

621.396

D14

Dilmurod Davronbekov,
O'tkir Matyokubov

RADIOTEKNIK QURILMALARINING ISHONCHLILIGI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI
TEKNOLOGIYALAR VAZIRLIGI
MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT
AXBOROT TEKNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

Dilmurod Davronbekov, O‘tkir Matyokubov

**RADIOTEXNIK
QURILMALARINING
ISHONCHLILIGI**

*Darslik 70611701 – Mobil aloqa tizimlari mutaxassisligi bo'yicha
tahsil olayotgan magistrantlar uchun mo'ljallangan*

**“FAN VA TA’LIM” NASHRIYOTI
TOSHKENT – 2023**

UO‘K 621.396(075)

KBK 32.84ya7 32.882

D 13

Davronbekov, Dilmurod.

Radiotexnik qurilmalarining ishonchliligi [Matn]: darslik /
D. Davronbekov, O‘. Matyokubov. – Toshkent: “Fan va ta’lim” nashryoti, 2023. –
192 b.

I. Matyokubov, O‘tkir.

Taqrizchilar

- A.A. Xalikov** - Toshkent Davlat transport universiteti, Radioelektron qurilmalar va tizimlar kafedrası professori, texnika fanlari doktori
- Sh.Yu. Djabbarov** - Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, Ma’lumotlarni uzatish tarmoqlari va tizimlari kafedrası dotsenti, t.f.n.

Darslikda radiotexnik qurilmalar va tizimlarning ishonchliligi shartlari va ta’riflari, miqdoriy ko’rsatkichlari haqida ma’lumotlar keltirilgan; jumladan, ishonchlilik ko’rsatkichlarini taqsimot qonunlari; qayta tiklanadigan va tiklanmaydigan tizimlarning ishonchliligi; ishonchlilikni oshirishning hisoblash usullari; integral mikrosxemalar ishonchliligi; xotira qurilmalarini sinovdan o‘tkazishning o‘ziga xosligi; tizim diagnostikasi va nazorati; dasturiy ta’minotning ishonchliligi; aloqa tizimlarining yashovchanligi haqida keng tushunchalar bayon qilingan.

Darslik 70611701 – Mobil aloqa tizimlari mutaxassisligi bo‘yicha tahsil olayotgan magistrantlar uchun mo‘ljallangan.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Kengashining 2022-yil 22-dekabrda gi 5(727)-sonli qarori bilan darslik sifatida tavsiya etilgan (727-0032-sonli guvohnoma)

ISBN 978-9943-9072-1-8

© **D.Davronbekov, O‘.Matyokubov, 2023-y.**
© **“FAN VA TA’LIM” nashryoti, 2023-y.**

KIRISH

Jahonda axborot-kommunikatsiya texnologiyalari jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda. Zamonaviy telekommunikatsiya tizimlari, shu jumladan radiotexnik qurilmalar (RTQ) va radiotexnik tizimlar (RTT) juda ko'p sonli o'zaro bog'langan elementlar, bloklar va qurilmalardan iborat murakkab RTTlar deb ataladigan komplekslar hisoblanadi. Radiotexnik qurilmalar va tizimlarga qo'yiladigan talablardan biri ularning ishining ishonchliligidan iborat. Shu munosabat bilan RTTlar va ularning tarkibiy elementlarining ishonchliligini oshirish va ta'minlash hisoblash tamoyillari va ishonchli usullarini ishlab chiqish dolzarb va talab qilinadigan vazifalardan biri hisoblanadi. Matematik modellar va analitik ifodalarni, hisoblash algoritmlarini ishlab chiqish, ishonchliligini hisoblash uchun dasturiy ta'minotni (DT) yaratish, radiotexnik qurilmalar va tizimlar elementlarini testlash, diagnostika qilish usullari va vositalarini, RTTlar dasturiy ta'minotini ishlab chiqish katta ahamiyatga ega.

Jahonda matematik modellarni ishlab chiqish, ishonchlilikni hisoblash uchun hisoblash algoritmlari va dasturiy ta'minotini yaratish, ham radiotexnik qurilmalar va tizimlar elementlari, mikrokontrollerli boshqaruv tizimlari (MBT) DT, ham RTTlarning o'zini testlash va diagnostika qilish usullari va qurilmalarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu yo'nalishda radiotexnik qurilmalar va tizimlar elementlari, RTT MBT DT va RTTlarning o'zini yuqori ishonchlilik bilan hisoblashga imkon beradigan matematik modellar va analitik ifodalarni qurish, hisoblash algoritmlari va dasturiy ta'minot tizimlarini yaratish eng muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasida RTTlar elementlarining, shu jumladan, hozirda RTTlar boshqaruv tizimlarining ajralmas qismi bo'lgan dasturiy ta'minotning ishonchliligini oshirish, ta'minlash va hisoblash tamoyillari va usullarini ishlab chiqish bo'yicha prinsipial yangi yondashuvlarni ishlab chiqish sohasida ko'plab ilmiy tadqiqotlar yuqori darajada olib borildi va amalga oshirilmoqda.

Radiotexnik qurilmalar va tizimlar elementlari, RTT MBT DT va RTTlarni o'zining ishonchliligi muammolarini yechish uchun matematik

modellar va hisoblash algoritmlarini olish, dasturiy ta'minotni takomillashtirish va yaratish, radiotexnik qurilmalar va tizimlar elementlari, RTT MBT DT va RTTlarning o'z ishonchliligini oshirish, ta'minlash va hisoblash usullarini ishlab chiqish kabi istiqbolli yo'nalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda.

Mazkur darslik 70611701 – Mobil aloqa tizimlari mutaxassisligi bo'yicha magistratura talabalari uchun “Radiotexnik qurilmalarining ishonchliligi” fanini o'rganishga mo'ljallangan va uch qismdan iborat. Birinchi bo'lim o'rganilayotgan fan bo'yicha nazariy materiallarga ega. Ikkinchi qism amaliy mashg'ulotlarni bajarish bo'yicha, uchinchi qism fan bo'yicha mustaqil ishlarni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalarni o'z ichiga oladi.

I-QISM. NAZARIYA

1-bob. ISHONCHLILIK ATAMALARI VA TA'RIFLARI

1.1. Tizim va element tushunchasi

Tizim deganda berilgan funksiyalarni bajarish jarayonida o'zaro ta'sirlashishadigan elementlar majmui tushuniladi. Tizim muayyan amaliy vazifani mustaqil ravishda bajarish uchun mo'ljallangan.

Murakkablik darajasi bo'yicha tizimlar *oddiy* va *murakkab* tizimlarga bo'linishi mumkin. Murakkab tizimning o'ziga xos xususiyatlari quyidagilar:

- elementlarning ko'pligi;
- elementlar orasidagi aloqalarning murakkab tabiati;
- tizim bajariladigan funksiyalarning xilma-xilligi;
- o'z-o'zini tashkil etish elementlarining mavjudligi;
- teskari aloqalarning mavjudligi, tizimning ishlashida operativ xodimlarning ishtirokiga bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan tashqi ta'sirlarda tizimning o'zini tutishi murakkabligi.

Tasniflashda hisobga olinadigan omillarga bog'liq ravishda quyidagi tizimlar mavjud:

- a) tuzilmaviy murakkab tizimlar;
- b) funksional murakkab tizimlar.

Tizimning *elementi* deb keyingi bo'lmasdan yaxlit sifatida qaraladigan tizimning tarkibiy qismiga aytiladi, bu qarashda elementning ichki tuzilishi tadqiqot mavzusi hisoblanmaydi.

"Tizim" va "elementlar" tushunchalari bir-birlari bilan ifoda etiladi va shartli ravishda belgilanadi: ayrim vazifalar uchun tizim hisoblansa, boshqa vazifalar uchun o'rganish maqsadlari, talab qilinadigan aniqlik ishonchlilik to'g'risidagi bilim darajasi va boshqalarga bog'liq ravishda element sifatida qabul qilinadi. Hatto, texnologik jarayonlarni (TJ) avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi (ABT) kabi murakkab tizim yanada murakkab tizim, shu jumladan TJ ABTdan tashqari, texnologik boshqaruv obyektining o'z ichiga olgan avtomatlashtirilgan texnologik kompleksning elementi sifatida qarash mumkin. Bu yanada katta darajada TJ ABTning tarkibiy qismlariga ko'proq tegishli bo'ladi.

1.2. Holatlar va hodisalar

Ishga yaroqli holat deb tizimning berilgan funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflaydigan parametrlarning qiymatlari me'yoriy-texnik yoki konstruktorlik hujjatlarida o'rnatilgan chegaralarda bo'ladigan tizimning (elementning) holatiga aytiladi.

Mos ravishda, tizimning *ishga yaroqsiz holati* deb berilgan funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflaydigan parametrlardan kamida birining qiymatlari ko'rsatilgan hujjatlarda o'rnatilgan chegaralarda bo'lmaydigan tizimning (elementning) holatiga aytiladi. Masalan, haroratni o'lchash tizimi, agar uning ishlash sifatini tavsiflaydigan asosiy parametr - o'lchash xatoligi berilgan qiymatdan oshsa, ishga yaroqsiz hisoblanadi.

Tizimning holati yana *yaroqli* (bunda me'yoriy-texnik yoki konstruktorlik hujjatlarning barcha talablariga javob beradi) va *yaroqsiz* (belgilangan talablarning kamida bittasiga mos kelmasa) bo'lishi mumkin.

Yaroqli va yaroqsiz holatlar o'rtasidagi farq quyidagidan iborat. Ishga yaroqli tizim faqat ishlash uchun zarur bo'lgan talablarni qondiradi va boshqa talablarni qondirmasligi mumkin (masalan, elementlarning tashqi ko'rinishini saqlash bo'yicha). Yaroqli holatda bo'lgan tizim ishlash qobiliyatiga ega ekanligi ma'lum.

Tizimning ishlash qobiliyati buzilishidan, ya'ni uning ishga yaroqli holatdan ishga yaroqsiz holatga o'tishidan iborat bo'lgan hodisa *rad etish* deyiladi. "Rad etish" tushunchasi ishonchlilik nazariyasida eng muhim hisoblanadi. Rad etishlarni bir necha belgilari bo'yicha ajratish mumkin:

1. Bartaraf etish xarakter bo'yicha quyidagilarga ajratiladi: qaytmas jarayonlarning natijasi bo'lgan *yakuniy* (barqaror) rad etishlar va ko'p hollarda ish rejimlari va obyekt parametrlarining qaytmas tasodifiy o'zgarishlarining natijasi bo'lgan *almashishadigan* (goho vujudga keladigan, goho yo'qoladigan) rad etishlardir. Almashishadigan rad etishlar yakuniy rad etishlardan vujudga kelish sabablari, tashqi namoyon bo'lishi va paydo bo'lish oqibatlarini bilan sezilarli darajada farq qiladi.

2. Boshqa rad etishlar bilan aloqa bo'yicha oldingi vujudga kelgan rad etishlarning oqibati bo'lmagan *birlamchi* rad etishlar va oldingi vujudga kelgan rad etishlarning oqibati bo'lgan rad etishlarga bo'linadi.

Masalan, elektr ijrochi mexanizmlarni rad etishlarining sezilarli qismi bir vaqtning o'zida himoya ishlab ketmasligi bilan elektr dvigatelning kuch zanjirlarida tok bo'yicha o'ta yuklanish natijasida vujudga keladigan ikkilamchi rad etishlar hisoblanadi, bu elektr dvigateli cho'lg'amlarining kuyishiga olib keladi.

3. Vujudga kelish tabiati bo'yicha rad etishlarni tizim xarakteristikalarining keskin, deyarli oniy o'zgarishidan iborat bo'lgan *to'satdan rad etishlar* va parametrlarning uzoq, bosqichma-bosqich o'zgarishi natijasida yuzaga keladigan *asta-sekin rad etishlarga* bo'lish mumkin. Rad etishlarni to'satdan va asta-sekin rad etishlarga bo'lish ma'lum darajada shartli va parametrlarning o'zgarish jarayonlarini nazorat qilish imkoniyatlariga bog'liq. To'satdan rad etishlar odatda uzilishlar, buzilishlar, qisqa tutashuvlar xarakteriga ega va ko'pincha signalning o'tish zanjirining buzilishi namoyon bo'ladi (masalan, termoparaning kuyishi, magnit ishga tushirgichning kontaktlarini yopishib qolishi). Asta-sekin rad etishlar ko'pincha noto'g'ri sozlashlar tabiatiga ega bo'ladi (masalan, kuchaytirgich nolining siljishi).

4. Ishlash qobiliyatining buzilish darajasi bo'yicha rad etishlar *to'liq* (shundan keyin tizimning ishlashi to'liq to'xtaydi) va *qisman* (keyinchalik ishlash davom etishi, ammo yomonlashgan ko'rsatkichlar bilan bo'lishi mumkin) bo'linadi. Rad etishlarni bunday bo'linishi ko'pincha bir nechta funksiyalarni bajarishda qatnashadigan tizimlar uchun va (yoki) bir nechta kanallar bo'yicha keltiriladi. Bunda *to'liq rad etish* barcha kanallar bo'yicha barcha funksiyalarning bajarilishini to'xtashi, *qisman rad etishlar* funksiyalarning qismini va (yoki) kanallarning qismining bajarilishni to'xtashi hisoblanadi.

5. ABTdagi rad etishlarni quyidagilarga bo'lish maqsadga muvofiq:

a) *apparaturalardagi*, bunda ishlash qobiliyati yo'qotiladi va uni qayta tiklash uchun rad etgan elementni ta'mirlash yoki o'xshash ishga yaroqli elementga almashtirish talab qilinadi;

b) *dasturiy*, bunda dasturning nomukammalligi, dasturiy ta'minotning uzilishlardan himoyalashning yo'qligi, masalani yechish algoritmining nomukammalligi va boshqalar tufayli ishlash qobiliyati yo'qotiladi.

Tizimning yaroqli holatdan yaroqsiz (ammo ishlash qobiliyati mavjud) holatga o'tishidan iborat hodisa *shikastlanish* deb ataladi.

Keyingi o'rganish mavzusi rad etishlar bo'ladi. Rad etishlar fakti o'rnatiladigan o'ziga xos belgi yoki belgilar to'plami *rad etishlar mezonlari* deyiladi.

Qayta tiklanish deb tizimning ishga yaroqsiz holatdan ishga yaroqli holatga o'tishidan iborat hodisaga aytiladi. Mos ravishda, qayta tiklanmaydigan tizimlarga rad etishlardan keyin to'g'ridan-to'g'ri qayta tiklanishi maqsadga muvofiq emas yoki mumkin emas hisoblanadigan tizimlar, qayta tiklanadigan tizimlarga rad etishlardan keyin to'g'ridan-to'g'ri qayta tiklash o'tkaziladigan tizimlar kiradi.

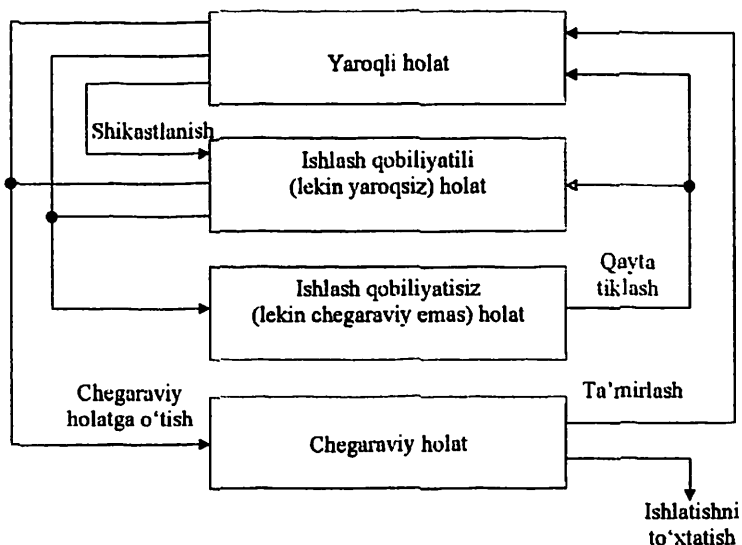
O'sha bir tizim turli qo'llanishi sharoitlarida qayta tiklanmaydigan tizimlarga (masalan, agar u texnologik blok ishlayotgan paytda xodimlar kirishi taqiqlangan bo'lsa, xizmat ko'rsatilmaydigan xonada bo'lsa) va agar xodim ishdan chiqqandan keyin to'g'ridan-to'g'ri qayta tiklashni boshlasa qayta tiklanadigan tizimlarga kiritilishi mumkin. "Qayta tiklash" tushunchasining o'zini nafaqat u yoki bu texnik vositalarga nisbatan tuzatish, sozlash, kavsharlash yoki boshqa ta'mirlash ishlarini, balki bu vositalarni almashtirish sifatida ham tushunish kerak bo'ladi.

Aslida, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish uchun qo'llanadigan tizimlarning aksariyati rad etishlardan keyin tiklanishi kerak, bundan keyin ular yana ishlashni davom ettiradi. Xuddi shuning o'zi texnik vositalarning katta qismiga tegishli; qayta tiklanmaydigan elementlarga faqat integral mikrosxemalar, rezistorlar, kondensatorlar va boshqa elementlarni kiritish mumkin.

Qayta tiklanadigan tizimlar uchun o'ziga xos bo'lgan asosiy holatlar va hodisalar sxemasi 1.1- rasmda keltirilgan. Bu sxemada tizimni vazifasi bo'yicha keyingi qo'llanishi mumkin bo'lmaydigan yoki maqsadga muvofiq bo'lmaydigan chegaraviy holati ajratilgan. Chegaraviy holat, agar ishlash qobiliyatili holatni qayta tiklash mumkin bo'lmasa yoki maqsadga muvofiq bo'lmasa, o'z o'rniga ega bo'lishi mumkin. Chegaraviy holatga tushgandan keyin ta'mirlash (kapital yoki o'rta) bo'lishi mumkin, buning natijasida yaroqli holat qayta tiklanadi yoki tizimni vazifasi bo'yicha ishlatish to'xtatiladi.

"*Rad etishgacha ishlash*" tushunchasi. $t = 0$ vaqt momentida ishlay boshlagan tizimni ko'rib chiqamiz, binobarin, bu vaqt momentida tizim ishlash qobiliyatili holatda bo'ladi. Aytaylik, dastlab bunday tizim faqat rad etish natijasida o'chiriladi. Ishlay boshlagan momentdan to rad etish

momentigacha bo‘lgan vaqtni T bilan belgilaymiz. T vaqt qiymati alohida elementlarni tayyorlash texnologik sharoitlarining nominal sharoitlardan tasodifiy og‘ishlar, tashish, o‘rnatish, sozlash sharoitlaridagi farqlarga bog‘liq va hatto mutlaqo bir xil ish sharoitlarida ham turli tizimlar uchun bir xil bo‘lmaydi. Bundan tashqari, ishlatish sharoitlarining o‘zi (harorat, titrash, texnik xizmat ko‘rsatish sifati, ulanish chastotasi va boshqalar) ma‘lum darajada bir-birlaridan farq qiladi, shuning uchun T vaqt qiymati tasodifiy hisoblanadi.



1.1- rasm. Qayta tiklanadigan tizimning asosiy holatlari va hodisalari sxemasi

Tizimning o‘chirilishi nafaqat uning rad etishlari tufayli, balki texnik xizmat ko‘rsatishni amalga oshirish uchun, avtomatlashtirilgan texnologik agregatning rad etishi tufayli, texnologik rejim orqali aniqlanadigan muayyan vaqt davomida tizim o‘chiriladigan tizimning ishlash siklli grafigi tufayli (masalan, ABTda uzluksiz-diskret texnologik jarayonlar bilan) bo‘lib o‘tishi mumkin.

Bunday vaziyatda tizimning ishlash davomiyligi *ishlash vaqti* deyiladi, rad etishgacha ishlash davomiyligi - tasodifiy o‘zgaruvchi *rad*

etishgacha ishlash deyiladi, u ham T bilan belgilanadi. Rad etishgacha ishlash rad etmasdan ishlash vaqtidan farqli ravishda har doim vaqt birligida o'lanmaydi; rad etishgacha ishlash ulanishlar (ishlab ketishlar, sikllar) bilan o'lanishi mumkin. Ammo, aksariyat tizimlar uchun rad etishgacha ishlash vaqt birligida o'lanadi. 1.2- rasmda tizimning ishlash grafigi keltirilgan bo'lib, bu yerda rad etishgacha ishlash quyidagicha aniqlanadi:

$$T = t_1 + (t_3 - t_2) + (t_5 - t_4)$$

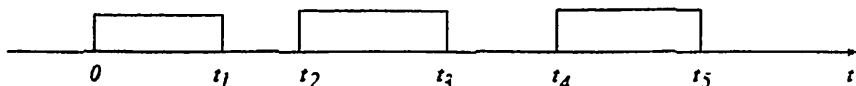
bu yerda: t_1 - texnologik agregatning to'xtashi tufayli tizim o'chirilish momenti;

t_2, t_4 - tizimning ishlashga ulanish momentlari;

t_3 - tizimning profilaktikaga o'chirish momenti;

t_5 - tizimning rad etishi momenti.

Ravshanki, uzilishlarsiz ishlaydigan tizimlar uchun (rad etishlardan tashqari) rad etishgacha ishlash vaqti rad etmasdan ishlash vaqti bilan mos keladi.



1.2-rasm. "Rad etishgacha ishlash" tushunchasini aniqlash

1.3. Ishonchlilik tushunchasi

Berilgan rejimlar va ishlatish sharoitlarida tizimning talab qilinadigan funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflaydigan barcha parametrlarning qiymatlarini vaqt ichida o'rnatilgan chegaralarda saqlash xususiyati *ishonchlilik* deyiladi.

Ishonchlilik to'rtta tashkil etuvchilar – rad etmaslik, ta'mirlashga yaroqlilik, chidamlilik va saqlanuvchanlikni o'z ichiga olgan kompleks xususiyat hisoblanadi.

Rad etmaslik deganda, tizimning talab qilinadigan vaqt intervali davomida majburiy tanaffuslarsiz uzluksiz ishlash qobiliyatini saqlash (o'z funksiyalarini berilgan ko'rsatkichlardan past bo'lmagan ishlatish

ko'rsatkichlari bilan bajarishi) xususiyati tushuniladi. Rad etmaslik ishonchlilikning eng muhim tarkibiy qismi hisoblanadi, chunki u uzoq vaqt rad etishlarsiz ishlash qobiliyatini aks ettiradi. Tizimlarning rad etmasligi ulardan foydalanish samaradorligiga hal qiluvchi ta'sir qiladi va elementlarning soni va rad etmasligi, ularning ishlash rejimi, zaxiralashning mavjudligi, atrof-muhit parametrlari (harorat, chang miqdori) va boshqalar orqali aniqlanadi.

Ta'mirlashga yaroqlilik tizimning rad etishlarning oldini olish, aniqlash va bartaraf etish, shuningdek texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash orqali ish qobiliyatini holatini saqlash va qayta tiklashga moslashuvchanligidan iborat xususiyati hisoblanadi. Ta'mirlashga yaroqlilik elementlarning alohida, osongina almashtiriladigan bloklar ko'rinishida ishlab chiqilganligi, shuningdek o'rnatilgan ishlash qobiliyatini nazorat qilish va diagnostika qilish vositalaridan foydalanishga bog'liq. Ta'kidlash joizki, ta'mirlashga yaroqlilik xarakteristikalari nafaqat tizimning o'ziga xos xususiyatlariga, balki texnik xizmat ko'rsatuvchi xodimlarning malakasiga va ishlatishni tashkil etishiga ham sezilarli bog'liq.

Chidamlilik tizimning texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash uchun zarur tanaffuslarga ega bo'lgan cheklangan holat boshlanguncha ishlash qobiliyatini saqlash xususiyati hisoblanadi. Tizimning chidamliligi texnik vositalarning chidamliligi va tizimning ma'nan eskirishga uchrashiga bog'liq.

Saqlanuvchanlik tizimning saqlash va tashish davrida va undan keyin rad etmaslik va ta'mirlashga yaroqlilik ko'rsatkichlari qiymatlarini saqlab qolish xususiyatlarini tavsiflaydi. Binobarin, tizimlar umuman saqlanmasligi mumkin, balki faqat alohida texnik vositalar va ularning elementlari saqlanishi mumkin, u holda tizimlar uchun saqlanuvchanlik xususiyatining ahamiyati kam. Texnik vositalar va elementlar uchun bu xususiyat ma'lum ahamiyatga ega, ammo avvalgi xususiyatlarga qaraganda kamroq ahamiyatga ega, chunki bu vositalar odatda faqat bir marta – ishlab chiqaruvchidan o'rnatish joyiga tashiladi va ularning kelish vaqtidan o'rnatish va sozlashgacha (ehtiyot qismlar sifatida ishlatiladigan texnik vositalar va elementlardan tashqari) saqlash muddati nisbatan yuqori emas. Shuning uchun saqlanuvchanlik masalalari quyida ko'rib chiqilmaydi.

Ishonchlilikni tadqiq qilishda ko'pincha ishonchlilikning u yoki bu tomonini shakllantirishga olib keladigan sabablarni aniqlash masalasi qo'yiladi. Busiz, ishonchlilikni oshirish bo'yicha ishlarning to'g'ri dasturini belgilab bo'lmaydi. Bu ishonchlilikning quyidagilarga bo'linishiga olib keladi:

- *apparatar ishonchliligi*, u apparaturaning holatiga bog'liq bo'lib, zarurat bo'lsa, ishonchlilikning yanada kichik turlari - *konstruktiv-sxemaviy* va ishlab chiqarish-texnologik ishonchlilikka bo'linishi mumkin;

- *dasturiy ishonchlilik*, u dasturlarning holatiga bog'liq;

- *obyektning ishonchliligi*, u xizmat ko'rsatish sifatiga bog'liq;

- *funksional ishonchlilik*, bu tizimga qo'yilgan alohida funksiyalarning bajarilishi ishonchliligi hisoblanadi. ABTda funksional ishonchlilikka misol ma'lumotlarni uzatish tizimida ma'lum bir ma'lumotni uzatish ishonchliligi bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Murakkab tizimlarning farqli xususiyatlari nimalardan iborat?
2. Tizimning rad etishiga ta'rif bering.
3. Tizimning uzilishiga ta'rif bering.
4. Tizimning ishonchliligiga ta'rif bering.
5. Tizimning holatlarini sanab bering.
6. Ishlash qobiliyatining buzilishi darajasi bo'yicha qanday rad etishlar mavjud?
7. Tizimning yashovchanligi nimani anglatadi?
8. Ishonchlilik turlarini sanab bering.

2-bob. ISHONCHLILIKNING MIQDORIY KO'RSATKICHLARI

2.1. Qayta tiklanmaydigan obyektlarning rad etmaslik ko'rsatkichlarini taqdim etishning statistik va ehtimollikli shakllari

Qayta tiklanmaydigan obyektlarning ishonchliligining eng muhim ko'rsatkichlari rad etmaslik ko'rsatkichlari bo'lib, ularga quyidagilar kiradi:

- *rad etmasdan ishlash ehtimolligi;*
- *rad etishlar taqsimoti zichligi;*
- *rad etishlar intensivligi;*
- *rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti.*

Ishonchlilik ko'rsatkichlari quyidagi ikki shakllarda (ta'riflar) beriladi:

- statistik (tanlanma baholashlar);
- ehtimoliy.

Ko'rsatkichlarni statistik aniqlash (tanlanma baholashlar) ishonchlilikka sinovlar natijalari bo'yicha olinadi.

Aytaylik, bir xil turdagi obyektlarning ma'lum sonini sinab ko'rish jarayonida biz uchun qiziqarli bo'lgan parametr – rad etishgacha ishlashning chekli soni olindi. Olingan sonlar obyektning rad etishigacha ishlashi haqida cheksiz ma'lumotlar hajmiga ega bo'lgan “bosh to'plam”dan ma'lum bir hajmning tanlanmasi hisoblanadi.

“Bosh to'plam” uchun aniqlangan miqdoriy ko'rsatkichlar *haqiqiy (ehtimoliy) ko'rsatkichlar* hisoblanadi, chunki ular tasodifiy qiymat – rad etishgacha ishlashni obyektiv ravishda tavsiflaydi.

Tanlanma uchun aniqlangan va tasodifiy qiymat haqida qandaydir xulosalar chiqarishga imkon beradigan ko'rsatkichlar *tanlanma (statistik) baholashlar* hisoblanadi. Ravshanki, yetarlicha katta sinovlar soni (katta tanlanmada) bilan baholashlar ehtimoliy ko'rsatkichlarga yaqinlashadi.

Ko'rsatkichlarning ehtimoliy shaklda berilishi analitik hisob-kitoblar uchun qulay, statistik shakl esa ishonchlilikni eksperimental tadqiq qilish uchun qulay hisoblanadi.

Quyida statistik hisob-kitoblarni belgilash uchun “^” - yuqoriga belgisidan foydalanamiz.

Keyingi mulohazalarda N ta bir xil obyektlar sinovdan o'tishidan kelib chiqamiz. Sinov shartlari bir xil va obyektlardan har birini sinash uning rad etishidan oldin o'tkaziladi. Quyidagi belgilashlarni kiritamiz:

$T = \{t, t_1, \dots, t_N\} = \{t\}$ - obyektning rad etishgacha ishlashi tasodifiy qiymati;

$N(t)$ - t ishlash momentigacha ishlash qobiliyatli obyektlar soni;

$n(t)$ - t ishlash momentigacha rad etgan obyektlar soni;

$\Delta n [t, t + \Delta t]$ ishlash intervalida rad etgan obyektlar soni;

Δt - ishlash intervalining davomiyligi.

2.2. Rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligi

Rad etmasdan ishlash ehtimolligining statistik aniqlanishi (empirik ishonchlilik funksiyasi) quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\hat{P}(t) = \frac{N(t)}{N}, \quad (2.1)$$

ya'ni rad etmasdan ishlash ehtimolligi t ishlash momentigacha rad etmasdan ishlagan ($N(t)$) obyektlar sonini sinovlar boshlanishigacha ($t=0$) yaroqli bo'lgan obyektlar soniga nisbati, ya'ni N umumiy obyektlar sonining nisbati hisoblanadi. Rad etmasdan ishlash ehtimolligiga t ishlash momentigacha ishlash qobiliyatli obyektlarning nisbati ulushi sifatida qaralishi mumkin. Binobarin, $N(t) = N - n(t)$ bo'lsa, u holda rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$\hat{P}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N} = 1 - \hat{Q}(t), \quad (2.2)$$

bu yerda: $\hat{Q}(t) = \frac{n(t)}{N}$ - rad etish ehtimolligi.

Statistik aniqlanishida rad etish ehtimolligi rad etishlarning empirik taqsimoti funksiyasi hisoblanadi.

t ishlash momentiga rad etishning bo'lishi yoki bo'lmasligidan iborat hodisalar qarama-qarshi hodisalar hisoblanadi:

$$\hat{P}(t) + \hat{Q}(t) = 1. \quad (2.3)$$

Rad etmasdan ishlash ehtimolligi kamayadigan, rad etish ehtimolligi ortadigan ishlash funksiyasi ekanligiga ishonch hosil qilish oson. Quyidagi mulohazalar o'z o'rniga ega:

1. Sinovlarning boshlanishida $t = 0$ momentda ish qobiliyatli obyektlar soni ularning umumiy soniga teng - $N(t)=N(0)=N$, rad etgan obyektlar soni esa $n(t)=n(0)=0$ ga teng. Shuning uchun $\hat{P}(t) = \hat{P}(0) = 1$ va $\hat{Q}(t) = \hat{Q}(0) = 0$ bo'ladi;

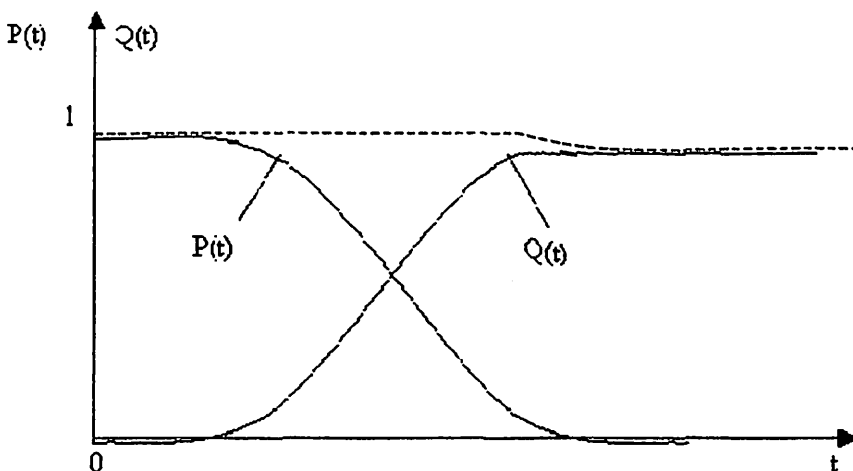
2. $t \rightarrow \infty$ ishlash vaqtida sinovga qo'yilgan barcha obyektlar rad etadi, ya'ni $N(\infty) = 0$ va $n(\infty) = N$ bo'ladi.

Shuning uchun $\hat{P}(t) = \hat{P}(\infty) = 0$ va $\hat{Q}(t) = \hat{Q}(\infty) = 1$ bo'ladi.

N_0 ko'p sonli elementlarda (mahsulotlarda) $\hat{P}(t)$ statistik baholash $P(t)$ rad etmasdan ishlash ehtimoli bilan, $\hat{Q}(t)$ esa $Q(t)$ bilan deyarli mos keladi.

Rad etmasdan ishlash ehtimoligining ehtimoliy anqlanishi quyidagi ifodada tavsiflanadi:

$$P(t) = Eht\{T \geq t\} = P\{T \geq t\}, \quad (2.4),$$



2.1- rasm. Rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligi grafiklari

ya'ni rad etmasdan ishlash ehtimolligi rad etishgacha ishlash T tasodifiy qiymati ma'lum berilgan t ishlash vaqtidan katta bo'lishi ehtimoli hisoblanadi.

Ravshanki, rad etish ehtimolligi T tasodifiy qiymat taqsimoti funksiyasi va rad etishgacha ishlash vaqti ma'lum berilgan t ishlash vaqtidan kichik bo'lishi ehtimoli hisoblanadi:

$$Q(t) = Eht\{T < t\} = P\{T < t\}. \quad (2.5)$$

Rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligi grafiklari
2.1- rasmda keltirilgan.

2.3. Rad etishlar taqsimoti zichligi

Rad etishlar taqsimoti zichligining statistik aniqlanishi quyidagicha:

$$\hat{f}(t) = \frac{\Delta n(t, t + \Delta t)}{N \cdot \Delta t}, [\text{ishlash birligi}^{-1}], \quad (2.6)$$

ya'ni rad etishlar taqsimoti zichligi $[t, t + \Delta t]$ ishlash intervalida rad etgan obyektlar sonini n umumiy obyektlar soniga ko'paytmasining Δt ishlash intervalining davomiyligiga nisbati hisoblanadi.

Ishlash obyektning istalgan kamaymaydigan qiymatlarda o'lchanadigan ishlash davomiyligi yoki hajmi (vaqt birligi, yuklanish sikllari soni, bosib o'tish masofasi va boshqalar) hisoblanadi.

Binobarin, $\Delta n(t, t + \Delta t) = n(t + \Delta t) - n(t)$ ekan, bu yerda $n(t + \Delta t) - n(t)$ ishlash momentiga rad etgan obyektlar soni, u holda rad etishlar taqsimoti zichligini quyidagicha taqdim etish mumkin:

$$\hat{f}(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N \cdot \Delta t} = \frac{1}{\Delta t} [\hat{Q}(t + \Delta t) - \hat{Q}(t)] = \frac{\hat{Q}(t, t + \Delta t)}{\Delta t}, \quad (2.7)$$

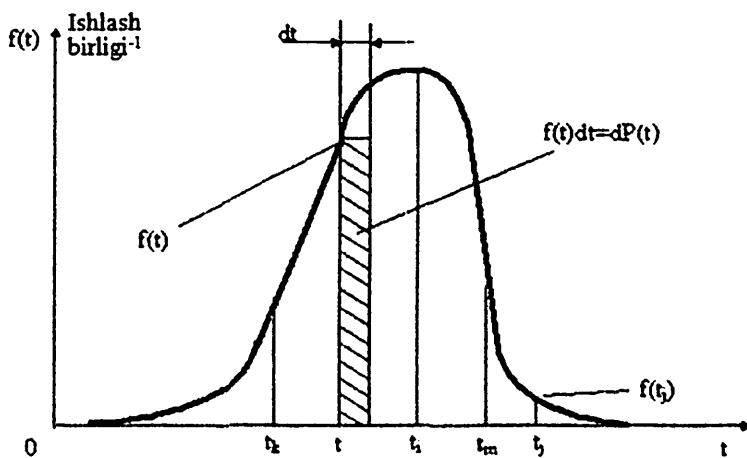
bu yerda: $\hat{Q}(t, t + \Delta t)$ - ishlash intervalida rad etish ehtimolligini baholash, ya'ni rad etish ehtimolligining Δt vaqtda ortishi.

Rad etishlar taqsimoti zichligi mazmunan rad etishlar chastotasini, ya'ni dastlabki obyektlar soniga keltirilgan ishlash birligidagi rad etishlar sonini bildiradi.

Rad etishlar taqsimoti zichligining ehtimoliy aniqlanishi (2.7) ifodadan ishlash intervalining $\Delta t \rightarrow 0$ va $N \rightarrow \infty$ intilishlaridan kelib chiqadi:

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\hat{Q}(t, t + \Delta t)}{\Delta t} = \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{d[1 - P(t)]}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}. \quad (2.8)$$

Rad etishlar taqsimoti zichligi mazmunan obyektning rad etishigacha T tasodifiy qiymat taqsimoti zichligi hisoblanadi. $f(t)$ grafikaning bo'lishi mumkin turlaridan biri 2.2- rasmda keltirilgan.

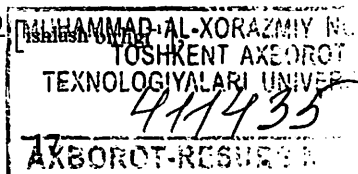


2.2-rasm. Rad etishlarning taqsimoti zichligi grafigi

2.4. Rad etishlar intensivligi

Rad etishlar intensivligining statistik aniqlanishi quyidagi ifoda orqali tavsiflanadi:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t, t + \Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t} \quad (2.9)$$



ya'ni rad etishlar intensivligi $[t, t+\Delta t]$ ishlash intervalida rad etgan obyektlar sonining t momentdagi yaroqli obyektlar soniga ko'paytmasining Δt ishlash intervali davomiyligiga nisbati hisoblanadi.

(2.6) va (2.9) ifodalarni taqqoslash bilan, shuni ta'kidlash kerakki, rad etishlar intensivligi obyektning t ishlash momentidagi ishonchligini birmuncha to'liqroq tavsiflaydi, chunki ishlash momentidagi haqiqiy ishlash qobiliyatiga ega bo'lgan obyektlar soniga keltirilgan rad etishlar sonini ko'rsatadi.

Rad etishlar intensivligining ehtimoliy aniqlanish (2.9) ifodaning o'ng tomonini N soniga ko'paytirish va bo'lish orqali olinadi:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t, t+\Delta t)}{N(t) \cdot \Delta t} \cdot \frac{N}{N} = \frac{\Delta n(t, t+\Delta t)}{N \cdot \Delta t} \cdot \frac{N}{N(t)}.$$

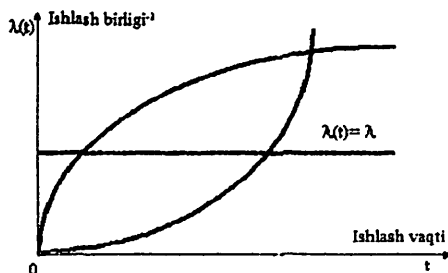
(2.7) ifoda hisobga olinganda, $\hat{P}(t) = \frac{N(t)}{N}$, $\hat{\lambda}(t)$ quyidagicha berilishi mumkin:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{\hat{Q}(t, t+\Delta t)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\hat{P}(t)},$$

bu yerdan $\Delta t \rightarrow 0$ (ishlashi intervali) va $N \rightarrow \infty$ intilishda quyidagini olamiz:

$$\hat{\lambda}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\hat{Q}(t, t+\Delta t)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\hat{P}(t)} = \frac{dQ(t)}{dt} \cdot \frac{1}{P(t)} = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (2.10)$$

$\lambda(t)$ grafikning bo'lishi mumkin turlari 2.3- rasmda keltirilgan.



2.3- rasm. $\lambda(t)$ grafikning bo'lishi mumkin turlari

2.5. Rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti

Yuqorida ko'rib chiqilgan $P(t)$, $Q(t)$, $f(t)$ va $\lambda(t)$ ishonchlilik ko'rsatkichlari $T=\{t\}$ rad etishgacha ishlash tasodifiy qiymatini to'liq tavsiflaydi. Shu bilan bir vaqtda, qator amaliy masalalarni yechish uchun bu tasodifiy kattalikning ayrim sonli xarakteristikalarini va, birinchi navbatda, rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqtini bilish yetarli bo'ladi.

Rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqtining statistik aniqlanishi quyidagicha:

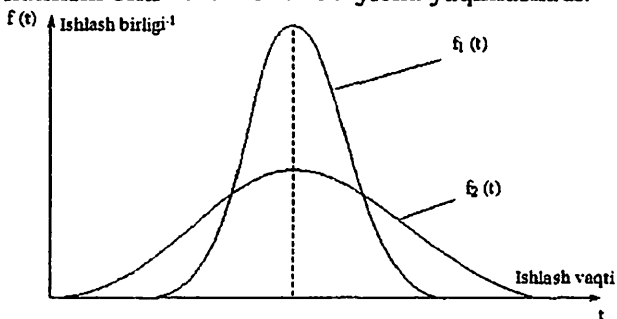
$$\hat{T}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (2.11)$$

bu yerda: t_i - i-chi obyektning rad etishgacha ishlash vaqti.

Ehtimoliy aniqlanishida rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti T tasodifiy kattalikning matematik kutilishi hisoblanadi va shuning uchun har qanday matematik kutish kabi quyidagicha aniqlanadi:

$$T_0 M\{T\} = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt. \quad (2.12)$$

Ravshanki, sinov tanlanmalari sonining ortishi bilan ($N \rightarrow \infty$) T_0 arifmetik o'rtacha ishlash vaqti (baholash) rad etishgacha ishlash vaqti matematik kutilishi bilan ehtimollik bo'yicha yaqinlashadi.



$f(t)$ - rad etishlarning taqsimoti zichligi

2.4- rasm. Rad etishgacha bir xil o'rtacha ishlash vaqtlaridagi rad etishlarning taqsimoti zichligi egriliklarining farqi

Shu bilan bir vaqtda, o'rtacha ishlash vaqti obyektning rad etmasligini to'liq tavsiflay olmaydi. Shunday qilib, rad etishgacha teng T_0 o'rtacha ishlash vaqtlarida 1- va 2-obyektlarning ishonchliligi sezilarli darajada farq qilishi mumkin (2.4-rasm).

Nazorat savollari

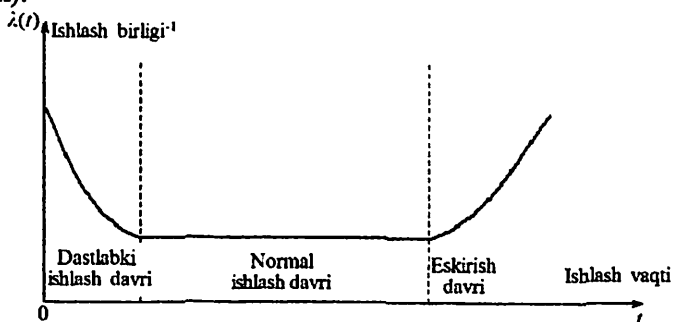
1. Ishonchlilik ko'rsatkichlarining statistik ta'riflari (tanlanma baholashlar) qanday olinadi?
2. Ehtimoliy ishonchlilik ko'rsatkichlari qanday olinadi?
3. Ishonchlilik ko'rsatkichlarining turlarini sanab o'ting.
4. Rad etish ehtimolligiga ta'rif bering.
5. Rad etish ehtimolligi ko'rsatkichini tushuntiring.
6. Rad etishlarning taqsimoti zichligi ko'rsatkichini tushuntiring.
7. Rad etishlar intensivligi ko'rsatkichini tushuntiring.
8. Rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti ko'rsatkichini tushuntiring.

3-bob. ISHONCHLILIK KO'RSATKICHLARI TAQSIMOT QONUNLARI

3.1. Eksponensial taqsimot

Obyektning ishonchligini baholash va ishlash qobiliyatini bashorat qilish masalalarini yechish uchun $P(t)$ yoki $f(t)$ yoki $\lambda(t)$ ko'rsatkichlardan birining analitik ifodalari bilan beriladigan matematik modelga ega bo'lish kerak. Modelni olishning asosiy yo'li sinovlarni o'tkazish, statistik baholashlarni hisoblash va ularni analitik funksiyalar bilan approksimatsiyalashdan iborat.

Amaliyot tajribasi shuni ko'rsatadiki, aksariyat obyektlarning $\lambda(t)$ rad etish ehtimolligining o'zgarishi U-simon egrilik bilan tavsiflanadi (3.1-rasm).



3.1-rasm. Obyektning rad etishlar intensivligining o'zgarish egriligi

Bu egrilikni chiziqini shartli ravishda uchta xarakterli oraliqlarga – obyektning ishga tushirish davri, normal ishlashi va eskirish oraliqlariga bo'lish mumkin.

Obyektning ishga tushirish davri ishlab chiqarish, o'rnatish va ishga tushirishdagi nuqsonlar tufayli kelib chiqadigan rad etishlar keltirib chiqaradigan oshirilgan rad etish ehtimolligiga ega. Ba'zida bu davrning tugashi bilan ishlab chiqaruvchi tomonidan rad etishlarni bartaraf etish amalga oshirilganda, obyektning kafolatli xizmat ko'rsatishi bilan bog'lanadi.

Normal ishlash davrida rad etish ehtimolligi kamayadi va deyarli o'zgarmas bo'lib qoladi, bunda rad etishlar, avvalo, ishlatish sharoitlariga

rioya qilmaslik, yuklamaning tasodifiy o'zgarishlari, noxush tashqi omillar va boshqalar tufayli tasodifiy xarakterga ega bo'ladi va to'satdan paydo bo'ladi. Aynan bu davr obyektning asosiy ishlatish vaqtiga to'g'ri keladi.

Rad etishlar intensivligining ortishi obyektning eskirishi davriga kiradi va uzoq vaqt ishlatilishiga bog'liq bo'lgan eskirish va boshqa sabablar tufayli rad etishlar sonining ortishi bilan izohlanadi.

$P(t)$, $f(t)$ yoki $\lambda(t)$ ishonchlilik ko'rsatkichlarining o'zgarishini tavsiflaydigan analitik funksiyaning ko'rinishi tasodifiy kattalikning taqsimot qonunini aniqlaydi, u obyektning xususiyatlari, uni ishlatish sharoitlari va rad etishlar tabiatiga bog'liq ravishda tanlanadi.

Ishonchlilikning asosiy qonuni deb ham nomlanadigan eksponensial (ko'rsatkichli) taqsimot qonuni ko'pincha asta-sekin rad etishlar paydo bo'lmagan va ishonchlilik to'satdan rad etishlar bilan tavsiflanadigan mahsulotlarning normal ishlatilish davrida ishonchlilikni bashorat qilish uchun ishlatiladi. Bu obyektlarni "eskirmaydigan" obyektlarga kiritish mumkin, chunki ular faqat $\lambda(t)=\lambda=\text{constli}$ oraliqda ishlaydi (3.1-rasm). Rad etishlar ko'plab holatlarning noxush oqibatlaridan kelib chiqadi va shuning uchun o'zgarimas intensivlikka ega.

Ekspontensial taqsimot qabul qilish sinovlari (yakuniy nazorat qilish) natijasida dastlabki ishlatish bo'lmaydigan, tayinlangan resurs esa normal ishlatish tugashidan oldin o'rnatiladigan obyektlarning rad etishgacha ishlashini tavsiflaydi.

Ekspontensial qonun taqsimoti zichligi quyidagi nisbat orqali tavsiflanadi:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, \quad (3.1)$$

Bu qonunning taqsimoti funksiyasi quyidagi nisbat orqali tavsiflanadi:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (3.2)$$

Ishonchlilik funksiyasi quyidagi nisbat orqali tavsiflanadi:

$$P(t) = e^{-\lambda t}, \quad (3.3)$$

T tasodifiy kattalikni matematik kutilishi quyidagi nisbat orqali tavsiflanadi:

$$T_0 = \int_0^{\infty} P(t) dt = \frac{1}{\lambda}, \quad (3.4)$$

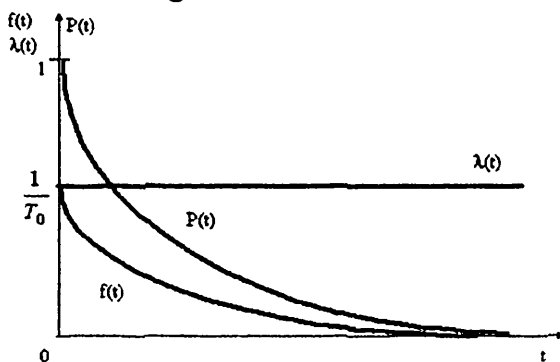
T tasodifiy kattalikning dispersiyasi quyidagi nisbat orqali tavsiflanadi:

$$D_0 = \int_0^{\infty} t^2 \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda t} dt - \frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda^2}. \quad (3.5)$$

Ishonchlilik nazariyasida eksponensial qonun keng qo'llaniladi, chunki u amaliy foydalanish uchun oddiydir. Ishonchlilik nazariyasida yechiladigan deyarli barcha masalalar eksponensial qonunni ishlatishda boshqa taqsimot qonunlariga qaraganda ancha oddiy bo'lib qoladi. Bu soddalashtirishning asosiy sababi shundan iboratki, eksponensial qonunda rad etmasdan ishlash ehtimolligi faqat intervalning davomiyligiga bog'liq va oldingi ishlash vaqtiga bog'liq emas.

Eksponensial taqsimot energetik obyektlarining ishonchliligini baholash uchun keng qo'llaniladi.

Eksponensial taqsimotda ishonchlilik ko'rsatkichlarining o'zgarishi grafigi 3.2-rasmda keltirilgan.



3.2- rasm. Eksponensial taqsimotda ishonchlilik ko'rsatkichlarining o'zgarish grafigi

3.2. Normal taqsimot

Normal taqsimot eng universal, qulay hisoblanadi va keng qo'llaniladi. Agar rad etishlarning taqsimoti zichligi quyidagi ifoda bilan tavsiflangan bo'lsa, obyektning ishlash vaqti normal taqsimotga bo'ysunadi (normal taqsimlanadi):

$$f(t) = \frac{1}{b\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(t-a)^2}{2b^2}\right\}, \quad (3.6)$$

bu yerda: a va b - taqsimot parametrlari, mos ravishda matematik kutish va o'rtacha kvadrat og'ishi sinov natijalari bo'yicha quyidagicha qabul qilinadi:

$$a \cong \hat{T}_0; b \cong \sqrt{D} = \sqrt{\sigma^2} = \sigma, \quad (3.7)$$

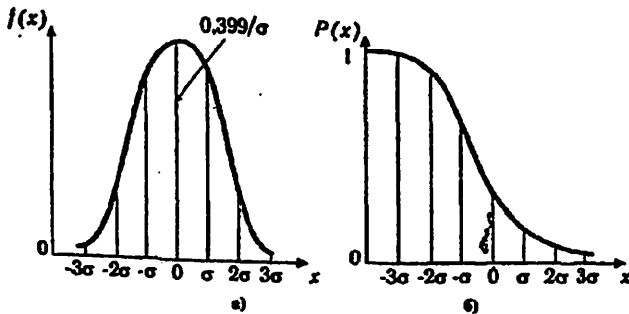
bu yerda: \hat{T}_0 va σ^2 - rad etishgacha o'rtacha ishlash va dispersiyani baholashlar.

Shunday qilib, rad etishlarning taqsimoti zichligi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(t-T_0)^2}{2\sigma^2}\right\}. \quad (3.8)$$

bu yerda: \hat{T}_0 - ishlashning matematik kutilishi.

Qo'ng'iroqsimon taqsimot zichligi egriligi 3.3- rasmda keltirilgan.



3.3- rasm. Normal taqsimot ehtimolligi zichligi (a) va ishonchlilik funksiyalari

Integral taqsimot funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$F(t) = \int_{-\infty}^0 f(t)dt = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left\{-\frac{(t-T_0)^2}{2\sigma^2}\right\} dt. \quad (3.9)$$

Integrallarni hisoblash $T_0=0$ va $\sigma=1$ bo'ladigan normal taqsimot jadvallaridan foydalanish bilan almashtiriladi. Bu taqsimot uchun rad etishlar taqsimoti zichligi funksiyasi bitta t o'zgaruvchiga ega va quyidagi bog'liqlik bilan ifodalanadi:

$$f_0(t) = \frac{1}{2\pi} \exp\left\{-\frac{t^2}{2}\right\}. \quad (3.10)$$

t kattalik markazlashtirilgan (chunki $T_0=0$) va normallashtirilgan (chunki $\sigma=1$) hisoblanadi.

Taqsimot funksiyasi mos ravishda quyidagicha yoziladi:

$$F(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^t \exp\left\{-\frac{t^2}{2}\right\} dt. \quad (3.11)$$

Taqsimot funksiyasining qiymati ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$F(t) = 0,5 + \Phi(u) = Q(t), \quad (3.12)$$

bu yerda: Φ - Laplas funksiyasi;

$u = (t-T_0)/\sigma$ - normallashtirilgan normal taqsimot kvantili.

Ya'ni taqsimot funksiyasi rad etish ehtimolligi hisoblanadi.

