

Q.X. AXUNOV

AXBOROT O'LCHOV TEXNIKASI

O'QUV QO'LLANMA



Q. 10.2
A-10
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI

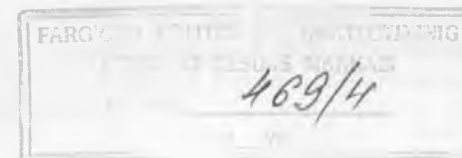


FARG'ONA POLITEKNIKA INSTITUTI

Q. X. Axunov

AXBOROT O'LCHOV TEXNIKASI

O'QUV QO'LLANMA



Farg'ona - 2019

UO'K 73.32.44.11

KBK 32.973.2

A-10

TAQRIZCHILAR:

Toshkent davlat texnika universiteti
“metrologiya va standartlashtirish” kafedrası
mudiri, t.f.d., prof. ISMATULLAEV P. R.

dotsent JABBOROV T. K.

«Axborot o'lchov texnikasi» fanidan o'quv qo'llanma 5521300 - «Elektr texnikasi, elektr mexanikasi va elektr texnologiyasi» bakalavriat yo'nalishi bo'yicha ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan. Shular qatori boshqa yo'nalishlar talabalari ham foydalanishlari mumkin. O'quv qo'llanma yangi o'quv rejasi va dasturi asosida tuzilgan bo'lib, ma'ruza darslarida o'qishga rejalashtirilgan.

O'quv qo'llanmada 5-ta jadval, 95-ta rasm va 18-ta adabiyotlar ro'yhati keltirilgan

ISBN 9789943601314

Аннотация

Ushbu "Axborot o'lchov texnikasi" fani o'quv qo'llanmasi 5521300- "Elektrotehnika, elektromexanika va elektrotehnologiyalari" ta'lim yo'nalishining talabalari uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanma tarkibiga axborot o'lchov texnikasining fan va texnikadagi ahamiyati, o'lchash turlari, usullari, o'lchashdagi xatoliklar, xatoliklarni kelib chiqish sabablari, analog elektromexanik o'lchov asboblari, elektr kattaliklarni va noelektr kattaliklarni o'lchash, o'lchov ko'priklari va kompensatorlari, qayd etuvchi va raqamli elektron o'lchov asboblari, magnit kattaliklarini o'lchash, axborot o'lchov texnikasida mikroprosessorlarning qo'llanilishi haqidagi masalalar ko'rib chiqilgan.

Аннотация

Настоящее учебное пособие по дисциплине "Информационно-измерительная техника" предназначено для студентов направления 5521300- "Электротехники, электромеханики и электротехнологии". В состав пособия входят значения информационно-измерительной техники в науке и технике, виды и способы измерения, погрешности измерения и измерения погрешности, измерительные преобразователи, измерения электрических и неэлектрических величин, измерительные мосты и компенсаторы, регистрирующие электронно-цифровые измерительные приборы, измерения магнитных величин, а также использование микропроцессорных систем в информационно-измерительной техники.

Abstract

This textbook for the discipline "Information-measuring equipment" is intended for students of 5521300- "Electrical, Electromechanics and Electrotechnology" branch. The manual includes the values of information-measuring equipment in science and technology, types and methods of measurement, measurement errors and measurement errors, measuring transducers, measuring electrical and non-electrical quantities, measuring bridges and compensators, recording electronic digital measuring instruments, measuring magnetic quantities, as well as the use of microprocessor systems in information-measuring equipment.

