

1 - Amaly mashg'ulot

Yashil iqtisodiyot rivojlantirishga asoslangan energiya samarador Elektr o'lhash asboblarining metrologik (statik va dinamik) xususiyatlarini o'rghanish.

Ishdan maqsad: O'lhash qurilmalari va o'lhash tizimlarino, o'lhash vositalarining metrologik xarakteristikalarini, o'lhash vositalarining asosiy statik xarakteristikalari, o'lhash vositalarining xatoliklarini o'rghanish.

1. O'lhash qurilmalari va o'lhash tizimlari

O'lhash qurilmalari va tizimlari funksional va struktura jihatidan ancha murakkab turdag'i o'lhash vositalaridandir.

O'lhash qurilmalari – bir joyda joylashgan ham funksional ham konstruktiv bog'langan o'lhash vositalarining (o'lchovlar, o'lhash o'zgartkichlari, asboblar) va yordamchi vositalar yig'ilmasidan iborat bo'lib, bir yoki bir nechta kattaliklarni o'lhash uchun va kuzatuvchi uchun qulay shakldagi o'lhash informatsiyasining signalini ishlab berish uchun xizmat qiladi.

O'lhash qurilmalariga, suyuqlik va gazlarni sarfini o'lhash uchun ishlatiladigan o'lhash komplekslari, elektr o'lhash asboblarini sinovdan o'tkazish va darajalash (graduirovkalash) qurilmalari misol bo'ladi.

O'lhash tizimlari – bir-biri bilan aloqa kanallari orqali yig'ilgan va funksional bog'langan o'lhash vositalari (o'lchovlardan, o'lhash o'zgartkichlaridan va asboblardan), yordamchi qurilmalar va hisoblash texnikasi vositalari majmuidan iborat bo'lib, o'lhash informatsiyasi signalini avtomatik tarzda qayta ishlash uchun, uni uzatish (o'tkazish) va (yoki) avtomatik boshqarish tizimlarida ishlatish uchun qulay formada ishlab berish uchun mo'ljallanadi.

2. O'lhash vositalarining metrologik xarakteristikalari

O'lhash vositalari, boshqa texnik qurilmalar kabi ularning vazifa va qo'llanilishini belgilovchi qator texnik xarakteristikalariga ega.

O'lhash vositalarining sifatini, ularning texnik darajasini baholashda xizmat qiladigan va o'lhash natijalariga ta'sirini va xatoliklarini baholash maqsadida o'lhash vositalarining ba'zi xarakteristikalari ajratiladi. O'lhash vositalarining bunday xususiyatlari *metrologik xarakteristikalar* deyiladi. Ishlash rejimiga qarab ular statik va dinamik xarakteristikalarga bo'linadi.

Statik xarakteristika deganda o'lhash vositalarining statik ish rejimidagi parametrlari tushuniladi, yoki boshqacha qilib aytganda kirish kattaligi o'lhash olib borilgan vaqt davomida o'zgarmaydi.

Dinamik xarakteristika deganda esa, o'lhash vositasining dinamik rejimidagi xususiyatlarini aks ettiruvchi parametrlari tushuniladi yoki boshqacha aytganda o'lhash vositasining kirish kattaligi o'lhash jarayonida o'zgaradi.

2.1 O'lhash vositalarining asosiy statik xarakteristikalari

Asosiy statik xarakteristikalarga *o'zgartirish funksiyasi, sezgirlik, sezgirlik ostonasi* kiradi.

O'zgartirish funksiyasi – bu o'lhash vositasining kirishidagi (X) va chiqishidagi (U) kattaliklari qiymatlarining o'zaro funksional bog'liqligidir.

O'zgartirish funksiyasi analitik ifoda bo'yicha [$U=f(X)$] o'zgartirish tenglamasi], grafik tarzda va jadval ko'rinishida berilishi mumkin.

O‘zgartirish funksiyasi ko‘pincha o‘lhash vositasining ***graduirovkali xarakteristikasi*** deyiladi.