$F_0(t)$ integral taqsimot funksiyasi o'rniga Laplas funksiyasidan foydalanishda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\Phi(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^t \exp\left\{-\frac{t^2}{2}\right\} dt. \quad (3.13)$$

Laplas funksiyasi orqali ifodalangan rad etish ehtimolligi va rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Q(t) = 0,5 + \Phi\left(\frac{t - T_0}{\sigma}\right), \quad (3.14)$$

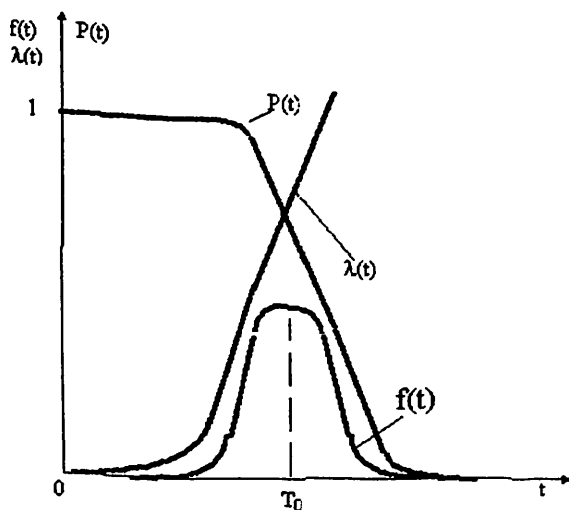
$$P(t) = 0,5 - \Phi\left(\frac{t - T_0}{\sigma}\right). \quad (3.15)$$

α dan β gacha bo'lgan qiymatlar intervaliga X tasodifiy kattalikning tushishi ehtimoli quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$P(\alpha < X < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - T_0}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - T_0}{\sigma}\right). \quad (3.16)$$

Laplas funksiyasining Φ va u qiymatlari jadvashtirilgan.

Normal taqsimotda ishonchlik ko'rsatkichlari o'zgarishining umumiy xarakteri 3.4- rasmda keltirilgan.



3.4- rasm. Normal taqsimotda ishonchlik ko'rsatkichlari o'zgarishining umumiy xarakteri

Normal taqsimot qonuni ko'pincha Gauss qonuni deb ataladi. Bu qonun muhim rol o'ynaydi va boshqa taqsimot qonunlari bilan taqqoslaganda amalda eng ko'p qo'llaniladi.

Bu qonunning asosiy o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, u boshqa taqsimot qonunlari yaqinlashadigan chegaraviy qonun hisoblanadi. Ishonchlilik nazariyasida u asta-sekin rad etishlarni tavsiflash uchun ishlatiladi, bunda boshida rad etmasdan ishlash vaqti taqsimoti past zichlikka, keyin maksimal zichlikka ega bo'ladi, so'ngra zichlik kamayadi.

Agar tasodifiy kattalikning o'zgarishiga taxminiy teng ahamiyatli omillar ta'sir etsa, taqsimot har doim normal qonunga bo'ysunadi.

Nazorat savollari

1. Obyektning rad etishlar intensivligining o'zgarishi egri chizig'ini tushuntiring.

2. Rad etishlar taqsimotining eksponensial (ko'rsatkichli) qonunini tavsiflang.

3. Rad etishlarning normal taqsimotini tavsiflang.

4. Eksponensial taqsimotda ishonchlilik ko'rsatkichlarining o'zgarishi grafiklarini tushuntiring.

5. Normal taqsimotning ehtimollik zichligi egri chizig'ini tushuntiring.

6. Normal taqsimotning egri chizig'ini tushuntiring.

7. X tasodifiy o'zgaruvchini α dan β gacha bo'lgan qiymatlar intervaliga tushish ehtimoli qanday aniqlanadi?

4- bob. QAYTA TIKLANMAYDIGAN VA TIKLANADIGAN TIZIMLARNING ISHONCHLILIGI

4.1. Qayta tiklanmaydigan tizimlarning ishonchliligi

Qaytmas rad etishlardan so'ng *qayta tiklanmaydigan tizimlar* keyingi foydalanish uchun yaroqsiz bo'lib qoladi. Ba'zi tizimlar uchun qayta tiklanmaslik, vujudga kelgan rad etishlarni tuzatib bo'lmaydigan ulardan foydalanish shartlari orqali aniqlanadi. Masalan, raketaning elektron tizimidagi rad etishlar parvoz jarayonida qayta tiklanishi mumkin emas.

$P(t)$ rad etmasdan ishlash ehtimolligi yoki ishonchlilik funksiyasi qayta tiklanmaydigan obyekt t ishlash vaqti momentigacha rad etmaslik ehtimolini ifodalaydi. Ko'rsatkich quyidagi xususiyatlarga ega:

1. $P(0) = 1$ (obyekt ishga tushguncha ishlash qobiliyatili ko'zda tutiladi);

2. $\lim_{t \rightarrow \infty} P(t) = 0$ (obyektning ishlash qobiliyatini cheksiz saqlay olmasligi ko'zda tutiladi);

3. $\frac{dP(t)}{dt} \leq 0$, rad etishlar yuz berganidan keyin obyekt o'z-o'zidan qayta tiklanishi mumkin emasligi ko'zda tutiladi (xizmat ko'rsatuvchi xodimlar tomonidan qayta tiklanadigan tizimlar uchun bu ko'rsatkichdan foydalanilmaydi).

Rad etmasdan ishlash ehtimolligini $Q(t) = 1 - P(t)$ birga to'ldirish rad etishlar ehtimolligi yoki ishonchsizlik funksiyasi deb ataladi. $Q(t)$ rad etishlar ehtimolligi rad etishgacha tasodifiy vaqt berilgan t vaqtdan kichik bo'lishi ehtimolligi hisoblanadi. Shuning uchun $Q(t)$ funksiya $F(t)$ rad etishgacha vaqt taqsimoti funksiyasiga mos keladi:

$$Q(t) = F(t) = \int_0^t f(t) dt, \quad (4.1)$$

bu yerda: $f(t)$ - rad etishgacha vaqt taqsimoti zichligi funksiyasi. U holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt. \quad (4.2)$$

Sinovlar natijasida $P(t)$ ehtimollikni tilde bilan belgilanadigan statistik baholash shaklida yaqinlashtirilgan aniqlanishi mumkin:

$$\hat{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (4.3)$$

bu yerda: $n(t)$ – dastlabki N_0 sonda t vaqt momentiga kelib rad etgan obyektlar soni.

Rad etishgacha ishlash vaqtining taqsimoti zichligi *rad etishlar chastotasi* deyiladi:

$$\alpha(t) = -\frac{dP(t)}{dt}. \quad (4.4)$$

Eksperimental ravishda rad etishlar chastotasi ishdan chiqqan barcha obyektlar qayta tiklanmaydigan shartda vaqt birligi ichida rad etgan obyektlar sonini dastlabki ob'yektlar soniga nisbati sifatida aniqlanadi.

Bu ta'rifga muvofiq, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\hat{\alpha} = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t}, \quad (4.5)$$

bu yerda: $n(\Delta t)$ $t - \Delta t/2$ dan $t + \Delta t/2$ gacha vaqt intervalida rad etgan obyektlar soni.

\bar{T}_0 rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti birinchi rad etishgacha vaqtni matematik kutish sifatida aniqlanadi:

$$\bar{T}_0 = M[t] = \int_0^{\infty} t f(t) dt \approx \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (4.6)$$

Rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti o'rtacha ko'rsatkich hisoblanadi va rad etishgacha vaqt taqsimotining xarakterini aks ettirmaydi.

Rad etishlar to'g'risidagi statistika bo'yicha birinchi rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$\overline{T_o} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}, \quad (4.7)$$

bu yerda: t_i - i-nchi obyektning rad etmasdan ishlash vaqti.

$\lambda(t)$ rad etishlar intensivligi rad etishlarning vujudga kelish jarayonlarining intensivligini ifodalaydi.

Tizimning ishlash davrining boshlanishida loyihalash xatoliklari va ishlab chiqarishdagi nuqsonlarni aniqlash va tuzatish bosqichida rad etishlar intensivligi vaqt o'tishi bilan pasayadi. Keyin xizmat ko'rsatish muddatining katta qismida rad etishlar oqimi intensivligi deyarli o'zgarmas bo'lib qoladi, ya'ni tizim faqat to'satdan rad etishlar ta'siri tufayli ishdan chiqishi mumkin. Xizmat ko'rsatish muddatining tugashi bilan u apparaturaning eskirishi tufayli sezilarli darajada oshadi (4.1-rasm).



4.1-rasm. Rad etishlar intensivligining vaqtga bog'liqligi

Statistik rad etishlar intensivligi vaqt birligi ichida rad etgan obyektlar sonini bu vaqt ichida yaroqli ishlaydigan obyektlarning o'rtacha soniga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\hat{\lambda} = \frac{n(\Delta t)}{N_o \cdot \Delta t}, \quad (4.8)$$

bu yerda: $N_{or} = \frac{N_t + N_{t+1}}{2} \cdot \Delta t$ intervalda yaroqli ishlaydigan obyektlarning o'rtacha soni;

N_t - Δt intervalning boshida yaroqli ishlaydigan obyektlar soni;

N_{t+1} - Δt intervalning oxirida yaroqli ishlaydigan obyektlar soni.

Bu xarakteristikani ehtimoliy baholash quyidagi ifodadan topiladi:

$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{P(t)}. \quad (4.9)$$

Rad etishlar intensivligi elementlar ishonchligining asosiy miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi. Agar u ma'lum bo'lsa, u holda boshqa barcha ishonchlilik ko'rsatkichlarini topish mumkin. 4.1-jadvalda ishonchlilik ko'rsatkichlari orasidagi bog'liqlik ko'rsatilgan.

4.1-jadval

Ishonchlilik ko'rsatkichlari orasidagi bog'liqlik

Ko'rsatkich	$P(t)$	$Q(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$
$P(t)$	-	$1 - P(t)$	$-\frac{dP(t)}{dt}$	$-\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt}$
$Q(t)$	$1 - Q(t)$	-	$\frac{dQ(t)}{dt}$	$\frac{1}{1 - Q(t)} \frac{dQ(t)}{dt}$
$f(t)$	$\int_t^\infty f(t)dt$	$\int_0^t f(t)dt$	-	$\frac{f(t)}{\int_t^\infty f(t)dt}$
$\lambda(t)$	$e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	$1 - e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	$\lambda(t)e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	-

4.2. Qayta tiklanadigan tizimlarning ishonchligi

Qayta tiklanadigan tizim deb ishlash qobiliyati rad etish vujudga kelganda tizim qaralayotgan vaziyatda qayta tiklanishi kerak bo'ladigan tizimga aytiladi.

Qayta tiklanadigan tizimlarning ishlash vaqti bir-birlaridan keyin keladigan ishlash vaqti va qayta tiklash vaqtlari intervallaridan iborat.

Rad etishlar to'g'risidagi statistika bo'yicha birinchi rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$\bar{T}_o = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}, \quad (4.7)$$

bu yerda: t_i - i-nchi obyektning rad etmasdan ishlash vaqti.

$\lambda(t)$ rad etishlar intensivligi rad etishlarning vujudga kelish jarayonlarining intensivligini ifodalaydi.

Tizimning ishlash davrining boshlanishida loyihalash xatoliklari va ishlab chiqarishdagi nuqsonlarni aniqlash va tuzatish bosqichida rad etishlar intensivligi vaqt o'tishi bilan pasayadi. Keyin xizmat ko'rsatish muddatining katta qismida rad etishlar oqimi intensivligi deyarli o'zgarmas bo'lib qoladi, ya'ni tizim faqat to'satdan rad etishlar ta'siri tufayli ishdan chiqishi mumkin. Xizmat ko'rsatish muddatining tugashi bilan u apparaturaning eskirishi tufayli sezilarli darajada oshadi (4.1-rasm).



4.1-rasm. Rad etishlar intensivligining vaqtga bog'liqligi

Statistik rad etishlar intensivligi vaqt birligi ichida rad etgan obyektlar sonini bu vaqt ichida yaroqli ishlaydigan obyektlarning o'rtacha soniga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\hat{\lambda} = \frac{n(\Delta t)}{N_o, \Delta t}, \quad (4.8)$$

bu yerda: $N_{or} = \frac{N_t + N_{t+1}}{2}$ - Δt intervalda yaroqli ishlaydigan obyektlarning o'rtacha soni;

N_t - Δt intervalning boshida yaroqli ishlaydigan obyektlar soni;

N_{t+1} - Δt intervalning oxirida yaroqli ishlaydigan obyektlar soni.

Bu xarakteristikani ehtimoliy baholash quyidagi ifodadan topiladi:

$$\lambda(t) = \frac{\alpha(t)}{P(t)} \quad (4.9)$$

Rad etishlar intensivligi elementlar ishonchliligining asosiy miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi. Agar u ma'lum bo'lsa, u holda boshqa barcha ishonchlik ko'rsatkichlarini topish mumkin. 4.1-jadvalda ishonchlik ko'rsatkichlari orasidagi bog'liqlik ko'rsatilgan.

4.1-jadval

Ishonchlik ko'rsatkichlari orasidagi bog'liqlik

Ko'rsatkich	$P(t)$	$Q(t)$	$f(t)$	$\lambda(t)$
$P(t)$	-	$1 - P(t)$	$-\frac{dP(t)}{dt}$	$-\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt}$
$Q(t)$	$1 - Q(t)$	-	$\frac{dQ(t)}{dt}$	$\frac{1}{1 - Q(t)} \cdot \frac{dQ(t)}{dt}$
$f(t)$	$\int_t^{\infty} f(t)dt$	$\int_0^t f(t)dt$	-	$\frac{f(t)}{\int_t^{\infty} f(t)dt}$
$\lambda(t)$	$e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	$1 - e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	$\lambda(t)e^{-\int_0^t \lambda(t)dt}$	-

4.2. Qayta tiklanadigan tizimlarning ishonchliligi

Qayta tiklanadigan tizim deb ishlash qobiliyati rad etish vujudga kelganda tizim qaralayotgan vaziyatda qayta tiklanishi kerak bo'ladigan tizimga aytiladi.

Qayta tiklanadigan tizimlarning ishlash vaqti bir-birlaridan keyin keladigan ishlash vaqti va qayta tiklash vaqtlari intervallaridan iborat.

Shuning uchun qayta tiklanadigan tizimlarning ishonchlilik ko'rsatkichlari uch guruhlariga – rad etmaslik, ta'mirlashga yaroqlilik va kompleks ko'rsatkichlarga bo'linadi.

Qayta tiklanadigan tizimlar uchun alohida ishlash intervali chegaralarida, agar $t=0$ boshlang'ich vaqt momenti intervalning boshlanishi hisoblansa, oldingi bo'limda ko'rib chiqilgan barcha $[P(t), Q(t), \alpha(t), \lambda(t)]$ ishonchlilik ko'rsatkichlari o'rinli bo'ladi. Tizimning rad etishi va qayta tiklanishi faktini hisobga olish uchun $\omega(t)$ rad etishlar oqimi parametri kiritiladi. Rad etishlar oqimi parametri deb ixtiyoriy kichik ishlash vaqtida qayta tiklanadigan obyektning rad etishlari o'rtacha sonining bu ishlash vaqti qiymatiga nisbatiga aytiladi:

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{M |n(t + \Delta t)| - M |n(t)|}{\Delta t} = M' |n(t)|, \quad (4.10)$$

bu yerda: $M |n(t + \Delta t)|$, $M |n(t)|$ - $t + \Delta t$, t vaqtdagi rad etishlar sonini matematik kutish.

Rad etishlar oqimi parametri statistik jihatdan quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega(t) = \frac{n(t)}{N_0 \Delta t} = \frac{n_{cp}(\Delta t)}{\Delta t}. \quad (4.11)$$

Bu holda, ishonchlilikka sinovlar vaqtida rad etgan obyektlar darhol yangi yoki qayta tiklangan obyektlarga almashtiriladi. Shunday qilib, butun Δt interval davomida N_0 obyektlarning o'zgarmas soni sinovdan o'tkaziladi, qayta tiklanish vaqti esa hisobga olinmaydi.

$\bar{T} = \frac{1}{\omega(t)}$ kattalik rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti deyiladi va qayta tiklanadigan obyektning qo'shni rad etishlari orasidagi o'rtacha vaqtni tavsiflaydi.

Ta'mirlashga yaroqlilik ko'rsatkichlarini ko'rib chiqamiz. Ta'mirlashning boshlanishidan to oxirigacha bo'lgan vaqt qayta tiklanish vaqti deyiladi va tasodifiy qiymat hisoblanadi. Bu kattalikning taqsimoti

funksiyasi $S(t)$ qayta tiklanish ehtimolligi deyiladi. Bu obyekt t vaqtda qayta tiklanishi ehtimolligi hisoblanadi.

Eksperimental ravishda $S(t)$ ehtimollikning qiymati quyidagi ifoda bo'yicha aniqlanadi:

$$S(t) = \frac{N_{qt}}{N_{qq}}, \quad (4.12)$$

bu yerda: N_{qt} - t vaqt ichida qayta tiklangan obyektlar soni:

N_{qq} - qayta tiklashga qo'yilgan obyektlar soni.

Ehtimollik nuqtayi nazaridan $S(t)$ funksiya $Q(t)$ funksiya bilan bir xil va o'sha bir xil xususiyatlarga ega. O'xshash tarzda quyidagi ko'rsatkichlar kiritiladi: qayta tiklanish vaqti taqsimoti zichligi sifatida $\alpha_{qt}(t)$ qayta tiklanish chastotasi va t vaqt momentigacha obyektning qayta tiklanishi bo'lib o'tmaydigan shartda qayta tiklanish vaqti taqsimotining zichligi sifatida $\mu(t)$ qayta tiklanish intensivligi:

$$\alpha_{qt}(t) = \frac{dS(t)}{dt}, \quad \mu(t) = \frac{\alpha_{qt}(t)}{1-S(t)}. \quad (4.13)$$

Ularni statistik baholash quyidagicha:

$$\alpha_{qt}(t) = \frac{n_{qt}(\Delta t)}{N_{qq} \cdot \Delta t}, \quad \mu(t) = \frac{n_{qt}(\Delta t)}{N_{qt \cdot o'rt} \cdot \Delta t}, \quad (4.14)$$

bu yerda: $n_{qt}(\Delta t)$ - $(t - \Delta t/2, t + \Delta t/2)$ vaqt intervalida qayta tiklangan obyektlar soni;

$N_{qt \cdot o'rt}(\Delta t)$ - $(t - \Delta t/2, t + \Delta t/2)$ vaqt intervalida ishlash qobiliyatiga ega bo'lmagan obyektlarning o'rtacha soni.

\overline{T}_{qt} qayta tiklanish o'rtacha vaqti obyektning ishga yaroqli holatining qayta tiklanishi vaqtini matematik kutish hisoblanadi:

$$\overline{T}_{qt} = \int_0^{\infty} t \alpha_{qt}(t) dt = \int_0^{\infty} [1-S(t)] dt. \quad (4.15)$$

Statistik ma'lumotlar bo'yicha bu ko'rsatkich quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{T}_{qt} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{qt}} t_{iqi}}{N_{qt}}, \quad (4.16)$$

bu yerda: t_{iqi} - i-nchi obyektning qayta tiklanish vaqti.

K_t tayyorlik koeffitsiyenti obyektning t ixtiyoriy vaqt momentida ishga yaroqli holatida bo'lish ehtimoli hisoblanadi:

$$K_t = \frac{\bar{T}_o}{\bar{T}_o + \bar{T}_{qt}}. \quad (4.17)$$

Statistik ma'lumotlar bo'yicha tayyorlik koeffitsiyenti obyektning yaroqli ishlash vaqtini yaroqli ishlash vaqti va majburiy turib qolish vaqtining yig'indisiga nisbati orqali aniqlanadi:

$$K_t = \frac{t_{ya}}{t_{ya} + t_{iq}}, \quad (4.18)$$

bu yerda: t_{ya} - obyektning yaroqli ishlashining yig'indi vaqti;
 t_{iq} - majburiy turib qolish yig'indi vaqti.

K_{iq} majburiy turib qolish koeffitsiyenti majburiy turib qolish vaqtini ishga yaroqli vaqt va o'sha bir kalendar muddatida olingan mahsulotning majburiy turib qolishlari vaqtlarining yig'indisiga nisbati hisoblanadi.

Ta'rif bo'yicha quyidagiga ega bo'lamiz:

$$K_{iq} = \frac{t_{iq}}{t_{iq} + t_{ya}}, \quad (4.19)$$

yoki o'rtacha qiymatlarga o'tilsa, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$K_{iq} = \frac{\bar{T}_{iq}}{\bar{T}_o + \bar{T}_{iq}}. \quad (4.20)$$

Tayyorlik koeffitsiyenti va majburiy turib qolish koeffitsiyenti o'zaro quyidagi bog'liqlik bilan bog'langan:

$$K_n = 1 - K_r. \quad (4.21)$$

Nazorat savollari

1. Qayta tiklanmaydigan tizimga ta'rif bering.
2. Qayta tiklanadigan tizimga ta'rif bering.
3. $P(t)$ ishonchlilik funksiyasining mohiyatini tushuntiring.
4. Rad etishlar intensivligini nima ifodalaydi?
5. Rad etishlar chastotasi deb nimaga aytiladi?
6. Rad etishlar statistik intensivligi qanday aniqlanadi?
7. Normal taqsimotda ishonchlilik ko'rsatkichlarining o'zgarishi xarakterini tushuntiring.
8. Tayyorlik koeffitsiyentiga ta'rif bering.
9. Majburiy turib qolish koeffitsiyentiga ta'rif bering.
10. Qayta tiklanish ehtimolligi ko'rsatkichini tushuntiring.

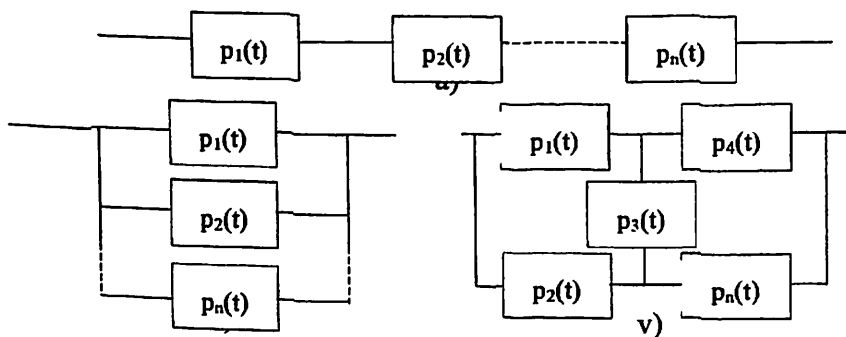
5-bob. TIZIMLARNING ISHONCHLILIGINI HISOBLASH USULLARI

5.1. Ishonchlilikning tuzilish modellari

Zamonaviy telekommunikatsiya tizimlarining, shu jumladan radiotexnika tizimlarining rivojlanishi bu tizimlarning ishonchli ishlashi to'g'risida keskin masala vujudga kelishiga olib keldi. Bu talab zamonaviy tizimlarning ko'p sonli nimitizimlardan tashkil topganligi, ular o'z navbatida, yanada past darajadagi nimitizimlar va boshqalarni o'z ichiga olishi mumkinligiga bog'liq. Shuning uchun, tizimning ishonchliligini hisoblash usulini tanlash masalasi yuzaga keladi.

Tizimning ishonchliligini hisoblash uning ishonchlilik ko'rsatkichlarini aniqlashni anglatadi.

Radiotexnik tizimlarning ishonchliligini hisoblash uchun tuzilmaviy ishonchlilik modellari qo'llaniladi. Bu ishonchlilik modellari tuzilish sxemalari bo'lib, ularda elementlar va ulanishlar ajratiladi, bunda tizimning har bir elementi $p_i(t)$ rad etmasdan ishlash ehtimolligiga ega bo'ladi (5.1-rasm).



5.1-rasm. Tuzilmaviy ishonchlilik modellari (misollar): a) – ketma-ket; b) – parallel; c) – murakkab

5.2. Ishonchlilikni hisoblash usullari

Hozirgi vaqtda ishonchlilikni hisoblashning ko'plab usullari ishlab chiqilgan va amalda qo'llanilmoqda.

Radiotexnik qurilmalar va tizimlarning ishonchliligini hisoblashda quyidagi usullar eng ko'p qo'llaniladi (5.2-rasm):

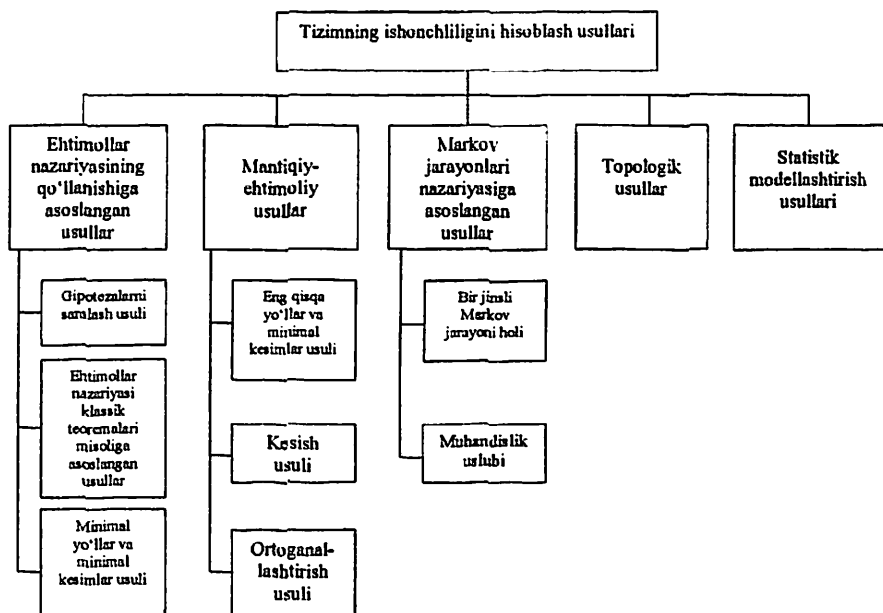
- ehtimollar nazariyasining teoremlarini qo'llashga asoslangan usullar;

- mantiqiy-ehtimollik usullari;

- topologik usullar;

- Markov jarayonlari nazariyasiga asoslangan usullar;

- statistik modellashtirish usuli.



5.2-rasm. Ishonchlilikni hisoblash usullari

Ehtimollar nazariyasiga asoslangan tahlil qilish usullari uchta asosiy usullar –gipotезlarni saralash usuli, ehtimollik nazariyasining klassik teoremlari misoliga asoslangan usul, minimal yo'llar va minimal kesimlar usullarini o'z ichiga oladi:.

Gipotezalarni saralash usulida tizim elementlarining ishlash qobiliyatili va rad etishlar holatlarining barcha bo'lishi mumkin farazlarini saralash amalga oshiriladi. Bu usul tizimning ko'p sonli holatlari tufayli juda ko'p vaqt talab etadi va amalda kam qo'llaniladi.

Ehtimollar nazariyasining klassik teoremlarini qo'llashga asoslangan usul ketma-ket, parallel, ketma-ket-parallel va boshqa tizimlarning ishonchligini hisoblash uchun qo'llaniladi. Bu yerda tizim elementlarining rad etmasdan ishlash davomiyliklari o'zaro bog'liq emasligi to'g'risida faraz qo'llaniladi. Bu usulning afzalligi shundan iboratki, bu holda, ehtimollar nazariyasini qo'shish va ko'paytirish teoremlariga, shuningdek, to'liq ehtimollik ifodasiga asoslanish bilan tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolliigi uchun aniq ifodalarni topish mumkin.

Minimal yo'llar va minimal kesimlar usuli murakkab tuzilmali tizimlarining ishonchligini taxminiy yuqori va pastki baholashni olish imkonini beradi.

Minimal yo'l agar barcha elementlar yaroqli bo'lsa, tizim yaroqli bo'ladigan, elementlardan birining ishdan chiqishi butun tizimning ishdan chiqishiga olib keladigan elementlar to'plami hisoblanadi.

Minimal kesim, agar barcha elementlar yaroqli bo'lsa, tizim yaroqli bo'ladigan, ya'ni faqat barcha elementlarning ishdan chiqishi butun tizimning ishdan chiqishiga olib keladigan elementlar to'plami hisoblanadi.

n elementlardan ketma-ket ulangan zanjir bitta minimal yo'lga va har bir elementdan o'tadigan n minimal kesimlarga ega (5.1,a-rasm).

n elementlardan parallel ulangan zanjir har bir elementdan o'tadigan n minimal yo'llarga va bitta minimal kesimga ega (5.1,b-rasm).

Elementlari ixtiyoriy bog'lanishdagi tuzilmali tizim bir nechta minimal kesimlar va yo'llarga ega bo'lishi mumkin (5.1,c-rasm).

Minimal yo'llar va minimal kesimlar usulida tizimning P_{tiz} ishonchligi yuqori va pastki baholashlari quyidagicha aniqlanadi:

$$\left(\begin{array}{c} \text{minimal kesimlarni} \\ \text{ketma - ket ulash} \end{array} \right) \leq P_{tiz} \leq \left(\begin{array}{c} \text{minimal kesimlarni} \\ \text{parallel ulash} \end{array} \right)$$

Minimal yo'llar va minimal kesimlar usuli yo'llar soni yoki kesimlar soni katta bo'ladigan hollarda cheklashlarga ega, bu hisoblashlarning katta bo'lishiga olib keladi.

Ishonchliligini baholashning mantiqiy-ehtimollikli usullari uchta asosiy usullar – eng qisqa yo‘llar va minimal kesimlar usuli, kesish usuli, ortogonallashtirish usullarini o‘z ichiga oladi.

Mantiqiy-ehtimollikli usullardan foydalanishning o‘ziga xos xususiyati shundan iboratki, tizimning ishlash qobiliyati shartlarini analitik yozish uchun va mantiqiy algebra funksiyalaridan ehtimollik funksiyalariga o‘tishda tizimning rad etmasligini obyektiv ifodalaydigan mantiqiy algebra funksiyalari qo‘llaniladi. Ishonchlilikning miqdoriy ko‘rsatkichlarini aniqlash uchun mantiqiy-ehtimollik usulini qo‘llash bilan matematik mantiq apparati yordamida va nazariyadan keyingi foydalanish bilan uning ishonchliligini hisoblash sxemasini tavsiflash mumkin.

Mantiqiy-ehtimoliy tahlil qilish usullarining xususiyatlari shundan iboratki, tizim har bir elementining holati quyidagicha tayinlanadi:

- agar element rad etish holatida bo‘lsa, qiymat “0” bo‘ladi;
- agar element yaroqli holatda bo‘lsa, “1” bo‘ladi.

Mantiqiy algebra funksiyasida elementlarning holatlari quyidagicha tayinlanadi:

x_i - elementning yaroqli holati (“1” qiymat);

\bar{x}_i - elementning rad etish holati (“0” qiymat).

U holda tizimning umumiy holati, ishlash qobiliyati funksiyasi uning elementlarining holati orqali tavsiflanadi:

$$y=f(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (5.1)$$

Eng qisqa yo‘llar va minimal kesimlar usulida tizimning ishlash qobiliyati funksiyasi tizimning yaroqli ishlashi eng qisqa yo‘llari va minimal kesimlar yordamida tavsiflanadi.

Bu usulda eng qisqa yo‘l sifatida ishlash qobiliyatli tizimni hosil qiladigan elementlarning ishlash qobiliyatli holatlarining minimal konyunksiyasi (mantiqiy ko‘paytirish) qabul qilinadi. Minimal kesim sifatida ishlash qobiliyatisiz tizimni hosil qiladigan elementlarning ishlash qobiliyatisiz holatlarining minimal konyunksiyasi qabul qilinadi.

Kesish usulida mantiqiy algebra funksiya shakllantiriladi, bunda tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi mantiqiy o‘zgaruvchilar o‘rniga elementlarning rad etmasdan ishlash ehtimolliklarini qo‘yish yordamida aniqlanadi.

Kesish usuli mantiqiy algebra teoremasiga asoslanadi, bunda $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ mantiqiy algebra funksiya quyidagi ko‘rinishda berilishi mumkin:

$$y(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) = x_i y(x_1, x_2, \dots, 1, \dots, x_n) \vee \bar{x}_i y(x_1, x_2, \dots, 0, \dots, x_n). \quad (5.2)$$

Kesish usulini qo‘llashda mukammal dizyunktiv normal shaklni olish talab qilinmaydi.

Mukammal dizyunktiv normal shakl ifodalari elementar konyunksiyalarning dizyunksiyasi hisoblanadi, bu yerda: ifodaning har bir mantiqiy qo‘shiluvchisi $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ funksiyasiga kiradigan barcha o‘zgaruvchilarga ega bo‘ladi; ifodaning barcha mantiqiy qo‘shiluvchilari turlicha; hech bir mantiqiy qo‘shiluvchi bir vaqtning o‘zida o‘zgaruvchi va uni inkor etishga ega bo‘lmaydi; ifodaning hech bir mantiqiy qo‘shiluvchisi o‘sha bir o‘zgaruvchiga ikki marta ega bo‘lmaydi.

Ortogonalashtirish usuli tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligini olishga va mantiqiy algebra funksiyasini hosil qilishga imkon beradi, bunda mantiqiy algebra funksiyasida mantiqiy o‘zgaruvchilar ehtimolliklar bilan almashtiriladi va dizyunksiya operatsiyalari (mantiqiy qo‘shish) va konyunksiya operatsiyalari algebraik qo‘shish va ko‘paytirish bilan almashtiriladi. Bu usul mantiqiy algebra funksiyasini ortogonal dizyunktiv normal shaklga aylantirishga asoslangan.

Shuni ta’kidlash kerakki, agar ko‘paytmasi nolga teng bo‘lsa, ikkita konyunksiyalar ortogonal deyiladi. Ortogonal dizyunktiv normal shaklni quyidagi nisbatlar yordamida olish mumkin:

1) agar $y(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 x_2 \dots x_n$ bo‘lsa, u holda

$$\bar{y} = \bar{x}_1 \vee x_1 \bar{x}_2 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 \vee \dots \vee x_1 x_2 x_3 \dots x_{n-1} \bar{x}_n; \quad (5.3)$$

2) agar $y(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \vee x_2 \vee \dots \vee x_n$ bo‘lsa, u holda

$$y = x_1 \vee \bar{x}_1 x_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \vee \dots \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \dots \bar{x}_{n-1} x_n. \quad (5.4)$$

Murakkab tizimlarning ishonchligini hisoblashda mantiqiy-ehtimoliy tahlil qilish usullarning amaliy qo'llanilishini kamaytiradigan kamchiliklar shundaki, ko'plab hollarda tizimning tuzilmaviy sxemasi elementlarining rad etmasdan ishlashi ehtimolligi to'g'risida ma'lumotlar olinishi mumkin emas. Bu elementlarning ishlash vaqti tasodifiy kattalik ekanligiga bog'liq. Bular zaxiralashning mavjudligi, shuningdek tizim elementlarining bir vaqtda ishlamasligi va boshqa ko'plab holatlar hisoblanadi.

Shu bilan birga, mantiqiy-ehtimoliy usullar diagnostika protseduralarida rad etishlar daraxtini qurishda va tizimning rad etishiga olib keladigan boshlang'ich hodisalarni aniqlashda keng qo'llaniladi.

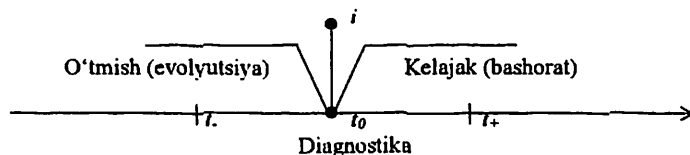
Qayta tiklanmaydigan va qayta tiklanadigan tizimlarning ishonchligini hisoblash uchun Markov jarayonlar nazariyasiga asoslangan usullar ham keng qo'llaniladi.

Tahlillar shuni ko'rsatdiki, Markov jarayonlari nazariyasiga asoslangan tizimlarning ishonchligini hisoblash usullari orasida bir xil Markov jarayonining xususiy holi va muhandislik uslubi eng ko'p qo'llaniladi.

Tasodifiy $X(t)$ jarayon deb, agar vaqtning har bir momenti uchun tizimning har qanday holatining ehtimolligi kelajakda faqat hozirgi t_0 vaqtda tizimning holatiga bog'liq bo'lsa va tizim bu holatga qanday kelganiga bog'liq bo'lmasa, Markov jarayoni (yoki oqibatsiz jarayon) deb ataladi.

5.3-rasmda Markov tasodifiy jarayonini shakllantirish grafigi tasvirlangan, unda quyidagi belgilashlar qabul qilingan:

- t - o'tgan vaqt momenti,
- t_0 - hozirgi vaqt,
- t_+ - bo'lajak vaqt momenti,
- i - bu amalga oshirish uchun jarayon qabul qilgan qiymat.



5.3-rasm. Markov tasodifiy jarayonini shakllantirish

Qaysi vaqt momentlarida tizimning holatdan holatga o'tishi bo'lib o'tishiga bog'liq ravishda tizimdagi Markov tasodifiy jarayonining matematik tavsifi shakllantiriladi.

Markov jarayonlari diskret va uzluksiz vaqtdagi jarayonlar bo'lishi mumkin. Holatlar orasidagi o'tishlar faqat oldindan aniqlangan vaqtlarda ro'y bersa, Markov jarayoni diskret vaqtli jarayon deyiladi.

Agar davlatlar orasidagi o'tish istalgan tasodifiy vaqt momentlarida sodir bo'lsa, jarayon doimiy vaqtga ega bo'lgan Markov jarayoni deb ataladi.

Bir jinsli Markov jarayoni deb o'tishlar ehtimolligi vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lgan jarayonlarga aytiladi. Ya'ni, tizimning t vaqt momentidagi holati uning kelajakdagi xatti-harakatlarini aniq belgilaydi. Bu rad etmasdan ishlash vaqti taqsimoti xarakteri eksponensial xarakterga ega bo'lishini ko'zda tutadi:

$$P(t) = e^{-\lambda t}. \quad (5.5)$$

Holatlar orasida ham diskret, ham uzluksiz vaqtli bir jinsli Markov jarayonlari qayta tiklanadigan murakkab tizimlarning ishonchliligini tadqiq qilishda keng qo'llaniladi. Bu aynan bir jinsli Markov jarayonlari tizim ishonchliligining turli ko'rsatkichlarini hisoblash uchun analitik ifodalarni yoki hisoblash sxemalarini olishga imkon beradi.

Markov jarayonlari nazariyasiga asoslangan usullardan yana biri tizimning ishonchliligini tahlil qilish muhandislik uslubi bo'lib, u istalgan zaxiralash holatida (yuklanmagan, yengil yuklangan, yuklangan), istalgan ta'mirlash guruhi sonida va oldin qilingan farazlarni hisobga olish bilan ixtiyoriy xizmat intizomida qayta tiklanadigan va qayta tiklanmaydigan, zaxiralangan va zaxiralanmagan tizimlarning ishonchliligini hisoblash imkonini beradi.

Muhandislik uslubi rad etmasdan ishlash ehtimolligi, rad etmasdan ishlash o'rtacha vaqti, tayyorlilik funksiyasi va koeffitsiyenti, rad etishgacha ishlash vaqti, qayta tiklanish o'rtacha vaqtini hisoblashga imkon beradi.

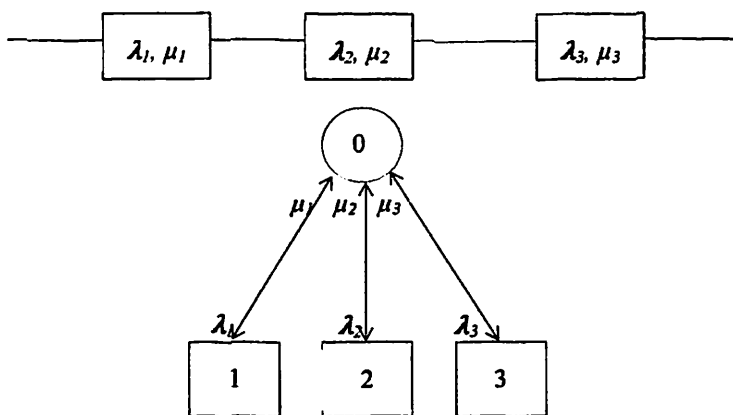
Markov jarayonlar nazariyasiga asoslangan ishonchlilikni baholash usullari katta kamchilik – qo'llanishining cheklanishiga ega, bu shunga

bog'liqlik, bu usullar faqat rad etmasdan ishlash vaqti va qayta tiklanish vaqti eksponensial taqsimotga ega bo'lgan hollarda qo'llanilishi mumkin.

Topologik usullar ishonchlilik ko'rsatkichlarini holatlar grafi yoki tizimning tuzilish sxemasi bo'yicha, bunda tenglamalarni tuzmasdan yoki hal etmasdan aniqlashga imkon beradi.

Uchta ketma-ket ulangan elementlardan tashkil topgan va mos ravishda λ_i va μ_i rad etishlar intensivliklariga ega bo'lgan tizimning tuzilmaviy modeli uchun ishonchlilik bo'yicha holatlar grafi tasviri misolini ko'rib chiqamiz (5.4-rasm).

5.4-rasmda elementlarning quyidagi holatlari ko'rsatilgan: "0" - barcha elementlar ishlash qobiliyatili holat; "1", "2", "3" - mos ravishda vujudga kelgan rad etishdan keyingi 1, 2, 3-elementlarning qayta tiklanishi holatlari. Tizim "0" ishlash qobiliyatili holatdan i rad etish holatiga λ_i intensivlikda tushishi va μ_i intensivlikda qayta tiklanishi mumkin.



5.4-rasm. Tizim holatlar grafi tasviriga misol

Topologik usulning qo'llanishi quyidagi ishonchlilik ko'rsatkichlarini hisoblash imkonini beradi:

- rad etmasdan ishlash ehtimolligi;
- rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti;
- tayyorlik funksiyasi;
- tayyorlik koeffitsiyenti;

- qayta tiklanadigan tizimning rad etishgacha ishlash vaqti.

Bu usuldan foydalanganda quyidagi cheklovlar qabul qilinadi:

1) murakkab tizim elementlarining rad etish intensivligi va qayta tiklanishi o'zgarmas qiymatlar hisoblanadi;

2) rad etmasdan ishlash ehtimolligi va tayyorlik funksiyasi Laplas o'zgartirishlarida aniqlanadi;

3) tizimlarning ishonchliligini tahlil qilishda, ba'zi hollarda, ko'p aloqali holatlar grafi bilan tavsiflangan yengib bo'lmaydigan qiyinchiliklar yuzaga keladi.

Grafda konturlarni qidirish mashaqqatli va murakkab kombinatorik masala bo'lganligi sababli topologik usul asosan kichik sonli bo'lishi mumkin holatlarda tizimlarning statsionar ishonchlilik xarakteristikalarini hisoblash uchun ishlatiladi.

Tizimni tadqiq qilish va loyihalash bosqichlarida mashina analitik va imitatsion modellarni qurish va amalga oshirishda tasodifiy sonlardan foydalanishga asoslangan statistik sinovlar usuli keng qo'llaniladi. Bu yerda ehtimollik taqsimoti berilgan ma'lum tasodifiy kattalikning bo'lishi mumkin qiymatlari nazarda tutiladi.

Statistik modellashtirish tasodifiy buzilishlarga duch keladigan murakkab jarayonlar va tizimlarni imitatsion modellashtirish yordamida o'tkaziladigan tadqiqotlar hisoblanadi.

Imitatsion modellashtirish usulining mohiyati quyidagicha:

- tizimning xatti-harakatlarini imitatsiyalaydigan algoritumni qurish;

- bu algoritumni amalga oshirish.

Natijada qidiriladigan ishonchlilik ko'rsatkichlarining qator alohida qiymatlari olinadi. Bu qiymatlarni qayta ishlash va tasniflash amalga oshiriladi, bu esa haqiqiy tizimning istalgan vaqt momentlaridagi ishonchliligi to'g'risida ma'lumotlarni olish imkonini beradi.

Yetarlicha ko'p sonli amalga oshirilgan qiymatlarda tizimni modellashtirish natijalari statistik jihatdan barqaror bo'lib qoladi va qidiriladigan ishonchlilik ko'rsatkichlarini baholash sifatida olinishi mumkin.

Tizimlarni statistik modellashtirish, xususan kompyuterlardan foydalaniladigan usulning nazariy asosiy sifatida ehtimollar nazariyasining chegaraviy teoremlari ishlatiladi.

Chegaraviy teoremlarning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, ular natijada juda ko'p N sonli sinovlarni (amalga oshirishlarni) o'tkazishda yuqori sifatli statistik baholashlarni olishga yordam beradi.

Statistik modellashtirishning qo'llanishida tizimlarning xarakteristikalarini miqdoriy baholashlarning amaliy ma'qul natijalari nisbatan kichik N sinovlar sonida ham olish mumkin.

O'tkazilgan RTTning ishonchliligini hisoblash usullarini tahlil qilish natijalari 5.1-jadvalda keltirilgan.

5.1-jadval

RTT ishonchliligini hisoblash usullari

Usullar	O'ziga xos xususiyatlari
Ehtimollar nazariyasini qo'llashga asoslangan usullar	Gipotezalarni saralash, minimal yo'llar va minimal kesimlar usullari ko'p sonli yo'llar yoki kesimlar soniga ega bo'lgan murakkab tizimlarda cheklangan qo'llanishga ega. Ehtimollar nazariyasining klassik teoremlarini qo'llashga asoslangan usul ketma-ket, parallel, ketma-ket-parallel va boshqa tizimlarning ishonchliligini hisoblash uchun keng amaliy qo'llanadi.
Mantiqiy - ehtimoliy usul	Tizimning tuzilmaviy sxemasi elementlarining rad etmasdan ishlash ehtimolligi to'g'risida ma'lumotlarni olishning murakkabligi. Ular tizimlar diagnostika qilish protseduralarida keng qo'llaniladi.
Markov jarayonlariga asoslangan usullar	Qo'llanishda cheklanishiga ega, bu shunga bog'liqliki, bu usullar faqat rad etmasdan ishlash vaqti va qayta tiklanish vaqti eksponensial taqsimotga ega bo'lgan hollarda qo'llanilishi mumkin
Topologik usul	Iшонchlilikning miqdoriy xarakteristikalarini aniqlash usullarining katta aniqligi, hisoblash algoritmlarining murakkab emasligi, taxminiy baholashlarning mumkinligi, tuzilmaviy sxemaning ko'rinishiga cheklovlar yo'q.
Statistik modellashtirish usullari	Yuqori sifatli statistik baholashlarni olish uchun tizim juda ko'p N sonli sinovlarini o'tkazish kerak.

Nazorat savollari

1. Ehtimollar nazariyasining teoremlarini qo'llash asosida ishonchlilikni hisoblashning o'ziga xos xususiyati nimada?
2. Mantiqiy-ehtimoliy usullarga asoslangan ishonchlilikni hisoblashning o'ziga xos xususiyati nimada?
3. Topologik usullarga asoslangan ishonchlilikni hisoblashning o'ziga xos xususiyati nimada?
4. Markov jarayonlari nazariyasiga asoslangan ishonchlilikni hisoblashning o'ziga xos xususiyati nimada?
5. Statistik modellash usuliga asoslangan ishonchlilikni hisoblashning o'ziga xos xususiyati nimada?

6- bob. ISHONCHLILIKNI OSHIRISH USULLARI

6.1. Radiotexnik qurilmalar va tizimlarning ishonchliligini oshirish usullari

Radiotexnik qurilmalar va tizimlarning (RQT) hozirgi holati hamda rivojlanishi ularning ishonchliligiga yuqori talablarni taqozo etmoqda. RQTning ishonchliligini oshirishning turli xil usullar mavjud. Bu usullarning xilma-xilligini quyidagi uchta katta guruhlarga bo'lish mumkin:

1-guruh. Tizimning ishlatilishidan oldingi bosqich (ishlatilishidan, yoki ekspluatatsiyadan, oldingi usullar). Bu yerda sxemalar va bloklarning bajarilishi, butun tizimni qurish, konstruktiv bajarish, zaxiralash usullari va boshqalar tanlanishi mumkin;

2-guruh. Ishlab chiqarish bosqichi (ishlab chiqarish usullari). Ishlab chiqarish texnologiyasi, oshirilgan ishonchlilikli elementlarni tanlash, ishlab chiqariladigan qurilmalarni joriy va oraliq nazoratining qo'llanilishi;

3-guruh. Ishlatish bosqichi (ishlatish usullari). Qurilmalarni texnik ishlatish qoidalariga rioya qilish, profilaktika ishlari va texnik xizmat ko'rsatish ishlarini o'tkazish, bashoratlash vazifalari bajariladi.

O'z navbatida, ishlatishdan oldingi ishonchlilikni oshirish usullari tizimli, sxemali va konstruktiv usullarga bo'linadi. Ishonchlilikni oshirishning ishlab chiqarish usullariga quyidagilar kiradi:

- ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish;
- ishlab chiqarishni avtomatlashtirish;
- texnologik (o'quv) sinovlar;
- mahsulot sifatini statistik tartibga solish.

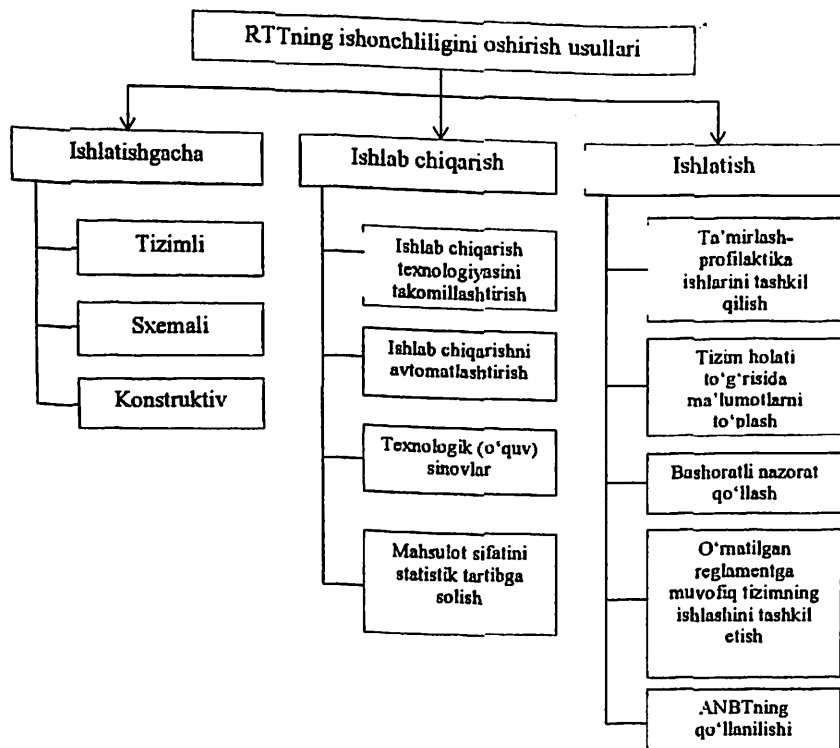
Ishonchlilikni oshirishning ishlatish usullari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- ta'mirlash-profilaktika ishlarini tashkil qilish;
- tizim holati to'g'risida ma'lumotlarni to'plash;
- tizimning bo'lishi mumkin ishdan chiqishini bashoratlash uchun

bashoratli nazorat qo'llash;

- o'rnatilgan reglamentga muvofiq tizimning ishlashini tashkil etish;

- RTTda avtomatlashtirilgan nazorat va boshqarish tizimlarini (ANBT) qo'llash (6.1-rasm).



6.1-rasm. RTT ishonchligini oshirish usullari

Loyihalash bosqichida quyidagi chora-tadbirlarni qo'llash orqali tizimning yuqori ishonchligi ta'minlanishi mumkin:

- yanada samarali sxemali va konstruktiv yechimlarni tanlash;
- signalga analog ishlov berishni raqamli ishlov berishga almashtirish;
- RQTda ishlatiladigan elementlar va materiallarni tanlash;
- turli xil mexanik kommutatorlar, qayta ulagichlar va boshqarish qurilmalarini elektron qurilmalar bilan almashtirish;
- tizimni tashkil etuvchi elementlar va qurilmalarning ishlash rejimini tanlash;

- RQTga xizmat ko'rsatish va undan foydalanishning qulayligi bo'yicha maxsus choralarni ishlab chiqish;
- operator (iste'molchi) imkoniyatlarini va ergonomikaning talablarini hisobga olish.

6.2. Radiotexnik tizimlarda zaxiralash

Loyihalash bosqichida tizimning ishonchligini oshirish usullaridan biri tizimni berilgan funksiyalarni bajarishi uchun mavjud vositalarga qo'shimcha ravishda qo'shimcha vositalar yoki imkoniyatlarni joriy qilishdan iborat bo'lgan ortiqchalikdan foydalanish hisoblanadi. Ortiqchalikni kiritish yo'li bilan obyektning ishonchligini oshirish usuli zaxiralash (rezervlash) deb ataladi.

Tizimda yaratilgan ortiqchalik turiga bog'liq ravishda tuzilmaviy, vaqt bo'yicha, axborot bo'yicha, funksional, yuklama (rejim) bo'yicha zaxiralash turlari ajratiladi.

Tuzilmaviy zaxiralashda tizimning tuzilmasida ortiqcha elementlardan foydalanish ko'zda tutiladi. Bular tizimdagi mavjud elementlarga o'xshash qo'shimcha tugunlar, bloklar va elementlar bo'lishi mumkin.

Vaqt bo'yicha zaxiralash tizimga tushadigan ma'lumotlarda vaqtning mos tuzilmasida ortiqcha vaqtdan foydalanishni ko'zda tutadi.

Axborot bo'yicha zaxiralash tizimga tushadigan ma'lumotlarning ortiqchaligidan foydalanishni o'z ichiga oladi.

Funksional zaxiralashda tizim elementlari va bloklarining qo'shimcha funksiyalarni bajarish qobiliyatidan foydalaniladi.

Yuklamani (rejimni) zaxiralash tizim va uning tarkibiy elementlarining qo'shimcha yuklamani olish qobiliyatidan foydalanishni ko'zda tutadi.

Ba'zi hollarda tizimda bir vaqtning o'zida bir nechta zaxiralash turlaridan foydalanish mumkin. Ammo shuni e'tiborga olish kerakki, zaxiralashning qo'llanishi hajm-massa ko'rsatkichlari, iste'mol quvvati sarfi va tizim narxining ortishiga olib kelishi mumkin.

