elektrod indifferent, yoki «nulevoy» bo'ladi, chunki uni potentsiali butun yurak sikli davomida o'zgarmaydi. Elektrokardiogramma olishning Vilson taklif qilgan bunday usullari unipolyar yoki bir qutbli deb ataladi. Elektrodni shunday joylashtirish *V* harfi bilan belgilanadi.

Yurakning har bir siklida elektrokardiogrammaning P, Q, R, S va T tishchalarini ajratishadi (5.3-rasm). R tishi bo'lmalarining qo'zg'alanganini ifodalaydi. Elektrokardiogrammaning bu tishi o'ng va chap bo'lmalar qo'zg'alanganda hosil bo'luvchi elektr potentsiallarining algebraik yig'indisidir. QRST kompleksi qorinchalar qo'zg'alangani munosabati bilan elektr potentsiallarining o'zgarishlarini ifodalaydi.



5.3-rasm. Elektrokardiogrammaning shakli va uning belgilanishi.

Bunda Q, R va S tishlari qorinchalar qo'zg'alishining boshlang'ich qismini, T tishi esa uning oxirga qismini ta'riflab beradi. R tishi boshlanadigan joy bilan Q tishi boshlanadigan joy orasidaga interval qo'zg'alishning bo'lmadan qorinchaga o'tishi uchun zarur vaqtni ko'rsatadi. Qorinchalardagi harakat tokining murakkab egri chizig'ini ba'zi mualliflar qorinchalarning baravar – bir yo'la qo'zg'almasligi bilan tushuntirishadi. R tishi qorinchalarning ichki yuzasi, o'ng so'rg'ichsimon muskul va yurak uchining qo'zg'alishiga, S tishining tugash paytida ikkala qorincha ham batamom qo'zg'alangan bo'lib, yurak qorinchalari orasida potentsiallar farqi yo'q.

T tishining kelib chiqish sababi hali yaxshi ma'lum emas. Ko'pchilik tadqiqotchilarning fikricha, bu tish repolyarizatsiyaning oxirgi stadiyasiga, ya'ni qorinchalarning turli yerlarida qo'zg'alishning turli vaqtda yo'qolishiga bog'liq. Bu tish elektrokardiogrammaning eng ko'p o'zgaradigan qismidir. Elektrokardiogrammaning va S tishlari o'ng va chap yurakning qarama-qarshi yo'nalgan ikki elektrokardiogrammasining algebraik yig'indisi ekanligini V. F. Zelenin aniqladi. Bu keyinchalik, Gis tutamining bir oyoqchasini kesib qo'yib

o'tkazilgan tajribalarda ham tasdiqlangan. Gis tutamining oyoqchalaridan biri kesilganda shu tomondagi qorinchaga qo'zg'atishning to'g'ridan-to'g'ri o'tishi to'xtaydi va u qorinchaga boshqa, aylanma yo'ldan kechikib keladi. Natijada elektrokardiogrammaning shakli keskin darajada buziladi. Masalan, Gis tutamining chap oyoqchasi kesilgandan keyin elektrokardiogrammada avval o'ng qorinchaning, so'ng esa chap qorinchaning qo'zg'atishi aks etadi.

Chap qorincha gipertrofiyasida qo'zg'atish shu qorincha yuzasida o'ng qorinchadagiga nisbatan biroz kechikib tarqaladi. Bunday hollarda olinadigan elektrokardiogramma *levogramma* deb ataladi. O'ng qorincha gipertrofiyasida esa elektrokardiogrammada qarama-qarshi o'zgarishlar kuzatiladi, ular *pravogramma* deb ataladi.

Qorinchalar elektr sistolasining umumiy davom etish vaqti, ya'ni (S-T intervali mexanik sistolaning davom etish vaqtiga deyarli teng keladi (mexanik sistola elektr sistolaga qaraganda birmuncha kechroq boshlanadi).

Elektrokardiografiya yurakda qo'zg'atish o'tishi buzilganda uning eng nozik mexanizmini bilishga imkon beradi va klinik tekshirishning bebaho usuli hisoblanadi. Masalan, R tishining boshlangan joyi bilan tishining boshlangan joy orasidagi intervalga qarab, qo'zg'atish bo'lmadan qorinchaga qanday tezlik bilan o'tayotganligi haqida fikr yuritish mumkin. Normada bu interval 0,12–0,18 sekundga teng. Q, R, S tishlarining umumiy davom etishi vaqti 0,06 dan 0,09 sekundgacha.

Elektrokardiografiya faqat klinikada emas balki ish faoliyatida hamda ekstremal holatlarda odamning o'zini tutishini o'rganishda ham keng qo'llaniladi.

5.2. Elektroensefalograf apparati

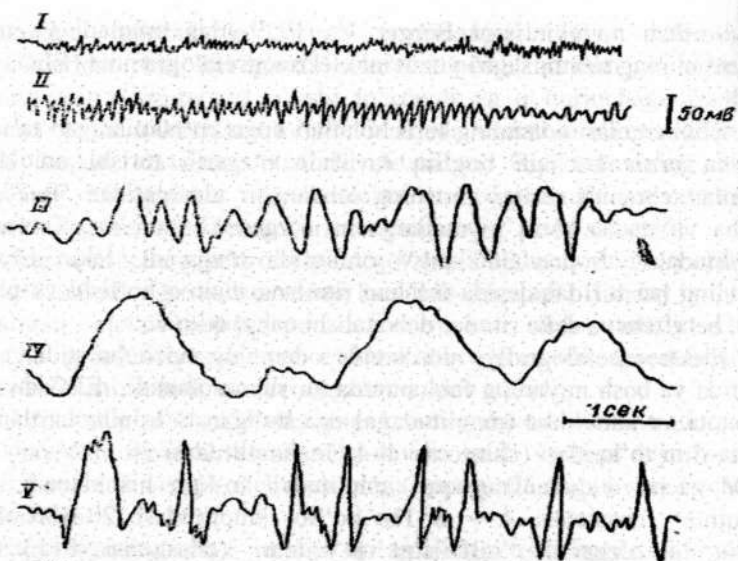
Markaziy nerv tizimining elektrik faoliyatini birinchi bo'lib V.Ya.Danilevskiy (1876) va R. Katon (1875) aniqlashgan. I.M.Sechenov baqaning uzunchoq miyasini ritmik elektr faollikka ega ekanligini galvanometr yordamida aniqlagan. Bosh miya po'stlog'ining elektr faollikka ega ekanligini 1884-yil N. E. Vvedenskiy tasdiqlagan. Bosh miya po'stlog'ining elektr faolligini 1913-yili V. V. Pravdich Neminskiy elektrodlar va turli galvanometrlar yordamida yozib olishga erishdi va «elektroensefogramma» atamasini birinchi bo'lib fanga kiritdi. Keyinchalik miya potensialini bosh suyagining sirtidan ham

qayd qilish mumkinligini Berger V., 1929-yilda aniqladi va miya potensialining tebranishlari yozuvini elektroensefalogramma (EEG) deb atadi.

EEG ritmlari odamning turli holatlari unga ko'rsatiladigan ta'sirga hamda ta'sir kuchiga bog'liq ravishda o'zgarib turishi aniqlandi. Ritmlar tebranish tezligi gertsning o'ndan bir ulushlaridan 50–70 Hz gacha va undan ortiq qiymatlargacha o'zgarishi mumkin. Tebranish amplitudalari 5 dan 300 mkV oralig'ida o'zgaradi, lekin EEGda vaqtning har bir daqiqasida ma'lum ritmlar ustunroq bo'lishi va ularni alfa, beta, teta va delta ritmlar deb atalishi qabul qilindi.

Elektroensefalografiya yordamida odamning tinch holatida, uyqu vaqtida va bosh miyaning faol suratda turishi aniqlanadi. EEG da turli chastota va kattalikka (amplitudaga) ega bo'lgan to'lqinlar farqlanadi. Delta-ritm to'lqinlari (chastotasi 1–4 Hz, amplitudasi 20 mkV dan 200 mkV gacha o'zgaradi) yuqori amplitudali to'lqin hisoblanadi; teta to'lqinlar (chastotasi 4 – 8 Hz bo'lib, amplitudasi 20–100 mkV oralig'ida o'zgaradi); alfa-ritm to'lqinlari (chastotasi 8–13 Hz, amplitudasi 5–100 mkV gacha oraliqda o'zgaradi); beta to'lqin (chastotasi 14–40 Hz, amplitudasi odatda 20 mkV atrofida bo'ladi). Normada ko'p holda kuchsiz seziladi va amplitudasi 3–7 mkV bo'ladi. To'lqinlarning chastotasi nechog'li katta bo'lsa amplitudasi shu qadar kichik bo'ladi. Xulosa qilib aytganda, eng kichik to'lqinlar *beta* to'lqinlardir. Eng katta to'lqinlar *delta* to'lqinlardir. EEG da bosh miyaning holati va unda hosil bo'lib turadigan biotoklar yozib olinadigan maydonga ko'ra biror ritmdagi to'lqinlar ustun turadi. Odam tinch holatida ko'zi yumilgan holatda boshning ensa bo'laklaridan chastotasi 8 – 13 Hz ga boradigan alfa-ritm qayd qilinadi. Ko'z ochilganda alfa-ritm yo'qolib ketadi va birmuncha tezroq yuzaga keladigan beta-ritmlar kuzatiladi (5.4-rasm).

Uyqu vaqtida to'lqinlar tezligi sekinroq va amplitudasi balandroq bo'lib qoladi. Delta-ritm ustunlik qiladi biroq uyqu vaqtida bosh miya faolligi kuchayadigan davrlar bo'ladi. Bunday vaqtlarda tez tez alfa va beta-ritm yoziladi (paradoksal uyqu). EEGdagi shu o'zgarishlarning tush ko'rish vaqtida kelib chiqishi aniqlangan.



5.4-rasm. Elektroensofologrammaning asosiy ritmlari. 1. betta ritm; 2. alfa ritm; 3. tetta ritm; 4. delta ritm; 5. talvasa razryadlari

Stereotaksik asbob. Bosh miyaning turli ichki tuzilmalarining aniq joylanishini aniqlashda va ularga turli mikro va makroasboblar (elektrodlar, termojuftlar, mikropipetkalar va boshqalar)ni kiritishda, elektrofiziologik tajribalarda va klinik neyroxirurgiyada stereotaksik usul keng o'rin egallaydi.

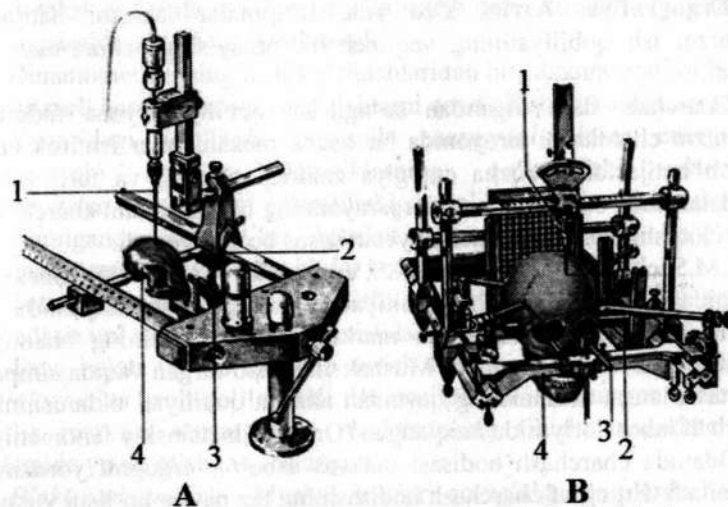
Bu usul birinchi bo'lib anatom D. N. Zernov tomonidan 1889-yili taklif etilgan («miya topografiyasi») va V. Xorsley va R. X. Klark tomonidan 1908-yili takomillashtirilgan.

Uning turli qurilmalari mavjud, taglik va uning mahkamlangan bosh ushlagichi hamda bir yoki ikkita koordinatali mikrometrik boshchadan iborat. Koordinatali boshchaga tajribaviy hayvon miyasining kerakli chuqurligiga kiritiladigan elektrod o'rnatiladi (6.5-rasm). Elektrodni miyaga kiritishdan oldin bosh suyagi parmalash yordamida teshiladi, so'ngra elektrodni tez qotuvchi qorishma yordamida mahkamlanadi. Elektrodni tekshirilayotgan miya tuzilmasiga aniq tushirish uchun tajriba o'tkazilayotgan hayvonning boshi

stereotaksik asbobni bosh ushlagichiga doim aniq bir holatda mahkamlanib qo'yiladi.

Odam va hayvon miyasi turli tuzilmalarining koordinatalari tajribada aniqlanib, maxsus stereotaksik atlaslarga yig'iladi. Stereotaksik usul neyroxirurgik jarrohligida ham qo'llaniladi.

Stereotaksik usul jarrohlidkda miyaga qisqa muddatli va uzoq muddatga o'rnatiluvchi elektrodlar kiritish usullaridan ham foydalaniladi. Elektrodlarni uzoq muddatga kiritishda miyaning po'stlog'i va uning chuqur tuzilmalariga elektrodlar dastasi kiritiladi va ular bir necha hafta yoki oylar davomida qoldiriladi. Elektrodlar dastasi bir biridan ftoroplast bilan izolatsiyalangan, har birining diametri 100 mkm bo'lgan 6 – 10 dona oltin o'tkazgichlar boylamidan iborat bo'ladi. Elektrodlarning uzunligi, 1,5 – 4 mm. izolatsiyalanmagan ochiq uchlari turli balandlikka 3 – 4 mm interval bilan joylashgan bo'lib a'zo yoki tuzilmalarni turli sohalaridagi faolliklarini qayd qilishga imkon beradi.



5.5 rasm. Stereotaksik usulida qo'llaniladigan asbob. A) hayvonlar uchun stereotaksik abob. B) odam miyasida neyroxirurgik operatsiya o'tkazishda qo'llaniladigan stereotaksik asbob. 1. qulfli tutgich; 2. quyi orbita fiksatori; 3. yuqori jag' fiksatori.

Davolash muddati tugagach, elektrodlar chiqarib olinadi va ular odatda, bemorning holatiga ta'sir ko'rsatmaydigan odam bosh miyasiga davolash maqsadida ko'p miqdorda elektrodlar dastasining kiritilishi bir vaqtda fiziologlarga odam bosh miyasining tuzilmalarining me'yordagi fe'l-atvor sharoitlarida va har xil faoliyati mobaynida bosh miya faolliklarini qayd qilish va shu bilan birga bu tuzilmalarni faoliyati haqida muhim ma'lumotlar olish imkonini yaratadi (N.P.Bexterova).

5.3. Fiziologik jarayonlarni qayd qilish usullari

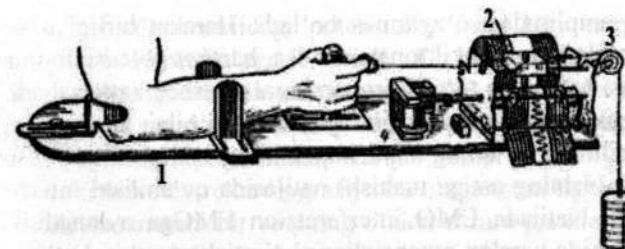
Miografiya. Odam mushagining faoliyatini o'rganish turli mexanik va elektrik jarayonlarni qayd qilish bilan bog'liq bo'lgan usullarning qo'llanilishini talab qiladi. Qadimdan odam harakatini o'rganish usuli mushak faoliyatining turli qisqarishlarini o'lchash va qayd qilishdan iborat bo'lgan. Bu usullar ichida dinamometriya va ergometriya usullaridan laboratoriya darslarida foydalanib kelinmoqda.

Ergografiya. Ayrim a'zo yoki to'qimalar ishlashi natijasida organizm ish qobiliyatining vaqtinchalik pasayishiga *charchash* deb ataladi.

Charchab, dam olgandan so'ng, ish qobiliyati yana tiklanadi. Organizm charchashi jarayonida bir necha mexanizmlar ishtirok etadi. Ishlash natijasida ortiqcha energiya zaxirasi tugaydi va turli zaharli moddalar hosil bo'ladi, ammo bu jarayonning birortasi ham charchashni kelib chiqishini tushunish uchun yetarli asos bo'la olmaydi.

I.M.Sechenov, I.P.Pavlov, N.S.Vvedenskiy va A.A.Uxtomskiylar tomonidan organizm ish qobiliyatini uzoq vaqt saqlashda va charchashning kelib chiqishida markaziy nerv tizimining ahamiyati kattaligini ko'rsatib berganlar. Mushak charchab turgan vaqtda simpatik nerv ta'sirlansa, mushakning qaytadan ishlash qobiliyati tiklanishini L. A. Orbeli laboratoriyasida aniqlangan (Orbeli-Ginetsinskiy fenomeni).

Odamda charchash hodisasi maxsus asbob – ergograf yordamida o'rganiladi. Ergograf charchash hodisasining tez paydo bo'lishi yukning kattaligi va bajarilayotgan ishning tezligiga bog'liq ekanligini aniqlashga imkon beradi (5.6-rasm).



5.6 rasm. Ergograf yordamida odam qo'li mushaklarining ishini yozib olish uchun uskuna. 1. tekshiriluvchi qo'lini mahkamlagich; 2. qog'oz tasmasi; 3. har xil o'g'irlikdagi yukni ko'tarish uchun g'altak; 4. lenta tortuvchi mexanizmining motori.

Dinamometriya turli mushaklar guruhining qisqarish kuchini o'lchash imkonini beradi; **ergografiya** mushak harakatining dinamik holda bajariladigan ishini hisobga olgan holda tajribalarda qo'llaniladi. Klinik tekshirishlarda esa jismoniy zo'riqish darajasini aniq belgilashda veloergometriya usuli qo'llanilmoqda.

Dinamometriyaning turli ko'rinishlaridan biri dinamografiya bo'lib, bu usul turli harakatlardagi zo'riqishlarni qayd qilish imkonini beradi.

Yuqoridagi usullarda mexanik energiyani elektr energiyaga aylantiruvchi maxsus datchiklarning qo'llanilishi avtomatik **goniometriya** usulining yaratilishiga olib keldi. Bu usuldan foydalanilganda, butun bir harakat bajarilgan vaqtda bo'g'imlar burchagini qayd qiluvchi datchiklar bo'g'imlarga o'rnatiladi.

Tenzodatchiklarning qo'llanilishi bu usulning sezgirligini yanada oshiradi va uni tana holatini o'rganishda qo'llaniladi.

Tana holati (pozasi)ni tutib turish mexanizmini o'rganish uchun **stabiolografiya** usuli qo'llaniladi. Bu usul platformada turgan odamning og'irlik markazi o'zgarganda, platformaning siljishi tenzodatchiklar yordamida yozib olishga asoslangan.

Elektromiografiya. Mushak tolalari qo'zg'alganda ularda harakat potentsiali (HP) hosil bo'ladi. HPni mushak ustidagi teriga qo'yilgan elektrodlar yordamida elektromiografiya (EMG) ko'rinishida qayd qilinadi. Mushakning kuchsiz qo'zg'alishida oz miqdordagi harakat birligi (HB) qo'zg'aladi.

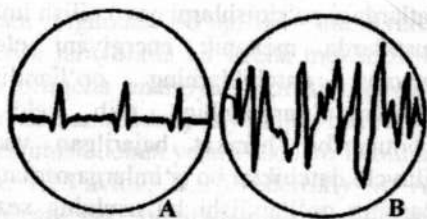
Bu paytda ularning elektrik faolligi qayd qilinadi. Alohida birliklarga taalluqli HP larning o'ziga xosligi shundan iboratki, ularning

shakli va amplitudasi o'zgaras bo'ladi. Harakat birligi qancha ko'p mushak tolalaridan tashkil topgan bo'lsa, harakat potensialining yig'indi amplitudasi ham unga to'g'ri proporsional ravishda kattalashadi.

Mushakning qisqarish kuchi ortib borishi bilan bu jarayonga yangi HB jalb qilinadi va qo'zg'alish impulsining tezligi ortadi. Bunda HB larning bir-birining ustiga tushishi natijasida qo'shilishi interferetsiyasi yuz beradi. Natijada EMG interferetsion EMGga aylanadi va undan HBning alohida harakat potensialini ajratish mumkin bo'lmaydi. HB faolligining miqdori va impulsatsiya tezligining o'sib borishi bilan qisqarayotgan mushakning elektr faolliigi ham ortib boradi. (5.7-rasm).

Harakat birligining EMGsini miqdoriy baholashda mushakning bir marta qisqarishidagi HPni sanash, razryad tezligini aniqlash va bu razryadlar mavjud bo'ladigan vaqtni hisoblab topishi kerak.

Charchash jarayonining rivojlanishida HBning qisqaruvchanlik qobiliyati susayadi va shu sababli integrallangan EMGning kattaligi bilan mushak kuchlanishi orasidagi munosabat o'zgaradi. Bu hodisani muvozanatlashtirish uchun yangi boshqa HBlari jalb etiladi va bu o'z navbatida, EMG ko'rsatkichlarining ortishiga sabab bo'ladi.



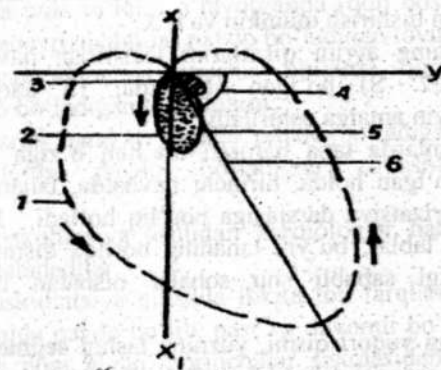
5.7-rasm. Elektromiogramma (EMG). A) bitta harakat birligidagi uchta ketma-ket harakat potentsiali; B) ko'p harakat birliklaridagi uchta ketma-ket harakat potentsiallari (interferentsional EMG).

Shuning uchun mushakning EMG ko'rsatkichlarini uning kuchlanishiga nisbatining miqdoriy munosabatlari ish jarayonida ortadi.

Elektromiografiya usulidan sport tibbiyotida, sportchilarni tibbiy ko'riklardan o'tishida va inson mushaklarining fiziologik holatlarini baholashda foydalaniladi.

Vektorelektrokardiografiya. Yurak miokardining qo'zg'alishi natijasida hosil bo'ladigan depolarizatsiya va repolarizatsiya jarayonlari bir paytda yurakning turli qismlarida yuz bermaydi, shu sababli

yurakning bu sohalari orasidagi potentsiallar farqi ham miqdor, ham yo'nalishi jihatidan doim o'zgarib turadi. Bu potentsiallar farqi vektor kattaligidir, yurakning hamma mushaklarini bir vaqtda qo'zg'alishiga jalb qilinmaganligi va qo'zg'alishning turli yo'nalishlari bo'yicha har xil tarqalganligi sababli potentsiallar farqi vektori o'z yo'nalishini o'zgartiradi. Vektorelektrokardiografiya bu o'zgarishni ilg'ashga imkon beradi. Buning mazmuni bir vaqtning o'zida o'zaro parallel bo'lmagan tekisliklardagi potentsiallar ayirmasini yozib olishga imkon beradi. Buning uchun to'rtta elektrod ko'krak qafasining oldi tomonidagi yuzaga va bir elektrod chap ko'krak chetiga joylashtiriladi (I.T.Akulnichev). Ikki juft elektroddan yozib olinayotgan potentsiallar farqi kuchaytirilgandan so'ng, ossillografning vertikal va gorizontol plastinkalariga uzatiladi. Ossillograf ekranida bir qator tishlar (sirtmoqlar) shakli chiziladi, ular R, Q, R, T harflari bilan belgilanadi (5.8-rasm). Uzatishlarni kombinatsiyalash orqali turli tekisliklardagi vektorelektrokardiografiya (VEKG) olinadi va sirtmoqlarning shakli, sirtmoq kengligi bo'yicha maksimal vektor yuzasi, yo'nalishi, sirtmoq chegarasining ortig'i tahlil qilinadi.



5.8 rasm. Odam yuragining vektorelektrokardiogrammasi. $X - X_1$ vertikal o'q; $Y - Y_1$ gorizontol o'q; 1. QRS sirtmoq; 2. T sirtmoq; 3. P sirtmoq; 4. QRS sirtmoqning to'g'ri burchakli koordinata tizimida joylashuvini aniqlovchi burchak; 5. QRS va T sirtmoqlarning maksimal vektorlari orasidagi va T sirtmoqlarni qayd qilishda nurning harakat yo'nalish o'q chiziqlar bilan soat millari yo'nalishiga qarama-qarshi ko'rsatilgan

Termovizometriya (issiqlikni ko'rish) – odam tanasidan chiqayotgan infraqizil nurlarni qayd qilish usulidir. Odam tanasida qon asosiy issiqlik tashuvchi bo'lib xizmat qiladi. Issiqlik hosil bo'lgan joyidan qon orqali butun organizmga tarqaladi. Shunga ko'ra, tana yuzasining infraqizil nurlanishlarini o'rganish orqali odam tanasining ma'lum sohalaridagi qon oqimi kattaligi haqida xulosalarga kelish mumkin.

Termografik tadqiqotlar teplovizor yordamida amalga oshiriladi. Optik-mexanik yoygichli teplovizorning asosiy qismi obyekt hosil qiladigan tasvir tekisligiga o'rnatilgan infraqizil nurlanishlarga nisbatan yuqori darajadagi sezgirlikka ega bo'lgan priyomnik tana issiqligidan nurlanayotgan energiyani asbobning sezish maydoni, ya'ni kichik fazoviy burchak ichidagi qismini ushlab qolgan ko'zgusining harakatlanishi hisobiga uni ko'rish maydoni ketma-ket tahlil qilib boriladi. Agar asbobning ko'rish maydoni notekis harakatlarga ega bo'lgan sohaga yo'naltirish orqali ko'rish maydonining muayyan holatida qabul qilgichga nur oqimi o'zgarib tushsa, bu o'zgarishlarni qabul qilgich kuchaytirib, bu manzara EHM displeyida qayta tiklanadi, o'lchash natijalari esa sonli tabloga chiqariladi. Issiqlik tasvirini fotoplyonkaga ham tushirish mumkin va h. k.

Odam tanasining ayrim qismlarini tekshirish havoning harorati doimiy ($21 - 22^{\circ}$ S) bo'lgan sharoitda, 15 daqiqalik issiqlik moslashuvidan keyin amalga oshiriladi.

Sog'lom odamlarda tana harorati ma'lum o'ziga xos simmetrik taqsimotga ega bo'lgan holda, birinchi navbatda, tananing u yoki bu qismining vaskularizatsiya darajasiga bog'liq bo'ladi. Jumladan, ko'z atrofi, yuz qismi, lablar, bo'yin tananing boshqa qismlariga nisbatan issiqroq bo'lganligi sababli shu sohalar nisbatan issiqroq bo'lib ko'rinadi.

Burun, yuzning yuqori qismi, yuzning tashqi segmentlari nisbatan sovuqroq bo'lib, qorong'i soha deb ataladi. Ko'krak qafasining yuqori uchining bir qismidan chiqayotgan issiqlik manzarasi bir tekis nurlanishi, o'rtacha intensivlikka ega. Tana o'rta chizig'iga va bo'yin asosiga yaqin sohalarida nurlanish biroz kuchayuvchi nurlanishga ega bo'lgan ko'rinishda bo'ladi. Oyoqlarning me'yordagi termogrammalari longitudinal ingradiyent deb ataladigan, distal bo'limlarning (ayniqsa, tovon osti axill paylarida) proksimal bo'limlarga nisbatan birmuncha

kichik ko'rsatkichli infraqizil nurlanishlari bilan ajralib turadi. Qon aylanish o'zgaranda, tananing issiqlik manzarasi sezilarli darajada o'zgaradi.

5.4. Akustik qayd qilish usullari

Akustik tekshirishlarning eng ko'p tarqalgan usullaridan biri auskultatsiya bo'lib, bunda a'zolarining ish faoliyatida yuz beradigan tovush hodisalari tinglanadi. Auskultatsiya usulining asoschisi, fransuz vrachi Laennek (1781–1826) deb qabul qilingan. U turli a'zolarida hosil bo'ladigan tovushlarni eshitish uchun stetoskopdan foydalangan. Keyinchalik stetoskop asosida fonendoskop yaratildi.

Eshitish (auscultatio) – aholini tibbiy nazoratdan o'tkazishda, tashxis qo'yishda qo'llaniladigan usullardan biri bo'lib, bu usul yordamida odam organizmidagi turli holatlarda jumladan:

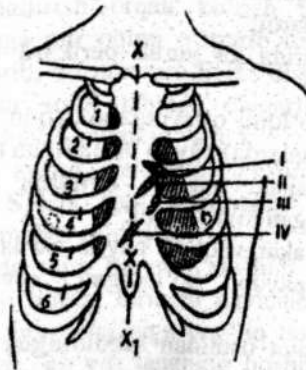
- nafas olish va chiqarishda o'pkaning bronxlarida va plevralarida paydo bo'ladigan tovushlarni;
- yurak qisqarishlarida va yurak perikard bo'shliqlarida paydo bo'ladigan tovushlarni;
- tomirlarda puls to'lqini o'tayotganda (qon bosimini o'lchashda, aterosklerozda, anevrizmalarda) paydo bo'ladigan tovushlarni;
- cheklangan darajada maxsus hollarda qorin bo'shlig'ining a'zolarida paydo bo'ladigan tovushlarni;
- bo'g'imlarda harakat vaqtida paydo bo'ladigan me'yordagi va patologik hollarda paydo bo'ladigan tovushlarni aniqlashda foydalaniladi.

Ko'proq auskultatsiya usulidan kardiologlar ham yurak tonlarini aniqlashda foydalanadilar.

Yurakni auskultatsiya qilishda ikkita ton farqlanadi. Birinchi ton sistolaning boshida paydo bo'lib, past va davomli bo'ladi. Birinchi ton *sistolik ton* deb nom olgan, qorinchalar sistolasidan kelib chiqadigan kompleks hodisalarga bog'lashadi (bo'lmacha qorinchaning tabaqali klapanlari yopilishi, yurak torlari – iplari tebranishlari va so'rg'ichsimon yurak mushaklarining qorinchalar miokardining taranglashuvi). Ikkinchi ton ancha baland va qisqa bo'lib, yarimoysimon klapanlarning yurak diastolasi davrida, yopilishidan paydo bo'ladi. Shuning uchun u *diastolik ton* deb ataladi.

Birinchi ton, odatda, chapdan beshinchi qovurg'alararo o'mrov chizig'ida eshutiladi. Bu nuqtadagi sistolik ton, asosan, yurakning chap bo'lmachasi va chap bo'lma – qorincha klapan faoliyati bilan bog'liq. Yurakning o'ng bo'lmachasi va o'ng bo'lmacha – qorincha klapanining qisqarishidan yuzaga keladi, xuddi shunday ton to'rtinchi qovurg'alar oralig'idagi to'sh sohalarida ham eshutilishi mumkin.

Ikkinchi ton ikkinchi qovurg'alar oralig'ida yaxshi eshutiladi. Bunda to'shdan o'ng tomonda aortal klapanlar, chapda – o'pka arteriya klapanlari eshutiladi (5.9-rasm). Yurakda hosil bo'ladigan tovush hodisalarini yozib olish usuli mavjud bo'lib, uni fonokardiografiya (FKG) deb ataladi. Bu usulda yozuv kuchaytirgich va registorga ulangan yuqori sezgirlikka ega bo'lgan mikrofon yordamida amalga oshiriladi. Odatda, fonokardiogramma EKG bilan birga qayd qilinadi. Sababi bu jarayonlar orasida vaqt bo'yicha aniq o'zaro bog'liqlik mavjuddir.



5.9 rasm. Yurak klapanlari proyeksiyalarining chizmasi va yurak tonlarining eshinish joylari (1 – 6 qovurg'alar oralig'lari). I o'pka arteriasi; II aorta; III chap bo'lmacha qorincha klapani; IV o'ng bo'lmacha qorincha klapani.

FKGda yurakning 4 ta toni qayd qilinadi. Birinchi ton EKGning R tishlari bilan qariyb mos tushadi, ikkinchi ton T tishchasidan keyinroq paydo bo'ladi. Uchinchi ton qorinchaning qon bilan tez to'lishi davrida uning devorlarining taranglashib titrashidan, ikkinchi tondan keyin EKGning T tishlari orqasida joylashadi. To'rtinchi ton bo'lmachalari-

ning sistola va diastolasining boshlanishi bilan bog'langan bo'lib, u EKGning R tishlaridan keyin, bevosita birinchi tondan oldin aniqlanishi mumkin.

Hozirgi kunda klinikada audiometriya usulidan keng foydalaniladi. Bu usul eshinish analizatorini turli balandlikdagi tonlarni sezish bo'sag'asini aniqlashga asoslangan bo'lib, u turli balandlikdagi tovushlarni his qilishdagi kamchiliklarni aniqlashga imkon beradi.

Akustik usullaridan biri ultratovush qo'llash usulidir. Yuqori chastotali elastik xususiyatga ega bo'lgan ($2 \cdot 10^4 - 10^9$ Hz) mexanik tebranishlarning muhitda tarqalishi ultratovushdir.

Turli yumshoq to'qimalarda ultratovushning tarqalish tezligi amalda o'zgarmas kattalik bo'lib, uning o'rtacha qiymati 1550 m/s ga teng. Odatda, bu kattalikdan tibbiyotda ultratovush asboblari kalibrovka qilishda foydalaniladi.

Odatda, ultratovush tebranishlarini uzatish va qabul qilish uchun pyezoelektrik o'zgartirgichlardan (pyezoelementlardan) foydalaniladi. Agar pyezoelement (PE) ma'lum yo'nalishda siqilsa yoki cho'zilsa u qutblanadi, ya'ni uning sirtida ishorasi deformatsiyaning yo'nalishiga, miqdori esa qo'yilgan bosimga bog'liq bo'lgan zaryadlar to'planadi. Agar PE elektr maydoniga joylashtirilsa, unda maydon yo'nalishiga bog'liq ravishda, miqdori maydon kuchlanishiga proporsional bo'lgan mexanik zo'riqish paydo bo'lib, natijada PE deformatsiyalanadi. Bu hodisa teskari pyezoelektrik hol deb ataladi.

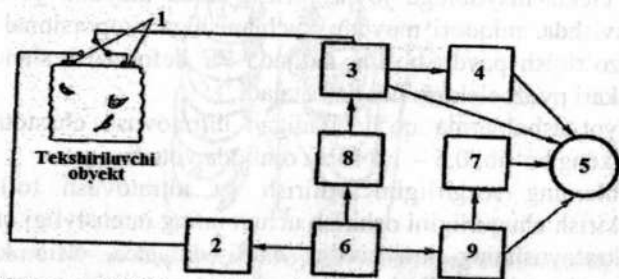
Tibbiyot asboblari qo'llaniladigan ultratovush chastotalarining diapazoni keng bo'lib, 0,5 – 1,5 MHz oraliqda yotadi.

Asboblarning sezgirligini orttirish va ultratovush to'lqinlarini obyektga kirish chuqurligini oshirish uchun uning intensivligi orttiriladi. Biroq, ultratovushning intensivligi etarli darajada ortib ketganda, biologik strukturalar qizib ketishi va hatto, emrilishi mumkin. Shu sababli tibbiyotda hosil qilinadigan ultratovushning intensivligi 1 – 10 mW/m² dan oshirilmaydi.

Ultratovushdan foydalanish g'oyasi shundan iboratki, bunda tekshiriladigan a'zoga ultratovush nuri bilan ta'sir ko'rsatiladi. Ultratovush bir turdagi sog'lom to'qimadan o'tayotib, o'z yo'lida to'qima va a'zolar chetiga yetganda to'siqqa uchraydi, bu chegaradan ultratovush qisman yoki to'la qaytadi va bu qaytgan ultratovush to'lqinlarini elektron asboblari yordamida qabul qilib olish mumkin.

Bu usul bilan a'zo va to'qimalarning chegara koordinatalarini, o'lchamlarini va shaklini aniqlash mumkin. Bundan tashqari, odam tanasining katta sohalarini tekshirishda ultratovushni qaytaruvchi strukturalar manzarasining ikki o'lchamli taqsimotini olish mumkin.

Odam a'zolari kesimining bunday ikki o'lchamli manzarasi rentgen tomogramma manzarasiga o'xshaydi. Bu xildagi bir necha tasvirlar (exogramma) yordamida ultratovushning ichki qaytaruvchi obyektlarining hajmiy taqsimoti haqida ma'lumot olish imkoniyatiga ega. O'ta kichik masofa farqlariga ega bo'lgan to'qimalardan qaytgan ultratovushlar tashxis usulida (masalan, yumshoq to'qimalarni tekshirishda) rentgen usulidan ko'ra ko'proq ma'lumot olish mumkin. Odamning to'qima va a'zolarini ko'rishda eng keng tarqalgan ultratovush usuli **impulsi ultratovush exolokatsiyasi** bo'lib, uning mohiyati shundan iboratki, tekshirilayotgan a'zoga qisqa ultratovush impulsi yuboriladi. Bu impuls obyektidan qisman qaytib qabul qilgichga tushadi va u a'zoning chegarasi va har xil turdagi obyektidan (nobirjinsliklardan) qaytgan ultratovush nurlarini qabul qilish va ultratovushni qaytadan elektromagnit tebranishlariga aylantirishga xizmat qiladi (5.10-rasm).



5.10-rasm. EXO impulsi tashxislash usulida qo'llaniladigan asbobning blok chizmasi.

Impulslarni yo'naltiruvchi generator (2) uzatgichning o'zgartirgichini qo'zg'atuvchi yuqori chastotali elektromagnit tebranishlar impulslarini ishlab chiqaradi. Kuchaytirgich (3) qabul qilingan signalni kuchaytirish va detektorlash uchun xizmat qiladi; qayd qiluvchi qurilma (4) qaytgan va qabul qilingan signallarni vaqt va amplituda bo'yicha ajratadi, ularni elektron nurli trubka (5) ning

ekraniga yoki boshqa yozuv qurilmasiga chiqaradi. Sinxronizator (6) asbobning hamma qismlarini moslashgan holda (sinxron) ishlashini ta'minlaydi. Vaqt o'lchagich (7) ultratovush tebranishlarini biologik to'qimalardagi tarqalish tezligini sezgan holda, tebranishlarni qaytaruvchi strukturalarni joylashish chuqurligini o'lchash uchun, impulsning obyektgacha borib qaytishi uchun ketgan vaqtni o'lchaydi. Bezgirlikni vaqt bo'yicha boshqargich (8) turli chuqurlikda yotgan strukturalardan qaytgan signallarning amplitudasini tenglashtirish uchun xizmat qiladi. Yozish generatori (9) qayd qilinuvchi kuchlanishni shakllantirishga mo'ljallangan.

Ultratovushni tekshirilayotgan tanaga kiritishning 2 ta immersion va kontakt usuli mavjud.

Immersion kontaktning suvli muhiti orqali tarqalishi amalga oshiriladi. Bunda tekshirilayotgan obyekt uzatgich o'rnatilgan suvli vannaga tushiriladi yoki ultratovush uchun shaffof materialdan tayyorlangan, uncha katta bo'lmagan kyuvetaga o'rnatilib, u tekshirilayotgan mavjudot ichiga joylanadi.

Keyingi paytlarda ultratovush asboblarida signallarni yig'ish va tasvirni xotirada saqlash uchun sonli xotira tizimlaridan tahlil qilishda foydalaniladi. Bu asboblarda EHMdan tasvirni sintez qilish, uning sifatiga ishlov berish (sifatini yaxshilash, chegaralarini aniqlashtirish, bir xil yorqinlik chiziqlarini hosil qilish va h. k.), shu jumladan olingan natijalarni analiz qilishda foydalanish mumkin.

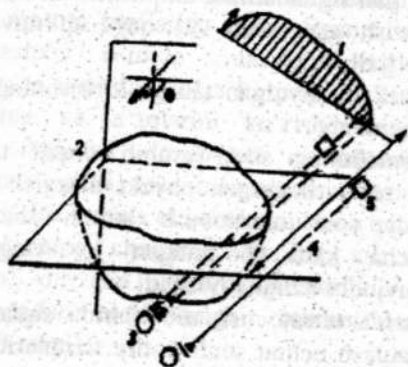
5.5. Qayd qilishning rentgenologiya usullari

Rentgenologik usullar 1885-yili nemis fizigi V.K. Rentgen tomonidan ochilgan kashfiyotga asoslangan bo'lib, unga ko'ra siyraklashgan gazlardan yuqori kuchlanishli tok o'tganda nurlanish paydo bo'lib, bu nur platina sinerodit kaliy bilan qoplangan flyuoressent ekranga tushganda chaqnashlar hosil qilishga asoslangan. Bu nurlar ko'zga ko'rinadigan nurlarni o'tkazmaydigan buyum va jismlardan o'tish xususiyatiga ega. Keyinroq 1912-yil I. Lauj rentgen nurlari to'lqin uzunligi 725 dan 0,1 Å oralig'ida yotuvchi elektromagnit to'lqinlaridan iborat ekanligini aniqlagan.

Rentgen nurlanishlari ionlashtiruvchi nurlar hisoblanadi va to'qimalardan ma'lum miqdorda nur o'tganda, ularga zararli ta'sir etadi. Shuning uchun rentgen asboblari bilan ishlaganda maxsus himoya

vositalari (ekranlash) zarur va maxsus tayyorgarlikdan o'tgan (rentgenologlar) kishilarga ruxsat beriladi. Bu asboblardan faqat maxsus rentgenologiya kurslarida beriladi va uni o'rganish fiziologik amaliy tajribalar vazifalariga kirmaydi.

Keyingi yillar oddiy fiziologik tadqiqotlarda qo'llanilishi mumkin bo'lgan xavfsiz va aniq rentgenologik usullardan biri kompyuterli tomografiya usuli keng qo'llanilmoqda (5.11-rasm).



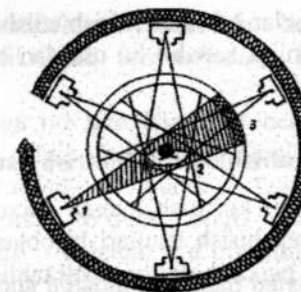
5.11-rasm. Kompyuterli tomografiyaning chizmasi tasviri.
1. burchak ostidagi kesimi yon ko'rinishi; 2. kesim; 3. rentgen trubkasi; 4. tayanch chizig'i; 5. detektorlar.

Kompyuterli tomografiya. Kompyuterli tomografiyada rentgen naychasi va detektorlar tekshirilayotgan to'qimaning qarama-qarshi tomoniga o'rnatiladi. Naycha detektor maxsus moslama tizimini 5.10-rasmda ko'rsatilgan chiziq bo'ylab ko'chirishga imkon berib, (translatiya) davriy ravishda xabar uzatilib turadi. Shunday qilib, qatlam sifatida tekshirilayotgan qatlam (1)ning ichida joylashgan dekad koordinata tizimiga nisbatan θ burchak ostidagi uning proyeksiyasi yoki yon ko'rinishi olinadi. Translatiya tugaganidan so'ng, naycha detektor tizimi $\Delta\theta$ burchakka buriladi (rotatsiya) va hamma jarayon qaytadan takrorlanadi. Buning natijasida $\theta+\Delta\theta$ burchak ostida obyektning proyeksiyasi olinadi. Rotatsiya jarayonida tekshirilayotgan qatlamning 0 dan 180° gacha burchak oralig'idagi proyeksiyasi o'lchanadi.

Hisoblash qurilmasi uzatgichlaridan ma'lumot olib, qatlam matritsasining har bir nuqtasiga tushgan nurlanishlarning yutilish

ko'effitsiyentlarini hisoblaydi va tasvirning teskari proyeksiyasini filtrlash usuli yordamida tasvirni qayta tiklaydi (rekonstruksiyalanadi).

Sifatli tasvir olish uchun yoritishda aylanuvchi nurlar dastasidan foydalaniladigan, aylanuvchi detektorlar maydoni bilan ta'minlangan tizimlar (500 dan ortiq detektorlar) yaratilgan (5.12-rasm). Bu tizimlar tekshirilayotgan odamning nurlanish darajasini kamaytirishga, nurlanishning impulsli rejimlardan foydalanishga imkon beradi. Kompyuterli tomograf yordamida olingan odamning ko'ndalang «kesimi»ning tasviri Pirogovning klassik kesimiga o'xshaydi va a'zolar, shuningdek, ularning qismlar topografiyasini yaxshi aks ettira oladi.



