

A. KASIMAXUNOVA, R. NURDINOVA

# AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI ASOSLARIDAN LABORATORIYA ISHLARI



“IQTISOD-MOLIYA”



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI

A. KASIMAXUNOVA, R. NURDINOVA

# AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI ASOSLARIDAN LABORATORIYA ISHLARI

Oliy o'quv yurtlarining «Elektrotexnika, elektrotexnologiya,  
elektromexanika», «Axborot va axborot texnologiyalari» hamda  
«Asbobsozlik» mutaxassisliklari uchun mo'ljallangan o'quv qo'llanma

Toshkent  
"IQTISOD-MOLIYA"  
2007

larni  
bilan  
niqot  
lash,  
irlar  
rini  
iga  
adi.  
irok  
aliy  
lari  
iri-  
shi

bir  
li-  
an  
va  
iy  
ni  
ab

i,  
u

b  
g  
i

.  
i  
i

**Taqrizchilar:** texnika fanlari nomzodi, dotsent **A.T.Imomnazarov**;  
texnika fanlari nomzodi, dotsent **X.Sharofutdinov**;  
dotsent **M.Najimutdinov**

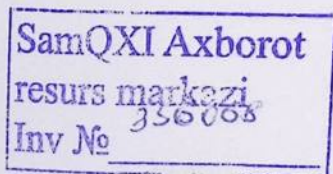
Kasimaxunova A.M.

- K27 Avtomatik boshqarish nazariyasi asoslaridan laboratoriya ishlari.**  
Oliy o'quv yurtlarining «Elektrotexnika, elektrotexnologiya, elektromexanika», «Axborot va axborot texnologiyalari» hamda «Asbobsozlik» mutaxassisliklari uchun o'quv qo'llanma/ A.M. Kasimaxunova, R.A. Nurdinova; O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi. – T.: «IQTISOD-MOLIYA», 2007, 240 b.  
R.A. Nurdinova

O'quv qo'llanma Oliy o'quv yurtlarida bakalavr darajasini olish uchun ta'lim olayotgan talabalarga avtomatik boshqarish va rostlash tizimlari ustidan nazariy va amaliy tadqiqotlarni laboratoriya sharoitlarida olib borish yo'l-yo'riqlarni o'rgatish uchun tayyorlangan bo'lib, unda o'quvchilarga ishni tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar, har bir ishning vazifasi, dasturi, eksperimentlar o'tkazish tartibi va uni tahlil qilish uchun tavsiyalar hamda ish bo'yicha hisobotlar tayyorlash, nazorat savollari berilgan laboratoriya ishlarining bayonlari o'rin olgan.

O'quv qo'llanmadan magistrlar ham foydalanishi mumkin.

**BBK 32.965я73**



## KIRISH

### Laboratoriya ishlarini tashkil etish va o'tkazish tartibi

Avtomatik boshqarish va rostdash fanidan laboratoriya ishlari talabalarni avtomatik boshqaruv tizimlarining elementlari va bo'g'inlari bilan tanishtirib, nazariyotning asosiy qonunlarini tajriba yo'li bilan tadqiqot qilish, barqarorlikda tekshirish va o'tish jarayoni hodisalarini tahlil qilish, zamonaviy kompyuterlar bilan turli mashina tillarida tuzilgan dasturlar orqali aloqa qilish, shu bilan bir qatorda, elektr jihozlarini, asboblarini ishga tushirish, sozlash apparatlarini va o'lchash asboblarini o'z ichiga olgan elektrik sxemalarini yig'ish ko'nikmalarini egallash imkoniyatini beradi. Laboratoriya xonalarida talabalarining eksperiment o'tkazishda bevosita ishtirok etishi, tajriba o'tkazish usullari va natijalariga ishlov berishda amaliy malakasining shakllanishiga olib keladi. O'tkazilayotgan tadqiqot natijalari bo'yicha talabalar avtomatik tizimlarning barqarorligi va o'tish jarayonlarining sifat ko'rsatkichlari haqida baholash ishlarini olib borishga o'rganishi lozim.

Fanni chuqur o'zlashtirishda eng muhim shart, talabani har bir laboratoriya ishini o'tkazish uchun ko'rgan tayyorgarligi, ishning maqsadini va mazmunini tushunishi sanaladi. Shuning uchun ishni boshlashdan oldin, talaba, avvalo, quyidagilarni bajarishi shart: ishning mazmuni va bajarish tartibini o'rganishi, ishni bajarish bilan bog'liq bo'lgan nazariy ma'lumotlarni qaytadan o'qib chiqishi, kuzatish va hisoblashlar natijalarini yozib olish uchun kerak bo'lgan qatorlarga ega bo'lgan jadvallarni tayyorlab olishi kerak.

Olib borilgan ishlar bo'yicha har biriga hisobotlar rasmiylashtirilishi, unga natijalar hamda ularning tahlili, xulosalari kiritilgan bo'lishi va shu yozma ravishda tayyorlangan ish bo'yicha sinovdan o'tishlari lozim.

Laboratoriya ishlarini talabalar 3-5 kishidan iborat guruhlariga bo'linib olib boradilar. Guruh tarkibidagi talabalarining bunday soni bir paytning o'zida bir necha o'lchov asbobidan talaygina ko'rsatkichlarni yozib olishi va tekshirilayotgan obyektning bir necha parametrini sozlashi bilan aniqlanadi. Eksperiment jarayonida guruhning har bir a'zosi ma'lum bir vazifani bajaradi. Navbatdagi tajriba o'tkazish ishlarida esa guruh a'zolarining vazifalari shunday o'zgartirilishi joizki, har bir guruh a'zosi laboratoriya

ilmiy-tadqiqot ishlarining turlicha ko'rinishlarida ham malaka orttirsin. Hisobotni o'qituvchi ko'rigidan o'tkazishda va sinovdan o'tishda bu o'quv hujjati o'z ishiga zarur bo'lgan sxemalar, jadvallar va grafiklarni to'g'ri hamda aniq holda tasvirga tushira olgan bo'lsa va talaba o'qituvchining bergan savollariga tekshirilayotgan obyektning tuzilishi ishlash qonuniyatlarini bilishligini ko'rsatgan holda, fizik jarayonlarni olingan natijalar va matematik formulalar bilan bog'lab javob bersa, laboratoriya ishi bajarilgan, deb qabul qilinadi. Shu bilan bir qatorda, talaba sxemaning barcha elementlarining vazifalarini bilishi va laboratoriya ishiga taalluqli bo'lgan har qanday eksperimentni, hisob-kitobning mohiyatini tushuntirib bera olishi kerak.

### **«Avtomatik rostdash va boshqarish tizimlari» fani bo'yicha laboratoriya xonasida rioya qilinishi kerak bo'lgan texnika xavfsizligi qoidalari**

Ushbu laboratoriya xonasida ishlatiladigan asboblardan va qurilmalarning taxminan to'qson foizi, elektr energiyasi bilan oziqlanganligi sababli, xona ichida ish olib boruvchi har bir xodim, o'qituvchi va talabalar texnika xavfsizligi qoidalariga qat'iy rioya qilmoqliklari lozimdir.

Ko'pincha, avtomatik rostdash va boshqarish tizimlarining ishlash qonuniyatlari asosida elektr energiyasini bir turdan ikkinchi turga aylanish jarayoni o'rin tutgani uchun, ko'pchilik hollarda, yuqori konsentratsiyaga ega bo'lgan issiqlik energiyasi, yorug'lik energiyasi hamda katta qiymatlarga ega bo'lgan tok va kuchlanish ostida bo'lgan uskunalarga ro'baro' bo'lish kutiladi. Bunday paytlarda yuz berishi mumkin bo'lgan ko'ngilsiz hodisalarning oldini olish uchun talabalarga har bir asbob, yoki qurilmadan ongli ravishda, nazariy bilimlarini qayta tekshirilgan holda, texnika xavfsizligi qoidalarini nazarda tutib ish olib borish joiz ekanligi uqtiriladi. Ozigina ehtiyotsizlik, shoshma-shosharlik, loqaydlik va o'zboshimchalik bilan elektr sxemalarni, stendlarni ulab qo'yish, elektr toki ostida qolish, nurlanish kabi baxtsiz hodisalarni keltirib chiqaradi. Talaba ishga tushishdan oldingina emas, balki shu xonaga qadam qo'ygan chog'idanoq, xavfsizlik qoidalarini yodida tutishi kerak. Laboratoriyada ishlatiluvchi, harorati 1600°S gacha boradigan elektr qarshilik sandonini maqsadsiz ulanib qolishi xavflidir. Ishchi toklari bir necha yuz amperni, qisqa tutashuv toklarining qiymati esa bir necha kiloampelni tashkil etuvchi elektr qurilmasining nazoratsiz qolishi, yoki bexos ulanib qolishi tuzatib bo'lmaydigan ko'ngilsiz hodisalarga olib keladi. Shuning uchun talabalar laboratoriyada o'ta ehtiyotkor bo'lib, quyidagi texnika xavfsizligi qoidalariga rioya qilishlari dardkor:

1) talabalar laboratoriyalarda bo'lgan paytlarida o'ta ehtiyotkor, intizomli va hushyor bo'lishlari kerak; o'qituvchi va laborantlarning barcha ko'rsatmalarini og'ishmay bajarishlari va faqat tekshirilayotgan laboratoriya dastgohi oldida bo'lishlari kerak;

2) boshqa qurilmalar va jihozlarga, taqsimlovchi punktlarga, pultlarga yaqinlashish va ularni o'chirib-yoqish ishlarini o'zboshimchalik bilan bajarish qat'iy taqiqlanadi; kuchlanish ostida bo'lgan sxemani uning izolatsiya qilinmagan tok o'tkazuvchi qismiga kimdir tegib turgan bo'lsa ulash, sxema ulanishini almashtirish, elektr mashinalari ishlab turganda uning aylanuvchi qismlariga tegish yoki ustiga yaqin masofada egilish, laboratoriya qurilmasini yoki uning kuchlanish ostida bo'lgan ayrim asboblarni kuzatuvsiz qoldirish mutlaqo mumkin emasdir;

3) siljigichlar yoki ishga tushirish apparaturalarining dastagi jildirilganda, albatta, qo'l izolatsiya qilingan dastagiga tegib turganligiga ishonch hosil qilish kerak;

4) talabalarning kiyimida bo'yin va bosh ro'mollari, bo'yinbog'lari va boshqa narsalarning uchlari osilib turmasligi, sochning turmaklangani va bosh kiyimdan sochning osilib turmasligini ta'minlash joiz;

5) agar sxemada kondensator bo'lsa, uni o'chirgandan so'ng chiqish simlarini qisqa tutashtirib, zaryadsizlantirib qo'yish zarur;

6) laboratoriya qurilmasi bilan ishlaganda talabalar har bir laboratoriya qurilmasi yonida to'shalgan rezina gilamchasi ustida turishi kerak;

7) qurilmaga taalluqli bo'lgan har qanday nosozlik yoki texnika xavfsizligi qoidalarining buzilishi ro'y berganda, talabalar tezda o'qituvchiga xabar berishi kerak;

8) agar baxtsiz hodisa yuz bergan bo'lsa, laboratoriya qurilmasini tezda o'chirib, jabrlanuvchiga birinchi tibbiy yordamni ko'rsatish va o'qituvchini xabardor qilish kerak;

Texnika xavfsizligi bo'yicha o'tkazilgan mashg'ulot maxsus jurnalda har bir talabaning imzosi bilan qayd etilishi lozim.

## I QISM

### 1 - LABORATORIYA ISHI

#### Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Rauss mezoni bo'yicha tekshirish

##### *I. Ishning vazifasi:*

Analitik usul sanalgan Rauss mezonidan foydalanib, avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka tekshirishga o'rganish. Kompyuter dasturlaridan foydalanish ko'nikmalariga ega bo'lish.

##### *II. Ishning maqsadi:*

1. Avtomatik boshqaruv tizimlari (ABT) ni barqarorlikka tekshirishning usullari bilan tanishish hamda fanni o'zlashtirish jarayonida talabalar olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash.

2. Barqarorlik tushunchalariga ega bo'lish.

3. Rauss mezoni uslubi bilan tanishish.

4. Kompyuter dasturini Rauss mezonidan foydalanishda qo'llash.

##### *III. Turg'unlik tushunchasi haqida umumiy nazariy ma'lumotlar*

Ish jarayonida ABTlar doimo ularni istalgan va normal holatda ishlab turgan holatidan chetlatuvchi turli xil toydiruvchi-xalaqit ta'sirlar ostida bo'ladi. ABTlarni loyihalash ishlarini bajarishda asosiy vazifalardan biri - bu hodisalarni bartaraf qilishdir.

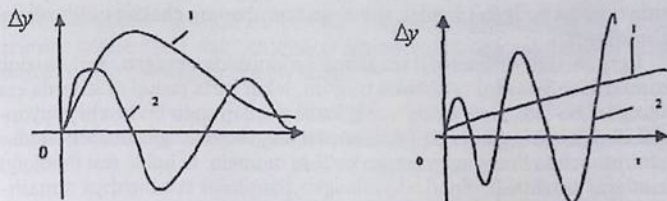
Agar ABT avvalgi normal ish rejimiga qaytishga qodir bo'lsa, u barqaror (turg'un) va demak, ishlashga layoqatli bo'ladi. Aks holda, u beqaror (noturg'un) va ishlashga layoqatsiz hisoblanadi.

Barqarorlashgan tartibdagi turg'unlikni (bunday tartib avtomatik mo'tadillastirish, pozitsiyali (holatli) kuzatuvchi tizimlarga va boshqalarga xarakterlidir) batafsilroq ko'rib chiqamiz. Agar tizimni normal tartibdan qisqa muddatli toydiruvchi ta'sirda chetlatishi ko'rilsa, barqaror tizimda bu chetlatish vaqt o'tishi bilan yo'qoladi (1a-rasm), beqaror tizimda esa, yoki o'sadi, yoki hech bir qonuniyatni aniq ifodalamaydigan egri chiziq ko'rinishida bo'ladi (1 b-rasm). Sodir bo'layotgan jarayon xarakteri nodavriy (1-egri chiziq) yoki tebranuvchi (2-egri chiziq) bo'lishi mumkin.

Toyishni bartaraf qilish bo'yicha rostlovchi ABTlarda, agar teskari bog'lanish qutbi noto'g'ri tanlansa, nodavriy usuvchi jarayon yuz berishi mumkin. Bu holda rostlagich toyishni yo'qotish o'rniga uni kattalashtiradi.

Tebranuvchi o'suvchi jarayon, tizimning nihoyatda katta kuchaytirish koeffitsiyentida boshlanishi mumkin. Bunda normal holatdan og'ish tizimni turg'un tartibiga shu qadar keskin qaytaradiki, tizim inersiya yoki kechikish tufayli, undan o'tib ketadi va yanada katta chetlatishga olib keladi va hokazo.

Tizimlarning turg'unligini tahlil qilish A.M. Lyapunov yaratgan usullarga asoslanadi.



1.1-rasm.

Chiziqli yoki chiziqlantirilgan (linearizatsiyalangan) tizimlar uchun barqarorlikning zarur va yetarli sharti sifatida, birinchi yaqinlashish tenglamasiga tuzilgan tavsifiy tenglamaning barcha ildizlari haqiqiy qismlarining manfiy ishorasi xizmat qiladi. Agar bitta ildiz musbat haqiqiy qismga ega bo'lsa xam, tizim noturg'un hisoblanadi. Shunday qilib, tizim turg'unligini aniqlash uchun uning tavsifiy tenglamalari ildizlarini bilish lozim.

Demak, avtomatik tizimlarining asosiy dinamik tavsifi turg'unlik ekan. Linearizatsiyalangan tizimlarning turg'unligi, o'tish jarayonining xarakteriga qarab, tizimning tashqi ta'siridan so'ng uchta asosiy xususiyatlardan biriga ega bo'lishi mumkin:

1. Tizim muvozanat holatiga qaytadi, boshqariluvchi o'zgaruvchi qiymati berilgandan tizimning statik xatolik kattaligi bilan farq qiladi; bunday o'tish jarayoni muvozanat holatiga yaqinlashuvchi tizim esa-turg'un bo'ladi.

2. Tizim muvozanat holatini tiklay olmaydi, o'tish o'zgaruvchisining qiymati berilgandan yanada og'adi; bunday jarayonlar tarqaluvchi deb tizimlar esa noturg'un deb yuritiladi.

3. Tizim barqarorlashgan davriy harakat bilan tavsiflanadi; bunday jarayon so'nmas tebranuvchi deyiladi, tizim esa asimptotik turg'unlik chegarasida turadi.

### IIIa. Turg'unlikni aniqlash usullari

Chiziqli tizimlarning turg'unligi tashqi ta'sir kattaligiga bog'liq bo'lmaydi; agar tizim kichik tashqi ta'sirlarda (yoki bundan keyin «kichiklarda» deb ataymiz) turg'un bo'lsa, katta tashqi ta'sirlarda ham turg'un bo'ladi. Shuning uchun chiziqli tizimlarning turg'unligini aniqlashda, «kichiklarda» tur-g'unliklarini aniqlash, ya'ni orttirma shaklidagi tenglamalar bo'yicha turg'unlikni topish yetarlidir. Bunda turg'unlikni yopiq tizimlarining tavsifiy tenglamalarining ildizlari ko'rinishida aniqlash mumkin.

Agarda tizimlarning dinamikasi, aniq doimiy koeffitsiyentlar bilan chiziqli differensial tenglamalar ko'rinishida berilsa, u holda «kichik»-larda turg'un bo'lgan tizimlar, umuman tizimlarning cheksiz turg'unligini ta'minlaydi.

Egri chiziqli differensial tenglama ko'rinishida berilgan, egri chiziqli tizimlar kichik tashqi ta'sirlarda turg'un, lekin katta tashqi ta'sirlarda esa noturg'un bo'ladi. Real tizimlarning katta qismlari sodir bo'luvchi jarayonlarni ifodalovchi egri chiziqli differensial tenglamalar, tekshirishni soddalashtirish uchun linerizatsiyalangan bo'lishi mumkin. U holda real (haqiqiy) tizimlarni tekshirish, linerizatsiyalangan tizimlarni tekshirishga almashiriladi.

Ba'zi umumiy shartlarda quyidagilar to'g'ridir (Lyapunov A.M. ning birinchi teoremasi):

1. Agar chiziqlantirilgan tizimlarni tavsifiy tenglamalari ildizlari manfiy butun bo'lmagan qismlarga ega bo'lsa, u holda haqiqiy tizim turg'undir.

2. Agar chiziqlantirilgan tizimlarning tavsifiy tenglamalari ildizlari, bittagina bo'lsa ham, musbat butun bo'lmagan qismlarga ega bo'lsa, u holda haqiqiy tizim noturg'undir.

3. Agarda chiziqlantirilgan tizimlarning tavsifiy tenglamalari ildizlaridan birortasi nolga teng bo'lsa, u holda haqiqiy sistemaning xususiyatini, uning chiziqlantirilgan tenglamasi orqali aniqlash mumkin emas.

Turg'unlik shartlarining analitik sharti shuni ko'rsatadiki, muvozanatning buzilishi oqibatida hosil bo'lgan og'ishning absolut qiymati, qandaydir oldindan berilgan qiymat  $\varepsilon$  dan kichik bo'lishi kerak:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (\Delta x(t)) \leq \varepsilon$$

Astatik tizimlar uchun sozlash xatoligi nolga teng, shuning uchun  $\varepsilon=0$  Avtomatik tizimlarining dinamik xususiyatlarini analitik tekshirish uchun, unga differensial tenglama tuzish va integrallash kerak. Bu shuni ko'rsatadiki, bizni qiziqtiruvchi vaqt bo'yicha o'zgaruvchi o'zgarish qonuni topiladi, qaysiki bu bilan, o'tish jarayoni xarakteri haqida xulosa qilish mumkin. Tizim turg'un bo'lishii uchun, tavsifiy tenglamalarning

koeffitsiyentlari yoki shu koeffitsiyentlarni qanoatlantiradigan shartlarni mate-matik sharhi - *turg'unlik mezon* (*mezon*) deb ataladi.

*IIIb. Tavsiyiy tenglamalarni olish. Chiziqli tizimlarning turg'unlik shartlari*

Yopiq tizimlarini turg'unlik mezoniga bog'liq holda tekshirish, faqatgina yopiq yoki ochiq tizimlarning tavsiyiy tenglamalarini va uning chastota funksiyalarini ko'rib chiqishni talab qiladi. Umumiy holda ochiq tizimlarni operator tenglamalari quyidagi ko'rinishga ega:

$$A(p)x_{chiq}(pp = B(p)x_{kir}(pp + C(p)z(p) \quad (1.1)$$

tavsiyiy tenglama bir jinsli differensial tenglama bilan aniqlanadi, ochiq tizimlar uchun (1.1) dan, chiqish o'zgaruvchilarining operatorini nolga tenglashtirib, quyidagiga ega bo'lamiz.

$$A(p)=0 \quad (1.2)$$

ochiq tizimlarning o'tish funksiyalarini va (1.2) hisobga olsak, u holda

$$K(p) = B(p) / A(p) \quad (1.3)$$

$$K_z(p) = C(p) / A(p) \quad (1.4)$$

yopiq tizimlarning tavsiyiy tenglamalari juda muhim ahamiyatga ega. (1.1) ni yopiq tizimlar uchun qo'llab, quyidagini yozish mumkin.

$$A(p)X_{chiq}(p) = B(p)X_{chiq}(p) + C(p)Z(p) \quad (1.5)$$

yoki

$$A(p)x_{chiq}(p) = B(p)[x_{chiq}(p) - x_{chiq}(p)] + C(p)Z(p) \quad (1.6)$$

bundan

$$[A(p) + B(p)]x_{chiq}(p) = B(p)[x_{kir}(p) + C(p)Z(p)] \quad (1.7)$$

yopiq tizimlarni tavsiyiy tenglamalari, (1.7) ga asosanib, quyidagicha bo'ladi:

$$A(p)+B(p)=0 \quad (1.8)$$

Yopiq tizimlarning o'tish funksiyalarini va (1.8) ni ko'rib chiqsak,

$$\left. \begin{aligned} W(p) &= \frac{B(p)}{A(p) + B(p)} = \frac{K(p)}{1 + K(p)} \\ W_z(p) &= \frac{B(p)}{A(p) + B(p)} = \frac{K_z(p)}{1 + K(p)} \end{aligned} \right\} \quad (1.9)$$

uning tavsiyiy tenglamalari o'tish funksiyasining maxraji bilan aniqlanishini ko'rishimiz mumkin (1.9).

### IIIv. Ochiq tizimlarning turg'unligini chastota tavsiflari orqali aniqlash

Yuqori darajali ochiq tizimlarning amplituda-faza tavsiflarini (AFT) ko'rish va ularning turg'unligini tekshirish murakkab masala hisoblanadi va katta hajmlardagi hisoblashlarni talab qiladi. Shuning uchun, hisoblashlarni soddalashtirish maqsadida, obyekt va sozlagichning chastota tavsiflarini bo'lish usulini qo'llash qulayroqdir. Ochiq tizimlarning AFT i (-1;j0) kritik nuqtalardan o'tganda turg'unlik chegarasi shartlarini ko'rib chiqamiz:

$$K_c(j\omega_{kp}) \cdot K_0(j\omega_{kp}) = -1 \quad (1.10)$$

bu yerda:  $K_c(j\omega_{kp})$  va  $K_0(j\omega_{kp})$  -sozlagich va sozlanuvchi obyekt chastota funksiyalari.

(1.10) tenglama o'rniga quyidagini yozish mumkin

$$\left. \begin{aligned} |K_c(jw_{kp}) \cdot K_0(jw_{kp})| &= |A_c(jw_{kp}) \cdot K_0(jw_{kp})| = 1 \\ \arg|K_c(jw_{kp}) \cdot K_0(jw_{kp})| &= |\varphi_c(jw_{kp}) + \varphi_0(jw_{kp})| = -\pi \end{aligned} \right\} \quad (1.11)$$

bu yerda,

$A_s$  va  $\varphi_s$  sozlagichning chastota funksiyasining amplitudasi va fazasi.  $A_0$  va  $\varphi_0$  - obyektning chastota funksiyasining amplitudasi va fazasi (1.11) ga asosanib, turg'unlik chegarasi shartlarini quyidagicha sharhlash mumkin: obyektning  $\varphi_0(w_{kp})$  va sozlagichning  $\varphi_c(w_{kp})$  AFT lari faza burchaklarining yig'indisi qandaydir  $w_{kp}$  chastotada  $\pi$  ga teng va obyekt  $A_0(w_{kp})$  hamda sozlagich  $A_c(w_{kp})$  AFT lari modullari ko'paytmasi birga teng, u holda yopiq avtomatik tizim turg'unlik chegarasida joylashadi. Agarda (1.10) o'rniga

$$K_0(jw_{kp}) = -[K_c(jw_{kp})]^{-1}$$

ni yozsak, bu masalani soddalashtirish mumkin. U holda turg'unlik chegaralari

$$A_0(w_{kp}) = A_c^{-1}(W_{kp}) \quad (1.12)$$

$$\varphi_0(w_{kp}) - \varphi_c^{-1}(w_{kp}) = -\pi \quad (1.13)$$

bu yerda,

$A_c^{-1}(W_{kp})$  va  $\varphi_c^{-1}(w_{kp})$  manfiy teskari bog'lanishning moduli va fazasi.

Barqarorlikni aniqlashning mezonlariga quyidagilar misol bo'la oladi: Rauss mezoni, Gurvis mezoni, Naykvist mezoni, Mixaylov mezoni, Vishnegradskiy mezoni va hokazo.

### IIIg. ABTlarning tavsifiy tenglamalari bo'yicha turg'unlikni tahlil qilish

Umumiy holda parametrlari to'plangan ABT quyidagi ko'rinishga ega bo'lgan birinchi yaqinlashish tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$\sum_{n=0}^N a_n \frac{d^n X_{chiq}}{dt^n} = \sum_{m=0}^N \beta_m \frac{d^m Z_{chiq}}{dt^m} = \quad (1.14)$$

(1.14) ning yechimi

$$X_{chiq}(t) = x_{majb}(t) + x_{o'tish}(t) \quad (1.15)$$

ABTning turg'unligini tahlil qilish uchun, o'ng tarafi nolga teng bo'lgan (1.14) tenglama yechimidan olinuvchi, o'tishning tashkil etuvchisini tatbiq etish lozim. Haqiqatan ham ta'rifga ko'ra, turg'unlik tizimning to'ydiruvchi ta'siri tugaganidan so'ng ( $t=0$ ), normal-muvozanat holatga qaytishga qodirligidir, ya'ni tizimning faqat nolga teng bo'lmagan boshlang'ich shartlaridagi harakatidir.

Ma'lumki,

$$\sum_{n=0}^N \frac{d^n X_{chiq}}{dt^n} = 0, \left( \frac{d^n X_{chiq}}{dt^n} \right)_{t=0} = x_0 \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1.16)$$

Tenglamani yechimini

$$X_{chiq}(t) = x_{o'tish}(t) = Ce^{pt}$$

ko'rinishga keltiramiz ( $C, p$ -doimiylar).

Bu yechimni (1.16) ga qo'yib ( $n$  marta differensiallab),  $Ce^{pt}$  umumiy ko'paytiruvchiga qisqartirgandan so'ng tavsifiy deb ataluvchi algebraik tenglama olamiz:

$$\sum_{n=0}^N a_n p^n = 0 \quad (1.17)$$

(1.17) har biri (1.1 b) ning yechimini beruvchi  $N$  ildizlarga ( $r_1, r_2, \dots, r_n$ ) ega bo'lganligi sababli va yechimlar yig'indisi ham yechim ekanligini hisobga olib, quyidagini olamiz:

$$x_{o'tish} = \sum_{n=0}^N C_i p_i^n \quad (1.18)$$

Umumiy holda  $R_1$  ning ildizlari kompleksdir. Tavsifiy tenglama haqiqiy koeffitsiyentga ega bo'lganligi sababli, ildizlar kompleks tutash bo'ladi:

$$p_i = \alpha_i \pm j\beta_i$$

Agar (1.17) tavsifiy tenglama tartibi  $N \leq 3$  bo'lsa, ildizlarni analitik yo'l bilan topish mumkin, ammo  $N > 3$  da ildizlarni topish qiyin. Turg'unlikni tatbiq qilishda ildizlarning o'zini emas, balki faqat haqiqiy qismlarining ishorasini va hatto, barcha ildizlarning mavhum o'qdan chapda yoki, bittasi bo'lsa ham o'ngda yotishini bilish kifoya.

#### IV. Rauss barqarorlik mezoni

1877-yili Ye. Rauss, tizimlarning barqarorligini tavsifiy tenglamalar yordamida aniqlash maqsadida, bir qoidani taklif etdi. Taklif asosida jadval yotgan bo'lib, unda tavsifiy tenglamaning juft indeksli birinchi qatorga, toq indeksli esa ikkinchi qatorga yoziladi. Bu mezon algebraik mezon bo'lib, unda aynan Rauss jadvalidan foydalaniladi. Jadval tavsifiy tenglama koeffitsiyentlaridan foydalanilgan holda to'ldirilib, birinchi ustun ildizlarining ishorasi xulosa qilish imkoniyatini bildiradi. Shartga ko'ra, birinchi ustun ildizlari barchasi musbat ishorali bo'lsa, bu tizimning barqarorligini bildiradi:

Qator nomeri	Ustun nomeri				k
	1	2	3	4	
1	$a^0=C_{11}$	$a^1=C_{12}$	$a^2=C_{13}$	$a^3=C_{14}$	
2	$a^1=C_{21}$	$a^2=C_{22}$	$a^3=C_{24}$	$a^4=C_{24}$	
3	$C_{31} = a_2 - \frac{a_0 a_3}{a_1}$	$C_{32} = a_4 - \frac{a_0 a_5}{a_1}$	$C_{33} = a_6 - \frac{a_0 a_7}{a_1}$	$C_{34} = a_8 - \frac{a_0 a_9}{a_1}$	
4	$C_{41} = a_3 - \frac{a_1 a_{32}}{a_{31}}$	$C_{42} = a_5 - \frac{a_1 a_{33}}{a_{31}}$	$C_{43} = a_7 - \frac{a_1 a_{34}}{a_{31}}$	$C_{44} = a_9 - \frac{a_1 a_{35}}{a_{31}}$	
i	$C_{jk} = C_{(i-2)(k+1)} - \lambda_1 C_{(i-1)(k+1)}$				$\lambda_1 = \frac{C_{(i-2),1}}{C_{(i-1),1}}$

#### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Dastlabki tekshiruv uchun tavsifiy tenglama sifatida quyidagidan foydalaning:

$$T_1 r^5 + T_2 r^4 + T_3 r^3 + T_4 r^2 + T_5 r + k = 0$$

bu yerda  $T_1, T_2, \dots, T_5$  lar, qandaydir oldindan berilgan avtomatik tizim elementlarining dinamik tenglamalaridan kelib chiqqan holda, ma'lum bir bo'g'in va elementlarning vaqt doimiylari -  $T$  larning tuzilish sxemalarining o'zgartirilishi natijasida ko'paytmalari olingan koeffitsiyentlar deb qabul qilinsin.

2. Dasturga kiritish uchun ularga son qiymatlari:  $T_1=0,0001 \text{ sek}$ ;  $T_2=0,0117 \text{ sek}$ ;  $T_3=0,188 \text{ sek}$ ;  $T_4=0,98 \text{ sek}$ ;  $T_5=1,8 \text{ sek}$  va  $k=7$  deb belgilansin.

Quyida Rauss barqarorlik mezoni bo'yicha, avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka tekshirish uchun, dastur berilgan bo'lib, unga kuchaytirish koeffitsiyentlari  $k$  va vaqt doimiysi  $T$  larning qiymatlarini berib, tizimni barqarorlikka tekshirish talab qilinadi.

## *Dastur tili-Dyelrhi*

```
unit Unit1;  
interface  
uses  
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics,  
    Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls, Grids, ExtCtrls;  
type  
    TForm1 = class(TForm)  
        StringGrid1: TStringGrid;  
        Panel1: TPanel;  
        Label2: TLabel;  
        Edit1: TEdit;  
        Panel2: TPanel;  
        Label 1: TLabel;  
        Edit2: TEdit;  
        Button1: TButton;  
        Button2: TButton;  
        Button3: TButton;  
        Button4: TButton;  
        Button5: TButton;  
        procedure Button2Click(Sender: TObject);  
        procedure Edit1KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);  
        procedure Button1Click(Sender: TObject);  
        procedure Button3Click(Sender: TObject);  
        procedure Button5Click(Sender: TObject);  
        procedure Edit2KeyPress(Sender: TObject; var Key: Char);  
        procedure FormCreate(Sender: TObject);  
        procedure Button4Click(Sender: TObject);  
    private  
        {Private declarations}  
    public  
        {Public declarations}  
    end;  
  
var  
    Form1: TForm1;  
    mass:array [1..100] of real;  
    mass2:array[1..100,1..100] of real;  
    n,k:integer;
```

implementation  
{SR\*.dfm}

```
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
if strtoint(edit1.text)>0 then
begin
panel2.Visible:=true;
edit1.Enabled:=false;
Button2.Enabled:=false;
n:=strtoint(edit1.text)+1;
StringGrid1.ColCount:=n;
end;
end;
```

```
procedure TForm1.Edit1KeyPress (Sender: TObject; var Key:
Char);
begin
ifkey=#13 then
if strtoint(edit1.text)>0 then
begin
panel2.Visible:=true;
edit1.Enabled:=false;
Button2.Enabled:=false;
n:=strtoint(edit1.text)+1;
StringGrid1.ColCount:=n;
end;
end;
```

```
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var i,j: integer;
l:real;
begin
if k=n-1 then
begin
mass[k]:=strtofloat(edit2.Text);
i:=0;j:=1;
repeat
mass2[j,1]:=mass[i];
mass2[j,2]:=mass[i+1];
```

```

StringGrid1.Cells[j,1]:=floattostr(mass2[j,1]);
StringGrid1.Cells[j,2]:=floattostr(mass2[j,2]);
i:=i+2;
j:=j+1;
until (i>n);
edit2.Enabled:=false;
button1.Enabled:=false;
i:=3; J:=1;
repeat
l:=mass2[l,i-2]/mass2[l,i-1];
mass2[j,i]:=mass2[j+1,i-2]-l*mass2[j+1,i-1];
if mass2[l,i]=0then i:= 100;
StringGrid1.Cells[j,i]:=floattostr(mass2[j,i]);
j:=j+1;
if j=(n div 2 + int(n-(n div 2)*2)) then begin j:=1; i:=i+1;
end;
until (i=100);

end
else
begin
mass[k]:=strtofloat(edit2.Text);
k:=k+1;
label 1.Caption:=inttostr(k)+'-koeffisientni kiriting:.';
end;
end;

procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
if k>0then
begin
k:=k-1;
edit2.text:=floattostr(mass[k]);
end;

end;

procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
if k<n-1 then

```

```

begin
k:=k+1;
edit2.text:=floattostr(mass[k]);
end;

end;

procedure TForm1.Edit2KeyPress(Sender: TObject; var Key:
Char);
var i,j:integer;
l:real;
begin
if key=#13then
begin
if k=n-1 then
begin
mass[k]:=strtofloat(edit2.Text);
i:=0;j:=1;
repeat
mass2[j,1]:=mass[i];
mass2[j,2]:=mass[i+1];
StringGrid1.Cells[j,1]:=floattostr(mass2[j,1]);
StringGrid1.Cells[j,2]:=floattostr(mass2[j,2]);
i:=i+2;
j:=j+i;
until (i>n);
edit2.Enabled:=false;
button 1.Enabled:=false;
i:=3;j:=1;
repeat
l:=mass2[1,i-2]/mass2[1,i-1];
mass2[j,i]:=mass2[j+1,i-2]-l*mass2[j+1,i-1];
if mass2[1,i]=0 then i:=100;
StringGrid1.CellsO,i]:=floattostr(mass2O,i));
j:=j+1;
if j=(n div 2 + int(n-(n div 2)*2)) then beginj:=1; i:=i+1;
end;
until (i=100);
end
else

```

```

begin
mass[k]:=strtofloat(edit2.Text);
k:=k+1;
labell.Caption:=inttostr(k)+'-koeffisientni kiriting.';
end;
end;
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
k:=0;
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
var i:integer;
begin
for i:=1 to n-1 do mass[i]:=0;
edit1.Enabled:=true;
edit2.Enabled:=true;
Button1.Enabled :=true;
Button2.Enabled :=trae;
Panel2.Visible:=false;
k:=0;
end;
end.
end.

```

3. Olingan natijalar ichidan Rauss jadvalining birinchi ustuniga e'tibor berilib, ushbu ustunda keltirilgan ildizlarning ishoralari aniqlansin. Agar barcha ildizlar ishorasi musbat bo'lsa, qabul qilib olingan tavsifiy tenglama bilan tavsiflanadigan avtomat tizim barqaror bo'ladi; manfiy ishorali biron bir ildiz qiymati uchrasa tizim beqarorligidan dalolat beradi.

4. Xohlagan biron-bir boshqa tizimning tavsifiy tenglamasini olib, undagi kuchaytirish koeffitsiyenti  $k$  va vaqt doimiylari  $T$  ning o'rniga tegishli son qiymatlarini qo'yib, dasturga kiriting va yangi olingan natijalar asosida tizim barqarorligini tahlil qiling.

#### VI. Nazorat savollari

1. Barqarorlik deganda nimanj tushunasiz?
2. Turg'unlik me'zoni deb nimga aytiladi?
3. Tavsifiy tenglamalar qanday olinadi?

4. Tavsifiy tenglamalar orqali tizimni barqarorlikka tekshirish mumkinmi?

5. Lyapunov barqarorlikning qanday usulini tavsiya etgan?

6. Chiziqli tizimlarini turg'unlik shartlari nimalardan iborat?

7. Chiziqlantirish deganda nimani tushunasiz?

8. Ochiq tizimlarni barqarorlikka tekshirishni chastota tasniflari orqali aniqlashni tushuntirib bering.

9. Rauss mezoni qanday mezon sanaladi?

10. Rauss mezoni bo'yicha barqarorlikning shartlari nimalardan iborat?

### *VII. Hisobotning mazmuni*

1. Laboratoriya ishining yozma instruksiyasi.

2. Berilgan dastur asosida olingan jadval natijalari va uning tahlili.

3. Ixtiyoriy olingan avtomatik tizim uchun dasturdan foydalanib olingan ikkinchi jadval natijalari va uning tahlili.

### *VIII. Adabiyotlar*

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.

2. D.A.Mirahmedov «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.

3. N.R.Yusufbekov, B.E. Muhammedov, SH.M.G'ulomov. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.

4. «Основы теории управления для выполнения лабораторных занятий и курсовой работы» [http8//goi.www.ru/niirpo/conf72001 oct 16/coll/...](http://goi.www.ru/niirpo/conf72001/oct16/coll/...)

5. Подредакции В.А. Попов Е.П. «Теория систем автоматического управления» Изд. Профессия, 2003 г. 752 с.

## 2 - LABORATORIYA ISHI

### Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Gurvits mezonini bo'yicha tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Gurvits mezonidan foydalanib, avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka tekshirishga o'rganish. Kompyuter dasturlaridan foydalanish ko'nikmalariga ega bo'lish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Avtomatik boshqaruv tizimlarini barqarorlikka tekshirishning usullari bilan tanishish hamda fanni o'zlashtirish jarayonida talabalar olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash.

2. Gurvits barqarorlik mezonini mazmuni va mohiyatini o'rganish.

3. Kompyuter dasturi yordamida tizimni barqarorlikka tekshirish.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar yuqoridagi ishda keltirilgan

Ushbu ishni bajarishdan oldin talabalarga albatta, Rauss mezonidan foydalanish bo'yicha laboratoriya ishida keltirilgan barcha umumiy nazariy ma'lumotlar bilan tanishib chiqish tavsiya qilinadi.

#### IV. Gurvits barqarorlik mezonini

1985 yili matematik A. Gurvits aniqlovchilar ko'rinishidagi barqarorlikning algebraik mezonini ishlab chiqdi. Bunda Gurvits aniqlovchilari tavsifiy tenglamaning koeffitsiyentlari aniqlanadi. Tavsifiy tenglamadan foydalanilib Gurvitsning asosiy aniqlovchisi tuziladi. Buning uchun  $(n-1)$ nchi hosila koeffitsiyentidan boshlab ozod songacha bo'lgan barcha koeffitsiyent asosiy diagonal bo'yicha yozib chiqiladi. Asosiy diagonalidan yuqorida joylashgan ustunlar indeksleri ortib boradigan, quyidagi ustunlar esa indeksleri kamayib boradigan koeffitsiyentlar bilan to'ldiriladi. Indeksleri  $a_n$  dan katta yoki  $a_0$  dan kichik bo'lgan koeffitsiyentlar joylashishi kerak joylarga nol yoziladi.

Shunday qilib,  $n$ -chi darajali bo'lgan tenglama uchun Gurvits aniqlovchisi

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \dots & 0 \\ a_1 & a_2 & a_4 & a_6 & \dots & \dots \\ 0 & a_1 & a_4 & a_6 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & a_{n-1} & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & a_n \end{vmatrix} \quad (2.1)$$

Bu yerda  $\Delta$  - aniqlovchi deb atalib, unda jadvalni qay tartibda tuzish yaqqol ko'rinib turibdi. Yetishmagan koeffitsiyentlar o'rni 0 bilan to'ldirilgan.

Tavsifiy tenglamaning barcha ildizlari manfiy ishorali haqiqiy qismga ega bo'lishligi uchun (2.1) Gurvitsning asosiy aniqlovchisi va uning barcha diogonal minorlari  $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$  va h.k.  $a_0$  bilan bir xil ishoraga ega bo'lishligi kerak, ya'ni noldan katta bo'lishi lozim. Diagonal minorning nomeri berilgan minor tuzilishigacha bo'lgan koeffitsiyentning nomerini aniqlaydi:

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} \quad \Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} \quad \text{va h.k.} \quad (2.2)$$

Asosiy aniqlovchining oxirgi ustuni faqat bitta  $a$  dan farqli bo'lgan  $an$  koeffitsiyenta ega, shuning uchun

$$\Delta_n = \Delta_{n-1} a_n \quad (2.3)$$

Tenglamaning musbat koeffitsiyentlari uchun (barqarorlikning asosiy sharti)  $a_n > 0$ , shunga moc holda, agar  $\Delta_n > 0$  bo'lsa, u holda  $\Delta_{n-1} > 0$  bo'ladi. Shunday qilib, asosiy aniqlovchining barcha diogonal minorlarini hisoblash kerak bo'ladi, chunki ulardan ayrimlari boshqa minorlar davom etganda musbat qiymatga ega bo'lishadi. Masalan,  $n=5$  bo'lsa,  $\Delta_2, \Delta_4$  va h.k.ni tekshirish kerak.

#### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Kompyuter dasturidan foydalanish uchun, oldingi Rauss mezonini qo'llab, barqarorlikka tekshirish bo'yicha laboratoriya ishidagi «Ishning bajarilish tartibi» bo'limida keltirilgan misoldan foydalanib, vaqt doimiylari va kuchlanish koeffitsiyentlarini kiriting.

Quyidagi dastur Paskal tilida yozilgan bo'lib, oldingi ishda keltirilgan koeffitsiyentlar asosida tuzilgan.

```
uses crt;
label 11,12;
var c,b:array[1..20,1..20] of real;
a:array[1..20] of real;
k:real;
mm,ii,jj,i,j,m,n: integer;
begin
writeln(Gurvits barqarorligi mezoni1)
clrscr;
write(Nechanchi daraja:);
readln(n);
for m:=0 to n do begin
write('a[" ,m, "]=');
readln(a[m+1]);
end;
j:=-i;
i:=0;
repeat
j:=j+2;
i:=i+1;
b[i ,1]:=a[j];
gotoxy(i*12,n+3);
write((b[i,1]));
b[i,2]:=a[j+1];
gotoxy(i*12,n+4);
writeln((b[i,2]));
until j>n+1;
for jj:=3 to N+1 do begin
for ii:=1 to i do begin
mm:=mm+1;
if b[1,jj-1]=0 then goto 11;
k:=b[1,jj-2]/b[1,jj-1];
b[ii,jj]:=b[ii+1,jj-2]-k*b[ii+1,jj-1];
gotoxy(ii*12,jj+n+2);
write((b[ii,jj]));
end;
end;
```

```

gotoxy(2,n+jj+3);write('sistema barqaror ');read ln;
read ln;
goto 12;
1 l:gotoxy(2,n+jj+2);write('sistema barqaror emas');read ln;
12: end.

```

2. Olingan natijalar ichida matritsa bosh diagonal minorlari (Gurvits aniqlovchilarning) musbat bo'lsa, qabul qilib olingan tavsifiy tenglama bilan tavsiflanadigan avtomat tizim barqaror, aks holda beqaror bo'ladi.

3. Xohlagan biron bir boshqa tizimning tavsifiy tenglamasini olib, undagi kuchaytirish koeffitsiyenti  $k$  va vaqt doimiylari  $T$  ning o'rniga tegishli son qiymatlarini qo'yib, dasturga kiriting va yangi olingan natijalar asosida tizim barqarorligini tahlil qiling.

### *VI. Nazorat savollari*

1. Barqarorlik mezoni deganda nimani tushunasiz?
2. Tavsifiy tenglamalar qanday tuziladi?
3. Algebraik mezonlarning chastotaviy mezonlardan farqi nimadan iborat?
4. Algebraik mezonlarning afzalliklarini aytib bering.
5. Avtomatik tizimlarning barqarorlikka tekshirishni algebraik mezonlaridan foydalanib,  $N$ -darajali tavsifiy tenglamaga ega bo'lgan tizimlarni ham barqarorlikka tekshirish mumkinmi?
6. Gurvits jadvalida yetishmagan koeffitsiyentlar o'rnini qanday to'ldiriladi?
7. Gurvits barqarorlik mezoni bilan tekshirilganda tizim barqaror bo'lishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
8. Keltirilgan kompyuter dasturi yordamida  $N$ -darajali tavsifiy tenglamaga ega bo'lgan tizimlarni ham barqarorlikka tekshirish mumkinmi?
9. Turg'unlik chegarasi nimani belgilaydi?
10. Rauss barqarorlik mezoni bilan Gurvits barqarorlik mezonining o'xshashlik tomonlarini aytib bering.

### *VII. Hisobotning mazmuni*

1. Laboratoriya ishining yozma instruksiyasi.
2. Dastur asosida olingan aniqlovchilarning son qiymatlari va berilgan avtomatik tizimning barqarorligini yozma tahlili.
3. Ixtiyoriy olingan boshqa bir avtomatik tizimning tavsifiy tenglamalari koeffitsiyentlaridan foydalanib, dastur yordamida olingan aniqlovchilarning son qiymatlari va ularning yozma tahlili.

### *VIII. Adabiyotlar*

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.
2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.
3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov SH.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.
4. «Основы теории управления для выполнения лабораторных занятий и курсовой работы» [http8//goi.www.ru/niipro/conf72001 oct 16/coll/...](http://goi.www.ru/niipro/conf72001/oct16/coll/...)
5. Подредакции В.А. Попов Е.П. «Теория систем автоматического управления» Изд. Профессия, 2003 г. 752 с.

### 3 - LABORATORIYA ISHI

#### Chizikli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Naykvist mezonini bo'yicha tekshirish

##### *I. Ishning vazifasi:*

Naykvist mezonidan foydalanilib, avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka tekshirishga o'rganish. Kompyuter dasturlaridan foydalanish ko'nikmalariga ega bo'lish.

##### *II. Ishning maqsadi:*

1. Avtomatik boshqaruv tizimlarini barqarorlikka tekshirishning usullari bilan tanishish.
2. Fanni o'zlashtirish jarayonida talabalar olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash.
3. Chastotali mezonlarni aniqlik darajasini algebraik usullar natijalari bilan solishtirish imkoniyatlarini yaratish.
4. Naykvist mezonining mazmuni va mohiyatini o'rganib chiqish.

##### *III. Umumiy nazariy ma'lumotlar 1- laboratoriya ishida keltirilgan*

Ushbu ishni bajarishdan oldin talabalarga, albatta, Rauss mezonidan foydalanish bo'yicha laboratoriya ishida keltirilgan barcha umumiy nazariy ma'lumotlar bilan tanishib chiqish tavsiya qilinadi.

##### *IV. Naykvist barqarorlik mezonini*

ABTlarni barqarorligi xususida ochiq tizim chastota tavsiflari (amplituda-fazaviy yoki logarifmik) bo'yicha mulohaza yuritishga imkon beruvchi bu mezon keng tarqalgan. Bu mezon nafaqat analitik chastota tavsiflarini, balki tajriba yo'li bilan quriladigan chastota tavsiflaridan foydalanish imkoniyatini beradi.

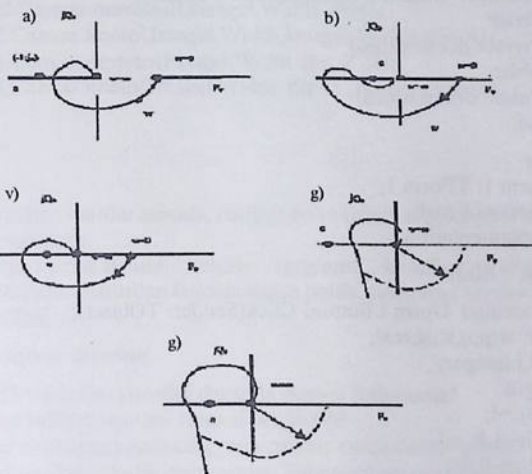
Ochiq tizimlarining amplituda-faza tavsiflari yordamida Naykvist mezonini bo'yicha, tizimning turg'unligi quyidagicha xulosa qilinadi:

1) agar ochiq tizim turg'un bo'lsa, yopiq tizim ham turg'un bo'lishligi uchun ochiq tizimning AFTi  $0 \leq \omega \leq \infty$  oraliqda koordinatasi  $(-1, j0)$  bo'lgan nuqtani o'z ichiga qamrab olmasligi darkor;

2) agar ochiq tizim noturg'un bo'lib, u yarim tekislikda  $m$ -ta ildizga ega bo'lsa, yopiq tizim turg'un bo'lishligi uchun ochiq tizimning AFTi  $0 \leq \omega \leq \infty$  holat uchun koordinatalari  $(-1, j0)$  bo'lgan nuqtani  $m/2$  marotaba qamrab o'tishi, ya'ni vektor  $F(j\omega)$  ning argumenti orttirmasi  $\varphi = m\pi$  bo'lishi lozim.

Agar bordi-yu, tizim astatik bo'lsa, ya'ni tarkibida integrallovchi bo'g'in mavjud bo'lsa, unda Naykvist mezonini qo'llash uchun AFT radiusi cheksiz katta bo'lgan ( $R \rightarrow 1$ ) yoy bilan to'ldirilishi kerak va uning joylashishini  $(-1, j0)$  nuqtaga nisbatan aniqlash lozim.

Quyidagi rasmlarda ayrim turg'un va noturg'un statik ( $a, b$  va  $v$ ) va astatik ( $g$  va  $d$ ) tizimlar AFT larining ko'rinishlari keltirilgandir.



3.1-rasm

### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Dastlabki natijani olib amalda ishonch hosil qilish uchun Rauss mezonini o'rgatuvchi laboratoriya ishining V. bandida keltirilgan tavsifiy tenglamadan  $k$  hamda  $T$  larning son qiymatlarini oling.

2. Quyidagi dasturda olingan natijalarga ko'ra, amplituda-faza tavsifini ko'ring. Dastur Delphi tilida tuzilgan:

```

unit Unit 1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms, Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls;

  type
    TForm1 = class(TForm)
      Button 1: TButton;
      Image 1: TImage;
      procedure Button 1 Click(Sender: TObject);
    private
      {Private declarations}
    public
      {Public declarations}
    end;

  var
    Form 1: TForm 1;
    a: array of real;
  implementation
    {$R *.dfm}

    procedure TForm 1.Button1 Click(Sender: TObject);
    var w,p,q,st,sj:real;
        n,i,j:integer;
    begin
      a[0]:=1;
      a[1]:=1.8;
      a[2]:=-0.98;
      a[3]:=-0.188;
      a[4]:=0.0117;
      a[5]:=0.0001;
      n:=6;
      setlength(a,n);
      w:=0;
      repeat
        w:=w+0.001;
        i:=0;

```

```

sj:=0;st:=0;
repeat
sj :=sj+a[i] *exp( i * ln(w));
st:=st+a[i+1]*exp((i+1)*ln(w));
i:=i+2;
until (i>(n+1));
p:=(n*sj)/(sj*sj+st*st);
q:=(n*st)/(sj*sj+st*st);
imager.Canvas.Pixels[Imager.Width div 2 +
+ trunc(30*p),trunc(30*q)+Imager.Width div 4]:=clb lue;
until (w>=10);
{imager.Canvas.moveto(0,Imager.Width div4);
imager.Canvas.lineto(Imager.Width,Imager.Width div 4);
imager.Canvas.moveto(Imager.Width div 2 ,0);
imager.Canvas.lineto(Imager.Width div 2 ,imager.Height);
}
end;
end.

```

3. Keltirilgan shartlar asosida, natijaga ko'ra tizim barqaror yoki beqaror ekanligini aniqlang.

4. Istalgan tizim uchun tavsifiy tenglama hamda  $k$  va  $T$  larning qiymatlarini olib, dasturdan foydalanilgan holda, tizimning barqarorligini tadqiqot qiling.

#### *VI. Nazorat savollari*

1. ABTLarning barqarorligi deganda nimani tushunasiz?
2. Barqarorlik mezonlari nimani belgilaydi?
3. Turg'unlikni aniqlashning yana qanday mezonlarini bilasiz?
4. Naykvist barqarorlik mezonining imkoniyatlari nimalardan iborat?
5. Naykvist barqarorlik mezoni yordamida qanday tizimlarni barqarorlikka tekshirish mumkin?
6. Naykvist barqarorlik mezonining afzalliklari nimalardan iborat?
7. Statik ABTLar deb nimaga aytiladi?
8. Dinamik ABTLar deb nimaga aytiladi?
9. Tizim astatik bo'lgan holatda qanday chora-tadbirlar qo'llaniladi?
10. Turg'un tizimlarning AFTlari noturg'un tizimlarning ATF laridan qanday farqlanadi?

## VII. Hisobotning mazmuni

1. Laboratoriya ishining yozma instruksiyasi.
2. Dasturni kompyuterga kiritish orqali chizilgan tizimning amplituda - faza tavsifi va uning barqarorlikka tahlili.
3. Boshqa tanlangan tizim uchun dastur yordamida olingan AFT va uning barqarorlikka tahlili.

## VIII. Adabiyotlar

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.
2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.
3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov SH.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.

## 4 - LABORATORIYA ISHI

### Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Mixaylov mezonini bo'yicha tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Mixaylov mezonidan foydalanilib, avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka tekshirishga o'rganish. Kompyuter dasturlaridan foydalanish ko'nikmalariga ega bo'lish. Amplituda-faza tavsiflarini qurish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Avtomatik boshqaruv tizimlarini barqarorlikka tekshirishning usullari bilan tanishish.
2. Fanni o'zlashtirish jarayonida talabalar olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash.
3. Mixaylov chastotali mezonining mazmuni, ahamiyati va uslubi bilan tanishish.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar 1-laboratoriya ishida keltirilgan

Ushbu ishni bajarishdan oldin Rauss mezonini bo'yicha bajariladigan laboratoriya ishidagi nazariy bo'lim materiallari bilan chuqur tanishib chiqish tavsiya etiladi.

#### IV. Mixaylov barqarorlik mezonini

1836-1938 yillarda A.V. Mixaylov yopiq tizimlarning tavsifiy tenglamasini tahlil qilishga asoslangan mezon ishlab chiqdi. Unda bu tenglamaga asoslangan holda egri chiziq (godograf) qurish kerak bo'ladi. Bu egri chiziqning ko'rinishi bo'yicha tizimning turg'un yoki noturg'un ekanligi haqida xulosa qilinadi.

Mixaylov mezonining isboti yopiq tizimlarni tavsifiy tenglamalari bo'yicha olingan chastota funksiyasining vektori argumentini chastota o'zgarigan paytdagi o'zgarishini aniqlashga asoslangan.

Bu yerda shuni eslatib o'tish kerakki, xuddi shunga o'xshash holat Naykvis mezonini isbotida ham o'rin tutadi.

Yopiq tizimning tavsifiy tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$1 + K(p) = A(p) + B(p) = 0 \quad (4.1)$$

Umumiy holda, bu tenglama operator ko'phadi ko'rinishida yoziladi.

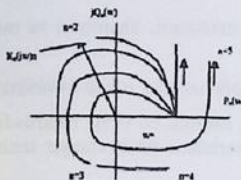
$$(4.2) \quad F_x(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p + a_n$$

Oxirgi ifoda o'rniga

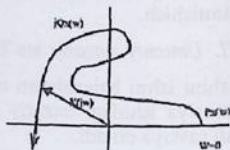
$$F_x(p) = a_0 (p - p_1)(p - p_2)(p - p_3) \dots (p - p_n) \quad (4.3)$$

ni ham yozish mumkin. Bu yerda:  $r_p, r_{2p}, \dots, r_{np}$  - tavsifiy tenglamaning ildizlari.

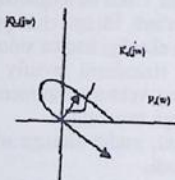
Tavsifiy tenglamaning har bir ildiziga ildizlarning kompleks tekisligida ma'lum bir nuqta mos keladi. Shuning uchun har bir ildiz vektor ko'rinishida ifodalanishi mumkin. Agar  $K_x(p)$  yoki  $K_x(j\omega)$  vektor chastota  $\omega = -\infty$  dan  $+\infty$  gacha o'zgaranda musbat yo'nalish tomonga  $n\pi$  burchakka ( $n$ -tavsifiy tenglama darajasi) burilsa (harakat yo'nalishini o'zgartirmay), bunday tizim turg'unidir. Aks holda esa tizim noturg'un bo'ladi. Manfiy chastotalarda Mixaylov egri chizig'i musbat chastotalardagi egri chiziqda simmetrikdir, shuning uchun musbat chastota bo'yicha olingan egri chiziqni ko'rib chiqish kifoya. Bunda  $K_x(j\omega)$  vektor burilishidan olinadigan burchak ikki marotaba kichrayadi, ya'ni  $n$ -kvadrantni tashkil qiladi.



a) turg'un tizim



b) noturg'un tizim



v) tizim noturg'unlik chegarasida

4.1-rasm.

Shu bilan Mixaylov mezonining yakuniy shartini olamiz: agar  $0 \leq \omega \leq \infty$  da vektor  $Kx(j\omega)$  kompleks tekislikning haqiqiy o'qidan o'zining harakatini boshlab, soat strelkasiga qarama-qarshi aylana turib hech qayerda «0» ga teng bo'lmay n-kvadrantni (n-tavsifiy tenglama darajasi) aylanib chiqsa, tizim absolut turg'undir.

Shunday qilib, sozlash tizimining turg'unligini baholash uchun:

- 1) yopiq tizimning tavsifiy ko'p hadi  $K_x(r)$  ni aniqlash kerak va
- 2)  $\omega$  ning qiymatlari  $0 \leq \omega \leq \infty$  bo'lgandagi hol uchun  $K_x(j\omega)$  vektor uchi trayektoriyasi bilan olinadigan tavsifiy egri chiziqni qurish lozim

#### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Dastlabki natijani olib amalda ishonch hosil qilish uchun Raus mezonini o'rganuvchi laboratoriya ishining V. bandida keltirilgan tavsifiy tenglamadan  $k$  hamda  $T$  larning son qiymatlarini oling.

2. Quyidagi dasturga olingan qiymatlarni kiritib, amplituda-faza tavsifini ko'ring.

```
uses crt,graph;
var i,x,y:integer;
t1,t2,t3,t4,t5:real;
k:real;
gd,gm:integer;
grDriver: Integer;
grMode: Integer;
ErrCode: Integer;
begin
grDriver := Detect;
Init Graph(grDriver, grMode,»);
ErrCode := GraphResult;
ifErrCode = grOkthen
clrscr;
clrscr;
gotoxy(5,3);
write('Bizga');
gotoxy(35,4);
write("6");
gotoxy(10,5);
write("Kjw)-----");
gotoxy(10,6);
write(" 5 4      3      2      ");
```

```

gotoxy(10,7);
write("jO,0001w+0,0117w-jO,188w-0,98w+jl,8w+7");
gotoxy(10,8);
write("Uzatish funksiyasi berilgan. U haqiqiy va mavhum qismlar
yig'indisidan iborat);
gotoxy(10,10);
write(" 4      2  5  3");
gotoxy(10,11);
write("Fx(jw)=(0,0117w-0,98w+7)+j(0,0001 w-0,188w+1,8w)");
gotoxy(5,12);
write("Bu yerda");
gotoxy(10,13);
write("      4  2");
gotoxy(10,14);
write("Haqiqiy qismi: Px(w)=0,0117w-0,98w");
gotoxy(10,15);
write("      5  3");
gotoxy(10,16);
write("Mavhum qismi: Qx(w)0,0001w-0,188w+1,8w");
gotoxy(10,17);
write("w - 0 dan cheksizgacha bo'lgan sonlarni qabul qiladi);
t1:=0.0001;t2:=0.0117;t3:=0.188;t4:=0.98;t5:=1.8;
k:=7;
gotoxy(15,20);
write("Ixtiyoriy klavishni bosing);
repeat
until keypressed;
for i:=1 to 100 do begin
x:=ROUND(t2*exp(4*ln(i))-t4*exp(2*ln(i))+k);
y:=ROUND(t1*exp(5*ln(i))-t3*exp(3*ln(i))+t5*i);
putpixel(x,y,4);
end;
read ln;
CloseGraph;
gead ln;
yend.

```

3. Keltirilgan shartlar asosida, natijaga ko'ra tizim barqaror yoki beqaror ekanligini aniqlang.

4. Istalgan tizim uchun tavsifiy tenglama hamda k va T larning qiymatlarini olib, dasturdan foydalangan holda, tizimning barqarorligini tadqiqot qiling.

#### *VI. Nazorat savollari*

1. ABTLarning barqarorligi nima uchun ta'minlanishi zarur?
2. Mixaylovning barqarorlik mezonini nimaga asoslangan?
3. Mixaylov mezonining isboti qanday keltirilgan?
4. Mixaylov mezonini bilan Naykvist mezonini qanday o'xshashlikka ega?
5. Nima uchun ildizlarni vektor ko'rinishida ifodalash mumkin?
6. Qanday holatlarda tizim turg'un bo'ladi?
7. Nima uchun musbat chastota bo'yicha olingan egri chiziqni ko'rib chiqish kifoya?
8. Manfiy chastotalarda Mixaylov egri chizig'i nima uchun to'g'ri keladi?
9. Qanday holatlarda tizim absolut turg'un hisoblanadi?
10. Sozlash tizimini turg'unlikka baholash uchun nima qilish kerak?

#### *VII. Hisobotning mazmuni*

1. Laboratoriya ishining yozma instruksiyasi.
2. Dasturni kopyuterga kiritish orqali chizilgan tizimning amplituda - faza tavsifi va uning barqarorlikka tahlili.
3. Boshqa tanlangan tizim uchun dastur yordamida olingan AFT va uning barqarorlikka tahlili.

#### *VIII. Adabiyotlar*

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.
2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.
3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov SH.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.
4. «Основы теории управления для выполнения лабораторных занятий и курсовой работы» [http8//roi.www.ru/niirpo/conf72001 oct 16/col11/...](http://roi.www.ru/niirpo/conf72001/oct16/col11/...)
5. Подредакции В.А. Попов Е.П. «Теория систем автоматического управления» Изд. Профессия, 2003 г. 752 с.

## 5 - LABORATORIYA ISHI

### Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Vishnegradskiy mezonini bo'yicha tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Vishnegradskiy mezonidan foydalanib avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka tekshirishga o'rganish. Kompyuter dasturlaridan foydalanish ko'nikmalariga ega bo'lish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Avtomatik boshqaruv tizimlarini barqarorlikka tekshirishning usullari bilan tanishish.
2. Fanni o'zlashtirish jarayonida talabalarning olgan nazariy bilimlarini mustahkamlash.
3. Vishnegradskiy mezonining mohiyatini va mazmunini o'rganish.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar 1- laboratoriya ishida keltirilgan

Vishnegradskiy mezonini bo'yicha laboratoriya ishini bajarishdan oldin Rauss mezonini haqidagi laboratoriya ishida berilgan nazariy ma'lumotlar bilan tanishib chiqish zarur.

#### IV. Vishnegradskiy barqarorlik mezonini

Vishnegradskiy barqarorlik mezonini algebraik mezonlardan hisoblanadi. Bu usul uchinchi darajali tenglamaga ega bo'lgan tizimlar barqarorligini aniqlash uchun ishlab chiqilgan.

Bunda tavsifiy tenglama oldindan shunday o'zgartirilib olinadiki, natijada uchinchi ko'paytma oldidagi koeffitsiyentlarining biriga teng bo'ladi. Tenglamaning koeffitsiyentlarini uchinchi ko'paytma oldidagi koeffitsiyentiga bo'lib

$$p^3 + c_1 p^2 + c_2 p + c_3 = 0 \quad (5.1)$$

ni olamiz. Bu ifodani Vishnegradskiy ifodasi shaklida olish uchun parametrlar  $p$  va  $p_1, p_2$  koeffitsiyentlar o'rniga yangi o'zgaruvchi  $Z$  hamda Vishnegradskiyning umumlashgan koeffitsiyentlari (koordinatalari)  $X$  va  $Y$  ni kiritamiz:

$$p = Z\sqrt[3]{c_3}; \quad c_1 = X\sqrt[3]{c_3}; \quad c_2 = Y\sqrt[3]{c_3} \quad (5.2)$$

Oxirgi ifodani oldingi formulaga qo'yib va  $c_3$  ga qisqartirib Vishnegradskiy tenglamasi shaklidagi tenglamani olamiz:

$$Z^3 + XZ^2 + XZ + 1 = 0 \quad (5.3)$$

Bunda

$$Z = p / \sqrt[3]{c_3}; \quad X = c_1 / \sqrt[3]{c_3}; \quad Y = c_2 / \sqrt[3]{c_3^2} \quad (5.4)$$

Faraz qilaylik, tizim turg'unlik chegarasida bo'lsin. U holda (5.1) tenglama bitta manfiy ildizga va ikkita mavhum ildizga ega bo'lishi kerak:

$$p = -\alpha; \quad p_2 = +j\omega; \quad p_3 = -j\omega \quad (5.5)$$

(5.2) ni hisobga olib, (5.3) ning o'rniga quyidagi tenglikni yozamiz:

$$p^3 + c_1 p^2 + c_2 p + c_3 = (p + \alpha)(p - j\omega)(p + j\omega) = (p + \alpha)(p^2 - \omega^2) \quad (5.6)$$

O'ng tomon qavslarini ochib

$$p^3 + c_1 p^2 + c_2 p + c_3 = p^3 + \alpha p^2 + \omega p + \alpha \omega^2 \quad (5.7)$$

ni olamiz.

Koeffitsiyentlarni tenglashtirib turib, tenglamaning o'ng va chap tomonlaridagi darajalarini bir xil qiymatlarda

$$c_1 = \alpha; \quad c_2 = \omega^2; \quad c_3 = \alpha \omega^2 \quad (5.8)$$

ekanligini aniqlaymiz. (5.4) ga asoslangan holda  $s_1$  va  $c_2$  ni ko'paytirib

$$c_1 c_2 = \alpha \omega^2 = c_3 \quad (5.9)$$

$$c_1 c_2 c_3 = 0 \quad (5.10)$$

ni olamiz.

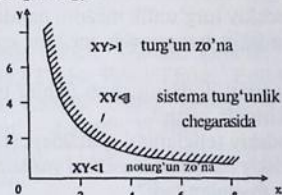
$s_1$  va  $s_2$  ning o'rniga (5.8) dan qiymatlarni qo'yib va  $c_3$  ga qisqartirib tizim turg'un bo'lgan holat uchun shart sharhini yozamiz:

$$XY - 1 = 0 \quad (5.11)$$

yoki

$$XY = 1 \quad (5.12)$$

To'g'ri burchakli koordinatalar tizimi o'qlariga X va Y ning qiymatlarini (5.12) asosida qo'yib, teng tomonli giperbola tasvirini beruvchi egri chiziqni olamiz (5.1- rasmga qarang).



5.1-rasm.

Bu egri chiziq shuni bildiradiki, tizimning har qanday qiymatlarida (5.5) tenglikni qanoatlantiruvchi ikkita mavhum ildizga va 1 ta haqiqiy ildizga ega bo'lishi mumkin. AB egri chiziq chegara bo'lib, tekislikni turg'un va noturg'in zonalarga bo'ladi.

Turg'unlik oblastini aniqlash uchun (5.3) tenglamada Gurvits mezonini qo'llaymiz. Tizim turg'un bo'lishligi uchun

$$\Delta_2 = XY - 1 > 0 \quad (5.13)$$

tengsizlik bajarilishi kerak.

Bunday tizimning turg'unlik sharti – Vishnegradskiy mezonini topamiz:

$$XY - 1 < 0 \quad (5.14)$$

yoki,

$$XY > 1 \quad (5.15)$$

$\Delta_2 = XY - 1 < 0$  da tizim noturg'un bo'ladi, shuning uchun noturg'un zona uchun

$$XY - 1 < 0 \quad (5.16)$$

yoki,

$$XY > 1 \quad (5.17)$$

ni olamiz.

Bu nuqtalarni rasmga tushirsak, turg'un yoki noturg'un tizim ekanligini aniqlaymiz.

#### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Uchinchi darajali tavsifiy tenglamani olib, T va k larning son qiymatlarini aniqlang.

2. Dasturga T va k larning qiymatini kiriting.

3. Grafik quring, barqarorlik chegaralarini aniqlang.

4. Natijalarni tahlil qiling.

#### VI. Nazorat savollari

1. Turg'unlik deb nimaga aytiladi?

2. Qanday algebraik mezonlarni bilasiz?

3. Vishnegradskiy turg'unlik mezoni qanday mezon hisoblanadi?

4. Vishnegradskiy barqarorlik mezoni qanday hollar uchun ishlab chiqilgan?

5. Vishnegradskiy ifodasini olish uchun uzatish funksiyasiga qanday o'zgartirishlar kiritish zarur?

6. Vishnegradskiy tenglamasi shaklidagi tenglamani yozib bering.

7. Vishnegradskiy barqarorlik mezoni yordamida barqarorlikni aniqlashda qaysi usullardan foydalaniladi?

8. ABT turg'unlik chegarasida bo'lsa, qanday ildizlarga ega bo'lishi kerak?

9. Tizim turg'un bo'lishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
10. Bu barqarorlik mezonining afzalliklari va kamchiliklarini aytib bering.

### *VII. Hisobotning mazmuni*

1. Laboratoriya ishining yozma instruksiyasi.
2. Dasturni kompyuterga kiritish orqali chizilgan tizimning amplituda - faza tavsifi va uning barqarorlikka tahlili
3. Boshqa tanlangan tizim uchun dastur yordamida olingan AFT va uning barqarorlikka tahlili.

### *VIII. Adabiyotlar*

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.
2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.
3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov SH.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.
4. «Основы теории управления для выполнения лабораторных занятий и курсовой работы» [http8//roi.www.ru/niipro/conf72001 oct 16/coll/...](http://roi.www.ru/niipro/conf72001/oct16/coll/...)
5. Подредакции В.А. Попов Е.П. «Теория систем автоматического управления» Изд. Профессия, 2003 г. 752 с.