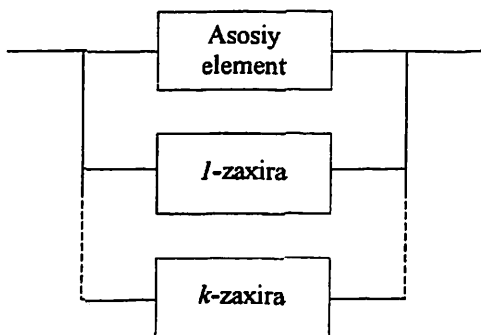
Adabiyotlar manbalarini tahlil qilish ko'rsatdiki, radiotexnik tizimlarda tuzilmaviy zaxira ko'proq ishlatiladi, bunda tizimga qo'shimcha ravishda qurilmalarning alohida qismlarining ishdan

chiqishini kompensatsiyalaydigan va tizimning ishonchli ishlashini ta'minlaydigan zaxiralash bloklari, tugunlari yoki elementlari kiritiladi.

Umuman olganda, zaxiralash quyidagi turlarga ajratiladi:

- doimiy zaxiralash;
- almashtirish bilan zaxiralash;
- sirpanuvchan zaxiralash.

Doimiy zaxiralashda zaxira elementlari asosiy elementlar bilan birga ulanadi va o'sha bir rejimlarda ishlaydi (6.2-rasm). Almashtirish bilan zaxiralashda rad etgan element aniqlanadi va u zaxira bilan almashtiriladi (6.3-rasm). Sirpanuvchan zaxiralashda istalgan zaxira elementi istalgan rad etgan elementni almashtirishi mumkin (6.4-rasm).



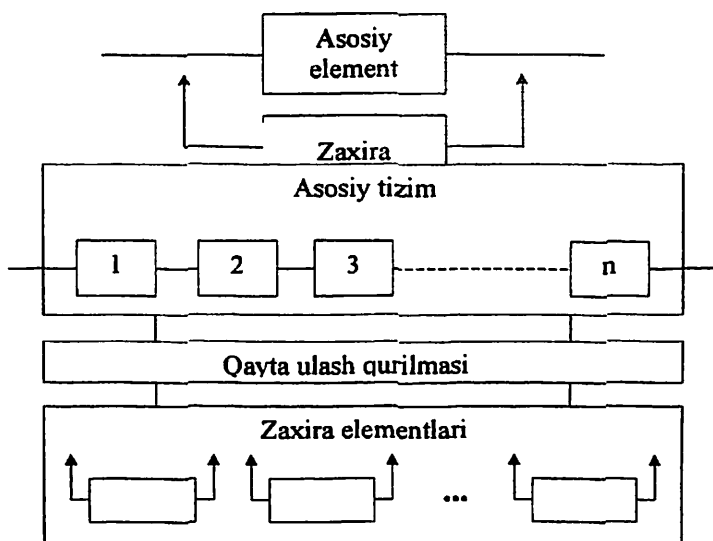
6.2-rasm. Doimiy zaxiralash

Ko'pincha, RTTda umumiy zaxiralash (alohida modullar zaxiralanadi) va mikrosxemalar yoki alohida elementlar darajasida elementlab zaxiralash qo'llaniladi. Zaxira elementlarining bir xil sonida elementlab zaxiralash umumiy zaxiralashdan samaraliroq bo'ladi, ammo ko'p sonli qo'shimcha elektr ulanishlarni talab qiladi.

Doimiy zaxiralash qayta tiklanmaydigan qurilmalarda eng ko'p qo'llaniladi. Doimiy zaxiralash hal qiluvchi blok yordamida yoki ketma-ket, parallel yoki boshqa yo'l bilan ulanadigan bir xil turdagi elementlar (bloklar) ko'rinishida kiritilishi mumkin.

Hal qiluvchi blok sifatida doimiy yoki o'zgaruvchan vaznga ega majoritar elementlar, kodlash-dekodlash qurilmalaridan foydalanish mumkin.

Almashtirish bilan zaxiralashda almashtirish jarayonining o'zi avtomatik yoki qo'lda amalga oshirilishi mumkin. Almashtirish bilan zaxiralashdan foydalanish quyidagi afzalliklarga ega. Sxemada elektr ishlash rejimlari almashmasligi sababli chiqish parametrlarini qo'shimcha sozlash talab qilinmaydi. Zaxira apparaturasi ishlashga yoqilmaguncha yoqilmagan bo'ladi, bu elektron qurilmalarning resursini saqlashga olib keladi, bu esa o'z navbatida, tizimning umumiy ishonchliligini oshiradi. Shuningdek, bir nechta ishchi modullarda bitta zaxira modulidan foydalanish ham mumkin.



6.3-rasm. Almashtirish bilan zaxiralash

Sirpanuvchan zaxiralashni tashkil qilish uchun yaroqsiz modulni avtomatik aniqlaydigan va uning o'rniga zaxira modulini ulaydigan qurilma ishlatiladi. Sirpanuvchan zaxiralashning afzalligi shundaki, ideal avtomatik qurilma bo'lsa, boshqa zaxiralash usullariga nisbatan ishonchlilikda katta yutuqlarga erishiladi. Sirpanuvchan zaxiralashni amalga oshirishga cheklash zaxiralangan elementlarning bir xilligiga

talab hisoblanadi. Zamonaviy RTTlarda yuqorida ko'rsatilgan zaxiralashlarning barcha turlari qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. RQTning ishonchligini oshirish usullarini sanab o'ting.
2. Zaxiralashning mohiyati nima?
3. Tuzilmaviy zaxiralashning xususiyatlarini tushuntiring.
4. Vaqt bo'yicha zaxiralashning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
5. Axborot bo'yicha zaxiralashning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
6. Funktsional zaxiralashning xususiyatlarini tushuntiring.
7. Yuklamani (rejimli) zaxiralashning xususiyatlarini tushuntiring.

7-bob. INTEGRAL MIKROXEMALARNING ISHONCHLILIGI

7.1. Integral mikroksxemalarning tushunchasi

Integral mikroksxemalar (IMS) ma'lum signallarni o'zgartirish va ishlov berish funksiyasini bajaradigan va yaxlit sifatida qaralishi mumkin bo'lgan, elektr bog'langan elementlarning yuqori zichligiga ega bo'lgan, yagona texnologik jarayonda ishlab chiqarilgan va germetik korpusga joylashtirilgan qurilma hisoblanadi.

Integral mikroksxemalarning murakkabligi yoki integratsiya darajasi IMSning tarkibiga kiradigan elementlarning soni orqali aniqlanadi. Integratsiya darajasi bo'yicha IMSlar bir nechta toifalarga bo'linadi:

- kichik integratsiya darajasili integral sxemalar,
 - o'rta integratsiya darajasili integral sxemalar,
 - katta va juda katta integral mikroksxemalar (KIS va JKIS).
- Integratsiya darajasi quyidagi nisbati bilan tavsiflanadi:

$$K_{int} = \lg N, \quad (7.1)$$

bu yerda: N - kristalldagi elementlarning soni (odatda, bu tranzistorlar soni).

Kichik integratsiya darajasili IMSlarda $K_{int} < 2$ ($N < 100$), o'rtacha integratsiya darajasili IMSlarda $2 < K_{int} < 4$ ($100 < N < 10^4$), KISlarda $4 < K_{int} < 5$ ($10^4 < N < 10^6$), JKISlarda $K_{int} > 6$ ($N > 10^6$) bo'ladi.

Hozirgi vaqtda RTTda yuqori darajadagi integratsiyalashgan IMSlar tobora ko'proq foydalanilmoqda. IMSlarni qo'llash sohasining kengayishi, ma'lumotlarga raqamli ishlov berishga o'tish, IMSlarning murakkabligi va funksional imkoniyatlarining o'sishi ularga ishonchlilik bo'yicha talablarining oshishiga olib keladi. RTTning turli omillar (iqlim, mexanik va boshqalar) ta'siri ostida uzluksiz (ishonchli) ishlashini faqat IMSning yuqori darajadagi ishonchlilikning ta'minlanishi bilan ta'minlash mumkin.

Zamonaviy raqamli IMSlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, ular qayta tiklanmaydigan hisoblanadi. Shu sababli, IMSlarga qayta

tiklanadigan tizimlarning quyidagi ishonchlilik ko'rsatkichlari qo'llanilmaydi:

- qayta tiklanish ehtimoli,
- qayta tiklanish intensivligi,
- o'rtacha qayta tiklanish vaqti,
- ularga bog'liq bo'lgan kompleks ishonchlik ko'rsatkichlari - tayyorlik koeffitsiyenti, foydalanish koeffitsiyenti va operativ foydalanish koeffitsiyenti.

Zamonaviy RTTlarda ishlatiladigan integral mikrosxemalar (KIS va JKISlar) ko'plab sonli turli parametrlar va sifat mezonlari bilan ajralib turadi. Ishlab chiqariladigan IMSlar turlarining ortishi, ularning qo'llanishi sohasining kengayishi, ularni ishlab chiqarish texnologiyalarining rivojlanishi va takomillashtirilishi IMSlarning sifat ko'rsatkichlarini ishonchli aniqlashga imkon beradigan IMSlarni yangi nazorat qilish usullari va texnik vositalarini ishlab chiqish zaruriyatiga olib keladi.

7.2. Integral mikrosxemalar parametrlarini nazorat qilish usullari

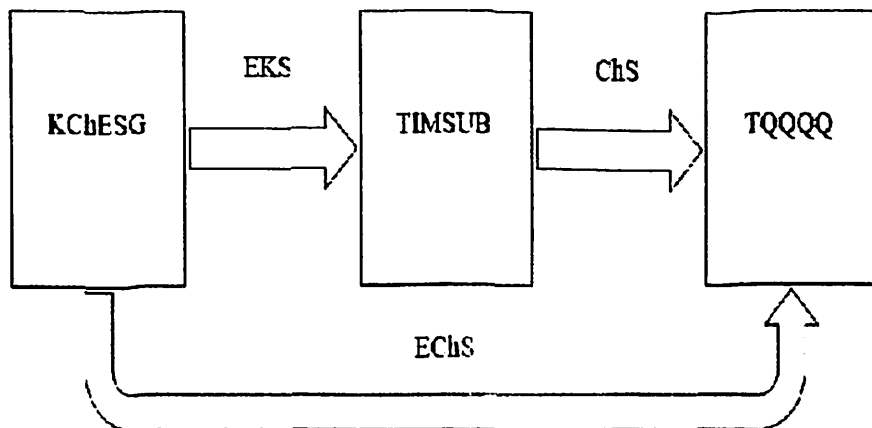
Integral mikrosxemalar statik va dinamik parametrlari bilan tavsiflanadi. Statik parametrlarga kirish va chiqish toklari va kuchlanishlari, statik halaqitlar kuchlanishi, bo'sag'aviy kuchlanish, mantiqiy "0" va "1" holatlarda IMSlar iste'mol toklari kiradi.

Dinamik parametrlar kirish, chiqish, kirish va chiqish signallari orasidagi vaqt bo'yicha nisbatlarni o'z ichiga oladi.

Statik va dinamik parametrlarning talab qilinadigan qiymatlarga mos kelishini aniqlash uchun parametrik nazorat qo'llanadi. IMSlarning parametrik nazorati belgilangan usullar asosida amalga oshiriladi, ular bo'yicha olingan qiymatlarning ma'lum bir IMSga amal qiladigan texnik shartlarga (TSh) muvofiqligi aniqlanadi.

Shuningdek, IMSning ishlash qobiliyatini nazorat qilish uchun funksional nazorat uchun keng qo'llaniladi (7.1-rasm). Funksional nazoratda IMS kirishiga ma'lum bir kirish signallari to'plami beriladi va uning chiqishida esa chiqish signallari hosil bo'ladi. Keyin IMSning chiqish signallarini etalon chiqish signallari bilan taqqoslash amalga

oshiriladi va natijada mikrosxemaning ishlash qobiliyati to'g'risida qaror qabul qilinadi.



KChESG - kirish va chiqish etalon signallari generatori; TIMSUB - testlanadigan IMSni ulash bloki; TQQQQ - taqqoslash va qaror qabul qilish qurilmasi; EKS, EChS - KChESG etalon kirish va chiqish signallari; ChS - testlanadigan IMS chiqish signallari

7.1-rasm. Umumlashtirilgan funksional nazorat qilish sxemasi

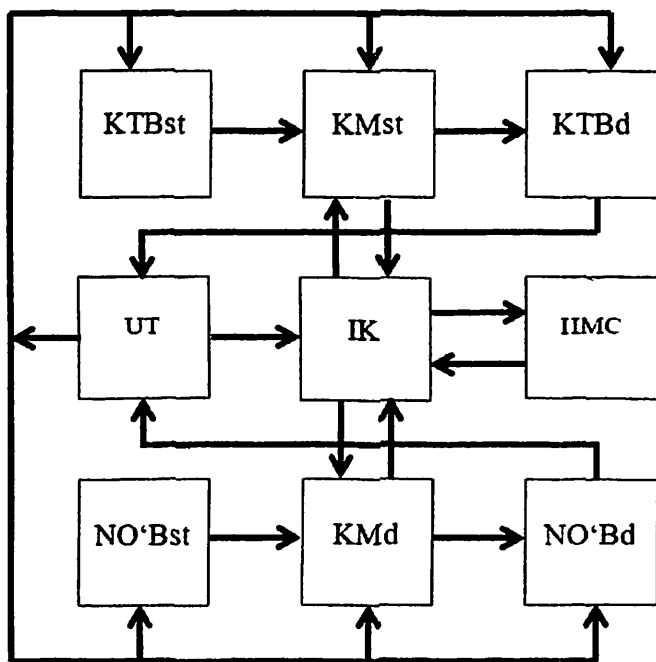
IMSlarni nazorat qilishda funksional-parametrik nazorat eng samarali hisoblanadi, u bir vaqtning o'zida statik va dinamik parametrlarni o'lchash va nazorat qilish, shuningdek IMSlarning ishlashini nazorat qilishni ta'minlaydi.

7.2- rasmda IMSlarning statik va dinamik parametrlarini birlashtirilgan nazorat qilish usuli sxemasi keltirilgan.

Bu usulda dasturiy boshqarish qurilmasi butun nazorat qilish tizimining ishlashini boshqarish, shu jumladan nazorat qilish dasturining komandalari va nazorat qilish ma'lumotlarini olish va saqlash funksiyalarini o'zida birlashtiradi, ma'lumotlarni tizimning barcha bloklari va tugunlariga taqsimlashni amalga oshiradi

7.2-rasmda KTBst va KTBd kirish ta'sirlari bloklari nazorat qilinadigan IMSning statik va dinamik parametrlarini aniqlash uchun kirish signallarini shakllantiradi. NO'Bst va NO'Bd nazorat va o'lchov

bloklarida nazorat qilinadigan IMS chiqishidagi signal taqqoslash va uning qiymatini o'lchash bajariladi. KMst va KMd kommutatsiyalash matritsalarini NO'Bst va NO'Bd qurilmalarini elektr kommutatsiyalashni amalga oshiradi. IK ishchi ko'prik testlanadigan IMSning ulanishi va sathlarini moslashtirishni ulanish tuguni (UT) orqali amalga oshiradi.



7.2-rasm. IMSlarning statik va dinamik parametrlarini birlashtirilgan nazorat qilish

Istalgan raqamli IMS ishonchligining miqdoriy ko'rsatkichlari sxemotexnik, konstruktiv-topologik va texnologik yechimlar orqali aniqlanadi.

Adabiyotlar manbalarining tahlil qilinishi shuni ko'rsatdiki, IMSning ishonchligini hisoblash uchun asosan quyidagi ikkita usullar qo'llaniladi:

1) IMSlarning rad etishlari bo'yicha statistikani tahlil qilish va statistik ishonchlik nazariyasining an'anaviy usullaridan foydalanishga asoslangan statistik usul;

2) Fizik yoki sabab-oqibat usuli, u IMSlarning rad etishlari fizikasi va mexanizmlari, IMSlardagi fizik hodisalarning ularning ishonchliligi bilan bog'liqligini o'rganishga asoslangan.

Statistik usulda IMSga turli jinsli diskret elementlardan tashkil topgan funksional tugun sifatida qaraladi, ya'ni diskret elementlar va komponentlar to'plami hisoblanadi. Elementlar va komponentlarning rad etishlari intensivligi eksponensial qonunga bo'ysunadi deb olinadi. Bu farazda IMSlarning rad etishlari intensivligi ularning elementlarining rad etishlari intensivliklarining yig'indisi orqali aniqlanishi mumkin.

Shunday qilib, agar IMS m turdagi elementlarga ega bo'lsa, har bir turning elementlari bir xil darajada ishonchli va ularning rad etishlari bir vaqtning o'zida sodir bo'lsa, u holda IMSlarning umumiy rad etishlari intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m \lambda_j, \quad (7.2)$$

bu yerda: m - elementlar turlarining soni;

λ_j - j -nchi turdagi elementlarning rad etishlari intensivligi.

Mikroxiemadagi elementlarning rad etishlari to'liq korrelyatsiyalangan va to'liq korrelyatsiyalanmagan holatlarda (masalan, kavsharlangan va payvandlangan birikmalar va boshqalar) IMSlarning rad etishlari intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^{m_K} K_{l_i} \lambda_{l_i}(t) + \sum_{j=1}^{m_E} \lambda_{j_i}(t), \quad (7.3)$$

bu yerda: m_K , m_E - komponentlar va elementlarning turlari (kavsharlash va payvandlangan birikmalari va boshqalar);

K_{l_i} - l -turdagi komponentlar soni;

$\lambda_{l_i}(t)$, $\lambda_{j_i}(t)$ - l -turdagi komponentlar va j -nchi turdagi elementlarning rad etishlari intensivligi.

Shuni ta'kidlash kerakki, komponentlar va elementlarning rad etishlari intensivligi qiymatlarida tafovutlar mavjudligi sababli, ishonchlilikni hisoblashda statistik usulning qo'llanishi ishonchlilikni hisoblashning yetarlicha aniqligini olishga imkon bermaydi, shuning uchun bu usul ishonchlilikni dastlabki, taxminiy hisoblashda cheklangan holda qo'llanadi.

IMSlarning eng to'liq konstruktiv va texnologik xususiyatlari fizik (sabab-oqibat) usullarini qo'llashda aks etadi, ular IMSdagi fizik jarayonlarni tahlil qilish va IMSlarning rad etishlari sabablariga asoslangan.

IMSdagi rad etishlar sabablari bo'yicha o'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatadiki, mikrosxemalarning ishonchliligi tashqi ulanishlarning ishonchliligi, shu jumladan mikrosxema korpusidagi chiqishlar, ichki kontaktli ulanishlar, IMS kristalli maydoni, mikrosxemalarning korpuslari orqali aniqlanadi.

U holda, ishonchlilikning eksponensial qonuniga binoan, IMS komponentlarining rad etishlari intensivligi o'zgarmas bo'lsa, butun IMSning rad etishlari intensivligi quyidagi nisbat orqali ifodalanishi mumkin:

$$\lambda_{IMS} = \lambda_{tu} + \lambda_{iku} + \lambda_{mk} + \lambda_k, \quad (7.2)$$

bu yerda: λ_{tu} - tashqi ulanishlarning rad etishlari intensivligi;
 λ_{iku} - ichki kontaktli ulanishlarining rad etishlari intensivligi;
 λ_{mk} - mikrosxema kristallining rad etishlari intensivligi;
 λ_k - IMS korpusining rad etishlari intensivligi.

Fizik usul ishlab chiqarish sifati va ishlash sharoitlari, shuningdek, IMSlarning ishonchliligini bashorat qilish hisobga olinishi bilan IMSlarning ishonchliligini hisoblashda keng qo'llaniladi.

7.3. Integral mikrosxemalar ishonchliligini bashoratlash

Talab qilinadigan ishonchlilik ko'rsatkichlariga ega bo'lgan IMSni ishlab chiqishda ishonchlilikni bashorat qilish masalalariga e'tibor qaratish lozim, u ma'lum berilgan vaqt davomida ishonchlilik

ko'rsatkichlarini aniqlashdan iborat va ishonchlilikni ta'minlash bo'yicha eng muhim bosqichlaridan biri hisoblanadi. Ishonchlilikni bashorat qilish uning yashash siklining barcha bosqichlarida IMSning ishonchligini ta'minlash bo'yicha jarayonining ajralmas qismi hisoblanadi. Shu munosabat bilan, IMSlarni ishlab chiqish va ishlab chiqarish bosqichlarining ishonchlilik ko'rsatkichlariga ta'sirini baholash uchun barcha bosqichlarda IMSlarning ishonchligini bashoratlashni amalga oshirish zarur (7.3-rasm).

IMSlarning ishonchligini bashorat qilishda ikkita asosiy yondashuvlar eng keng qo'llaniladi. Birinchi yondashuvda, testlanadigan va bashoratlanadigan IMSlarni ishlab chiqarishning asosiy texnologik operatsiyalari bir xil, ularning ishonchligi esa faqat ishonchsizlik komponentlar sonida farqlanadi deb olinadi.

(7.1) ifodaga asosan birinchi yondashuv uchun ko'rsatilgan shartlar hisobga olinganda testlanadigan IMSning rad etishlari intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_{T,IMS} = \lambda_{tu}N_{iu} + \lambda_{iu1}N_{iu} + \lambda_{K1}N_{K0r} + \lambda_{P1}S_{am}, \quad (7.5)$$

bu yerda: N_{tu} - testlanadigan IMSning tashqi ulanishlari soni;

N_{iu} - ichki ulanishlar soni;

N_{K0r} - bitta kristallga korpuslarning o'rtachalashtirilgan soni;

S_{am} - kristallning o'rtacha aktiv maydoni;

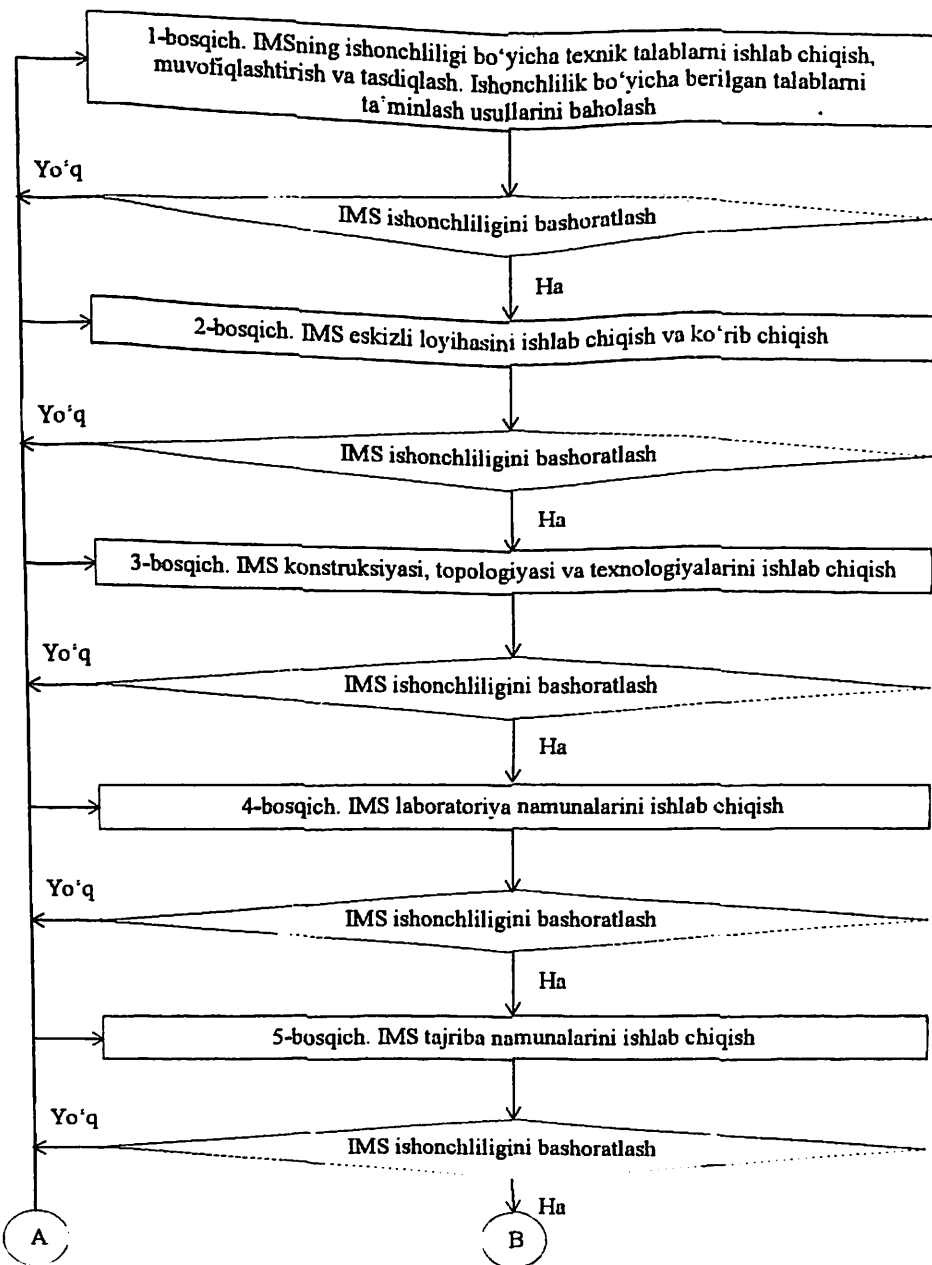
λ_{tu1} - bitta tashqi ulanishga keltirilgan tashqi ulanishlarning rad etishlari intensivligi;

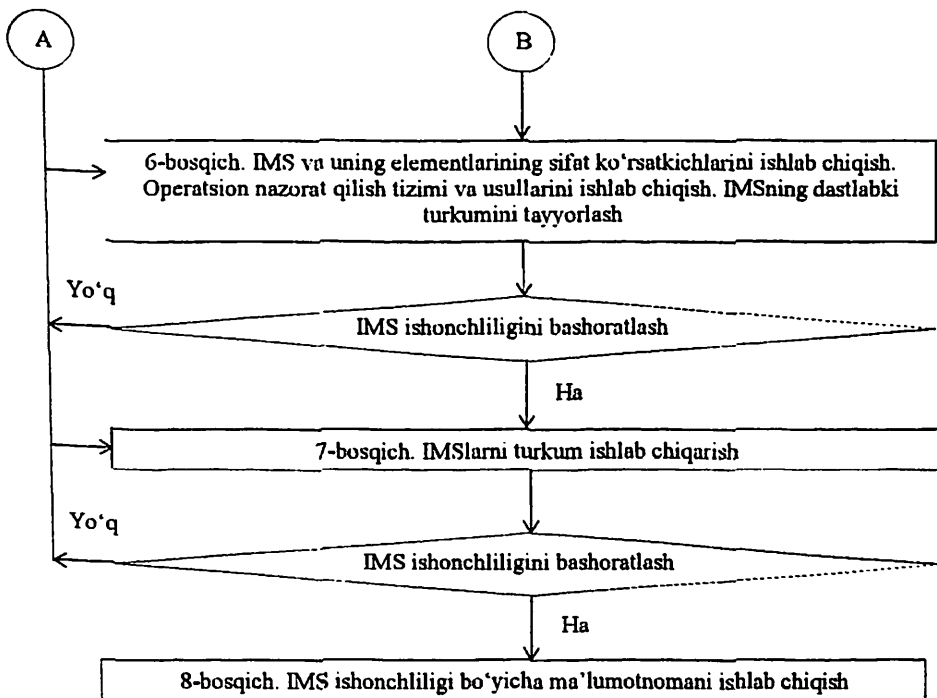
λ_{iu1} - bitta ichki ulanishga keltirilgan ichki ulanishlarning rad etishlari intensivligi;

λ_{K1} - bitta IMS korpusiga keltirilgan korpusning rad etishlari intensivligi;

λ_{m1} - kristallning sirti birligiga keltirilgan kristallning rad etishlari intensivligi.

Shuni e'tiborga olish kerakki, korpusli va korpusiz IMSlardan birgalikda foydalanishda korpusli IMSlardan foydalanishda $N_{K0r} = 1$ bo'ladi.





7.3-rasm. Ishlab chiqishda IMSning ishonchliligini bashorat qilish algoritmi

Ikkinchi yondashuvda IMSlarning ishonchliligini bashorat qilish IMSning ishonchliligi IMS topologiyasining geometrik o'lchamlari, nazorat qilish rejimi, harorat, shuningdek boshqa ishlatish sharoitlariga bog'liq ekanligiga asoslanadi. Bu holda, IMSlarning ishonchliligini bashorat qilish, MDYAO'-texnologiyasi asosidagi IMSlar uchun IMSlarning rad etishlari intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_{IMS} = (\lambda_{ok}S_{MET} + \lambda_{kk}\alpha_{ish})\alpha_T\alpha_I + (\lambda_bN_b + \lambda_{MET}S_{MET})\alpha_{ish}\alpha_T\alpha_I + \lambda_{DIF}N_{DIF} + \lambda_{kor}\alpha_{ish}\chi + \lambda_sS_{KR} + \lambda_tS_{KR}\alpha_p,$$

bu yerda: λ_{ok} - metallashtirish ostidagi oksid qatlamidagi nuqson tufayli IMSning rad etishlari intensivligi;

λ_{kk} - kristalni korpusga sifatsiz mahkamlash tufayli IMSning rad etishlari intensivligi;

λ_b - kontakt maydonlar bilan simlarning payvandlangan birikmalarining rad etishlariga bog'liq IMSning rad etishlari intensivligi;

λ_{MET} - metallashtirish nuqsonlari tufayli IMSning rad etishlari intensivligi;

λ_{DIF} - diffuziya jarayonidagi nuqsonlar tufayli IMSning rad etishlari intensivligi;

λ_{kor} - korpus ichidagi tashqi ulanishlar tufayli IMSning rad etishlari intensivligi;

λ_s - sirt nuqsonlari tufayli IMSning rad etishlari intensivligi;

λ_t - tuzilmaviy nuqsonlar va kristalldagi ulanishlar tufayli IMSning rad etishlari intensivligi;

S_{MET} - metallashtirish maydoni;

S_{KR} - kristalli maydon;

N_b - payvandlangan birikmalar soni;

N_{DIF} - diffuziya bosqichlarining soni;

χ - aktiv elementlar va metallashtirish haqiqiy maydonining 0,645 soniga nisbati;

α_f - IMSlarni qabul qilish sinovlarining qat'iyiligini hisobga oladigan koeffitsiyent;

α_T - mikrosxemaning harorat rejimini hisobga oladigan koeffitsiyent;

α_{ish} - boshqa ishlatish sharoitlarini hisobga oladigan koeffitsiyent.

Nazorat savollari

1. IMSning ishonchliligini aniqlashning o'ziga xos xususiyati nimada?

2. IMSning statik va dinamik parametrlarini birlashtirilgan nazorat qilish usulining xususiyatlari.

3. IMSning ishonchliligini baholash statistik usulining xususiyatlari.

4. IMSning ishonchliligini baholash fizik (sabab-oqibat) usulining xususiyatlari.

8-bob. XOTIRADA SAQLASH QURILMALARINI TESTLASHNING O‘ZIGA XOS XUSUSIYATLARI

8.1. Xotira mikrosxemalarining tasniflanishi

RTT mikrokontrollerni boshqarish tizimlarining (MBT) tarkibiga kiradigan asosiy elementlardan biri bu xotirada saqlash qurilmalari (XSQ) hisoblanadi. XSQning ishonchligiga MBTning ishonchligi, demak umuman RTT MBT kompleksining ishonchligi bog‘liq. Zamonaviy MBTlarda turli xil RTT MBT XSQlar - doimiy xotira qurilmasi (DXQ) va operativ xotira qurilmasi (OXQ) ishlatiladi. RTTda ishlatiladigan XSQlarning o‘ziga xos xususiyati shundaki, ular hisoblash tizimlarining XSQlariga nisbatan kichikroq xotiraga ega. RTT xotirasining hajmi yuzlab kilobaytdan - bir megabaytgacha, yuzlab megabaytgacha chegaralarda o‘zgaradi.

RTT MBTlarda ishlatiladigan xotira mikrosxemalarining quyidagi tasniflanishi keltirilgan (8.1-rasm).

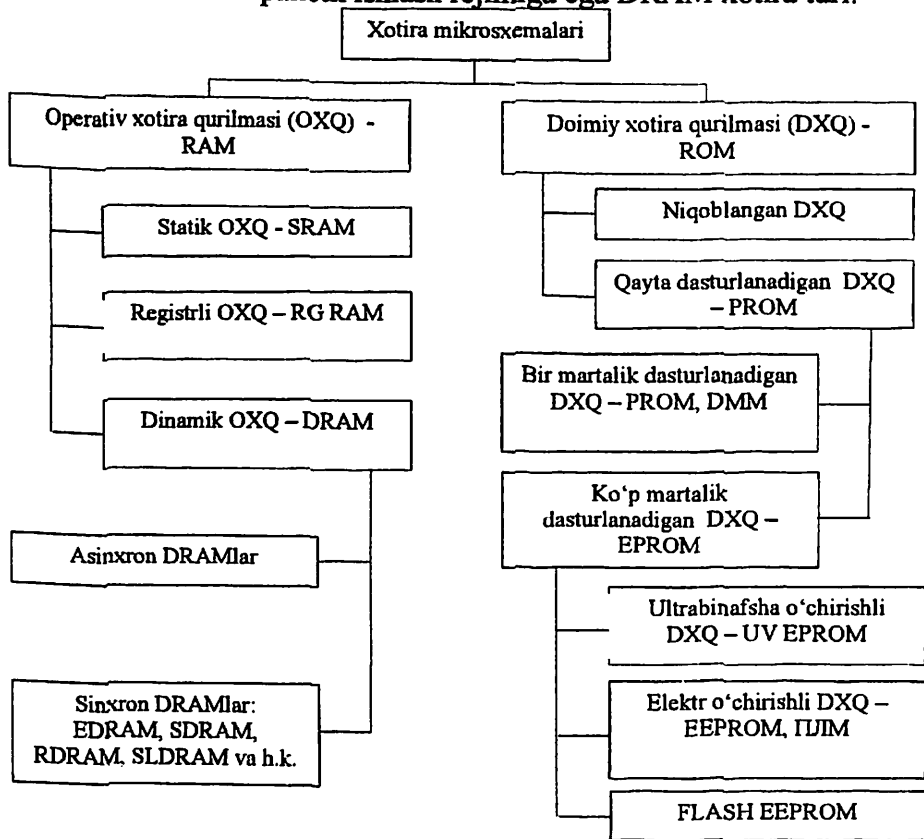
OXQ mikrosxemalari (RAM – Random Access Memory) uch turga – statik (SRAM), registrli (RG RAM) va dinamik (DRAM) turlarga bo‘linadi. Ular asosan xotira yacheykasini amalga oshirish usuli bilan farqlanadi.

Statik OXQda xotira yacheykasi trigger asosida bajarilgan. Bunday turdagi OXQ xotira yacheykasida yozilgan ma’lumotlarni yacheykaga qo‘shimcha murojaat qilmasdan, ta’minot kuchlanishi bo‘lganda uzoq vaqt saqlay oladi. Bunday xotiraning afzalligi uning yuqori tezkorligi hisoblanadi. Kamchiligi bitta xotira yacheykasini tashkil etishning murakkabligidan iborat.

Dinamik xotirada xotira yacheykasi unda yozilgan ma’lumotlarni saqlaydigan kondensator asosida amalga oshiriladi. Dinamik OXQ asinxron va sinxron bo‘lishi mumkin. Asinxron DRAMlarda o‘qish va yozish operatsiyalari manzil strobi – ishga signalini olingandan so‘ng boshqa tashqi sinxrosignaldan qat’i nazar bajariladi.

Sinxron DRAMlarda o‘qish va yozish operatsiyalari uchun sinxrosignaldan foydalaniladi. Sinxron DRAMlarning quyidagi turlari mavjud:

- EDRAM – o‘rnatiladigan DRAM, to‘g‘ridan-to‘g‘ri boshqaruv tizimi chipiga o‘rnatiladi;
- SDRAM – ixtiyoriy kirishli sinxron dinamik xotira, BTlardan eng ko‘p ishlatiladigan xotira;
- RDRAM – Rambus kompaniyasi tomonidan ishlab chiqilgan yuqori o‘tkazish qobiliyatli operativ xotira standarti;
- SLDRAM – paketli ishlash rejimiga ega DRAM xotira turi.



8.1-rasm. Xotira mikrosxemalarining tasniflanishi

Dinamik turdagi bunday mikrosxemalarda xotira yacheykasini tashkil qilish osonroq, lekin maxsus regeneratsiyalash tizimi talab qilinadi va statik OXQga qaraganda ishlash tezligi past bo‘ladi.

RG RAM registrli xotira RTT mikrokontrollerli boshqarish tizimining registrlar xotirasi sifatida qabul qilinadi. Mikrokontrollerning ichki registrlarini o'z ichiga oladi.

Doimiy xotira qurilmalari (DXQ, ROM – Read Only Memory) niqoblangan va qayta dasturlanadigan DXQLarga bo'linadi.

Niqoblangan ROMlarda ma'lumotlar ishlab chiqarish vaqtida bir marta mikrosxema matritsaning satrlari va ustunlari kesishgan joylarga tutashmalarni kuydirish yordamida yoziladi.

Qayta dasturlanadigan xotira mikrosxemalari bir marta va bir necha marta dasturlanishi mumkin.

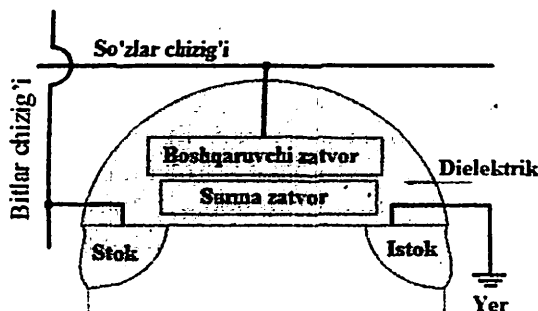
Bir martalik dasturlanadigan ROMda ma'lumotlar maxsus qurilma - programmator yordamida yoziladi. Bu holda, to'plagich matritsasining xotira elementida tutashmalarni kuydiradigan manzillar qiymatlari va elektr signallar - ma'lumotlarni yozish impulslari (bitlari) beriladi.

Dasturlanadigan mantiqiy matritsa (DMM) kirish ma'lumotlari qiymatlariga muvofiq, kirish signallari uchun mantiqiy funksiyalar dasturlanadigan xotira mikrosxemasi – doimiy xotira qurilmasi hisoblanadi. DMM ham bir marta va ko'p marta dasturlanishi mumkin.

Ko'p martalik dasturlanadigan ROMlar ma'lumotlarni xotira chiplariga ko'p martalik qayta yozish imkonini beradi. Ular oldin yozilgan ma'lumotlarni o'chirish usuli orqali farq qiladi. Ultrabinafsha va elektr o'chiriladigan ROMlar mavjud.

Hozirgi vaqtda energiyaga bog'liq bo'lmaslik imkoniyatiga ega bo'lgan (ma'lumotlarni saqlash energiya talab etmaydi) va flesh-xotira (flash memory) deyiladigan ma'lumotlarni ko'p martalik qayta yozish imkoniyatiga ega bo'lgan xotira mikrosxemalari ishlab chiqilgan va keng qo'llanilmoqda.

Flesh-xotira bu radiotexnik tizimlar va qurilmalarning o'rnatilgan boshqaruv tizimlarida ishlatiladigan asosiy xotira turlaridan biri hisoblanadi. Flesh-xotiraning o'ziga xos xususiyati shundaki, boshqa yarimo'tkazgichli xotira mikrosxemalaridan farqli ravishda, u tranzistorlarda ishlab chiqariladi, kondensatorlarga ega emas va uzoq vaqt zaryadni saqlay oladi. 8.2-rasmda flesh-xotira yacheykasining tashkil etilishi keltirilgan. Odatda, flesh-xotiradagi har bir yacheyka bitta bit ma'lumotlarni saqlaydi.



8.2-rasm. *Flesh-xotira yacheykasi*

8.2. Xotirada saqlash qurilmalardagi rad etishlar va uzilishlar

XSQ mikrosxemalari uchun raqamli IMSlar uchun bo'lganidek rad etishlar sabablari va turlari o'ziga xosdir. Ma'lumotlarga ishlov beradigan, kiritadigan yoki chiqaradigan boshqa raqamli IMSlarga qaraganda XSQlarining o'ziga xos xususiyati shundaki, XSQlar ma'lumotlarni saqlaydi. Shuning uchun, XSQlar bajaradigan funksiyalarning o'ziga xos xususiyati bilan bog'liq holda, rad etishlar sabablari va turlarining ayrim o'ziga xos xususiyatlari mavjud. XSQ uchun uchta ishlash qobiliyatining buzilishlari turlari – rad etish, uzilish va xatolik o'ziga xos.

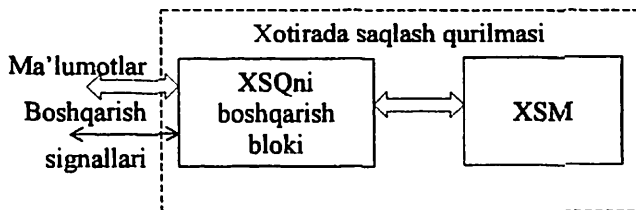
XSQning rad etishi, bu – umuman XSQning yoki uning tarkibiga kiradigan qandaydir elementning ishlashining barqaror buzilishi hisoblanadi. Uzilishda XSQning ishlash qobiliyatini shunday buzilish bo'lib o'tadiki, u o'z-o'zidan yoki yordamchi amallar yordamida tuzatilishi mumkin. Xatolik XSQda saqlanadigan yoki XSQdan o'qilgan ma'lumotlarni (yoki ma'lumotlar bitini) xatolik yoki rad etish ta'siri ostida buzilishi hisoblanadi.

Zamonaviy XSQlar oshirilgan murakkablik, katta integratsiya darajasi va katta xotira hajmli integral mikrosxemalari hisoblanadi. Umumiy holda, XSQning umumlashtirilgan tuzilish sxemasini quyidagicha tarzda berish mumkin (8.3-rasm).

XSQni boshqarish blokiga xotirada saqlash qurilmasining xotirada saqlash matritsasining (XSM) boshqaruv elektronikasi – manzillar (satrlar va ustunlar) deshifratlari, multipleksorlar, yozib olish, o'qish va

boshqarish qurilmalari, dinamik OXQlar uchun regeneratsiyalash tizimi va boshqalar kiradi.

XSQning xotirada saqlash matritsasi ma'lumotlarning bitta birligini (1 bit) saqlash uchun XSQ xotirada saqlash yacheykalari, elementlari to'plami hisoblanadi.



8.3-rasm. XSQning umumlashtirilgan tuzilish sxemasi

XSQning ishlash ishonchligi, umuman, boshqaruv bloki va XSQ xotirada saqlash matritsasining ishonchliligiga bog'liq. 10.3-rasmdagi istalgan tashkil etuvchining rad etishi butun XSQning ishdan chiqishiga olib keladi, shuning uchun XSQ uchun rad etmasdan ishlash ehtimolligining quyidagi nisbati o'z o'rniga ega bo'ladi:

$$P_{XSQ}(t) = P_{BB}(t)P_{XSQ}(t), \quad (8.1)$$

bu yerda: $P_{BB}(t)$ - XSQ boshqaruv blokining rad etish ehtimoli;
 $P_{XSQ}(t)$ - XSQ xotirada saqlash matritsasining rad etish ehtimoli.

Xotirada saqlash qurilmalari zaxiralanadigan va zaxiralanmaydigan bo'lishi mumkin.

Zaxiralanmaydigan XSQda XSQning har bir elementi, tuguni yoki blokini rad etishi butun xotirada saqlash qurilmasining rad etilishiga olib keladi. XSQning elementlari, tugunlari yoki bloklarining rad etishlari mustaqil va eksponetsial qonunga bo'ysunadi deb faraz qilinsa, XSQning rad etmasdan ishlash ehtimolligini quyidagi nisbatdan aniqlash mumkin:

$$P_{XSQ}(t) = \prod_{i=1}^m p_i^{n_k}(t), \quad (8.2)$$

bu yerda: n_m - XSQdagi elementlar, tugunlar va bloklarning turlari soni;

n_k - bir xil turdagi XSQ elementlari, tugunlari va bloklarining soni;

$p_i(t)$ - i -nchi element, tugun, blokning rad etmasdan ishlash ehtimolligi.

Zaxiralanmaydigan XSQning rad etishlar intensivligi quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda_{XSQ} = \sum_{i=1}^{n_m} (\sum_{i=1}^{n_k} \lambda_i), \quad (8.3)$$

bu yerda: λ_i - XSQ i -nchi elementi, tuguni, blokini rad etishlari intensivligi.

XSQning rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti quyidagiga teng:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{XSQ}}. \quad (8.4)$$

Ayrim xotirada saqlash qurilmalarida integral darajada eng tez-tez rad etishlarga uchraydigan ayrim elementlar, tugunlar yoki bloklarni zaxiralash choralari ko'rilishi mumkin.

Zaxiralashning qo'llanishi XSQning ishlash qobiliyatini oshirish, rad etishlar sonini kamaytirish imkonini beradi. XSQda zaxiralash ham elementlar, tugunlar va bloklar darajasida – tuzilmaviy zaxiralash, tuzatish kodlari qo'llanishi bilan axborot bo'yicha zaxiralash bo'lishi mumkin.

Tuzilmaviy zaxiralash rad etishlarga eng ko'p uchraydigan XSQ elementlari, tugunlari va bloklarining zaxiralanishini, shuningdek, majoritar zaxiralashning qo'llanilishini o'z ichiga oladi.

Tuzatuvchi kodlar sifatida axborot bo'yicha zaxiralashning qo'llanishi XSQdagi xatoliklarning mavjudligini aniqlashga, ba'zi hollarda esa xatoliklarni tuzatishga imkon beradi.

Tuzatuvchi kodlardan foydalaniladigan XSQning rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{XSQ}(t) = P_{BB}(t) \sum_{j=1}^{n_{\omega}} \omega_j \left\{ \sum_{i=0}^{l_k} C_{n_{XSQ}}^i P_{XSM_j}^{n_{XSQ}-1}(t) [1 - P_{XSM_j}(t)]^i \right\}^{\frac{n_{XSQ}}{N_j}} \quad (8.5)$$

bu yerda: ω_j - umumiy rad etishlar sonida j -nchi turdagi rad etishlarning ulushi;

n_{ω} - rad etishlar turlarining soni;

l_k - kod t tuzatadigan xatoliklarning razryadlilikligi;

N_{XSQ} - XSQda saqlanadigan so'zlar soni;

N_j - j -nchi turdagi rad etishda buzilgan manzillar soni;

n_{XSQ} - XSQda saqlanadigan so'zlarning razryadlilikligi;

$P_{XSM_j}(t)$ - j -nchi rad etishga nisbatan XSMning rad etmasdan ishlash ehtimolligi;

$C_{n_{XSQ}}^i$ - i bo'yicha n_{XSQ} dan olingan birikmalar soni.

(8.5) nisbat turli karrali xatoliklarini tuzatish bilan turli xil rad etishlarga ega bo'lgan hollar uchun qo'llaniladi.

8.3. Xotirada saqlash qurilmalarning ishonchli ishlashini ta'minlash usullari va choralari

XSQning ishonchli ishlashini ta'minlash bo'yicha turli xil usullar va choralar mavjud. Ishlab chiqarish va ishlatishning turli bosqichlarida ishonchlilikni oshirish chora-tadbirlariga katta e'tibor beriladi.

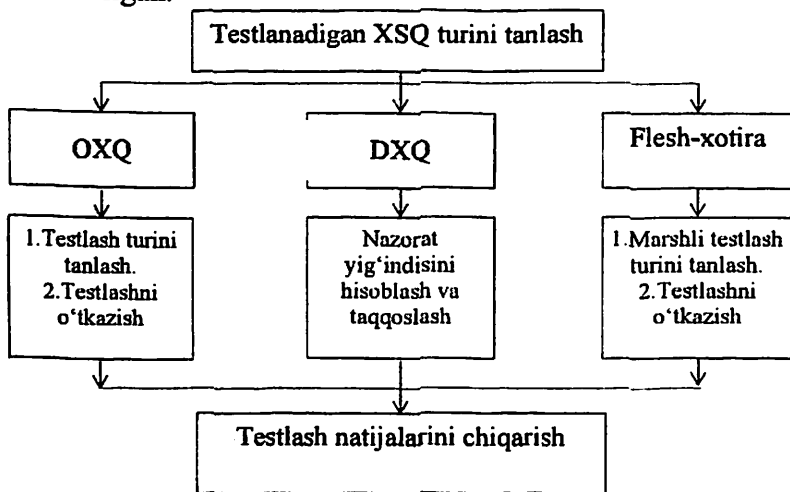
XSQni diagnostika qilishda ko'pincha signaturali tahlil qilish (STQ) usuli qo'llaniladi, u XSQ signaturalarining real qiymatlarini o'n oltilik sonlar ko'rinishida beriladigan etalon qiymatlar bilan taqqoslashdan iborat. Signaturali tahlil qilishning afzalligi XSQda bittalik buzilgan bitlarni aniqlash imkoniyati hisoblanadi, bu STQni amalda keng qo'llanish sabablaridan biri hisoblanadi.

XSQning integratsiya darajasini oshirish funksional nazoratning katta ahamiyatga ega bo'lishiga olib keldi. OXQ va DXQ mikrosxemalari uchun funksional nazorat qilishning o'tkazilishida farqlar mavjud.

OXQning ishonchli ishlashini ta'minlash bo'yicha choralarda testli diagnostika qilish usuli eng keng tarqalgan, u maxsus testlar to'plamidan

foydalanishdan iborat. OXQ xotira uchun funksional nazoratda kirish testlari ketma-ketligi shakllantiriladi. Chiqish signallari etalon signal bilan taqqoslanadi.

8.4-rasmda XSQ mikrosxemalarining yiriklashtirilgan testlash algoritmi keltirilgan.



8.4-rasm. XSQ mikrosxemalarini testlash qurilmasining ishlash algoritmi

OXQni testlash uchun ko'plab testlar turlari mavjud. Bu testlar yordamida XSQ xotira yacheykalari va bloklaridagi turli xil yaroqsizliklarni aniqlash mumkin. Masalan, "shaxmat kodi" kabi testdan foydalanish mumkin. "Shaxmat kodi"da XSQ xotira yacheykalariga shaxmat taqsimotiga ega bo'lgan - 01010101, 10101010, 01010101 va boshqa ma'lumotlar yoziladi. Bu testlash teskari kodda ma'lumotlarga ega bo'lgan yacheykalarining o'zaro ta'sirini aniqlashga imkon beradi.

Skanerlovchi testlashda XSQning barcha xotira yacheykalariga dastlab nollar yoziladi, keyin esa ma'lumotlar yacheykalardan ketma-ket o'qiladi. Keyin XSQning barcha xotira yacheykalariga birlar yoziladi va yana ketma-ket o'qish takrorlanadi. Skanerlovchi testlash OXQlarda OXQ yacheykalarining o'tish toklari keltirib chiqaradigan maksimal statik halaqitlar bo'ladigan holatlarni tekshirishga imkon beradi.

DXQda unga oldindan ma'lumotlar yozilganida, ma'lumotlarni o'qish va ularni nazorat yig'indisi bilan taqqoslash amalga oshiriladi.

OXQ va DXQ bilan solishtirganda flesh-xotira ma'lum o'ziga xos xususiyatlarga ega:

- ma'lumotlar bilan ishlashda uchta operatsiyalar – yozish (dasturlash), o'qish, yacheykani o'chirish qo'llaniladi;

- o'qish va yozish uchun istalgan xotira yacheykasiga ixtiyoriy kirish mumkin, ammo ma'lumotlarni o'chirish faqat bir vaqtning o'zida bir yacheykalar bloki yoki butun XSQ uchun mumkin;

- yacheykaning cheklangan yozuvlari (dasturlash) soni.

Flesh-xotirani testlash uchun maxsus marshlar testlari qo'llanadi, ular dasturlash, o'chirish, o'qish xatoliklarini, shuningdek, SLIF (Source Line Interconnect Faults) turdagi yaroqsizliklarni aniqlashga imkon beradi. SLIF yaroqsizlik ta'minot liniyasiga ochiq ulanish tufayli yuzaga keladi, bu flesh-xotira blokidagi ma'lumotlarni o'chirishda, o'chiriladigan blokning barcha yacheykalarida ma'lumotlar o'chirilmasligi mumkin, boshqa blokning yacheykalari esa ularga yozilgan ma'lumotlarni yo'qotishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Xotira mikrosxemalarining tasniflanishini tushuntiring.
2. Xotira qurilmasidagi rad etishlar va uzilishlarni tushuntiring.
3. Operativ xotira qurilmasini testlashning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
4. Domy xotira qurilmasini testlashning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
5. Fleshli xotirani testlashning o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
6. Xotira qurilmalari mikrosxemalarini testlash qurilmasining ishlash algoritmini tushuntiring.
7. Zaxiralangan va zaxiralanmagan xotira qurilmalarining farqi nimada?

9-bob. TIZIMLARNI DIAGNOSTIKA QILISH VA NAZORAT QILISH

9.1. Texnik diagnostikaning asosiy tushunchalari va ta'riflari

Zamonaviy telekommunikatsiya tizimlarida ustun mavqega ega bo'lgan raqamli tizimlarning ekspluatatsion va texnik xususiyatlarini yaxshilashning eng samarali usullaridan biri bu ularni ishlatishda texnik diagnostika qilish va nazorat qilish usullari va vositalaridan foydalanish hisoblanadi.

Texnik diagnostika qilish berilgan ishonchlilikda tizimlarning yaroqsiz va yaroqli holatini ajratish imkonini beradigan bilimlar sohasi hisoblanadi va uning maqsadi yaroqsizliklarni ajratish va tizimning yaroqli ishlash holatini tiklashdan iborat. Tizimli yondashuv nuqtayi nazaridan texnik diagnostika qilish va nazorat qilish vositalariga texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash nimtizimining, ya'ni texnik ishlatish tizimining ajralmas qismi sifatida qarash maqsadga muvofiq.