5.12 rasm. Aylanuvchi detektorli maydonga ega bo'lgan kompyuterli tomografiyada yoyiluvchi nurlar bilan yoritilishi. 1. rentgen trubkasi; 2. obyekt; 3. 520 ta detektordan iborat detektorli maydon.

5.6. Qayd qilishning optik usullari

Endoskopiya. Endoskopiya – organizm va a'zolarining ichki qismlarini optik yoritgich asboblardan yordamida ko'rib chiqish usulidir. Bu usulda asboblardan a'zolar va bo'shliqlarga tabiiy teshiklar orqali yoki a'zo devorini kichikroq kesib olish yoki ochish yo'li bilan kiritiladi.

Endoskopik usul me'da-ichak yo'lini, qorin bo'shlig'ini, nafas olish va siydik chiqarish yo'llarini va boshqa tekshirishlarda qo'llanilib kelinmoqda.

1958-yildan boshlab endoskopiya amaliyotida elastiklikligi mukammal bo'lgan, egiluvchan fibroskoplar qo'llanilmoqda. Ularni burchakli egilgan anatomik kanallardan ham o'tkazish mumkin bo'lib, tekshiriluvchida katta nohushliklar hosil qilmasligi tufayli hozirgi vaqtda endoskopiya barcha sohalarda keng qo'llanilib kelinmoqda.

Fibroskoplarda – yorug'likni uzatuvchi tizim sifatida elementar svetovodlar (yorug'lik uzatuvchi) dastasidan iborat bo'lgan tolali-optik tizimdan foydalaniladi. Oddiy yorug'lik o'tkazuvchining sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lgan shisha qobiq bilan o'ralgan bo'lib, yorug'lik nuri katta sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan muhitdan sindirish ko'rsatkichi kichik muhitga o'tishida sinib, ikki muhit chegarasida to'la ichki qaytish hodisasi (yorug'lik yana birinchi muhitga qaytadi) yuz beradi. Svetovodga tushgan yorug'lik nuri ko'p marta to'la ichki qaytish hisobiga svetovodning ikkinchi uchidan chiqib, obyektни yoritadi. Svetovodning egilgan joylaridan yorug'likning o'tishi ham xuddi shunday yuz beradi.

Egiluvchan fibroskopl bilan tekshirish tekshiriluvchilarga sezilarli nohushlik hosil qilmaganligi sababli bu usuldan ommaviy tekshirishlar o'tkazishda foydalaniladi.

5.7. Psixofiziologik tekshirish usullari

Kuzatish va o'z-o'zini kuzatish hamda psixologik eksperimentlar klassik psixofiziologik tekshirish usullari hisoblanadi. Bu usullarning asosiy vazifasi organizm psixik holatini sifatli tahlil qilishdan iborat.

Keyingi yillarda psixologik eksperiment amaliyotiga funksiyalar dinamikasini miqdoriy baholash usullari kiritilgan edi. Bunday eksperimental usullarga psixometriya, mentimetrik, proyektiv usullar va funksional sinovlar tegishlidir.

Psixometrik usuldan odam ruhiy reaksiyasining kuchi, tezligi va boshqa ko'rsatkichlarning davomiyligini aniqlashda foydalaniladi.

Mentimetrik usul standart topshiriq (test) to'plami yoki shkala yordamida tekshiriluvchi odam mehnati natijalarini miqdoriy baholash imkonini beradi.

Proyektiv usul shaxsiy xususiyatlarni boshqa obyektga proyeksiyasi mobaynida qabul etishning shaxsiy sifat xususiyatlarini tekshirishga asoslangan.

Funksional sinovlar usuli ma'lum tizimlar yoki odam ruhiy faoliyatiga nisbatan tozalangan funksional kuchlarni aniqlab beradi. Yuqorida sanab o'tilgan usullar olingan natijalarni ommaviy tekshirishlar orqali olingan standartlar bilan taqqoslashga asoslangandir (statistik me'yorlar).

Ma'lumki, insonning psixik faoliyatlari trofika, nafas olish, qon bilan ta'minlash, himoya, sintez va organizm faoliyatining boshqa holatlarini ta'minlab beruvchi fiziologik jarayonlar bilan o'zaro uzviy boglangan. Shu sababli psixologik tekshirishlar ko'pincha vegetativ ko'rsatkichlar (AB, puls, nafas olish, miyaning chaqirilgan potensiallar soni, EEG va boshqalar) ni qayd qilish bilan birga olib boriladi. Bunday tekshirish ma'lum psixik reaksiyalarda fon o'zgarishini aniqlashga yordam beradi va **psixofiziologiya** deb ataladi. Psixofiziologik tekshirish psixik faoliyatlar vegetativ korrelyatsiyalarni topishga, faoliyatning ma'lum turlarida organizmning zo'riqishi darajasini aniqlashga imkon beradi.

Vegetativ ko'rsatkichlar yordamida kompleks holatda inson e'tibori, xotirasi, fikrlashi, emotsiyalar, intellekti va boshqalar tekshiriladi.

E'tibor – shaxsga ma'lum ahamiyat beradigan, yoki biron - bir obyektga qaratilgan psixik faoliyatdir. Ongli boshqariladigan va bir me'yorda ushlab turiladigan bunday faoliyat ixtiyoriy e'tiborni xarakterlaydi. Ixtiyorsiz e'tibor ongli qo'yilgan maqsad bilan determinlashtirilmaydi. Odatda, e'tiborning hajmi, turg'unligi, taqsimlanishi va boshqa holatlarga o'tishi baholanadi. E'tiborni har bir sifati bir butun inson psixik faoliyatida ma'lum ahamiyatga ega.

E'tibor hajmi cheklangan vaqt sharoitlarida tekshiriluvchi tomonlaridan bir vaqtda qabul qilinayotgan obyektlar miqdorini baholash orqali tekshiriladi.

E'tiborning turg'unli tekshiriluvchi tomonidan monotonli (bir xil, zeriktiruvchi) uzoq davom etuvchi ishni bajarishni taklif etish bilan o'rganiladi, uning natijasida esa yo'l qo'yilgan xatoliklarning soni ishning bajarilish vaqti qayd qilinadi. Bunday ishga korrektor (to'g'rilash) ishi misol bo'la oladi. Uning modeli bo'lib esa korrektura matnlari hisoblanadi. Bunday matnlarning bir necha varianti taklif etilgan. Ishning muvaffaqiyati ushbu formula bo'yicha aniqlanadi:

$$B=S(C-W)/(C+O),$$

bunda, S – tekshiriluvchi belgilagan elementlarning umumiy miqdori, W – noto'g'ri belgilangan elementlarning miqdori, O – tushirib qoldirilgan elementlar miqdori, C – masaladagi barcha elementlarning miqdori.

E'tiborning *taqsimlanishi* bir vaqtning o'zida ikki yoki bir necha harakatni bajarish mumkinligini baholashga imkon beruvchi usullar bilan tekshiriladi. Masalan, ma'nosiga ko'ra yaqin signallar bilan maskirovkalashda (tuslanish) niqoblanish ma'lum signallarning paydo bo'lishidayoq tegishli tugmani bosish.

E'tiborning *o'zgartirilishi* tekshiriluvchining bir faoliyatdan ikkinchisiga tez o'ta olish qobiliyatiga qarab baholanadi. Bunga qizil - qora raqamli jadval bilan ishlash misol bo'la oladi, bunda tekshiriluvchi ma'lum tartibda avval qora, keyin esa qizil ranglarni topishi kerak.

E'tiborning o'zgartirilishini tekshirish uchun korrektura (to'g'rilash) matnida ma'lum harfdan avval yoki keyin izlanayotgan harfni tekshiriluvchiga o'chirish taklif etiladi.

Xotira individning axborotni yod olishi, yodda saqlashi va uni qayta tiklay olish qobiliyatidir. Qisqa muddatli va uzoq muddatli xotiralar tafovut qilinadi. Qisqa muddatli xotira (QX) axborotlarning miyadagi qisqa vaqt – qabul qilish paytida to'xtira izlarining konsolidatsiyasigacha (birlashtirish) saqlanishini ta'minlaydi hamda bevosita va qisqa vaqt ichida (operativ) yuz beradi.

Bevosita xotira (BX) ma'lum simvollar miqdori ko'rsatilgandan so'ng uni darhol qayta tiklab bera olish qobiliyatidir. BX, raqamlar, harflar va boshqa belgilarning xotirada ortib borish miqdori bo'yicha yozishni taklif etish orqali o'rganiladi. Tekshirish bir necha bor o'tkaziladi va BX hajmi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$V=A+m/n+K/2$$

bunda A – barcha tajribalarda to'g'ri ishlab chiqarilgan, eng katta qatorning uzunligi, n – tajribalarning soni, m – A ga nisbatan miqdor bo'yicha katta belgilarning to'g'ri chiqaradigan qatorlar miqdori, K – qatorlar o'rtasidagi intervallar.

Bevosita xotira hajmi konkret borliqdan tashqari, abstrakt potensial qobiliyatining axborotlarini qisqa vaqtda yod olishni aks ettiradi.

Operativ xotira (OX) ma'lum axborot hajmini yodda saqlab qolish va bir qisqa vaqt ichida qayta tiklay olish qobiliyatidir. Masalan, tekshiriluvchiga ikkita bir xil sonni qo'shish taklif qilinadi, ular yig'indisini eslab qolish va qayta tiklab olish esa qo'shish jarayonining bajarilishi ketma-ketligida buyuriladi. Bir necha takrorlashdan so'ng operativ xotira hajmi quyidagicha hisoblanadi:

$$V=A+m/n+K/2$$

Fikrlash – bilimlarga tayangan idrokdir. Fikrlashni tekshirish uchun bir necha guruh usullardan foydalaniladi: tasniflashga bo'lgan qobiliyatni baholash, umumlashtirish qobiliyatlari va boshqalar.

Qobiliyatni baholash usuli yordamida tekshiriluvchining obyektlari ularning keyingi guruhlanishi bilan birgalikda belgilarini ajratish imkoniyatlari baholaydi.

Umumlashtirish qobiliyati konkret beradigan vaziyatlarni boshqa sharoitlarga o'tkazuvchi muolajalarni xarakterlaydigan matnlar yordamida tekshiriladi.

Fikrlashning analitik aspektlarini tekshirish uchun alohida komponentlarni ajratish va ularni keyingi yagona logik yakunlangan tizimga imkon beruvchi matnlardan foydalaniladi (tahlil).

Emotsiyalar (hissiyotlar) odamning o'ziga ahamiyatli bo'lgan obyektlarga, jarayonlarga bo'lgan munosabatini aks ettiradi. Ularni o'rganish uchun emotsional bo'lgan voqealar izlarini fikran qayta tiklay olish usulidan foydalaniladi.

Bundan tashqari, «baholash» so'zlari usulidan foydalanib, unda 15 – 20 «*indeferent*» (farqsiz) va «*emotsional*» so'z – ta'sirlovchilari ishlatiladi. Tekshiriluvchi avval bu so'zlarni faqatgina eshitadi. Ularni takror eshittirilganda, tekshiriluvchi o'zining har bir so'z uchun munosabatini birorta baholovchi so'z orqali bildiradi («yoqimli, yoqimsiz, yaxshi, yomon, befarq»). Keyingi so'z-ta'sirlovchilari eshittirilganda, tekshiriluvchining «baholovchi» so'zlarga mos keladigan yoki kelmaydigan «baholovchi» so'zlaridan biri qo'shib olinadi. Tekshiriluvchi bunday ortiqcha baholashga o'zining munosabatini «roziman» (ha) yoki «noroziman» (yo'q) so'zlari bilan bildiradi. Tekshiriluvchi va tekshiruvchi so'z ta'sirlovchilarining to'g'ri kelmasligi natijasida emotsional reaksiya – janjalli vaziyat yuzaga kelishi mumkin.

Intellekt (aqliy qobiliyat) o'qish muvaffaqiyatining, ya'ni vaziyatga moslanish va olingan bilimlardan ijodiy foydalanishni belgilovchi shaxs qobiliyatining to'plamidir. Intellektni tekshirish usullari nafaqat ma'lumotlar orttirmasi, bilimlarni, ko'nikmalarni, balki ularni faoliyatda qo'llash qobiliyatini aniqlaydi.

Intellektni baholash usullaridan biri Veksler usuli bo'lib, undagi topshiriqlar, intellektni turli tomonlarini xarakterlaydigan 11 ta

subtestdan iborat. Har bir subtestning ichida topshiriqlar murakkabligi ortib boruvchi tartibida joylashgandir.

D. Ravinning «Progressiv matritsa» testi fikrlash qobiliyatini tekshirish va baholashga yo'naltirilgan (taqqoslash, analogiya, mantiqiy xulosa va boshqalar). Bu test 60 ta rasmdan iborat (matritsa). Har bir rasmdan kichikroq qismi olib tashlangan rasmlar ostida 6 – 8 fragment joylashgan bo'lib, ularning orasida olib tashlangan qism ham qoldirilgan. Matritsalar ortib boruvchi murakkablikda tuzilgan. Tekshiriluvchilar rasmni ko'rib chiqishi va matritsa – kemitikni qaysi fragment hisobiga to'ldirish kerakligini yecha olishi kerak.

Shaxsni tekshirish proyektiv va noproyektiv usullarda o'tkaziladi. **Proyektiv** usullarda subektga oid bo'lgan xarakter, talab, nigoh, g'oya, motivlarni ongsiz ravishda boshqa shaxsga o'tkaza olish – proyeksiyalashga asoslangan. Proyektiv usullarda quyidagi tekshirish usullari qo'llaniladi:

– noma'lum test materialiga ega bo'lgan konstruktiv (G.Rorshax dog'i) yoki taklif etilayotgan test savollarini tasvir syujet sintezlash yaratish masalasi;

– test savollari sifatida surat va hikoyalar ishlatuvchi, ular syujetini ixtiyoriy izohlashga yo'l qo'yuvchi izohlovchi (tematik appertsepsion test – TAT);

– tekshiriluvchi o'ylab chiqargan dramatik mazmundagi syujetining tahlili G. Rorshaxning «Siyoh dog'lari» usulida mo'jizaviy ko'rinishlarga ega simmetrik dog'li 10 ta karta ishlatiladi. 5 ta karta oq-qora rangda, 2 tasi qora-qizil, 3 tasi ko'k rangda bajarilgan bo'lib tekshiriluvchi bu mo'jizaviy ko'rinishlarda va shakllarda ko'rinayotgan tas'virni izohlab berishi taklif qilinadi. Bu usul tekshiriluvchining intellektual faoliyatini baholashga imkon beradi.

Noproektiv usulda shaxsning o'ziga xos tuzilishidagi alohida komponentlarini (tomonlarini) o'rganishga imkon beradi. Bu usulga savollar, shaxsiy shkala va boshqalar tegishlidir. Odatda, bir necha topshiriqlar yordamida (savollar) shaxsning ma'lum xarakteristika kuchi aniqlanib, baholanadi. Eng ko'p qo'llaniladigan usullardan biri. E. Ayzenka, N. Spilberger savollari tugatilmagan takliflar usuli hisoblanadi. N. Ayzenka savollari xarakterning yo'nalishi va hissiy tuturiqsiz neyrotizimni aniqlashga imkon beradi. Psixofiziologik tekshirishlarning keltirilgan usullari qator kasblar uchun kontingent

saralashda (uchuvchi, aviadispetcher, haydovchilar va boshqalar), insonning ishlab chiqarish faoliyati psixologiyasini ishlab chiqarishda, insonning u yoki bu faoliyatini boshqarishga qodirligini kundalik tashxisida keng qo'llaniladi.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

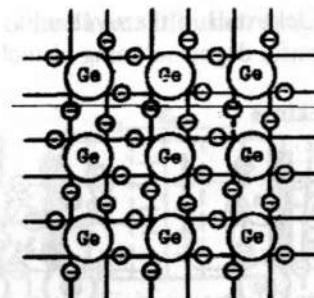
1. Elektrokardiografiya qanday usul?
2. Elektrokardiografiya usuliga kim asos solgan?
3. Elektrokardiogramma olish vaqtida tarmoqlarning joylashishi qanday bo'ladi?
4. Elektrokardiogrammada hosil bo'ladigan tishchalarning ma'nosini tushuntirib bering.
5. Elektroentsefografiyaning asoslari nimadan iborat?
6. Beta-to'lqinlar deb nimaga aytiladi?
7. Neyroxirurgiyada elektrodlar qanday qilib qo'llaniladi?
8. Mushak faoliyati qanday usulda o'rganiladi?
9. Termovizometriya usuli nima maqsadda qo'llaniladi?
10. Akustik tekshirish usullariga nimalar kiradi?
11. Sistolik va diastolik tonlar nimasi bilan farqlanadi?
12. Ultratovush qanday chastotaga ega?
13. Rentgenologik usullar nima maqsadda qo'llaniladi?
14. Kompyuter tomografi qanday tuzilgan?

6-BOB. YARIMO'TKAZGICHLI ASBOBLAR

6.1. Yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi

Yarimo'tkazgichli materiallar elektr o'tkazuvchanlik xossalari jihatidan elektr o'tkazuvchanligi katta bo'lgan materiallar bilan tok o'tkazmaydigan dielektriklar oralig'ida bo'ladi. Elektr o'tkazuvchanlikning hosil bo'lish jarayoni metallarda va yarimo'tkazgichlarda juda katta farqlanadi. Masalan, o'tkazgichlar qizitilganda ularning qarshiligi ortadi, yarimo'tkazgichlarda esa kamayadi. Temperaturasi mutlaqo nolga yaqinlashganda o'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi kamayib, o'ta o'tkazuvchanlikka o'tishi mumkin, yarimo'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi esa ortib dielektriklarning solishtirma qarshilikligiga yaqinlashadi. Sof metallga aralashma qo'shilsa, hosil bo'lgan qotishmaning solishtirma qarshiligi ortadi. Yarimo'tkazgichga aralashma qo'shilsa, uning solishtirma qarshiligi keskin kamayadi. Bulardan tashqari, yarimo'tkazgichlarning solishtirma qarshiligiga tashqi elektr maydon va nurlar ham ta'sir etishi mumkin. Elektronikada yarimo'tkazgich materiallardan germaniy, kremniy, selen, tellur, galliy arsenidi keng qo'llaniladi.

Har qanday moddaning elektr o'tkazuvchanligi valentlik elektronlarining harakati bilan ta'minlanadi. Metall (o'tkazgich)larda doimo erkin elektronlar borligi uchun, ularning elektr o'tkazuvchanligi katta bo'ladi. Yarimo'tkazgichlarda hamma valentli elektronlar kristallik panjara bilan bog'langanligi uchun bu elektronlar elektr toki hosil qilishda qatnasha olmaydi. Masalan, to'rt valentli germaniyning har bir atomi boshqa to'rtta atom bilan bog'lanishga intiladi (6.1-rasm). Bunda bitta atomning to'rtga erkin elektronlari to'rtta qo'shni atomlarning erkin elektronlari bilan bog'lanish hosil qiladi. Bunday bog'lanish ikki elektronli (kovalent) bog'lanish deyiladi. Lekin yorug'lik yoki issiqlik ta'sirida ba'zi elektronlar etarli energiyaga ega bo'lib o'z atomlaridan ajralishi mumkin. Natijada yarimo'tkazgichda tartibsiz harakatlanayotgan erkin elektronlar paydo bo'ladi.



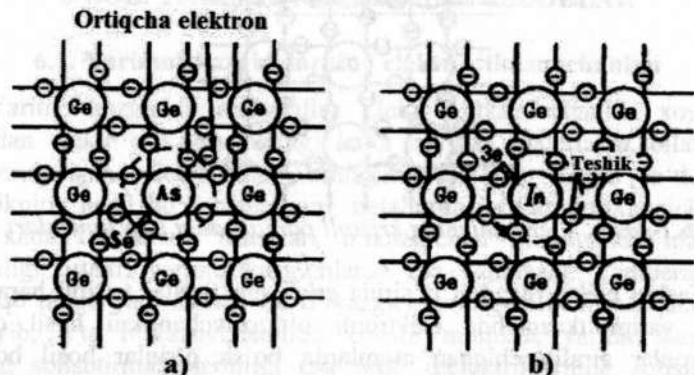
6.1-rasm. Germaniyning kristall panjaradagi bog'lanishlari.

Tashqi elektr maydon ta'sirida erkin elektronlar tartibli harakatga o'tib, yarimo'tkazgichda elektronli o'tkazuvchanlikni hosil qiladi. Elektronlar ajralib chiqqan atomlarda bo'sh o'rinlar hosil bo'ladi. Bunday bo'sh o'rinlar «teshiklar» deb nom olgan. Teshikni qo'shni atomdan ajralgan boshqa elektron egallashi mumkin. Natijada yangi teshik paydo bo'ladi. Bu teshikni boshqa atomning elektroni egallashi mumkin va hokazo. Shunday qilib, tashqi elektr maydon ta'sirida teshiklar maydon yo'nalishiga mos yo'nalishda harakatlanadi va ularning yo'nalishi elektronlar harakati yo'nalishiga qarama-qarshidir. Teshiklarning yuzaga kelishi atomning o'z elektronini yo'qotishi bilan bog'liq bo'lib, hosil bo'lgan tashqi sohada ortiqcha musbat zaryad (ion) vujudga keladi. Demak, teshiklarning harakati musbat zaryadlarning harakatiga ekvivalentdir. Yarimo'tkazgichlarda teshiklarning harakati bilan kelgan elektr o'tkazuvchanlik *teshikli o'tkazuvchanlik* deyiladi. Aralashmasiz yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchailigiga *xususiy elektr o'chkazuvchanlik* deyiladi.

6.2. Aralashmali yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchahligi

Agar yarimo'tkazgichga juda oz miqdorda aralashma qo'shilsa, uning elektr o'tkazuvchanligi keskin oshib ketadi. Masalan, germaniyga besh valentli mishyak qo'shilsa, uning to'rtta elektroni germaniyning to'rtta qo'shni atomlari bilan kovalent bog'lanishlarni tashkil qiladi (6.2. a-rasm). Mishyakning beshinchi elektroni ortiqcha bo'lib, u o'z atomi bilan zaif bog'langani uchun erkin elektronga aylanadi. Shuning uchun mish'yak aralashmasi elektronli o'tkazuvchanlikni oshiradi va u donorli

aralashma deyiladi. Elektronli o'tkazuvchanlik n – o'tkazuvchanlik deyiladi (*negative* – manfiy degan so'zning birinchi harfi).



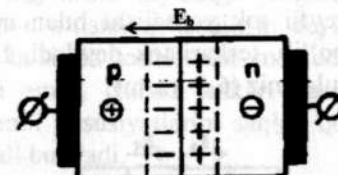
6.2-rasm. Aralashmali yarim o'tkazgichning kristall panjarasyi: a) donorli aralashma bilan; b) akseptorli aralashma bilan.

Agar germaniyga uch valentli indiy qo'shilsa, uning uchta elektroni germaniyning uchta atomi bilan kovalent bog'lanish hosil qiladi. To'rtinchi bog'lanishni hosil qilish uchun germaniyning qo'shni atomidan elektron olinadi. Natijada germaniy atomlarida teshiklar paydo bo'ladi (6.2. b-rasm). Shunday qilib, uch valentli aralashma bilan boyitilgan germaniy teshikli o'tkazuvchanlikka ega bo'lib qoladi. Teshikli o'tkazuvchanlik p – o'tkazuvchanlik deyiladi (*positive* – musbat degan so'zning birinchi harfi). Teshikli o'tkazuvchanlikni hosil qiladigan aralashmaga *akseptorli aralashma* deyiladi. Aralashma qo'shilgan yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligiga *aralashmali elektr o'tkazuvchanlik* deyiladi. Aralashmali yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligini aniqlaydigan zaryad tashuvchilarga asosiy zaryad tashuvchilar deyiladi (elektronlar n – yarimo'tkazgichda, yoki teshiklar p – yarimo'tkazgichda). Teskari ishorali zaryad tashuvchilarga noasosiy zaryad tashuvchilar deyiladi.

6.3. Elektron-teshikli o'tish

Elektron-teshikli o'tishi yarimo'tkazgichli asboblarning asosiy elementidir. U n va p – o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita

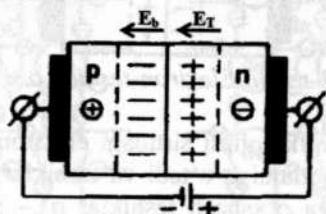
yarimo'tkazgichlarni o'zaro kontaktli ulash natijasida hosil bo'ladi (6.3-rasm).



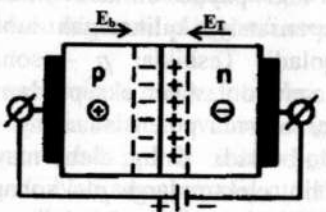
6.3-rasm. Elektron-teshikli o'tish.

n – o'tkazuvchanlik sohasi sirtidagi elektronlarning bir qismi p – o'tkazuvchanlik sirt qatlamiga o'tadi va teshiklar bilan rekombinatsiya qila boshlaydi. Shunga o'xshash teshiklar p – sohadan n – sohaga o'tib, elektronlar bilan rekombinatsiya qila boshlaydi. Shunday qilib, p – n o'tishda diffuziya toki paydo bo'ladi. Elektronlar n – sohadan ketganda, unda kompensatsiya qilinmagan ionlashgan donorlarning musbat zaryadlari qoladi. Teshiklar p – sohadan ketganda unda kompensatsiya qilinmagan ionlashgan akseptorlarning manfiy zaryadlari qoladi. p va n sohalar orasida potentsiallarning ayirmasi hosil bo'lib, potentsiali to'siq paydo bo'ladi. Uning elektr maydoni n – sohadan p – sohaga yo'nalgan bo'lib, elektronlarga p – sohaga va teshiklarga n – sohaga o'tishga to'sqinlik ko'rsatadi. Buning natijasida diffuziya toki kamayadi. Har bir sohada asosiy zaryad tashuvchilardan tashqari, noasosiy zaryad tashuvchilar, ya'ni n – sohada elektronlar bilan birga teshiklar, p – sohada teshiklar bilan birga elektronlar bo'ladi. Ular p – n o'tishning elektr maydon ta'sirida dreyfli tok hosil qiladi. Tashqi elektr maydon yo'qligida dreyfli tok diffuziya toki bilan muvozanatlashadi va p – n – o'tishdan o'tayotgan zaryadlarning yig'indisi nolga teng bo'ladi. Shunday qilib, ikkita yarimo'tkazgich chegarasida zaryad tashuvchilar kam bo'lgani uchun katta qarshilikli qashshoqlashgan qatlam vujudga keladi. Bu qatlam berkituvchi qatlam deyiladi. Tok manbaining qutblarini berkituvchi qatlam qutblariga mos qilib, ya'ni manbaining manfiy qutbini p – o'tkazuvchanlik sohasiga, musbat qutbni n – o'tkazuvchanlik sohasiga ulaymiz (6.4-rasm). Qashshoqlashgan qatlam kengayadi, chunki tashqi kuchlanish ta'sirida zaryadlarning asosiy tashuvchilari p – n – o'tishdan har xil tomonlarga siljiydi. Tashqi kuchlanishning maydoni berkituvchi qatlam maydoni E_b ni kuchaytiradi.

Bunday ulash teskari ulash deyiladi. Buning natijasida berkituvchi qatlam kengayadi, potentsialli to'siq oshib diffuziya tokini kamaytiradi, dreyfli toki esa o'zgarmaydi. $p-n$ o'tishdan o'tayotgan natijaviy tokning yo'nalishi dreyfli tok yo'nalishi bilan mos keladi va uning qiymati juda kichik bo'lib, teskari tok deyiladi. Endi tok manbaining qutblarini almashtirib ulaymiz (6.5- rasm).



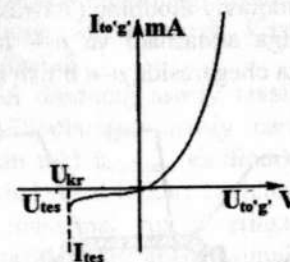
6.4-rasm. Eklektron-teshikli o'tishni teskari yo'nalishda ulash.



6.5-rasm. Elektron-teshikli o'tishni to'g'ri yo'nalishda ulash.

Bundan tashqari, elektr maydoni berkituvchi qatlam maydoniga qarshi yo'nalgan bo'lib, uni zaiflashtiradi. Berkituvchi qatlam torayadi, uning qarshiligi va potentsialli to'siq keskin kamayadi. Potentsialli to'siqning kamayishi diffuziya (to'g'ri) tokining ortishiga va (teskari) dreyfli tokning kamayishiga olib keladi. Natijaviy tokning yo'nalishi diffuziya toki bilan mos keladi. Berkituvchi qatlamni bunday ulash to'g'ri yo'nalishda ulash deyiladi. Yarimo'tkazgichda asosiy tashuvchining konsentratsiyasi noasosiy tashuvchilarning konsentratsiyasiga nisbatan bir necha daraja yuqori bo'ladi. Shuning uchun to'g'ri tok teskari tokdan yuz ming barobar ortadi. Shunday qilib, berkituvchi qatlam ($p-n$ o'tish) to'g'ri yo'nalishda ulanganda tokni o'tkazadi, teskari yo'nalishda ulanganda tokni o'tkazmaydi, ya'ni bir tomonlama o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega bo'lar ekan. $p-n$ o'tishda tokning

qiymati va yo'nalishini kuchlanishning qiymatiga va yo'nalishiga bog'liqligi volt-ampere tavsifi deyiladi (6.6- rasm). Tavsifga qaraganda teskari kuchlanish U_{tes} kritik qiymatga yetganda teskari tok keskin oshadi. Bu rejim $p-n$ o'tishning teshilishi deyiladi. Amalda ikki xil, elektr va issiq tok ta'sirida teshilishlar mavjud. Elektr teshilish $p-n$ o'tish uchun xavfli emas, chunki teskari kuchlanish o'chirilgandan keyin $p-n$ o'tish ventil xususiyatlarini saqlab qoladi. Issiqlik ta'sirida teshilishda esa kristall buziladi.



6.6-rasm. Elektron-teshikli o'tishning volt-ampere tavsifi.

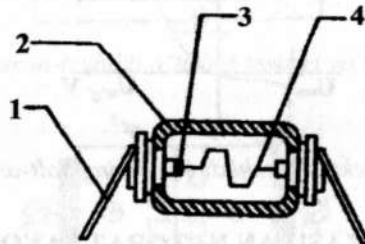
BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Yarim o'tkazgich materiallar qanday xossalarga ega?
2. Yarim o'tkazgich xossalari qanday moddalarni bilasiz?
3. Kovalent bog'lanish deb nimaga aytiladi?
4. Yarim o'tkazgichlarda «teshiklar» qanday hosil bo'ladi?
5. Xususiy elektr o'tkazuvchanlik deb nimaga aytiladi?
6. Elektron-teshikli o'tish deb nimaga aytiladi?
7. Yarim o'tkazgichlarning solio'tirma qarshiligini qanday o'zgartirsa bo'ladi?
8. Aralashmali yarim o'tkazgichlarning o'tkazuvchanligi qanday bo'ladi?
9. Noasosiy zaryad tashuvchilar deb nimaga aytiladi?
10. Qashshoqlashgan zona nima?
11. Teskari kuchlanish deb nimaga aytiladi?
12. Kristallning buzilishi nima natijasida hosil bo'lishi mumkin?
13. Dreyfli tok qanday hosil bo'ladi?
14. Potentsial to'siq deb nimaga aytiladi?

7-BOB. YARIMO‘TKAZGICHLI DIODLAR

7.1. Yarimo‘tkazgichli diod haqida umumiy tushuncha

Ikki yarimo‘tkazgich qatlamga va bitta elektron-teshikli o‘tishga ega bo‘lgan asbobja yarimo‘tkazgichli diod deyiladi. Ular nuqtaviy va yassi bo‘lishi mumkin. Nuqtaviy diodning (7.1-rasm) shisha yoki metall qismining yuzasi kristallga aralashadi va $p-n$ o‘tish hosil bo‘ladi. Kristall va tabletkaga chegarasida $p-n$ o‘tish hosil bo‘ladi.

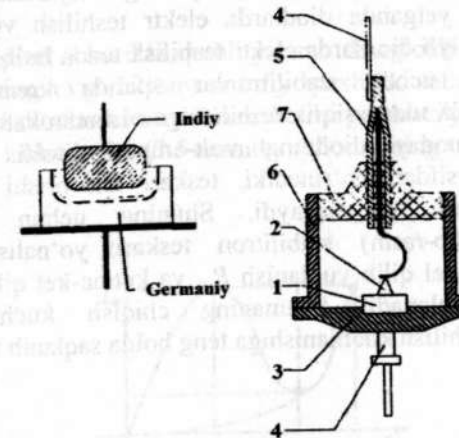


7.1-rasm. Nuqtavny diod: 1. qisma; 2. shishali tanasi; 3. yarimo‘tkazgichli kristalml; 4. prujina.

1 mm² va qalinligi 0,5 mm bo‘lgan germaniyli yoxud kremniyli n -xil kristall mahkamlanadi. Kristallga akseptor aralashma bilan legirlangan po‘latli yoki bronzali nina sanchilib turadi. Asbobni formalash uchun nina va kristall orqali katta tok impulslari o‘tkaziladi. Bunda ninaning uchi eriydi va akseptor aralashmaning bir qismi kristallga aralashadi. Nina atrofida teshikli elektr o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan nuqtaviy soha hosil bo‘ladi. Kristall bilan shu sohaning chegarasida elektron-teshikli o‘tish hosil bo‘ladi. Nuqtaviy diodning maksimal to‘g‘ri toki 16 mA ga, maksimal teskari kuchlanish 50 voltga teng bo‘ladi. $p-n$ o‘tishning yuzasi kichik bo‘lgani uchun diodning elektrodlar orasidagi sig‘imi kichik (taxminan 1 pF ga teng). Yassi diodlar qotishma yoki diffuziya usullari bilan tayyorlanadi: Qotishma usulida donorli yarimo‘tkazgichga akseptorli aralashmaning tabletkasi joylashtiriladi. Tabletkaga pechkada 500⁰S gacha qizitilganda erib

kristallga aralashadi va $p-n$ xil sohani tashkil qiladi. Kristall va tabletkaga chegarasida $p-n$ o‘tish hosil bo‘ladi. Diod diffuziya usuli bilan tayyorlanganda donorli aralashma kristall-gaz akseptorli muhitga (akseptorli aralashma kristall-gaz donorli muhitga) joylashtiriladi va uzoq vaqtgacha berilgan temperaturada yetishtiriladi. Akseptorli aralashmaning molekullari kristall ichiga kirib, kristallning elektr o‘tkazuvchanlikka teskari elektr o‘tkazuvchanlik sohasini hosil qiladi (7.2-rasm). Germaniy kristali kristall tutqichda mahkamlangan va unga pastki qismi payvandlanadi. Yuqoridagi qismasi ichki qisma orqali indiy bilan ulangan. Diodning metall tanasi kristall tutqichi va shishali izolator bilan payvandlanadi.

Volt-ampere tavsifi diodning asosiy tavsifi bo‘lib, $p-n$ o‘tishning tavsifiga o‘xshaydi. Diodlarning asosiy parametrlari; ruxsat etilgan maksimal to‘g‘rilangan toki $I_{to'g'.max}$ va diodda kuchlanishning tushuvi $U_{to'g'.r}$, ruxsat etilgan maksimal teskari kuchlanishi $U_{tes.max}$, va maksimal teskari toki $I_{tes.max}$, maksimal ruxsat etilgan quvvatning sochilishi $P_{soch.max}$ elektrodlar orasidagi sig‘im maksimal ruxsat etilgan chastotasi va ish temperaturasining oralig‘i. Maqsadi bo‘yicha yarimo‘tkazgichli diodlar to‘g‘rilagichli, yuqori chastotali, impulsli, tayanchli (stabilizatorlar) va hokazo diodlarga ajraladi.



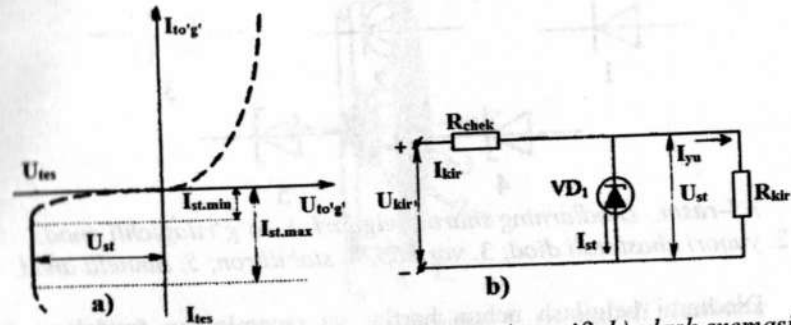
7.2-rasm. Yassi germaniyli diod: 1. germaniy kristali; 2. indiy kristali; 3. kristall tutqich, 4. pastki va tepadagi qismlari; 5. ichki qismi; 6. metall tanasi; 7. shishali izolator.

To'g'rilagichli diodlar o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirish uchun qo'llaniladi. Kichik va o'rtacha quvvatli yassi diodlar radioapparatlarga, avtomatika tizimlari va hisoblash texnikalarini elektr ta'minlash sxemalarida keng ishlatiladi. Katta quvvatli diodlar dastgohlarni va mexanizmlarni harakatga keltiriladigan elektr dvigatellarni o'zgarmas tok bilan ta'minlash uchun ishlatiladi.

Yuqori chastotali diodlar. Yuqori chastotali diodlar tebranishlarni detektorlash va modulyatsiya qilish uchun ishlatiladi. Hozirda bu sohada mikroqotishmali yuqori chastotali yassi xil $p-n$ o'tishli yarimo'tkazgichli diodlar keng qo'llaniladi. Ularda $p-n$ o'tishning yuzasi juda kichik bo'ladi va elektrokimyoviy usul bilan tayyorlanadi. Nuqtaviy diodlarga nisbatan ularda ruxsat berilgan toklar kattaroq va teskari ulashda tavsifi yaxshiroq bo'lar ekan.

Impulsi diodlar. Impulsi diodlar impulsi sxemalarda ishlatiladi. Bu diodlarning asosiy xususiyati shundaki, kuchlanishning qutblari almashtirilganda zaryadlar tashuvchilarning yangidan taqsimlashi juda tez, nanosekundaning o'ndan bir necha ulushlari o'tadi. O'tish jarayonlarini tezlatish uchun elektrodlar orasidagi sig'imni kamaytirishi bilan germaniy va kremniy oltin bilan legirlashtiradi.

Yarimo'tkazgichli stabilitronlar sxemalarda doimiy kuchlanishlarni stabillashtirish uchun qo'llaniladi. Teskari kuchlanish kritik qiymatiga yetganda diodlarda elektr teshilish vujudga kelishi mumkin. Germaniyli diodlarda elektr teshilish tezda issiqlik teshilishiga o'tadi. Shuning uchun stabilitronlar sifatida kremniyli diodlar qo'llaniladi, chunki ular issiqlik teshilishiga nisbatan katta turg'unlikka ega bo'ladi. Bunday diodning volt-ampere tavsifi. 8.3.a-rasmda ko'rsatilgan. Tavsifdan ko'rinadiki, teskari tok ortishi bilan teskari kuchlanish deyarli o'zgarmaydi. Shuning uchun stabilizatsiya sxemalarida (8.3.b-rasm) stabilitron teskari yo'nalishda ulanadi. Stabilitronga parallel qilib yuklanish R_{yu} va ketma-ket qilib cheklovchi qarshilik R_{chek} ulanadi. Sxemaning chiqish kuchlanishi U_{chiq} stabilitronning teshilish kuchlanishiga teng holda saqlanib turadi.

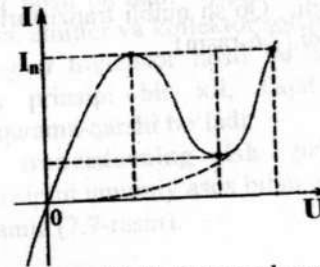


7.3-rasm. Yarim o'tkazgichli stabilitron: a) tavsifi, b) ulash sxemasi.

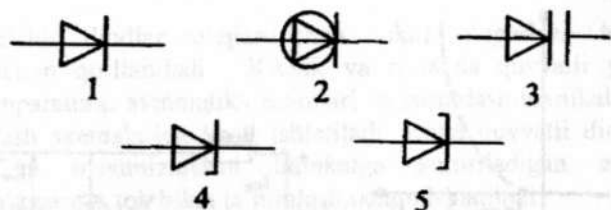
Kirish kuchlanishi U_{kir} ortishi bilan stabilitronning teskari toki va cheklovchi qarshiligida kuchlanishning tushishi ortadi. Kirish kuchlanishining cheklovchi qarshiligidagi kuchlanishning ortimalari (ΔU va $\Delta I \cdot R_{chek}$) o'zaro kompensatsiyalanadi va natijada chiqish kuchlanishi o'zgarmaydi. Stabilizatsiya kuchlanishini ko'paytirish uchun bir necha stabilitronlarni ketma-ket ulash mumkin.

Varikap – bu yarimo'tkazgichli diod bo'lib, sxemalarda elektrli boshqariladigan sig'im sifatida qo'llaniladi. Varikapning ish prinsipi elektrodlar orasidagi sig'imi unga qo'yilgan teskari kuchlanishga bog'liq.

Tunnelli diod – bu ikki qutbli yarimo'tkazgichli diod bo'lib, volt-ampere tavsifining to'g'ri qismi manfiy qarshilik sohasiga egadir (7.4-rasm). Tunnel diodlar elektr tebranishlarni generatsiya va kuchaytirish sxemalarida ishlatiladi (7.5-rasmda diodlarning shartli belgilari keltirilgan).



7.4-rasm. Tunnelli diodning volt-ampere tavsifi.

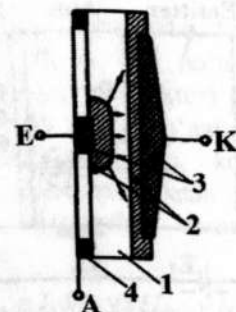


7.5-rasm. Diodlarning shartli belgilari: 1. to'g'rilagichli anod; 2. yuqori chastotali diod; 3. varikap; 4. stabilitron; 5. tunnelli anod.

Diodlarni belgilash uchun harflar va raqamlardan foydalaniladi. Birinchi harf yoki raqam yarimo'tkazgichli asbobning materialini belgilaydi: birinchi raqam yoki *G* harfi germaniyni, ikkinchi raqam yoki *K* harfi kremniyni, uchinchi raqam yoki *A* harf gally arsenidni belgilaydi. Ikkinchi joyda diod vazifasini belgilaydigan harf qo'yiladi: *D* – to'g'rilagichli, *A* – yuqori chastotali diod, *B* – varikap, *C* – stabilitron, *I* – tunnelli diod. Uchinchi element uchta raqamdan iborat bo'lib, u diodning qo'llash sohasini ko'rsatadi; agar raqamlar 101 – 199, 201–299 va 301–399 bo'lsa, bu to'g'rilagichli diodlar va ular to'g'rilaydigan o'rtacha toklar 0,3 amperga, 0,3 dan 10 A gacha 10 A dan ko'proq bo'ladi; agar raqamlar 401–499 bo'lsa, bu yuqori chastotali diodlar bo'ladi; agar raqamlar 501 – 599 bo'lsa, bu impulsli diodlar bo'ladi, agar raqamlar 601 – 699 bo'lsa, bu varikaplar bo'ladi. To'rtinchi element harfdan iborat bo'lib, u asbobning turini ko'rsatadi.