O‘lhash vositasi uchun (yoki o‘lhash vositasining konkret turi uchun) ko‘rsatilgan o‘zgartirish funksiyasini o‘lhash vositasining ***nominal o‘zgartish funksiyasi*** $U=f_H(X)$ deyiladi.

Ideal holda o‘lhash o‘zgartkichlari va o‘lhash asboblarining nominal o‘zgartish funksiyasi chiziqli bog‘liqlikda – $U=k_H(X)$ bo‘ladi. Bunday asboblar bir tekis shkalali bo‘lib, ularda ikki qo‘sni belgilari orasidagi oraliq butun shkala bo‘yicha bir xil, ya’ni proporsional bog‘liq bo‘ladi. Asboblarda o‘zgartirish funksiyasining chiziqli bo‘lishi qaydnomalarni olishni osonlashtiradi, sub’ektiv xatoliklarni esa kamaytiradi.

Sezgirlik – umuman sezgirlik – bu o‘lhash vositasining tashqi signalga nisbatan ta’sirchanligi, sezuvchanligidir. Umumiy holda sezgirlik o‘lhash vositasining chiqish signali o‘zgarishini shu o‘zgarishning sababchisi – kirish signali o‘zgarishiga nisbatidan aniqlanadi:

$$S = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X} \approx \frac{\Delta Y}{\Delta X};$$

Sezgirlikning o‘lchamligi kirish va chiqishdagi kattaliklarning o‘lchamliklaridan aniqlanadi.

O‘lhash vositalarining sezgirligini teskari qiymati, $-C = \frac{1}{S}$ ularning doimiyligi deyiladi va u o‘lhash o‘zgartkichlari va asboblarining asosiy xarakteristikalaridan biri bo‘lib hisoblanadi.

Ko‘rsatuvchi strelkali asboblarining sanoq qurilmasi (ko‘rsatkichi) shkala va ko‘rsatkichdan tuzilgan. Shkaladagi sonli qiymatlar ko‘rsatilgan belgilar shkalaning sonli belgilari deyiladi. Sh

kalaning ikki qo‘sni belgilari orasidagi oraliq *shkalaning bo‘linmasi* deyiladi. Shkalaning ikki qo‘sni belgisi mos kelgan kattalik qiymatlari ayirmasi *shkala bo‘linmasining qiymati* deyiladi.

Sezgirlik ostonasi – bu o‘lchanadigan kattalikning shunday eng kichik (boshlang‘ich sezuvchanlik) qiymatiki, u o‘lhash asbobining chiqish signalini sezilarli o‘zgarishiga olib keladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{X_{\min}}{X_{\text{hom}}} \cdot 100\%,$$

bu yerda X_{\min} – o‘lchanadigan kattalikning eng kichik (boshlang‘ich) qiymatidir.

Integrallovchi asboblar uchun “sezgirlik” tushunchasi ishlatalmaydi va o‘z navbatida “sezgirlik ostonasi” tushunchasi esa istalgan o‘lhash o‘zgartkichlari va asboblari uchun qo‘llanilishi mumkin.

Xususiy energiya sarfi. Bu xususiyat ham muhim hisoblanib, asbobning o‘lhash zanjiriga ulanganidan so‘ng kiritishi mumkin bo‘lgan xatoliklarni baholashda ahamiyatli sanaladi. Ayniqsa, kam quvvatli zanjirlarda o‘lhashlarni bajarishda juda muhimdir.

O‘lhash vositalarining istalgan uning kirishiga yoki chiqishiga ulangan komponentlari bilan (o‘lhash ob’ekti, o‘lhash vositasi) o‘zaro ta’siri o‘lhash xatoligining asbobiy tashkil etuvchisini o‘zgartiradi va bu holatni baholashda o‘lhash vositasining *kirish va chiqishidagi impedansi* (to‘la qarshilik) kabi xususiyatlari ham ishlataladi. Metrologik amaliyotda ko‘rsatilgan tushunchalar quyidagicha ta’riflanadi.

