

1 - Amaliy mashg'ulot

Yashil iqtisodiyot rivojlantirishga asoslangan energiya samarador Elektr o'lchash asboblarning metrologik (statik va dinamik) xususiyatlarini o'rganish.

Ishdan maqsad: O'lchash qurilmalari va o'lchash tizimlarino, o'lchash vositalarining metrologik xarakteristikalarini, o'lchash vositalarining asosiy statik xarakteristikalarini, o'lchash vositalarining xatoliklarini o'rganish.

1. O'lchash qurilmalari va o'lchash tizimlari

O'lchash qurilmalari va tizimlari funksional va struktura jihatidan ancha murakkab turdagi o'lchash vositalaridandir.

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

O'lchash qurilmalariga, suyuqlik va gazlarni sarfini o'lchash uchun ishlatiladigan o'lchash komplekslari, elektr o'lchash asboblari sinovdan o'tkazish va darajalash (graduировка) qurilmalari misol bo'ladi.

O'lchash tizimlari – bir-biri bilan aloqa kanallari orqali yig'ilgan va funksional bog'langan o'lchash vositalari (o'lchovlardan, o'lchash o'zgartkichlaridan va asboblardan), yordamchi qurilmalar va hisoblash texnikasi vositalari majmuidan iborat bo'lib, o'lchash 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'lchash vositalarining metrologik xarakteristikalarini

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

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

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

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

2.1 O'lchash vositalarining asosiy statik xarakteristikalarini

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

O'zgartirish funksiyasi – bu o'lchash 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'lchash vositasining **graduivokali xarakteristikasi** deyiladi.

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

Ideal holda o'lchash o'zgartirishlari va o'lchash asboblarning nominal o'zgartirish funksiyasi chiziqli bog'liqlikda – $U=k_H(X)$ bo'ladi. Bunday asboblarning bir tekis shkalali bo'lib, ularda ikki qo'shni 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'lchash vositasining tashqi signalga nisbatan ta'sirchanligi, sezuvchanligidir. Umumiy holda sezgirlik o'lchash 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'lchamligidan aniqlanadi.

O'lchash vositalarining sezgirligini teskari qiymati, $-C = \frac{1}{S}$ ularning doimiyligi deyiladi va u o'lchash o'zgartirishlari va asboblarning asosiy xarakteristikalaridan biri bo'lib hisoblanadi.

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

kalaning ikki qo'shni belgilari orasidagi oraliq *shkalaning bo'linmasi* deyiladi. Shkalaning ikki qo'shni 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'lchash asbobining chiqish signalini sezilarli o'zgarishiga olib keladi va quyidagicha aniqlanadi:

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

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

Integrallovchi asboblarning uchun “sezgirlik” tushunchasi ishlatilmaydi va o'z navbatida “sezgirlik ostonasi” tushunchasi esa istalgan o'lchash o'zgartirishlari va asboblari uchun qo'llanilishi mumkin.

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

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

O'lchash vositalarining kirish (chiqish) impedansi – bu o'lchash vositasining kirish (chiqish) ga ta'sir etuvchi umumlashgan kuchning, o'lchash 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'lchash vositalarining muhim metrologik xususiyatlaridan biri o'lchash diapazoni (chegarasi) dir.

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

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

Masalan, statsionar o'lchash kuchlanish transformatorlarining o'lchash 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'yorlanmaydi.

2.2 O'lchash vositalarining dinamik xarakteristikalar

Dinamik metrologik xarakteristikalar – o'lchash vositalarining inersion xususiyatlarini aks ettiradi va o'lchash 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'lchash vositalarining dinamik xususiyatlarini to'la ifodalash maqsadida ularni to'la va xususiy dinamik tavsiflariga bo'lamiz.

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

3. O'lchash vositalarining xatoliklari

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

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

Absolyut xatolik. Bu xatolik (ΔX) kattalik qanday birliklarda ifodalanayotgan bo'lsa, shu birliklarda 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 doimiyliigi va sezgirliigi.

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

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

Nisbiy xatolik odatda protsentlarda (%) ifodalanadi. Bundan tashqari nisbiy xatolikni o'lchamsiz birliklarda, ya'ni promilda (‰), ... (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 doimiyliigi va sezgirliigi.

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 aytiladi.

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

Tasodifiy 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'lchash natijasida tasodifiy xatolikni mavjudligi takror o'lchashlar natijasida ko'rinadi va uni hisobga olish, o'lchash natijasiga ta'siri (yoki o'lchash anikligini baholash) matematik statistika usuli yordamida amalga oshiriladi.

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

Dinamik xatolik o'lchash 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'lchash zanjiri elementlarining inersionligidan kelib chiqadi.