Diagnostika qilish va nazorat qilish usullarini tavsiflash va xarakteristikalari uchun ishlatiladigan asosiy tushunchalar va ta'riflarni ko'rib chiqamiz.

Texnik xizmat ko'rsatish – tizimni yaroqli yoki ishlash qobiliyatili holatda saqlash uchun bajariladigan ishlar (operatsiyalar) majmui hisoblanadi.

Ta'mirlash – tizimning yoki uning tarkibiy qismlarining ishlash qobiliyatini qayta tiklash va resurslarini qayta tiklash bo'yicha operatsiyalar majmui hisoblanadi.

Ta'mirlashga yaroqlilik – tizimning rad etishlari sabablarini aniqlash va uning oldini olish va texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash yo'li bilan ishlash qobiliyatili holatini tiklash uchun moslashuvchanligidan iborat xususiyati hisoblanadi.

Ishlarning murakkabligi va hajmi, yaroqsizliklarning xarakteriga bog'liq ravishda raqamli tizimlarni ta'mirlashning quyidagi ikkita turlari ko'zda tutiladi:

- tizimga rejadan tashqari joriy ta'mirlash;
- tizimni rejadan tashqari o'rtacha ta'mirlash.

Joriy ta'mirlash – tizimning ishlashini ta'minlash yoki qayta tiklash uchun amalga oshiriladigan va uning alohida qismlarini almashtirish yoki qayta tiklashdan iborat bo'lgan ta'mirlash hisoblanadi.

O'rtacha ta'mirlash – cheklangan doiradagi tarkibiy qismlarni almashtirish yoki qayta tiklash va tarkibiy qismlarning texnik holatini nazorat qilish bilan yaroqsizliklarni qayta tiklash va resurslarni qisman qayta tiklash uchun bajariladigan, me'yoriy-texnik hujjatlarda o'rnatilgan hajmda bajariladigan ta'mirlash hisoblanadi.

Texnik diagnostika qilishda muhim tushunchalardan biri obyektning texnik holati hisoblanadi.

Texnik holat – ma'lum bir momentda me'yoriy-texnik hujjatlarda o'rnatilgan belgilar bilan tavsiflanadigan, ishlab chiqarish yoki ishlatish jarayonida obyektning o'zgaradigan holatlari to'plami hisoblanadi.

Texnik holat nazorati – texnik holat turini aniqlash hisoblanadi.

Texnik holat turi – obyektning ishlash yaroqliligi, ishlash qobiliyati yoki to'g'ri ishlashini aniqlaydigan talablarni qoniqtiradigan (yoki qoniqtirmaydigan) texnik holatlar to'plami hisoblanadi.

Obyekt holatining quyidagi turlari mavjud:

- yaroqli yoki yaroqsiz holat,
- ishlash qobiliyatili yoki ishlash qobiliyatisiz holat;
- to'liq yoki qisman ishlash.

Yaroqli holat – obyekt barcha o'rnatilgan talablarga javob beradigan texnik holat hisoblanadi.

Yaroqsiz holat – obyekt me'yoriy xarakteristikalarining o'rnatilgan talablaridan kamida bittasiga javob bermaydigan texnik holat hisoblanadi.

Ishlash qobiliyatili holat – obyekt berilgan funksiyalarni o'rnatilgan chegaralarda saqlash bilan berilgan funksiyalarni bajara oladigan texnik holat hisoblanadi.

Ishlash qobiliyatisiz holat – obyektning berilgan funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflovchi kamida bitta berilgan parametrning qiymati o'rnatilgan talablarga javob bermaydigan texnik holat hisoblanadi.

To'g'ri ishlash – obyekt joriy vaqt momentida talab qilinadigan barcha belgilangan funksiyalarni bajaradigan va ularni bajarish uchun

berilgan parametrlarning qiymatlarini saqlaydigan texnik holat hisoblanadi.

Noto'g'ri ishlash – obyekt joriy vaqt momentida talab qilinadigan belgilangan funksiyalarning bir qismini bajarmaydigan yoki belgilangan parametrlarining qiymatlarini o'rnatilgan chegaralarda saqlamaydigan texnik holat hisoblanadi.

Obyektning texnik holatlarining ta'riflaridan kelib chiqadiki, obyekt yaroqli holatda har doim ishlash qobiliyatiga ega bo'ldi, ishlash qobiliyatili holatda, u barcha rejimlarda to'g'ri ishlaydi, noto'g'ri ishlash holatida esa ishlash qobiliyatiga ega bo'lmaydi va yaroqsiz hisoblanadi. To'g'ri ishlaydigan obyekt ishlash qobiliyatisiz, demak yaroqsiz bo'lishi mumkin. Ishlash qobiliyatili obyekt yaroqsiz bo'lishi ham mumkin.

Nazoratga yaroqlilik va texnik diagnostika tushunchalariga bog'liq ba'zi ta'riflarni ko'rib chiqamiz.

Nazoratga yaroqlilik – obyektning berilgan vositalar yordamida uning nazorat qilishni o'tkazishga moslashuvchanligini tavsiflovchi xususiyati hisoblanadi.

Nazoratga yaroqlilik ko'rsatkichi – nazoratga yaroqlilikning miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi.

Nazoratga yaroqlilik darajasi – baholanadigan obyektning nazoratga yaroqlilik ko'rsatkichlari to'plamini mos asosiy ko'rsatkichlar to'plami bilan taqqoslash asoslangan nazoratga yaroqlilikning nisbiy xarakteristikasi hisoblanadi.

Texnik diagnostika qilish – ma'lum aniqlikda obyektning texnik holatini aniqlash jarayoni hisoblanadi.

Nuqsonlarni qidirish – maqsadi nuqsonni va zarurat bo'lganda uning sabablari va turlarini aniqlash maqsadida diagnostika qilish hisoblanadi.

Diagnostik testlash diagnostika qilishni ta'minlaydigan bir yoki bir nechta testlash ta'sirlari va ularni amalga oshirish ketma-ketligi hisoblanadi.

Tekshiruvchi test ob'jektning yaroqliligi yoki ishlash qobiliyatini tekshirish uchun diagnostik test hisoblanadi.

Nuqsonni qidirish testi nuqsonni aniqlash uchun diagnostik test hisoblanadi.

Texnik diagnostika qilish tizimi mos hujjatlar bilan o'ratilgan qoidalarga muvofiq diagnostika qilish yoki uni o'tkazish uchun tayyorlangan vositalar va diagnostika qilish ob'yekti hamda zarur bo'lganda ijrochilar to'plami hisoblanadi.

Diagnostika qilish natijasi zarur bo'lganda nuqsonning joyi, turi va sababini ko'rsatadigan ob'yektning texnik holati to'g'risida xulosa hisoblanadi. Tashxis natijasida aniqlanishi kerak bo'lgan holatlar soni muammolarni bartaraf etish chuqurligiga qarab belgilanadi.

Yaroqsizlikni qidirish chuqurligi yaroqsizlik joyi ob'yektning qaysi qismigacha aniqlanishini ko'rsatadigan texnik diagnostik qilishda detallashtirish darajasi hisoblanadi.

Raqamli tizimlarning ishonchliligiga tobora ortib borayotgan talablar yashash siklining turli bosqichlari uchun zamonaviy nazorat qilish va diagnostika qilish usullari va texnik vositalarini yaratish va amalga oshirishni taqozo etmoqda. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, raqamli tizimlarda KIS, JKIS va MKlardan keng foydalanishga o'tish ularni ishlatishda afzalliklari bilan bir qatorda, birinchi navbatda, nazorat qilish va diagnostika qilish jarayonlariga bog'liq qator jiddiy muammolarni keltirib chiqardi.

Ma'lumki, ishlab chiqarish bosqichida yaroqsizliklarni qidirish va bartaraf etishga harajatlar qurilmalarni ishlatishga umumiy harajatlarning 30% dan 50% gachani tashkil etadi. Ishlatish bosqichida esa raqamli tizimni qayta tiklash vaqtining kamida 80 foizi yaroqsiz almashtiriladigan elementni qidirishga to'g'ri keladi. Umuman olganda, yaroqsizliklarni aniqlash, qidirish va bartaraf etishga bog'liq xarajatlar yaroqsizliklar har bir texnologik bosqichdan o'tishida 10 baravar oshadi va integral mikrosxemalarni tekshirishdan ishlatish bosqichida rad etishni aniqlashgacha 1000 baravar ko'proqqa to'g'ri keladi.

Bunday masalani muvaffaqiyatli yechish faqat diagnostik nazorat qilish masalalariga kompleks yondashuv asosida bo'lishi mumkin, chunki diagnostika qilish tizimlari raqamli tizim yashash siklining barcha bosqichlarida ishlatiladi. Bu ishlab chiqarish va ishlatish bosqichlarida xizmat ko'rsatish, qayta tiklash va ta'mirlash ishlarining intensivligini yanada oshirishni talab qiladi.

Raqamli tizimlar va ularning tarkibiy qismlarini nazorat qilish va diagnostika qilishning umumiy vazifalari odatda ishlab chiqish, ishlab

chiqarish va ishlatishning asosiy bosqichlari nuqtai nazaridan ko'rib chiqiladi. Bu masalalarni yechishga umumiy yondashuvlar bilan bir qatorda, bu bosqichlarga xos bo'lgan o'ziga xos xususiyatlar tufayli sezilarli farqlar mavjud.

9.2. Nazorat va diagnostika qilish vazifalari

Raqamli tizimlarni ishlab chiqish bosqichida quyidagi ikkita nazorat va diagnostika qilish vazifalari yechiladi:

1. Umuman raqamli tizimning va uning tarkibiy qismlarining ta'mirlashga yaroqliligini ta'minlash.

2. Umuman raqamli tizimning va uning tarkibiy qismlarining yaroqsizlik ishlash qobiliyatini tuzatish va tekshirish.

Ishlab chiqarish sharoitlarida raqamli tizimni nazorat qilish va diagnostika qilish jarayonida quyidagi masalalar yechiladi:

1. Ishlab chiqarishning dastlabki bosqichlarida nuqsonli komponentlar va tugunlarni aniqlash va yaroqsizga chiqarish.

2. Nuqsonlar va yaroqsizlik turlari bo'yicha statistik ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilish.

3. Mehnat sig'imini va mos ravishda nazorat va diagnostika qilish narxlarini kamaytirish.

Raqamli tizimning ishlatish sharoitlarida nazorat va diagnostika qilish quyidagi o'ziga xos xususiyatlarga ega:

1. Ko'plab hollarda, yaroqsizlikni konstruktiv-olinadigan tugun, odatda, asosiy almashtirish elementi darajasida ajratish yetarli bo'ladi;

2. Ta'mirlash momentiga bittadan ortiq bo'lmagan yaroqsizlikning paydo bo'lish ehtimoli katta;

3. Ko'plab raqamli tizimlarda ma'lum nazorat va diagnostika qilish imkoniyatlari ko'zda tutilgan;

4. Profilaktika tekshiruvlari vaqtida rad etishlardan oldingi holatlarni oldindan aniqlash mumkin.

Shunday qilib, texnik diagnostika qilinadigan obyekt uchun diagnostika qilish tizimining turi va maqsadi o'rnatilishi kerak.

Diagnostika qilish tizimlarini qo'llanishning quyidagi asosiy sohalari o'rnatiladi:

a) obyektни ishlab chiqarish bosqichida: sozlash jarayonida, qabul qilish jarayonida;

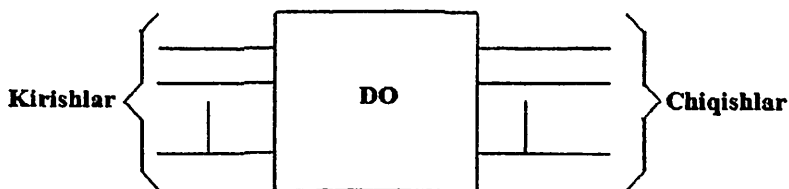
b) obyektning ishlatilish bosqichida; ishlatish jarayonidagi texnik xizmat ko'rsatishda, saqlash jarayonidagi texnik xizmat ko'rsatishda, tashish jarayonidagi texnik xizmatda;

d) obyektни ta'mirlashda: ta'mirlashdan oldin, ta'mirlashdan keyin.

Diagnostika qilish tizimlari bir yoki bir nechta masalalarni yechish uchun mo'ljallangan: yaroqsizliklarni tekshirish; ishlash qobiliyatini tekshirish; ishlashini tekshirish: nuqsonlarni qidirish. Bunda diagnostika qilish tizimining tarkibiy qismlari quyidagilar hisoblanadi: texnik holati aniqlanishi kerak bo'lgan va obyekt yoki uning tarkibiy qismlari – texnik diagnostika qilish vositalari, o'lchash asboblari to'plami, obyekt bilan kommutatsiyalash va moslashtirish vositalari deb tushuniladigan texnik diagnostika obyektidir.

Texnik diagnostika qilish (TD) texnik diagnostika qilish tizimida (TDT) amalga oshiriladi, u vositalar to'plami va diagnostika obyektidan va zarurat bo'lganda diagnostika qilish uchun tayyorlangan va uni hujjatlarda o'rnatilgan qoidalarga binoan amalga oshiradigan ijrochilardan iborat.

Diagnoz obyekt (DO) kuzatish uchun kirish va chiqishga ega bo'lgan qurilma ko'rinishida taqdim etilgan (9.1-rasm). Diagnostika jarayoni operatsiyalar ketma-ketligi bo'lib, ularning har biri obyektning kirishlariga ma'lum ta'sirning berilishi va chiqishlarda bu ta'sirga javobni aniqlashni ko'zda tutadi. Bunday elementar operatsiya p tekshiruv deyiladi. Kuzatish chiqishlari sifatida tizimning asosiy yoki ishchi chiqishlari, shuningdek qo'shimcha (nazorat) chiqishlari xizmat qilishi mumkin.



9.1-rasm. Diagnostika obyekt

Diagnoz masalalaridan qandaydir birini yechishga imkon beradigan tekshirishlar to'plami testlash: $T = p_1, p_2, \dots, p_n$ deyiladi. Test uzunligi L deganda unga kiritilgan tekshirishlar soni tushuniladi.

Vazifasi bo'yicha testlar tekshirish va diagnostik testlarga bo'linadi. T_i tekshirish testi tizimda berilgan ro'yxatdagi (to'plamdagi) istalgan yaroqsizlikni aniqlashga imkon beradigan tekshirishlar to'plami hisoblanadi. Tekshiruvchi test ishlash qobiliyatini tekshirish masalasini yechadi (ro'yxatga faqat tizimning rad etilishiga olib keladigan yaroqsizliklar kiradi).

TD diagnostik test ekvivalent yaroqsizliklarcha aniqlikda yaroqsizlik joyini ko'rsatishga imkon beradigan tekshirishlar to'plami hisoblanadi. Bu yaroqsizliklarni qidirish masalasini yechishga imkon beradi.

Test yordamida diagnoz protsedurasi quriladi, uning asosida testni tashkil etadigan elementar tekshiruvlar ketma-ketligi va bu tekshiruvlar natijalarini tahlil qilish qoidalari hisoblanadigan diagnostika algoritmi yotadi. Diagnoz algoritmi diagnoz vositalari deyiladigan maxsus qurilmalar orqali amalga oshiriladi. O'zaro ta'sirlashishadigan diagnoz obykti va diagnoz vositalari diagnoz tizimini tashkil qiladi.

Umumiy holda, diagnoz jarayoni obyektga ma'lum kirish ta'sirlarining ko'p marotaba berilishi va bu ta'sirlarga javoblarni (chiqish signallarini) ko'p marotaba o'lchash va tahlil qilish hisoblanadi, bu ta'sirlar diagnoz vositalardan obyektning kirishlariga berilishi yoki qurilmaning ishlash algoritmi orqali aniqlanadigan tashqi (ishchi) signallarga bo'lishi mumkin. Obyektning javoblarini o'lchash va tahlil qilish har doim diagnoz orqali amalga oshiriladi.

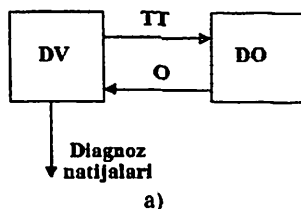
9.3. Tizimlarning texnik diagnostikasi

Funksional vazifalari bo'yicha texnik diagnostika tizimlari quyidagi ikki turlarga bo'linadi:

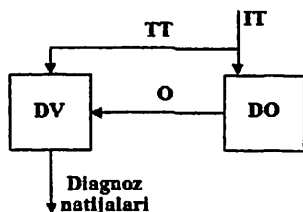
1. Testlash tizimlari (9.2,a-rasm). Ularga odatda ixtisoslashtirilgan binolarda, masalan, ta'mirlash va texnologik maydonlarida, nazorat-o'lchash punktlarida va boshqalarda o'rnatiladigan TDT texnik diagnostika statsionar tizimlari kiradi.

2. Funksional testlash (9.2,b-rasm). Ular odatda avtomatlashtirish va telemexanika apparaturalarining to'g'ri ishlashini nazorat qiladigan o'rnatilgan texnik diagnostika qilish tizimlari hisoblanadi.

Testli diagnostika tizimi DV diagnostika vositalari va DO diagnostika obyekti orasidagi o'zaro ta'sirlashishni ko'zda tutadi (9.2,a-rasm). Televizorning DOga TT testlash ta'sirlari faqat DVlardan keladi. Shuning uchun bu ta'sirlarning ham tarkibi, ham berilishi ketma-ketligini diagnostika jarayonini tashkil etish samaradorligi shartlaridan kelib chiqish bilan tanlash mumkin. Bunda har bir navbatdagi ta'sirni obyektning oldingi ta'sirlarga J javobiga bog'liq ravishda tayinlash mumkin. Bunday tizimdagi ta'sirlar testli ta'sirlar deb ataladi.



a)



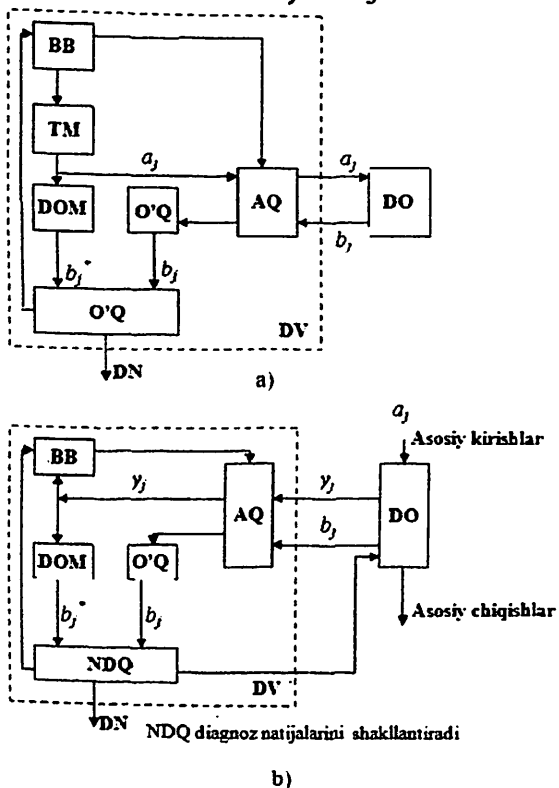
b)

9.2-rasm. Testlash (a) va funksional (b) diagnostika tizimi

Funksional diagnostika tizimida (9.2,b-rasm) DVlar DOga ta'sirlarni shakllantirmaydi. DO va DVlarga faqat obyektning ishlash algoritmidagi ko'zda tutilgan ishchi ta'sirlari (IT) beriladi. Diagnostika tizimi ishchi rejimda va normal ishlashni buzadigan yaroqsizliklarni bartaraf etish jarayonida ishlaydi.

Testli diagnostika tizimining funksional sxemasida (9.3, a-rasm) BB boshqaruv bloki diagnostika algoritmini saqlash va diagnostika vositalarining

ishlashini boshqarish uchun xizmat qiladi. TM ta'sir manbai testlashga kiradigan a_j elementar tekshiruvlar ta'sirlarini shakllantiradi va diaqnoz algoritmniga muvofiq ular ma'lum ketma-ketlikda AQ aloqa qurilmasi orqali DO diaqnoz ob'ektiga, shuningdek DOM diaqnoz ob'ekti modeliga beriladi. DOM bloki ob'ektning bo'lishi mumkin texnik holatlari haqida ma'lumotlarni testga kiradigan elementar tekshirishlarning bo'lishi mumkin b_j^* natijalari shaklida shakllantiradi.



9.3-rasm. Testli (a) va funksional (b) diaqnoz tizimlarining sxemalari

Diaqnoz ob'ekti a_j ta'sirlarga javoban b_j elementar tekshiruvlarning haqiqiy natijalarini shakllantiradi, ular AQ aloqa qurilmasi va O'Q o'lchash qurilmasi orqali NDQ natijalarini deshifrlash qurilmasining kirishiga beriladi. Bu blokda DO chiqishlaridan olinadigan

va DOM shakllantiradigan elementar tekshirish natijalari taqqoslanadi. Taqqoslash natijasi NDQda saqlanadi, bundan keyin BB testga kiradigan keyingi elementar tekshirishni tayinlaydi. Agar keyingi tekshirishning vazifasi oldingi tekshirishning natijasiga bog‘liq bo‘lsa, u holda NDQ va BB bloklari orasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa o‘rnatiladi (uzlukli chiziq ko‘rsatilgan).

Funksional diagnostik tizimining funksional sxemasida (9.3,b-rasm) a_j ishchi ta’sirlar DO obyektining asosiy kirishlariga beriladi, undan DVlarni BS boshqarish sxemalari y_j signallari va a_j ta’sirlarga DOning b_j javob signallari olinadi. y_j signallar obyektning ishlash rejimiga bog‘liq holda BB va DOM bloklarini boshqaradi, bunda DOMning kirishiga a_j ta’sirlar beriladi. Agar diagnostik tizimi DOning shikastlanishida u tomonidan noto‘g‘ri ta’sirdan boshqarish obyektini himoya qilish yuklatilsa, NDQ va DO blokari orasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa o‘rnatiladi.

Yakuniy hisobda diagnostik protsedurasini ideal qurilma (DO modeli beriladi) va real tekshiriladigan qurilmaning ishlashini taqqoslashga keltiriladi. Real qurilmadagi yaroqsizliklar soni, odatda, juda katta, shuning uchun diagnostik jarayoni murakkab bo‘ladi va juda ko‘p o‘lchash va hisoblash ishlarini talab qiladi. Diagnostik protsedurasini bajarish uchun asosiy masalalar – DO modelini tanlash va qurish, testni sintezlash, diagnostik algoritmini qurish, diagnostik vositalarini sintez qilish va amalga oshirish masalalarini yechish talab etiladi.

Nazorat savollari

1. Raqamli tizimlarni ta’irlash turlarini aytib bering.
2. Obyekt holatining turlarini tushuntiring.
3. Nazoratga yaroqlilik darajasiga ta’rif bering.
4. Diagnostika tizimlari qo‘llanilishining asosiy yo‘nalishlarini sanab o‘ting.
5. Diagnostik obyektini ta’riflang.
6. Texnik diagnostika testlash tizimining o‘ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
7. Texnik diagnostika funksional tizimining o‘ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.

10-bob. DASTURIY TA'MINOTNING ISHONCHLILIGI

10.1. Dasturiy ta'minotning ishonchliligi tushunchasi

Dasturiy ta'minotning (DT) ishonchliligi berilgan sharoitlarda dasturiy vositaning ma'lum vaqt intervalida ma'lum bir yaroqlilik darajasini saqlay olish qobiliyatini tavsiflaydigan xususiyatlari to'plami hisoblanadi. Dasturiy ta'minotning rad etilishi dasturiy ta'minotning qo'yilgan vazifalarga mos kelmasligiga bog'liq. Mos kelmaslik quyidagi ikki sabablarga ko'ra yuzaga kelishi mumkin:

- dasturni ishlab chiquvchi spetsifikatsiya – dastur texnik talablarini buzgan;

- spetsifikatsiya noaniq yoki to'liq emas.

Birinchi sabab bo'yicha mos kelmaslik, birinchi navbatda, murakkab dasturiy ta'minot tizimlarida uchraydi, bunda dasturchining alohida xatoliklarini ko'rish qiyin va ular ochilmasligi mumkin.

Ikkinchi sabab bo'yicha mos kelmaslik, birinchi navbatda, spetsifikatsiya tayyorlanayotganda dasturning ishlashiga ta'sir qiladigan ko'plab omillar noma'lum bo'lganligi sababli yuzaga keladi. Ular faqat dastur ishlayotgan paytda asta-sekin aniqlanadi. Bu ayniqsa boshqarish dasturlariga tegishli bo'ladi.

Bundan tashqari, na texnik talablarda, na dasturni tekshirish paytida dasturni ishlatishda yuzaga keladigan barcha vaziyatlarni aniqlash va tekshirish mumkin emas. Dastur juda murakkab funksiyalarning qisqa yozuvi hisoblanadi. Shuning uchun, spetsifikatsiyalarda dastur bajarishi kerak bo'lgan funksiyalarning barcha xususiyatlarini yozish mos dasturni ishlab chiqishga qaraganda oson bo'lmaydi. Ishlab chiqilgan dasturda har doim boshlang'ich ma'lumotlarning tekshirilmagan kombinatsiyalari bo'lishi mumkin, ishlatishda ularning paydo bo'lishida dastur kerakli funksiyalarni bajarishni rad etishi mumkin.

Binobarin, aniq spetsifikatsiyani tuzish har doim ham mumkin bo'lmaydi, dasturlarni spetsifikatsiyaning aniqlik darajasi bo'yicha quyidagicha tasniflash taklif etiladi:

- 1) funksiyalari to'liq spetsifikatsiya bilan aniqlanadigan dasturlar;

2) funksiyalari hisoblash va o'lchash natijalarini taqqoslash yo'li bilan tuzatiladigan dasturlar (ularga modellashtirish dasturlari, ya'ni fizik obyektning matematik modelini amalga oshiradigan dasturlar kiradi);

3) doimiy o'zgarib turadigan muhitda ishlaydigan dasturlar (boshqa dasturlar, ma'lumotlar, foydalanuvchilar, real tizimlar va qurilmalardan iborat va hokazo; ularga operatsion tizimlar, havo harakatini boshqarish dasturlari, resurslarni boshqarish dasturlari va boshqalar kiradi).

Dastur rad etishlarini keltirib chiqaradigan xatoliklarning o'ziga xos xususiyati xatoliklarning yashirinligi hisoblanadi, bu yashirin xatolik boshlang'ich ma'lumotlarning juda ko'p sonli bo'lishi mumkin kombinatsiyalaridagi alohida kam kombinatsiyalarda namoyon bo'ladi va shuning uchun darhol aniqlanmaydi, balki uzoq muddatli ishlatish davomida aniqlanadi. Istalgan dastlabki ma'lumotlarda namoyon bo'ladigan xatoliklar xavfli emas, chunki ular dasturni birinchi ishlatishda darhol aniqlanadi.

Apparatlar ishonchliligi nazariyasi apparatlar va dasturiy ta'minot orasidagi quyidagi farqlarni hisobga olish bilan dasturiy ta'minotning ishonchliligi muammosida qisman qo'llanadi:

- dasturiy ta'minot elementlari eskirish yoki to'zish tufayli eskirmaydi;

- dasturiy ta'minotni nazorat qilish uchun apparaturalarni nazorat qilishga qaraganda ko'plab usullar va yo'llar mavjud;

- dasturiy ta'minotda apparat vositalariga qaraganda ko'proq nazorat qilish uchun obyektlar mavjud;

- apparaturalarda standart elementlardan foydalanish dasturiy ta'minot tizimiga qaraganda ancha kengroq;

- dasturiy ta'minot bo'yicha hujjatlar soni apparaturalar bo'yicha hujjatlarining soniga nisbatan juda katta;

- dasturlarga o'zgartirish kiritish oson, ammo uni to'g'ri bajarish qiyin.

Dasturlashdagi xatoliklarni tahlil qilish ularning tasniflanishiga asoslanadi.

Dasturlarning xatoliklari dasturning cheklangan imkoniyatlariga (berilgan vaqt ichida natijalarni olishni rad etish yoki hisoblashlar hajmi bo'yicha cheklovlariga) bog'liq bo'lgan xatoliklarga va mantiqiy

(hisoblashlarning vaqti va hajmidan qat'i nazar noto'g'ri natijalarni olishda ifodalangan) xatoliklarga bo'lish mumkin.

Dasturlarda uchraydigan xatoliklarni har tomonlama tahlil qilish faqat dasturning rad etishlari, rad etishlar sabablari, dasturlarning o'zi va ularni ishlab chiqish shartlari (dasturchining malakasi, ishlab chiqish muddatlari va boshqalar) to'g'risida aniq ma'lumotlar bo'lgandagina mumkin bo'ladi.

Bu ma'lumotlar dasturlarni baholash va bashorat qilish, shuningdek ishonchlilikni ta'minlash va yaxshilash usullarini topish uchun dasturlarning ishonchliligi matematik modellarini yaratish uchun asos hisoblanadi.

Dasturiy ta'minotdagi xatoliklar muammosini yanada chuqurroq o'rganish uchun dasturiy ta'minotni ishlab chiqish texnologiyasining makromodeli ishlab chiqilgan. Dasturiy ta'minotni ishlab chiqish texnologiyasining makromodeli 10.1-rasmda keltirilgan. Bu modelga dasturni testlash jarayoni kiritilmagan.

Modelning vazifasi dasturiy ta'minotni ishlab chiqishda yuzaga keladigan xatoliklarning faqat asosiy turlarini ko'rsatish hisoblanadi. Bundan tashqari, bu yerda jarayonlar va teskari sikllarining o'zaro bog'liqligi hisobga olinmaydi (masalan, jarayonlardan birining bajarilishi vaqtida topilgan xatoliklar tufayli ko'pincha orqaga qaytish va oldin bajarilgan ishlarni tuzatish kerak bo'ladi).

Har bir blokning funksional vazifasini ko'rib chiqamiz:

- 1 - blok – bu yerda jarayon yechiladigan masalaning tavsifini ishlab chiqish bilan boshlanadi;

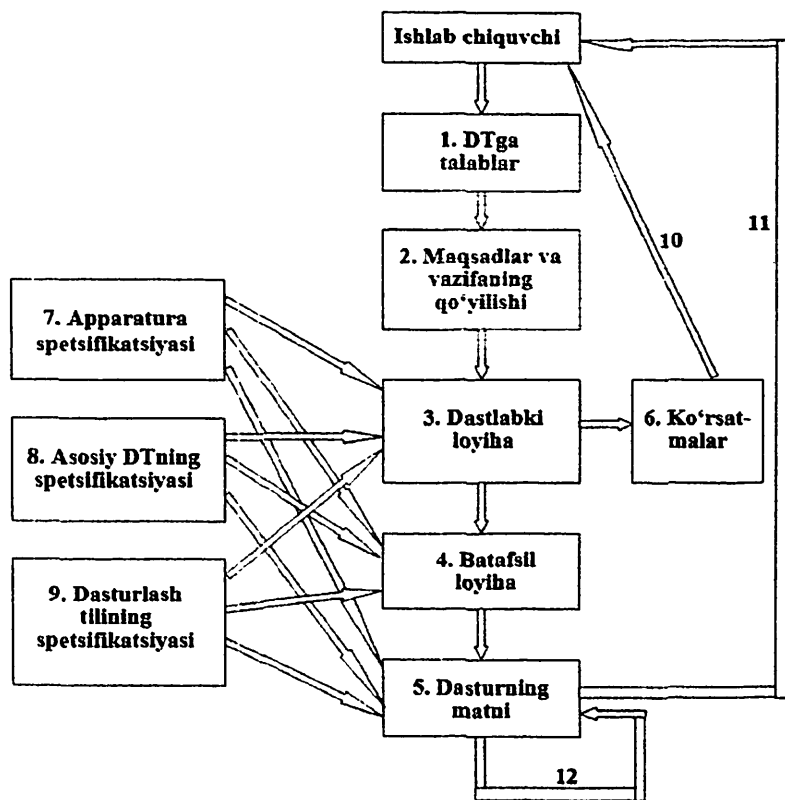
- 2 - blok – jarayon foydalanuvchi talablarini dastur maqsadlariga o'tkazishdan iborat;

- 3 – blok – dastur maqsadlarini tashqi spetsifikatsiyalarga, ya'ni foydalanuvchi nuqtayi nazaridan butun tizimning xatti-harakatlarini aniq tavsiflashga bog'liq;

- 4-blok – tayyor mahsulotning tashqi tavsifidan tortib, bajarilishi tashqi spetsifikatsiyalarga mos keladigan tizimning ishlashini ta'minlashi kerak bo'lgan dasturni tashkil etadigan takliflar to'plamini tavsiflaydigan batafsil loyihani olishgacha bir nechta o'tkazish jarayonlarini o'z ichiga oladi;

- 5 - blok – loyihalash jarayoni – dastur mantig‘i tavsifini dasturlash tilidagi jummalarga o‘tkazish;

- 6-blok – dasturiy ta‘minot loyihasi ustida ishlash natijasida ham dasturning o‘zi, ham undan foydalanishni tavsiflovchi hujjatlar yuzaga kelishini hisobga oladi;



10.1-rasm. Dasturiy ta‘minotni ishlab chiqish texnologiyasining makromodeli

- 7 – blok – ishlab chiqish jarayonida yana bir ma‘lumot manba – apparaturaning spetsifikatsiyasini tavsiflaydi;

- 8 - blok – odatda amaliy dasturlar hisoblash tizimining asosiy dasturiy ta‘minoti bilan o‘zaro ta‘sirlashishini hisobga oladi, bunda unga

kiritish/chiqarish va resurslarni dinamik taqsimlash buyurtmalari bilan murojaat qiladi. Asosiy dasturiy ta'minot bo'yicha hujjatlarini noto'g'ri tushunish xatoliklar manbai bo'lib xizmat qiladi;

- 9 – blok – dasturlash tillarini hisobga oladi, chunki tayyor dastur kamida bitta dasturlash tilining jumllaridan iborat. Tilning sintaksisi va semantikasini tushunmaslik ham dasturiy ta'minotdagi xatoliklarga sabab bo'ladi;

- 10 - foydalanuvchi va tayyor dastur orasidagi aloqaning ikkita shakllarini hisobga oladigan funksiya: undan foydalanish va u bilan to'g'ridan-to'g'ri ishlashni tavsiflaydigan. Bu funksiya foydalanuvchi tomonidan ko'rsatmalarni o'rganish va ularning tarkibini u dasturni qanday qabul qilishni istaydigan tarkibga o'tkazish;

- 11 - funksiya dasturchining subyektiv xususiyatlarini hisobga oladi, ya'ni bu funksiya foydalanuvchining dasturiy ta'minot bilan to'g'ridan-to'g'ri o'zaro ta'sirlashishini, masalan, terminaldan ma'lumotlarni kiritish va natijalarni tahlil qilishni ifodalaydi;

- 12 - dasturning o'zi ustida ishlashni hisobga oladigan funksiya, ya'ni bu funksiya texnik xizmat ko'rsatishda (xatoliklarni tuzatish) va modifikatsiyalashda (mavjud dasturlarga yangi funksiyalarni qo'shish) paydo bo'ladi.

Dasturiy ta'minotni ishlab chiqish texnologiyasi mikromoduli dasturiy ta'minotdagi ko'plab xatoliklarning kelib chiqishini tavsiflaydi. Shuni ham ta'kidlash kerakki, ko'plab o'tkazish xatoliklari jarayonlardan har biri davomida yuzaga keladi.

Dasturlarning ishonchligini ta'minlash va oshirish usullarini quyidagi asosiy toifalarga bo'lish mumkin.

1) dasturlash texnologiyalarini takomillashtirish;

2) hisoblash jarayonining turli buzilishlariga sezgir bo'lmagan algoritmlarni tanlash (algoritmik ortiqchalikdan foydalanish);

3) dasturlarni zaxiralash - ikki va N -version dasturlash, tuzilmaviy ortiqchalikni kiritishning boshqa usullari;

4) keyingi tuzatish bilan dasturlarni nazorat qilish va testlash.

KIS va JKISlar uchun 3- va 4- usullar eng mos keladi.

Shunday qilib, dasturlash algoritmi dasturlash jarayonini texnik jihatdan qo'llab-quvvatlash bilan bog'liq bo'lgan baholanishi ham

ob'yektiv, ham subyektiv xarakterga ega bo'lgan murakkab va katta hajmli jarayon hisoblanadi.

Bu to'liq algoritmnı dasturlash jarayonining olib borish usuliga bog'liq ravishda quyidagi uchta algoritmlarga bo'lish taklif etiladi:

- birinchisi - to'liq algoritm hisoblanadi;

- ikkinchisi dasturlanadigan mikrosxemalar uchun (doimiy xotira qurilmalari - ROM) algoritm, ya'ni. 1, 3, 4, 6, 9 bloklar va 10, 11 funksiyalar mavjud emas;

- uchinchisi – operativ xotira qurilmalari (RAM) uchun algoritm, bu holda 1, 2, 3, 4, 6 bloklari va 10, 11 funksiyalari mavjud emas.

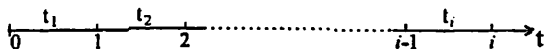
10.2. Dasturiy ta'minotning ishonchliligini baholash uchun modellar

Dasturiy ta'minotning ishonchliligini baholash va bashoratlash dasturlarning ishonchliligi matematik modellari asosida amalga oshiriladi.

Pastdan dasturning rad etishlari raqamlari, yuqoridan dasturning alohida rad etishlari orasida vaqt intervallari belgilangan vaqt o'qini ko'rib

chiqamiz (10.2-rasm). Tasavvur qilamizki, vaqtning dastlabki momentida dastur ishlayapti va o'z ishlash qobiliyatini dastur birinchi rad etishi bo'lib o'tadigan t_1 vaqt oralig'i oxirigacha saqlab qoladi.

Dasturchi bundan keyin dasturnı "tuzatadi" va keyin u t_2 vaqt davomida yaroqli ishlaydi va hokazo. i -nchi va $(i+1)$ -nchi rad etishlar orasidagi tasodifiy vaqt $f(t|i)$ taqsimot zichligi funksiyasiga ega bo'lsin, bu yerda λ_i parametr – rad etishlar intensivligi o'lchami. λ_i qanchalik kichik bo'lsa, dastur shunchalik yaxshi bo'ladi.



10.2-rasm. Vaqt bo'yicha dasturning rad etishlari momentlari

Barcha i lar uchun λ qiymatni kamaytirishga urinish kerak, ya'ni $\lambda_i < \lambda_{i-1}$ nisbat bajarilishi kerak.

Dasturiy ta'minot ishonchligining matematik modellarini tahlil qilamiz.

B.Littlvud va J.L.Verrall modeli.

Dasturning rad etishlari intensivligi t_n («joriy») vaqt momentida baholash uchun mo'ljallangan:

$$\hat{\lambda}(t_1, t_2, \dots, t_n) = \frac{n}{\psi(n)} \left[\log \prod_{i=1}^n \frac{\psi(i) + t_i}{\psi(i)} \right]^{-1}, \quad (10.1)$$

bu yerda: n – rad etishlar soni;

$\psi(i)$ - i dan monoton ortadigan ma'lum funksiya;

i - rad etish raqami;

$\psi(n)$ - n rad etishlarda monoton ortadigan ma'lum funksiya.

$\psi(i)$ funksiyani quyidagi ko'rinishda tanlash taklif etiladi:

$$\psi(i) = \exp(\beta_0 + \beta_1 i), \quad (10.2)$$

bu yerda: β_0, β_1 – koeffitsiyentlar.

Keyingi rad etishgacha t vaqt taqsimot zichligi funksiyasi quyidagicha ifodalanadi

$$\int_0^{\infty} f(t|\lambda) g_n(\lambda|\alpha) d\lambda = \alpha \left[\frac{\psi(n)}{t + \psi(n)} \right]^\alpha \frac{1}{\psi(n) + t}, \quad (10.3)$$

bu yerda: $g_n(\lambda|\alpha)$ - λ_i taqsimot zichligi funksiyasi;

α - parametrlar;

$f(t|\lambda)$ - t vaqt taqsimoti zichligi funksiyasi.

(10.1) oniy rad etishlar intensivligi ham tuzatishlarda $\psi(n)$ funksiyaning tez ortishi shartida, ham rad etishlar orasidagi yaroqli ishlash vaqtida pasayadi.

B. Littlvud va J.L. Verrall tomonidan taklif qilingan (10.1) model, agar $\psi(i) \gg t_i$ olinsa, soddalashtirilishi mumkin, yetarlicha katta i larda o'z o'rniga ega. U holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\lambda(t_1, t_2, \dots, t_n) = \frac{n}{\psi(n)} \left[\sum_{i=1}^n \log\left(1 + \frac{t_i}{\psi(i)}\right) \right]^{-1} \approx \frac{n}{\psi(n) \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{\psi(i)} \right)}, \quad (103.4)$$

ya'ni oniy rad etishlar intensivligi rad etishlar orasidagi vaqt intervallaridan ma'lum bir chamalangan o'rtacha qiymatga teskari proporsional. (10.2) ifodada $\psi(n)$ funksiyaga kiradigan β_0 va β_1 koeffitsiyentlar eksperimental ma'lumotlar bo'yicha, masalan, asliga o'xshashlik maksimumi usuli bilan aniqlanishi mumkin.

Ko'rib chiqilgan model rad etishlar ketma-ketligi – qayta tiklashni shakllantirish jarayonida kechadigan jarayonlarni yaxshi tushuntiradi. Lekin dasturlarning ishonchliligini amaliy hisoblashlar va bashoratlash uchun oddiyroq ishonchlilik modellari taklif etilgan.

Jelinskiy-Moranda modeli.

Eng oddiy klassik turdagi model hisoblanadi. Uning asosiga quyidagi farazlar qo'yilgan:

1) $R(t)$ xatoliklarni aniqlashning intensivligi dasturdagi joriy xatoliklar soniga, ya'ni aniqlangan xatoliklar qolgan (dastlabki) xatoliklar soniga proporsional;

2) barcha xatoliklar bir xil ehtimolli va ularni aniqlash bir-birlariga bog'liq emas;

3) har bir xatolik o'sha bir jiddiylik tartibiga ega;

4) keyingi rad etishgacha vaqt eksponensial taqsimlangan;

5) xatoliklar yangi xatolik kiritilmasdan doimo tuzatiladi;

6) rad etishlar intensivligi yoki xavf ehtimoli xatoliklarning ikkita qo'shni momentlari orasidagi intervalda $R(t)=const$.

Xavf ifodasi quyidagi ko'rinishda beriladi:

$$R(t)=K(B-(i-1)), \quad (10.5)$$

bu yerda: t - $(i-1)$ -nchi va i -nchi xatoliklarni aniqlash orasidagi ixtiyoriy vaqt nuqtasi;

K – noma'lum proporsionallik koeffitsiyenti;

V - dasturda qolgan xatoliklarning dastlabki boshlang'ich (noma'lum) umumiy soni.

Bu farazlarga muvofiq vaqt funksiyasi sifatida dasturlarning rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha teng:

$$P(t_i) = e^{-\lambda_i t_i}, \quad (10.6)$$

bu yerda: $\lambda_i = R(t_i)$.

Shuman modeli.

Bu model Jelinskiy-Moranda modelidan shu bilan farq qiladiki, sozlash va ishlatish davrlari alohida ko'rib chiqiladi.

U quyidagi farazlarga asoslanadi:

1) mashina tilidagi dasturda komandalarning umumiy soni doimiy;
 2) montaj sinovlarining boshida xatoliklar soni ma'lum bir doimiy qiymatga teng bo'ladi va xatoliklar tuzatilishi bilan ular kamayadi. Dasturni sinash davomida yangi xatoliklar kiritilmaydi;

3) dastlab xatoliklar ajralib turadi, tuzatilgan xatoliklarning umumiy soni bo'yicha qolgan xatoliklarini baholash mumkin;

4) dasturning rad etishlar intensivligi qoldiq xatoliklar soniga proporsional.

Bu farazlardan foydalanish bilan t vaqt intervali davomidagi rad etishlarni aniqlash intensivligiga (xatoliklarning paydo bo'lishi chastotasiga) ega bo'lamiz:

$$\lambda_s(t) = K_s e_r(\Delta t), \quad (10.7)$$

bu yerda: t - tizimning ishlash vaqti,

K_s - proporsionallik koeffitsiyenti,

$e_r(\Delta t)$ - τ vaqt momentiga kelib I umumiy komandalar soniga keltirilgan qoldiq xatoliklar soni;

Δt - dasturiy ta'minot tizimini joylashtirish boshlangan paytdan boshlab hisoblanadigan dasturni sozlash davomiyliigi.

Xatoliksiz ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \lambda_s(\Delta \tau) d\tau \right] = \exp \left[- \int_0^t K_s e_r(\Delta \tau) d\tau \right]. \quad (10.8)$$

Binobarin, bu modelda xatoliklarning paydo bo'lish chastotasi tezligi t vaqtga bog'liq emas hisoblanadi, chunki u o'zgarmas qabul qilinadi va demak, dasturning rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti quyidagiga teng bo'ladi:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_i(t)} = \frac{1}{K_i e_i(\Delta\tau)}. \quad (10.9)$$

Shik – Volverton modeli.

Bu model asosiga xavf funksiyasi nafaqat dasturdagi qolgan xatoliklar soniga, balki sozlashga sarflangan vaqtga ham proporsional bo'ladi degan faraz qo'yilgan. Faraz qilinadiki, dasturni testlash bilan dasturning xatolikli oraliqlarini "tozalash" (xatoliklarni kamaytirish) tufayli keyingi xatoliklarni aniqlash imkoniyatlari oshadi.

Farazlar quyidagicha:

- xatoliklarning yuzaga kelishi teng ehtimolli va bog'liq emas;
- barcha xatoliklar bir xil jiddiylilik darajasiga ega;
- dasturiy ta'minot real sharoitlarga yaqin sharoitlarda ishlaydi;
- xatoliklar yangi xatoliklarni kiritmasdan doimiy ravishda tuzatiladi.

Bu model uchun xavf funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$R(t) = K(B - (i-1))\Delta\tau_i, \quad (10.10)$$

bu yerda: $\Delta\tau_i - t_{i-1}$ momentdan boshlab o'tgan testlash vaqti, joriy t_i vaqtgacha xatolikni aniqlash.

Rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagi ifodaga ega bo'ladi:

$$P(\Delta\tau_i) = \exp\left\{-K[B - (i-1)]\frac{\Delta\tau_i^2}{2}\right\}, \quad (10.11)$$

bu yerda: $i=1, \dots, n$ - xatoliklar soni,

$$K = \frac{n}{\sum_{i=1}^n [B - i + 1]\Delta\tau_i^2}. \quad (10.12)$$

Oddiy eksponensial model.

Agar $N(t) - t$ vaqt momentiga kelib aniqlangan xatoliklar soni bo'lsa va agar xavf funksiyasi dasturdagi qolgan xatoliklar soni minus

aniqlangan xatoliklar soniga proporsional bo'lsa, u holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$R(t)=K(B-N(t)). \quad (10.13)$$

Bu ifodani differensiallash va $dN(t)/dt=R(t)$ - vaqt birligiga aniqlangan xatoliklar sonini hisobga olgan holda, quyidagini olamiz:

$$dR(t)/dt+K \cdot R(t)=0 \quad (10.14)$$

u holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$R(t)=K \cdot B \cdot \exp(-K \cdot t). \quad (10.15)$$

Agar $a=\ln(KB)$; $b=-K$ bo'lsa, u holda quyidagiga ega bo'lamiz:

$$R(t)=\exp(a+bt). \quad (10.16)$$

Geometrik model.

Bular Jelinskiy-Moranda va Lipatov modellarining modifikatsiyasi hisoblanadi. Dastlabki shartlar quyidagicha:

- xatoliklarning umumiy soni cheklanmagan;
- xatoliklarni aniqlash teng ehtimolli emas;
- xatoliklarni aniqlash – xatoliklarga bog'liq bo'lmagan jarayon;
- dasturiy ta'minot real sharoitlarga yaqin sharoitlarda ishlaydi;
- xatoliklarni aniqlashning intensivligi geometrik progressiyani hosil qiladi, binobarin, xatoliklarning paydo bo'lishlari orasidagi intervalda intensivlik o'zgarmas bo'ladi.

Xavf funksiyasi $R(t)=DK^{t-1}$ ga teng, binobarin $(i-1)$ -nchi va i -nchi xatoliklarning paydo bo'lishlari orasidagi t vaqt ixtiyoriy vaqt ekanligi nazarda tutiladi.

Xavf funksiyasining dastlabki qiymati $R(0)=D$ va xavf funksiyasi xatoliklar aniqlanishi bilan geometrik progressiyada ($0 < K < 1$) kamayadi:

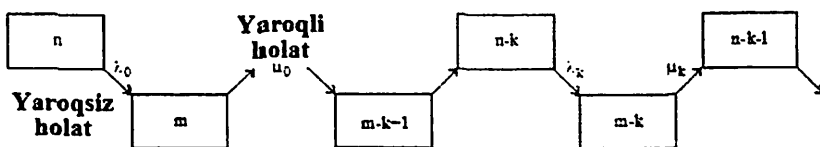
$$D=(n+1)/2, \quad (10.17)$$

n xatolikni aniqlashdan $(n+1)$ -nchi xatolik aniqlashgacha o'tgan o'rtacha vaqtni quyidagi ifoda bo'yicha hisoblash mumkin:

$$t_{sr(n+1)} = 1/(DK^n) . \quad (10.18)$$

Markov modeli.

Markov modeli tizim “yaroqli” (up) va “yaroqsiz” (down) holatlar ketma-ketligidan o‘tadi degan farazga asoslanadi. Agar dasturni joylashtirish va testlash boshlanganidan keyin xatolik paydo bo‘lmasa yoki agar tizimda aniqlangan xatolik tuzatilgan bo‘lsa, keyingi xatolik esa paydo bo‘lmagan bo‘lsa, tizimning holati “yaroqli” holat deyiladi. Tizim holatlarining o‘zgarishlari diagrammasi 10.3-rasmda keltirilgan.



10.3- rasm. Markov modeli

Ma’lum usullardan foydalanish bilan bu tizim uchun differensial tenglamalarni chiqarish mumkin:

$$P_{n-k}(t) = -\lambda_k P_{n-k}(t) + \mu_{k-1} P_{m-k+1}(t), \quad (10.19)$$

$$P_{m-k}(t) = -\mu_k P_{m-k}(t) + \lambda_k P_{n-k}(t), \quad (10.20)$$

bu yerda: λ_k – rad etishlar intensivligi;

μ_k – qayta tiklanish intensivligi.

Dastlabki shartlar quyidagi ko‘rinishga ega:

$$P_{m-k}(0) = 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots,$$

$$P_n(0) = 1.$$

Umumiyroq yechimni, masalan, Eyler usuli yoki Runge - Kutta usulidan foydalanish bilan olish mumkin. Barcha holatlarning ehtimolligi olinganidan so‘ng, tizimning tayyor emasligi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$U(t) = \sum_{k=0}^{k_{max}} P_{m-k}(t) \quad (10.21)$$

Binobarin, ehtimolliklar tanlangan k_{max} qiymatga bog'liq, katta k_{max} qiymatda haqiqiy qiymatga yaqin $U(t)$ qiymatni olish mumkin.

Nazorat savollari

1. Dasturiy ta'minotning ishonchliligi nima?
2. Dasturiy ta'minot ishonchliligining tasniflanishini keltiring.
3. Dasturiy ta'minotning ishonchliligini baholash makromodellari nima uchun ishlatiladi?
4. Dasturiy ta'minotning ishonchliligini bashorat qilishda qanday maqsadlar mavjud?
5. B. Littlvud va J.L. Verrall dasturiy ta'minoti ishonchlilik modelining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
6. Jelinskiy - Moranda dasturiy ta'minoti ishonchlilik modelining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
7. Shuman dasturiy ta'minoti ishonchlilik modelining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
8. Shik – Volverton dasturiy ta'minoti ishonchlilik modelining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
9. Oddiy eksponensial modeli dasturiy ta'minoti ishonchlilik modelining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
10. Geometrik model dasturiy ta'minoti ishonchlilik modelining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.
11. Markov dasturiy ta'minoti ishonchlilik modelining o'ziga xos xususiyatlarini tushuntiring.

11-bob. ALOQA TIZIMLARINING YASHOVCHANLIGI

11.1. Aloqa tizimlarining yashovchanligi tushunchasi

Telekommunikatsiya texnologiyalarining zamonaviy rivojlanishi aloqa tarmoqlarining yashovchanligi muammosini yanada o'tkirlashtiradi. Bu, o'z navbatida, ularning ishlash barqarorligiga doimo ortib boradigan talablarni qo'yadi. Bu tadqiqotlar yo'nalishining dolzarbligi aloqa tarmoqlarining yashovchanligini, ularga ta'sir etuvchi turli salbiy omillar tufayli ishonchli baholash usullarini takomillashtirishning ortib borayotgan zaruratiga bog'liqdir.

Bugungi kunda yashovchanlik aloqa tarmoqlarining eng muhim xarakteristikalari sirasiga kiradi. Aloqa tarmog'ining "yashovchanligi" tushunchasining turli xil talqinlari mavjud.

Aloqa tarmoqlarining yashovchanligini baholash masalalarini ko'rib chiqishdan oldin, bu tushunchani aniqlashtirish kerak.

Aloqa tizimining yashovchanligi deganda alohida modullarning ishdan rad etishlari va qayta tiklanishi sharoitlarida berilgan chegaralarda unumdorlikni va tarmoqning barcha ishlash algoritmlari bajarilishida barcha yaroqli modullardan foydalanishni kafolatlaydigan tuzilmaviy kommutatsiyalash sxemalarini dasturiy sozlash va ishlashini tashkil etish xususiyati tushuniladi.

Tarmoqning yashovchanligi deganda yana yangi holatga moslashish va salbiy ta'sirlarga dosh berish qobiliyati tushuniladi, bunda tizimning tuzilishi va ishlashida berilgan standartlar doirasida, hatto uning alohida qismlari jiddiy shikastlanganda mos hisobiga o'z maqsadli funksiyasini bajaradi.

Yashovchanlik aloqa tizimining tabiiy omillar va dushmanning atayin harakatlariga elementlarning shikastlanishiga (to'liq yoki qisman) barqarorligi hisoblanadi.