O'lhash vositalarining kirish (chiqish) impedansi – bu o'lhash vositasining kirish (chiqish) ga ta'sir etuvchi umumlashgan kuchning, o'lhash vositasi kirish (chiqish) zanjiridagi jarayonni xarakterlovchi umumlashgan tezligiga nisbatidir. “Impedans” atamasini istalgan fizik tizimlar (mexanik, gidravlik, magnit, elektr) uchun qo'llash mumkin.

Misol, elektr zanjirida umumlashgan kuch – elektr kuchlanishi, umumlashgan tezlik esa elektr toki hisoblanadi. Ko'rsatilgan kattaliklarning nisbati Om qonuni bo'yicha elektr qarshiligini bildiradi.

O'lhash vositalarining muhim metrologik xususiyatlaridan biri o'lhash diapazoni (chegarasi) dir.

O'lchanadigan kattalikning o'lhash vositalari uchun yo'l qo'yiladigan xatoliklarini me'yorlangan qiymatlari oralig'i o'lhash asbobi yoki o'lhash o'zgartkichining *o'lhash diapazoni* deyiladi.

Texnik asboblarda, odatda, o'lhash diapazoni bilan ko'rsatuylar diapazoni mos keladi. O'lhash diapazonining eng kichik va eng katta qiymatlari *o'lhash chegarasi* deyiladi.

Masalan, statsionar o'lhash kuchlanish transformatorlarining o'lhash diapazoni $0,8 \cdot U_{IH}$ dan to $1,2 \cdot U_{IH}$ gacha bo'lib, (U_{IH} – transformator kirishidagi nominal kuchlanishi) kuchlanishning $0,8 \cdot U_{IH}$ dan kichik va $1,2 \cdot U_{IH}$ dan yuqori kuchlanishlari uchun xatoliklar me'yoranmaydi.

2.2 O'lhash vositalarining dinamik xarakteristikalari

Dinamik metrologik xarakteristikalari – o'lhash vositalarining inersion xususiyatlarini aks ettiradi va o'lhash vositasida chiqish signali bilan vaqt bo'yicha o'zgaradigan kattaliklarning o'zaro bog'liqligidan aniqlanadi. Vaqt bo'yicha o'zgaruvchan kattaliklar bular kirish signalining parametrlari, tashqi ta'sir etuvchi kattaliklar va boshqalar. O'lhash vositalarining dinamik xususiyatlarini to'la ifodalash maqsadida ularni to'la va xususiy dinamik tavsiflariga bo'lamiz.

To'la dinamik xususiyat – bu o'lhash vositasining kirishidagi istalgan informativ yoki noinformativ parametrlari $X(t)$ va chiqish signallarining $U(t)$ o'zgarishidan aniqlanadi.

To'la dinamik xususiyatlarga quyidagilar kiradi: o'tish tavsifi, impulsli o'tish tavsifi, amplituda-faza tavsifi, amplituda chastotali va faza chastotali tavsiflar majmui, uzatish funksiyasi.

Xususiy dinamik xususiyat – o'lhash vositasining dinamik xususiyatlarini to'la aks ettirmaydi. Analogli o'lhash vositalarining xususiy dinamik tavsiflariga istalgan funk-sional yoki to'la dinamik xususiyatlarning parametrlari kiradi. Bunday xususiyatlarga quyidagilar kiradi: o'lhash vositasining ta'sirlanish vaqt (asbob ko'rsatishining to'xtash vaqt), dempfirlash koeffitsienti, xususiy rezonans chastotasining qiymati, amplituda-chastotali tavsifining rezonans chastotasidagi qiymati.

3. O'lhash vositalarining xatoliklari

Xatolik – o'lhash vositalarining muhim xususiyati hisoblanadi. O'lhash xatoliklari turli sabablarga ko'ra, turlicha ko'rinishda namoyon bo'ladi va shu sabablarni tahlil qilishda eng avvalo o'lhash natijasiga salmoqli ta'sir etuvchilarini aniqlash lozim bo'ladi.