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

Asosiy xatolik. O'lchash vositasining normal sharoitda ishlatilganida hosil bo'ladigan xatolik asosiy xatolik deyiladi. Normal sharoit deganda ko'pgina o'lchash 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'minlash kuchlanishi nominal qiymatidan $\pm 2\%$ ga o'zgarishi mumkin va boshqalar.

Qo'shimcha xatolik. Agar o'lchash vositasi normal sharoitdan farqli bo'lgan tashqi sharoitda ishlatilsa, hosil bo'ladigan xatolik qo'shimcha xatolik deyiladi.

O'lchash vositalarining xatoliklarini tahlil qilishda ta'sir etuvchi kattaliklar deyilganda muayyan o'lchash vositasi bilan o'lchanmaydigan kattaliklar tushuniladi. Bunday kattaliklarga tashqi ta'sir etuvchi kattaliklar va kirish signalining 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'lchash 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'lchash vositalarining me'yoriy hujjatlarida belgilanadi.

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

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

O'lchash vositalarini normal ishlash sharoitidan tashqari **ish sharoiti** ham belgilanadi.

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

O'lchash vositalarini muhim xususiyatlaridan biri – chiqish signalining variatsiyasidir. (o'lchash 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.

$$\gamma = \frac{A_0' - A_0''}{A_{\text{max}}} \cdot 100\%;$$

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

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

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

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

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

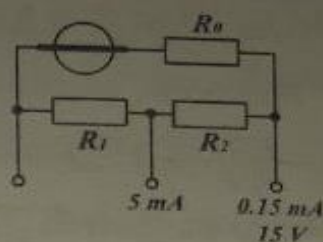
Misol: o'lchash vositasining konkret nusxasi uchun xatolikning muntazam tashkil etuvchisi – determinlashgan kattalik bo'lsa, o'lchash vositasining turi uchun esa nusxadan-nusxagacha o'zgaruvchan tasodifiy kattalikdir.

Nazorat savollari

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

4.5-masala. O'lchash chegarasi 15 mV bo'lgan millivoltmetrning o'lchash mexanizmi ramkasidagi (4.8 - rasm) to'la og'ish toki $I_0 = 0.12 \text{ mA}$. Agar o'lchash mexanizmi ramkasining qarshiligi $R_{ram} = 125 \text{ Ohm}$ bo'lsa, shu millivoltmetrni o'lchash chegaralari 5 va 0.15 mA bo'lgan milliampmetr 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 qismlariga 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 $R_{yuk} = R_{ram} = 125 \text{ Ohm}$

Binobarin

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

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.

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

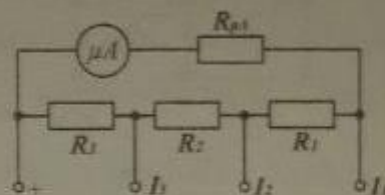
yoki

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

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

4.6-masala. Ichki qarshiligi R_{pA} , to'la tok og'ishi I_A bo'lgan magnitoelektrik mikroampmetrning 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:

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

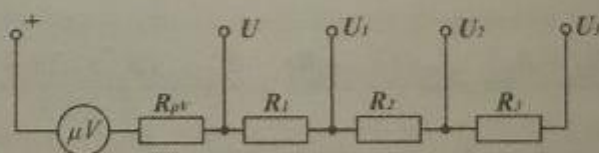
$$R_2 = \frac{R_{pA}k_1(k_3 - k_2)}{k_2k_3(k_1 - 1)};$$

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

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

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

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



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

Yechish: Voltmetrning ichki qarshiligiga ketma-ket ulangan qo'shimcha qarshiliklar quyidagicha hisoblanadi.

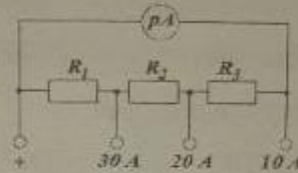
$$R_1 = R_{pV} \cdot k_2 \cdot (k_2 - k_1) \cdot (k_1 - 1);$$

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

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

bunda k_1, k_2, k_3 – qo'shimcha qarshiliklar koeffitsiyentlari, ular mos ravishda quyidagiga teng: $\frac{U_1}{U}, \frac{U_2}{U}, \frac{U_3}{U}$ yoki $\frac{I_1}{I_0 R_0}, \frac{I_2}{I_0 R_0}, \frac{I_3}{I_0 R_0}$ 50

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



4.11-rasm. Ko'p chegarali shunt

Yechish: Ampermetr o'lchash ramkasidagi tok shuntidagi 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 koeffitsiyenti 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 koeffitsiyenti

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

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 koeffitsiyenti

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

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

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