### **Dasturning bayonnomasi**

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, ExtDlgs;

type

```
TForm1 = class(TForm); Label1: TLabel; Label2: TLabel; Label3: TLabel; Edit1: Edit; Edit2: TEdit; Edit3: TEdit; Edit4: TEdit; Label4: TLabel; Label5 : TLabel; Label6: Label; Label7: TLabel; Button1: TButton; Button2: TButton; Label8: TLabel; Label9: TLabel; Label10: TLabel; Label11: TLabel; Button3: TButton; Button4: TButton; Image1: TImage;
```

```

SavePictureDialog1: SavePictureDialog; procedure Button1Click
(Sender: TObject); procedure FormCreate(Sender: TObject); procedure
Button3Click(Sender: TObject); procedure Button2Click(Sender:
TObject); procedure Button4Click(Sender: TObject);
private
{Private declarations}
public
{Public declarations}
end;

var
Form1: TForm1; gnx,gny,cl,c2,c3,x,y,z,a0,a1,a2,a3,s: real; ij,nx,ny:
integer; a: string; implementation
{$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
gnx:=0; a3:=strtofloat(Edit1.text); a2:=strtofloat(Edit2.text);
al:=strtofloat(Edit3.text); aO:=strtofloat(Edit4.text); cl:=a2/a3; c2:=al/
a3; c3:=aO/a3; x:=cl/exp((1/3)*ln(c3)); y:=c2/exp((1/3)*ln(c3)); s:=x*y;
Label1.Caption:='cl '+floattostr(cl); Label2.Caption:='c2-
ffloattostr(c2); Label3.Caption:='c3='+floattostr(c3); Label8.
Caption:='x'+floattostr(x); Label9.Caption:='y'+floattostr(y);
Label10.Caption:='s=x* v'+floattostr(s);
if s<1 then Label11.Caption:='Sistema barqarorlik chegarasida';
if s<1 then Label11.Caption:='-Sistema barqaror emas';
if S>1 then Label11.Caption:='Sistema barqaror';
nx:=trunc(x*25);ny:=trunc(y*25);
with Image1.Canvas do
begin
Brush.Color:=clwhite; MoveTo(20,20); lineto(20,200); lineto(300,200);
i:=20; j:=0
TextOut(10,20,'Y'); textout(300,205,'X'); repeat
textout(i,205,inttostr(j)); j:=j+2; i:=I+50;
until i>280;
i:=200;j:=0;
repeat
textout(10,I,inttostr(j));
j:=j+2; i:=I-50; until i<20;
repeat

```

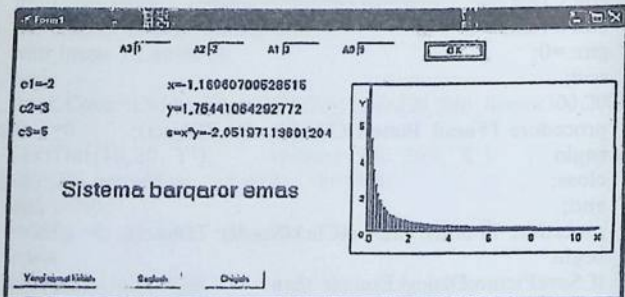
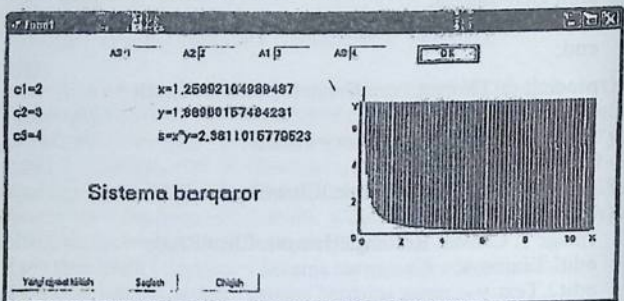
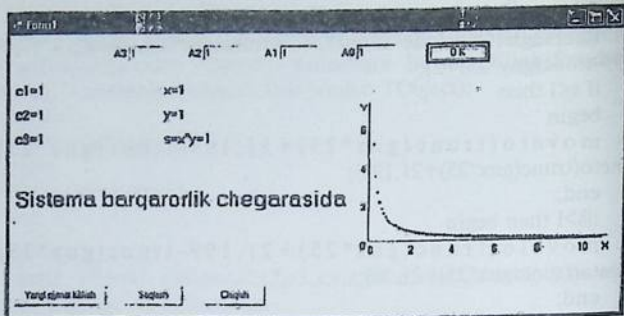
```

gnx:=gnxi-0.1; gny:=1/gnx; Pen.Color:=clblack;
Rectangle(trunc(gnx*25)+21, 199-trunc(gny*25),trunc(gnx*25)+23,
199-trunc(gny*25)+2);
if s<1 then
begin
moveto(trunc(gnx*25)+21,199-trunc(gny*25));
lineto(trunc(gnx*25)+21,198);
end;
ifs>1 then begin
moveto(trunc(gnx*25)+21,199-trunc(gny*25));
lineto(trunc(gnx*25)+21,20);
end;
until gnx>280/25;
end;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
Image1.Canvas.Brush.Color:=clwhite;
nd;
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
Image1.Canvas.Rectangle(Image1.ClientRect);
edit1.Text:= «;
edit2.Text:=»;
edit3.Text:=»;
edit4.Text:=»;
gnx:=0;
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
if SavePictureDialog1.Execute then
Image1.Picture.SaveToFile(SavePictureDialog1.FileName+'.bmp');
end; end.

```



1-rasm. Ishchi oyna

## 6 - LABORATORIYA ISHI

### Chiziqli avtomatik tizimlarning o'tish jarayonining tavsifini qurish

#### I. Ishning vazifasi:

O'tish jarayonlari tavsifini qurishni o'rganish. O'tish jarayonlari tavsiflarini qurish usullari bilan tanishish va tavsiflarini tahlil qilish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Chiziqli avtomatik tizimlarda qo'zg'alish jarayonlari beradigan hodisalarni talabalarning tadqiqot qilishga erishishi.

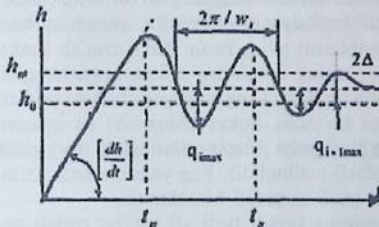
2. Korreksiyalovchi qurilmalarning mohiyatini ABT da tushuntirish.

3. Korreksiyasiz tizim uchun o'tish jarayoni tavsifini dastur asosida kompyuterda qurish.

4. Korreksiyali tizim uchun o'tish jarayoni tavsifini dastur asosida qurish.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar

ABT dagi o'tish jarayonlari tizim tezkorligi va barqarorligining ko'lami haqida xulosa qilishga imkon beradi. ABT sifati to'g'risida to'la xulosa qilishga pog'onali ta'sirlardagi o'tish jarayoni imkon beradi. Bunday ta'sirlar tizimlarda ko'proq uchraydi. Xatoliklarni ko'rganimizdek, ART sifati to'g'risida alohida topshiruvchi va toydiruvchi ta'sirlar ostida hukm chiqarish mumkin. Misol uchun ARS ning namunaviy tuzilishini (6.1-rasm) va unda  $f=0$  bo'lgan holatini ko'ramiz.



6.1-rasm.

Rasmdagi  $h(t)$  funksiya bo'yicha quyidagi sifat ko'rsatkichlari belgilanadi:

1) **barqaror qiymat**  $h_0 = \lim_{t \rightarrow \infty} h(t)$  ta'sir tiklanish aniqligini ifodalaydi;

2) **rostlash vaqti**  $s$ .- quyidagi shartdan aniqlanadi:  $t \geq t_s$  bo'lganda  $|h(t) - h_0| \leq \Delta$ ; bu yerda  $\Delta$  -tizim tezkorligini ifodalovchi parametr (odatda,  $\Delta = 5\%hb$ );

3) **chiqish yo'li kattaligining o'sish tezligi** nuqtai nazaridan ABT tezkorligini ifodalovchi ortiqcha rostlashgacha bo'lgan vaqt  $t$ ;

4) **tizim tebranishlarini ifodalovchi maksimal rostlash:**

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_0}{h_0} \cdot 100\%;$$

5) **xususiy tebranish chastotasi**  $\omega_t = \frac{2\pi}{t}$ : davomi  $t$ -tizimning xususiy tebranish davri;

6) **tizim so'nishining logarifmik dekrementi**  $d_c$  tebranish jarayonining so'nish tezligini ifodalaydi:  $d_c = \ln \frac{q_{i max}}{q_{i+1 max}}$  bu yerda  $q_{i max}$  va  $q_{i+1 max}$  - o'tish jarayoni egri chizig'ining ikkita yonma-yon joylashgan ekstremumining amplitudalari. Logarifmik so'nish dekrementi qancha katta bo'lsa, o'tish jarayonining so'nishi shunchalik tez bo'ladi.

7) **sozlanayotgan kattalikka ishlov berishning maksimal tezligi**  $\left[ \frac{dh}{dt} \right]$ .

Sifatning bu ko'rsatkichlari ustida mulohaza yuritish uchun o'tish funksiyasini quruvchi bevosita usuldan yoki bilvosita usullardan foydalanish mumkin. O'tish funksiyasini bevosita qurish uchun ABT uzatish funksiyasining qutblarini bilish zarur. ABT uzatish funksiyasining tartibi yuqori bo'lganda, uning qutblarini aniqlash ancha qiyin. ABS sifatini baholovchi bilvosita usullarga keng tarqalgan chastota usullari (sifat to'g'risida chastota tavsiflari bo'yicha hukm chiqarish) va injenerlik amaliyotida kamdan-kam qo'llanuvchi ildiz usullari (sifat to'g'risida ABT uzatish funksiyalari qutblari) taalluqlidir. Eng yaxshi sifatli tizimlarni yaratishda integral baholash usuli samarali hisoblanadi.

O'tish jarayonining tavsifi turli xil usullar orqali amalga oshirilishi mumkin. Ulardan asosiylariga operatorli va chastotali usullar, matematik

modellashirish, chiziqli avtomatik tizimlardan tashqari noxiziq avtomatik tizimlarning ham o'tish jarayoni tavsifi, aksariyat hollarda Laplasning operator usulida quriladi. Bunda o'zgaruvchining originalini vaqt bo'yicha funksiyasi ko'rinishida, qandaydir o'zgaruvchini ma'lum bir ifodasi orqali olish mumkin. Buning uchun Xevisaydning yoyilish formulasidan yoki kompleks o'zgaruvchidan funksiyani ayirib tashlovchi formulalardan foydalanish mumkin.

Operator usuldan foydalanilganda, boshqarilayotgan o'zgaruvchining operator ifodalanishining qutblarini aniqlash talab qilinadi. Odatda, tenglamaning ildizlarini barqarorlikka tekshirilganda, ildizli godograf usulidan foydalanilgan bo'lsa, berk tizimning tavsifiy tenglamasi ildizlari qiymati (boshqarilayotgan o'zgaruvchining ifodalanish qutblari) ma'lum va masalani operator usulida yechish osonlashdi.

#### IV. Ishning bajarilish tartibi

**1-topshiriq.** Dvigatel tezligini mu'tadillashtiruvchi tizimdagi o'tish jarayonining tavsifini korreksiyalovchi qurilma mavjud bo'lmagan hol uchun qurish talab qilinsin. Buning uchun quyidagilar:

$T_1=1$  sek;  $T_2=0,01$  sek;  $T_3=0,1$  sek;

$T_4=0,5$  sek;  $T_5=0,2$  sek;  $k_2=0,6$  rad/v.sek;  $k_3=4$  rad/v.sek;  $k_4=0,5$  rad/v.sek;  $k_5=10$ ; hamda

$$K(P) = \frac{K_1}{(1 + T_3 P)(1 + T_5 P)(1 + T_4 P)(1 + T_3 P)(T_1 T_2 P^2 + T_1 P + 1) + K} \quad (6.1)$$

uzatish funksiyasi berilgan bo'lsin.

Bu yerda  $k_1=12$  teng bo'lib, tizimning tuzilish sxemasini o'zgartirishlar natijasida olingan parametr;  $k$ -kuchaytirish koeffitsiyentlarining ko'paytmasi.

Chiqishdagi o'zgaruvchi

$$\Delta \omega(p) = \frac{12}{P(0,0001p^5 + 0,0117p^4 + 0,188p^2 + 0,98p^2 + 1,8p + 7)} = \frac{B(p)}{PA(p)} \quad (6.2)$$

ga teng bo'ladi.

Maxraj qutbining ildizlarini topamiz:

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= 0; & p_{2,3} &= -0,145; \pm j2,91; \\ p_4 &= -99,2; & p_{5,6} &= -8,75; \pm j2,39 \end{aligned} \right\} \quad (6.3)$$

Xevisaydning yoyish formulasidan foydalanib, bitta nolga teng bo'lgan ildiz mavjud holat uchun quyidagini olamiz:

$$\Delta w \partial(t) = \frac{B(0)}{A(0)} + \sum_{i=2}^6 \frac{B(P_i)}{P_i A'(P_i)} e^{P_i t} = 1,715 - 1,54 \cdot 10^{-5} e^{-99,2t} - 1,466 e^{-0,1457} \cos \left[ (514t)^0 - 35^0 20^\circ \right] - 0,62 e^{-8,75t} \cos \left[ (422t)^0 - 35^0 30^\circ \right] \quad (6.4)$$

Boshlang'ich nol shartlarda  $\Delta w \partial(0) \approx -0,005$  ekanligini, ya'ni hisoblashlardagi xatolik 0,5% ekanligini va bunga yo'l qo'ysa bo'lishligini aniqlaymiz.  $\Delta w \partial(P)$  ning muvozanat holati  $\Delta w \partial(\infty) = 1,715$  ni topamiz.

(3) ifodaga  $t$  ning qiymatlarini 0 dan  $\infty$  gacha berib borib, o'tish tavsifini hisoblaymiz va ko'ramiz. Bu ishlar barchasi maxsus tuzilgan dastur yoramida EHM da bajariladi. O'tish jarayonining tavsifi (6.1-rasm) uning sifatini tavsiflaydi;  $\delta \approx 72\%$ ;  $t_p \approx 17$ cek

Korreksiya kiritilmagan tizim bo'lganligi uchun bu tizimda barqarorlik zaxirasi juda kam. Shu sababli o'tish jarayoni tebranuvchanlik xususiyatiga ega. Bu tebranish juda sekinlik bilan so'nib boradi. Taqribiy (taxminiy) hisoblashlar uchun (6.1) ifoda maxrajidagi ko'p had  $A(r)$  ni, dastlabki kkita qo'shiluvchini hisobga olmagan holda soddalashtirish mumkin:

$$A_1(p) = 0,188p^3 + 0,98p^2 + 1,8p + 7 \quad (6.5)$$

Bu tenglamaning ildizlarini aniqlaymiz. [(6.2)ga ko'ra, birinchi ildiz  $r_1=0$ ];

$$p_{2,3}^1 = -0,18 \pm j2,79, \quad p_4^1 = -4,85 \quad (6.6)$$

Ildizlarini (6.6) ni (6.3) dagi ildizlar bilan solishtirib, shu narsa aniqlanadiki, kompleks ildizlarning hal qiluvchilari bo'lish  $r_{2,3}$  haqiqiy qismida 0,035 (yoki 24 %)ga va mavhum qismida 0,12 (yoki 4,13%)ga  $r_{2,3}$  ildizlarga nisbatan farq qilar ekan. Shunday qilib, taxminiy hisoblashlar natijasi bo'yicha jarayonning davomiyligi taxminan 20% ga qisqaroq so'nayotgan tebranishlar chastotasi esa 4%ga kichik bo'lishi kutiladi.

(6.2) ga asoslangan holda, (6.5) va (6.6) ni hisobga olib, tizimning o'tish jarayoni taqriban hisoblanganda

$$\Delta w_0(t) = 1,715 - 0,436 e^{-4,85t} - e^{-0,185t} (0,858 \sin 2,79t + 1,279 \cos 2,79t) \quad (6.7)$$

tenglama orqali aniqlanadi.

(6.7) dan aniqlangan dastlabki va oxirgi qiymatlar berilgan qiymatlar bilan mos tushadi.

(6.7) dan foydalanib, hisoblangan o'tish jarayoni (6.1 b-rasm) tavsifi uning sifatlarini quyidagicha baholaydi:  $\tau = 74\%$ ;  $t_p = 14 \text{ cek}$ . Bu egri chiziq ham nazariy hisoblashdagi qiymatlardan hisoblashlardagi noaniqlilik va grafikni qurishdagi xatoliklar tufayli farq qiladi. Oldingi hisob bilan solishtirilganda qayta sozlash 2,5%ga, sozlash vaqti esa 20%ga farq qiladi. Shunga mos holda, analitik usul bilan o'tish jarayonlari taxminiy hisoblanganda, maxrajning operator ko'rinishidagi ko'phadini soddalashtirish mumkin. Buning uchun tizimning barqarorligi buzilmaydigan bo'lsa, koeffitsiyentlari bir necha marotaba farq qiladigan ayrim hadlari hisobga olinmaydi (tizim dag'allik shartlarini qoniqtirsa).

**2topshiriq.** Korreksiyalangan tizim uchun o'tish jarayoni tavsifi qurilsin. Birinchi topshiriqlardagi berilganlardan foydalanamiz. So'ngra ketma-ket ulangan korreksiyalovchi bo'g'inga ega bo'lgan avtomatik boshqaruv tizimining chiqishdagi o'zgaruvchisining ko'rinishini

$$\left[ \Delta U e(p) = \frac{1}{p} \text{ uchun} \right]$$

$$\Delta w \partial(p) = \frac{12(p+1)}{P(0,00012p^6 + 0,0144p^5 + 0,274^4 + 1,903p^3 + 5,25p^2 + 10,622p + 7}$$

orqali ifodalaymiz.

Birinchi ikkita qo'shiluvchining hadini tashlab yuborib olingan ifodaning maxrajini soddalashtiramiz

$$\Delta W \partial(p) = \frac{12(p+1)}{P(0,2747^4 + 1,903p^3 + 5,25p^2 + 10,622p + 7} = \frac{B(p)}{PA(p)}$$

(6.8)

(7) ning maxraji

$$\left. \begin{aligned} P_1 = 0; \quad P_2 = -1,055; \quad P_3 = -4,17 \\ P_{4,5} = -0,85; \quad \pm j2,27 \end{aligned} \right\} \quad (6.9)$$

qutblarni aniqlaydi.

Xevisayd formulasida (6.8) va (6.9) dan foydalanib,

$$\Delta W_D(t) = \frac{B(0)}{A(0)} + \sum_{i=2}^5 \frac{B(P_i)}{P_i A(P_i)} e^{P_i t} = 1,7115 + 0,25e^{-99,2t} - 1,466e^{-1,05t} - 0,72e^{-4,17t} + 2e^{-0,85t} \cos[(130t)^0 + 128^0,18]$$

$t=0$  bo'lganda,  $\Delta W_D$  ning boshlang'ich qiymati  $\Delta W_D(0) = -0,03$  hisobdagi xatolik 1,76%ga mos keladi, oxirgi qiymati esa  $\Delta W_D(\infty) = 1,715$  rad/sek berilgan qiymatga teng. (6.9) formula bo'yicha hisoblangan o'tish jarayonining tavsifi quyidagi sifat ko'rsatkichlariga ega:  $\tau = 30\%$ ;  $t_p = 5,8$  sek olingan qiymatlar korreksiyalovchi qurilmaning o'zini hisoblashdagi qiymatlari bilan mos keladi.

Ushbu Turbo Vazus tilida tuzilgan dastur orqali o'tish jarayoni tavsifini korreksiyalanmagan tizim uchun quring.

**3-topshiriq.** Oldingi ikkita topshiriqni bajarish natijalari bo'yicha berilgan dasturdan foydalanib kompyuterda  $\Delta W_D = f(t)$  o'tish jarayoni tavsiflarini korreksiya kiritilmagan tizim uchun va korreksiya kiritilgan tizim uchun oling.

Natijalarini taqqoslab tahlil qiling. Korreksiyalovchi qurilmaning ahamiyati va uning sifat ko'rsatkichlarini tushuntirib bering.

#### V. Hisobotning mazmuni

1. Laboratoriya ishini bajarish instruksiyasi.
2. Dastur yordamida olingan  $\Delta W_D = f(t)$  tavsiflari.
3. Natijalar taqqoslanishining qisqacha yozma tahlili.

#### VI. Nazorat savollari

1. O'tish jarayoni tavsifi nimani ko'rsatadi?
2. O'tish jarayonining tavsifini qurishning qanday usullari mavjud?
3. Korreksiyalangan tizim bilan korreksiya kiritilmagan tizim o'rtasida qanday farq bor?
4. Taxminiy hisoblashlarda xatolik darajasi qanday?
5. O'tish jarayoni tavsifini qurish uchun hisoblashlar bajarilganda qanday soddalashtirishga yo'l qo'yiladi?
6. Fikringizcha, qanday ko'rinishdagi o'tish jarayonining tavsifi yaxshi tizimni ifodalaydi?

#### VII. Adabiyotlar

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.

2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.

3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov S.H.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.

4. Аязян Г.К. «Расчет автоматических систем с типовыми алгоритмами регулирования» Учеб. Пособ.- Уфа.: Изд-во УНИ, 1986. 135 с.

5. Теория автоматического управления: Учебник. В 2-х частях/ Под ред. А.А.Воронова-М.: Высш.шк., 1986. -Ч.1.-367с.-Ч.2. 504 с.

### Dastur Turbo basic tilida tuzilgan

```
$INCLUDE «CONIO.INC»
```

```
$INCLUDE «POP.INC»
```

```
$INCLUDE «zastav.INC»
```

```
OPTION BASE 1
```

```
Choice=1
```

```
ItemNumber = 3
```

```
Yes = TRUE
```

```
No = FALSE
```

```
dim menu$(ItemNumber)
```

```
menu$(1)=» Grafikni ko'rish
```

```
menu$(2)=» O'zgaruvchilar qiymatlarini printlash
```

```
mora$(3)=» MS-DOS ga chiqish
```

```
screen 0,0,0
```

```
call zastavka(15)
```

```
10 color 0,7
```

```
cls: CALL TWINDOW(2,2,79,23,20,», false,0,0)
```

```
color0,7:callCenter(1, «O'qish jarayoni hisobining dasturi»)
```

```
color 0,7:call Center(24, «Dastur Elektriyuritmka kafedrasida ishlab  
chiqilgan»)
```

```
color 0,7:call Center (25 «Kerakli punktini tanlab olib «Enter»  
klavishini bosib»)
```

```
CALL pop(14,9,5,menu$,ItemNumber,TRUE,TRUE,0,7,15,8)
```

```
if choice=1 then gosub 100
```

```
if choice=2 then gosub 200
```

```
if choice=3 then system
```

```

goto 10
end

100 screen 9,2
color8,7
koordinata o'qlarini o'tkazish
locate 8,9:?»2 4 6 8 10 12 14 16 18 t,cek»
locale 1,6:?»w, rad/sek»
for i=6 to 2 step -2:locate i,3:»4-i/2:next

koordinata o'qlarini chizish
line (40,160)-(40,20),8:line -(38,24),8:line -(40,20),8:line -(42,24),8
line(40,110)-(350,110),8:line-(345,108),8:line-(350,110),
8:line(345,112),8
FOR I = -7 TO2:LINE (250-I*30,109)(250+I*30,111),8:NEXT

punktir chiziqlar
for i=1 to 350 step 8:line (40+i,60)-(43+i,60),8:nyext

locate 11,1:? «Grafik funksiya ko'rinishida berilgan»
locate 12,1:? »w=1.715-1.54*EXP(-99.2*t))-1,466*EXP(-
.145*t)*(85*SIN(2.79*t)+1.279*COS(2.79*t))»
line (180,170)-(250,170),1
locale 15,1:? «Grafik funksiya ko'rinishida berilgan»

locate 16,1:? w=1.715-436*EXP(-4.85*t))-EXP(-
.18*t)*(858*SIN(2.79*t)+1.279*COS(2.79*t))»
line (180,235)-(250,235),15
locate 21,30:? «Xohlagan klavishni bosing»

FORt=0TO 22 STEP.009
w = 1 . 7 1 5 - . 4 3 6 * E X P ( - 4 , 8 5 * t ) - E X P ( -
.18*t)*(858*SIN(2.79*t)+1.279*COS(2.79*t))
LOCATE 13,I: PRINT «Natijalarni pechatlash» t=»int(t);» w=»;w
PSET (t*15 + 40, -w*30 + 110), 1
LOCATE 17,I:PRINT «Natijalarni pechatlash» t=»;int(t);» w=*;w
w = 1 . 7 1 5 - . 4 3 6 * E X P ( - 4 . 8 5 * t ) - E X P ( -
.18*t)*(858*SIN(2.99*t)+1.279*COS(2.99*t))
PSET (t*15 + 40, -w* 30 + 110), 15
NEXTt
120 A$ = INKEYS; IF A$ =»» THEN 120
screen 0,0,0
return

```

```

200
cls
FORt = 0TO 22 STEP.009
w = 1,715 - .436 * EXP(-4.85 * t) - EXP(-.18 * t) * (.858 * SIN(2.79 * t) + 1,279 * COS(2.79 * t))
locate 12,1: "График номер 1"
LOCATE 13,1: PRINT «Natijalarni pechatlash» t=»;int(t);» w=»;w
locate 16,1: "График номер 2"
LOCATE 17,1: PRINT «Natijalarni pechatlash» t=»;int(t);» w=»;w
w = 1,715 - .436 * EXP(-4,85 * t) - EXP(-,18 * t) * (.858 * SIN(2.99 * t) + 1,279 * COS(2.99 * t))
NEXTt
locate 21,30: «Xohlagan klavishni bosing»
130 A$ = INKEYS; IF A$ =» THEN 130
return
end

```

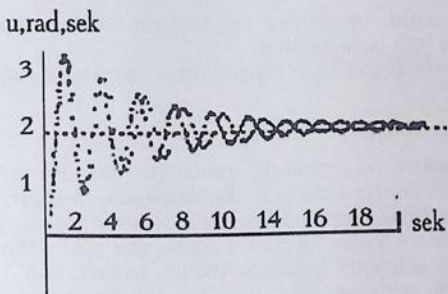


График задан функцией

$u = 1,715 - 1,54 \text{EXP}(-99.Z * t) - 1,466 * \text{EXP}(-.145 * t) * (-.85 + \text{SIN}(2.79 * t) + 1,279 * \text{COSC}(2.79 * t))$

Распечатка результатов t= 21 u= 1,731291532516479 002

График задан функцией

$u = 1,715 - ,436 \text{YEXP}(-4,85 * t) - \text{EXP}(-.18 * t) * (-.858 + \text{SIN}(2.79 * t) + 1,279 * \text{COS}(2,79 * t))$

Распечатка результатов

t= 21 u= 1,731291532516479 002

## II QISM

### 7 - LABORATORIYA ISHI

#### Sozlanayotgan obyektning vaqt bo'yicha tavsifini aniqlash

##### I. Ishning vazifasi:

Talabalarga sozlash obyektini haqida umumiy tushunchalar berish bilan bir qatorda obyekt xususiyatlari haqida amaliy ko'nikmalarni paydo qilishdan hamda avtomatik tizimlar bilan ishlash jarayonida obyektning rolini o'rganishdan iborat.

##### II. Ishning maqsadi:

1. Sozlanayotgan obyektning vaqt bo'yicha tavsifini eksperimental usulda aniqlash yo'li bilan tanishish.
2. Eksperimental yo'l bilan sozlanayotgan obyektning vaqt tavsifini aniqlash.

##### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar

**Sozlash obyektini** - bu texnologik apparat yoki mashina bo'lib, unda sozlash jarayoni amalga oshiriladi. **Sozlanayotgan (boshqarilayotgan) kattalik yoki sozlanayotgan parametr** deb o'zgarimas, doimiy qiymatini sozlash obyektida yoki bir xil ushlab turiladigan yoki dastur asosida o'zgartiriladigan qandaydir kattaliklar (bosim, harorat, sath. va h.k.)ga ataladi. **Sozlovchi ta'sir** deb esa sozlagich tomonidan sozlash obyektiga uzatilayotgan ta'sir tushuniladi.

Barcha sozlash obyektleri shunisi bilan xarakterliki, ulardan uzluksiz ravishda moddalar yoki energiya o'tib turadi. Obyektdan o'tayotgan yoki obyektidan olinayotgan **moddalar** yoki **energiya** miqdori **yuklama** deb ataladi. Yuklamaning o'zgarishi sozlanayotgan parametrning o'zgarishiga olib keladi. Sozlanayotgan parametrni belgilangan qiymatlarda ushlab turish uchun obyektga oqib kelayotgan modda yoki energiya miqdorini, obyektning yangi yuklamasining qiymatlariga mos holda o'zgartirish zarur bo'ladi.

Sozlanayotgan **obyektning sig'imi** deb, uni ko'rib chiqilayotgan paytdagi modda va energiya miqdoriga aytiladi. Hisoblashlar uchun odatda

o'Ichovsiz kattaliklardan foydalaniladi. Masalan, o'Ichamga ega bo'lgan kattalik  $Q_0$  (oqim miqdori) va  $Q_c$  (sarf miqdori) o'rniga oqimning va

sarfning nisbiy kattaliklari  $q_0 = \frac{Q_0}{Q_{max}}$  va  $q_c = \frac{Q_c}{Q_{max}}$  lardan foydalaniladi.

Bu yerda  $Q_{max}$  - sozlash obyektining maksimal yuklamasi. U holda qo'zg'atuvchi ta'sir o'Ichovsiz ifodalanganda

$$v = q_0 - q_c \quad (7.1)$$

sozlanayotgan parametrning oraliq qiymati esa

$$\chi = H / H_0 \quad (7.2)$$

ko'rinishida yoziladi.

Bu yerda  $N_0$  - parametrning berilgan qiymati;

$N$  - sozlanayotgan parametrning amaldagi qiymati.

Sozlanayotgan parametrning nisbatan og'ishi  $\Delta N$  parametrning oraliq qiymatining berilgan  $N_0$  qiymatdan og'ishi kabi aniqlanadi, ya'ni

$$\varphi = \Delta H / H_0 \quad (7.3)$$

Sozlash ishlaridagi birmuncha noqulay sharoitlardan biri oqim bilan sarf o'rtasidagi muvozanatning keskin buzilishi hisoblanadi. O'chirilgan sozlagichdagi sozlanayotgan parametrni, vaqt bo'yicha keskin qo'zg'atishlar yuz berganda o'zgarishini ko'rsatuvchi egri chiziq, obyektning vaqt tavsifi yoki obyektning tezlashish (izga tushishi) tavsifi deb ataladi.

Ayrim obyektlarda moddalar yoki energiyaning oqib kelishi bilan sarf bo'lishi o'rtasidagi muvozanat buzilsa, sozlanayotgan parametr yangi o'zgarish qiymatlarga, tashqaridan hech qanday ta'sir bo'lmasada ega bo'lib qoladi. Bunday obyektlar o'zlarining tekislash xususiyatiga ega bo'lishadi. O'zlarining tekislash xususiyatiga ega bo'lmagan obyektlarda esa (7.1, a -rasm) sozlanayotgan parametrning har qanday o'zgarishi moddaning (energiyaning) oqib kelishiga yoki sarfiga hech qanday teskari ta'sir ko'rsatmaydi. Natijada parametr uzluksiz ravishda o'zgarib boradi.

Oqimning miqdori sarfni miqdoridan ortib ketganda obyekt modda (energiya) to'planadi va uning sathi (darajasi) chegaralanmagan holda ortib boradi.

$N$  ning o'zgarish tezligi burchak  $\alpha$  ning tangensi bilan aniqlanadi. Natijada qo'zg'atish qancha ko'p bo'lsa, shuncha ko'p parametrning o'zgarishi tezlashadi:

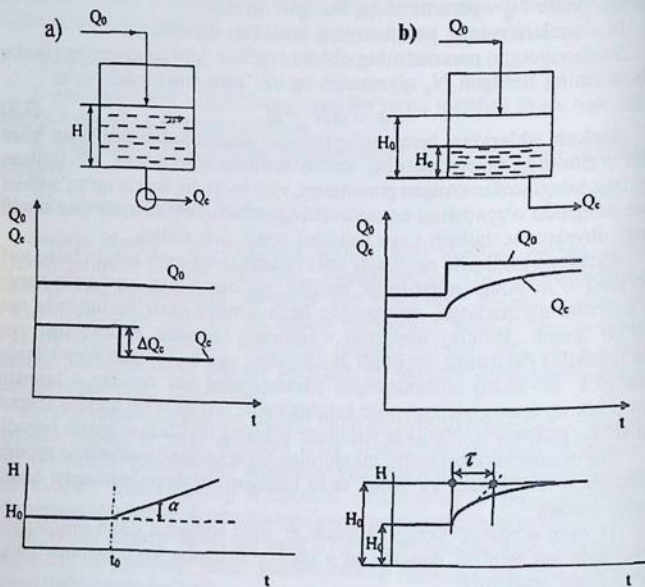
$$\frac{d\varphi}{dt} = \varepsilon v \quad (7.4)$$

bu yerda  $\frac{d\varphi}{dt}$  - parametr  $\Delta H / H_0$  ning nisbiy o'zgarishi tezligi;  $v$  -  $Q_0$  - qo'zg'atishning nisbiy kattaligi;  $\varepsilon$  - o'zini tekislashsiz izga tushish tezligi.

Izga tushish tezligining fizikasi qo'zg'atish bilan birga teng bo'lganligidagi ta'sirlarda parametrning o'zgarish tezligini ifodalaydi.

Izga tushishi tezligiga teskari kattalik  $T_a$  izga tushish vaqti deb ataladi.

$$T_a = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{v}{d\varphi / dt} \quad (7.5)$$



7.1-rasm. Sozlash obyektining tavsifi:  
a) o'zini tekislamasdan; b) o'zini tekislab.

O'zini tekislovchi obyektlarda (1.1, b-rasm), oldingisidan farqli ravishda,  $Q_0$  o'zgaranda xuddi shunday  $Q_C$  ning ham o'zgarishi yuz beradi va sozlanayotgan kattalik  $N$  dastlabki  $N_0$  qiymatidan yangi mo'tadil qiymat  $N_p$  gacha o'zgaradi. Izga tushishini tavsiflovchi egri chiziq, bu holda chiziqli bo'lmaydi, chunki sozlash obyektining o'zini tekislash xususiyatiga ega bo'lib,  $N$  ning o'zgarish tezligi esa bir xil emasdir. Qo'zg'atishning dastlabki lahzalarida parametrlarning o'zgarish tezligi uncha katta bo'lmagan qiymatlarga yetib boradi,  $Q_0$  bilan  $Q_C$  ning go'rtasidagi tafovut kamayib borishi bilan esa pasayadi va birmuncha vaqtdan so'ng  $Q_0$  bilan  $Q_C$  tenglashib, sozlanayotgan parametr  $N$  ning yangi qiymatlarida yangi muvozanat holati yuzaga keladi.

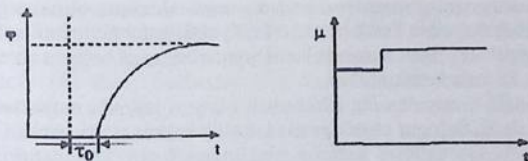
Bir sig'imli obyektlarda izga tushish egri chizig'i eksponentani ifodalaydi. Eksponenta shunday xususiyatga egaki, uning biror bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmalar sozlanayotgan parametrlarning yangi muvozanat holatiga mos keluvchi teng chiziqlar bo'lakchalarini kesib yuzaga keltiradi. Vaqt  $T$  ning bunday bo'laklari sozlash obyektining *vaqt doimiysi* deb ataladi.

O'zini tekislovchi obyektning qo'zg'atishdan keyingi qobiliyati o'zini tekislash koeffitsiyenti  $\rho$  orqali tavsiflanadi.

$$\rho = \frac{v_0}{\varphi} \quad (7.6)$$

bu yerda  $v_0$  -qo'zg'atish kattaligi, ya'ni oqim bilan sarf o'rtasidagi muvozanatning buzilish kattaligi.

Keyingi sozlash obyektining, muhim kattaliklaridan biri obyektning kuchaytirish koeffitsiyenti  $k_k$  sanalaridir. Kuchaytirish koeffitsiyenti sozlanayotgan parametr  $\varphi$  (chiqishdagi kattalik) ning o'zgarishi necha marotaba kirishdagi kattalik  $\mu$  - sozlovchi ta'sirdan katta ekanligini ko'rsatadi.



7.2-rasm

Avtomat sozlovchi tizimlarda sozlanayotgan parametrlarning o'zgarishi keskin ravishda amalga oshmay, balki qo'zg'atuvchi ta'sir boshlanganidan so'ng, ma'lum bir vaqt o'tgach boshlanadi.

Sozlanayotgan parametrlarning o'zgarishi boshlangan daqiqadan sozlovchi organing harakatlana boshlashigacha qandaydir vaqt oralig'i kerak bo'ladi. Sozlovchi organing siljishining boshlanishi ham darhol sozlanayotgan parametrlarning o'zgarishiga olib kelmaydi. Bu hodisa *kechikish* deb ataladi. Kechikishning ikki xil turi mavjud: *toza kechikish va sig'imli kechikish*.

*Toza kechikish* (uzatmali, transportli, masofadan) bu qo'zg'atishdan so'ng sozlanayotgan parametrlarning o'zgarish turgan vaqt oralig'i.

*O'tishdagi (sig'imli) kechikish* (7.2-rasm) ko'p sig'imli obyektlarda kuzatilib, ular bir necha sig'im turli qarshiliklar orqali ketma-ket ulanib kelgan hollarda (issiqlik, gidravlik va h.k.) energiya yoki moddani bir sig'imdan ikkinchi sig'imga o'tishida yuz beradi.

Odatda, sozlash obyektlarining vaqt tavsiflarini aniqlaganda to'la kechikishi kattaligiga tayaniladi.

$$\tau = \tau_0 + \tau_{o'} \quad (7.7)$$

bu yerda,  $\tau_0$  - toza kechikish;  $\tau_{o'}$  - o'tishdagi kechikish.

Kechikish sozlash jarayonini yomonlashtirgani tufayli kechikishni kamaytirishga harakat qilinadi.

#### *IV. Sozlash obyektining tavsifini eksperimental usulda aniqlash*

Sozlash obyektining xususiyatlarini aniqlashning sodda usullaridan biri bu - ishga tushirishni ifodalovchi egri chiziqlarni eksperimental usulda olishdir. Obyekt ishining izga tushishini ifodalovchi egri chiziq avtomat rostlagichning sozlash parametrlarini aniqlashda eng muhim dinamik tavsiflardan biri sanaladi. Bu *egri chiziq*, tajriba o'tkazish yo'li orqali aniqlanishi mumkin. Sozlanayotgan kattalikni qo'zg'alishi boshlanganidan tortib, toki muvozanat holatigacha bo'lgan o'zgarishini avtomatik ravishda o'zi yozib boruvchi asboblarda yordamida yozib olish birmuncha qulaydir. Tasodifiy qo'zg'atishlar ta'sirida, egri chiziqni olinayotgan paytda xatoliklarga, siljib ketishlarga yo'l qo'ymaslik uchun texnologik jarayonga putur yetmaydigan darajada katta qiymatlarga ega bo'lgan qo'zg'alishlarni berib ko'rish kerak bo'ladi.

Sozlash obyektining ishi tanlab olingan rejimda muvozanat holatiga keltiriladi. So'ngra obyektga bir lahzalik keskin o'zgaruvchan qo'zg'alish beriladi. Qo'zg'alish kattaligining qiymati obyektning normal ishlash rejimidagi qiymatining 10%idan kam bo'lmasligi darkor.

Keskin ta'sir etuvchi qo'zg'atish yuz berishi natijasida sozlanayotgan parametrlarning vaqt bo'yicha o'zgarishini ko'rsatuvchi chiqishdagi kattalikning o'zgarishi grafigi olinadi. Olingan egri chiziq sozlanayotgan obyektning quyidagi asosiy xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi:

1) iziga tushish egri chizig'ining egilgan nuqtasiga o'tkazilgan urinmaning kesishish nuqtasini, parametrlarning o'zgarish boshlagan nuqtasi bilan aniqlanadigan parametrlarning oxirgi muvozanat holatidan o'tadigan vaqt oralig'i bilan aniqlanadigan izga tushish vaqtini;

2) sozlovchi parametr  $\varphi = \frac{H_{oxir} - H_{boshl}}{H_{boshl}}$  ning nisbatan o'zgarishini;

3) sozlash obyektining o'z-o'zini tekislash darajasi  $\rho = v_0 / \varphi$  ni;

4) obyektning kuchaytirish koeffitsiyenti  $k_k = \frac{1}{\rho}$  ni;

5) parametr  $d\varphi / dt$  ning shartli o'zgarish tezligini;

6) izga tushish tezligi  $\varepsilon = \frac{d\varphi / dt}{v}$  ni;

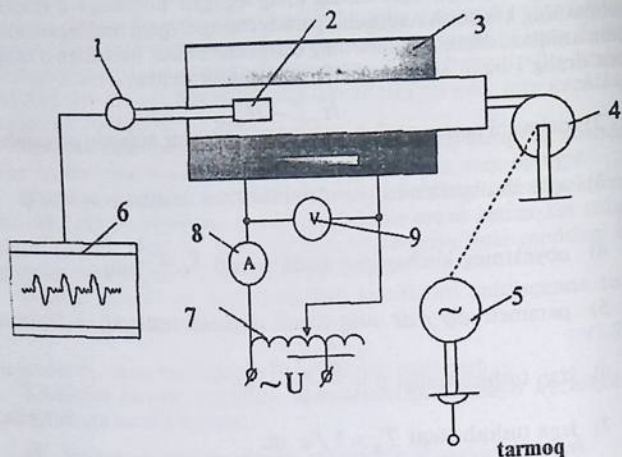
7) izga tushish vaqti  $T_a = 1 / \varepsilon$  ni;

8) obyektning vaqt doimiysi  $T = T_a / \rho$  ni;

9) grafik usulda aniqlanadigan, uzatish va sig'imli kechikishlarni tashkil etuvchilarni qo'shish orqali topiladigan kechikish  $\tau$ , sek. ni.

#### V. Qurilmaning yozmasi

Sozlash obyektining xususiyatlarini tadqiqot qilish uchun mo'ljallangan qurilma (1.3-rasm) naysimon ishchi kameraga ega bo'lgan elektr sandonidan (3), metall silindr (2) ning ichiga joylashtirilgan termo-juftdan (1), yozuvlar lentasimon diagrammaga elektr sandonidan (3), metall silindr (2) ning ichiga joylashtirilgan termojuftdan (1), yozuvlar lentasimon diagrammaga tushiriladigan elektron avtomat potensiometr (6) dan, voltmetr (9) dan, ampermetr (8) dan, avtotransformator (7) dan tashkil topgandir. Sandondan kollektor dvigateli (5) ga ega bo'lgan ventilator (4) orqali havo haydaladi. Sozlash objekti bo'lib sandon (3), sozlanayotgan parametr bo'lib esa sandondan chiqayotgan issiq havo orqali qizdiriladigan metall silindr (2) ning harorati sanaladi.



7.3-rasm.

Sozlash obyektining vaqt tavsifini aniqlovchi qurilma sxemasi

Sozlash agenti bo'lib sandonning qizdirish elementining quvvati hisoblanadi va u

$$P = IU = I^2 R \quad (7.8)$$

ifoda orqali aniqlanib,  $V_t$  da o'lchanadi.

Oxirgi ifodada  $I$ -tok,  $A$ ;  $U$ -kuchlanish,  $V$ ;  $R$ -qizdirgichning qarshiligi,  $\Omega$ .

### VI. Ishning bajarilish tartibi

1. Qurilmaning sxemasini tekshirib chiqing, avtomatik tarzda o'zi yozuvchi potensimetrni va sandonni tarmoqqa ulang. Avtotransformator (7) yordamida tok  $I$  ning qiymatini qizdirish elementidan o'tishini belgilang va potensimetrning diagramma qog'ozida chizilayotgan yozuvning to'g'ri chiziqli qismi paydo bo'lguncha kutib turing.

2. Kuzatishlar va hisoblashlar natijalarini yozib borish uchun qog'oz, ruchka tayyorlab, quyidagi jadvalni chizing:

Sozlash obyektining vaqt tavsiflarini aniqlash					
Vaqt, sek.	Harorat, °C	Parametrlarning nisbiy qiymati	Parametrlarning nisbiy oraliq og'ishi	Tok, A	
				Qo'zg'otishgacha	Qo'zg'otgandan so'ng

Olingan natijalar bo'yicha grafik chizib potensimetrdagi yozib olingan grafik bilan solishtiring.

3. Avtotransformator 7 ning sudralgichi yordamida tokni dastlabki qiymatidan 10% ga farq qiladigan darajada oshirib yoki kamaytirib obyektga qo'zg'atuvchi ta'sir bering. Sekundometrni ulab, 60 sek. dan so'ng haroratni yangi muvozanat holatidagi qiymatini belgilab qo'ying. Kuzatishlar natijasini jadvalga yozing.

4. Qurilmani o'chiring, sozlanayotgan kattalikning oraliq nisbiy qiymatini aniqlang.

5. Parametrlarning oraliq qiymatini nominal qiymatlardan og'gan kattaliklarini izga tushish egri chizig'ini qurish uchun berilganlar sifatida aniqlang.

6.  $\varphi = f(t)$  grafigini quring va avtomat elektron potensimetrdan diagramma qog'ozida yozilgan egri chiziq bilan solishtiring.

Quyidagilarni aniqlang:

- 1) izga tushish tezligini;
- 2) o'z-o'zini tekkiqlash darajasini;
- 3) obyektning kuchaytirish koeffitsiyentini;
- 4) kechikishini;
- 5) obyektning vaqt doimiysini.

### VII. Nazorat savollari

1. Sozlash obyektini deb nimaga aytiladi?
2. O'lchovsiz ifodalanganda qo'zg'atuvchi ta'sir qanday aniqlanadi?
3.  $T_a$  nima va bu kattalik qanday aniqlanadi?
4. Koeffitsiyent  $\rho$  nimani tavsiflaydi?
5. Qaysi parametr sozlanayotgan obyekt sanaladi?
6. O'z-o'zini tekkiqlovchi obyekt deganda nimani tushunasiz?
7. O'z-o'zini tekkiqlash darajalari barqarorlikka o'z ta'sirini ko'rsatadimi?
8. Nisbiy qiymatni tushuntirib bering.
9. Avtotransformator yordamida qaysi parametr nima maqsadda o'zgartiriladi?
10. Olingan  $\varphi = f(t)$  va diagramma qog'ozidagi egri chiziqlarni tahlil qilib bering.

### VIII. Adabiyotlar

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.
2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.
3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov SH.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.
4. Карамзе А.Н., Фитреман М.Я. «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» Л.: Химия, 1988. 225 с.
5. Веревкин А.П., Попков В.Ф. «Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства» Учеб. пособ.- Уфа.:Изд-во УНИ, 1996. 95 с.

## 8 - LABORATORIYA ISHI

### Obyekt yuklamasining ikki holatli sozlash jarayoniga ta'siri

#### I. Ishning vazifasi:

Talabalarga avtomatik tizimlarni ish jarayonida, yuklamaga bog'liq holda, sozlash usullarini qo'llash uslublarini o'rgatishdan va avtomatik boshqarish nazariyoti fanida olgan nazariy bilimlarini obyekt xususiyatlariga taalluqli qismi bo'yicha amaliy ko'nikmalarni singdirishdan iborat.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Elektron potensimetrlar va ko'priklarning ikki, uch holatlarda sozlovchi qurilmalarini o'rganish.
2. Boshqarish relesining ishga tushirish chastotasiga obyekt yuklamasining ta'sirini aniqlash.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar

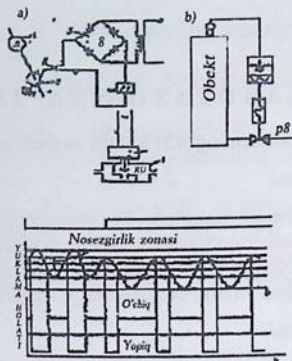
Avtomat rostlagichlar sozlash qonuniyatlari bo'yicha sinflarga bo'linadilar.

Holatli rostlagichlar - bu shunday qurilmalarki, ularda rostlovchi organlar ikki yoki uch ma'lum bir holatlarni egallash imkoniyatiga egadir. Ikki holatli rostlagichlarda (8.1-rasm) rostlovchi organning ikkita holati mavjud: *to'la ochiq va to'la yopiq*.

Rostlovchi organning ishga tushishi yuz beradigan sozlanayotgan kattalikning yuqori va quyi qiymatlari o'rtasidagi oraliq *nosezgirlik* zonasi deb ataladi. Odatda ikki holatli sozlagichda bu zonani juda keng oraliqlarda o'zgartirish imkoniyati bor.

Ikki holatli sozlagichlarda rostlovchi organning joyini o'zgartirish bir lahzada amalga oshirilishi mumkin. Chunki ikki holatli sozlash ancha sodda, katta sig'im ko'effitsiyentiga ega bo'lgan obyektlarda qo'llaniladi.

Uch holatli sozlagichlarga shunday qurilmalar kiradiki, ularda rostlovchi organ uchta holatni: *to'la ochiq, o'rtacha (normal) va to'la yopiq* holatlarni egallashlari mumkin. O'rtacha holat qandaydir nosezgirlik zonasida ushlab turiladi. Rostlanayotgan kattalik nosezgirlik zonasi chegarasiga yetgach, rostlovchi organ to'la ochiq yoki to'la yopiq holatga o'tadi.

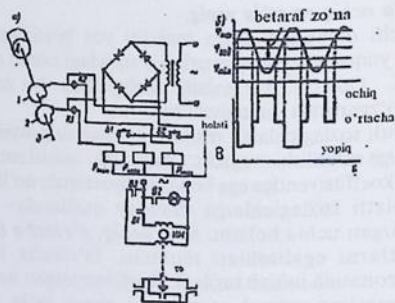


8.1-rasm

Sanoatda ikki yoki uch holatli rostlagichlar yuklamalari kam o'zgaradigan obyektlarning parametrlarini sozlash uchun ishlatiladi.

Uch holatli sozlovchi qurilmalarni ish jarayonini tushunish uchun EPP yoki EMP tipidagi elektron qurilmalarni oladigan bo'lsak, ularning ish jarayoni tavsifi 8.2-rasmda ko'rsatilgandir.

Obyekt yuklamasi ortib borishi bilan  $T = f(t)$  tavsifining tikligi ortib boradi, lekin shu bilan birga holatli sozlash qurilmasining ishga tushishi chastotasi ham ortadi.



8.2-rasm

Amalda bunday holatli rostlovchi qurilmalarning ulanish va uzilishlari sonining ortishi kontaktlarni qizishi natijasida kuyib ketishiga sababchi bo'lib, qurilmaning barcha ish rejimiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Qurilma mu'tadil ravishda *uzoq* muddatlarda yaxshi ishlashi uchun bajarish mexanizmining boshqarish zanjirida tok qiymatining optimalligini ta'minlashi zarur.

#### IV. Laboratoriya qurilmasining yozmasi

Qurilma (8.3-rasm), sozlash obyekti bo'lib xizmat qiladigan naysimon elektr sandoni 1 dan, misdan tayyorlangan qarshilik termometri 2 dan, bir paytning o'zida o'lchash, yozish va avtomatik tarzda sozlashga mo'ljallangan, muvozanatlashtirilgan avtomat ko'prik 3 dan, sandon haroratini qo'g'zatisish uchun mo'ljallangan kengayuvchan termometr 7 dan va sekundomerdan iborat.

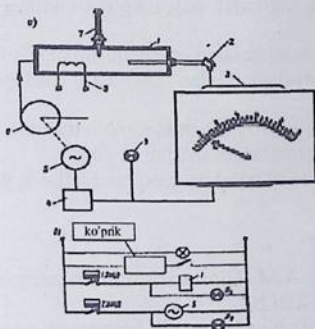
Obyektning yuklamasi sandonga ventilator 6 yordamida yuboriladigan havo miqdori bilan aniqlanadi. Havo haydash unumdorligini dvigatel 5 ning zanjiriga ulangan avtotransformator 4 orqali o'zgartirish mumkin.

Sandonning qizish darajasi esa qizdirish elementi 8 ulangan avtotransformator sudralgichini harakatlantirish bilan o'zgartirilishi mumkin.

#### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Avtomat elektron ko'prik 3 sozlagichining lappagini ikki holatli boshqaruvga moslab o'rnatishing.

2. Haroratning belgilanishini ko'rsatuvchi asbobda  $50^{\circ}\text{S}$  dagi haroratni ta'minlovchi belgiga ko'rsatkichni to'g'rilang.



8.3-rasm.

3. Avtomatik tarzda o'zi yozuvchi ko'prik 3, ventelator 6 va sandon 1 ni ulang.

4. Sozlash obyektidan belgilangan haroratga yetgach, avtomatik tarzda o'zi yozuvchi ko'prik ko'rsatkichlari bilan uning holatlarini rostlovchisining kontakti joylashgan yerlarini kuzating.

5. Sozlash obyektining o'zgarmas yuklamasida sandon haroratining o'zgarishi, sekundomerning ko'rsatkichi va sandonning ulanganligi haqida dalolat beruvchi indikator lampa 9 ning yonishi kuzatiladi.

6. Asbobning diagrammasida indikator lampasining o'chib yonishi haqida belgilab qo'yiladi.

7. Obyektning yuklamasini ventelyator 6 ning aylanish chastotasini o'zgartirish usuli bilan o'zgartirib, asboblarning ko'rsatishlari, holatli sozlagichlarning kontaktlarining ulanish chastotasi kuzatiladi hamda diagrammaga belgilashlar kiritiladi.

8. Olingan natijalardan foydalanilgan holda (diagrammadan va ulanish haqidagi belgilardan) sozlash obyektining haroratini vaqtda bog'liqligini hamda relening vaqtga bog'liq holda ishlashini ko'rsatuvchi grafiklar quriladi.

#### *VI. Nazorat savollari*

1. Holatli sozlagich deb nimaga aytiladi?

2. Holat sozlagichining ishga tushishi chastotasi nimaga bog'liq bo'ladi?

3. Holat sozlagichlarida rostlovchi organ qanday holatlarni egallashi mumkin?

4. Holat sozlagichining ishga tushishi chastotasiga obyekt yuklamasi qanday ta'sir ko'rsatadi?

5. Avtomat sozlagichlar qaysi ko'rsatkichlari bo'yicha sinflarga bo'linadilar?

6. Uch holatli qurilmalarga qaday qurilmalar kiradi?

7. Ikki holatli rostlagich bilan uch holatli rostlagich o'rtasida qanday farq bor?

8. «Nosezgirlik zonasi» deganda nimani tushunasiz?

9. Qurilmaning tuzilishini so'zlab bering.

10. Qurilma mo'tadil ravishda uzoq muddatlarda yaxshi ishlashi uchun nima qilish kerak?

#### *VII. Adabiyotlar*

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.

2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.

3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov SH.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.

4. Кулаков М.В. «Технические измерения и приборы для химических производств» М.: «Машиностроение», 1983. - 424с.

5. Карамзе А.Н., Фитреман М.Я. «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» Л.: «Химия», 1988 г. 225 с.

## 9 - LABORATORIYA I SH I

### Proporsional sozlagichning ish jarayonini tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Talabalarning elektr sxemalarni yig'ish va uni ishga tushira bilish, o'quv va ko'nikmalarini hosil qilishdan hamda sozlagichlar ish jarayonini tahlil qilish bo'yicha olgan nazariy bilimlarini mustahkamlashdan iborat.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Proporsional sozlagichning sxemasini yig'ish.
2. Sozlagichning statik tavsifini olish.

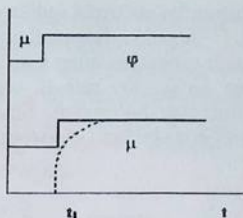
#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar

Proporsional (P) sozlagich - bu shunday sozlagichki, unda chiqishdagi kattalik (rostlovchi organning siljishi) kirishdagi kattaliklarni (sozlanayotgan parametr) og'ishiga proporsionaldir.

P - sozlashning rostlash qonuniyati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta\mu = k_p \Delta\varphi \quad (9.1)$$

bu yerda,  $\Delta\mu$  - rostlagichning sozlovchi ta'siri (rostlovchi organning nisbatan harakatlanishi);  $\Delta\varphi$  - mos kelmaslikni ko'rsatuvchi signal rostlanayotgan kattalikni uning berilgan qiymatlariga nisbatan og'ishi yoki uni berilgan  $\varphi_0$  va haqiqiy oraliq qiymati  $\varphi$  o'rtasidagi nisbiy birliklardagi farqi;  $k_p$  - rostlagichning kuchaytirish koeffitsiyenti, u P-rostlagichning sozlovchi parametridir. P-rostlagichning vaqt tavsifi 9.1-rasmda ko'rsatilgan. Rostlagichning kuchaytirish koeffitsiyentiga teskari, ya'ni  $1/k_p$  kattalik-rostlagichning teng o'lchovli bo'lmagan koeffitsiyenti deb ataladi,  $1/k_p \times 100$  esa rostlagichning proporsionallik oraliq'i deb ataladi. Shunday qilib, proporsionallik oraliq'i - bu butun shkalaga nisbatan foizlarda ifodalangan rostlagich shkalasining bir qismi bo'lib, bu oraliqda sozlanayotgan parametrning o'zgarishi rostlovchi organi bir chetki holatidan ikkinchisiga siljishiga sabab bo'ladi.



9.1-rasm. P-rostlagichning vaqt tavsifi.

Proporsionallik oraliqlarini nisbiy birliklarda belgilash, barcha sozlagichlarga, rostlanayotgan parametrning qanday ko'rinishidan qat'i nazar, proporsionallik oraliqlarini tatbiq etib tarqatish imkoniyatini beradi. Masalan, proporsionallik oralig'i 60 bo'lganda, rostlagichlarda o'lchash ko'rsatkichning 60% ga og'gani klapani to'la-to'kis siljishga olib keladi, ko'rsatkichning 1% ga og'gani esa, klapani uni to'la yurishini 1/60 ga teng shkalaga siljishga to'g'ri keladi.

Kichik proporsionallik oraliqlariga sozlangan rostlagichlar, parametr 1% ga o'zgarganda, sozlovchi organing katta siljishlarini ta'minlaydi. Agar proporsionallik oralig'i qiymati 100 dan katta bo'lsa, sozlovchi organ, rostlanayotgan parametrning butun shkalasi bo'yicha o'zgarganda ham to'la siljishini ta'minlamaydi.

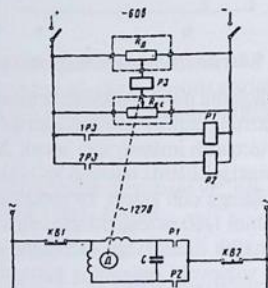
#### IV. Ishni bajarish uchun kerakli jihozlar

1. Qarshiliklari 150 va 300 Om bo'lgan potentsiometr.
2. Qutblantirilgan rele.
3. 2 ta RS tipidagi rele.
4. RD - tipidagi reversiv dvigatel.
5. Kondensator (1 mkf; 400 v).
6. Ulash simlari.
7. O'zgarmas tok manbasi.

#### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Rostlagich 9.2-rasmda ko'rsatilgan tartibda panelga yig'iladi. Panelda qutblantirilgan rele P3, ikkita ikkilamchi elektromagnit relelar P1 va P2 joylashtirilgan. Rostlovchi organing yuritmasi uchun panelga reversiv dvigatel o'rnatiladi. Dvigatel teskari bog'lanish reostati  $K_{t,b}$  bilan mexanik bog'langan bo'lmog'i darkor. Dvigatel zanjiriga sig'imi 2 mkf bo'lgan kondensator va teskari bog'lanish harakatlanganligini chegaralash uchun KV1 va KV2 o'chirgichlari ulanadi.

Muvozanatning buzilishini ko'rsatuvchi indikator sifatida uch holatli rele P3 dan foydalaniladi. U ko'priikka dioganali bo'yicha ulangan bo'lib, datchik va teskari bog'lanish reostatlari bilan ketma-ketdir. P3 rele kam quvvatli kontaktlarga ega bo'lganligi tufayli, unga bevosita bajarish mexanizmining dvigatelini ulab bo'lmaydi. Shuning uchun bu rele ikkinchi, anchagina quvvati katta bo'lgan elektromagnit relelar P1 va P2 orqali boshqariladi.



9.1-rasm.

Proporsional rostlagich quyidagicha ishlaydi: rostlanayotgan tizim muvozanat holatida bo'lganida bajarish mexanizmi bilan bog'liq holda bo'lgan, datchik va teskari bog'lanish reostatlaridan tashkil topgan ko'prikk ham muvozanat holatida bo'ladi. Ko'priknng dioganali bo'ylab ulangan P3 rele, bu holatda, hech qanday elektr tokiga ega bo'lmaydi. Rostlanayotgan parametr belgilangan qiymatdan og'ganida datchik reoxordi siljigichi u yoki bu tomonga siljiydi, ko'prikdagi muvozanat buziladi va P3 rele cho'lg'amidan ma'lum bir yunalishda tok oqadi, tokning yo'nalishiga bog'liq holda birlamchi rele P3 ning 1P3 yoki 2P3 kontaktlari ulanadi va shunday qilib, ikkilamchi relega taalluqli P3 va P3 kontaktlar ham ulanadi. Buning natijasida bajaruvchi mexanizmning dvigateli harakatga keladi. Bajarish mexanizmining harakat toki teskari bog'lanish reoxordi  $R_b$  ning siljigichida harakatlanib, ko'prikk muvozanat holatiga kelguncha davom etadi, birlamchi va ikkilamchi rele kontaktlari uziladi va bajarish mexanizmining dvigateli to'xtaydi. Rostlagichning tavsifini olish uchun datchik va teskari bog'lanish reostatlarida, nisbiy birliklarda, shkalalarga bo'lib qo'yish kerak bo'ladi.

Rostlagichning statik tavsifini qarshilik datchigi sifatida  $R=150$  Om ga teng bo'lgan qarshilikdan foydalanib olinadi. Olingan natijalar asosida

datchikning holatini (abssissa o'qiga), bajarish mexanizmi (ordinata o'qiga) ga bog'liqligining grafigi quriladi (5 ta nuqta).

Datchik sifatida qarshilik  $R=300$  Om olinib, tajriba takrorlanadi. Olingan natijalar yana o'sha faxikka tushiriladi. Tajriba natijalariga ko'ra rostlagichning nosezgirliги va proporsionallik oraliqlari kattaliklari aniqlanadi. Dvigatelni bajarish mexanizmining bir chetki holatdan, ikkinchi chetki holatga yetib borish vaqti aniqlanadi.

### *VI. Nazorat savollari*

1. Ushbu rostlashda qutblantirilgan relening vazifasi nimadan iborat?
2. Bajarish mexanizmining rostlovchi organining to'liq yurish vaqti nimaga teng?
3. O'lchash sxemasini oziqlantiruvchi kuchlanishning qiymati ortganda yoki kamayganda rostlagichning sezgirliги qanday o'zgaradi?
4. Rostlagichning nosezgirlik zonasi qanday?
5. Proporsional sozlash deganda nimani tushunasiz?
6. Qaysi kattalik rostlagichning teng o'lchovli bo'lmagan koeffitsiyenti deb ataladi?
7. Proporsionallik oralig'i nima?
8. Ko'prik sxemasidan nima maqsadda foydalaniladi?
9. Proporsional rostlagichning ishlash qonuniyatini tushuntirib bering?
10. Rostlagichning statik tavsifini qanday usul bilan qurish mumkin?

### *VII. Adabiyotlar*

1. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika», 2002 y, 180 b.
2. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekistan», 1993 y, 285 b.
3. Yusufbekov N.R., Muhammedov B.E., G'ulomov SH.M. «Avtomatika va ishlab chiqarish jarayonlarining avtomatlashtirilishi», Toshkent, «O'qituvchi», 1982 y, 317 b.
4. Карамзе А.Н., Фитреман М.Я. «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» Л.: Химия, 1988. 225 с.
5. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины: Справочник / Под. ред. Кошарского Б.Д. - Изд. 3-е.-Л.: Машиностроение, 1976. 486 с.

## 10 - LABORATORIYA ISHI

### Fotoelektrik o'lchash - o'zgartirgichi yordamida saralovchi fotorezistorning tavsiflarini tadqiqot qilish

#### *I. Ishning vazifasi:*

Ayrim element va bo'g'inlardan avtomatik boshqaruv tizimlarida ma'lum bir maqsadlarda foydalanish mumkinligini namoyish etilishi hamda turli asboblarni qo'llash sohalarini o'rganish, aniqlash, tahlil qilishdan iborat.

#### *II. Ishning maqsadi:*

1. Fotoelektrik o'lchagich—o'zgartirgichi qurilmasining texnik tavsiflari, ishlash qonuniyati va vazifasi bilan tanishib chiqish.

2. Fotorezistorlarning konstruksiyalari bilan hamda ularning asosiy tavsiflari bilan tanishish.

3. Fotorezistorlarning asosiy tavsiflari kompleksini eksperimental tadqiqot qilish usullarini amaliy jihatdan o'rganish (kompleks tavsiflarga maxsus apparatlarning bor bo'lishini taqozo qiluvchi spektral va harorat tavsiflaridan tashqari tuslanuvchan yorug'lik oqimidagi barcha fotorezistorlarning asosiy tavsiflari kiradi.

4. Fotoelektrik o'lchash—o'zgartirgichni fotorezistorining asosiy tavsiflarini eksperimental jihatdan kompleks tekshirish.

#### *III. Tajriba o'tkazish uchun kerakli jihozlar*

1. PFS1 modelidagi saralovchi fotoelektrik o'lchagich - o'zgartirgichi.
2. PFS1 modelidagi o'lchash-o'zgartirgichiga releli blok - qo'shimcha.
3. Fotorezistorlarni tuslanmaydigan yorug'lik oqimida tekshirib ko'rish uchun laboratoriya asbobi.
4. Fotoelektrik lyuksmetr.
5. Voltmetr.
6. Milliampermetr.
7. Mikroampermetr.
8. Mexanik sekundomer.
9. FSK - 4atipidagi fotorezistor.

#### IV. Umumiy nazariy ma'lumotlar

PFS1 modelidagi o'lchovchi o'zgartirgichlar, aksariyat hollarda, nazorat qilib saralovchi avtomatlarda qo'llanilib, unda detallar oqimining tanlab yig'ish oldidan o'lchamlariga qarab guruhlariga bo'lish ishlari amalga oshiriladi.

#### PFS1 ning texnik tavsifi quyidagilardan iborat:

1. Shkala bo'laklari oralig'ining o'lchami (saralashning minimal farqi), mm.....0,001.
2. Saralash guruhlarining nominal soni (PFS1 saralash guruhlar soni 10; 20; 30; 40; 50 lardan har qanday bittasi bo'lishi mumkin).....20
3. Yorug'liksezuvchi elementlar tipi.....FSK - 4a.
4. O'zgartirgich xatoligi, shkala bo'laklari..... $\leq 1/4$  dan ortiq emas.
5. Chiqish signali o'zgarishi, shkala bo'laklari..... $1/8$  dan ortiq emas.
6. O'zgartirgichning saralash intervali xatoligi, shkala bo'laklarida: ..... $1/2$  qo'shimcha bloksiz, ..... qo'shimcha bloklida  $1/3$  dan ortiq emas.
7. 25000 o'lchamdan so'ng sozlanganlikni siljib ketishi shkala bo'laklarida.....  $1/2$  dan ortiq emas.
8. Eng ko'p ishlashdan so'ng, ishlaymay qo'yish ehtimolligi.....0,92, .....o'lchash sikli 1000000 dan kam emas.
9. O'lchashdagi kuchlanganlik .....2 N dan ko'p emas.
10. Ulchashdagi kuchlanganlikning tebranishi.....0,3 N dan ko'p emas.
11. Nazoratni mo'ljaldagi samaradorligi,.....  $1/s$  larda, 3 dan ortiq emas.
12. Nosezgirlik chegarasi..... 0,5 mm dan ko'p emas.
13. O'lchaydigan sterjenning umumiy yurishi..... 0,5 mm dan ortiq emas.
14. Yorituvchi lampaning oziqlantiruvchi kuchlanishi, V ..... $8+3\%$
15. Yorituvchi lampaning quvvati, Vt.....20
16. Fotorezistorlarning oziqlantiruvchi kuchlanishi, V ..... $220\pm 3\%$
17. Bitta fotorezistordagi quyidagi ulanishlar oralig'idagi quvvat yuqolishi V.A: ulanishlar oralig'idagi vaqt intervali 1 s gacha bo'lsa.....0,6;

ulanishlar oralig'idagi vaqt intervali 1.....30 s gacha bo'lsa.....0,45.

18. Ulanishlar orasidagi vaqt intervali 30 s dan ko'p bo'lganda bitta fotorezistordagi quvvat yuqolishi, V-A .....0,1.

19. Fotorezistordagi fototok, mA .....0,15.

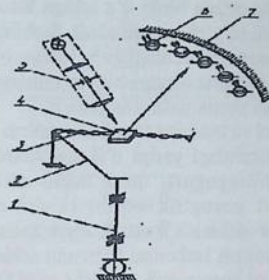
Fotoelektrik saralovchi o'lchovchi o'zgartirgichlar konstruktiv tuzilishlarga ko'ra asosiy asbob-optikatorni eslatadi. Cho'g'lanma lampadan chiqqan yorug'lik nuri kondensator sanoq ipli diafragma va obyektivdan tashkil topgan yoritgich 5 orqali Abramson prujinasi 3 ga o'rnatilgan oyna 4 ga tushadi. O'lchaydigan sterjen 1 siljiganda harakat burchakli osma moslama 2 orqali prujinaga uzatiladi, prujina cho'ziladi va 4 oyna siljishga proporsional bo'lgan burchakka buriladi. Oynadan aks etgan yorug'lik nuri fotorezistorlar bloki 6 ga yo'naladi. Nazorat qilinayotgan detalning o'lchamlariga bog'liq holda ko'rib kuzatib turish uchun mo'ljallangan, shkala 7 ning ma'lum bir bo'lagiga mos keluvchi u yoki bu fotorezistor yoritiladi.

Fotoelektrik saralovchi o'lchovchi - o'zgartirgichning ulanish sxemasi nazorat qiluvchi - saralovchi avtomatning vazifasi hamda konstruktiv xususiyatlaridan kelib chiqqan holda belgilanadi.

Sxemalarni bir shaklga keltirish maqsadida qo'shimcha blokla ishlab chiqilgan bo'lib, ular bir tomondan fotoelektrik o'lchagich o'zgartirgich bilan ikkinchi tomondan esa avtomatning saralovchi yoki xotirada saqlab qoluvchi va yorug'lik signalli qurilmalari o'rtasida bog'lovchi element bo'lib xizmat qiladilar.

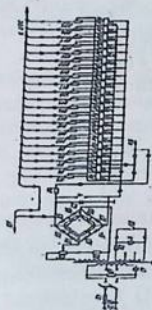
PFS1 o'zgartirgich bilan birgalikda ishlatiladigan releli qo'shimcha bloklarning asosiy parametrlari quyidagicha:

komandalar soni.....21;  
releni ishga tushish toki, mA.....1,8...2,5;  
kontakt guruhlar soni (ulanishni o'zgartiruvchi).....4;  
har bir releni ulash uchun tashqi kontakt guruhlar soni.....2.



10.1-rasm.

Releli qo‘shimcha blokning elektr sxemasi 10.2-rasmda keltirilgan. Fotorezistor yoritilganda va KI knopka tutashtirilganda (1,5...2 s ga), unga mos keluvchi elektromagnit rele  $R_i$  ( $i=1...21$ ) oziqlanadi. Bu esa uni ishga tushiradi. Rele ishga tushgach, o‘zining kontakt guruhlarini qayta ulaydi va «to‘g‘rilagich - tutashuvchi kontaktlar  $R_i$  ( $i=1...21$ ) - KB knopka - to‘g‘rilagich» zanjiri bo‘ylab o‘z-o‘zini oziqlantirish yuz beradi. O‘z-o‘zini oziqlantiruvchi zanjir tufayli rele chulg‘ami tok ostida bo‘ladi va shunga mos holda, rele guruhlari kontaktlari KB knopka uzilmaguncha o‘zining dastlabki holatiga qaytmaydi (hatto o‘lchovchi signallar yo‘q bo‘lgan hollarda ham) R5...R25 rezistorlar, fotorezistorlar bir xil yoritilganda, elektromagnit relening elektr tavsifini tekislash uchun xizmat qiladi, R3 rezistor esa ularga borilayotgan kuchlanishni rostlaydi.



10.1-rasm.

Qo'shimchani o'z ichiga fotorezonansli stabilizatorni va ikkita yarim davrli to'g'rilagichni oladi. Stabilizator barqarorlashtirilgan kuchlanishni tarmoqdagi kuchlanish  $\pm 10\%$ ga o'zgarganda 3% dan ko'p bo'lmagan qiymatlariga o'zgarishini ta'minlaydi. To'g'rilangan tokning pulslanishi S2 sig'im yordamida silliqiladi.

Fotorezistorlarni va ularning tavsiflarini ko'rib chiqaylik. Fotorezistorlar deb ma'lum bir guruhdagi yarim o'tkazgichlarda (masalan, oltingugurt kadmiy, vismut oltingugurt, qo'rg'oshin oltingugurt, tellur oksidi, germaniy va h.k) yorug'lik oqimi ta'siri ostida, o'zining elektr o'tkazuvchanligini oshirish xususiyatiga asoslangan ichki fotoeffekt hodisasidan foydalanish imkonini beruvchi asboblarga ataladilar.

Fotorezistorning konstruktiv tuzilishi quyidagicha: izolatsiyali asos 3 ga changlantirish yo'li bilan olingan, yuzasi birdan toki bir necha millimetr kvadratgacha boradigan yarimo'tkazgich materiali qavatini tashkil etadi. Yarimo'tkazgichning chetlariga metall elektrodlar ulangan, yarimo'tkazgichli qavatga ega bo'lgan lappakcha darchali plastmassa gardishga joylashtirilgan. Metall elektrodlar ikkita chiqish klemmalari bilan birlashtirilgan bo'lib, ular orqali fotorezistor elektr zanjiriga ulanadi.

Fotorezistorning yorug'likka ta'sirchan bo'lgan yuzasini atrof-muhitning salbiy ta'sir ko'rsatishidan saqlash uchun yuza yupqa qilinib, lak bilan qoplanadi. Lakning navini tanlab olishda fotorezistor uchun sezilarli bo'lishi (ya'ni aynan o'sha spektrga nisbatan parda shaffof bo'lib, uni o'zidan hech qanday to'siq va yo'qotishsiz o'tkazib yubormog'i darkor) hisobga olinadi.

PFS lar turkumidagi fotoelektrik o'lchash o'zgartirgichlari fotorezistorlarga tuslanmaydigan yorug'lik oqimi ta'sir qiladi. Bunda quyidagi tavsiflar bir qancha ahamiyatga molikdir.