O'lhash xatoliklari u yoki bu xususiyatiga ko'ra quyida keltirilgan turlarga bo'linadi:

Absolyut xatolik. Bu xatolik (ΔX) kattalik qanday birliliklarda ifodalanayotgan bo‘lsa, shu birliliklarda tavsiflanadi va umumiy holda berilgan o‘lchash vositasidan olingan o‘lchash natijasi A_x bilan o‘lchanadigan kattalikning chinakam X_{ch} (amalda uning qiymati haqiqiy – X_0) qiymatlari orasidagi farqdan aniqlanadi

$$\Delta X = A_x - X_{ch} \text{ yoki } \Delta X = A_x - X_0$$

– o‘lchovlar uchun, absolyut xatolik quyidagicha hisoblanadi:

$$\Delta U = U_n - U_0$$

– o‘lchash asboblari uchun

$$\Delta X = A_\alpha - X_0,$$

bu yerda U_n – kattalikning nominal qiymati; (o‘lchovda tiklangan)

U_0 – kattalikning haqiqiy qiymati;

A_α – o‘lchash asbobining ko‘rsatishi;

X_0 – asbob ko‘rsatishiga taaluqli kattalikning haqiqiy qiymati.

O‘lchash o‘zgartkichlarining absolyut xatoligi kirish kattaligi birligida (ΔX) ham, chiqish kattaligining birligida (ΔU) ham ifodalanishi mumkin. Bunda:

$$\Delta X = U_n(U_0) - X_0; \quad \Delta U = U_0 - f_H(x_0),$$

bu yerda

f_H – o‘lchash o‘zgartkichining nominal o‘zgartish funksiyasi;

φ_H – nominal o‘zgartish funksiyasiga (f_H) teskari funksiya;

X_0 va U_0 – o‘lchash o‘zgartkichining kirishi va chiqishidagi kattaliklarning haqiqiy qiymatlari.

Agar o‘lchash o‘zgartkichlarining nominal o‘zgartish funksiyasi chiziqli bo‘lsa, o‘zgartkichning kirishi va chiqishi bo‘yicha absolyut xatoligi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$\Delta X = S_N \cdot U_0 - X_0; \quad \Delta U = U_0 - S_H \cdot X_0,$$

bu yerda S_N va S_H – o‘lchash o‘zgartkichining nominal doimiyligi va sezgirligi.

O‘lchash vositasining nisbiy xatoligi (δ_x) umumiy holda absolyut xatolik (ΔX) ni kattalikni chinakam (haqiqiy) qiymatiga nisbatidan aniqlanadi.

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X_0} \quad \text{yoki} \quad \delta_x = \frac{\Delta x}{X_0}$$

Nisbiy xatolik odatda protsentlarda (%) ifodalanadi. Bundan tashqari nisbiy xatolikni o‘lchamsiz birliklarda, ya’ni promilda ($^{0/00}$), ... (ppm), ... (ppb) ham ifodalash mumkin.

O‘lchash o‘zgartkichlarining nisbiy xatoligi va lar bo‘yicha ifodalanishi mumkin:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{X_0} \quad \delta_y = \frac{\Delta Y}{f(X_0)}$$

O‘lchash o‘zgartkichlarining nominal o‘zgartish funksiyasi chiziqli bo‘lganda, nisbiy xatolik quyidagi ifodalardan aniqlanadi:

$$\delta_x = \frac{C_H - C_0}{C_0}, \quad \delta_y = \frac{S_0 - S_H}{S_H},$$

bu yyerda $S_N = I/S$, $\delta_x = \delta_u$ larni hisobga olganda S_0 va S_H – o‘lchash o‘zgartkichining nominal doimiyligi va sezgirligi.

Xatolikni namoyon bo‘lishi, o‘zgarish xarakteriga qarab uni muntazam va tasodifiy tashkil etuvchilariga ajratish mumkin.