7.2. Qo'sh qutbli tranzistorlar

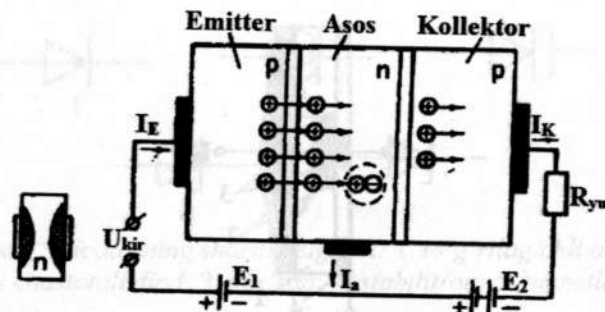
Uchta yarimo'tkazgich qatlamlarga va ikkita o'zaro ta'sir qiladigan elektron-teshikli o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asbobga qo'sh qutbli tranzistor deyiladi. Qo'sh qutbli tranzistorlar germaniydan yoki kremniydan tayyorlanadi (7.6-rasm).



7.6-rasm. Qo'sh qutbli $p-n-p$ tranzistor: 1. germaniyli plastinka; 2. indiy tabletkalari; 3. $P-n$ o'tishlar; E) emitter qismasi; K) kollektor qismasi; A) asos qismasi.

Germaniyli plastinkaga ikki tomondan indiy tabletkalari qotishtirilgan. Indiy germaniy kristalining ichiga kirib ikkita teshikli elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan p – sohalarini tashkil qiladi. Bu sohalar va qolgan germaniy kristali orasida ikkita $p-n$ o'tishlar hosil bo'ladi. $P-n$ o'tishlar orasidagi qolgan ingichka germaniy kristali asos deyiladi. Asosga zaryad tashuvchilarni kiritadigan tashqi sohaga **emitter** deyiladi. Asosdan zaryad tashuvchilarni tortadigan tashqi sohaga **kollektor** deyiladi. $P-n$ o'tishlar o'zaro ta'sirlanish uchun ularning orasidagi asosning qalinligi juda kichik bo'lib, zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunligidan kam bo'lishi kerak (zaryad tashuvchilar rekombinatsiyadan oldin o'tadigan masofaga **diffuzion uzunlik** deyiladi). Hozirda yarimo'tkazgichli asboblarning asos uzunligi bir necha mikrometrga teng. Arap asos sifatida n – germaniy yoki kremniy ishlatilsa, emitter va kollektor sohaları donorli materialdan tayyorlansa, unda $p-n-p$ tranzistor hosil bo'ladi. Arap asos sifatida n – germaniy yoki kremniy ishlatilsa, emitter va kollektor sohaları donorli materialdan tayyorlansa, unda $n-p-n$ tranzistor hosil bo'ladi. $p-n-p$ va $n-p-n$ tranzistorlarning ish prinsipi bir xil, faqat ularga ulangan tok manbaining qutblari qarama-qarshi bo'ladi.

Qo'sh qutbli tranzistorning ish prinsipi. Qo'sh qutbli tranzistorning ish prinsipini umumiy asos bilan ulangan $p-n-p$ tranzistor misolida ko'rib chiqamiz (7.7-rasm).



7.7-rasm. Tranzistorning ish prinsipini tushuitirish sxemasi (chap tomonda tuzilishi).

Emitter-asos zanjirini uzib, kollektor va asos orasiga teskari kuchlanish ulaymiz. Bunda emitter toki $I_E = 0$, kollektor orqali noasosiy zaryadlar tashuvchilari bilan hosil bo'ladigan tok I_K o'tadi. Endi emitter-asos zanjirini tutashtiramiz. Bunda emitter-asos $p-n$ o'tishi to'g'ri yo'nalishda, asos-kollektor $p-n$ o'tishi teskari yo'nalishda ulangan bo'ladi. Emitterdan teshiklar asosga, asosdan elektronlar emitterga qarab o'ta boshlaydi. Emitterda teshiklarning konsentratsiyasi asosda elektronlar konsentratsiyasining to'planishiga nisbatan ancha katta bo'lgani uchun elektronlarning qarshi oqimi ancha kichik bo'ladi. Teshiklarning ozgina qismi elektronlar bilan qayta birikadi. Elektronlarning kamayishi tashqi zanjirlardan asosga kirayotgan yangi elektronlar bilan to'ldiriladi. Bunda asos toki I_a hosil bo'ladi. Teshiklarning ko'pgina qismi E_k manbaining elektr maydon ta'sirida asosdan kollektorga o'tib, kollektor toki I_k ni hosil qiladi. Shunday qilib, tranzistor toklari uchun quyidagi munosabat o'rnatiladi:

$$I_e = I_a + I_k \text{ yoki } I_a = I_e - I_k \quad (7.1)$$

Kollektorda kuchlanish o'zgarmas holda ($U_k = \text{const}$) kollektor va emitter toklar orttirmalarining nisbati tok bo'yicha **kuchaytirish koefitsiyenti** deyiladi.

$$\alpha = K_i = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_a} \text{ bunda } U_k = \text{const.} \quad (7.2)$$

Tranzistor bu usulda ulanganda tok bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti $\alpha = 0,9 \div 0,95$ ga teng bo'ladi. Kirish (asos) tokining o'zgarishlari muvofiq chiqish (kollektor) tokining o'zgarishiga olib keladi. Emitterli $p-n$ o'tish to'g'ri yo'nalishda, kollektorli $p-n$ o'tish teskari yo'nalishda ulangani uchun, kollektorning tokka kirish kuchlanishi chiqish kuchlanishiga nisbatan qattiqroq ta'sir qiladi. TOK va kuchlanishlarning o'zgaruvchan qismlari orasidagi bog'lanish quyidagicha ifodalanadi:

$$U_{kir} = I_e \cdot R_{kir} \text{ va } U_{chiq} = I_k \cdot R_{yu} = \alpha I_e \cdot R_e \quad (7.3)$$

Tok bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti 1 dan kamroq bo'lsa ham kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish koefitsiyentlari K_u va K_r lar katta qiymatlarga erishishi mumkin. To'g'ri ulanishda emitterli o'tishning o'zgaruvchan tokka ko'rsatadigan qarshiligi bir necha o'n Ohmga etadi. Lekin kollektorli o'tishning qarshiligi teskari ulanishda bir necha yuz kOm ga yetadi. Shuning uchun tranzistorning chiqish zanjiriga katta qarshilikli yuklanishni $R_k \gg R_{kir}$ ulash mumkin. Bunda kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti:

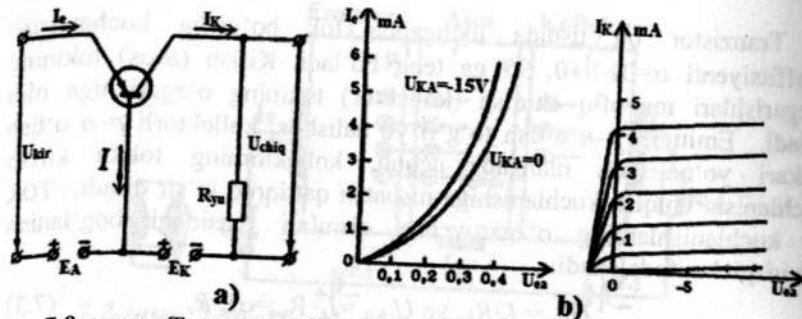
$$K_u = U_{chiq} / U_{kir} = I \cdot R_k / I_e \cdot R_{kir} = \alpha \cdot I_e \cdot R_k / I_e \cdot R_{kir} = \alpha \cdot R_k / R_{kir} \gg 1 \quad (7.4)$$

Quvvat bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti:

$$K_p = P_{chiq} / P_{kir} = I_k^2 \cdot R_k / I_e^2 \cdot R_{kir} = \alpha^2 \cdot R_k / R_{kir} \gg 1 \quad (7.5)$$

7.3. Qo'sh qutbli tranzistorning statik rejimlari

Odatda tranzistorning bitta elektrodi kirish zanjirini, boshqasi chiqish zanjirini tashkil qiladi. Uchinchi elektrodi kirish va chiqish zanjirlari uchun umumiy bo'ladi. Kirish zanjiriga kirish signalining manbai, chiqish zanjiriga esa yuklanishi ulanadi. Qaysi elektrod umumiy bo'lishiga qarab tranzistorlarda umumiy asosi (UA), umumiy emitteri (UE) va umumiy kollektori (UK) bilan ulangan sxemalar ajratiladi. Umumiy asos bilan ulash sxemasini (7.8.a-rasm) biz yuqorida o'rganib chiqqan edik. Bu sxemada tok bo'yicha kuchaytirish bo'lmaydi va uning qiymati $\alpha = 0,9 \div 0,995$ ga teng. Kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirishlar esa bir necha yuzga yetishi mumkin.



7.8-rasm. Tranzstorni umumiy asos bilan ulash sxemasi; a) ulash sxemasi; b) kirish va chiqish tavsiflari.

7.8.b-rasmda umumiy asos bilan ulangan tranzistorning kirish va chiqish oila tavsiflari keltirilgan. Kollektor va asos orasidagi kuchlanish o'zgarmaganida emitter toki emitter bilan asos orasidagi kuchlanishning o'zgarishiga bog'liqligi kirish tavsifi deyiladi:

$$I_e = f(U_{EA}), \text{ bunda } U_{KA} = \text{const}$$

Emitter toki o'zgarmaganida kollektor tokining kollektor bilan asos orasidagi kuchlanishning o'zgarishiga bog'liqligi chiqish tavsifi deyiladi:

$$I_K = f(U_{KA}), \text{ bunda } I_E = \text{const}$$

Tavsifdan ko'rinib turibdi, kollektor-asos kuchlanishining o'zgarishi kollektor tokiga bo'sh ta'sir qiladi. Umumiy emitter bilan sxema 7.9.a-rasmda ko'rsatilgan. Kirish signal manbai asos-emitter zanjiriga, yuklanish R_{yu} va tok manbai emitter-kollektor zanjiriga ulanadi. Umumiy emitter bilan sxemaning kirish qarshiligi umumiy asos bilan sxemaga nisbatan ancha katta – bir necha yuz Omga teng. Bunga sabab sxemaning kirish toki asos toki bo'lib, kollektor va emitter toklaridan ancha kichikdir. Sxemaning chiqish qarshiligi katta: yuz kOm gacha yetadi.

Kollektor kuchlanishi o'zgarmaganida kollektor va asos toklari orttirmalarining nisbati tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlaydi:

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_A}, \text{ bunda } U_{KE} = \text{const}$$

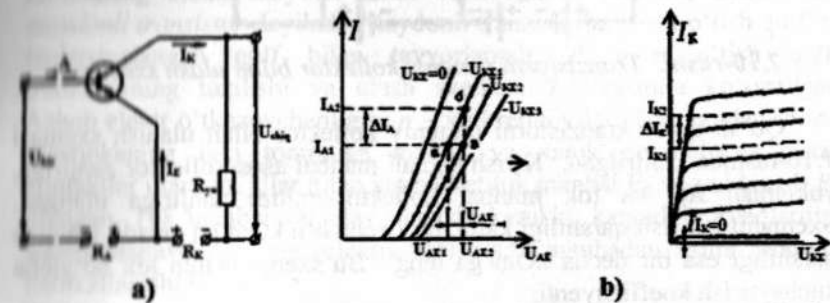
$I_e = (I_K + I_A)$ ni hisobga olib

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E - \Delta I_K} = \frac{\Delta I_K / \Delta I_E}{\frac{\Delta I_E - \Delta I_K}{\Delta I_E}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \quad (7.6)$$

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_u = \frac{\Delta U_{chIQ}}{\Delta U_{kIr}} = \frac{\Delta I_K \cdot R_{yu}}{\Delta I_A \cdot R_{kIr}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha} \cdot \frac{R_{yu}}{R_{kIr}} \quad (7.7)$$

Bunda: α – umumiy asos bilan sxemaning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti, R_{kIr} – umumiy emitter bilan sxemaning kirish qarshiligi, R_{yu} – yuklanish qarshiligi.



7.9-rasm. Tranzstorni umumiy emitter bilan ulash sxemasi; a) ulash sxemasi; b) kirish va chiqish tavsiflari.

Shunday qilib, kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti bir necha yuzga yetishi mumkin, chunki $R_{yu} > R_{kIr}$ qilib olinadi.

Demak, quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K_y = K_i \cdot K_u = \beta \cdot K_i$ bir necha mingga yetishi mumkin. Bunda umumiy asos bilan ulangan sxemaning quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyentiga nisbati ancha katta bo'ladi. Shunga ko'ra, bu sxema kuchaytirgichlarda juda keng qo'llaniladi.

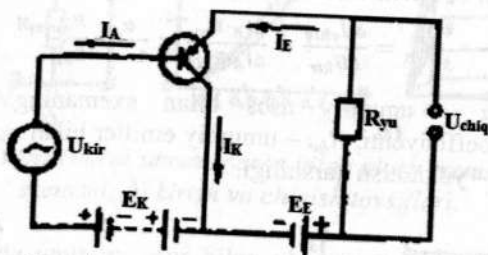
Sxemaning kirish va chiqish tavsiflari 7.9.b-rasmda ko'rsatilgan.

Kollektor-emitter orasidagi kuchlanish o'zgarmaganida asos tokining asoemitter orasidagi kuchlanishining o'zgarishiga bog'liqligi kirish tavsifi deyiladi:

$$I_A = f(U_{AE}) \text{ bunda } U_{KE} = \text{const}$$

Asos toki o'zgarmaganida kollektor tokining kollektor-emitter orasidagi kuchlanishining o'zgarishiga bog'liqligi chiqish tavsifi deyiladi.

$$I_k = f(U_{KE}) \text{ bunda } I_A = \text{const}$$



7.10-rasm. Tranzistorni umumiy kollektor bilan ulash sxemasi.

Qo'sh qutbli tranzistorni umumiy kollektor bilan ulanish sxemasi 7.10-rasmda keltirilgan. Kirish signali manbai asos-kollektor zanjiriga, yuklanish R_{yu} va tok manbai kollektor-emitter zanjiriga ulangan. Sxemaning kirish qarshiligi katta, bir necha o'n kOm ga yetadi. Chiqish qarshiligi esa bir necha kOm ga teng. Bu sxema uchun tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$K_i = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_A} = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_E - \Delta I_K} = \frac{\Delta I_E / \Delta I_E}{\frac{\Delta I_E}{\Delta I_E} - \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E}} = \frac{1}{1 - \alpha} \quad (7.8)$$

Emitterli o'tish to'g'ri yo'nalishda ulanganligi uchun uning qarshiligi kichik bo'ladi va uni hisobga olmasa ham bo'ladi. Shuning uchun kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti:

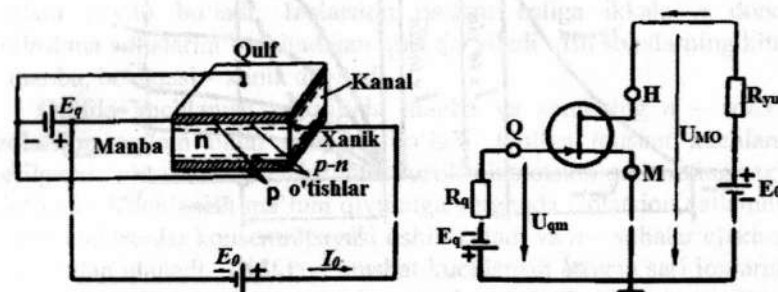
$$K_u = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} \approx \frac{\Delta I_E \cdot R_{yu}}{\Delta I_E \cdot R_{yu}} = 1$$

Shunday qilib, bu sxema kirish signalining kuchlanishini deyarli o'zgartirmaydi va emitterli qaytargich deyiladi. Emitterli qaytargichlar ko'pincha kuchaytirgichlarda kaskadlarni bir-biri bilan moslashtirish uchun qo'llaniladi. Umumiy kollektor bilan ulangan sxemani tekshirish uchun, odatda, umumiy emitger bilan ulangan sxemaning tavsiflaridan foydalaniladi. Qo'sh qutbli tranzistor bajaradigan ishi bo'yicha vakuum lampali triodga o'xshaydi. Lekin ular orasida muhim farq bor: lampali

triad, odatda, boshqaruvchi to'ra tok yo'qligida ishlaydi, tranzistorning boshqaruvchi elektrod-asosdan doimo tok o'tadi.

7.4. Maydonli tranzistorlar

Maydonli va qo'sh qutbli tranzistorlar orasidagi farq shundaki, maydonli tranzistorda hamma jarayonlar elektr maydon yordamida vujudga keladi. Maydonli tranzistorlar bir qutbli yarimo'tkazgichli asboblardan bo'lib, ularda tok o'tishi bo'ylama elektr maydonda boshqariladigan p yoki n xil kanaldan bir xil ishorali zaryadlarning harakati bilan aniqlanadi. Kanaldan o'tayotgan tokning qiymati ko'ndalang elektr maydon bilan boshqariladi. Shuning uchun ham maydonli tranzistor deyiladi. Maydonli tranzistorlar $p-n$ o'tish qulfi va izolatsiyalangan qulf bilan tayyorlanadi. $P-n$ o'tish qulfi, tranzistorning tuzilishi va ulash sxemasi 7.11-rasmda ko'rsatilgan. Asbob elektr o'tkazuvchanligini n - xil kremniyligi plastinkadan iborat. Plastinkaning ikki tomoniga manba va xanik deyiladigan metall kontaktlar ulangan. Ular bilan ketma-ket tok manbai E_0 va yuklanish R_{yu} ulangan. Tok manbai shunday ulanishi kerakki, kanalda zaryadlarning asosiy tashuvchilarining (elektronlar) oqimi manbadan xanik tomonga harakatlanishi kerak.



7.11-rasm. Qulfi $p-n$ o'tishli maydon tranzistorining tuzilishi va ulash sxemasi

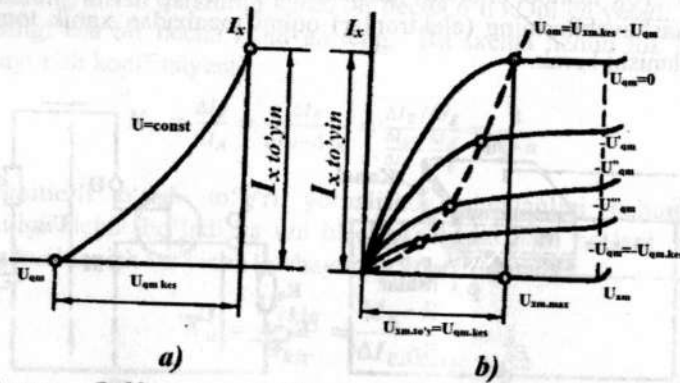
Plastinkaning boshqa tomonlariga akseptorli aralashmalar kiritilgan. Bunda plastinkaning bu tomonlari yarimo'tkazgichning p - sohalariga aylanadi. Bir-biri bilan ulanib ular qulf deyiladigan elektrodni tashkil qiladi. Qulfdagi kuchlanish ko'ndalang elektr

maydonni hosil qiladi. Bu kuchlanish o'zgartirilsa o'tishlar kengayishi yoki torayishi mumkin. Bunda kanalning qarshiligi va undan o'tayotgan tokning qiymati o'zgaradi. Qulfdagi kuchlanish $U_q = 0$ bo'lganda, xanikning toki I_x maksimal qiymatiga ega bo'ladi (bu tok to'yinish toki ham deyiladi), chunki bunda kanalning kesimi maksimal bo'ladi. Qulfnig teskari kuchlanishi U_{qm} oshgan sari $p-n$ o'tishlar kengayadi, kanalning kesimi esa kamayadi. Natijada xanikning toki kamayadi. Qulfnig kuchlanishi yopilish qiymatiga yetganda kanalning kesimi va undan o'tayotgan tok 0 ga yetadi. Bunda manba va xanik bir biridan izolatsiyalangan bo'ladi. Ko'rib chiqilgan jarayonlar tranzistorning kirish tavsifida ko'rsatilgan (7.12.a- rasm):

$$I_0 = f(U_q) \text{ bunda } U_{om} = \text{const}$$

U_{om} – kanalning manba va xanik orasidagi kuchlanishi, I_0 – xanik toki, U_q – qulfdagi kuchlanish.

Qulfdagi kuchlanish o'zgarmaganida xanik tokining qiymati kanalning manba-xanik orasidagi kuchlanishining o'zgarishiga bog'liqligi tranzistorning chiqish tavsifi deyiladi (7.12.b- rasm):

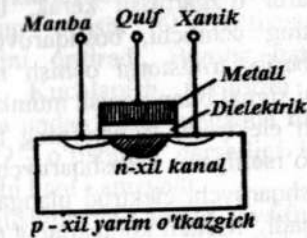


7.12-rasm. Qulfi $p-n$ o'tishli maydonli traiznstorning kirish (a) va chiqish (b) tavsiflari

$$I_x = f(U_{xm}) \text{ bunda } U_q = \text{const}$$

Xanikdagi musbat kuchlanish U_{xm} ortgan sari xanikdagi tok nohiziqli qonun bo'yicha ortadi. Buning sababi shundaki xanikdagi

kuchlanish U_{xm} oshgan sari kanalning kesimi xanikka qarab kamayadi. Kanalning o'tkazuvchanligi kamayib tokning o'sishini sekinlashtiradi. Kuchlanishning qiymati to'yinish qiymatiga yetganda ($U_{xm} = U_{xm \text{ to'yin}}$) xanik butunlay yopiladi va uning toki to'yinish toki $U_{xm \text{ to'yin}}$ qiymatiga etadi va uning o'sishi deyarli to'xtatiladi. Kanalning boshi ochiq qoladi, chunki unda kuchlanish $U_{xm}(0) = 0$ bo'ladi.



7.13-rasm. Izolatsiyalangan qulfi bilan maydonli tranzistor.

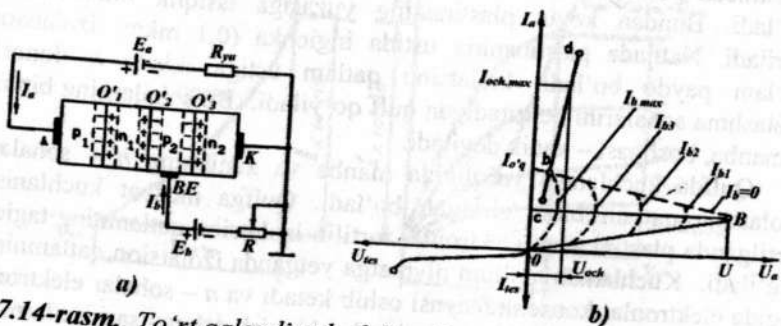
Izolatsiyalangan qulfi bilan maydonli tranzistorning tuzilishi 7.13-rasmda ko'rsatilgan. P – xil yarimo'tkazgichli kremniyli dielektrik plastinada o'zaro kichik masofada donorli n^+ aralashmalar qotishtirilgan bo'ladi. Bundan keyin plastinaning yuzasiga issiqlik bilan ishlov beriladi. Natijada plastinaning ustida ingichka (0,1 mkm) izolatsion qatlam paydo bo'ladi. Izolatsion qatlam ustiga ikkala n donorli aralashma sohalarini berkitadigan qulfi qo'yiladi. Bu sohalarning bittasi – manba, boshqasi – xanik deyiladi.

Qulfdagi kuchlanish yo'qligida manba va xanikning n – sohalari izolatsion qatlam bilan ajralgan bo'ladi. Qulfga musbat kuchlanish berilganda plastinkadan elektronlar tortilib izolatsion qatlamning tagida yig'iladi. Kuchlanish ma'lum qiymatga yetganda izolatsion qatlamning tagida elektronlar konsentratsiyasi oshib ketadi va n – sohalari elektronli kanal bilan ulanadi. Qulfdagi musbat kuchlanish oshgan sari ionlarning o'tkazuvchanligi va undan o'tayotgan tok ortadi. Qulfi izolatsiyalangan maydonli tranzistorlar ko'pincha MDP tranzistor deyiladi (metall-dielektrik yarimo'tkazgich). Maydonli tranzistorlarning kirish qarshiligi katta ($10^{10} - 10^{15}$ Om), xususiy shovqinlari kam bo'lgani uchun elektronikada keng qo'llaniladi.

7.5. Tiristorlar

Uchta $p-n$ o'tishlarga, volt-amper tavsifi manfiy qismga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli asboblarga **tiristor** deyiladi. Tiristorlarning asosiy xususiyati shundaki, ular ochiq va yopiq holatda bo'lishi mumkin. Ikki elektrodli tiristor **dinistor** deyiladi. Dinistorni bir holatdan boshqa holatga o'tkazish uchun elektrodlar orasidagi kuchlanishning qiymatini yoki qutblarni o'zgartirish kerak. Uch elektrodli tiristor **trinistor** deyiladi. Uning uchinchi, boshqaruvchi elektrodga kichik boshqaruvchi signal berib, trinistorni ochish mumkin. Lekin ochiq trinistorni boshqaruvchi signal bilan yopish mumkin emas.

To'rt qatlamli uch elektrodli trinistorning tuzilishi va voltamper tavsifi 7.14-rasmda ko'rsatilgan. Boshqaruvchi signalning ta'sirini kuchaytirish uchun boshqaruvchi elektrod ulangan qatlam boshqalarga nisbatan yupqaroq qilinadi. Metall kontaktlar A (anod) va K (katod) p_1 va n_2 emitterli qatlamlarga ulangan. O'_1 va O'_3 o'tishlar – bu emitterli o'tishlar bo'ladi. O'rtasidagi qatlamlar n_1 va p_2 bu asoslar sohasi bo'ladi. p_2 asosga metall-boshqaruvchi elektrod ulanadi. O'_2 – kollektorli o'tish.



7.14-rasm. To'rt qatlamli uch elektrodli tiristor: a) ulash sxemasi; b) volt-amper tavsifi.

Boshqaruvchi elektrod uzilgan holda anod va katod orasiga doimiy kuchlanish qo'yilsa O'_1 va O'_3 o'tishlar to'g'ri yo'nalishda, O'_2 o'tish esa teskari yo'nalishda ulangan bo'ladi. O'_2 o'tish yopiq bo'lgani uchun uning qarshiligi katta bo'ladi. Tiristorga qo'yilgan kuchlanishning deyarli hammasi unda tushadi. Shuning uchun tiristor yopiq bo'lib,

undan juda kichik tok o'tadi. Kuchlanish ortganda tok ozgina ortadi, chunki O'_2 o'tishning qarshiligi katta bo'lib, tokni cheklantiradi. O'_2 o'tishning qarshiligiga ikki, qarama-qarshi jarayonlar ta'sir qiladi. Birinchidan, teskari kuchlanish ortgan sari O'_2 ning qarshiligi ko'payadi, chunki bunda zaryadlarning asosiy tashuvchilari o'tishdan har xil tomonga ketadi, ya'ni O'_2 o'tishda asosiy zaryad tashuvchilarning soni kamayadi. Ikkinchidan, O'_1 va O'_3 o'tishlarda to'g'ri kuchlanishning ortishi O'_2 o'tishga kelayotgan zaryad tashuvchilarning sonini orttiradi. Buning natijasida O'_2 o'tishning qarshiligi kamayadi. Kuchlanish tiristorini ulash kuchlanishning qiymatigacha yetib va undan biroz oshganda tiristor ochiladi va uning toki keskin o'sadi. O'_2 o'tishning qarshiligi kamaygani uchun unda kuchlanishning tushishi ham kamayadi.

Tiristorning ochilishiga volt-amper tavsifning Oa qismi muvofiq keladi. Tavsifning Bd qismi kremniyli diolning normal volt-amper tavsifiga o'xshaydi. Tok o'sishi bilan kuchlanishning pasayishi tavsifining ab qismida tiristor manfiy qarshilikka ega bo'lishini ko'rsatadi. Tiristorni yopish uchun uning tokini ushlab qolish qiymatigacha (I_{uq}) pasaytirish kerak.

Boshqaruvchi elektrodga musbat kuchlanish berilsa, p_2 qatlamga (asosga) qo'shimcha zaryadlar – elektronlarni kiritish mumkin. Rekombinatsiya hisobida O'_2 o'tishning teshilish kuchlanishi va qarshiligi pasayadi. Bunda tiristorni ochish kuchlanishining qiymati ham pasayadi. Boshqaruvchi tok qancha ko'p bo'lsa, tiristorni ochadigan kuchlanishning qiymati shuncha past bo'ladi. Tiristor 10 mks vaqt davomida ochiladi. Ochilishdan keyin boshqaruvchi elektrod tiristorning ishiga hech qanday ta'sir qila olmagan uchun, tiristorni ochish uchun qisqa muddatli impuls yetarli bo'ladi.

Tiristorning anod va katod elektrodlariga teskari kuchlanish berilsa, O'_1 va O'_3 o'tishlar yopiq bo'lib tiristordan tok o'tkazmaydi, ya'ni tiristor yopiq bo'ladi. Bunda tiristorning va diodning volt-amper tavsiflari teskari qismlari bir-biriga o'xshaydi.

Tiristorlar avtomatik sistemalarda, elektronkada, to'g'rilagichlarda, statik o'zgartirgichlarda qo'llaniladi. Tranzistor va tiristorlarning shartli belgilari 7.15-rasmda ko'rsatilgan. Tranzistorlarni belgilash uchun harflar va raqamlardan foydalaniladi.



7.15-rasm. Traizistor va tiristorlarning shartli belgilari:

1. yorug'lik nurlatuvchi diod; 2. bir tomonlama o'tkazuvchi stabilitron;
3. ikki tomonlama o'tkazuvchi stabilitron; 4. p tipli qutbli transistor; 5. n-kanal bilan boyitilgan qutbli transistor;
6. p-kanal bilan boyitilgan qutbli transistor.

Birinchi harf yoki raqam yarimo'tkazgichli asbobning materialini belgilaydi. 1 raqam yoki G harfi germaniyli, 2-raqam yoki K harfi kremniyni, 3-raqam yoki A harfi galliy arsenidini belgilaydi. 2-bo'lib asbobning turini belgilaydigan harf qo'yiladi; T – qo'sh qutbli tranzistor, P – maydonli tranzistor, I – dinistor, U – trinistor.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Yarimo'tkazgichli diod deb qanday asbobga aytiladi?
2. Nuqtaviy diod qanday tuzilgan?
3. Aktseptor aralashma deb nimaga aytiladi?
4. To'g'rilagichli diodlarning vazifasi nimadan iborat?
5. Tebranihlarni modulyatsiya qilish uchun qanday diodlar ishlatiladi?
6. Impulsli diodlar nima uchun ishlatiladi?
7. Stabilitronning teskari toki qachon ortadi?
8. Varikapning ish prinsipini tushuntiring
9. Tunnelli diodlar qanday sxemalarda ishlatiladi?
10. Diodlar qanday materiallardan tayyorlanadi?
11. Qo'sh qutbli tranzistorlar qanday materiallardan tayyorlanadi?
12. Emitter va kollektorning vazifasi nimadan iborat?
13. Diffuzion uzunlik deb nimaga aytiladi?
14. Maydonli va qo'sh qutbli tranzistorlar orasidagi farq nimadan iborat?
15. Statik rejim deb nimaga aytiladi?
16. Tiristor deb qanday asbobga aytiladi?

8-BOB. BIOLOGIK VA TIBBIY MAQSADLARDA QO'LLANILADIGAN DATCHIK VA BIOSENSORLAR

Biosensor – bu analitik asbob bo'lib, uning vositasida kimyoviy birikmalarni aniqlashda ushbu birikmalarning fermentlar tomonidan katalizatsiya etiluvchi reaksiyalari, immun-kimyoviy reaksiyalar yoki hujayra va to'qimalarda kechadigan reaksiyalar qo'llaniladi. Biosensordlarda biologik tashkil etuvchi fizik-kimyoviy o'zgartirgach bilan uyg'unlashgan bo'ladi.

Biosensordlar uch qismdan iborat bo'ladi:

- Bioselektiv element (biologik material, masalan to'qimalar, mikroorganizmlar, hujayraviy retseptorlar, fermentlar, antitelolar, nuklein kislotalar va boshq.), biologik kelib chiqishga ega material.
- O'zgartirgich (fizik-kimyoviy tamoillarga asoslanib ishlaydi, optik, pezelektrik, elektrokimyoviy va b. bo'lishi mumkin). U tekshiriluvchi moddaning boshqa modda bilan ta'sirlashganda hosil bo'ladigan signalni o'lchash osonroq bo'lgan signalga o'zgartiradi.
- Elektron qism. Bu qism ma'lumotlarni iste'molchiga qulay ko'rinishda etkazilishiga javob beradi.

Eng ko'p qo'llanadigan biosensor – bu qondagi glukozani parchalovchi glyukoksidaza fermenti qo'llaniladigan glukozani aniqlovchi biosensordir. Parchalanish jarayonida ferment avval

8.1. Biodatchiklar. Asosiy tushunchalar va ta'riflar

Biodatchiklarning qo'llanish sohasi asosan biologik obyektlar holatini aniqlash, tibbiyotga, qishloq xo'jaligiga, oziq-ovqat ishlab chiqarishiga kerakli vositalarni ishlab chiqarish bilan bog'liq.

Hozirgi davrda tibbiyotda biodatchiklar bir qator kasalliklarga tashxis qo'yish va davolash jarayonida ularning kechishini nazorat qilishda qo'llaniladi. Biodatchiklar glukozaning organizmdagi miqdorini aniqlashi mumkin. Bunday o'lchashlarning natijalari qand kasalligi bilan og'rigan bemorlar qonidagi insulin miqdorini normal holda ushlab turishga yordam beradi.

Qishloq xo'jaligida biodatchiklar yordamida mahsulot sifatini aniqlashda yordam beradi. Masalan, ismaloq tillakoidlari membranalari asosidagi datchiklar gerbitsidlar konsentratsiyasini aniqlashda qo'llaniladi. Yaponiyada baliq to'qimalaridagi gipotoksinni aniqlaydigan biodatchiklar yaratilgan.

Ekologiyada biodatchiklar oqava suvlar, havo va atrof-muhit parametrlarining kimyoviy tarkibini kuzatishda ishlatiladi.

Biodatchiklar deb asosan, quyidagi vositalarga aytiladi:

A) tekshirilayotgan obyektidagi biologik molekula va zarrachalar miqdorini aniqlovchi vositalar;

B) turli biologik obyektlar va ularning elementlaridan chiqayotgan signallarni o'lchovchi sistemalar;

D) turli moddalar konsentratsiyasi o'zgarishini fermentativ reaksiyalar mahsulotining miqdorini baholash yo'li bilan bilvosita o'lchash vositalari;

Biodatchik deb bir yoki bir necha kirish signallarini qabul qiluvchi va o'lchov signallarini shakllantiruvchi sezgir biologik elementlar va o'lchovchi o'zgartirgichlar uyg'unligiga aytiladi.

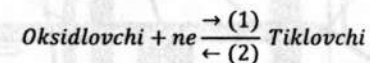
Sezgir biologik element – o'lchov zanjiridagi birinchi biodatchikning bir qismi bo'lib, u kiruvchi signalni qabul qiladi. Sezgir element sifatida organizmlar, to'qimalar, hujayralar, biologik membranalar, fermentlar va ularning tashkiliy qismlari, retseptorlar, antitelolar, nuklein kislotalar, organik molekulalar va boshqa moddalar ishlatiladi.

Biodatchiklarda potentsiometrik, amperometrik, konduktometrik va boshqa zanjirli elektrokimyoviy o'zgartirgichlar keng qo'llaniladi.

Elektrokimyoviy o'zgartirgich tekshiriluvchi muhitga joylashtiriladigan elektr toki o'tkazgichidan iborat. Bunda muhitda mavjud bo'lgan zaryadlangan zarrachalar va elektrokimyoviy o'zgartirgich orasida zaryadlar tashish bilan bog'liq bo'lgan elektrokimyoviy jarayon o'rnatiladi. Muhit-o'zgartirgich chegarasida chiqish elektr signali shakllanadi (tok yoki kuchlanish ko'rinishida).

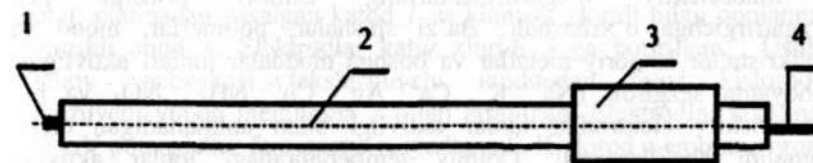
Potentsiometrik chiqishga ega bo'lgan o'zgartirgichning ishlash prinsipi o'lchovchi elektrod va solishtiruvchi elektrod orasida paydo bo'ladigan potentsiallar farqini aniqlashga asoslangan. Solishtiruvchi elektrod o'zi joylashtirilgan muhitga bog'liq bo'lmagan doimiy va aniqlasa bo'ladigan potentsialga egadir. Potentsiallar farqi o'zgartirgich joylashgan elektrolit ionlari aktivligi bilan aniqlanadi. Eritmada

kechayotgan oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari elektronlarning almashinishi bilan kechadi (ne):



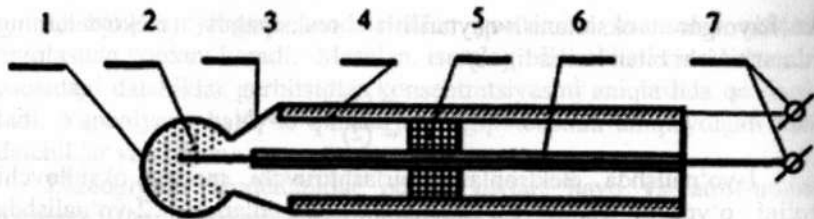
1-yo'nalishda elektronlarni birlashtiruvchi modda oksidlovchi rolini o'ynaydi va qayta tiklanadi. Elektronlarning 2-yo'nalishda berayotgan modda tiklovchi rolini o'ynaydi va oksidlanadi. O'tkazgich va moddalar – oksidlovchi va qaytaruvchi orasidagi eritmaga kimyoviy ta'sirga kirishmaydigan simni joylashtirganda o'tkazgich muvozanatli potentsialga ega bo'lishiga qadar elektronlar ikkita yo'nalishda harakatlanadi.

Odatda, elektrodlar oltin, platina, simob, kumush yoki grafitdan tayyorlanadi (8.1-rasm). Masalan, platinadan yasalgan elektrodlar – 0, 1 V dan +0, 9 V gacha bo'lgan potentsiallarni, oltindan yasalgan elektrodlar esa – 1 dan +0, 3 V gacha bo'lgan potentsiallarni o'lchashda ishlatiladi.



8.1-rasm. Oksidlovchi-qaytariluvchi potentsialni aniqlovchi elektrodning tuzilishi. 1. sezgir element (oltin, platina va b.); 2. shisha korpus; 3. kallak; 4. elektr ulash simlari.

pH ning miqdori eritmalaridagi kislota miqdorini xarakterlaydi va vodorod H^+ ionlarining manfiy logarifmi sifatida aniqlanadi. pH o'tkazgichning ishlash prinsipi quyidagidan iborat. Shishalarning ba'zi turlari elektr tokini kam miqdorda o'tkazadi. Bunday shisha membranasi va suvli eritma orasidagi chegarada paydo bo'ladigan potentsial eritmadagi kislota miqdoriga bog'liq (Nernst tenglamasi). pH-elektrodning tuzilishi 8.2-rasmda tasvirlangan.

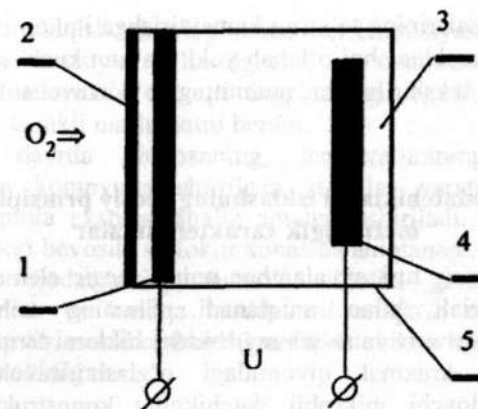


8.2-rasm. pH elektrodning tuzilishi. 1. shisha membrana; 2. eritma; 3. korpus; 4. ekran; 5. vtulka 6. solishtirish elektrodi; 7. elektr ulash simlari.

Sferik shakldagi 1 shisha membranaga yuqori elektr qarshilikka ega shishadan yasalgan trubka-korpus 3 mahkamlangan. Elektrodning ichida kislotani miqdori avvaldan ma'lum bo'lgan 2 eritma bor (odatda $\text{pH}=7$). Unga solishtiruvchi elektrod 6 joylashtirilgan. pH ni o'lchash uchun elektrod tekshiriluvchi eritmaga botiriladi va solishtiruvchi elektrod 6 va ishchi elektrod 1 orasidagi potentsiallar farqi o'lchanadi.

Ionoselektiv o'zgartirgichlarning ishlash prinsipi pH-o'zgartirgichga o'xshashdir. Ba'zi shishalar, polimerlar, mono va polikristallar ishqoriy metallar va boshqa moddalar ionlari aktivligiga nihoyatda sezgirdir (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Ag^+ , Cu^{2+} , NH_4^+ , NO_3^- va b.). Ionoselektiv elektrodlar ionlar aktivligi bilan aniqlanadigan elektr signalini shakllantiradi. Doimiy temperaturadagi ionlar aktivligi aniqlanayotgan ionlar konsentratsiyasi, ularning zaryadi, shuningdek, eritmada mavjud bo'lgan begona ionlarning tabiati va konsentratsiyasiga bog'liq.

Amperometrik o'zgartirgichlarning ishi o'lchov zanjirida elektr tokining o'tishi bilan bog'liq. Odatda, datchikning ikkita elektrodi orasida (metall elektrod va solishtiriluvchi elektrod) potentsiallar farqi hosil qilinadi. Tekshiriluvchi zarrachalar konsentratsiyasi elektrodli zanjirda hosil bo'ladigan tok kuchiga proporsional.



8.3-rasm. Kislorodli elektrod. 1. katod; 2. membrana; 3. elektrolit; 4. anod; 5. korpus.

Amperometrik o'zgartirgichlar ichida «kislorodli elektrod» keng tarqalgan (8.3 rasm). U turli qutblanganlikka ega ikkita elektroddan iborat: platinadan yasalgan katod 1 va kumush xloridi bilan qoplangan kumushli anod 4. Elektrodlar kaliy xloridi 3 ga botirilgan. Ushbu o'lchov yacheykasi tekshiriluvchi moddadan faqat kislorodni o'tkazuvchi yupqa membrana 2 bilan ajratilgan. Elektrodlar taxminan 700 mV potentsiallar farqigacha zaryadlanadi. Kislorod membrana orqali diffuziya bo'ladi va katodda qayta tiklanadi. Ushbu oksidlanish-qaytarilish reaksiyasi tufayli paydo bo'ladigan tok tiklangan kislorod miqdoriga proporsional bo'ladi. Kislorodli elektrodning yana bir xili «yoqilg'i elementi (yacheyka)»dir. Bunday yacheykada katta yuzali elektr o'tkazuvchi material elektrolit va atmosfera havosi orasida joylashgan. Kislorod ta'sirida ushbu materialning aktiv yuzasidan ushbu materialning issiqlik ajralishi bilan kechadigan oksidlanishi kuzatiladi. Havo kislorodi bilan bo'lgan kimyoviy reaksiya natijasida o'lchov yacheykasida katod va anod orasida kuchlanish paydo bo'ladi. Reaksiya juda tez kechadi. Temperaturaviy kompensatsiya yacheyka ichida amalga oshadi.

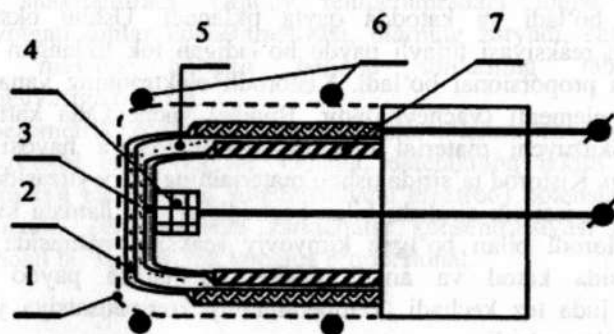
Konduktometrik o'zgartirgichlar kimyoviy jihatdan mustahkam bo'lgan materialdan yasalgan ikkita elektroddan iboratdir. Elektrodarga o'zgaruvchan kuchlanish yoki tok beriladi. O'zgaruvchan kuchlanish yoki tokning qo'llanilishi muhit-elektrod chegarasida

qutblanish hodisalarining ta'sirini kamaytirishga imkon beradi. Ma'lum tok miqdorida kuchlanishni o'lchab yoki ma'lum kuchlanish miqdorida tokni o'lchab, tekshiriluvchi muhitning o'tkazuvchanligini aniqlash mumkin.