Nisbiy spektr sezgirligi tavsifiyati

$$S_{\lambda} = f(\lambda) \quad (10.1)$$

bu yerda  $\lambda$  - to'lqin uzunligi, nm

Qorong'ulik qarshiligi

$$R_k = \frac{U_{ishchi}}{I_k} \quad (10.2)$$

bu yerda  $U_{ishchi}$  - ishchi kuchlanishi, V;  $I_k$  - qorong'ulik toki (fotorezistor to'la to'kis yorug'lik nuridan to'silgandagi tok va  $U = U_{ishchi}$ ), A.

Tok sezgirligi  $S_1$  fotok IF orqali aniqlanadi:

$$I_f = I_{unum} - I_k \quad (10.3)$$

$$S_i = \frac{I_f}{U_{ishchi} E} \quad (10.4)$$

bunda  $I_{umum}$  - fotorezistor zanjiridagi (umumiy) yorug'lik toki, A ; YE - yoritilganlik, lk yoki

$$S_i = \frac{I_f}{U_{ishchi} R_e} \quad (10.5)$$

formula orqali aniqlanadi. Oxirgi ifoda  $R_e$  - nurlanish oqimi zichligi, Vt/m2. Voltamper tavsifi

$$I_r = f(u), \quad I_{umum} = f(u) \quad (10.6)$$

Energetik tavsifi

$$I_f = f(f), \quad F = EA_{fr} \quad (10.7)$$

bu yerda F - yorug'lik oqimi, mm; Afr- fotorezistorning effektiv faoliyat ko'rsatuvchi yuzasi, m2

Tok sezgirligining voltli tavsifi  $S_i = f(U)$

bu yerda  $S_i$  - berilgan yoritilganlikda aniqlangan va

$$S_i = \frac{I_r}{EA_{fr}} \quad (10.8)$$

formula orqali kuchlanishni belgilangan qiymatlarida aniqlanadigan tok sezgirligi.

Qorong'ulik qarshiligining harorat tavsifi

$$R_k = f(t) \quad (10.9)$$

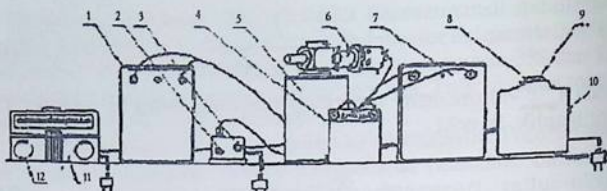
bu yerda t - atrof- muhit harorati, °S.

Tok sezgirligining harorat tavsifi

$$S_i = f(t) \quad (10.10)$$

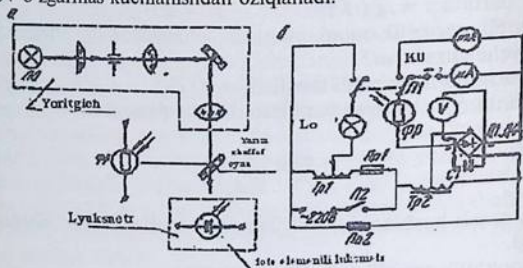
Barcha tavsiflar atrof-muhitning normal shart-sharoitlarda GOST bo'yicha aniqlanadi (atrof-muhit haroratidagi farq  $20 \pm 2^\circ S$ ).

Berilgan tavsiflar kompleksini aniqlash uchun kerak bo'ladigan stend quyidagilarni o'z ichiga oladi: asbob 5, lyuksmetr 4, voltmetr 7, milliampermetr 1, mikroampermetr 11 va avtotransformator 3 hamda 10. Asbob 5 o'z navbatida quyidagilardan tashkil toptan: cho'g'lanma lampa LO dan iborat nurlanish manbali yoritgich va yarim shaffof oyna. Yarim shaffof oyna, yorug'lik oqimini fotorezistor FR dagi yoritilganlikni fotoelement lyuksmetrdagi yoritilganlikka teng bo'lgan qiymatlarda taqsimlaydi (fotorezistor va lyuksmetrning fotoelementi asbob 5 ning qobig'i ichiga joylashtirilgan).



10.3-rasm.

Yoritgichning lampasi barqarorlashtirilgan ( $\epsilon 3\%$ ) 0.....8V o'zgaruvchan kuchlanish bilan oziqlanadi. U kuchlanish TR1 transformatorning ikkinchi (1.21-rasm) cho'lg'amidan keltiriladi; fotorezistor esa barqarorlashtirilgan 0...200V o'zgarvas kuchlanishdan oziqlanadi.



10.4-rasm.

O'zgarvas kuchlanishi avtotransformator Tr2 va silliqlovchi filtr S1 ga ega bo'lgan ikkita yarimo'tkazgichli to'g'rilagich D1...D4 dan olinadi. (Tr1 va Tr 2 avtotransformatorlarni (10.3-rasm) 3 va 10 holatlarda mos holda belgilangan). Stendni ulash tumbler P2 bilan amalga oshiriladi. (10.3-rasmdagi 9 holatni qarang), yoritgichni va elektr o'lchash asboblarning ish sikllarini bir-biriga moslash esa P1 ni «mA» holatga qo'yilganda esa lampa yonadi, «mKA» holatga qo'yilganda esa lampochka o'chadi, fotorezistor zanjiriga KU knopka bosilganda mikroampermetr ulanadi.

Yorug'lik oqimi yoritgichning diafragmasi 6 orqali rostlanadi.

FSK-4a; fotorezistorning asosiy parametrlari quyidagilar:

1. Materiali-polikristall oltinugurt kadmiyi.
2. Tok sezgirligining o'rtacha qiymati, mKA/lk-V.....240
3. Ishchi kuchlanish, V.....25
4. Oraliq ruxsat etilgan kuchlanish, V qorong'uda ishlaganda .....400

200lk yoritilganlikda ishlaganda.....	200
5. Qorong'ulik qarshiligi, Om.....	1,6-10 <sup>6</sup>
6. Qorong'ulik qarshiligining yorug'lik qarshiligiga nisbati:	
minimal qiymati.....	50
o'rtacha qiymati.....	400
7. Qorong'ulik toki, mkA:	
maksimal qiymati.....	30
o'rtacha qiymati.....	5
8. Ruxsat etilgan quvvat yo'qolishi, V-A.....	0,125
9. Effektiv faoliyat ko'rsatuvchi yuza o'lchamlari, m2.....	12-10 <sup>-6</sup>
10. Ishchi harorat oralig'i, K.....	213 ÷ 358
11. Vaqt doimiysi (qorong'u qilinganda), ms.....	20
12. Xizmat qilish muddati, soat.....	10000

#### V. Ishning bajarilish tartibi

1. Tajriba o'tkazish stendini ishga tayyorlang:

a) qayta ulagich 12 ning holatini (10.3-rasm) kuchlanish tarmog'idagi mikroampermetr, milliampermetr, voltmetr, lyuksmetr o'lchash oraliqlarini o'zgartiruvchi dasta holatlarini tekshirib ko'ring.

b) tumbler 9 ni «O'chirilgan» holatiga, tumbler 2 ni «mkA» transformator 3 ning kuchlanish rostlagichini o'ng tomonga taralgunga qadar bo'lgan holatlarga keltiring;

v) tajriba stendini elektr tarmoqqa ulang;

g) o'qituvchi yoki laborantning kuzatuvchi ostida tumbler 9 ni yoritgich va fotorezistorni ozuqa zanjiridagi ikkinchi belgilangan holatga o'tkazing;

d) transformator 3 ning kuchlanishini rostlovchi dastani burish orqali yoritgich lampasini to'la cho'g'lanishga keltiring;

ye) yoritgich diafragmasining tutkichi 6 ni fotorezistor 250 lk bilan yoritilganiga mos keluvchi yoritilganlikni ta'minlaguncha buring (lyuksmetr 4 orqali nazorat qilnadi).

2. Fotorezistorni 250 lk yoritilganlikda 30 minut davomida ushlab turing.

3. Fotorezistordan  $U=U_{ishchi}$  va yoritilganlik 200 lk teng bo'lgandagi yorug'lik toki (umumiy)  $I_{umum}$  ning qiymatini aniqlang. Buning uchun:

a) transformator 10 ning kuchlanishini rostlovchi dasta 8 ni burib voltmetr 7 ning shkalalariga qarab turib, fotorezistorda ishchi kuchlanish qiymatini belgilang va darhol sekundomerni ishga tushiring; dasta 6 ni fotorezistordagi kuchlanish 200 lk bo'lgunicha buring va sekundomer ko'rsatkichini yozib oling. 200 lk yoritilganlik o'rnatilgach, 15 s vaqtdan so'ng milliampermetr shkalasidan (umumiy) yorug'lik toki  $I_m$  aniqlang;

250 lk yoritilganlik o'rnatilgach yorug'lik tokining qiymati o'lchanadigan oraliqqacha bo'lgan vaqt 1 min. dan ortib ketmasligi lozim;

b) sekundomerni o'chiring.

4. Fotorezistorning qorong'ulik tokini va qorong'ulik qarshiligini aniqlang:

a) sekundomerni ishga tushiring va shu bilan bir paytda tumbler 2 ni «mKA» holatiga o'tkazing; tumbler ulanganidan 45 s vaqt o'tgach yoritilganlikni o'lchab olgach, KU knopkasini bosib (10.4-rasmni qarang) va mikroampermetr shkalasidan qorong'ulik toki  $I_k$  ning qiymatini aniqlang; knopkani qo'yib yuboring, sekundomerni o'chiring;

b) fotorezistorning qorong'ulikdagi qarshiligi  $R_k$  ni (1.2) formula orqali hisoblang.

5.  $U=U_{ishchi}$  va  $YE=200$  lk bo'lgandagi tok sezgirligi  $S_1$  ni ( $A/V$ -lk larda) aniqlang:

a) (10.3) formula orqali fototokning qiymatini hisoblang;

b) (10.4) formula bo'yicha tok sezgirligi  $S_1$  ni toping.

6. Fotorezistorni qorong'ulikdagi volt-amper tavsifini aniqlang. Buning uchun:

a) transformator 10 yordamida fotorezistordagi kuchlanishni o'zgartirib turib, uni voltmeter 7 orqali nazorat qilgan holda, fotorezistorda har bir belgilangan kuchlanishga mos keluvchi qorong'ulik toki qiymatini mikroampermetr 11 dan aniqlang;

b) olingan qiymatlardan foydalangan holda, qorong'ulik volt-amper tavsifi  $I_k=f(U)$  ni quring.

7. Tumbler 2 ni «mA» holatga o'tkazing, diafragmaning dastasi 6 ni lyuksmetr 200 lk yoritilganlikni ko'rsatuvchi qiymatga yetib kelguncha buring va 6 punktda ko'rsatilgan usulda yorug'lik volt-amper tavsifini  $I_{umum}=f(U)$  quring.

8. Fotorezistorning energetik tavsifini aniqlang:

a) fotorezistorda ishchi kuchlanishni, voltmeter 7 ni ko'rsatmalaridan foydalanilgan holda, transformator 10 yordamida belgilang;

b) fotorezistorning yuzasiga tushayotgan yoritilganlikni diafragmaning 6 dastasi orqali o'zgartirib boring, diskret ravishda berilgan qadamlar bilan belgilangan oraliqda va yoritilganlikni lyuksmetr yordamida kuzata turib, har bir yoritilganlikka mos keluvchi umumiy yorug'lik toki qiymatini aniqlang;

v) 4 punktni bajarish jarayonida olingan natijalardan foydalanib, (10.3) formula orqali  $I_f$  ning qiymatlarini har bir belgilangan yoritilganlik uchun aniqlang;

g) (10.5) formula orqali har bir belgilangan yoritilganlik uchun yorug'lik oqimining qiymatini hisoblang;

d) fotorezistorning energetik tavsifi  $I_r=f(F)$  ni quring.

9. Tok sezgirligining volt tavsifini aniqlang:

a) 6 va 7 punktlarni bajarish jarayonidan olingan natijalardan foydalanib (10.8) formula orqali (10.3) ni hisobga olgan holda,  $S_i$  ni qiymatlarini har bir belgilangan kuchlanish uchun aniqlang ( $YE=200$  lk uchun);

b) tok sezgirligining kuchlanishga bog'liqligi tavsifini  $S_i=f(U)$  quring.

10. Olingan natijalarni o'qituvchiga ko'rsatib, uning ishtirokida tajriba o'tkazilgan stand dastlabki holatiga keltirilib qo'yiladi.

## VI. Hisobot shakli

**1-topshiriq.** PFS modelidagi saralovchi fotoelektrik o'lchash o'zgartirgichi qurilmasining ishlash qonuniyati, texnik tavsiflari va vazifasi bilan tanishib chiqish.

PFS modelidagi o'lchagich o'zgartirgichining vazifasi: PFS1 modelidagi o'lchash o'zgartirgichining asosiy texnik tavsiflari (matnni qarang); releli qo'shimcha blokning asosiy parametrlari (matnni qarang).

**2-topshiriq.** Fotorezistorning konstruktiv tuzilishi va uning asosiy parametrlari hamda tavsiflari bilan tanishib chiqish.

Fotorezistor tipi: FSK-4a Fotorezistorning asosiy parametrlari (matnni qarang).

**3-topshiriq.** PFS1 fotoelektrik o'lchash o'zgartirgichli FSK-4a fotorezistorning berilgan kompleks tavsiflarini aniqlash.

O'zgartirgichning berilgan kompleks tavsiflari

Foydalanilgan elektr asboblarning metrologik tavsiflari

Asbob	Aniqlilik sinfi	O'lchash oralig'i, mm	Bo'lak o'lchami, mm
Lyuksimetr Voltmetr Milliampermetr Mikroampermetr			

*Umumiy yorug'lik tokini aniqlash*

Yoritgichning lampasi barqarorlashtirilgan ( $\pm 3\%$ ) 0...8V o'zgaruvchan kuchlanish bilan oziqlanadi. U TR1 transformatorning ikkinchi (10.4-rasm) cho'lg'amidan keltiriladi;

yorug'lik tokini o'lchashga qadar fotorezistorning yoritilganligi, lk.....;

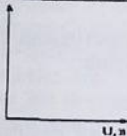
- 1) fotorezistordagi yuqori yoritilganlikdagi kuchlanish, V.....;
  - 2) yuqori yoritilganlikda fotorezistorni tutib tura olishi davomiyligi, min.....;
  - 3) umumiy yorug'lik toki o'lchanayotganda fotorezistorning yoritilganligi.....
  - 4) yuqori yoritilganlik vaqtidagi ko'rsatishlar bilan umumiy yorug'lik tokini o'lchashgacha bo'lgan oraliqdagi ruxsat etilgan vaqt, s.....;
  - 5) yuqori yoritilganlik vaqtidagi ko'rsatishlar bilan umumiy yorug'lik tokini o'lchashgacha bo'lgan oraliqdagi haqiqiy vaqt, s.....;
  - 6) Yorug'lik toki, mA.....;
- Qorong'ulik toki va qorong'ulik qarshiliklarining qiymatlarini aniqlash
1. Fotorezistordagi kuchlanish, V.....;
  2. Fotorezistordagi yoritilganlik, lk.....;
  3. Yorug'lik toki, mA.....;
  4. Fototek, mA.....;
  5. Fotorezistorning tok sezgirligi, A/V lk.....;

### Qorong'ulikdagi volt-ampere tavsifini aniqlash

fotorezistorning yoritilganligi, lk .....

Kuchlanish	
Qorong'ulik toki	

$I_{y, lk}$ , A



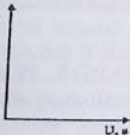
Qorong'ulik volt-ampere tavsifi

Yoritilganlikdagi volt ampere tavsifini aniqlash

fotorezistorning yoritilganligi, lk .....

Kuchlanish, U	
Qorong'ulik toki mA	

$I_{y, mA}$

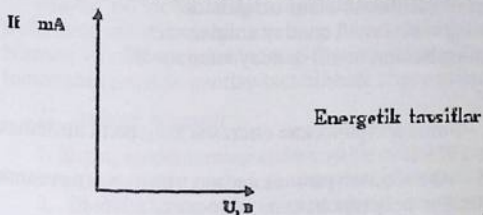


Yorug'lik volt-ampere tavsifi

## Energetik tavsiflarni aniqlash

Fotorezistordagi kuchlanish, V.....  
 Qorong'ulik toki, mA.....

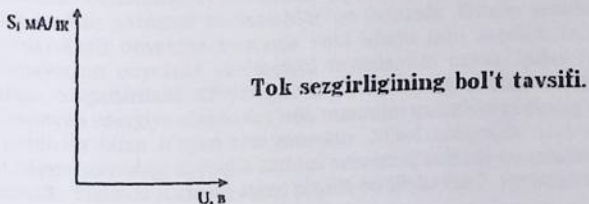
Yoritilganlik, Ik	
Yorug'lik oqimi, Im	
Yorug'lik (umum) toki MÅ	
Fototok, MA	



## Tok sezgirligining kuchlanishga bog'liq tavsifini aniqlash

Yoritilganlik, Ik .....  
 Yorug'lik oqimi, Im .....

Kuchlanish, B	
Yorug'lik (umum) toki MÅ	
Qorong'ulik toki, mA	
Fototok, mA	
Tok sezgir, MA/Im	



### *VII. Nazorat savollari*

1. Fotorezistor deb nimaga aytiladi?
2. Fotorezistorning konstruktiv tuzilishini aytib bering.
3. Fotorezistorning yuzasi atrof-muhit ta'sirlaridan qanday himoyalangani?
4. Tajriba standiga qanday asbob va jihozlar kiradi?
5. «Qorong'ulik toki» deganda nimani tushunasiz?
6. Fotoelektrik o'lchash o'zgartirgichining asosiy parametrlari qaysilar?
7. Saralash jarayoni nimaga bog'liq?
8. Yoritgich qanday kuchlanish bilan oziqlanadi?
9. Tok sezgirligining voltli tavsifi qanday aniqlanadi?
10. Tok sezgirligining harorat tavsifi qanday aniqlanadi?

### *VIII. Adabiyotlar*

1. Воронов Л.Н. «Фотоэлектрические системы контроля линейных величин», Москва, 1975 г.
2. Литвак В.И. «Фотоэлектрические датчики в системах контроля, управления и регулирования», Москва, 1986 г.
3. Карамзе А.Н., Фитреман М.Я. «Контрольно-измерительные приборы и автоматика» Л.: Химия, 1988. 225 с.
4. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины: Справочник /Под. ред. Кошарского Б.Д.-Изд. 3-е.-Л.: Машиностроение, 1976. 486 с.
5. Веревкин А.П., Попков В.Ф. «Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства» Учеб. пособ.- Уфа.: Изд-во УНИ, 1996. 95 с.

## 11 - LABORATORIYA ISHI

### Suyuq moddalarning sathini va hajmini avtomatik rostlash ishlarini tekshirish

#### *I. Ishning vazifasi:*

Mavzu bo'yicha laboratoriya ishlarini bajarish jarayonida talabalar o'zlarining ma'ruza darslarida olgan nazariy bilimlarini mustahkamlaydilar. Nazorat va rostlash uslublarini avtomatik tizimlar elementlari va zvenolari tomonidan amalda qanday bajarilishini o'rganadilar.

#### *II. Ishning maqsadi:*

1. Suyuq moddalarning sathini va hajmini avtomatik rostlovchi qurilma konstruksiyasi, elementlari va zvenolari bilan tanishib chiqish.
2. Elementlar va zvenolarning ishlash qonuniyatini o'rganish.
3. Laboratoriya qurilmasining ishlash qonuniyati sxemasi bilan tanishib chiqish.
4. Laboratoriya qurilmasi konstruksiyasidagi suyuqlik idishiga turli xil hajmlarda (masalan, 2 xil sathda) ketma-ket suv to'ldirilib, rostlash ishini borishini kuzatish.
5. Rostlashda ish jarayoniga suv hajmi yoki sathi ta'sir ko'rsatadimi yoki yo'qmi aniqlash.

#### *III. Umumiy nazariy ma'lumotlar*

Avtomatik sozlash tizimlarining barcha tashkil etuvchi elementlarini ikkita guruhga bo'lish mumkin. Shunday guruhlardan biriga sozlanayotgan obyekt kiradi. Sozlanayotgan obyektlar deb, shunday issiqlik energiyasi mashinalari va qurilmalari ataladiki, ularda berilgan rejimlarda ishni ushlab turish uchun avtomat sozlagichlar qo'llaniladi. Ozuqa manbasidan sozlanayotgan obyektga energiya yoki ishchi jism massasi tushib, u sozlanayotgan obyektga iste'molchi foydalanishi uchun qulay bo'lgan shaklga o'zgartiriladi. Obyektga olib kelinilayotgan yoki undan olib ketilayotgan energiya miqdorini yoki massasini sozlash organining o'rnini almashtirish bilan o'zgartirish mumkin. Misol tariqasida 11.1-rasmda keltirilgan havzadagi suyuqlik sathini avtomatik sozlash sxemasini ko'rib chiqaylik. Tizimda sozlanayotgan obyekt bo'lib havza 3, suyuqlik sathi N

esa sozlanayotgan koordinata bo'lib, ular doimo bir xil ushlab turilmog'i lozim. Agar yuklama o'zgarsa (iste'molchiga ketayotgan suyuqlik miqdori ozaysa yoki ko'paysa), u holda berilgan sath N ni ushlab turish uchun sozlash organi 1 ga N ta'sirini berish kerak bo'ladi. Sozlash (yoki boshqarish) organi 1 klapan ko'rinishida bo'lib, suyuqlikda keltirilayotgan truboprovod 2 ning ko'ndalang qirqimini o'zgartiradi.

Bu jarayonni avtomatlashtirish uchun sozlash organi 1 ga qo'shimcha avtomat sozlagich deb atalmish qurilma ulanadi. U avtomatik sozlash tizimi elementlarining ikkinchi guruhiga kiradi. Avtomat sozlagich 4 o'z ichiga po'kak 6, sozlagich richagi 7 va sozlagichni to'g'rilovchi vint - 8 ni oladi.

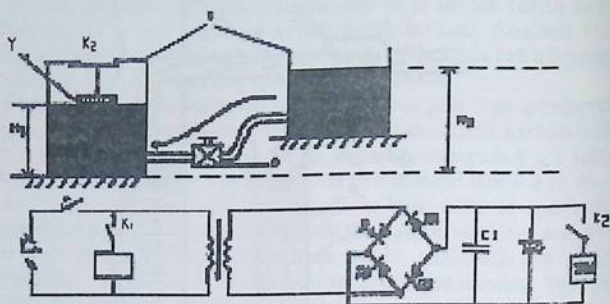
Sozlash jarayonini amalga oshirish uchun, albatta sozlagich sozlanayotgan koordinata nomerini o'lchashi va shu bilan obyektga sozlovchi ta'sir h ko'rsatishi lozim. Shunga mos holda, sozlagich o'z ichiga qo'yidagilarni olishi kerak: sozlanayotgan koordinatalarning berilgan qiymatlaridan o'zgarishini sezuvchi datchik (bizning misolimizda havzadagi N sathini) po'kak 6 orqali, beruvchi (belgilovchi) element va u yordamida sozlanayotgan parametr (8-vint) ning istalgan qiymatini belgilash mumkin bo'lsin hamda sozlanayotgan obyekt (1) ga ta'sir etishga mo'ljallangan bajaruvchi organ.

Avtomatik boshqarish tizimining ishini to'la-to'kis tasavvur qila olish uchun, hammadan oldin shu tizimning ichida elementdan elementgacha bo'lgan o'zaro ta'sirlar ketma-ketligini o'rganib chiqish zarur va asosiy elementlarning tavsiflarini hamda xususiyatlarini bilmoq kerak. Avtomatik boshqarish tizimi elementlarining o'zaro ta'sirini funksional sxema ko'rinishida ifodalash mumkin (11.2-rasm). Unda har bir element uning funksional vazifasi bilan aniqlanib, to'g'ri turtburchak shaklida chiziladi, elementlarning ta'siri esa strelka ko'rsatkichlar bilan ko'rsatilib, mazmuni jihatidan bir elementning ikkinchisiga bo'lgan ta'sirini bildiradi.

#### *IV. ABS va elementlarning funksional sxemasi*

ABS ning asosiy elementlaridan biri-sozlanayotgan obyektidir. 11.1-rasmda bu suyuqlik to'ldirilgan havza 3 bo'lib, unda texnologik shartlariga ko'ra, har qanday yuklama bo'lganda ham va har qancha miqdordagi suyuqlik 5 kanal orqali olib ketilganda ham, sath N bir xil saqlanib turmog'i lozim. Masalan, havzadagi suyuqlik o'z sathi N ni o'zgartirish yo'li bilan avtomat sozlagichga ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun N sath, yoki boshqacha qilib aytganda, sozlanayotgan koordinata sozlash obyektining chiqish koordinatasi bo'lib xizmat qiladi (11.3-rasm). Sathning o'zgarib bir xilda turishini ta'minlash uchun sozlanayotgan obyekt avtomat sozlagichdan sozlaydigan organ T ni, h ni ma'lum holat ko'rinishidagi o'zgarish signalini qabul qilib oladi.





11.3-rasm. Suyuqlik sathini avtomatik sozlashning konstruktiv va ishlash qonuniyati sxemalari

RP-MKU-48 tipidagi oraliq relesi chulg'ami; EM-elektromagnit klapan chulg'ami; K1-po'kak kontaktlari; K2- oraliq relesining normal ochiq kontaktlari; 1-N<sub>1</sub> va N<sub>2</sub> sathlarda suvni ushlab turuvchi idishlar; 2- elektromagnit klapan; 3-po'kak; D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> to'g'rilagich ko'prigining diodlari, D226B; D<sub>5</sub>-D814 tipidagi stabilitron; S<sub>1</sub>-30 mkf, 50 V li kondensator; Tr- pasaytiruvchi transformator. Shu sababli, h, sozlanayotgan obyekt uchun, kirish koordinatasi bo'lib xizmat qiladi (11.2 b -rasm).

Ammo, N sath sozlovchi organ 1 ning holati o'zgarimas bo'lsada, lekin yuklama turlicha bo'lganida o'zgarishi mumkin, ya'ni iste'molchi tomonidan turli miqdordagi suyuqlik olib ketib turilganda.

Agar obyekt yuklamasini N bilan belgilasak, u holda u sozlanayotgan obyekt uchun ikkinchi kirish koordinatasidir (11.2- rasm).

Avtomat sozlagich uchun kirish koordinatasi po'kak yordamida sozlanuvchi havzadagi suyuqlik sathi N hisoblanadi, chiqish koordinatasi esa po'kakning holati hisoblanadi.

Havzadagi suyuqlik sathini avtomat sozlagichning sozlanishini beruvchi elementga almashtirish orqali ham o'zgartirish mumkin. Agar vintning holatini  $\psi$  deb belgilasak, u holda avtomat sozlagich uchun ikkinchi kirish koordinatasi bo'lib xizmat qiladi (11.3- rasmga qarang).

Ish jarayonida avtomat sozlagich sozlanayotgan obyektga uzluksiz ravishda o'zaro shunday ta'sir qiladiki, unda birining chiqishdagi

koordinatasi ikkinchisining kirishidagi koordinatasi bo'lib qoladi, butun zanjir esa yopiq holatda qoladi. Shuning uchun chiqishdagi koordinata (po'kakning holati) richag 7 bilan kinematik ravishda qattiq bog'lanadi (11.1-rasmdagi boshqarish organi 1 ning h holati bilan). Funktsional sxemada esa richag 7 ni ma'lum bir uzatish munosabati bilan borligi doiracha shaklida belgilangandir.

Avtomat sozlagichni sozlanayotgan obyektga ta'siri *asosiy teskari bog'lanish* deb ataladi.

Avtomatik sozlash tizimining barcha koordinatalarining o'zgarishi, sozlanayotgan koordinata N ortib borsa, musbat ishorali deb olinadi. Shuning uchun avtomatik boshqarish tizimining asosiy teskari bog'lanishi manfiy bo'lishi kerak (N sath o'sganda klapan berkitish tomoniga siljishi lozim, ya'ni N ning o'sishiga qarama-qarshi tomonga).

#### V. Laboratoriya stendining ishlash qonuniyati

Suyuqliklar sathining va hajmining avtomatik sozlash tizimining ishlash qonuniyati sxemasi 11.3-rasmda berilgan. Havza ichiga qo'yilgan suv N sathda ushlab turilishi lozim bo'ladi. Havzadagi suyuqlik sathi o'zgarishi po'kak va uning kontakti  $K_1$  orqali aniqlanadi.  $N_1$  sath eng yuqori qiymatga yetganda  $K_1$  kontakt ulanib, RP relesi orqali elektromagnit klapan EM berkitiladi. Ikkinchi rezervdan EM orqali birinchi havzaga suvning oqib kelishi to'xtaydi. Bordi-yu, belgilangan N, sathdan suv kamayib ketsa,  $K_1$  kontakt uzilib,  $K_2$  ulanadi va EM orqali birinchi havzaga, suyuqlik belgilangan sathga yetib kelguncha, tinimsiz ravishda suyuqlik oqib kelib turadi. Avtomat sozlagichning elementlarini transformator TR, ko'priklari  $D_1$ - $D_4$  va oraliq relesi RP tashkil etadi. Turli xil xalaqit signallari S yordamida kamaytiriladi.

#### VI. Ishning bajarilish tartibi

1. Laboratoriya qurilmasini ishga tayyorlang va buning uchun quyidagilarni bajaring:

a) stendning elektr manbaiga ulanadigan shnurlari normal holatda ekanligini tekshiring;

b) ikkinchi rezervdagi suvni to'la, birinchisini esa kerakli sathgacha keltiring;

v) birinchi rezervdagi suyuqlik sathini jumrak orqali to'kib tashlash mumkinligini tekshiring;

g) stendni tarmoqda ulang, jo'mrak orqali suvni to'kib, sathni bir necha marotaba o'zgartirib, relening, EM ning ishlash jarayonini kuzating;

d) natijalarni yozib boring.

### *VII. Hisobotning mazmuni*

1. Laboratoriya ishi bo'yicha yozma instruksiya.
2. Uch xil sathdagi suyuqlikni ushlab turishda RP va EM larning ulanish nuqtalari grafigi.
3. Yozma ravishdagi tahlil.

### *VIII. Nazorat savollari*

1. ABSlar nechta guruhdan tashkil topgan?
2. Sozlash obyekti deb nimaga aytiladi?
3. Funktsional sxemalar qanday ifodalanadi?
4. Kirish va chiqishdagi signallar deganda nimani tushunasiz?
5. Laboratoriya stendining ishlash qonuniyatini gapirib bering?
6. Laboratoriya stendining funktsional sxemasini chizib bering?
7. Stendda po'kakning vazifasi nimadan iborat?
8. Sozlanayotgan obyekt nima?
9. Elektromagnit klapaning vazifasi nimadan iborat?
10. Turli xil xalaqit signallarining ta'siri nima yordamida kamaytiriladi?

### *VIII. Adabiyotlar*

1. Иващенко И.И. «Автоматическое регулирования» «Машгиз», 1972 г.
2. В.И. Крутов «Основы теории автоматического регулирования», «Машиностроение». 1984 г.
3. Боронихин А.С, Гризак Ю.С «Лабораторный практикум по основам автоматизации и контролю производства», Москва, «Высшая школа», 1979 г.
4. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины: Справочник /Под. ред. Кошарского Б.Д.-Изд. 3-е.-Л: «Машиностроение», 1976. 486 с.
5. Веревкин А.П., Попков В.Ф. «Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства» Учеб. пособ.-Уфа.:Изд-во УНИ, 1996 г. 95 с.

## 12 - LABORATORIYA ISHI

### Suyuqliklarning haroratini avtomatik usulda sozlash ishlarini tekshirish

#### *I. Ishning maqsadi:*

Laboratoriya ishini bajarish jarayonida studentlar ma'ruzalarda olgan nazariy bilimlarini mustahkamlaydilar. Avtomatik sozlash qurilmasi konstruksiyasi bilan tanishishadi va ish jarayonini o'rganadilar.

#### *II. Ishning bajarilish tartibi:*

1. Suyuqliklarning haroratini avtomatik usulda sozlash qurilmasi konstruksiyasi, elementlari va bo'g'inlari bilan tanishib chiqish.

2. Sozlagichning va qizdirish elementining tuzilishi, parametrlari bilan tanishib chiqish.

3. Laboratoriya qurilmasining ishlash qonuniyatini ifodalovchi sxemani o'rganish.

4. Suyuqlik to'ldirilgan idish ichiga uch xil hajmda ketma-ket suv qo'shib, o'tish jarayonini va rostlash jarayonini suv hajmiga bog'liqligini tekshirish.

#### *III. Umumiy nazariy ma'lumotlar*

Hozirgi zamon sanoati korxonalarida texnika taraqqiyotining rivojlanishi texnologik jarayonlarning ko'p foizini avtomatlashtirishga olib keldi. Inson qo'l mehnatini takomillashgan avtomatik tizimlar yordamida bajarish natijasida olinayotgan mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari yaxshilandi, mehnat unumdorligi ortdi, iqtisodiy tejankorlikka erishildi va mahsulot miqdori oshdi.

Amalda sozlash va boshqarishning har xil masalalari ko'p uchraydi. Ayrim qurilmalarning normal ishlashi chiqishidagi sozlanayotgan parametrning o'zgarmas kattaligi - qiymati bilan belgilanadi. Masalan, elektr qurilmalaridan biri bo'lgan generatorlarda kuchlanish va tok iste'mol qilinayotgan energiya qiymatlari o'zgarganda ham bir xil bo'lishi zarurdir. Sozlash masalasi bu yerda energiya miqdori o'zgarganda ham sozlash organlariga ta'sir etish yo'li bilan rostlanayotgan parametrlarni bir xil ushlab turish kerakligidan iboratdir.

Sozlash obyektlariga misol tariqasida quyidagilarni keltirishimiz mumkin: turli xil hajmlarda suvni sarf qilishga mo'ljallangan gidravlik zaxirada suv sathini bir xil ushlab turish kerak; chunki uning aylanish tezligi va momentini o'zgarimas holda ushlab turish talab qilinadi (11-laboratoriya ishiga qarang). Yoki bo'lmasa, elektr sandonlarini kameralarining haroratini bir xil ushlab turish uchun kerakligini (13-laboratoriya ishi) olaylik va hokazo.

Bularning barchasida sozlovchi yoki boshqaruvchi qurilmalar sozlash va boshqarish operatsiyalarini inson ishtirokisiz bajarganligi uchun ular avtomatik rostlash yoki boshqarish jihozlari deyiladi.

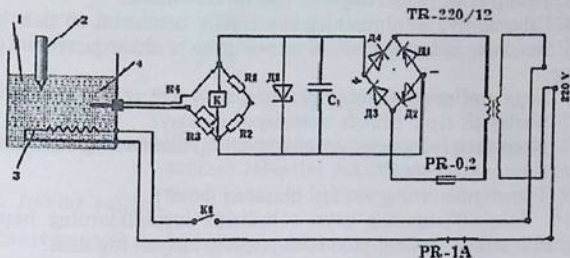
Boshqarish yoki rostlash obyektining ishi nazorat qilinayotgan (ish jarayonida o'lchanayotgan parametrlar) va nazorat qilishning imkoniyati bo'lmagan tashqi ta'sirlar  $F (f_1, f_2, f_3, \dots, f_n)$  hamda boshqarilayotgan yoki rostlanayotgan o'zgaruvchilar  $X_{chiq}(t)$  ga bog'liqdir.

Boshqarish obyekti turg'un (barqaror), noturg'un (beqaror) yoki har ikkala sinfga ham kirmaydigan bo'lishi mumkin. Agar tashqi ta'sir to'xtagandan so'ng boshqarish yoki rostlash obyekti o'zining avvalgi (statik tavsiflar orqali aniqlanadigan) muvozanat holatiga qaytsa, bunday **obyektlar turg'un obyektlar** deb ataladi. Noturg'un obyektlarda tashqi ta'sir tugaganda ham chiqishdagi kattalik o'zining dastlabki muvozanat holatiga qaytmay tinimsiz o'zgaraveradi. Yana **daxlsiz obyektlar** mavjud bo'lib, ular turg'un yoki noturg'un obyekt ham sanalmay, tashqi ta'sir tugagach, qandaydir bir boshqa muvozanat holatiga ega bo'lib, sozlash ishini bajaraveradi. Bordiyu, obyekt egri chiziqli tavsifga ega bo'lsa, u ish rejimiga bog'liq ravishda turg'un ham, noturg'un ham yoki daxlsiz holatlarda bo'lishi mumkin.

Noturg'un yoki daxlsiz holatlarda ishlaydigan boshqarish obyektlari ishonchli bo'lmay, ularni turg'un holatga keltirish uchun korrektsiyalovchi (tuzatuvchi, to'g'rilovchi) qurilmalardan foydalaniladi.

Shunday qilib, avtomatik boshqarish va rostlashning muhim qonuniyatlaridan kelib chiqqan holda, ushbu laboratoriya ishimizda suyuqliklar haroratini rostlovchi qurilmaning konstruksiyasi bilan tanishib chiqamiz va ishlash jarayonini kuzatamiz (12.1-rasm). Suyuqlik (1) to'ldirilgan idish ichiga qizdirish elementi (3) o'rnatilgan bo'lib, kalit  $K_1$  ni ulanishi natijasida tarmoqdan 220 V kuchlanish olib oziqlangach, qiziy boshlaydi.

Suyuqlik harorati o'zgarib borishi bilan, qarshilik ko'prigining bir yelkasining (sezgir elementning) qarshiligi o'zgarishi natijasida, muvozanat buziladi. Ko'priklarning «K» dagi potentsiallar farqi ma'lum bir qiymatga yetgach, termoregulator  $K_1$  kalitni uzadi, qizdirish elementi 3 ga tok borishi to'xtaydi. Suvning harorati pasayganda esa ko'priklarning yelkalari o'rtasidagi potentsiallar farqi kamayadi va bu o'z navbatida  $K_1$  kalitning ulanishiga olib keladi.



Termoregulator yordamida suv harorati  $40 - 60^{\circ}\text{S}$  o'rtasida sozlanadi. Sxemada tarmoqdagi kuchlanishning nominal qiymatlaridan og'ishi natijasida tok ortib ketishi tufayli elementlarni quyishdan saqlash maqsadida saqlagich Pr lardan foydalanilgan.

#### IV. Ishning bajarilish tartibi

1. Laboratoriya qurilmasini ishga tayyorlang va buning uchun quyidagilarni bajaring:

a) stendning elektr manbasiga ulanadigan shnurlari normal holatda ekanligini tekshiring;

b) rezervuargacha yarim qilib suv quyung;

v) sozlagichdan kerakli haroratni belgilab, strelka - ko'rsatkichini shu belgiga keltiring;

g) stendni tarmoqqa ulang, qizish, sovush va shunga mos holda regulator orqali qizdirish elementining tarmoqqa ulanishini va undan uzilishini kuzating;

d) qizish uchun ketgan vaqtni belgilang;

ye) suv hajmini yana ikki marta o'zgartirib ishni takrorlang.

#### V. Hisobotning mazmuni

1. Laboratoriya ishi bo'yicha yozma instruksiya kiritiladi.

2. Uch xil hajmdagi suv haroratining roslash grafigi.

3. Yozma ravishdagi tahlil.

#### VI. Nazorat savollari

1. Sanoatni avtomatlashtirish qanday ijobiy yutuqlarga olib keldi?

2. Turg'un (barqaror), noturg'un (beqaror), daxsiz sozlash obyektlari deganda nimani tushunasiz?

3. Tashqi ta'sir signali deganda nimani tushunasiz?
4. Laboratoriya qurilmasining konstruktiv tuzilishini so'zlab bering.
5. Stendning ishlash qonuniyati sxemasiga ko'ra ishlash jarayonini gapirib bering.
6. Nega qizdirgich sifatida elektr qarshilik elementidan foydalaniladi?
7. Sozlagich tipi, ishlash qonuniyati qanday?
8. Ko'prikdagi sezgir elementning qarshiligi harorat o'zgarishi natijasida o'zgarsa nima yuz beradi?
9. Transformatorning vazifasi nimadan iborat?
10. Xalq xo'jaligining qaysi sohalarida suyuqliklarning haroratini avtomatik tarzda rostlash yoki boshqarish zaruriyati tug'iladi?

### *VII. Adabiyotlar*

1. Ивашенко И.И. «Автоматическое регулирование», «Машгиз», 1972 г.
2. Куропаткин П.В. «Теория автоматического управления», М., Высшая школа, 1972 г.
3. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления «Энергия», 1970 г.
4. Подредакции В.А., Попов Е.П. «Теория систем автоматического регулирования», «Профессия», 2003 г. 752 с.
5. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», I qism, Farg'ona, «Texnika», 2002 yil.
6. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины: Справочник / Под. ред. Кошарского Б.Д. - Изд. 3-е.-Л: «Машиностроение», 1976. 486 с.
7. Веревкин А.П., Попков В.Ф. «Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства» Учеб. пособ.-Уфа.:Изд-во УНИ, 1996. 95 с.

## 13-LABORATORIYA ISHI

### Elektr qarshilik sandonlarining haroratini avtomatik sozlash ishlarini tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Elektr qarshilik sandonlaridagi qizdirish jarayonlarini avtomatik ravishda qiziganini va sovuganini ko'rsatuvchi egri chiziqlarni qurish uchun kerakli nuqtalarni tajriba yo'li bilan olish, sandondagi sovush hamda qizish jarayonlarini tekshirish.

Qarshilik sandonlarining ish mobaynidagi energetik ko'rsatkichlarining va haroratlarining o'zgarishini turli yo'llar bilan tekshirib ko'rish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Qarshilik sandonlarining konstruksiyasi va texnik ko'rsatkichlari bilan tanishish.

2. Laboratoriya qurilmasi va harorat o'lchagichlarining sxemalarini chizishni o'rganish.

3.  $T = f(\tau)$   $T_1=160^{\circ}\text{S}$  va  $T_2=180^{\circ}\text{S}$  dagi bog'liqliklarni tajriba yo'li bilan olish va grafiklarini qurish.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar

Yangi texnika va texnologiya rivojlanishi davomida elektr qizdirish barcha sanoat tarmoqlariga kirib keldi. Buni alanga yordamida qizdiruvchi qurilmalarga nisbatan elektr sandonlarini quyidagi afzalliklari bilan tushuntiriladi:

1. Kichkina hajmlarda katta quvvatlarni jamlash va juda katta haroratlar konsentratsiyasini olish imkoniyati mavjudligi;

2. Qizdirishning katta va kichik pog'onalarida harorat rejimini avtomatik usulda boshqarishning yengilligi hamda bir tekisda qizdirish mumkinligi;

3. Ishchi zona bo'shlig'ini zich berkitish mumkinligi, qolaversa, shu ishchi bo'shliqda vakuum hosil qilish mumkinligi;

4. Elektr sandonlarini bir qatorga joylashtirishni yengillashtiruvchi qulayliklari: qurilma ishlarini avtomatlashtirish va mexanizatsiyalashtirish.

Sanab o'tilgan afzalliklar bilan bir qatorda, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish sifat ko'rsatkichlariga va ish natijasiga ijobiy ta'sir qiladi.

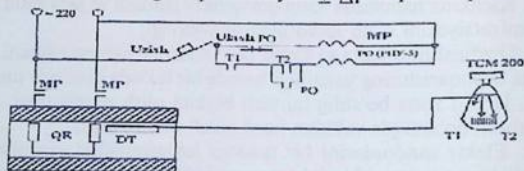
Eng muhimi parametr hisoblanmish haroratni belgilangan qiymatlarida, yuqori aniqlikda ushlab turish texnologik ishlarning asosiy talablaridan biridir.

Elektr qarshilik sandonlarida harorat sozlashni shu sandonga kelayotgan quvvatni o'zgartirish yo'li bilan amalga oshiriladi. O'zining oddiyligi va tejamkorligi bilan elektr qarshilik sandonlarida 2-holatli sozlash usuli keng tarqalgan. Berilgan haroratni avtomatik ravishda ushlab turadigan asbob **termoregulatorlar** deyiladi. Elektr sandonlarini ikki holatli sozlashni bildiruvchi sxemasi 13.1-rasmda ko'rsatilgan. Sandonlarni qizdirish elementlari QE ni ulash-o'chirish termoregulatorlar yordamida amalga oshiriladi. Ularning kontaktlari haroratning qiymatlariga qarab kontaktor MP (magnit ishga tushirgich) g'altagi zanjirini ulaydi yoki uzadi. Sezgir element sifatida dilatometrik termometr DT xizmat qiladi.

Elektr qarshilik sandonlari haroratini normallashtirishda, materiallarni kuydirishda, shtampovka varaqlarini qizdirish, sementlashtirish, nitrallashtirish kabi qator texnologik jarayonlarda rostlanish zaruriyati tug'iladi. 13.2 va 13.3 - rasmlarda sandonlar haroratini o'zgarishini ko'rsatuvchi egri chiziqlar va ikki holatli sozlashdagi o'rtacha iste'mol quvvatlari keltirilgan. Sandon yoqilgan vaqtdan boshlab harorati berilgan haroratgacha ko'tarilib boraveradi  $T = T_{ber} \pm \Delta t$ .

Ifodaning bunday yozilishiga sabab, sandonning ichki kamerasi ichidagi harorat faqat T6yer nuqtadagina ushlab turib qolmay, qandaydir foizga ( $\pm \Delta t$ ) ortib yoki kamayib ketilishi texnologik jarayon uchun ruxsat etilgan deb olinadi. Issiqlik inersiyasi ham nazarda tutiladi.

Shu oraliqda isitish elementlari to'la quvvatda ishlay boshlaydi  $R_{sandon} = R_{nom}$ . Issiqlik berilgan haroratga yetib borganda, termoregulatorlar yordamida sandon kontaktining birinchi o'chirilishi hosil bo'ladi va sandonning quvvati nolga tenglashadi. Sandon harorati  $T = T_{ber} \pm \Delta t$  gacha pasayganda termoregulatorlar yana kontakti ulaydi va isitgichlar quvvati  $R_{sandon} = R_{nom}$  ga tenglashadi. Haroratni sozlash  $T = T_{ber} - \Delta t$  dan  $T = T_{ber} + \Delta t$  bo'lgan oraliqda amalga oshiriladi. Sandonning va elementning issiqlik inersiyasi  $\pm \Delta t$  orqali aniqlanadi.



13.1-rasm. Elektr qarshilik sandonlarining haroratini ikki pozitsiyali boshqarish sxemasi

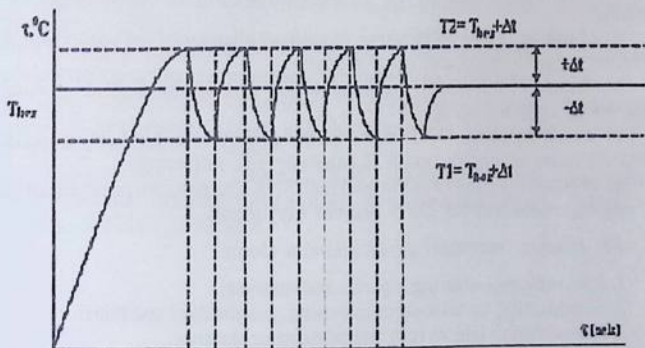
#### IV. Termoregulatorning ishlash qonuniyati

Termoregulator sxemasi quyidagi asosiy elementlardan iborat:

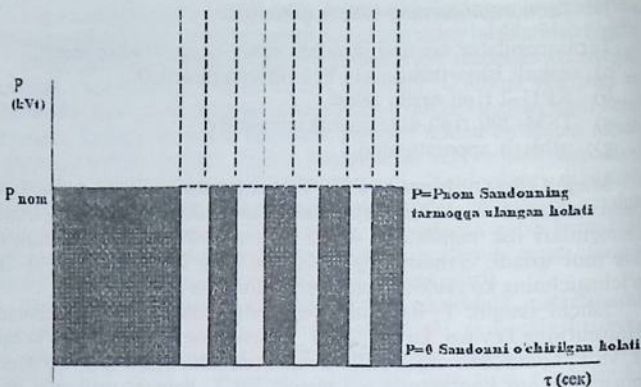
- a) magnit ishga tushiruvchi PM (magnit puskatel);
- b) RPU-2 tipli oraliq releisi;
- v) TSM-200 tipli dilatometrik termometr;
- g) ushlab apparaturalari.

Magnit ishga tushiruvchini 220 V li tok manbaiga ulaganimizda, u tok bilan oziqlanadi va o'zining ochiq kontaktlarini ularadi. Sandonning issiqlik elementlari tok manбайдan  $R=UI$  ga teng bo'lgan elektroenergiyani iste'mol qiladi. Sandonning ishchi bo'shlig'i qiziganda TSM-200 o'lchagichning ko'rsatkichi ichki zona haroratini ko'rsatadi.

Ishchi issiqlik  $T_1$  haroratga yetib borganda  $T_1$  kontakti ulanadi. Haroratning keyingi ko'tarilishi  $T_2$  kontaktning ulanishiga olib keladi.  $T_1$  va  $T_2$  kontaktlari orqali RPU-2 releisi tok bilan oziqlanadi va o'zining normal ochiq kontaktini esa ularadi. Bu  $T_2$  kontakt uzilganda ham ulangan holatni ta'minlaydi, normal ulangan kontaktlarini uzadi (RO). Natijada magnitni ishga tushirgich (PM) kontaktlarining uzilishiga olib keladi (13.2-rasmda ko'rsatilgan). Sandon kamerasing sovushi natijasida TSM-200 ichidagi ko'rsatkichi orqali qaytib uziladi. PM kontaktlari ulanib, tok bilan oziqlanadi (13.2-rasmga qarang). Shunday qilib sikl qaytarilaveradi.



13.2-rasm. Berilgan ishchi harorat oraliq'ida elektrosandan zonasidagi haroratning o'zgarish grafigi



13.3 -rasm. Haroratni ikki pozitsiyali boshqarishda elektr sandon quvvatining o'zgarish grafigi

#### V. Topshiriq.

1. Elektr qarshilik sandonining tuzilishining va termoregulatorning ishlash prinsipi o'rganing.

2. Haroratning avtomatik boshqarilish rejimini tajriba qiling, buning uchun:

a) laboratoriya ishi qo'llanmasi va sxemasi bilan tanishing hamda kerakli o'lchov asboblari ulang (13.1-rasm);

b) sxema (13.2-rasm) bo'yicha elektr sandon haroratining vaqtga bog'liqligi tavsifini oling;

v) sxema bo'yicha (13.3-rasm) elektr qarshilik sandonining quvvatini vaqt bo'yicha o'zgarish tavsifi  $R_{sandon} = f(\tau)$  ni oling;

g) olingan natijalarni jadvalga kiritish va shu natijalarni tahlil qiling;

d) bajarilgan ish bo'yicha hisobot tayyorlang.

#### VI. Hisobot mazmuni quyidagilardan iborat

1. Laboratoriya ishining bajarish instruksiyasi.

2. Sandonning va termoregulatorning pasportdagi yozuvlari.

3. Laboratoriya ishi va termoregulatorning sxemasi.

4. Natijalar jadvali.

5. Millimetr qog'oziga tushirilgan  $R = f(\tau)$ ;  $R_{sandon} = f(\tau)$ , bog'liqliklar grafigi.

### VII. *Nazorat savollari*

1. Quvvatni ikki holatli boshqarish deganda nimani tushunasiz?
2. Dilatometrik termometrning ishlash holatini gapirib bering.
3. Avtomat tizimlar yordamida harorat uch holatli boshqarilganda grafikning ko'rinishi  $R = f(\tau)$  qanday bo'ladi?
4. Harorat avtomatik sozlanganda qanday qulayliklarga ega?
5. Harorat avtomatik sozlanganda tizimning barqarorligini aniqlash mumkinmi?
6. Tajriba natijasida olingan  $R = f(\tau)$  grafigida o'tish jarayoni vaqtini ko'rsating.
7. Sandon ishini tinch holatdan ishchi holatga o'tish jarayonini ko'rsatuvchi eksponensial bog'liqlikning sifat ko'rsatkichlarini aniqlang.
8. Laboratoriya qurilmasining tuzilishi sxemasi qanday bo'ladi?
9. Laboratoriya qurilmasida sezgir element qaysi bo'g'in sanaladi?
10. Ishchi kirish signali (boshqaruvchi signal) va chiqishdagi signal (boshqarilayotgan parametr) lar qanday fizik parametrlar sanaladi?

### VIII. *Adabiyotlar*

1. Yevtyukova I.P., Katsevich L.S., Nekrasov N.M., Svenchanskiy A.D. Elektrotexnologik sanoat qurilmalari. M. «Energia» 1982, ruscha
2. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona «Texnika» nashriyoti, 2002 y.
3. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekistan», 1993 y.
4. Подредакции В.А., Попов Е.П. «Теория систем автоматического регулирования», Профессия, 2003 г.- 752 с.
6. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины: Справочник / Под. ред. Кошарского Б.Д. - Изд. 3-е.-Л: Машиностроение, 1976. 486 с.
7. Веревкин А.П., Попков В.Ф. «Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства» Учеб. пособ.-Уфа.:Изд-во УНИ, 1996. 95 с.

## 14 - LABORATORIYA ISHI

### Ko'p tezlikli asinxron dvigatelni uzatish funksiyasini aniqlash va avtomatik boshqarish sxemasini tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Avtomatik boshqarish va roslash qurilmalarini energetik mashina va apparatlarda qo'llanilish sohalari namoyish qilishdan, ishlash qonuniyatlarini o'rgatishdan hamda nazariy jihatdan tahlil qilish va eksperimental usulda tadqiqot qilishni ko'rsatishdan iborat.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Ko'p tezlikli asinxron dvigatelni istalgan tezliklarida va rejimlarida avtomatik sozlash ishlarini tekshirish.
2. Elementlarning va bo'g'inlarning ishchi holatlarini aniqlash.
3. Ularni namunaviy bo'g'inlar sinflariga ajratish.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar

Asinxron dvigatel rotorining aylanish tezligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{60f}{p}(1-s)(\text{ayl} / \text{min})$$

bu yerda  $f$  - berilgan kuchlanishining chastotasi,  $r$  - juft qutblar soni,  $s$  - sirpanishi.

Ikki tezlikli asinxron dvigatelning qutblari soni o'zgartirilganda dvigatel va generatorni to'xtatish rejimida tezlikni roslashning taxminiy mexanik tavsifi 14.1-rasmda keltirilgan.

Dvigatelning maksimal momenti chiqish koordinatasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M_{max} = \pm \frac{mpU_1^2}{4\pi f \left( \sqrt{R_1^2 + \lambda n z} + Ri \right)} \quad (14.1)$$

Statorning induktiv qarshiligi,

$$2\pi fh \approx 2\pi f \omega \frac{\Phi}{I} \leftrightarrow x = 2\pi fL \approx 2\pi f \omega \frac{\Phi}{I} \quad (14.2)$$

Shunday qilib, 14.1-formulaning maxraji stator cho'lg'amini o'ramlar soniga bog'liqligini ko'rsatadi, su'rati esa qutblar soniga bog'liq. Bu qiymatlar har xil nisbatlarda (cho'lg'amning ulanish sxemalari har xil bo'lganda) dvigatelni maksimal momentini, tezlik pasayishi bilan ortishi yoki kamayishi 14.1- rasmda ko'rsatilgan.

Boshqarilayotgan obyekt-elektrodvigatel uchun dinamik tenglamani tuzamiz.

Momentlar muvozanatini bildiruvchi tenglama

$$M_D - M_C = Jdw_D / dt \quad (14.3)$$

Yuklama momenti  $M_s$  ni  $w_D$  ga bog'liq emas,  $M_D$  esa yakor tokiga bog'liq deb qabul qilinib olib (14.3) ifodani oxirgi orttirmalarida quyidagicha yozib olamiz

$$C_M F_D \Delta I_{ya} - \Delta M_C = Jd\Delta w_D / dt \quad (14.4)$$

bu yerda,  $F_D$ -dvigatelni qo'zg'atuvchi magnit oqimi;  $M$ - konstruksiyasi bilan bog'liq bo'lgan koeffitsiyent;  $J$ -dvigatel validagi inersiya momenti.

Dvigatelning yakor zanjiri uchun quyidagini yozish mumkin:

$$E_C = r_{ya} L_{ya} + L_{ya} (dI_{ya} / dt) + C_e F_D w_D \quad (14.5)$$

yoki oxirgi orttirmalarda

$$\Delta E_C = r_{ya} \Delta L_{ya} + L_{ya} (d\Delta I_{ya} / dt) + C_e F_D \Delta w_D \quad (14.6)$$

bu ifodada  $C_e = C_e' (60 / 2\pi)$  - burchak tezligiga nisbatan konstruksiyaviy koeffitsiyenti;  $r_{ya}$ ,  $L_{ya}$ - butun yakor zanjirining qarshiligi va induktivligi;  $C_e' = (p / \alpha)(N / 60)$  - mashinaning konstruksiyaviy koeffitsiyenti; Yes-tarmoqdagi kuchlanish.

Dvigatel uchun (14.6) tenglamadan kelib chiqqan holda, tuzilish sxemasini chizishni va uni keyinchalik o'zgartirish ishlarini soddalashtirish maqsadida  $M_s=0$  deb olib, bitta ekvivalent bo'g'in deb faraz qilish mumkin. Buning uchun dvigatel kirishiga tarmoq kuchlanishi, chiqishida esa aylanish tezligi olinadi (14.1-rasm).

Bunda esa dvigatelning ekvivalent uzatish funksiyasi

$$K_{ekvD}(P) = [K_{ya}(P)K_M(P)K_D(P)] / [1 + K_e(P)K_{ya}(P)K_M(P)K_D(P)] \quad (14.7)$$

bo'ladi.

### III. Laboratoriya qurilmasining tavsifi

**Mashinaning texnik ma'lumotlari:** asinxron dvigatel: DPT - 22-2/4, R=0,6 / 0,4 kVt, nn=2800/1400 ayl.min, Un=380 V, f=50Gs.

**Laboratoriya qurilmasi:** 2-tezlikli qisqa tutashtirilgan rotorlik asinxron dvigatel, o'ng va chap reversiv kontaktlar tuguni, 1-tez., 2-tez., 3-tez., kontaktlar tuguni, kichik tezlikka moslovchi  $P_1=2P$  (sekin M «malaya skorost» knopkasi) va katta tezlikka moslovchi  $P_2=2P$  (tez B «bolshaya skorost» knopkasi), dinamik to'xtatish tuguni, transformator TR, yarim o'tkazgichli to'g'irilagich VP, T-tormozlash kontakti va himoya tugunidan iborat. Laboratoriya qurilmasining elektr sxemasi 14.2-rasmda keltirilgan. Sxemaning asosiyismi stendda yig'ib qo'yilgan. Stator cho'lg'omini uchburchak ( $P_1=2P$ ) yoki ikkita yulduz ( $P_2=P$ ) qilib ulashni esa talabalar bajaradi.

#### IV. Ishning bajarilish tartibi

1. Oldindan «Sekin» knopkasi (kichik tezlik  $P_1=2P$ ) yoki «Tez» knopkasi (katta tezlik  $P_2=P$ ) bosiladi. Masalan, «Sekin» knopkasi bosilsa, 1U birinchi tezlik kontaktori tortiladi va statorning cho'lg'omini uchburchak ulanishini ta'minlaydi. 1U kontaktori o'zining tutashtiruvchi blok-kontakti bilan PB relesini ulaydi. PB esa o'z navbatida «olg'a(V)» yoki «orqaga(N)» kontaktorlarini ulanishga tayyorlaydi. Demak, 1U yoki 2U, 3U kontaktorlari ulangandan so'ng «olg'a» yoki «orqaga» knopkasi bosiladi, bu esa «V» yoki «N» kontaktorlarini ulaydi va dvigatelni ishga tushiradi. «To'xtatish (T)» knopkasi bosilsa, dvigatelning ish rejimini ta'minlovchi kontaktlar ajraladi va to'xtatish kontaktori zanjiri ulanadi. To'xtatish kontaktori sxemaning asosiy qismidagi kontaktlarini ulaydi va yordamchi transformator orqali to'g'irilagichga tok beradi. To'g'irilagichdan chiqqan o'zgarmas tok AD ning 2 ta fazasiga beriladi va shu bilan dinamik to'xtatish ta'minlanadi. T kontaktoriga joylashtirilgan mayatnikli rele bilan dinamik to'xtatishning tugallanishi vaqt qonuniyati bo'yicha boshqariladi. Sxemada qisqa tutashuvdan himoya qilish uchun saqlagichlar, qizib ketishidan-issiqlik relelari, nol kuchlanish xavfidan kontaktorlar ko'zda tutilgan.

2. Dastlab «Sekin» (M) knopkasini bosish va V «olg'a» (vpered) kontaktorini oziqlantirish yo'li bilan dvigatelni oldinga past tezlikda aylantirib kuzating.

3. Keyin «Tez» (B) knopkasini bosish orqali dvigatelni katta tezlikda olg'a aylanishini kuzating.

4. So'ngra «Stop» ni bosib dvigatelni to'xtating.

5. «Sekin» (M) knopkasini bosgach, orqaga aylantirish uchun «N» (nazad) kontaktorini «N» kontaktini bosish orqali oziqlantiring. Dvigatelni orqaga aylanish jarayonini kuzating.

6. «Tez» (B) knopkasini bosib, orqaga aylanayotgan dvigatel rotorining aylanish tezligi ortishini va muvozanat holatida bir tekisda aylanishini kuzating.

7. Barcha rejimlar jarayonida sekundomer orqali o'tish jarayoni vaqtini aniqlang.

#### *V. Hisobotning mazmuni*

1. Laboratoriya qurilmasining mazmuni yozilgan instruksiya.

2. Mashina va asboblarning texnik ma'lumotlari.

3. Asosiy formulalar bo'yicha hisoblashlar.

4. Tajriba va hisoblashlar natijalarining jadvali.

5. Bog'liqlik egri chiziqlari  $n=f(t_1, t_2, t_3, t_4)$ .

6. Yozma tahlil.

#### *VI. Nazorat savollari*

1. Juft qutblar sonini o'zgartirish bilan tezlikni rostlash kamchiliklari va yaxshi tomonlarini aytib bering.

2. Ishda AD tezligini rostlashda qanday usul qo'llaniladi?

3. Nima uchun ikki tezlikli AD sxemasini boshqarishda vaqt relesi qo'llanilgan?

4. Sxemalarda qanday himoya apparatlari ko'zda tutilgan?

5. Dvigatelni dinamik tenglamasi qaysi parametrlardan foydalanilgan holda tuziladi?

6. Ko'p tezlikli dvigatelning kirish va chiqish koordinatalari qaysi parametrlar sanaladi?

7. Dvigatelni yuklama momentini uzatish funksiyasining ifodasi qanday rol o'ynaydi?

8. Dvigatelning ekvivalent uzatish funksiyasi qanday aniqlanadi?

9. Yagona dvigatelni bir necha tezlik va orqa-oldiga aylantirishni rostlashda avtomatik boshqaruvning qanday ahamiyati bor?

10. Qanday avtomatik himoya apparatlari ushbu ishda qo'llanilgan?

#### *VII. Adabiyotlar*

1. Миллер Е.В. «Основа теории электропривода». 1978 г.

2. Андреев В.П., Сабинин Ю.А. «Основа электропривода» 1882 г.

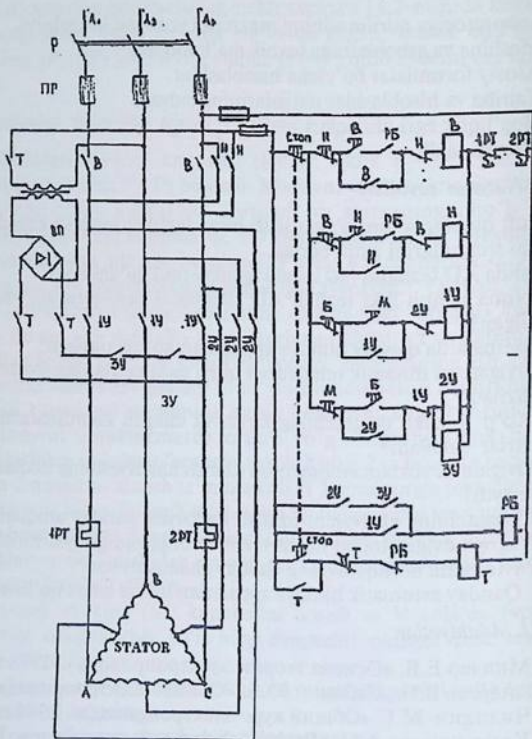
3. Чиликин М.Г. «Общий курс электропривода». 1984 г.

4. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona. «Texnika» nashriyoti, 2002 y.

5. Подредакции В.А., Попов Е.П. «Теория систем автоматического регулирования», «Профессия», 2003 г. 752 с.

6. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины: Справочник / Под. ред. Кошарского Б.Д. - Изд. 3-е.-Л: «Машиностроение», 1976. 486 с.

7. Веревкин А.П., Попков В.Ф. «Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства» Учеб. пособ.- Уфа.:Изд-во УНИ, 1996. 95 с.



14.1-rasm. Ko'p tezlikli asinxron dvigatelni avtomatik tarzda sekin, tez, oldiga va orqaga aylantirish hamda dinamik tormozlash uchun qo'llaniladigan laboratoriya standining ishlash qonuniyati sxemasi.

## 15 - LABORATORIYA ISHI

### Faza rotorli asinxron dvigatelning avtomatik boshqarish sxemasini o'rganish

#### I. Ishning vazifasi:

Talabalarga faza rotorli asinxron dvigatelni avtomatik tizim elementlaridan foydalanilgan holda, boshqarish imkoniyatlarini namoyish etishdan hamda ishlash qonuniyatini ifodalovchi sxemalarni o'qishga o'rgatishdan iborat.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Ishning maqsadi faza rotorli AD ning vaqtga bog'liq bo'lgan ikki pog'onali tezlanishni ta'minlaydigan yurgizuvchili qarshiligiga ega bo'lgan avtomatik yurgizish sxemasini ishlashini tadqiqot qilish.

2. Tezlikka bog'liq bo'lgan teskari ulash bilan to'xtatish usulini o'rganish.

#### III. Umumiy nazariy ma'lumotlar

Faza rotorli va xalqasimon kontaktli ADni yurgizish, rotor zanjiridagi yurgizish qarshiliklari seksiyalarini alohida birin-ketin (elektr yuritmaning tezligi oshishi bilan) shuntlash bilan amalga oshiriladi. Yurgizish qarshiligining navbatdagi seksiyasining shuntlanishi rotorning aylanish tezligi ma'lum qiymatga erishganda (bunda statorning yurgizish toki va momenti ma'lum qiymatgacha kamaygan bo'ladi) ro'y beradi, ya'ni bu jarayon vaqt mobaynida amalga oshiriladi. Demak, asinxron dvigatelni avtomatik yurgizishni vaqt asosida bajarish mumkin. Buning uchun dvigatelni avtomatik yurgizish sxemalarida vaqt rele si qo'llaniladi.

Dvigatelning silliq yurishini ta'minlash uchun eng katta yurgizishli momenti  $M_{yurg1}$  va eng kichik (qayta ulanish) momenti  $M_{yurg2}$  orasida o'zaro bog'lanish (nisbat) bo'lishi kerak. Bu nisbat qarshilik pog'onalarining soni(z)ga bog'liq. Odatda, qarshilikning alohida seksiyalarining qiymatini hisoblash uchun eng katta yurgizish momenti  $M_{yurg1}$  va pog'onalar soni z berilgan bo'ladi (odatda, 2-3 pog'ona). U holda qayta ulanish  $M_{yurg2}$  momenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi.

$$M_{yurg2} = M_{yurg1} \sqrt{\frac{M_{yurg1} S_H}{M_H}} \quad (15.1)$$

bu yerda,  $S_H$  va  $M_H$  dvigatelning sirpanishi va momentining nominal qiymatlari.

Yurgizish qarshiligi har bir pog'onasining qiymati analitik yoki grafik usulda aniqlanishi mumkin. Yurgizish qarshiligining qiymatini grafik yo'l bilan aniqlash va faza rotorli ADni yurgizishning har bir pog'onasidagi tezlanish vaqtini aniqlash usuli adabiyotlarda keltirilgan.

Faza rotorli asinxron dvigatellarda teskari ulash rejimi to'la to'xtatish uchun ishlatiladi. «O'ng» yo'nalishda ishlayotgan dvigatelni (bu holatda 15.1-rasmda L va 2-tez kontaktli ulangan) teskari ulash bilan to'xtatish rejimga o'tkazilganda magnit maydon aylanishining yo'nalishi teskari tomonga o'zgaradi. Buning uchun L kontakti ochiladi. T kontakti esa yopiladi va stator zanjiridagi fazalardan ikkitasining o'rinlari almashib ulanadi. Xuddi shu vaqtning o'zida tokni chegaralash va yetarlicha katta bo'lgan tokni to'xtatish nomerida hosil qilish uchun birinchi test hamda ikkinchi test hamda TU kontaktlari ochiladi. Shuningdek, rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritiladi.

Sxemada to'xtatishni boshqarish dvigatelning tezligi asosida bajarilib. RKS (tezlikni nazorat qilish) yordamida tezlikni to'g'ridan-to'g'ri nazorat qilib turish amalga oshiriladi. RKSning tuzilishi induksiyapriinsipiga asoslangan. Dvigatelning vali yumaloq. Shakldagi doimiy elektr magnit bilan bevosita bog'langan bo'lib, bu magnit o'rnatilgan aylanuvchi «olmaxon halqa»si ichida aylanadi. Magnit «olmaxon halqa»si ichida aylanganda uyurma toklar hosil bo'ladi. Bu toklar halqani, magnitni aylanayotgan yo'nalishiga qarab burishga harakat qiladi. «Olmaxon halqa»si relening kontakt tizimi bilan bog'langan bo'lib, uning o'ng yoki chap kontaktlari, dvigatelning aylanish tezligi 0 ga yaqinlashganda sodir bo'ladi. Bu kontaktlarning ochilishi revers muddati boshlanmay turib amalga oshishi kerak.

#### IV. Laboratoriya qurilmasining tavsifi

Faza rotorli AD avtomatik boshqarish sxemasi dvigatelni quyidagi rejimlarda ishlashini ta'minlaydi:

- vaqt asosida ikki pog'onali tezlanishini yurgizish;
- tezlik asosida teskari ulashli to'xtatish;

$$t_m = Tm \ln = \frac{M_{d1}}{M_{d2}}$$

dvigatelni yurgizishning to'la vaqti

$$t_{yurg} = t_1 + t_2 + t_m$$

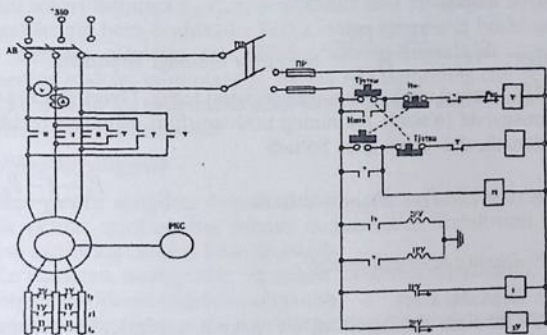
c) *analitik usul;*

berilgan eng katta yurgizish momenti  $M_{yurg} = 1,5 \text{ MN}$  va pog'onalar soni  $z = 2$  bilan foydalanib,

$$\lambda = z \sqrt{\frac{M_H}{M_{yurg1} * S_H}}$$

Qayta ulash momenti quyidagicha tekshiriladi:

$$\frac{M_{yurg}}{M_H} = \frac{M_{yurg}^2}{M_H} * \frac{1}{\lambda}$$



15.1-rasm. Faza rotorli asinxron boshqarish sxemasi

Unda qarshilikning pog'onalardagi qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$r_2 = r_p / \lambda - 1 / ; r_1 = r_2 S$$

bu yerda  $r_p = r_p * R_H$   $r_p = S H;$

d) *to'xtatish vaqti va teskari ulash qarshiligining qiymatini aniqlash;* teskari ulash qarshiligining qiymati eng katta yurgizish momenti  $M_{yurg1} = 1,5 \text{ Mn}$  shartidan foydalanib topiladi. To'xtatish rejimiga o'tish tezligi  $M_q = 0,5 \text{ Mn}$  ga to'g'ri keladi.

e) *grafik usuli;*

teskari ulash tavsifi ikki nuqta orqali quriladi. Teskari ulan ganda pog'ona qarshiligi nominal qiymatining ma'lum qismi bo'lib, nominal sirpanish

momentining qiymatiga bog'liq bo'lgan mos tavsiflar orasidagi ayirmadan aniqlanadi. Kesma AD r<sup>0</sup><sub>TU</sub> qarshiligining bir qismi.

$$r_{TU}^0 = \frac{A\Pi}{rB} * r^0 p$$

f) *analitik usul*;

teskari ulash qarshiligi quyidagi formula orqali aniqlanadi.

$$r_{TU}^0 S_{kp} \frac{M_H}{M_{yurg} 1} - (r^0 p + r^0 1 + r^0 2);$$

bu yerda,  $\frac{M_{yurg} 1}{M_H} = 1,5$  - teskari ulash momentining maksimal ko'rsatkich

darajasi;  $S_{TU} = \frac{\Pi_0 - \Pi_{TY}}{\Pi_0}$  to'xtatish oldidagi sirpanish.

PTU-teskari ulash boshlangan paytdagi tezlik. Dvigatel katta yuk bilan ishlamaganda to'xtash rejimining boshlanishini asinxron tezlik P<sub>0</sub> dan boshlanadi, deb qabul qilsa bo'ladi.

$$P_0 = P_{TU} \quad bunda \quad S_{kp} = \frac{P_0 - (-P_0)}{P_0}$$

## V. Ishning bajarilish tartibi

### 1. Dastlabki holat.

AV avtomat uchirgich va PV paketli uchirgichlar ulangan, lekin apparatlardan hech biri ishlamaydi.