Muntazam xatolik deb umumiy xatolikning takroriy o‘lchashlar mobaynida muayyan qonuniyat asosida hosil bo‘ladigan, saqlanadigan yoki o‘zgaradigan tashkil etuvchisiga aytildi.

Muntazam xatoliklarning kelib chiqish sabablari turli tuman bo‘lib, taxlil va tekshiruv asosida ularni aniqlash va qisman yoki butkul bartaraf etish mumkin bo‘ladi.

Tasodifyi xatolik biror fizikaviy kattalikni takror o‘lchaganda hosil bo‘ladigan, o‘zgaruvchan, ya’ni ma’lum qonuniyatga bo‘ysunmagan holda kelib chiqadigan xatolikdir. Bu xatolik ayni paytda nima sababga ko‘ra kelib chiqqanligi noaniqligicha qoladi. SHuning uchun ham uni butkul bartaraf etish mumkin emas. Haqiqatda o‘lhash natijasida tasodifyi xatolikni mavjudligi takror o‘lchashlar natijasida ko‘rinadi va uni hisobga olish, o‘lhash natijasiga ta’siri (yoki o‘lhash anikligini baholash) matematik statistika usuli yordamida amalga oshiriladi.

O‘lhash vositasining dinamik rejimda ishlaganida **dinamik** xatolik kelib chiqadi. Bu xatolikni kelib chiqishiga o‘lhash vositasining dinamik xususiyatlari sabab bo‘ladi.

Dinamik xatolik o‘lhash vositasining dinamik rejimidagi xatoligi bilan aynan berilgan vaqtdagi kirish kattaligini tegishli qiymatiga mos statik xatoligi statik rejimdagi xatoligi orasidagi farqdan aniqlanadi.

Dinamik xatolik asosan o‘lhash zanjiri elementlarining inersionligidan kelib chiqadi.

Kelib chiqishi sababiga (sharoiti) qarab: **asosiy** va **qo‘srimcha xatoliklarga** bo‘linadi.

Asosiy xatolik. O‘lhash vositasining normal sharoitda ishlatilganida hosil bo‘ladigan xatolik asosiy xatolik deyiladi. Normal sharoit deganda ko‘pgina o‘lhash vositalari uchun temperatura $20^{\circ}\text{S} \pm 5^{\circ}\text{S}$, havo namligi $65\% \pm 15\%$, atmosfera bosimi (750 ± 30) mm.sim.ust., ta’minalash kuchlanishi nominal qiymatidan $\pm 2\%$ ga o‘zgarishi mumkin va boshqalar.

Qo‘srimcha xatolik. Agar o‘lhash vositasi normal sharoitdan farqli bo‘lgan tashqi sharoitda ishlatilsa, hosil bo‘ladigan xatolik qo‘srimcha xatolik deyiladi.

O‘lhash vositalarining xatoliklarini tahlil qilishda ta’sir etuvchi kattaliklar deyilganda muayyan o‘lhash vositasi bilan o‘lchanmaydigan kattaliklar tushuniladi. Bunday kattaliklarga tashqi ta’sir etuvchi kattaliklar va kirish signaling noinformativ parametrlari kiradi.

O‘z navbatida tashqi ta’sir etuvchi kattaliklar quyidagilar hisoblanadi:

- klimatik (harorat, havo namligi, atmosfera bosimi);
- mexanik (tashqi tebranish, silkinish, kuchlar);
- tashqi maydonlar (magnit, elektr, gravitatsion, issiqlik, radiatsion);
- atrof-muhit parametrlari (tashqi muhitda gazlarning, agressiv suyuqliklarning va zararli moddalarning mavjudligi);

O‘lhash vositalarini normal sharoitda ishlatilishi deganda, shunday sharoit tushuniladiki, bunda ta’sir etuvchi kattaliklar yoki tashqi omillar normal qiymatlarda (yoki yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan chegarada) bo‘lishi kerak.

Normal sharoitlar o‘lhash vositalarining me’yoriy hujjatlarida belgilanadi.