Barqarorlik deganda aloqa tizimining ma'lumotlarni zarur hajmda va ma'lum sharoitlarda berilgan sifatdan past bo'lmagan sifatda o'z vaqtida uzatishni amalga oshirish imkoniyatidan iborat xususiyati tushuniladi.

Tarmoqning yashovchanligi quyidagi ta'rif bilan to'liq tavsiflanadi.

Aloqa tizimining, shu jumladan mobil aloqa tizimining yashovchanligi tizimdan tashqarida bo'lgan va butun tarmoqning yoki uning ma'lum elementlari - tugunlar, punktlar, stansiyalar va aloqa liniyalarining buzilishlari, sezilarli darajada shikastlanishlari yoki ishlash qobiliyatining vaqtincha yo'qotilishiga olib keladigan sabablarning ta'siriga qarshi aloqa tizimining barqarorligini tavsiflaydi.

Tarmoqning buzilishiga olib keladigan barcha sabablarni shartli ravishda ikkita katta sinflar – tasodifiy (o'z-o'zidan, tabiiy yoki texnogen) va atayin sabablarga bo'lish mumkin.

Tasodifiy omillarga momaqaldiroq, zilzila, ko'chkilar, daryolar toshqinlari, xodimlarning, foydalanuvchilar xatoliklari va boshqalar kiradi.

Atayin omillarga inson omili qo'llanadigan buzuvchi ta'sirlarning barcha turlari – urush, qurol ishlatish, diversiya, vandalizm va boshqalar kiradi.

Tasodifiy yoki atayin aloqaning buzilishi sabablardagi mavjud bo'lgan farqlar, ularning namoyon bo'lishida, aloqa buzilishlarining tabiati va miqyosida, shuningdek, aloqa buzilishlarining davomiyligi, yo'llari va usullari, tizimning barqarorligini oshirishda jiddiy farqlar mavjudligiga olib keladi.

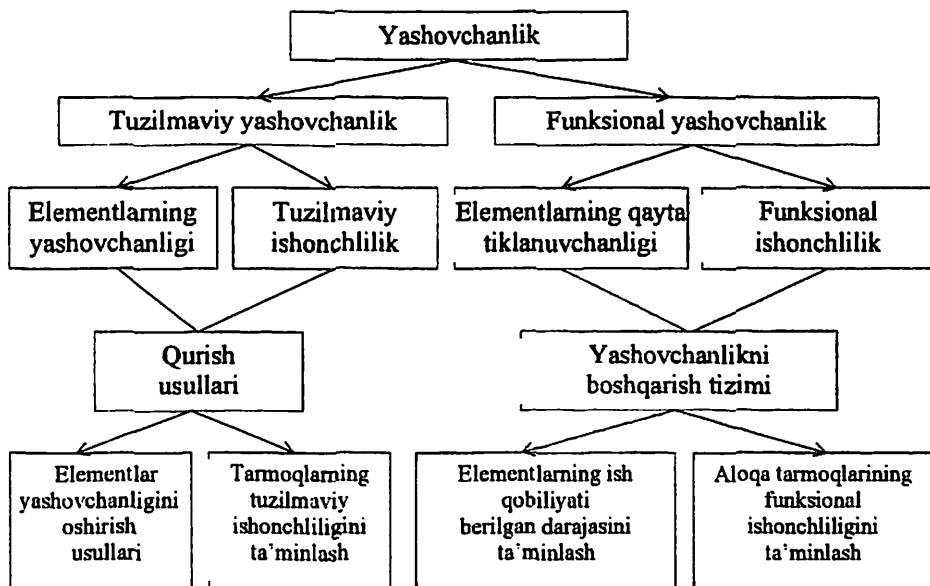
Bu yerda barqarorlik deganda aloqa tizimining ma'lumotlarni zarur hajmda va ma'lum sharoitlarda berilgan sifatdan past bo'lmagan sifatda o'z vaqtida uzatishni amalga oshirish qobiliyatidan iborat xususiyati tushuniladi.

11.2. Aloqa tizimlari yashovchanligining asosiy xususiyatlari

Texnikada tasodifiy rad etishlar oqimi faqat alohida aloqalarning buzilishiga olib kelishi mumkin va bir vaqtning o'zida bir nechta aloqalarning rad etishi ehtimolligi past, tasodifiy rad etishlar oqimi uchun esa eksponensial taqsimot qonuni o'ziga xos.

Yashovchanlikka ta'sir qiladigan tasodifiy yoki atayin omillar orqali tizimning ishlashidagi buzilishlar butunlay boshqacha xususiyatlarga ega. Atayin shikastlanishda tizimning katta qismi yoki butun tizim ishdan chiqarilishi mumkin. Qasddan ta'sir tasodifiy emasligini ham hisobga olish kerak.

Aloqa tarmog'ining yashovchanligini ta'minlashning asosiy xususiyatlari tahlil qilingan (11.1-rasm).



11.1-rasm. Aloqa tizimlari yashovchanligining asosiy xususiyatlari

Aloqa tarmog'ining yashovchanligi quyidagi xususiyatlarni o'z ichiga olishi o'rnatilgan:

- tuzilmaviy yashovchanlik – tarmoq elementlarining shikastlanishiga (tasodifiy yoki maqsadli) passiv qarshi turishida ma'lum vaqt davomida aloqa tizimining yashovchanligi, elementlarning yashovchanligi va tuzilmaviy ishonchlilik xususiyatlarini o'z ichiga oladi;

- elementlarning yashovchanligi – aloqa tizimi elementlarining tuzilmaviy yashovchanligi hisoblanadi;

- tuzilmaviy ishonchlilik – elementlarning buzilishi berilgan algoritmida (jarayonida) aloqa tizimining tuzilmaviy yashovchanligi;

- funksional yashovchanlik – tarmoq elementlarining shikastlanishiga (tasodifiy yoki maqsadli) aktiv qarshi turishda ma'lum vaqt davomida aloqa tizimining yashovchanligi, elementlarning qayta

tiklanuvchanligi va funksional ishonchlilik xususiyatlarini o'z ichiga oladi;

- elementlarning qayta tiklanuvchanligi - aloqa tizimi elementlarining funksional yashovchanligi hisoblanadi;

- funksional ishonchlilik - tarmoq elementlarining berilgan algoritmda (jarayonida) aloqa tizimining funksional yashovchanligi hisoblanadi.

11.3. Mobil aloqa tarmog'ining yashovchanlik mezonlari

Tinchlik davrida aloqa tarmog'ining, xususan mobil aloqa tarmog'ining yashovchanligiga ta'sir qiladigan asosiy omil tasodifiy omillar, aynan tabiiy yoki "texnogen ofatlar" hisoblanadi. Texnogen falokatlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, ular yomon bashoratlanuvchanlik, to'satdan sodir bo'luvchanlik, tezkor tarqalish, favqulodda vaziyat zonasida obyektlar shikastlanishining tasodifiyligiga ega, shuningdek zararlangan hududdan tashqarida mobil aloqa obyektlariga zarar yetkazilish ehtimoli past.

Texnogen ofatlarda mobil aloqa tarmog'i yashovchanligining asosiy mezoni - E chaqiruvning blokirovka qilinishi ehtimoli hisoblanadi, bu tarmoqning o'ta yuklanishi tufayli ulanishni o'rnatishga muvaffaqiyatsiz urinishlarning nisbiy sonidan iborat.

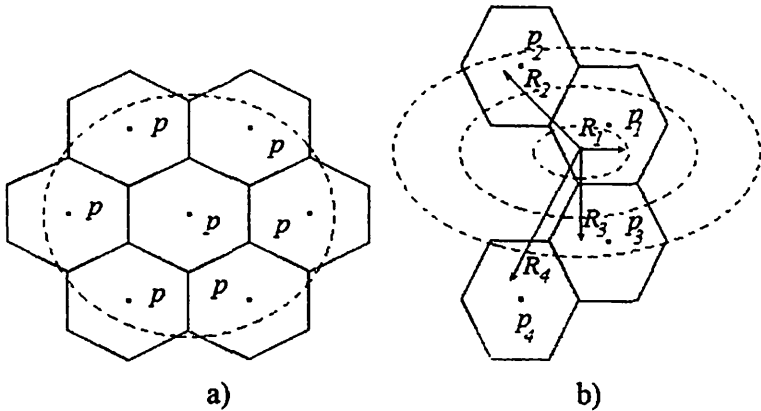
U holda tarmoqning yashovchanligi ko'rsatkichi quyidagiga teng bo'ladi:

$$Sur = 1 - E. \quad (11.1)$$

Texnogen ofatning mobil tarmoqning yashovchanligiga halokatli ta'siri rivojlanishining quyidagi ikkita ko'rinishlari mavjud:

- tarmoqning barcha tayanch stansiyalarining (TS) yashovchanligi ehtimolligi bir xil va r ga teng (klasterning barcha stansiyalari zararlanish o'chog'ida bo'ladigan vaziyat) (11.2, a-rasm);

- falokat manbasidan masofaning ortishi bilan TSning yashovchanligi ehtimolligi oshadi (11.2, b-rasm).



a) - barcha TSlarning yashovchanligi ehtimolligi bir xil; b) - o'choqdan R masofaning ortishi bilan buzish ta'sirining kamayishi
11.2-rasm. Tarmoqqa buzish ta'sirlari

Mobil aloqa tarmog'ining yashovchanligini baholash uchun quyidagi farazlarni kiritamiz:

- chaqiruvlar tizimga Puasson jarayoniga muvofiq tushadi;
- bitta radiokanal bitta chaqiruvga xizmat ko'rsatadi;
- mobil aloqa tarmog'ining yashovchanligi mezoni sifatida E chaqiruvni blokirovka qilinishi ehtimolligi va unga bog'liq bo'lgan Sur ko'rsatkichi ishlatiladi.

Birinchi vaziyat uchun (11.2,a-rasm) ravshanki, k stansiyalarining yashovchanligi ehtimolligi binomial taqsimot orqali aniqlanadi:

$$P(n = k) = C_N^k p^k (1 - p)^{N-k}, \quad (11.2)$$

bu yerda: N - falokat zonasidagi (klasterdagi) TSlarning umumiy soni;

n - ishlash qobiliyati saqlangan TSlar soni;

C_N^k - binomial koeffitsiyent (k tadan N birikmalar soni);

p - TSning yashovchanligi ehtimolligi.

Amalga oshirilgan farazlarni hisobga olganda va mk kanallar bo'lganda (m - bitta TSGa to'g'ri keladigan kanallar soni)

P_{blk} chaqiruvning blokirovka qilinishi ehtimolligi Erlang ifodasi bo'yicha hisoblanadi:

$$P_{blk}(k) = \frac{\rho^{mk}}{(mk)!} \left(\sum_{i=0}^{mk} \frac{\rho^i}{i!} \right)^{-1}, \quad (11.3)$$

bu yerda: λ_{an} - klasterga abonentlar yuklamasi intensivligi;

μ_{oz} - so'rovga xizmat ko'rsatish intensivligi;

$\rho = \frac{\lambda_{an}}{\mu_{oz}}$ - xizmat ko'rsatish koeffitsiyenti.

Chaqiruvni blokirovka qilinishini baholashni quyidagi nisbatdan hisoblash mumkin:

$$E = \sum_{k=0}^N P(n=k) P_{blk}(k) = \sum_{k=1}^n C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk}}{(mk)!} \left(\sum_{i=0}^{mk} \frac{\rho^i}{i!} \right)^{-1} + (1-p)^N. \quad (11.4)$$

Birinchi vaziyat uchun mobil tarmoqning yashovchanligi quyidagicha hisoblanadi:

$$Sur = 1 - \sum_{k=0}^N C_N^k p^k (1-p)^{N-k} \frac{\rho^{mk}}{mk!} \left(\sum_{i=0}^{mk} \frac{\rho^i}{i!} \right)^{-1}. \quad (11.5)$$

Ikkinchi vaziyatni ko'rib chiqamiz, falokat manбайдan masofaning ortishi bilan TSning yashovchanligi ehtimolligi oshadi (11.2, b-rasm).

Tarmoqda N tayanch stansiyalar mavjud. Tabiiy ofat paytida turli TSlar soni buzilishi mumkin. $I = \{1, \dots, N\}$ indekslar to'plamidan foydalanamiz.

Stansiyalarning yashovchanligi ehtimolligini yozamiz:

$$P(n=0) = \prod_{i=1}^N (1-p_i); \quad (11.6)$$

$$\begin{aligned}
 P(n = 1) &= \sum_{j=1}^N p_j \prod_{i \in I \setminus j} (1 - p_i); \\
 &\dots\dots\dots \\
 P(n = k) &= \sum_{j_1 \dots j_k} p_{j_1} \dots p_{j_k} \prod_{i \in I \setminus \{j_1 \dots j_k\}} (1 - p_i); \\
 &\dots\dots\dots \\
 P(n = N) &= \prod_{i=1}^N p_i.
 \end{aligned}$$

U holda ikkinchi vaziyat uchun, chaqiruvni blokirovka qilinishini baholashni quyidagi nisbatdan hisoblash mumkin:

$$\begin{aligned}
 E &= \sum_{k=0}^N \sum_{j_1, \dots, j_k} p_{j_1} \dots p_{j_k} \prod_{i \in I \setminus \{j_1, \dots, j_k\}} (1 - p_i) \frac{\rho^{mk}}{mk!} \left(\sum_{i=0}^{mk} \frac{\rho^i}{i!} \right)^{-1} \\
 &+ \prod_{i=1}^N (1 - p_i).
 \end{aligned} \tag{11.7}$$

Bu vaziyat uchun mobil aloqa tarmog‘ining yashovchanligi quyidagicha hisoblanadi:

$$Sur = 1 - \sum_{k=0}^N \sum_{j_1, \dots, j_k} p_{j_1} \dots p_{j_k} \prod_{i \in I \setminus \{j_1, \dots, j_k\}} (1 - p_i) \frac{\rho^{mk}}{mk!} \left(\sum_{i=0}^{mk} \frac{\rho^i}{i!} \right)^{-1} \tag{11.8}$$

(11.5) nisbat qamrab olish zichligi, sig‘im va kanallar soni, yuklama kabi parametrlardan foydalanish bilan tarmoqning barcha tayanch stansiyalarining yashovchanligi ehtimolligi bir xil va r ga teng bo‘ladigan, (11.8) nisbat – falokat (masalan, zilzila, yaqindagi obyektlardagi avariyalar va boshqalar) manbaidan masofaning ortishi bilan TSning yashovchanligi ortadigan vaziyat uchun mobil aloqa tarmog‘ining yashovchanligini aniqlashga imkon beradi.

Bitta TS 20 ta dupleks kanallarni qo‘llaydigan, o‘rtacha xizmat ko‘rsatish vaqti (11.3 - 11.5) bo‘yicha 1 minutni tashkil etadigan uchta

TSlardan klasterdagi vaziyat uchun mobil aloqa tarmog'ining yashovchanligini hisoblash ko'rsatdiki, tarmoqning shtatdagi ishlash rejimida so'rovni bloklanishi ehtimolligi 10^{-6} ni tashkil etadi, tarmoqqa yuklama keskin ortadigan halokatda va bitta TSni buzilishi ehtimolligi $r = 0,5$ bo'lganda esa chaqiruvlarning 90 foizi bloklanadi.

Halokat yuz berganda mobil aloqa tarmog'ining yashovchanligini oshirish bo'yicha quyidagi choralar taklif etiladi:

- shikastlangan klasterni qamrab olish uchun sotali aloqa tarmog'ining resurslarini qayta taqsimlash, ya'ni sotalarning shikastlangan klasteriga yaqin TSlarining quvvatini mavjud radiokanallar sonini parallel oshirish bilan oshirish;

- shikastlangan klasterning radioqamrab olishni ta'minlash maqsadida mobil TSlardan foydalanish;

- so'zlashuv vaqtini majburan qisqartirish;

- qisqa xabarlarini (SMS) uzatishga o'tish;

- abonentlarning shikastlanmagan klasterlar TSlariga ulanishlari uchun ularning mobilligini ta'minlash;

- ma'lumotlarni simsiz uzatishning muqobil usullarini tashkil qilish (Wi-Fi va boshqa tarmoqlar orqali chiqish);

- ta'sir zonasida joylashgan turli xil operatorlarning barcha yaroqli TSlarini yagona tarmoqqa kommutatsiyalash.

Mobil aloqa tarmog'ining yashovchanligini oshirish uchun tarmoq parametrlarini rejalashtirish va optimallashtirish bo'lib o'tadigan bosqichlarda tarmoqni loyihalashda chaqiruvlarning blokirovkalanish ehtimolligi va mobil aloqa tarmog'ining yashovchanligi kabi ko'rsatkichlarga katta e'tibor berish kerak.

Nazorat savollari

1. Aloqa tizimlarining yashovchanligining o'ziga xos xususiyati nimada?

2. Aloqa tizimlarining yashovchanligining asosiy xususiyatlarini sanab o'ting.

3. Mobil aloqa tarmoqning yashovchanlik mezonlari qanday?

II-QISM. MASALALAR VA ULARNI YECHISHGA DOIR USLUBIY KO'RSATMALAR

1-amaliy mashg'ulot. Ishonchlilik atamalari va ta'riflari

1.1. Taqsimlash punktida beshta avtomatik uzgichlar o'rnatilgan. Iste'molchilarning normal ishlashi ularning yaroqli holatda bo'lganida ta'minlanadi. Taqsimlash punktini montaj qilishda uzgichlar 1000 donadan iborat partiyadan tanlandi, unda 950 ta yaroqli va 50 ta yaroqsiz uzgichlar mavjud edi. Taqsimlash punktining yaroqli ishlash ehtimolligini toping.

1.2. Omborda 500 ta akkumulyatorlar saqlanadi. Bir yillik saqlashdan so'ng, 20 donasi ishdan chiqdi. Agar olti oylik saqlashdan so'ng, yaroqsiz bo'lib qolgan beshta akkumulyatorlarni olib tashlaganlik ma'lum bo'lsa, bir yil saqlangandan so'ng tasodifiy olingan akkumulyatorning ishlashga yaroqliligini aniqlang.

1.3. Ustaxonada ishonchlilikka sinovdan o'tgan 4 ta va sinovdan o'tkazilmagan 5 ta ishga tushirgichlar mavjud. Ikkita ishga tushirgichlar tasodifiy olingan. Ulardan biri sinovdan o'tgani, ikkinchisi esa sinovdan o'tmaganligi ehtimolligini toping.

1.4. Elektr qurilmada ma'lum bir ketma-ketlikda ishga tushiriladigan to'rtta blokirovkalar mavjud. Har bir keyingi bosqich oldingisini rad etsa, ishga tushiriladi. Har bir alohida blokirovkaning yaroqli ishlashi ehtimolligi 0,92; 0,95; 0,96; 0,96 bo'lganda birinchi bosqich, ikkinchi bosqich, uchinchi bosqich va to'rtinchi bosqichning ishlash ehtimolligini toping.

1.5. 50 ta detallardan iborat partiya berilgan. Bu partiyadan tasodifiy detallar tanlanadi va ularning sifati aniqlanadi. Agar kontroller tomonidan tanlangan detallar orasida bitta ham nuqsonli detal bo'lmasa, u holda butun partiya qabul qilinadi. Aks holda, partiya qo'shimcha tekshirish uchun yuboriladi. 7 ta nuqsonli detallarni o'z ichiga olgan detallar partiyasini kontroller tomonidan birinchi martada qabul qilish ehtimolligi qanday?

1.6. Qurilma beshta elementdan iborat bo'lib, ulardan ikkitasi eskirgan. Qurilma yoqilganda, ikkita element tasodifiy yoqiladi. Eskirmagan elementlarning yoqilish ehtimolligini toping.

1.7. 50 ta detallardan iborat to'plam mavjud va ularning 20 tasi nuqsonli. Ushbu partiyadan 10 ta detallar tanlanadi, so'ngra bu 10 ta detallardan tekshirish uchun 1 ta detal tanlanadi. Agar bu detal yaroqli bo'lsa, demak, partiya sinovdan o'tkaziladi. Partiyaning qabul qilinish ehtimolligini toping.

1.8. Korxonada yaroqsiz mahsulot ishlab chiqarilgan mahsulotning 1,5 foizini tashkil etadi. Yaroqli mahsulotlardan birinchi navli mahsulotlarning umumiy ishlab chiqarilishi 80%ni tashkil qiladi. Tasodifiy olingan mahsulot, agar ishlab chiqarilgan mahsulotlarning umumiy qismidan olinadigan bo'lsa, uning birinchi navga aylanish ehtimolligi qancha?

1.9. Asbob ikki normal va nonormal rejimlarda ishlashi mumkin. Normal rejim qurilmalarning ishlash holatlarining 80 foizida, nonormal rejim 20 foizida kuzatiladi. Qurilmaning t vaqtida ishdan chiqishi ehtimolligi normal rejimda 0,1, nonormal rejimda 0,7 ga teng. Asbobning t vaqt ichida ishdan chiqishi to'liq ehtimolligini toping.

1.10. Zavod har biri to'rt turdagi sinovlardan o'tishi kerak bo'ladigan mahsulotlarni ishlab chiqaradi. Mahsulot birinchi sinovdan 0,9 ehtimollik bilan; ikkinchisi - 0,95 ehtimollik bilan; uchinchisi - 0,8 va to'rtinchisi - 0,85 ehtimollik bilan muvaffaqiyatli o'tadi. Mahsulot sinovdan muvaffaqiyatli o'tishi ehtimolini toping: a) barcha to'rt sinovlardan; b) to'liq ikkita sinovlar (to'rttadan); d) kamida ikkita sinovlardan (to'rttadan).

1.11. Releli himoyaning ishlab ketishini amalda sinab ko'rishda sun'iy qisqa tutashuv rejimini hosil qilish bilan 6 ta sinovlar o'tkaziladi. Ma'lumki, releli himoya har bir sinovda 0,8 ehtimollik bilan qisqa tutashuvlarga ta'sir qiladi. Releli himoyaning ishlab ketish ehtimolligini toping: kamida bir marta, to'liq to'rt marta, kamida to'rt marta. 6 ta sinovlarda hodisa sodir bo'lishining eng ehtimoliy sonini aniqlang.

1.12. Asbob 10 ta tugunlardan iborat. Har bir tugun uchun ishonchlilik

(t vaqt ichida rad etmasdan ishlash ehtimolligi) r ga teng. Tugunlar bir-birlariga bog'liq bo'lmagan holda ishdan chiqadi. t vaqt ichida: a) kamida bitta tugun; b) aniq bitta tugun; c) aniq ikkita tugun; d) kamida ikkita tugun rad etishi ehtimolligini toping.

1.13. Bir kun davomida elektr energiyasi sarfi o'rnatilgan

me'yordan oshmasligi ehtimolligi 0,75 ga teng. Yaqin 6 kun ichida 4 kun davomida elektr energiyasi iste'moli me'yordan oshmasligi ehtimolligini toping.

1.14. Bir-birlariga bog'liq bo'lmagan holda ishlaydigan uchta elementlar elektr zanjirda ketma-ket ulangan. Birinchi, ikkinchi va uchinchi elementlarning rad etishlari ehtimolligi mos ravishda $p_1 = 0,1$; $p_2 = 0,15$; $p_3 = 0,2$ ga teng. Zanjirda tok bo'lmasligi ehtimolligini toping.

1.15. Ikkita elektr ta'minoti zanjirlari umumiy yuklamaga parallel ravishda ishlaydi. Bitta zanjirning avariya turib qolish ehtimoli $q_1 = 0,6 \cdot 10^{-3}$, ikkinchisidiki $q_2 = 0,8 \cdot 10^{-3}$ ga teng. Zanjirlarning avariya holatlari bog'liq emas olish bilan quyidagi ikki holatlar uchun ikki zanjirli elektr uzatishning avariya turib qolish ehtimolligini aniqlang: a) elektr uzatishning rad etishi zanjirlardan biri (istalgani) rad etganda sodir bo'ladi; b) elektr uzatishning rad etishi faqat har ikkala zanjirlar rad etganda sodir bo'ladi.

1.16. Kuch transformatorlari uchta zavodlarda ishlab chiqariladi, binobarin, transformatorning ishlab chiqarilganligi ehtimolligi birinchi zavodda 0,2, ikkinchisida 0,3, uchinchisida 0,5 ga teng. Ma'lum ishlash sharoitlarida transformator ishlash qobiliyatini 25 yil davomida saqlashi ehtimolligi, mos ravishda birinchi, ikkinchi va uchinchi zavodlar uchun mos ravishda 0,9; 0,92; 0,808 ga teng. Montaj qilish uchun yetkazib beriladigan transformatorning ishlash qobiliyatini 25 yil davomida saqlashi ehtimolligi qanday?

Masalalarni yechishga misollar

1-misol. Sinovga 100 ta bir xil elektron lampalar berilgan bo'lsin. 3000 soatda 80 ta lampalar rad etdi, 3000 soat davomida $P(t)$ rad etmasdan ishlash ehtimolligi va $Q(t)$ rad etish ehtimolligini aniqlash talab qilinadi.

Dastlabki berilganlar:

$N = 1000$ dona.

$\Delta t = 3000$ soat.

$n = 80$ dona.

Topish kerak: $P(t)$, $Q(t)$

Yechish:

$$P(t) = \frac{N - n(t) - 1000 - 80}{N - 1000} = 0,92,$$

$$Q(3000) = 1 - P(3000) = 0,08 \text{ yoki}$$

$$Q(3000) = \frac{n(t)}{N} = \frac{80}{1000} = 0,08.$$

2-misol. Sinovga 100 ta bir xil elektron lampalar berilgan bo'lsin. Birinchi 3000 soatda 80 ta lampalar rad etdi, 3000–4000 soat vaqt intervalida esa yana 50 ta lampalar rad etdi. $\Delta t = 3000\text{--}4000$ soat vaqt oralig'idagi elektron lampalarning rad etishlari $f(\Delta t)$ chastotasi va $\lambda(\Delta t)$ intensivligini aniqlash talab qilinadi.

Dastlabki berilganlar:

$$N = 1000 \text{ dona.}$$

$$\Delta t_1 = 3000 \text{ soat.}$$

$$n_1 = 80 \text{ dona.}$$

$$\Delta t_2 = [3000, 4000] = 1000 \text{ soat.}$$

$$n_2 = 50 \text{ dona.}$$

Topish kerak: $f(\Delta t_2)$, $\lambda(\Delta t_2)$

Yechish:

$$f(\Delta t_2) = \frac{n(\Delta t_2)}{N \cdot \Delta t_2} = \frac{50}{1000 \cdot 1000} = 5 \cdot 10^{-5}$$

$$N_{O'R} = \frac{N_{ISH1} + N_{ISH2}}{2}$$

$$N_{ISH1} = 1000 - 80 = 920 \text{ dona.}$$

$$N_{ISH2} = 1000 - 130 = 870 \text{ dona.}$$

$$N_{O'R} = (920 - 870)/2 = 895 \text{ dona.}$$

$$\lambda(\Delta t_2) = \frac{n(\Delta t_2)}{N_{O'R} \cdot \Delta t_2} = \frac{50}{895 \cdot 1000} = 5,58 \cdot 10^{-5} \text{ (1/soat)}$$

3-misol. Kuzatiladigan ishlatish davrida apparaturada 8 ta rad etishlar qayd etildi. Qayta tiklanish vaqti $t_1 = 12$ min, $t_2 = 23$ min, $t_3 = 15$ min, $t_4 = 9$ min, $t_5 = 17$ min, $t_6 = 28$ min, $t_7 = 25$ min, $t_8 = 31$ minlarni tashkil etdi.

Apparaturaning o‘rtacha qayta tiklanishi vaqtini aniqlash talab qilinadi.

Dastlabki berilganlar:

$n = 8$ ta rad etishlar

$t_1 = 12$ min, $t_2 = 23$ min

$t_3 = 15$ min, $t_4 = 9$ min

$t_5 = 17$ min, $t_6 = 28$ min

$t_7 = 25$ min, $t_8 = 31$ min

Topish kerak: $t_{o'r.qt}$

Yechish:

$$t_{o'r.qt} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} = \frac{12 + 23 + 15 + 9 + 17 + 28 + 25 + 31}{8} = 20 \text{ min.}$$

2-amaliy mashg‘ulot. Tuzilmaviy-mantiqiy sxemalarning ishonchligini hisoblash

Elementlar ketma-ket ulanadigan tizim

Hisoblash ma’nosida eng oddiy hol tizim elementlarining ketma-ket ulanishi hisoblanadi. Bunday tizimda istalgan elementning rad etishi butun tizimning rad etishiga teng bo‘ladi. Ketma-ket ulangan o‘tkazgichlar zanjiriga o‘xshash, har birining uzilishi butun zanjirning uzilishiga teng, biz bunday ulanishni “ketma-ket” ulanish deb ataymiz (2.1-rasm). Elementlarning bunday ulanishi faqat ishonchlilik ma’nosida “ketma-ket” ekanligiga oydinlik kiritish kerak, fizik jihatdan ular har qanday yo‘l bilan ulanishi mumkin.



2.1-rasm. Elementlar ketma-ket ulangan tizimining blok-sxemasi

Ishonchlilik nuqtayi nazaridan, bunday ulanish bu elementlardan tashkil topgan qurilmaning rad etishi 1-element yoki 2-element yoki 3-element yoki n-element rad etganda sodir bo'lishini anglatadi. Ishlash qobiliyati shartini quyidagicha shakllantirilishi mumkin: agar 1-element va 2-element, va 3-element va n-element ishlash qobiliyatiga ega bo'lsa, qurilma ishlash qobiliyatiga ega bo'ladi.

Bu tizimning ishonchliligini uning elementlarining ishonchliligi orqali ifoda etamiz. Aytaylik, ma'lum vaqt davomida tizimning rad etmasdan ishlashini ta'minlash kerak bo'lgan muayyan vaqt oralig'i $[0, t]$. U holda, agar tizimning ishonchliligi $P(t)$ ishonchlilik qonuni bilan tavsiflangan bo'lsa, bu ishonchlilikning $t=t$, ya'ni $P(t)$ bo'lgandagi qiymatini bilish muhim. $P(t)$ bu funksiya emas, balki ma'lum bir son; t argumentini tashlab yuboramiz va tizimning ishonchliligini oddiy P bilan belgilaymiz. Xuddi shunday tarzda alohida elementlarining ishonchliligini $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ bilan belgilaymiz.

t vaqt ichida oddiy tizimning rad etmasdan ishlashi uchun uning har bir elementi rad etmasdan ishlashi kerak. S bilan tizimning t vaqtidagi rad etmasdan ishlashidan iborat bo'lgan hodisani belgilaymiz; $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ bilan mos elementlarning rad etmasdan ishlashidan iborat bo'lgan hodisalarni belgilaymiz.

S hodisa $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ hodisalarining ko'paytmasi hisoblanadi:

$$S = s_1 \times s_2 \times s_3 \times \dots \times s_n.$$

Aytaylik, $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ elementlari bir-birlarini bog'liq bo'lmagan holda rad etadi (yoki ishonchliligi bilan bog'liq holda aytilganidek, ular "rad etishlar bo'yicha bog'liq emas"). U holda bog'liq bo'lmagan hodisalar uchun ehtimolliklarni ko'paytirish qoidasi bo'yicha $P(S) = P(s_1) \times P(s_2) \times P(s_3) \times \dots \times P(s_n)$ bo'ladi yoki boshqa belgilashlarda quyidagicha bo'ladi:

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3 \times \dots \times P_n, \quad (2.1)$$

qisqacha quyidagicha bo'ladi:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (2.2)$$

ya'ni rad etishlar bog'liq bo'lmagan ketma-ket ulangan elementlardan tashkil topgan oddiy tizimning ishonchliligi (ishlash qobiliyatili holatning ehtimolligi) uning elementlari ishonchliliklarining ko'paytmasiga teng.

Xususiyl holda, barcha elementlar bir xil $P_1=P_2=P_3= \dots =P_n$ ishonchlilikka ega, ifoda (2.2) shaklga ega bo'ladi

$$P = P^n . \quad (2.3)$$

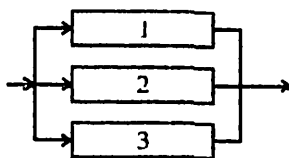
1-misol. Tizim 10 ta bog'liq bo'lmagan elementlardan tashkil topgan bo'lib, ulardan har birining ishonchliligi $P=0,95$ ga teng. Tizimning ishonchliligini aniqlash.

(2.3) formula bo'yicha quyidagiga ega bo'lamiz:

$$P = 0,95^{10} \gg 0,6.$$

Elementlar parallel ulanadigan tizim

2.2-rasmda 1-, 2-, 3-elementlarning parallel ulanishi tasvirlangan. Bu shuni anglatadiki, bu elementlardan tashkil topgan qurilma rad etish holatiga tizimning barcha elementlari yuklama ostida bo'lishi, elementlarning rad etishlari esa statistik jihatdan bog'liq emas bo'lishi shartida barcha elementlar rad etgandan keyin o'tadi.



2.2-rasm. Elementlar parallel ulanadigan tizimning blok-sxemasi

Qurilmaning ishlash qobiliyatili sharti quyidagicha shakllantirilishi mumkin: agar 1- yoki 2- yoki 3-element yoki 1- va 2- elementlar; 1- va 3- elementlar; 2- va 3- elementlar; 1- va 2- va 3-elementlar ishlash qobiliyatili bo'lsa, qurilma ishlash qobiliyatiga ega hisoblanadi.

n parallel ulangan elementlardan tashkil topgan qurilmaning rad etmaslik holati ehtimolligi qo'shma tasodifiy hodisalar ehtimolliklarini qo'shish teoremasi bo'yicha aniqlanadi:

$$P = (p_1 + p_2 + \dots + p_n) - (p_1 p_2 + p_1 p_3 + \dots) - (p_1 p_2 p_3 + p_1 p_2 p_n + \dots) - \dots \pm (p_1 p_2 p_3 \dots p_n). \quad (2.4)$$

Uch elementlardan tashkil topgan keltirilgan blok-sxema (2.2-rasm) uchun (2.4) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$P = p_1 + p_2 + p_3 - (p_1 p_2 + p_1 p_3 + p_2 p_3) + p_1 p_2 p_3.$$

Ishonchlilik muammolariga qo'llanganda bog'liq bo'lmagan hodisalar ehtimolliklarini ko'paytirish qoidasi bo'yicha n elementlardan iborat qurilmaning ishonchliligi quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i), \quad (2.5)$$

ya'ni, bog'liq bo'lmagan (ishonchlilik nuqtayi nazaridan) elementlar parallel ulanganda ularning ishonchsizligi ($1 - p_i = q_i$) ko'paytiriladi.

Xususiy holda, barcha elementlarning ishonchliligi bir xil bo'lganda, (2.5) formula quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$P = 1 - (1 - p)^n. \quad (2.6)$$

2-misol. Bosim ostidagi tizimning ishlash xavfsizligini ta'minlaydigan saqlash qurilmasi bir-birlarini almashtiradigan uchta klapanlardan tashkil topgan. Ulardan har birining ishonchliligi $p=0,9$ ga teng. Klapanlar ishonchliligi ma'nosida bog'liq emas. Qurilmangizning ishonchliligi toping?

Yechish. (2.6) formulaga muvofiq $P=1-(1-0,9)^3=0,999$ bo'ladi.

Topshiriq

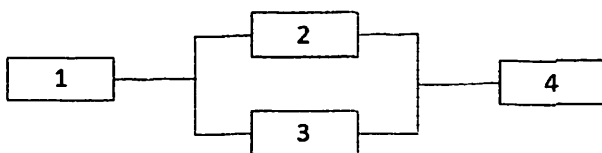
1. Keltirilgan tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlash umumiy nisbatini keltiring.

2. Tizimning barcha elementlari bir xil p rad etmasdan ishlash ehtimolligiga ega bo'ladigan shartda keltirilgan tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlash nisbatini keltiring.

3. Agar $p=0,9$; $p=0,85$ bo'lsa, tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi qanday?

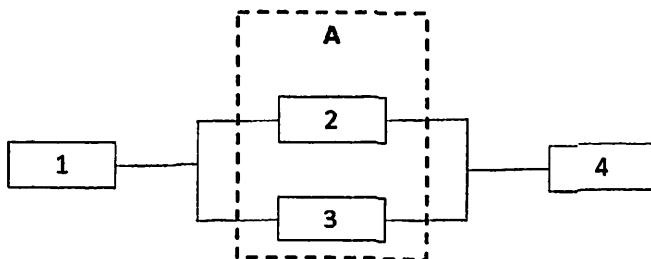
Topshiriqni vechishga misol

Tizim 4 ta elementlardan tashkil topgan. 2.3-rasmda bu elementlarning ishonchlilik bo'yicha ulanishi keltirilgan. 1-, 2-, 3- va 4-elementlarning rad etmasdan ishlash ehtimolligi mos ravishda p_1, p_2, p_3 va p_4 ga teng.



2.3-rasm. Tizim elementlarining ishonchlilik bo'yicha ulanishi

Bu yerda 2 va 3-elementlar parallel ulangan. Qolgan 1- va 4-elementlar ketma-ket ulangan. Parallel ulangan 2- va 3-elementlarning rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlaymiz va A element sifatida belgilaymiz (2.4-rasm).



2.4-rasm. Tizimni o'zgartirish

A elementning rad etmasdan ishlash ehtimolligi:

$$P_A = 1 - (1 - p_2)(1 - p_3).$$

Tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi:

$$P_{\text{tiz}} = p_1 \cdot p_A \cdot p_4 = p_1 \cdot p_4 \cdot [1 - (1 - p_2)(1 - p_3)]$$

$p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = p$ deb olamiz.

U holda

$$P_{\text{tiz}} = p \cdot p \cdot [1 - (1 - p)(1 - p)] = p^2 \cdot [1 - (1 + p^2 + 2p)] = p^2 \cdot (2p - p^2) = p^3 \cdot (2 - p)$$

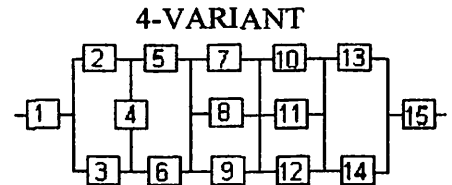
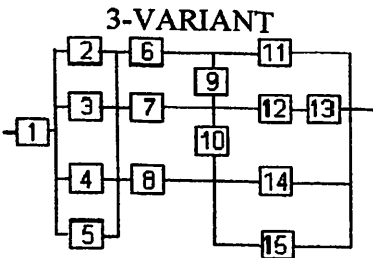
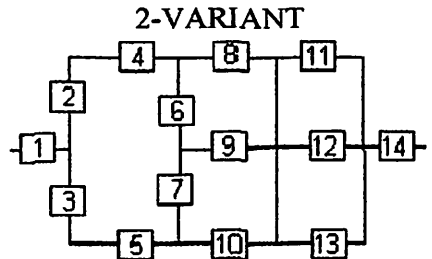
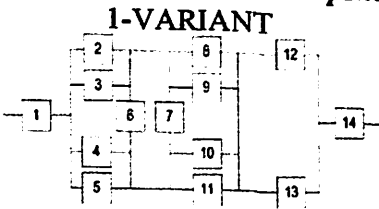
$p=0,9$ bo'lganda:

$$P_{\text{tiz}} = 0,9^3 \cdot (2 - 0,9) = 0,8019.$$

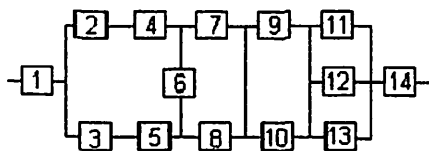
$p=0,85$ bo'lganda:

$$P_{\text{tiz}} = 0,85^3 \cdot (2 - 0,85) = 0,7062.$$

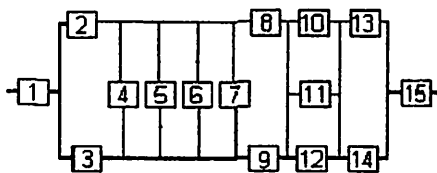
Topshiriqlar variantlari



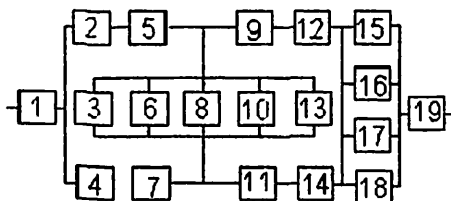
5-VARIANT



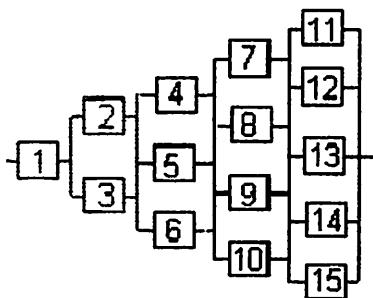
6-VARIANT



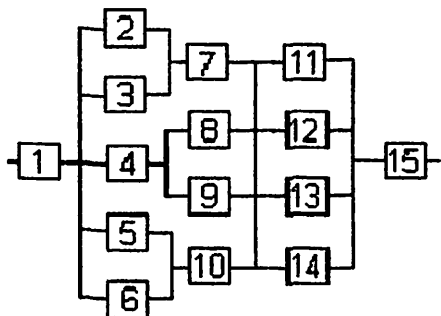
7-VARIANT



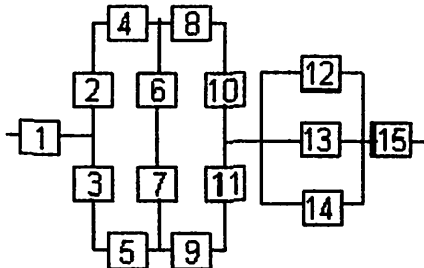
8-VARIANT



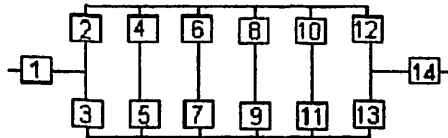
9-VARIANT



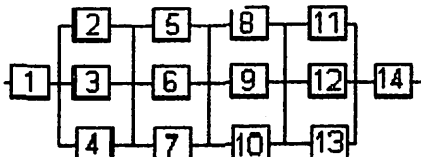
10-VARIANT



11-VARIANT

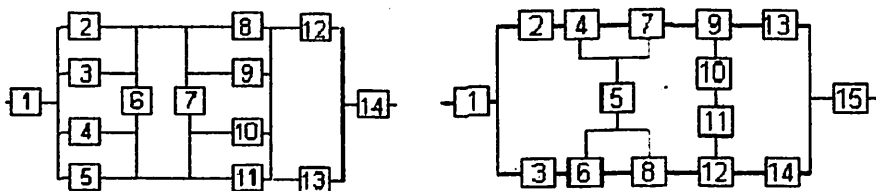


12-VARIANT



13-VARIANT

14-VARIANT



3-amaliy mashg'ulot. Qayta tiklanmaydigan obyektlarning ishonchliligi ko'rsatkichlarini hisoblash

3.1. Sinovga bir xil turdagi 1000 ta tiristorlar yetkazilgan. 3000 soat ichida

80 ta tiristorlar rad etdi. Tiristorlarning 3000 soat ichida rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligini aniqlash talab qilinadi.

3.2. Ishlatishda 1000 ta kuch transformatorlaridan 15 tasi bir yil ichida rad etdi. Ularning rad etishiga sabab cho'lg'amlarning qisqa tutashuvi bo'lgan. Transformator cho'lg'amlarining bir yil davomida rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlang.

3.3. Sinovga bir xil turdagi 1000 ta lampalar yetkazib berildi. Dastlabki

3000 soat ichida 80 ta lampalar rad etdi, 3000-4000 soat vaqt intervalida esa yana 50 ta lampalar rad etdi. 3000-4000 soatlik vaqt oralig'ida lampalarning rad etishi chastotasi va intensivligini aniqlash talab qilinadi.

3.4. Sinovga $N_0 = 400$ ta jihozlar qo'yildi. $t = 3000$ soat vaqt davomida $n(t) = 200$ jihozlar rad etdi va keyingi $\Delta t = 100$ soat vaqt oralig'ida $n(\Delta t) = 100$ ta jihozlar rad etdi. $P(3000)$, $P(3100)$, $P(3050)$, $a(3050)$, $\lambda(3050)$ qiymatlarni aniqlash talab qilinadi.

3.5. 10 yil davomida 100 ta transformatorlarni ishlatishda ikkita rad etishlar yuz berdi, binobarin har safar yangi transformator rad etdi. Kuzatuv davridagi transformatorlarning rad etishlari intensivligini aniqlash.

3.6. Sinovda $N_0 = 1000$ ta ta'mirlash mumkin bo'lmagan apparaturlarning nomunalari bo'lgan. Har 100 soatda ($\Delta t = 100$ soat) $n(\Delta t)$ rad etishlar soni har qayd etilgan. Rad etishlar to'g'risidagi ma'lumotlar 3.1-jadvalda keltirilgan. Iшонchlikning miqdoriy

xarakteristikalarini hisoblash va xarakteristikalarning vaqtga bog'liqligini qurish talab qilinadi.

3.7. 400 ta rezistorlar sinovdan o'tkazildi. 10 000 soatlik ishlash vaqtida 4 ta rezistorlar rad etdi. Keyingi 1000 soat ichida yana bitta rezistor ishlamay qoldi. 10000-11000 soat vaqt oralig'ida rezistorlarning rad etishlari chastotasi va intensivligini aniqlash.

3.1-jadval

3.6-topshiriq bo'yicha rad etishlar haqida ma'lumotlar

$\Delta t_i, \text{ch}$	$p(\Delta t_i)$	$\Delta t_i, \text{ch}$	$p(\Delta t_i)$	$\Delta t_i, \text{ch}$	$p(\Delta t_i)$
0-100	50	1000-1100	15	2000-2100	12
100-200	40	1100-1200	14	2100-2200	13
200-300	32	1200-1300	14	2200-2300	12
300-400	25	1300-1400	13	2300-2400	13
400-500	20	1400-1500	14	2400-2500	14
500-600	17	1500-1600	13	2500-2600	16
600-700	16	1600-1700	13	2600-2700	20
700-800	16	1700-1800	13	2700-2800	25
800-900	15	1800-1900	14	2800-2900	30
900-1000	14	1900-2000	12	2900-3000	40

3.8. 10 ta o'zgarmas tok elektr dvigatellari ishlatish davomida ularning cho'tkalar apparatlarining ishlashi kuzatildi va birinchi dvigatelning cho'tkalari 800 soat, ikkinchisidiki 1200 soat rad etishgacha, keyin mos ravishda 900, 1400, 700, 950, 750, 1300, 850 va 1150 soat rad etishgacha ishlashi aniqlandi. Elektr dvigatellar cho'tkalarining to'satdan rad etishigacha ishlash vaqtini aniqlash.

3.9. Agar dastlab sinovdan o'tkazish uchun 1000 ta jihozlar yetkazilgan, 2500 soatga kelib esa 25 ta jihozlar rad etganligi ma'lum bo'lsa, 2500 soat ichida rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligini hisoblash.

3.10. 3.2-jadvalda keltirilgan bir xil mahsulotlardan uchta guruhning rad etishlari bo'yicha statistik ma'lumotlar mavjud. Har bir guruhda 100 tadan jihozlar mavjud va ularning sinovlari birinchi guruhda 550 soat davomida, ikkinchisida 400 soat va uchinchisida 200 soat davomida o'tkazildi. $P(t)$, $a(t)$, $\lambda(t)$ miqdoriy xarakteristikalarini hisoblash va bu funksiyalarning grafiklarni qurish.

3.11. Radioelektron qurilmaning 45 ta namunalarini kuzatish natijasida

3.3-jadvalda umumlashtirilgan barcha 45 ta namunalarning birinchi rad etishgacha ma'lumotlari olingan. Vaqt funksiyasi sifatida rad etmasdan ishlash ehtimolligi, rad etishlar chastotasi va rad etishlar intesivligini aniqlash, bu funksiyalarning grafiklarini qurish, shuningdek birinchi rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqtini topish talab qilinadi.

3.2-jadval

3.10-topshiriq uchun dastlabki ma'lumotlar

Δt_i , soat	1-guruh	1-guruh	1-guruh	$\Sigma n(\Delta t_i)$
0-25	4	6	5	15
25-50	8	9	8	25
50-75	6	5	7	18
75-100	3	4	5	12
100-150	5	5	6	16
150-200	4	3	3	10
200-250	1	3	-	4
250-300	2	2	-	4
300-400	3	4	-	7
400-550	5	-	-	5

3.3-jadval

3.11-topshiriq bo'yicha dastlabki ma'lumotlar

Δt_i , soat	$n(\Delta t_i)$	Δt_i , ch	$n(\Delta t_i)$	Δt_i , ch	$n(\Delta t_i)$
0-5	1	25-30	6	50-55	1
5-10	5	30-35	4	55-60	0
10-15	8	35-40	3	60-65	3
15-20	2	40-45	0	65-70	3
20-25	5	45-50	1	70-75	3

Masalalarni yechishga misollar

1-misol. Tizim ikkita qurilmalardan tashkil topgan. Ulardan har birining

$t=100$ soat vaqt davomida rad etmasdan ishlash ehtimolligi $p_1(100)=0,95$; $p_2(100)=0,97$ ga teng. Ishonchlilikning eksponensial taqsimot qonuni amal qiladi. Tizimning birinchi rad etishigacha rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqtini topish kerak.

Yechish. Rad etmasdan ishlash ehtimolligini quyidagi formula bo'yicha topamiz:

$$P_{tiz}(t) = p_1(t) \cdot p_1(t).$$

Bu yerdan:

$$P_{tiz}(100) = p_1(100) \cdot p_1(100) = 0,95 \cdot 0,97 = 0,92.$$

Tizimning rad etishlar intensivligini topamiz. Buning uchun quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$P_{tiz}(t) = e^{-\lambda_{tiz}t}.$$

U holda:

$$P_{tiz}(100) = e^{-\lambda_{tiz} \cdot 100} = 0,92.$$

Bu ifodadan $\lambda_{tiz} \cdot 100$ ni topamiz:

$$\lambda_{tiz} \cdot 100 = \ln 0,92 \approx 0,083 \text{ yoki } \lambda_{tiz} = 0,83 \cdot 10^{-3} \text{ (1/soat)}.$$

Birinchi rad etishigacha rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti:

$$\bar{T}_{o.tiz.} = \frac{1}{\lambda_{tiz}} = \frac{1}{0,83 \cdot 10^{-3}} = 1200 \text{ (soat)}.$$

2-misol. Tizimlarda faqat rad etishlar intensivligi $\lambda_i = 10^{-5}$ 1/soatga teng bo'lgan elementlar ishlatilishi mumkin. Tizimlar $N_1 = 500$, $N_2 = 2500$ elementlar soniga ega. Birinchi rad etishigacha rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti va birinchi soat oxiridagi $P_{tiz}(t)$ rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlash talab qilinadi.

Yechish. Tizimlarning rad etishlar intensivligini aniqlaymiz:

$$\lambda_{tiz1} = N_1 \cdot \lambda_i = 500 \cdot 10^{-5} = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ (1/soat)}.$$

$$\lambda_{tiz2} = N_2 \cdot \lambda_i = 2500 \cdot 10^{-5} = 0,025 \text{ (1/soat)}.$$

U holda:

$$P_{tiz1}(t) = e^{-\lambda_{tiz1}t} = e^{-0,5 \cdot 10^{-2} \cdot 1} = 0,995,$$

$$P_{tiz2}(t) = e^{-\lambda_{tiz2}t} = e^{-0,025 \cdot 1} = 0,975.$$

Birinchi rad etishigacha rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti:

$$\bar{T}_{o.tiz1} = \frac{1}{\lambda_{tiz1}} = \frac{1}{0,5 \cdot 10^{-2}} = 200 \text{ (soat)},$$

$$\bar{T}_{o.tiz2} = \frac{1}{\lambda_{tiz2}} = \frac{1}{0,025} = 40 \text{ (soat)}.$$

3-misol. Tizim $t=100$ soat vaqt davomida yaroqli ishlash ehtimolligi $p_1(100)=0,9996$; $p_2(100)=0,9998$; $p_3(100)=0,9996$; $p_4(100)=0,999$; $p_5(100)=0,9998$ bo'lgan beshta asboblardan tashkil topgan. $t = 100$ vaqt momentidagi tizimning rad etishlar chastotasini aniqlash talab qilinadi.

Asboblarning rad etishlari bog'liq emas va ular uchun ishonchlilikning eksponensial taqsimot qonuni amal qilishi ko'zda tutiladi.

Yechish. Tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi:

$$P_{tiz}(t) = \prod_{i=1}^5 p_i(t).$$

Tizim yuqori ishonchli hisoblanadi (rad etmasdan ishlash ehtimolligi birga yaqin), u holda tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligini quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$P_{tiz}(t) = 1 - \sum_{i=1}^5 q_i(t).$$

Har bir blokning rad etish ehtimolligini aniqlaymiz:

$$q_1(100) = 1 - p_1(100) = 1 - 0,9996 = 0,0004,$$

$$\begin{aligned}
 q_2(100) &= 1 - p_2(100) = 1 - 0,9998 = 0,0002, \\
 q_3(100) &= 1 - p_3(100) = 1 - 0,9996 = 0,0004, \\
 q_4(100) &= 1 - p_4(100) = 1 - 0,999 = 0,001, \\
 q_5(100) &= 1 - p_5(100) = 1 - 0,9998 = 0,0002.
 \end{aligned}$$

U holda

$$P_{tiz}(100) = 1 - (0,0004 + 0,0002 + 0,0004 + 0,001 + 0,0002) = 0,9978.$$

Tizimning rad etishlar intensivligini quyidagi ifodadan topamiz:

$$P_{tiz}(t) = 1 - \lambda_{tiz}t,$$

Bu yerdan

$$\lambda_{tiz} = \frac{1 - P_{tiz}(t)}{t}.$$

$P_{tiz}(100)$ va $t=100$ soat vaqt qiymatlarini qo'yish bilan quyidagini olamiz:

$$\lambda_{tiz} = \frac{1 - 0,9978}{100} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ (1/soat)}.$$

Rad etishlar chastotasi:

$$\begin{aligned}
 a(t) &\approx \lambda_{tiz}(1 - \lambda_{tiz}t) = 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot (1 - 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 100) = \\
 &= 2,195 \cdot 10^{-5} \text{ (1/soat)}.
 \end{aligned}$$

4-amaliy mashg'ulot. Qayta tiklanadigan obyektlarning ishonchliligi ko'rsatkichlarini hisoblash

4.1. Muayyan vaqt davomida bitta himoya vositasi majmuining ishlashi kuzatildi. Barcha kuzatuv davrida 15 ta rad etishlar qayd etildi. Kuzatish boshlanishidan oldin himoya 258 soat davomida ishlagan, kuzatish oxiriga kelib ishlash vaqti 1233 soatni tashkil etgan. Rad etishlar orasidagi o'rtacha ishlash vaqtini aniqlash talab qilinadi.