8.2. Biodatchiklarni ishlashning asosiy prinsiplari va metrologik xarakteristikalar

Biodatchikning turi avvalambor uning sezgir elementining butun biologik materiali bilan aniqlanadi. Shuning uchun *mikrobl*, *fermentativ*, *hujayraviy* va *to'qimaviy* biodatchiklarni farqlash lozim.

8.4-rasmda kraxmal qiyomidagi o'zlashtiriluvchi shakar miqdorini aniqlovchi mikrobl datchikning konstruksiyasi tasvirlangan. Ushbu datchik bijg'uvchi muhitda shakar miqdorini aniqlashga mo'ljallangan. U maxsus kiritilgan *Brevibacterium lactofermentum* tirik hujayralari va kislorodli elektroddan iborat. Hujayralar bir parcha neylon to'r ustiga joylashtirilgan bo'lib, uning o'lchami 10x10 mm² atrofida bo'ladi va u kislorodli datchikka biriktirilgandir. Shakar miqdori kiritilgan mikroorganizmlarning kislorodni iste'mol qilishiga qarab aniqlanadi. Misol uchun, glukoza konsentratsiyasining oshishi eritmadagi kislorodning yutilishini ko'payishiga olib keladi.



8.4-rasm. Shakarlar biodatchigi (glukoza, fruktoza va saxaroza).
1. sellofan membrana; 2. neylon to'rga o'rnatilgan mikroorganizmlar;
3. geliyli elektrolit; 4. platinali katod; 5. teflon membrana; 6. rezina halqa; 7. kumush anod.

Datchiklar chiqish toki va glukoza konsentratsiyasi (1 mmolgacha), fruktoza konsentratsiyasi (milimolgacha) va saxaroza konsentratsiyasi (0,8 mmgacha) orasida chiziqli bog'lanishga egadir. Biodatchik 10 daqiqa ichida kerakli ma'lumotni beradi.

Hozirgi davrda glukozaning, temperaturaning biodatchiklari joylashtirilgan kompyuterlashtirilgan stendlar yaratilgan. Unda 50 sekund davomida ekspress-analiz amalga oshiriladi. Bemor qonidagi glukoza miqdori bevosita shifokor xonasida aniqlanadi.

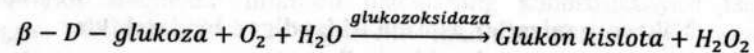
Mikrobl biodatchiklar chumoli, nikotin, glutamat kislotalari, spirtlar, ammiak va boshqa moddalarni aniqlash uchun ishlatiladi. Mikroorganizmlar asosida ishlaydigan biodatchiklar haqida ma'lumotlar 8.1-jadvalda keltirilgan.

8.1-jadval.

Mikroorganizmlar asosida ishlaydigan biodatchiklar haqida ma'lumot

Aniqlanuvchi kattalik (modda)	Mikroorganizm	Ikkilamchi o'lchov o'zgartirgichi	Signal kelish vaqti (barqarorlik)	Aniqlanuvchi konsentratsiyalar diapazoni, mg/l	Nisbiy xatolik, %
Qabul qilinadigan shakarlar	<i>Brevibacterium lactofermentum</i>	O ₂ o'zgartirgich	10 (960 ta o'lchash)	10 ... 200	8
Glukoza	<i>Pseudomonas Fluorencens</i>	O ₂ o'zgartirgich	10 (150 ta o'lchash)	2 ... 20	10
Sirka kislotasi	<i>Trichosporon brassicae</i>	O ₂ o'zgartirgich	10	3 ... 60	10
Etanol	<i>Trichosporon brassicae</i>	O ₂ o'zgartirgich	10 (40 ta o'lchash)	2 ... 25	6
Methanol	Aniqlanmagan bakteriya	O ₂ o'zgartirgich	10	5 ... 20	-
Chumoli kislotasi	<i>Citrobacter freundii</i>	yoqilg'i elementi	30 (20 kun)	10 ... 1000	5 (200 mg/l gacha)
Metan	<i>Methylomonas flogellota</i>	O ₂ o'zgartirgich	2	0 ... 0,6	5
Glutamin kislotasi	<i>Escherichia coli</i>	CO ₂ ionoselektiv o'zgartirgich	5 (20 ta o'lchash)	8 ... 800	4-6
Sefalosporin	<i>Citrobacter freundii</i>	pH o'zgartirgich	10 (7 kun)	100 ... 5000	8

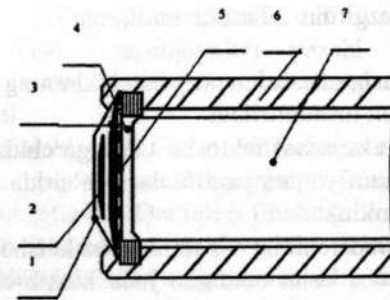
Fermentli biodatchiklarda sezgir element sifatida maxsus biologik katalizator-fermentlar qo'llanilib, ular substrat (ferment tomonidan kimyoviy modifikatsiyasi kataliz bo'luvchi modda) bilan amalga oshadigan biokimyoviy reaksiyaning yuqori tezligini va o'ziga xosligini ta'minlaydi. Bunday datchik tarkibiga ferment kiritilgan membrana va ikkilamchi o'lchovchi o'zgartirgich (amperometrik, potentsiometrik va h. k.) kiradi. Membrananing bir tomoni tekshiriluvchi muhit bilan kontaktda bo'lsa, boshqa tomoni ikkilamchi o'lchovchi o'zgartirgichning ishchi kamerasi bilan kontaktda bo'ladi. Masalan, glukoza miqdorini aniqlash uchun membranaga glyukozoksidaza fermenti surtilgan bo'lsin. Uning ta'sirida tekshirilayotgan glukoza ning oksidlanishi amalga oshadi:



Ajrab chiqadigan vodorod peroksidi anod-membrana chegarasida quyidagi reaksiyaga binoan oksidlanadi: $\text{N}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{N}^+ + 2\text{e}$. Bunda hosil bo'ladigan tok oksidlangan vodorod peroksidiga proporsional bo'lib, tekshiriluvchi muhitdagi glukoza konsentratsiyasi haqida ma'lumot beradi.

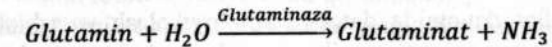
To'qimali biodatchiklarda o'simlik va hayvonlar to'qimalari qo'llaniladi: barglar, gullar, mevalar, quyon mushaklari, buqa jigari. To'qimalarda bir necha xil fermentlar borligi sababli signallarni ajratish choralari ko'riladi. Masalan, pH yoki temperaturaviy rejim tanlanadi. Ba'zi hollarda bu bitta datchikning bir necha kattaliklarni qabul qilish imkoniyatini beradi. Baqlajon, kartoshka, qovoq, banan, qand lavlagi to'qimalaridan yasalgan datchiklar mavjud.

8.5-rasmda glutaminni aniqlovchi hayvon to'qimasidan yasalgan biodatchik konstruksiyasi tasvirlangan. glutamin konsentratsiyasi tibbiyotda diagnostik kriteriy (Rey kriteriyasi) bo'lib xizmat qiladi. Bunday datchikda cho'chqa buyragi korteksining yupqa qatlami gazzimon ammiakka sezgir bo'lgan datchik ishchi qismining yuzasiga biriktiriladi.



8.5-rasm. Tirik to'qimali biodatchik. 1. ushlab turuvchi neylon membrana; 2. cho'chqa buyragi to'qimasi; ichki dializ membrana; 4. ichki elektrolit; 5. gaz o'tkazmaydigan teflon membrana; 6. korpus; 7. pH-elektrod.

Buyrak hujayralari reaksiyada katalizator vazifasini o'taydigan glutaminaza fermentining yuqori konsentratsiyasiga ega.



Buyrak to'qimasi 2 matoli neylon to'r 1 yordamida ushlab turiladi. To'r teshiklarining o'lchami 150 mkm atrofida. Gazlarni o'tkazmaydigan membrana 5 ni to'qimaning hujayraviy komponentlari 2 dan himoya qilish uchun to'qima va membrana orasiga yupqa deatsetilselluloza plyonkasi 3 joylashtiriladi. Tekshirilayotgan eritmadan kelayotgan glutamin bilan ta'sirlashish vaqtida glutaminazasi mavjud buyrak to'qimasi ammiak hosil qiladi.

Ammiakning konsentratsiyasini o'lchab, eritmadagi glutaminning miqdori haqida ma'lumot olish mumkin. To'qimali glutamin biodatchiklari o'zining xarakteristikalarini bo'yicha ferment va mikroob biodatchiklardan ustunlikka ega.

O'simliklar mevalarini ularning strukturasi buzmasdan ko'p o'lchamli datchiklar sifatida ishlatish – o'lchov asboblari texnikasidagi yangi istiqbolli yo'nalishlardan biridir. O'simliklarning tashqi muhit omillariga nisbatan sezgirliги o'tgan asrda tadqiqot olib borgan botanik va fiziologlar tomonidan ham ko'p kuzatilgan.

O'simliklar yorug'lik oqimi intensivligining ozgina o'zgarishiga ham ta'sirchandır. Ular radioaktiv nurlanish hamda havo namligining

o'zgarishiga ham sezgirdir. Tashqi omillarga o'simlik urug'lari ham sezgir hisoblanadi.

O'simlik mevasiga asoslangan datchiklarning asosiy afzalligi quyidagi omillar bilan tushuntiriladi:

- Mevalar turli ekstremal faktorlar ta'siriga chidamlidir (ular uzoq vaqt davomida manfiy temperaturalar ta'sirida o'z xossalarini o'zgartirmasligi mumkin).

- Mevalarni biodatchiklar sifatida ishlatishda mikroelektron datchiklar bilan raqobatlasha oladigan juda kichik datchiklar yaratish imkoniyati bor.

- O'lchashlarni amalga oshirish vaqtida ferment va boshqa biologik moddalarni ishlatish jarayoniga nisbatan oddiyroq texnik vositalar kerak bo'ladi.

8.3. Kremniyli mikroelektron texnologiyaning asosiy bosqichlari

Ko'p yillar davomida datchiklarni loyihalash va ishlab chiqarish mashinasozlik va aniq mexanika texnologiyalariga asoslanib kelgan. Ushbu texnologiyalar datchiklarni ishdab chiqarishda konstruktorlarga katta imkoniyatlar bergan. Ko'p hollarda bunday texnologiyalar sir tutilgan. Bu esa datchiklar narxining elektron sxemalar komponentlariga nisbatan keskin oshib ketishiga olib kelgan.

Hozirgi davrda datchiklar ishlab chiqarish hajmining o'sish sur'ati oddiy integral sxemalarni ishlab chiqarishdan ancha yuqoridir. Datchiklarni ishlab chiqarish texnologiyalarining rivojlanishi ularning konstruksiyasi va materiallarni tanlashga ta'sir qilmay qolmadi. Ushbu konstruksiya va materiallar, avvalambor, sezgir kremniy elementlarini mikroelektron ishlab chiqarish texnologiyasi bilan mutanosib bo'lishi darkor.

Kremniyning datchiklarni ishlab chiqarishdagi alohida o'rmini hisobga olgan holda uning xossalari va xarakteristikalarida batafsil to'xtab o'tish lozim.

Hozirgi vaqtda va yaqin kelajakda kremniy mikroelektronikaning asosiy materiali bo'lib qoladi. Bu uning qator ajoyib fizik va kimyoviy xossalari bilan tushuntiriladi. Ulardan quyidagilarini ko'rsatib o'tish mumkin:

1. Kremniy xomashyo sifatida arzon, uni ajratish, tozalash, qayta ishlash va legirlash texnologiyalari yaxshi rivojlangan bo'lib, tayyorlanayotgan stukturalarning yuqori darajadagi kristallografik sifatini ta'minlaydi.

2. Kremniy yaxshi mexanik xususiyatlarga egadir. Yung moduli qiymati jihatidan kremniy po'latga yaqin turadi va kvars, turli shishalardan ancha ustundir. Qattiqligi jihatidan kremniy kvarsiga yaqin turadi va temirdan ikki barobar qattiqroqdir. Kremniy monokristallari po'latga nisbatan uch marotaba ko'p oquvchanlik chegarasiga egadir.

3. Kremniydan tayyorlanadigan asboblarning texnologiyasi legirlovchi aralashmaning ion implantatsiyasi yoki termik diffuziyasi tufayli paydo bo'ladigan yupqa qatlamlarning qo'llanishiga asoslangan. Ushbu usul metallarning kremniy yuzasiga vakuum yordamida o'tkazish usullari bilan uyg'unlikda asboblarning o'lchamini yanada kichiklashtirish imkonini berdi.

4. Kremniydan yasalgan asboblarning strukturasi o'lchami va shaklini yaratish uchun fotolitografiya usuli qo'llaniladi.

5. Kremniyli mikroelektron asboblarning gruppaviy texnologiya bo'yicha ishlab chiqariladi. Bu barcha ishlab chiqarish jarayonlari bir necha yuz alohida kristallar (chiplar) dan tashkil topgan butun kremniy plastinasi uchun amalga oshirilishini anglatadi. Ishlab chiqarishning oxirgi bosqichidagina plastina kristallarga bo'linib, keyin ular alohida asboblarni yig'ishda qo'llaniladi. Bu esa, o'z navbatida, asboblarning narxi pasayishiga olib keladi.

6. Datchiklarni ishlab chiqarishda kremniyning turli xil ta'sirlarga (mexanik, issiqlik, magnit, kimyoviy va elektrik) qarab xossasini o'zgartirishi muhim rol o'ynaydi.

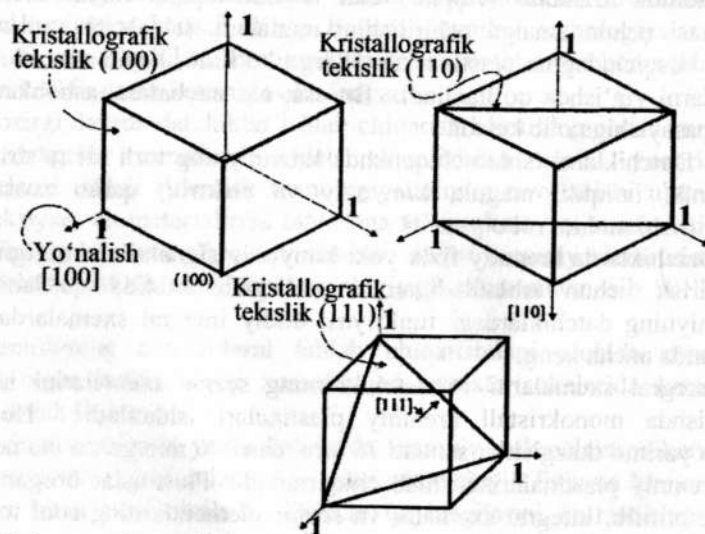
Datchiklarda kremniy fizik yoki kimyoviy signalni elektr signalga aylantirish uchun ishlatiladigan o'zgartirgich sifatida qo'llaniladi. Kremniyning datchiklardagi funksiyasi oddiy integral sxemalardagiga qaraganda ancha keng.

Integral sxemalarni va datchiklarning sezgir sxemalarini ishlab chiqarishda monokristall kremniy plastinalari ishlatiladi. Hozirgi davrda yarimo'tkazgichlar sanoati 76 mm. dan 200 mm.gacha diametrga ega kremniy plastinalarini ishlab chiqarmoqda. Plastinalar borgan sari kattalashtirilib, integral sxemalar va sezgir elementlarning soni tobora ko'paytirilmoqda.

Kremniyni olishda boshlang'ich xomashyo bo'lib toza qum (kvarsit) xizmat qiladi. Qum ko'mir ko'rinishidagi uglerod, koks va yog'och qipig'i bilan elektr yoyli pechga kiritiladi. Kuchli tok ta'sirida aralashmada qator kimyoviy reaksiyalar sodir bo'lib, ular ta'sirida tozaligi 98 foizni tashkil etadigan metallurgik kremniy hosil bo'ladi. Bu jarayon juda katta energiyani talab etadi. Hosil bo'lgan kremniyda kirishmalar juda ko'p bo'ladi. Bir necha tozalash jarayonlaridan so'ng kremniy polikristallari hosil bo'ladi.

Integral sxemalar va datchiklarning sezgir elementlarini ishlab chiqarish uchun monokristall kremniy zarur bo'ladi. Unda atomlar davriy joylashgan bo'ladi. Bundan tashqari, kremniy monokristalli juda kam miqdorda aralashmalarga ega bo'lishi kerak. Bunda kremniyning 10^9 ta atomiga begona atomning ko'pi bilan bitta atomi to'g'ri kelishi kerak.

Odatda, katta o'lchamdagi monokristall kremniy Choxralskiy usuli bilan olinadi. Ushbu usulda birinchi bosqichda polikristall kremniy yuqori chastotali isitish usulida inert kimyoviy tigelda eritiladi. Maxsus ushlagichda zatravka avvaldan ma'lum kristallografik orientatsiyaga ega kremniy monokristalli mahkamlanadi. (8.6-rasm)



8.6-rasm. Kristallografik tekisliklarning sxematik tasvirlanishi

Ikkinchi bosqichda zatravka-kristall eritmaga tekkizilib, so'ngra sekin-asta cho'ziladi. Eritmadagi kremniy atomlari cho'zilayotgan kremniy-zatravkada uning kristallografik strukturasi takrorlab kristallashib boradi. O'stirilayotgan monokristallarining sifatini oshirish uchun zatravkali ushlagich aylantirilib turiladi.

Legirlovchi aralashma sifatida r-tipdagi o'tkazuvchanlikka ega kremniyni olish uchun odatda bor ishlatiladi. Agar n-tipdagi o'tkazuvchanlik olish kerak bo'lsa, fosfor qo'shiladi. Aralashma eritmaga kukun ko'rinishida kiritiladi.

Ba'zi hollarda, masalan yadro nurlantirgichlari datchiklari uchun sof kremniy kerak bo'ladi. Bunday kremniyni olish uchun zonali plavka usuli ishlatiladi. Polikristall kremniy bo'lagi maxsus ushlagichda vertikal ravishda o'rnatiladi. Yuqori chastotali qizdirish yordamida polikremniyli kristallida 1, 5 sm. ga yaqin eritish zonasi hosil bo'ladi. Bu zona zatravka kristallining pastki qismini va polikremniy bo'lagini birlashtiradi. Qurilmaning tuzilishi suyuq zonaning zatravka-kristalldan kremniy bo'lagining qarama-qarshi qirrasiga borib-kelishini ta'minlaydi. Zonaning harakati jarayonida bir vaqtning o'zida monokristallning o'sishi va tozalanishi ta'minlanadi. Chunki ko'p aralashmalarning eruvchanligi suyuq zonada qattiq jismga nisbatan ko'proq bo'ladi. Aralashmalari bor bo'lgan suyuq zona kremniy bo'lagining qirrasiga chiqariladi va qotganidan so'ng ushbu qism kesib olinadi.

8.4. Uglerod oksidini aniqlovchi kimyoviy datchik

Texnologik jarayonlarni nazorat etish va tashqi muhit holatini baholash uchun, tibbiy tekshiruvlarda, yong'in havfsizligi choralarini ko'rishda, shaxtalarda zararli moddalarning konsentratsiyasini aniqlash zarur bo'ladi. Kimyoviy laboratoriyalarning odatdagi asboblari juda katta o'lchamga ega. Bundan tashqari, bunga ko'p vaqt va mablag' talab etiladi. Tekshiruvlarni olib borish uchun yaxshi tayyorgarlik ko'rgan xodimlar zarur. Oxirgi yillarda turli ilmiy-tekshirish laboratoriyalarda fizik-kimyoviy effektlarni qo'llab, modda konsentratsiyasini aniqlaydigan har xil datchiklarni ishlab chiqarish bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. Ushbu yo'nalishdagi rivojlanish mikroelektron texnologiyalarning qo'llanishi tufayli sodir bo'ldi.

Modda konsentratsiyasini aniqlash uchun ishlatish mumkin bo'lgan effektlar orasida yarimo'tkazgich plyonkalarining atmosfera tarkibining o'zgarishida o'tkazuvchanligining o'zgarishiga asoslangan effekt alohida o'rin tutadi. Ushbu effektida tekshirilayotgan moddaning molekulasi yuzada adsorbsiyalanadi va yarimo'tkazgich plyonkasining elektronlari bilan almashinib, uning o'tkazuvchanligini o'zgartiradi. Bunday yarimo'tkazgichlar qatoriga qo'rg'oshin oksidi SnO_2 kiradi.

Qo'rg'oshin oksidi plyonkasining atmosferadagi kimyoviy moddalar konsentratsiyasining o'zgarishiga bo'lgan sezgirligi temperatura o'zgarishi bilan ortadi. Xuddi shunday xususiyatga temir, titan kabi moddalarning oksidlari ham egadir. Qo'rg'oshin oksidi plyonkalarini qo'llash uchun eng qulay hisoblanadi va oson ishlab chiqariladi.

Tajribalarning ko'rsatishicha, ushbu plyonkalarining o'tkazuvchanligi havoda uglerod oksidi (is gazi) borligida quyidagi qonunga binoan o'zgaradi:

$$G = G_0 + k(P_{\text{CO}})^m$$

Bu yerda G_0 - toza havodagi SnO_2 plyonkalarining o'tkazuvchanligi. (CO bo'lmagan holda);

G - plyonkaning CO borligidagi o'tkazuvchanligi;

P_{CO} - uglerod oksidining konsentratsiyasi;

K va m - aniqlanayotgan kimyoviy modda turiga bog'liq miqdoriy parametrlar.

CO konsentratsiyasini o'lchashda eng yaxshi natijalarga SnO_2 plyonkasining temperaturasi 300° atrofida bo'lganida erishiladi. Bu holda uglerod oksidi konsentratsiyasi birlik hajmda milliondan bir ulushda aniqlanadi va $m=0,5$, $k=0,65$.

Qo'rg'oshin oksidi plyonkasidan fotolitografiya usulida rezistor shakllantirilib, uning qarshiligining toza havodagi qarshiligiga nisbatan o'zgarishiga qarab uglerod oksidi konsentratsiyasi haqida xulosa chiqariladi. Mikroelektron texnologiya yordamida kichik o'lchamdagi, kam energiya iste'mol etuvchi, juda sezgir datchiklar ishlab chiqarishga erishilgan.

8.7-rasmda uglerod oksidi datchiki sezgir elementining tuzilishi sxematik tarzda ko'rsatilgan. Sezgir elementining asosini shakli bosim datchigi elastik elementi shakliga o'xshash kremniyli struktura tashkil

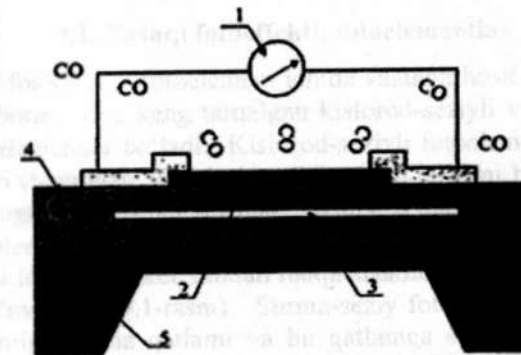
etadi. Qattiqlik halqasi kristallni datchik korpusiga mahkamlash uchun sizmat qiladi. Yupqa qismda(membranada) datchik elektr sxemasining elementlari joylashgan.

Kristall yuzasida termik oksidlash yo'li bilan kremniy oksidi qatlami hosil qilinadi. U elektr zanjiri elementlarini kremniy tagligidan izolatsiya qilish maqsadida ishlatiladi.

Izolatsiyalovchi SiO_2 plyonkasi yuzasiga oltin moddasi changlatish usuli bilan surtiladi. Undan fotolitografiya usuli bilan rezistiv isitgich shakllantiriladi. Isitgich polikristall kremniydan ham yasalishi mumkin.

Keyingi bosqichda kremniy oksidining ikkinchi qatlami surtiladi. Bu holda dielektrik plyonka gaz fazasi yordamida olinadi. Kremniy oksidining ikkinchi qatlami, xuddi birinchisi kabi, elektrik zanjir elementlarini o'zaro izolatsiyalashga mo'ljallangan.

Olingan kremniy oksidi qatlamiga qo'rg'oshin oksidi surtiladi va fotolitografiya usulida fotorezistor shakllantiriladi. Uning yuzasida uglerod oksidi molekullari adsorbsiyasi sodir bo'ladi (xemorezistor).



8.7-rasm. Gaz datchigining sxemasi. 1. o'tkazuvchanlikni o'lchash; 2. SnO_2 ; 3. rezistiv qizdirgich; 4- SiO_2 ; 5-Si.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Biosensolar qanday maqsadlarda ishlatiladi?
2. Biosensor qanday qismlardan iborat bo'ladi?
3. Biosensing elektron qismi nima uchun javob beradi?
4. Biodatchiklar qaysi sohalarda qo'llaniladi?
5. Biodatchiklarda sezgir element sifatida nimalar ishlatiladi?
6. Mikrobl biodatchiklar nima uchun ishlatiladi?
7. Elektrokimyoviy o'zgartirgichlar qanday ishlaydi?
8. Ionosektiv o'zgartirgichlar qanday prinsipda ishlaydi?
9. Ekspress-analizlar qanday amalga oshiriladi?
10. Uglorod oksidini aniqlovchi kimyoviy datchik qanday ishlaydi?
11. To'qimali biodatchiklar qanday ishlaydi?
12. Biodatchiklarda temperaturaviy rejim qanday tanlanadi?
13. Rey kriteriyasi deb nimaga aytiladi?

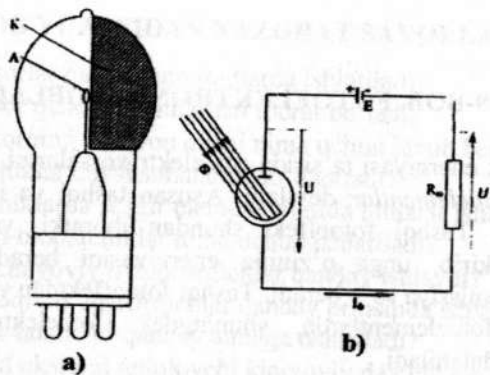
9-BOB. FOTOELEKTRON ASBOBLAR

Yorug'lik energiyasi ta'sirida o'z elektr xossalarini o'zgartiradigan asboblarga *fotoelementlar* deyiladi. Asosan tashqi va ichki fotoeffekt farq qilinadi. Tashqi fotoeffekt shundan iboratki, yorug'lik oqimi fotokatodga kirib, unga o'zining energiyasini beradi va natijada, fotoelektron emissiya ro'y beradi. Tashqi fotoeffektdan vakuumli va gaz to'ldirilgan fotoelementlarda, shuningdek, fotoelektron kuchaytirgichlarda foydalaniladi.

Ichki fotoeffekt shundan iboratki, yorug'lik energiyasi ta'sirida ba'zi yarimo'tkazgichlarning atomlari ionlashadi. Natijada yangi zaryad tashuvchilar (erkin elektronlar va teshiklar) hosil bo'lib, yarimo'tkazgichning o'tkazuvchanligini orttiradi. Ichki fotoeffekt berkituvchi qatlamli fotoelementlarda va fotorezistorlarda foydalaniladi.

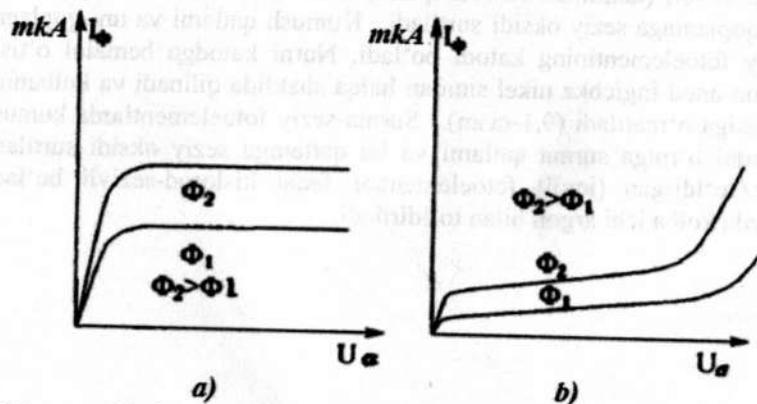
9.1. Tashqi fotoeffektli fotoelementlar

Tashqi fotoeffektli fotoelement ichida vakuum hosil qilingan shisha kolbadan iborat. Eng keng tarqalgan kislorod-seziyli va surma-seziyli tashqi fotoelementlar bo'ladi. Kislorod-seziyli fotoelement kolbasining ichki devori (taxminan 50 foiz qismi) kumush qatlami bilan qoplanadi. Bu qoplamaga seziiy oksidi surtiladi. Kumush qatlami va uni qoplagan seziiy fotoelementining katodi bo'ladi. Nurni katodga bimalol o'tishi uchun anod ingichka nikel simdan halqa shaklida qilinadi va kolbaning o'rtasiga o'rnatiladi (9.1-rasm). Surma-seziy fotoelementlarda kumush qatlami o'rniga surma qatlami va bu qatlamga seziiy oksidi surtiladi. Gaz to'ldirilgan (ionli) fotoelementlar faqat kislorod-seziyli bo'ladi. Ularda kolba ichi argon bilan to'ldiriladi.

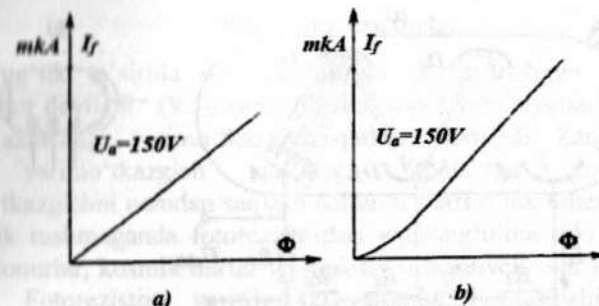


9.1-rasm. Elektroili fotoelement: a) umumiy ko'rinishi (A – anod, K – katod); b) ulash sxemasi

Tok manbai ulanganda fotoelementning anodi va katodi orasida elektr maydoni vujudga keladi. Fotoelementning katodiga yorug'lik oqimi tushsa elektronlar katoddan anodga qarab siljiydi va zanjirda fototok hosil qiladi. Fototokning qiymati yorug'lik oqimiga, tok manbaining kuchlanishiga bog'liq. Yorug'lik oqimi o'zgarmaganida fototokning kuchlanishga bog'liqligi volt-ampere tavsifi deyiladi (9.2-rasm):



9.2-rasm. Tashqi fotoeffektli fotoelementning volt-ampere tavsiflari: a) elektronli fotoelement. b) ionli fotoelement.



9.3-rasm. Tashqi fotoeffektli fotoelementning yorug'lik tavsiflari: a) elektronli fotoelement; b) ionli fotoelement.

$$I_f = f(U_a), \text{ bunda } \Phi = \text{const.}$$

Kuchlanish o'zgarmaganida tokning yorug'lik oqimiga bog'liqligi yorug'lik tavsifi deyiladi (9.3-rasm):

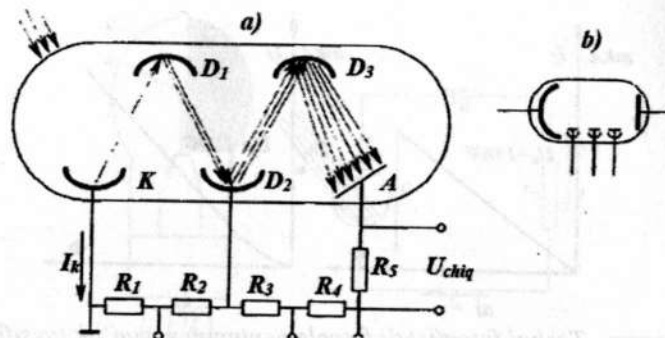
$$I_f = f(\Phi), \text{ bunda } U_a = \text{const.}$$

Ionli fotoelementlarning volt-ampere tavsifi gorizontaal chiziqdan keyin tepaga ko'tariladi, chunki gazning ionlashishi hisobida fototok keskin ko'payadi (9.2. b-rasm).

Ionli fotoelement uchun yorug'lik tavsifi noxiziqli, elektronli fotoelement uchun chiziqli bo'ladi (9.3-rasm), chunki ionli fotoelementda atomlarning ionlashishi hisobida fototok ortadi. Mikroamperlarda ifodalangan fototokning lumen (lm)larda ifodalangan yorug'lik oqimiga nisbati fotoelementning sezgirligi deyiladi:

$$S = \frac{I_f}{\Phi}, \text{ birligi } \frac{\text{mkA}}{\text{lm}}$$

Elektronli fotoelementlar uchun $S = 20 \div 120$ mkA/lm ionli fotoelementlar uchun $S = 150 \div 250$ mkA/lm. Fotoelementlarning sezgirligini orttirish uchun fotoelektron ko'paytirgichlar qo'llaniladi. Fotoelektron ko'paytirgich tashqi fotoeffekt fotoelementi bo'lib, uning fototoki ikkilamchi elektron emissiya hisobiga kuchaytiriladi (9.4-rasm). Katod va anoddan tashqari va bir qator dinod deyiladigan ikkilamchi emitterlar joylashgan. Umuman, bularning soni 10–14 gacha bo'lishi mumkin. Fotoko'paytirgich normal ishlashi uchun qo'shni diodlar orasidagi kuchlanish 50–150 B ga teng bo'lishi kerak.

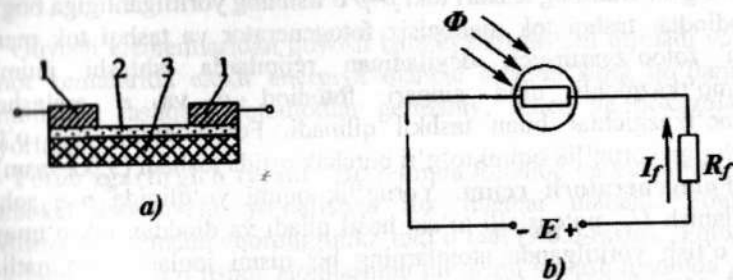


9.4-rasm. Fotoelektron ko'paytirgich: a) - tuzilishi va ulanish sxemasi: K-katod, A-anod, D_1, D_2, D_3 - dinodlar, R-qarshiliklar; b) ko'paytirgichning shartli belgisi.

Nur ta'sirida fotokatoddan chiqqan elektronlar birinchi dinod D_1 ning elektr maydoni bilan tezlashtiriladi va unga urilib, ikkilamchi elektronlarni chiqaradi. Bu elektronlar ikkinchi dinod D_2 ning elektr maydoni bilan tezlashtiriladi va unga urilib, yangi ikkilamchi elektronlarni chiqaradi. Bu jarayon oxirgi dinodning ikkilamchi elektronlar anod A ga yetmaguncha vujudga keladi. Har bir dinod uni bombardimon qilayotgan birlamchi elektronlar sonidan ko'proq elektron chiqaradi. Ikkilamchi elektronlar sonining birlamchi elektronlar soniga nisbati ikkilamchi emissiya koeffitsiyenti σ deyiladi va zamonaviy fotoko'paytirgichlarda u $\sigma=3 \div 8$ ga teng bo'ladi. Shunday qilib, p - ta dinodli fotoko'paytirgichlarda hisoblashli kuchaytirgich koeffitsiyenti $K=\sigma^n=(3 \div 8)^n=10^6 \div 10^7$ ga teng bo'lishi mumkin. Lekin amalda bu koeffitsiyent ancha kichik bo'ladi, chunki ikkilamchi emissiyaning toki dinodlarni o'rab olgan hajmiy manfiy zaryadlar bilan chegaralangan. Fotoko'paytirgichlar yordamida juda kichik, 10^{-9} lm ga teng yorug'lik oqimlarini qayd qilish mumkin. Bundan kichik yorug'lik oqimlarini qayd qilishni qorong'ulik toki chegaralaydi. Yorug'lik bo'lmaganda fotokatodning termoelektron emissiya va dinodlarning elektrostatik emissiya bilan hosil bo'ladigan tokka «qorong'ulik» toki deyiladi. Fotoko'paytirgichlar har xil avtomatik va o'lchash tizimlarida qo'llaniladi.

9.2. Fotorezistorlar

Yorug'lik ta'sirida o'z qarshiligini o'zgartiradigan qarshilikka fotorezistor deyiladi. (9.5-rasm). Shisha, sopol yoki slyudadan qilingan yupqa taxtachaga yarimo'tkazgich qatlami surtiladi. Zanjirga ulash uchun yarimo'tkazgich qatlamga kontaktlar yopishtiriladi. Yarimo'tkazgichni namdan saqlash uchun u shaffof lok bilan qoplanadi. Yorug'lik tushmaganda fotorezistordan «qorong'ulik» toki o'tadi. Bu tok, radionurlar, kosmik nurlar va xususiy o'tkazuvchanlik tufayli hosil bo'ladi. Fotorezistor yoritilganda atomlar ionlashishi hisobiga qo'shimcha erkin elektronlar va teshiklar hosil bo'ladi.



9.5-rasm. Fotorezistor va uni ulash sxemasi: a) tuzilishi: 1. elektrodlar, 2. yarimo'tkazgichli qatlam, 3. dielektrikli asos; b) ulash sxemasi.

Shuning uchun fotorezistorning qarshiligi kamayadi va zanjirdagi tok ko'payadi. Yorug'lik toki bilan «qorong'ulik» toki orasidagi farq fototok deyiladi:

$$I_f = I_{y0} - I_k$$

Bunda: I_f - fototok, I_{y0} - yorug'lik toki, I_k - qorong'ulik toki; Yorug'lik oqimi o'zgarmagan holda fototokning kuchlanishga bog'liqligi volt-ampere tavsifi deyiladi (9.3.b-rasm):

$$I_f = f(U), \text{ bunda } \Phi = \text{const}$$

Kuchlanish o'zgarmagan holda fototokning yorug'lik oqimiga bog'liqligi yorug'lik tavsifi deyiladi (9.4.b-rasm):

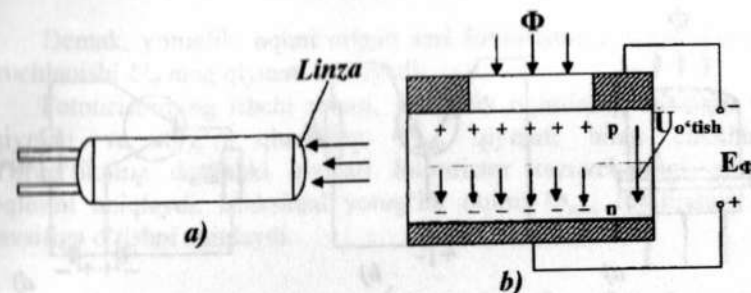
$$I_f = f(\Phi), \text{ bunda } U = \text{const.}$$

Yarimo'tkazgich sifatida fotorezistorlarda oltingugurtli qo'rg'oshin (fotorezistor *FSA*), oltingugurtli kadmiy (fotorezistor *FSK*), selenli kadmiy (fotorezistor *FSD*) ishlatiladi. Fotorezistorlar inertsiyasining kattaligi, yorug'lik tavsifining chiziqli emasligi va qarshiligining temperaturaga bog'liqligi, ularning katta kamchiligi hisoblanadi. Fotorezistorlar sanoatda, elektronikada, avtomatikada, o'lchash texnikasi va boshqa sohalarda keng qo'llaniladi.

9.3. Fotodiod

Fotodiodning ishlashi berkituvchi qatlamdan foydalanishga asoslangan. Ularning teskari toki $p-p$ o'tishning yoritilganligiga bog'liq. Fotodiodlar tashqi tok manbaisiz fotogenerator va tashqi tok manbai bilan foto'zgartirgich deyiladigan rejimlarda ishlashi mumkin. Yarimo'tkazgichli diod singari fotodiod p va n aralashmali yarimo'tkazgichlar bilan tashkil qilinadi. Fotodiodning $p-n$ o'tishi tekisligiga yorug'lik oqimi to'g'ri burchak ostida tushadi (9.6.a-rasm).

Fotogeneratorli rejim. Yorug'lik oqimi yo'qligida $p-n$ sohada kuchlanish $U_{o'}$ potentsialli to'siq hosil qiladi va dioddan tok o'tmaydi. $P-n$ o'tish yoritilganda atomlarning bir qismi ionlanadi va natijada yangi zaryad tashuvchilar – elektronlar va teshiklar hosil bo'ladi. Shuning uchun fotodiodning p va n sohalarida teshiklar va elektronlarning soni ortadi. Potentsialli to'siq kuchlanishi elektr maydon ta'sirida teshiklar p sohaga o'tadi, elektronlar esa n sohada qoladi. Natijada n sohada ortiqcha elektronlar, p sohada ortiqcha teshiklar hosil bo'ladi. Shunday qilib, fotodiodning qisqichlari orasida $E_{f \text{ foto}}$ EYUK hosil bo'ladi. Fotodiodga yuklanish ulanganda zanjirda noasosiy zaryadlar tashuvchilari bilan hosil qilinadigan fototok I_f hosil bo'ladi. Generatorli rejimda ishlaydigan fotodiodlar quyosh energiyasini elektr energiyaga o'zgartiradigan tok manbai sifatida keng ishlatiladi. Ular quyosh elementlari deyiladi va $n - o'tkazuvchanlik$ kremniy aralashgan plastinkadan iborat. Plastinkaning sirtiga vakuumda diffuziyalash yo'li bilan bor aralashmasi kiritilgan va qalinligi 2 mkm p o'tkazuvchanlikli soha hosil qilingan (9.6.b-rasm).



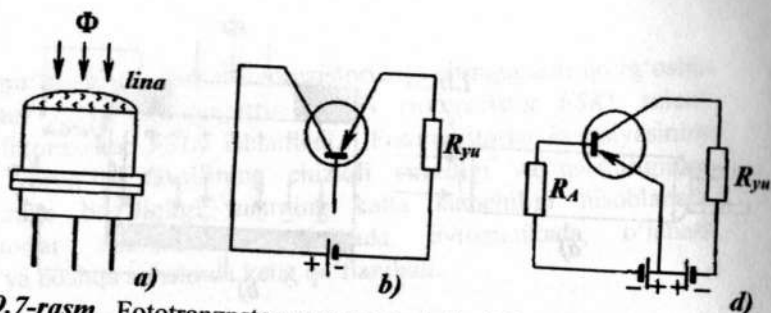
9.6-rasm. Yarimo'tkazgichli fotodiod. a. tashqi ko'rinishi; b. ichki tuzilishi

Quyosh elementlaridan quyosh batareyalari tashkil qilinadi va ular koinot kemalarida elektr energiya manbai sifatida keng qo'llaniladi. Kremniydan tashqari, fotodiodlar germaniy, selen va hokazolardan tayyorlanadi.

Foto'zgartirgich rejimi. Bu rejimda fotodiod va yuklanish bilan ketma-ket bekituvchi yo'nalishga tok manbai ulanadi. Fotodiod yoritilmaganda undan «qorong'ulik» toki o'tadi (9.6.b-rasm). Fotodiod yoritilganda $p-n$ o'tishda atomlarning bir qismi ionlash hisobida yangi elektron va teshiklarni hosil qiladi. Tok manbaining elektr maydoni ta'sirida p va n sohalarining noasosiy tashuvchilari zanjirda tok hosil qiladi.

9.4. Fototranzistor

Fototranzistor uch qatlamli ikki $p-n$ o'tishi bilan yarimo'tkazgichli asbob bo'lib, yorug'lik energiyasi ta'sirida fototokni kuchaytirish xususiyatiga ega bo'ladi. Fototranzistor, odatda, germaniyli yoki kremniyli yassi tranzistor ko'rinishida qilinadi. Yorug'lik oqimi asosga tushishi uchun emitter ingichka va o'lchovlari kichik qilib tayyorlanadi (9.7-rasmda fototranzistorning tashqi ko'rinishi va ulash sxemalari ko'rsatilgan). Yorug'lik ta'sirida asosda elektron va teshiklar hosil bo'ladi. Teshiklar asosning noasosiy zaryad tashuvchilari bo'ladi va E_K manbaining elektr maydoni ta'sirida kollektorli o'tishdan o'tib, fototok I_f ni hosil qiladi. Elektronlar esa potentsialli to'siq kuchlanishini kamaytirib, teshiklarga emitterdan asosga o'tish imkoniyatini yengillashtiradi. Bu esa fototokni ko'paytiradi.