### 2. Dvigatelni ishga tushirish.

«Pusk» (ishga tushirish) knopkasi bosiladi. Chizikli kontaktor L va teskari ulash kontaktori P ishga tushadi. AD statori zanjiridagi asosiy L kontaktlar «Pusk» knopkasini shuntlovchi normal-ochiq, blok-kontaktor L va tezlanish relesi IRU zanjiridagi blok-kontakt L, AD rotori zanjiridagi asosiy P kontaktlarda ulanadi. Tormozlash kontaktori T zanjiridagi normal-tutashgan blok kontakt L uziladi va dvigatel to'la tekis rotor zanjiriga r<sub>1</sub> va r<sub>2</sub> qarshiliklar kiritilgani holatida ishga tushadi. Dvigatel ishga tushirilganda qayta ulash pog'onasi r<sub>0</sub> qat nashmaydi, chunki asosiy kontaktlar bilan teskari ulash kontaktori P uzib qo'yiladi. Tezlanish relesi IRU dvigatelning birinchi sun'iy tavsifi bo'yicha yurgizish imkonini berish uchun ma'lum bir vaqtni o'tkazib yuborgach, tezlanish kontaktori IU ni ulaydi. IU

ishga tushadi va  $r_1$  qarshilikning birinchi pog'onasiga chiqadi. Tezlanish relesi 2RU ishga tushadi. Bu rele dvigatel sun'iy tavsifning ikkinchi pog'onasi bo'yicha yurgizish imkoniyatini beruvchi vaqtni hisoblab ushlab turgach 2U tezlanish kontaktorini ulaydi. 2U qarshilikning ikkinchi pog'onasiga olib chiqadi va dvigatel tabiiy tavsifda ishlaydi. Chiziqli kontaktor L ishga tushgach, dvigatelni tormozlovchi zanjirni tayyorlab, RKS relesi tormozlash kontaktori T g'altagi zanjiridagi o'zining kontaktini ulaydi.

### 3. Dvigatelni to'xtatish.

«Stop» knopkasi bosiladi. L, P, 1U, 2U kontaktorlari va 1RU, 2RU vaqt relelari uziladi. Tormozlash kontaktori ulanib, o'zining asosiy T kontaktori bilan stator cho'lg'amlarining ikkita fazasini qayta ulaydi. Dvigatelni rotori zanjiriga  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  qarshiliklar to'la yuklangan holatidagi tormozlanish yuz bera boshlaydi. Tezlik nolga teng bo'la boshlaganda, tezlikni nazorat qiluvchi rele RKS o'zining kontaktini uzadi, T kontaktorning g'altagi ta'minlanadi. Bu esa AD statorining cho'lg'amini tarmoqdan to'la-to'kis uzilguncha uadi. Dvigatel valiga statik moment  $M_0$  ning ta'siri ostida tormozlanadi.

### VI. Ishga tayyorgarlik

1. Faza rotorli asinxron dvigatelni avtomatik ravishda yurgizish va to'xtatish uchun qurilmaning ishlash qonuniyatini ifodalovchi elektr sxemasi va asosiy kattaliklari bilan tanishish.

2. Ko'rsatilgan adabiyotlar va ushbu tavsifdan foydalanib, ishda ko'rilayotgan savollarni yaqindan o'rganish.

3. Asinxron dvigatelni pasport ko'rsatkichlaridan foydalanib yurgizish qarshiliklarining qiymatlarini grafo-analitik usulda aniqlash.

4. Dvigatelni yurgizish, tormozlash va to'liq yurgizish vaqtini hi-soblash.

5. Tekshiruv savollariga javob tayyorlash.

### VII. Nazorat savollari

1. Faza rotorli asinxron dvigatelni yurgizishni avtomatik bajarish qanday amalga oshiriladi?

2. Dvigatelning silliq yurgizilishi nima bilan ta'minlanadi?

3. Dvigatelning tezlik asosida to'xtatilishi nimaga asoslangan?

4. Tezlikni nazorat qilish relesi RKSning tuzilishi va ishlash prinsipi ni tushuntirib bering.

5. Elektr yuritmani teskari ulashda to'xtatish vaqti nimaga bog'liq?

6. Birinchi sun'iy tavsifda dvigatel qachon ishlaydi?

7. Ikkinchi sun'iy tavsifda dvigatel qachon ishlaydi?

8. Dvigatelning qanday tavsiflarini bilasiz?
9. Dvigatelni ishga tushirish tartibini so'zlab bering.
10. Dvigatelni tormozlash tartibini so'zlab bering.

### *VIII. Adabiyotlar*

1. Автоматическое управление электроприводами: Лабораторные работы /Под. ред. А.А. Сиротина.- М., Высшая школа, 1978 г.
2. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika» nashriyoti, 2002 y.
3. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.
4. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления: Учеб. пособие.-М.: Наука, 1986 г.
5. Микропроцессорные автоматические системы регулирования: Учебное пособие/ Под ред. В.В. Солодовникова.- М.: Высшая школа, 1991 г.

## 16 - LABORATORIYA ISHI

### «Generator - dvigatel» tizimidagi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining rostlanish xossalarini tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

«Generator-dvigatel» tizimidagi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining rostlanishi bo'yicha amaliy ko'nikmalar olish, «generator-dvigatel» tizimining ishlashi bo'yicha nazariy bilimlarni eksperimentlarda tasdiqlash.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Laboratoriya qurilmasi bilan tanishish, elektr mashinalari va o'lchov uskunalarning texnik ko'rsatkichlarini yozib olish.

2. Qurilmani yurguzib ko'rish, dvigatel tezligini rostlash va aylanish yo'nalishini o'zgartirish mumkinligini tekshirish.

3. Asosiy (dvigatel) rejimida dvigatelning mexanik tavsiflarini qurish uchun ma'lumotlar olish:

a)  $U_a = U_{nom} = const$  va  $I_{k.m.nom} = const$  da tabiiy mexanik tavsifni qurish uchun;

b)  $U_a = 0,9U_{nom}$ ,  $U_a = 0,75U_{nom}$  va  $I_{k.m} = I_{k.m.nom}$  da sun'iy mexanik tavsifni qurish uchun;

v)  $I_{k.m} = 0,9I_{k.m.nom}$ ,  $I_{k.m} = 0,75I_{k.m.nom}$  va  $U_a = U_{nom} = const$  da sun'iy mexanik tavsifni qurish uchun.

4. Dvigatelning aylanish chastotasini rostlash karraliligini aniqlash:

a)  $I_{k.m} = I_{k.m.nom} = const$  da  $U_a$  kuchlanishni kamaytirgan holda;

b)  $U_a = U_{nom} = const$  kuchlanishda qo'zg'atish toki  $I_{k.min}$  kamaytirilgan holda;

v)  $p_{min}$  dan  $p_{maks}$  gacha tezlikni rostlashdagi karralikni aniqlash.

5. Hisobot tuzish va bajarilgan ish haqida xulosa qilish.

#### III. Ishga tayyorgarlik ko'rish

1. Quyidagi nazariy materialni qaytarish lozim: «generator -dvigatel» tizimidagi o'zgarmas tok dvigatelning tezligini yakor zanjiridagi kuchlanishni va asosiy magnit maydonini (qo'zg'atish tokini) o'zgartirib

rostlash, «generator-dvigatel» tizimidagi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining mexanik tavsiflari, «generator-dvigatel» tizimining afzalliklari va kamchiliklari.

2. Ishchi daftarda tajriba natijalarini yozish uchun jadval va grafiklar qurish maqsadida koordinatali setkani tayyorlash.

#### IV. Umumiy nazariy ma'lumotlar

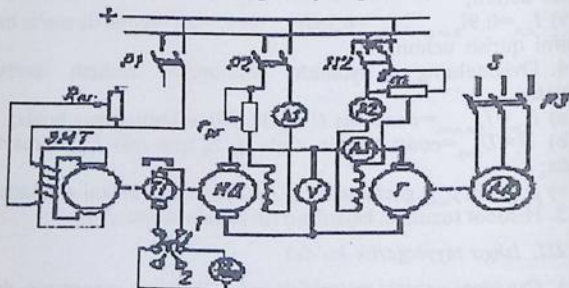
«Generator-dvigatel» (*G-D*) tizimi doimiy tezlikka ega bo'lgan agregat bo'lib, uch fazali qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatel (*AD*) va mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatoridan (*G*) iborat (16.1-rasm). Ikkala mashina umumiy fundamentda o'rnatilgan bo'lib, ularning vallari mufta yordamida mexanik birlashtirilgan. Generatorning qo'zg'atish cho'lg'ami ko'zg'atish toki  $I_{k2}$  ni o'zgartirish imkonini beruvchi potensimetr orqali o'zgarmas tok tarmog'iga ulangan. Tekshirilayotgan dvigatel (*TD*) deb ataladigan o'zgarmas tok dvigatelining yakor zanjiri generator, *G* ning yakor cho'lg'ami klemmlariga ulangan.

*TD* ning qo'zg'atish cho'lg'ami undagi qo'zg'atish toki  $I_{k.m}$  ni rostlash imkonini beradigan rostlovchi reostat orqali o'zgarmas tok tarmog'iga ulangan.

*G - D* tizimidagi *TD* ning aylanish chastotasi

$$n = \frac{E_g - I_g(r_{a.g} + r_{a.m})}{K_c \cdot F_m}, \quad (16.1)$$

6.1) bunda,  $E_g$  - generator EYUK,  $V$ ;  $I_g$  - generator *G* va *TD* ning yakorlari zanjiridagi tok,  $A$ ;  $r_{a.g}$  - *G* va *TD* yakorlari zanjirining qarshiligi,  $\Omega$ ;  $K_v$  - doimiy koeffitsiyent;  $F_m$  - *TD* ning asosiy magnet maydoni,  $Vb$ .



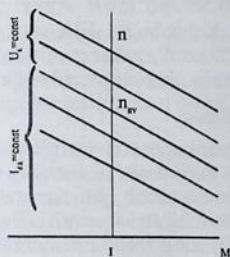
16.1-rasm. «Generator-dvigatel» tizimidagi o'zgarmas tok elektr dvigatelining rostdanish xossalarini tekshirish uchun laboratoriya qurilmasining sxemasi

(16.1) ifodadan kelib chiqadiki,  $G - D$  tizimida  $TD$  ning aylanish tezligi ikki usulda rostlanadi: generator EYUK  $E_r$  ni o'zgartirish va  $TD$  ning asosiy magnit okimi  $F_m$  ni (4mni) o'zgartirish yuli bilan.

$E_r$  EYUK ni  $TD$  yakoridagi nominal kuchlanishga mos keluvchi  $E_r$  qiymatidan kamayish tomoniga o'zgartirishigina mumkin, natijada  $TD$  ning aylanish tezligi nominal qiymatidan kamayadi, xolos. Qo'zg'atish toki  $I_{k,m}$  bo'lsa, faqat uning nominal qiymati  $I_{k,m,nom}$  dan kamaytirish tomoniga o'zgartirish mumkin. Natijada  $TD$  ning aylanish tezligi nominal tezlik  $p_{nom}$  dan oshadi.

Shunday qilib,  $G - D$  tizimida ishlovchi mustaqil qo'zg'atishli dvigatelning aylanish tezligini rostlashning ikki turi bor: nominal tezlikdan pastga ( $E_r$  ni o'zgartirish bilan) va nominaldan yuqoriga ( $I_{k,m}$  ni o'zgartirish bilan).  $E_r$  EYUK ni o'zgartirib aylanish chastotasini rostlashning karrasi taxminan  $D_1 = n_{nom} / n_{min} = 7:1$  ga teng, qo'zg'atish toki  $I_{k,m}$  ni o'zgartirib tezlikni rostlash diapazoni  $D_1 = n_{maks} / n_{nom} = 2:1$  ga teng. Ikkala usul bilan rostlashda umumiy rostlash diapazoni  $D = D_1 \cdot D_2 = 7 \cdot 2 = 14$  teng.

$TD$  « $G-D$ » tizimida ishlatilganda yakor zanjirida reostat ulanmaydi, chunki « $G-D$ » tizimida kuchlanish ohista oshirilib, yurgizish tokleri ancha cheklanadi.



16.2-rasm.

16.2-rasmda « $G-D$ » tizimida  $TD$  ning mexanik tavsiflari keltirilgan (to'g'ri chiziqlar to'plami). Ordinata o'qiini  $p_{o,t}$  nuqtada (chegara aylanish tezligi) kesib o'tuvchi  $p = f(M)$  grafigi tabiiy mexanik tavsifdir. Bu tavsif  $TD$  yakor zanjirida nominal kuchlanishda va nominal qo'zg'atish toki  $I_{k,mda}$  olingan. Chegara aylanish tezligi

$$n_{o,t} = E'_r / (K_c \cdot \Phi_m) \quad (16.2)$$

bunda  $E'_r$  —  $TD$  yakor zanjiridagi nominal kuchlanishiga mos keluvchi generator EYUK i.

Tabiiy tavsifdan pastda joylashgan to'g'ri chiziqlar  $I_{k.m.nom}$  qo'zg'atish tokida, nominaldan kichik kuchlanishda ( $U_a < U_{nom}$ ) olingan sun'iy mexanik tavsiflardir. Tabiiy tavsifdan yuqorida joylashgan to'g'ri chiziqlar  $U_a = U_{nom}$  da va nominaldan kichik qo'zg'atish tokida ( $I_{k.m} < I_{k.m.yunom}$ ) olingan sun'iy mexanik tavsiflardir. Bu sun'iy tavsiflar o'zaro parallel va to'g'ri chiziqdirlar, chunki TDdagi va G dagi yakor reaksiyalari o'zaro kompensatsiyalanadi. Bu parallellik faqat  $i_{k.m}$  ning kichik qiymatlarida buziladi.

Yuqorida yozilganlarni umumlashtirib, *TD ning G-D tizimida* ishlashining afzalliklarini ko'rsatib o'tamiz: a) aylanish tezligini rostlash diapazoni katta; b) *TD* ni reostatsiz ohista yurgizish mumkin; v) energiya-ni qisman tarmoqda qaytarib, to'xtatish (tormozlash) mumkin; g) *TD* ni boshqarish dvigateli va generator qo'zg'atish zanjiri orqali bo'layotgani uchun rostlovchi apparatlar arzon va kichik o'lchamli bo'ladi. Tizimning kamchiliklari: a) tizimda elektr mashinalar soni ko'p bo'lgani uchun elektr yuritmasining narxi yuqori va o'lchamlari katta; tizimning hamma mashinalarning FIK lari ko'paytmasiga teng bo'lgan FIK si kichik

$$\eta_{g.d} = \eta_d \cdot \eta_g \cdot \eta_{ad}$$

masalan, agar nominal yuklanishda  $\eta_d = \eta_g$  bo'lsa, tizimning FIK ti  $\eta_{g.d} = 0,8 * 0,8 * 0,9 = 0,58$  bo'ladi. Agar *TD* ning yuklanish koeffitsiyenti nominaldan kichik bo'lsa, FIK yana ham kichikroq bo'ladi;

v) mashinalarning (*TD* va *G*) yakor zanjirida ancha kuchlanish pasayishi va yakor reaksiyasi ta'sirida kichik tezliklarda *TD* turg'un ishlamaydi.

#### IV. Laboratoriya qurilmasi

*G-D* tizimidagi o'zgarmas tok dvigatelining rostlash xossalarini tekshiruvchi laboratoriya qurilmasi (16.1-rasm) o'zgarmas tezlik bilan ishlovchi agregatdan iborat bo'lib, bu agregat o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantiruvchi elektr mashinalari *AD* va *Gni* hamda tekshiriluvchi dvigatel *TD* ning (mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli) o'z ichiga oladi. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatel *AD* va mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatori *G* ning vallari mexanik ravishda mufta bilan birlashtirilgan. *TD* ning yakor zanjiri generator *G* ning yakor klemmalariga ulangan. O'zgarmas tok mashinalarining (*TD* va *G*) qo'zg'atish cho'lg'amlari o'zgarmas tok tarmog'iga ulangan.

Bu tarmoqqa *G* ning qo'zg'atish cho'lg'ami qo'zg'atish tokini keng oraliqda rostlash imkonini beruvchi  $R_{p2}$  potensiometr va qo'zg'atish zanjiridagi tokning yo'nalishini o'zgartirishi mumkin bo'lgan (*TD*ni revers qilish kerak bo'lganda) *P2* qayta ulagich orqali ulangan. *TD* ning qo'zg'atish cho'lg'ami tarmoqqa *R2* rubilnik orqali

ulangan bo'lib, bu cho'lg'amdagi qo'zg'atish toki  $I_{k.m} r_{rn}$  reostat bilan rostlanishi mumkin.  $TD$  uchun mexanik yuklama sifatida cho'lg'ami  $R1$  rubilnik va  $R_{p1}$  potensiometr orqali tarmoqda ulangan  $ETM$  elektromagnit tormozi tanlangan.

Aylanish chastotasini o'lchash uchun «ayl/min» o'lchov asboblari bilan TGtaxogeneratori qo'llanilgan.  $P1$  qayta ulagichi  $TD$ ning aylanish yo'nalishi o'zgaranda «ayl/min» kattaligini o'lchovchi asbob kirishdagi kuchlanishning qutblarini o'zgartirish imkonini beradi. Yakor zanjiridagi tok  $I_a$  ni o'lchash uchun  $AZ$  ampermetri, kuchlanishni o'lchash uchun  $V$  voltmetr xizmat qiladi. Ikkala uskuna ikki tomonlama shkalaga ega bo'lishlari kerak, chunki generator  $G$  ning EYUK si qutblari o'zgarishi mumkin.  $A1$  va  $A2$  ampermetrlari  $I_{k.m}$  va  $I_{k.g}$  qo'zg'atish toklarini o'lchash uchun kerak.  $A2$  ampermetri ikki tomonli shkalaga ega bo'lishi zarur.

Laboratoriya qurilmasi bilan tanishib, hamma elektr mashinalarining pasport ma'lumotlarini yozib olish kerak: nominal quvvat  $R_{nom}$  nominal kuchlanish  $U_{nom}$  nominal tok  $I_{nom}$ , nominal aylanish chastotasi  $n_{nom}$  shuningdek, o'zgarimas tok mashinalari uchun nominal qo'zg'atuv toklari  $I_{k.m,nom}$  va  $I_{k.g,nom}$

#### V. Ishning bajarilish tartibi. Qurilmani dastlabki ishga tushirish

Barcha rubilnik va qayta ulagichlarning holatini tekshirish kerak, ular «uzilgan» holatida bo'lishlari kerak. Keyin  $R2$  va  $P2$  ni ulash va potensiometr  $R_{p2}$  ni qo'zg'atuv toki  $I_{k.r}$  ning minimal qiymatiga mos keluvchi holatga qo'yish, rrg reostatni dvigatelning nominal qo'zg'atish tokiga mos keluvchi holatga quyish kerak.

$R3$  ni ulab, asinxron dvigatel  $AD$  ishga tushiriladi va  $R_{p3}$  yordamida asta-sekin, yakor toki  $I_a$  qiymatini tez o'zgartirmasdan, generator qo'zg'atuv toki  $I_{k.gni}$   $TD$  yakor zanjiridagi nominal kuchlanishga mos keladigan  $I_{k.g,nom}$  gacha oshiriladi. Keyin qayta ulagich  $P1$  ni «ayl/min» o'lchash asbobi  $TD$ ning aylanish chastotasini ko'rsatadigan holatga qo'yish kerak.

$TD$ tezliligini rostdash mumkinligi tekshiriladi. Buning uchun  $R_{p2}$  yordamida  $U_a$  kuchlanishi biroz kamaytiriladi, oqibatda  $TD$  ning tezligi kamayishi kerak, so'ngra bu kuchlanishning nominal qiymati tiklanadi va  $r_r$  yordamida qo'zgatuv toki  $I_{k.m}$  kamaytirilib,  $TD$  tezligining ortishi kuzatiladi.

So'ngra  $TD$  ning reversi tekshiriladi. Buning uchun  $I_{k.m,nom}$  qo'zg'atuv toki tiklanadi va  $R_{p2}$  bilan  $I_{k.g}$  qo'zg'atuv toki  $0$  gacha kamaytiriladi. Shundan so'ng qayta ulagich  $P2$  ni boshqa holatga burab, generator  $G$  ning qo'zg'atuv zanjiridagi kuchlanishning qutblari almashtiriladi.  $TD$  yakori to'xtagandan so'ng  $P1$  ni boshqa holatga qayta ulanadi va  $R_{p2}$  potensiometr yordamida  $I_{k.g}$  qo'zg'atuv toki nominal qiymatiga yetkaziladi.

## VI. Ma'lumotlarni olish va TD ning mexanik tavsiflarini qurish

Dvigatel validagi moment  $M_2$  ning aylanish tezligi  $n_2$  ga bog'liqli-gini ko'rsatuvchi tabiiy mexanik tavsifni ko'rish quyidagicha bajariladi. TD yakori zanjiriga kirishdagi nominal kuchlanish  $U_{nom}$  ni va nominal qo'zg'atuv tok  $I_{k.m.nom}$  ni qo'yish va elektromagnit tormoz EMT ni ulamasdan, uskunala bo'yicha salt yurish rejimiga mos bo'lgan 1-o'lchovlarni bajarish. Keyin, RI ni tutashirib, elektromagnit tormoz EMT ulanadi va  $R_{p1}$  potensiometr bilan TD validagi yuklama momenti  $M_2$  ni asta sekin  $M_{2,nom}$  gacha, yakor toki  $I_{2,nom}$  gacha oshiriladi. Bunda yakor zanjirida nominal kuchlanish  $U_{a,nom}$  ushlab turiladi.  $M_2$  momentning taxminan teng interval bilan belgilangan qiymatlarida to'rt-besh o'lchashlar qilinadi va ma'lumotlar 16.1-jadvalga kiritiladi. Shunday tartibda  $U_{k.m} = U_{k.m,nom} = \text{const}$  ni ushlab turib, TD yakor zanjirida  $U_a = 0,9 U_{nom}$  va  $U_a = 0,75 U_{nom}$  kuchlanishlarda  $p2_f(M_2)$  sun'iy mexanik tavsiflari uchun ma'lumotlar olinadi.

Keyin, yakor zanjirida  $U = U_{nom} = \text{const}$  kuchlanishni ushlab turib,  $I_{k.m} = 0,9 I_{k.m} = 0,7 I_{k.m,nom}$  qo'zg'atuv toklarida TD ning sun'iy mexanik tavsiflari uchun ma'lumotlar olinadi. Har bir tavsif uchun to'rt-besh o'lchashlar bajarilib, ma'lumotlar 16.1-jadvalga kiritiladi.

Jadvaldagi ma'lumotlar bo'yicha TD ning beshta mexanik tavsiflari bitta koordinata o'qlarida ko'riladi.

16.1-jadval

O'lchov nomeri	$U_a, B$	$I_{k.m}, A$	$I_{k.g}, A$	$I_a, A$	$n_0,$ $ayl/min$	$Ma, nom$

### Aylanish chastotasini rostlash karraligi

Yakor zanjiridagi kuchlanishning TD aylanish chastotasini rostlash oraliq'i quyidagicha topiladi. Nominal qo'zg'atuv toki  $I_{k.m,nom}$  ni o'rnatib va ETD ni ulab,  $U_a$  kuchlanishni asta-sekin shunday kamaytiramizki, valdagi nominal yuklama bilan dvigatel yakori turg'un aylanib tursin. Shu momentni quyidagi formula yordamida topamiz (N-m).

$$M_2 = 9,55 \cdot 10^3 P_{nom} / n_{nom} \quad (16.4)$$

bunda,  $R_{nom}$  va  $n_{nom}$  - quvvat (kVt) va aylanish chastotasining (ayl/min) nominal qiymatlari. Bunda minimal aylanish chastotasi  $n_{min}$  o'lchanib, rostlash diapazoni D aniqlanadi  $D_1 = n_{nom} / n_{min}$ .

TD yakor zanjirida nominal kuchlanishni tiklab, qo'zg'atuv tokini  $I_{k.m}$  dvigatel uchun eng katta tezlik  $p_{maks}$  ga erishguncha kamaytiriladi. Bunda valdagi yuklama momenti  $I_a = I_{a,nom}$  tenglikni ta'minlaydigan qiymatida ushlab turiladi. Rostlash diapazoni  $D_2 = n_{max} / n_{nom}$ .

*TD* ning *G-D* tizimida ishlagandagi aylanish chastotasining umumiy rostlash diapazoni

$$D = D_1 D_2 = (n_{nom} : n_{min})(n_{max} : n_{nom}) = n_{max} : n_{min}$$

**Laboratoriya ishi natijalarining tahlili.** Laboratoriya natijalarining tahlilida tajribalarda olingan mexanik tavsiflarni *G-D* tizimidagi o'zgarmas tok dvigatelining rostlash xossalari to'g'risidagi nazariyaga mos kelishini taqqoslash kerak. Bunda tavsiflarning o'zaro parallelligiga va to'g'ri chiziqchilikka e'tibor qilish kerak. Agar grafiklar to'g'ri chiziqdan farq qilsa va parallel bo'lmasa, buning sabablarini aniqlash lozim.

Keyin aylanish tezligini rostlash diapazoni to'g'risida xulosalar qilinadi.

### VII. *Nazorat savollari*

1. *G-D* tizimi haqida nimalarni bilasiz?
2. *G-D* tizimida o'zgarmas tok dvigatelining aylanish tezligini rostlashning qanday usullari bor?
3. *G-D* tizimning qanday afzalliklari va kamchiliklari bor?
4. Agar generatorning qo'zg'atish toki  $I_{k.g}$  ni kamaytirsak, *TD* ning aylanish chastotasi qanday o'zgaradi?
5. *TD* ning aylanish chastotasining rostlash oralig'i qanday aniqlanadi?
6. Nima uchun *G-D* tizimida ishlovchi *TD* ning mexanik tavsiflari to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'ladi?
7. *G-D* tizimidagi *TD* yakorining aylanish yo'nalishini qanday o'zgartirish mumkin?
8. *G-D* tizimidagi yakor zanjiriga qo'shimcha qarshilik kiritsak, *TD* mexanik tavsifining kattikligi o'zgaradimi?
9. 16.1-rasmda keltirilgan sxemani qanday o'zgartirib, *TD* ning generator rejimidagi mexanik tavsiflarini olish mumkin?

### VIII. *Adabiyotlar*

1. Кацман М.М. «Электрические машины и электропривод автоматических устройств» М., Высшая школа, 1987 г.
2. Чиликин М.Г. «Общий курс электропривода» пор.3.10.гл.
3. Касымхунова А.М. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika» nashriyoti, 2002 y.
4. Теория автоматического регулирования: Учеб. для вузов / Под ред. Ю.М. Соломенцева.- М.: Машиностроение, 1992 г.
5. Теория автоматического управления: Учеб. пособие / Под ред. А.А. Воронова. Ч.1- М.: Высшая школа, 1987 г.

## 17 - LABORATORIYA ISHI

### O'zgarmas tok elektr dvigatelinining boshqarish sxemasini tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelinining avtomatik boshqarish sxemasini o'rganish va bu sxemani yig'ish hamda rostlash malakasini olish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Laboratoriya qurilmasi bilan tanishish, elektr dvigatelinining va relekontaktor apparatlarining ko'rsatkichlarini yozib olish.

2. 17.1-rasmdagi boshqaruv sxemasini yig'ish va o'qituvchi uni tekshirib chiqqandan so'ng, *RU1* va *RU2* tezlatishtish relelarining ishlab ketish vaqtlarini qo'yish.

3. Qurilmani ishga tushirish, elektr dvigatelinini yurgizish va to'xtatishni tavsiflovchi parametrlarni o'lchash.

4. Hisobot tuzish va o'tkazilgan ish haqida xulosalar qilish.

#### III. Ishga tayyorgarlik ko'rish

1. Quyidagi nazariy material takrorlansin: o'zgarmas tok dvigatellarining rele-kontaktor boshqarish qonuniyatlari; o'zgarmas tok dvigatellarining boshqarish sxemalari; o'zgarmas tok dvigatellarini ishga tushirishni tezlik, tok va vaqt funksiyalarida boshqarish usullari; reversiv va noreversiv boshqarish sxemalari; o'zgarmas tok dvigatellarini tormozlash (to'xtatish) va boshqarish sxemalari.

2. O'lchashlar natijalarini yozish uchun ishchi daftarda jadval tayyorlash.

#### IV. Umumiy nazariy ma'lumotlar

**Avtomatik boshqarish sxemasi.** Ko'rilayotgan sxema (17.1-rasm) o'zgarmas tok dvigatelinini yurgizishni avtomatik noreversiv vaqt funksiyasi bilan ikki pog'onali boshqarishni va to'xtatishda dinamik tormozlashni ta'minlaydi. Sxema o'zaro elektr bog'langan kuch va boshqarish qismlaridan iborat.

Sxemaning kuch qismi o'z ichiga elektr dvigatelini (yakor zanjirini va qo'zg'atish zanjirini),  $r_1$  va  $r_2$  elementlaridan iborat yurgizish qarshiligini,  $r_{d,1}$  dinamik tormozlash qarshiligini va butun kuch qismini hamda uning elementlarini ulaydigan kontaktlarni oladi.

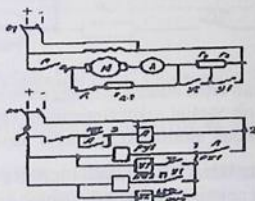
Sxemaning boshqaruvchi qismi elektr dvigatelini yurgizish, to'xtatishni ma'lum dastur bo'yicha boshqariladigan rele va kontaktlardan tuzilgan.

Dvigatelning vaqt funksiyasi bo'yicha yurgizish jarayoni ishlab ketishida sekinlashga qo'yilgan vaqt relelari tezlanish relelari  $RU1$  va  $RU2$  bilan amalga oshiriladi.

Sxemaning kuch va boshqaruvchi qismlari alohida manbalarga ulangan bo'lib, bu boshqaruvchi qismni dvigatelni tarmoqqa ulamasdan turib sozlash imkonini beradi. Kuch qismi tarmoqqa  $R1$  rubilnigi, boshqaruvchi qismi  $R2$  rubilnigi bilan ulanadi.

### V. Ishning bajarilish tartibi

Sxema quyidagicha ishlaydi. «Ishga tushirish» («Pusk») knopkasi bosilsa,  $L$  chiziqli kontaktorining g'altagi zanjiri ulanadi, 3-5 kontaktlar ulanadi, rdt qarshiligi zanjiridagi  $L$  kontakti uziladi, 7-2 kontakti ulanib, tezlanish relesi  $RU1$  ni ulaydi; kuch kontakti  $L$  ulanib,  $M$  dvigateli yakorini tutashtiradi. Bunda yurgizishning birinchi pog'onasida  $r_1 + r_2$  to'la qarshilik bilan dvigatel aylana boshlaydi.  $RU1$  tezlanish relesi qo'yilgan sekinlashish vaqti bilan ishlaydi va o'zining 9-7 kontakti bilan  $U1$  tezlanish kontaktori zanjirini tutashtiradi. O'z navbatida  $U1$  kontaktlari  $r_1$  yurgizish qarshiligi  $R_2$  bo'lgan 2-pog'onaga o'tadi va dvigatel yakori yanada tezrok aylanadi. Bir vaqtda 11-7 kontaktlari berilgan vaqtda ishlab ketuvchi  $RU2$  relesi ulanib, o'zining 13-7 kontakti bilan  $U2$  kontaktorining cho'lg'amini ulaydi. Natijada  $U2$  kontakti ulanib,  $r_2$  qarshilikni shuntlaydi va dvigatel tarmoqning nominal kuchlanishiga ulanadi. Shu bilan yurgizish jarayoni tugaydi.



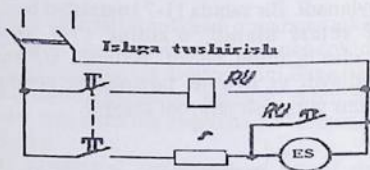
17.1-rasm. Dinamik to'xtatishli, parallel qo'zg'atishli o'zgarmas tok elektr dvigatelini vaqt funksiyasida ishga tushirishning noreversiv boshqarish sxemasi

Dvigatelni uzish uchun «To'xtatish» («Stop») knopkasini bosish kerak. Bunda chiziqli kontaktor  $L$  ning cho'lg'ami zanjiri ulanadi va bu kontaktor o'z kontaktlari bilan yakor zanjirini hamda barcha tezlantiruvchi relelar va kontaktorlarning cho'lg'amalarini tarmoqdan uzadi. Shunda  $r_1+r_2$  yurgizish qarshiligi elementlari shuntlovchi kontaktlar  $U1$  va  $U2$  ajralib, dvigatel kuch zanjirini kelgusi yurgizishga tayyorlaydi. Yuqoridagilar bilan bir vaqtda  $r_d$  qarshiligi zanjiridagi  $L$  kontaktlari ulanib, dvigatel dinamik tormozlanish rejimiga o'tadi va elektr yuritmasi inersiya momenti ta'siri ostida aylanish energiyasi  $r_{dt}$  qarshiligida issiqlik bo'lib ajralib chiqadi.

Sxemani yig'ishda, dastlab, yurgizish qarshiligi  $r_1+r_2$  ni,  $A$  ampermetrini,  $M$  dvigatelining yakor zanjirini va  $L$  ning kuch kontaktorlari yig'iladi. Keyin bu zanjirga parallel shoxlanishlar ulanadi:  $KCH$  qo'zg'atish cho'lg'ami,  $L$  uzuvchi kontaktlari bilan  $r_{dt}$  qarshiligi va yurgizish qarshiligini shuntlovchi  $U1$  va  $U2$  kontaktlari. Yakor cho'lg'ami zanjiridagi ampermetr ikki tomonli shkalaga ega bo'lishi lozim.

So'ngra sxemaning boshqaruvchi qismini yig'ishga kirishiladi. Bunda kontaktor va relelar cho'lg'amalari zanjiri bilan birin-ketin yig'iladi.

**Tezlatuvchi relelarni sozlash.**  $RU1$  va  $RU2$  relelarning ishlashini sekinlashtirish vaqtini har bir rele uchun o'qituvchining ko'rsatmasiga binoan o'rnatiladi. Bu vaqtni tekshirish uchun soatli sekundomer va elektr sekundomeri ishlatiladi. 17.2-rasmda  $DK$  tezlatish relesi va  $ES$  elektrosekundomerning ulanish sxemasi ko'rsatilgan. Ikki kontaktli «Ishga tushirish» knopkasi bosilganda bir vaqtda  $RU$  relesi va  $ES$  elektr sekundomeri ulanadi hamda vaqtni hisoblash boshlanadi.



17.2-rasm.  $RU$  tezlanish relesi ishlashi.  $RU$  ning ulovchi kontaktlari  $ESA$  ga tushgandagi sekinlashish vaqtini sekundomerining cho'lg'amini shuntlab, tekshirish uchun elektrosekundomerni ulash sxemasi

$RU$  ning ulovchi kontaktlari  $ES$  sekundomerining cho'lg'amini shuntlab  $ES$  ni uchiradi.  $ES$  ning shkalasida  $RU$  ning ishlab ketishidagi sekinlashish vaqti ko'rsatiladi. O'lchovlar aniqligini oshirish uchun tajriba bir necha marta takrorlanadi.

Elektr dvigatelini ishga tushirish va to'xtatish. R1 va R2 rubilniklar ulangandan keyin (17.1-rasmga qarang), «Ishga tushirish» knopkasi bosilgandan so'ng, boshqaruv sxemasida qo'yilgan dastur bo'yicha dvigatelni yurgizish boshlanadi. Yurgizishni uch marta qaytarib, har bir bosqich (pog'ona) dagi yurgizish tokining ortib kamayishi kuzatiladi. «Ishga tushirish» knopkasini bosishdan, to yakor toki qo'yilgan qiymatiga erishguncha ketgan vaqt sekundomer yordamida o'lchanadi.

Dinamik tormozlash effektivligini tekshirish uchun, oldin rdt qarshiligini uzgan holda, dvigatelni uzish va «To'xtatish» knopkasini bosishdan to yakor to'xtaguncha ketgan vaqtni o'lchash kerak, so'ngra tajribani rdt qarshiligini ulagan holda qaytarish kerak.

Dvigatelni yurgizish va to'xtatishni xarakterlovchi hamma parametrlarni uch martadan o'lchab, olingan natijalarni 17.1-jadvaliga kiritiladi, so'ngra uchala o'lchovlarni o'zaro qo'shib va uchga bo'lib, parametrning o'rtacha qiymatini aniqlaymiz.

Ishni bajarish haqidagi xulosalarda tekshirib chiqilgan o'zgarmas tok dvigatelini avtomatik boshqarish sxemasining xossalari va parametrlarning o'rtacha qiymatlari keltiriladi.

17.1-jadval

O'lchashlar nomeri	Yurgizish		To'xtatish		
	Yurgizish vaqti, S	Ikkinchi bosqichdagi yurgizish toki, A		To'xtash (aylanmay qolish) vaqti, S	
		Birinchi bosqich	Ikkinchi bosqich	Tormoz- siz	Dinamik tormozlash rejimida
1					
2					
3					
O'rtacha qiymat					

## VI. Nazorat savollari

1. O'zgarmas tok dvigatelini qaysi parametrlar funksiyasida yurgizish mumkin?
2. Ko'rib chiqilgan sxemada kontaktor va relelar qanday tartibda ishlaydi?
3. Tezlanish relesining ishlash vaqtini sekinlatish vaqti yurgizish toki ortishiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
4. Ko'rilayotgan sxemadagi yurgizish operatsiyasi davomiyligi dvigatel validagi yuklamaga qanday bog'liq?

5. O'zgarimas tok dvigatelini avtomatik boshqarish sxemasida elek tormozlashning qaysi usuli qo'llanilgan?

6. Agar «Ishga tushirish» knopkasi  $L$  kontaktorining blok-kontakt bilan shuntlanmasa, sxema ishlaydimi?

7. Uchta bosqichli yurgizishni amalga oshirish uchun sxemaga qand o'zgartirishlar kiritish kerak?

### VII. Adabiyotlar

1. Кацман М.М. «Электрические машины и электропривод автоматических устройств» М., Высшая школа, 1987 г

2. Чиликин М.Г. «Общий курс электропривода» пор.3.10.гл.

3. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona «Texnika» nashriyoti, 2002 y.

4. Теория автоматического регулирования: Учеб. для вузов / Под ред. Ю.М. Соломенцева.- М.: «Машиностроение», 1992 г.

5. Теория автоматического управления: Учеб. пособие / Под ред. А.А. Воронова. 4.1- М.: Высшая школа, 1987 г.

## 18 - LABORATORIYA ISHI

### Faza rotorli uch fazali asinxron dvigatelning boshqarish sxemasini tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Uch fazali faza rotorli asinxron dvigatelini avtomatik yurgizish va dinamik tormozlash sxemasining xilma-xilligini amalda o'rganish, bu sxemani yig'ish va roslash bo'yicha ko'nikmalar olish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Laboratoriya qurilmasi bilan tanishish, elektr dvigatelining pasport ma'lumotlarini va rele-kontaktor tuzilmalarining ma'lumotlarini o'rganish.

2. 18.1-rasmdagi sxemani yig'ish va uni o'qituvchi tekshirib chiqqandan so'ng *RU1*, *RU2*, *RUZ* va *RDE* relelarining kerakli sekinlashish vaqtlarini qo'yish.

3. Qurilmani yurgizish, dvigatelni yurgizish va to'xtatish tavsiflarini o'lchash.

4. Hisobot tuzish va bajarilgan ish haqida xulosalar qilish.

#### III. Ishga tayyorgarlik ko'rish

1. Quyidagi nazariy material qaytarib chiqilsin: o'zgaruvchan tok elektr dvigatellarining rele-kontaktorli boshqarish qonuniyatlari, uch fazali faza rotorli asinxron dvigatellarni boshqarish sxemalari, asinxron dvigatelni yurgizish va to'xtatishni vaqt funksiyasi bo'yicha boshqarish, yurgizish, qarshiliklarining ulanish sxemalari, boshqarish zanjirlarida elektr tokidan shikastlanish xavfini kamaytiruvchi tadbirlar.

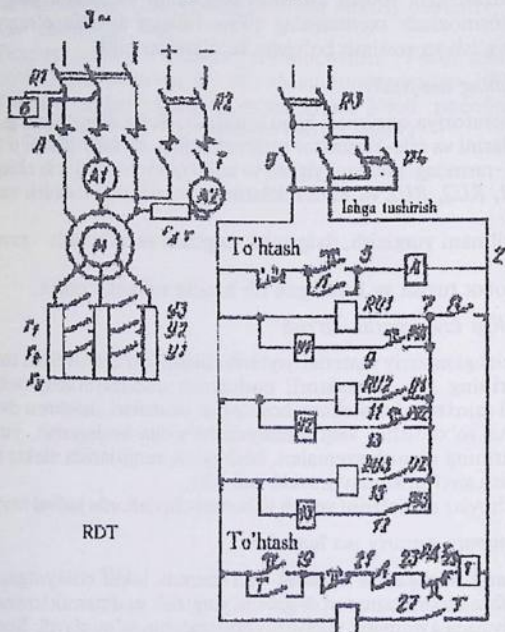
2. O'lchovlar natijalarini yozish uchun ishchi daftarda jadval tayyorlash.

#### IV. Umumiy nazariy ma'lumotlar

**Avtomatik boshqarish sxemasi.** 18.1-rasmda taklif etilayotgan sxema uch fazali faza rotorli asinxron dvigatelni yurgizish va dinamik tormozlashni vaqt funksiyasida avtomatik noreversiv boshqarishni ta'minlaydi. Sxemaning kuch qismi o'z ichiga elektr dvigatelini va rotorning har bir fazasiga bittadan uchta yurgizish qarshiligini olgan bo'lib, bu qarshiliklar yulduz usulida ulangan. Ular  $r_1$ ,  $r_2$  va  $r_3$  qarshiliklardan tuzilgan.

Tarmoqdan kuchlanish  $R1$  rubilnigi orqali keltirilib, stator cho'lg'ami esa tarmoqqa  $L$  chiziqli kontaktorning kuch kontaktlari orqali ulanadi. Chiziq simlaridan biriga yurgizish toklarini nazorat qilish uchun  $A1$  ampermetri ulangan.

Yurgizish qarshiliklarining pog'onalarini (qismlarini) ulash  $U1$ ,  $U2$  va  $U3$  tezlanish kontaktorlarining uzuvchi kontaktlari bilan amalga oshiriladi. Dinamik tormozlashni amalga oshirish uchun stator cho'lg'amini qarshilik orqali o'zgaras tok manbasiga ulovchi elektr zanjiri bor. Bu zanjirni o'zgaras tok manbasiga ulash  $R2$  rubilnigi va  $DT$  tormozlash kontaktorining ulovchi kontaktlari bilan bajariladi. Bu zanjirdagi tokni nazorat qilish uchun shu zanjirda  $A2$  ampermetri bor.



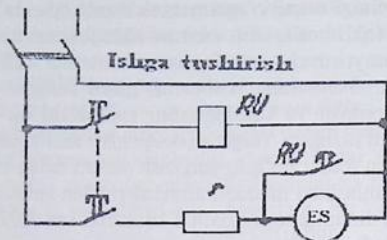
18.1-rasm. Uch fazali faza rotorli asinxron dvigatelni vaqt funksiyasida ishga tushirish va dinamik to'xtatishning noreversiv boshqarish sxemasi

Sxemani boshqarish qismi kuch qismi bilan elektr bog'lanmagan bo'lib, *RZ* rubilnigi orqali o'zgarimas tok manbasidan ta'minlanadi. Agar o'zgaruvchan tokli boshqarish sxemasi ishlatilsa, xavfsizlikni ta'minlash maqsadida pasaytiruvchi transformator vositasida 127 V kuchlanishni qo'llash kerak. Sxemaning boshqarish qismi berilgan dastur bo'yicha dvigatelni yurgizish va tormozlashni bajaruvchi bir nechta rele va kontaktorlardan tuzilgan. Yurgizish bosqichlari soni va ularning har birida ishlash vaqtidan iborat bo'lgan yurgizish dasturi uchta vaqt relesi va ular ishlaganda sekinlashuvi muddati ustavkalari bilan aniqlanadi.

Dvigatelni dinamik tormozlash *T* kontaktlari va *RDT* vaqt relesi bilan amalga oshiriladi. *RDT*da dinamik tormozlash vaqti beriladi.

Sxema quyidagicha ishlaydi. *R1*, *R2* va *RZ* rubilniklarini oldindan ulash kerak. *R4* rubilnigi uzoq bo'lishi kerak. «Ishga tushirish» knopkasini qisqa muddatga bosilganda *L* chizikli kontaktorining cho'lg'ami zanjiri ulanadi va uning blok-kontakti «Ishga tushirish» knopkasini shuntlab, bu zanjir knopkani qo'yib yuborilganda uzilishdan saqlaydi. Bir vaqtda *L* ning kuch kontaktlari *M* elektr dvigateli statori cho'lg'amlarini tarmoqda ulyadi. Bunda yurgizish qarshiligining  $r_1 + r_2 + r_3$  birinchi pog'onasida dvigatelni yurgizish boshlanadi. *L* kontaktorining 21-23 kontaktlari uzilib, *T* kontaktorni tasodifan ulanishini oldi olinadi, 7-2 kontaktlari bo'lsa ulanib, sekinlashish bilan ishlovchi *RUI* tezlanish relesi cho'lg'amini ulyadi. Bu rele 9-7 kontaktlari bilan *UI* kontaktlari g'altagini ulyadi. Bu kontaktor ishga tushib, *UI* kontakti bilan yurgizish qarshiligining  $r_3$  elementini shuntlaydi (chiqaradi). Bu bilan yurgizish jarayoni keyingi  $r_1 + r_2$  bosqichiga o'tadi. Bir vaqtda *UI* kontaktori 11-7 kontaktlari bilan *RU2* vaqt relesini ulyadi. Bu rele vaqt o'tishi bilan *U2* kontaktor cho'lg'ami zanjiridagi 13-7 kontaktlarni ulyadi, *U2* esa o'z kontaktlari bilan  $r_2$  yurgizish qarshiligining elementini shuntlaydi, natijada dvigatel yurgizishning  $r_1$  uchinchi bosqichiga o'tadi va nihoyat, 15-7 kontaktlari *RUZ* relesini ulyadi va u vaqt o'tishi bilan ishga tushadi, 17-7 kontaktlari bilan *UZ* kontaktorini ulyadi. Bu rotor zanjiridagi yurgizish qarshiligi butunlay shuntlanadi va rotor cho'lg'ami qisqa tutashtiriladi. Shu bilan yurgizish jarayoni tugaydi va dvigatel o'zining tabiiy tavsifi rejimida ishlay boshlaydi.

Dvigatelni to'xtatish, «To'xtatish» knopkasini qisqa muddatga bosib amalga oshiriladi: bunda liniyadagi *L* kontaktori uchiriladi. *L* kuch kontaktlari bilan dvigatel cho'lg'amini tarmoqdan o'zadi, 7-2 kontaktlari boshqaruvchi rele va kontaktorlarning barcha kontaktlarini uzib, dvigatelni keyingi yurgizishga tayyorlaydi.



18.2 – rasm. RDT dinamik to'xtatish releining ishga tushgandagi sekinlashish vaqtini tekshirish uchun elektrosekondometri ulash sxemasi

«To'xtatish» knopkasini bosish va chiziqdagi  $L$  kontaktorining o'chirilishi  $T$  tormozlash kontaktorini ulanishiga olib keladi. Bu kontaktor o'z kontaktlari bilan  $RDT$  releini ulaydi va kuch kontaktlari bilan qarshiligi  $rD_T$  bo'lgan dinamik tormozlash zanjirini o'zgarmas tok tarmog'iga ulaydi. Natijada  $M$  dvigatelini dinamik tormozlash boshlanadi.  $RDT$  releining sekinlashish vaqtiga teng muddatdan keyin bu rele ishga tushadi va o'zining 23-25 o'zuvchi kontaktlari bilan  $T$  kontaktor zanjirini o'zadi. Bu dinamik tormozlash zanjirini,  $RDT$  releini uzishga va «To'xtatish» knopkasini shuntlovchi blok-kontaktlarning uzilishiga olib keladi.

«Ishga tushirish» knopkasining kontaktor zanjirida normal ulangan kontakti mavjudligi  $T$  va  $L$  kontaktorlarning bir vaqtda ishlab ketishining oldini oladi, bu  $M$  dvigatelda avariya rejimini keltirib chiqarar edi. Sxemada kuchlanishning tasodifan yo'qolishi va paydo bo'lishidagi «o'zi yurgizish» ni oldini oluvchi blokirovka qo'llanilgan. Bu blokirovka elektr dvigateli statorini ta'minlovchi uch fazali tarmoqning ikki chiziq, simlariga ulangan  $B$  blokirovka kontaktori bilan amalga oshiriladi. Bu kontaktorning ulovchi kontaktlari sxemaning boshqaruvchi qismini ta'minlash zanjiriga ulangan. Shunday qilib, uch fazali tarmoqda kuchlanish tasodifan yo'qolganda,  $B$  kontaktori o'z kontaktlari bilan boshqarish zanjirini uzadi, barcha rele va kontaktorlari ham uziladi; uch fazali tarmoqda kuchlanish paydo bo'lsa, yurgizish jarayonini «Ishga tushirish» knopkasini bosib boshlash mumkin.

*Vaqt releini ishga tushirish vaqtini sozlash.*  $RU1$ ,  $RU2$  va  $RUZ$  vaqt relelarining ishlab ketishini sekinlashtirish vaqti 18.2-rasmda keltirilgan sxema yordamida bajariladi.  $RDT$  dinamik tormozlash releini ishlash vaqtini tanlash 18.2-rasmdagi sxema bilan bajariladi. Bu sxemada  $RDT$  ning uzuvchi

kontaktlari *ES* elektrosekundomer zanjiriga ketma-ket ulangan bo'lib, rele ishlab ketganda *ES* zanjiri uziladi.

#### V. Ishning bajarilish tartibi

**Elektr dvigatelini ishga tushirish va to'xtatish.** Dvigatelni yurgizish hamda to'xtatish uchun *R1*, *R2* va *RZ* rubilniklarni ulash kerak (*RU* rubilnik uzilgan) va «Ishga tushirish» knopkasini qisqa muddatga bosish kerak. Dvigatelni to'xtatish uchun «To'xtatish» knopkasini bosish kerak.

Dvigatelni uch marta qaytarib yurgizib, stator zanjiridagi yurgizish toki tashlanishlari va yurgizishning muddati kuzatiladi.

Dinamik tormozlashni effektivligini uzilgan va *R2* rubilnikda rotorning inersiya bo'yicha aylanish vaqti hamda *R2* rubilnik ulangan bo'lgandagi vaqti solishtirib ko'riladi. Tormozlash vaqtini o'lchash «To'xtatish» knopkasini bosishdan to rotorni butunlay to'xtatguncha o'lchanadi.

Dvigatelni yurgizish va to'xtatishni tavsiflovchi barcha ko'rsatkichlar 18.1-jadvalga kiritilib, parametrlarning o'rtacha arifmetik qiymatlari aniqlanadi.

Bajarilgan ish to'g'risidagi xulosalarda tekshirilgan boshqarish sxemasining xossalarini bayon qilish, dvigatelni yurgizish va to'xtatishni tavsiflovchi parametrlarning o'rtacha qiymatlari keltiriladi.

18.1-jadval

O'lchashlar nomeri	Yurgizish			To'xtatish	
	Yurgizish vaqti, S	Ikkinchi bosqichdagi yurgizish toki, A		To'xtatish (aylanmay qolish) vaqti, S	
		Birinchi bosqich	Ikkinchi bosqich	Tormoz- siz	Dinamik tormozlash rejimida
1					
2					
3					
O'rtacha qiymat					

#### VI. Nazorat savollari

1. «Ishga tushirish» knopkasi bosilganda kontaktor va relelarning ishlash ketma-ketligini bayon qiling.

2. Agar «Ishga tushirish» knopkasi *L* kontaktlari bilan shuntlanmasa, sxema ishlaydimi?

3.  $L$  kontaktining tormozlash kontaktori zanjiridagi 21-23 kontaktlarining vazifasi nima?

4.  $B$  kontaktori va  $R4$  rubilnigi nima uchun o'rnatilgan?

5. Elektr dvigatelini to'rtta bosqichda yurgizish uchun boshqarish sxemasiga qanday o'zgartirishlar kiritish kerak?

### VII. Adabiyotlar

1. Кацман М.М. «Электрические машины и электропривод автоматических устройств» М., Высшая школа, 1987 г.

2. Чиликин М.Г. «Общий курс электропривода» пор.3.10 гл.

3. Kasimaxonova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona «Texnika» nashriyoti, 2002 y.

4. Теория автоматического регулирования: Учеб. для вузов / Под ред. Ю.М.Соломенцева.- М.: «Машиностроение», 1992 г.

5. Теория автоматического управления: Учеб. пособие / Под ред. А.А. Воронова. 4.1- М.: Высшая школа, 1987 г.

## 19 - LABORATORIYA ISHI

### Uch fazali asinxron dvigatelning qarshi ulanishli tormozlash bilan birga reversiv boshqarish sxemasi

#### I. Ishning vazifasi:

Qisqa tutashtirilgan rotorli uch fazali asinxron dvigatelning yurgizish va qarshi ulanishli tormozlashini avtomatik boshqarishni reversiv sxemasini amaliy tekshirish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Laboratoriya qurilmasi bilan tanishish, elektr dvigatelining pasportidagi ma'lumotlarini va rele-kontaktor tuzilmalarining ko'rsatkichlarini yozib olish kerak.

2. 19.1-rasmdagi sxemani yig'ish, uni o'qituvchi tekshirib bergandan keyin sxemani ishlatib ko'rish va uni sozlash kerak.

3. O'tkazilgan ish haqida xulosa tuzish kerak.

#### III. Ishga tayyorgarlik

Nazariy materialni takrorlash kerak: qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelni boshqarish sxemalarini, tezlik funksiyasi bo'yicha qarshi ulanishli tormozlash va teskari aylantirish qonuniyatini, tezlik relesining tuzilishi.

#### IV. Umumiy nazariy ma'lumotlar

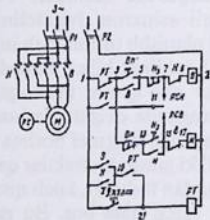
**Avtomatik boshqarish sxemasi.** Tekshirilayotgan sxema qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelini reversiv boshqarish va tezlik funksiyasida qarshi ulanishli tormozlash imkonini beradi. Sxemaning kuch qismi (tarmoqa  $R1$  rubilnik bilan ulanadi)  $M$  elektr dvigatelidan iborat bo'lib, uning stator cho'lg'ami tarmoqda ikki guruh kuch kontaktlari orqali ulangan: ulanganda dvigatel yo'nalishda (oldinga) aylanadigan  $V$  kontaktlari va ulanganda dvigatel boshqa tomonga (orqaga) aylanadigan  $N$  kontaktlari. Bu ikki guruh kontaktlar qarshi ulanishli tormozlash uchun ham ishlatiladi. Bundan tashqari, kuch qismida dvigatel o'qi bilan mexanik ulangan  $RS$  tezlik relesi ham bor. Bu relening kontaktlari dvigatelning boshqarish qismiga kiritilgan.  $RS$  relesi asinxron dvigatel singari ishlaydi va quyidagicha tuzilgan (19.2-rasm). 1-doimiy magnit vali  $M$  dvigateli vali

(o'qi) bilan bog'langan va «olmaxon qafasi» ichida aylanib, qafasning sterjenlarida toklar yurgizadi. Bu toklar magnitning aylanuvchi magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirlashib, elektromagnit maydon hosil qiladi. Qisqa tutashtirilgan qafas bu moment ta'sirida buraladi va 6 tayanch bilan 5, yoki 7 kontaktlarini rotor aylanish yo'nalishiga bog'liq holda 4, yoki 8 kontaktlari bilan ulanadi. Dvigatel tormozlanganda o'zgaras magnitning aylanish chastotasi kamayadi va uning qiymati nominal aylanish chastotasining 5-10% ga yetganda elektromagnit moment shunday qiymatga kamayadiki, bunda relening harakatidan uziladi va tormozlash jarayoni tugab, qarshi ulanishli tormozlashda revers paydo bo'lishining oldini oladi. 3 yoki 9 prujinalarining rostlovchi vintlarini burab, rele kontaktlari uziladigan aylanish chastotasini o'zgartirish mumkin.

Sxemaning boshqarish qismi  $R2$  rubilnik yordamida ulanadi va knopkali kontaktlardan, relelardan va ularning kontaktlaridan iborat.

19.1-rasmda tasvirlangan sxema quyidagicha ishlaydi. Elektrdvigatelni «oldinga» aylantirish uchun  $Vp$  knopkasi bosiladi. Bunda 3-5 kontaktlari  $V$  kontaktor g'altagini ulaydi va bir vaqtda 3-13 kontaktorlar uzilib,  $N$  kontaktori g'altagi zanjirini tasodifan ulanib qolishining oldini oladi, aks holda kuch qismida qisqa tutashuv sodir bo'lishi mumkin edi.

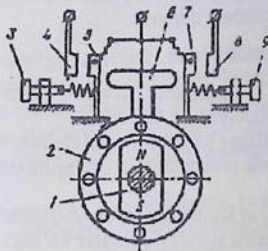
$V$  chiziq kontaktlari ishlaganda 3-5 kontaktlari ulanib,  $Vp$  knopkasini shuntlaydi va  $M$  dvigatelini uch fazali tarmoqqa ulovchi  $V$  kuch kontaktlari yopiladi. Bir vaqtda 15-17 kontaktlari uzilib,  $N$  kontaktorining ulanishining oldini oladi va 1-19 ( $V$ ) kontaktlari ulanadi. Dvigatel ishga tushgandan so'ng,  $RS$  tezlik relesi ishlab ketadi va uning 11 o'ra kontakti chetki  $RSV$  kontakti bilan ulanadi. Dvigatelni to'xtatish uchun «To'xtatish» knopkasi bosiladi. Bunda 1-21 kontaktlari yopilib,  $RT$  tormozlash relesining cho'lg'amini ulaydi. Bu rele ishlab ketib, uning 1-3 kontaktlari uzilib,  $V$  kontaktorining g'altagini o'chiradi, 19-21 kontaktlari va  $RS$  zanjiridan 11-15 kontaktlari uziladi.



19.1-rasm. Qisqa tutashtirilgan rotorli uch fazali asinxron dvigatelni tezlik funksiyasida teskari ulanishli to'xtatish bilan reversiv boshqarish sxemasi.

Dvigatelning rotori aylanishi natijasida *RS* tezlik relesi ishlab ketadi va uning 11-15 kontaktlari ulanib qoladi. *V* kontaktorning o'chirilishi 15-17 kontaktlarining ulanishiga va *N* chiziq kontaktorning ishga tushishiga olib keladi.

Natijada stator zanjiridagi *V* kuch kontaktlari uziladi, *N* kuch kontaktlari esa ulanadi va dvigatelning qarshi ulanishli tormozlanishi boshlanadi. Rotort uzilishi tezligi nominal tezlikning 5-10% ichiga kamayganda *RS* tezlik relesining 11-15 kontaktlari uziladi. Bunda *N* kontaktor o'chiriladi va dvigatel tarmoqdan uziladi. Bir vaqtda *RT* tormozlash relesini o'chiruvchi 1-19 kontaktlari uziladi va *V* kontaktor zanjiridagi 7-9 kontaktlari ulanadi. *RT* ning 1-3 kontaktlari ulanadi, 1-11 kontaktlari esa uziladi. Natijada sxema keyingi yurgizishga tayyor holga kelib qoladi.



19.2-rasm. Tezlik relesining tuzilishi

Agar dvigatelni «oldinga» yo'nalishida ishga tushirilgandan so'ng revers bajarish, ya'ni aylanish yo'nalishini o'zgartirish kerak bo'lsa, «To'xtatish» knopkasi bosilmasdan, balki «*N*» («orqaga») knopkasi bosilishi lozim. Bunda 5-7 kontaktlar uziladi, *V* o'chiriladi, 13-15 kontaktlari ulanib, *N* kontaktorni ishga tushiradi, 7-9 va *V* 1-19 kontaktlari uziladi, *N*1-19 va 13-15 ulanadi. Dvigatelning stator zanjirida *V* kuch kontaktlari uziladi, *N* kuch kontaktlari ulanadi. Natijada rotor o'zining aylanish yo'nalishini o'zgartiradi. *RS* tezlik relesining 11 kontakti *RSV* kontaktidan uziladi va *RSN* bilan ulanadi. Elektr dvigatelini o'chirish va tormozlash uchun «To'xtatish» knopkasini bosish kifoya.

#### *V. Ishning bajarilish tartibi*

Sxemani yig'ish uchun kerakli apparatlar laboratoriya stendida joylashgan bo'lib, cho'lg'amlar va kontaktlarning markirovkasi (belgilash)

ishlash qonuniyati sxemasiga mos keladi. Sxemaning kuch va boshqarish qismlari alohida manbalarga ulangan bo'lib, bu boshqarish qismini dvigatelni ishlab turganda sozlash imkonini beradi. Sxema yig'ilgandan va o'qituvchi tomonidan tekshirilgandan so'ng, uni ishlatib sinab ko'riladi. Bir necha marta yurgizish revers va to'xtatish bajariladi.

Qarshi ulanishli tormozlashning effektini baholash uchun oldin sekundomer yordamida RS ni 11 kontaktini uzgan holda, tormozsiz, dvigatelni o'chirib, erkin aylanib to'xtash vaqti o'lchanadi, keyin qarshi ulanishli tormozlash bilan dvigatel to'xtatilib (sxemaga RS tezlik relesining 11 kontakti qo'shiladi), uning vaqti oldingi vaqti bilan solishtiriladi.

Bajarilgan ish haqidagi hisobotga ishlash qonuniyatini boshqarish sxemasi va rele-kontaktor apparaturasining spetsifikatsiyasi kiritiladi; sxemani barcha ish bosqichlarida yurgizish, revers va tormozlashda ishlash effektivligi haqida xulosa qilinadi.

#### *VI. Nazorat savollari*

1. Dvigatelni yurgizishda, revers qilishda va tormozlashda sxemaning ishini tushuntirib bering.
2. Tezlik relesining tuzilishi va tayinlanishi qanday?
3. Tezlik relesida prujinalarining qisilishini orttirsak, sxema ishida nima o'zgaradi?
4. V va N chiziq kontaktorlari bir vaqtda ishlab ketmasliklari uchun boshqarish sxemasida qanday choralar ko'rilgan?

#### *VII. Adabiyotlar*

1. Кацман М.М. «Электрические машины и электропривод автоматических устройств» М., Высшая школа, 1987 г.
2. Чиликин М.Г. «Общий курс электропривода» пор.3.10 гл.
3. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona «Texnika» nashriyoti, 2002 y.
4. Веревкин А.П., Попков В.Ф. «Технические средства автоматизации. Исполнительные устройства» Учеб. пособ.-Уфа.:Изд-во УНИ, 1996. 95 с
5. Камразе А.Н., Фитерман М.Я. «Контрольные измерительные приборы и автоматика» Л.: «Химия», 1988 г. 225 с.

## 20 - LABORATORIYA ISHI

### Kontaktsiz apparatlardan tuzilgan boshqarish sxemasining tugunlarini yig'ish

#### *I. Ishning vazifasi:*

Elektr dvigatelning kontaktsiz apparatlar ishlatilgan boshqarish sxemasini yig'ish va sozlash bo'yicha ko'nikmalar olish.

#### *II. Ishning maqsadi:*

1. Laboratoriya stendi bilan tanishish, elektr dvigatellarning, magnit kuchaytirgichning va tiristorning ko'rsatkichlari bilan tanishish kerak.

2. 20.4-rasmdagi o'zgaras tok dvigatelini kontaktsiz boshqarish sxemasini yig'ish va uni o'qituvchi tekshirib bergandan so'ng, qurilmani ishlatib ko'rish, undan keyin elektr yuritmasining rostlash tavsifi nuqtalarini olish va uni ko'rish.

3. 20.5-rasmdagi o'zgaras tok dvigatelini kontaktsiz boshqarish sxemasini yig'ish va uni o'qituvchi tekshirib bergandan so'ng, qurilmani ishlatib ko'rish, undan keyin elektr yuritmasining rostlash tavsifi nuqtalarini olish va uni qurish.

4. Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tayyorlash va xulosalar qilish.

#### *III. Ishga tayyorgarlik ko'rish*

1. Quyidagi nazariy materialni qaytarish kerak: magnit kuchaytirgichni va tiristorning ishlash qonuniyati; o'zgaras va o'zgaruvchan tok dvigatellarini kontaktsiz boshqarish qoidalari; ikki fazali asinxron dvigatelni magnit kuchaytirgichi orqali kontaktsiz boshqarish va o'zgaras tok dvigatelini tiristorli ventil uzaytirgich qo'llab kontaktsiz boshqarish.

2. Tajribalar natijalarini va grafiklar qurish uchun koordinata turlarini yozish uchun ishchi daftarida jadvallar tayyorlash.

#### *IV. Umumiy nazariy ma'lumotlar*

Hozirgi zamon avtomatlashtirilgan elektr yuritmasi kontaktsiz boshqarish qurilmalarini keng ishlatilishi bilan tavsiflanadi. Bunday qurilmalarda elektr dvigatelini boshqarish asosiy (ishchi) tok zanjirini

uzmasdan amalga oshiriladi. Ilgari ko'rib chiqilgan elektr dvigatellarini kontaktli boshqaruvchi sxemalarda dvigatellarni boshqarish asosiy (ishchi) tok zanjiridagi kuch kontaktlarini yopish yoki ochish bilan amalga oshirilgan. Masalan, asinxron dvigatelning stator cho'lg'ami zanjirida yoki o'zgarmas tok dvigatelining yakor zanjirida kontaktsiz boshqarish qurilmalarining kontaktli qurilmalardan afzalligi shundaki, kontaktsiz qurilmalarning ishlash muddati cheklanmagan va ekspluatatsiya jarayonida ularga qarab turish shart emas.

Ushbu ishda ikki xil kontaktsiz boshqarish qurilmasi magnit kuchaytirgichi va tiristorli ventilli o'zgartirgich ko'rib chiqiladi.

**Magnit kuchaytirgich.** Magnit kuchaytirgich o'zak va cho'lg'amlardan tuzilgan statik (qo'zg'almas) elektromagnit qurilmasidan iborat. 20.1-rasmda eng sodda magnit kuchaytirgichning konstruksiyasi ko'rsatilgan.

Bunda magnit o'tkazgichi sterjenlarida wish ishchi va wb - boshqarish cho'lg'amlari joylashtirilgan. Agar ishchi cho'lg'amga ketma-ket Zyu yuklamasi ulansa, bu zanjirdagi  $I_1$  toki kichik qiymatga ega bo'ladi,

$$I_1 = U_1 / (z_{yu} + z_{ish}) \quad (20.1)$$

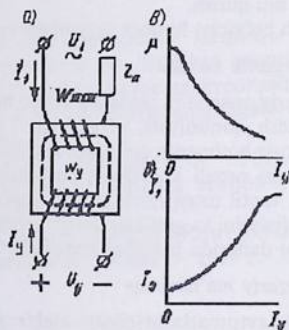
chunki u ishchi chulg'am kattaligining qarshiligi bilan cheklanadi.

$$z_{ish} \approx x_{ish} = 2\pi f_1 \cdot I_{ish} \quad (20.2)$$

bu yerda,  $f_1$  - tarmoqdagi tokning chastotasi;  $I_{ish}$  - ishchi cho'lg'amining induktivligi.

Po'lat o'zakda o'ramlar soni wish bo'lgandagi induktivlik

$$L_{ish} = \mu W_{ish}^2 S / I \quad (20.3)$$



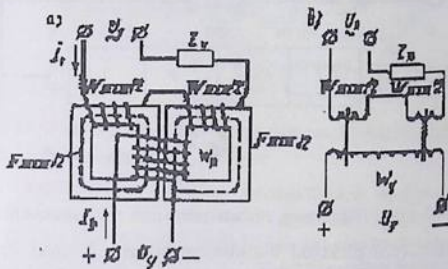
20.1-rasm. Magnit kuchaytirgichni ishlash prinsipi tushuntiruvchi sxema

Ishchi cho'lg'amning wish o'ramlar soni, po'lat o'zakning ko'ndalang kesimining yuzasi  $S$  va uning uzunligi  $l$  doimiy parametrlar bo'lib, magnit kuchaytirgichning konstruksiyasiga bog'liq. Magnit o'tkazgichning magnit o'tkazuvchanligidagi kuchlanganligi  $N$  ga bog'liq ( $N$  ortishi bilan magnit o'tkazuvchanligi  $\mu$  kamayadi).

(20.3) dan ko'rinadiki,  $\mu$  ning kamayishi ishchi cho'lg'ami induktivligi  $L_{ish}$  ning kamayishiga, demak, uning induktiv qarshiligining kamayishiga (20.2) va yuklamadagi  $I_1$  tokning ortishiga olib keladi (20.1).

Kuchaytirgichning magnit o'tkazgichdagi maydon kuchlanganligi  $N$  ning kerakli qiymatini boshqarish cho'lg'ami yordamida hosil qilinadi. Bu cho'lg'amning o'ramlari soni  $w_b$  ko'p sonli qilib yasaladi, shuning uchun kichik boshqarish toki  $I_b$  ham ancha katta magnit o'tkazgichning to'yinishiga olib keladi, natijada magnit o'tkazuvchanligi  $\mu$  kamayadi (20.1-rasm).

Shunday qilib, magnit kuchaytirgichda  $I_b$  boshqarish tokini o'zgartirib, ishchi cho'lg'amidagi  $I_1$  tokini rostdash imkoni bor (20.1, v-rasm). Bunda  $I_b$  boshqarish toki va  $R_b$  boshqarish quvvati  $I_1$  yuklama tokidan va magnit kuchaytirgichning ishchi zanjiridagi  $R_y$  aktiv quvvatdan ancha kam. Amalda ikki o'zakli magnit kuchaytirgichlari ishlatiladi. Bunday magnit kuchaytirgichda ishchi cho'lg'ami ikkita teng qismlarga bo'lingan



20.2-rasm. Ikkita o'zakli magnit kuchaytirgich

(20.2-rasm) va ularning har biri alohida o'zaklarda joylashgan bo'lib, magnit o'tkazgichning boshqarish cho'lg'ami  $F_b$  bilan o'ralgan, bu qismlardagi magnit yurituvchi kuchlari (MYUK)  $F_{sh}$  bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan va o'zaro kompensatsiyalanadi. 20.2-rasmda magnit kuchaytirgichning ishlash qonuniyati sxemasi keltirilgan.

Agar magnit kuchaytirgichning yuklamasi o'zgarimas tok qurilmasi bo'lsa, uni kuchaytirgichning ishchi cho'lg'ami zanjiriga to'g'rilagich orqali ulanadi.

Magnit kuchaytirgichning asosiy ko'rsatkichlari: tok bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti

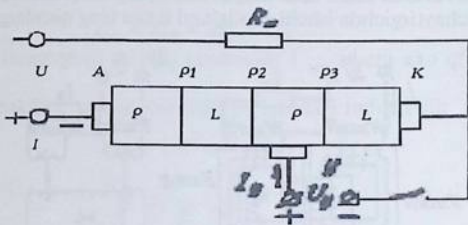
$$K_I = (I_{Inom} - I_o) / I_b \quad (20.4)$$

quvvat bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti

$$K_P = (P_{Inom} - P_o) / P_b \quad (20.5)$$

bu yerda  $I_{Inom}$  va  $R_{Inom}$  kuchaytirgichning ishchi zanjiridagi tok va quvvatning nominal qiymatlari;  $I_o$  va  $R_o$  boshqarish toki  $I_b = 0$  bo'lgandagi salt yurish toki va quvvati;  $I_6$  va  $R_b$  boshqarish zanjiridagi tok va aktiv quvvat.

**Tiristorlar.** Tiristorlar yoki boshqariluvchi yarim o'tkazgichli diodlar zamonaviy elektr yuritmalarning asosiy kontaktsiz elementlaridir. Tiristorning asosiy elementi-to'rt qatlamli strukturali kremniy plastinkasidir. Bunda elektron  $p$  o'tkazuvchanlik qatlamlar teshik  $r$  o'tkazuvchanlik qatlamlar bilan ketma-ket joylashgan (20.3-rasm). Bu 4 ta qatlam uchta o'tishni hosil qiladi:  $P1$ ,  $P2$ ,  $P3$ . O'rtadagi  $r$ -qatlamdan chiqishdagi parametрни boshqaruvchi elektrod  $B$  bor.



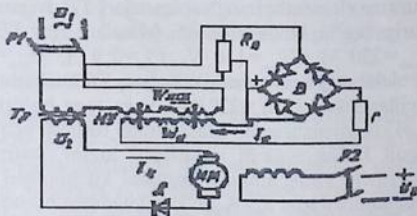
20.3-rasm. Tiristorning ishlash prinsipini tushuntiruvchi

Agar boshqaruvchi elektrod ulanmagan bo'lib,  $A$  anod va  $K$  katod orasiga to'g'ri qutbli (anodda «plus») o'zgarimas tok manbasi kuchlanishi qo'yilgan bo'lsa,  $P1$  va  $P3$  o'tishlar ochiq bo'ladi, ya'ni ularning to'g'ri tok qarshiligi juda kichik.  $P2$  o'tishi esa teskari yo'nalishda ( $p-r$ ) ulangan, shuning uchun uning elektr qarshiligi ancha katta va barcha kuchlanish  $P2$  o'tishga qo'yilgan bo'ladi. Bunda diod orqali tok juda kichik ( $I = 0$ ).