MUNDARIJA

So'z boshi	12
Axborot o'lchash texnikasi fanining maqsad va vazifalari	12
Axborot o'lchash texnikasining fan va texnikadagi ahamiyati	13
I BOB. Axborot o'lchash texnikasida o'lchashlar va o'lchov vositalari	14
1.1. Axborot o'lchash texnikasi fanining rivojlanish tarixidan qisqacha ma'lumotlar	14
1.2. O'lchash turlari va usullari	16
1.3. O'lchash xatoliklari	18
1.4. O'lchov vositali tasnifi	20
1.5. O'lchov vositalari strukturasi	21
1.6. O'lchov vositalari tavsiflari	23
1.7. O'lchov vositalari xatoliklari va me'yorlanishi	25
1.8. O'lchov o'zgartkichlari	27
1.9. Rostlash vositalari	28
1.10. Shuntlar va qo'shimcha rezistorlar	29
1.11. O'lchov transformatorlari	31
1.12. To'g'rilagichli va termoelektrik o'zgartkichlar	34
II BOB. Noelektr kattaliklarni o'lchov o'zgartkichlari	38
2.1. Noelektr kattaliklarni o'lchash	38
2.2. Noelektr kattaliklarni o'lchov o'zgartkichlari tavsiflari	38
2.3. Parametrlri o'zgartkichlar	39
2.4. Generatorli o'zgartkichlar	40
2.5. Noelektr kattaliklarni o'lchov o'zgartkichlarini qo'llanilishi.....	40
III BOB. Elektrkattaliklario'lchovlari	46
3.1. Elektr yurituvchi kuch (EYUK) o'lchovi	46
3.2. Elektr qarshilik o'lchovi	47
3.3. Induktivlik va o'zoro induktivlik o'lchovi	48
3.4. Elektr sig'imi o'lchovi	49
IV BOB. Analogelektromexaniko'lchovasboblari	51
4.1. Analogelektromexaniko'lchovasboblari to'g'risida	51
4.2. Texnik talablar va shartli belgilar	53
4.3. Analog elektromexaniko'lchov asboblarning umumiy qismlari va detallari	57
4.4. Magnitoelektrik tizim asboblari	69
4.5. Elektromagnit tizim asboblari	61
4.6. Elektro- va ferrodinamik tizim asboblari	62
4.7. Elektrostatik tizim asboblari	63
4.8. Induksion tizim asboblari	64
4.9. Elektr qarshilik o'lchagichlar	65
4.10. Quvvat o'lchagichlar	68
4.11. Fazalar siljish burchagini o'lchagichlar	70
V BOB. O'lchovko'priklari vakompensatorlar	74

5.1. O'zgarmas tok ko'priklari	74
5.2. O'zgaruvchan tok ko'priklari	76
5.3. O'lchov ko'priklarining qo'llanilishi	78
5.4. Kompensatsiyali zanjirlar	84
5.5. O'zgarmas tok kompensatorlari	86
5.6. O'zgaruvchan tok kompensatorlari	89
VI BOB. Qayd etuvchi va elektron asboblari	93
6.1. Qayd etuvchi asboblari to'g'risida	93
6.2. Qayd etish usullari	43
6.3. Qayd etish qurilmalari	95
6.4. Elektron o'lchov asboblari	98
6.5. O'zgarmas kuchlanish elektron voltmetrlari	100
6.6. O'zgaruvchan kuchlanish elektron voltmetrlari	100
6.7. Elektron ommetrlar	102
6.8. Elektron-nurli ostsillograflar to'g'risida umumiy ma'lumotlar	103
6.9. Elektron-nurli ostsillograflar tuzilishi va ishlash printsipi.	104
6.10. Elektron-nurli ostsillograflarni o'lchashlarda qo'llanilishi, chastotani o'lchash	107
6.11. Elektron-nurli ostsillograf yordamida fazalar farqini o'lchash	109
6.12. Elektron-nurli ostsillograf yordamida qarshilikni o'lchash	109
VII BOB. Raqamli o'lchash asboblari.	112
7.1. Raqamli o'lchash asboblari to'g'risida asosiy tushunchalar va ma'lumotlar	112
7.2. Raqamli o'lchash asboblari tuzilishi	115
7.2.1. Uzlaksiz o'lchanadigan kattaliklarni o'zgartirishning asosiy usullari	115
7.2.2. Raqamli o'lchash asboblari tasniflari	117
7.2.3. Analog-raqamli o'zgartirish turlari	118
7.3. Raqamli asboblarning turlari	120
7.4. Raqamli voltmetrlar	120
7.5. Raqamli chastota o'lchagichlar	124
7.6. Raqamli ommetrlar	125
VIII BOB. Magnit kattaliklarni o'lchov vositalari	127
8.1. Magnit oqimini o'lchov vositalari	127
8.2. Magnit induktsiyasi va kuchlanganligini o'lchov vositalari	129
8.3. Magnit materiallarni tavsifini aniqlash vositalari	132
IX BOB. Axborot o'lchash tizimlari	134
9.1. Axborot o'lchashtizimlar to'g'risida umumiy ma'lumotlar	134
9.2. Axborot o'lchashtizimlarining strukturasi	135
9.3. Axborot o'lchashtizimlarining asosiy bloklari	138
9.4. Axborot o'lchashtexnikasidamikroprotsessori tizimlar	141
9.5. Mikroprotsessorlar bilan boshqariladigan raqamli asboblari	143
9.6. Elektron elektrenergiya xisoblagichlar	144
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR	149