9.7-rasm. Fototranznstor: a) umumiy ko'rniishi; b) izolyasiyalangan asos bilan ulash sxemasi; d) umumiy emittsr bilan ulash sxemasi.

Shuning uchun fototranzistorlarning sezuvchanligi fotodiodlarning sezuvchanligidan ancha katta bo'ladi (0,5 – 1 A/lm ga teng bo'lishi mumkin). 9.7.d, rasmda umumiy emitter bilan ulangan fototranzistor ko'rsatilgan. Asosra berilgan elektr signal yordamida fototranzistorning chiqish tavsifida ishchi nuqtani tanlash mumkin. Fototranzistorlar fototelegraf, fototelefonya va hisoblash texnikasida keng qo'llaniladi.

9.5. Fototiristor

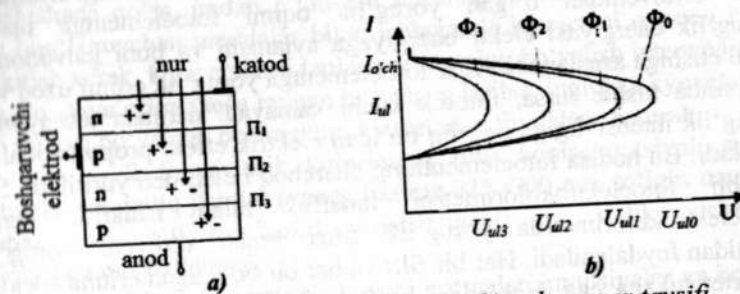
Uch va undan ortiq p-n o'tishga ega bo'lgan nurlanishni fotogalvanik qabul qiluvchi asbobga *fototiristor* deyiladi. Uning volt-ampere tavsifida manfiy differensial qarshilikka ega bo'lgan qismi bor. Yorug'lik va boshqaruvchi tok yo'qligida fototiristor yopiq bo'ladi va undan qorong'ulik toki o'tadi. Yorug'lik ta'sirida fototiristor qatlamlarida elektron-teshikli juftlar hosil bo'ladi (9.8, a, rasm). Yorug'lik nuri asbobning ichiga qancha chuqur kirishi bilan juftlar soni eksponensiallik qonuni bo'yicha kamayadi.

Fototokning yorug'lik oqimiga bog'lanishi *yorug'lik tavsifi* deyiladi (9.8.b, rasm). Fototok I_{ul} (ulanish toki) qiymatiga yetganda fototiristor yopiq holatdan ochiq holatga o'tadi va fototok I_f keskin ravishda o'sadi. Fototiristorni o'chirish uchun uning fototokni $I_{o'ch}$ (o'chirish) qiymatigacha pasaytirish kerak. Chiqish tokining anod kuchlanishiga har xil yorug'lik oqimlarida bog'liqligi fototiristorning volt-ampere tavsifi deyiladi. Bunda:

$$\Phi_3 > \Phi_2 > \Phi_1 > \Phi_0, \text{ va } U_{ul3} < U_{ul2} < U_{ul1} < U_{ul0}$$

Demak, yorug'lik, oqimi ortgan sari fototiristorning ochadigan anod kuchlanishi U_{ul} ning qiymati kamayadi.

Fototiristorning ishchi sohasi, yorug'lik oqimining bo'sag'a Φ_{bo} 's qiymati va to'g'ri qismining Φ_{max} qiymati bilan cheklanadi. Yorug'likning dastlabki qiymati fototiristor sezuvchanligi minimal oqimini aniqlaydi. Maksimal yorug'lik oqimi Φ_{max} fototiristor diod tavsifiga o'tishni aniqlaydi.



9.8-rasm. Fototiristor: a) tuzilishi; b) volt-ampere tavsifi.

Temperatura ortgan sari fototiristorning volt-ampere tavsiflari o'zgaradi, teskari va qorong'ulik toklari ortadi va ulanish kuchlanishi kamayadi. Fototiristorning tanasi oddiy tiristorning tanasiga o'xshaydi. Tanasining bir tomonida yorug'lik o'tadigan darcha qilinadi. Darcha maxsus himoya oynasi bilan berkitiladi. Ba'zi fototiristorlarda yorug'lik oqimini kuchaytirish uchun fokuslovchi linza o'rnatiladi. Boshqa fotogalvanik asboblarga nisbatan fototiristorlar quyidagi afzalliklarga ega:

1. Fotodiod va fototranzistorlarga nisbatan ishchi kuchlanish va toklarning sezuvchanligi bir necha barobar katta bo'ladi.
 2. Kichik kirish quvvati bilan katta chiqish quvvatini boshqarish mumkin.
 3. Fototiristorning tezkorligi fototranzistorning tezkorligiga nisbatan ancha yuqori bo'ladi.
- Fototiristorlarni multivibrator, generator, kuchaytirgich, rele va hokazolarda ishlatish mumkin.

9.6. Fotoelektrokolorimetr (FEK)ning ishlash prinsipi va uning tibbiy tashxis amaliyotidagi ahamiyati

Fotokolorimetriya bo'yalgan eritmalaridagi yorug'likni yutilishini o'lchashga asoslangan. Kolorimetriya usulidan farq qiladigan tomoni shundaki, yorug'likni yutilish intensivligi ko'z bilan emas, balki maxsus asbob – fotoelektrokolorimetr yordamida aniqlanadi. Yorug'likni bo'yalgan eritmadagi yutilishini aniqlash prinsipi kyuvetadagi eritmadan yoki erituvchidan o'tgan yorug'lik oqimi fotoelementga tushib, yorug'lik energiyasi elektr energiyaga aylanishi va buni galvanometr qayd etishiga asoslanadi. Agar fotoelementga yorug'lik oqimi uzoq vaqt davomida tushib tursa, fototok kuchi kamayadi natijada tushayotgan yorug'lik intensivligiga bog'liq bo'lgan elektrik effekt proportsionalligi buziladi. Bu hodisa fotoelementning charchoq holati deb yuritiladi. Shu sababli fotoelektrokolorimetrni tanaffus bilan ishlatish kerak. Fotoelektrokolorimetrda yorug'lik filtri orqali o'tuvchi yorug'lik oqimidan foydalaniladi. Har bir filtr va har bir bo'yalgan eritma spektral xarakteristikaga ega. Eng mosi bo'yalgan eritma eng ko'p yutadigan yorug'lik oqimini filtridan tanlash hisoblanadi (9.1-jadval). Tekshiriluvchi eritmani rangiga qarab filtni tanlash mumkin. Oq yorug'lik oqimining bir qismi eritma tomonidan yutiladi, qolgan qismi undan o'tib, fotopriyomniklariga ta'sir qiladi.

9.1-jadval

Eritma rangiga qo'yilishi kerak bo'lgan yorug'lik filtri

Eritma rangi	Maksimal yorug'lik yutish sohasi, nm	Yorug'lik filtrinining rangi
sariq-yashil	400 – 450	binafsha
sariq	450 – 480	ko'k
qirmizi (olovrang)	480 – 490	yashil-ko'k
qizil	490 – 500	ko'k-yashil
binafsha	500 – 560	yashil
ko'k	575 – 590	sariq
yashil-ko'k	590 – 625	qirmizi (olovrang)

Fotokolorimetrik usul yetarli darajada aniqki, xatolik 3–5 foizni tashkil qiladi. Eng kam xatolik optik zichlikning kattaligi 0,434 bo'lganda kuzatiladi. Optik zichlikning kattaligi 0,30 dan 0,70 gacha

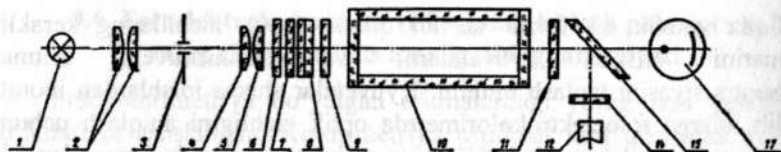
oraliqda xatolik ± 3 foizni tashkil qiladi. Optik zichlikning kerakli qiymatini olishda kyuvetalarni va tekshiriluvchi eritma konsentratsiyasini tanlash muhim. Kyuvetalar shisha idishlardan iborat bo'lib, ularga fotoelektrokolorimetrda optik zichligini aniqlash uchun bo'yalgan eritmalar quyiladi. Ularning qalinligi to'plamda 1 mm. dan 50 mm. gacha bo'ladi. Kyuvetalarni tutqichga joylashtirish va undan olish vaqtida nur o'tadigan sohani qo'l bilan ushlab mumkin emas. Agar qo'l izi shishada qolsa, undan o'tadigan nurning yutilishi o'zgarib ketadi. Tez bug'lanuvchan moddalar bilan ishlaganda kyuvetani qopqoq bilan berkitish kerak. Kyuvetalarni tanlash eritmaning bo'yalish intensivligiga bog'liq. Agar eritma to'q rangga bo'yalgan bo'lsa, ingichka kyuvetadan, och rangga bo'yalgan bo'lsa qalin kyuvetadan foydalanish kerak.

KFK – 2 fotoelektrik kolorimetri turli konsentratsiyali suyuq eritmalar va qattiq jismlar (yorug'likning 315–900 nm. to'lqin uzunligi diapazonida) o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti va optik zichligini aniqlashga mo'ljallangan.

Shuningdek, kolorimetr sochuvchi eritmalar, emulsiyalar va kolloid eritmalarining o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlarini o'lchash imkonini beradi. Kolorimetr suv ta'minoti, metallurgiya, kimyo, oziq-ovqat ishlab chiqarishi, qishloq xo'jaligi, tibbiyot va boshqa sohalarda qo'llaniladi.

Kolorimetr ishlashi uchun quyidagi sharoitlar normal hisoblanadi: tashqi muhit temperaturasi $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, havo namligi 45–80 foiz, foydalaniladigan kuchlanish $(220 \pm 4,4)\text{V}$, chastota 50Gts.

Kolorimetrning optik sxemasi. Kolorimetrning optik sxemasi 9.9-rasmda tasvirlangan. U lampa 1 ning tolasi kondensor 2 bilan diafragma (3) tekisligida tasvirlanadi. Ushbu tasvir 4, 5 obyektiv yordamida obyektivdan 300 mm. masofada turgan tekislikka 10 x kattalashtirish bilan tushiriladi. Tekshirilayotgan suyuqlik solingan kyuveta 10 himoya shishalari 9. 11 orasidagi yorug'lik dastasiga kiritiladi. Spektrning keng qismidan tor qismlarini ajratish uchun kolorimetrda rangli yorug'lik filtrlari 8 o'rnatilgan.



9.9-rasm. FEKning optik sistemasi. 1. lampa, 2. kondensator, 3. diafragma, 4. lampa tolasinig tasvirini hosil qiluvchi linza, 5. obyektiv (linza), 6. issiqlikdan himoya qiluvchi yorug'lik filtri, 7. neytral yorug'lik filtrlari, 8. yorug'lik filtrlari, 10. kyuveta, 9, 11. himoya shishalari, 12. FD-24 K fotodiodi (590–980 nm), 14. rangli shishadan tayyorlangan filtr, 15. yorug'likni ikkiga ajratuvchi plastina, 17. F26 fotoelementi (315–540 nm).

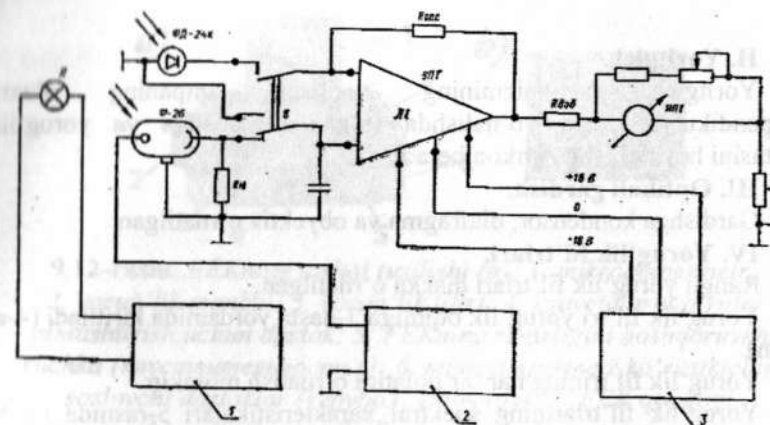
Issiqlikdan himoya qiluvchi yorug'lik filtri 6 yorug'lik dastasiga spektrning ko'rinuvchi sohasida (400–590 nm) ishlash uchun o'rnatilgan. 400–540 nm spektral diapazonda ishlash vaqtida yorug'lik oqimini susaytirish maqsadida neytral yorug'lik filtrlari 7 o'rnatilgan.

Fotopriyomnikla spektrning turli sohalarda ishlaydi: F-26 17 fotoelementi spektrning 315–540 nm; FD-24 K 12 fotodiodi-spektrning 590–980nm sohasida.

Plastina 15 yorug'lik oqimini ikkiga ajratadi: yorug'lik oqimining 10 foiz miqdori FD-24K fotodiodiga va 90 foiz miqdori F-26 fotoelementiga yo'naltiriladi.

FD – 24K fotopriyomnikdan qabul qilinayotgan fototoklarni tekshirish maqsadida turli rangli yorug'lik filtrlari bilan ish ko'riladi. KFK-2 da rangli shishadan yasalgan yorug'lik filtri o'rnatilgan.

Kolorimetrlning elektr sxemasi. Kolorimetrlning elektr sxemasi (9.10-rasm) yorug'lik nurlanishini elektr signallarga aylantiruvchi o'zgartirgichdan (fotopriyomniklarda), doimiy tok o'lchovchi kuchaytirgichidan, kuchlanish stabilizatorlaridan, shuningdek, kuchlanish manbasidan iborat.



9.10-rasm. Kolorimetrlning blok sxemasi
1. 6,3 V kuchlanishli stabilizatori, 2. 62 V kuchlanishli stabilizator,
3. ±18V kuchlanishli stabilizator.

Fotopriyomnik va doimiy tok kuchaytirgichi barcha elementlari optik blokda joylashgan bo'lib, kuchlanish stabilizatorlari transformator bilan kuchlanish blokida joylashgan.

Kolorimetrlning ish printsipini tushintiruvchi blok-sxema 3-rasmda keltirilgan.

F – yorug'lik oqimi tekshiriluvchi suyuqlik orqali o'tib, bir vaqtning o'zida FD-24K va F-26 fotopriyomniklariga ta'sir qiladi. Doimiy tok kuchaytirgichining kirishi fotopriyomniklarning bittasiga ulangan.

Kolorimetrlning asosiy qismlari:

I. Optik blokka quyidagi qismlar kiradi:

- yoritgich;
- optikali gardish;
- yorug'lik filtrlari;
- kyuveta bo'limi;
- kyuveta ushlagich;
- doimiy tok kuchaytirgichiga va boshqarish elementlariga ega fotometrik qurilma;
- qayd etuvchi qism;

II. Yoritgich.

Yoritgich mexanizmining tuzilishi lampaning o'zaro perpendikulyar 3 ta yo'nalishda to'g'ri o'rnatishga va yorug'lik dastasini hosil qilishga imkon beradi

III. Optikali gardish.

Gardishga kondensor, diafragma va obyektiv o'rnatilgan.

IV. Yorug'lik fil'trlari.

Rangli yorug'lik fil'trlari diskka o'rnatilgan.

Yorug'lik fil'tri yorug'lik oqimiga 3-dasta yordamida kiritiladi (4-a, rasm).

Yorug'lik fil'trining har bir holatini o'rnatish mumkin.

Yorug'lik fil'trlarining spektral xarakteristikalari 5-rasmda va 1-jadvalda keltirilgan.

V. Kyuveta ushlagich.

Kyuveta ushlagich 1 ga erituvchi yoki nazorat eritmali kyuvetalar joylashtiriladi va u kyuveta bo'limiga o'rnatiladi.

Kyuvetalar joyining yorug'lik oqimida o'zgarishi 4-dastaning oxirigacha bajarishi bilan amalga oshiriladi.

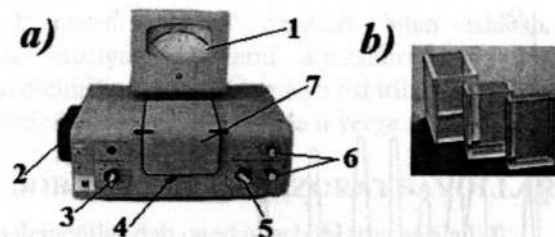
VI. Qayd qiluvchi qurilma.

Qayd qiluvchi qurilma sifatida mikroampermetr M1792 (9.12.a, rasmdagi 1) ishlatiladi.

Uning o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti T_{ni} va optik zichlik D_{ni} aniqlovchi shkalasi mavjud. Mikroampermetr qopqog'ining orqa devorida raqamli voltmetrni ulash uchun maxsus teshiklar mavjud.

Kolorimetrda mikroanaliz o'tkazish uchun har xil kyuvetalar to'plami (9.12.b, rasm) joylashtiriladigan maxsus moslama nazarda tutilgan.

Ulangan fotopriyomniklarda hosil bo'lgan tok o'zgarmas tok kuchaytirgichi yordamida kuchaytirilib, ko'rsatishi tekshiriladigan eritmadan (yoki erituvchidan) o'tadigan yorug'lik oqimiga proporsional bo'lgan mikroampermetr – 1 (9.12. a, rasm) ga uzatiladi.



9.12-rasm. FEKning tashqi tuzilishi (a): 1. mikroampermetr; 2. yorug'lik manbai; 3. yorug'lik filtri; 4. kyuvetalarni o'rnini almashtirish uchun dastak; 5. FEKning segirlicini boshqaruvchi ruchka («чувствительность»); 6. mikroampermetr ko'rsatkichini sozlovchi dastaklar («грубо», «точно»); 7. FEK qopqogi; b) eritmalar quyiladigah maxsus kyuvetalar.

Mikoampermetrning shkalasi o'tkazish koeffitsiyenti va optik zichlik birliklarida darajalangan.

Rangli svetofiltrlar shunday tanlanganki, u eritma o'tkazadigan yorug'lik to'lqin uzunliklarini yutishi lozim. Shunda tekshiriladigan eritma va toza erituvchining optik zichliklari orasidagi farq maksimal bo'ladi.

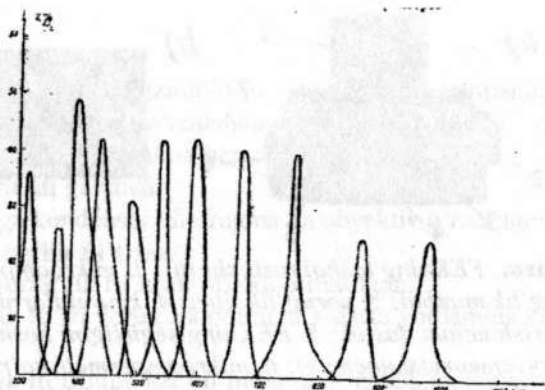
KFK 2 kolorimetri 3 ruchka bilan almashtiriladigan II ta yorug'lik filtriga ega (4-rasm).

Spektrning muayyan sohasida ishlaydigan fotopriyomnik «Чувствительность» 5 -ruchkasi yordamida ulanadi.

Bunda kolorimetrning yuz tomonida qora rangda yozilgan «1», «2», «3» holatlar, qora rangda yozilgan 315, 364, 400, 440, 490, 540 nm li svetofiltrlar qo'llanilganda ishlatiladi. Bu holda fotoelement F-26 ishlaydi.

Qizil rang yozilgan «1», «2», «3» holatlar, qizil rangda yozilgan 590, 670, 750, 870, 980 nm li svetofiltrlar qo'llanilganda ishlatiladi. Bu holda FD – 24 K fotodiodi ishlaydi.

Yorug'lik dastasi yo'lidagi kyuvetalarning almashtirish 4-ruchkani oxirigacha surish yordamida amalga oshiriladi.



9.13-rasm. Yorug'lik fil'trlarining spektral xarakteristikalari.

9.2-jadval

Diskdagi markirovka tartibi	Yorug'lik filtrining markirovkasi	To'lqin uzunligining maksimal o'tkazuvchanligi, nm	O'tkazuvchanlikning kengligi, nm
1	315	315±5	35±15
2	354	354±5	25±10
3	400	400±5	45±10
4	440	440±10	40±10
5	490	490±10	35±10
6	540	540±10	25±10
7	590	590±10	25±10
8	670	670±5	20±5
9	750	750±5	20±5
10	870	870±5	25±5
11	980	980±5	25±5

Kolorimetrdagi ishlashning xavfsizlik choralarini

1. Kolorimetr ishlatiladigan xona toza, chang, kislota va ishqorlardan xoli bo'lishi kerak.
2. Kolorimetr yonida operatorga noqulayliklar yaratadigan jismlar bo'lmasligi kerak.

3. Kolorimetrning tokli qismlari bilan ishlash, lampalarni almashtirish, buzilgan detallarni almashtirishlarda kolorimetr tok manbasidan o'chirilgan holatida amalga oshiriladi.

4. Kolorimetr ishlayotgan vaqtda u yerga ulangan bo'lishi kerak.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Fotoelementlar deb qanday asboblarga aytiladi?
2. Integral sxemalarni ishlab chiqarishda qanday materiallar ishlatiladi?
3. Kremniyni olishda qanday modda xomashyo sifatida ishlatiladi?
4. Uglarod oksidi qanday aniqlanadi?
5. Fotoelementda qachon elektr maydon vujudga keladi?
6. Fotorezistorlar qanday hosil qilinadi?
7. Fotolitografiya usulining mohiyati nimadan iborat?
8. Fotodiodning ishlashi nimaga asoslangan?
9. Termik oksidlash usuli nimadan iborat?
10. Fotogeneratorli rejim qanday hosil qilinadi?
11. Fototok qanday hosil qilinadi?
12. Quyosh batareyalari qanday hosil qilinadi?
13. Fototranzistorlar qanday xususiyatlarga ega?

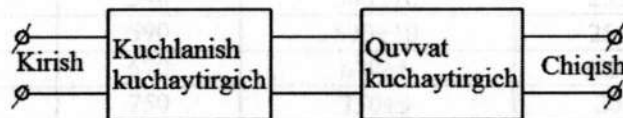
10-BOB. ELEKTRON KUCHAYTIRGICH TURLARI

10.1. Umumiy ma'lumot

Hosil qilingan elektr tebranishlarni kuchaytirish juda muhim texnologik jarayondir. O'zaro aloqada elektrotexnikaning eng muhim masalasi ham shu kuchaytirish jarayoniga bog'liq.

Elektron lampali va tranzistorli kuchaytirgichlarning ishi vakuumli lampalarda boshqaruvchi to'r va tranzistorlarda elektr tebranishlarni kuchaytirish xossasidan foydalanishga asoslangan. Elektron lampali kuchaytirgichlarni o'rganishda, dastavval uch elektrodli elektron lampani ishlash printspini yaxshi o'rganish kerak. Elektr tebranishlarni kuchaytiruvchi qurilma past chastotani kuchaytirgichlar (PChK) deyiladi. Odatda chastotasi 50 Hz dan 12 kHz gacha bo'lgan chastotalar past chastotalar deb qabul qilingan. Ularning blok chizmasi 10.1-rasmda ko'rsatilgan.

Past chastotali kuchaytirgich bir kaskadli yoki ko'p kaskadli bo'ladi. Ularning asosiy vazifasi zanjirdagi kuchlanish va quvvatni kuchaytirishdan iborat. Bunday turdagi kuchaytirgichlarni elektron lampalar, tranzistorlar, magnit elementlar va boshqa integral mikrochizmalar yordamida ko'rish mumkin.



10.1-rasm. Past chastotali kuchaytirgich.

Kuchaytirgich ko'rsatgichlari.

1. Kuchaytirish koeffitsiyenti
2. Kuchaytiriladigan chastota oralig'i
3. Kirish kuchlanishi (sezgirligi)
4. Kuchaytirgichning chiqish quvvati
5. Foydali ish koeffitsiyenti
6. Signalni to'g'ri chiqishi yoki buzilishi

– Kuchaytirish koeffitsiyenti «K» bilan belgilanadi.

$$K = \frac{U_r}{U_k}; K = \frac{I_r}{i_k};$$

bu yerda U_k -Kuchaytirish kirish kuchlanishi (V)

U_r - Kuchaytirish chiqish kuchlanishi (V)

I_r -Kuchaytirish chiqish toki (A)

i_k -Kuchaytirish kirish toki (A)

10.2. Kuchaytirgichlar tavsifi

Avtomatik boshqarish tizimlari, radiotexnika, radiolokatsiya va boshqa tizimlarda kichik quvvatli signallarni kuchaytirgichlardan foydalaniladi.

Kichik quvvatli o'zgaruvchan signalning parametrlarini buzmasdan doimiy kuchlanish manbaining quvvati hisobiga kuchaytirib beruvchi qurilma kuchaytirgich deb ataladi. Kuchaytirgich qurilmasi kuchaytiruvchi elementi, rezistor, kondensator chiqish zanjiridagi doimiy kuchlanish manbai hamda iste'molchidan iborat. Bitta kuchaytiruvchi elementi bo'lgan zanjir *kaskad* deb ataladi. Kuchaytiruvchi element sifatida qanday element ishlatilishiga qarab kuchaytirgichlar elektron, magnitli va boshqa xil turlarga bo'linadi. Ish rejimiga ko'ra ular chiziqli va nochiziqli kuchaytirgichlarga bo'linadi. Chiziqli ish rejimida ishlovchi kuchaytirgichlar kirish signali shaklini uzgartirmasdan kuchaytirib beradi. Chiziqli bo'lmagan ish rejimida ishlovchi kuchaytirgichlarda esa kirish signali ma'lum qiymatga erishganidan so'ng chiqishdagi signal o'zgarmaydi. Chiziqli rejimda ishlaydigan kuchaytirgichlarning asosiy tavsifi, amplituda chastota tavsifi (ACHT)dir. Bu tavsif bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyentini moduli chastotaga qanday bog'liqligini ko'rsatadi. ACHTsigina ko'ra, chiziqli kuchaytirgichlar tovush chastotalar kuchaytirgichi (TChK), quyi chastotalar kuchaytirgichi (QChK), yuqori chastotalar kuchaytirgichi (YuChK), sekin o'zgaruvchan signal kuchaytirgichi yoki o'zgarmas tok kuchaytirgichi (O'TK) va boshqalarga bo'linadi.

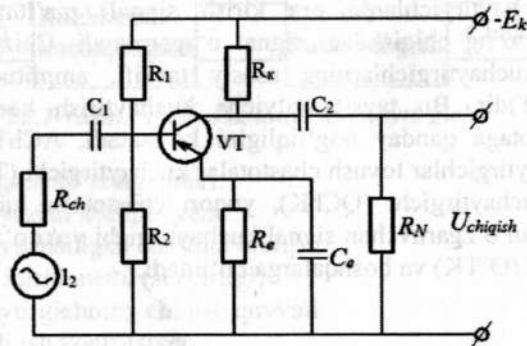
10.3. Tranzistorlarda qurilgan bir kaskadli kuchaytirgichlar

Hozirgi vaqtda keng tarqalgan kuchaytirgichlarda kuchaytiruvchi element sifatida ikki qutbli yoki bir qutbli tranzistorlar ishlatiladi. Kuchaytirish quyidagicha amalga oshiriladi.

Boshqariladigan element (tranzistor)ning kirish zanjiriga kuchlanish (U_{kir}) beriladi va kirish toki (I_{kir}) hosil bo'ladi. Kichik kirish toki chiqish zanjiridagi tokda o'zgaruvchan tashkil etuvchini hamda boshqariladigan elementning chiqish zanjirida kirish zanjiridagi kuchlanishdan ancha katta bo'lgan o'zgaruvchan kuchlanish hosil qiladi. 10.2-rasmda umumiy emitterli (UE) kuchaytirish kaskadining chizmasi hamda kirish va chiqish tavsiflari ko'rsatilgan. Kuchaytirish kaskadlari UE, UB, UK chizmalar bo'yicha yig'iladi. Umumiy kollektorli (UK) chizma tok va quvvat bo'yicha kuchaytirish imkoniyatiga ega, bunda $k \leq 1$. chizmaga asosan, kaskadning yuqori chiqish qarshiligining iste'molini aniqlash lozimdir. Tranzistorli kuchaytirgichning chizmasini ko'rib chiqamiz.

Bu kuchaytirgich tokni ham, kuchlanishni ham kuchaytirish imkoniyatiga ega. Kuchaytirish kaskadining asosiy zanjiri tranzistor (VT); qarshilik R_k va manba E_k dan iborat. Qolgan elementlar yordamchi sifatida ishlatiladi. C_1 kondensator kirish sig'imini o'tkazmaydi, tranzistor bazasi U_b va R_2 qarshilikka bog'liq bo'lmaydi.

Kondensator C_2 iste'molchi zanjiriga chiqish kuchlanishning o'tkazish uchun xizmat qiladi. R_1 va R_2 rezistorlar kuchlanish bo'lib turib kaskadning boshlang'ich holatini ta'minlab beradi.



10.2-rasm. Umumiy emitterli (UE) kuchaytirish kaskadining chizmasi.

Kaskadning chiqish kuchlanishi $U_{chiqish} = i_k \cdot R_u$

Kaskadning kirish kuchlanishi $U_{kir} = i_b \cdot R$

bu yerda R_{kup} -tranzistorning kirish qarshiligi.

Tok $I_u \geq I_{\phi}$ va qarshilik $R_u \geq R_{kup}$ bo'lgani uchun chizmani chiqish joyida kuchlanish ancha katta.

Kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti K_U quyidagicha aniqlanadi:

$$K_U = \frac{U_{chiq, max}}{U_{kir, max}};$$

Yoki garmonik sig'imlar uchun:

$$K_U = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}};$$

Kaskadning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$K_I = \frac{I_{chiq}}{I_{kir}};$$

Kuchaytirgichning quvvat koeffitsiyenti:

$$K_p = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}};$$

P_{chiq} - iste'molchiga beriladigan quvvat.

P_{kir} - kuchaytirishga kiradigan quvvat.

Tranzistorli kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyenti o'ziga mos keladigan parametrga ega.

1. Kuchaytirgichni chiqish quvvati

$$P_{chiq} = \frac{U_{chiq, max}^2}{R_U};$$

2. Kuchaytirgichning foydali ish koeffitsiyenti.

$$\eta = \frac{P_{chiq}}{P_{um}};$$

bu yerda P_{um} – mavjud bo‘lgan barcha manbalarda sarf bo‘lgan quvvat.

3. Kuchaytirgichning dinamik diapazoni.

$$D = 20 \lg \frac{U_{kir,max}}{U_{kir,min}};$$

4. Chastotaning buzilish koeffitsiyenti:

$$\mu(f) = \frac{K_{U_0}}{K_U};$$

5. Chiziqli bo‘lmagan buzilishlar koeffitsiyenti – γ quyidagi ifoda bilan topiladi:

$$\gamma = \frac{U^2 m_{1chiq} + U^2 m_{2chiq} + \dots + U^2 m_{nchiq}}{U m_{chiq}};$$

a) Sifatli kuchaytirgich uchun $\gamma \leq 4$ foiz

b) Telefon aloqalari uchun $\gamma \leq 15$ foiz

Tranzistorli kuchaytirgichlar amplituda, chastota va amplituda-chastota tavsifi bilan baholanadi.

10.4. Kuchaytirgich turlari va ishlash rejimi.

O‘zaro aloqa qilish vositalarida elektromagnit to‘lqinlar turi keng ishlatiladi. Ana shu maqsadlarni amalga oshirish uchun elektr tebranishlarni kuchaytirish, tarqatish, qabul qilish juda muhimdir. Yaqin o‘tmishda bu ishni vakuumli elektron lampalar bajarar edi, hozir elektr tebranishlarni kuchaytirish uchun tranzistorlar keng ishlatiladi. Ishlatish sohasiga qarab kuchaytirgichlar quyidagi turlarga bo‘linadi:

- ✓ o‘zgarmas tok kuchaytirgichi;
- ✓ past chastotali kuchaytirgichlar;
- ✓ keng qamrovli kuchaytirgichlar;

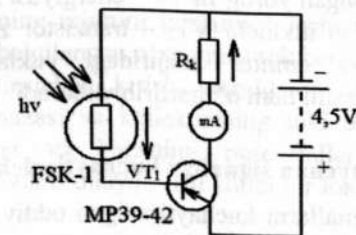
Har bir tur kuchaytirgich ma’lum bir kattalikning parametrlarini kuchaytirib berishga mo‘ljallangan. Kuchaytirgichlarning har birini alohida tahlil qilamiz.

O‘zgarmas tok kuchaytirgichi (O‘TK). Bu kuchaytirgichlar sekin o‘zgaruvchan chastotasi 0 Hz dan 18 Hz gacha signallarni kuchaytirib berishga mo‘ljallangan. Tibbiyot sohasida ishlatiladigan elektr asboblari

va uzatgichlar yordamida kichik signallarni kuchaytirishga hamda amaliy ishlarda fotouzatgich, termouzatgich va shu kabilarni kuchsiz, sezilarsiz signallarni kuchaytiradi. Bu kuchaytirgichlarning yuklamasiga elektromagnit rele, cho‘lg‘amli lampa va elektr o‘lchov asboblari kiradi.

Past chastotali kuchaytirgichlar. Bu kuchaytirgichlar asosan tovush chastotasi 16 Hz dan 20 kHz bo‘lgan tovush signallarni kuchaytiradi. Bu kuchaytirgich radiotexnikada, tovushni kuchaytirish sohalarida keng ishlatiladi. Tovush chastotasini qabul qiluvchi manbalar, mikrofon, magnit kallak (galovka) hamda radio va televideniya qurilmalarini signal kirish joylari (antenna ulanadigan joy). Kuchaytirgichning yuklamasi, radiokarnay, telefon, magnitofon tovushni yozib olish qurilmasi, ossillograf va boshqa elektron qurilmalar.

Keng qamrovli kuchaytirgichlar. Bunday rusumdagi kuchaytirgichlar keng spektrli chastotalarni kuchaytirish uchun mo‘ljallangan. Masalan, ossillograflar yordamida tadqiq etiladigan keng qamrovli signallar, yoki o‘ta yuqori chastota (O‘YuCh diapazon)li signallarni talab etilgan darajada kuchaytirib beradi. Detsimetrl to‘lqinlar barcha televideniya qurilmalarida foydalaniladi. Barcha turdagi kuchaytirgichlarning asosiy tavsifi kuchlanishni, tok kuchini va quvvatni kuchaytirish koeffitsiyenti hisoblanadi. Kuchaytirgichning asosiy elektron qurilmasi bu – tranzistordir. Oddiy o‘zgarmas tok (fototok)ni tranzistor yordamida kuchaytirishni ko‘rib chiqamiz. (10.3-rasm).



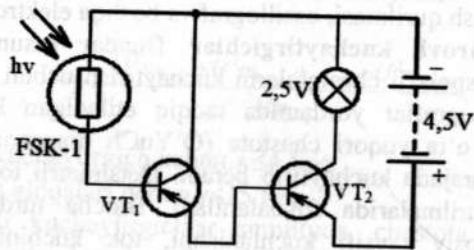
10.3-rasm. Fototokni tranzistor yordamida kuchaytirish.

Fotorezistor FSK – 1 tranzistor bazasiga ulangan. $h\nu$ yorug‘lik energiyasi fotorezistor sirtiga tushganda, rezistor ochiladi va bazaga I_b tok keladi. Tranzistor ishga tushadi. Yorug‘lik energiyasining o‘zgarishi, tranzistor baza tokini o‘zgarishiga, o‘z navbatida kollektor toki I_k ham kuchayadi. Tranzistorni kuchaytirish tartibi ana shunday

jarayonda sodir bo'ladi. Tranzistorning statik koeffitsiyenti – V bazadagi tok bilan o'zaro bog'liqligi quyidagi ifodada ko'rsatilgan.

$$V = \frac{I_k}{I_b} \text{ yoki } I_k = V \cdot I_b$$

Turli xil tranzistorlar qo'llanilishni hisobga olsak ularni statik koeffitsiyenti $V=10$ dan 100 gacha o'zgaradi. Bu koeffitsiyent o'zgaruvchan bo'lib, tranzistor bazasining tokini o'zgarishiga qarab o'zgaradi. Tranzistorning kollektor tokini oshirish zarur bo'lib, boshqa bir tranzistorli kuchaytirgichdan foydalansa bo'ladi.

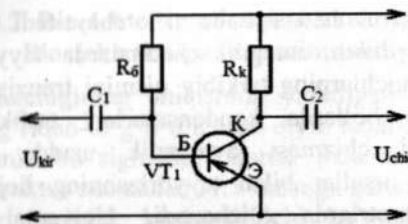


10.4-rasm. Ikki kaskadli kuchaytirgichning sxemasi.

Ikki kaskadli kuchaytirgich (10.4-rasm) ishlash rejimi quyidagicha. VT_1 – tranzistorga tushgan yorug'lik $h\nu$ – energiyasi hisobidan baza toki oshadi, shuni hisobidan ikkinchi VT_2 – tranzistor zanjiridagi tok ham oshadi. Kollektor va emitter zanjiridagi yuklamalar tranzistorli kuchaytirgichning rejimini ham o'zgartirib yuboradi.

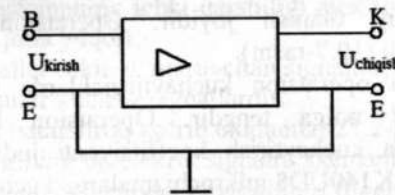
10.5. O'zgaruvchan signallar kuchaytirgichni tanlash

O'zgaruvchan signallarni kuchaytiradigan oddiy kuchaytirgichning chizmasini ko'rib chiqamiz (10.5-rasm).



10.5-rasm. O'zgaruvchan signallarni kuchaytiradigan oddiy kuchaytirgichning chizmasi.

Bunday chizmalar juda ko'p tarqalgan va «umumiy emitter» chizmasi deb yuritiladi. Kuchaytirgichning kirish va chiqish zanjiri ham «umumiy emitter» usulida ulangandir.



10.6-rasm. Kuchaytirgichning sxematik belgilanishi.

B – baza; E – emitter; K – kollektor.

Kuchaytirgichning rejimini ta'minlash uchun yuklama sifatida R_k uchun kollektorga belgilangan o'zgarmas tok beriladi.

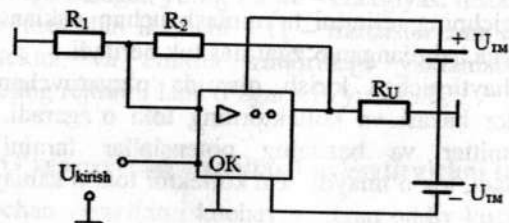
Agar kuchaytirgichga kirish qismida o'zgaruvchan kuchlanish bersak tranzistor bazasi va kollektorning toki o'zgaradi. Agar kirish kuchlanishi emitter va bazaning potentsiallar farqini kamaytirsa tranzistor yopiladi, tok o'tmaydi. Bu kollektor tokini kamaytirishga olib keladi.

10.6. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar

Hozirgi zamon murakkab elektron qurilmalarning tarkibiy qismini ko'p kaskadli kuchaytirgichlar tashkil etadi. Ularni yagona bir zanjirga ulab ishga tushirish juda murakkab jarayondir. Eng mukammal va keng foydalaniladigan universal ko'p kaskadli kuchaytirgichlar ham yaratilgan, ular har xil elektron qurilmalar ichiga o'rnatilgan bo'lib

o'zgaras va o'zgaruvchan signallarni kuchaytiradi. Bunday maxsus texnologik yo'llar bilan, integral chizmalarda tayyorlanadi. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarning tarkibiy qismini tranzistorlar, diodlar va rezistorlar (ayrim hollarda kondensatorlar) tashkil etadi. Zanjir elementlar platasi chizmasi avtomatik usulda tuziladi. Mikro chizmalarni oddiy usullar bilan tayyorlashning iloji yo'q, ularning o'lchamlari millimetrlarda o'lchanadi. Universal ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda operatsion kuchaytirgich faqatgina integral mikrochizmalarda bajariladi va generatsiyalashga keng foydalaniladi. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar radio, televideniya, videomagnitafon va maktab ossillograflariga joylashtirilgandir. Operatsion ko'p kaskadli kuchaytirgichlarni ikkita kirish qismi bo'lib, birinchi kirish joyiga, kirish kuchlanishi va ikkinchi kirish joyiga, R_1 va R_2 bo'linma orqali chiqish kuchlanishini bir qismi beriladi. Tok manbaini o'rta qismi nuqtasidan umumiy ulanish joyidir. Operatsion kuchaytirgichni chizmaga ulash usuli (10.7-rasm).

Ko'p kaskadli operatsion kuchaytirgichlarda kirish signali va kuchlanish deyarli nolga tengdir. Operatsion kuchaytirgichlarni kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti juda yuqori bo'lishi mumkin. Masalan; K140UD8 mikrochizmalarga kuchlanish 50000 teng bo'lishi mumkin. Ayrim hollarda bu katta koeffitsiyentni kamaytirishga to'g'ri keladi, bo'linma qarshiliklar bu ishni bajaradi.



10.7-rasm. Operatsion kuchaytirgichni chizmaga ulash usuli.

Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarni elektronning rivojlanishiga beqiyos ahamiyati katta bo'lib, hozirgi zamon mikroelektr shuning uchun keskin rivojlanib ketdi.

10.7. Bioelektrik signallarni kuchaytirish Bioelektrik signallar monitoringi

Generator datchigining chiqishida yaratilgan bioelektrik signalni yoki signalni to'g'ridan-to'g'ri o'lchash qiyin bajariluvchi masalalardan hisoblanadi, chunki bu signallar, odatda, juda kichik bo'ladi. Mana shuning uchun struktur sxemada (21.1- rasmga qarang) ikkinchi element qilib elektr signallarining kuchaytirgichi ko'rsatilgan (21.1-rasmga qarang).

Aniqlashtirish maqsadida mediko-biologik elektr signallarini kuchaytirish xususiyatlarini bioelektrik signallar misolida ko'rsatib beramiz, ya'ni shunday signallarki, ular biologik obyektlardan elektrodlar yordamida olinadi. Biopotensiallar kuchaytirgichlarining o'ziga xosligi bu har xil ko'rinishidagi elektr tebranishlarining quyidagi asosiy xususiyatlari bilan aniqlanadi;

- 1) biologik sistemaning ichki qarshiligi elektrodlar qarshiligi bilan birgalikda odatda juda yuqori;
- 2) biopotensiallar sekin o'zgaruvchan signallar;
- 3) biopotensiallar kuchsiz signallardir.

Bu savollarni batafsilroq ko'rib chiqamiz. 21.2-paragrafda elektrodlar o'tish qarshiligining bioelektrik signalni sxemaning keyingi elementi orqali olib o'tilishidagi ahamiyati qayd qilib o'tilgan edi. Biroq bu savol bilan qarshiliklar muammosi chegaralanmaydi, signalni kuchaytirishda qarshiliklarining munosabatlarini

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Kuchaytirgichlarning vazifasi nimadan iborat?
2. Kuchaytirgich ko'rsatkichlari nimalardan iborat?
3. Kuchaytirgichning quvvat koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
4. Past chastotali kuchaytirgich nechta kaskadli bo'lishi mumkin?
5. Kaskadning vazifasi nimadan iborat?
6. Chiziqli ish rejimi deb nimaga aytiladi?
7. Kuchaytirgichning foydali ish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi?
8. Kuchaytirgichlar qanday turlarga bo'linadi?
9. Keng tarmoqli kuchaytirgich qanday rejimda ishlaydi?
10. O'zgaras tok kuchaytirgichi nimaga mo'ljallangan?
11. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar qanday ishlaydi?
12. Umumiy emitter deb nimaga aytiladi?
13. Tranzistor kollektorining toki qanday hosil bo'ladi?
14. Biologik signallarni kuchaytirish qanday amalga oshiriladi?