4.2. Taxminan bir yil davomida ishlash bilan transformator ishdan chiqdi. Rad etish sabablarini bartaraf etilgandan so'ng, transformator

yana uch yil ishladi va yana rad etdi. Transformatorning o'rtacha rad etmasdan ishlash vaqtini aniqlash talab qilinadi.

4.3. Bir xil turdagi apparatura uchta nusxalarining ishlashini kuzatish amalga oshirildi. Kuzatuv davrida apparatura birinchi nusxa bo'yicha 6 ta, ikkinchi va uchinchi nusxalar bo'yicha mos ravishda 11 va 8 ta rad etishlar qayd etildi. Birinchi nusxaning ishlash vaqti 181 soat, ikkinchisidiki 329 soat va uchinchisidiki 245 soatni tashkil etdi. Bu apparaturaning rad etishgacha ishlash vaqtini aniqlash uchun talab qilinadi.

4.4. Kuzatilgan ishlash davrida apparaturada 8 ta rad etishlar qayd etildi. Qayta tiklanish vaqti: $t_1 = 12$ min; $t_2 = 23$ min; $t_3 = 15$ min; $t_4 = 9$ min; $t_5 = 17$ min; $t_6 = 28$ min; $t_7 = 25$ min; $t_8 = 31$ minutni tashkil etdi. Apparaturaning o'rtacha qayta tiklanish vaqtini aniqlash talab qilinadi.

4.5. Apparatura $t_{o'p} = 65$ soat rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti va $t_{qt} = 1,25$ soat o'rtacha qayta tiklanish vaqtiga ega. Tayyorlik koeffitsiyentini aniqlash uchun talab qilinadi.

4.6. Elektrotexnik qurilma uchta elementlardan tashkil topgan. Bir yil ishlatish davomida birinchi elementda ikkita, ikkinchi elementda bitta rad etish bo'lib o'tdi, uchinchi elementda rad etishlar bo'lmadi. Qurilmaning rad etishlar oqimi parametrini aniqlang.

4.7. Tizimni ishlatilishi davomida $n = 40$ ta rad etishlar qayd etildi. Elementlar guruhleri bo'yicha rad etishlar taqsimoti va qayta tiklashga sarflangan vaqt 4.1-jadvalda keltirilgan. Tizimning o'rtacha qayta tiklanishi vaqti qiymatini topish kerak.

4.1-jadval

4.7-topshiriq bo'yicha dastlabki ma'lumotlar

<i>Elementlar guruhi</i>	<i>Guruh bo'yicha rad etishlar soni, n_i</i>	<i>Guruh bo'yicha rad etishlar vazni, $m_i = \frac{n_i}{n}$</i>	<i>Qayta tiklanish vaqti, t_i, min</i>
Yarim o'tkazgichli asboblar	8	0,2	80; 59; 110; 91; 45; 43; 99; 73
Rezistorlar va kondensatorlar	10	0,25	61; 73; 91; 58; 44; 112; 82; 54; 91; 94

Rele, drossellar, transformatorlar	4	0,1	102; 98; 124; 128
Elektrovakuum asboblari	14	0,35	60; 64; 56; 36; 65; 44; 42; 33; 32; 23; 86; 75; 61; 23
Boshqa elementlar	4	0,1	125; 133; 115; 107;

4.8. $\lambda = 0,02$ 1/soat rad etishlar intensivligi va $t_{qt} = 10$ soat o'rtacha qayta tiklanish vaqti ma'lum. Jihozning funksiyasi va tayyorlik koeffitsiyentini hisoblash talab qilinadi.

4.9. Qayta tiklanadigan murakkab jihozning tayyorlik koeffitsiyenti $K_t = 0,9$ ga, uning o'rtacha qayta tiklanishi vaqti $t_{qt} = 100$ soatga teng. $t = 12$ soat davomida jihazni yaroqli ishlash holatida bo'lishi ehtimolligini topish talab qilinadi.

4.10. Qayta tiklanadigan murakkab tizimning λ_c rad etishlar intensivligi o'zgarmas va $0,015$ 1/soatga teng. O'rtacha qayta tiklanish vaqti $t_{qt} = 100$ soat. Tizimning $t = 10$ soat davomida yaroqli ishlash holatida bo'lishi ehtimolligini hisoblash kerak.

4.11. Qayta tiklanadigan $N_0 = 100$ ta jihozlarning ishlatilish jarayonida rad etishlar yuz berdi, ular $\Delta t = 100$ soat vaqt intervallarida qayd qilindi. 1000 soat davomida ishlatish vaqtidagi n rad etishlar soni 4.2-jadvalda keltirilgan. Rad etishlar intensivligini aniqlash va grafisini tuzish, shuningdek jihazning $t = 1000$ soat davomida rad etmasdan ishlash ehtimolligini topish talab qilinadi.

4.2-jadval

4.11-topshiriq bo'yicha dastlabki ma'lumotlar

Δt_i , soat	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500
n	2	4	6	7	8
Δt_i , soat	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000
n	9	9	10	10	10

Masalalarni yechishga misollar

1-misol. Sinovga 3 ta qurilmalar berilgan. Sinovlar vaqtida birinchi qurilmada 144 ta rad etishlar, ikkinchi qurilmada 160 ta rad etishlar, uchinchi qurilmada 157 ta rad etishlar qayd etildi. Birinchi qurilma uchun rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti 3250 soatni, ikkinchi qurilma uchun 3600 soatni, uchinchi qurilma uchun 2800 soatni tashkil etdi. Rad etishgacha buzilmasdan o'rtacha ishlash vaqti va qurilmaning o'rtacha resursini aniqlash kerak.

Yechish. Rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$\hat{T}_{o,r} = \frac{t_{\text{um}}}{n(t_{\text{um}})} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\sum_{i=1}^N m_i} = \frac{3250 + 3600 + 2800}{144 + 160 + 157} = 20,9 \text{ soat}$$

O'rtacha resurs quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$T_r = \frac{\sum_{i=1}^N T_{r_i}}{N} = \frac{3250 + 3600 + 2800}{3} = 3216,7 \text{ soat}$$

Javob. Rad etishgacha rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti $\hat{T}_{o,r} = 20,9$ soatga teng. Bu ko'rsatkich:

- rad etmaslik ko'rsatkichi hisoblanadi;
- bittalik hisoblanadi, chunki faqat bitta xususiyat – rad etmaslikni tasniflaydi.

O'rtacha resurs $T_r = 3216,7$ soatga teng, bu ko'rsatkich:

- uzoq muddatlilik ko'rsatkichi hisoblanadi;
- bittalik hisoblanadi, chunki faqat bitta xususiyat – uzoq muddatlilikni tasniflaydi.

2-misol. Sinovga 500 ta qurilmalar berilgan. Resurslarni aniqlash natijalari 4.3-jadvalda keltirilgan. Bu sinovlar bo'yicha $\gamma = 95\%$, 90% va 80% uchun gamma-foizli resursni aniqlash kerak.

4.3-jadval

Qurilmalarni sinash natijalari

№	Vaqt intervali, soat	Rad etgan elementlar soni, n(t)
1	0 – 100	24
2	100 – 200	29
3	200 – 300	35
4	300 – 400	15
5	400 – 500	16
6	500 – 600	20
7	600 – 700	35
8	700 – 800	57
9	800 – 900	133
10	900 – 1000	136

Yechish. Gamma-foizli resursni aniqlash uchun ehtimolligi 0,95; 0,90; 0,80 ga teng bo'lgan rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti qiymatlarini quyidagi formula bo'yicha topish zarur:

$$P(T_r) = \frac{\gamma}{100}.$$

Har bir vaqt intervalining oxiridagi ishga yaroqli qurilmalar soni va rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlaymiz, hisoblash natijalari 4.4-jadvalga kiritiladi.

4.4-jadval

Hisoblash natijalari

№	Vaqt intervali, soat	Rad etgan elementlar soni, n(t)	Davrning oxirida N(t) ishga yaroqli qurilmalar soni	P(t) rad etmasdan ishlash ehtimolligi
1	0 – 100	24	476	0,952
2	100 – 200	29	447	0,894
3	200 – 300	35	412	0,824
4	300 – 400	15	397	0,794

5	400 – 500	16	381	0,762
6	500 – 600	20	361	0,722
7	600 – 700	35	326	0,652
8	700 – 800	57	269	0,538
9	800 – 900	133	136	0,272
10	900 – 1000	136	0	0

Berilgan 0,95; 0,90 va 0,80 ehtimolliklarni hisoblash bo'yicha mos ravishda 100, 200 va 400 soatlarga teng bo'lgan rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqti qiymatlari (4.4-jadvalda ajratilgan) mos keladi.

Javob: Gamma-foizli resurslar $T_{p95} = 100$ soat; $T_{p90} = 200$ soat; $T_{p80} = 400$ soatga teng, bu ko'rsatkich:

- uzoq muddatlilik ko'rsatkichi hisoblanadi;
- bittalik hisoblanadi, chunki faqat bitta xususiyat – uzoq muddatlilikni tasniflaydi.

3-misol. Qurilmaning ishlashini kuzatishlar natijasida to'xtatish tasmalarini almashtirishga sarflanadigan vaqt haqida quyidagi ma'lumotlar olindi: 2,5; 1,8; 1,8; 2,6; 0,8; 1,2; 0,6; 2,0; 1,6; 3,2 soat. Barchasi bo'lib 10 ta kuzatishlar amalga oshirildi. Qurilmaning o'rtacha qayta tiklanish vaqtini aniqlash kerak.

Yechish: O'rtacha qayta tiklanish vaqtini statistik baholash quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$T_{\text{q}} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{q_i}}{m} = \frac{2,5+1,8+1,8+2,6+0,8+1,2+0,6+2,0+1,6+3,2}{10} = \frac{18,1}{10} = 1,81 \text{ soat.}$$

Javob: o'rtacha qayta tiklanish vaqti $T_{\text{q}} = 1,81$ soatga teng, bu ko'rsatkich:

- ta'mirlashga yaroqlilik ko'rsatkichi hisoblanadi;
- bittalik hisoblanadi, chunki faqat bitta xususiyat – ta'mirlashga yaroqlilikni tasniflaydi.

4-misol. 2 soatga teng o'rtacha qayta tiklanish vaqtida va 100 soatga teng rad etmasdan o'rtacha ishlash vaqtida tayyorlik koeffitsiyentini aniqlash.

Yechish: K_t tayyorlik koeffitsiyentining o'rtacha qiymati quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$K_t = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{\left(\sum_{i=1}^N t_i + \sum_{i=1}^N \tau_i \right)} = \frac{100}{100+2} = \frac{100}{102} = 0,984.$$

Javob: tayyorlik koeffitsiyenti $K_t \approx 0,984$ ga teng, bu ko'rsatkich:

- tayyorlik ko'rsatkichi hisoblanadi;
- kompleks ko'rsatkich hisoblanadi, chunki rad etmaslik, ta'mirlashga yaroqlilik va tayyorlikni tasniflaydi.

5-misol. Agar tizim 1 yil davomida ishlatilayotgani, tizimning yillik vaqt fondi 8760 soatni tashkil etishi ma'lum bo'lsa, texnik foydalanishi koeffitsiyentini aniqlash talab etiladi. Yillik texnik ko'rikning o'tkazilish vaqti 20 sutkani tashkil qiladi, ta'mirlash ishlariga sarflanadigan yig'indi vaqt 20 soatni tashkil qiladi.

Yechish: Texnik foydalanish koeffitsiyenti quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$K_{t,f} = \frac{T_0}{T_0 + \tau_{\text{ta'mirlash}} + \tau_r + \tau_{qt}} = \frac{8760 - (20 \cdot 24 + 20)}{(8760 - (20 \cdot 24 + 20)) + (20 \cdot 24 + 20)} = 0,943.$$

Javob: Texnik foydalanish koeffitsiyenti $K_{t,f} = 0,943$ ga teng, bu ko'rsatkich:

- tayyorlik ko'rsatkichi hisoblanadi;
- kompleks ko'rsatkich hisoblanadi, chunki rad etmaslik, ta'mirlashga yaroqlilik va tayyorlikni tasniflaydi.

5-amaliy mashg'ulot. Integral mikrosxemalarning ishonchligini hisoblash

Apparaturalarni ishlab chiqishda ishonchlilik masalalariga katta e'tibor beriladi. Iшонchlik xarakteristikalari mezonlar deyiladi. Rad etishning yuzaga kelish jarayoni tabiatan tasodifiy, u holda ishonchlilik mezonlari statistik kattalik hisobanadi va matematik statistika qoidalari asosida aniqlanadi.

Iшонchlik mezonlariga quyidagilar kiradi:

- $p(t)$ rad etmasdan ishlash ehtimolligi;
- $v(t)$ rad etishlar chastotasi;
- $\lambda(t)$ rad etishlar intensivligi.

Iшонchligini hisoblash usuli ko'p jihatdan rad etishlar taqsimoti qonunining turiga bog'liq.

Bizning holda faqat to'satdan rad etishlar hisobga olinadi. Bunda istalgan elementning rad etishi butun qurilmaning rad etishiga olib keladi deb hisoblaymiz va qurilmaning rad etmasdan ishlash ehtimolligi barcha elementlarning rad etmasdan ishlash ehtimolliklarining ko'paytmasiga teng bo'ladi:

$$P_{tiz} = \prod_{i=1}^N p_i(t), \quad (5.1)$$

bu yerda: $p_i(t)$ - i-nchi elementning rad etmasdan ishlash ehtimolligi.

Radioelektron apparatura (REA) uchun rad etishlar intensivligi o'zgarmas ($\lambda(t)$ -const) hisoblanadi, ya'ni ular normal ishlatish oralig'i olinadi va shuning uchun bu yerda eksponensial taqsimot qonuni qo'llaniladi. Ko'plab REA tugunlari va bloklari, shu jumladan integral mikrosxemalar (IMS) uchun amal qiladigan rad etishlarning vaqt bo'yicha taqsimoti eksponensial qonunida rad etishlar intensivligi vaqtga bog'liq emas. Shuning uchun, eksponensial qonun uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (5.2)$$

IMSlarni ishlatish sharoitlari turli fizik-kimyoviy tabiatga ega bo'lgan, juda keng chegaralarda o'zgaradigan va IMSlarning ishlash qobiliyatiga va ularning ishonchligiga har xil ta'sir ko'rsatadigan ta'sir etuvchi omillar kompleksi bilan tavsiflanadi. Qo'llanishi sohasiga bog'liq ravishda IMSlar ularning ishlash qobiliyatiga turli xil ta'sir ko'rsatadigan alohida omillar ta'siriga uchraydi.

To'satdan rad etishlarning paydo bo'lish vaqti eksponensial qonun bo'yicha taqsimlanishi hisobga olinganda yarimo'tkazgichli IMSlarning rad etishlar intensivligi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\lambda_{IMS} = \sum_{i=1}^m n_i \alpha_i k_i \lambda_i, \quad (5.3)$$

bu yerda: m - elementlar guruhlari soni;

n_i - bir xil ishlash rejimiga ega bo'lgan bu turdagi elementlar soni;

α_i - bu atrof-muhit va elektr yuklamaning ta'sirini hisobga oladigan tuzatish koeffitsiyenti;

k_i - bu mexanik kuchanish, nisbiy namlik va atmosfera bosimining o'zgarishini hisobga oladigan tuzatish koeffitsiyenti;

λ_i - tuzilma (tranzistorlar, rezistorlar), metallashtirish, kristall va konstruksiya elementlarining (ulanishlar, korpus) rad etishlar intensivligi.

Misol uchun, K555LA3 IMSning rad etishlar intensivligini hisoblaymiz (5.1-rasm). K555LA3 mikrosxema 4 ta 2VA-YO'Q elementlariga ega.

K555LA3 mikrosxema quyidagilardan tashkil topgan:

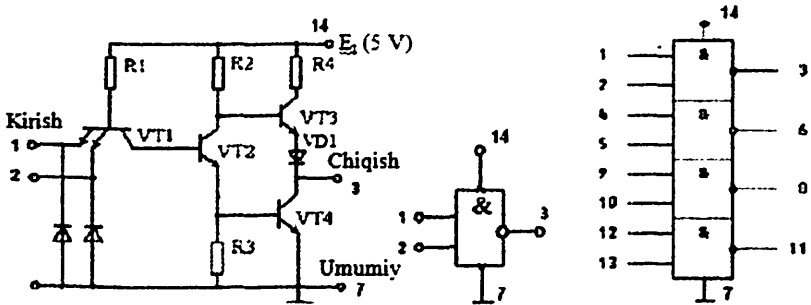
$n_p = 16$ - rezistorlar soni;

$n_{tp} = 16$ - tranzistorlar soni;

$n_d = 4$ - diodlar soni;

$n_v = 14$ - chiqishlar soni.

K555LA3



5.1-rasm. K555LA3 mikrosxema

Mikrosxema tuzilmasi elementlarining rad etishlar intensivliklari, tuzatish koeffitsiyentlari:

$$\begin{aligned} \lambda_r &= 0,6 \cdot 10^{-8} \text{ 1/soat}; \\ \lambda_{tr} &= 1 \cdot 10^{-8} \text{ 1/soat}; \\ \lambda_d &= 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ch soat}; \\ \lambda_v &= 0,1 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ch soat}; \\ \alpha_r &= \alpha_v = 1,15; \\ \alpha_{tr} &= \alpha_d = 1,34 \\ k &= 1. \end{aligned}$$

U holda K555LA3 uchun quyidagini olamiz:

$$\begin{aligned} \lambda_{ims} &= 16 \cdot 1,15 \cdot 0,6 \cdot 10^{-8} + 4 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-8} + 16 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 10^{-8} + \\ &+ 14 \cdot 1,15 \cdot 0,1 \cdot 10^{-8} = 39,65 \cdot 10^{-8} \text{ (1/soat)}. \end{aligned}$$

Topshiriq

1. Ma'lumotnoma adabiyotlardan integral mikrosxemani mustaqil tanlash. (5.3) formulaga muvofiq IMSning rad etishlar intensivligini hisoblash.

2. (5.2) formulaga muvofiq $P(t)$ qiymatni hisoblash va 5.1-jadvalga kiritish.

3. IMSning $P(t)$ rad etmasdan ishlash grafigini qurish.

5.1-jadval

Rad etmasdan ishlash ehtimolligini hisoblash

$t, \text{ soat}$	500	1000	2000	3000	5000	6000	8000
$P(t)$							

6-amaliy mashg'ulot. Xotirada saqlash qurilmalarining ishonchligini hisoblash

Yarimo'tkazgichli xotirada saqlash matritsalarini (XSM) nazorat qilish uchun turli testlash ketma-ketliklari qo'llaniladi. Har bir test rad etishlarni aniqlashning turli davomiyligi va darajasi bilan tavsiflanadi. Nazorat qilishda murojaat qilish sikllarining soniga bog'liq ravishda testlarni shartli ravishda quyidagi guruhlarga bo'lish mumkin: N turdagi sikllar, N^2 turdagi sikllar, N^3 turdagi sikllar, $N^{3/2}$ turdagi sikllar, regeneratsiyalash testlari. 6.1-jadvalda eng keng tarqalgan testlar va ular aniqlaydigan rad etishlar ro'yxati keltirilgan. Barcha qaraladigan testlar uchun XSMga murojaat qilish to'liq ketma-ketligi ham to'g'ridan-to'g'ri, ham invers ma'lumotlar orqali amalga oshiriladi. N sikllar turidagi testlarga quyidagi testlar kiradi.

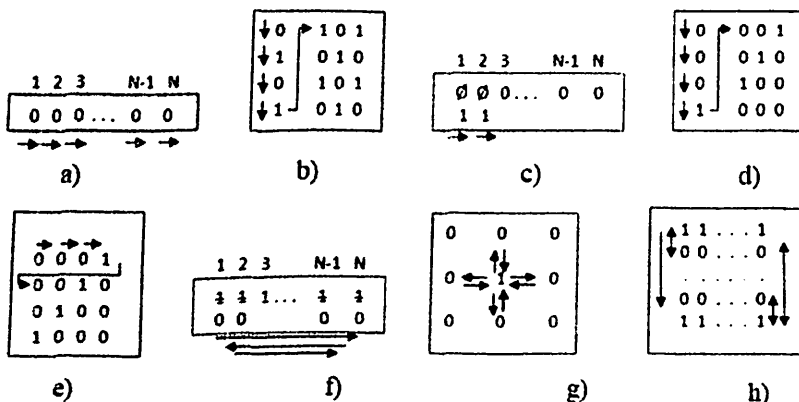
1. Ketma-ket yozish va o'qish (6.1,a-rasm). XSE matritsasiga ketma-ket

1(0) yoziladi. Keyin ma'lumotlar ketma-ket o'qiladi. Test kuchsiz nazorat qilish xususiyatlariga ega, chunki u faqat XSMga ma'lumotlarni yozish va o'qish sxemalarini tekshiradi.

2. "Shaxmat kodi" (6.1,b-rasm). Matritsaning qo'shni xotira elementlariga (XSE) qarama-qarshi ma'lumotlar yoziladi. Keyin barcha manzillar ketma-ket o'qiladi. Test satr va ustun bo'yicha qo'shni XSElar orasidagi qisqa tutashuvlarni aniqlaydi, shuningdek satr va ustun manzillarining kichik razryadlaridagi rad etishlarni aniqlaydi. Bu testning ikkita modifikatsiyalari ma'lum. Qarama-qarshi ma'lumotlar qo'shni ustunlarga (ustunlar orasidagi "Shaxmat kodi") yoki XSE matritsasining qo'shni satrlariga (satrlar orasidagi "Shaxmat kodi") yoziladi. Shunday qilib, ustunlar orasidagi va satrlar orasidagi qisqa tutashuvlar aniqlanadi. Ikkinchi holda ustunlar bo'yicha o'qishda o'qish kuchaytirgichidagi qayta ulanishlarning maksimal soni ta'minlanadi.

3. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'qish-yozish (6.1,c-rasm). XSE matritsasiga ketma-ket nollar yoziladi. Keyin manzillarni A_0 dan A_{N-1} ga o'zgartirishda har bir XSEda 0 o'qiladi va 1 yoziladi. Bundan so'ng, A_{N-1} manzildan boshlab, A_{N-1} dan A_0 gacha manzillar o'zgarishida har bir manzildan 1 o'qiladi va 0 yoziladi.

4. O'qish bilan ketma-ket to'ldirish (6.1,d-rasm) - bu XSE matritsasini tekshirish takomillashtirilgan oldingi testning modifikatsiyasi hisoblanadi. Bu test uchun tekshirish algoritmi 6.2-jadvalda keltirilgan.



a) Ketma-ket yozish va o'qish; b) "Shaxmat kodi"; c) To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'qish va yozish; d) "Diagonal"; e) Manzilning juftligi (toqligi); f) To'g'ri va to'ldirish manzillariga murojaat qilish; g) Qo'shni manzillarga murojaat qilish; h) Ustunlar bo'yicha o'qish

6.1-rasm. XSE matritsasining mantiqiy holatlari diagrammasi va N sikllar turdagi testlar uchun ma'lumotni o'qish tartibi

5. "Diagonal" (6.1,d-rasm). XSE matritsasiga ketma-ket 0(1) yoziladi. Keyin, satrlari va ustunlari manzillari mos tushadigan barcha XSElarga 1(0) yoziladi. O'qish matritsaning ustunlari bo'ylab amalga oshiriladi. Test deshifratning rad etishlarini aniqlaydi.

6. Manzilning juftligi (toqligi) (6.1,e-rasm). Xotirada saqlash elementlari matritsasining har bir manziliga, agar manzil kodidagi raqamlar soni juft bo'lsa 0, toq bo'lsa 1 ga yoziladi. Keyin matritsada ma'lumotlar manzil bo'yicha ketma-ket o'qiladi. Shundan so'ng, o'xshash tarzda, matritsa, agar manzil kodidagi birlar soni toq bo'lsa nollar bilan, juft bo'lsa, birlar to'ldiriladi. Keyin manzil bo'yicha ketma-

ket o'qish amalga oshiriladi. Test deshifratorming rad etishlarini, shuningdek alohida XSElarga yozish va o'qishni aniqlaydi.

6.1-jadval

XSQlar testlarining xususiyatlari

Test turi	Testning o'tishi davomiyligi, sikllar	Aniqlanadigan rad etishlar va uzilishlar								
		XSE matritsasida				Deshifratorda			Dinamik parametrlarning o'zgarishi tufayli	
		Yozuv yo'q-ligi	Xato yozuv	Xato o'qish	Tanlan-maning yo'q-ligi	Ko'p manzili tanlan-ma	Bir xil emas tanlan-ma	Tanlan-ma vaqti	Yozuv-dan keyin qayta tiklanish vaqti	Regene-ratsiya davri
N sikllar turdagi										
1. Ketma-ket yozish va o'qish	4N	+	0	0	0	0	0	-	0	0
2. Shaxmat kodi	4N	+	-	0	-	0	0	-	0	0
3. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda o'qish-yozish	5N	+	+	-	-	-	-	-	-	0
4. O'qish bilan ketma-ket to'ldirish (Marsh)	10N	+	+	-	-	-	-	-	-	0
5. Diagonal	$2(2N+2N^{1/2})$	+	-	0	+	-	+	-	0	0
6. Manzilning juftligi (toqligi)	4N	+	+	0	+	-	+	-	0	0
7. To'g'ri va to'ldirish manzillariga murojaat qilish	10N	+	-	-	+	-	+	-	-	0
8. Qo'shni manzillarga	128N	+	+	-	-	-	0	-	-	0

murojaat qilish										
9. Ustunlar bo'yicha o'qish	$8N$	+	-	-	-	-	+	-	0	0
N^2 sikllar turdagi										
10. Yugurma 1(0)	$2(N^2+2N)$	+	+	+	-	-	-	-	-	0
11. Juftlab o'qish	$2(2N^2+2N)$	+	+	+	+	+	+	+	-	0
12. Modifikatsiyalashli juftlab o'qish	$2(3N^2+3N)$	+	+	+	+	+	+	+	-	0
13. Juftlab yozish-o'qish	$2(4N^2+4N)$	+	+	+	+	+	+	+	-	0
14. To'liq saralash bilan juftlab yozish-o'qish	$2(8N^2+8N)$	+	+	+	+	+	+	+	+	0
N^3 sikllar turdagi										
15. Yomg'ir (to'liq davr, kichik davr)	N^3, N^2	+	+	+	+	+	+	-	-	0
N^{3^2} sikllar turdagi										
16. Yugurma ustun	$2(N^{3^2}+3N)$	+	+	+	-	-	-	-	0	0
17. Ustunda yugurma 1(0)	$2(N^{3^2}+4N)$	+	+	+	+	-	-	-	0	0
18. Yugurma satr	$2(N^{3^2}+3N)$	+	+	+	-	-	-	-	0	0
19. Satrda yugurma 1(0)	$2(N^{3^2}+4N)$	+	+	+	+	-	-	-	0	0
20. Satr bo'yicha juftlab o'qish	$2(2N^{3^2}+3N)$	+	+	+	+	-	+	-	-	0

21. Ustun bo'yicha juftlab o'qish	$2(2N^{3/2}+3N)$	+	+	+	+	-	+	-	-	0
22. Diagonal bo'yicha juftlab o'qish	$2(2N^{3/2}+3N)$	+	+	+	+	+	+	-	-	0
23. To'liq saralash bilan satr va ustun bo'yicha juftlab yozish-o'qish	$2(16N^{3/2}+16N)$	+	+	+	+	+	+	+	+	0
24. Suriladigan diagonal	$2(N^{3/2}+3N)$	+	+	-	+	+	+	-	0	0
Regeneratsiyalash testlari										
25. Statik	$2(t_{reg}+2N)$	+	0	0	0	0	0	0	0	+
26. Regeneratsiyalashli shaxmat kodi	$2(N^{1/2}t_{reg}+2N)$	+	-	0	-	0	0	0	0	+
27. Satrlarni o'qish bilan matritsani qo'zg'atish	$2t_{reg}+3N$	+	0	0	-	0	0	0	0	+
28. Ustunlar bo'yicha ko'p karrali yozish bilan matritsani qo'zg'atish	$2(N^{1/2}t_{reg}+4N)$	+	0	0	-	0	0	0	0	+
29. Ustundan ko'p karrali yozish bilan matritsani qo'zg'atish	$2(N^{1/2}t_{reg}+4N)$	+	0	+	-	0	0	0	0	+
30. Kvadrat bo'yicha murojaat qilish bilan matritsani qo'zg'atish	$2(Nt_{reg}+2N)$	+	-	+	-	0	0	0	0	+

Bu yerda: + samarali nazorat qiladi; - qisman nazorat qiladi; 0 – nazorat qilmaydi.

7. To'g'ridan-to'g'ri va to'ldiruvchi manzillarga murojaat qilish (6.1,e-rasm). XSE matritsasiga 1 (0) yoziladi. Har bir XSEdan (to'g'ridan-to'g'ri manzil) ma'lumotlar o'qiladi va unga qarama-qarshi ma'lumotlar yoziladi. Keyin manzil kodining barcha bitlarida 1 gacha to'ldirish bo'lgan manzilga o'tiladi. Deshifratrlarni samarali tekshirish bilan bir qatorda, bu test matritsadaagi turli xil murojaat qilishlarda ma'lumotlarning xavfsizligini nazorat qiladi, shuningdek yozish operatsiyasining ma'lumotlarni o'qish to'g'riligiga ta'sirini tekshiradi.

8. Qo'shni manzillarga murojaat qilish (6.1,g-rasm). Har bir XSE unga 0 (1) va "kesishma bo'yicha qo'shni manzillarga ma'lum bir kodni yozish va tekshiriladigan XSE va "kesishma bo'yicha qo'shni XSElardan o'qish yo'li bilan filtrlanadi. Bu operatsiya tanlangan XSEni "kesishma bo'yicha o'rab olgan manzillarida 16 xil kodlar kombinatsiyalari uchun takrorlanadi. Burchakli qo'shni manzillarda ixtiyoriy kodlar bo'lishi mumkin. Test qo'shni XSElarning ishlashi va o'zaro ta'sirini to'liq tekshirishni amalga oshiradi.

6.2-jadval

"O'qish bilan ketma-ket to'ldirish" testi

Sikl nomeri	"O'qish bilan ketma-ket to'ldirish" testining sikllari	Sikllarning vazifasi
1	Barcha manzillar bo'yicha 1 ni yozish	Dastlabki ma'lumotlarni yozish
2	1 ni o'qish, 0 ni yozish. Kichigidan boshlab barcha manzillar uchun takrorlash	Kichik manzillar bo'yicha 0 ni yozishda 1 ni saqlashni nazorat qilish
3	0 ni o'qish, 1 ni yozish. Kichigidan boshlab barcha manzillar uchun takrorlash	Kichik manzillar bo'yicha 0 ni yozishda va 2-siklda 0 ni yozishda 0 ning saqlanishini nazorat qilish

4	1 ni o'qish, 0 ni yozish. Kattasidan boshlab barcha manzillar uchun takrorlash	Katta manzillar bo'yicha 1 ni yozishda va 3-siklda 1 ni yozishda 1 ning saqlanishini nazorat qilish
5	0 ni o'qish, 1 ni yozish. Kattasidan boshlab barcha manzillar uchun takrorlash	Katta manzillar bo'yicha 1 ni yozishda va 4-siklda 0 ni yozishda 0 ning saqlanishini nazorat qilish
6	Barcha manzillar bo'yicha 1 ni o'qish	5-siklda 1 ni yozishda 1 ning saqlanishini nazorat qilish

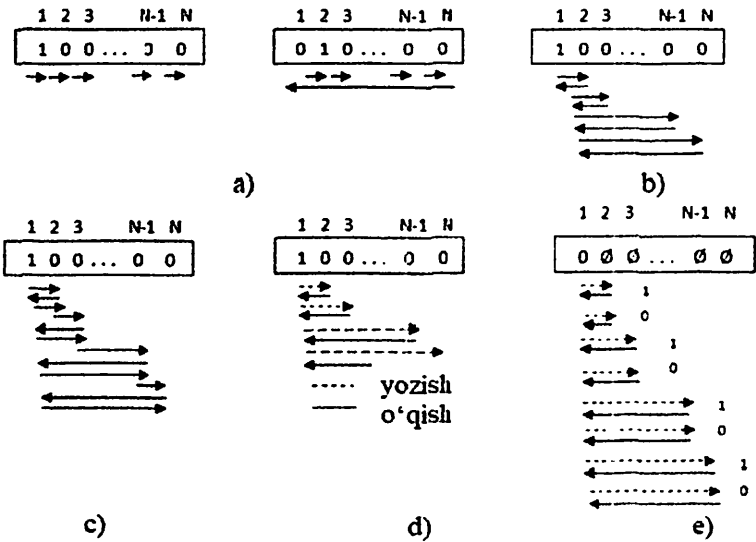
9. "Ustunlar bo'yicha o'qish" (6.1,h-rasm). Birinchi va oxirgi satrning barcha XSElariga 1 yoziladi, matritsaning barcha boshqa XSElariga 0 yoziladi, o'qish ustun bo'ylab birinchi satrning XSE va bu ustunning boshqa XSElari orasida bo'lib o'tadi. Keyin shuning o'zi oxirgi satr uchun ham amalga oshiriladi. Shunga o'xshash o'qish jarayoni barcha ustunlar bo'ylab amalga oshiriladi.

N^2 sikllar turidagi testlarga quyidagilar kiradi.

10. "Yugurma 1 (0)" (6.2,a-rasm). XSEda birinchi A_0 manzil bo'yicha barcha 0 (1) lar fonida 1 (0) yoziladi. Keyin barcha manzillar ketma-ket o'qiladi; oxirida A_0 o'qiladi, keyin unga 0 (1) yoziladi. Amallar ketma-ketligi A_1 manzili uchun va hokazo oxirigacha takrorlanadi. Test har bir XSEning 0 dan 1 ga va aksincha o'tish qobiliyatini tekshiradi, shuningdek alohida XSEdagi yozish operatsiyasining matritsadagi ma'lumotlarning xavfsizligiga ta'sirini aniqlaydi.

11. "Juftlab o'qish" (6.2,b-rasm). Test o'qishda ma'lumotlarning turli o'zgarishlariga ega bo'lgan istalgan manzilli o'tishlarni ta'minlaydi. manzilga barcha 0 lar fonida 1 yoziladi va keyin esa A_1 A_0 , keyin A_2 , A_3 va boshqa manzillar A_0 ni o'z ichiga olgan barcha o'tish juftliklar tekshirilmaguncha ketma-ket o'qiladi. Bundan keyin A_0 manzilga 0 yoziladi va ma'lumotlar o'qiladi. Tanlangan asosiy A_i manzil (bu holda A_0) va joriy $\langle A_j \rangle$ manzillar maydoni (bu holda A_1 A_2 , ... A_{N-1}) orasida murojaat qilishning bunday xarakteri A_1 manzil va joriy $\langle A_j \rangle$ manzillari

manzillar maydoni orasida juftlab o'qish deyiladi. A_i manzil va boshqalar uchun amallar shunga o'xshash ketma-ketlikda bajariladi.



- a) "Yugurma 1(0)"; b) "Juftlab o'qish"; c) "Modifikatsiyalangan juftlab o'qish";
- d) "Juftlab yozish-o'qish"; e) "To'liq saralashli juftlab yozish-o'qish"

6.1-rasm XSE matritsasining mantiqiy holatlari diagrammasi va N^2 sikllar turidagi testlar uchun ma'lumotni o'qish tartibi.

Test XSElar, deshifratrlarining ishlashi, tanlanma vaqtini, shuningdek alohida XSEga yozish jarayonini matritsaning qolgan XSElaridagi ma'lumotlarning xavfsizligiga ta'sirini samarali tekshiradi.

12. "Modifikatsiyalangan juftlab o'qish" (6.2,c-rasm) A_0 manzilga barcha 0 lar fonida 1 yoziladi, keyin A_i, A_0, A_j so'ng A_2, A_0, A_2 va hokazo manzillar bo'yicha A_0 manzilni o'z ichiga olgan barcha o'tishlar juftliklari tekshirilmaguncha XSElar ketma-ket o'qiladi. Bundan keyin A_0 manziliga 0 yoziladi va ma'lumotlar o'qiladi. Amallar ketma-ketligi A_i va hokazo manzillar uchun oxirgi manzilgacha takrorlanadi. Bu test samaradorligi bo'yicha oldingisiga o'xshaydi.

13. “Juftlab yozish-o‘qish” (6.2,d-rasm). Bu test yozish-o‘qish rejimida bo‘lishi mumkin manzilli o‘tishlarini ta‘minlaydi. XSEga A_i manzil bo‘yicha A_0 dan keyingi o‘qish bilan 0 fonida 1 yoziladi. Bu amallar ketma-ketligi A_2 va A_0 va hokazo manzillari uchun XSEga nisbatan barcha manzilli o‘tishlar juftliklari $(N-1)$ A_0 manzil bo‘yicha tekshilmaguncha takrorlanadi. Test XSE matritsasi, deshifrotorlarning ishlashi, tanlanma vaqti, yozishdan keyin tiklanish vaqtini, shuningdek alohida XSEga yozish operatsiyasini matritsadagi ma‘lumotlarning xavfsizligiga ta‘sirini samarali tekshiradi.

Bu testning bir nechta modifikatsiyalari mavjud bo‘lib, ularning mohiyati asosiy A_i manzil va joriy A_j manzillar orasidagi murojaat qilishlarning xarakterini o‘zgartirish hisoblanadi (bunda testning nazorat qilish qobiliyati o‘zgaradi):

- A_j manzilga 1(0) ni keyingi yozish bilan A_j manzildan 0(1) ni o‘qish; deshifrotorlarni tanlash va tanlanma vaqti yomonlashadi;

- A_j manzildan 0(1) ni o‘qish, A_i manzildan 0(1) ni keyingi o‘qish bilan A_j manzilga 1(0) ni yozish va A_j manzildan 1(0) ni o‘qish va A_i manzildan 0(1) ni o‘qish bilan A_j manzilga 0(1) ni yozish; A_i manzil bo‘yicha XSE tarkibidagi A_j manzilga 0 va 1 yozuvlarining ta‘sirini nazorat qilish yaxshilanadi;

- A_i, A_j, A_i manzillaridan keyingi o‘qish bilan A_j manzilga 1(0) ni yozish va A_i, A_j, A_i manzillaridan keyingi o‘qish bilan A_j manzilga 0(1)ni yozish; tanlanma vaqtini nazorat qilish yaxshilanadi.

“Juftlab yozish-o‘qish” testining ko‘rib chiqilgan modifikatsiyalarining davomiyligi mos ravishda $4N^2$, $12N^2$, $16N^2$ sikllarga proporsional

14. “To‘liq saralashli juftlab yozish-o‘qish” (6.2,e-rasm)

Bu test XSE matritsasiidagi barcha turdagi manzilli o‘tishlarni ma‘lumotlar va operatsiyalar turlarini barcha mumkin bo‘lgan o‘zgarishlari bilan to‘liq amalga oshiradi. A_i manzilga 1, A_0 manzilga esa 0 yoziladi. Keyin XSEdan A_i va A_0 manzillar bo‘yicha ma‘lumotlar o‘qiladi. Bundan keyin A_i va A_0 manzillari bo‘yicha ma‘lumotlar keyingi o‘qilishi bilan ularga 0 yoziladi. Bu amallar ketma-ketligi A_2 va A_0 va hokazo manzillar uchun A_0 manzilga nisbatan barcha manzilli o‘tishlar juftliklari $(N-1)$ tekshirilmaguncha takrorlanadi. Keyin ketma-ketlik A_i manzil va hokazolar bo‘yicha oxirigacha XSEga nisbatan takrorlanadi.

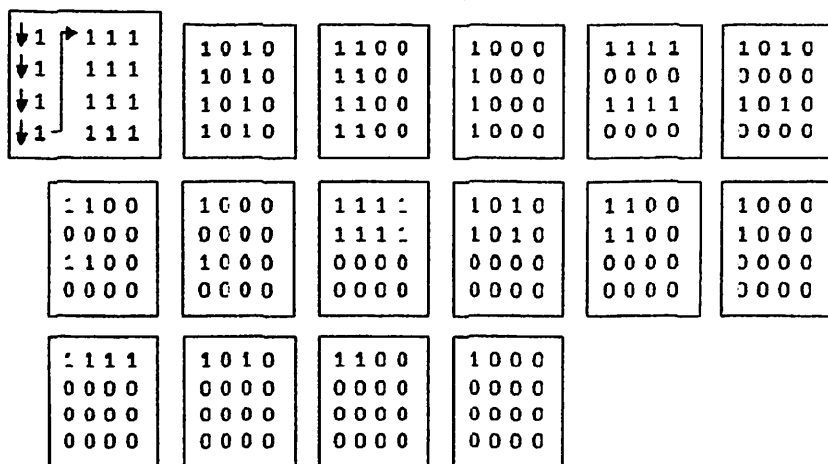
“To‘liq saralash bilan juftlab yozish-o‘qish” testi XSE matritsasining ishlashi, deshifratorning ishlashi, matritsaning turli murojaat qilishlarga sezgiriligini samarali tekshiradi va tanlanma vaqti va yozishdan keyin qayta tiklanish vaqtini nazorat qiladi.

15. N^3 sikllar turidagi testlarga “Yomg‘ir” testi kiradi (6.3-rasm). Bu test amalga oshirilganda, barcha XSE matritsalariga 1 yoziladi. A_0 manzilidan

1 o‘qiladi va yoziladi. Keyin A_i manzilidan ma‘lumotlar ketma-ket o‘qiladi va unga $[A_{i-1}] + [A_i]$ ga teng bo‘lgan bit yoziladi, bu yerda “+” – ikki modul bo‘yicha qo‘shish.

Oxirgi A_{N-1} manzili bo‘yicha ma‘lumotlar o‘qilganidan va yozilganidan keyin XSEdan A_0 manzili bo‘yicha ma‘lumotlar o‘qiladi. Unga A_0 manzili va A_{N-1} manzili va hokazo manzillar bo‘yicha ma‘lumotlarning 2-modul bo‘yicha yig‘indisi yoziladi.

Bu test uchun XSE matritsasidagi ma‘lumotlarning takrorlanish davri N^3 sikllarga teng. Butun test davrini N^2 sikllardan iborat davomiylikdagi N kichik davrga bo‘lish mumkin. Har bir kichik sikl oxirida matritsada bitta 1 va boshqa barchasiga nollar yozilgan. Turli xil kichik davrlar uchun bir manzili turlicha bo‘ladi.



6.3-rasm. “Yomg‘ir” testining kichik davri uchun XSE matritsasining mantiqiy holatlari diagrammasi

“Yomg‘ir” testining o‘ziga xos xususiyati shundaki, uning o‘tishi vaqtida XSE matritsasiga turli ma’lumotlar taqsimoti (barchasi "1", "Shaxmatli taqsimot", bittasi 1 va barchasi nollar hamda boshqalar) yozilgan, bu yaqinlashtirilgan ishlash sharoitlarida XSMni tekshirishga imkon beradi. Amalda, N^2 sikllar davomiyligidagi kichik davr davomida va N^2+3N sikllar davomida testlash keng tarqalgan, bunda barcha XSElarga ham birli, ham nolli ma’lumotlar yoziladi va o‘qiladi.

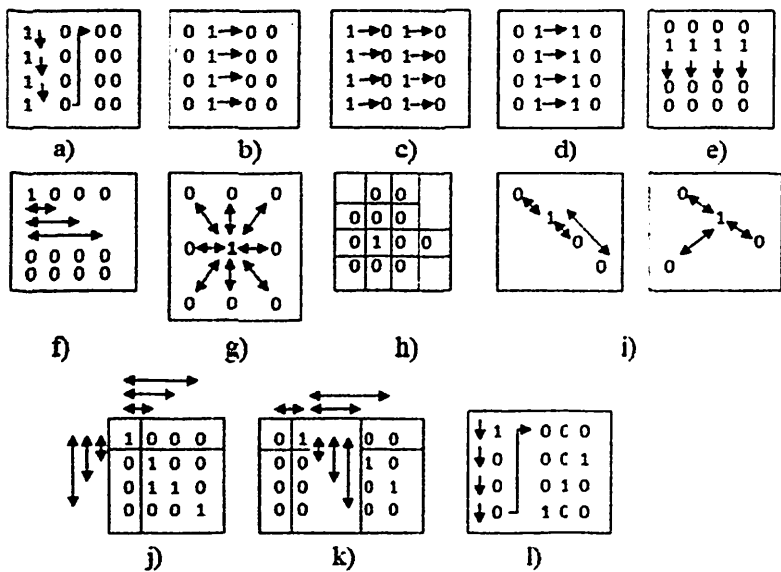
$N^{3/2}$ sikllar turidagi testlarni qurish uchun N^2 sikllar turidagi testlar kabi o‘sha prinsiplardan foydalaniladi. Testlashning davomiyligi tekshiriladigan XSMning topologik xususiyatlarini hisobga olish bilan shakllantiriladigan joriy A_j manzillari maydonini qisqartirish hisobiga kamaytiriladi. $\langle A_j \rangle$ manzillari maydoni XSE bilan asosiy A_i manzili bo‘yicha to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqalar bilan yoki kristalldagi qo‘shnilik tufayli umumiy manzillar yoki bitlalar shinalari orqali bog‘langan XSElarning manzillaridan shakllantiriladi. Shunday qilib, joriy $\langle A_j \rangle$ manzillar maydoni XSE matritsasining satri, ustuni, diagonali bilan cheklangan. Testning davomiyligi $\langle A_j \rangle$ maydoni va A_i va A_j manzillari bo‘yicha murojaat qilishlarning xarakteri (juftlab o‘qish, juftlab yozish-o‘qish yoki to‘liq saralash) orqali aniqlanadi.

$N^{3/2}$ turidagi testlarga quyidagilar kiradi:

16. “Yugurma ustun” (6.4,a,b-rasm). XSE matritsasining birinchi ustuniga 0 fonida 1 yoziladi. Keyin XSE matritsasidagi barcha ma’lumotlar birinchi ustunga 0 yozilishi bilan o‘qiladi. Amallar ketma-ketligi ikkinchi ustun va hokazo oxirigacha takrorlanadi. Bu test yordamida deshifrotarlarni tekshirish samaradorligi N^2 turidagi testlarga qaraganda past (satrlar deshifrotori tekshirilmaydi).

Bu testning ikkita modifikatsiyalari mavjud. “Yugurma ustunlar” testi uchun 1 ni yozish qolgan XSE matritsalarida yozilgan 0 fonida j va $j+0,5\sqrt{N}$ (bu yerda $j=0, 1, \dots, 0,5\sqrt{N}$) nomerli ikkita ustunlarda amalga oshiriladi. Keyin butun matritsaning ma’lumotlari o‘qiladi va bu ustunlarga 0 yoziladi (6.4,c-rasm). Testning davomiyligi $N^{3/2}+6N$ sikllarni tashkil etadi.

“Qarama-qarshi ma’lumotli yugurma ustun” testi birinchi ustun manzillarining birinchi yarmiga 0 va ikkinchi yarmiga 1 yoziladi. Keyin ma’lumotlar o‘qiladi va ustunga qarama-qarshi ma’lumotlar yoziladi (6.4,d-rasm). Testning davomiyligi $2N^{3/2} + 6N$ ga teng.



- a), b) “Yugurma ustun”; c) “Yugurma ustunlar”; d) “Qarama-qarshi ma’lumotli yugurma ustun”; e) “Yugurma satr”; f) “Satr bo’yicha juftlab o’qish”; g) “Kvadrat bo’yicha juftlab o’qish”; h) “Kesishma va kvadrat bo’yicha juftlab o’qish”; i) “Diagonal bo’yicha juftlab o’qish”; j) “Qayd etilgan diagonalda asosiy manzillar bilan juftlab o’qish”; k) “Suriladigan diagonalda asosiy manzillar bilan juftlab o’qish”; l) “Suriladigan diagonal”

6.4- rasm. XSE matritsasining mantiqiy holatlari diagrammasi va $N^{3/2}$ sikllar turidagi testlar uchun ma’lumotlarni o’qish tartibi

17. “Ustunda 1 (0) yugurma”. “Ustunning birinchi XSEga 1, bu ustunning qolgan XSElariga 0 yoziladi. Keyin birinchi ustundan ma’lumotlar birinchi XSEga keyingi 0 yozilishi bilan o’qiladi. Amallar ketma-ketligi ikkinchi XSE ustuni va hokazolar uchun oxirigi ustundagi XSEgacha takrorlanadi. Shunga o’xshash protsedura matritsaning har bir ustuni uchun amalga oshiriladi. Test XSE matritsasining ishlashi va deshifratorning ishlashini tekshiradi.

18. “Yugurma satr” (6.4,e-rasm). Birinchi satrga 0 fonida 1 yoziladi. Butun XSE matritsasidagi ma’lumotlar birinchi qatorga keyingi 0 yozilishi bilan o’qiladi. Amallar ketma-ketligi ikkinchi satr va hokazo

oxirgi satr uchun takrorlanadi. “Yugurma ustun” testiga qaraganda, bu test ustunlar deshifrotori va o‘qish kuchaytirgichlarini tekshirishda kam samarali.

19. “Satrda 1 (0) yugurma”. 17-bo‘limdagi testdan farqli ravishda ustun satrga almashtiriladi. O‘sha davomiylikda bu test o‘qish kuchaytirgichlarni qisman tekshiradi.

20. ”Satr bo‘yicha juftlab o‘qish” (6.4,f-rasm). Asosiy $\langle A_i \rangle$ manzillar maydoni barcha XSE matritsalarini o‘z ichiga oladi. Har bir asosiy A_i manzili uchun joriy $\langle A_j \rangle$ manzillar maydoni A_i manzili joylashgan satrning $(\sqrt{N}-1)$ manzillari hisoblanadi. Testlashda har bir asosiy $A_i=0, 1, \dots, N-1$ manzil va unga mos maydon $\langle A_i \rangle$ maydon orasida juftlik o‘qish amalga oshiriladi.

21. “Ustun bo‘yicha juftlab o‘qish” satr ustun bilan almashtirilishi farqi bilan oldingi testga o‘xshaydi.

22. “Diagonal bo‘yicha juftlab o‘qish” (6.4,i-rasm) ”Satr bo‘yicha juftlab o‘qish” testiga o‘xshash, faqat $\langle A_j \rangle$ maydoni A_i manzili joylashgan diagonalnin $(\sqrt{N}-1)$ manzillarini o‘z ichiga oladi. Bu test XSE matritsasining ishlashi va deshifrotorlarning ishlashini yaxshi tekshiradi.

Bu testning modifikatsiyasi asosiy $\langle A_i \rangle$ manzillar maydonini o‘zgartirishdan iborat. Bir jinsli ma’lumotlar diagonalga yoziladi va diagonal manzillari orasida juftlab muloqot qilish mavjud emas.

Agar $\langle A_i \rangle$ maydonga markaziy diagonal tegishli bo‘lsa, $\langle A_j \rangle$ maydon esa A_i manzil orqali mos ustunlar va satrlarga ega bo‘lsa (6.4,j-rasm), u holda “Qayd etilgan diagonalda asosiy manzillar bilan juftlab o‘qish” testi olinadi. Bu testning davomiyligi $2(6N-\sqrt{N})$ sikllarni tashkil qiladi. Test XSE matritsasining ishlashi, deshifrotorlarning ishlashini tekshiradi va tanlanma vaqtini nazorat qiladi.

Agar $\langle A_i \rangle$ maydon \sqrt{N} diagonalargacha kengaytirilsa (6.4,k-rasm), oldingi test $2(4N^{3/2}+2N)$ sikllar davomiylikdagi “Suriladigan diagonalda asosiy manzillar bilan juftlab o‘qish” testiga aylanadi. Test deshifrotorlarning ishlashini yaxshi tekshiradi.

$N^{3/2}$ sikllar turdagi juftlab murojaat qilish testlari juftlab o‘qish bilan tavsiflanadi. Murojaat qilish xarakteri o‘zgarganda (masalan, juftlab yozish-o‘qish yoki to‘liq saralashga o‘tishda) va asosiy $\langle A_i \rangle$ va joriy $\langle A_j \rangle$ manzillar shakllanishi qonuniyatlari saqlaganda, yangi testlar yaratilishi mumkin.

23. “To‘liq saralash bilan satrlar va ustunlar bo‘yicha juftlab yozish o‘qish”. Testning algoritmi $\langle A_j \rangle$ maydon sifatida kesishmasida A_i manzilli xotirada saqlash elementi bo‘lgan satr va ustunning XSE ishlatilishi bilan farqlanadigan “To‘liq saralash bilan juftlab o‘qish-yozish» testiga o‘xshaydi. Test uzunligi $2(16N^{3/2}+16N)$ ga teng.

24. “Suriladigan diagonal”. XSE matritsasiga ketma-ket 0 (1) yoziladi, keyin markaziy diagonalga ustunlar bo‘yicha keyingi o‘qish bilan

1	(0)	yoziladi
---	-----	----------

(6.4,1-rasm). Shunga o‘xshash protsedura barcha $(\sqrt{N}-1)$ nomarkaziy diagonallar uchun takrorlanadi, ulardan biri 6.4m-rasmda keltirilgan. Test deshifраторlar va o‘qish kuchaytirgichlari sxemalaridagi yaroqsizliklarini samarali aniqlaydi.

Regeneratsiyalash testlari dinamik turdagi XSMlar t_{reg} regeneratsiyalash davrini nazorat qilish uchun mo‘ljallangan va statik va dinamik testlarga bo‘linadi.