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	12
Цель и задачи предмета информационно-измерительная техника.....	12
Значение информационно-измерительной техники в науке и технике..	13
ГЛАВА I. Виды и методы измерений в информационно-измерительной технике.....	14
1.1. Краткая история и перспективы информационно-измерительной техники	14
1.2. Методы и виды измерений.....	16
1.3. Погрешности измерений	18
1.4. Средства измерений	20
1.5. Структурные схемы средств измерений	21
1.6. Основные характеристики средств измерений.....	23
1.7. Погрешности и нормирование погрешности средств измерений.	25
1.8. Измерительные преобразователи	27
1.9. Средства регулирования.....	28
1.10. Шунты и добавочные резисторы	29
1.11. Измерительные трансформаторы.....	31
1.12. Выпрямители и термоэлектрические преобразователи.....	34
ГЛАВА II. Измерительные преобразователи неэлектрических величин.....	38
2.1. Измерение неэлектрических величин.....	38
2.2. Основные характеристики об измерительных преобразователей неэлектрических величин	38
2.3. Параметрические преобразователи	39
2.4. Генераторные измерительные преобразователи	40
2.5. Применение измерительных преобразователей неэлектрических величин	40
ГЛАВА III. Измерение электрических величин.....	46
3.1. Измерение электро-движущейся силы (ЭДС).....	46
3.2. Измерение электрических сопротивлений	47
3.3. Измерение индуктивности и взаимоиндуктивности.....	48
3.4. Измерение емкости	49
Глава IV. Аналоговые электромеханические приборы.....	51
4.1. Общие сведения об аналоговых электромеханических приборов....	51
4.2. Технические требования и условные обозначения.....	53
4.3. Общие узлы и детали аналоговых электромеханических приборов	
4.4. Приборы магнитоэлектрической системы	57
4.5. Приборы электромагнитной системы	69
4.6. Приборы электродинамической и ферродинамической системы....	61
4.7. Приборы электростатической системы.....	62
4.8. Приборы индукционной системы.....	63
4.9. Приборы и виды измерений электрической сопротивлений	64