Agar  $B$  boshqaruvchi elektrodiga va  $K$  katodga  $U_b$  kuchlanish qo'ysak (boshqaruvchi elektrodda «plus»),  $P3$  o'tishda  $I_b$  boshqarish toki paydo bo'ladi va qo'shimcha zaryad tashuvchilar hosil bo'ladi. Natijada  $P2$  o'tishning  $p-r$  qatlami elektr o'tkazuvchan bo'lib qoladi, ya'ni tiristor ochiladi va  $U$  kuchlanish ta'sirida tiristorning barcha qatlamlari orqali  $I$

toki o'tadi. Bundan so'ng boshqaruvchi elektrodning ta'siri to'xtaydi va tiristor boshqarilmaydigan diod singari ishlaydi. Tiristor orqali tokni to'xtatish uchun elektr zanjirini uzish kerak, yoki tiristorga teskari kuchlanish (anodda «minus») impulsini berish kerak. Tiristorning qaytadan ochish uchun anod va katod orasiga ma'lum kuchlanish qo'yib, boshqaruvchi elektrod va katod orasiga  $U_b$  signalini berish kerak. Shunday qilib, tiristor ochilgandan so'ng, uning elektr o'tkazuvchanligi boshqarish kuchlanishining qiymatiga va qutbiga bog'liq emas. Boshqacha aytganda, tiristor ikkita ochiq va yopiq holatga ega. Bunda tiristorlar elektromagnit relesiga o'xshaydi.

Tiristorlar yuqori FIK ga, kichik boshqarish quvvatiga va cheksiz ishlash muddatiga ega. Sovutishni yaxshilash uchun tiristorlarda qovurg'ali radiatordan foydalaniladi. Shunday qilib, tiristorlarni ham o'zgaruvchan tok, ham o'zgarmas tok zanjirlarida qo'llash mumkin.



20.4-rasm. O'zgarmas tok elektr dvigatelini magnit kuchaytirgich yordamida bajarish.

**Elektr yuritmani magnit kuchaytirgich** yordamida kontaktsiz boshqarish. 20.4-rasmda TD mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelini noreversiv boshqarish sxemasi keltirilgan. Bu elektr dvigatelining yakor zanjiriga D diodi ulangan bo'lib, o'zgaruvchan tokni bitta yarim davrini to'g'rilaydi. Elektr dvigatelidan quvvati bo'yicha to'la foydalanish uchun yakorga keltiriluvchi kuchlanishni  $1,5 U_{nom}$  ( $U_{nom}$  -dvigatelning nominal kuchlanishi) ga teng qilib olish kerak. Masalan,  $U_{nom} = 110$  V bo'lsa, yakor zanjiriga 165 V kuchlanish berish kerak. Yakor zanjiri transformator orqali ta'minlanadi. Yakor zanjiridagi tokning qiymatini boshqarish uchun  $T_r$  transformatorining birlamchi zanjiriga MK magnit kuchaytirgichning w<sub>b</sub> ishchi cho'lg'ami ulangan. w<sub>b</sub> boshqarish cho'lg'amiga  $U_b$  boshqarish signali  $R_p$  potensiometridan T to'g'rilagichi va r rezistori orqali beriladi. r rezistori  $I_b$  boshqarish tokining yo'l qo'yiladigan qiymatlaridan ortib ketishini cheklaydi.

TD ning KCH qo'zg'atish cho'lg'ami kuchlanishi  $U_b$  bo'lgan o'zgarmas tok tarmog'iga  $R_2$  rubilnigi orqali ulanadi.  $R_p$  potensiometrining yuqoriga eng chetki holatida  $U_b=0$  va ishchi chulg'amining qarshiligi eng katta bo'ladi. Bu holda yakor zanjiridagi tok juda kichik va dvigatel to'xtab turadi.

$R_p$  potensiometrning harakatchan kontaktini  $U_b$  signalning kuchlanishini oshiradigan tomonga sursak, kuchaytirgichning  $w_b$  boshqarish cho'lg'amida  $I_b$  tok paydo bo'ladi. Bu kuchaytirgichning magnit o'tkazgichi (o'zagi) ning to'yinishiga va  $w_{ish}$  ishchi cho'lg'amining elektr qarshiligining kamayishiga olib keladi. Natijada yakor zanjiridagi  $I_a$  toki osha boshlaydi va yakor aylana boshlaydi.  $I_b$  boshqarish tokini oshirish bilan yakorning aylanish chastotasi ortadi.

Elektr yuritmaning roslash tavsiflarini qulayroq tekshirish uchun RP potensiometrning harakatchan kontaktini yurish yo'li bir xil nomerlangan bo'laklarga bo'lingan.

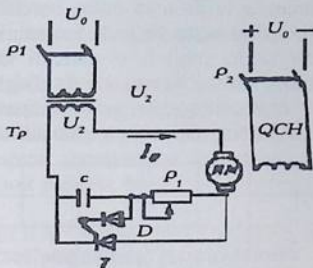
Elektr yuritma elementlarining parametrlari TD dvigatelining nominal ko'rsatkichlariga bog'liq holda tanlanadi. Masalan, agar TD sifatida SL 661 turidagi  $R_{nom}=230$  Vt,  $U_{nom}=110$  V,  $I_{nom}=2,9$  A,  $U_{nom}=2700$  ayl/min ko'rsatkichli elektr dvigateli ishlatilgan bo'lsa, TR kuch transformatorining nominal kuchlanishlari  $U_1/U_2=220/165$  V ga teng bo'lishi kerak, yakor zanjiriga D-245 diodi ulangan bo'lishi va tokni roslash uchun UM-1P-20-40-4-1 magnit kuchaytirgichi ishlatilishi lozim, uning parametrlari quyidagicha: ishchi chulg'amning nominal kuchlanishi 220 V, ishchi chulg'amning nominal toki 3,5 A, yo'l qo'yiladigan boshqarish toki 0,415 A (boshqarish chulg'ami qarshiligi 9,34 Om).

#### V. Ishning bajarilish tartibi

Laboratoriya stendi tuzilishi bilan tanishib chiqib, 20.4-rasmdagi sxema yig'iladi. O'qituvchi sxemani tekshirgandan so'ng, oldindan potensiometrini  $U_b=0$  ni ta'minlovchi holatiga qo'yib, R1 va R2 rubilniklar ulanadi. So'ngra potensiometr harakatchan kontaktini  $U_b$  ni oshirish uchun o'rindan asta-sekin kuzgatib TD yakori tezligini oshiramiz. RP ning o'zaro teng bo'limlarida TD ning tezligi o'lchanadi. Aylanish chastotasi n ning qiymatlari va ular moc keluvchi potensiometr shkalasidagi bo'limlar nomerlari  $N_n$ , ni jadvalga kiritib, elektr yuritmasining salt yurish rejimidagi roslash tavsifi  $p=f(N_n)$  quriladi.

$N_n$							
n, ayl/min							

**Elektr yuritmani tiristor bilan kontaktsiz boshqarish.** 20.5-rasmda mustaqil qo'zgatishli o'zgarmas tok dvigateli  $TD$  ni noreversiv boshqarish sxemasi keltirilgan. Elektr yuritmaning bundan oldingi (20.4-rasm) sxemasidan farqli ravishda yakor zanjiridagi tok qiymati  $T$  tiristori bilan amalga oshiriladi. Kuch transformatori  $Tr$  va  $TD$  tekshiriluvchi dvigateli oldingi, 20.4-rasmdagi sxemadan olingan.



20.5-rasm. Tiristor orqali o'zgarmas tok dvigatelinini boshqarish.

QCH qo'zg'atish cho'lg'ami to'g'ridan-to'g'ri o'zgarmas tok zanjiriga ulangan. Tiristor orqali o'tuvchi tokning qiymati tiristorni faza boshqarish qonuniyati bo'yicha rostlanadi. Bu usul tiristorning ochilish momenti. Shu maqsadda sxemada  $r_1$  Sk faza siljitivchi zanjir ulangan bo'lib, bu yerda  $r_1$  o'zgaruvchan qarshilikli rezistor boshqaruvchi signal  $U_b$  ning qiymati va uning  $U_1$  kuchlanishga nisbatan faza siljishi  $r_1$  qarshilikka bog'liq.  $r_1$  qarshiligi to'la kiritilganda  $U_2$  kuchlanishning ancha qismi shu rezistorga tushadi, kondensatordagi  $U_s = U_b$  kuchlanish pasayishi tiristorni og'ishga yetarli bo'lgan boshqarish kuchlanishini hosil qilishga kamlik qiladi.  $r_1$  qarshiligi kamaytirilgani sari  $U_b$  kuchlanishi ortadi va  $U_2$  kuchlanishning musbat yarim cho'lg'amida tiristorni ochishga yetarli qiymatga erishadi. Ammo  $U_b$  boshqaruvchi kuchlanish  $U_2$  kuchlanishga nisbatan faza bo'yicha siljigan bo'ladi va tiristorning ochilishi  $U_2$  kuchlanishning musbat yarim to'liqini oxiriga to'g'ri keladi. Shuning uchun  $TD$  yakori zanjiridagi tokning effektiv qiymati kichik va elektr dvigateli yakori kichik chastota bilan aylanadi.  $r_1$  qarshiligi kamaytirilsa, tiristorning boshqaruvchi elektrodidagi  $U_v$  kuchlanishning fazasi shunday o'zgaradiki, tiristorning ochilishi ertaroq  $U_2$  kuchlanishning musbat yarim to'liqini o'z maksimumidan o'tayotganda yoki bu qiymatga hali erishmaganda sodir bo'ladi. Bunda yakor tokining effektiv qiymati o'sadi, elektromagnit momenti ko'payadi va dvigatelning aylanish chastotasi ortadi.

Boshqaruvchi elektrodga manfiy potensial tushib qolmasligi uchun boshqarish zanjiriga diod ulanadi.

SL-661 turidagi o'zgaras tok dvigatelini boshqarish uchun KU202K turli tiristorni qo'llash mumkin. Bu tiristorni boshqarish zanjirida PPB-3V o'zgaruvchan rezistorni va sig'imi 1 mkf li PBGO kondensatorini ishlatish mumkin.

Laboratoriya stendining tuzilishi va uning barcha elementlari bilan tanishib chiqib, 20.5-rasmdagi sxema yig'iladi. Sxemani o'qituvchi tekshirib bergandan keyin, R1 va R2 rubilniklar ulanadi va o'zgaruvchan  $r_1$  rezistorining ruchkasini ohista burab, elektr dvigatelining aylanish chastotasi oshiriladi.  $r_1$  rezistorining shkalasida taxminan bir xil bo'limlarga burib, elektr dvigateli tezligining chastotasi o'lchanadi va jadvalga kiritiladi:

$N_n$								
n, ayl/min								

Keyin aylanish chastotasini o'zgaruvchan rezistor shkalasidagi bo'limlar soniga bog'liqligini ko'rsatuvchi elektr yuritmasining roslash tavsifini ko'ramiz.

Bajarilgan ish haqidagi hisobotda tekshirilayotgan elektr yuritmalarining ishlash qonuniyati sxemalari, har bir sxema elementlarining spetsifikatsiyasi va qurilmalar ishining effektivligi haqida xulosalar bo'lishi kerak.

Elektr yuritmasi roslash tavsiflarini tahlil qilishda tavsifning to'g'ri chiziqli uchastkasida aylanish chastotasining o'zgarish oraliqlari aniqlanadi.

Magnit kuchaytirgichli va tiristorli elektr yuritmalarining roslash tavsiflarini bir-biriga solishtirib, ularning afzalliklari va kamchiliklari haqida xulosa qilinadi. Bunda roslash xossalari, gabarit o'lchamlari, massasi va har bir elektr yuritmalarning sxemasida ishlatilgan rostlovchi qurilmalarning qiymati ko'zda tutiladi.

## VI. Nazorat savollari

1. Elektr yuritmasini kontaktsiz boshqarish nima va uning kontaktlidan qanday afzalligi bor?
2. Magnit kuchaytirgichning ishlash qonuniyati nimaga asoslangan va nega bu kuchaytirgichlar ikkita o'zakda qilinadi?
3. Tiristorning tuzilishini va ishlash qonuniyatini tushuntiring?
4. Agar 20.4-rasm bo'yicha yig'ilgan elektr yuritmada magnit kuchaytirgichning ishchi cho'lg'amini bevosita elektr dvigatelining yakor zanjiriga ulansa, dvigatel ishlaydimi?

5. Agar 20.5-rasm bo'yicha yig'ilgan sxemada tiristorning boshqaruv zanjiridagi kondensatorni tegishli qarshilikka ega rezistor bilan almashtirilsa, elektr yuritmaning ishi o'zgaradimi?

6. Ko'rilyotgan elektr yuritmalarda tokning pulsatsiyasini kamaytirish uchun qanday choralar ko'rish kerak?

### *VII. Adabiyotlar*

1. Хализев Г.П. Электрический привод. - М.: Высшая школа, 1977, с. 215-220, 226-231.

2. Кацман М.М. «Электрические машины и электропривод автоматических устройств» М., Высшая школа, 1987 г 3. 16.01.20041

3. 16.01.2004 /19К6/[http://forex-trader.by.ru.control\\_theory.htm](http://forex-trader.by.ru.control_theory.htm)

4. Основы теории управления для выполнения лабораторных занятий и курсовой работы. [http8//roi.www.ru/niipro/conf72001 oct 16/co11/...](http://roi.www.ru/niipro/conf72001/oct16/co11/)

5. Подредакции В.А. Попов Е.П. «Теория систем автоматического управления» Изд. «Профессия», 2003 г. 752 с.

## 21 - LABORATORIYA ISHI

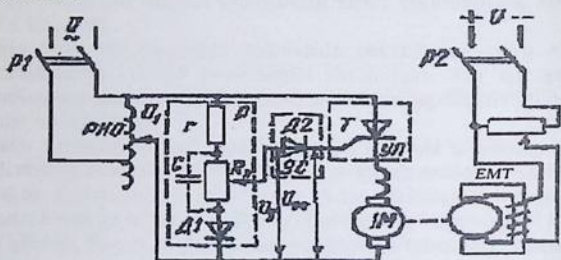
### Elektr yuritmaning yopiq sxemasini tekshirish

#### I. Ishning vazifasi:

Yopiq sxema bo'yicha bajarilgan elektr yuritmaning rostlanish xossalarini tajribada aniqlash, elektr yuritma sxemasini yig'ish bo'yicha amaliy ko'nikmalar olish va uni tekshirish.

#### II. Ishning maqsadi:

1. Laboratoriya standining tuzilishi bilan tanishish, elektr dvigatelining, tiristorning, rezistorlarning va kondenstorning pasportidagi ma'lumotlari yozib olinadi.



21.1-rasm. Aylanish chastotasi stabilnadigan o'zgarmas tok elektr yuritmasining ulanish sxemasini

2. 21.1-rasmdagi sxemani yig'ish, sxemani o'qituvchi tekshirib bergandan keyin elektr yuritmani ulash, ko'rsatishlar olib, elektr yuritmasining  $n = f(M_a)$  mexanik tavsifini aylanish chastotasi bo'yicha manfiy teskari bog'lanish bilan ishlaganda uchta rejim uchun ( $p_{0,25} = p_{nom}$ ,  $n_{0,25} = 1, 1n_{nom}$  va  $n_{0,25} = 1,2 n_{nom}$ ) quriladi.

3. 2-punkttdagi tajribalar natijalari bo'yicha yuklama kamayganda, elektr yuritmasi mexanik tavsiflari uchun aylanish chastotasining nominal o'zgarishi aniqlanadi.

4. Bajarilgan ish to'g'risida hisobot tuzish va xulosalar qilish.

### III. Ishga tayyorgarlik ko'rish

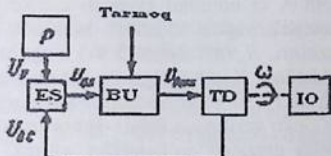
1. Quyidagi nazariy materialni takrorlash kerak: elektr yuritmaning yopiq sistemalarini qurish qonuniyatlari, teskari bog'lanishning musbat va manfiy turlari; aylanish chastotasini stabillovchi «boshqariluvchi o'zgartirgich-elekt dvigateli» yopiq elektr yuritma sistemasi.

### IV. Ishning bajarilish tartibi

**Asosiy tushunchalar.** Avtomatlashgan elektr yuritmani rostlanuvchi parametrlaridan biri, masalan, aylanish chastotasi bo'yicha «boshqariluvchi o'zgartirgich-elekt dvigateli» sistemasi bo'yicha quriladi. Bunday elektr yuritmaning struktura sxemasi (21.2-rasm) quyidagi elementlardan tuzilgan: rostlagich  $R$ , solishtirish elementi  $ES$ , boshqaruvchi o'zgartirgich  $BU$ , ijro etuvchi elektr dvigateli  $ID$  va elektr dvigateli tomonidan harakatga keltiruvchi ishlab chiqarish mexnizmidan iborat bo'lgan  $IO$  ishchi organ.

Elektr energiyasi  $BU$  boshqaruvchi to'g'rilagichga tarmoqdan keladi,  $ID$  ijro etuvchi dvigatelning ishchi zanjiriga (yakor zanjiriga) beriladi.  $BU$  ning ish rejimi bilan aniqlanadi. Bu signalning qiymati  $U_b$  boshqarish signali  $U_{T.T.B}$  ning farqi bilan topiladi:

$$U_{kir} = U_b - U_{T.T.B} \quad (21.1)$$



21.2-rasm. 21.1-rasmda keltirilgan elektr yuritmani struktura sxemasi

Teskari bog'lanish signali rostlanuvchi parametrning funksiyasi hisoblanadi. Masalan, agar avtomatlashgan elektr yuritma aylanish tezligini stabillovchi bo'lsa, unda  $ID$  ning aylanish chastotasi bo'yicha manfiy teskari bog'lanishdan foydalaniladi. Shu maqsadda elektr yuritmada aylanish tezligi datchigi-taxogenerator qo'llaniladi yoki qiymati aylanish chastotasiga bog'liq bo'lgan boshqa parametr teskari bog'lanish signali sifatida ishlatiladi. Ko'rilayotgan sxemada elektr dvigateli yakor cho'lg'aming qarshi elektr yuritish kuchi (EYUK) aylanish chastotasi bo'yicha teskari bog'lanish EYUK yakor aylanish chastotasiga proporsional

$$E_a = C_e \cdot F_n \quad (21.2)$$

bunda  $S_c$  - elektr dvigateli konstruksiyasiga bog'liq koeffitsiyent;  $F$  - elektr dvigateli QCH qo'zg'atish chulg'ami magnet oqimi.

21.1-rasmdagi ishlash qonuniyatini ko'rsatuvi sxemada 21.2-rasmdagi tuzilish sxemasiga mos keluvchi elementlar punktir chiziqlar bilan o'rab qo'yilgan.

Tekshirilayotgan elektr yuritmaning ishlash qonuniyati  $RP$  potensiometr siljtkichi holati bilan aniqlanadigan  $U_b$  boshqaruvchi signalni teskari bog'lanishning  $U_{T.T.B}$  kuchlanishi bilan solishtirishga asoslangan  $U_{T.T.B}$  kuchlanish elektr dvigateli qarshi EYUK i  $Yea$  bilan hosil qilinadi. Solishtiruvchi element sifatida  $D2$  diodi ishlatiladi, chunki bu diod orqali tok  $U_b - U_{T.T.B}$  ayirmaga faqat  $U_b$  kuchlanishning musbat yarim davrida o'tadi.

Elektr dvigatelining kichik aylanish chastotalarida yakorning qarshi EYUK kichik, tiristori uzish uchun vaqt yetarli bo'lmasdan, elektr dvigateliga keltirilgan quvvat yakor tezligini ancha oshirib yuboradi: o'zgaruvchan tokning bir necha davri o'tgandan keyingina yakor aylanish chastotasi qo'yilgan qiymatigacha kamayadi va tiristor yana ochiladi. Bu hodisani yo'qotish uchun  $R_n$  potensiometr ba'zan kondensatori bilan shuntlanadi.

Tekshirilayotgan elektr yuritmasi sxemasi elementlari ijro dvigatel ID ning ko'rsatkichlariga bog'liq holda tanlanadi. Masalan, agar bajaruvchi dvigatel sifatida nominal quvvati 180 Vt, o'zgarmas tok kuchlanish 110 V, nominal toki 2,48 A va nominal aylanish chastotasi 2700 ayl/min bo'lgan  $ULO72$  universal dvigatel ishlatilsa, sxemada  $KU202K$  tiristori,  $r=2$  kOm (2 Vt) rezistori,  $R_p=4,7$  kOm (2 Vt) o'zgaruvchan rezistor va ikkita  $D207$  diodi ishlatiladi. Kerak bo'lganda «tebranish»ning oldini olish uchun sxemaga  $S=5$  mkF (50 V) kondensator kiritiladi.

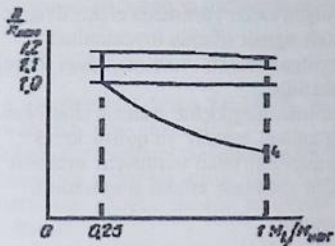
Tekshirilayotgan elektr yuritmada ketma-ket qo'zg'atishli «qayishqoq» mexanik tavsifli elektr dvigateli qo'llanilgan, chunki bu dvigatellarda tezlikni stabillash aktual hisoblanadi va elektr yuritmaning tekshirilayotgan sxemasi effektivligi haqida to'liq tasavvur hosil qilinadi.

Teskari bog'lanishli elektr yuritmaning mexanik tavsifi.

21.1-rasm bo'yicha sxema yig'iladi va o'qituvchi uni tekshirgandan keyin  $R1$  va  $R2$  rubilniklar ulanadi. Kuchlanish regulatori  $RNO$  yordamida kerakli  $U_b$  kuchlanish qo'yiladi. Keyin  $RP$  potensiometri dastasini shunday holatga qo'yamizki, bunda dvigatelning aylanish chastotasi valdagi minimal yuklamada ( $M_{2min}=0,25 \cdot M_{nom}$ ) nominal qiymatiga ( $p_{0,25}=p_{nom}$ ) ega bo'lsin. Keyin tormoz qurilmasi-elektromagnet tormoz  $EMT$  bilan dvigatel validagi mexanik yuklamani yuklash momentining nominal qiymatigacha asta-sekin ko'paytiramiz ( $N^*m$ ).

$$M_{nom} = 9,55 \cdot R_{nom} n_{nom} \quad (21.3)$$

Yuklama momenti  $M_2$  ning taxminan bir xil intervallarida elektr dvigateli yakorining aylanish chastotasi o'lanadi. So'ngra valdagi yuklama yana  $M_{2min}=0,25 \cdot M_{2nom}$  qiymatigacha kamaytiriladi va  $R_p$  potensiometr bilan  $n_{0,25}=1,1 \cdot p_n$  aylanish chastotasi o'rnatiladi. O'lchash natijalari 21.1-jadvalga kiritiladi. Bu jadvaldagi natijalar bo'yicha elektr yuritmaning turli rejimlardagi 3 ta mexanik tavsifi (21.3-rasm, 1,2 va 3 grafiklar) quriladi. Shu yerda dvigatelni bir yarim davrli to'g'rilash sxemasida ishlaganda valdagi  $M_{2min}=0,25 \cdot M_{2nom}$  yuklamasidagi aylanish chastotasiga mos mexanik tavsif ham quriladi (21.4-rasm. 4-egri chiziq). Bu tavsif ko'rsatkichlari jadvali elektr dvigateli pasport ko'rsatkichlariga ilova qilingan bo'lishi kerak.



21.3-rasm. 21.1-rasmdagi sxema bo'yicha yig'ilgan elektr yuritmaning mexanik tavsifi.

Teskari bog'lanishli elektr yuritmaning tekshirilayotgan sxemasi effektivligini baholash uchun aylanish chastotasini (%) nominaldan minimalgacha ( $M_{2min}=0,25 \cdot M_{2nom}$  da) o'zgarishi qiymatini hisoblash kerak:

$$\Delta n = (n_{0,25} - n_{min}) \cdot n_{0,25} \quad (21.4)$$

$\Delta n$  ni elektr yuritmaning barcha tekshirish rejimlari uchun aniqlash kerak.

21.1-jadval

O'lchash nomeri	$p_{0,25}=p_{nom}$		$p_{0,25}=1,1p_{nom}$		$p_{0,25}=1,2p_{nom}$	
	$M, N^*m$	$p, ayl/min$	$M, N^*m$	$p, ayl/min$	$M, N^*m$	$p, ayl/min$
1						
2						
3						
4						
	$\Delta n_1 = \dots\dots\dots$		$\Delta n_2 = \dots\dots\dots$		$\Delta n_3 = \dots\dots\dots$	

## V. Hisobotning mazmuni

Qilingan ish haqidagi hisobotda elektr yuritmaning prinsipial sxemasi, bu sxema elementlarining spetsifiksiyasi va aylanish chastotasi bo'yicha teskari bog'lanishning effektivligi haqida xulosalar bo'ladi. Bunda tekshirilgan uchta ish rejimlardan qaysi birida aylanish chastotasini stabil lash ideal holga ( $n = const$ ) eng yaqinligini ko'rsatish kerak. [Bu rejimlardagi  $\Delta n$  qymatlarini o'zaro va teskari bog'lanishsiz rejimdagi (21.3-rasm, 4-egri chiziq)  $\Delta n$  miqdori bilan solishtiriladi].

## VI. Nazorat savollari

1. Ko'rilayotgan elektr yuritmada elektr dvigatelining qaysi parametri teskari bog'lanish signali sifatida foydalaniladi?
2. Ko'rilayotgan elektr yuritmasidagi barcha elementlar nima maqsadlarda ishlatiladi?
3. Elektr yuritmasining kichik aylanish chastotasida ishlaganda mumkin bo'lgan noturg'unlikni qanday yo'qotish kerak?
4. RP potensiometr bilan beriluvchi aylanish tezligini oshirganda aylanish tezligini stabil lash effekti o'zgaradimi?

## VII. Adabiyotlar

1. Автоматическое управление электроприводами: Лабораторные работы /Под. ред. А.А.Сиротина.- М., Высшая школа, 1978 г
2. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona «Texnika» nashriyoti, 2002 y.
3. Кацман М.М. «Электрические машины и электропривод автоматических устройств» М., Высшая школа, 1987 г.
4. 16.01.2004 /19Кб/[http://forex-trader.бу.ru.control\\_theory.htm](http://forex-trader.бу.ru.control_theory.htm)
5. Основы теории управления для выполнения лабораторных занятий и курсовой работы. [http8//goi.www.ru/niirpo/conf72001 oct 16/col1/...](http8//goi.www.ru/niirpo/conf72001/oct16/col1/...)
6. Подредакции В.А. Попов Е.П. «Теория систем автоматического управления» Изд. «Профессия», 2003 г. 752 с.

## 22 - LABORATORIYA ISHI

### **ETO1 tipidagi tiristorli o'zgaras tok elektr yuritmasini tekshirish**

#### **I. Ishning vazifasi:**

ETO1 elektr yuritmasining rostlovchi va stabillovchi xossalarini amalda tasdiqlash va bu elektr yuritmani yig'ishda va rostlashda amaliy konikmalar hosil qilish.

#### **II. Ishning maqsadi:**

1. Elektr yuritma elementlari bilan tanishish va uning elektr dvigateling texnik korsatkichlarini yozib olish.

2. 22. 1-rasmda keltirilgan elektr yuritma sxemasini yig'ish va uni o'qituvchi tekshirib chiqqandan so'ng elektr yuritmani ishda tekshirib ko'rish.

3. Quyidagi parametrlarni tajriba asosida tekshirish uchun elektr yuritmanisina ko'rish kerak:

a) aylanish chastotasining rostlash diapazonini;

b) maksimal aylanish chastotasida elektr yuritmaning nominal quvvatini;

v) yakorning aylanish chastotasi  $0,08n_{nom}$  va aylanish chastotasi  $n_H$  da, elektr dvigateli yakor tokini 0,1 dan  $1,0 I_{anom}$  gacha o'zgaranda aylanish chastotasining tebranishlarini.

4. Hisobot tuzish va qilingan ish haqida xulosalari.

#### **III. Ishga tayorgarlik ko'rish**

1. Quyidagi nazariy material tayorlanadi: elektr yuritmasining yopiq sistemalarini qurish qonuniyatlari; avtomatlashtirilgan yuritmada tiristorlarni ishlatish; ETO1 tipdagi o'zgaras tokni tiristorli elektr yuritmaning ishlash qonuniyati va tuzilish sxemasi; kuch vintellari bloki (KTVB) ning ishlash qonuniyati sxemasi; blok elementlarining joylari, taxometrik ko'priknining sxemasi va ishlashi.

2. Tajriba natijalarini kiritish uchun ishchi daftarda jadval tayyorlash.

#### **IV. Ishning bajarilish tartibi**

**Asosiy tushunchalar.** ETO1 tipidagi o'zgaras tokli noreversiv bir fazali tiristorli elektr yuritma mexanizmlar ishchi organlarini harakatga keltirish va ularning aylanish chastotasini uzluksiz rostlashga mo'ljallangan.



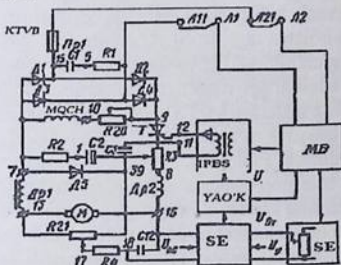
faza boshqarish tizimi arrasimon kuchlanish generatoridan va  $T$  tiristorni ochishga mo'ljallangan to'g'ri burchak shaklidagi impulslar hosil qiluvchidan iboratdir.  $TB$  ta'minlash bloki  $KTVB$  kuch ventillari blokini boshqaruvchi  $YAO'K$  yarim o'tkazgichli kuchaytirgich,  $IFBS$  va  $TB$  tezlik beruvchini o'zgarimas tok bilan ta'minlaydi.  $KTVB$  bloki uch cho'lg'amli kuch transformatoridan (bitta birlamchi va ikkita ikkilamchi cho'lg'am), ikkita boshqarilmaydigan to'g'rilagich ko'prikan va ikkita kondensatorli filtdan tuzilgan.

$TB$  dan solishtirish elementi  $SE$  ga  $U_b$  boshqaruvchi signal beriladi, bu element  $YAO'K$  yarim o'tkazgichli kuchaytirgichning kirishda  $U_{kir}$  kuchlanish hosil qiladi. Bu signal kuchaytirilgandan so'ng  $U_{chiq}$  kuchlanishiga aylantiriladi va impulsli faza boshqarish tizimi  $IFBS$  ga ta'sir ko'rsatadi. Buning natijasida  $IFBS$  dan chiqishda to'g'riburchak shaklidagi va ma'lum a fazali musbat impulslar paydo bo'ladi. Bu impuls  $KTVB$  kuch ventillari blokidagi  $T$  tiristorining boshqarish elektrodiga kelib tushadi.  $U_{kir}$  qiymatini o'zgarishi  $T$  tiristorni boshqaruvchi to'g'riburchakli impulslar fazasi  $\alpha$  ga ta'sir ko'rsatib,  $KTVB$  dagi chiqish kuchlanishning o'rtacha qiymatini, demak elektr dvigateli yakori zanjiridagi kuchlanishini o'zgartirishga olib keladi.

$ETO1$  elektr yuritmasida aylanish chastotasi bo'yicha teskari bog'lanish qo'llanilgan. Elektr dvigateli aylanish chastotasiga mutanosib bo'lgan  $U_{l,b}$  teskari bog'lanish signali  $SE$  solishtirish elementiga beriladi va  $YAO'K$  kuchaytirgichi kirishiga kelayotgan  $U_{kir}$  kuchlanishi  $TB$  tezlik beruvchidan  $U_b$  va teskari bog'lanishdan  $U_{l,b}$  signallarining ayirmasiga teng.

$$U_{kir} = U_b - U_{m,b} \quad (22.1)$$

Aylanish chastotasi bo'yicha teskari bog'lanish borligi, elektr dvigateli aylanish tezligini mo'tadillashtiradi va yuklama o'zgarishlarida uning turg'un ishlashini ta'minlaydi.



22.3-rasm.  $ETO1$  elektr yuritmasining  $KTVB$  kuchli tokli ventillar blokining prinsipl sxemasi

*KTVB* kuch ventillari bloki (22.3-rasm) ikkita chiqishga ega: elektr dvigatelining QCH qo'zg'atish cho'lg'ami uchun boshqarilmaydigan (7 va 9 nuqtalar) va elektr dvigateli yakori zanjirini ta'minlovchi boshqariladigan (7 va 11 nuqtalar) chiqishlar. *D5* boshqarilmaydigan diod va *Dr1* droselli to'g'rilangan kuchlanish pulsatsiyasini kamaytirishga xizmat qiladi.

*KTVB* blokiga taxometrik ko'prik ham kiradi. Bu ko'prikning yelkalarini *KZ* va *K2* potensiometrlari va elektr dvigateli yakor cho'lg'ami tashkil etadi. Ko'prikning I dioganaliga (13 va 11 nuqtalar) elektr dvigateli yakor zanjirini ta'minlovchi o'zgarmas tok kuchlanishi keltiriladi, ikkinchi dioganalidan (17 va 16 nuqtalar)  $U_{\text{tb}}$  teskari bog'lanish signali olinadi.

*TVB* bloki kirishida himoyaning ikki turi bor: *R1-S1* zanjiri blokni ta'minlovchi tarmoq tomonidan bo'ladigan o'ta kuchlanishlardan himoya qiladi, *SK1* saqlagich esa blokni o'ta yuklanishdan va qisqa tutashuvdan himoyalaydi.

*T* tiristori *D1-D4* to'g'rilagich ko'prikdan keyin o'zgarmas tok zanjiriga ulangani uchun, boshqaruvchi impuls berilishi to'xtatilgandan keyin yopilmasligi mumkin. Buning sababi katta induktivlikka ega bo'lgan *Dr1* droselli va yakor cho'lg'ami borligi uchun tok pulsatsiyasi ancha susayadi va musbat yarim davr tugaganda zanjirdagi tok nolgacha tushmasligi mumkin. Bu salbiy hodisaning oldini olish uchun *KTVB* sxemasida *R2 - S2* va *RZ - SZ* zanjirchalari qo'llanilgan bo'lib, ular tiristor anodiga nisbatan kuchlanishning manfiy impulsini hosil qiladi va elektr dvigateli zanjiridagi har bir kuchlanish yarim to'liqini tugashi bilan tiristorning aniq yopilishi taminlanadi.

**Elektr yuritmani ishga tayyorlash.** Elektr yuritmaning 22.1-rasmda keltirilgan sxemasi yig'ilib, o'qituvchi tomonidan tekshirilgandan so'ng quyidagilarni bajarish lozim: a) *TB* tezlik beruvchini minimal aylanish chastotasiga mos holatga quyish; b) *R1* rubilnikni ulash, *BFKR* bir fazali kuchlanish rostlagich bilan BTU boshqaruvchi tiristorli o'zgartirgichning kirishida 220 V kuchlanish o'rnatish va minimal aylanish chastotasida dvigatelni 15 daqiqa ishlatish; v) *TB* tezlik beruvchini bir chetki holatidan ikkinchi chetki holatiga o'zgartirib, elektr dvigateli tezligini rostlash imkoniyatini tekshirish; g) nominal aylanish chastotasini o'rnatib, elektr dvigatelini yakor tokining nominal qiymatiga yuklash.

Elektr dvigatelining ishlash qobiliyatiga ishonch hosil qilgandan keyin, aylanish chastotasi bo'yicha teskari bog'lanishni elektr yuritma turg'unligiga ta'siri tekshiriladi. Buning uchun teskari bog'lanish zanjiri *K2* rezistorni 13 klemmadan ajratib (taxometrik ko'prikni uzib) ko'riladi. Keyin *TB* tezlik beruvchi bilan elektr dvigatelining aylanish chastotasi o'zgartiriladi

va  $R_2$  rubilnikni ulab, elektr dvigatelini yuklama bilan ishlagandagi turg'unligi tekshiriladi.

**Elektr yuritmani sinash. Aylanish chastotasini roslash diapazonini tekshirish.** Elektr dvigateli tarmoqqa ulanadi, eng katta aylanish chastotasi qo'yiladi, keyin  $K_2$  rubilnik ulanadi,  $EMT$  elektromagnit tormoz yordamida elektr dvigatelining yakori nominal tokigacha yuklanadi va  $n_{max}$  aylanish chastotasi o'lchanadi. Yuklamani ushlab turib,  $TB$  tezlik beruvchi bilan  $n_{min}$  minimal aylanish chastotasi o'rnatiladi. Aylanish chastotalarining o'lchangan qiymatlari 22.1-jadvalga kiritiladi va ularni aylanish chastotasining pasportlari keltirilgan maksimal  $n_{max}$  va minimal  $n_{min}$  qiymatlari bilan solishtirib, tajriba ko'rsatkichlarini pasportdagidan og'ishlari maksimal aylanish chastotasidan

$$\Delta n_{max} = \frac{n_{max} - n_{max}^1}{n} \quad (22.2)$$

minimal aylanish chastotasi

$$\Delta n_{min} = \frac{n_{min} - n_{min}^1}{n} \quad (22.3)$$

aniqlanadi.

**Elektr yuritmaning nominal quvvatini maksimal aylanish chastotasida o'lchash.**  $TB$  tezlik beruvchi yordamida maksimal aylanish tezligi o'rnatiladi va elektr yuritmani nominal yakor tokigacha yuklanadi. Keyin  $p$  aylanish chastotasini va elektr dvigateli validagi  $M_2$  yuklama momentini o'lchab, elektr yuritma quvvati ( $Vt$ ) aniqlanadi:

$$P_{nom} = 0,105M_2 \cdot n \quad (22.4)$$

quvvatning olingan qiymatlari 22.1-jadvalga kiritiladi.

**Elektr dvigatelining yakor toki o'zgartirilganda aylanish chastotasi tebranishlarini tekshirish.** Elektr dvigateli aylanish chastotasini  $I_a = 0,1I_{nom}$  yakor tokiga mos keluvchi yakor validagi yuklamada  $p1 - 0,08n_{nom}$  ga teng o'rnatib, yuklamani  $I_{nom}$  yakor tokigacha oshiriladi va bunda  $n_2$  aylanish chastotasi o'lchanadi. Olingan ma'lumotlar 22.1-jadvalga kiritiladi va  $I_a = I_{nom}$  da dastlab o'rnatilgan  $n_1$  (%) dan aylanish chastotasining oqishi aniqlanadi.

$$\gamma_{0,08} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100 \quad (22.5)$$

0,1  $I_{nom}$  ga mos keluvchi yuklamada  $n_{nom}$  aylanish chastotasini o'rnatib, yana elektr dvigatelining nominal yuklamasida  $n_2$  aylanish chastotasida tajriba qaytariladi. O'lchashlar natijalari 22.1-jadvalga kiritiladi va aylanish chastotasini oldindan quyilgan  $n_{nom}$  (%) dan og'ishi aniqlanadi:

$$\gamma_{nom} = \frac{n_{nom} - n_2^1}{n_{nom}} \cdot 100 \quad (22.6)$$

Elektr yuritmasining tajriba yo'li bilan olingan parametrlari pasportda keltirilgan tegishli parametrlar bilan solishtiriladi va elektr yuritmaning tajriba ko'rsatkichlarini uning pasportdagi ko'rsatkichlariga mos kelishini har bir parametr bo'yicha xulosa qilinadi.

22.1-jadval

Elektr yuritma ko'rsatkichlari	Tajriba ma'lumotlari	Pasport ma'lumotlari	Tajriba ma'lumotlarini pasportdagidan farqi
Aylanish chastotasini roslash diapazoni, ayl/min	$n_{max} = \dots\dots$ $n_{min} = \dots\dots$	$n_{max} = \dots\dots$ $n_{min} = \dots\dots$	$\Delta n_{max} = \dots\dots\%$ $\Delta n_{min} = \dots\dots\%$
Maksimal aylanish chastotasidagi nominal quvvat, Vt	$P_{nom}$	$P_{nom} = \dots\dots$	$(P_{nom} / P_{nom})100 = \dots\dots\%$
Yakor toki o'zgargandagi aylanish chastotasining tebranishi, %	$\gamma_{0,08} = \dots\dots$ $\gamma_{nom} = \dots\dots$	$\pm 5$ $\pm 10^*$	$\gamma_{0,08} - 5 = \dots\dots$ $\gamma_{nom} - 10 = \dots\dots$

\* - ETO1-4MUCH elektr yuritmasi uchun aylanish chastotasi tebranishi = 15% gacha yo'l qo'yiladi

#### V. Hisobotning mazmuni

Bajarilgan ish bo'yicha hisobotda ETO1 elektr yuritmasining tuzilish sxemasi va KTVB kuch ventillar blokining ishlash qonuniyati sxemasi, 22.1-jadvali va ETO1 elektr yuritmasining pasport ko'rsatkichlarini tajriba ko'rsatkichlari bilan solishtirish bo'yicha xulosalar keltiriladi.

## *VI. Nazorat savollari*

1. ETOI elektr yuritmasi bloklarining tayinlanishi va o'zaro ta'siri qanday?
2. Elektr yuritmada aylanish chastotasi bo'yicha teskari bog'lanish qanday maqsadlar uchun qo'llanilgan?
3. KTVB kuch ventillar blokining ishlash qonuniyati sxemasidagi barcha elementlarning nimaga ishlatilishini tushuntiring.
4. Taxometrik ko'prik yelkalarini qanday elementlar tashkil etadi va aylanish chastotasi bo'yicha teskari bog'lanish signali nimaga bog'liq?
5. Tiristorni kuchlanishning har bir musbat yarim to'lqinidan so'ng yopilishi uchun KTVB blokida qanday tadbirlar ko'rilgan?

## *VII. Adabiyotlar*

1. Автоматическое управление электроприводами: Лабораторные работы /Под. ред. А.А. Сиротина.- М, Высшая школа, 1978 г.
2. Kasimaxunova A.M. «Boshqarishning nazariy asoslari», Farg'ona, «Texnika» nashriyoti, 2002 y.
3. Mirahmedov D.A. «Avtomatik boshqarish nazariyasi», Toshkent, «O'zbekiston», 1993 y, 285 b.
4. Кацман М.М. «Электрические машины и электропривод автоматических устройств» М., Высшая школа, 1987 г.
5. Куропаткин П.В. «Теория автоматического управления», М., Высшая школа, 1979 г.
6. Попов Е.П. «Теория линейных систем автоматического регулирования и управления»-М.: Наука, 1989 г.
7. Первозванский А.А. «Курс теории автоматического управления» Учеб. пособие-М: Наука, 1986 г.



## 23 - LABORATORIYA ISHI

### Nochiziqli avtomat boshqaruv tizimlarda avtotebranishlar mavjudligini fazaviy tekislik uslubida tekshirish

#### *I. Ishning vazifasi:*

Nochiziqli avtomat tizimlarini ish jarayonini o'rganish, tahlil qilish va ularda yuz berishi mumkin bo'lgan avtotebranishlarni aniqlash. Tizimlarning barqarorligini tekshirish, fazaviy tekislik uslubini o'rganish va tatbiq qilish.

#### *II. Ishning maqsadi:*

1. Nochiziqli avtomat tizimlar haqidagi ma'lumotlar bilan tanishish, ulardagi kirish va chiqish signallari o'rtasida mavjud bo'lgan nochiziqlilikni tekshirish.

2. Tizim parametrlari o'rtasidagi nochiziqli bog'lanish sabablarini o'rganish.

3. Nochiziqli tizimlar barqarorligini tekshirish uchun ishlab chiqilgan barqarorlik mezonlari bilan tanishish hamda ularni chiziqli tizimlarni tekshirishda foydalaniladigan mezonlardan farqini aniqlash.

4. Fazaviy tekislik uslubini o'rganish va unga doir masalalarni hal qilish.

#### *III. Nochiziqli avtomat boshqarish tizimlari haqida umumiy ma'lumotlar*

Amalda qo'llaniladigan avtomat boshqarish tizimlarining (ABT) ko'pchiligi, odatda o'ta chiziqli bo'lmaydi va qator hollarda, ularning harakatini hattoki taxminiy differensial tenglamalar bilan ham yozib bo'lmaydi. Bunday ABTlarni chiziqlantirilgan holatda tasvirlashning iloji yo'q.

*Nochiziqli avtomat tizimi* (NCHAT) deb shunday tizimga aytiladiki, bu tizimning tarkibida, bironta bo'lsa ham, nochiziqli tenglama bilan yoziladigan bo'g'in bo'lishi kerak. Tenglama nochiziqli tenglama deb hisoblanishi uchun esa, ayrim koordinatalar yoki ularning hosilalari vaqt bo'yicha, birinchidan farqli ravishda, tenglamaga kupaytma yoki daraja ko'rinishida kirishi va bu tenglamaning ayrim koeffitsiyentlarini qandaydir koordinatalarini yoki ularning hosilalarining funksiyalari bo'lishi lozim.

Nochiziqli avtomat tizimlar ustida juda ko'p olimlar ilmiy tadqiqot ishlarini olib borishgan. Bunday ishlarning boshlang'ich bosqichida rele simon tipdagi sozlagich ustida dastlabki izlanishlar o'tkazilgan.

Nochiziqli avtomat tizimlarni tadqiqot qilishning eng asosiy masalalariga tizimning bo'lishi mumkin bo'lgan muvozanat holatini aniqlash, barqarorligini tekshirish, davriy harakatlarini topish, barqarorligini tahlil qilish, dastlabki boshlang'ich og'ishlarda tizimni u yoki bu muvozanat holatiga o'tish jarayonini tadqiqot qilish kabilar kiradi. Nochiziqli tizimlarni tekshirishning dastlabki vazifalari barqarorlikni o'rganib chiqish va avtotebranishlarni aniqlash bilan bog'liq.

### IIIa. Nochiziqli bo'g'inlar va sinflarning tasnifi

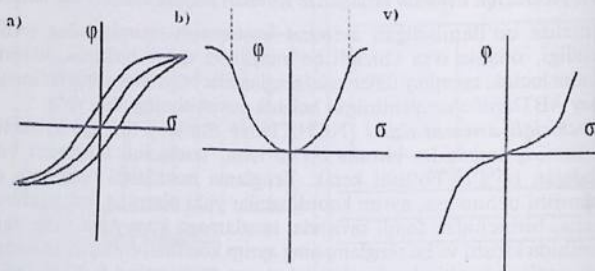
Nochiziqli bo'g'inlarni turli belgilariga qarab sinflarga bo'lish mumkin:

- harakatning fizik qonunlariga ko'ra;
- approksimaksiyalash (eksperimental nuqtalarni taxminiy birlashtirish) usuliga ko'ra;
- statistik va dinamik tavsiflariga ko'ra.

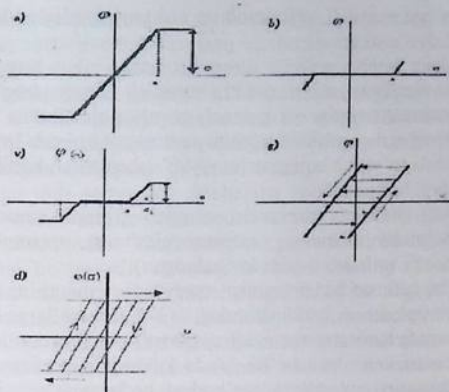
Avtomat tizimlari amaliyotida, aksariyat holatlarda, quyidagi nochiziqli bo'g'inlar uchraydi:

- silliq nochiziqli tavsifli;
- chiziqli bo'lakli tavsifli (rele tipidagi, nosezgir zonali, lyuftli, to'yingan tavsiflardagi va hokazo);
- logik.

Nochiziqilik, statik va dinamik nochiziqli tavsiflari bilan farqlanadi. Bulardan birinchisi quyidagicha (21.1, 22.2, 23.3 - rasmlar) statik tavsiflar ko'rinishida bo'ladi.

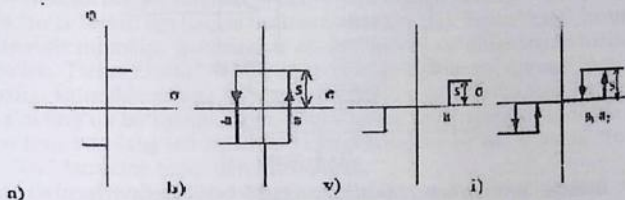


23.1-rasm



23.2-rasm.

Ikkinchisi esa hosilalarida o'zgaruvchan koeffitsiyentga ega bo'lgan nochiziqli differensial tenglamalar ko'rinishida bo'ladi.



23.3 - rasm.

Nochiziqli bo'g'inlarning statik tavsiflari bir ma'noli bo'lishi (21.1-rasm *b* va *v*, 22.2-rasm *a*, *b* va *v*, 23.3-rasm *a* va *v* lar) ham mumkin va ma'nodosh bo'lmasliklari ham mumkin, masalan «gisterezis» (21.1-rasm *a* si), «lyuft» (23.2 rasm *g*), relesimon (23.3 - rasmda *b* va *g*) va maydon ko'rinishida (23.2 rasmda), murakkab ma'nodosh bo'lmagan holda ham uchraydi. Ushbu rasmlarda funktsiyaning oraliq qiymatlari  $S$  orqali belgilangan bo'lib, chiziqlilik zonasi  $a$  nosezgirlik zonasi  $a_1$  va gisterezis sirtmog'ining kengligi  $a_2$  bilan belgilangan.

Barcha nochiziqli bo'g'inlarni (NCHB) analitik (nochiziqli tavsifni analitik usulda yozilishi orqali) va noanalitik (tavsifi mantiqiy shartlarini

bir ma'noga ega emasligi, releSimon va hokazo ekanligini ko'rsatuvchi) turlarga bo'lish mumkin.

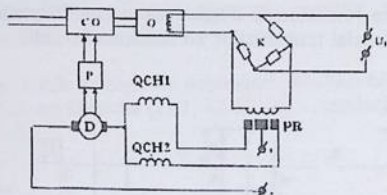
Ko'rsatilgan nohiziqliklar biron bir narsa bilan birga keladigan, yoki ataylab qilinadigan, nohiziqlikka bo'linadi. Shunga bog'liq ravishda, nohiziqli avtomat tizimlar ikkita asosiy guruhga ajratiladi:

- hamroh egri chiziqlikka (chiziqlantirilgan holatda loyihalansada, kuchaytirgichda to'yinish borligi uchun lyuft, ishqalanish kabilar natijasida amalda chiziqli bo'lgan);

- yuqori sifatni ta'minlovchi, ataylab qilingan, nohiziqlikka (topshiriq bo'yicha nohiziqli, masalan, releSimon, optimal, o'z-o'zini sozlovchi tizimli va hokazo qilib loyihalangan).

Undan tashqari, nohiziqli tizimlar, nohiziqli elementning ti pigabog'liq ravishda ham (releSimon, lyuftli tizimdagi va hokazo) sinflarga bo'linadi.

23.4 - rasmda haroratni nohiziqli avtomat tizimi yordamida sozlovchi qurilma sxemasi keltirilgan bo'lib, unda kuchaytirish elementi sifatida nosezgirlik zonasiga ega bo'lgan, ma'nodosh bo'lmagan releSimon tavsifli qutblantirilgan rele PRdan foydalanilgan.



23.4- rasm.

Boshqarilayotgan obyekt  $O$  ning harorati  $\theta$  belgilangan qiymati  $\theta_n$  dan og'sa, ko'priK K dagi muvozanat buziladi va ko'priKning chiqishidan kuchlanish qutblangan rele PR ga uzatiladi. Bu rele, o'zgarmas tok dvigateli D ning yakoriga R reduktor orqali, sozlovchi organ SO ga ta'sir qilish yo'li bilan issiqlik tashuvchining energiyasini o'zgartirish orqali sozlanayotgan organing harakatining og'ishini bartaraf qilish maqsadida ozuqa beradi.

Obyekt haroratini qaysi tomonga og'ishiga qarab (masalan, ortib yoki kamayib ketishiga qarab, harorat ishorasini manfiy yoki musbat deb olish mumkin), qutblantirilgan rele dvigatelning birinchi yoki ikkinchi qo'zg'atish cho'lg'ami ( $QCH1$  yoki  $QCH2$ )ni ulaydi va shu bilan uni u yoki bu tomonga aylanishini ta'minlaydi. Tizim bunday holatda nohiziqli bo'ladi. Negaki anchagina nohiziqli statik tavsifga ega bo'lgan nohiziqli element qutblantirilgan rele maxsus ravishda kiritilgan.

Nochiziqli tizimlarning xatti-harakati har doim ham chiziqli tizimlarning xatti-harakatidan farq qilavermaydi.

Agar tizimning nochiziqziligi lyuftning uncha katta bo'lmagan qiymatlari bilan, kulon ishqalanish bilan, kuchaytirgichni to'yinishi bilan aniqlansa, u holda bunday tizimning faoliyati, bu tizimning chiziqli modeli xatti-harakatidan farq qilmaydi (shunga mos holda tizimni chiziqlantirilgan deb qabul qilish mumkin).

Umuman olib qaraganda, anchagina nochiziqlilik mavjud bo'lganda, bu tizimlar o'zlarining chiziqli modeli harakatidan farq qiladi. Tavsifning nochiziqziligi natijasida, chiqishdagi o'zgaruvchi kirishdagi o'zgaruvchiga proporsional bo'lmaydi, shuning uchun tizimning reaksiyasi, sakrab o'zgaruvchan signalga nisbatan, shu signalning kattaligiga bog'liq holda bo'lishi mumkin. Ayrim nochiziqli tizimlar uchun kirishdagi o'zgaruvchining o'zgarishi o'tish jarayonidagi barqaror muvozanat holatini beqaror holatga o'tkazish yoki aksincha bo'lishi ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Nochiziqli tizimlarda jarayon, chiziqli tizimlarnikiga nisbatan turlicha bo'lishi mumkin.

Bunda NCHAT larda jarayonning o'zgarishi, qo'zg'alish natijasida yuzaga kelgan boshlang'ich og'ishlarning kattaligiga bog'liq.

Shunga bog'liq ravishda NCHATlarda barqarorlikning "kam", "katta" va "to'la-to'kis"ligi haqida tushuncha bordir [2,3]. Tizim "kam" barqaror sanalish mumkin, qachonki u cheksiz kichik og'ishlardagina barqaror bo'lsa. Tizim "katta" barqaror bo'lishligi uchun esa qiymat jihatidan oxirgi kattaliklarga ega bo'lgan boshlang'ich og'ishlarda ham barqaror, ya'ni turg'un bo'lishligi lozim. Tizim barcha har qanday kattaliklarga ega bo'lgan boshlang'ich og'ishlarda ham barqaror bo'lsa, u holda "to'la-to'kis" barqaror tizim deb hisoblanadi.

Ba'zan bordi-yu, boshlang'ich og'ishlar qandaydir me'yoridan ortib ketsa, tizimda yuqori chastotaga ega bo'lgan tebranishlar yuz berishi mumkin. U holda past chastotadagi so'nmas tebranishlar yuzaga keladi.

NCHATlar uchun avtomat tizimlarda davriy tashqi ta'sirlar bo'lmay turganda, tizimning ichki xususiyatlarida kelib chiqadigan, so'nmas tebranishlar rejimi xarakterlidir. Ular, obyekt va kuchaytirgichda, tashqaridan oqib kelayotgan energiyaning tebranuvchan sikli uchun energiya yo'qotishlar tengligi bilan xarakterlanadi. Ko'rsatilgan tebranishlar barqaror ham bo'lishi mumkin va barqaror bo'lmasligi ham mumkin. NCHATlarning barqaror tebranishlari *avtotebranishlar* deb ataladi.

Agar tebranishlar nochiziqli tizimlardan davriy tashqi ta'sirlar natijasida yuzaga keladigan bo'lsa, ular *majburiy tebranishlar* deb ataladi.

Nochiziqli tizimlarning majburiy davriy ritmlarini ahamiyatli tomoni shundaki, ularning amplituda-chastota tavsiflari "bukilgan" rezonans cho'qqisiga ega bo'ladi.

NCHATlar dinamikasining ikkinchi ahamiyatli tomoni – ularda o'tish jarayonining so'nuvchan tebranishlarida, tebranish davrining o'zgarishi yuz berishligidir.

### IIIb. NCHATlarni tadqiqot qilish usullari

NCHATlarni tadqiqot qilishda matematika bilan bog'liq bo'lgan bir qancha qiyinchiliklarga duch kelinadi. Buning sababi - turli xildagi chiziqli tenglamalar uchun yagona yechimning yo'qligidir. Shuning uchun ularni har biriga maxsus xususiy usullarni topishni qo'llashga to'g'ri keladi.

Ayrim hollarda esa, nochiziqli differensial tenglamalarni chiziqlantirish imkoniyatiga ega bo'lsa, nochiziqli tizimlarni tadqiqot qilishda, chiziqli tizimlar nazariyasi usullaridan foydalanish mumkin. Bunda chiziqlantirilgan tizimning tahlili natijalari (chiziqli model), o'zgaruvchilarni berilgan rejimga nisbatan og'ishlarining ma'lum bir oralig'idagina davriy bo'lishi mumkin.

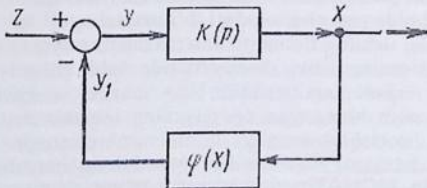
NCHATlarni tadqiqot qilishda umumiy natijalarga erishish uchun A.M. Lyapunovning usulidan foydalanish mumkin.

Buning uchun tizimni erkin siljish tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (23.1)$$

bu yerda  $x_i$  - tizim koordinatalari;  $f_i$  - uzluksiz yoki qisman uzluksiz funksiyalar;

(23.1) tenglama, tizimlarning juda katta sinfini qamrab oladi. Qiziqarli tizimlardan biri-bitta nochiziqli elementga ega bo'lgan tizimdir (23.5 - rasm).



23.5-rasm

Bunday tizimning differensial tenglamasining, qo'zg'alishlari yo'q bo'lganda ( $z=0$ ), quyidagicha yozish mumkin.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= \sum_{i,j=1}^n a_{ij} + b_j y \\ y &= \varphi(\sigma) \end{aligned} \right\} \quad (23.2)$$

bu yerda  $\sigma = \sum_{k=1}^n c_k x_k^0$   $x_i, y$  - koordinatalari;  $a_{ij}, b_i, c_k$  - doimiy koeffitsiyentlar.

23.5-rasmida ko'rsatilgan sxemadagi nochiqliq funktsiya chiqishdagi bitta o'zgaruvchiga bog'liq, chiziqli qismi esa  $K(R)$  uzatish funktsiyasiga ega, shuning uchun (23.2)ning o'rniga

$$\begin{aligned} a_0 \frac{d^n x}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_n x &= b_0 \frac{d^m y}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} y}{dt^{m-1}} + \dots + b_m y; \\ y_1 &= \varphi(x); \quad y = z - y_1 \end{aligned} \quad (23.3)$$

ni yozish mumkin.

Chiziqli qismning uzatish funktsiyasi

$$K(P) = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n} \quad (23.4)$$

ga teng.

A.M.Lyapunovning usuli bo'yicha tekshirish uchun qandaydir ishorasi aniqlangan funktsiyani ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) tanlab olib, (23.1) yoki (23.2) tenglamani hisobga olgan holda, bu funktsiyani vaqt bo'yicha hosilasini hisoblash kerak bo'ladi:

$$\frac{dV}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{dV}{dx_i} \cdot \frac{dx_i}{dt} = W(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (23.5)$$

Funktsiya, koordinata boshining atrofidagi ma'lum bir vohaning barcha nuqtalarida bir xil ishorani saqlab turib, koordinata boshidan boshqa yerlarida nolga teng bo'lmasa, **ishorasi aniqlangan deyiladi**. Agar funktsiya bu vohaning barcha yerida bir xil ishorani saqlab tursa-yu, lekin koordinata boshidan boshqa yerlarida ham nolga teng bo'lib qolgudek bo'lsa, u **ishorasi**

*o'zgarmas* deb ataladi. Bordi-yu  $V > 0$  bo'lganda,  $W < 0$  hollar uchrasa, *Lyapunov ma'nosida asimptotik barqaror deb ataladi.*

Tizim,  $V > 0$  bo'lganda  $W = 0$  bo'lsa, *Lyapunov ma'nosida barqaror* deb aytiladi. Ko'rsatilgan shartlarni qanoatlantiruvchi  $V$  funksiya esa *Lyapunov funksiyasi* deb ataladi.

Ishorasi aniqlangan  $V$  - funksiya - uzluksiz differensiallanuvchi  $x$  funksiyadir va  $V > 0$  bo'lganda  $x$ , ortib borishi bilan tinimsiz ravishda o'sib boradi, ya'ni  $x_i \rightarrow \infty$  bo'lganda  $\lim V \rightarrow \infty$ .

Shunday qilib, Lyapunov usuli bo'yicha nohiziqli tizimlarni tadqiqot qilish masalasi, Lyapunov funksiyasi  $V$  va uning hosilasini aniqlashga kelib taqaladi:

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{dV}{dx_i} \left[ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + b_i \varphi(\sigma) \right] \quad (23.6)$$

Lyapunov usulining qo'llanilishini eng qiyin yeri shundaki, Lyapunov funksiyasi  $V$  ni izlab topishning umumiy qoidalari yo'qdir. Umumiy holda berilgan nohiziqli tenglama (23.2) larda, funksiya  $V$  ning bir nechta variantini tanlab olish mumkin, chunki bunda faqatgina  $V$  va funksiyalarning ishorasi aniqlangan bo'lishi yetarli. Funksiya  $V$  ning turlicha variantlari, bir xil avtomatik tizim uchun, turli barqarorlik shartlarini berishi mumkin. Shunga mos ravishda A.M.Lyapunovning usuli, kerakli barqarorlik shartlarini berishi mumkin. Ammo ular har doim ham zarur emasdir, chunki  $V$  funksiyaga mos keluvchi barqarorlik shartlari bajarilganda, tizim barqaror bo'lishi mumkin, lekin bu barqarorlik shartlari barcha barqarorlik vohasini parametrlar bo'yicha qamrab ola olmaydi. Qator texnik masalalarda, ushbu yetarli barqarorlik shartlari bilan qanoatlanish mumkin. Olingan yetarlicha barqarorlik shartlarini, kerakli va yetarlicha barqarorlik shartlariga yaqinligi, Lyapunovning funksiyasini qanchalik muvaffaqiyatli tanlab olinishiga bog'liq.

Ayrim hollarda shunday funksiyalarni topish mumkinki, u barcha barqaror vohalarga mos kelishi mumkin.

A.M.Lyapunovning to'g'ri usulini takomillashtirishga A.I.Luryening ishlari ko'p hissa qo'shgan. U ma'lum bir NCHATlar sinfi uchun Lyapunov funksiyasini tanlashning umumiy usulini ko'rsatib berdi. Bunda u kvadrat shaklidagi funksiya  $L(x)$  bilan kutilayotgan tizimning nohiziqli  $\varphi(\sigma)$  ni integralining yig'indisi sifatidagi funksiyani tanlab olishni tavsiya etadi.

$$V = L(x) + \int_0^{\sigma} \varphi(\sigma) d\sigma. \quad (23.7)$$

Agar bordi-yu, Lyapunovning bevosita usuli bilan nochiziqli tizim tadqiqot qilinganda, nochiziqli tavsifning shakliga bog'liq bo'lmagan barqarorlik shartlari olingan bo'lsa, u holda ular *absolut barqarorlik* shartlari deb ataladi. Shunga bog'liq ravishda, agar tizim

$$0 \leq \frac{\varphi(\sigma)}{\sigma} \leq k; \quad \varphi(0) = 0$$

shartlarni qanoatlantiruvchi har qanday nochiziqli funksiya  $\varphi(\sigma)$  da turg'un bo'lsa, bu tizim *absolut barqaror tizim* deb qabul qilinadi. Bu yerda  $k$  berilgan son.

Nochiziqli tizimlarni tadqiqot qilish uslublarini ikkita guruhga ajratish mumkin:

- aniq usullar;
- taxminiy natijalarni beruvchi usullar;

Aniq natijalarni olish imkoniyatini beruvchi uslublarni takomillashtirishda A.M.Lyapunovning va A.A.Andropovning ishlari muhim ahamiyatga egadir. Bu ishlar qatoriga A.M.Lyapunov usuli, fazaviy portret, nuqtaviy o'zgartirishlar va parametrlar fazasining qirqim usublari kiradi [1]. Aniq usullarning keyingi rivojlanishi releli va impulsli tizimlarning paydo bo'lishi bilan bog'liqdir. Nochiziqli tizimlarni aniq hisoblash usullaridan biri nochiziqli tizimlarni V.M.Popovning absolut barqarorlik usubi bo'yicha barqarorlikka tekshirishdir.

Bu yerda yana shu haqida aniqlik kiritishimiz joiz: «*aniq uslub*» deyilganda, nochiziqli differensial tenglamalarning aniq yechimiga ega bo'lishi tushuniladi.

Taxminiy uslublar asosida esa, yoki tadqiqot qilinayotgan nochiziqli tizim chiziqli tizimdan kam farq qiladi degan tushuncha (Puankarening, Vander-Polning kichik parametrlar usublari yoki ularni B.V.Bulgakovning maxsus shaklida bo'lgan ko'rinishlari) yoki qidirilayotgan davriy yechimlar garmonik uslublaridan (garmonik muvozanat usubi yoki N.M.Krilov va N.N.Bogomolovning ekvivalent chiziqlantirish usuli hamda shu usullarning L.S.Goldfarb va YE.P.Popov tomonidan o'zgartirilgan ayrim variantlari) olingan yechimlarga yaqin degan tushuncha yotadi.

Taxminiy usullarga grafo-analitik usul va nochiziqli tizimni taxminiy chiziqli tizim modeliga almashtirish imkoniyatini beruvchi, chiziqlantirishning analitik usubi kiradi.

Ko'pgina analitik yechim uchun murakkab bo'lgan nazariy va amaliy masalalar, hozirgi paytda elektron hisoblash mashinalari yordamida oson hal qilinmoqda. Bunda diskret faoliyat ko'rsatuvchi EHMLardan ham foydalanish mumkin.

Nochiziqli tizimlarga tasodifiy signallar ta'sir qilganda, ularning ish avtomat tizimlarning statik dinamikasi usuli orqali, ehtimolla nazariyasidan foydalanilgan holda, tahlil qilinadi.

### *Shv. Fazaviy tekislik usuli haqida nazariy tushunchalar*

Avtomat tizimning holati vaqtning har qanday lahzalarida ( $n-1$ ) o'zgaruvchining qiymatlari yoki uning hosilasi orqali tavsiflanishi mumkin.  $n$ -chiziqli darajali tizimni ko'rib chiqish uchun  $n$ -o'lchovli fazadagi foydalanish kerak. Bu fazada  $n$ -ta koordinatalar o'qi bor.

Agar berilgan vaqtda ko'rsatilgan o'qlar bo'yicha o'zgaruvchilarning qiymatlarini va uning ( $n-1$ ) ta hosilasini qo'yib chiqadigan bo'lsak, u holda tizimning holatini aks ettiruvchi nuqtani olish imkoniyatiga ega bo'lamiz. Bu fazani o'z nomi bilan «faza» deb atab, tizimning holatini aks ettiruvchi nuqta esa «aks ettiruvchi» deb ataladi.

Tizimning muvozanat holatida aks ettiruvchi nuqta tinch holatda bo'ladi. O'tish jarayonida o'zgaruvchi va uning hosilalari vaqtning har bir lahzalarida turli xil qiymatlarga ega bo'ladi, shuning uchun aks ettiruvchi nuqta fazaviy bo'shliqda siljib yuradi. Avtomat tizimning har bir ma'lum o'tish jarayoniga fazaviy bo'shliqda, aks ettiruvchi nuqtaning ma'lum bir harakatining izi to'g'ri keladi. Aks ettiruvchi nuqtaning dastlabki holati tizim erkin harakatining boshlang'ich shartlari bilan aniqlanadi. Tizimning muvozanat holatida ko'rilyotgan - o'zgaruvchining barcha hosilalari nolga teng va bunga mos keluvchi fazaviy bo'shliqning nuqtalari *maxsus iz* deb ataladilar. Maxsus iz bilan birgalikda bo'lishi mumkin bo'lgan boshlang'ich og'ishlar uchun olingan fazaviy izlar to'plami *tizimning fazadagi portreti deb ataladi*.

Fazaviy izlar, birmuncha ko'rgazmali ravishda, ikkinchi darajali tizimlar

uchun  $x$  (o'zgaruvchan kattalik) koordinatalar o'qida va  $\frac{dx}{dt}$  (o'zgaruvchan

kattalikning o'zgarish tezligi), ya'ni fazaviy tekislik bo'yicha ifodalanishi mumkin. Shuning uchun nochiziqli tizimlarni tatqiqot qilishda ko'proq *fazaviy tekislik* uslubi amalda tatbiq etilgan. Fazaviy tekislik uslubi ham qanday ko'rinishdagi nochiziqlilikka ham qulaydir. Uni nochiziqliliklarni moslashtirish uchun ham tatbiq etish mumkin. Bu uslubning kamchilligi uning ikkinchi darajali tizimlar bilan chegaralanganligi hisoblanadi.

Ayrim hollarda, yuqori darajadagi tizimlarni ekvivalent kechikish bilan ikkinchi darajali tizim bilan, approksimatsiyalash mumkin; bu esa fazaviy tekislik uslubini qo'llanish sohasini kengaytiradi. Jarayonlarni fazaviy tekislikda aks ettirganda, ikkinchi darajali tenglamalar birinchi darajali ekvivalent tenglama bilan almashtiriladi.

$$\left. \begin{aligned} \frac{dy}{dx} &= f(x, y), \\ \frac{dx}{dt} &= y \end{aligned} \right\} \quad (23.8)$$

Jarayonni fazaviy tekislikda aks ettirish uchun (23.8) tenglamadan vaqtni chiqarib tashlash kerak. Buning uchun birinchi tenglamani ikkinchi tenglamaga bo'lamiz:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{f(x, y)}{y} \quad (23.9)$$

(23.9) formula orqali ifodalangan nochiziqli differensial tenglama yechilgach, fazaviy iz tenglamasi olinadi.

$$y = F(x) \quad (23.10)$$

Bu tenglama fazaviy tekislikdagi egri chiziqni bildiradi.  $X_0$  va  $U_0$  ning boshlang'ich shartlarini har bir to'plamiga (23.2)ning o'zini yechimi va fazaviy izi to'g'ri keladi.

(23.9) tenglamani integrallash analitik (sodda holatlarda) usulda, grafik usulda, sonli va hisoblash mashinalari orqali amalga oshirilishi mumkin.

(23.9) tenglama orqali aniqlanadigan fazaviy izlar quyidagi xususiyatlarga egadir:

- $u > 0$  bo'lganda o'zgaruvchi  $x$  doimo o'sib boradi;
- $u < 0$  bo'lganda o'zgaruvchi  $x$  doimo kamayib boradi;
- $t$  ortib borganda aks ettiruvchi nuqtaning harakati *ustki yarim tekislikda* chapdan o'ngga qarab, *pastki yarim tekislikda* esa, o'ngdan chapga qarab amalga oshadi;

-  $u = 0$  bo'lganda  $\frac{dx}{dt} = \infty$ , shuning uchun, fazaviy izlarni absissa bilan

kesishish nuqtasida, uning urinmasi  $X$  o'qiga perpendikularidir.

Agar bordi-yu, (23.9) tenglamani integrallash murakkab bo'lsa,  $u$  holda fazaviy izlarni *izoklin* uslubida qurish mumkin. *Izoklinlar* o'zlarida fazaviy *tekislikning* barcha nuqtalarini geometrik o'rinlarini ifodalab, ular uchun fazaviy izlarning egilishi o'zgarmas qiymat  $s$  ga tengdir.

$$\frac{dx}{dt} = S_1 \text{ bo'lsin deylik, unda (23.9)ning o'rniga}$$

$$\frac{f(x, y)}{y} = C_1$$

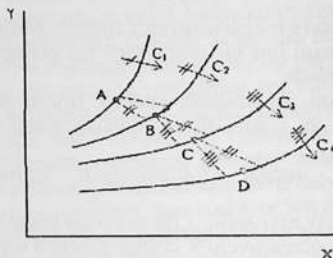
ni yozish mumkin.

Bunda **izoklin tenglamasi**

$$y = k_1 x,$$

ni olish mumkin. Oxirgi ifodada  $k_1$  — izoklinning burchak koeffitsiyenti.

Og'ish  $S_i$  ga turlicha o'zgarmas qiymatlar berib turib, izoklinlar oilasini qurish mumkin. Ularning har biri berilgan tizim uchun  $k_{iz1}$  burchak koeffitsiyentiga ega. Izoklinlar to'plamidan, to'g'ri chizikli bo'lakchalar yordamida, turlicha boshlang'ich shartlarga ega bo'lgan fazaviy izlarni qurishda foydalaniladi. Bo'lakchalar, og'ishga mos holda yo'nalgan bo'lib, izoklinlar orqali aniqlanadi.



23.6-rasm.