25. “Statik regeneratsiyalash testi”. XSE matritsasiga ma’lumotlar yoziladi, davomida XSMga murojaat bo‘lmaydigan t_{reg} vaqtga teng pauza saqlanadi, keyin ma’lumotlar ustunlar bo‘yicha o‘qiladi va oldi yozilgan ma’lumotlar bilan taqqoslanadi.

26. “Regeneratsiyalashli shaxmat kodi” statik test bo‘lib, uning mohiyati “shaxmat kodini” XSE matritsasiga yozish, t_{reg} pauzani saqlash va keyin alohida ustundan ma’lumotlarni o‘qish hisoblanadi. Bunda matritsaning barcha satrlarida ma’lumotlar avtomatik regeneratsiyalanadi. Protседura matritsaning keyingi ustuni va hokazo oxirigacha takrorlanadi.

Dinamik regeneratsiyalash testlarining statik testlardan farqi shundaki, t_{reg} vaqtga teng bo‘lgan pauza davomida nazorat qilinmaydigan XSElarga murojaatlar qilinadi, binobarin murojaat qilishlarning xarakterini ma’lum bir testning xususiyatlari aniqlaydi.

t_{reg} interval davomida XSE matritsasini qo‘zg‘atishning uchta asosiy usullari mavjud:

- alohida satrlarga murojaat qilish,
- alohida ustunlarga murojaat qilish,
- nazorat qilinadigan XSElarga qo‘shni bo‘lgan alohida XSElarga murojaat qilish.

27. “Satrlarni o‘qish bilan matritsani qo‘zg‘atish”. t_{reg} davomiyligidagi pauzada XSE matritsasining toq satrlaridan ma‘lumotlar o‘qiladi. Keyin nazorat qilinadigan juft satrlarga yozilgan ma‘lumotlarning to‘g‘riligi tekshiriladi. Matritsaning toq satrlari shunga o‘xshash tarzda tekshiriladi.

28. “Ustunlar bo‘yicha o‘qish orqali matritsani ko‘p karrali yozish bilan qo‘zg‘atish”. Matritsaga ma‘lum bir fon yoziladi. Tanlangan ustunga 1(0) yoziladi. Trig davomiyligi pauzasida tanlangan ustunning XSE biriga 0(1) yozing. Keyin ma‘lumotlar matritsadan ustunlar ustuni bo‘yicha o‘qiladi. Bu protsedura har bir ustun uchun takrorlanadi.

29. “Ustundan ko‘p karrali o‘qish bilan matritsani qo‘zg‘atish”. XSE matritsasiga ma‘lum bir fon yoziladi va tanlangan ustunga “shaxmat kodi” yoziladi. t_{reg} davomiyligidagi pauza davomida tanlangan ustun bo‘yicha ketma-ket o‘qish amalga oshiriladi. Bunda nazorat qilinadigan ustundagi qo‘shni XSElar o‘tish toklari tekshiriladi. Qo‘shni XSElar orasidagi bitta satrda o‘tish tokining bo‘lishi ehtimoli kam. Keyin tanlangan ustundan ma‘lumotlar o‘qiladi. Har bir ustun uchun protsedura takrorlanadi.

30. “Kvadrat bo‘yich murojaat qilish bilan matritsani qo‘zg‘atish”. Nazorat qilinadigan XSEga 1(0) bilan yozilgan. t_{reg} davomiyligidagi pauza davomida nazorat qilinadigan XSEga qo‘shni bo‘lgan sakkizta manzillarga quyidagi ko‘p karrali murojaat qilish amalga oshiriladi: 0(1) ni yozish, o‘qish, 1(0) ni yozish, o‘qish. Keyin nazorat qilinadigan XSEdan ma‘lumotlar o‘qiladi. Protsedura barcha XSE matritsalarini uchun takrorlanadi.

Topshiriq

1. Tadqiq qilish uchun xotira mikrosxemasini mustaqil tanlash. Mikrosxemaning to‘liq tavsifini keltirish.
2. Xotira mikrosxemasini tekshirish uchun test turini mustaqil tanlash.
3. Tanlangan xotira mikrosxemasini testlash algoritmini ishlab chiqish. Algoritmning tavsifini keltirish.

7-amaliy mashg'ulot. Zaxiralashli tizimning ishonchliligini hisoblash

7.1. Tizim $\lambda_1 = 2,7 \cdot 10^{-7}$ 1/soat, $\lambda_2 = 3,2 \cdot 10^{-7}$ 1/soat, $\lambda_3 = 2,1 \cdot 10^{-7}$ 1/soat,

$\lambda_4 = 4,3 \cdot 10^{-7}$ 1/soatga teng bo'lgan rad etishlar intensivligiga ega bo'lgan to'rtta elementlardan tashkil topgan. Tizimning tuzilish sxemasini chizish va tizimning umumiy zaxiralanishida 60 soat davomida rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligini aniqlash.

7.2. Tizim $\lambda_1 = 2,7 \cdot 10^{-7}$ 1/soat, $\lambda_2 = 3,2 \cdot 10^{-7}$ 1/soat, $\lambda_3 = 2,1 \cdot 10^{-7}$ 1/soat,

$\lambda_4 = 4,3 \cdot 10^{-7}$ 1/soatga teng bo'lgan rad etishlar intensivligiga ega bo'lgan to'rtta elementlardan tashkil topgan. Tizimning tuzilish sxemasini chizish va tizimning elementlab zaxiralanishida 60 soat davomida rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligini aniqlash.

7.3. Tizim 0,93 ga teng bo'lgan rad etmasdan ishlash ehtimolligiga ega bo'lgan bitta elementdan tashkil topgan, zaxira elementi esa 0,95 ga teng bo'lgan rad etmasdan ishlash ehtimolligiga ega. Asosiy element zaxira element bilan almashtirilgandan keyin tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlash, xulosa qilish.

7.4. Tizim $P_1(t)=0,9$, $P_2(t)=0,92$, $P_3(t)=0,87$ ga teng bo'lgan rad etmasdan ishlash ehtimolliklariga ega bo'lgan uchta elementlardan tashkil topgan. Tizimning turli zaxiralash variantlaridagi rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlash.

7.5. Tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi $P_{uz}(t)=0,999$ ga teng bo'lishi uchun 0,05 teng bo'lgan rad etish ehtimolligili zaxira elementlari sonini aniqlash.

7.6. Tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolliklari $P_1(t)=0,9$, $P_2(t)=0,92$, $P_3(t)=0,87$ ga teng bo'lgan uchta elementlardan tashkil topgan. Umumiy zaxiralashda tizimning rad etmasdan ishlash vaqtini aniqlash.

7.7. Tizim rad etmasdan ishlash ehtimolliklari $P_1(t)=0,9$, $P_2(t)=0,92$, $P_3(t)=0,87$ ga teng bo'lgan uchta elementlardan tashkil topgan. Elementlab zaxiralashda tizimning rad etmasdan ishlash vaqtini aniqlash.

7.8. Tizim rad etmasdan ishlash ehtimolliklari $P_1(t)=0,9$, $P_2(t)=0,92$, $P_3(t)=0,87$ ga teng bo'lgan uchta elementlardan tashkil topgan. Umumiy zaxiralashda tizimning rad etmasdan ishlash vaqtini aniqlash.

7.9. Tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi $P_{uz}(t)=0,95$ ga teng bo'lishi uchun 0,1 teng bo'lgan rad etish ehtimolligili zaxira elementlari sonini aniqlash.

Misol. Tizim 0,9 ga teng bo'lgan rad etmasdan ishlash ehtimolligili uchta elementlardan tashkil topgan. Turli zaxiralash variantlarida tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligini aniqlash.

Yechish:

a) zaxiralashsiz tizimning ishonchliligi ko'rsatkichlarini hisoblash:

Zaxiralashsiz tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligini quyidagicha aniqlanadi:

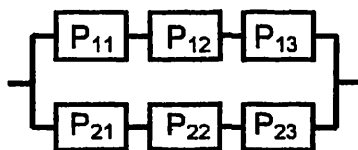
$$P_{uz}(t) = P_i^3(t) = 0,9^3 = 0,729$$

Zaxiralashsiz tizimning rad etishi ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{uz}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(t) = 1 - 0,9^3 = 1 - 0,729 = 0,271.$$

b) umumiy zaxiralashli tizimning ishonchliligi ko'rsatkichlarini hisoblash:

Umumiy zaxiralashli tizimining tuzilish sxemasi 7.1-rasmda keltirilgan.



7.1-rasm. Umumiy zaxiralashli tizimining tuzilish sxemasi:

P_{11} , P_{12} , P_{13} - asosiy tizim elementlarining rad etmasdan ishlash ehtimolliklari; P_{21} , P_{22} , P_{23} - zaxira tizimi elementlarining rad etmasdan ishlash ehtimolliklari

Umumiy zaxiralashli tizimining rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{uz}(t) = Q_{AZ}(t) \cdot Q_{ZT}(t)$$

bu yerda: $Q_{AT}(t)$ - asosiy tizimning rad etish ehtimolligi;
 $Q_{ZT}(t)$ - bu zaxira tizimining rad etish ehtimolligi.

Asosiy tizimning rad etish ehtimolligi aniqlanadi:

$$Q_{AT}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(t) = 1 - 0,9^3 = 1 - 0,729 = 0,271.$$

Zaxira tizimining rad etish ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{ZT}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n P_i(t) = 1 - 0,9^3 = 1 - 0,729 = 0,271$$

Tizimning rad etish ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

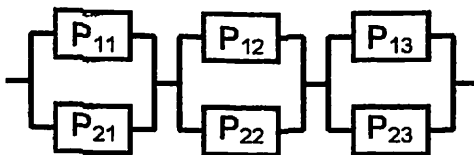
$$Q_{uz}(t) = Q_{AT}(t) \cdot Q_{ZT}(t) = 0,271 \cdot 0,271 = 0,073$$

Umumiy zaxirashli tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{uz}(t) = 1 - Q_{uz}(t) = 1 - 0,073 = 0,927$$

c) elementlab zaxiralashda tizimning ishonchlik ko'rsatkichlarini hisoblash:

Elementlab zaxiralashli tizimning tuzilish sxemasi 7.2-rasmda keltirilgan.



7.2-rasm. Elementlar zaxiralashli tizimning sxemasi: P_{11}, P_{12}, P_{13} - asosiy elementlarning rad etmasdan ishlash ehtimolligi; P_{21}, P_{22}, P_{23} - zaxira elementlarining rad etmasdan ishlash ehtimolligi

Elementlab tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$P_{\Sigma}(t) = P_{11-21}(t) \cdot P_{12-22}(t) \cdot P_{13-23}(t),$$

bu yerda: $P_{11-21}(t)$ - birinchi asosiy va zaxira elementlar guruhining rad etmasdan ishlash ehtimolligi;

$P_{12-22}(t)$ - ikkinchi asosiy va zaxira elementlar guruhining rad etmasdan ishlash ehtimolligi;

$P_{13-23}(t)$ - uchinchi asosiy va zaxira elementlar guruhining rad etmasdan ishlash ehtimolligi.

$$P_{11-21}(t) = 1 - (1 - P_{11}(t)) \cdot (1 - P_{21}(t)) = 1 - (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,9) = 1 - 0,01 = 0,99,$$

$$P_{12-22}(t) = 1 - (1 - P_{12}(t)) \cdot (1 - P_{22}(t)) = 1 - (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,9) = 1 - 0,01 = 0,99,$$

$$P_{13-23}(t) = 1 - (1 - P_{13}(t)) \cdot (1 - P_{23}(t)) = 1 - (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,9) = 1 - 0,01 = 0,99.$$

Elementlab zaxiralashli tizimning rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$P_{\Sigma}(t) = P_{11-21}(t) \cdot P_{12-22}(t) \cdot P_{13-23}(t) = 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,97.$$

Elementlar guruhlarining rad etmasdan ishlash ehtimolligi birga yaqin bo'lgani uchun yaqinlashtirilgan hisoblash uchun formuladan foydalanish mumkin:

$$P_{\Sigma}(t) = 1 - \sum_{i=1}^n [1 - P_i(t)] = 1 - \sum_{i=1}^3 [1 - 0,99] = 1 - 0,03 = 0,97.$$

Asosiy tizimning rad etish ehtimolligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q_{\Sigma}(t) = 1 - P_{\Sigma}(t) = 1 - 0,97 = 0,03.$$

Javob. Zaxiralashsiz tizim uchun: $P_{\Sigma}(t) = 0,729$, $Q_{\Sigma}(t) = 0,271$;

Umumiy zaxiralashli tizim uchun: $P_{\Sigma}(t) = 0,927$, $Q_{\Sigma}(t) = 0,073$;

Elementlab zaxiralashli tizim uchun: $P_{re}(t) = 0,97$,
 $Q_{re}(t) = 0,03$.

Shunday qilib, elementlab zaxiralashda maksimal ishonchlilikka erishiladi.

8-amaliy mashg'ulot. Dasturiy ta'minotning ishonchliligini hisoblash

8.1. Aytaylik, dastur o'z uchta xatoliklariga ega, yana oltita xatoliklarni tasodifiy ravishda kiritamiz. Testlash jarayonida beshta kiritilgan va ikkita o'z xatoliklari topildi. Mills modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini topish.

8.2. Dasturda o'z ikkita xatoliklari mavjud, yana uchta tasodifiy xatoliklarni qo'shamiz. Testlash jarayonida ikkita kiritilgan xatoliklar va uchta o'z xatoliklari topildi. Mills modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini topish.

8.3. Aytaylik, dasturda o'nta o'z xatoliklari mavjud, keling, yana beshta tasodifiy. Testlash jarayonida sakkizta kiritilgan va uchta o'z xatoliklari topildi. Mills modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini topish.

8.4. Aytaylik, dasturda o'n ikkita o'z xatoliklari mavjud, yana oltita xatoliklar tasodifiy kiritiladi. Testlash jarayonida yettita kiritilgan xatoliklar va beshta o'z xatoliklari topildi. Mills modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini topish.

8.5. Aytaylik, testlashdan oldin dasturda 90 ta xatoliklar mavjud. Sun'iy ravishda 20 ta xatoliklar tarqalgan. Testlash natijalari bo'yicha ma'lumotlar

8.1-jadvalda keltirilgan.

8.1-jadval

Dasturni testlash davomida xatoliklarning taqsimlanishi

Testlash raqami	1	2	3	4	5	6	7
n (aniqlangan o'z xatoliklari soni)	2	2	2	1	1	1	1
	5	0	0	5	0	9	
v (kiritilgan o'z xatoliklari soni)	5	4	2	4	2	2	1

Har bir testlashdan so'ng dasturda qolgan bo'lishi mumkin xatoliklar sonini baholash. Oxirgi testlashdan keyin modelga bo'lgan ishonch o'lchovini baholash. Bo'lishi mumkin xatoliklar sonini testlash soniga bog'liqligi grafigini qurish.

8.6. Aytaylik, testlashdan oldin dasturda 100 ta xatoliklar mavjud. 15 ta xatoliklar sun'iy ravishda tarqalgan. Testlash natijalari bo'yicha ma'lumotlar

8.2-jadvalda keltirilgan.

8.2-jadval

Dasturni testlash bo'yicha xatoliklarning taqsimlanishi

Testlash raqami	1	2	3	4	5	6	7
n (aniqlangan o'z xatoliklari soni)	20	20	25	16	9	8	1
v (kiritilgan o'z xatoliklari soni)	5	3	3	4	3	1	1

Har bir testlashdan so'ng dasturda qolgan bo'lishi mumkin xatoliklar sonini baholash. Oxirgi testlashdan keyin modelga bo'lgan ishonch o'lchovini baholash. Bo'lishi mumkin xatoliklar sonini testlash soniga bog'liqligi grafigini qurish.

8.7. Aytaylik, testlashdan oldin dasturda 80 ta xatoliklar mavjud. 30 ta xatoliklar sun'iy ravishda tarqalgan. Testlash natijalari bo'yicha ma'lumotlar

8.3-jadvalda keltirilgan.

8.3-jadval

Dasturni testlash bo'yicha xatoliklarning taqsimlanishi

Testlash raqami	1	2	3	4	5	6	7
n (aniqlangan o'z xatoliklari soni)	3	1	1	1	1	1	1
	0	5	5	3	0	0	
v (kiritilgan o'z xatoliklari soni)	5	3	3	4	3	1	1

Har bir testlashdan so'ng dasturda qolgan bo'lishi mumkin xatoliklar sonini baholash. Oxirgi testlashdan keyin modelga bo'lgan ishonch o'lchovini baholash. Bo'lishi mumkin xatoliklar sonini testlash soniga bog'liqligi grafigini qurish.

8.8. Dasturni testlash jarayonida birinchi guruh 15 ta xatoliklarni, ikkinchi guruh 25 ta xatoliklarni topdi, umumiy xatoliklar 5 ta bo'ldi. Oddiy intuitiv model bo'yicha ishonchlilikni aniqlash.

8.9. Dasturni testlash jarayonida birinchi guruh 20 ta xatoliklarni, ikkinchi guruh 22 ta xatoliklarni topdi, umumiy xatoliklar 4 ta bo'ldi. Oddiy intuitiv model bo'yicha ishonchlilikni aniqlash.

8.10. Dasturni testlash jarayonida birinchi guruh 20 ta xatoliklarni, ikkinchi guruh 22 ta xatoliklarni, 4 ta umumiy xatoliklar bo'ldi. Oddiy intuitiv model bo'yicha ishonchlilikni aniqlash.

8.11. Dasturning $N = 100$ ta testlashi o'tkazildi. Yigirmata testlashlarda hech qanday xato topilmadi, boshqa testlashlardan olingan ma'lumotlar 8.4-jadvalda keltirilgan. Korkoren modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini baholash.

8.4-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

Xatolik turi	Xatoliklarning paydo bo'lish ehtimolligi, a_i	Xatoliklar soni, N_i
Hisoblash xatoliklari	0,09	5
Mantiqiy xatoliklar	0,26	25
Kiritish/chiqarish xatoliklari	0,16	3
Ma'lumotlar bilan ishlash xatoliklari	0,18	12
Moslashtirish xatoliklari	0,17	11
Ma'lumotlarni aniqlash xatoliklari	0,08	3
Ma'lumotlar omborlaridagi xatoliklar	0,06	4

8.12. Dasturni testlash jarayonida birinchi guruh 20 ta xatoliklarni, ikkinchi guruh 22 ta xatoliklarni aniqladi, umumiy xatoliklar 4 ta bo'ldi. Oddiy intuitiv model bo'yicha ishonchlilikni aniqlash.

8.13. Dasturni testlash jarayonida birinchi guruh 35 ta xatoliklarni, ikkinchi guruh 25 ta xatoliklarni aniqladi, umumiy xatoliklar 20 ta bo'ldi. Oddiy intuitiv model bo'yicha ishonchlilikni aniqlash.

8.14. Dasturni testlash jarayonida birinchi guruh 5 ta xatoliklarni, ikkinchi guruh 2 ta xatoliklarni aniqladi, umumiy xatoliklar 2 ta bo'ldi. Oddiy intuitiv model bo'yicha ishonchlilikni aniqlash

8.15. Dasturning $N = 100$ ta testlashi o'tkazildi. Yigirmata testlashlarda hech qanday xato topilmadi, boshqa testlashlardan olingan ma'lumotlar 8.5-jadvalda keltirilgan. Korkoren modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini baholash.

8.5-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

Xatolik turi	Xatoliklarning paydo bo'lish ehtimolligi, a_i	Xatoliklar soni, N_i
Hisoblash xatoliklari	0,26	5
Mantiqiy xatoliklar	0,9	8
Kiritish/chiqarish xatoliklari	0,16	3
Ma'lumotlar bilan ishlash xatoliklari	0,2	25
Moslashtirish xatoliklari	0,17	11
Ma'lumotlarni aniqlash xatoliklari	0,08	3
Ma'lumotlar omborlaridagi xatoliklar	0,16	3

8.16. Dasturning $N = 100$ ta testlashi o'tkazildi. Yigirmata testlashlarda hech qanday xato topilmadi, boshqa testlashlardan olingan ma'lumotlar 8.6-jadvalda keltirilgan. Korkoren modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini baholash.

8.17. Dasturning $N = 100$ ta testlashi o'tkazildi. Yigirmata testlashlarda hech qanday xato topilmadi, boshqa testlashlardan olingan ma'lumotlar esa 8.7-jadvalda keltirilgan. Korkoren modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini baholash.

8.18. Agar dasturdagi umumiy operatorlar soni 10 000 tani tashkil etsa, Shuman modeli bo'yicha dasturning ishonchliligini baholash. Dasturni testlash ma'lumotlari 8.8-jadvalda keltirilgan.

8.6-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

Xatolik turi	Xatoliklarning paydo bo'lish ehtimolligi, a_i	Xatoliklar soni, N_i
Hisoblash xatoliklari	0,09	8
Mantiqiy xatoliklar	0,26	0
Kiritish/chiqarish xatoliklari	0,17	4
Ma'lumotlar bilan ishlash xatoliklari	0,2	25
Moslashtirish xatoliklari	0,8	25
Ma'lumotlarni aniqlash xatoliklari	0,08	3
Ma'lumotlar omborlaridagi xatoliklar	0,16	5

8.7-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

Xatolik turi	Xatoliklarning paydo bo'lish ehtimolligi, a_i	Xatoliklar soni, N_i
Hisoblash xatoliklari	0,2	4
Mantiqiy xatoliklar	0,26	3
Kiritish/chiqarish xatoliklari	0,17	11
Ma'lumotlar bilan ishlash xatoliklari	0,9	0
Moslashtirish xatoliklari	0,08	3
Ma'lumotlarni aniqlash xatoliklari	0,8	5
Ma'lumotlar omborlaridagi xatoliklar	0,16	25

8.8-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

<i>T</i> , soat	0,5	0,4	0,5	0,75	0,2	0,5	0,3	0,3	0,1	0,4
Xatoliklar soni	2	0	5	3	4	1	3	2	0	1

8.19. Agar dasturdagi umumiy operatorlar soni 9 000 tani tashkil etsa, Shuman modeli bo'yicha dasturning ishonchligini baholash. Dasturni testlash ma'lumotlari 8.9-jadvalda keltirilgan.

8.9-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

<i>T</i> , soat	0,5	0,4	0,5	0,75	0,2	0,5	0,3	0,3	0,1	0,4
Xatoliklar soni	2	5	0	3	4	1	2	1	1	0

8.20. Agar dasturdagi umumiy operatorlar soni 10 000 tani tashkil etsa, Shuman modelidan foydalanish orqali to'qqizta testlashlardan keyin dasturning ishonchligini baholash. Dasturni testlash ma'lumotlari 8.10-jadvalda keltirilgan.

8.10-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

<i>T</i> , soat	0,5	0,1	0,3	0,75	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,1
Xatoliklar soni	1	5	4	0	1	2	3	2	1	5

8.21. Agar dasturdagi umumiy operatorlar soni 10 000 tani tashkil etsa, Shuman modelidan foydalanish orqali sakkizta testlashlardan keyin dasturning ishonchligini baholash. Dasturni testlash ma'lumotlari 8.11-jadvalda keltirilgan.

8.11-jadval

Dasturni testlash ma'lumotlari

<i>T</i> , soat	0,5	0,1	0,75	0,5	0,3	0,4	0,2	0,5	0,5	0,1
Xatoliklar soni	0	5	1	3	1	2	1	2	0	5

Topshiriqni bajarish bo'yicha nazariy ma'lumotlar

Dasturiy ta'minotning ko'rsatkichlarini miqdoran baholash uchun ishonchlilik modellari ishlatiladi. Ishonchlilik modellari deganda bu ko'rsatkichlarning oldindan ma'lum yoki topshiriqni bajarilishida aniqlanadigan parametrlarga bog'liqliklarini baholash uchun qurilgan matematik modellar tushuniladi. Bunday parametrlarning qiymatlari ma'lum deb olinadi yoki dasturiy ta'minotning ishlash jarayonini kuzatishlar yoki eksperimental tadqiq qilishda o'lchanishi mumkin.

Dasturiy ta'minotning ishonchlilik modellarini analitik va dinamik modellarga bo'lish mumkin.

Analitik modellar testlash jarayonida dasturning xarakteri haqidagi ma'lumotlarga asoslanish bilan ishonchlilikning miqdoriy ko'rsatkichlarini hisoblash (o'lchovchi va baholovchi modellar) imkoniyatini beradi. Analitik modellar dinamik va statik modellarga bo'linadi. Dinamik modellarda DT xarakteriga (rad etishlarning paydo bo'lishiga) vaqt bo'yicha qaraladi. Statik modellarda rad etishlarning paydo bo'lishi vaqt bilan bog'lanmaydi, balki xatoliklar sonini testlash soniga (xatoliklar sohasi bo'yicha modellar) yoki kirish ma'lumotlarining xarakteristikalariga (ma'lumotlar sohasi bo'yicha modellar) bog'liqligi hisobga olinadi.

Shuman modeli diskret vaqt dinamik modellariga kiradi. Shuman modeli uchun dastlabki ma'lumotlar qayd etilgan yoki tasodifiy vaqt intervallari davomida DTni testlash jarayonida to'planadi. Shuman modelidan foydalanishda quyidagi mulohazalar o'rinli bo'ladi:

– testlash bir necha bosqichlarda o'tkaziladi, aniq bir bosqichda aniqlangan xatoliklar qayd etiladi, lekin tuzatilmaydi;

– bosqichning oxirida ishonchlilikning miqdoriy ko'rsatkichlari hisoblanadi, topilgan xatoliklar tuzatiladi, testlash ketma-ketliklari tuzatiladi va keyingi testlash bosqichiga o'tkaziladi;

– dasturdagi xatoliklar soni o'zgarmas va tuzatish jarayonida yangi xatoliklar kiritilmaydi;

– testlash boshlanguncha E_T xatoliklar mavjud. τ testlash vaqti davomida mashina tilidagi bitta komandaga hisoblaganda ξ_c xatoliklar aniqlanadi;

– testlash bosqichi doirasida I_T mashina komandalarining umumiy soni o'zgaras.

Modelning asos tushunchalari apparatlar vositalari ishonchlilik nazariyasidan olingan:

$R(t)$ – ishonchlilik funksiyasi, 0 dan t gacha intervalda hech bir xatolikning paydo bo'lmashligi ehtimolligi;

$F(t)$ – rad etishlar funksiyasi, 0 dan t gacha intervalda xatolikning paydo bo'lishi ehtimolligi: $F(t) = 1 - R(t)$;

$z(t)$ – xavf funksiyasi, gacha xatoliklar bo'lmaganda 0 dan $t + \Delta t$ gacha intervalda xatolikning paydo bo'lishi shartli ehtimolligi. $z(t)$ funksiyaning qiymati DTdagi qolgan xatoliklar soniga proporsional:

$$z(t) = C \cdot \zeta_r(\tau), \quad (8.1)$$

bu yerda: C – ma'lum bir konstanta;

t – DTning rad etmasdan ishlash vaqti;

$\zeta_r(\tau)$ – bitta mashina komandasiga hisoblaganda τ testlash vaqtdan keyin tizimda qolgan xatoliklarning solishtirma soni bo'lib, u quyidagicha hisoblanadi:

$$\zeta_r(\tau) = \frac{E_T}{I_T} - \zeta_c(\tau). \quad (8.2)$$

Agar dasturning t rad etmasdan ishlash vaqti $t = 0$ nuqtadan olinsa, τ testlash vaqti esa qayd etilgan bo'lsa, u holda ishonchlilik funksiyasi yoki 0 dan t gacha intervaldagi rad etmasdan ishlash ehtimolligi quyidagicha teng bo'ladi:

$$R(t, \tau) = \exp \left[C \cdot \left(\frac{E_T}{I_T} - \zeta_c(\tau) \right) \cdot t \right], \quad (8.3)$$

bu yerda noma'lum qiymatlar E_T boshlang'ich xatoliklar soni va C proporsionallik koeffitsiyenti hisoblanadi.

Bu qiymatlarni aniqlash uchun testlash jarayonida har bir sinov vaqti va undagi xatoliklar soni haqidagi ma'lumotlar to'planadi, ya'ni τ

umumiy testlash vaqti har bir sinov vaqtlari yig'indisiga teng bo'ladi: $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_n$. Xatoliklarning paydo bo'lishi intensivligini o'zgarimas va λ ga teng olish bilan uni vaqt birligidagi xatoliklar soni sifatida hisoblash mumkin:

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{\tau}, \quad (8.4)$$

bu yerda: A_i – i -nchi sinovdagi xatoliklar soni.

$\zeta_c(\tau_b) > \zeta_c(\tau_a)$ bo'ladigan tarzda tanlanadigan ikkita turli τ_a va τ_b testlash momentlari uchun ma'lumotlarga ega bo'lish bilan quyidagini yozish mumkin:

$$t_{or} = \frac{\tau}{\sum_{i=1}^k A_i}; \quad \frac{1}{\lambda_{\tau_a}} = \frac{1}{C \left[\frac{E_T}{I_T} - \zeta_c(\tau_a) \right]}; \quad \frac{1}{\lambda_{\tau_b}} = \frac{1}{C \left[\frac{E_T}{I_T} - \zeta_c(\tau_b) \right]}. \quad (8.5)$$

E_T boshlang'ich xatoliklar soni va C proporsionallik koeffitsiyentlari qiymatlari quyidagicha hisoblanadi:

$$E_T = \frac{I_T \cdot (\lambda_{\tau_a} \cdot \zeta_c(\tau_a) - \lambda_{\tau_b} \cdot \zeta_c(\tau_b))}{\lambda_{\tau_a} - \lambda_{\tau_b}}, \quad C = \frac{\lambda_{\tau_a}}{\frac{E_T}{I_T} - \zeta_c(\tau_a)}. \quad (8.6)$$

Mills modeli (xatoliklar soni bashoratlash modeli) analitik statik modellar sinfiga kiradi. Bu modeldan foydalanish testlash boshlanishidan oldin dasturga ma'lum xatoliklarni sun'iy kiritish zaruratini ko'zda tutadi.

Ma'lum vaqt davomida dasturni testlash bilan xatoliklar haqidagi statistika to'planadi.

$$N = \frac{S \cdot n}{V} \quad (8.7)$$

nisbat dasturdagi N – boshlang'ich xatoliklar sonini baholash imkonini beradi. Mills formulasi deyiladigan bu nisbatda S – sun'iy kiritilgan xatoliklar soni, n – topilgan o'z xatoliklari soni, V – baholash momentigacha aniqlangan sun'iy xatoliklar soni.

Modelga ishonish o'lchovi C qiymat hisoblanadi:

$$C = \begin{cases} 1, & \text{agar } n > K \text{ bo'lsa;} \\ \frac{S}{S + K + 1}, & \text{agar } n \leq K \text{ bo'lsa,} \end{cases} \quad (8.8)$$

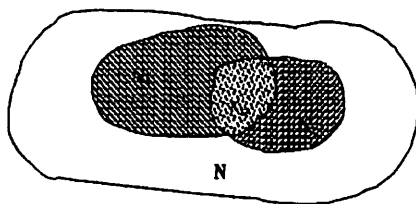
bu yerda K – dasturdagi o'z xatoliklari soni.

Oddiy intuitiv model. Bu modeldan foydalanish testlashni bir-birlariga bog'liq bo'lmagan va bog'liq bo'lmagan testlash ketma-ketliklarini ishlatadigan ikkita dasturchilar guruhi (yoki dasturning kattaligiga bog'liq ravishda ikkita dasturchilar) o'tkazishini ko'zda tutadi. Testlash jarayonida guruhlardan har biri barcha topilgan xatoliklarni qayd etadi. Dasturda qolgan xatoliklar soni baholashda har ikkala guruhlarning testlash natijalari to'planadi va solishtiriladi.

N – dasturdagi noma'lum xatoliklar soni va testlash jarayonida birinchi guruh N_1 xatoliklarni, ikkinchi guruh N_2 xatoliklarni aniqlagan, N_{12} esa har ikkala guruhlar aniqlagan xatoliklar bo'lsin (8.1-rasm).

Guruhlardan har birining testlash samaradorligi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_1 = \frac{N_1}{N}; \quad E_2 = \frac{N_2}{N}. \quad (8.9)$$



8.1-rasm. Dasturdagi xatoliklar to'plami

Har ikkala guruhlar uchun barcha xatoliklarni aniqlash imkoniyatini bir xil olish bilan, agar birinchi guruh barcha xatoliklarning ma'lum

sonini aniqlagan bo'lsa, u istalgan tasodifiy tanlangan nimto'plamdan o'sha xatoliklar soni aniqlay oladi deb olish mumkin. Xususan quyidagicha olish mumkin :

$$E_1 = \frac{N_1}{N} = \frac{N_{12}}{N_2}, \quad N_2 = E_2 N, \quad E_1 = \frac{N_{12}}{E_2 N} = \frac{N_1 N_2}{N_{12}}. \quad (8.10)$$

Korkoren modeli DT ishonchliligi statik modellariga kiradi, chunki unda testlash vaqti parametrlari ishlatilmaydi. Yuqorida ko'rib chiqilgan ikkita statik modellardan farqli ravishda Korkoren modeli bo'yicha baholash momentida dasturning rad etmasdan bajarilishi ehtimolligi baholanadi.

Modelning qo'llanishi uning quyidagi ko'rsatkichlarini bilishni ko'zda tutadi:

– turli xatoliklar manbalari uchun o'zgaradigan rad etishlar ehtimolligi va mos ravishda ularni tuzatish turli ehtimolligi;

– i -nchi turdagi N_i xatoliklar kuzatiladigan N sinovlar natijalari;

– i -nchi turdagi xatoliklarni paydo bo'lishi a_i ehtimolligi.

Baholash momentida dasturning rad etmasdan bajarilishi ehtimolligi quyidagicha aniqlanadi:

$$R = \frac{N_0}{N} + \sum_{i=1}^K \frac{Y_i (N_i - 1)}{N}, \quad Y_i = \begin{cases} a_i, & \text{agar } N_i > 0 \text{ bo'lsa;} \\ 0, & \text{agar } N_i = 0 \text{ bo'lsa,} \end{cases} \quad (8.11)$$

bu yerda N_0 – dasturning rad etmasdan bajarilishlari soni;

N – sinovlarning umumiy soni;

K – ma'lum xatoliklar turlari soni.

Testlashda i -nchi turdagi xatoliklarning paydo bo'lishi a_i ehtimolligi qiymati bir xil turdagi dasturiy vositalarning oldingi ishlash davridagi ma'lumotlar asosida olinishi kerak.

III-QISM. “DISKRET ELEMENTLARDAGI RADIOTEKNIK QURILMANING ISHONCHLILIGINI HISOBLASH” HISOBLASH-GRAFIK ISHI

(mustaqil ish topshirig'i va bajarish uslubi)

Hisoblashlarni amalga oshirish uchun dastlabki shartlar

Ishonchlilikni hisoblash deganda mahsulotning ishonchliligi ko'rsatkichlarining qiymatlarini u yoki bu dastlabki ma'lumotlar bo'yicha aniqlash tushuniladi. Olingan qiymatlar mahsulotni ishlab chiqarish bosqichida uning ekspluatatsion xususiyatlarini baholashga imkon beradi. Odatda, mahsulotning ishonchliligini hisoblash uning rad etmaslik ko'rsatkichlarini aniqlashga keladi:

- ma'lum t vaqt davomida $P(t)$ rad etmasdan ishlash ehtimolligi;
- $\lambda(t)$ rad etishlar intensivligi.

Mahsulotni ishlab chiqish bosqichiga bog'liq ravishda ishonchlilikni hisoblash turlari qo'llaniladi:

- taxminiy;
- to'liq;
- yakuniy.

To'liq hisoblash yakuniy loyihalash bosqichida, tashqi va ichki ta'sir qiluvchi omillar (harorat, vibratsiya, namlik va boshqalar) ta'sirini hisobga olgan holda, elementlarning ishlash sharoitlari to'g'risida aniq ma'lumotlar mavjud bo'lganda bajariladi.

Hisoblash quyidagi asosiy farazlarda normal ishlash davri uchun amalga oshiriladi:

- rad etishlar tasodifiy va bog'liq emas;
- faqat to'satdan rad etishlar hisobga olinadi;
- ishonchlilikning eksponensial qonuni o'z o'miga ega.

Ishonchlilikni to'liq hisoblashda nafaqat elektr sxemaning elementlari, balki konstruksiyaning elementlari (montaj ulanishlari, montaj o'tkazgichlari, tayanch konstruksiyalar va boshqalar) ham hisobga olinadi.

Qurilmaning ishonchliligini hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar quyidagilar hisoblanadi:

- prinsipial elektr sxema va ishlatiladigan elementlar ro‘yxati;
- elementlar elektr yuklamasi koeffitsiyentlarining qiymatlari;
- elementlarning rad etishlari intensivliklarining qiymatlari;
- tashqi va ichki ta’sir etuvchi omillarni hisobga olgan holda elementlarning ishlash sharoitlari (element korpusining harorati; nisbiy namlik; elementga beriladigan vibratsiya darajasi va boshqalar);
- qurilmaning berilgan uzluksiz ishlashi vaqti, t ($t = 8800$ soat).

Radioelementlar va konstruktiv elementlarning rad etishlar intensivliklari ilovada keltirilgan.

Ishonchlilikni hisoblash usuli ko‘p jihatdan rad etishlar taqsimoti qonunining turiga bog‘liq.

Bizdagi ushbu holda faqat to‘satdan rad etishlar hisobga olinadi. Bunda biron bir elementning rad etishi butun qurilmaning ishdan chiqishiga olib keladi, deb olamiz va qurilmaning rad etmasdan ishlash ehtimolligi barcha elementlarning rad etmasdan ishlash ehtimolliklarining ko‘paytmasiga teng bo‘ladi:

$$P_c = \prod_{i=1}^N p_i(t), \quad (\text{III.1})$$

bu yerda: $r_i(t)$ - i -nchi elementning rad etmasdan ishlash ehtimolligi.

Qurilma uchun rad etishlar intensivligi o‘zgarmas ($\lambda(t)=const$) hisoblanadi, ya’ni normal ishlash oralig‘i ko‘rib chiqiladi (1.2-rasm, II-oraliq) va shuning uchun bu yerda eksponensial taqsimot qonuni qo‘llaniladi. Ko‘plab tugunlar va bloklar uchun amal qiladigan vaqt bo‘yicha eksponensial taqsimot qonunida rad etishlar intensivligi vaqtga bog‘liq emas. Shuning uchun, eksponensial qonun uchun quyidagiga egamiz:

$$p_i(t) = e^{-\lambda_i t} \quad (\text{III.2})$$

Qurilmaning ishlash shartlari turli fizik-kimyoviy xususiyatga ega bo‘lgan, juda keng chegaralarda o‘zgaradigan va qurilmaning ishlash qobiliyatiga va ishonchliligiga turlicha ta’sir etadigan ta’sir qiluvchi omillar kompleksi bilan xarakterlanadi. Qurilmaning Λ_{qur} rad etishlar intensivligi to‘satdan rad etishlarning paydo bo‘lish vaqti eksponensial taqsimlanganligi hisobga olinganda quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\Lambda_{qur} = \sum_{i=1}^m n_i \alpha_i k_i \lambda_i, \quad (III. 3)$$

bu yerda: m - elementlar guruhlari soni;

n_i - bir xil ish rejimiga ega bo'lgan bu turdagi elementlarning soni;

α_i - atrof-muhit va elektr yuklamaning ta'sirini hisobga oladigan tuzatish koeffitsiyenti;

k_i - mexanik ta'sir, nisbiy namlik va atmosfera bosimining o'zgarishini hisobga oladigan tuzatish koeffitsiyenti;

λ_i - konstruktiv elementlar (tranzistorlar, rezistorlar), metallashish, kristall va konstruksiya elementlarining (ulanishlar, korpus) rad etishlar intensivligi.

Topshiriqni bajarilishi ketma-ketligi

1. Hisoblash-grafik ishiga topshiriq variantlari 2-ilovada keltirilgan. Radiokomponentlar guruhlari soni va har bir guruhdagi elementlar soni aniqlanadi.

2. Bir xil sharoitlarda ishlaydigan radiokomponentlarning har bir guruhi elementlarining rad etishlar intensivligi aniqlanadi (1-ilovaga qarang). Ma'lumotlar III.1-jadvalga kiritiladi.

3. Qurilmadagi rad etishlar eksponensial qonunga bo'ysunadi, deb olinadi:

$$P_{qur} = e^{-\Lambda_{qur} t}$$

Bu formulada 8800 soatgacha vaqt intervalida (1 yilda) butun qurilmaning P_{qur} rad etmasdan ishlash ehtimolligi qiymatlari hisoblanadi (III.2-jadval).

III.1-jadval

Qurilmaning rad etishlar intensivligini aniqlash

T/r	Element nomi	Soni, n	Elementning rad etishlari intensivligi, λ_i , 1/soat	Qiymat, α_i	Qiymat, k_i	Elementlar guruhining rad etishlari intensivligi, jami, λ_i (1/soat)	Izoh

3. Optoelektron yarimo'tkazgichli asboblari	
Kremniy asosidagi fotodiodlar	0,185
Fototranzistorlar	0,15
PbS asosidagi fotorezistorlar	1,8
Infraqizil va ko'rish diapazondagi yorug'lik chiqaradigan diodlar (svetodiodlar)	0,034
Diodli, tranzistorli optoparalar	0,051
Optoparalar tiristorli, rezistorli, optoelektron mikrosxemalar	0,19
4. Belgilarni sintezlash indikatorlari	
Yarim o'tkazgichli indikatorlar ¹ :	
harfli-raqamli	0,42
diodli matritsali displeylar	0,21
Vakuimli lyuminessent indikatorlar:	
raqamli	0,83
harfli-raqamli	0,69
Vakuimli cho'g'lanma raqamli indikatorlar	0,31
Gaz razryadili indikatorlar:	
raqamli	0,79
harfli-raqamli	2,25
Suyuq kristalli raqamli ko'p razryadli indikatorlar	0,88
5. Kondensatorlar	
slyudali	0,04
keramik	0,022
qog'oz va metall-qog'ozli	0,019
organik sintetik dielektrikli	0,028
elektrolitik alyuminiy	0,173
6. Rezistorlar	
O'zgarimasimli rezistorlar:	
Metall-dielektrik, metallashtirilgan	0,044
kompozitsion	0,034
o'zgaruvchan rezistorlar:	
simsiz	0,179
simli	0,183
Termorezistorlar	0,007

7. Kommutatsiyalash elementlari²	
Galetli qayta ulagichlar	0,058/0,0027
Tumblerlar	(1/yoq.)
Tugmalar, tugmali qayta ulagichlar	0,1/0,0064 (1/yoq.)
Mikro qayta ulagichlar	0,16/0,009 (1/yoq.)
Gerkonlar qayta ulagichlar	0,045/0,0019
Magnit boshqariladigan kontaktlar:	(1/yoq.)
Ulovchi turdagi	0,13/0,005 (1/yoq.)
Qayta ulovchi turdagi	0,0007 (1/ishl. ket.)
	0,018 (1/ishl. ket.)
8. Ulagichlar (razyomlar)	
Bosma montaj uchun past chastotali to'g'ri burchakli	0,0041
Hajmli montaj uchun past chastotali	0,0104
Polietilen izolyatsiyali radiochastotaviy	0,015
10. Boshqa elementlar va komponentlar	
Transformatorlar:	
ta'minot	0,0035
kuchlanish o'zgartirgichlari	0,0072
moslashtiruvchi, impulsli va boshqalar	0,0019
Elektron-nur trubkalar:	
ossillograflar, indikatorlar	1,67
monoxrom kineskoplar	1,1
rangli kineskoplar	13,17
Drossellar	0,033
Induktivlik g'altaklari	0,01
Umumiy maqsadlardagi elektromagnit rele	0,0304 (1/kom.)
Pezoelektrik asboblari (kvars rezonatorlari, datchiklar, filtrlar)	0,026
Kechiktirish liniyalari	0,04
Saqlagichlar	0,011
Saqlagichlar tutgichlari	0,003
Indikatorlarning elektr lampalari:	
12 Vgacha o'zgaruvchan kuchlanishda	1,8
12 Vgacha o'zgarmas kuchlanishda	5,4

200...240 Vgacha o'zgaruvchan kuchlanishda	77,8
Ulashlar (asosiy rad etishlar intensivliklari qiymatlari):	
O'rashsiz qo'lda kavsharlash	0,0013
O'rashli qo'lda kavsharlash	0,00007
To'lqin bilan kavsharlash	0,000069
Siqish (presslash)	0,00012
klemmlar bloki (tugun)	0,062
Metallashtirilgan teshikli platalarda o'tish metallashtirilgan teshiklarini kavsharlash (ulashlararo texnologiyalarga bog'liq ravishda asosiy rad etishlar intensivliklari qiymatlari):	0,000017
bosma montaj	0,00011
diskret o'tkazgichlar bilan montaj	
Kabellar, shnurlar, montaj qilish simlari (asosiy rad etishlar intensivliklari qiymatlari) ⁴ :	
radiochastotaviy koaksial kabellar (simlar)	0,00127
oddiy issiqlikka bardoshli past voltli montaj qilish simlari	(1/m) 0,0577
rezina izolyasiyali egluvchan ta'minot shnurlar (ta'minot vilkalarisiz)	(1/m)
	0,037 (1/m)

Izohlar:

1. IMSlar uchun asosiy rad etishlar intensivliklari plastmassa korpuslarda bo'lmagan integratsiya darajasili IMSlar, o'rtacha elektr yuklama va $t = +25^{\circ}\text{C}$ atrof-muhit harorati mos keladi.

2. Yarimo'tkazgichli asboblardan, yarimo'tkazgichli indikatorlar uchun plastmassa korpuslarda bo'lmagan asboblardan keladi.

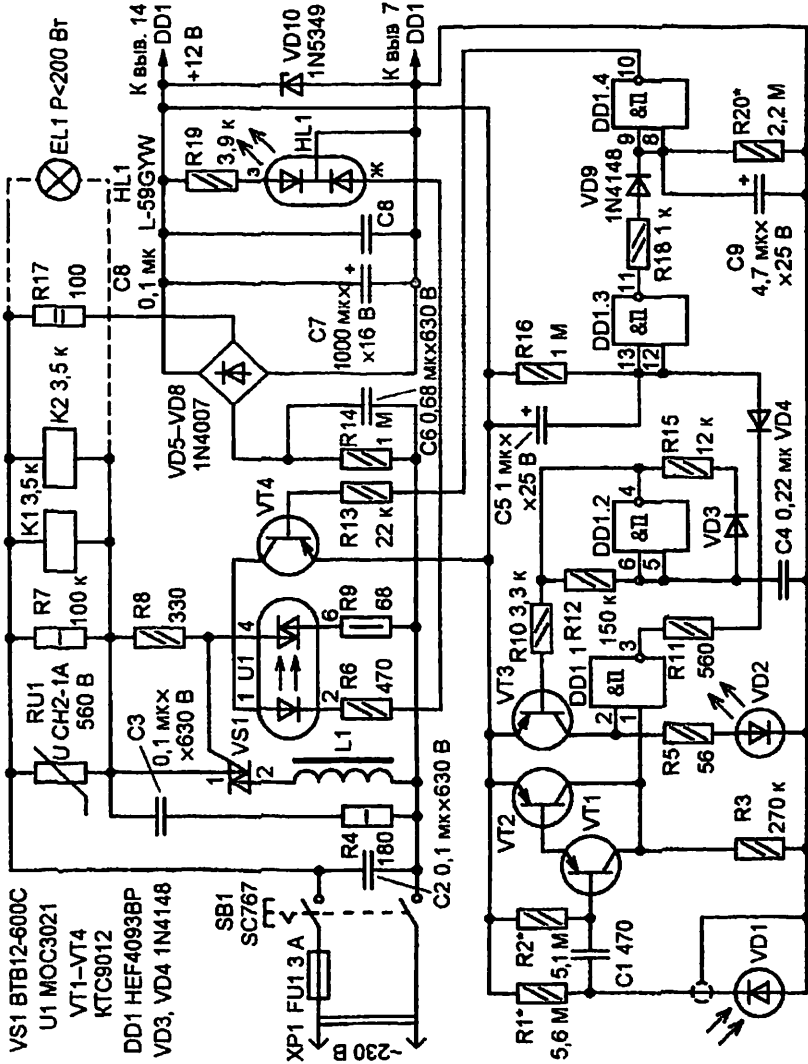
¹ Indikatorning (diodli matritsaning) bir razryadiga to'g'ri keladigan qiymat ko'rsatilgan.

²Kommutatsiyalash qurilmasining rad etishlari intensivligi, umuman olganda (surat) va ishlashda bitta qayta ulashga to'g'ri keladigan qo'shimcha rad etishlar intensivligi (maxraj).

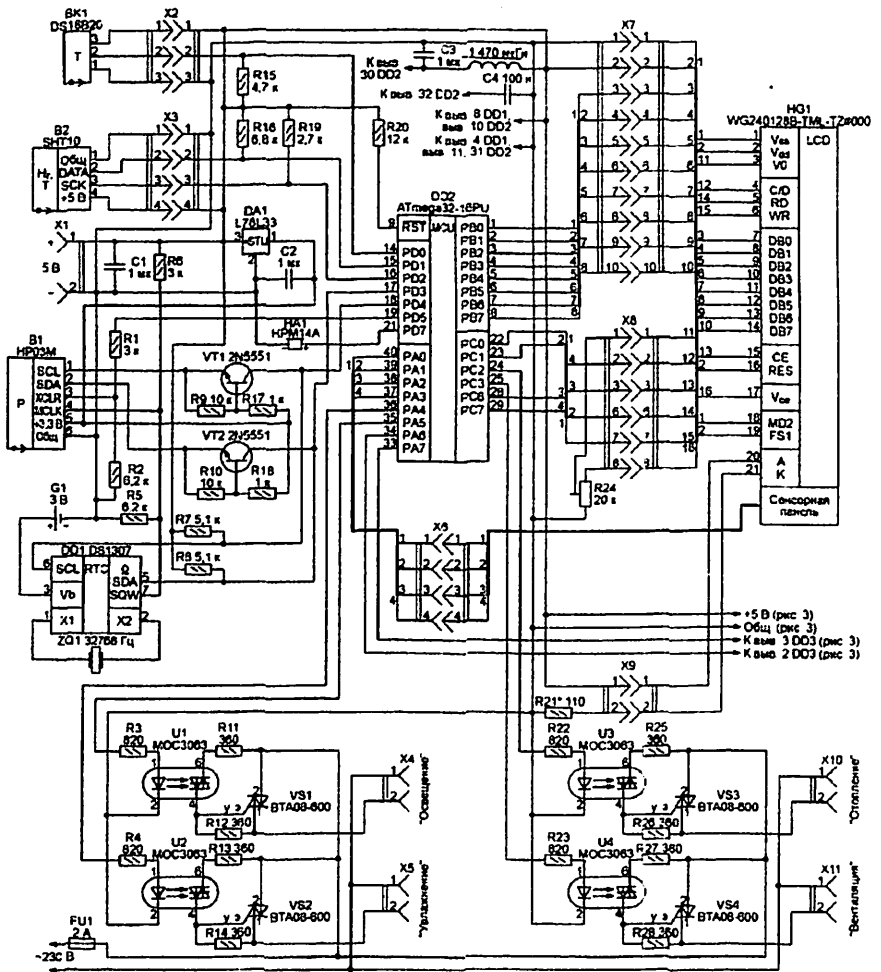
³Bitta kommutatsiyalashga (ishlab ketishga) to'g'ri keladigan rad etishlar intensivligi.

⁴1 metr uzunlikka to'g'ri keladigan asosiy rad etishlar intensivligi.