O‘lhash vositalarini ishlab chiqishda yoki ta’mirlashda ularning parametrlarini rostlash, graduirovkalash (darajalash) normal sharoitda amalga oshiriladi. Bunda o‘lhash vositalarining parametrlari shunday rostlanishi kerakki, ularning normal sharoitda ishlatilganida xatoliklari minimal bo‘lsin. SHuning uchun, o‘lhash vositalari uchun ta’sir

etuvchi kattaliklarning normal qiymatlaridan og'ishi (o'zgarishi) muhim hisoblanadi. SHu sababli turli o'lhash vositalari uchun ta'sir etuvchi omillar har xil bo'lishi mumkin.

O'lhash vositalarini normal ishslash sharoitidan tashqari **ish sharoiti** ham belgilanadi.

Ish sharoiti deganda, qachonki o'lhash vositalarining xatoliklari ta'sir etuvchi qiymatlarining intervallari me'yorlangan bo'ladi. O'lhash vositalarini ish sharoitidan farqli sharoitda ishlatilishiga **yo'l qo'yilmaydi**.

O'lhash vositalarini muhim xususiyatlardan biri – chiqish signalining variatsiyasidir. (o'lhash asboblari uchun – **asbob ko'rsatishining variatsiyasi** deyiladi.

Variatsiya deganda biror kattalikni, sharoitni o'zgartirmagan holda, takror o'lchaganda hosil bo'ladigan eng katta farqga tushuniladi va quyidagicha aniqlanadi.

$$\gamma = \frac{A_0^I - A_0^{II}}{A_{x_{\max}}} \cdot 100\%;$$

Variatsiya kattalikni kirish qiymatlari (kirish bo'yicha variatsiyasi) yoki chiqish qiymatlari (chiqish bo'yicha variatsiyasi) dan aniqlanishi mumkin.

O'lhash vositalarining xatoliklari deganda biron konkret nussadagi o'lhash vositasining xatoligi va uning turiga tegishli xatoligi tushuniladi.

Bunda "o'lhash vositasining turi" deganda o'lhash vositalarining bir maqsadda ishlatishga mo'ljallangan, bir xil ishslash prinsipiga asoslangan, bir xil konstruksiyaga ega bo'lgan va bir xil texnologik xujjat bo'yicha tayyorlangan majmui tushuniladi.

Bir turdag'i o'lhash vositalari har xil modifikatsiyaga (masalan, ular o'lhash diapazoni bo'yicha farq qilishi mumkin) ega bo'lishi mumkin.

SHuni ta'kidlash kerakki, istalgan nusxadagi o'lhash vositasining metrologik xususiyatlari, xuddi shu turdag'i o'lhash vositalari majmuini metrologik xususiyatlaridan farq qiladi.

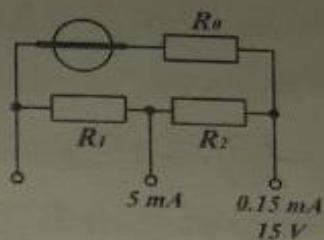
Misol: o'lhash vositasining konkret nusxasi uchun xatolikning muntazam tashkil etuvchisi – determinlashgan kattalik bo'lsa, o'lhash vositasining turi uchun esa nusxdan-nusxagacha o'zgaruvchan tasodifiy kattalikdir.

Nazorat savollari

1. O'lhash vositalarining metrologik xususiyatlari deganda nimani tushunasiz?
2. O'lhash vositalarining asosiy statik xususiyatlari nimadan iborat?
3. O'lhash vositalarining to'la dinamik xususiyati va xususiy dinamik xususiyati deganda nimani tushunasiz?
4. O'lhash vositalarining statik va dinamik xatoligini tushuntiring?
5. Asosiy va qo'shimcha xatolik deb nimaga aytildi? Normal ish sharoiti deganda nimani tushunasiz?