23.6-rasmda, izoklin uslubda fazaviy izlarni qurish qonuniyati ko'rsatilgan. Aytaylik,  $S_1, S_2, S_3, S_4$  larni turlicha qiymatlari uchun izoklinlar qurilgan bo'lsin. Bu izoklinlarni kesib o'tuvchi urinmalarning og'ishi ham ko'rsatilgan bo'lsin.

Agar boshlang'ich shartlar A nuqta orqali berilgan bo'lsa, u holda undan  $S_1$  va  $S_2$  og'malarga parallel bo'lgan ikkita to'g'ri chiziq o'tkazishga to'g'ri keladi. Bu to'g'ri chiziqlar  $S_2$  og'maga mos keluvchi izoklin bilan kesishguncha davom etadi. Keyin V nuqtani  $S_2$  izoklin bilan kesishgan ikkita to'g'ri chiziqning o'rtasida joylashgan, degan taxmin bilan qabul qilinadi. Xuddi shunday usulda S, D va boshqa nuqtalar ham aniqlanadi. Fazaviy iz esa A, V, S, D nuqtalar orqali o'tkaziladi.

Umumiy holda ko'p o'lchovli tizimlar uchun (23.8)ning o'rniga quyidagi tenglamalar sistemasini olish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= f_1(x, y); \\ \frac{dx}{dt} &= f_2(x, y). \end{aligned} \right\} \quad (23.11)$$

(23.11) ga asoslangan holda fazaviy izning differensial tenglamasi

$$\frac{dy}{dx} = \frac{f_1(x, y)}{f_2(x, y)} \quad (23.11a)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Fazaviy tekislik uslubi nochizikli tizimlar uchun ishlab chiqilgan bo'lishiga qaramasdan, ikkinchi darajali chizikli bo'g'inning fazaviy izini ko'rib chiqish va keyin fazaviy izlarni olishni kuzatish hamda nochizikli tizimlarda uchraydigan muhim tiplardagi maxsus nuqtalarni olishni ko'rib chiqish juda qiziqarli bo'ladi.

Umumiy holda, bir jinsli differensial tenglama,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2s\omega_0 \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \quad (23.12)$$

bilan  $\alpha$  aniqlanadigan ikkinchi darajali chizikli bo'g'inning erkin harakatini ko'rib chiqaylik. So'ng quyidagi

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dy}{dt} = -2\rho\omega_0 y - \omega_0^2 x; \quad \frac{dx}{dt} = y,$$

ko'rinishdagi differensial tenglamani yozib, undan birinchi tenglamani ikkinchi tenglamaga bo'lish yo'li bilan, vaqt parametrini chiqarib tashlab, ikkinchi darajali chizikli bo'g'in yoki tizimning fazaviy izini differensial tenglamasiga ega bo'lamiz:

$$\frac{dy}{dx} = -2\rho\omega_0 - \frac{\omega_0^2 x}{y}. \quad (23.12a)$$

(23.12.a)ni boshlang'ich qiymatlarini hisobga olgan holda integrallansa,  $\rho$  va  $\omega_0$  parametrlarga ko'rinishi bog'liq bo'lgan fazaviy izning analitik tenglamasini olamiz.

$$\frac{f(x, y)}{y} = C_1$$

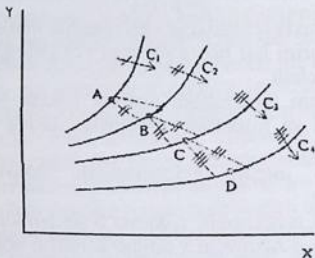
ni yozish mumkin.

Bunda izoklin tenglamasi

$$y = kizl x,$$

ni olish mumkin. Oxirgi ifodada  $kizl$  — izoklinning burchak koeffitsiyenti.

Og'ish  $S_i$  ga turlicha o'zgarmas qiymatlar berib turib, izoklinlar oilasini qurish mumkin. Ularning har biri berilgan tizim uchun  $k_{iz1}$  burchak koeffitsiyentiga ega. Izoklinlar to'plamidan, to'g'ri chiziqli bo'lakchalar yordamida, turlicha boshlang'ich shartlarga ega bo'lgan fazaviy izlarni qurishda foydalaniladi. Bo'lakchalar, og'ishga mos holda yo'nalgan bo'lib, izoklinlar orqali aniqlanadi.



23.6-rasm.

23.6-rasmda, izoklin uslubda fazaviy izlarni qurish qonuniyati ko'rsatilgan. Aytaylik,  $S_1, S_2, S_3, S_4$  larni turlicha qiymatlari uchun izoklinlar qurilgan bo'lsin. Bu izoklinlarni kesib o'tuvchi urinmalarning og'ishi ham ko'rsatilgan bo'lsin.

Agar boshlang'ich shartlar A nuqta orqali berilgan bo'lsa, u holda undan  $S_1$  va  $S_2$  og'malarga parallel bo'lgan ikkita to'g'ri chiziq o'tkazishga to'g'ri keladi. Bu to'g'ri chiziqlar  $S_2$  og'maga mos keluvchi izoklin bilan kesishguncha davom etadi. Keyin V nuqtani  $S_2$  izoklin bilan kesishgan ikkita to'g'ri chiziqning o'rtasida joylashgan, degan taxmin bilan qabul qilinadi. Xuddi shunday usulda S, D va boshqa nuqtalar ham aniqlanadi. Fazaviy iz esa A, V, S, D nuqtalar orqali o'tkaziladi.

Umumiy holda ko'p o'lchovli tizimlar uchun (23.8)ning o'rniga quyidagi tenglamalar sistemasini olish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= f_1(x, y); \\ \frac{dx}{dt} &= f_2(x, y). \end{aligned} \right\} \quad (23.11)$$

(23.11) ga asoslangan holda fazaviy izning differensial tenglamasi

$$\frac{dy}{dx} = \frac{f_1(x, y)}{f_2(x, y)} \quad (23.11a)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

Fazaviy tekislik uslubi nochiziqli tizimlar uchun ishlab chiqilgan bo'lishiga qaramasdan, ikkinchi darajali chiziqli bo'g'inning fazaviy izini ko'rib chiqish va keyin fazaviy izlarni olishni kuzatish hamda nochiziqli tizimlarda uchraydigan muhim tiplardagi maxsus nuqtalarni olishni ko'rib chiqish juda qiziqarli bo'ladi.

Umumiy holda, bir jinsli differensial tenglama,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2s\omega_0 \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0 \quad (23.12)$$

bilan  $\alpha$  aniqlanadigan ikkinchi darajali chiziqli bo'g'inning erkin harakatini ko'rib chiqaylik. So'ng quyidagi

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dy}{dt} = -2\rho\omega_0 y - \omega_0^2 x; \quad \frac{dx}{dt} = y,$$

ko'rinishdagi differensial tenglamani yozib, undan birinchi tenglamani ikkinchi tenglamaga bo'lish yo'li bilan, vaqt parametrini chiqarib tashlab, ikkinchi darajali chiziqli bo'g'in yoki tizimning fazaviy izini differensial tenglamasiga ega bo'lamiz:

$$\frac{dy}{dx} = -2\rho\omega_0 - \frac{\omega_0^2 x}{y}. \quad (23.12a)$$

(23.12.a)ni boshlang'ich qiymatlarini hisobga olgan holda integrallansa,  $\rho$  va  $w\omega_0$  parametrlarga ko'rinishi bog'liq bo'lgan fazaviy izning analitik tenglamasini olamiz.

Masalan,  $\rho = 0$  bo'lganda, bo'g'in konservativ bo'g'indan tashkil topgan hol uchun

$$\int y dy + \int \omega_0^2 x dx = 0 \quad (23.13)$$

ni, yoki

$$\frac{1}{\omega_0^2} \int y dy + \int x dx = 0 \quad (23.13a)$$

ni olamiz.

(23.13) va (23.13a) ni integrallansa,

$$\frac{y^2}{2} + \frac{\omega_0^2 x^2}{2} = C^0; \quad \frac{y^2}{2\omega_0^2} = \frac{x^2}{2} = C^0.$$

Integrallash doimiysi  $S^0$  ga bo'lib,  $2S^0 = A^2$  deb qabul qilgach,

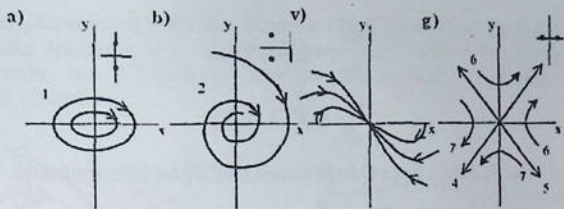
$$\frac{y^2}{A^2} + \frac{\omega_0^2 x^2}{A^2} = 1; \quad (23.14)$$

$$\frac{y^2}{\omega_0^2 A^2} + \frac{x^2}{A^2} = 1. \quad (23.14a)$$

ni topamiz.

(23.14) va (23.14a) tenglamalar so'nmas tebranishlarga ega bo'lgan (23.7a-rasm) fazaviy izni aniqlovchi ellipsning tenglamasi bo'lib,  $\rho = 0$  bo'lganda (23.12) tenglamaning bir juft mavhum ildizlari borligiga mos keladi.

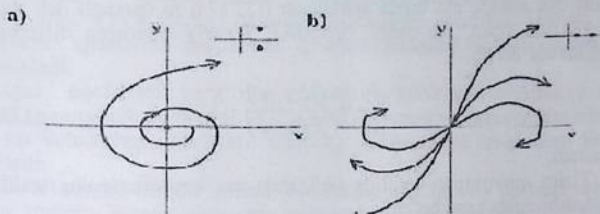
Xuddi shunday usulda  $\rho$  ning boshqa qiymatlari uchun tavsifiy tenglamaning ildizlarini tavsiflovchi va o'tish jarayonini tavsiflovchi 247 fazaviy izlarni ham olish mumkin (23.7b,g-rasmlar). Fazaviy izning ko'rinishiga bog'liq ravishda, fazaviy tekislikning maxsus nuqtasi markaz, fokus, bo'g'in va egari (23.7 - rasmning  $a \div g$  chizmalariga sanab o'tilgan ketma-ketlikda qarang) bo'lishi mumkin. Markaz farqsiz muvozanat nuqtasidir. Fokus va bo'g'in ham barqaror (23.7  $b$  va  $v$  rasmlar) ham beqaror (23.8  $a$  va  $b$  rasmlar) jarayonlarni tavsiflashi mumkin.



23.7-rasm

Avtomatik boshqarish nazariyasining ko'p muammolari quyidagi nochiziqli differensial tenglamani tadqiqot qilish zaruriyati bilan bog'liqdir:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \varphi\left(x, \frac{dx}{dt}\right) = 0, \quad (23.15)$$



23.8-rasm

bu yerda  $\varphi = x, \frac{dx}{dt}$  - nochiziqli funksiya.

(23.15) tenglamalarni birinchi darajali ikkita tenglama ko'rinishida yozib olamiz:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= -\varphi(x, y); \\ \frac{dy}{dt} &= y. \end{aligned} \right\} \quad (23.16)$$

(23.16) tenglamalar sistemasini anchagina umumiy bo'lgan nochiziqli tizimning xususiy xoli deb qarash mumkin

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= Q(x, y); \\ \frac{dx}{dt} &= P(x, y). \end{aligned} \right\} \quad (23.17)$$

Umumiy holda R va Q ham vaqtga bog'liq bo'lishi mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= Q(x, y, t); \\ \frac{dx}{dt} &= P(x, y, t). \end{aligned} \right\} \quad (23.17a)$$

Agar  $R(x, u)$  va  $Q(x, u)$  funksiyalar o'z ichiga aniq vaqtni olmagan bo'lsalar,  $u$  holda (23.17) tizim **daxlsiz (avtonom)** (tashqi kuchlar ta'siridan xolis) deb ataladi, aks holda **noavtonom** ((23.17a) ni qarang!) deb ataladi.

(23.17) dan ko'rinib turibdiki, fazaviy izlarning differensial tenglamasi bo'lib,

$$\frac{dy}{dx} = \frac{Q(x, y)}{P(x, y)} \quad (23.18)$$

sanaladi.

Tizim muvozanat holatida bo'lganda esa koordinataning tezlik va tezlanishi nolga teng bo'ladi:

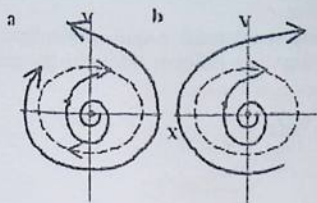
$$\left. \begin{aligned} P(x, y) &= 0; \\ Q(x, y) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (23.19)$$

Agar R va Q analitik funksiya bo'lsa,  $u$  holda (23.18) tenglama, (23.19) shart bajarilishi mumkin bo'lgan nuqtadan boshqa barcha nuqtalardagi urinmalarni, bir ma'noda aniqlaydi. Bu nuqtalarning hammasida urinmaning ma'lum bir yo'nalishi yo'qdir.

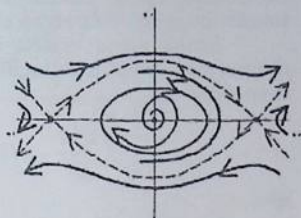
Fazaviy izlarning ko'rinishi va joylashishi hamda ular bo'yicha aks ettiruvchi nuqta harakatining yo'nalishi tizimning harakatini fe'lini va uni boshlang'ich og'ishlaridagi barqarorligini muhokama qilish imkoniyatini beradi. Maxsus nuqta va uning fe'l-atvori berilgan tizimning muvozanat holatini aniqlaydi.

Nochiziqli tizimlarning berk, tutashgan fazaviy izlari, **oralik sikllar** deb atalib, ham barqaror bo'lishi mumkin (23.9 a-rasmdagi shtrix

chiziqlar), ham beqaror bo'lishi mumkin (23.9 b-rasmdagi shtrix chiziq). Bu oraliq sikllarga aks ettiruvchi nuqtalar, turlicha boshlang'ich og'ishlarda, har xil fazaviy izlar bo'ylab intiladi (23.9-rasmdagi uzluksiz chiziqlar).



23.9 rasm



23.10 rasm

Nochiziqli tizimning fazaviy portreti bir nechta maxsus nuqtaga va fazaviy izga (23.9-rasmga qarang) ega bo'lishi mumkin. Har xil izli sohalarni ajratuvchi nochiziqlar *ajratish chiziqlari* (shtrixli chizilgan) deb ataladi.

Agar nochiziqli bo'g'inlar chiziqli-bo'laklangan tavsiflarga ega bo'lsa (noanalitik nochiziqchilik), u holda tizimning fazaviy tekislikni har bir vohasidagi faoliyati, o'zining differensial tenglamasi bilan yoziladi.

Bo'laklangan tavsifli nochiziqli tizimlarning fazaviy portreti uchun qator, turlicha fazaviy izlarga ega bo'lgan fazaviy *tekislikka* bo'linadigan, qayta ulash chiziqlariga ega bo'lish munosibdir. Bunda o'zgaruvchilarning boshlang'ich qiymatlari, har bir bo'lak yerda, ulardan oldingi yerdagi oxirgi qiymatlari bilan aniqlanadi. Qayta ulash chiziqlari bo'g'inlarning uzilgan-uzilgan nochiziqli tavsiflarining bo'g'indagi nuqtalari bilan karakterlanadi.

Nochiziqli bo'g'inlarning qayta ulash chiziqlari kirishdagi signallarining karakteriga bog'liq ravishda, to'g'ri va egri bo'lishi mumkin.

Ayrim differensial tenglamalarni osongina integrallash mumkin bo'lganligi tufayli, bunday tizimlarda, ayrim-ayrim uchastkalar (maydonlar) uchun fazaviy portretlarni qurish unchalik qiyinchiliklarni tug'dirmaydi.

Aks ettiruvchi nuqta bilan qayta ulash chiziqlaridan o'tishda, koeffitsiyentlardan ayrimlari, o'zlarining qiymatlarini o'zgartiradi va keyingi, navbatdagi qayta ulash chiziqlariga yetib borgunicha, o'zgarimas bo'lib qoladi.

#### IV. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

Laboratoriya ishi ikkita ishdan iborat:

**1-laboratoriya ishini bajarish jarayonida** analitik va noanalitik nochiziqlikka ega bo'lgan ikkinchi darajali nochiziqli tizimlarni fazoviy trayektoriyasini qurishni ko'rib chiqamiz.

Buning uchun Van-der-Polning tenglamasi orqali yoziladigan, o'zgaruvchan dempferlash koeffitsiyentiga ega bo'lgan ikkinchi darajali tizim tenglamasi

$$\frac{d^2x}{dt^2} - \varepsilon(1-x^2)\frac{dx}{dt} + x = 0$$

ni olamiz.

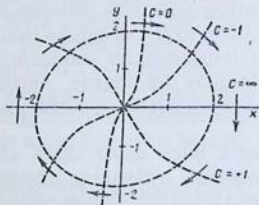
Bu tenglama asosida fazoviy traktoriyaning differensial tenglamasini yozamiz:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\varepsilon(1-x^2)y - x}{y}$$

Izoklinlar uslubidan foydalanib, uning uchun  $dy/dx=Ci=const$  deb qabul qilib olamizda, izoklinlar tenglamasini topamiz:

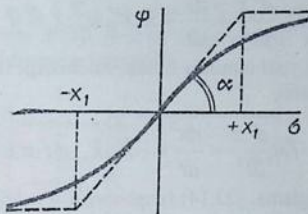
$$y = \frac{x}{\varepsilon(1-x^2) - Ci}$$

$Ci(1;0;+1;\infty)$  qiymatlar qatori uchun va  $\varepsilon=0,2$  ga mos keluvchi izoklinlar oilasi 23,11-rasmda shtrixlar bilan chizilgan egri chiziqqlar ko'rinishida ko'rsatilgan. Boshlang'ich  $Y_0=0$ ;  $X_0=+2$  shartlarda, 23.1-rasmda keltirilgan usul bilan, oraliq siklni ifodalovchi fazoviy trayektoriyani quramiz. Bu oraliq sikl tizimda avtotebnanishlar mavjud ekanligini ko'rsatadi. Ushbu holda oraliq siklning shakli koeffitsiyent E ga bog'liq va  $E=0$  da doira shakliga ega.



23.11- rasm.

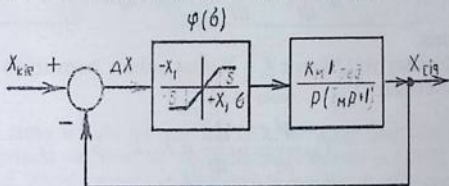
**2-laboratoriya ishida** to'yinuvchan bo'g'inga ega bo'lgan tizimni ko'rib chiqamiz. To'yinishga ega bo'lgan kuchaytirgichlarning tavsiflari 23.12-rasmda ko'rsatilganidek, bo'lakcha-chiziqli tavsif namunasida ifodalanishi mumkin.



23.12-rasm

(23.12-rasmda shtrix chiziqlar ko'rinishida berilgan).

23.13-rasmda tarkibida dvigateli va to'yinishga ega bo'lgan elektron kuchaytirgich bo'lgan astatik tizimning tuzilish sxemasi ko'rsatilgan.



23.13-rasm

$-X_1 < \Delta X < X_1$  bo'lgan holda, chiziqli zona uchun, kuchaytirgich  $k_y$  kuchaytirish ko'effitsiyentiga ega bo'ladi. Shuning uchun berk tuzimning uzatish funksiyasi, roslash xatoligiga nisbatan,

$$W_{\Delta x}(p) = \frac{1}{1 + K(p)} = \frac{p(T_M p + 1)}{p(T_M p + 1) + k_y k_M K_{red}} = \frac{\Delta X(p)}{X_{kir}(p)},$$

yoki,

$$(T_M p^2 + p + k_y k_M K_{red}) \Delta X(p) = (T_M p^2 + p) X_{kir}(p).$$

ko'rinishida bo'ladi.

Erkin harakat tekshirilayotgan bo'lganligi uchun,  $X_{kir}=0$  ni og'ishi va xatolikka nisbatan differensial tenglamasi (bundan keyin  $\Delta X$  ni o'rniga  $X$  yozamiz; u ham o'z navbatida  $X_{chiq}$  ga teng!)

$$T_M \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} + k_y k_M k_{red} x = 0 \quad (23.20)$$

ko'rinishida yoziladi yoki umumiy holda, nochiziqli tavsif uchun  $u(y)$  ni  $k_y X$  o'rniga hisobga olib,

$$T_M \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} = -k_M k_{red} \varphi(\sigma) \quad (23.20a)$$

(23.20) nchi tenglama, (23.14) tenglamaga o'xshash; shuning uchun chiziqli zonadagi fazaviy portret (23.20) differensial tenglama bilan aniqlanadi.

Kuchaytirgichning kirishida  $\tau \geq X_1 = S/k_y$  qiymat uchun  $S$  ning doimiy kattaligini olamiz; uni (23.20a) formuladagi  $u(\varphi)$  ning o'rniga qo'yib,

$$T_M \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} = -k_M k_{red} S. \quad (23.21)$$

ga ega bo'lamiz.

Xuddi shunday yo'l bilan  $\tau \leq -X_1$  hol uchun ham  $u(\varphi) = -S$  dagi tenglamasini olamiz

$$T_M \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} = k_M k_{red} S. \quad (23.22)$$

(23.21) va (23.22) tenglamalar to'yingan kuchaytirgichli tizim dinamikasini aniqlaydi.

(23.20) va (23.21) va (23.22) tenglamalarni  $dx/dt=y$  ga bo'lib, fazaviy tekislikning alohida sohalarini uchun fazoviy izning differensial tenglamasini olamiz:

-  $X_1 < y < +X_1$  da

$$T_M \frac{dy}{dx} = -1 - \frac{k_y k_M k_{red} x}{y}; \quad (23.23a)$$

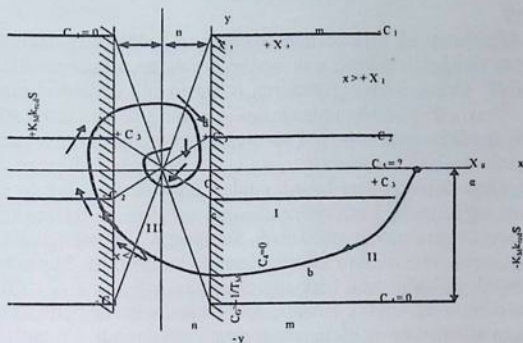
$\sigma \geq +X_1$  da

$$T_M \frac{dy}{dx} = -1 - \frac{k_M k_{red} S}{y}; \quad (23.23b)$$

$$\sigma \leq -X_1 \text{ da}$$

$$T_M \frac{dy}{dx} = -1 + \frac{k_M k_{red} S}{y} \quad (23.23v)$$

Chiziqli zona  $x = -X_1$  va  $x = +X_1$  bo'lganida abitsissa o'qidagi nuqtalardan o'tuvchi ikkita n-n va m-m vertikal to'g'ri chiziqlar bilan chegaralanadi (23.14-rasmga qarang!).



23.14-rasm

Chiziqli zona ichida fazoviy iz I (23.23a) tenglama bilan aniqlanadi.  $\sigma \geq X_1$  bo'lganida to'yinish zonasi uchun III fazoviy iz (23.23 v) tenglama orqali yoziladi. 23.14-rasmida izoklin usulida qurilgan fazoviy portret qurilgan ( $S_1 \div S_6$ ) qiymatlar uchun). Bunda tizimning ayrim parametrlari berilgan bo'lib, undagi o'tish jarayoni tebranuvchan – so'nuvchandir. n-n va m-m chiziqlarda (23.20), (23.21) va (23.22) tenglamalar yechimlarini «qo'shilib tikilishi» amalga oshiriladi, ya'ni, fazoviy portretni qurishda zaxiralash metodidan foydalaniladi.

(23.23a) asosida izoklin qurishda, chiziqli zonada, og'ma nurlarga ega bo'lamiz. Bu nurlar koordinatalar boshidan o'tib,

$$\left. \begin{aligned} y &= -k_y k_M k_{red} x (T_M C + 1)^{-1}; \\ dy / dx &= C; \quad \alpha = \arctg C. \end{aligned} \right\} \quad (23.24)$$

tenglama orqali aniqlanadi.

Nochiziqli zona uchun  $x > X_1$  da izoklin tenglamasi, (23.23b) ga asoslangan holda,

$$y = -k_M k_{red} S(T_M C + 1)^{-1}. \quad (23.25)$$

ko'rinishiga keladi.

Xuddi shunday,  $x > -X_1$  uchun

$$y = k_M k_{red} S(T_M C + 1)^{-1}. \quad (23.26)$$

ni olamiz.

(23.25) va (23.26) lardan kelib chiqqan holda, quyidagicha xulosa qilamiz: to'yinish zonasida bo'lgan izoklinlar absissa o'qiga parallel bo'lgan chiziqlardir, chunki bu tenglamalarda o'zgaruvchi  $x$  mavjud emas.

Fazaviy izlar izoklin chiziqlarini.  $\sigma = \arctg C$  burchak ostida kesib o'tishadi. Izoklinlar qancha ko'p o'tkazilsa, fazoviy izlarni qurish shunchalik aniqroq bajariladi. Ushbu ishda  $Y_0 = 0$ ;  $X_0 > 0$  deb qabul qilingan. Barqaror fokus tipidagi alohida nuqta koordinatalar boshida joylashgan.

Katta og'ishlarda kuchaytirgichning to'yinishi tizimdagi signal kattaligining chegaralanishiga olib keladi. Shuning uchun nochiziqli tizimning tezkorligi, chiziqli tizim bilan solishtirilganida kamroqdir. Shuni ta'kidlash joizki, kichik og'ishlar usuli bo'yicha chiziqlantirilganida (23.20) chiziqli tenglama olingan edi. Unda  $k$  kattalik, nochiziqli tavsifning berilgan nuqtasiga o'tkazilgan urinmaning og'ish burchagi orqali aniqlanadi. Chiziqlantirishda fazaviy iz faqat (23.23a) tenglama orqali qurilishi mumkin edi.

#### V. Hisobot shakli:

1. Ikkinchi darajali nochiziqli analitik va noanalitik chiziqlilikka ega bo'lgan tizim tenglamasi asosida aniqlangan avtotebranishlar haqida ma'lumotlarni keltiruvchi hisoblashlar matni keltiriladi.

2. Fazaviy trayektoriya (iz) qurib, chizmasi keltiriladi.

3. To'yingan bo'g'inli tizim barqarorligi tekshirilgan tahlil keltiriladi.

4. Ishni bajarish jarayonida olingan natijalar bo'yicha xulosalar keltiriladi.

#### VI. Nazorat savollari:

1. Nochiziqli avtomat tizim deb nimaga aytiladi?

2. Nochiziqli avtomat tizimlarni tadqiqot qilishning asosiy masalalariga nimalar kiradi?

3. Nochiziqli bo'g'inlar va tizimlar qanday belgilariga qarab sinflarga bo'linishi mumkin?

4. Qanday nochiziqli bo'g'inlarni bilasiz?

5."Kam", "katta" va "to'la-to'kis" barqarorlik tushunchasini tushuntirib bering?

6.A.M.Lyapunovning usulidan nima maqsadda foydalanish mumkin?

7.Qanday holatga tizimning fazadagi portreti deb ataladi?

8."Fazaviy tekkislik usuli" deganda nimani tushunasiz?

9.Izoklinlar nimani ifodalaydi?

10."Oraliq sikllar" deganida nimani tushunasiz va u nimani bildiradi?

### *VII. Adabiyotlar:*

1. Ляпунов А. М. Собрание сочинений, т.2. ССРИ ФА, 1956й.

2. Метод гармонической линеаризации в проектировании нелинейных систем автоматического управления. Е. П. Поповнинг мухаррирлиги остида, «Машиностроение», 1970 й.

3. Подредакции В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. «Наука» нашриёти, 1966 й.

4. Цыпкин Я. З. Теория релейных систем автоматического

5. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальныхавтоматических - систем, Ф.М, 1973 й.

6. Подредакции В.А., Попов Е.П., Теория систем автоматического управления. «Профессия», нашриёти, 2003 й.

## 24 - LABORATORIYA ISHI

### L.S.Goldfarb usuli bo'yicha nochiziqli tizimlarni barqarorlikka tekshirish

#### I. Ishning maqsadi:

Ishni bajarish jarayonida talabalar nochiziqli tizimlarni ish rejimlari bilan tanishib chiqishi, tahlil qilishi hamda barqarorligini tekshirishi va avtotebranishlar majudmi, yo'qmi ekanliklarini aniqlashlari kerak bo'ladi.

#### II. Ishning tartibi:

1. Garmonik chiziqlantirilgan nochiziqli tizimlarni tavsifiy tenglamalarini tuzish yo'llarini o'rganish.

2. Goldfarb usuli bilan tanishib chiqish.

3. Barqarorlik va avtotebranishlarni bildiruvchi nuqtalarni aniqlash.

#### III. L.S.Goldfarb usuli haqida umumiy nazariy ma'lumotlar

Garmonik chiziqlantirilgan chiziqli tizimning  $K_N(p, A)+1=K(p)N(p, A)+1=0$  (24.1) tavsifli tenglamasi avtotebranishlarni aniqlash uchun qo'llanilishi mumkin. L.S.Goldfarb (24.1) ko'rinishdagi tenglamalarni  $K(j\omega)$  va  $N^{-1}(A)$  kabi tavsiflar yordamida grafo-analitik usul bilan qurish yo'lini kiritgan. Bu tavsiflarning kompleks tekislikda o'zaro joylashishlari ham tahlil qilinadi. Ushbu holatda nochiziqli elementning kompleks koeffitsiyenti chastotaga bog'liq emas, deb qabul qilinib olinadi. Bu muhit faqatgina ko'rsatilgan tipdagi, nochiziqilik bilan tavsiflanadigan tizimlar uchungina qo'llashni chegaralaydi. Ammo bunga o'xshash nochiziqilik amalda ko'p uchraydi.

r ni  $j\omega$  ga almashtirib, (24.1) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$K(j\omega)N(A) = -1$$

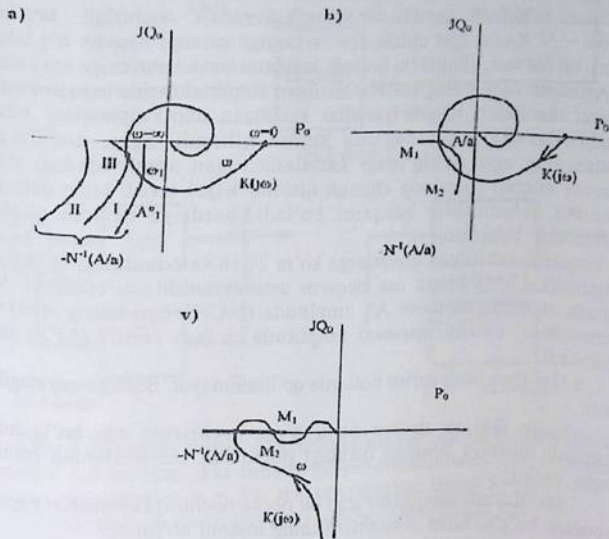
(24.2) ga asosan

yoki

$$K(j\omega) = N^{-1}(A) \quad (24.3)$$

$$N(A) = -K^{-1}(j\omega). \quad (24.4)$$

Keltirilgan ifodalardan qaysi biri qo'llanilishiga qarab yoki tizimning chiziqli qismini amplituda faza tavsifi  $K(j\omega)$  ni va manfiy ishorali teskari ekvivalent tavsifi  $N^{-1}(A/a)$  ni qurish kerak bo'ladi yoki tizimning chiziqli qismini manfiy teskari amplituda faza tavsifini  $-K^{-1}(j\omega)$  va NCHE ning garmonik chiziqlantirilgan ekvivalent tavsifi  $M(A)$  ni qurish lozim.



24.1- rasm

Aytganlarni (24.3) ifodaga qo'llab turib, L.S. Goldfarb usulining mohiyatini ko'rib chiqamiz. Agar,  $K(j\omega)$  va  $N^{-1}(A/a)$  egri chiziqlarni koordinata o'qlari bo'yicha bir xil mashtablarda koordinata tizimiga quradigan bo'lsak, ularni kesishish va kesishmasligiga qarab turib, avtotebranishlar bormi yoki yo'qmi xulosa qilish mumkin (24.1a-rasm).

$N(A/a)$  nochiziqni qurishda qulay bo'lishi uchun nisbiy birlikdan foydalanilsa, har ikkala egri chiziqlarning ham mashtablarini moslashtirish mumkin. Egri chiziqlarni kesishish nuqtalari (24.1) tenglamaning yechimiga mos keladi va tizimda avtotebranishlar borligini aniqlaydi (1-holat).

Agar egri chiziqlar kesishmasa (II holat) (24.1) tenglama yechimga ega emas va avtotebranishlarning bo'lishi mumkin emas. Bordi-yu, egri chiziqlar urinib o'tish nuqtasiga ega bo'lishsa, u holda tizim parametrlari chegaraviy holatni (III - holat) bildiradi.

Ayrim hollarda, bu egri chiziqlar, o'zaro ikki va undan ortiq nuqtalarda kesishib o'tishlari mumkin (24.1b-rasm).

Shuni ta'kidlash kerakki, bir ma'noli simmetrik nochiziqli tavsiflar uchun  $-N^{-1}(A/a)$  egri chiziq (24.1v-rasmga qarang) haqiqiy o'q bilan ustma-ust tushadi, chunki bu holatda mavhum tashkil etuvchiga ega emas.

Avtotebranishlarning kattalashtirilgan amplitudalarida barqaror yoki beqaror ekanliklari haqida (tavsiflar kesishgan nuqta qiymatlari bilan solishtirilganda) quyidagicha xulosa qilinadi: agar, nochiziqli elementning egri chizig'idagi kattalashtirilgan amplitudadagi mos keluvchi nuqtasi tizimning chiziqli qismini  $K(j\omega)$  tavsifi bilan qamrab olinmasa, tebranishlar barqaror bo'ladi, bordi-yu qamrab olinsa, tebranishlar beqarordir.

Yuqorida keltirilgan qoidalarga ko'ra 24.16 va v-rasmdagi  $M_2$  nuqta barqarorlikni,  $M_1$  nuqta esa beqaror avtotebranishlarni bildiradi.  $M_2$  nuqtada avtotebranishlarni  $A_1^0$  amplituda (NCHE egri chizig'idan) va chastotasi  $\omega_1$  chiziqli qismini amplituda - faza tavsifi (AFT) dan aniqlanadi.

L.S.Goldfarb usuli ayrim hollarda qo'llanilmaydi. Bularga quyidagilar kiradi:

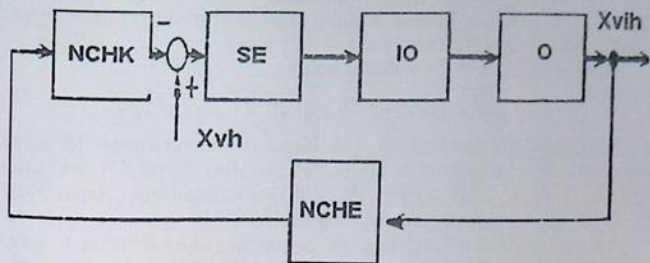
- tizim ikki va undan ortiq o'zgaruvchilarga ega bo'lganda, nochiziqli funktsiya ishorasi ostidagi nochiziqli elementlardan tashkil topgan bo'lsa;

- agar tizimda mavjud bo'lgan bir necha nochiziqli elementni yagona ekvivalent bo'g'in bilan almashtirishning imkoni bo'lmasa.

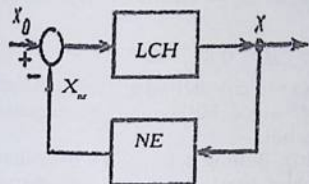
Bu usul, nazariyada ma'lum bo'lgan chiziqli uslublarni, nochiziqli tizimlarda avtotebranishlarni yuzaga keltirish yoki ularni bartaraf qilish maqsadida, chiziqli qismini korreksiyalashda qo'llash imkonini beradi. Bunda tizimning chiziqli qismi ham beqaror bo'lishi mumkin.

#### *IV. Laboratoriya ishini bajarish tartibi:*

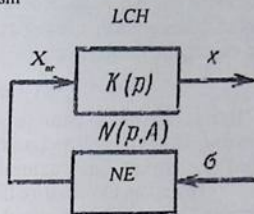
Ishni bajarish uchun nochiziqli elementga ega bo'lgan avtomat tizimni qabul qilamiz (24.2-rasm). Bu nochiziqli element asosiy signal o'tadigan zanjirga ketma-ket ulangan. Bu holda tuzilish sxemasini  $K(r)$  uzatish funksiyasiga ega bo'lgan chiziqli qismdan (CHQ) va  $u(y)$  tavsifli nochiziqli element (NCHE) ko'rinishida ifodalash mumkin. Bu sxema 24.3-rasmda ko'rsatilgan. Uni 24.4-ko'rinishda ifodalash mumkin.



24.2-rasm



24.3-rasm



24.4-rasm

Ishni konkretlashtiramiz. Nochiziqli element sifatida tizimda gisterzis tavsifiga ega bo'lgan ikki holatli (двухпозиционное) rele o'rnatilgan (sirtmoqning kengligi  $\alpha = \pm 1$ , rele chiqishidagi signal  $S = \pm 1$ ).

Tizimni chiziqli qismi quyidagi uzatish funksiyasiga ega:

$$K(p) = \frac{1}{p(p+1)(0,5p+1)X \rightarrow X(0,25p+1)(0,1p+1)}, \quad (24.5)$$

Garmonik chiziqlantirilgan releli elementning uzatish funksiyasi

$$N(p, A) = \frac{4S}{\pi A} \sqrt{1 - \frac{\alpha^2}{\pi A^2} - \frac{4Sa}{A^2 \omega} p}. \quad (24.6)$$

kabi. Bu yerda A-kirish signali,  $\omega$  - chastota.

Tizimning chiziqli qismini amplituda – faza tavsifi  $K(j\omega)$  ni (24.5) ga mos holda quramiz. Buning uchun  $p$  ni  $j\omega$  ga almashtiramiz. –  $N^{-1}(A)$  tavsifini esa (24.6) bo'yicha quramiz.

Agar  $\alpha = \pm 1$ ;  $S = \pm 1$  bo'lsa u holda

$$-N^{-1}(A) = -0,785 \sqrt{A^2 - 1 - j} \quad 0,785.$$

$K(j\omega)$  egri chizig'idagi  $-N^{-1}(A)$  tavsif bilan kesishgan  $M$  nuqta avtotebranishlar parametrini aniqlaydi. (24.5a-rasm):  $\omega_1 = 0,571/\text{sek}$  [ $K(j\omega)$  egri chizig'idan] va  $A_1^0 = 1,82 \left[ -N^{-1}(A) \right]$  tavsifidan yoki  $Rr(\omega) = -1,2 = -0,785 \sqrt{A^2 - 1}$  qiymatdan  $M$  nuqta uchun].

Agar releli element ideal tavsifga ega bo'lsa va  $\alpha=0$  bo'lsa u holda  $-N^{-1}(A) = -0,785 A$ . Shunga mos holda  $N^{-1}(A)$  tavsif  $\alpha=0$  manfiy haqiqiy yarim o'q bilan mos o'tadi. Bu holda, tizimda,  $M1$  kesishish nuqtasi bilan aniqlanadigan parametrlarga ega bo'lgan avtotebranishlar bor ekanligini aniqlaymiz:

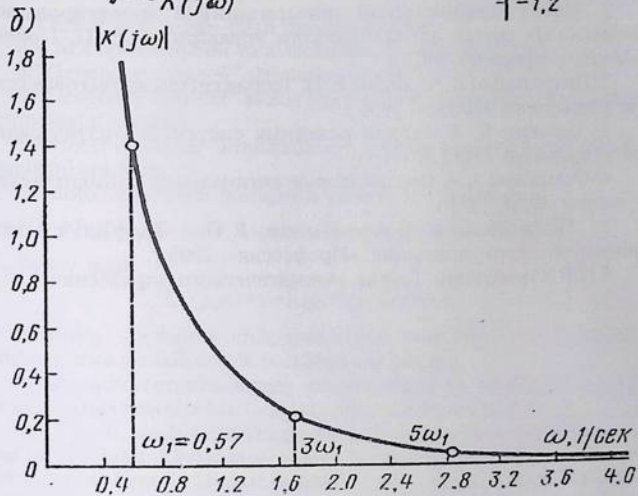
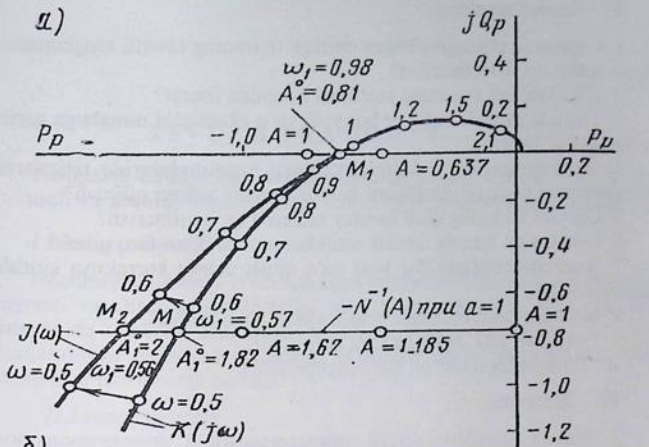
$$\omega_1 \quad 0,981 / \text{cek} \quad \text{va} \quad A_1^0 \quad 0,81.$$

Har ikkala holda ham ( $\alpha=1$ ) va ( $\alpha=0$  da) tizimdagi tebranishlar barqaror, chunki  $-N^{-1}(A)$  tavsiflarda  $A_1^0 + \Delta A$  bo'lganida, bu nuqtalar  $K(j\omega)$  egri chizig'i bilan qamrab olinmabdi.

Tizimdagi filtr shartini tekshiramiz. Buning uchun  $|K(j\omega)|$  tavsifini quramiz (24.5b-rasm). Noideal rele uchun ( $\alpha=1$ ) quyidagi qiymatlarni aniqlaymiz:  $|K(j\omega_1)| = 1,42$ ,  $|K(j\omega_2)| = 0,2$  va  $|K(j\omega_3)| = 0,05$ .

Ushbu tizimda juft garmonikalar yo'q, uchunchi garmonika amplitudasi esa 14 % ga teng ekanligini aniqlaymiz.

Ideal relega ega bo'linsa, ( $\alpha=0$ ), 3 chi garmonika amplitudasi 6,6 % ga tengdir.



24.5-рasm

## *VI. Nazorat savollari:*

1. Garmonik chiziqlantirilgan chiziqli tizimning tavsifli tenglamasini nima uchun qo'llash mumkin?
2. L.S.Goldfarb usulining mohiyati nimadan iborat?
3. Tizimda avtotebranishlar bor yoki yo'q ekanligini nimalarga qarab xulosa qilish mumkin?
4. Avtotebranishlarni kattalashtirilgan amplitudalarida tizimlarni barqaror yoki beqaror ekanliklari haqida qanday xulosa qilinadi?
5. L.S.Goldfarbning usuli qanday hollarda qo'llanilmaydi?
6. Ushbu usul fazaviy tekislik usulidan nimasi bilan farq qiladi?
7. Avtotebranishlarni bor yoki yo'q qilish uchun korreksiya kiritish mumkinmi?
8. M nuqta qaysi chiziqlar kelishuvidan hosil bo'ladi?
9. Tizimdagi filtr sharti nimani ko'rsatadi?
10. Tizimda ideal rele bo'lsa, nima bo'ladi?

## *VII. Adabiyotlar:*

1. Метод гармонической линеаризации в проектировании нелинейных систем автоматического управления. Е. П. Попов, «Машиностроение», 1970 г.
2. Подредакции В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. «Наука», 1966 г.
3. Цыпкин Я. З. Теория релейных систем автоматического регулирования. ГИТТЛ, 1955 г.
4. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических - систем, Ф.М., 1973 г.
5. Подредакции В.А., Попов Е.П., Теория систем автоматического управления. «Профессия», 2003 г.
6. П.В.Куропаткин, Теория автоматического управления.

## 25 - LABORATORIYA ISHI

Nochiziqli tizimlardagi avtotebranishlar parametrlarini YE.P.Popov usuli va absolut barqarorlikni V.M.Popov mezonini orqali aniqlash

### *I. Ishning maqsadi:*

Nochiziqli tizimlarda o'rin tutadigan avtotebranishlarning amplitudasini qiymati va chastotasini kattaligi muhim rol o'ynaydi. Ishni bajarish jarayonida talabalar shu avtotebranishlar parametrlarini aniqlash va barqarorlikka tekshirish usullarini o'rganish orqali nazariy bilimlarini mustahkamlashi kerak bo'ladi.

### *II. Ishning vazifasi:*

1. YE.P.Popov uslubi bilan tanishib chiqish.
2. V.M.Popov uslubini va avtomatikadagi o'rnini aniqlash.
3. "Generator-dvigatel" tizimidagi astatik tizimni tadqiqot qilish.
4. "Generator-dvigatel" astatik tizimida avtotebranishlar paydo bo'lish ehtimolligini aniqlash.
5. Avtotebranishlar amplitudasini qanday parametrlarga bog'liq ekanligini aniqlash.
6. Avtotebranishlarni boshqarish yo'llarini o'rganish.

### *III. YE.P.Popov usuli haqida umumiy nazariy ma'lumotlar*

Popov usuli

$$K_N(p,A)+1=K(p)N(p,A)+1=0 \quad (25.1)$$

ko'rinishdagi garmonik chiziqlantirilgan berk tizimlarning tavsifiy tenglamalarini analitik usulda yechishga asoslangan.

Bunda avtotebranishlarning amplitudasini va chastotasini tizim parametrlariga bevosita bog'liqligini aniqlovchi formulalar topiladi. YE. P. Popov usuli, nochiziqlikka ega bo'lgan nochiziqli tizimlarni va  $\omega$  ga bog'liq bo'lgan ekvivalent tavsif  $N(j\omega, A)$  larni, tadqiqot qilish imkoniyatini beradi. Undan tashqari, ushbu uslub chiziqli inersiyali bo'g'inlar bilan ajratilgan, bir necha nochiziqlikka ega bo'lgan NCHAT-larni tadqiqot qilishga qulay.

(25.1)ni  $K(r)$  ifodani hisobga olgan holda yozamiz:

$$\frac{B(p)}{A(p)} N((p, A) + 1) = 0$$

yoki

$$A(p) + B(p)N(p, A) = 0 \quad (25.2)$$

bir muncha murakkab hollarda, masalan, ikkita noxiziq element bor bo'lganda (25.2) tarkibida  $N_1(P, A)$  va  $N_2(R, A)$  bo'ladi.

**Avtotebranishlar parametrlarini aniqlash.** (25.2) ning yechimi, tizimning taxminan sinusida  $x = A_5 \sin \omega t$  ko'rinishidagi avtotebranishlariga mos kelishligi uchun ikkita mavhum ildizi  $p = \pm j\omega$  ni bo'lishligi lozim. (25.2) o'rniga  $p = j\omega$  ni hisobga olgan holda, avtotebranishlarning o'zgarish chastotasi ( $\omega = \omega_0$ ) da, deyarli chiziq bo'lgan tenglamani yozamiz

$$A(j\omega) + B(j\omega)N(j\omega, A) = 0 \quad (25.3)$$

haqiqiy va mavhum qismlarini ajratib,

$$X(A, \omega) + jY(A, \omega) = 0 \quad (25.4)$$

ni olamiz.

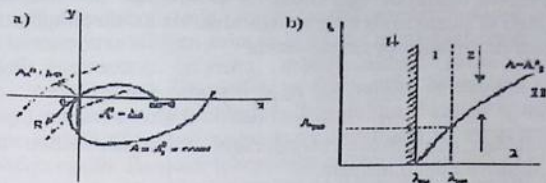
(25.4) tenglik haqiqiy va mavhum qismlari nolga teng bo'lganda

$$\left. \begin{aligned} X(A, \omega) &= 0; \\ Y(A, \omega) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (25.5)$$

qanoatlantiriladi.

Ikkita noma'lum  $A$  va  $\omega$  ga ega bo'lgan (25.5) tenglamada avtotebranishlar parametrlarini topish imkoniyati bo'ladi. Agar aniqlangan  $A^*$ , va  $\omega$  qiymatlar, haqiqiy va musbat bo'lsa, tizimda avtotebranishlar bo'lishi kutiladi. Shu (25.5) tenglama  $A$  va  $\omega$  ni tizim parametrga bog'liqligini aniqlovchi formulalarni olish imkoniyatini beradi.

Avtotebranishlarning parametrini topish uchun to'g'ri burchakli  $X$  va  $U$  koordinatalar sistemasida, bir nechta noxiziq (25.5) ga asoslangan holni  $A_1 = \text{const}$  deb qabul qilib olib chastotasi  $\omega$  0 dan  $\infty$  gacha o'zgartirib, qurish mumkin. Koordinatalar boshidan, (25.5) tenglik bajarilganda o'tgan noxiziq, amplituda  $A^*$  va chastota  $\omega_1$  ni koordinata boshidagi nuqta uchun aniqlaydi (25.1a-rasm).



25.1 – rasm

Bunda Mixaylov mezoni bo'yicha nohiziqli ( $n-1$ ) koordinatadan o'tishi kerak.

Ko'rsatilgan usullar, nohiziqli tizim tarkibida kechikuvchi bo'g'inlar bo'lgan hollarda ham qo'llanilishi mumkin.

Avtotebranishlar parametrlarini aniqlagach, bu tebranishlarni barqaror ekanliklarini tekshirish kerak. Buning uchun garmonik chiziqlantirilgan differensial tenglamani kichik og'ishlar uchun tuzamiz. Yangi o'zgaruvchi  $x = x^* + \Delta x$  ni kiritamiz. Bu yerda  $x^* = A^* \sin \omega_1 t$  va (25.5) ga asosan, o'zgarishlar tenglamasini yozamiz:

$$A(\rho) \Delta x + B(\rho) \left[ \left( \frac{\partial N}{\partial x} \right)^* \Delta x + \left( \frac{\partial N}{\partial p x} \right)^* p \Delta x \right] = 0 \quad (25.6)$$

bu yerda «\*» belgi, hosila olingandan so'ng  $x^* = A^* \sin \omega_1 t$  ni qo'yish kerakligini bildiradi.

Keyin (25.6) bo'yicha barqarorlik tekshiriladi. Ammo (25.6) davriy ravishda o'zgarib turuvchi koeffitsiyentlarga ega bo'lib, ular xususiy hosilalar orqali aniqlanadi. Bunday tenglamani A.M. Lyapunovning usuli orqali yechish kerak bo'lib, u qiyin va ko'pincha nihoyasiga yetib bo'lmaydi.

Tebranishlarning barqarorligini aniqlash uchun Mixaylov mezonidan foydalanish kerak. Agar (25.4) bo'yicha koordinatalar boshidan o'tadigan egri chiziq qurilgan bo'lsa, u holda bu egri chiziqning amplitudasini qiymati avtotebranishlar amplitudasi  $A^0$  ning qiymatiga mos keladi. Amplitudaga kichikroq ortirma ( $A^0 \pm \Delta a$ ) beraylik. U holda (25.4) ni koeffitsiyentlari o'zgaradi va nohiziqli koordinatalar boshidan o'tmaydi. Agar oxirgisi barqaror tizimga taalluqli bo'lsa, tebranishlar barqarordir.

Agar  $A^0$  va  $\omega_1$  davriy yechimlarining ko'rsatkichlari, egri chiziqni qurishda koordinatalar tizimi X va U dan aniqlangan bo'lsa, bu ko'rsatib o'tilgan usul ancha qulay.

Bordi-yu, Mixaylov egri chizig'ini O nuqtaga nisbatan siljishini amplituda va chastotaning kichik o'zgarishlarida ko'rib chiqilsa, u holda vektorlar orttirmasiga asoslangan holda

$$\left(\frac{\partial x}{\partial A}\right)'; \left(\frac{\partial y}{\partial \omega}\right)' - \left(\frac{\partial x}{\partial \omega}\right)'; \left(\frac{\partial y}{\partial A}\right)' > 0 \quad (25.7)$$

ko'rinishidagi tengsizlikning barqarorligini tekshirish uchun umumiy shart sifatida olishimiz mumkin.

Bu yerda «'» belgi shuni ko'rsatadiki, xususiy hosilalar olib bo'lingach, davriy yechimlar uchun olingan  $A^*$  va  $\omega_1$  (avtotebranishlar parametrlarini) qiymatlari A va  $\omega$  o'rniga qo'yish kerak bo'ladi.

$$|K_N(j\omega, A)| = 1;$$

$$\arg K_N(j\omega, A) = -\pi$$

ekanligidan foydalanib, avtotebranishlarning amplitudasi va chastotasi (25.1b—rasm) tebranishlarning barqarorligi quyidagicha aniqlanadi.

Agar amplituda  $\Delta\alpha$  kattalikka ortsa, barqarorlik shartlari qanoatlantiriladi, tebranishlar so'nadi, bordi-yu barqarorlik ta'minlanmasa tebranishlar ortib boradi, tarqaladi.

Xuddi shu tarzda, AFTning egri chiziqlarini qurishda, tebranishlar barqarorligini aniqlash mumkin (25.1a—rasmga qarang). Shunday qilib, barqaror tebranishlarga ega bo'lish uchun, ochiq tizimning chastota tavsiflarida chegaraviy holat aniqlangach,  $\Delta\alpha > 0$  bo'lganda Naykvist barqarorlik mezoni qanoatlantirilishi,  $\Delta\alpha < 0$  esa qanoatlantirmasligi zarur.

**Barqarorlik sohalarini ajratish.** Ko'pchilik hollarda avtomat tizimlarni shunday qurish talab qilinadiki, unda avtotebranish bo'lmasligi va tizimning muvozanat holati ta'minlanmog'i kerak.

Nochiziqlikni ko'rib chiqishda, ko'zda tutilmagan oraliq chiziqli tizim, barqaror bo'lishi kerak.

Nochiziqli tizimlar tadqiqot qilinganda, tebranishlar barqarorligini va barqarorlik sohalarini aniqlashni umumlashtirish mumkin.

Endi tizimning qandaydir  $\lambda$  parametri avtotebranishlar va tebranishlar yo'q bo'lgan soha chegaralariga qanday ta'sir ko'rsatishini baholaylik. Buning uchun (25.3) dan ikkita tenglama olamiz.

$$X(A, \omega, \lambda) = 0; Y(A, \omega, \lambda) = 0$$

va ular orqali

$$A = f(\lambda) \quad (25.8)$$

bog'liqlikni aniqlaymiz.

(25.8) bo'yicha  $\lambda$  ning turli qiymatlarida  $A^*$  ning qiymatlari uchun egri chiziqni quramiz. Faraz qilaylik, qandaydir nochizikli tizim uchun tebranishlar bo'lgan soha va  $\lambda_{kr}$ —kritik nuqta bilan chegaralangan qandaydir parametr  $\lambda$  bo'yicha avtotebranishlar sohasi ajratilgan bo'lsin. Amplitudani parametr  $\pi$  ga bog'liqligini ko'rsatilgan (25.1v—rasmdagi) yagona davriy yechimi topilgan bo'lsin. Bu grafik  $\lambda_{kr}$  qiymatda barqaror ishlash (I—soha) chegarasiga (I—chiziq) va avtotebranishlar (II—soha)ga egadir. Barqaror tebranishlar egri chizig'i bo'yicha ikkita kichik soha ko'rsatiladi: ( $A < A^*$ , da) tarqaluvchi tebranishlar va ( $A > A^*$ ) da so'nuvchi tebranishlar. Tarqaluvchi tebranishlar kichik sohasida ko'rsatkich amplitudaning o'sishini ko'rsatadi, so'nayotgan tebranishlar kichik sohasida esa amplitudaning yo'qolib borishini bildiradi. Barqaror tebranishlarda, har ikkala jarayon bitta amplitudasi  $A^*$  va chastotasi  $\omega$  bo'lgan yagona qiymatga intilib, bunda  $\lambda > \lambda_{kr}$  o'rinlidir (25.1b—rasm). Barqaror muvozanat sohasida,  $\lambda > \lambda_{kr}$  uchun ko'rsatkich,  $A$  ning har qanday boshlang'ich qiymatlarida amplitudaning so'nib borishini ko'rsatadi. Agar amplituda ruxsat etilgan qiymati  $A_{nux}$  dan ortib ketmasa, avtotebranishlar sohasida barqarorlikning xavfsiz chegarasi (2 shtrix chiziq) ko'rsatilishi mumkin. Agar  $\lambda > \lambda_{kr}$  da avtotebranishlar amplitudasi  $A > A_{nux}$  bo'lsa, u holda avtotebranishlar xavfli bo'lib, amalda beqarorlikka yuz tutadi. Ko'rsatilgan avtotebranishlarning xavfli va xavfsiz chegarasidan kelib chiqqan holda  $\lambda > \lambda_k$  bo'lgan  $A_{nux}$  gacha avtotebranishli tizimlarning amaldagi barqarorligi tushuncha kiritilgandir [5].

### *IIIa. Nochizikli tizimlarning absolut barqarorligini V.M.Popov usulida tekshirish*

**Absolut barqarorlik** deb, ma'lum bir sinfga taalluqli bo'lgan, har qanday nochizikli tavsifli, boshlang'ich og'ishlarda barqaror bo'lgan tizimga aytiladi [3,5]. V.M.Popov usuli nochizikli tizimlarning absolut barqarorligini chastotali uslublar bilan aniqlash uchun ishlatiladi.

Faraz qilaylik, tizimning chiziqli qismini chastota funksiyasi  $K_{ch}(j\omega)$  aniq bo'lsin va berilgan sohada erkin joylashgan nochizikli tavsif  $\varphi(\alpha)$  ning qandaydir oraliq qiymati bo'lgan parametrlar ham berilgan bo'lsin. Bu holda

$$\sigma \neq 0 \text{ da} \quad 0 \leq \frac{\varphi(\sigma)}{\sigma} \leq k;$$

$$\varphi(0) = 0$$

shartlarni qanoatlantiruvchi har qanday  $\varphi(\alpha)$  tavsif uchun berilgan tizimda absolut barqarorlik o'rin tutadimi yo'qmi aniqlash kerak bo'ladi.

V.M.Popov tomonidan nohiziqli tizimlarning absolut barqarorligini aniqlash uchun quyidagi chastotali uslub tavsiya etilgan: nohiziqli tizim absolut barqaror bo'lishligi uchun berilgan  $K_{ch}(j\omega)$  va  $k$  ning qiymatlarida shunday oxirgi haqiqiy qiymat mavjud bo'lsinki, unda barcha  $\omega \geq 0$  uchun

$$\operatorname{Re}[(1 + jq\omega)K_{ch}(j\omega)] + \frac{1}{0} > 0. \quad (25.9)$$

tengsizlik kanoatlantirilgan bo'lsin.

(25.9) dagi birinchi qo'shiluvchini o'zgartirish mumkin:

$$\operatorname{Re}[(1 + jq\omega)K_{ch}(j\omega)] = \operatorname{Re}[K_{ch}(j\omega) - q\omega I_m K_{ch}(j\omega)] = X = qY,$$

bu yerda

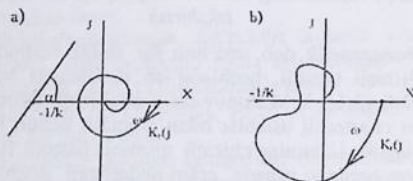
$$X = \operatorname{Re}[K_{ch}(j\omega)]; \quad Y = \omega I_m [K_{ch}(j\omega)].$$

Shunday qilib, (25.9) ning o'rniga

$$X = qY + \frac{1}{k} > 0 \quad (25.10)$$

ga ega bo'lamiz.

$X = qY + \frac{1}{k} > 0$  tenglama - burchak koefitsiyent  $1/q$  ga teng bo'lgan, haqiqiy absissa o'qida  $-1/k$  ga teng bo'lgan nuqtadan o'tadigan to'g'ri chiziq tenglamasidir (25.2a - rasm).



25.2-rasm.

V.M.Popov mezonini qulay geometrik sharhga ega: *nohiziqli tizim absolut barqaror bo'lishligi uchun,  $K_{ch}^*(j\omega) = X + jY$  tekislikda absissa haqiqiy o'qdagi  $-1/k$  nuqtadan to'g'ri chiziq o'tkazilganda,  $K_{ch}^*(j\omega)$  chastota tavsifi bu chiziqning o'ng tomonida yotishi shart (25.2a-rasm). Shakli o'zgartirilgan  $K_{ch}^*(j\omega)$  chastota tavsifi  $K_{ch}(j\omega)$  tavsifga quyidagi tengliklar bilan bog'langan:*

$$\operatorname{Re} [K_{ch}^*(j\omega)] = \operatorname{Re} [K_{ch}(j\omega)];$$

$$\operatorname{Im} [K_{ch}^*(j\omega)] = \omega \operatorname{Im} [K_{ch}(j\omega)]$$

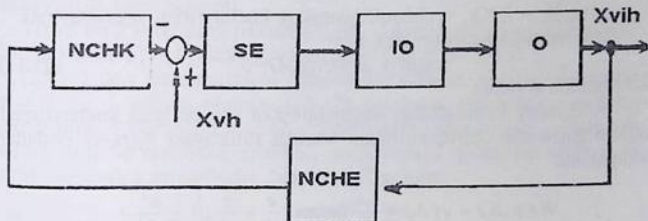
V.M.Popovning aniqlashicha (25.9) tengsizlik ham  $k > \infty$  da ham barqarorlik uchun yetarli shart bo'lib xizmat qilar ekan.

Shunday qilib, V.M.Popovning absolut barqarorlik uslubi bo'yicha tizimning barqarorligini tekshirish uchun  $K_{ch}^*(j\omega)$  chastota tavsifining shakli o'zgargan chizmasini chizishi,  $0 \leq \varphi(\sigma)/\sigma \leq k$  shartga ko'ra  $k$  ni aniqlash, hamda  $-1/k$  nuqtadan to'g'ri chiziq o'tkazish kerak. Egri chiziq shunday to'g'ri chiziqning o'ng tomonida yotsa tizim *barqaror*, bordi-yu kesishmaydigan holda to'g'ri chiziq o'tkazib bo'lmasa, tizim *beqaror* bo'ladi.  $q$  kattalik burchak koeffitsiyenti bilan bog'liq bo'lib, u (25.9) orqali shunday aniqlanadiki, bunda tizimning absolut barqarorligi sharti qanoatlanishi uchun tengsizlik barcha chastotalari uchun ham rioya qilinishi kerak.

V.M.Popovning mezoni tizimning chiziqli qismi uchun chastota tavsifini qo'llaydi, shuning uchun amalda chastota tavsifi bo'yicha tizimning absolut barqarorligini tekshirishda qo'llaniladi.

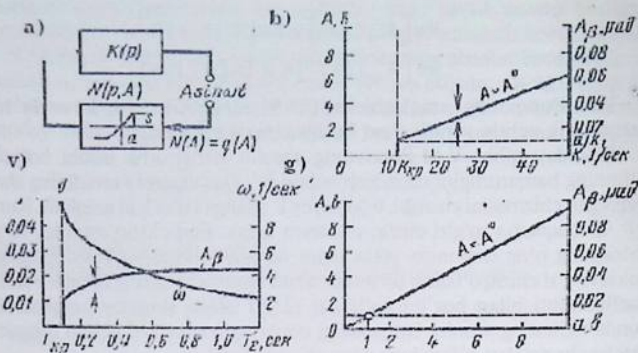
#### IV. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

«Generator-dvigatel» tizimidagi o'zgarmas tok yuritmal, potensiometr o'zgartirgichli, elektron kuchaytirgichga ega bo'lgan astatik tizimni (25.3-rasmga qarang) tadqiqot qilamiz. Tizimning ishlash qoidasini ko'rsatuvchi sxemani keltirib o'tirmay, uning ushbu tuzilish sxemasi bilan chegaralanamiz.



25.3-rasm.

Tizimning erkin harakati ( $\alpha_0 = 0$ ) ni garmonik chiziqlantirish uslubida tekshiramiz. Bunda nochiziqli kuchaytirgich  $\varphi(\sigma)$  ning kirishida  $A \sin \omega t$  (25.4a-rasm) ko'rinishidagi sinusoidal signal mavjud deb qabul qilamiz.



25.4-rasm

Chiziqli qism inersiyali bo'lganligi tufayli (vaqt doimiylari  $T_1$  va  $T_2$  ahamiyatga molik, ya'ni katta), tizim filt xususiyatiga ega.

Tadqiqotlarimiz asosida chiziqli qismga va to'yinishga ega bo'lgan nochiziqli tavsifli kuchaytirgich tarkibiga kirgan berk tizimda avtotebranishlar paydo bo'lishi ehtimolligini aniqlash yotadi (23-laboratoriya ishidagi 23.2-rasmni qarang!).

Berilgan tuzilish sxemasi asosida (25.4-rasm) tizimning chiziqli qismini uzatish funksiyasi

$$K(p) = Kl \left[ p(1 + T_1 p) \cdot (1 + T_2 p) \right] = B(p) | A(p) \quad (25.11)$$

bu yerda,  $K_1 = k_1 k_2 k_3$  — chiziqli qismning kuchaytirish koeffitsiyenti.

Berk tizimni tavsifiy tenglamasini

$$A(p) + B(p)N(p,A) = 0 \quad (25.11)$$

ko'rinishida yozamiz.

Bunday ko'rinishdagi nochiziqilikka ega bo'lgan kuchaytirgich uchun garmonik chiziqilantirilgan uzatish funksiyasi  $N(p,A)$  ifodadan aniqlanadi:

$$N(p, A) = q(A) = \frac{2k}{\pi} \left( \arcsin \frac{a}{A} + \frac{a}{A} \sqrt{1 - \frac{a^2}{A^2}} \right) \quad (25.12)$$

Shuning uchun (25.12) ning o'rniga,  $N(p,A)=q(A)$  ekanligini hisobga olib,

$$T_1 T_2 p^3 + (T_1 + T_2) p^2 + p + Klq(A=0) \quad (25.13)$$

ga ega bo'lamiz.

bu ni  $\omega$  ga almashtirib va haqiqiy hamda mavhum qismlarini ajratib olgach, tebranishlar amplitudasini va chastotasini aniqlaydigan ikkita tenglamani yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} X(A, \omega) &= \frac{2k_y K_1}{\pi} \left( \arcsin \frac{a}{A} + \frac{a}{A} \sqrt{1 - \frac{a^2}{A^2}} \right) - (T_1 + T_2) \omega^2 = 0; \\ Y(A, \omega) &= \omega - T_1 T_2 \omega^2 = 1 - T_1 T_2 \omega^2 = 0, \end{aligned} \right\} (25.15)$$

bu yerda  $k_y = S/a - \alpha$  chiziqli qism oralig'idagi kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti.

(25.15) ni ikkinchi tenglamasidan avtotebranishlar chastotasini aniqlaymiz

$$\omega_1 \approx 1 / \sqrt{T_1 T_2}. \quad (25.16)$$

Shunday qilib, ushbu holda, avtotebranishlar chastotasi faqatgina vaqt doimiysiga bog'liq va chiziqilik oralig'i  $\alpha$  da bo'lganlarni kuchaytirish koeffitsiyentlariga bog'liq emas.

(25.16) ni (25.15) ning birinchi tenglamasidagi  $\omega$  ning o'rniga qo'yib, davriy yechimlar amplitudasini tizim parametrlari bilan bog'lovchi formula

$$\frac{2K}{\pi} \left( \arcsin \frac{a}{A} + \frac{a}{A} \sqrt{1 - \frac{a^2}{A^2}} \right) - \frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2} = 0 \quad (25.17)$$

ega bo'lamiz.

Oxirgi ifodada  $K = K_1 k_y$  - chiziqli kuchaytirgichli ochiq tizimning kuchaytirish koeffitsiyenti.

Tizim bo'g'inlarining parametrlarini quyidagicha qabul qilib olamiz:  $K = 201/\text{sek}$ ;  $T_1 = 0,1\text{sek}$ ;  $T_2 = 1\text{sek}$ ;  $\alpha = 1\text{v}$ ;  $k_1 = 100 \text{v/rad}$ .

(25.16) dan parametrlarni qabul qilib olingan qiymatlari bo'yicha  $\omega_1 = 3 \cdot 16 \text{ 1/sek}$  ni olamiz. (25.17) tenglama amplitudaga nisbatan transsident bo'lganligi uchun, amplitudani qandaydir parametrga bog'liqligini ko'rsatuvchi grafikni, amplitudaga qiymatlar berib turib, qurish maqsadga muvofiqdir. Masalan,  $K$  uchun:

$$K = \frac{\pi(T_1 + T_2)}{2T_1 T_2 \left( \arcsin \frac{a}{A} + \frac{a}{A} \sqrt{1 - \frac{a^2}{A^2}} \right)}. \quad (25.18)$$

25.4b-rasmda avtotebranishlar amplitudasi  $A$  ni parametr  $K$  ga bog'liqligi grafigi keltirilgan. Agar kuchaytirgich to'yinishga ega bo'lmasa, (15.16) ning birinchi qo'shiluvchisi  $K_{kr}$  ga teng bo'ladi, shuning uchun

$$K_{kr} - \frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2} = 0 \quad \text{yoki} \quad K_{kp} = 11 \text{ l/sek.}$$

Xuddi shunday ( $\alpha = A$ ) chegaraviy hol uchun (25.18) dan

$$K_{cr} = \frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2} = 11 \text{ l/sek.}$$

ni olamiz, ya'ni  $K_{kr} = K_{kp} = 11 \text{ l/sek}$  bo'lganida kuchaytirgichning kirishida garmonik tebranishlar amplitudasi  $A_1^0 = \alpha = 1$  ga teng.  $K > K_{kp}$  bo'lsa, chiziqli tizimda tarqaluvchi tebranishlar yuzaga keladi (beqaror tizim). Kuchaytirgich  $K > K_{kr}$  da to'yinishga yuz tutish tufayli, tizimda chegaralangan amplitudaga ega bo'lgan va chastotasi  $\omega_1 = 3,16 \text{ l/sek}$  ga teng hamda  $K$  ga bog'liq bo'lmagan avtotebranishlar o'rin oladi.

$K > K_{kr}$  da paydo bo'ladigan tebranishlar tarqarorligini tekshiramiz. Buning uchun (25.6) va (25.15) lardan foydalanamiz:

$$\left( \frac{\partial X}{\partial A} \right)' = K_A \left[ \frac{\partial q(A)}{\partial A} \right]'$$

$A < \alpha$  bo'lganida  $(dX/dA)' = 0$ ,  $A > \alpha$  da esa  $(dX/dA)' < 0$ , chunki berilgan chiziqning  $q(A)$  grafigidan  $[dq(A)/dA] < 0$ .

$$\left( \frac{\partial Y}{\partial A} \right)' = 0; \quad \left( \frac{\partial X}{\partial \omega} \right)' = -2\omega_1 (T_1 + T_2) < 0;$$

$$\left( \frac{\partial Y}{\partial \omega} \right)' = 1 - 3\omega_1^2 T_1 T_2 = 1 - 3 \frac{T_1 T_2}{T_1 T_2} = -2 < 0.$$

bundan [(25.6)ni qarang]:

$$-2K_A \left[ \frac{\partial q(A)}{\partial A} \right]' - 0 > 0,$$

chunki,

$$\frac{\partial q(A)}{\partial A} < 0.$$

Shunday qilib, (25.6) shart ta'minlanadi va  $K > K_{kr}$  da tebranishlar barqarordir. Bu  $A_1^0 = f(K)$  egri chizig'ida (25.4-rasmga qarang) strelka bilan ko'rsatilgan. Barqaror muvozanat holatlar, sohasi  $K = K_{kr}$  bo'lganidagi absissa o'qidagi nuqtadan o'tadigan shtrix chiziqlar orqali, aniqlanadi.  $K = K_{kr}$  da, boshlang'ich og'ishlarning amplitudasiga bog'liq bo'lmagan holda, tizim barqaror va avtotebranishlar bo'lmaydi.

$K = K_{kr}$  va  $A < A_1^0$  da tarqaluvchi tebranishlar paydo bo'ladi va amplitudasi  $A_1^0$  va  $\omega_1$  bo'lgan avtotebranishlar vujudga keladi.

$K = 20$  1/sek berilgan qiymatda amplitudasi  $A_1^0 = 2,2$  v bo'lgan hamda chastotasi  $\omega_1 = 3,16$  1/sek li avtotebranishlar o'rin tutadi. Boshqarilayotgan obyektning kirishidagi dvigatel valining avtotebranishlarini amplitudasi

$$A_p = A / k_1, \quad (25.19)$$

formulani qayta hisoblash natijasida aniqlanadi (25.3 rasmni qarang!).

Parametrlar berilgan bo'lsa,  $A_p = 0,022$  rad, tizimning har qanday joyidagi avtotebranishlar chastotasi  $\omega_1 = 3,16$  1/sek. ga teng.

(25.16), (25.18) va (28.19) formulalar asosida avtotebranishlarning amplitudasi  $A_p$  va chastotasi  $\omega_1$  ni vaqt doimiysi  $T_2$  ga bog'liqligi grafigini va chiziqli qism 6 oraliq'ini parametrlarning boshqa qiymatlarini hisobga olib qurish mumkin (25.4 v va g rasmlar).