11-BOB. GENERATORLAR

O'zgaras kuchlanish manbalari energiyasini har xil shakldagi elektromagnit tebranishlari energiyasiga aylantirib beruvchi tuzilmalar generatorlar (elektron generatorlar) deb ataladi. Tibbiyotda ishlatiladigan apparatlarning katta guruhi konstruktiv jihatdan har xil elektromagnit tebranishlari generatorlari hisoblanadi. Bu bobda generatorlar bilan bir qatorda elektron ossillografning tuzilishi bilan ham tanishib o'tamiz.

11.1. Elektr tebranishlar generatorlarining turlari

Ishlash prinsipiga ko'ra generatorlar o'z-o'zidan uyg'onuvchi (avtotebranma sistemalar yoki avtogeneratorlar) va mohiyati jihatidan yuqori chastotali quvvat kuchaytirgichlari bo'lgan, tashqaridan uyg'onuvchi generatorlarga bo'linadi.

Radiotexnika masalalami yechishda qo'llaniluvchi generatorlarning ko'pchiligi o'zi uyg'onuvchi generatorlar hisoblanadi; ular garmonik (sinusoidal) tebranishli generatorlarga va impuls (relaksatsion) tebranishli generatorlarga ajratiladi. Generatorning texnik asosi vakuumli tuzilmalar (elektron lampalar), gaz to'ldirilgan (gazrazryad) lampalar, yarimolkazgichli elementlar va integral sxemalar bo'lishi mumkin. Ikkita keyingi tushuncha yagona terminga birlashadi «qattiq jism»li tuzilmalar. Bu fizik tushuncha «qattiq jism» dan kelib chiqqan. Albatta, bu umumiylikda qattiq jismning mexanik emas, balki elektr xossalari nazarda tutilgan. Shunday qilib, «qattiq jisimli generator» tushunchasi vujudga keldi.

Shuningdek, generatorlar tebranishlar chastotasi va quvvatiga qarab ham ajratiladi. Tibbiyotda elektron generatorlardan quyidagi uchta asosiy sohada foydalaniladi:

- fizioterapevtik elektron apparatlarda;
- elektron stimulatorlarda;
- alohida diagnostika asboblarida (masalan, reografda).

11.2. Tranzistorli garmonik tebranishlar generatori

Tranzistorli generatorning ishlash qonuniyatini ko'rib chiqamiz (11.1-rasm), unda sinusoviy tebranishlarga yaqin boigan avtotebranishlar hosil bo'ladi. Bunday generatorning ishlash qonuniyatini tushunish uchun avtotebranma sistemasining struktur sxemasini eslash maqsadga muvofiqdir. $L_k C_k$ – tebranish kontura kollektor zanjirida joylashgan. L_k bilan induktiv boglangan $L_{t,b}$ g'altak teskari bog'lanish rolini o'ynaydi. ε – batareya energiya manbai xizmatini bajaradi. Konturga kerak momentda energiya o'tkazuvchi «klapan» sifatida tranzistor ishlatiladi.

Sxemani ulash paytida tebranish konturida tasodifiy kichik tebranishlar paydo bo'ladi. Induktiv teskari bog'lanish hisobiga bu tebranishlar bazaga, aniqrog'i, emitter va baza oralig'idagi $p - n$ o'tishga uzatiladi va kuchaytiriladi. Tranzistor tomonidan kuchaytirilgan tebranishlar kollektor zanjiri orqali tebranish konturiga undagi mavjud tebranishlarga rezonanslantirilib beriladi va tebranishlar amplitudasi kattalashadi. Albatta, konturdagi tebranishlar bilan baza kuchlanishining o'zgarishi orasida muayyan fazoviy munosabatlar bo'lgan holdagina shunday bo'ladi.

Teskari bog'lanish musbat bo'lishi kerak. Agar $L_{t,b}$ o'ramning uchlari almashtirilsa, u holda kutilgan natijaga erishilmaydi: sxemani ulash paytida hosil bo'lgan tasodifiy toklar hisobiga konturdagi kichik tebranishlar tranzistor tomonidan so'ndiriladi.

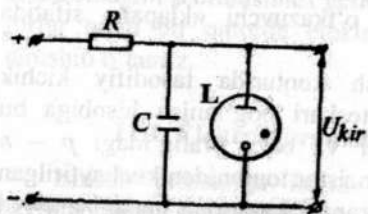
11.3. Impulsi (relaksatsion) tebranishlar generatorlari

Relaksatsion tebranishlar generatorlarining ko'p variantlari ichidan eng soddalaridan ikkitasini ko'rib chiqamiz. Sxemalardan biri (11.1-rasm) – neon lampa L – ishlatilgan holdagi generator. Bunday lampalar kuchlanishning qat'iy ma'lum qiymati U da yonib, kamroq kuchlanish $U_{o'ch}$ da o'chadi. Jarayon kondensator C_{ning} zaryadlanishidan boshlanadi.

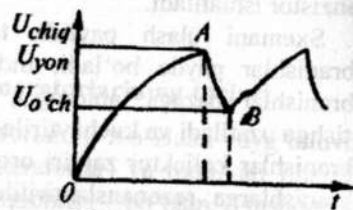
Chiqish kuchlanishining vaqt bilan bog'liqlik grafigida (14.2-rasm) bu bosqich OA kesma bilan ko'rsatilgan. A nuqtada kondensatorlardagi kuchlanish neon lampa ichidagi gazni ionlashga yetarli bo'lgan U_{yon} qiymatga erishadi, lampa yonadi va lampa orqali kondensator zaryadsizlanadi. B nuqtada lampa kuchlanishi $U_{o'ch}$ tenglashadi, lampa

o'chadi va uning qarshiligi ancha oshib ketadi. Kondensator yana zaryadsizlanadi va jarayon takrorlanadi.

R va C parametrlarni o'zgartirib, bunday sxemada kuchlanish ortishining tezligini o'zgartirishi mumkin. Shunday qilib, qarshilikni kattalashtirish T – vaqtning kattalashishiga olib keladi, OM qism qiyalanadi. AB qismda kuchlanishning pasayishi neon lampa zaryadsizlangan vaqtda yuzaga keladi, shuningdek, uning xarakteristikasiga bog'liq bo'ladi.

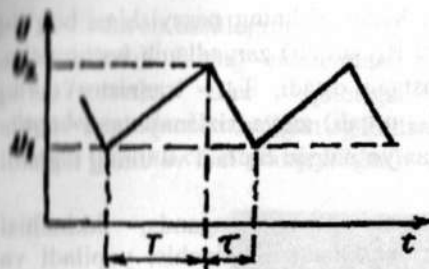


11.1-rasm. Relaksatsion tebranishlar generatorining elektrik sxemasi: R – qarshilik, C – kondensator; L – neon lampa, U_{kir} – kirish kuchlanishi.

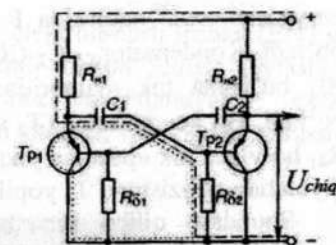


11.2-rasm. Chiqish kuchlanishining vaqt bilan bog'liqlik grafigi.

Sxema parametrlarini tanlab olib (11.2-rasmdagi) real grafikni ideal arrasimon kuchlanish deb ataluvchi (11.3-rasm) grafikka yaqinlashtirish mumkin. Bu kuchlanishning vaqt bilan bog'liqlik grafigi arra tishlarni eslatadi. T – vaqt oralig'ida kuchlanish U_1 dan U_2 gacha chiziqli ortadi, so'ngra, T vaqtda u minimal qiymatga chiziqli kamayadi. Vaqt davomida tokning chiziqli o'sishiga kattaroq aniqlikda yaqinlashish talab qilinadigan yerda murakkabroq sxemalardan foydalaniladi. Arrasimon kuchlanishdan elektron ossillografning yoyilmasida foydalaniladi.



11.3-rasm. Ideal arrasimon kuchlanish grafigi



11.4-rasm. Relaksatsion tebranish generatorining elektrik sxemasi

Multivibrator relaksatsion tebranish generatori hisoblanadi. Uning sxemasi 11.4-rasmda tasvirlangan. Bu sxemaning ishini tushunish uchun bazaning kuchlanishiga bog'liq holda tranzistorning tokni o'tkazishi yoki o'tkazmasligi xususiyatini qisqacha eslatib o'tamiz. Rezistor – $R_{\delta 1}$ birinchi tranzistorning kollektor-baza p-n o'tishiga parallel ulangan. Agar shunday rezistor orqali tok «yuqoridan pastga» oqib o'tsa, u holda tranzistor bazasining potentsiali kollektorning potentsialidan katta bo'ladi. Bu tranzistorning elektr o'tkazuvchanligini oshiradi va u orqali tok emitterdan kollektorga o'ta olishi mumkin. Rezistor $R_{\delta 1}$ orqali tok qarama-qarshi tomonga oqsa, ya'ni «pastdan yuqoriga» bazaning potentsiali kollektorning potentsialidan kichik bo'ladi va tranzistor berkilib qoladi.

Osonroq tushunish uchun quyidagicha fikr yuritimiz: tranzistor berk manba – T_1 berk manba C_1 – kondensatorni zaryadlaydi (zanjir shtrix chiziqda ko'rsatilgan), C_1 – kondensator qandaydir kuchlanishgacha zaryadlanib bo'lgandan keyin, u T_1 – tranzistorning ochiqligida undan zaryadsizlanadi (zanjir punktir bilan ko'rsatilgan). Bunday mulohazani C_2 – kondensator uchun ham yuritish mumkin.

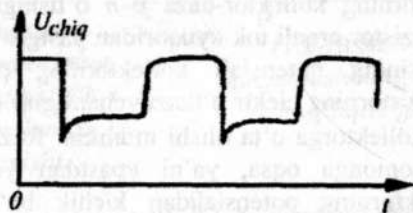
Har qaysi kondensator «qo'shni» rezistor orqali zaryadsizlanadi, shu bilan «qo'shni» tranzistorga ta'sir ko'rsatadi. Bu jarayon hozirda neon lampali relaksatsion generatorning ishini eslatadi. U yerda kondensator rezistor R orqali zaryadsizlanar edi, bu yerda R_{H1} va $R_{\delta 2}$ orqali. U yerda kondensator neon lampa L – orqali zaryadsizlanar edi, bu yerda T_1 va resistor – $R_{\delta 2}$ orqali zaryadsizlanadi. Biroq birinchi holda lampadan o'tuvchi tok kuchlanishning muayyan qiymatida vujudga kelar edi, bu yerda esa u kondensator – C_2 ning zaryadlanish va

zaryadsizlanishi natijasida $R_{\delta 1}$ da kuchlanishning pasayishiga bog'liq bo'ladi. Kondensator – C_2 (R_{H2} va $R_{\delta 1}$ orqali) zaryadlanib bo'lguncha, $R_{\delta 1}$ bo'yicha tok «yuqoridan pastga» o'tadi, T_1 – tranzistor ochiq bo'ladi. Bu kondensator (T_2 va $R_{\delta 1}$ orqali) zaryadsizlanayotgan vaqtda $R_{\delta 1}$ bo'yicha tok «pastdan yuqoriga» yo'nalgan bo'ladi va uning tegishli qiymatida tranzistor – T_1 yopiladi.

Shunday qilib, bir kondensator zaryadlanganda, ikkinchisi zaryadsizlanadi, tranzistorning biri ochilganda ikkinchisi yopiladi va aksincha. Jarayon ana shunday takrorlanib turadi.

Ikkala tranzistor ochilib va barcha elementlardagi kuchlanish hamda tok vaqt davomida o'zgarmas bo'lgan holni faraz qilish mumkin, albatta.

Mufassal ravishda tekshirish bunday holatning noto'g'ri ekanligini va undan istalgan kichik miqdordagi chetlanish yuqorida tasvirlangan «sakrashlarning» paydo bo'lishiga olib kelishini ko'rsatadi.



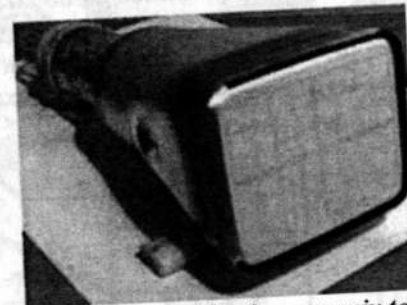
11.5- rasm. To'g'ri burchakli chiqish kuchlanishi.

Multivibrator chiqish kuchlanishi U_{chiq} ning xarakteri unga kiruvchi rezistor, kondensator va tranzistor parametrlariga, shuningdek, «chapdagi» elementlar parametrlarining nisbatan simmetrik bo'lishi va hokazolarga bog'liq bo'ladi. Chiqish kuchlanishi qariyb, «to'g'ri burchakli» xarakterda bo'lishi mumkin bo'lgan hollardan birini keltiramiz (11.5- rasm).

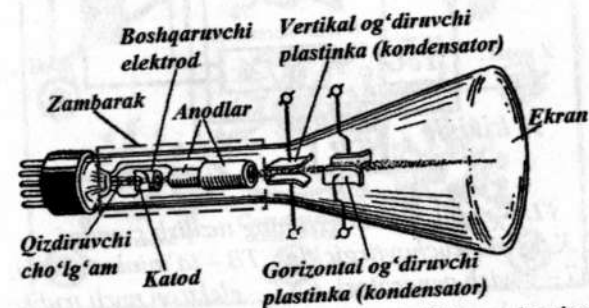
11.4. Elektron ossillograf

Ko'z bilan kuzatish yoki elektr signalga aylantirilgan ikki kattalikning funksional bog'lanishini yozish uchun ishlatiladigan o'lchov asbobi *ossillograf* deb ataladi. Ossillograflar o'zgaruvchan kattalikning vaqtga bog'liqligini kuzatish uchun ishlatiladi.

Elektron ossillografning bosh qismi elektron-nurli trubka (ENT)dir (11.6-rasm). Uning elementlari vakuumli ballon ichiga joylashgan (11.7-rasm). Ular qatoriga luminessensiyalanuvchi ekran, kondensatorlardan tuzilgan og'ishtiruvchi sitsema, va elektron zambarak kiradi (shtrixli chiziqda ajratilgan).



11.6-rasm. Elektron-nurli trubkaning umumiy tashqi ko'rinishi.

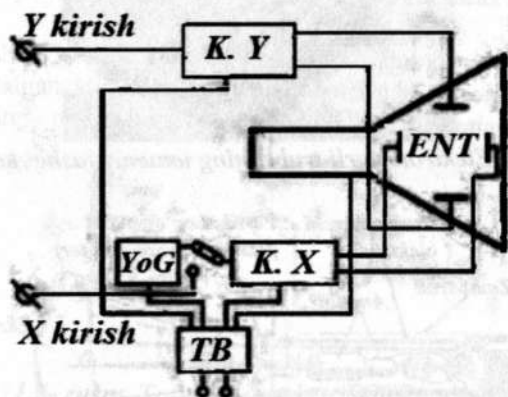


11.7-rasm. Elektron-nurli trubkaning ichki asosiy qismlari.

Zambarak diod katodiga o'xshash cho'g'lanuvchi katoddan elektronlarni tezlashtiruvchi va fokuslovchi maxsus elektrodlardan iborat. Kondensator plastnikalariga potentsiallar ayirmasi beriladi. Uning ishorasi va qiymatiga ko'ra elektronlar vertikal yoki gorizontal yo'nalishda og'adi. Shakllangan va muayyan tarzda yo'naltirilgan elektron dastasi luminessenlovchi ekran ustiga tushadi. Elektron nurli trubkaning luminoforlar bilan qoplangan oldingi devori bunday ekran rolini o'taydi. U elektronlar zarbi ta'siri ostida yorug'lanish qobiliyatiga ega (*katodluminessentsiya*).

Elektronlar dastasi ekranda yorug' nuqta shaklida ko'rinadi. Og'diruvchi plastinkalardagi kuchlanishni tekis o'zgartirish bilan yorug' nuqtani ekran bo'ylab ko'chirish mumkin. Luminoforlar keyin nurlanish xususiyatiga ega. Ular elektron dastasi ma'lum joydan siljiganidan so'ng o'sha joyda bir qancha vaqt nurlanib turadi. Shuning uchun ekranda dastaning ko'chishi chiziq shaklida bo'lib ko'rinadi.

11.8-rasmда ossillografning tuzilish sxemasi berilgan: *K.X*, *K.Y* – kuchaytirgichlar, *TB* – ta'minlash bloki; *YoG* – yoyish generatori, *ENT* – elektron nurli trubka. Yuqoridagilardan tashqari, sinxronlash bloki ham bor.



11.8- rasm. Ossillografning tuzilish sxemasi.
K. X, *K. Y* – kuchaytirgichlar, *TB* – ta'minlash bloki;
YoG – yoyish generatori, *ENT* – elektron nurli trubka.

11.9-rasmда ossillografning old paneli ko'rsatilgan. «Vход Y» (kirish Y) va «Zemlya» (yer) klemmalariga berilgan signal kuchaytiriladi va vertikal og'diruvchi plastinkalarga beriladi.



11.9- rasm. Ossillografning old panelining ko'rinishi.

Ossillograf ekranida bunday signal vertikal to'g'ri chiziq kesmasi shaklida tasvirlanadi. Signalning vaqt bilan bog'lanishini kuzatish uchun yorug'lanuvchi nuqtaga bir vaqtda gorizontal yo'nalishda tekis harakat berish kerak. Davriy jarayonni yozish uchun nuqta biror chekli vaqt oralig'ida, ekran bo'yicha chapdan o'ngga ko'chishi va qisqa vaqt oralig'ida orqaga mumkin bo'lganicha qaytishi kerak. Shuning uchun gorizontal og'diruvchi plastinkalarga beriladigan kuchlanish arrasimon shaklga ega (masalan, 11.3- rasmga qarang, bunda $T \gg t$).

Davriy jarayon ekranda harakatsiz tasvir holda aks ettirilishi uchun yoyilish chastotasini yetarli darajada aniq tanlash kerak: yoyilishning bitta davri vaqtiga tekshiriluvchi signalning butun son davrlari to'g'ri keladigan bo'lishi kerak. Bu shartni yoyilishni sinxronlash bloki (амплитуда синхронизация) amalga oshiradi.

«Диапазон частот» (chastotalar diapozoni) va «Частота плавно» (silliq chastota) degan dastalar kerak bo'lgan yoyish chastotasini yetkazib beradi. Agar tekshiriluvchi jarayon bir karrali yoki nodavriy bo'lsa, u holda ba'zi ossillograflarda ko'zda tutilgan yoyilishning kutish rejimidan foydalanish mumkin. Bu yoyish rejimi har safar qayd etiluvchi jarayon paydo bo'lgandagina ta'sir etadi.

«Яркость» (ravshanlik) va «Фокус» (focus) dastalarini burab tezlashtiruvchi elektrodlar orasidagi potentsiallar ayirmasi o'zgartiriladi, bu bilan elektron dastaning intensivligi turlicha bo'lishiga va kesimiga erishiladi. Bunda yorug'lanuvchi nuqta ravshanligining va fokuslanishining o'zgarishi kuzatiladi. «Ось Y» (Y o'qi) va «Ось X» (X o'qi) degan dastalar butun tasvirlanuvchi ko'rinishni vertikal va gorizontal yo'nalishda siljitish uchun xizmat qiladi.

Qandaydir ikki kattalik orasidagi bog'lanishni kuzatish uchun bu kattaliklarga mos bo'lgan elektr signallarni «Вход Y» (Kirish Y) va «Вход X» (Kirish X) klemmalariga beriladi. Bunda yoyish generatori ulanmaydi. Shu yo'l bilan jumladan, Lissaju figuralarini¹, vektorkardiogrammani olish mumkin. Kuchaytirish («Усиление») dastasi yordamida yuborilgan signalning kuchaytirilishi o'zgartiriladi. Bu vaqtda ossillograf ekranidagi tasvir tegishli yo'nalish bo'yicha cho'ziladi yoki qisiladi.

Vaqt masshtabini kalibrlash uchun ba'zi ossillograflarda vaqtni belgilash generatori bor. Uning yordamida ekrandagi dog' ravshanligi davriy ravishda o'zgartiriladi. Buning yordamida tasvirlanuvchi jarayonning yoki uning ayrim ayrim qismlarining davomiyligini aniqlash mumkin.

Elektron nurli ossillograf ekranida tasvirning fotosuratini olish mumkin.

¹ Turli chastotali o'zaro perpendikulyar tebranishlar qo'shilganda, moddiy nuqtaning turlicha treyektoriyali figuralari hosil bo'ladi. Bu figuralarni Lissaju figuralari deb aytiladi.

11.5. Elektron stimulatorlar past chastotali fizioterapevtik elektron apparatlar

Qisqaroq qilib, past va tovush chastotadagi fizioterapevtik elektron apparatlarni *past chastotali* deb ataymiz. Boshqa har qanday chastotadagi elektron apparatlarni umumlashgan tushuncha asosida yuqori chastotali deb ataymiz.

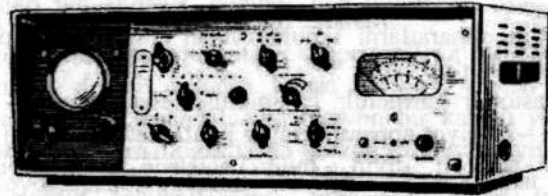
Past chastotali garmonik va impulsli elektromagnit tebranishlar generatorlari – tibbiyot apparatlarining ikkita katta guruhini birlashtirib, ularni aniq ajratish qiyin, bular *elektron stimulatorlar* (elektr stimulatorlar) va *fizioterapiya apparatlaridir*. Yuqori bo'lmagan chastotalarda tokning issiqlik emas, balki o'ziga xos ta'siri muhimroq. Shuning uchun tok bilan davolash, qandaydir effektini toklar bilan qo'zg'atish – stimulatsiya qilish xarakteriga ega bo'ladi. Bu holat ehtimol «davolash apparati» va «elektr stimulator» tushunchalarini aralashtirib yuborishga olib keladi.

Muskullarni elektr yordamida qo'zg'atish XVIII asrda topilgan bo'lsa, elektr stimulatorlardan foydalanish faqat oxirgi o'n yilliklarda boshlandi. Hozirgi vaqtda ko'pgina har xil elektr stimulatorlar mavjud. Lekin hozirda elektr stimulatorni ishlashga tayyorlovchilarga elektr signalning chiqish parametrlarini aniq berish meditsina va fiziologik muammo bo'lib qolmoqda. Ular: impulsning shakli, uning davomiyligi, impuls tokining chastotasi va impuls kelib chiqishining g'ovakligidir.

Elektr stimulatorlarni *statsionar* (turg'un) *ko'tarib yuriladigan* va *implantatsiya* (tanaga joylashtiriladigan) qilinuvchilarga bo'lish mumkin. To'liq implantatsiya qilinadigan elektr stimulatorlar, masalan, kardiostimulatorlar uchun ta'minlovchi manba yetarli darajada jiddiy muammo bo'lib qoladi. Bu manbalar uzoq muddatda va tejamli xizmat qilishi kerak. Ham tegishli manbalarni hamda «tejamli» generatorlarni yaratish bilan bu muammo hal bo'ladi. Masalan, impuls orasidagi pauzada energiyani amalda sarflamaydigan generatorlarga ega bo'lish maqsadga muvofiqdir. Bu xususida multivibratorga nisbatan blok-generator afzalliklarga ega.

Ko'p vazifalarni bajaradigan turg'un stimulator misoli sifatida universal elektr impulsator UEI – 1 (11.10-rasm) ni ko'rsatish mumkin. U to'g'ri burchakli va eksponentsial shakldagi impulsli tokning generatoridan iboratdir. Impulslarning parametrlari va ularning chastotasi katta chegaralarda sozlanadigan bo'ladi, masalan, to'g'ri

burchakli impulslarning davomiyligini diskret ravishda 0,01 dan 300 ms gacha o'zgartirish mumkin. Apparat bemor zanjiridagi tok impulsining amplitudasini o'zgartirishga imkori beradi.

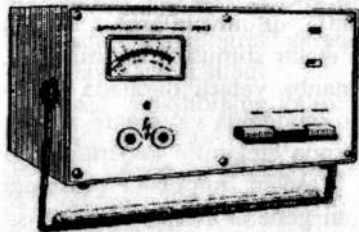


11.10-rasm. Universal elektr impulsator UEI – 1 ning tashqi ko'rinishi.

Elektron-nurli trubkaning ekranida (UEI – 1 yuz panelining chap tomonida) apparatning chiqishidagi impulslarning shaklini kuzatish mumkin.

O'ziga xos bolgan stimulatorlarga defibrillator misol bo'ladi. Bu stimulator quvvati yuqori voltli elektr impulslarning generatorlaridan iborat bo'lib, yurak ritmining og'ir buzilishlarini davolash uchun mo'ljallangan apparatlardir.

Defibrillator energiya to'plovchini (kondensator), kondensatorni zaryadlash uchun tuzilmani va zaryadsizlash zanjirini o'z ichiga oladi.



11.11-rasm. Impulsli defibrillator DI – 03ning tashqi ko'rinishi.



11.12-rasm. Elektrokardiostimulator EKSR – 01.

11.11-rasmda impulsli defibrillator DI-03 ning tashqi ko'rinishi tasvirlangan. Implantatsiya qilinuvchi radiochastotali elektrokardiostimulator EKSR – 01 (11.12-rasm) – ko'tarib yuriladigan va qisman

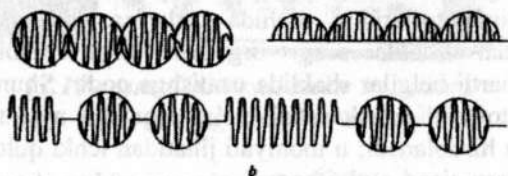
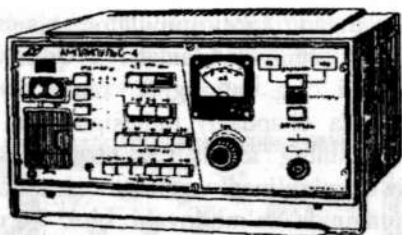
implantatsiya qilinadigan kardiostimulator hisoblanadi. Rasmning o'rtasida ko'rsatilgan uning implantatsiya qilinuvchi qismi (qabul qiluvchisi)ning massasi 22 g. qalinligi 8,5 mm. Qabul qiluvchisi tashqi tarqatuvchidan (rasmda chapdagi) radiosignallarni qabul qiladi. Bu signallar bemor tanasining ichidagi implantatsiya qilingan qismda impuls ko'rinishida qabul qilinadi va elektrodlar orqali yurakka beriladi. Rasmning o'ng tomonida ta'minlovchi blok ko'rsatilgan bo'lib, u tarqatuvchi singari bemorlarga tashqaridan qo'yiladi.

Elektr stimulatorlarning alohida turlariga shundaylarni kiritish mumkinki, ular odatda sezgi organlari orqali qabul qilinuvchi ma'lumotni shartli belgilar shaklida uzatishga qodir. Shunga o'xshagan stimulator – tovushli ma'lumotni elektr signalga aylantirib beruvchi koxlear protez hisoblanadi; u mohiyati jihatidan ichki quloqning tovush qabul qilinadigan qismi o'nini bosadi.

Elektrostimulatsiyaning texnik qurilmalariga yana biologik sistemalarga elektrik signallarni eltib beradigan elektrodni kiritish mumkin.

Ko'pgina hollarda elektr stimulatsiyalash plastinkali elektrodleri yordamida amalga oshiriladi, ular elektrokardiografiya uchun ishlatiladigan elektrodlerga o'xshab odam tanasiga qo'yiladi.

Tanaga kiritiladigan elektrodler uchun jiddiy muammolar talaygina. Bunga shu jumladan, agressiv biologik muhit sharoitida materialdan tok o'tganda uning zangga qarshi mustahkam bo'lishi uchun materialni tanlash muammosi ham kiradi.



11.13- rasm. Elektr terapiya uchun mo'ljallangan «Amolimpuls – 3» apparati (a), unda hosil qilingan modulyatsiyalangan sinusoidal tebranish (b).

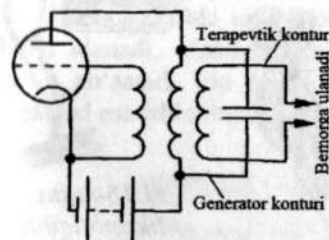
Sinusoidal modulatsiya qilingan toklar bilan o'tkaziladigan elektr terapiya uchun fizioterapevtik apparatga misol, «Amolimpuls-3» (11.13-a rasm) hisoblanadi. Unda sinusoidal tebranishlarni tashuvchilarning chastotasi 5 kHz ga teng, modulatsiya qilinadigan sinusoidal tebranishlarning chastotasi esa 10 – 150 Hz chegarada tekis o'zgartirilishi mumkin. Bu generator yordamida hosil qilingan toklarning ayrim, mumkin bo'lgan shakllari 11.13-b rasmda ko'rsatilgan.

11.6. Yuqori chastotali fizioterapevtik elektron apparatlar Elektroxirurgiya apparatlari

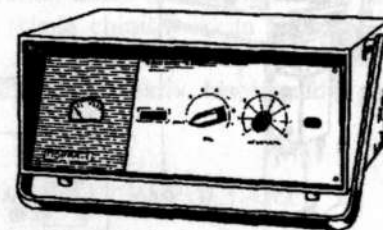
Tibbiyot apparatlarining katta guruhi – elektromagnit tebranishlar va to'lqinlarning generatorlari, ultratovush, yuqori, ultrayuqori chastotalarda ishlaydi va yagona termin asosida *yuqori chastotali elektron apparatlar* deb ataladi.

Bunday holda elektrodlar muammosi har xil yechiladi. Yuqori chastotali toklar uchun shishali elektrodlardan foydalanilsa, o'zgaruvchan magnit maydoni bilan ta'sir etishda induktotermiya spiral yoki yassi buklangan kabellardan foydalaniladi. Ulardan o'zgaruvchan

tok o'tganda o'zgaruvchan magnit maydoni hosil bo'ladi. UYuCH terapiyada isitiladigan tana – disk shakldagi izolator qavati bilan qoplangan metallardan yasalgan elektrodlar orasiga joylashtiriladi (11.18-rasm). Elektromagnit to'lqinlar bilan ta'sir etishda bu to'lqinlarni ichi tanaga yaqinlashtiriladi.



11.14-rasm. Bemorga qurilmani ulash sxemasi.



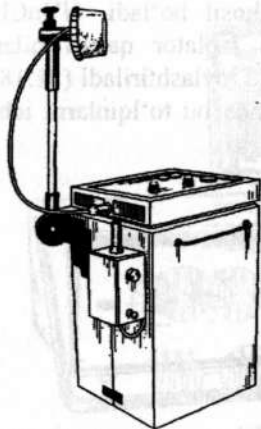
11.15-rasm. «Iskra – l» apparatining tashqi ko'rinishi.

Bemorning xavfsizligini ta'minlash uchun elektrodlar generatorning tebranish konturiga emas, balki kasalning konturiga (terapevtik konturga) ulanadi, u bo'lsa generatorning asosiy tebranish konturi bilan induktiv bog'langan bo'ladi (11.14-rasmga qarang).

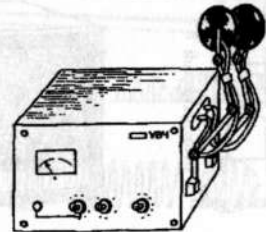
Induktiv bog'lanish amaliyotda tibbiyot uchun yuqori chastotali generatorlarning ko'pchiligida bo'lib, bemorni tasodifan yuqori doimiy kuchlanish ostiga tushib qolishdan saqlaydi 11.14-rasmda trioddagi generator tasvirlangan, chunki yetarlicha katta quvvat olish zaruriyati lampali generatorlarni hali tibbiyotda qo'llash ehtiyojini tug'diradi.

Elektromagnit tebranishlar generatorlari bo'lmish fizioterapevtik apparatlar radio qabul qilinishiga va televideniye ga xalal bermaydigan qilib yasaladi. Bu bir tomondan, xalaqitlardan saqlash uchun qilingan maxsus qurilmalar bilan, ikkinchi tomondan esa, muayyan ishchi chastotalar diapazonining qat'iy qilib berilishi bilan ta'minlanadi.

Bir qancha apparatlarning tashqi ko'rinishi rasmlarda ko'rsatilgan:



11.16-rasm.
Induktoterapiya uchun
IKV-4 apparati.



11.17-rasm. UYuCH-
terapiya uchun
UYuCH-66 apparati.



11.18-rasm.
Mikroto'qinli
terapiya uchun
«Luch-58»
apparati.

«Iskra - l» apparati – yuqori chastotali generator bo'lib, impulsli rejimda ishlaydi va mahalliy darsonvalizatsiya uchun ishlatiladi (11.15-rasm), IKV-4 apparati – induktoterapiya uchun, 13,56 MHz chastotada ishlaydi (11.16-rasm), UYuCH-terapiya uchun ko'chma apparat — UYuCH-66 (11.17-rasm), mikroto'qinli terapiya uchun «Luch-58» apparat (11.18-rasm) ishlatiladi.

Yuqori chastotali meditsina elektron apparatlariga, yana elektr xirurgiya (yuqori chastotali xirurgiya) apparatlari kiradi. Bu qurilmalarning asosini garmonik yoki modulatsiya qilingan elektromagnit tebranishlar generatori tashkil etadi. Elektr xirurgiyada ishlatiladigan elektromagnit tebranishning quvvati 1 W dan bir necha yuz Watt gacha bo'lishi mumkin.

Generatorlarning fazilati shundaki, ular quvvatni nagruzkaga (biologik to'qimaga) berishi kerak, ular esa katta chegaralarda o'zgaradi. Generatorlar uzoq muddatda butunlay nagruzkasiz ishlashi mumkin, shuning uchun elektroxirurgiya apparatlarida keng miqyosda vakuumli lampalar ishlatiladi, ular yarimo'tkazgichli qurilmalarga nisbatan bo'lib turadigan ortiqcha yuklanishga qarshi katta barqarorlikka ega.

Elektroxirurgiyada elektromagnit tebranishlar elektrodga uzatiladi, ular yordamida to'qimalarni kesish yoki koagulyatsiya qilish mumkin. Elektrodlarni bir qutbli va ikki qutbli elektroxirurgiyalar uchun ajratiladi. Birinchi holda generator apparatining bitta chiqishi elektroxirurgiyani amalga oshiradigan aktiv elektrod bilan ulanadi, boshqa elektrod – passiv elektrod bemor tanasi bilan kontaktga bo'ladi.

Ikkinchi holda generatorning ikkala chiqishi ikkita aktiv elektrod bilan ulanadi, ularning orasidan yuqori chastotali tok o'tib, xirurgik ta'sir ko'satadi. Bu holda ikkala elektrod aktiv hisoblanadi, passiv elektrod esa ishlatilmaydi.

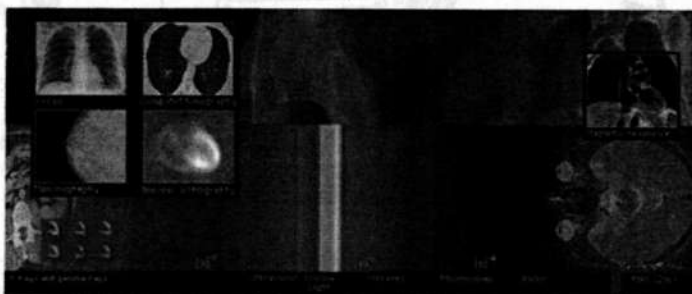
BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Elektron generatorlar deb qanday qurilmalarga aytiladi?
2. Qo'llanilishiga ko'ra generatorlar qanday turlarga bo'linadi?
3. Tibbiyotda elektron generatorlardan qanday sohalarda foydalaniladi?
4. Tranzistorli generatorlar nima maqsadda ishlatiladi?
5. Impulsli (relaksatsion) tebranishlar generatorlari nima maqsadda ishlatiladi?
6. Elektron ossillograf qanday qurilma?
7. Elektron-nurli trubkaning asosi qanday qismlardan tashkil topgan?
8. Past chastotali elektron apparatlar tibbiyotda nima maqsadda ishlatiladi?
9. Defbrilyatorning ishlash prinsipi qanday?
10. Elektr stimulatorlarning vazifasi nimadan iborat?
11. Yuqori chastotali fizioterapevtik elektron apparatlar nima maqsadlarda ishlatiladi?
12. Elektroxirurgiya apparatlarining vazifasi nimalardan iborat?

12-BOB. TIBBIY VIZUALLASHTIRISH USULLARI

12.1. Rentgenodiagnostika

Deyarli barcha tibbiy muassasalarda rentgenologik tekshiruv apparatlari ishlatiladi. Rentgen qurilmalari sodda, ishonchli va arzonidir. Aynan shu qurilmalar hozirgi davrgacha skelet travmalari, o'pka, buyrak va hazm qilish sistemasini diagnostika qilishda qo'llaniladi.

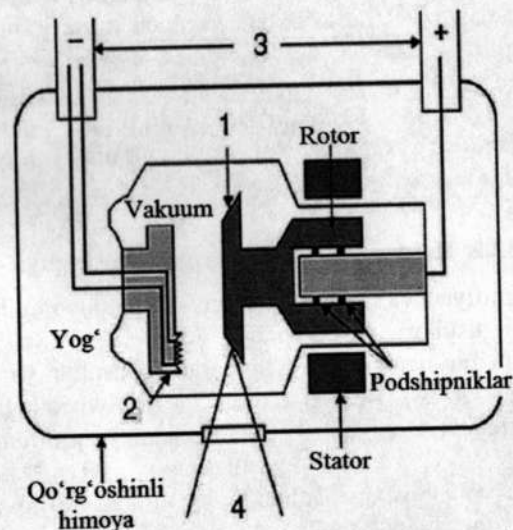


12.1-rasm. Rentgen nurlanishining qisqacha xarakteristikasi.

Rentgen nurlanishi elektromagnit to'lqinlardan iborat bo'lib, ularning energiyasi energetik shkalaning ultrabinafsha va gamma-nurlanishlar sohasi orasida joylashgan. Rentgen nurlanishining fotonlari 100 eV dan 250 keV energiyaga ega bo'lib, to'lqin uzunligi 0,005 – 10 nm dir. Rentgen nurlanishi va gamma-nurlanishining spektrlari bir-birining ustiga tushadi.

Ushbu nurlanishlar bir-biridan hosil bo'lish usuli bilan farqlanadi. Rentgen nurlari elektronlar ishtirokida (masalan, ularning oqimi tormozlanganida), yoki atomlarning elektron qobiqlaridagi yuqori energetik o'tishlarda generatsiya bo'lishi mumkin. Tibbiy asboblarda rentgen nurlarini olish uchun rentgen trubkalari ishlatiladi (12.2 rasm). Ularning asosiy komponentlari katod va massiv anoddan iborat. Anod va katod orasidagi potentsiallar farqi tufayli uchib chiqqan elektronlar tezlashib, anodga yetib keladi va unga tegib, tormozlanadi. Buning natijasida tormozli rentgen nurlanishi vujudga keladi. Elektronlar anod bilan to'qnashganida ikkinchi jarayon yuzaga keladi. Anod atomlari

elektron qobiqlaridagi elektronlar urib chiqariladi. Ularning o'rmini atomning boshqa qobiqlaridagi elektronlar egallaydi. Bu jarayon davomida rentgen nurlanishining ikkinchi turi yuzaga keladi anod materialiga bog'liq xarakteristik rentgen nurlanishi. Anodlar ko'pincha molibden yoki volframdan yasaladi.



12.2-rasm. Rentgen trubkasining tuzilishi: 1. anod; 2. katod; 3. trubkaga berilayotgan kuchlanish; 4. rentgen nurlanishi.

Rentgen nurlari tibbiyotda o'zlarining singish qobiliyati, fotokimyoviy ta'siri sababli keng ishlatiladi. Nurli diagnostikada rentgen nurlarining inson tanasi to'qimalari va sun'iy moddalar tomonidan yutilishi muhim xossa bo'lib hisoblanadi. To'lqin uzunligi qanchalik qisqa bo'lsa, rentgen nurlanishi moddaga shunchalik ko'proq kira oladi.

Kichik energiya va kichik chastotali (katta to'lqin uzunlikka ega) «yumshoq» va fotonlarning yuqori energiyasi va yuqori chastotali (kichik to'lqin uzunlikka ega) «qattiq» rentgen nurlanishlarini farqlashadi. Rentgen nurining to'lqin uzunligi (mos ravishda uning «qattiqligi» va kiruvchanlik qobiliyati) rentgen trubkasiga berilgan kuchlanish kattaligiga bog'liq. Trubkadagi kuchlanish qanchalik katta

bo'lsa, elektronlarning tezligi va oqimi energiyasi shunchalik katta va rentgen nurlarining to'liq uzunligi shunchalik kichik bo'ladi.

Rentgen nurlanishi modda orqali o'tganida unda miqdoriy va sifat o'zgarishlari kuzatiladi. Rentgen nurlarining to'qimalar tomonidan yutilish darajasi turlicha bo'lib, obyektning tashkil etuvchi elementlarning zichligi va atom og'irligiga bog'liq. Moddaning (organing) zichligi va atom og'irligi qanchalik katta bo'lsa, rentgen nurlari shunchalik ko'p yutiladi. Inson organizmida turli zichlikka ega to'qima va organlar mavjud (o'pka, suyaklar, yumshoq to'qimalar). Rentgen nurlanishining turlicha yutilishi shu bilan tushuntiriladi. Ichki organ va strukturalarning vizuallashtirilishi turli organlar va to'qimalarning rentgen nurlarini turlicha yutishiga asoslangan.

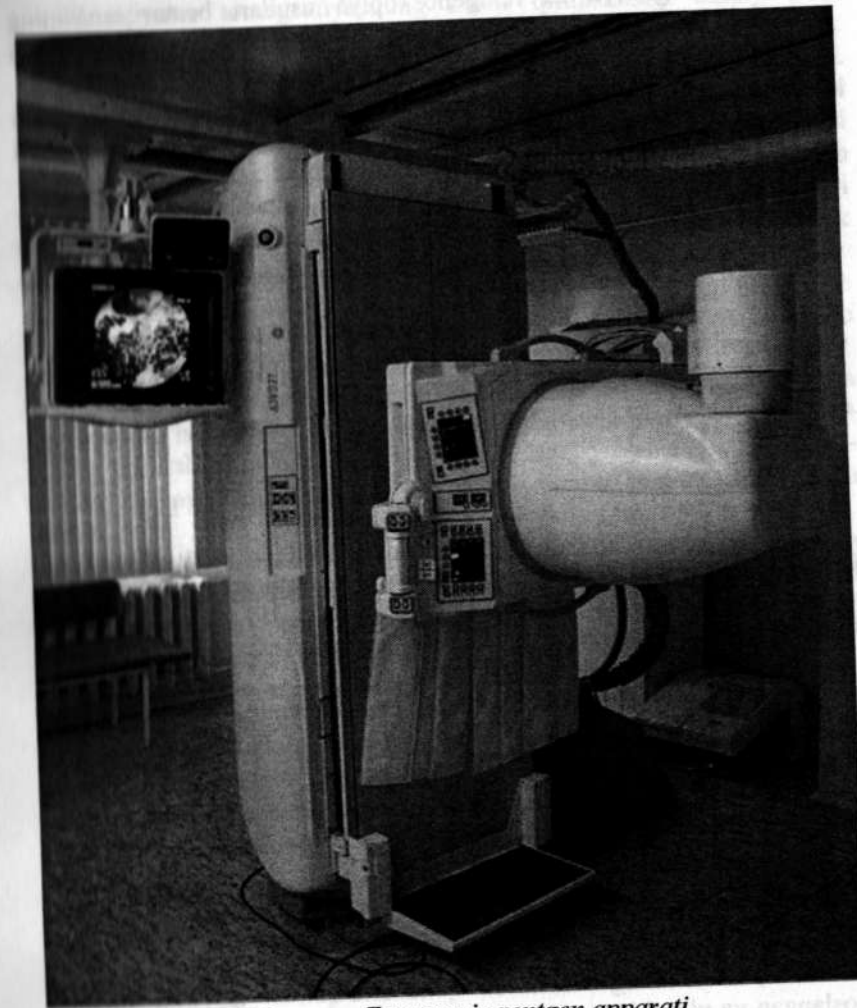
12.2 Rentgenografiya va rentgenoskopiya

Rentgenografiya va rentgenoskopiya rentgenologik tekshiruvlarning asosiy usullari hisoblanadi. Turli organ va to'qimalarni o'rganish uchun bir qator maxsus apparat va usullar yaratilgan (2.3-rasm). Rentgenografiya hozirgi davrgacha tibbiyot amaliyotida keng qo'llanib kelinmoqda. Rentgenoskopiya nisbatan yuqori nurlanishga ega bo'lgani sababli kamroq ishlatiladi. Rentgenoskopiya dan rentgenografiya yoki boshqa usullar bilan olingan ma'lumotlar yetarli bo'lmagan hollarda foydalaniladi.