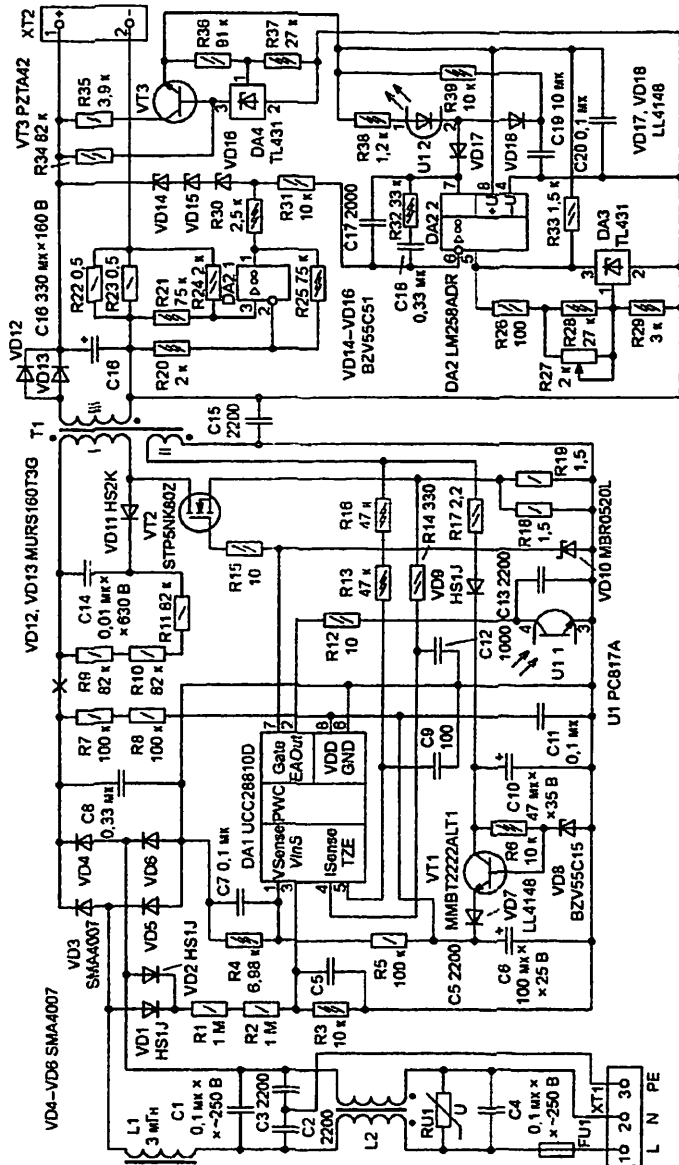
Hisoblash-grafik ishiga topshiriq variantlari



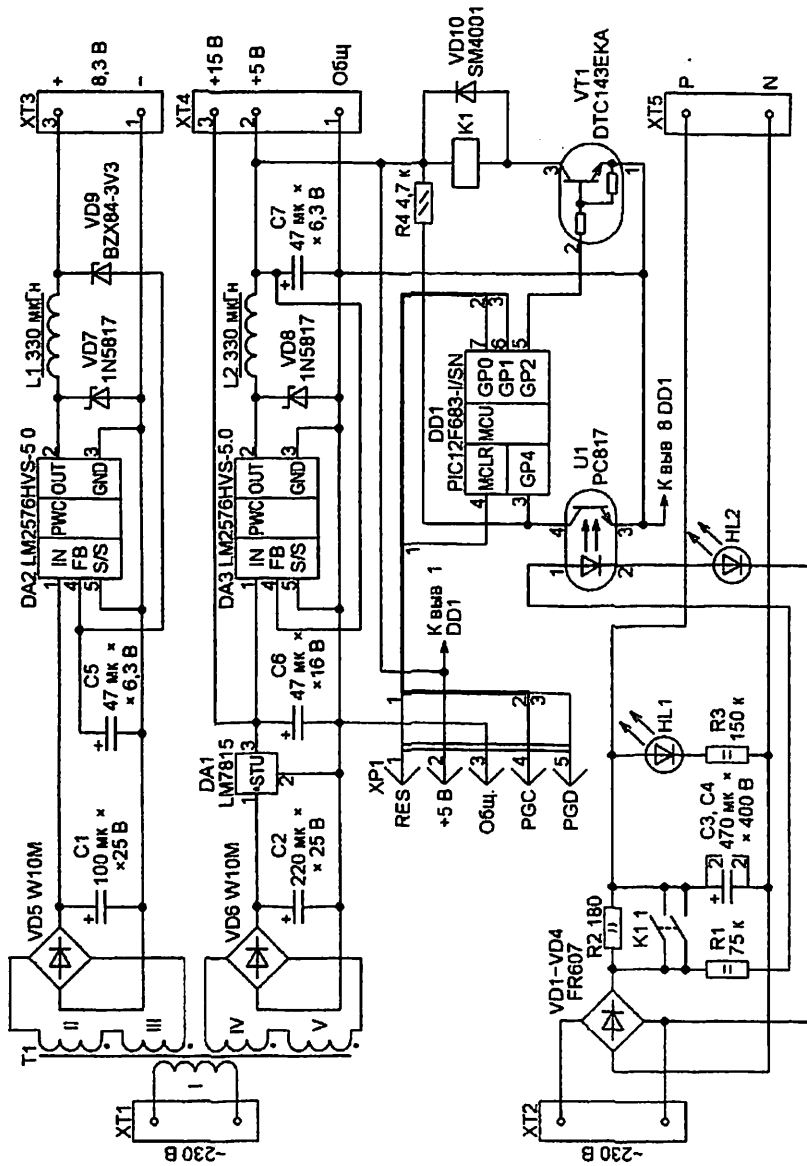
1-variant



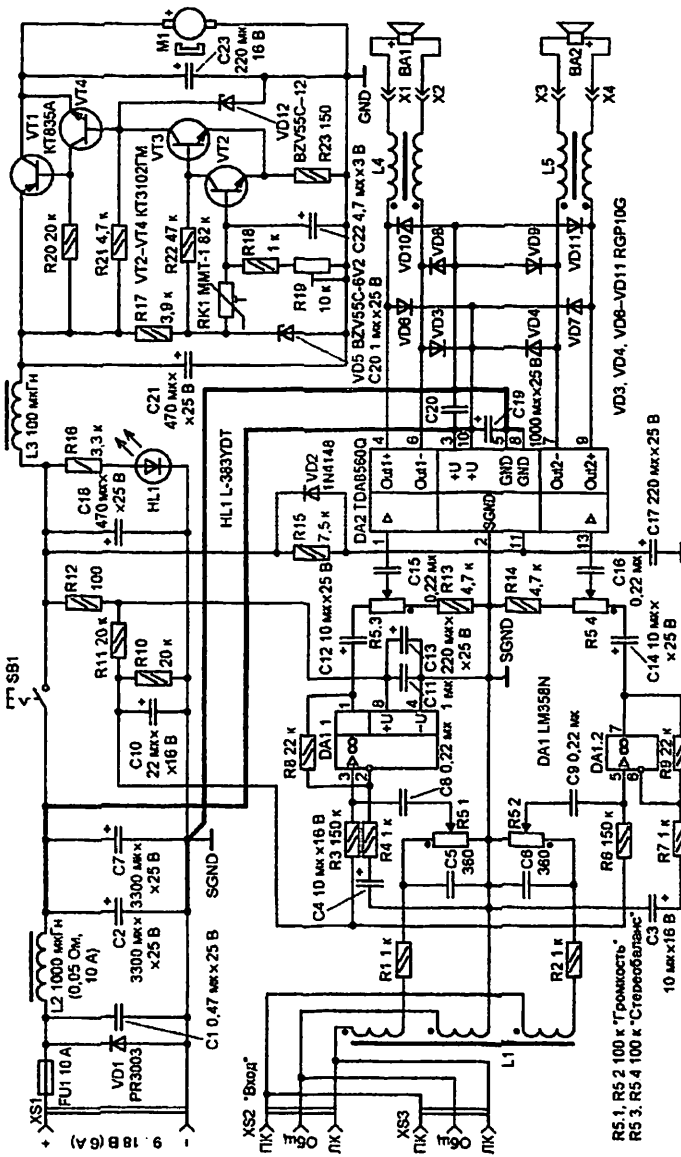
2-variant



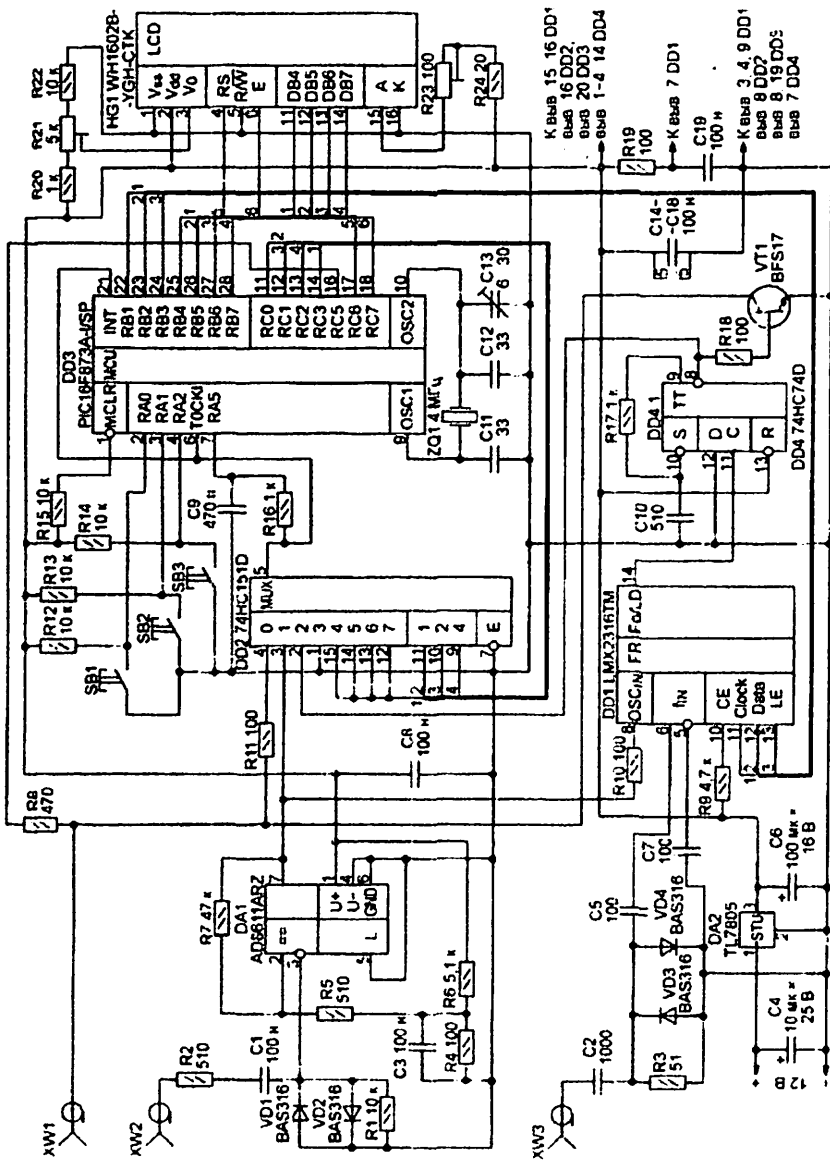
3-variant



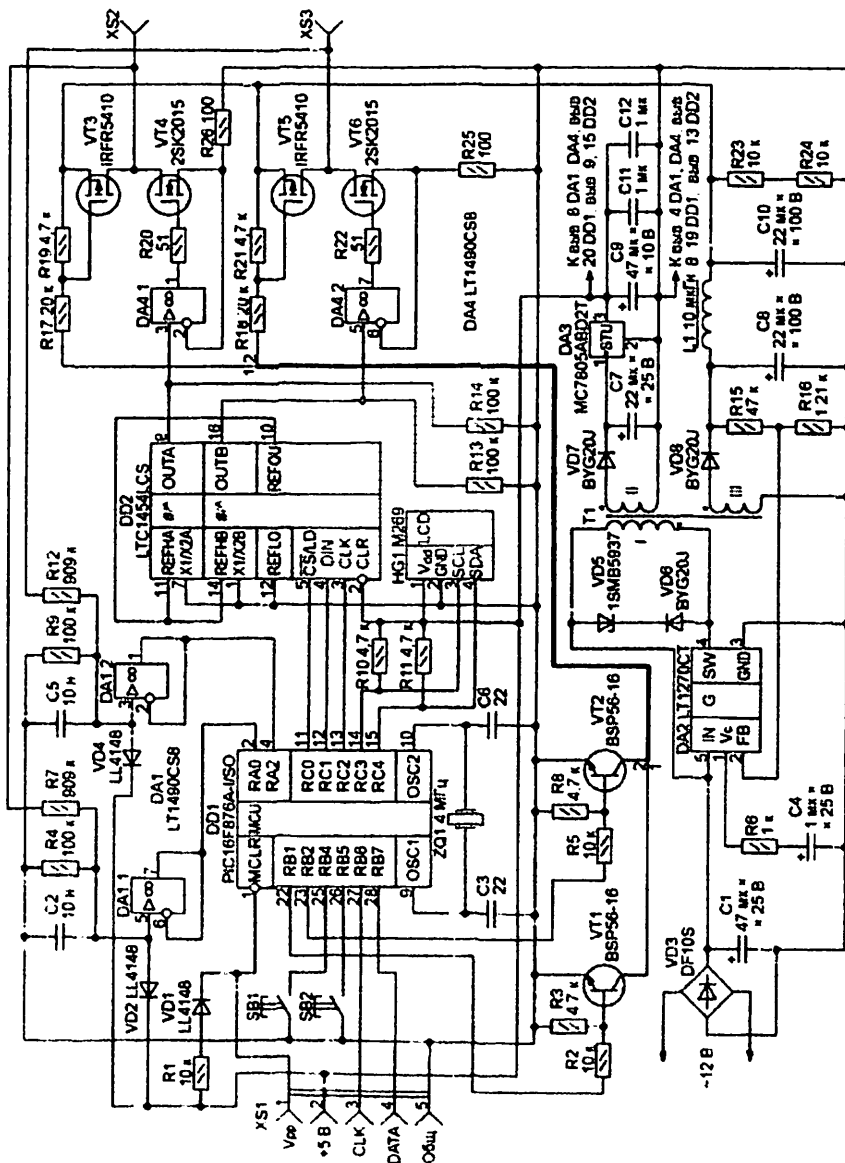
4-variant



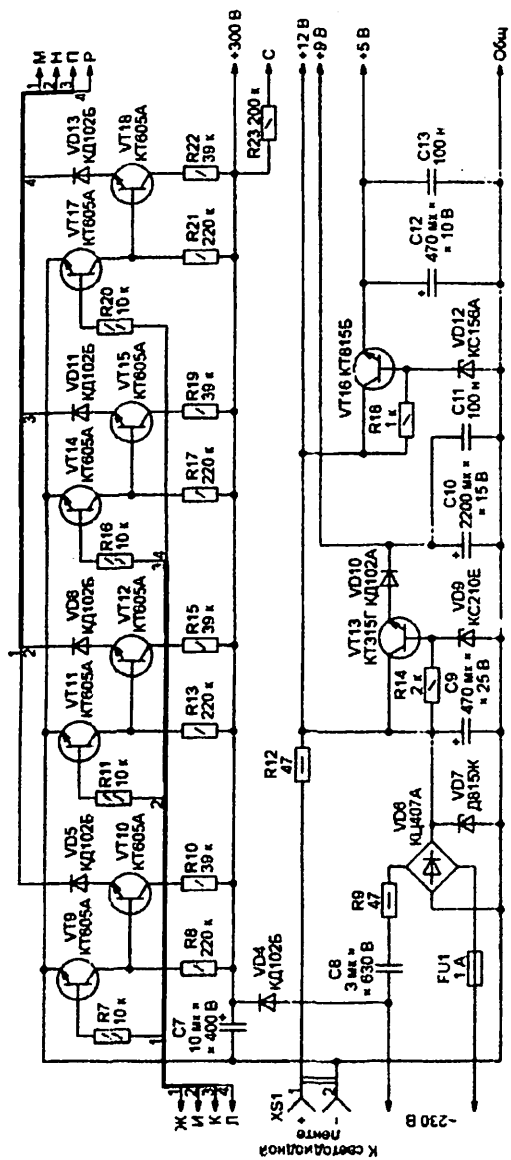
5-variant



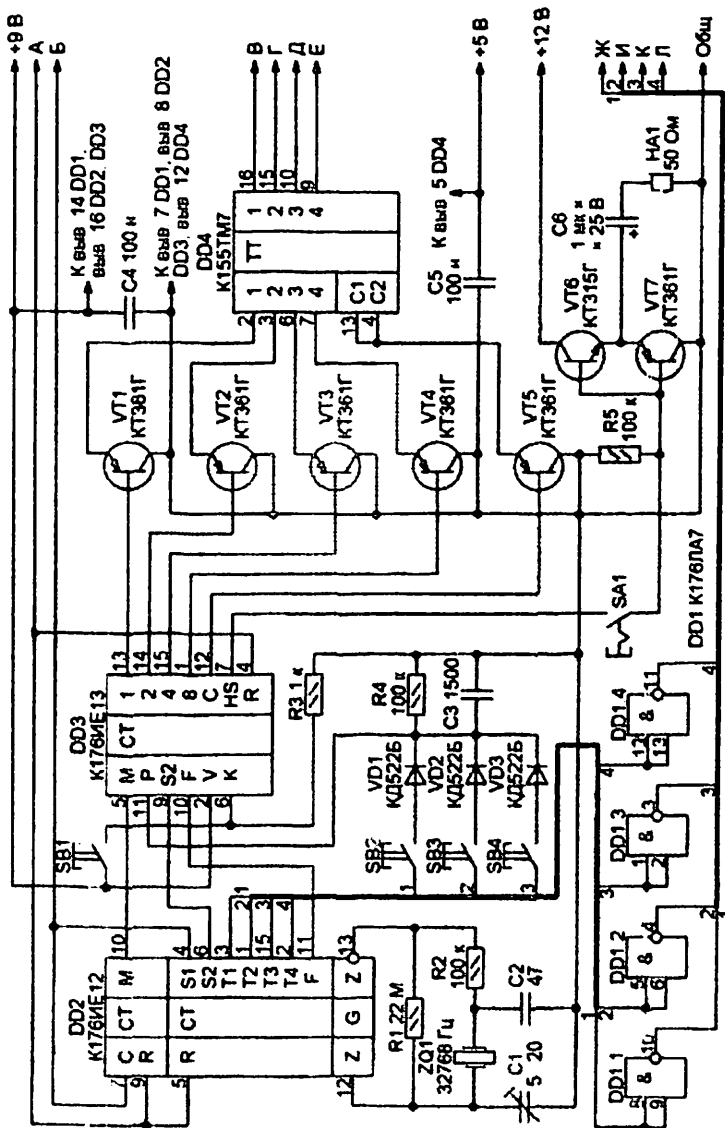
6-variant



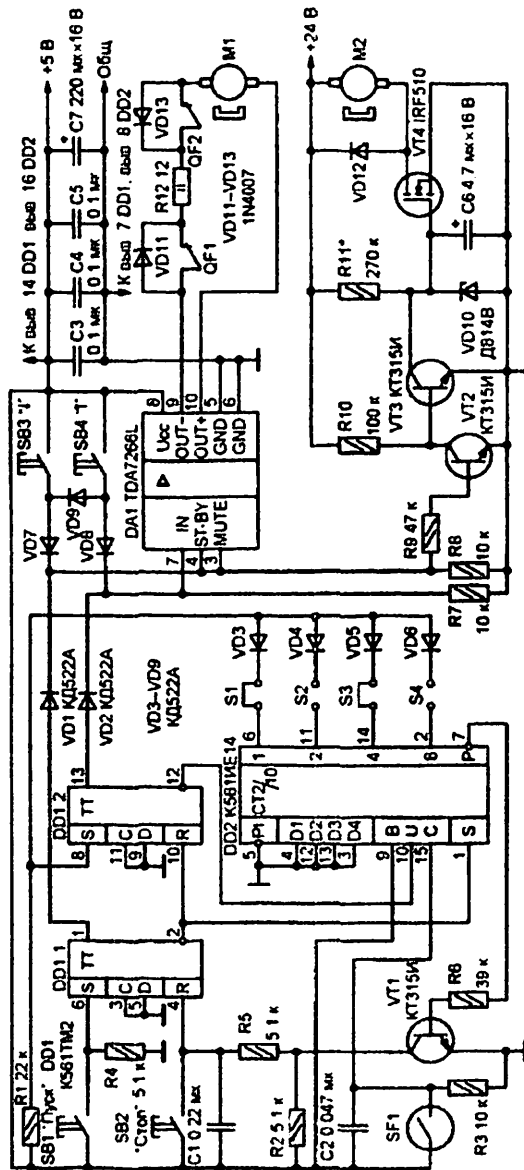
7-variant



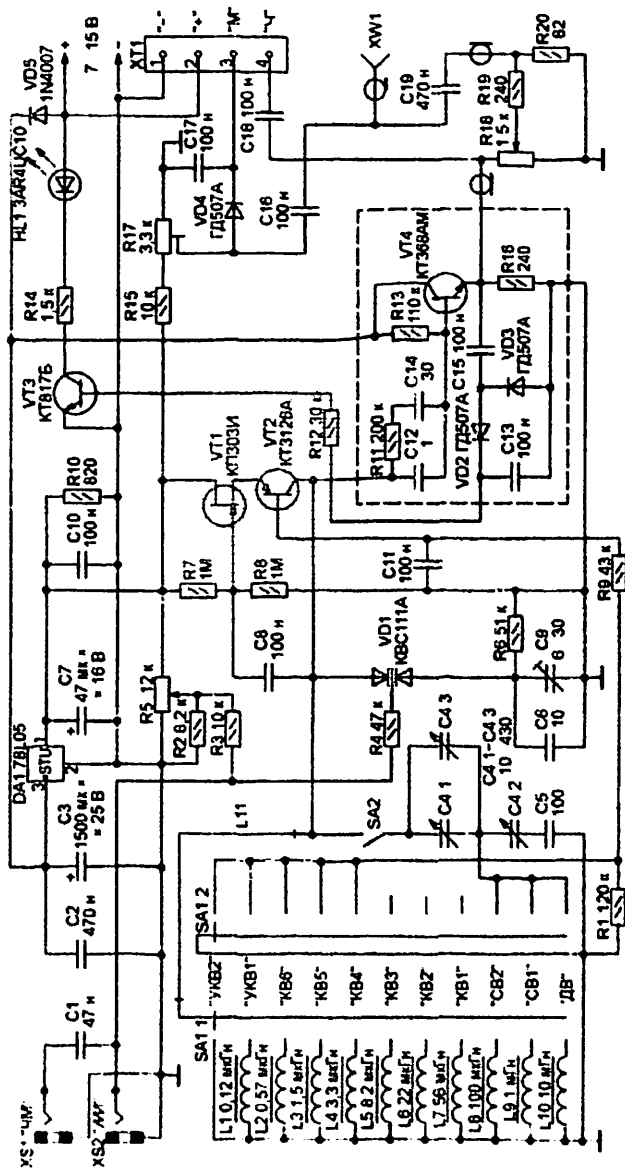
variant



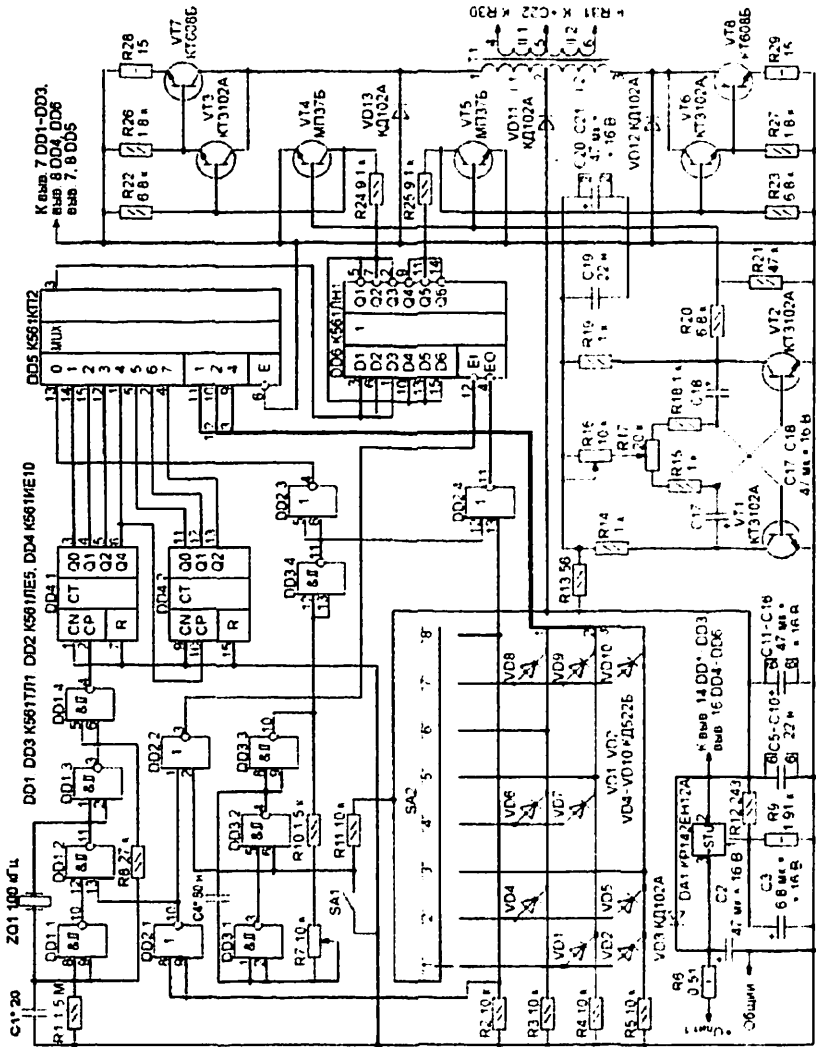
9-variant



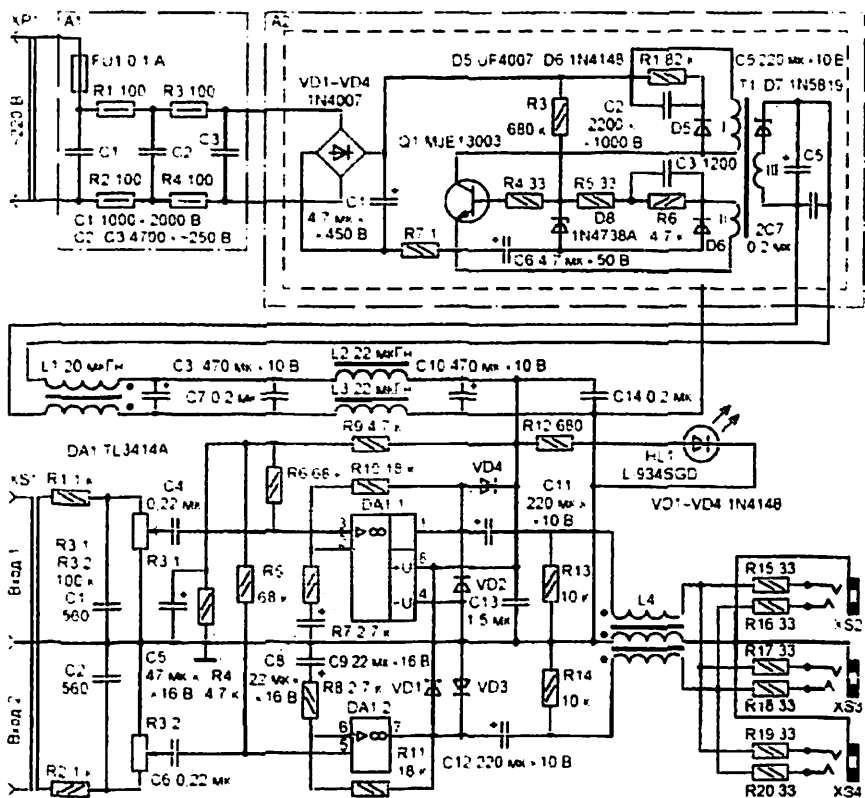
10-variant



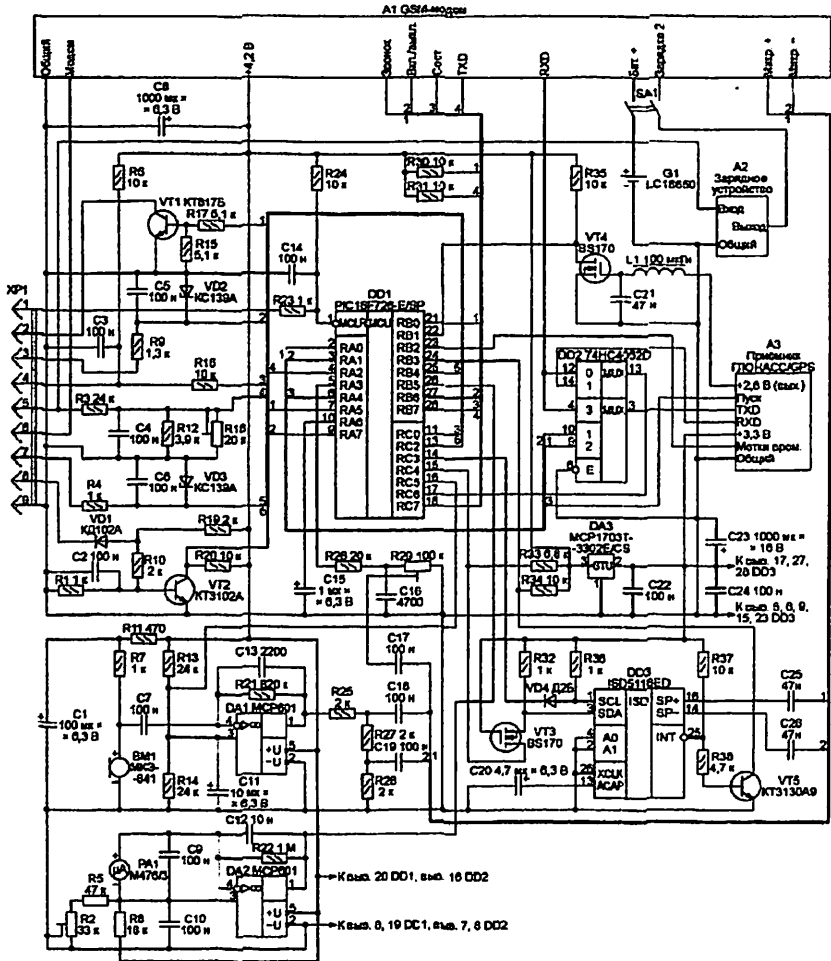
11-variant



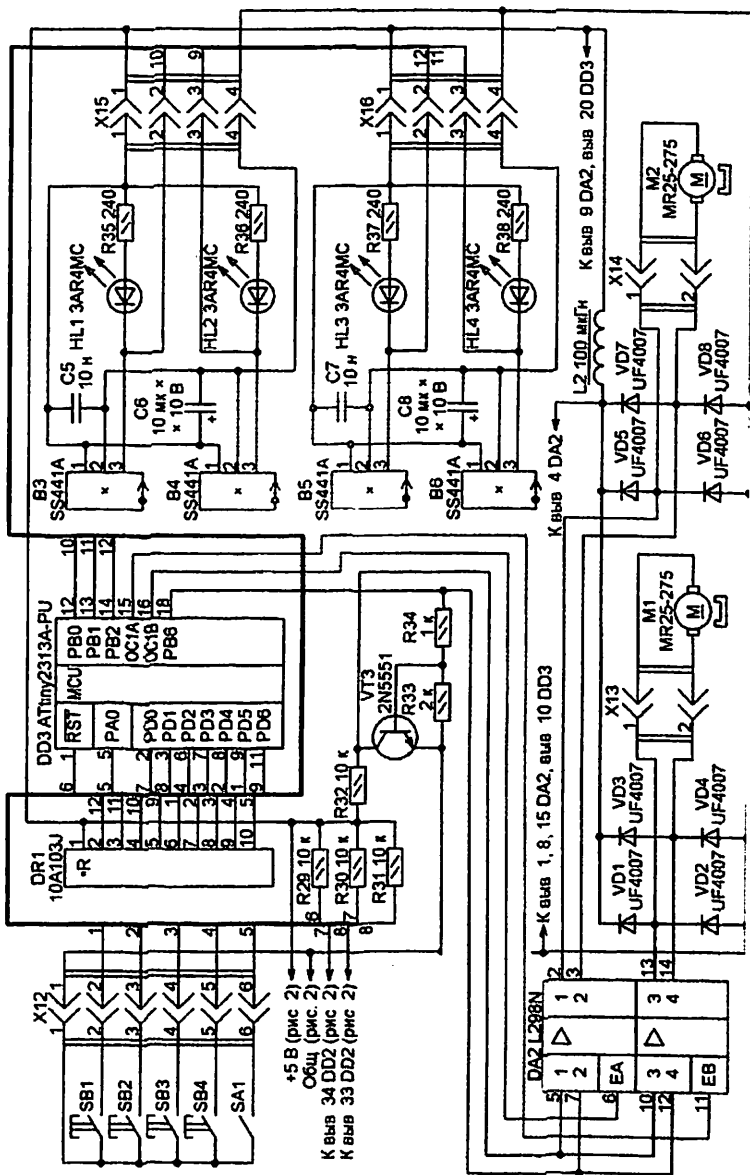
12-variant



13-variant



14-variant



15-variant

ATAMALAR RO'YXATI

T/r	Atamalar	Mazmuni
1	Ishonchlilik Reliability, dependability	Obyektning shunday xususiyati bo'lib, bunda obyektga belgilangan rejimlarda texnik xizmat ko'rsatish, saqlash va transportirovka qilish sharoitida talab qilingan funksiyalarni bajarish qobiliyatini o'rnatilgan chegaralarda parametrlarining barcha qiymatlarini vaqt davomida qolishini tavsiflaydi. <i>Eslatma.</i> Ishonchlilik obyektning kompleks xususiyati bo'lib, u obyektning maqsadiga va uning qo'llanish sharoitiga bog'liq holda rad etishsiz, uzoq muddatlilik, ta'mirlashga yaroqlilik hamda saqlanuvchanlik yoki ushbu xususiyatlarning ma'lum kombinatsiyalarini o'z ichiga olishi mumkin.
2	Rad qilmaslik Reliability, failure-free operation	Biror vaqt davomida yoki ishlash davomida obyekt o'zining ishlash qobiliyatini uzluksiz saqlab turish xususiyati.
3	Uzoq muddatlilik Durability, longevity	O'rnatilgan texnik xizmat ko'rsatish tizimi va ta'mirlashda chegara holat boshlanishigacha obyekt o'zining ishga yaroqli holatini saqlab turishi.
4	Ta'mirlashga yaroqlilik Maintainability	Texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash yo'li bilan ishga yaroqlilik holatni saqlab qolish va tiklashga moslashishdan iborat obyektning xususiyati.
5	Saqlanuvchanlik Storability	Obyektning xususiyati bo'lib, saqlash, tashish va undan keyingi kerakli funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflovchi parametrlarning belgilangan chegaralarida saqlashi.
6	Soz holat Ishga yaroqlilik Good state	Normativ-texnik va loyiha hujjatlarining barcha talablariga javob beradigan obyektning holati.
7	Nosoz holat Nosozlik Fault, faulty state	Obyektning me'yoriy-texnik va loyihalash hujjatlarining kamida bitta talabiga javob bermaydigan holati.

8	Ishga yaroqlilik holat Ishga yaroqlilik Up state	Belgilangan funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflovchi barcha parametrlarning qiymatlari normativ-texnik va loyihalash hujjatlari talablariga mos keladigan obyektning holati.
9	Ishga yaroqsiz holat Ishga yaroqsizlik Down state	Belgilangan funksiyalarni bajarish qobiliyatini tavsiflovchi kamida bitta parametrlarning qiymati normativ-texnik va loyihalash hujjatlari talablariga javob bermaydigan obyektning holati. <i>Eslatma.</i> Murakkab obyektlar uchun ularning ishlamaydigan holatlarini ajratish mumkin. Shu bilan birga, ishlamaydigan holatlar to'plamidan qisman ishlamaydigan holatlar ajratiladi, ularda obyekt zarur funksiyalarni qisman bajara olishga qodir.
10	Rad etish Failure	Obyektning ishga yaroqliligini buzadigan holat.
11	To'satdan rad etish Sudden failure	Bir yoki bir nechta obyekt parametrlari qiymatlarining keskin o'zgarishi bilan tavsiflangan nosozlik.
12	Asta-sekin rad etish Gradual failure	Obyektning bir yoki bir nechta parametrlari qiymatlarining asta-sekin o'zgarishi natijasida yuzaga keladigan nosozlik.
13	Uzilish Interruption	O'z-o'zidan bartaraf etiladigan rad etish yoki operatorning ahamiyatsiz aralashuvi bilan bartaraf etiladigan rad etish.
14	O'tishli rad etish Intermittent failure	Bir xil xarakterga ega bo'lgan o'z-o'zidan bartaraf etiladigan rad etishning ko'p marta paydo bo'lishi.
15	Rad etishgacha ishlash Operating time to failure	Obyektning ishga tushirishdan boshlab, birinchi rad etishga qadar ishlashi.
16	Rad etishlar orasidagi ishlash Operating time between failures	Obyekt qayta tiklanish tugagandan boshlab uning ishchi holatini keyingi rad etishgacha ishlashi.
17	Qayta tiklanadigan ob'jekt Restorable item	Ko'rib chiqilayotgan vaziyatda normativ-texnik va loyiha hujjatlarida ish holatini tiklash nazarda tutilgan obyekt.

18	Qayta tiklanamaydigan ob'yeht Nonrestorable item	Ko'rib chiqilayotgan vaziyatda normativ-texnik va loyiha hujjatlarida ish holatini tiklash nazarda tutilmagan obyekt.
19	Ishonchlilik ko'rsatkichi Reliability measure	Obyektning ishonchliligini tashkil etuvchi bir yoki bir nechta xususiyatlarning tashkil etuvchi xususiyatlari.
20	Ishonchlilikni kompleks ko'rsatkichi Integrated reliability measure	Obyektning ishonchliligini tavsiflovchi bir nechta xususiyatlarni tashkil etuvchi ishonchlilik ko'rsatkichi.
21	Zaxiralash Redundancy	Kerakli funksiyalarni bajarish uchun zarur bo'lgan minimal miqdorga nisbatan ortiqcha qo'shimcha mablag'lar va imkoniyatlardan foydalangan holda obyektning ishonchliligini ta'minlash usuli.
22	Umumiy zaxiralash Whole system redundancy	Obyekt butunligicha zaxiralangandagi holati.
23	Almashtirish bilan zaxiralash Standby redundancy	Asosiy elementning funksiyalari faqat asosiy element rad etishi tugagandan so'ng zaxiraga o'tkaziladi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Радиотехнические системы: учебное пособие / М. Ю. Застела [и др.]; под общей редакцией М. Ю. Застела. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 495 с.
2. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 704 с.
3. Основы надежности электронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова; под. ред. Н.П. Ямпурин - М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 240 с.
4. Надежность технических систем: учебник для студ. высш. учеб. заведений/В.Ю. Шишмарев.-М.: Издательский центр «Академия»,2010.-304 с.
5. В.В. Жаднов. Расчет надежности электронных модулей: научное издание. — М.: «Солон-Пресс», 2016. — 232 с.
6. Давронбеков Д.А. Методы оценки надежности цифровых элементов радиотехнических систем: монография. — Т.: ТАТУ, 2017. — 168 с.
7. Давронбеков Д.А. Один из подходов к понятию сложной радиотехнической системы // Вестник ТУИТ. -2008. - №4. - С.53-57
8. С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян. Расчёт показателей надёжности радиоэлектронных средств: учеб.-метод. пособие / под ред. С. М. Боровикова. - Минск: БГУИР, 2010. - 68 с.
9. Дианов В.Н. Диагностика и надежность автоматических систем: Учебное пособие. 2-е изд., стереотипное. — М.: МГИУ, 2005. — 160 с.
10. Науменко А.П. Введение в техническую диагностику и неразрушающий контроль: учеб. пособие / А.П.Науменко; Минобрнауки России, ОмГТУ. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019. - 152 с.
11. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Учеб. пособие для вузов/ Е.С.Вентцель, Л.А.Овчаров. — 4-е изд., стер. — М.: Высш.шк., 2007. — 491 с.
12. Тутубалин В.Н. Теория вероятностей: учебное пособие для высш. учеб.заведений / В.Н.Тутубалин.-М.: Издательский центр «Академия», 2008.-368 с.
13. Соколов Г.А. Основы теории вероятностей: Учебник. — 2-е изд. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 340 с.
14. Теория надежности. Статистические модели: учеб.пособие/ А.В. Антонов, М.С. Никулин, А.М. Нижулин, В.А. Чепурко. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 576 с.
15. Комаров Ю.Л. Надёжность радиоэлектронной аппаратуры. Учебное пособие Казанского Гос. Тех. Университета. 2005.г. - 85 с.

16. Матвеевский В.Р. Надежность технических систем. Учебное пособие - Московский государственный институт электроники и математики. М., 2002 г. -113 с.
17. Давронбеков Д.А., Турсунов Б.Б. Резервирование как способ повышения надежности радиотехнических систем // Вестник ТУИТ.-2011.- №1-С.90-93.
18. Давронбеков Д.А. Методика оценки надежности программного обеспечения МКСУ РЭА // Вестник ТУИТ.-2013.-№4.-С.80-91.
19. И.Я. Козырь. Качество и надежность интегральных схем. – М.: Вышш. шк., 1987. – 144 с.
20. Кейджян Г.А. Прогнозирование надежности микроэлектронной аппаратуры на основе БИС. – М.: Радио и связь, 1987. – 152 с., ил.
21. Гайтан В.В. Интегральные микросхемы. Структурные решения, параметры, номенклатура: Учеб.пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2006. - 109 с.
22. Угрюмов Е. П. Цифровая схемотехника: учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 816 с.
23. Невлюдов И.Ш., Шостак Б.А., Бабай О.Н., Юрьева С.В. Диагностика микросхем памяти в микропроцессорных устройствах// Радиозлектроника, информатика, управление, 2010, №1, с.87-93.
24. Вихарев Л. Микросхемы энергонезависимой памяти: накануне революции // Компоненты и технологии, 2003, № 9, с.62-65.
25. Вихарев Л. Перспективные технологии производства памяти. Современное состояние // Компоненты и технологии, 2006, № 12, с.78-85.
26. Соколов М., Гришин А. Магниторезистивная память MRAM - быстродействующие ОЗУ и ПЗУ в одной микросхеме // Электронные компоненты. - 2007. - № 1. - С. 88-93.
27. Ермаков И.В., Шелепин Н.А. Конструктивные принципы реализации элементов ЭСПЗУ в КМОП-технологии // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2014. - №2. - С. 82-88.
28. А.Н. Севрюков, А.В. Зубаков. Резервирование строк в сложнфункциональных блоках статических ОЗУ// Электросвязь.- 2011. - №12. - С.46-47.
29. Огнев И.В., Сарычев К.Ф. Надежность запоминающих устройств. – М.: Радио и связь, 1988. – 224 с.
30. С.В. Ярмольник. Анализ методов тестирования флэш-памяти/ Доклады БГУИР. – 2010. - №4 (50). - С.62-68.
31. Pieter Harpe, Andrea Baschiroto, Kofi A.A. Makinwa. High-Performance AD and DA Converters, IC Design in Scaled Technologies, and Time-Domain Signal Processing: Advances in Analog Circuit Design / Softcover reprint of the original 1st ed. – Springer. - 2015 edition – 418 p.

32. Манойлов В.В. Аппаратные средства систем автоматизации аналитических приборов. - СПб: НИУ ИТМО, 2012. -125 с.
33. В.А. Никамин. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Справочник. - Спб.: КОРОНА принт; М.: «Альтекс-А», 2003. - 224 с.
34. Корнев Е.А. Схемотехника цифровых, аналого - цифровых и цифро - аналоговых устройств: Учебное пособие.-Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005.-106 с.
35. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 3-е изд. стер. - М.: Додэка-XXI, 2011. - 528 с.
36. Новожилов О.П. Электроника и схемотехника. В 2 ч. Часть 2: Учебник / О.П. Новожилов. - М.: Издательство Юрайт, 2018. - 421 с.
37. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер; пер. с англ. С. А. Кулешова под ред. А. Б. Сергиенко. - 2-е изд., испр. - Москва: Техносфера, 2009. - 856 с.
38. В.В. Логвинов. Приемники систем фиксированной и мобильной связи: Учебное пособие. - М.: СОЛОН-Пресс, 2016. - 816 с.
39. Simon Haykin, Barry Van Veen. Signals and Systems / Second edition. - Wiley:- 2007. - 820 p.
40. Калабеков Б.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. - М.: Горячая линия – Телеком, 2000. - 336 с.
41. Raj Kamal. Microcontrollers - Architecture, Programming, Interfacing and System Design / Dorling Kindersley (India), 2 edition. - 2011.- 861 p.
42. Р.Х. Джураев, Ш.Ю. Джаббаров, Ж.Б. Балтаев. Системы технического обслуживания и эксплуатации сетей телекоммуникации. Учебник. - Т.: "Aloqachi", 2019. - 234 с.
43. Сафарбаков А.М., Лукьянов А.В., Пахомов С.В. Основы технической диагностики: учебное пособие.-Иркутск: ИрГУПС, 2006.- 216 с.
44. Нарышкин А.К. Цифровые устройства и микропроцессоры: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Александр Кириллович Нарышкин. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 320 с.
45. Алхимов Ю.В. Микропроцессоры и цифровые системы в неразрушающем контроле: учебное пособие / Ю.В.Алхимов.-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 245 с.
46. Джураев Р.Х., Джаббаров Ш.Ю., Янгалиев Ф. Ш. Программа моделирования сигнатурного метода диагностики цифровых устройств // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство № DGU 01244, 26.03.2007.
47. Г. Майерс. Надежность программного обеспечения / Перевод с англ. - Издательство «Мир», Москва, 1980. - 360 с.
48. Липаев В.В. Тестирование компонентов и комплексов программ. Учебник. - М.: СИНТЕГ, 2010. - 270 с.

49. Программное обеспечение: учебное пособие / О.Л.Голицына, Т.Л.Партыка, И.И.Попов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. – 448 с.

50. Надежность и безопасность программного обеспечения: учеб. пособие / О.В. Казарин, И.Б. Шубинский. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 342 с.

51. Оценка качества программного обеспечения: Практикум: учебное пособие / Б.В.Черников, Б.Е.Поклонов; под ред. Б.В.Черникова. - М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2018. – 400 с.

52. Петров Ю.П. Обеспечение достоверности и надежности компьютерных расчетов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 160 с.

53. Отчет по научно-исследовательской работе «Исследование и разработка методики оценки надежности программного обеспечения систем управления радиоэлектронной аппаратуры». – Ташкентский университет информационных технологий. – Ташкент, 2013. – 45 с.

54. Березкин Е.Ф. Надежность и техническая диагностика систем: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 244 с.

55. Солодов В.С., Калитёнков Н.В. Надежность радиоэлектронного оборудования и средств автоматики: Учебное пособие. – 2-е изд. испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 220 с.

56. Величко В.В., Попков Г.В., Попков В.К. Модели и методы повышения живучести современных систем связи. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 270 с.: ил.

57. Ромашкова О.Н., Дедова Е.В. Живучесть беспроводных сетей связи в условиях чрезвычайной ситуации // Т-Comm. 2016. -№6. -с.40-43

58. Синтез и анализ живучести сетевых систем: монография / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2007. – 152 с.

59. Ajit Kumar Verma, Srividya Ajit, Durga Rao Karanki. Reliability and Safety Engineering. Second Edition. Springer-Verlag London 2016. – 572 p.

60. library.tuit.uz

61. www.ziyonet.uz

62. Д. Давронбеков. Надежность радиотехнических систем: учебник. – Ташкент. – Tafakkur tomchilari. 2021. -192 с.

63. Davronbekov D.A., Matyokubov O'K. Mobil aloqa tizimlari ishonchligini baholash model va algoritmlari: monografiya. – Buxoro. – Durdona, 2022. – 122 b.

64. U.K. Matyokubov, D.A. Davronbekov, “Some issues of improving the survivability of mobile communication systems in emergency situations”, Central Asian Problems of Modern Science and Education, no.3, pp. 197-215, 2020.

65. D.A. Davronbekov, U.K. Matyokubov "The role of network components in improving the reliability and survivability of mobile communication networks", Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent, no.10(3):2, pp. 7-14, 2020.

66. D.A. Davronbekov, O'.K. Matyokubov "Mobil aloqa tizimi elementlaridagi buzilishlarni prognozlash orqali tizim yashovchanligini oshirish", Muhammad al-Xorazmiy avlodlari, no.1, pp.85-89, 2020.

67. D.A. Davronbekov, O'.K.Matyokubov "Telekommunikatsiya tarmoqlari yashovchanligini ta'minlashning ba'zi masalalari", Axborot-kommunikasiyalar: tarmoqlar, texnologiyalar, yechimlar, vol. (54) 2020, no.2, pp. 25-32, 2020.

68. Matyokubov O'.K. Mobil aloqa tizimlari ishonchlilikini baholash model va algoritmlarini ishlab chiqish // texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori darajasini olish uchun dissertatsiya, Toshkent, 2021.

69. D.A. Davronbekov, U.K. Matyokubov, M.I. Abdullaeva, "Evaluation of reliability indicators of mobile communication system bases", Bulletin of TUIT: Management and Communication Technologies, vol. 3, Article 1, 2020.

70. D.A. Davronbekov, U.K. Matyokubov, "Reliability of the BTS-BSC System with Different Types of Communication Lines Between Them", International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, vol. 9, no. 4, pp. 6684 – 6689, 2020.

71. D.A.Davronbekov, U.K.Matyokubov, "The effect of the number of backup communication lines in the BTS-BSC system on reliability", Scientific Collection «InterConf», №40. Proceedings of the 2 nd International Scientific and Practical Conference «Scientific community: interdisciplinary research», January 26-28, 2021, Hamburg, Germany: 2021, pp. 679-684, 2021.

72. U.K. Matyokubov, D.A. Davronbekov, "The Impact of Mobile Communication Power Supply Systems on Communication Reliability and Viability and Their Solutions", International Journal of Advanced Science and Technology. vol. 29, no. 5, pp. 3374 – 3385, 2020.

73. Davronbekov Dilmurod and Matyokubov Utkir Karimovich (2021) "Calculate the reliability of the BTS-BSC network with the reserved line connection," Chemical Technology, Control and Management: Vol. 2021: Iss.1, Article11. DOI: <https://doi.org/10.34920/2021.1.76-84>

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I-QISM. NAZARIYA.....	5
1-bob. ISHONCHLILIK ATAMALARI VA TA'RIFLARI.....	5
1.1. Tizim va element tushunchasi.....	5
1.2. Holatlar va hodisalar.....	6
1.3. Ishonchlilik tushunchasi.....	10
Nazorat savollari.....	12
2-bob. ISHONCHLILIKNING MIQDORIY KO'RSATKICHLARI.....	13
2.1. Qayta tiklanmaydigan obyektlarning rad etmaslik ko'rsatkichlarini taqdim etishning statistik va ehtimollikli shakllari.....	13
2.2. Rad etmasdan ishlash ehtimolligi va rad etish ehtimolligi.....	14
2.3. Rad etishlar taqsimoti zichligi.....	16
2.4. Rad etishlar intensivligi.....	177
2.5. Rad etishgacha o'rtacha ishlash vaqti.....	19
Nazorat savollari.....	20
3-bob. ISHONCHLILIK KO'RSATKICHLARI TAQSIMOT QONUNLARI.....	21
3.1. Eksponensial taqsimot.....	21
3.2. Normal taqsimot.....	24
Nazorat savollari.....	27
4- bob. QAYTA TIKLANMAYDIGAN VA TIKLANADIGAN TIZIMLARNING ISHONCHLILIGI.....	28
4.1. Qayta tiklanmaydigan tizimlarning ishonchliligi.....	28
4.2. Qayta tiklanadigan tizimlarning ishonchliligi.....	31
Nazorat savollari.....	35
5-bob. TIZIMLARNING ISHONCHLILIGINI HISOBLASH USULLARI.....	36
5.1. Ishonchlilikning tuzilish modellari.....	36
5.2. Ishonchlilikni hisoblash usullari.....	37
Nazorat savollari.....	46
6- bob. ISHONCHLILIKNI OSHIRISH USULLARI.....	47
6.1. Radiotexnik qurilmalar va tizimlarning ishonchliligini oshirish usullari.....	47
6.2. Radiotexnik tizimlarida zaxiralash.....	49
Nazorat savollari.....	52
7-bob. INTEGRAL MIKROXEMALARNING ISHONCHLILIGI.....	53
7.1. Integral mikrosxemalarning tushunchasi.....	53
7.2. Integral mikrosxemalar parametrlarini nazorat qilish usullari.....	54
7.3. Integral mikrosxemalar ishonchliligini bashoratlash.....	58
Nazorat savollari.....	62
8-bob. XOTIRADA SAQLASH QURILMALARINI TESTLASHNING O'ZIGA XOS XUSUSIYATLARI.....	63
8.1. Xotira mikrosxemalarining tasniflanishi.....	63

8.2. Xotirada saqlash qurilmalaridagi rad etishlar va uzilishlar	66
8.3. Xotirada saqlash qurilmalarining ishonchli islashini ta'minlash usullar va choralari	69
Nazorat savollari	71
9-bob. TIZIMLARNI DIAGNOSTIKA QILISH VA NAZORAT QILISH	72
9.1. Texnik diagnostikaning asosiy tushunchalari va ta'riflari	72
9.2. Nazorat va diagnostika qilish vazifalari	76
9.3. Tizimlarning texnik diagnostikasi	78
Nazorat savollari	811
10-bob. DASTURIY TA'MINOTNING ISHONCHLILIGI	82
10.1. Dasturiy ta'minotning ishonchliligi tushunchasi	82
10.2. Dasturiy ta'minotning ishonchliligini baholash uchun modellar	87
Nazorat savollari	94
11-bob. ALOQA TIZIMLARINING YASHOVCHANLIGI	95
11.1. Aloqa tizimlarining yashovchanligi tushunchasi	95
11.2. Aloqa tizimlari yashovchanligining asosiy xususiyatlari	96
11.3. Mobil aloqa tarmog'ining yashovchanlik mezonlari	98
Nazorat savollari	102
II-QISM. MASALAR VA ULARNI YECHISHGA DOIR USLUBIY KO'RSATMALAR	103
1-amaliy mashg'ulot. Ishonchlilik atamalari va ta'riflari	103
2-amaliy mashg'ulot. Tuzilmaviy-mantiqiy sxemalarning ishonchliligini hisoblash	107
3-amaliy mashg'ulot. Qayta tiklanmaydigan obyektlarning ishonchliligi ko'rsatkichlarini hisoblash	114
4-amaliy mashg'ulot. Qayta tiklanadigan obyektlarning ishonchliligi ko'rsatkichlarini hisoblash	119
5-amaliy mashg'ulot. Integral mikrosxemalarning ishonchliligini hisoblash	126
6-amaliy mashg'ulot. Xotirada saqlash qurilmalarining ishonchliligini hisoblash	129
7-amaliy mashg'ulot. Zaxiralashli tizimning ishonchliligini hisoblash	144
8-amaliy mashg'ulot. Dasturiy ta'minotning ishonchliligini hisoblash	148
III-QISM. "DISKRET ELEMENTLARDAGI RADIOTEXNIK QURILMANING ISHONCHLILIGINI HISOBLASH" HISOBLASH-GRAFIK ISHI	159
1-ILOVA	163
2-ILOVA	167
ATAMALAR RO'YXATI	182
ADABIYOTLAR RO'YXATI	185

Dilmurod Davronbekov, O'tkir Matyokubov

RADIOTEKNIK QURILMALARINING ISHONCHLILIGI

MUHARRIR: O. JUMABOYEV
TEKNIK MUHARRIR: O. MUXTOROV
MUSAHHIH: H. SAFARALIYEV
SAHIFALOVCHI: S. MUXTOROV

Nashriyot litsenziyasi



4428

Bosishga ruxsat etildi 14.02.2023.
Bichimi 60x84 ¹/₁₆. Ofset qog'ozi.
Ofset bosma usulida bosildi.
"Cambria" garniturasida. Shartli bosma taboq 18.
Adadi 50 nusxa.

"FAN VA TA'LIM" nashriyoti
Toshkent shahri, Shayxontohur tumani,
Navoiy ko'chasi, 30-uy.
Tel: +998 94 664 40 03.

Original maket
"FAN VA TA'LIM" nashriyotida tayyorlandi.
"FAN VA TA'LIM" nashriyoti bosmaxonasida chop etildi.