Bajargan ishlarimizdan ko'rinib turibdiki, tizimni ishlashi muvozanatlashgan avtotebranishlar rejimida ham bo'lishi mumkin va avtotebranishsiz barqaror rejimda ham bo'lishi mumkin. Avtotebranishlar amplitudasini kamaytirishga kuchaytirish koeffitsiyenti  $K_{ni}$ , vaqt doimiylari  $T_1$  va  $T_2$  ni tavsif  $\alpha$  ni chiziqli qisimlarini kamaytirish orqali erishish mumkin. Avtotebranishlar chastotasi  $\omega_1$  faqat  $T_1$  va  $T_2$  o'zgarandagina o'zgarishi mumkin. Avtotebranishlarni kuchaytirish koeffitsiyentini va vaqt doimiylarini pasaytirish yo'li bilan bartaraf etilishi mumkin.

Xulosa qilib shuni aytishimiz mumkinki, xuddi shunday usulda har qanday nochiziqli avtomat tizimni tadqiqot qilish mumkin: nochiziqli tavsiflarning har qanday ko'rinishlarida nosimmetrik avtotebranishlarni aniqlashni amalga oshirsa bo'ladi.

#### V. Hisobot shakli

1. Laboratoriya ishi yo'riqnomasi.
2. Tadqiqot qilinayotgan tizim tavsiflari.
3. Ish natijaari bo'yicha qilingan xulosalar.

## *VI. Nazorat savollari:*

1. YE.P. Popov usuli nimaga asoslangan?
2. YE.P. Popov usulida qanaqa formulalar topiladi?
3. Avtotebranishlar parametrlari qanday aniqlanadi?
4. YE.P. Popov usulida Mixaylov barqarorlik mezonlaridan nima maqsadda foydalaniladi?
5. Barqarorlik sohalarini ajratish qanday amalga oshiriladi?
6. Absolut barqarorlik deb nimaga aytiladi?
7. V.M. Popov tomonidan nochiziqli tizimlarning absolut barqarorligini aniqlash uchun qanday uslub tavsiya etilgan?
8. V.M. Popov mezonini sharhlab bering.
9. YE.P. Popov va V.M. Popovlar uslublari o'rtasidagi farqlarni tushuntirib bering.
10. Ko'rsatilgan uslublar qayerda va nima maqsadlarda qo'llanilishini aytib bering.

## *VII. Adabiyotlar:*

1. Ляпунов А. М. Собрание сочинений, т.2. ССРИ ФА, 1956 г.
2. Метод гармонической линеаризации в проектировании нелинейных систем автоматического управления. Подредакции Е. П. Попова, «Машиностроение», 1970 г.
3. Подредакции В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. «Наука», 1966 г.
4. Цыпкин Я. З. Теория релейных систем автоматического регулирования. ГИТТЛ, 1955 г.
5. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических - систем, Ф.М, 1973 г.
6. Подредакции В.А., Попов Е.П., Теория систем автоматического управления. «Профессия», 2003 г.

## 26 - LABORATORIYA ISHI

### Optimal avtomat tizim rostagichini sintezlash

#### *I. Ishning maqsadi:*

Rostlash va boshqarish jarayonini amalga oshiruvchi avtomat tizimlar tomonidan ishning optimal holatlarini ta'minlovchi tizimlarni talabalarga o'rgatishdan hamda shunday tizimlarni tadqiqot qilishdan iborat. Optimal avtomat tizimi sintezi amalga oshirilmog'i lozim.

#### *II. Ishning vazifasi:*

Yer sun'iy yo'ldoshining harakati timsolida, uni belgilangan trayektoriya bo'ylab aylanish jarayonida yuz berishi mumkin bo'lgan og'ishlarda, meyorlashtirilgan muvozanat holatiga eng optimal vaqt ichida chiqishini ta'minlashga erishish yo'l-yo'riqlarini talabalarga laboratoriya ishini bajarish orqali o'rgatib, olgan nazariy bilimlarini mustahkamlashdan iborat.

#### *III. Optimal va o'z-o'zini sozlovchi avtomat tizimlar haqida tushunchalar*

Avtomatik boshqarish nazariyasi va amaliyotining keyinchalik taraqqiy etishi, albatta tizimlarning oraliq imkoniyatlari va qandaydir eng yaxshi (optimal) texnik iqtisodiy ko'rsatkichga ega bo'lgan tizimlarni qurish yo'llari bilan bog'liqdir.

Ushbu ishda sodda ko'rinishdagi optimal tizimlar hamda o'z-o'zini sozlash xususiyatiga ega bo'lgan bir muncha murakkab optimal tizimlar ko'rib chiqiladi.

Sodda optimal tizimlarda berilgan sifat mezonini *determinashtirilgan* signallarda va obyektning o'zgarish parametrlarida ta'minlanadi. Berilgan sifat mezonida tizimning parametrlarini avtomatik ravishda o'zgartirish, tasodifiy signallarda tuzilishini almashtirish, o'zgaruvchan parametrlarda, obyekt tavsiflarida ta'minlash *o'z-o'zini sozlovchi* avtomat tizimlarda amalga oshiriladi.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlarni, optimal tizimlarning keyingi rivojlangan ko'rinishi, deb qaralsa to'g'ri bo'ladi, chunki optimallik ko'rsatkichlari, turli xil tashqi ta'sirlarda, o'z-o'zini sozlovchi elementlar tomonidan ta'minlanadi.

Berilgan ish sharoitlarida va ma'lum bir chegaranishlarida eng yaxshi sifat ko'rsatkichiga ega bo'lgan avtomat tizim *optimal tizim* deb ataladi. Optimal tizimlarni olishning ikki usuli mavjud. Birinchi usulda tizimning tuzilishi ma'lum bo'lib, berilgan optimallik mezonini ta'minlaydigan sonli parametrlarning optimal qiymatini topish kerak bo'ladi. Ikkinchi usulda esa, tizim to'la-to'kis noma'lum bo'lib, uning tuzilishi va parametrlarini aynan berilgan sifat talabiga javob beruvchi optimal qiymatlari aniqlanadi (tizim sintezi).

Ko'pincha, amalda tizimning sifatini unchalik yomonlashtirmay turib, uni optimal parametrlari qiymatidan anchagina og'ishga yo'l qo'yish mumkin. Bunda yoki tizimning optimal tuzilishi sintez qilinganda, obyekt dinamikasining dastlabki tenglamasi soddalashtiriladi yoki obyektning dastlabki tenglamasi yechilgach, olingan tuzilish sxemasi soddalashtiriladi. Bu esa konstruktorga eng muhim talablardan bo'lgan ishonchlilikni va oddiylikni ta'minlash doirasi ichidagi har qanday oraliqda parametrlarini va tuzilishini o'zgartirish imkoniyatini beradi. Bunday yo'l bilan olingan tizimlar optimallikka yaqin bo'lganliklari sababli *kvazi-optimal tizimlar* deb ataldi.

### *IIIa. Avtomat tizimlarning optimallik ko'rsatkichlari*

Avtomat tizimlarning statik va dinamik tavsiflarini yaxshilash masalasi avtomatik boshqarish nazariyotining barcha taraqqiyot etapida eng muhim va asosiy masala bo'lib kelgan. Ammo optimal tizimlarni ro'yobga chiqarish uchun zarur bo'lgan masalalar esa optimallik mezoni haqidagi tushuncha aniq belgilangach va u tizim ishi sifatining tavsiflanishiga to'la ishonch hosil qilgach, hal qilinishi kerakligi belgilandi. Optimallik mezoni qator shartlarni bajarishi kerak.

Optimallik mezoni yoki ko'rsatkichi sifatida har xil texnik iqtisodiy ko'rsatkichlarni va baholashlarni olish mumkin. Masalan, ko'rsatkich texnik-iqtisodiy manfaatni bildirishi mumkin (unumdorlik, foydali ish koeffitsiyenti, foyda va h.k.), u holda optimal boshqaruv optimallik mezonini maksimal darajada ta'minlashi lozim. Yoki optimallik ko'rsatkichi yo'qotishlarni ifodalashi mumkin (energiya sarfi, yonilg'i, sarf va h. k.), bunda optimal boshqaruv bu yo'qotishlarni minimal qiymatlarga tushirish kerak.

Avtomat tizimlarning asosiy sifat mezoni bo'lib ishlab chiqish tannarxi, tayyorlash, yasash va tizimni ekspluatatsiya qilish (Stan); vazifani bajarish sifati (K); ishonchlilik (I); istyemol qilayotgan energiya (W); vazni (G); hajmi (V) va vazifani normal bajarishdagi tashqi sharoitlar (SH-harorat, bosim, namlik va h.k.). Bu mezonlarning har biri necha o'zgaruvchilarning funksiyasidir.

Optimal mezonni tanlash bu muhandislik yoki muhandis-iqtisodiy masala bo'lib, u boshqarilayotgan jarayonni chuqur va har tomonlama o'rganib chiqish asosida yechiladi. Optimallik mezonini tanlashdagi qiyinchiliklarning asosiy sababi shundaki, ko'pincha talaygina talablar bir-biriga qarama-qarshi bo'ladi. Masalan, har doimo o'ta ishonchli bo'lgan, sodda va arzon tizimga ega bo'lish maqsadga muvofiqdir. Ammo ishonchlilikni oshirish konstruksiyaning murakkablashuviga, narxning ortishiga olib keladi; soddalashtirish esa qandaydir ko'rsatkichlarini yomonlashuviga olib kelishi mumkin. Undan tashqari, optimallik ko'rsatkichini tanlab olishning qiyinligini yana bir sababi ko'rsatkichni aniq sharhlash qiyinligidir. Agar sifat ko'rsatkichi ko'pgina talablarni ifodalasa, u holda tuzilishini va optimal parametrlarini aniqlash, qandaydir xususiy masala uchun, sonli uslublarni qo'llash bilan amalga oshiriladi. Agar aniq shakldagi yechimni topish talab qilinsa, unda talablardan uncha ko'p bo'lmaganini ifodalaydigan oddiy sifat ko'rsatkichlaridan foydalanish kerak bo'ladi.

Avtomat tizimlarni loyihalashda yuqorida ko'rsatilgan mezonlardan biri yetakchi, ikkinchisi ikkinchi darajali yordamchi rolini o'ynaydi. Bunda optimal boshqaruv sintezi masalalarini yechishda masalaga turlicha yondashish mumkin. Bir variantida tizim shunday sintez qilinadiki, unda mezonlardan biri ekstremal (eng past yoki eng yuqori ko'rsatkichga) qiymatga ega, qolganlari esa ruxsat etilgan oraliqdan chiqib ketmaydi. Masalaga bunday yondashishda raqobatlashayotgan tizimlarni solishtirib turib bir ma'noli javob berib bo'lmaydi. Undan tashqari bu holda tizimni yaxshilash bo'yicha barcha imkoniyatlardan asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha foydalanib ham bo'lmaydi.

Bunday kamchiliklardan esa umumlashtirilgan mezon  $j = F(S_{\text{tan}}, K, I, G, V, SH, W)$  ozod bo'lsa-da, uni qurishda bir qancha qiyinchiliklarga duch kelinishi va hatto ulardan ayrimlarini hal qilib ham bo'lmashligi mumkin.

Boshqarish nazariyasida tizim faoliyatining sifatini tavsiflovchi integral funksionallar ham keng tarqalgan. Umumiy holda integral funksional chiqish koordinatalari  $x_i(t)$ , boshqarish koordinatasi  $ij(t)$  va qo'zg'atuvchi ta'sir  $z_k(t)$  ga bog'liqdir:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} f(x_1, x_2, \dots, x_n; u_1, u_2, \dots; z_1, z_2, \dots, z_m) dt; \quad (26.1)$$

Bu funksionalning maksimal (yoki minimal) qiymatga erishishi tizimning optimal faoliyatini yoki holatini ko'rsatadi.

Shu bilan bog'liq holda, optimal tizimlarni qurishda, (26.1) ko'rinishidagi funksional yoki dinamikadagi tizimning yaxshi faoliyatini yoki muvozanat rejimidagi eng yaxshi ko'rsatkichlarini tavsiflaydi. Bunda ko'pincha birlamchi kirish ta'siri bo'lgandagi o'tish jarayonida o'tish jarayonini minimal vaqtlaridagina yuz berishini ta'minlagan holda va berilgan hamda tasodifiy signallarda o'rta kvadrat xatolarni kamaytirib, o'zgaruvchilari bo'lgan masalalarni topish masalalarida xatolik kattaligi emas, balki uni bor yoki yo'qligi muhim ahamiyatga ega bo'lgan hollarda, optimallikning boshqacha kriteriyalaridan foydalanishga to'g'ri keladi. Masalan, xato yechimlar olish ehtimolligi, xato yechimlar ehtimolligining minimumlik sharti, tavakkal qilish minimumi va hokazo mezonlari shular jumlasidandir.

Optimallik mezonlarini tanlash masalalarini asoslashga o'tmay turib, uning ayrim namunalarini, tizimning o'tish yoki muvozanat holatlariga taalluqli ekanligini hisobga olib turib ko'rsataylik.

Optimallik mezoni (26.1) sifatida o'tish jarayonini birlamchi kirish signali ta'sirida bo'lgandagi integral baholashni qo'llash mumkin. Masalan, aytaulik, agar bordi-yu integral

$$I = \int_0^{\infty} \Delta x^2 dt = \min \quad (26.2)$$

qiymati minimal bo'lsa, kvadratlil integral baholash qo'llanganda, tizim optimal bo'ladi.

Bu optimallik mezoni avtomat tizimning o'tish jarayonidagi yoki chiqishdagi o'zgaruvchining minimal og'ishlarida xatoliklari yig'indisini tavsiflaydi.

Agar birlamchi ta'sirdagi o'tish jarayonining minimal vaqti va

qandaydir koordinatalar  $J = \int_{T_1}^{T_2} dt = T_2 - T_1 = \min$  uchun berilgan

chegaranishlarda ko'rilyotgan bo'lsa, u holda olingan *tizim tezkorlik bo'yicha optimal* bo'ladi.

Avtomat tizimlarning xatoliklari minimumini ta'minlash uchun tizimning o'rta kvadrat xatoligidan foydalanish mumkin. Bu holda optimallik mezoni

$$I = \varepsilon = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \Delta x^2 dt = \min \quad (26.3)$$

dan tizimning parametrlarini va o'rtacha kvadrat xatolik minimumligi shartidan, optimal uzatish funksiyasini aniqlashda taqsimlanish qonuniyatini va tasodifiy kirishdagi funksiyani bilish kerak bo'ladi. Ammo amalda, ko'p uchraydigan taqsimlanishning normal qonuniyati o'rin tutganda, masalani soddalashtirish uchun tizimning xatoliklarini minimumlashtirish mezonini bilangina optimal tizim bilan chegaralanishi kerak bo'ladi (26.3). Signalni va xalaqitni taqsimlanishining normal qonunida bu tizim, ko'pgina mezonlar nuqtai-nazaridan optimal bo'ladi.

Eng yomon bo'lishi mumkin bo'lgan shart-sharoitlarda, tizimning eng yaxshi ishini ta'minlash kerak bo'lgan hollarda *minimaks* deb ataluvchi optimallik mezonidan foydalaniladi. Bunday mezon esa, masalan - boshqarilayotgan kattalikni vaqtning qandaydir berilgan funksiyasida, eng katta og'ishini minimal qiymatiga erishtirish uchun ko'rib chiqiladi.

Bir yoki bir necha o'zgaruvchi uchun, bir paytning o'zida, ikki yoki undan ortiq funksiyalari optimalligini ta'minlash masalasini qo'yish mumkin emas. Bitta funksiyani yoki funksionalning optimumini olish masalasini qo'yish mumkin; ammo bunda boshqa funksiya va funksionallarning chegaralanganligi haqida qo'shimcha shartlar qo'yilishi kerak bo'ladi. Shu bilan bog'liq holda gohida mujassamlashtirilgan mezonlardan foydalaniladi. Bunday mezonda qandaydir vektor  $X$  ning fazosida ruxsat etilgan soda belgilanib, uning chegarasidan chetga chiqilmaydi, qandaydir funksiya (mezon) esa minimumga erishadi.

Optimal yechimlarni aniqlash bo'yicha yana shunday xilma-xil masalalar yechiladiki, unda har qaysi tomonlarning maqsadlari mos tushmay, balki har biri o'zi uchun foydaliroq bo'lgan tomon sari intiladi. Bu masala hozir keng tarqalayotgan ehtimollik nazariyasining yangi bo'limi o'yinlar nazariyasi deb ataladi.

Oddiy hollarda, optimal tizimlar optimallik mezonining ko'rinishi bo'yicha tasniflanadi. A.A.Feldbaum tomonidan, optimal tizimlarni sinflarga ajratishning, boshqarilayotgan obyektlarning tavsiflari bo'yicha amalga oshirish taklifi kiritildi: obyektlarga qo'yilayotgan talablarni bo'yicha; boshqaruvchi qurilmaga kelayotgan obyekt haqiqati ma'lumotining tavsifiga ko'ra.

Obyekt *tavsiflariga* ko'ra optimal tizimlar chiziqli hamda uzluksiz va diskret bo'lishi mumkin. Bunda turli chegaralashlar hisobga olinadi (sozlovchi ta'sirning kattaligi bo'yicha; qizish; mexanik mustahkamlik va hokazo). Bu yerga yana obyektga qo'yilayotgan qo'zg'atuvchi ta'sirning tavsiflarini ham qo'shish mumkin. Agar bordi-yu, qo'zg'atuvchi ta'sir boshqa ta'sirlar bilan qo'shilib, obyekt kirishiga uning tavsiflarini o'zgartirmay kirib borsa, u holda ular *additiv ta'sirlar* deyiladi.

Goho bu qo'zg'atishlar obyekt tenglamasining koeffitsiyentlarining o'zgarishiga olib keladi; bunday ta'sirlar *parametrik ta'sirlar* deb ataladi. Qo'zg'atuvchi ta'sirlar yana *tasodifiy kattaliklar yoki tasodifiy jarayonlar* ham bo'lishi mumkin.

Obyektga qo'yilayotgan talablar bo'yicha boshqarishning maqsadi belgilanadi. Bu esa optimal tizimlarni optimallik mezonlarining turiga ko'ra sinflarga bo'lish imkonini beradi:

- teng o'lchovli optimal tizimlar (har bir alohida jarayon optimaldir);

- har bir alohida jarayonda tizimning eng yaxshi faoliyatini ta'minlash iloji bo'lmagan (yoki talab qilinmagan) hollarda statik-optimal tizimlar; optimallik mezoni esa tasodifiy ta'sirlar tufayli statik tavsifga ega; bunday tizimlar o'rtacha eng yaxshi tizimlar bo'lishi kerak;

- minimal-optimal tizimlar, qachonki qandaydir yomon natija har qanday boshqa tizimdagi shunga o'xshash yomon natijaga nisbatan yaxshiroq bo'lsa.

Boshqarish qurilmasiga kelayotgan obyekt haqidagi *ma'lumotning tavsifiga* ko'ra, optimal tizimlar to'la yoki to'la bo'lmagan ma'lumotli tizimlarga bo'linadilar. Obyekt haqidagi ma'lumot obyektning kirishi va chiqishidagi o'zgaruvchilari haqida, qo'zg'atuvchi ta'sir, obyekt holati, boshqarishning maqsadi, berilayotgan ta'sirlar haqidagi ma'lumotlardan tashkil topadi.

Amalda deyarli har qanday avtomatik boshqarish tizimlardagi obyekt haqidagi ma'lumotni to'la yoki absolut aniq deb bo'lmaydi va ko'pincha u yoki bu ko'rinishdagi ma'lumotning yo'qligi muhim ahamiyatga ega bo'ladi. Qator hollarda, bunday vaziyat, oldinga qo'yilgan masalani yechishda va obyekt boshqarishning murakkab ko'rinishlarida statik uslublarni qo'llashni taqozo etadi. Obyekt haqida ma'lumotning to'liq emasligi uni boshqarish jarayoni davomida, belgilangan optimallik mezonini tanlash maqsadida, o'rganishni taqozo etadi. Ma'lumot to'la bo'lmagan hollarda avtomat tizim moslashish xususiyatiga (adaptivlik yoki sozlash) ega bo'lishi va obyekt haqidagi ma'lumotni o'zgarib turishini hisobga olishi kerak bo'ladi. Shunday qilib, o'z-o'zini sozlovchi avtomat tizimlar optimal tizimlarning taraqqiy etgan ko'rinishlaridan biridir.

### *IIIb. Optimal tizimlar nazariyotining asosiy masalalari*

Optimal tizimlar nazariyotining asosiy masalalari mavjud. Ulardan biriga berilayotgan foydali signalni tiklash mumkin bo'lgan tizimni aniqlashlik bo'yicha optimallashtirishni kiritish mumkin.

Matematik nuqtai nazaridan bu masala, sifatning eng yaxshi ko'rsatkichlarini ta'minlovchi tizimning optimal tuzilishini topishga keltiriladi.

Ideal holatlarda masalani yechish uchun o'zgaruvchan hisoblashlar usulidan foydalanish mumkin. Ammo ko'pchilik amaliy masalalarda o'zgaruvchilarni va ularning hosilalarini o'zgarishlariga quyiladigan chegaralanishlarni ham hisobga olishga to'g'ri keladi, shuning uchun muammoni o'zgaruvchanlik uslublari bilan to'la-to'kis yechish imkoniyati yo'qdir. Shu bilan bog'liq holda, optimal tizimlar nazariyasida, Pontryaginning maksimum qonuniyati, Bellmanning dinamik dasturlash va hokazolari ishlab chiqilgan.

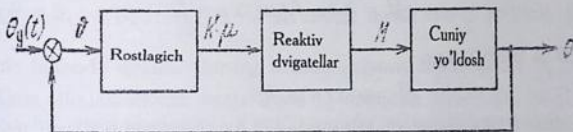
Optimal tizimlar nazariyasi, belgilangan optimallik mezonini qanoatlantirish uchun, kirishdagi funksiyalar ustidan bajarishi mumkin bo'lgan jarayonlarni aniqlash imkonini beradi. Tezkorlik bo'yicha optimal tizimlar ishlab chiqarilganda, optimal o'tish jarayonini ta'minlovchi boshqaruvchi ta'sirning o'zgarish qonuniyatini topish kerak bo'ladi.

Optimal tizimlar nazariyoti optimal tizimlarda erishilishi mumkin bo'lgan oraliq imkoniyatlarini baholash imkoniyatini beradi va har bir konkret holda optimal tizimni yasash uchun qo'yilgan masalani asoslab beradi.

#### IV. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

Ishning mazmuni yerni sun'iy yo'ldoshini, berilgan o'qlaridan birining og'irlik markazi atrofida tezlik bo'yicha optimal qiymatlarda harakatlanishini ta'minlovchi rostlagichni sintez qilishdan iborat.

Boshqaruv tizimining funksional sxemasi 26.1-rasmda ko'rsatilgan.



26.1-rasm

Sun'iy yo'ldoshning inersiya momenti  $J = 1980 \text{ kG.m}^2$ . Boshqaruv tizimining ijro organi bo'lib, tortuvchi kuchlar tomonidan roslanayotgan gazli reaktiv dvigateli xizmat qiladi. Optimal boshqaruvda, sun'iy yo'ldoshning boshlang'ich lahzalaridagi og'ishi  $1^{\circ}46$  bo'lganidagi, muvozanat nol holatiga kelishligi uchun kerakli bo'lgan vaqtni topish kerak bo'ladi. Bu masalani L.S.Pontryaginning maksimum prinsipi uslubidan foydalanib hal qilamiz.

Iva. Ishni bajarish tartibi:

Sun'iy yo'ldoshli qo'zg'olishlar yo'q bo'lgan holdagi harakat tenglamasini yozamiz:

$$\left. \begin{aligned} J \frac{d^2 \vartheta}{dt^2} &= M, \\ M &= M(\vartheta). \end{aligned} \right\} \quad (26.4)$$

Oldimizga qo'yilgan maqsad bo'yicha momant  $M$  shunday shakllantirilmog'i lozimki, unda sun'iy yo'ldosh har qanday og'ib ketgan holatidan, eng qisqa vaqtlar oralig'ida, meyoriy ravishda mo'ljallangan holatga o'tib olinishi kerak.

Reaktiv ijro dvigatellarining tortishish kuchi chegaralangan bo'lganligi uchun boshqarish momenti  $M$  ham chegaralangan:

$$M \leq M_{MAX} = Mm$$

Ishni amalga oshirish uchun (26.4) tenglamani o'zgartiramiz. Buning

uchun  $x_1 = \vartheta$ ,  $x_2 = \frac{d\vartheta}{dt} = \dot{\vartheta}$ ,  $k = \frac{M_m}{J}$ . deb belgilaymiz. U holda

(26.4) tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2, \quad \frac{dx_2}{dt} = k\mu, \quad (26.5)$$

bu erda  $\mu$  – moduli  $|\mu| \leq 1$  bo'lgan boshqarishning meyoriy funksiyasi. Funksiyani shakllantiramiz:

$$H = \sum_{i=1}^2 \psi_i f_i(x_1, x_2, \mu). \quad (26.6)$$

(26.5) tizim uchun

$$H = \psi_1 x_2 + \psi_2 k\mu. \quad (26.7)$$

Ushbu funksiyaning maksimumi, (26.5) chegaralanishlarni hisobga olgan holda,  $\mu$  ga teng va tizimni tezkorlik bo'yicha optimalligini ta'minlaydi. Turgan gap-ki, qo'yilgan chegaralanishlarda  $N$  maksimum ham o'rin tutadi. Buning uchun boshqaruvchi signal  $\mu$  [5] da keltirilgan qonuniyat bo'yicha shakllanmog'i lozim:

$$\mu = \text{sign} \psi_2. \quad (26.8)$$

Shunday qilib, boshqarishning tezkorlik bo'yicha optimalligi shu holda amalga oshiriladiki, buning uchun rostlagich ijro qurilmasini yordamchi

funksiya  $\psi_2$  ning ishorasiga mos holda, rele qonuni bo'yicha, qayta ulashi kerak  $\psi_2$  ni topish uchun

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\psi_1}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial x_1} = 0, \\ \frac{d\psi_2}{dt} &= -\frac{\partial H}{\partial x_2} = -\psi_1. \end{aligned} \right\} \quad (26.9)$$

ni yozamiz.

Bu tenglamani integrallagach,

$$\psi_1 = C_1, \quad \psi_2 = C_2 + C_1 t,$$

ga ega bo'lamiz.

Bu yerda  $S_1, S_2$  — integrallash doimiysi.

Qayta ulash qay tarzda amalga oshirilishini namoyish etish uchun harakat jarayonini fazaviy tekislikda ifodalaymiz.

(26.5) tenglamadan  $dt$  ni chiqarib tashlaymiz. Bunda  $\mu = \pm 1$  uchun

$$\left. \begin{aligned} x_2 dx_2 &= \pm k dx_1, \\ \frac{x_2^2}{2} &= \pm k x_1 + C. \end{aligned} \right\} \quad (26.10)$$

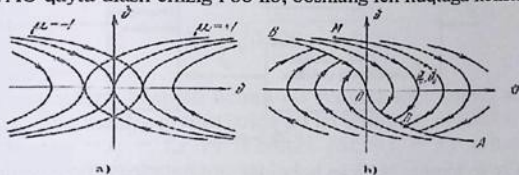
ga ega bo'lamiz.

(26.10) tenglama  $x_1 = 0$  o'qqa (26.2a-rasm) nisbatan simmetrik bo'lgan parabolani ifodalaydi.

Agar fazaviy tekislikdagi ifodalovchi nuqta koordinatalar boshi

( $x_1 = \vartheta \equiv 0, \quad x_2 = \frac{d\vartheta}{dt} \equiv 0$ ) ga tushib qolsa, sun'iy yo'ldosh kelib

dastlabki holatida qoladi. Buning uchun, ixtiyoriy boshlang'ich  $\vartheta_0, \dot{\vartheta}_0$  og'ishlarda, ifodalanuvchi nuqta avval D nuqtadan o'tishi (26.2b-rasm), keyin esa AO qayta ulash chizig'i bo'lib, boshlang'ich nuqtaga kelishi kerak.



26.2-rasm

AO izga o'tishga, boshqaruvchi funksiya  $\mu$  ni ishorasini «-1» dan «+1» ga o'zgartirish orqali erishiladi.

Shunday qilib, boshqaruvchi signal  $\mu$  ifodalovchi nuqta chiqishida ishorasini qayta ulash chizig'iga o'zgartirmog'i lozim. 26.2b-rasmga mos holda

$$\mu(\vartheta) = \begin{cases} +1 \text{ agar } \frac{d\vartheta}{dt} < \left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)_p, \frac{d\vartheta}{dt} = \left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)_p < 0, \\ -1 \text{ agar } \frac{d\vartheta}{dt} > \left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)_p, \frac{d\vartheta}{dt} = \left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)_p > 0. \end{cases} \quad (26.11)$$

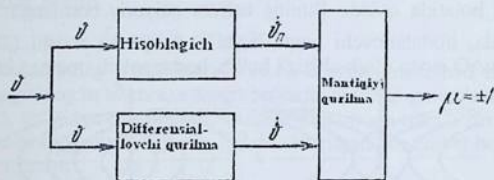
Qayta ulash chizig'i tenglamasi (26.10) tenglama va 26.2b-rasmdan topiladi:

$$\dot{\vartheta}_p = \left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)_p = -\sqrt{2k\vartheta \text{sign}\vartheta}. \quad (26.12)$$

Son qiymatlarini o'rniga qo'yib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\dot{\vartheta}_p = \left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)_p = -0,2\sqrt{\vartheta \text{sign}\vartheta}. \quad (26.13)$$

Demak, rostlagichda xatolik  $\vartheta$  ni vaqt bo'yicha differensiallovchi va qayta ulash chizig'idagi tezlik  $\left(\frac{d\vartheta}{dt}\right)_p$  ni (26.13) formula bo'yicha hisoblaydigan qurilma hamda (26.11) formula orqali ifodalangan qonun bo'yicha reaktiv dvigatellarni to'la tortish kuchiga qayta ulaydigan qurilmalar bo'lishi kerak. Rostlagichning funksional sxemasi 26.3-rasmda keltirilgan.



26.3-rasm.

Sun'iy yo'ldoshni berilgan holatidan nul holatiga o'tishi uchun kerakli optimal vaqtni quyidagicha aniqlaymiz. (26.5) tenglamadan

$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{d\dot{g}}{dt} = k\mu.$$

ni yozib olamiz.

Shuning uchun  $d\dot{g} = k\mu dt$ .

Integrallash natijasida

$$\dot{g}_2 - \dot{g}_1 = k\mu(t_2 - t_1). \quad (26.14)$$

ni olamiz.

O'tish ikki bosqichda amalga oshirilgan va  $\dot{g}$  ning qiymati dastlab ( $\dot{g} = \dot{g}_0 = 28,65 \text{ grad/s}$ ) hamda oxirida  $\dot{g}_2 = 0$  berilgan bo'lganligi uchun har bir bosqichda vaqtni hisoblash uchun, (26.14) ifodaga mos holda, D nuqtada  $\dot{g} = \dot{g}_1$  ni topish kerak bo'ladi.

Bu nuqta

$$\dot{g} = -\frac{1}{k} \frac{\dot{g}^2}{2} + c_0 \quad \text{va} \quad \dot{g} = \frac{1}{k} \frac{\dot{g}^2}{2}. \quad (26.15)$$

Tenglamalar bilan yoziladigan egri chiziqlarni kesishgan nuqtasida yotadi. Shuning uchun

$$\dot{g}_1 = \pm \sqrt{c_0 k}. \quad (26.16)$$

$S_0$  ni qiymatini boshlang'ich shartlardan aniqlaymiz. Buning uchun oldindan  $\dot{g}_0$  va  $\dot{g}_0$  larni radian o'lchamiga keltirib olamiz:  $\dot{g}_0 = 1^{\circ}46' = 0,02 \text{ grad}$ ,  $\dot{g}_0 = 28,65 \text{ grad} \cdot \text{c}^{-1} = 0,5 \text{c}^{-1}$ . Shunda boshlang'ich shartlar uchun

$$C_0 = (0,02)^2 + \frac{(0,5)^2}{2} = 0,129 \text{ rad}.$$

ga ega bo'lamiz. (26.16) formulada keltirilgan  $S_0$  ni  $k$  ga qo'yish

$$\dot{g}_1 = \sqrt{0,129} = 0,345 \text{c}^{-1}.$$

ni beradi.

Hisoblashlarni bajarish uchun «-» ishorani olish kerak, negaki qayta ulash  $\dot{g}$  ning manfiy qiymatlarida bo'lib o'tadi.  $\dot{g}_1$  ni (26.14) ga qo'yib, birinchi ( $\Delta t_1 = t_1 - t_0$ ) va ikkinchi ( $\Delta t_2 = t_2 - t_1$ ) uchashtalardagi harakatlanish vaqtlarini topamiz.

Umumiy vaqt  $\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 59,6 \text{c}$  ni tashkil etadi.

## V. Hisobot shakli

Boshqaruv sxemasining funksional sxemasidan, sintez qilish uchun berilgan parametrlaridan hamda optimal tizimni sintezlash jarayonida bajarilgan hisoblash formulalaridan iborat. Laboratoriya ishi bajarilganidan so'ng olingan natijalar bo'yicha xulosa keltirilishi lozim.

### VI. Nazorat uchun savollar:

1. «Optimal» degan so'zning ma'nosini tushintirib bering?
2. Kvazioptimal tizimlar deb nimaga aytiladi?
3. Optimal tizimlarning ko'rsatkichlari nimalardan iborat?
4. «Tezkorlik» bo'yicha tizim qachon optimal bo'ladi?
5. Obyekt tavsiflariga ko'ra qanday bo'lishi mumkin?
6. «Additiv ta'sirlar» deb nimaga aytiladi?
7. «Parametrik ta'sirlar» deb nimaga aytiladi?
8. «Optimal tizimlar» deganda nimani tushunasiz?
9. Optimal tizimlar nazariyotining asosiy masalalari nimalardan iborat?
10. Pontryaginning va Bellmatning dinamik dasturlash nazariyatlari nega ishlab chiqilgan?

### VII. Adabiyotlar:

1. Ляпунов А. М. Собрание сочинений, т.2. ССРИ ФА, 1956 г.
2. Метод гармонической линеаризации в проектировании нелинейных систем автоматического управления. Подредакции Е. П. Попова, «Машиностроение», 1970 г.
3. Подредакции В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. «Наука», 1966 г.
4. Цыпкин Я. З. Теория релейных систем автоматического регулирования. ГИТТЛ, 1955 г.
5. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических - систем, Ф.М, 1973 г.
6. Подредакции В.А., Попов Е.П., Теория систем автоматического управления. «Профессия», 2003 г.

## 27 - LABORATORIYA ISHI

### Ekstremal va o'z-o'zini sozlovchi tizimlarning tuzilish sxemasini chizish va ularni barqarorlikka tekshirish.

#### *I. Ishning maqsadi:*

Ushbu ishda o'z-o'zini avtomat tarzda sozlovchi tizimlar bilan tanishtiriladi, sozlash mezonlari, vazifalari, turlari o'rganiladi. Amalda tuzilish sxemalari yaratiladi.

#### *II. Ishning vazifasi:*

Talabalarga o'z-o'zini sozlovchi tizimlar (O'O'ST) haqida umumiy ma'lumotlar berishdan, ularni tuzilish sxemalarini chizish tartib qoidalarini o'rgatishdan va ularni barqarorlikka tekshirish shartlarini tushuntirishdan iborat.

#### *III. O'z-o'zini sozlovchi avtomat tizimlar haqida umumiy nazariy ma'lumotlar*

Aksariyat biz ko'rib chiqqan holatlarda obyektning parametri va tavsiflari ma'lum bo'lib, ular vaqt davomida o'zgarib qoladilar. Ammo, shunday hollar ham tez-tez uchraydiki, unda obyektning statik va dinamik tavsiflari vaqt davomida o'zgaradi; dag'al sozlangan rostlagich tizimning normal ish rejimini ta'minlay olmaydi. Bunday hollarda topshirgichning yo'riqnomasini (ustavini) yoki qandaydir elementlarning parametrlarini, ularni ulanish sxemalarini o'zgartirish yoki tizim tarkibiga yangi elementlarni kiritish kerak bo'ladi. Bunday masalalar logik elementlar, hisoblash mashinalari va avtomat qidiruv elementlaridan foydalanib, yechilishi mumkin; bu esa o'z-o'zini sozlash xususiyatiga ega bo'lgan, birmuncha takomillashgan avtomat tizimlar yaratish imkoniyatini beradi. Bular haqida hozirgi kunda bir qancha adabiyotlar mavjud.

Sozlagichning ish jarayonida tuzilishini va tavsifini, ixtiyoriy ravishda o'zgaruvchi tashqi ta'sirlar muhitida ham berilgan sifat darajasini saqlab qolish maqsadida, o'zgartiruvchi avtomat tizimlar o'z-o'zini sozlovchi deb ataladi.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlarning sodda va murakkab konstruktiv tuzilishiga ega bo'lgan xillari mavjud.

*Ideal o'z-o'zini sozlovchi tizim* deb, har qanday bo'lishi mumkin bo'lgan shart va sharoitlarda ham o'zining dinamik va statik tavsiflarini o'zgarimas saqlab qola oladigan tizimlar ataladi.

*Amaldagi o'z-o'zini sozlovchi tizim* deb, o'zining dinamik va statik tavsiflarini faqatgina ma'lum bir oraliqlaridagina saqlab qola oladigan tizimlarga aytiladi. Shunday qilib, har o'z-o'zini sozlovchi tizimni konkret hollar uchun yaratishda uni qoniqarli ishlashligi uchun zarur bo'lgan chegaraviy shartlarini ko'rsatish kerak bo'ladi.

O'z-o'zini sozlash mezoni bir paytning o'zida, tizim sifatining mezoni ham sanaladi. U qandaydir optimallikni ifoda etishi lozim: maksimal unumdorlik, iqtisodiy tejamkorlik, yo'qotishlarning kamligi va hokazo. Shu bilan bog'liq ravishda, texnikaning o'z-o'zini sozlovchi qurilmalardan foydalanish zarurligini ko'rsatuvchi ayrim asosiy masalalarga to'xtab o'tishga to'g'ri keladi:

- *iqtisodiy tejamkorlikni taminlash*, masalan, gazturbinali, dizelli hamda boshqa qurilmalar;
- *eng yaxshi samaradorlikni ta'minlash*, masalan, metall qirqish sanoati, tog' jinslariga ochiq usulda ishlov berish va boshqa holatlar;
- turlicha tashqi sharoitlarda tasodifiy ta'sir ostida *xatoliklarni minimallashtirish*;
- obyektning qandaydir ish ko'rsatkichi uchun (masalan, marten pechlari harorati va hokazo) *ekstremumini* ta'minlash;
- o'tish rejimlari asosiy rejim sanalgan, tasodifiy faktorlar va tizimning ichki parametrlari (bu rejimni buzadigan sanoat obyektlari uchun), *dinamik xususiyatlarni mo'tadillashtirish*.

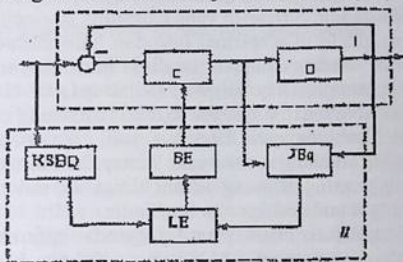
Amalda, yuqoridagilarni aytib o'tilganlardan tashqari, boshqacha ko'rinishdagi shunday masalalari ham uchrashi mumkin-ki, bu muammolarni hal qilish uchun, albatta o'z-o'zini sozlash tizimlarini yaratish zarurdir. O'z-o'zini sozlovchi tizimni loyihalash va hisoblashda, yetuklik (optimallik) ko'rsatkichi bilan obyekt tavsifi o'rtasida, tizimning o'zgaruvchan sharoitlari uchun funksional bog'liqlikni aniqlash kerak bo'ladi. Bunday funksional bog'liqlikni aniqlash o'z-o'zini sozlovchi tizimlarda qo'llaniladigan *o'z-o'zini sozlash mezonining asosini* tashkil etadi. Shu mezonlar bilan bir qatorda, o'z-o'zini sozlash elementlarining ishini aniqlovchi maxsus qonunlar sharhlanishi, avtomat tizimning samaradorligi mezoni bo'lib, uni iqtisodiy tejamkorligi sanaladi. Shuning uchun o'z-o'zini sozlash elementlarini kiritilishi bilan, shubhasiz, tez orada o'zi uchun sarflangan xarajatlarni qoplashi, maksimal darajada unumdorlikni ta'minlashi, tayyorlanayotgan mahsulot sifatining yaxshilanishi, eksplutatsion sarf-xarajatlar kamayishi kerak. O'z-o'zini sozlash

elementlarining kiritilishi tizimni murakkablashtiradi va uning ishinig ishonchliligini kamaytiradi.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlarni yaratishda barcha bu qo'yilgan talablarni qanoatlantirishning imkoniyati bo'lmaydi, shuning uchun ko'rsatilgan talablardan birini optimallik mezonni qilib tanlanishiga yo'l qo'yilib, murosasozlik qilishga to'g'ri keladi.

### *IIIa. O'z-o'zini sozlovchi tizimlarning asosiy elementlari va funksional sxemalari*

Umumiy holda o'z-o'zini sozlovchi tizim quyidagilarga egadir (27.1-rasm): sozlagich S, obyekt O va asosiy teskari bog'lanishdan tashkil topgan asosiy sozlash konturi I hamda o'z-o'zini sozlash konturi II. Sozlagich (ba'zan esa obyekt) o'z-o'zini sozlash konturi ta'sirini ko'rsatuvchi o'zgaruvchan qismga egadir. O'z-o'zini sozlash konturi nazorat qiluvchi qismga ega bo'lib, u tashqi shart-sharoitlar va obyekt haqidagi ma'lumotlarni jarayonni baholash qurilmasi (JBQ) va kirish signallarini baholash qurilmasi (KSBQ) ko'rinishidagi jihozlar orqali aniqlaydi. Uning tarkibida yana logik element (LE) deb ataluvchi hisoblash qurilmasi (zarur yechimni ishlab chiqish uchun) tizimning asosiy konturidagi sozlagichning o'zgaruvchan qismiga ta'sir etuvchi bajarish elementi (BE) bordir.



27.1.-rasm

Jarayonni baholash qurilmasi (JBQ) yana obyektning dinamik xususiyatlarining *tahlilchisi yoki jarayon tahlilchisi* deb ataladi.

Umuman olganda, bu qurilma, obyektning yoki tizimning to'la-to'kis yoki qisman, dinamik xususiyatlarini baholash uchun xizmat qiladi. Dinamik xususiyatlarni to'la baholashda barcha o'tish va chastota tavsiflari, uzatish funksiyalari, obyekt tenglamalari va hokazolar aniqlanadi; qisman baholashda esa sifatning qandaydir ko'rsatkichi va ko'rsatilgan tavsiflar belgilanadi.

*Ideal o'z-o'zini sozlovchi tizim* deb, har qanday bo'lishi mumkin bo'lgan shart va sharoitlarda ham o'zining dinamik va statik tavsiflarini o'zgarimas saqlab qola oladigan tizimlar ataladi.

*Amaldagi o'z-o'zini sozlovchi tizim* deb, o'zining dinamik va statik tavsiflarini faqatgina ma'lum bir oraliqlaridagina saqlab qola oladigan tizimlarga aytiladi. Shunday qilib, har o'z-o'zini sozlovchi tizimni konkret hollar uchun yaratishda uni qoniqarli ishlashligi uchun zarur bo'lgan chegaraviy shartlarini ko'rsatish kerak bo'ladi.

O'z-o'zini sozlash mezoni bir paytning o'zida, tizim sifatining mezoni ham sanaladi. U qandaydir optimallikni ifoda etishi lozim: maksimal unumdorlik, iqtisodiy tejamkorlik, yo'qotishlarning kamligi va hokazo. Shu bilan bog'liq ravishda, texnikaning o'z-o'zini sozlovchi qurilmalardan foydalanish zarurligini ko'rsatuvchi ayrim asosiy masalalarga to'xtab o'tishga to'g'ri keladi:

- *iqtisodiy tejamkorlikni taminlash*, masalan, gazturbinali, dizelli hamda boshqa qurilmalar;
- *eng yaxshi samaradorlikni ta'minlash*, masalan, metall qirqish sanoati, tog' jinslariga ochiq usulda ishlov berish va boshqa holatlar;
- turlicha tashqi sharoitlarda tasodifiy ta'sir ostida *xatoliklarni minimallashtirish*;
- obyektning qandaydir ish ko'rsatkichi uchun (masalan, marten pechlari harorati va hokazo) *ekstremumini ta'minlash*;
- o'tish rejimlari asosiy rejim sanalgan, tasodifiy faktorlar va tizimning ichki parametrlari (bu rejimni buzadigan sanoat obyektlari uchun), *dinamik xususiyatlarni mo'tadillashtirish*.

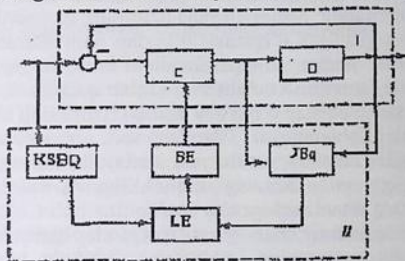
Amalda, yuqoridagilarni aytib o'tilganlardan tashqari, boshqacha ko'rinishdagi shunday masalalari ham uchrashi mumkin-ki, bu muammolarni hal qilish uchun, albatta o'z-o'zini sozlash tizimlarini yaratish zarurdir. O'z-o'zini sozlovchi tizimni loyihalash va hisoblashda, yetuklik (optimallik) ko'rsatkichi bilan obyekt tavsifi o'rtasida, tizimning o'zgaruvchan sharoitlari uchun funksional bog'liqlikni aniqlash kerak bo'ladi. Bunday funksional bog'liqlikni aniqlash o'z-o'zini sozlovchi tizimlarda qo'llaniladigan **o'z-o'zini sozlash mezonining asosini** tashkil etadi. Shu mezonlar bilan bir qatorda, o'z-o'zini sozlash elementlarining ishini aniqlovchi maxsus qonunlar sharhlanishi, avtomat tizimning samaradorligi mezoni bo'lib, uni iqtisodiy tejamkorligi sanaladi. Shuning uchun o'z-o'zini sozlash elementlarini kiritilishi bilan, shubhasiz, tez orada o'zi uchun sarflangan xarajatlarni qoplashi, maksimal darajada unumdorlikni ta'minlashi, tayyorlanayotgan mahsulot sifatining yaxshilanishi, eksplutatsion sarf-xarajatlar kamayishi kerak. O'z-o'zini sozlash

elementlarining kiritilishi tizimni murakkablashtiradi va uning ishini ishonchligini kamaytiradi.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlarni yaratishda barcha bu qo'yilgan talablarni qanoatlantirishning imkoniyati bo'lmaydi, shuning uchun ko'rsatilgan talablardan birini optimallik mezoni qilib tanlanishiga yo'l qo'yilib, murosasozlik qilishga to'g'ri keladi.

### IIIa. O'z-o'zini sozlovchi tizimlarning asosiy elementlari va funksional sxemalari

Umumiy holda o'z-o'zini sozlovchi tizim quyidagilarga egadir (27.1-rasm): sozlagich S, obyekt O va asosiy teskari bog'lanishdan tashkil topgan asosiy sozlash konturi I hamda o'z-o'zini sozlash konturi II. Sozlagich (ba'zan esa obyekt) o'z-o'zini sozlash konturi ta'sirini ko'rsatuvchi o'zgaruvchan qismga egadir. O'z-o'zini sozlash konturi nazorat qiluvchi qismga ega bo'lib, u tashqi shart-sharoitlar va obyekt haqidagi ma'lumotlarni jarayonni baholash qurilmasi (JBQ) va kirish signallarini baholash qurilmasi (KSBQ) ko'rinishidagi jihozlar orqali aniqlaydi. Uning tarkibida yana logik element (LE) deb ataluvchi hisoblash qurilmasi (zarur yechimni ishlab chiqish uchun) tizimning asosiy konturidagi sozlagichning o'zgaruvchan qismiga ta'sir etuvchi bajarish elementi (BE) bordir.



27.1.-rasm

Jarayonni baholash qurilmasi (JBQ) yana obyektning dinamik xususiyatlarining **tahlilchisi** yoki **jarayon tahlilchisi** deb ataladi.

Umuman olganda, bu qurilma, obyektning yoki tizimning to'la-to'kis yoki qisman, dinamik xususiyatlarini baholash uchun xizmat qiladi. Dinamik xususiyatlarni to'la baholashda barcha o'tish va chastota tavsiflari, uzatish funksiyalari, obyekt tenglamalari va hokazolar aniqlanadi; qisman baholashda esa sifatning qandaydir ko'rsatkichi va ko'rsatilgan tavsiflar belgilanadi.

Agar, bordi-yu ko'rsatkich sifatida, obyektning kirish va chiqishidagi o'zaro bog'liqlik (korrelyatsion) funksiyasidan foydalanilayotgan bo'lsa, u holda qurilma, jarayonni baholash uchun, korrelyator (o'zaro bog'lagich) ni ifoda etadi.

Jarayonni baholashda kerakli ma'lumotlarni olish uchun tizimning normal ishchi signali yetarli bo'lmasa, jarayonni baholash qurilmasiga sinov signallari generatorini ulash kerak bo'ladi. Ancha murakkab bo'lgan tizimlarda esa, obyektning yoki tizimning dinamik xususiyatlari tavsiflari, qandaydir o'z ko'rinishini o'zgartira oladigan namuna bilan solishtirib aniqlanadi.

Tashqi ta'sirni baholash qurilmasi KSBQ jarayonni optimallikdan og'ish sabablarini to'la yoki qisman aniqlaydi. Bu qurilma *ta'sirlar tahlilchisi* deb ataladi.

Logik element (LE) optimallik mezonini yoki o'z-o'zini sozlash tartibini ishlab chiqadi va saqlab turadi. Obyekt parametrlarining o'zgarishi yoki kirish signallari haqida kelayotgan ma'lumot, sozlagichning zarur tavsiflarini tanlash uchun xizmat qiladi. Murakkab masalalarni yechishda logik elementning o'rniga EHM lardan foydalaniladi.

Bajarish elementi (BE) o'z-o'zini sozlash konturining chiqishdagi kerakli ta'sirni sozlagich yoki obyektning o'zgarayotgan qismiga uzatish uchun mo'ljallangandir. Sozlagich yana tizimning ishonchliligini orttirish uchun xizmat qiladigan o'zgarmas qismdan ham iboratdir. O'z-o'zini sozlash konturi ishdan chiqqan taqdirda ham, tizim optimallikdan og'ishi mumkin, ammo ish qobiliyatini saqlab qoladi.

Yuqorida sanab o'tilgan o'z-o'zini sozlash tizimining elementlari juda ham zarurlari hisoblanmaydi. Ularning soni, o'z-o'zini sozlashning darajasiga bog'liq ravishda, ortishi yoki kamayishi mumkin. Sxemaning ixcham ekanligi, uning ishining ishonchliligi va uni tashkil etuvchi elementlarni to'g'ri tanlanishiga o'ta bog'liqdir.

O'z-o'zini sozlash tizimlari yaratilayotganda, hammadan avval o'z-o'zini sozlash jarayonining oddiyligiga e'tibor beriladi. Hozirgi paytlarda, juda ko'p kirish signalining chastotasi yoki amplitudasi o'zgaranda, korreksiyalovchi qurilmalarning vaqt doimiysini yoki kuchaytirish koeffitsiyentini avtomatik qayta o'zgartiruvchi qurilmalar ko'p ishlab chiqarilgan.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlarning turlicha belgilariga qarab sinflarga ajratish mumkin. Masalan, o'z-o'zini sozlash elementlarini qo'llashga asoslangan dastlabki faktorlar bo'yicha, quyidagi asosiy sinflarga ajratish mumkin:

- tashqi ta'sir va chiqishdagi o'zgaruvchi signallari bo'yicha sozlanuvchi tizimlar;

- sozlash obyektlarining dinamik tavsiflari bo'yicha sozlanuvchi tizimlar;

- obyekt yoki tizimning qandaydir ko'rsatkichini ekstremumini ta'minlovchi ekstremal o'z-o'zini sozlovchi tizimlar.

Sinflarga bo'lishning qo'shimcha belgilariga tizimga o'z-o'zini sozlash elementlarining ta'sir qilish usulini olish mumkin. Bu esa o'z-o'zini sozlovchi tizimlarni quyidagi mayda guruhlariga bo'linishiga olib keladi:

- tizim parametrlarini avtomatik sozlash bilan (xususan, o'z-o'zini sozlovchi tizimlar);

- tizim parametrlarini avtomatik sozlash bilan (o'zi tashkil etuvchi tizimlar);

- faoliyat ko'rsatish algoritmini avtomatik o'zgartirish bilan (o'z-o'zini algoritmlashtiruvchi tizimlar).

Aytilganlar ichida oxirgi tizimlar ancha takomillashgan, o'z-o'zini sozlovchi tizimlardir, ayniqsa, o'zi o'rganuvchi tizimlarda logik qurilma o'z-o'zini sozlash natijalarini eslab qolib, undan tizimning ish jarayonida bevosita foydalaniladi.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlar yana o'z-o'zini sozlash konturiga va chiqishga nisbatan ochiq va berk (tutashgan) konturlarga ega bo'lishi analitik qidiruvchi mujassamlashgan tizimlardan tashkil topishi mumkin.

### *IIIb. O'z-o'zini sozlovchi tizimlarning xususiyatlari*

Sozlanuvchi va o'z-o'zini sozlovchi tizimlar o'rtasida juda katta farq bor. Obyektning umumiy tavsiflarini, ularni atrof-muhit sharoitiga bog'liqligini bilib turib, tizimga rostlagichni kerakli tarzda sozlovchi dasturni kiritish mumkin. Bunda dasturli boshqaruvchi tizimga ega bo'lish mumkin. O'z-o'zini sozlovchi tizim, tizimning barcha berilganlari haqida ma'lumotlarni talab qilmaydi va tashqi sharoitlar o'zgaranda belgilangan sifat ko'rsatkichi bilan ta'minlash uchun avtomatik tarzda o'z-o'zini sozlaydi. Obyektning parametrlarini optimal qiymatlaridan og'ganligini aniqlash uchun, o'z-o'zini rostlovchi tizimlarda turli vositalardan foydalaniladi. Masalan, tizimning avtomat tarzda sinash harakatlari qilinib, keyin dastlabki ishlab chiqarilayotgan ma'lumotlarni tahlil qilish yo'li bilan. Aslini olib *qaraganda*, bu avtomatik qidiruv bo'lib, o'z-o'zini sozlovchi tizimlarning eng ahamiyatga molik belgisidir. Tekshiruv harakatlari sifatida, qator hollarda, tizimda mavjud bo'lgan o'zgarishlardan foydalaniladi.

Yana shunday tizimlar mavjudki, ular *analitik tizimlar* deb atalib, obyekt parametrlarining og'ishini elektron hisoblash mashinalarida aniqlaydi.

Agar, bordi-yu ko'rsatkich sifatida, obyektning kirish va chiqishidagi o'zaro bog'liqlik (korrelyatsion) funksiyasidan foydalanilayotgan bo'lsa, u holda qurilma, jarayonni baholash uchun, korrelyator (o'zaro bog'lagich) ni ifoda etadi.

Jarayonni baholashda kerakli ma'lumotlarni olish uchun tizimning normal ishchi signali yetarli bo'lmasa, jarayonni baholash qurilmasiga sinov signallari generatorini ulash kerak bo'ladi. Ancha murakkab bo'lgan tizimlarda esa, obyektning yoki tizimning dinamik xususiyatlari tavsiflari, qandaydir o'z ko'rinishini o'zgartira oladigan namuna bilan solishtirib aniqlanadi.

Tashqi ta'sirni baholash qurilmasi KSBQ jarayonni optimallikdan og'ish sabablarini to'la yoki qisman aniqlaydi. Bu qurilma *ta'sirlar tahlilchisi* deb ataladi.

Logik element (LE) optimallik mezonini yoki o'z-o'zini sozlash tartibini ishlab chiqadi va saqlab turadi. Obyekt parametrlarining o'zgarishi yoki kirish signallari haqida kelayotgan ma'lumot, sozlagichning zarur tavsiflarini tanlash uchun xizmat qiladi. Murakkab masalalarni yechishda logik elementning o'rniga EHM lardan foydalaniladi.

Bajarish elementi (BE) o'z-o'zini sozlash konturining chiqishdagi kerakli ta'sirni sozlagich yoki obyektning o'zgarayotgan qismiga uzatish uchun mo'ljallangandir. Sozlagich yana tizimning ishonchliligini orttirish uchun xizmat qiladigan o'zgarimas qismdan ham iboratdir. O'z-o'zini sozlash konturi ishdan chiqqan taqdirda ham, tizim optimallikdan og'ishi mumkin, ammo ish qobiliyatini saqlab qoladi.

Yuqorida sanab o'tilgan o'z-o'zini sozlash tizimining elementlari juda ham zarurlari hisoblanmaydi. Ularning soni, o'z-o'zini sozlashning darajasiga bog'liq ravishda, ortishi yoki kamayishi mumkin. Sxemaning ixcham ekanligi, uning ishining ishonchliligi va uni tashkil etuvchi elementlarni to'g'ri tanlanishiga o'ta bog'liqdir.

O'z-o'zini sozlash tizimlari yaratilayotganda, hammadan avval o'z-o'zini sozlash jarayonining oddiyligiga e'tibor beriladi. Hozirgi paytlarda, juda ko'p kirish signalining chastotasi yoki amplitudasi o'zgariganda, korreksiyalovchi qurilmalarning vaqt doimiysini yoki kuchaytirish koeffitsiyentini avtomatik qayta o'zgartiruvchi qurilmalar ko'p ishlab chiqarilgan.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlarning turlicha belgilariga qarab sinflarga ajratish mumkin. Masalan, o'z-o'zini sozlash elementlarini qo'llashga asoslangan dastlabki faktorlar bo'yicha, quyidagi asosiy sinflarga ajratish mumkin:

- tashqi ta'sir va chiqishdagi o'zgaruvchi signallari bo'yicha sozlanuvchi tizimlar;

- sozlash obyektlarining dinamik tavsiflari bo'yicha sozlanuvchi tizimlar;

- obyekt yoki tizimning qandaydir ko'rsatkichini ekstremumini ta'minlovchi ekstremal o'z-o'zini sozlovchi tizimlar.

Sinflarga bo'lishning qo'shimcha belgilariga tizimga o'z-o'zini sozlash elementlarining ta'sir qilish usulini olish mumkin. Bu esa o'z-o'zini sozlovchi tizimlarni quyidagi mayda guruhlarga bo'linishiga olib keladi:

- tizim parametrlarini avtomatik sozlash bilan (xususan, o'z-o'zini sozlovchi tizimlar);

- tizim parametrlarini avtomatik sozlash bilan (o'zi tashkil etuvchi tizimlar);

- faoliyat ko'rsatish algoritmini avtomatik o'zgartirish bilan (o'z-o'zini algoritmlashtiruvchi tizimlar).

Aytilganlar ichida oxirgi tizimlar ancha takomillashgan, o'z-o'zini sozlovchi tizimlardir, ayniqsa, o'zi o'rganuvchi tizimlarda logik qurilma o'z-o'zini sozlash natijalarini eslab qolib, undan tizimning ish jarayonida bevosita foydalaniladi.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlar yana o'z-o'zini sozlash konturiga va chiqishga nisbatan ochiq va berk (tutashgan) konturlarga ega bo'lishi analitik qidiruvchi mujassamlashgan tizimlardan tashkil topishi mumkin.

### *IIIb. O'z-o'zini sozlovchi tizimlarning xususiyatlari*

Sozlanuvchi va o'z-o'zini sozlovchi tizimlar o'rtasida juda katta farq bor. Obyektning umumiy tavsiflarini, ularni atrof-muhit sharoitiga bog'liqligini bilib turib, tizimga rostlagichni kerakli tarzda sozlovchi dasturni kiritish mumkin. Bunda dasturli boshqaruvchi tizimga ega bo'lish mumkin. O'z-o'zini sozlovchi tizim, tizimning barcha berilganlari haqida ma'lumotlarni talab qilmaydi va tashqi sharoitlar o'zgarganda belgilangan sifat ko'rsatkichi bilan ta'minlash uchun avtomatik tarzda o'z-o'zini sozlaydi. Obyektning parametrlarini optimal qiymatlaridan og'ganligini aniqlash uchun, o'z-o'zini rostlovchi tizimlarda turli vositalardan foydalaniladi. Masalan, tizimning avtomat tarzda sinash harakatlari qilinib, keyin dastlabki ishlab chiqarilayotgan ma'lumotlarni tahlil qilish yo'li bilan. Aslini olib *qaraganda*, bu avtomatik qidiruv bo'lib, o'z-o'zini sozlovchi tizimlarning eng ahamiyatga molik belgisidir. Tekshiruv harakatlari sifatida, qator hollarda, tizimda mavjud bo'lgan o'zgarishlardan foydalaniladi.

Yana shunday tizimlar mavjudki, ular *analitik tizimlar* deb atalib, obyekt parametrlarining og'ishini elektron hisoblash mashinalarida aniqlaydi.

Obyekt tavsifining o'zgarish qonuniyati ma'lum bo'lmasa va butun vaqt davomida qo'lda yoki dastur orqali sozlanib, tizimning kerakli sifat darajasidagi ishini ta'minlab bo'lmasa, tizimga o'z-o'zini sozlash elementlari kiritiladi. Ba'zan ekspluatatsiya jarayonida qo'lda sozlash mumkin emas, dasturli boshqarishni esa obyektning ayrim parametrlari tasodifan o'zgarib turishi mumkin bo'lganligi tufayli qo'llab bo'lmaydi (masalan, uchishni boshqaruvchi tizimlar yaratishda, metallurgiya ishlab chiqarishida, mashinasozlikda, kimyo sanoatida va hokazolarga o'xshashda boshqaruvchi tizimlarni bunyod etishda).

O'z-o'zini sozlashni ta'minlash uchun, hisoblash qurilmalarini, o'zgaruvchan parametrli korrektsiyalovchi qurilmalarni, o'zgaruvchan tizimga ega bo'lgan rostlagichlarni qo'llash kerak bo'ladi. Undan tashqari, rostlagichning parametrlari o'zgarishi mumkin, nohiziqililigining turi, tizimning parametri va tuzilishi o'zgarib turadi.

Bu vositalarni qachon va qayerda qo'llash masalasi, tizim tipi va o'z-o'zini sozlash sharoitlarining murakkabligiga qarab yechiladi.

O'z-o'zini sozlovchi tizimlar, dastavval, chiqishdagi o'zgaruvchini og'ish qonuniyatiga bo'ysunadigan yoki mujassamlangan qonuniyatlardan foydalangan holda ishlaydigan dinamik barqaror tizimlar sanaladi. Ammo o'z-o'zini sozlovchi tizimlarning qandaydir muhim xususiyatlari ham bor.

1. Har o'z-o'zini sozlovchi tizimda kamida ikkita kontur bo'lishi kerak: asosiy kontur va o'z-o'zini rostlash konturi.

2. O'z-o'zini sozlovchi tizimlar o'zgaruvchan parametrlarga tavsiflarga, tuzilishlarga ega bo'lgan (uzluksiz yoki diskret) elementlarga va ish jarayonida o'zgaruvchan boshqarish qonuniyatiga ega bo'lishlari lozim. Shunday qilib, o'z-o'zini sozlovchi tizimlar, umumiy holda, nohiziqli nostatsionar tizimlardir.

3. O'z-o'zini sozlovchi tizimlar logik elementga (umumiy holda esa hisoblash mashinasiga) ega bo'lmog'i kerak. Bu holat avtomat boshqarish nazariyoti uslublari bilan hisoblash texnikasini moslashtiruvchi analitik usullarni ishlab chiqishni taqozo etgan.

4. O'z-o'zini sozlovchi tizimlar tizim parametrlarini va kirish signallarining o'zgarishiga nisbatan yuqori sezgirlikka egadirlar, chunki ular ko'pincha barqarorlik chegarasida yoki uning yaqinida ishlaydi (asosiy kontur bo'yicha).

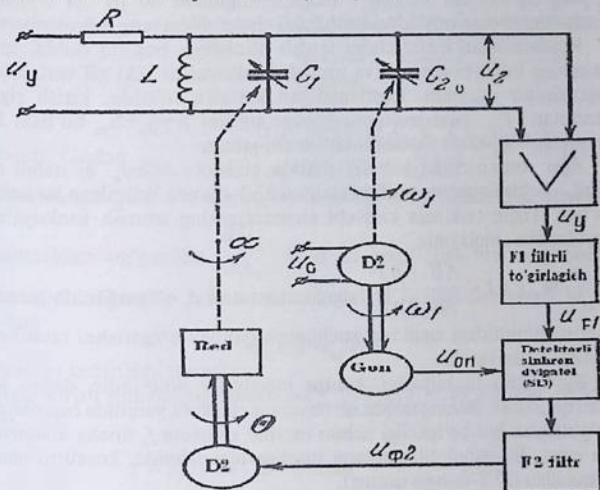
#### *IV. Laboratoriya ishini bajarish tartibi*

Ishni bajarish jarayonida 27.2-rasmda keltirilgan chastotani avtomat tarzda sozlovchi tizimni uzatish funksiyasini topamiz va tuzilish sxemasini chizamiz. Tizim, induktivlik  $L$  va sig'imlar to'plami  $S = S_1 + S_{20}$  dan

tashkil topgan tebranuvchi konturni kirish signali  $u_y(t) = u_{0m} \sin 2\pi f t$  bilan rezonansda saflashi (yonma-yon moslashi) kerak. Konturni rezonansga saflash o'zgaruvchan sig'im  $S_1$  ni kattaligini o'zgarimas tok dvigateli  $D_1$  yordamida o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Rezonansni qidirish, kattaligi  $S_2 = S_{20} + S_{2m} \sin \omega_1 t$  qonuniyati bo'yicha o'zgaruvchi kichik sig'imli o'zgaruvchan  $S_2$  kondentator va sinxron detektor SD yordamida kirish signalini detektrlash orqali, amalga oshiriladi. ( $S_2$  ni lappagini  $D_2$  dvigatel orqali  $\omega_1$  o'zgarimas burchak tezligi bilan aylantiriladi).

Sinxron detektorga chastota  $\omega_1$  ni tayanch kuchlanishi,  $D_2$  dvigatel orqali aylantiriluvchi tayanch kuchlanish generatori (TKG) dan uzatiladi.

Signal rezonans konturidan inersiyaga ega bo'lmagan kuchaytirgichdan  $k_y$  kuchaytirish koeffitsiyenti bilan uzatiladi. Kuchaytirgich chiqishida signal chastotasi  $\omega_1$  ga sozlangan,  $k_n$  kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lgan va  $\Delta f_1 = 100$  Gs o'tkazish yo'lakchali to'g'rilagich va filtr  $F_1$  bor. Sinxron detektor SD dan keyin ham  $F_2$  filtr bor. U  $k_2$  kuchaytirish koeffitsiyentiga va  $\Delta f_2 = 20$  GS o'tkazuvchanlik yo'lakchasiga ega.  $F_1$  va  $F_2$  filtrlar birinchi darajali nodavriy bo'g'inlardir.



27.2-rasm

Chastota avtomat saflash tizimi sxemasi.

Tizimda ekstremumni qidirishni quyidagicha amalga oshiramiz: rezonas konturda buzilish yuz berganida sinxron detektorning chiqishida hosila

$\frac{du_{2m}}{d\omega_0}$  ga proporsional bo'lgan signal paydo bo'ladi.

Bu signal  $F_2$  filtr yordamida silliqslashtirilgach (tekislangach), dvigatelga keladi. Uning natijasida  $S_1$  sig'im,  $\frac{du_{2m}}{d\omega_{01}}$  hosila nolga teng bo'lgunicha o'zgaradi. Bu holat rezonans holatiga mos keladi.

Endi uzatish funksiyasini hisoblab topamiz. Buning uchun quyidagi berilganlarni qabul qilib olamiz:  $R = 10^3 \text{ Om}$ ,  $S_{10} = 400 \text{ pF}$ ,  $L = 0,5 \text{ G}$ ,  $f_0 = 10^4 \text{ Gs}$ ,  $S_2 = 100 + 50 \sin \omega_1 t \text{ pF}$ , filtrlarning uzatish koeffitsiyentlari  $k_{f1} = k_{f2} = 0,8$ . Kirish kuchlanishning amaldagi qiymati  $U_1 = u_{ym} / \sqrt{2} = 100 \text{ V}$  ga teng.  $D_1$  dvigatel kuchlanish 30 Vga teng bo'lganida 300 ayl/min tezlikda aylanadi. Reduktor Red esa  $k_p = 10^{-3}$  uzatish koeffitsiyentiga ega. Kondensator  $S_1$  ning sig'imi uni lappagi 1 radga burilganida 80 pF ga o'zgaradi. Kuchaytirgichning kirishidagi qarshiligini cheksizlikka teng deb olamiz.

Rostlanadigan kattaliklarni tanlab olinishiga bog'liq holda, ushbu tizimning tuzilishi sxemasi va uzatish funksiyasini ikki xil variantlarda bajarishimiz mumkin. Rostlanadigan kattalik sifatida, kirish signali chastotasi  $f_0$ , yoki rezonans kontur sig'imi  $S = S_1 + S_{20}$  bo'lishi ham mumkin. Har ikkala variantni ko'rib chiqamiz.

Agar rostlanadigan kattalik sifatida chastota  $\omega_0 2\pi f_0$  ni qabul qilib olsak, u holda tizimning tuzilishi sxemasi 27.3-rasmda keltirilgan ko'rinishda bo'ladi. Tizim tarkibiga kiruvchi elementlarning uzatish funksiyalarini quyidagicha aniqlaymiz.

$$1. W_{k1}(p) = \frac{\Delta U_2(p)}{\Delta \omega_0(p)} - \text{signal chastotasi } f_0 \text{ o'zgarganida rezonans}$$

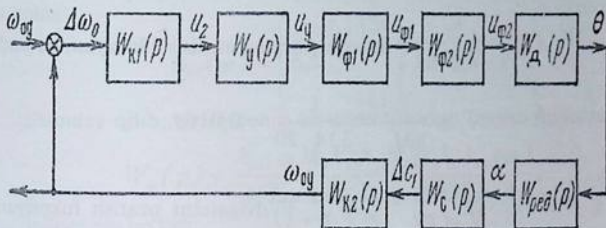
kontur chiqishidagi amaldagi kuchlanish qanday o'zgarishni tavsiflovchi uzatish funksiyasidir.

Bu uzatish funksiyasini, kontur inersiyasiz bo'g'indir, degan faraz bilan qidiramiz. Buning sababi ish rezonans chastota yaqinida bajarilayapti. To'g'rilagich bor bo'lganligi uchun mavjud chastota  $f_0$  uncha ahamiyatga ega emas. Bu qabul qilinganlarni hisobga olgan holda, konturni ulanish sxemasidan (27.2-rasmga qarang),

$$U_2 = \frac{U_1 |z_k(\omega)|}{|R + z_k(\omega)|}, \quad (27.1)$$

kelib chiqadi. Bu yerda  $z_{\kappa}(\omega) = \frac{j\omega_0 L}{(\omega_0^2 CL - 1)}$  - rezonansli kontur qarshiligi. Buni hisobga olib,

$$U_2 = U_1 \frac{\omega_0 L}{\sqrt{R^2(\omega_0^2 LC - 1)^2 + \omega_0^2 L^2}} [B] \quad (27.2)$$



27.3-rasm

ni olamiz. Undan 
$$\frac{\partial U_2}{\partial \omega_0} = \frac{U_1 R^2 L (1 - \omega_0^4 C^2 L^2)}{[R^2(\omega_0^2 CL - 1)^2 + \omega_0^2 L^2]^{3/2}} [B \cdot c] \quad (27.3)$$

Rezonans  $\omega_0^2 CL = 1$  da bu hosila nolga teng. Chastota  $\omega_0$  rezonans

chastotasidan og'ganida  $\frac{dU_2}{d\omega_0}$  ni  $\omega$  ga bog'liqligi, umumiy holda, nohiziqlidir. Shuning uchun umumiy holda uzatish funksiyasi  $W_{k1}(p)$  quyidagi

$$W_{k1}(p) = k_{k1}(\omega) \quad (27.4)$$

ko'rinishga keltirilishi mumkin.

Agar kirish signalining chastotasi  $\pm 10\%$  ga  $f_0 = 10^4$  Gs dan og'sa, u holda

$$k_{k1}(\omega) = \begin{cases} -5,7 \cdot 10^{-7} B \cdot c & \text{agar } f = f_0 + 0,1f_0, \\ 0 & \text{agar } f = f_0, \\ 7,5 \cdot 10^{-7} B \cdot c & \text{agar } f = f_0 - 0,1f_0. \end{cases}$$

Tizimda ekstremumni qidirishni quyidagicha amalga oshiramiz: rezonas konturda buzilish yuz berganida sinxron detektorning chiqishida hosila

$\frac{du_{2m}}{d\omega_0}$  ga proporsional bo'lgan signal paydo bo'ladi.

Bu signal  $F_2$  filtr yordamida silliqlashtirilgach (tekislangach), dvigatelga keladi. Uning natijasida  $S_1$  sig'im,  $\frac{du_{2m}}{d\omega_{01}}$  hosila nolga teng bo'lgunicha o'zgaradi. Bu holat rezonans holatiga mos keladi.