Rentgenoskopiya (grekcha «scopeo» – ko'rmoq, qaramoq) – ushbu usulda rentgen tasviri flyuoressent ekranga proyeksiya qilinadi. Ushbu usul organlarning statik, shuningdek, dinamik tekshiruvini amalga oshirishga va intervension muolajalar (masalan, angiografiya, stentlash)ni o'tkazishni nazorat qilishga yordam beradi.

Rentgenoskopiyaning asosiy kamchiliklari – yuqori nurlanish dozasi va ba'zi o'zgarishlarni ko'ra olmaslik.

Rentgenografiya («Rentgen» kashfiyotchining ismi, «grapho» – grekcha yozmoq, tasvirlamoq) – ushbu usulda obyektning tasviri plyonkada (to'g'ri rentgenografiya) yoki maxsus raqamli qurilmalarda (raqamli rentgenografiya) olinadi.



12.3-rasm. Zamonaviy rentgen apparati.

Rentgenografiyaning turli variantlari ma'lum bir klinik holda olinayotgan diagnostik ma'lumotning sifatini yaxshilash uchun qo'llaniladi (kontakt rentgenografiya, kontrast rentgenografiya, mammografiya, fistulografiya, artroografiya).

Rentgenografiya va rentgenoskopiya usullari bemor tanasining gorizontal yoki vertikal holatida statsionar yoki palatadagi qurilmalarda qo'llanilishi mumkin.

An'anaviy rentgenologik plyonka ishlatiladigan yoki raqamli rentgenografiya arzon, sodda va yuqori sifatli ma'lumot berishi sababli asosiy usullardan biri bo'lib qolmoqda.

Obyektni fotosuratga tushirilganda flyuoressent ekrandan plyonkaga rentgen tasvirlari tushiriladi. Ushbu usul *flyuorografiya* deb ataladi. Hozirgi davrda uning o'rnini raqamli rentgenografiya egallayapti.

Rentgenologik tekshiruvning har qanday turi kamchiliklardan xoli emas: kam kontrastli to'qimalarda ushbu usul aniq tasvirlar bermaydi. Bu kamchilikni bartaraf etish uchun *kompyuter tomografiyasi* qo'llaniladi.

12.3 Ultratovush diagnostikasi (sonografiya, UTT)

Ultratovush diagnostikasi – ichki organlar tasvirini ultratovush to'lqinlari yordamida oluvchi nurli diagnostika usulidir.

UTT diagnostikada keng qo'llaniladi. Oxirgi 50 yil ichida bu usul eng ko'p tarqalgan va ko'p kasalliklarning tez, aniq va havfsiz diagnostikasini ta'minlovchi usul bo'lib qoldi.

Ultratovush deb chastotasi 20000 Hz dan yuqori bo'lgan tovush to'lqinlariga yutiladi. Ultratovush to'lqinlari biologik to'qimalarda ham tarqaladi. Ultratovush to'qimalarda 1540 m/sek tezlik bilan tarqaladi. Tasvir ikki muhit chegarasidan qaytgan signalni analiz qilishda hosil bo'ladi. Tibbiyotda ko'proq 2–10 MHz diapazonidagi chastotalar qo'llaniladi.

12.4. Kompyuter tomografiyasi

KT – ko'ndalang tekislikda qatlam-qatlam tasvirlar olishga asoslangan va ularni kompyuterda ko'rsatib beruvchi rentgen tekshiruv usulidir.

KT uchun apparatlarning kashf etilishi – X – nurlar kashf etilganidan so'ng diagnostik tasvirlarni olishdagi keyingi inqilobiy qadamdir. KT usuli deyarli barcha kasalliklar diagnostikasida qo'llanilishi mumkin.

Kompyuter tomografiyasining kashf qilinishidagi asosiy o'rin Godfri Xaunsfildga tegishli (XX asrning 60-y.)

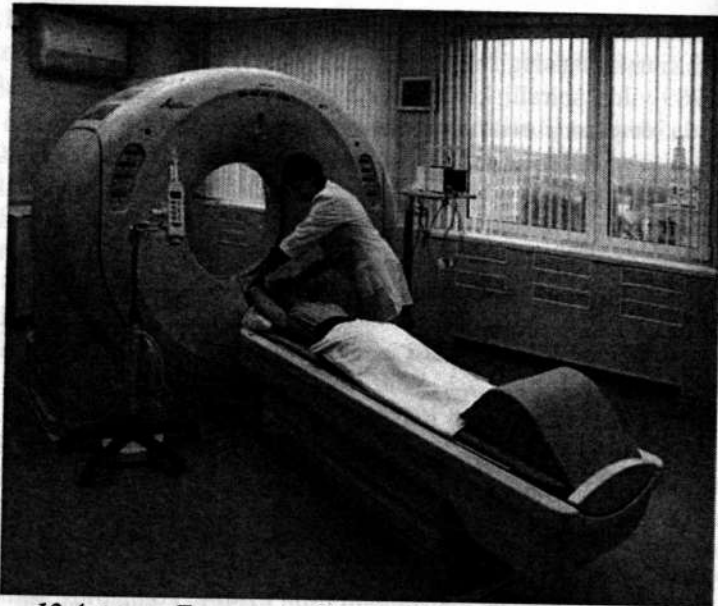
1989-yilda spiralli kompyuter tomografiyasi (SKT) paydo bo'ldi. SKT da detektorli rentgen trubkasi bemor yotgan harakatdagi stol atrofida to'xtovsiz aylanadi. Ushbu usul nafaqat tekshiruv davrini qisqartiradi, balki oddiy usuldagi ba'zi sohalarning o'tkazib yuborilishining oldini oladi. Yangi kompyuter dasturlari tekshirilayotgan sohalarni yanada aniqlik bilan ko'rish, diagnostik ma'lumotni takroriy tekshiruvlarsiz olish imkonini beradi.

Shu davrdan boshlab KT standart va universal bo'lib qoldi. Kontrast modda kiritilishi KT-angiografiyaning rivojlanishiga sabab bo'ldi.

1998-yilda multispiral KT(MSKT) paydo bo'ldi. SKT da bitta detektor bo'lsa, MSKT da 4 qator raqamli detektorlar mavjud. 2002-yildan boshlab 16 qator raqamli detektorli, 2003-yildan 64 qatorli, 2007-yildan 256 va 320 qatorli raqamli detektorlarga ega MSKTlar ishga tushdi.

Bunday tomograflarda bir necha sekundning o'zida yuzlab va minglab tomogrammalar olish mumkin. MSKTni hatto sun'iy nafas olish apparatiga ulangan bemorlarga ham qo'llash imkoni bor. Tekshiruvlarning tezligini oshirish va sifatini yaxshilashdan tashqari, KT yordamida koronar tomirlar va yurakning ko'p sohalarni o'rganish muammosi hal etildi.

Kompyuter tomografining tashqi ko'rinishi 12.4-rasmda tasvirlangan.



12.4-rasm. Zamonaviy 64-spiralli kompyuter tomografi.

12.5. Magnit-rezonans tomografiya (MRT)

Magnit-rezonans tomografiya (MRT) nurli diagnostik usul bo'lib, yadro magnit rezonansi (YAMR) yordamida organ va to'qimalarning qatlam-qatlam ixtiyoriy yo'nalishdagi hajmiy tasvirini olish usulidir. YaMR yordamida dastlabki tasvirlar o'tgan asrning 70-yillarida olingan. Hozirgi davrga kelib ushbu usul juda rivojlanib ketdi. Texnik va dasturiy ta'minot ham rivojlanib, tasvirlarni olish usullari takomillashmoqda. Avvallari, MRTni ishlatish sohasi faqatgina markaziy nerv sistemasi bilangina chegaralanar edi. Hozir ushbu usul bilan tomirlar, yurak, miya kabi organlar ham tekshirilmoqda.

YaMR – bu fizik hodisa bo'lib, magnit maydoniga joylashtirilgan ba'zi atom yadrolarining radiochastotali diapazonda energiyani yutishi va radiochastotali impuls ta'siri to'xtaganidan so'ng uni nurlantirishiga asoslangan. Doimiy magnit maydon kuchlanganligi va radiochastotali impuls chastotasi bir-biriga mos kelishi lozim.

Magnit-rezonans tomografiyasini qo'llashda ^1N , ^{13}C , ^{19}F , ^{23}Na va ^{31}P yadrolari muhimdir. Ularning barchasi nomagnit izotoplardan farqli

ravishda magnit xususiyatlarga egadir. ^1H vodorod protonlari organizmda eng ko'p tarqalgan. Shuning uchun MRT uchun aynan vodorod yadrolaridan chiqqan signallar ishlatiladi.

Vodorod yadrolarini ikki qutbga ega kichkina magnitlar (dipollar) sifatida tasavvur qilish mumkin. Har bir proton o'z o'qi atrofida aylanadi va kichkina magnit momentiga ega (magnitlanganlik vektori). Yadrolarning aylanuvchi magnit momentlari spin deb ataladi. Bunday yadrolar tashqi magnit maydoniga qo'yilganida ular ma'lum chastotali elektromagnit to'lqinlarini yutishlari mumkin. Bu hodisa yadrolarning turi, magnit maydon qo'llanganligi, yadrolar atrofidagi fizik va kimyoviy holatga bog'liq. Bunda yadrolar o'zini pildiroq (volchok) kabi tutadi. Magnit maydoni ta'sirida aylanuvchi yadro murakkab harakat qiladi. Yadro o'zining o'qi atrofida aylansa, aylanish o'qining o'zi konussimon aylanma harakatlar (pretsessiya) qilib, vertikal yo'nalishdan og'adi.

Tashqi magnit maydonida yadrolar yoki stabil energetik yoki qo'zg'algan holatda bo'ladi. Ushbu ikki holatning energiyalari farqi shunchalik kichikki, bu sathlardagi yadrolar soni deyarli bir xil bo'ladi. Shuning uchun ushbu ikki energetik holatdagi protonlar soni farqiga bog'liq YAMRning natijaviy signali juda kichik bo'ladi. Mikroskopik magnitlanganlikni aniqlash uchun uning vektorini doimiy magnit maydoni o'qidan chetlashtirish kerak. Buning uchun tashqi radiochastotali nurlanish impulsi beriladi. Sistema muvozanat holatiga kelganida yutilgan energiya nurlanadi (MR-signal). Ushbu signal qayd qilinib, MR – tasvirlarni olish uchun ishlatiladi.

Maxsus (gradiyentli) sim chulg'amlari asosiy magnit ichida joylashgan bo'lib, maydon kuchi bir yo'nalishda chiziqli oshadigan qilib qo'shimcha kichik magnit maydonlari hosil qiladi. Avvaldan belgilangan tor diapazondagi radiochastotali impulslar berib, faqat tanlangan to'qima qatlamidan MR – signal olsa bo'ladi. Magnit maydoni gradiyentlari orientatsiyasi va mos ravishda kesmalar yo'nalishi ixtiyoriy bo'lishi mumkin.

Magnit rezonansi signalini olish uchun turi davomiylik va shakldagi radiochastotalarning kombinatsiyasi ishlatiladi. Yig'indi magnit vektorlari katta bo'lgan to'qimalar kuchli signal beradi (yorqin bo'lib ko'rinadi), kichik magnit vektorli to'qimalar to'q bo'lib ko'rinadi. Protonlar soni kam bo'lgan sohalar (masalan, havo yoki kichik suyak)

juda kichik MR – signal chiqaradi, shuning uchun tasvirda to‘q bo‘lib ko‘rinadi. Suv va boshqa suyuqliklar kuchli signal berib, yorqin, lekin turli intensivlikdagi tasvirga ega. Yumshoq to‘qimalarning tasviri ham turli intensivlikdagi tasvirlarga ega. Chunki MRTdagi signal intensivligi xarakteri boshqa parametrlar bilan ham belgilanadi. Ularga spin-panjara relaksatsiyalari, spin-spin relaksatsiya, tekshirilayotgan muhitning harakati yoki diffuziyasi kiradi.

MR – sistemaning prinsipial sxemasi va tashqi ko‘rinishi 12.5 va 12.6-rasmda ko‘rsatilgan.

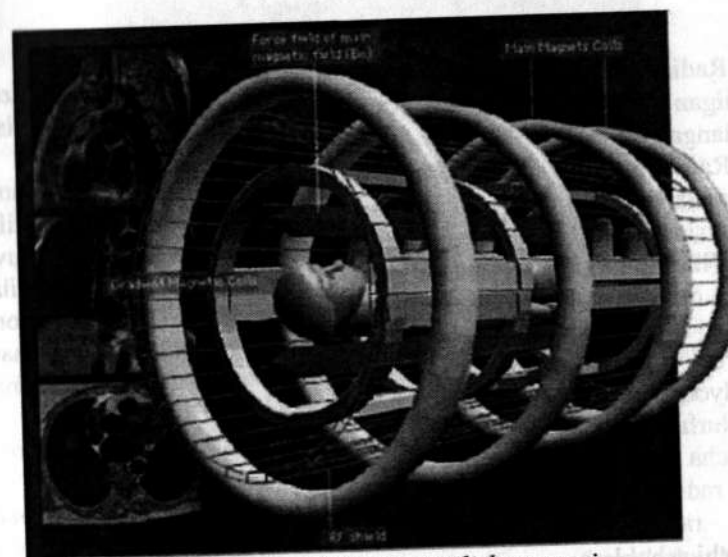
Odatda, MR – tomograflar magnit maydoni kuchlanganligiga qarab klassifikatsiya qilinadi. Magnit maydon kuchi teslalarda (Tl) yoki gausslarda ($1T=10000\text{gauss}$) o‘lchanadi. Yerning magnit maydoni qutblarda 0,7 gauss, ekvatorida 0,3 gaussni tashkil etadi. Klinikadagi MR-tomografiya uchun 0,2 dan 3 teslagacha magnit maydonga ega magnitlar ishlatiladi. Hozirgi davrda dunyodagi 70 foiz bunday qurilmalarda 1,5 va 3 Tl maydon qo‘llaniladi. Bunday MRT asboblari aniqroq tasvir beradi.

MRTning asosiy qo‘llanish sohasi bosh va orqa miya hisoblanadi. Bosh miyasining tomogrammalari barcha miya strukturalarining a‘lo darajadagi tasvirini beradi. Bunda qo‘shimcha kontrast moddaga ehtiyoj yo‘q. MR – tomografiya umurtqa pog‘onasi diskklarini ko‘rishda ham bebaho hisoblanadi.

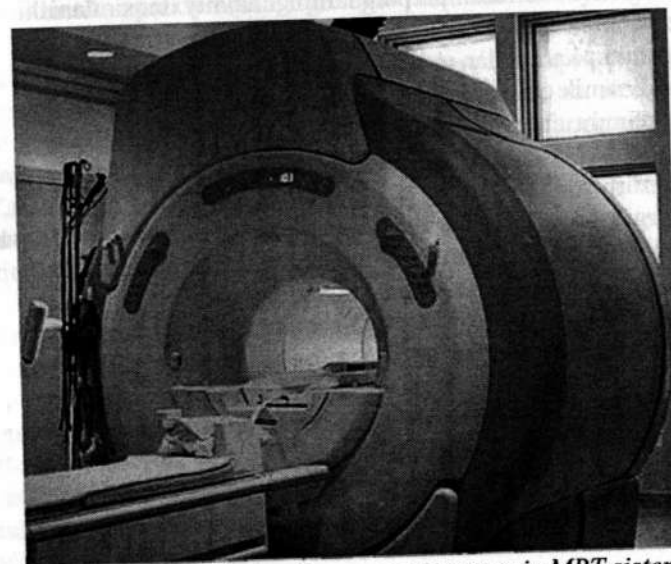
Hozirgi kunda MR – tomografiya bo‘g‘imlar, tos sohasi organlari, ko‘kraklar, yurak va tomirlarni tekshirishda yanada keng qo‘llanmoqda.

MRT tekshiruvini bemorda elektron-mexanik asboblari (kardiostimulyatorlar), metall klipsalar (bosh miya arteriyalarida) bo‘lsa o‘tkazilmaydi. Homiladorlikning dastlabki uch oyida, klaustrofobiya, yurakning ba‘zi kasalliklarda MRT ni o‘tkazish yoki o‘tkazmaslik individual ravishda hal etiladi. Ko‘p kichkina metall obyektlar (sun‘iy tishlar, jarrohlik choklari, sun‘iy yurak klapanlarining ba‘zi turlari, stentlar) tekshiruv o‘tkazishga xalaqit bermaydi.

Boshqa usullar singari MRT diagnostikasi ham o‘z kamchiliklardan xoli emas. MRT ning asosiy kamchiliklariga tekshiruvning uzoq vaqt davom etishi, mayda toshlar va kaltsinatlarni aniqlab bo‘lmasligi, qurilmaning murakkabligi, unga bo‘lgan maxsus talablar kiradi. MRT ni hayotiy jarayonlarni ta‘minlab turuvchi maxsus apparatlarda yotgan bemorlarga o‘tkazish juda murakkab.



12.5-rasm. MRT ning tuzilish sxemasi.



12.6- rasm. 1, 5 Tesla maydonga ega zamonaviy MRT sistemasi.

12.6. Radionuklid diagnostika

Radionuklid diagnostika yoki yadro tibbiyoti – organizmga kiritilgan sun'iy radioaktiv moddalar nurlanishini qayd qilishga asoslangan nurli diagnostika usulidir.

Radionuklid diagnostika uchun maxsus nishonlangan birikmalar (radiofarmpreparatlar) ning keng spektri ishlatiladi. Yutilgan ionizatsion nurlanishning energiyasi datchik kristallida ko'rinuvchi yorug'likni qo'zg'atadi, u esa o'z navbatida tok impulsiga aylantiriladi. Signal quvvatini tahlil etish nurlanish intensivligini aniqlash imkonini beradi. Bu natijalar radiofarmpreparat tarqalishining ikki o'lchamli tasvirini olishda ishlatiladi. Tasvir bevosita monitor ekranida, fotoplyonkada yoki kompyuter qurilmalarida ko'rsatilishi mumkin.

Nurlanishlarni qayd qilish usuliga ko'ra radiodiagnostik asboblardan bir necha guruhlarga bo'linadi:

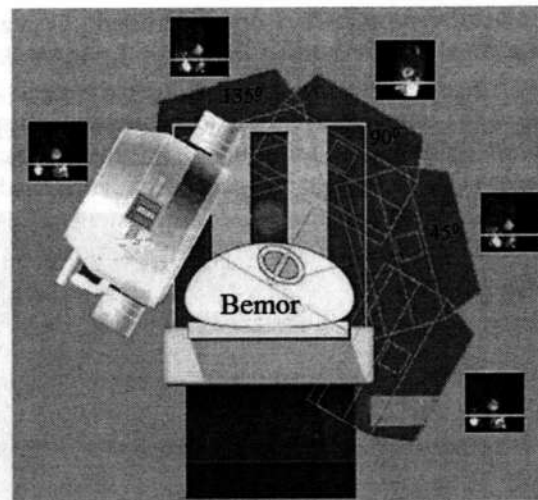
- radiometrlar-butun tananing radioaktivligini o'lchovchi asboblardan;
- radiograflar-radioaktivlikning o'zgarish dinamikasini qayd qiluvchi asboblardan;
- skanerlar-radiofarmpreparatlarning hajmiy taqsimlanishini qayd qiluvchi asboblardan;
- gamma-kameralar-radioaktiv indikatorning hajmiy tarqalishini statik va dinamik qayd qiluvchi asboblardan.

Zamonaviy klinikalarda radionuklid diagnostika uchun mo'ljallangan asboblarning ko'pchiligi turli xildagi gamma-kameralaridir.

Hozirgi gamma-kameralar katta diametrli detektorlar, bemor yotadigan stol va tasvirlarni yig'uvchi va qayta ishlovchi kompyuter sistemasidan iborat (12.7-rasm).

Radionuklid diagnostikaning rivojlanishidagi keyingi bosqich rotatsion gamma-kameraning yaratilishi bo'ldi. Ushbu asboblardan yordamida organizmdagi izotoplarning qatlam-qatlam taqsimlanishini tekshirish usulini bir fotonli emission kompyuter tomografiyasini qo'llash imkoniyati yaratildi.

Bir fotonli emission kompyuter tomografiyasi uchun bir, ikki yoki uch detektorli rotatsion gamma-kameralar ishlatiladi. Tomograflarning mexanik sistemalari detektorlarni bemor tanasi atrofida turli orbitalarda bo'ylab aylantirish imkonini beradi.



12.7-rasm. Gamma-kameraning tuzilish sxemasi.

Radiofarmpreparat (RFP) – ma'lum farmakologik va farmakokinetik xarakteristikalarga ega radioaktiv kimyoviy birikma. Tibbiy diagnostikada qo'llaniluvchi RFP larga yuqori talablar qo'yiladi: tayyorlashning osonligi, yarim yemirilish davrining qisqaligi, gamma-nurlanishning optimal energiyasi (100 – 300 keV) va ruxsat etilgan yuqori dozalarda kichik radiotoksiklik. Ideal radiofarmpreparat faqat ko'zda tutilgan organ va to'qimalarga yetib borishi lozim.

Zamonaviy radioaktiv izotoplarning tibbiy diagnostik amaliyotda qo'llanilishi havfsizdir. Aktiv modda (izotop) ning miqdori shu qadar kamki, u organizmga kiritilganida hech qanday fiziologik effektlar yoki allergik reaksiyalar kuzatilmaydi. Yadro tibbiyotida faqat gamma-nurlarini chiqaruvchi RFP lar ishlatiladi.

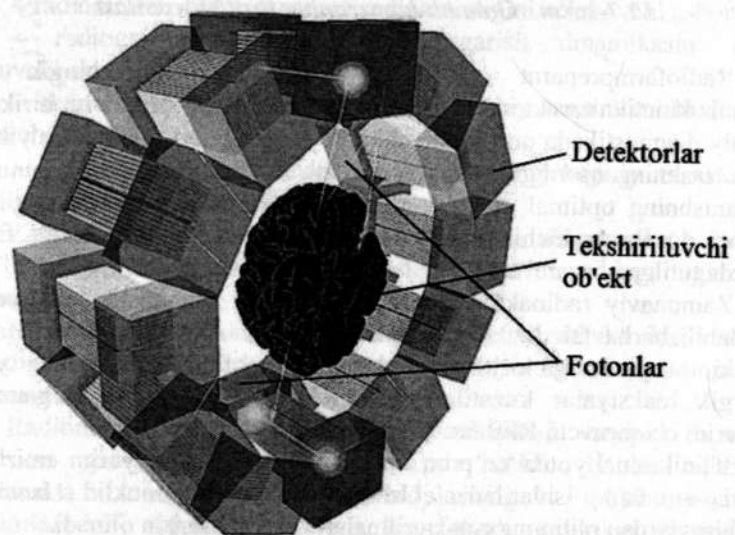
Klinik amaliyotda ko'proq texnetsiy – 99 izotopi (yarim emirilish davri – 6s.) ishlatiladi. Ushbu sun'iy radionuklid bevosita tekshiruvlardan oldin maxsus qurilmalar (generatorlar) da olinadi.

Radiodiagnostik tasvir doimo tekshiriluvchi organing vazifasini ko'rsatadi. Bu usul boshqa vizuallashtirish usullaridan funksional jihatni ko'rsatish bilan farqlanadi.

RFP ko'pincha vena tomirlari orqali kiritiladi. O'pkani tekshirish uchun preparat ingalyatsiya usulida kiritiladi. Tomografik radioizotop usullarning eng yangisi – pozitron emission tomografiyadir (PET).

PET usuli qisqa umr ko'ruvchi ba'zi radionuklidlarning yemirilish davrida pozitron chiqarishiga asoslangan. Pozitron massasi jihatidan elektronga teng, lekin musbat zaryadga ega zarrachadir. Pozitron organizmda atomlar bilan to'qnashib 511 keV energiyaga ega gamma-kvantlar (fotonlar) hosil qiladi. Detektorlar ushbu fotonlarni qayd qiladi. (12.8-rasm).

PET radionuklidlar konsentratsiyasini miqdoriy baholash imkonini beradi. PET uchun uglerod, kislorod, azot, fluor kabi elementlarning izotoplari qo'llaniladi. Bu elementlar bilan nishonlangan RFP lar organizm tomonidan yaxshi qabul qilinib, ular modda almashinuv jarayonida qatnashadi. Natijada hujayra darajasida amalga oshuvchi jarayonlarni ko'rish imkoniyati tug'iladi.



12.8-rasm. PET ning tuzilish sxemasi.

PET uchun dastlabki sistemalar XX asrning o'rtalarida paydo bo'lganiga qaramay, ularning klinik qo'llanilishi ancha sekin yuz bermoqda. Bunga sabab klinikalarda qisqa vaqt yashovchi izotoplarni

ishlab chiqarishning murakkabligi, ularning juda qimmatligi va natijalarni interpretatsiyasining murakkabligidir.

Radionuklid usulning afzalliklaridan biri uning turli patologik jarayonlarga nisbatan sezgirligi va to'qimalar metabolizmini baholash imkoniyatidir.



12.9-rasm. Zamonaviy PET-KT sistemasi.

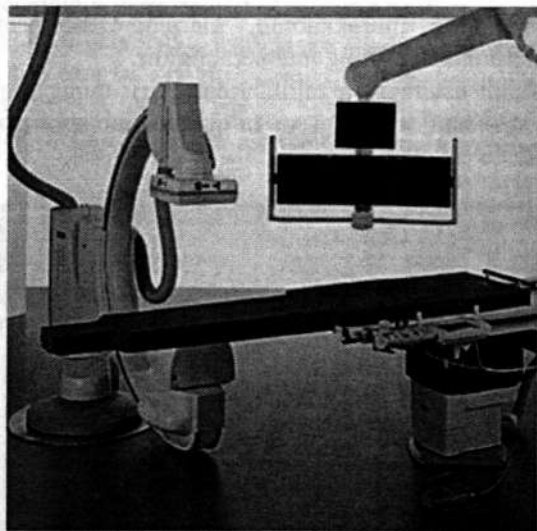
12.7 Angiografiya

Angiografiya – rentgen tekshiruv usuli bo'lib, tomirlarni tekshirish maqsadida ularga kontrast modda kiritishdan iborat.

Angiografiya arteriografiya, flebografiya va limfografiyaga bo'linadi. Limfografiya UTT, KT va MRT usullarining rivojlanib ketganligi sababli hozirda deyarli qo'llanmaydi.

Angiografiya maxsus rentgen xonalarida amalga oshiriladi. Ushbu kabinetlar operatsion xonalarining barcha talablariga javob beradi. Angiografiya uchun maxsus rentgen apparatlari (angiografik qurilmalar) qo'llaniladi. (12.10-rasm).

Kontrast modda tomirga shpris yordamida yoki maxsus avtomatik injektor yordamida kiritiladi.



12.10-rasm. Zamonaviy angiografik qurilma

Angiografiyani amalga oshirish uchun tomirga katetr orqali kontrast modda kiritilib, uning tomirlar orqali o'tishi suratga tushiriladi.

Angiografiyaning yana bir ko'rinishi koronaroangiografiya hisoblanadi (KAG) – koronar tomirlar va yurak kameralarini tekshirish usuli. Ushbu usul juda murakkab bo'lib, rentgenologning maxsus tayyorgarligi va murakkab jihozlarni talab qiladi.

Angiografiya yordamida ballon angioplastikasi, stentlash kabi jarrohlik muolajalari bajariladi.

12.8 Intervension radiologiya

Intervension radiologiya – kasalliklarni davolash va diagnostikasi maqsadida nurli diagnostika usullarini va maxsus asboblarni qo'llashga asoslangan tibbiyot sohasidir.

Intervension usullar katta jarrohlik muolajalar o'rnini bosishi mumkin.

Dastlabki periferik arteriya stenozini teri ostidan davolashni amerikalik shifokor Charlz Dotter 1964-yilda amalga oshirgan. 1977-yilda shveysariyalik shifokor Andreas Gryunttsig balonli katetr yasab,

stenozga uchragan koronar arteriyaning dilatatsiya (kengaytirish)sini amalga oshirdi. Ushbu usul ballon angioplastikasi deb ataladi.

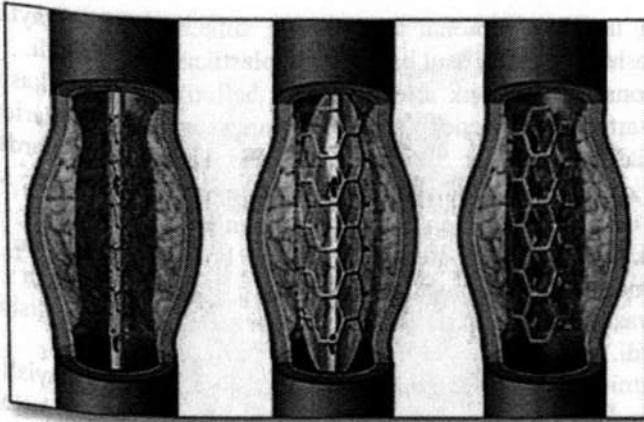
Koronar va periferik arteriyalarning ballon angioplastikasi hozirgi davrda arteriyalar stenozini davolashning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Arteriyalar stenozga qaytadan uchragan hollarda ushbu muolaja qayta-qayta amalga oshirilishi mumkin. Arteriyalar stenozga tez-tez uchramasligi uchun o'tgan asrning o'rtalaridan boshlab endovaskulyar protezlar-stentlar ishlatila boshladi. Stent-bu g'ovak trubkasimon konstruksiya bo'lib, u toraygan joyga ballon dilatatsiyasidan so'ng o'rnatiladi. Ochilgan stent stenoz bo'lishiga yo'l qo'ymaydi.

Stentni o'rnatish diagnostik angiografiya kritik torayish joyini aniqlaganidan so'ng amalga oshiriladi. Stent uzunligi va o'lchamiga ko'ra tanlanadi (12.11-rasm).

Klinik amaliyotda qo'llaniladigan yana bir muhim endovaskular muolaja – tomirlarning embolizatsiyasi (berkitish)dir. Embolizatsiya ichki qon ketishlarini to'xtatish, anevrizmalarni davolash yoki havfli o'smalarni oziqlantiruvchi tomirlarni berkitish uchun qo'llaniladi. Hozirgi vaqtda embolizatsiya uchun samarali sun'iy materiallar, po'latdan yasalgan mikroskopik spirallar ishlatiladi.

Patologik jarayon aniqlanganidan so'ng ko'pincha intervension radiologiyaning punktsion biopsiya usuliga murojaat etiladi. Tekshirilayotgan joyning morfologik tuzilishini bilish davolash yo'lini to'g'ri tanlash imkonini beradi. Punktsion biopsiya rentgenologik, UT yoki KT – nazorati bilan olib boriladi.

Hozirgi vaqtda intervension radiologiya faol rivojlanmoqda va ko'p hollarda katta operatsiyalar qilmasdan davolash imkonini bermoqda.



12.11- rasm. Ballon angioplastikasi va stentlashni amalga oshirish sxemasi

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

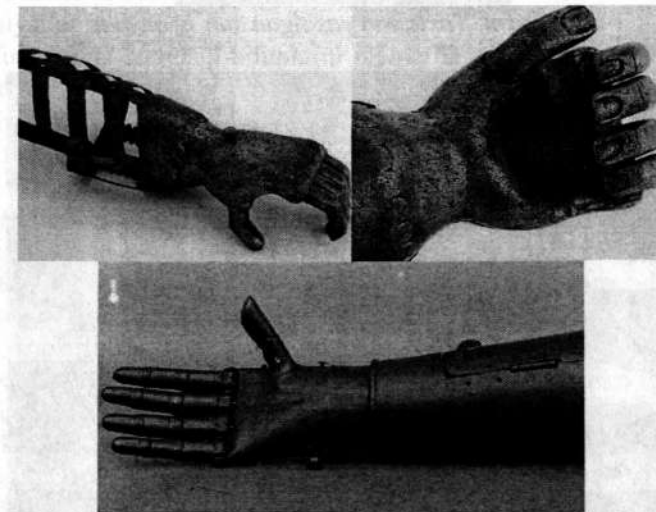
1. Rentgen nurlanishi qanday energiyaga ega?
2. Rentgen nurlari tibbiyotda nima sababdan qo'llaniladi?
3. Rentgen trubkasining anodlari qanday materiallardan yasaladi?
4. «Yumshoq» va «qattiq» rentgen nurlanishlari nimasi bilan farqlanadi?
5. Rentgenoskopiyaning asosiy kamchiligi nimadan iborat?
6. Ultratovush diagnostikasida qanday fizik omil qo'llaniladi?
7. Kompyuter tomografiyasi kim tomonidan kashf etildi?
8. Kompyuter tomografiyasi qanday imkoniyatlarga ega?
9. Multispiral KT qachon paydo bo'lgan?
10. YaMR hodisasini tushuntiring.
11. MR – tomograflarda qanday magnit maydoni ishlatiladi?
12. MRT – diagnostikasi qanday hollarda o'tkazilmaydi?
13. MRT va kompyuter tomografiyasi usullari nima bilan farqlanadi?
14. Radionuklidli diagnostikada qanday moddalar qo'llaniladi?
15. Angiografiya usuli qanday hollarda qo'llaniladi?

13-BOB. ELEKTRONIKANING BIOMEXANIKA VA PROTEZLASHDA QO'LLANILISHI BIONIKA ASOSLARI

13.1. Bionika tarixi

Oyoq-qo'llar yoki boshqa organlarning yo'qotilishi inson uchun katta muammo keltirib chiqaradi. Ba'zi hollarda inson bu holatga ko'nikib yashaydi. Lekin zamonaviy protezlash vositalari bunday insonlarga katta imkoniyatlar yaratadi.

13.1-rasmda XVI asrda yashagan ritsarning qo'l protezi tasvirlangan. Bu barmoqlar ma'lum bir holatlarga kaftning ichkari qismidagi tugma yordamida harakatga keltirilishi mumkin. Ushbu moslama qo'lda turli buyumlarni ushlab va hatto yozishga imkon bergan.



13.1-rasm. XVI asrda yasalgan ritsarning qo'l protezlari.

XVII asrda temirdan yasalgan ushbu qo'lda maxsus mexanizm mavjud bo'lib, u qo'lni boshqarish imkoniyatini bergan.



13.2-rasm. Taxtadan yasalgan sun'iy qo'llar.



13.3-rasm. XIX – XX asrlarda tayyorlangan protezlar (ular AQSH dagi Fan muzeyida saqlanadi).

13.2. Zamonaviy bionik protezlar

Bionika amaliy fan bo'lib, o'zida biologiya va texnikani mujassamlashtiradi. Tirik tabiat olimlarga texnik qurilmalar uchun yechimlar topishga yordam beradi. Bionika ikki turga bo'linadi: biologik sistemalardagi jarayonlarni o'rganuvchi biologik bionika, ushbu jarayonlarning matematik modellarini yaratuvchi matematik bionika va texnik bionika.

«Bionika» termini dastavval 1960-yilda paydo bo'lib, bu fan biologiyani matematika, fizika, kimyo va texnika o'rtasidagi o'ziga xos ko'priq bo'lib xizmat qila boshladi. Bionikaning asosiy vazifalaridan biri-fizik-kimyoviy va informatsion jarayonlar orasidagi bog'lanishni o'rnatishdan iborat. Bunday jarayonlar tirik tabiat va texnikada uchraydi.

Bionika kibernetika, radioelektronika, aeronavtika, biologiya, tibbiyot, qurilish va arxitektura uchun juda muhim ahamiyatga ega. Bionika tirik tabiatdan ratsional nusxa olish, biologik obyektlar, jarayonlar va hodisalarni maqsadga muvofiq ishlatish uchun texnik imkoniyatlar izlaydi.

Tirik tabiat haqidagi bilimlarni injenerlik maqsadida qo'llashni ilk bor Leonard da Vinchi taklif etgan edi. Lekin bionikaning rasmiy tan olinishi kuni deb 1960-yilning 13-sentabri qabul qilingan. Aynan shu kuni sun'iy sistemalarning tirik prototiplariga bag'ishlangan Amerika milliy simpoziumi o'tkazilgan edi.

Bionika so'zi qadimgi yunonchadagi «bion» – hayot yacheykasi degan so'zdan olingan. Oxirgi vaqtda bu fan juda tez sur'atlarda rivojlanmoqda. Bu hol fanlarning «giga» va «nano» darajasiga yetganligi bilan chambarchas bog'liq. Zamonaviy bionika juda kichik tabiiy konstruksiyalarni katta aniqlikda kopiya qilish imkoniga egadir. Bionika sohasidagi asosiy ishlar o'z ichiga asab sistemasini o'rganish va nerv tolalarini modellashtirish, sezgi organlarini tadqiqot etish va sezgi datchiklarini ishlab chiqarish, tirik organizmlarning biokimyoviy va fiziologik xususiyatlarini o'rganishni va ba'zi boshqa masalalarni oladi.

Bionikaning alohida yo'nalishi neyrobionikadir. Bu yo'nalish nerv hujayralari va neyron to'rlarini inson va boshqa tirik mavjudotlarning asab sistemasini o'rgangan holda modellashtirish bilan shug'ullanadi.

Bioelektronika sohasidagi tadqiqotlar ancha yillardan buyon olib boriladi. Biologik elektronika inson sog'lig'i, moddalar almashinuvi va mushaklar ishini imitatsiya qilish masalalari bilan shug'ullanadi.

Organizmga kiritiladigan integral sxemalar molekullarning o'zaro ta'siriga asoslanib ishlaydi. Organizmda kechadigan jarayonlarni boshqarish hujayra darajasida olib boriladi. Lekin hozirgi vaqtda hech kim ular organizmga qanday ta'sir ko'rsatishi mumkinligini oldindan aytib bera olmaydi. Hozirgi vaqtda bevosita organizmga kiritilgan chiplar bilan dunyo bo'yicha o'nga yaqin kishigina yuribdi.

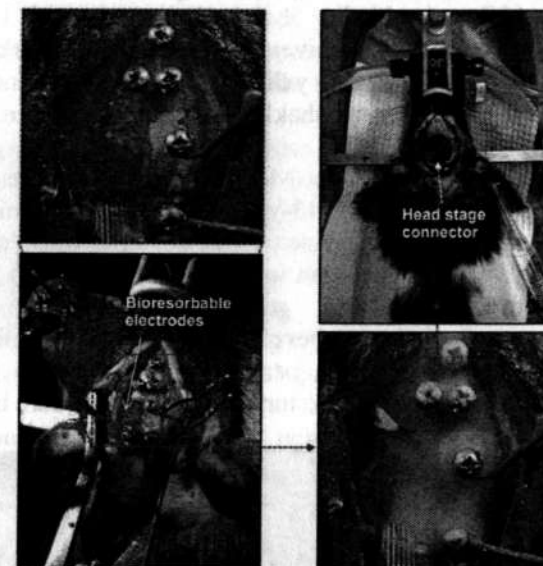
Xitoy va AQSH dagi ikkita ilmiy guruh bir biridan mustaqil ravishda inson miyasiga kiritish mumkin bo'lgan elektron qurilmalarni taqdim etdilar. Eng e'tiborli tomoni shunda-ki, ular biologik jihatdan havfsiz va keyinchalik organizmga singib ketadi.

Nil Xarbisson ismli insonda antenna ko'rinishidagi sensor bo'lib (13.4-rasm), u yoshligidan rang ajratish qobiliyatiga ega emasligiga qaramay, hozir bu sensor yordamida ranglarni tovushlar orqali «sezadi». Bunday insonlar «Bioxakerlar» deb ataladi. Hozircha ular juda kam. Ularning ko'payishi balki havf tug'dirishi ham mumkin. Chunki ulardan ba'zilar o'zlariga kiritilgan chiplarni kompyuter viruslarini tarqatish maqsadida ham qo'llashdi.



13.4-rasm. Rang ajratish qobiliyatini yo'qogan Nil Xarbisson ismli bemorga qo'yilgan sensorning ko'rinishi.

13.5-rasmda kalamush miyasiga o'rnatilgan elektrodlar tasvirlangan. Bunday elektrodlar EKG, EEG kabi ma'lumotlarni aniq yozib olish imkonini beradi.



13.5-rasm. Kalamush miyasiga o'rnatilgan elektrodning ko'rinishi.

Buyuk Britaniyaning RSL Steeper kompaniyasi hozirgi davrda eng yetakchi kompaniya bo'lib, protezlash sohasida 90 yillik tajribaga ega. Ushbu kompaniya 2010-yilda BeBionic deb nomlangan yangi bionik qo'llarni butun dunyoga ko'rsatdi. O'sha vaqtga kelib katta kishilarga mo'ljallangan sun'iy qo'l faqat to'rtta funksional vazifani bajara olgan. Lekin uning yordamida ovqat yeyish, ichish, kalitni burash, kichik narsalarni ushlab mumkin edi. Bunday qo'lli inson tuxumlarni sindira olishi va qog'oz stakanni ushlab mumkin edi. Chunki protezdagi datchiklar qo'l ko'rsatayotgan bosimni ham o'zgartirib berishi mumkin edi. 2013-yilda bunday qo'l protezining narxi 100 ming dollar atrofida edi.

Navbatdagi masala uning narxini tushirish edi. 2013-yilda qo'l protezlarining ko'p qismlari 3D-printerda bosib chiqarila boshladi. Bunday protezlar har bir barmoq uchun bir-biriga bog'lanmagan

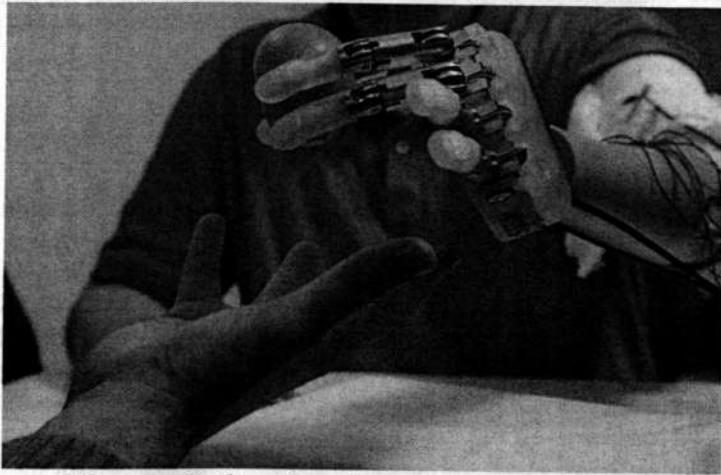
simlarga, taktil teskari aloqaga ega bo'lib, teridan kelayotgan signallarni inobatga olish xususiyatiga ega. Qurilmaning kaftida elektr simlar va boshqaruvchi plato mavjud.

Bunday printerlarni qo'llash natijasida bitta protezning narxi atigi 350 dollarni tashkil eta boshladi.

2014-yilda Djon Xopkins Universiteti gospitalida ikkita qo'l protezi ishlab chiqilib, u ikkita qo'li yelkasidan uzilgan insonda sinaldi. Protezni boshqarish ko'krak mushaklaridan kelayotgan signallar orqali amalga oshiriladi.

Cleveland Veterans Affairs Medical Center va Case Western Reserve University jamoasi 2013-yilda oyoq yoki qo'lning qolgan qismidagi nerv tolalariga ulangan sensorlarga ega protez ishlab chiqardi. Bu holda datchiklardan kelayotgan impulslar oddiy qo'ldan kelayotgan impulslardan farq qilmaydi.

Bunday protezlar miyaga bevosita ulangan bo'lib, falaj bo'lib yotgan insonga sezish imkonini beradi. Miyaga ulangan elektrodlar obyektning shakli, o'lchami va teksturasini sezishga yordam beradi.