4.5-masala. O'lchash chegarasi 15 mV bo'lgan millivoltmetning o'lchash mexanizmi ramkasidagi (4.8 - rasm) to'la og'ish toki $I_0 = 0.12 \text{ mA}$. Agar o'lchash mexanizmi ramkasining qarshiligi $R_{ram} = 125 \text{ Om}$ bo'ssa, shu millivoltmetri o'lchash chegaralari 5 va 0.15 mA bo'lgan milliampermetr sifatida foydalanish uchun shunt qarshiliklari R_1 va R_2 aniqlansin.

Yechish: O'lchash chegarasi $I = 0.15 \text{ mA}$ uchun shunt qarshilik $R = R_1 + R_2$ quyidagicha aniqlanadi.



4.8 - rasm

Shunt qismalariga ulangan yuklama R_{yuk} uning chiqish kuchlanishiga ta'sir qiladi. Tok berilgan holda

$$U_{pV} = I_2 \cdot \frac{R \cdot R_{yuk}}{R + R_{yuk}} = I_2 \cdot R \cdot \frac{1}{1 + \frac{R}{R_{yuk}}}$$

bunda $R = R_0 = R_1 + R_2$ va $R_{yuk} = R_{ram} = 125 \text{ Om}$

Binobarin

$$R = R_1 + R_2 = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 125}{0.15 \cdot 10^{-3} \cdot 125 - 15 \cdot 10^{-3}} = 500 \text{ Om}$$

O'lchash chegarasi $I' = 5 \text{ mA}$ uchun shunt qarshiligi R_1 ni 4.8-rasmdagi zanjirga ko'ra aniqlaymiz.

$$U'_2 = I' \cdot \frac{(R_0 + R_2) \cdot R_1}{R_0 + R_2 + R_1},$$

bunda $U'_2 = I_0 \cdot (R_0 + R_2)$, bo'lgani uchun quyidagini yozishimiz mumkin.

$$I_0 \cdot (R_0 + R_2) = I' \cdot \frac{(R_0 + R_2) \cdot R_1}{R_0 + R_2 + R_1}$$

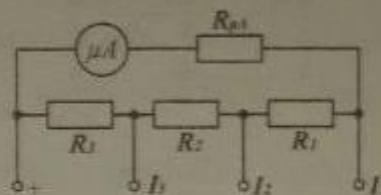
yoki

$$R_1 = \frac{I_0 \cdot (R_0 + R_2 + R_1)}{I'} = \frac{I_0 \cdot (R_0 + R)}{I'} = \frac{0.12 \cdot 10^{-3} (125 + 500)}{5 \cdot 10^{-2}} = 15 \text{ Om}$$

$$R_2 = R - R_1 = 500 - 15 = 485 \text{ Om}^{48}$$

4.6-masala. Ichki qarshiligi R_{pA} , to'la tok og'ishi I_A bo'lgan magnitoelektrik mikroampermetrning uchta oraliqda kengaytirish uchun uchta R_1 , R_2 va R_3 rezistorlar qarshiligini hisoblash ifodasini keltirib chiqaring (4.9-rasm). Tokning

o'lchash oraliqlari I_1 , I_2 va I_3 ($I_1 < I_2 < I_3$). Shuntlovchi qarshiliklar R_1 , R_2 va R_3 qiymatlarini toping.⁴⁹



4.9-rasm. Ko'p chegarali ko'p diapazonli ampermetrning sxemasi

Yechish: Shuntlovchi qarshiliklarni hisoblash ifodasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$R_1 = \frac{R_{pA}(k_2 - k_1)}{k_2(k_1 - 1)};$$

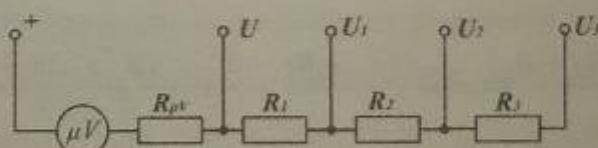
$$R_2 = \frac{R_{pA}k_1(k_3 - k_2)}{k_2k_3(k_1 - 1)};$$

$$R_3 = \frac{R_{pA}k_1}{k_3(k_1 - 1)}.$$

bunda k_1 , k_2 , k_3 – shuntlash koefitsiyentlari mos ravishda quyidagiga teng.

$$\frac{I_1}{I_A}, \quad \frac{I_2}{I_A}, \quad \frac{I_3}{I_A}$$

4.7-masala. Magnitoelektrik voltmetrning ichki qarshiliigi R_{pV} , o'lchash mexanizmi ramkasining to'la og'ish toki I mA bo'lsa, ko'pchejarali (ko'p diapazonli) zanjirning R_1 , R_2 va R_3 qoshimcha qarshilik qiymatlari aniqlansin.