Endi uzatish funksiyasini hisoblab topamiz. Buning uchun quyidagi berilganlarni qabul qilib olamiz:  $R = 10^3 \text{ Om}$ ,  $S_{10} = 400 \text{ pF}$ ,  $L = 0,5 \text{ G}$ ,  $f_0 = 10^4 \text{ Gs}$ ,  $S_2 = 100 + 50 \sin \omega_0 t \text{ pF}$ , filtrlarning uzatish koeffitsiyentlari  $kf1 = kf2 = 0,8$ . Kirish kuchlanishning amaldagi qiymati  $U_1 = u_{ym} / \sqrt{2} = 100 \text{ V}$  ga teng.  $D_1$  dvigatel kuchlanish 30 Vga teng bo'lganida 300 ayl/min tezlikda aylanadi. Reduktor Red esa  $k_p = 10^{-3}$  uzatish koeffitsiyentiga ega. Kondensator  $S_1$  ning sig'imi uni lappagi 1 radga burilganida 80 pF ga o'zgaradi. Kuchaytirgichning kirishidagi qarshiligini cheksizlikka teng deb olamiz.

Rostlanadigan kattaliklarni tanlab olinishiga bog'liq holda, ushbu tizimning tuzilishi sxemasi va uzatish funksiyasini ikki xil variantlarda bajarishimiz mumkin. Rostlanadigan kattalik sifatida, kirish signali chastotasi  $f_0$ , yoki rezonans kontur sig'imi  $S = S_1 + S_{20}$  bo'lishi ham mumkin. Har ikkala variantni ko'rib chiqamiz.

Agar rostlanadigan kattalik sifatida chastota  $\omega_0 2\pi f_0$  ni qabul qilib olsak, u holda tizimning tuzilishi sxemasi 27.3-rasmda keltirilgan ko'rinishda bo'ladi. Tizim tarkibiga kiruvchi elementlarning uzatish funksiyalarini quyidagicha aniqlaymiz.

$$1. W_{\kappa 1}(p) = \frac{\Delta U_2(p)}{\Delta \omega_0(p)} - \text{signal chastotasi } f_0 \text{ o'zgarganida rezonans}$$

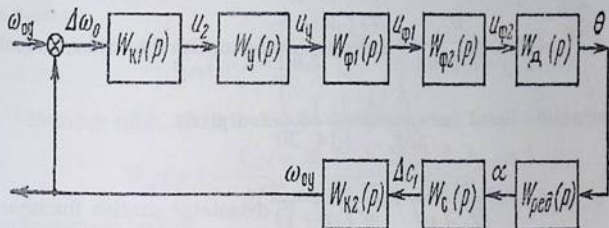
kontur chiqishidagi amaldagi kuchlanish qanday o'zgarishni tavsiflovchi uzatish funksiyasidir.

Bu uzatish funksiyasini, kontur inersiyasiz bo'g'indir, degan faraz bilan qidiramiz. Buning sababi ish rezonans chastota yaqinida bajarilayapti. To'g'rilagich bor bo'lganligi uchun mavjud chastota  $f_0$  uncha ahamiyatga ega emas. Bu qabul qilinganlarni hisobga olgan holda, konturni ulanish sxemasidan (27.2-rasmga qarang),

$$U_2 = \frac{U_1 |z_{\kappa}(\omega)|}{|R + z_{\kappa}(\omega)|}, \quad (27.1)$$

kelib chiqadi. Bu yerda  $z_k(\omega) = \frac{j\omega_0 L}{(\omega_0^2 CL - 1)}$  - rezonansli kontur qarshiligi. Buni hisobga olib,

$$U_2 = U_1 \frac{\omega_0 L}{\sqrt{R^2(\omega_0^2 LC - 1)^2 + \omega_0^2 L^2}} [B] \quad (27.2)$$



27.3-rasm

ni olamiz. Undan 
$$\frac{\partial U_2}{\partial \omega_0} = \frac{U_1 R^2 L (1 - \omega_0^4 C^2 L^2)}{[R^2(\omega_0^2 CL - 1)^2 + \omega_0^2 L^2]^{3/2}} [B \cdot c] \quad (27.3)$$

Rezonans  $\omega_0^2 CL = 1$  da bu hosila nolga teng. Chastota  $\omega_0$  rezonans chastotasidan og'ganida  $\frac{dU_2}{d\omega_0}$  ni  $\omega$  ga bog'liqligi, umumiy holda, nochiiziqlidir. Shuning uchun umumiy holda uzatish funksiyasi  $W_{k1}(p)$  quyidagi

$$W_{k1}(p) = k_{k1}(\omega) \quad (27.4)$$

ko'rinishga keltirilishi mumkin.

Agar kirish signalining chastotasi  $\pm 10\%$  ga  $f_0 = 10^4$  Gs dan og'sa, u holda

$$k_{k1}(\omega) = \begin{cases} -5,7 \cdot 10^{-7} B \cdot c & \text{agar } f = f_0 + 0,1f_0, \\ 0 & \text{agar } f = f_0, \\ 7,5 \cdot 10^{-7} B \cdot c & \text{agar } f = f_0 - 0,1f_0. \end{cases}$$

2.  $W_y(p) = k_y$  - kuchaytirgichning uzatish funksiyasi.

3.  $W_{f1}(p) = \frac{k_{f1}}{T_1 p + 1}$  - birinchi filtrning uzatish funksiyasi. Vaqt doimiysi

$$T_1 = \frac{1}{\pi \Delta f_1} = \frac{1}{3,14 \cdot 1000} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ s.}$$

4.  $W_{f2}(p) = \frac{k_{f2}}{T_2 p + 1}$  - ikkinchi filtrning uzatish funksiyasi, bu yerda

$$T_2 = \frac{1}{\pi \Delta f_2} = \frac{1}{3,14 \cdot 20} = 0,016 \text{ s.}$$

5.  $W_d(p) = \frac{\theta(p)}{U_{f2}(p)} = \frac{k_d}{p(T_d p + 1)}$  dvigatelni uzatish funksiyasi, bu yerda

$$k_d = \frac{\dot{\theta}_{xx}}{U_{xx}} = \frac{2 \cdot n_{xx} \pi}{60 U_{xx}} = \frac{2 \cdot 3000 \cdot 3,14}{60 \cdot 30} = 10,5 \text{ V}^{-1} \cdot \text{c}^{-1}, T_d = 0,004 \text{ s.}$$

6.  $W_p(p) = k_p$  - reduktorning uzatish funksiyasi,  $k_p = 10^{-3}$

7.  $W_c(p) = \frac{\Delta C_1(p)}{\Delta \alpha(p)}$  - reduktor o'qi burilganida sig'im  $S_1$  ni o'zgarishini ko'rsatuvchi uzatish funksiyasi. Topshiriqqa mos bu tavsif chiziqlidir. Tavsifning tikligi  $k_s = 80 \text{ nF} / \text{rad} = 8 \cdot 10^{-11} \text{ F}$ .

8.  $W_{k2}(p) = \frac{\Delta \omega_0(p)}{\Delta C_1(p)}$  - sig'im  $S_1$  o'zlganida rezonans chastotasini o'zgarishini tavsiflovchi uzatish funksiyasi. Birinchi punktda ( $p1$ ) yo'qo'yilganlar bo'yicha bu funksiyani olish ufun (27.2) ifodani  $S$  bo'yicha differensiallaymiz. Natijada

$$\frac{\partial U_2}{\partial C_1} = U_1 \frac{R^2 L^2 \omega_0^2 (1 - \omega_0^2 CL)}{[R^2 (1 - \omega_0^2 LC)^2 + \omega_0^2 L^2]^{3/2}} [B \cdot F^{-1}] \quad (27.5)$$

ni olamiz. (27.5) ni (37.3) ga bo'lamiz,

$$\frac{\partial \omega_0}{\partial C_1} = \frac{L\omega_0^3}{1 + \omega_0^2 LC} [F^{-1} \cdot c^{-1}] \quad (27.6)$$

ni topamiz.

Bundan kelib chiqqan holda, konturni inersiyasiz deb qabul qilib olib,

$$W_{k_2}(p) = k_{k_2}(\omega).$$

ni olamiz.

Agar berilayotgan chastota  $f_0$  ë 10 Gs oraliq'ida  $f=10^4$  Gs da o'zgarsa, u holda

$$k_{k_2}(\omega) = \begin{pmatrix} +1,15 \\ 6,3 \\ -1,1 \end{pmatrix} \cdot 10^{13} F^{-1} \cdot c^{-1}.$$

Shunday qilib, tizim ochiq bo'lgan holatidagi uzatish funksiyasi

$$W_\omega(p) = \frac{k_{k_1}(\omega)k_y k_{f_1} k_{f_2} k_{d_v} k_p k_c k_{k_2}(\omega)}{p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_D p + 1)}. \quad (27.7)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

$f_0, f_0 + 0, 1 f_0$  va  $f_0 - 0, 1 f_0$  chastotalar uchun son qiymatlarini qo'yib,

$$f = f_0, \quad W_\omega(p) = 0, \quad (27.8)$$

$$f = f_0 + 0,1 f_0, \quad W_\omega(p) = \frac{2,28 \cdot 10^8 k_y}{p(3,2 \cdot 10^4 p + 1)(0,01 p + 1)(0,04 p + 1)}, \quad (27.9)$$

$$f = f_0 - 0,1 f_0, \quad W_\omega = \frac{2,08 \cdot 10^8 k_y}{p(3,2 \cdot 10^4 p + 1)(0,06 p + 1)(0,04 p + 1)}. \quad (27.10)$$

ni olamiz.

Endi, rostlanadigan kattalik sifatida sig'im  $S_1$  ko'riladigan hol uchun uzatish funksiyasini topamiz.

Bunday tizimning uzatish funksiyasi 27.4-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishga egadir. Bu tizim tarkibiga kiradigan  $W_y(p)$ ,  $W_{f_1}(p)$ ,  $W_d(p)$ ,  $W_p(p)$   $W_s(p)$  uzatish funksiyalari, xuddi oldingi holdagi kabi.

Uzatish funksiyasi

$$W_k(p) = \frac{\Delta U_2(p)}{\Delta C(p)}$$

sig'im  $S$  o'zgariganida rezonans kontur chiqishidagi kuchlanishning o'sishini tavsiflaydi.

2.  $W_y(p) = k_y$  - kuchaytirgichning uzatish funksiyasi.

3.  $W_{f1}(p) = \frac{k_{f1}}{T_1 p + 1}$  - birinchi filtrning uzatish funksiyasi. Vaqt doimiysi

$$T_1 = \frac{1}{\pi \Delta f_1} = \frac{1}{3,14 \cdot 1000} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ s.}$$

4.  $W_{f2}(p) = \frac{k_{f2}}{T_2 p + 1}$  - ikkinchi filtrning uzatish funksiyasi, bu yerda

$$T_2 = \frac{1}{\pi \Delta f_2} = \frac{1}{3,14 \cdot 20} = 0,016 \text{ s.}$$

5.  $W_d(p) = \frac{\theta(p)}{U_{f2}(p)} = \frac{k_d}{p(T_d p + 1)}$  dvigatelni uzatish funksiyasi, bu yerda

$$k_D = \frac{\partial \chi_{xx}}{U_{xx}} = \frac{2 \cdot n_{xx} \pi}{60 U_{xx}} = \frac{2 \cdot 3000 \cdot 3,14}{60 \cdot 30} = 10,5 V^{-1} \cdot c^{-1}, T_D = 0,004 \text{ s.}$$

6.  $W_p(p) = k_p$  - reduktorning uzatish funksiyasi,  $k_p = 10^{-3}$

7.  $W_C(p) = \frac{\Delta C_1(p)}{\Delta \alpha(p)}$  - reduktor o'qi burilganida sig'im  $S_1$  ni

o'zgarishini ko'rsatuvchi uzatish funksiyasi. Topshiriqqa mos bu tavsif chiziqlidir. Tavsifning tikligi  $k_s = 80 \text{ nF / rad} = 8 \cdot 10^{-11} \text{ F.}$

8.  $W_{k2}(p) = \frac{\Delta \omega_0(p)}{\Delta C_1(p)}$  - sig'im  $S_1$  o'zgarganida rezonans chastotasini

o'zgarishini tavsiflovchi uzatish funksiyasi. Birinchi punktda (p1) yo'l qo'yilganlar bo'yicha bu funksiyani olish ufun (27.2) ifodani S bo'yicha differensiallaymiz. Natijada

$$\frac{\partial U_2}{\partial C_1} = U_1 \frac{R^2 L^2 \omega_0^2 (1 - \omega_0^2 CL)}{[R^2 (1 - \omega_0^2 LC)^2 + \omega_0^2 L^2]^{3/2}} [B \cdot F^{-1}] \quad (27.5)$$

ni olamiz. (27.5) ni (37.3) ga bo'lamiz,

$$\frac{\partial \omega_0}{\partial C_1} = \frac{L \omega_0^3}{1 + \omega_0^2 LC} [F^{-1} \cdot c^{-1}] \quad (27.6)$$

ni topamiz.

Bundan kelib chiqqan holda, konturni inersiyasiz deb qabul qilib olib,

$$W_{k_2}(p) = k_{k_2}(\omega).$$

ni olamiz.

Agar berilayotgan chastota  $f_0$  ë 10 Gs oralig'ida  $f=10^4$  Gs da o'zgarsa, u holda

$$k_{k_2}(\omega) = \begin{pmatrix} +1,15 \\ 6,3 \\ -1,1 \end{pmatrix} \cdot 10^{13} F^{-1} \cdot c^{-1}.$$

Shunday qilib, tizim ochiq bo'lgan holatidagi uzatish funksiyasi

$$W_{\omega}(p) = \frac{k_{k_1}(\omega) k_y k_{f_1} k_{f_2} k_{d_1} k_p k_c k_{k_2}(\omega)}{p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_D p + 1)}. \quad (27.7)$$

ko'rinishga ega bo'ladi.

$f_0, f_0 + 0,1 f_0$  va  $f_0 - 0,1 f_0$  chastotalar uchun son qiymatlarini qo'yib,

$$f = f_0, \quad W_{\omega}(p) = 0, \quad (27.8)$$

$$f = f_0 + 0,1 f_0, \quad W_{\omega}(p) = \frac{2,28 \cdot 10^8 k_y}{p(3,2 \cdot 10^{-4} p + 1)(0,01(p + 1))(0,04 p + 1)}, \quad (27.9)$$

$$f = f_0 - 0,1 f_0, \quad W_{\omega} = \frac{2,08 \cdot 10^8 k_y}{p(3,2 \cdot 10^{-4} p + 1)(0,06 p + 1)(0,04 p + 1)}. \quad (27.10)$$

ni olamiz.

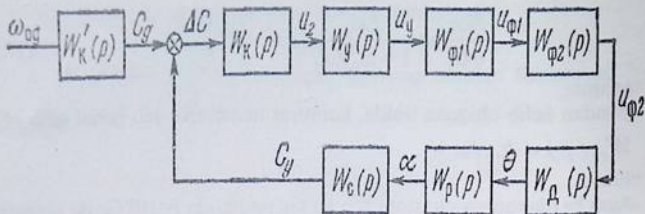
Endi, rostlanadigan kattalik sifatida sig'im  $S_1$  ko'riladigan hol uchun uzatish funksiyasini topamiz.

Bunday tizimning uzatish funksiyasi 27.4-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishga egadir. Bu tizim tarkibiga kiradigan  $W_y(p)$ ,  $W_{f_1}(p)$ ,  $W_d(p)$ ,  $W_p(p)$ ,  $W_s(p)$  uzatish funksiyalari, xuddi oldingi holdagi kabi.

Uzatish funksiyasi

$$W_k(p) = \frac{\Delta U_2(p)}{\Delta C(p)}$$

sig'im  $S$  o'zgarganida rezonans kontur chiqishidagi kuchlanishning o'sishini tavsiflaydi.



27.4-rasm

Kuchaytirgichning chiqishidagi signalni to'g'irlanish holati haqidagi eslatmalarga ko'ra

$$Wk(r) = kk(\omega), \quad (27.11)$$

deb hisoblash mumkin. Bu yerda  $k_k(\omega)$  — (27.5) formula bo'yicha hisoblangan koeffitsiyent.

Kontur rezonansga sozlanganida  $k_k(\omega) = 0$ .

Agar  $f = f_0 + 0,1f_0$  bo'lsa,

$$kk(\omega) = -4,2 \cdot 10^7 \text{ V F}^{-1},$$

$$f = f_0 - 0,9 f_0$$

$$kk(\omega) = +3,6 \cdot 10^7 \text{ V F}^{-1}.$$

Shunday qilib, teskari bog'lanish bilan qamrab olingan ochiq tizimning uzatish funksiyasi quyidagi qiymatlarga egadir:

$$f = f_0 \quad W_c(p) = 0, \quad (27.12)$$

$$f = f_0 + 0,1f_0 \quad W_c(p) = \frac{-2,28 \cdot k_y}{p(3,2 \cdot 10^{-4} p + 1)(0,016 p + 1)(0,04 p + 1)}, \quad (27.13)$$

$$f = f_0 - 0,1f_0 \quad W_c(p) = \frac{2,08 \cdot k_y}{p(3,2 \cdot 10^{-4} p + 1)(0,016 p + 1)(0,04 p + 1)}. \quad (27.14)$$

(27.9), (27.10), (27.13) va (27.14) ifodalardan ko'rinib turibdiki, uzatish funksiyalari rostlanayotgan kattalikning tanlab olinishiga bog'liq emas ekan. Rasmiy ravishda bu quyidagidan kelib chiqadi.

$$k_{k1}(\omega) \cdot k_{k2}(\omega) = \frac{\partial U_2}{\partial \omega_0} \frac{\partial \omega_0}{\partial C_1} = k_k(\omega) = \frac{\partial U_2}{\partial C_1} B \cdot F^{-1}.$$

Tizimning berk konturi oldiga, rezonansda kirish signalining chastotasi  $f_0$  ga bog'liq ravishda sig'im ulash kerak bo'ladi. U uzatish koeffitsiyenti

$$k'_x(\omega) = \frac{\partial C}{\partial \omega_0} = \frac{1 + \omega^2 LC}{L\omega_0^3} [F \cdot c], \text{ bo'lgan inersiyasiz bo'g'in sifatida}$$

taqdim etilishi mumkin.

Agar  $f_0$  va  $f_0$  ë 10 % bo'lsa, unda

$$k'_x(\omega) = \begin{cases} 1,34 \cdot 10^{-14} \Phi \cdot c & \text{agar } f = f_0 + 0,1f_0, \\ 1,62 \cdot 10^{-14} \Phi \cdot c & \text{agar } f = f_0, \\ 1,92 \cdot 10^{-14} \Phi \cdot c & \text{agar } f = f_0 - 0,1f_0. \end{cases}$$

bo'ladi.

### V. Hisobot shakli

Laboratoriya ishi bo'yicha yozib tayyorlangan hisobot tarkibida ish yo'riqnomasi, ishning bajarish tartibi, tadqiqot qilingan obyekt parametrlari va ularni hisoblab aniqlanishi natijasida olingan qiymatlar keltiriladi. Ishning natijalari tahlil qilinib, xulosa keltiriladi.

### VI. Nazorat savollari:

1. O'z-o'zini sozlovchi tizimlar (O'O'ST) deb qanday tizimlarga aytiladi?
2. O'z-o'zini sozlash mezoni bu nima?
3. O'O'ST larning asosiy elementlari nimalardan iborat?
4. O'O'ST tasnifini so'zlab bering?
5. O'O'STlar qanday xususiyatlarga ega?
6. Qanday tizimlar analitik tizimlar deb ataladi?
7. Ta'sirlar tahlilchisi qurilmasi qanday vazifani bajaradi?
8. Nima sababdan o'z-o'zini sozlovchi tizimlar konstruksiyalari murakkablashgan?
9. O'O'STlarda mantiqiy elementlar mavjudmi?
10. O'O'ST ni sozlanuvchi tizimlardan farqi nimada?

### VII. Adabiyotlar:

1. Ляпунов А. М. Собрание сочинений, т.2. ССРИ ФА, 1956 г.
2. Метод гармонической линеаризации в проектировании нелинейных систем автоматического управления. Подредакции Е. П. Попова, «Машиностроение», 1970 г.

3. Подредакции В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. «Наука», 1966 г.
4. Цыпкин Я. З. Теория релейных систем автоматического регулирования. ГИТТЛ, 1955 г.
5. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических - систем, Ф.М, 1973 г.
6. Подредакции В.А., Попов Е.П., Теория систем автоматического управления. «Профессия», 2003 г.

## 28 - LABORATORIYA ISHI

### Chastotani sozlovchi ekstremal avtomat tizimining qidiruv ishidagi yo'qotishlarni aniqlash

#### *I. Ishning maqsadi:*

Ekstremal tizimlar haqida umumiy tushunchalarga ega bo'lish bilan bir qatorda, ekstremal tizimlar ishi dasturiga kiritilgan qidiruv ishidagi yo'qotishlarni aniqlash ishlarini o'rgatish. Xatoliklarni topish metodlari bilan ishlash. Avtomat tizimning ishlash qonuniyatini ifodalovchi sxemani o'rganish.

#### *II. Ishning vazifasi:*

1. Ekstremal avtomat tizimlar sinflari va konstruktiv tuzilishlari bilan tashishish.
2. Ekstremumni topish shartlarini o'rganish.
3. Tizim ishidagi xatoliklarni aniqlash.
4. Xatoliklarni tizim signali parametrlariga bog'liqligini tahlil qilish.

#### *III. Ekstremal avtomat tizimlar haqida tushunchalar*

Agar tizimda mavjud bo'lgan o'z-o'zini sozlash elementlari, tizimning qandaydir parametri yoki o'zgaruvchiga ekstremal bog'liqlikka ega bo'lgan qandaydir ko'rsatkichini ta'minlaydigan bo'lsa, u holda bunday o'z-o'zini sozlovchi tizim *ekstremal tizimlar sinfiga* kiradi. Bunday tizimning asosiy qismi bo'lishi, asosiy sifat ko'rsatkichining ekstremal qiymati bo'yicha tizimning optimal qiymatini ta'minlovchi nohiziq bo'g'in sanaladi.

Ekstremal o'z-o'zini sozlash tizimlarini yaratish zarurati texnikaning turli sohalarida ko'p uchraydi: samolyotning uchishida yoki dengiz va daryo kemalari harakatida yonilg'ini minimal miqdorda sarflash kabi hollarda. Ekstremal tavsif ushbu tizimda o'zgarmasmi yoki ish jarayonida tashqi muhitga bog'liq ravishda o'zgaruvchanmi ekanligiga qarab, ekstremal tizimlar ikkita asosiy guruhga bo'linadi.

**1. Statistik ekstremal tizimlar**, bularning ekstremal tavsiflari  $Q(x)$  bilan bir xil bo'lib, (28.1-rasm) bu tizimda berilgan ekstremum uchun belgilangan parametrlarning o'zgarmas qiymatlarida sifatning ekstremum ko'rsatkichlariga mos keluvchi optimal boshqaruvni amalga oshiradi.



yonilg'i og'irligi kamayib borishi bilan (samolyotning umumiy og'irligi) uchishning ekstremal tezligini o'zgartirishi zarur. Buni esa, dasturli boshqarishni qo'llab turib bajarish mumkin.

Ekstremal tezlikni o'zgartirish qonuniyati quyidagicha aniqlanadi.

Aytaylik, uchishning ekstremal tezligini samolyotning umumiy og'irligiga bog'liqligi berilgan bo'lsin

$$v_{eks} = f(G)$$

Endi samolyotning og'irligini uchish paytida (ma'lum tezlik va yonilg'i sarfida) gi o'zgarishini hisoblaymiz:

$$G = \varphi(t)$$

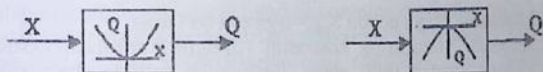
Har ikkala bog'liqlik uchishning maksimal uzoqroq masofaga yetkazish uchun samolyotning tezligini boshqarish qonuniyatini beradi

$$v_{eks} = f[\varphi(t)] \quad (28.1.)$$

Olingan qonuniyatdan samolyotning uchishini dasturli boshqarishda foydalaniladi. Ekstremal qonuniyatni ta'minlovchi boshqarishning aniqligi vaqt davomida optimal tezlikning o'zgarishini qay darajada qayd etilishiga bog'liqdir. Ammo umumiy holda tezlik (28.1) ning o'zgarish tusini aniqlash, turlicha tasodifiy omillarning borligi sababli (og'irlik o'zgarishi va muzlash natijasida samolyot qobig'i yuzasi holatining o'zgarishi va h. k.) qiyin, shuning uchun dasturli boshqaruv har doim ham imkoniyatga ega emasdir.

Amalda ekstremal tizimlardagi boshqacha dasturli boshqarish hollari ham uchraydi. Eng takomillashgan tizimlardan biri bo'lib, ekstremumni *avtomatik ravishda qidiruvchi ekstremal* tizim sanaladi.

Bu tizim ekstremal tavsifning no'malum o'zgarish qonuniyatida tizim sifatining ekstremal qiymatini ta'minlaydi. Bunday tizimlar ekstremumga o'z-o'zini sozlash xususiyatiga egadirlar. Ekstremal tizim, odatda, ekstremal bog'liqlik  $Q(x)$  bor bo'lgan holda ishlab chiqiladi. Asosiy ko'rsatkichning minimumi yoki maksimumiga ega bo'lgan ekstremal tavsifli bo'g'in tuzilish sxemasida turlicha ifodalanishi mumkin (28.2-rasm).



28.2-rasm

Bunda obyekt shartli ravishda, obyektning chiziqli qismi (OCHQ) va nochiziqli ekstremal tavsifli qism ko'rinishida ifodalanadi.

Hozirgi paytda ekstremal tavsifning ko'rinishi noma'lum bo'lgan, lekin yagona ma'lumot manbasi bo'lib, ish jarayonida o'lchanayotgan sifat

ko'rsatkichi qiymati  $Q$  sanalgan tizimlar, katta ahamiyatga egadir.  $Q$  haqiqatdan ham ekstremal qiymatmi yoki yo'qmi ekanligini aniqlash uchun, asosiy uzgaruvchi  $x$  ning ayrim qiymatlarida  $Q$  ning ekstremal qiymatlarini aniqlovchi bir necha qiymatini o'rganib chiqish kifoyadir.

Shunday qilib, o'z-o'zini sozlovchi ekstremal tizimlarda ikkita operatsiya amalga oshirilishi kerak:

- sifat ko'rsatkichi  $Q$  ning boshlang'ich qiymati bilan uni ekstremal qiymati o'rtasidagi munosabatni aniqlash (sinov yoki qidiruv operatsiyasi);

- sifat ko'rsatkichining ekstremumini saqlash maqsadida rostlagichning topilgan sozlanishini o'zgartirish qiymatlariga ishlov berish (ishchi operatsiya).

Qidiruv operatsiyasini tushuntirish uchun,  $Q$  ning qiymatlari bitta sozlanayotgan kattalik  $X$  ga bog'liq bo'lgan holdagi, bir o'lchovli masalani ko'rib chiqaylik. Dastlabki holatda, deylik,  $X=X_0$  bo'lsin, keyin esa rostlagichning sozlagichi o'zgarishi natijasida  $X_1=X_0+S$  olinadi. Bunda  $Q(x_1)>Q(x_0)$  bo'lib chiqib, bu esa orttirmani maksimum tomonga, ya'ni to'g'ri yo'nalishda amalga oshirilganligini bildiradi. Aks holda  $Q(x_1)<Q(x_0)$  da  $X$  ning kamayishini ta'minlash kerak bo'ladi.  $Q(X_1)>Q(X_0)$  natija esa rostlagichning sozlagichi ekstremal qiymat yaqinida turganligidan dalolat beradi. Agar ekstremal tavsif minimum bo'lsa (28.2b-rasm), u holda  $Q(X_1)$  va  $Q(X_0)$  tengsizlik, ekstremum nuqtasiga harakatlenganda, teskari yuqori tomonga ko'rsatilgan bo'lishi lozim. Undan tashqari ekstremum tomonga qarab qilinayotgan yo'nalishi haqida to'g'ri xulosa qilish uchun, boshlang'ich nuqtani ekstremumga nisbatan joylashish holatini hisobga olish kerak.

Aytib o'tilganlardan kelib chiqan holda, qidiruv operatsiyasi, ekstremal tavsifning berilgan nuqtasida hosilani (tiklikni) aniqlashga olib keladi, deb xulosa qilishimiz mumkin.

$$S_0 = [dQ / dX]_{X=X_0} \quad (28.2).$$

Ekstremum nuqta uchun  $S_{EKS}=0$  ga ega bo'lamiz.

Ekstremal tavsifning hosilasini (tikligini) aniqlash ekstremumni qidirishning yagona usuli emas. Boshqacha uslublar ham mavjuddir: hosilani bevosita o'lchash, hosilani ishorasini aniqlash, ekstremumni hisoblash va hokazo.

Shunday qilib, o'z-o'zini sozlovchi ekstremal tizimlar uchun ekstremumni qidirish operatsiyasining mavjudligi ahamiyatlidir. Qo'shimcha signallar ekstremumni qidirish uchun foydalaniladimi yoki yo'qligiga bog'liq holda, tizimlar ikki guruhga bo'linadi: qo'shimcha qidiruv

signaliga ega bo'lmagan tizimlarga va qo'shimcha qidiruv signali bor tizimlarga ekstremal tizimlarning faoliyat jarayoni, qidiruv operatsiyalarini bajarish va rostlagich kirishidagi sozlagichni tiklik  $S$  ning topilgan qiymatiga bog'liq bo'lgan kattalikka o'zgarishi, hosila ishorasini aniqlash kabi ketma-ket bosqichlarga bo'linadi. Ekstremum ko'rsatkichi  $Q$  ni aniqlovchi ko'psonli rostlanayotgan parametrlar o'rin tutgan ko'p o'lchovli masalalarda ekstremal tizimlarning faoliyati birmuncha murakkab bo'ladi.

Tavsifning tikligi qiymatidan foydalaniladimi, yo'qmi yoki ishchi operatsiyami, shakllantirishdagi hosila ishorasidan foydalaniladimi, shunga bog'liq ravishda eustremal tizimlar releli yoki proporsional tizimlarga bo'linadilar:

**Proporsional ekstremal tizimlarda** ishchi signal

$$dx_{\text{ishchi}} / dt = hS \quad (28.3)$$

bog'liqlik orqali tavsiflanadi.

**Releli ekstremal tizimlarda** ishchi signal

$$dx_{\text{ishchi}} / dt = h_0 \text{ sing } s \quad (28.4)$$

bog'liqlik orqali tavsiflanadi.

Proporsional ekstremal tizimlarda sozlagichga ishlov berish tezligi  $S$  kattaligiga bog'liq bo'lganligi sababli **bog'liq bo'lgan qidiruv** amalga oshiriladi. Releli ekstremal tizimlarda sozlagichga ishlov berish tezligi  $S$  ga bog'liq bo'lmay, doimiy o'zgarimas bo'lganligi tufayli, bog'liq bo'lmagan qidiruv amalga oshiriladi.

Releli va proporsional tizimlarni tanlab olishda optimallashtirish jarayoniga qo'yiladigan talablardan kelib chiqqan holda, obyektning inersiyalilik xususiyatlarini inobatga olib tanlanadi. Proporsional tizimlarda sinov harakatlari va ishchi harakatlar, odatda, alohida bo'ladi, releli tizimlarda esa birlashgandir.

Boshqaruvchi ishchi signal bilan ajratilgan, avtotebranishlardan yoki majburiy davriy tashkil etuvchilardan tashkil topgan signallardan sinash signali sifatida foydalanish mumkinligi imkonining mavjudligi tufayli releli ekstremal tizimlar obyekt parametrlariga invariant bo'lib qoladi. Bu muhit hamda rostlagichning konstruksiyasining soddaligi, releli ekstremal tizimlarni keng tarqalish imkoniyatini berdi.

### *IIIa. Ekstremal tizimlarning tuzilishi*

O'z-o'zini sozlovchi ekstremal tizimlarning tuzilishi ekstremalni qurishning qaysi usulidan foydalanishga bog'liqdir. Bunday tizimlarning tuzilish qonuniyatini asosiy holatlar uchun ko'rib chiqaylik: hosilani aniqlash, hosilaning ishorasini aniqlash va ekstremumni hisoblash yoki o'lchash.

*Qo'shimcha qidiruv signalisiz hosilani aniqlash tizimlari.*  $Q(x)$  funksiya qanday bo'lishidan qat'i nazar, uning ekstremal qiymati hosilasini nolga tengligi bilan aniqlanadi:

$$S_{\text{eks}} = dQ(x)/dx = 0.$$

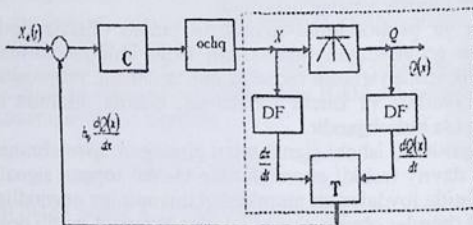
Shunday qilib, ekstremal rostlashni amalga oshirish uchun ko'rsatkich  $Q$  ning hosilasini aniqlash kerak bo'ladi, keyin rostlanayotgan o'zgaruvchining hosilasini topish va bu hosilalarni bo'lish kerakdir:

$$S = [dQ(X) / dt] / [dx / dt] = dQ(X) / dx \quad (28.5)$$

Ishchi signal (5.3) bog'liqlik orqali, (28.5) ni hisobga olgan holda aniqlanadi.  $S_{\text{EKS}} = 0$  bo'lganda, tizimning muvozanat rejimi ekstremum nuqtaga mos keladi. Bunda tizim avtomatik tarzda, tashqi sharoitlar ta'sirida, ekstremal tavsif qaysi tomonga siljishidan qat'i nazar, ekstremum nuqtasiga sozlanadi. Chunki ko'rsatilgan tizimlarda ekstremal parametrning kirishdagi o'zgaruvchi bo'yicha hosilasidan foydalanilib, u ba'zan *farqli* deb ataladi.

Hosila  $S$  ni o'lchashga asoslangan ekstremal tizim ikkita differensiator DFdan, obyektning chiziqli qismi OCHQga sozlagich ko'rsatuvchi taqsimlash bloki  $T$  dan tashkil topgan (28.3-rasm).

Ushbu sxema juda sodda bo'lishiga qaramay, ikkita differensiallovchi blok bo'lganligi tufayli, yuqori chastotali xalaqitlarga nisbatan o'ta sezgirdir. Shuning uchun keng tatbiq etish chegaralangan.

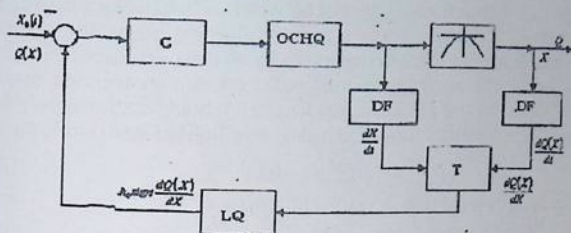


28.3-rasm

Bunday qonuniyat asosida qurilgan tizimlar *proporsional ekstremal tizimlar* toifasiga kiradi.

*Qo'shimcha qidiruv signalisiz hosila ishorasi aniqlanadigan tizimlar.* Xalaqitlar ta'sirida differensiyallovchi bloklar tomonidan kelgan xatoliklarni bartaraf qilishga intilishlar natijasida -  $Q(x)$  hosila funksiyasining ishorasidan ta'sirlanuvchi tizimlar yaratiladi.

Hosilaning ishorasi bir ma'noda ekstremal tavsifdagi nuqtaning joylashish holatini aniqlaydi. Agar hosila musbat ishorali bo'lsa, u holda nuqta nochiqlikning ekstremumini bir tomonida (maksimumda chapda) joylashgan bo'ladi, ekstremal nuqtada joylashish esa hosilaning nolga teng bo'lgan qiymatlariga mos keladi.



28.4-rasm

28.4-rasmda hosila ishorasi aniqlanadigan ekstremal tizimlardan birining tuzilish sxemasi keltirilgan. Bu yerda ekstremumga sozlovchi qurilma differensiallovchi blok DF va taqsimlagichdan tashqari yana logik qurilma (LQ) ga ega bo'lib, u (LQ) sozlagich S orqali obyektning chiziqli qismi OCHQ ga kelayotgan (28.4) ko'rinishdagi ishchi signalni shakllantiradi va hosila ishorasini aniqlaydi.

Bunday qonuniyat bo'yicha ishlaydigan tizimlar releli ekstremal tizimlar toifasiga kiradi.

Hosilaning ishorasidan ta'sirlanuvchi ekstremal tizimlar berilgan orttirma  $\Delta X$  da olingan orttirma  $\Delta Q$  ishorasini aniqlash qonuniyati bo'yicha ham yaratilgan bo'lishlari mumkin. Haqiqatdan ham, hosilani oxirgi orttirmalar munosabatiga almashtirilganda,

$$\frac{dQ(X)}{dX} = \frac{\Delta Q}{\Delta X} \quad (29.6)$$

ga ega bo'lamiz.

Bu yerda  $\Delta Q$  ishorasi nuqtaning tavsifda ekstremumga nisbatan joylashishiga qarab aniqlanadi.

Bu turdagi tizimlarda logik qurilmalar bo'lib, ular asosiy sifat ko'rsatkichining orttirmasi  $\Delta Q$  ishorasiga bog'liq ravishda, ishchi signalni shakllantiradi. Ekstremumga sozlovchi kontur, ekstremal qiymat xotirasi  $Q_{\text{ek}}$  qurilmasiga va logik qurilmaga ega.

Logik qurilma borligi uchun bu turdagi tizimlar *logik faoliyatli tizimlar* deb ataladilar. Hosila ishorasiga ta'sirchan ekstremal tizimlarning ishi

ekstremum nuqtasiga nisbatan mo'tadillashtirilgan qidiruv tebranishlari borligi bilan tavsiflanadi, chunki bunda logik qurilma har safar orttirma  $\Delta Q$  ishorasi o'zgarib qaytadan ulanadi. Bunday izg'ib yurishlar paytida tizim ekstremal nuqtaning ortidan kuzatib boradi va ekstremum tomonga qarab yo'naltiruvchi harakatlarni yuzaga keltiruvchi logik operatsiyalarni bajaradi. 28.5-rasmda hosila ishorasi bo'yicha sozlovchi ekstremal tizimdagi jarayonlarni ta'riflovchi asosiy o'zgaruvchilarning o'zgarishi ko'rsatilgan (bu yerda tizimning barcha elementlari inersiyasiz deb qabul qilingan).

Agar, shartli ravishda, koordinatalar boshini ekstremum nuqtasiga olib o'tadigan bo'lsak (28.5a-rasmga qarang), u holda ekstremal bo'g'inning chiqishdagi o'zgaruvchisini  $Q^*$  quyidagi bog'liqlikni yozishimiz mumkin:

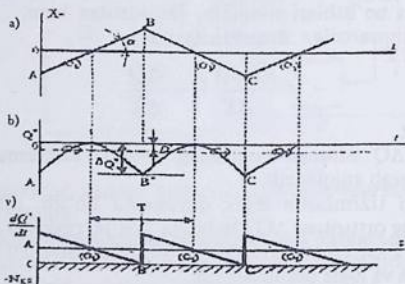
$$Q^* = -kX^2 \quad (28.7)$$

bu yerda  $X$ , -chiqishdagi o'zgaruvchilarning og'ishi.

$$VQ^* = kX. \quad (28.7a)$$

esa og'ishga ega bo'lgan ekstremal tavsif uchundir.

Faraz qilaylik, sozlash jarayoni A nuqtani ekstremumdan chap tomonda joylashgan vaqtida boshlanadigan bo'lsin. Bu (28.4) bog'liqlikni aniqlovchi signal rostlagich kirishiga berilganda boshlanadi. Shu sababli  $X$ , o'zgarimas tezlik bilan farqlanib boradi (28.5,a-rasm); chiqishdagi o'zgaruvchi  $Q^*$  avval ortib boradi, keyin esa ekstremum nuqtasi  $O_1$  dan so'ng kamayadi (28.5,b-rasm). Bunda birinchi hosila  $dQ^*/dt$  dastlab musbat ishorali, keyin ekstremum nuqtasi  $O_1$  dan o'tgach, B nuqtatagacha logik qurilma hosila ishorasi bilan bog'liq holda, signalni - teskari yo'naltirganda manfiy ishorali bo'ladi (28.5,v-rasm).



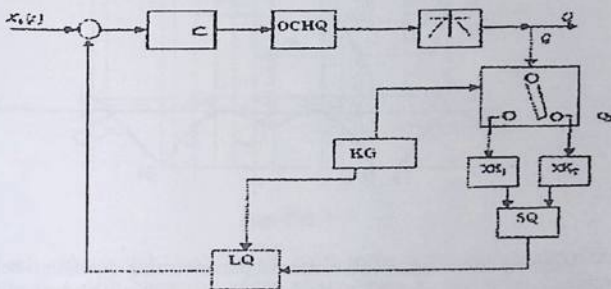
28.5-rasm

Shundan so'ng o'zgaruvchi  $X$ , doimiy tezlik bilan o'zgaradi,  $Q$  yana ekstremum nuqtasidan o'tib borguncha ortadi; keyin yana hosila ishorasiga ta'sirchan signalni logik qurilma chiqishida teskari yo'nalishi kuzatiladi ( $S$  nuqta va h.k.)

28.5, v-rasmda tebranuvchan tavsifga ega bo'lgan,  $X$ , va  $Q$  bog'liqliklarni mos holda o'zgartirishga olib keluvchi ishchi signalning ishorasini logik qurilma o'zgartirganda, hosilaning kritik qiymati  $Nkr$  qandayligi ko'rsatilgan. Bu grafiklar simmetrik bo'lmashliklari ham mumkin, chunki ular ekstremal tavsifning shakliga va mo'tadilligiga ham bog'liqdir.

Bu turdagi tizimlar anchagina nuqsonga egadir: ularning normal ishlashlari, agar tizim chiqishida tasodifiy holat yuz bersa, buzilishi mumkin. Bunda logik qurilma  $Q(x)$  tavsif uchun kerak bo'lgan signal bilan solishtirilganda, ishchi signalining ishorasini teskari bo'lgan ishoraga o'zgartiradi. Bu kamchilikni bartaraf qilish uchun tizimga o'z ishining ustidan o'zi nazorat qilib tura oladigan qo'shimcha qurilma kiritiladi.

**Qo'shimcha qidiruv signalisiz qadamlaydigan turdagi tizim**, bunday tizimlarni ishlash qonuniyati shunga asoslanganki, ularda qadamlar deb ataluvchi vaqtning ma'lum bir oraliqlarida xotira qurilmalari  $XQ_1$  va  $XQ_2$  da belgilanib qoluvchi  $Q_1$  va  $Q_2$  ekstremal parametrlarning qiymatlari o'lchanadi.



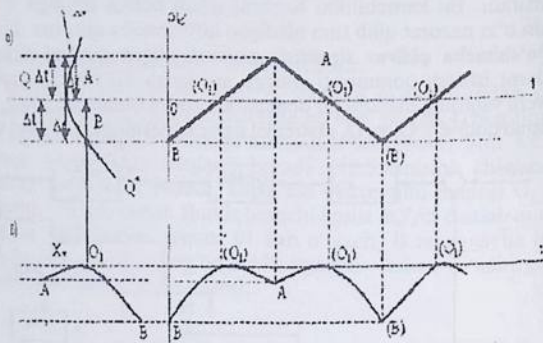
28.6.-rasm

Keyin solishtirish qurilmasi  $SK$  da har bir oraliq (qadam) boshida va oxirida olingan qiymatlar solishtiriladi. Agar, bordi-yu qurilayotgan davrda ekstremal parametr  $Q$  kamaygan bo'lsa, u holda logik qurilma rostlagich, kirishiga ekstremal roslash konturi zanjiri orqali va obyektning chiziqli qismini roslash organini ishchi holatining o'zgartiruvchi signalni teskari yo'nalishini ta'minlaydi. Aks holda teskari yo'naltirish amalga oshirilmaydi. Funktsional elementlarning kerakli ketma-ketlikda ishlash tartibi, impulslar generatori

bilan qadamli yoki kontaktsiz impulsni jamlashtirgan konstruksiyasini ifodalovchi komandali generator (KG) tomonidan amalga oshiriladi.

Tanlanayotgan qadam  $\Delta t$  ning kattaligi tashqi ta'sirlar ostida ekstremal tavsifni siljib ketish darajasiga va xalaqitlardan muhofaza qilish shart-sharoitlariga bog'liqdir. Birinchi omil imkoniyati boricha qadam qiymatlarini kichikroq olishga majbur qiladi, ikkinchisi esa, iloji boricha kattaroq olishni taqozo etadi.

Qanchalik qadam qiymati va rostlagichning sezgirlik sohasi hamda solishtirish qurilmasi kichik bo'lsa, shunchalik ekstremal parametrning tebranishlar amplitudasi va davri kichik bo'ladi. Tebranishlar amplitudasi har bir qadamga mos keladigan ekstremal tavsifning tikligiga bog'liqdir (28.7-rasm). Ekstremal bo'g'in  $X_s(t)$  ning kirishidagi o'zgaruvchining o'zgarishi 28.5a-rasmdagiga o'xshash.



28.7-rasm

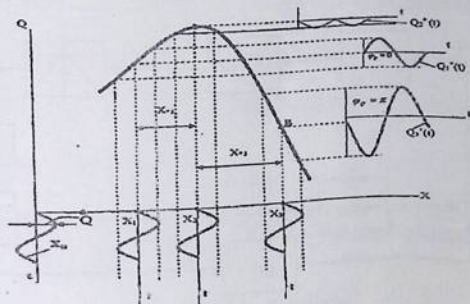
Vaqtning diskret lahzalarida ekstremal parametrning qiymatlari belgilab qo'yilganligi tufayli, qadamli turdagi tizimlarda, haqiqiy ekstremal tavsif pog'onasimon ravishda o'zgaradi (28.7a-rasm). Ekstremal parametrning manfiy ishorali orttirmasi solishtirish qurilmasining nosezgirlik sohasidan ortib ketsa, doimiy tezlikda o'zgarayotgan ishchi signalni teskari yo'nalishi yuz beradi (relesimon turdagi tizimlar).

Qadamlovchi tizimning ekstremal parametrining o'zgarishi (28.7b-rasm) ekstremal tavsifni ekstremal nuqtadan turli tomonga (A va B nuqtalar) qarab har bir qadamda tikligini o'zgarishi orqali aniqlanadi va shu tavsifning yo'nalishini o'zgartirish davrlari oralig'idagi mo'tadilligi bilan bog'liq.

Qadamlovchi tizimlarda ekstremal nuqtani qidirish kirishdagi asosiy signalni chiqishdagi parametrga ta'sirini tadqiqot qilish yo'li bilan amalga oshiriladi. Ammo qadamlovchi tizimlar bir muncha xalaqitlarga barqaror va qadam kattaligini mos holda tanlab olinganda ekstremal nuqta atrofida izg'ishlar kamroq amplitudaga ega.

**Qo'shimcha qidiruv signalli tizimlar.** Ekstremal nuqtaga nisbatan tizimning holatini aniqlash, kirishdagi asosiy signal bilan birgalikda qidiruv signalini ham qo'shimcha tarzda uzatish orqali bajarilishi mumkin. Ekstremal nuqtani qidirish esa, chiqishda qo'shimcha qidiruv signalini tadqiqot qilish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunda tizimlarni obyektlar ekspluatatsiya qilish shart-sharoitlari bo'yicha davriy rejimda ishlash imkoniyatiga ega bo'lgan hollarda qo'llanilgani ma'qul.

Qo'shimcha qidiruv signali asosiy signalga nisbatan tuslanuvchan bo'lishi mumkin, shuning uchun bu turdagi tizimlar *tuslanuvchan ta'sirli ekstremal tizimlar* deb ataladi.



28.8-rasm

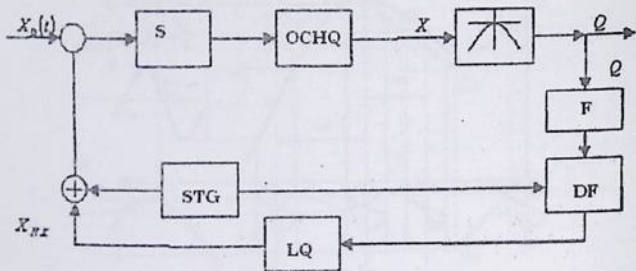
Endi ekstremal bo'g'indan qo'shimcha garmonik signalni o'tish jarayonini ko'rib chiqaylik. Agar asosiy signal  $X_1$  ekstremal tavsifning ekstremumdan chap tomonida 1-nuqta joylashgan nuqta holatiga mos kelsa (28.8-rasm), u holda kirishga berilgan ma'lum bir chastotadagi tuslanuvchan garmonik signal chiqishda xuddi shunday chastotadagi tebranishlar tashkil etuvchisini yuzaga keltiradi. Bu tebranishlarning fazasi  $\varphi_0$  kirishdagi davriy signal fazasi bilan mos tushadi. Agar  $X_1$  asosiy signal ekstremal tavsifdagi ekstremumdan o'ngda joylashgan nuqta holatiga mos kelsa (3-nuqta), u holda kirishga berilgan ma'lum bir chastotadagi tuslanuvchan garmonik signal chiqishda faza jihatidan

qarama-qarshi bo'lgan xuddi shunday chastotadagi garmonik tebranishlar tashkil etuvchisini yuzaga keltiradi.

Shunday qilib, chiqish davriy signalining fazasi  $\varphi_Q$  nuqtani ekstremumga nisbatan holatini tavsiflaydi. Ekstremumdagi 2-nuqtaga mos keluvchi Xz signalda, chiqishdagi signal ikkilangan chastotaga ega.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, ekstremal tizimning kirishiga qo'shimcha qidiruvchi garmonik signal berilib, kirishda asosiy chastotaga ega bo'lgan signallarnigina o'tkazuvchi filtrdan chiqishda foydalanilsa, u holda, tizimning harakatini ekstremal nuqta tomon ta'minlovchi ishchi signalni shakllantirish mumkin ekan.

Chiqishdagi davriy signal fazasini kirishdagi signal fazasiga nisbatan siljishini aniqlash uchun, odatda, fazaviy *diskriminator*dan (sinxron detektor) foydalaniladi, shuning uchun bu turdagi tizimlar ko'pincha sinxron *detektorli tizimlar* deb ataladi. Qo'shimcha qidiruv signalli ekstremal tizimlarning qurilish qonuniyati 28.9-rasmda tushuntirilgan. Bu yerda sinusoidal tebranishlar



28.9-rasm

generatori ekstremalni bo'g'inning kirishida qo'shimcha uzluksiz signal

$$x_q = \alpha \sin \omega_q t \quad (28.8)$$

ni paydo qiladi, bu yerda  $\alpha$  va  $\omega_q$  - qo'shimcha qidiruv signalining amplitudasi va chastotasi.

Bu signal rostlagich S orqali obyektning chiziqli qismiga boradi. Ekstremal bo'g'inning chiqishdagi signali Q(t) filtr Fga uzatilib, undan qidiruv signalining asosiy chastotasi  $\omega_q$  ning davriy tashkil etuvchisi ajrab chiqadi. Keyin filtrdan chiqqan signal fazali diskriminator FD ga berilib, sinusoidasimon tebranishlar generatori STG ga nisbatan faza bo'yicha siljishi aniqlanadi. Olingan signal logik qurilma LK dan o'tayotib, tizim

ekstremal nuqtaga intilishligi uchun zarur bo'lgan signal shakliga keltiriladi. Bunday tizim releli ekstremal tizimlar turiga kiradi.

Qo'shimcha qidiruv signaliga ega bo'lgan tizimning analitik ifodasini ko'rib chiqaylik.

Agar barcha bo'g'inlar inersiyasiz deb tanlab olinsa, u holda ekstremal bo'g'in kirishdagi signal (28.8-rasmga qarang):

$$x = X_1 + a \sin \omega_k t \quad (28.9)$$

bu yerda  $X_1$  - ekstremal bo'g'in kirishdagi asosiy signal.

Signal (28.9)ni, shartli ravishda o'nga koordinatalar boshini joylashtirgan holda ekstremal nuqtaga (28.1a-rasmga qarang) keltiramiz. U holda (28.8-rasmga qarang):

$$X_* = X_{*1} = a \sin \omega_k t,$$

bu yerda  $X_{*1}$  asosiy signalni ekstremal nuqtadan og'ishi.

(28.7) ni hisobga olgan holda ekstremal bo'g'inning chiqishdagi signalni og'ishi

$$\begin{aligned} Q^*_{\Pi} &= -k(X_{*1} + a \sin \omega_k t)^2 = -kX_{*1}^2 - 2kX_{*1}a \sin \omega_k t - \\ &- k a^2 \sin^2 \omega_k t = -k \left( X_{*1}^2 + \frac{a^2}{2} \right) - 2kX_{*1}a \sin \omega_k t + \frac{k a^2}{2} \cos 2\omega_k t \quad (28.10) \end{aligned}$$

signal filtrdan o'tgach

$$x_F = -2kX_{*1}a \sin \omega_k t \quad (28.11)$$

Agar fazali diskriminordan foydalanilayotgan bo'lsa, unda signal (28.11) diskriminator kirishiga beriladi va keyin logik qurilmaga uzatiladi (28.9-rasm). Shakllanuvchi ishchi signal

$$dx_i / dt = h_0 \text{sign}[\varphi_Q] \quad (28.12)$$

shunday qilib, fazali diskriminatorli tizimlar releli ekstremal tizimlar toifasiga kiradi.

Agar ko'paytirish bo'g'inlaridan foydalanilayotgan bo'lsa, u holda signal (28.11) va  $a \sin \omega_k t$  signal obyektning chiziqli qismini chiqishidan ko'paytirish bo'g'iniga uzatiladi, uni chiqishida esa

$$x_{*n} = -2kX_{*1}a^2 \sin^2 \omega_k t = -kX_{*1}a^2 (1 - \cos 2\omega_k t) \quad (28.13)$$

signal paydo bo'ladi. Bu signal qo'shimcha filtrdan o'tganda ishchi signal

$$dx_i / dt = h_0 X_{*1} \quad (28.14)$$

ni shakllantiruvchi, doimiy tashkil etuvchi -  $kX_{*1}a^2$  ajrab chiqadi.

Shunga ko'ra, filtrli va ko'paytirish qurilmasiga ega bo'lgan tizimlar, proporsional ekstremal tizimlar sinfiga kiradi. Qo'shimcha qidiruv signaliga ega bo'lgan ekstremal tizimlar differensiyallovchi qurilmaga ega emas, shuning uchun ular xalaqitlardan yaxshi himoya qilingan va ekstremal tavsifini nomotadilligini keltirib chiqaruvchi tashqi muhit ta'sirini hisobga oladi. Bu tizimlarda, ishchi signal obyekt faqatgina ekstremumdan ketib qolgan hollarda paydo bo'ladi.

Avtotebranishli nochiziqli tizimlarda qo'shimcha qidiruv signali kiritilmasa ham bo'ladi, balki ekstremumni aniqlash va ekstremal izlash konturining ishchi signalini shakllantirish uchun tizim avtotebranishlaridan foydalanish mumkin.

Qo'shimcha qidiruv signali sifatida yana statsionar tasodifiy xalaqitlarda ham foydalanilsa bo'ladi.

### IIIb. Ekstremal tizimlarni tavsiflovchi asosiy parametrlar

Ekstremal tizimlarda, ekstremal qiymatlar atrofida, chiqishdagi o'zgaruvchining qiymati izg'ishi (tebranishi, o'zgarishi) kuzatiladi. Bu tebranishlar parametrlarini aniqlaylik.

- *Releli ekstremal tizimlar uchun qo'shimcha qidiruv signalisiz aniqlash.*  
28.5a va 28.7a-rasmlardan ekstremal bo'g'inning  $T_i^* \leq t \leq T_i^*/2$  intervali oralig'ida chiqishdagi o'zgaruvchisini doimiy o'zgarish tezligida

$$x_* = \pm tga = \pm k_1 t \quad (28.16)$$

ekanligini aniqlaymiz. Bu yerda  $k_1 = tg\delta$ ; «+» ishora  $x_* > 0$  bo'lganda  $T_i^*$  davrga mos keladi, «-» ishora esa  $x_* < 0$  bo'lganda  $T_i^*$  davrga mos keladi. Tizimning izg'ishlar davri  $T^*$  nuqtani ekstremumdan o'tish lahzalari bilan aniqlanadi (28.5b-rasmni qarang).

(28.7) va (28.16) dan foydalanib, davrning bir qismida ekstremal parametrlarning og'ishini ko'rsatuvchi ifodani yozamiz

$$Q^* = -kk_1^2 t^2 \quad (28.17)$$

Bu og'ishning o'zgarishi qayta ulanishlar orasida hosila

$$dQ^* / dt = -2kk_1^2 t \quad (28.18)$$

bilan aniqlanadi.

Ekstremal parametrlarni og'ishining izg'ish davridagi o'rtacha qiymati *izg'ishlarga yo'qotish-D\** deb ataladi (28.5b-rasmga qarang) va

$$D^* = \frac{1}{T^*} \int_0^{T^*} Q^* dt = -\frac{2kk_1^2}{T^*} \int_0^{0.5T^*} t^2 dt = -\frac{k(k_1 T^*)^2}{12} \quad (28.19)$$

integral orqali aniqlanadi.

Izg'ish amplitudasi  $t=0.5 T^*$  qo'ysak (28.5b-rasmga qarang) ifoda (28.17) dan aniqlanadi:

$$\Delta Q^* = -k(k_1 T^*)^2 / 4 \quad (28.20)$$

(28.19) va (28.20) lardan ko'rinib turibdiki, izg'ishlar amplitudasi izg'ishlar uchun yo'qotishdan uch marotaba kattadir:

$$\Delta Q^* = 3\mathcal{I}^* \quad (28.21)$$

Ekstremal parametrning hosilasini kritik qiymati, (28.18) ga asosan,  $t=0.5 T^*$  bo'lganda (28.5b-rasmga qarang)

$$N_{kr} = dQ^* / dt_{maks} = -kk_1^2 T^* \quad (28.22)$$

(28.19) va (28.22) ga asosan, hosilani kritik qiymati orqali ifodalangan izg'ishlar

$$D^* = -T^* N_{kr} / 2, \quad (28.23)$$

Shunga ko'ra, izg'ishlar yo'qotishini kamaytirish uchun hosila (28.22) ning kritik qiymatini va izg'ish davri  $T^*$  ni kichraytirish zarur. Ammo u ma'lum bir murakkabliklar bilan, masalan, xalaqitdan muhofaza qilish, tizimni mo'tadil ishini ta'minlash kabi muammolar bilan bog'liqdir. Tizimning izg'ish chastotasi davr  $T^*$  orqali aniqlanadi.

**Qo'shimcha qidiruv signalli tizimlar uchun.** Bu turdagi tizimlar, odatda, ekstremal tavsifning ekstremum nuqtasida ishlaydi. Agar tizim ekstremumning yonida bo'lsa, u holda  $X_{i \approx 0}$  da (28.11) dan ekstremal parametrning og'ishi uchun

$$Q^*_k = -ka^2 \sin^2 \omega_k t = -ka^2 (1 - \cos 2\omega_k t) / 2 \quad (28.24)$$

ifodani olviz:

bu holda tizim chiqishidagi izg'ish amplitudasi qo'shimcha qidiruv signali orqali topilganda

$$\Delta Q^*_k = -\sqrt{ka^2} \quad (28.25)$$

bo'ladi.

Bunda ekstremal parametrning tebranishi ikkilangan chastota bilan amalga oshadi va  $T^*$  davr ichidagi izg'ishlar yo'qotishi

$$D^*_y = \frac{1}{T^*} \int_0^{T^*} Q^*_k dt - \frac{1}{T^*} \int_0^{T^*} \left( -\frac{ka}{2} \right) dt + \frac{1}{T^*} \int_0^{T^*} \frac{ka^2}{2} \cos 2\omega_k t dt \quad (28.26)$$

O'ng tomondagi oxirgi integral nolga teng, shuning uchun qo'shimcha qidiruv signali tizimida izg'ishlar yo'qotishi

$$Dy' = -ka^2/2$$

Bu holda izg'ishlar yo'qotishi, izg'ishlar amplitudasidan ikki barobar kichikdir:

$$Dy' = \Delta Q^*/2$$

Izg'ishlar yo'qotishini kamaytirish uchun qo'shimcha qidiruv signalining amplitudasini kamaytirish zarur. Bu esa, qator hollarda, xalaqitlar ta'sirida chegaralangandir. Tizim chiqishidagi xalaqitlar spektrini tahlil qilish yo'li bilan qo'shimcha qidiruv signalining amplitudasini va chastotasini tanlab olish mumkin. Kichikroq xalaqitlar amplitudasiga ega bo'lgan spektr qism, izlanishlar uchun minimal miqdorda yo'qotishlarga ega bo'lgan ekstremal rejimda, tizimni normal ishlashini ta'minlovchi qidiruv signalining kerakli amplitudasi va chastotasini topishga yordam beradi.

Proporsional turdagi qo'shimcha qidiruv signaliga ega bo'lmagan ekstremal tizimlar ekstremum oldida izg'ishlarga ega emas, shuning uchun, ular izg'ish yo'qotishiga ega emas.

#### IV. Laboratoriya ishini bajarish tartibi

27-laboratoriya ishida keltirilgan chastotani avtomat ravishda sozlovchi tizim uchun qidirish vaqtidagi yo'qatishlarni aniqlash talab etilsin. Tadqiqot ishining asosiga 28.10-rasmdagi tuzilish sxemasini olamiz. Hisoblashlarga quyidagi berilganlarni kiritamiz:

$$k_y = 10^7, \quad k_{f1} = k_{f2} = 0,8, \quad k_p = 10^{-3},$$

$$k_c = 8 \cdot 10^{-11} \phi, \quad k_D = 10,5B^{-1} * c^{-1}, \quad T_D = 0,04c,$$

$$T_{f2} = 0,016c, \quad T_{f1} = 3,2 \cdot 10_c^{-3}, \quad R = 1000 \text{ Om},$$

$$C_1 = 400 \text{ nF}, \quad C_2 = C_{20} + C_{2m} \sin \omega_1 t = 100 + 50 \sin$$

$$40t \text{ nF}, \quad L = 0,5G, \quad \omega_0 = 6,28 \cdot 10^3 c^{-1}.$$

Qidirish ishi uchun bo'lgan yo'qotishlar deyilganida, ekstremal tizimlardagi qidiruv harakatining muvozanat holatida paydo bo'luvchi o'rtacha xatolik  $x(t)$  tushuniladi. Agar  $F(y)$ , rostlanayotgan kattalik  $u$  o'zgariganidagi qandaydir elementning ekstremal xususiyatlarini tavsiflovchi funksional bog'liqlikni ifodalasa, u holda qidirishdagi yo'qotishlar

$$\overline{F - F_0} = \frac{1}{2} \frac{d^2 F}{dy^2} \overline{x^2(t)},$$

bo'ladi. Bu yerda  $F_0$  — ekstremal qiymat. Al amplitudaga ega bo'lgan sinusoidal qidiruvda

$$\overline{x^2} = \frac{A_1^2}{2}.$$

Rostlanayotgan kattalik sifatida sig'im  $S = S_20 + 1$  ni olib, qidiruvni ko'rib chiqamiz. Shunga tatbiq etilgan holda qidirishdagi yo'qotishlar

$$\overline{C - C_0} = \frac{1}{2} k \frac{\partial^2 U}{\partial C} (\Delta C)^2, \quad (28.27)$$

Bu yerda  $k = k_y k_{f_1} k_{f_2} k_d k_p k_C = 5,35 \cdot 10^{-9} F \cdot B^{-1}$  — uzatish funksiyasi  $W_{k_2}(p) = \frac{\partial U}{\partial C} = k_{k_2}(\omega_0)$  bo'lgan, rezonans kontursiz, umumiy uzatish koeffitsiyenti.

Ikkinchi hosilani 27 ishda keltirilgan  $\frac{\partial U}{\partial C}$  ifodani differensiyalash

bilan ikkinchi hosila  $\frac{\partial^2 U}{\partial C^2}$  ni topamiz:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 U}{\partial C^2} &= \frac{1}{[R^2(1-\omega^2 CL)^2 + \omega^2 L^2]^3} = U_1 R^2 L^2 \omega^5 \left\{ -[R^2(1-\omega^2 CL)^2 + \omega^2 L^2]^{3/2} + \right. \\ &\quad \left. + 3R^2(1-\omega^2 CL)^2 [R^2(1-\omega^2 CL)^2 + \omega^2 L^2]^{1/2} \right\} = \\ &= \frac{U_1 R^2 L^2 \omega^5 \left\{ -[R^2(1-\omega^2 CL)^2 + \omega^2 L^2] + 3R^2(1-\omega^2 CL)^2 \right\}}{[R^2(1-\omega^2 CL)^2 + \omega^2 L^2]^{5/2}}. \end{aligned}$$

Ushbu formula bo'yicha hisoblashlar

$$\frac{\partial^2 U}{\partial C^2} = 4 \cdot 10^5 B \cdot \Phi^{-2}. \quad (28.28)$$

Xatolikning amplitudasi  $\Delta S$  ni

$$\Delta C_{1m} = |\Phi_x(j\omega)|_{\omega=\omega_1} \cdot C_{2m} = \left| \frac{1}{1+W(j\omega)} \right|_{\omega=\omega_1} \cdot C_{2m}, \quad (28.29)$$

dan topish mumkin. Bu yerda

$$W(j\omega) = \frac{kk_{k_2}(\omega_0)}{p(T_d p + 1)(T_{f1} p + 1)(T_{f2} p + 1)} \quad \text{agar } p = j\omega_1.$$

bo'lsa shunga mos holda

$$\begin{aligned} |F_x(j\omega)|_{\omega=\omega_1} = \omega_1 & \left[ (T_D^2 \omega_1^2 + 1)(T_{f1}^2 \omega_1^2 + 1)(T_{f2}^2 \omega_1^2 + 1) \right]^{1/2} \left\{ [kk_{k_2}(\omega_0) + \right. \\ & \left. + T_D T_{f1} T_{f2} \omega_1^4 - (T_D + T_{f1} + T_{f2}) \omega_1^2]^2 + \right. \\ & \left. + \omega_1^2 [1 - \omega_1^2 (T_D T_{f1} + T_D T_{f2} + T_{f1} T_{f2})]^2 \right\}^{-1/2}. \end{aligned}$$

Sig'im S ni rezonansdan 25 pF ga og'gan holatiga mos keluvchi ( $S_{2m}$  amplitudani yarmiga) nuqtada,  $kk_2(\omega_0)$  hadni chiziqlantirish bilan son qiymatlarini o'rniga qo'yib borib,

$$|F_x(j\omega)|_{\omega=\omega_1} = 0,98 \text{ ga erishamiz.}$$

Ushbu ifodani (28.29) ga qo'yib,  $\Delta S$  xatolikning amplitudasini topamiz:

$$\Delta C_{1m} = 0,98 C_{2m} = 0,98 \cdot 50 = 49 \text{ nF} \quad 4,9 \cdot 10^{-11} \text{ f.}$$

Shunday qilib, qidiruv uchun sig'im bo'yicha yo'qotishlar

$$\begin{aligned} \overline{C - C_0} &= \frac{1}{2} k \frac{\partial^2 U}{\partial C^2} \frac{(\Delta C_{1m})^2}{2} = \\ &= \frac{1}{4} 5,35 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot (4,9)^2 \cdot 10^{-22} = 1,28 \cdot 10^{-21} \text{ F.} \end{aligned}$$

bo'ladi.

#### V. Hisobot shakli

Laboratoriya ishi bo'yicha bajarilgan ishlarni himoya qilishga tayyorlanadigan hisobot tarkibida, qisqacha mazmunda, ekstremal tizimlar haqida ma'lumot, ishni bajarish uchun berilgan parametrlar, hisoblash uslubi bayoni, olingan natijaning tahlili keltiriladi. Ishning xulosasi talaba tomonidan bayon etilgan fikr va mulohazalar orqali qilinadi.

#### *VI. Nazorat uchun savollar:*

1. Detektorli tizimlar qaysi tizimlar?
2. Ekstremal tizimlardagi "izg'ish" jarayonini tushuntirib bering.
3. Qo'shimcha qidiruv signalli tizimlar qanday ishlaydi?
4. Ekstremal tizimlarni tavsiflovchi asosiy parametrlar qaysi?
5. Proporsional ekstremal tizimlar qaysi qonuniyat asosida ishlaydi?
6. «Ekstremal avtomat tizimlar» (EAT) deganda nimani tushunasiz?
7. Qidiruv ekstremal tizimda qanday ish bajariladi?
8. EAT larning tuzilishini so'zlab bering.
9. Logik faoliyatli tizimlar deb qanday tizimlarga aytiladi?
10. Izg'ishlar deganda nimani tushunasiz?

#### *VII. Adabiyotlar:*

1. Ляпунов А. М. Собрание сочинений, т.2. ССРИ ФА, 1956 г.
2. Метод гармонической линеаризации в проектировании нелинейных систем автоматического управления. Подредакции Е. П. Попова, «Машиностроение», 1970 г.
3. Подредакции В. А., Попов Е. П. Теория систем автоматического регулирования. «Наука», 1966 г.
4. Цыпкин Я. З. Теория релейных систем автоматического регулирования. ГИТТЛ, 1955 г.
5. Фельдбаум А. А. Основы теории оптимальных автоматических - систем, Ф.М, 1973 г.
6. Подредакции В.А., Полов Е.П., Теория систем автоматического управления. «Профессия», 2003 г.

## MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

### I QISM.

1 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Raus mezoni bo'yicha tekshirish.....	6
2 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Gurvits mezoni bo'yicha tekshirish.....	19
3 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Naykvist mezoni bo'yicha tekshirish.....	24
4 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Mixaylov mezoni bo'yicha tekshirish.....	29
5 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Chiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini barqarorlikka Vishnegradskiy mezoni bo'yicha tekshirish.....	34
6 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Chiziqli avtomatik tizimlarning o'tish jarayonining tavsifini qilish.....	41

### II QISM.

7 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Sozlanayotgan obyektning vaqt bo'yicha tavsifini aniqlash..	50
8 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Obyekt yuklamasining ikki holatli sozlash jarayoniga ta'siri..	59
9 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Proporsional sozlagichning ish jarayonini tekshirish .....	65
10 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Fotoelektrik o'lchash - o'zgartirgichi yordamida saralovchi fotorezistorning tavsiflarini tadqiqot qilish.....	68
12 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Suyuqliklarning haroratini avtomatik usulda sozlash ishlarini tekshirish .....	87
13 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Elektr qarshilik sandonlarining haroratini avtomatik sozlash ishlarini tekshirish .....	91
14 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Ko'p tezlikli asinxron dvigatelni uzatish funksiyasini aniqlash va avtomatik boshqarish sxemasini tekshirish .....	96
15 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Faza rotorli asinxron dvigatelning avtomatik boshqarish sxemasini o'rganish .....	101
16 - <i>Laboratoriya ishi.</i> «Generator - dvigatel» tizimidagi mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining rostlanish xossalarini tekshirish .....	107
17 - <i>Laboratoriya ishi.</i> O'zgarmas tok elektr dvigatelining boshqarish sxemasini tekshirish .....	114
18 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Faza rotorli uch fazali asinxron dvigatelning boshqarish sxemasini tekshirish. ....	119
19 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Uch fazali asinxron dvigatelning qarshi ulanishli tormozlash bilan birga reversiv boshqarish sxemasi.....	125
20 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Kontaktsiz apparatlardan tuzilgan boshqarish sxemasining tugunlarini yig'ish .....	129
21 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Elektr yuritmaning yopiq sxemasini tekshirish.....	138
22 - <i>Laboratoriya ishi.</i> ETO1 tipidagi tiristorli o'zgarmas tok elektr yuritmasini tekshirish.....	143

23 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Nochizikli avtomat boshqaruv tizimlarda avtotebranishlar mavjudligini fazaviy tekislik uslubida tekshirish .....	151
24 - <i>Laboratoriya ishi.</i> L.S.Goldfarb usuli bo'yicha nochizikli tizimlarni barqarorlikka tekshirish .....	174
25 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Nochizikli tizimlardagi avtotebranishlar parametrlarini YE.P.Popov usuli va absolut barqarorlikni V.M.Popov mezoni orqali aniqlash...181	
26 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Optimal avtomat tizim rostagichini sintezlash .....	193
27 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Ekstremal va o'z-o'zini sozlovchi tizimlarning tuzilish sxemasini chizish va ularni barqarorlikka tekshirish. ....	205
28 - <i>Laboratoriya ishi.</i> Chastotani sozlovchi ekstremal avtomat tizimining qidiruv ishidagi yo'qotishlarni aniqlash. ....	219

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
1

A.M.KASIMAXUNOVA, R.A.NURDINOVA

AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI ASOSLARIDAN  
LABORATORIYA ISHLARI

*O'quv qo'llanma*

Muharrir *L.Baxranov*  
Kompyuterda sahifalovchi *A.Asrorov*

Bosishga ruxsat etildi 08.10.2007. Qog'oz bichimi 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Hisob-nashr tabog'i 15. Adadi 500.  
Buyurtba № 288.

«IQTISOD-MOLIYA» nashriyotida tayyorlandi.  
700084, Toshkent, H.Asomov ko'chasi, 7-uy.  
Hisob-shartnoma 44-2007.

«Toshkent tezkor bosmaxonasi» MCHJ da chop etildi  
100200. Toshkent, Radial tor ko'chasi 10 uy.