13.6-rasm. Qo'l nerviga ulangan protezning ko'rinishi.

Asab sistemasi ma'lumotni retseptorlar (ma'lum tashqi qo'zg'atuvchilarga: mexanik, yorug'lik, tovushga sezgir nerv hujayralari) dan miya markazlariga uzatadi. Retseptor qo'zg'alish olganida u signal yuboradi.

Agar miya markazlaridan kelayotgan impulslar kaftlar harakati yordamida boshqarilsa, impulslar chastotasi kaft qanchalik qattiq siqilsa, shunchalik yuqori bo'ladi. Ushbu impulslar chastotachi bir necha o'n Hz dan $300 \div 500$ Hz gacha o'zgaradi. Lekin ularning amplitudasi doimiy (0,1 V atrofida) bo'lib qoladi. Impulslar amplitudasi qo'zg'alish darajasiga bog'liq bo'lmay, balki aynan shu nervning xususiyatlari bilan aniqlanadi. Impulslarning tarqalish tezligi 100 m/s dan oshmasligi ma'lum.

Boshqaruvchi nerv impulslari elementar mushak tolalarini qo'zg'atib, bunda uning bioelektrik potentsiali o'zgaradi. Ushbu tola ikki holatda bo'lishi mumkin: qisqarish yoki bo'shashish. Bu elektrik signallar teri ostidagi va tana ustidagi mos mushaklardan olinadi. Signallar kuchaytirilganidan so'ng turli texnik moslamalarni boshqarish uchun ishlatiladi. Mushaklarning qisqarishi ularning bioelektrik potentsiallarining o'zgarishiga to'g'ri proporsional. Ushbu potentsialni uzluksiz signaldan ajratib olib, uni quvvat kabi kattalik bilan ifodalasa bo'ladi.

Manipulyatorni boshqarish uchun ikki guruh mushaklarning (siquvchi va yoyuvchi) biosignallari ishlatiladi.

Elektrodlar tanaga teridan yoki rezinadan tayyorlangan remenlar yordamida biriktiriladi.

Bugungi kunda bioelektrik protezlar qo'lning juda ko'p funksiyalarini bajarishi mumkin. Bunday qo'llar mayda harakatlarni g'am bemalol amalga oshirmoqda. Protezlar hatto sezishi ham mumkin. Ular haroratni va predmetning yuzasi qanday materialdan yasalganini sezishi mumkin.

Elektronikaning bu sohadagi qo'llanilishi protezlar bilan chegaralanmaydi. Bioelektrik «qo'lqoplar» tufayli kosmonavt yoki g'avvos ishini yengillashtirishi mumkin. Inson mushaklarini kuchaytirish uchun energiya elektrik yoki gidravlik sistemalardan olinadi.

Hozirgi davrda sun'iy qo'llar radioto'lqinlar bilan ham boshqarilmoqda.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Bionik protezlarning vazifasi nimadan iborat?
2. Bionika fani qachon paydo bo'lgan?
3. Neyrobionikaning maqsadlari nimadan iborat?
4. Organizmga kiritiladigan integral sxemalar nimaga asoslanib ishlaydi?
5. «Bioxakerlar» kimlar?
6. Ko'z bioprotezlari qanday ishlaydi?
7. Biologik protezlarda signallar qanday uzatiladi?
8. Organizmga kiritiladigan integral sxemalar nimaga asoslanib ishlaydi?
9. Biologik protezlarni ishlab chiqarishda 3-D printerlarning roli.

14-BOB. TIBBIYOTDA NANOELEKTRONIKANING QO'LLANILISHI

14.1. Nanotexnologiyalarni diagnostikada qo'llash

Dunyodagi ko'pgina yetakchi olimlarning fikricha, tibbiy diagnostikaning kelajagi nanotexnologiyalarga bog'liqdir. Bunday texnologiyalar biologik materialdagi oqsillar, viruslar yoki DNKni sanoqli daqiqalarda aniqlanishi mumkin. Bir qaraganda, bu juda balandparvoz gapga o'xshasa-da, AQShlik olim professor Ch.Liberning biologik nanosensrlari diagnostik tibbiyotda haqiqiy to'ntarishni amalga oshirishi mumkin.

Ch.Liber boshchiligidagi bir guruh olimlar laboratoriyada o'stirilgan nanosimlar asosidagi yarimo'tkazgichli qurilmalarni yaratish ustida ishlashmoqda. Bir necha atom qalinligiga ega nanosimlar elektrodlar orasidagi juda yupqa platformada joylashib, nanotranzistorni hosil qiladi. Nanosimlarning yuzasiga oqsil-retseptorlar surtilib, ular biologik makromolekulalar bilan bog'lanish xususiyatiga ega bo'ladi. Bu ta'sir natijasida nanosimning elektr o'tkazuvchanligi o'zgaradi. Bu esa ma'lum bir substansiya aniqlangani haqida xabar beradi. 2004-yilda Ch.Liber laboratoriyasida nanosimlar asosida bittagina virusni ham aniqlay oladigan sensor yaratilgan.

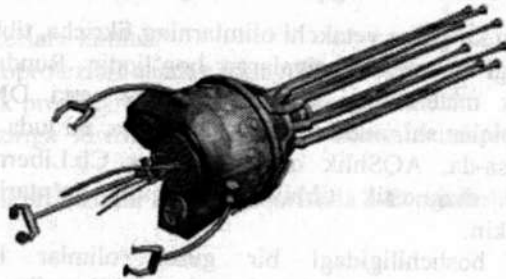
Shuningdek, shunday nanosensor yaratildi-ki, u bir vaqtning o'zida bir necha viruslarni aniqlaydi va farqlaydi. Bunday qurilmalar tibbiy diagnostikada muvaffaqiyatli qo'llanilishi mumkin.

Bundan tashqari, DNKning ma'lum ketma-ketligini aniqlovchi nanosensrlar ham mavjud. Bunday nanosensrlar mukovistsidozni keltirib chiqaruvchi mutatsiyaga uchragan genlarni 75 foiz hollarda aniqlashi mumkin.

Nanosensrlarni qo'llashning istiqbolli yo'nalishlaridan biri-o'sma kasalliklari diagnostikasidir. Bu usul o'sma oqsillarini aniqlab, davolash samaradorligini baholashda qo'llanilishi mumkin. Biochiplar-organizmdagi biokimyoviy o'zgarishlarga sezgir bo'lgan juda kichik qurilmalardir. Biochip o'zi nima? Bu – biologik makromolekulalar (DNK, oqsillar, fermentlar, hujayralar) ustiga surtilgan matritsa bo'lib,

bu makromolekulalar tekshirilayotgan eritmadagi tanlab, bog'lash xususiyatiga ega.

Biochip uchun matritsa shisha yoki geldan yasalgan 25x75x1 mm. o'lchamga ega slayddir. Ko'pincha bunday biochiplar ixtiyoriy skaner orqali o'qilishi mumkin.



14.1-rasm. Tibbiyotda qo'llaniladigan nanorobot (loyiha).

Hozirgi vaqtda genetik tekshiruv va hujayralarni tekshirish uchun ishlatiladigan biochiplar mavjud va mashhurdir. Ma'lum molekula (oqsillar)ning mavjudligini tekshirish uchun suyuqlikning butun oqimi maxsus tutqichlar tarmog'i orqali o'tkaziladi va ularda faqat bu tutqichlar sozlangan molekulalar ushlanib qolinadi.

Chipdagi shtrix-kodning har bir chizig'i maxsus antitelolar bilan qoplangan bo'lib, ular o'zi sozlangan oqsilni «kutadi» va ushlab qoladi. Qon bu chiziqlar bilan ta'sirlashganidan so'ng chip tekshiriladi. Shunda oqsillarni ushlab qolgan chiziqlar qizil rangli fluoressent nur chiqaradi. Keyin mikroskopda chipni tekshirib va maxsus kartaga qarab bu namunada qanday oqsillar borligini aniqlasa bo'ladi.

Keyingi 10 – 20 yilda olimlar barmoqdan olingan bir tomchi qonni 10 mingtalab tibbiy testlardan o'tkazishlari mumkin bo'ladi.

Mikrochiplarning amaliyotda qo'llanilishi bugunning o'zida quyidagi masalalarni yechishga yordam beradi:

- aniq tashxis qo'yish;
- kasallik borishini, genlarni aniqlash, davolashni aniq organga yo'naltirish;
- arzon va oddiy mikrochiplarni yaratish. O'nlab, yuzlab genlarni aniqlovchi mikrochiplarni yaratish.

Bugungi kunda klinik laboratoriya diagnostikasida vaqtni maksimal tejagan holda yuqori aniqlikka ega bo'lgan ma'lumotni olish imkoniga ega chip va skanerlar mavjud.

Rossiyada tuberkulyozni aniqlaydigan biochiplar akademik A. V. Mirzabekov tomonidan ishlab chiqilgan va amalda keng qo'llanilmoqda. Biochiplarni biotexnologlar o'ylab topishganiga qaramay, ularni ishlab chiqarishda quyidagi elektron kompaniyalar yetakchilik qiladilar: Hitachi, Matsushita, Fuji, Affymetrix.

14.2. Nanodiagnostika

O'tgan bir necha o'n yilda vizual metodlar kasallikka tashxis qo'yishda hal qiluvchi omil bo'lib xizmat qildi. Yadro-magnit rezonansi va kompyuter tamografiyasi juda yaxshi usullardir. Lekin nanotexnologiya diagnostika uchun yanada sezgir va juda aniq asboblarni yaratishga imkon beradi. Nanokompyuterlar yordamida hujayra va subhujayra darajasida tashxis qo'yish mumkin.

14.3. Hujayralarni ta'mirlashga qodir nanorobotlar (kiborglar)

E.Dreksler o'zining «nanosistemalar» deb atalgan mashhur asarida nanotexnologiyalarga asoslangan davolash va diagnostikaning asosiy usullarini ko'rsatib bergan.

Kelajakda shunday mashinalar yaratiladi-ki, ular nanorobotlar bo'lib, insonni qari holatdan yosh holatga keltirishlari mumkin. Organlar ustidagi operatsiyalardan biz molekulalar ustidagi operatsiyalarga o'tishimiz mumkin. Bunda millionlab robotlar organizmda buzilgan jarayonlarni qayta tiklashlari mumkin. Bunday robotlar DNKni boshqarib, diabet va allergiyalarni davolashlari mumkin. Nanorobotlar akustik yo'l bilan ovoz komandalarini kompyuter orqali yuborish asosida boshqariladi. Vrach nanorobotlarni boshqaradi. Robotlar dori vositalarini adresli yetkazishlari mumkin. Bunda dori faqat kasal organlarga yetkaziladi. Masalan, nur terapiyasi va kimyoviy terapiya kasal hujayralarni yo'qotish bilan bir qatorda sog'larini ham zararlaydi. Maxsus «SIM-dorilari»ning qo'llanilishi esa bunga chek qo'yadi. Nanorobotlar maxsus programmalarga binoan ishlaydi.

Nanotexnologiyalar fizika qonunlarini buza olmaydi. Shuning uchun nanotibbiyotning chegaralari bo'ladi. U insonga mangulik baxsh eta olmaydi, lekin inson hozirgiga nisbatan ancha uzoq yashay olishi mumkin. Nanorobotlar brigadasi besh yilda yoki uch yilda bir marta inson organizmini ko'rikdan o'tkazib, kerakli joylarni ta'mirlaydi. Inson 125 yil hayot kechirishlari mumkin. Nanotibbiyotning yutuqlari biologik qarishni to'xtatadi.

Yangi ming yillik XXI asr rivojlangan mamlakatlar iqtisodidagi katta o'zgarishlar bilan ajralib turadi. Bu iqtisodiy o'sishning poydevori – yuqori texnologiyalardir. Yuqori texnologiyalar bozori yuzaga kelib, bilimlarga asoslangan iqtisodni yaratishdagi birinchi qadam bo'lib xizmat qiladi. Insoniyat oldida katta masalalarni qo'yayotgan yo'nalishlardan biri nanotexnologiyalardir.

Yaqin davrda nanotexnologiya inson faoliyatining barcha sohalariga kirib, ishlab chiqarish, iqtisodiyot va, umuman, hayotni tubdan o'zgartirib yuboradi. Nanotexnologik revolyutsiya avvalgi texnik revolyutsiyalar – kompyuter va lazerlar bilan bog'liq revolyutsiyalardan ham keng miqiyosli bo'lishi ko'zda tutilmoqda. Nanotexnologiyalarni o'zlashtirish rivojlangan mamlakatlar iqtisodiyoti oldiga katta qadam qo'yadi, bu esa o'z navbatida injener va menejrlarning yangi avlodini talab qiladi. Shuning uchun har bir davlat uchun o'zining rivojlanish yo'lini o'z vaqtida topishi kerak.

Nanotexnologiyaning rivojlanishi tufayli butun dunyoda jurnallar, kitoblar chop etilmoqda. Bu mavzuda konferentsiyalar bo'lmoqda.

Nima uchun turli mamlakatlarda nanotexnologiya shunchalik qiziqishga sabab bo'lmoqda? Bu savolga javob berish uchun tushunchalarni bilib olaylik.

«Nano» qo'shimchasi grekcha «nano» – «mitti chol» ma'nosini berib, qandaydir birlikning milliarddan bir bo'lagini anglatadi. Bir nanosekund (10^{-9} sekund), bir nanoamper (10^{-9} amper), bir nanometr (10^{-9} metr) va h.k.

«Nanotexnologiya» so'zining ma'nosiga kelsak, bu juda murakkab tushuncha bo'lib, uning bir necha xil ta'rifi mavjud:

1. Yuz nanometrdan katta bo'lmagan elementlar bilan ish ko'ruvchi texnologiya.
2. Submikron elementlar bilan ish ko'ruvchi texnologiya.
3. Fizikaning yangi qonunlari qo'llaniladigan texnologiya.

4. Alohida atomlar va molekular darajasida materiyani boshqaruvchi materiya.

Nanotexnologiyaning uch klassifikatsiyasi mavjud: «ho'l», «quruq» va «kompyuterli».

«Ho'l» nanotexnologiya biologik sistemalarni o'rganish bilan bog'liq bo'lib, bu sistemalar suvli muhitda mavjud bo'ladi va membrana, fermentlar (biokatalizatorlar) va hujayrani boshqa komponentlarini o'z ichiga oladi.

«Quruq» nanotexnologiya fizikaviy kimyo bilan bog'liq bo'lib, uglerod, kremniy, turli metallar va boshqa noorganik moddalardan strukturalar olish bilan bog'liq (fullerenlar, nanotrubkalar). Uning oxirgi maqsadi – o'z-o'zini boshqaruvchi funksional qurilmalarni yaratishdan iborat.

«Kompyuterli» nanotexnologiya murakkab molekula va sistemalarni modellashtirish ularning turg'unligi va o'zgarishini hisoblash bilan bog'liq.

14.4. Nanotexnologiyaning qisqacha ta'rifi

Nanotexnologiyaning yaratilishi boshida Amerikalik fizik, nobel' mukofoti laureati Richard Feynman turadi. 1959-yilda u o'zining mashhur «Pastda hali joy ko'p» deb nomlangan ma'ruzasini o'qidi. Bu ma'ruzada u elementlarni nanometrlargacha kichraytirish mumkinligini, elektron mikroskoplarning ko'rsatish qobiliyatini 100 va undan ortiq marta oshirish mumkinligini va materiyani atom va molekular darajada boshqarish imkoniyati borligini aytib o'tdi. O'shanda u: «mening fikrimcha, fizikaning prinsiplari alohida molekularni boshqarishga xalaqit bermaydi». Bu so'zlar aytilganda na integral sxemalar, na mikroprotsessorlar, na lazerlar va na kompyuterlar bor edi.

1966-yilda R. Yan p'ezodvigatellar haqida fikr berdi. Hozirgi kunda ular 0. 1-0. 01 Å aniqlikka ega tunnel va atom mikroskoplarida ishlatiladi.

1974-yilda yapon fizigi Norio Paniguchi fanga «nanotexnologiya» so'zini kiritdi.

1982-yilda IBM firmasining Shveysariya filiali xodimlari alohida atomlarni ko'ra oluvchi skanerlovchi tunnel mikroskopini yaratdilar. Buning uchun ular 1986-yilda Nobel mukofotini oldilar.

1986-yilda tunnel mikroskopining ixtirochilari yana bir yangi mikroskop – atom-kuch mikroskopini yaratishdi. Bu mikroskop alohida atomlarni nafaqat ko‘radi, balki ularni boshqaradi ham.

1985-yilda Erik Dreksler «yaratish mashinalari» degan kitobni chop ettirdi. Bu kitobda u molekular o‘z-o‘zini tiklovchi robotlarni ko‘rib chiqdi. Bu robotlar molekularni yig‘ishi, ularni sochishi, nanokompyuter xotirasiga qayta tiklashi (replikatsiya) va bu programmalarini amalga oshirishi (o‘z-o‘zini qayta tiklashi) mumkin. Dekslarning ba‘zi bashoratlari XX asrning 90-yillarida amalga osha boshladi, bu uning bashoratlari real ekanligidan dalolat beradi.

Umuman olganda, nanotexnologiyani ikkita yirik yo‘nalishga nanomateriallar texnologiyasiga va molekular nanotexnologiyaga ajratish mumkin.

14.5. Nanotibbiyot

Zamonaviy tibbiyot bugungi kunda nanotexnologiyalarning yutuqlarini aktiv ravishda qo‘llashni boshlamoqda va o‘zining rivojlanishida yangi yo‘nalish – nanotibbiyotni hosil qilmoqda.

Bugungi kunda nanotibbiyot tushunchasining to‘liq ta‘rifi yo‘q. Shuni aytish mumkinki, nanotibbiyot – bu insoniyatning deyarli barcha bilimlarini qamrab oluvchi va zamonaviy faning yutuqlariga asoslangan tibbiyotdir.

Nanotibbiyot tibbiyot fanining faol rivojlanayotgan yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, inson organizmi biologik sistemalarini molekular darajada kuzatish, tuzatish, genetik korreksiyasi va nazoratini, nanoqurilmalar, nanostrukturalar va informatsion texnologiyalarni qo‘llagan holda amalga oshiradi. Sodda qilib aytganda, nanotibbiyot: an’anaviy, klassik tibbiyot, yadro fizikasi va molekular kimyoning uyg‘unligidir. Nanotibbiyotning faoliyati nanotexnologiyalar yutuqlarini davolash va organizmni biologik yoshartirishda qo‘llashga yo‘naltirilgan.

Nanotibbiyot fan sifatida nafaqat inson organizmi funksional holatlarini boshqarishning mavjud usullarini yaxshilashga, balki davolashning yangi usullarini kiritishga mo‘ljallangan. Tibbiyotdagi bu sifat o‘zgarishi yangi fizikaviy prinsiplar, informatsion va telekommunikatsion texnologiyalar, nanokompyuterlar va nanorobotlarning ishlatilishi hisobiga amalga oshiriladi. Nanotexnologiyalarning zamo-

naviy holati va rivojlanish istiqbollari nanotibbiyotning yanada hayotimizga kirib borishiga sharoit yaratadi.

Nanotibbiyotning rivojlanishi haqida so‘z borganida, quyidagi yo‘nalishlar nazarda tutiladi:

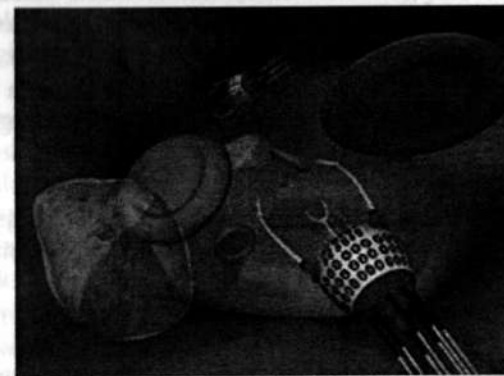
- inson hayotini uzaytirish;
- sun‘iy aql idrokka ega nanokompyuterlarni, shu jumladan, molekula va atomlar o‘lchamlariga teng nanorobotlarni kasallikka sabab bo‘luvchi patologik holatlar va infeksiyon agentlarni yo‘q qilish uchun qo‘llash;
- inson genomini genetik korreksiya qilish uchun moddalarning alohida tarkibiy elementlari, atomlari va molekularini maxsus texnika yordamida boshqarish;
- informatsion va telekommunikatsion usullarni rivojlantirish;
- inson organizmining funksional holatini nanokompyuter texnologiyalar yordamida boshqarish.

Shuning uchun klassik tibbiyotdan nanotibbiyotga o‘tish – bu miqdoriy o‘tish bo‘lmay, sifat o‘tishidir.

Shunday qilib, nanotibbiyot endi moddaning o‘zi bilan emas, balki uning tarkibidagi elementlar bilan ishlaydi.

Nanotibbiyotning o‘ziga xosligi shundan iboratki, u juda murakkab jarayon bo‘lib, unda yangi usullar va yechimlar qo‘llaniladi.

Shunday qilib, nanotexnologiyalarni tibbiyotda qo‘llanilishi eski, vaqt bilan sinovdan o‘tgan usul va texnologiyalarga yangi hayot beradi.



14.2-rasm. Organik bog‘larni (DNK) tiklovchi nanorobotning prototipi (o‘lchami 150x50x8 nm).

Nanotibbiyot nimalarga qodir? Dunyo juda tez o'zgarimoqda va avval fantastika deb hisoblangan narsalar realikka aylanmoqda. Nanotibbiyot va nanotexnologiyalar bizning inson haqidagi tasavvurimizni umuman o'zgartirib yuboradi. Sistemalar, organlar va to'qimalar regeneratsiyasini mo'jizakor amalga oshiruvchi, genetik kasalliklar muammosini hal qiluvchi, shuningdek, biologik qarishning oldini oluvchi nanotibbiyot haqida gapirganda, biz fan texnika revolutsiyasini nazarda tutamiz. «Nanotibbiyot» nomli revolutsiya bugundan boshlanmoqda.

Zamonaviy nanotibbiyotning holati va istiqbollari kibernetik nanotibbiyotning rivojlanishiga yo'l ochmoqda. Uning usullari endi laboratoriya sharoitlarida o'rganilayapti. Lekin ko'pgina mutaxassislarning fikriga ko'ra aynan shu nanotexnologik usullar XXI asrda asosiy bo'lib qoladi. Inson uchun Amerika Milliy Sog'liqni Saqlash instituti nanotibbiyotni XXI asrdagi tibbiyotning eng rivojlanuvchi sohalar beshtaligiga kiritdi. Saraton kasalligining Amerika Milliy instituti esa nanotibbiyot yutuqlarini saratonni davolashda qo'llash arafasida. Nanotexnologiyalarni onkologiya, kardiologiya, infeksiyon kasalliklar terapiyasida ishlatish bu kasalliklarni havfli kasalliklar ro'yxatidan chiqarib tashlaydi va barcha insonlar yanada ko'proq hayot kechiradilar.

Fan shunchalik tez taraqqiy etmoqda-ki, bir necha yildan so'ng nanotibbiyot internet kabi ommabop bo'lib qoladi.

Avvalgi ilmiy-texnik revolutsiyalarda inson tabiat yaratgan materiallarni borgan sari aniq nusxalarini yaratgan. Nanotexnologiyalar sohasidagi siljish umuman boshqa narsadir. Birinchi bor inson avval tabiatda noma'lum bo'lgan yoki yasab bo'lmagan materiyani yaratmoqda. Aslida fan zamonaviy fanga ma'lum bo'lmagan qonunlar ishlaydigan tirik materiyaning qurilishi prinsiplarini modellashtirishga kelib qoldi. Ko'pchilik nano molekulalarni kvant mexanikasi qonunlarini hisobga olmagan holda tasvirlashga harakat qiladi. Lekin «nanotexnologik» usullar bilan ishlovchi molekulani umuman tasvirlab bo'lmaydi. Uni bizning tushunchamizdagi ko'rinishi yo'q.

Hozirgi vaqtga kelib dunyoning birorta mamlakatida nanotexnologik qurilmalarni nazorat qiluvchi standartlar mavjud emas. Hozir faqagina tayyor nanotexnologik qurilmalarni bevosita tekshirish mumkin xolos. Tabiiyki, nanotexnologiyaning qimmatligi va davlat

sirini saqlash zarurligi davlatning moliyaviy ishtiroki zarurligini nazarda tutadi.

Nanodiagnostika. O'tgan bir necha o'n yilda vizual metodlar kasallikka tashxis qo'yishda hal qiluvchi omil bo'lib xizmat qildi. Yadro-magnit rezonansi va kompyuter tomografiyasi juda yaxshi usullardir. Lekin nanotexnologiya diagnostika uchun yanada sezgir va juda aniq asboblarni yaratishga imkon beradi. Nanokompyuterlar yordamida va subhujayra darajasida tashxis qo'yish mumkin.

Nanotibbiyotning asosiy tushunchalari va imkoniyatlari.

1. **Nanorobotlar** – kelajak nanomashinalari avlodi. Ular tashqi muhitni sezib, uning o'zgarishlariga moslashadi, qiyin hisob-kitoblarni amalga oshiradi, muloqot qiladi, harakatlanadi, molekulalarni yig'adi, ta'mirlaydi va hatto ko'payadi.

2. **Nanokompyuterlar** – yordamida nanorobotlar boshqariladi.

3. **Hujayra regeneratsiyasi** – Organizm hujayralari juda kichik bo'lgani uchun ularni davolash juda murakkab. Lekin nanotexnologiyalar yordamida bu ish oson amalga oshadi. Nanorobotlar yoki boshqa qurilmalar molekula va atomlarni ta'mirlashga qodir bo'ladi.

4. **Qarilik.** Nanoqurilmalar qarishning ba'zi alomatlarini yo'qotishlari mumkin. Masalan, lazer texnologiyasi hozirgi vaqtning o'zida ajinlar va dog'larni ketkazadi. Kelajakda kuchli nanotexnologiyalar yordamida bu alomatlarini butunlay yo'qotish ko'zda tutilgan.

5. **Saratonni davolash.** Bugungi kunda nanotexnologiyalar bu kasallikni davolashda muvaffaqiyatli qo'llanilib kelinmoqda. Nanoqurilmalarning funksiyasini bevosita saraton hujayralariga yo'naltirsa bo'ladi. Bunda faqat saraton hujayralari yo'qotilib, sog' hujayralarga zarar yetkazilmaydi.

6. **Yurak-qon tomir sistemasining kasalliklari** yurak to'qimalarining kasallangan qismini regeneratsiya qilish nanorobotlarning imkoniyati chegarasidadir. Boshqa bir imkoniyat qon tomirlarini aterosklerotik «pilakcha» lardan tozalash bilan bog'liq.

7. **Qurilmalarni implantatsiya qilish.** Implantatsiya o'rniga nanorobotlar kerakli strukturani organizm ichida yaratishlari mumkin.

8. **Dorilarni yetkazish.** Dorilar bevosita kerakli joyga etkazib beriladi.

9. **Gen terapiyasi.** Nanotexnologiyalar nanorobotlarni organizmga kiritib, inson genomini o'zgartirish imkonini beradi. Bunda genomni korreksiya qilib, natijada turli gen kasalliklarini davolasa bo'ladi.

10. **Nanopinsetlar.** Bu qurilmalar nanostrukturalarning ishi uchun mo'ljallangan. Ular tanadagi nanoqurilmalarni bir joydan boshqa joyga o'tkazishlari mumkin. Nanopinsetlar asosan, nanotrubkalardan yasalgan bo'ladi.

11. **Suyaklar regeneratsiyasi.** Nanotexnologiyalarni qo'llagan holda suyaklar regeneratsiyasini tezlashtirsa bo'ladi. Nanozarrachalar turli kimyoviy tarkibga ega bo'lib, bu tarkib suyaklarni birlashtirishga yordam beradi, hatto, orqa miya shikastlanganida ham yordam berishi mumkin.

12. **Vizuallashtirish.** Nanotexnologiyalar tibbiy vizuallashtirish sohasida keng ishlatiladi. Bunday texnologiyalar aniq tashxis qo'yishga yordam beradi.

13. **Qandli diabet.** Qondagi qand miqdorini tekshirish uchun qon olinmasdan maxsus linzalar ishlatiladi. Ularning rangi o'zgarishiga qarab, qand miqdori haqida xulosa chiqarish mumkin.

14. **Jarrohlik.** Hozirgi vaqtda jarroh-robotlar mavjud. Nanojarrohlik istiqbolli soha bo'lib, unda ba'zi lazerlar turli jarrohlik operatsiyalarini bajaruvchi nanoqurilmalar sifatida ishlatilishi mumkin.

15. **Epilepsiya (tutqanoq)** hozirgi davrda kasallik hurujini boshqara oluvchi nanochiplar ishlab chiqarish ko'zda tutilmoqda.

16. **Teskari sensor aloqa.** Nanochiplar o'z tanasini his qilmaydigan insonlarga foydali bo'lishi mumkin. Buning uchun nanochiplar elektr impulslarini qayd qiladi va qayta ishlaydi.

17. **Protezlarni boshqarish.** Protezlash hozirga vaqtda rivojlanib bormoqda. Nanotexnologiyalar miya yordamida protezlarni boshqarish imkoniyatini beradi. Zamonaviy tibbiyotda bu maqsadda ishlatiluvchi nanochiplar mavjud.

18. **Tibbiy nazorat.** Nanotexnologiyalar yordamida organizmning turli sistemalarini nazorat qilish mumkin. Tanaga implantatsiya qilingan nanochiplar sog'liqni tekshirib, kompyuter yoki boshqa qurilmaga olingan axborotni uzatib turadi.

BOB YUZASIDAN NAZORAT SAVOLLARI

1. Nanotexnologiya deb nimaga aytiladi?
2. Nanosensorlar qanday ishlaydi?
3. Biochiplar qanday yaratiladi?
4. Nanodiagnostik usullarning imkoniyati qanday?
5. Nanotexnologiyaning qanday yo'nalishlari mavjud?
6. Nanorobotlarning ishlash printsiplari qanday?
7. Dorivor moddalarni adresli yetkazib berishning ma'nosini tushuntiring.
8. Nanotexnologiyaning qanday klassifikatsiyalari mavjud?
9. Hujayra regeneratsiyasi qanday amalga oshiriladi?
10. Nanopinsetlarning vazifasi nimadan iborat?
11. Nanotexnologiyalarning tibbiyotda qo'llanish istiqbollari qanday?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Хонбобоев А. И., Халилов Н. А. Умумий электротехника ва электроника асослари — Т.: «Ўзбекистон», 2000.—446 б.
2. A.N.Remizov Tibbiy va biologik fizika. T.: – O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi. 2005
3. Агаханян Т.М., Никитаев В.Г. Электронные устройства в медицинских приборах: Учеб. Пособие/ М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 510 с.
4. Nandini K. Jog. Electronic in medicine and biomedical instrumentation /Second edition. Delhi 2013.
5. А.С.Каримов ва бошқ. Электротехника ва электроника асослари: Олий ўқув юрти. талаблари учун дарслик. – Т.: Ўқитувчи, 1995. – 464 б.
6. Алейников А. Ф., Гридчин В. А., Цапенко М. П. Датчики (перспективные направления развития): Учеб. пособие / Под ред. проф. М. П. Цапенко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 176 с.
7. Гомоюнов К.К. Транзисторные цепи: Учеб. Пособие.: БХВПетербург, 2002. – 240 с.
8. Лаврентьев Б.Ф. Схемотехника электронных средств. Учеб. Пособие/ М.: – Академия, 2009.
9. В.О.Самойлов Медицинская биофизика, Санкт-Петербург: 2004.
10. Н.М. Ливенцев. Физика курси. Т.: 1978.
11. А.Н. Ремизов. Медицинская и биологическая физика. М.: 2013.
12. Антонов В.Ф и др, Медицинская биофизика. Физические поля организма человека. М.: 1993.
13. Ливенсон А. Р. Электромедицинская аппаратура. М: 1981.
14. Ливенцев Н. М., Ливенсон А. Р. Электромедицинская аппаратура. М. 1974.
15. Н.Нурматов, И.Бурибаев «Қаттиқ жисмларда фотоэлектрон эмиссияни ўрганиш». Тошкент: ЎЗМУ, 2000 й.

Интернет сайтлари

1. http://www.ph4s.ru/book_electronika.html
2. <https://www.freesealer.ru/aelsam/medelektronika/>
3. <https://avtomatika.kz/>
4. <http://studentam.net/>
5. <http://booka.ru/>
6. <http://medbiophys.ru/>
7. <http://medoborud.ru/>
8. <http://medulka.ru/biofizika/books-page/1>

MUNDARIJA

Kirish	3
1-BOB. TIBBIY ELEKTRONIKA ASOSLARI	5
1.1. Tibbiy elektron asbob va apparatlarning asosiy guruhlari.	5
1.2. Tibbiy elektronika. Tibbiy elektron asbob va apparatlarning asosiy guruhlari.....	8
1.3. Tibbiyot apparaturasining elektr xavfsizligi	9
1.4. Tibbiyot apparati bilan ishlashda texnika xavfsizligi.....	17
1.5. Tibbiyot apparaturasining ishonchligi	19
2-BOB. METROLOGIYA ASOSLARI	24
2.1. Metrologiya haqida asosiy tushunchalar	24
2.2. Elektr o‘lchash asboblari sinflashtirish. Shkaladagi shartli belgilar.	25
2.3. Metrologiyaning asosiy tushunchalari.	26
2.4. O‘lchashlarning turlari va usullari.	28
2.5. O‘lchash vositalarining klassifikatsiyasi.....	29
3-BOB. ELEKTR O‘LCHOV ASBOBLARI.....	32
3.1. Magnitoelektrik tizim asboblari	32
3.2. Elektromagnit tizim asboblari	34
3.3. Elektrodinamik tizim asboblari	35
3.4. Ferrodinamik tizim asboblari	36
3.5. Elektrostatik asboblar.....	37
3.6. Termoelektrik asboblar	38
3.7. To‘g‘rilagichli asboblar	38
3.8. Raqamli asboblar	39
3.9. Qayd qiluvchi asboblar. O‘ziyozar asboblar	39
4-BOB. TIBBIY-BIOLOGIK AXBOROTNI OLISH SISTEMASI.....	41
4.1. Tibbiy-biologik axborotni olish, uzatish va qayd qilishning tuzilish sxemasi.....	41
4.2. Bioelektrik signalni olish uchun elektrodlar	44
4.3. Noelektrik kattalikalarni elektr usullari bilan o‘lchash.....	47
4.4. Tibbiy-biologik axborot datchiklari	48
4.5. Signalni uzatish. radiotelemetriya	51
4.6. Analogli qayd qiluvchi tuzilmalar.....	53
4.7. Biopotensiallarni qayd qiluvchi tibbiyot asboblarning ishlash qonuniyati	57

5-BOB. ELEKTROGRAFIYANING FIZIK ASOSLARI	60
5.1. Elektrokardiografiya – yurakda qo'zg'alish dinamikasini tekshirish usuli.....	60
5.2. Elektroensefalograf apparati.....	64
5.3. Fiziologik jarayonlarni qayd qilish usullari.....	68
5.4. Akustik qayd qilish usullari.....	73
5.5. Qayd qilishning rentgenologiya usullari.....	77
5.6. Qayd qilishning optik usullari.....	79
5.7. Psixofiziologik tekshirish usullari.....	80
6-BOB. YARIMO'TKAZGICHLI ASBOBLAR	86
6.1. Yarimo'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi.....	86
6.2. Aralashmali yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchahligi.....	87
6.3. Elektron-teshikli o'tish.....	88
7-BOB. YARIMO'TKAZGICHLI DIODLAR	92
7.1. Yarimo'tkazgichli diod haqida umumiy tushuncha.....	92
7.2. Qo'sh qutbli tranzistorlar.....	96
7.3. Qo'sh qutbli tranzistorning statik rejimlari.....	99
7.4. Maydonli tranzistorlar.....	103
7.5. Tiristorlar.....	106
8-BOB. BIOLOGIK VA TIBBIY MAQSADLARDA QO'LLANILADIGAN DATCHIK VA BIOSENSORLAR	109
8.1. Biodatchiklar. Asosiy tushunchalar va ta'riflar.....	109
8.2. Biodatchiklarni ishlashning asosiy prinsiplari va metrologik xarakteristikalar.....	114
8.3. Kremniyli mikroelektron texnologiyaning asosiy bosqichlari.....	118
8.4. Uglrod oksidini aniqlovchi kimyoviy datchik.....	121
9-BOB. FOTOELEKTRON ASBOBLAR	125
9.1. Tashqi fotoeffektli fotoelementlar.....	125
9.2. Fotorezistorlar.....	129
9.3. Fotodiod.....	130
9.4. Fototranzistor.....	131
9.5. Fototiristor.....	132
9.6. Fotoelektrokolorimetr (FEK)ning ishlash prinsipi va uning tibbiy tashxis amaliyotidagi ahamiyati.....	134
10-BOB. ELEKTRON KUCHAYTIRGICH TURLARI	142
10.1. Umumiy ma'lumot.....	142
10.2. Kuchaytirgichlar tavsifi.....	143
10.3. Tranzistorlarda qurilgan bir kaskadli kuchaytirgichlar.....	144
10.4. Kuchaytirgich turlari va ishlash rejimi.....	146

10.5. O'zgaruvchan signallar kuchaytirgichni tanlash.....	148
10.6. Ko'p kaskadli kuchaytirgichlar.....	149
10.7. Bioelektrik signallarni kuchaytirish.....	151
Bioelektrik signallar monitoringi.....	151
11-BOB. GENERATORLAR	152
11.1. Elektr tebranishlar generatorlarining turlari.....	152
11.2. Tranzistorli garmonik tebranishlar generatori.....	153
11.3. Impulsi (relaksatsion) tebranishlar generatorlari.....	153
11.4. Elektron ossillograf.....	156
11.5. Elektron stimulatorlar, past chastotali fizioterapevtik elektron apparatlar.....	161
11.6. Yuqori chastotali fizioterapevtik elektron apparatlar. Elektroxirurgiya apparatlari.....	164
12-BOB. TIBBIY VIZUALLASHTIRISH USULLARI	168
12.1. Rentgenodiagnostika.....	167
12.2. Rentgenografiya va rentgenoskopiya.....	170
12.3. Ultratovush diagnostikasi (sonografiya, UTT).....	172
12.4. Kompyuter tomografiyasi.....	172
12.5. Magnit-rezonans tomografiya (MRT).....	174
12.6. Radionuklid diagnostika.....	178
12.7. Angiografiya.....	181
12.8. Intervension radiologiya.....	182
13-BOB. ELEKTRONIKANING BIOMEXANIKA VA PROTEZLASHDA QO'LLANILISHI. BIONIKA ASOSLARI	185
13.1. Bionika tarixi.....	185
13.2. Zamonaviy bionik protezlar.....	187
14-BOB. TIBBIYOTDA NANOELEKTRONIKANING QO'LLANILISHI	193
14.1. Nanotexnologiyalarni diagnostikada qo'llash.....	193
14.2. Nanodiagnostika.....	195
14.3. Hujayralarni ta'mirlashga qodir nanorobotlar (kiborglar).....	195
14.4. Nanotexnologiyaning qisqacha ta'rifi.....	197
14.5. Nanotibbiyot.....	198

**MUROTALI IRISALIYEVICH BAZARBAYEV,
ISLOM MULLAJONOV,
UMIDA MASHRUKOVNA ABDUJABBOROVA,
ABDUSAMAD ZOVIDOVICH SOBIRJONOV,
INDIRA SHAMSUTDINOVNA SAIDNAZAROVA**

TIBBIY ELEKTRONIKA

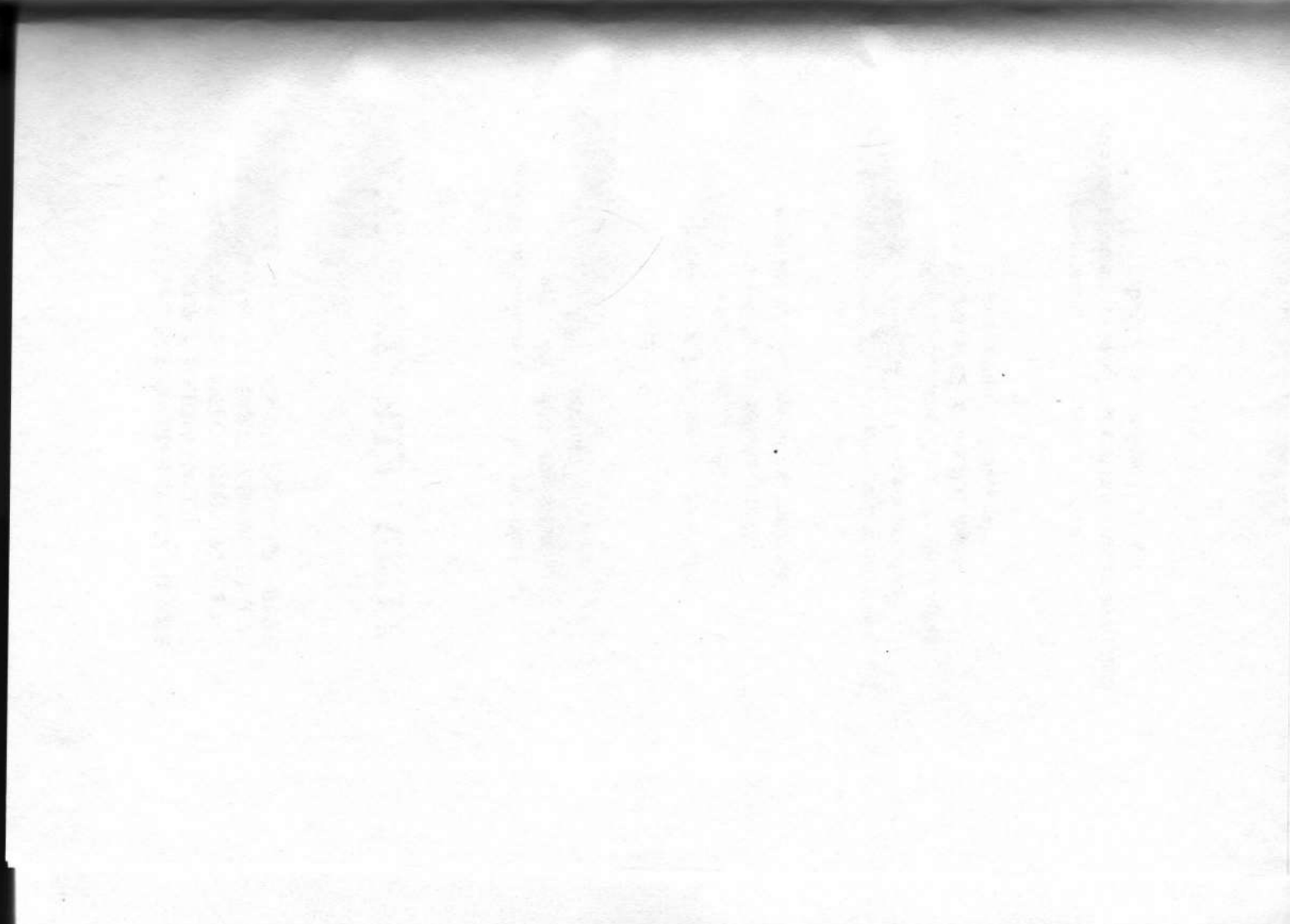
**«O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi»
nashriyot-matbaa birlashmasi
Toshkent – 2020**

**Nashr uchun mas’ul: I.Ashurmatov
Muharrir: A.Qobilov
Badiiy muharrir: F.Sobirov
Dizayner sahifalovchi: L.Abdullayev**

**Nashriyot litsenziya raqami AA № 0011. 06.05.2019 yil.
Bosmaxonaga 07.11.2020-yilda berildi.**

**Bichimi 60×84 ¹/₁₆ Shartli b.t. 12,0. Nashr t. 12,4.
Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 60.
Bahosi shartnoma asosida.**

**O‘zbekiston xalqaro islom akademiyasi
nashriyot-matbaa birlashmasi bosmaxonasida chop etildi.
100011. Toshkent sh. A.Qodiriy, 11.**





ISBN 978-9943-6528-8-0



9 789943 652880