4.10 - rasm. Ko'p chegarali magnitoelektrik voltmetrning elektr sxemasi.

Yechish: Voltmetrning ichki qarshiligiga ketma-ket ulangan qoshimcha qarshiliklar quyidagicha hisoblanadi.

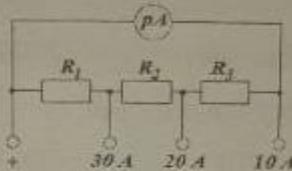
$$R_1 = R_{pV} \cdot k_2 \cdot (k_2 - k_1) \cdot (k_1 - 1);$$

$$R_2 = R_{pV} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot (k_3 - k_2) \cdot (k_1 - 1);$$

$$R_3 = R_{pV} \cdot k_1 \cdot k_3 \cdot (k_1 - 1).$$

bunda k_1 , k_2 , k_3 – qo'shimcha qarshiliklar koefitsiyentlari, ular mos ravishda quyidagiga teng: $\frac{U_1}{U}$, $\frac{U_2}{U}$, $\frac{U_3}{U}$ yoki $\frac{U_1}{I_0 R_0}$, $\frac{U_2}{I_0 R_0}$, $\frac{U_3}{I_0 R_0}$

4.8-masala. Uchta o'lhash chegarali ampermetrغا ulangan ko'p chegarali shunt parametrlari aniqlansin. Ampermetrning ichki qarshiligi $R_{pA} = 2 \text{ Om}$ bo'lib, har bir o'lhash chegarasida shuntdagi kuchlanish pasayishi 100 mV dan oshmasligi lozim (4.11-rasm).



4.11-rasm. Ko'p chegarali shunt

Yechish: Ampermetr o'lhash ramkasidagi tok shuntdagi kuchlanish bilan belgilanadi. Binobarin ampermetr ramkasidagi tok quyidagicha aniqlanadi:

$$I_A = \frac{U_{sh}}{R_{pA}} = \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ A} = 50 \text{ mA}.$$

10 A diapazon uchun shuntlash koefitsiyenti quyidagiga teng:

$$K_{sh1} = 10 / 0.05 = 200$$

Shunt qarshiligi

$$R_{sh} = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{R_{pA}}{200 - 1} = \frac{2}{199} = 0.01 \text{ Om};$$

20 A diapazon uchun shuntlash koefitsiyenti

$$K_{sh2} = \frac{20}{0.05} = 400;$$

Shunt qarshiligini e'tiborga olib quyidagi tenglamani tuzamiz:

$$R_{sh} - R_3 = R_1 + R_2 = \frac{R_{pA} + R_3}{400 - 1},$$

bu tenglamadan

$$R_3 = R_{sh} - \frac{2}{399} = 0.01 - 0.005 = 0.005 \text{ Om};$$

30 A diapazon uchun shuntlash koefitsiyenti

$$K_{sh3} = \frac{30}{0.05} = 600.$$

Tenglama tuzamiz

$$R_{sh} - R_3 - R_2 = R_1 = \frac{2 + R_2 + R_3}{600 - 1},$$

bu tenglamadan

$$R_2 = R_{sh} - R_3 - \frac{2}{599} = 0.0017$$

yoki $R_2 = 0.01 - 0.005 - 0.0033 = 0.0017 \text{ Om}.$

$$R_1 = R_{sh} - R_3 - R_2 = 0.01 - 0.005 - 0.0017 = 0.0033 \text{ Om}$$