4.10 Измерение мощности	65
4.11 Измерительные приборы сдвига фаз	68
	70
ГЛАВА V. Измерительные мосты и компенсаторы	74
5.1 Измерительные мосты постоянного тока	74
5.2 Измерительные мосты переменного тока.....	76
5.3 Применение измерительных мостов	78
5.4 Компенсационные цепи.....	84
5.5 Компенсаторы постоянного тока.....	86
5.6 Компенсаторы переменного тока	89
ГЛАВА VI. Регистрирующие и электронные приборы	93
6.1 Об регистрирующих приборах.....	93
6.2 Методы регистрации.....	43
6.3 Об регистрирующих устройствах.....	95
6.4 Электронно-измерительные приборы	98
6.5 Электронные вольтметры постоянного напряжения.....	100
6.6 Электронные вольтметры переменного напряжения.....	100
6.7 Электронные омметры.....	102
6.8 Общие сведения об электронно-лучевых осциллографах	
6.9 Устройство и принцип действия электронно-лучевых осциллографов	103
6.10 Применение электронно-лучевых осциллографов в измерениях, измерение частоты	104
6.11 Измерение фазы с помощью электронно-лучевых осциллографов	107
6.12 Измерение сопротивлений с помощью электронно-лучевых осциллографов	109
ГЛАВА VII. О цифровых измерительных приборах	112
7.1 Основные понятия и сведения о цифровых измерительных приборах	112
7.2 Устройство цифровых измерительных приборов	115
7.2.1 Основные методы преобразование непрерывных величин в код.	
7.2.2 Классификация цифровых измерительных приборов	115
7.2.3 Виды аналого-цифровых преобразователей	117
7.3 Виды цифровых приборов ..	118
7.4 Цифровые вольтметры	120
7.5 Цифровые измерители частоты.....	120
7.6 Цифровые омметры.....	124
	125
ГЛАВА VIII. Измерительные средства магнитных величин	127
8.1 Измерительные средство магнитного потока.....	127
8.2 Измерительные средство магнитной индукции и напряженность.	129
8.3 Средство определения магнитного материала	132
ГЛАВА IX. Измерительные информационные системы	134

9.1. Общие сведения о измерительных информационных системах....	134
9.2. Структуры измерительных информационных системах.....	135
9.3. Основные блоки измерительных информационных системах.....	138
9.4. Микропроцессорная система в измерительных информационных системах	141 143
9.5. Управление цифровых приборов с помощью микропроцессоров ...	144
9.6. Электронные счетчики электро -энергии.....	149
Использованная литературы	149

TABLE OF CONTENTS

Foreword.....	12
The purpose and objectives of the subject information-measuring technique.....	12
The value of information-measuring equipment in science and technology.....	13
I Chapter Types and methods of measurements in information-measuring equipment.....	14
1.1 A brief history and prospects of information-measuring equipment ...	
1.2 Methods and types of measurements.....	14
1.3 Measurement errors	16
1.4 Measurement tool	18
1.5 Structural diagrams of measuring instruments	20
1.6 The main characteristics of measuring instruments	21
1.7 Error and standardization of errors of measuring instruments.	23
1.8 Transmitters	25
1.9 Means of regulation	27
1.10 Shunts and additional resistors	28
1.11 Measuring transformers	29
1.12 Rectifiers and thermoelectric converters	31
II Chapter. Measuring transducers of non-electric quantities	34
2.1 Measurement of non-electric quantities.....	38
2.2 The main characteristics of the measuring transducers of non-electrical quantities	38
2.3 Parametric converters	39
2.4 Generator transducers	40
2.5 The use of measuring transducers of non-electrical quantities	40
III Chapter. Measurement of electrical quantities.....	46
3.1 Measurement of electro-moving force (EMF).....	46
3.2 Measurement of electrical resistance	47
3.3 Measurement of inductance and mutual inductance	48
3.4 Capacitance measurement.....	49
IV Chapter. Analog Electromechanical Devices	51
4.1 General information about analogue electromechanical devices	51
4.2 Technical requirements and conventions ..	53
4.3 General knots and details of analog electromechanical devices	
4.4 Devices of the magnetoelectric system	57
4.5 Devices of the electromagnetic system	69
4.6 Devices of electrodynamic and ferrodynamicsystems	61
4.7 Devices of the electrostatic system	62
4.8 Induction system devices	63

4.9. Instruments and types of measurements of electrical resistance	64
4.10. Power measurement	65
4.11. Phase Shift Measuring Instruments	68
	70
V Chapter. Measuring bridges and compensators	74
5.1. DC measuring bridges	74
5.2 AC measuring bridges	76
5.3. Application of measuring bridges	78
5.4. Compensation chains	84
5.5. DC Compensators	86
5.6. AC Compensators	89
VI Chapter. Recording and electronic devices	93
6.1. About recording devices	93
6.2. Registration methods.....	43
6.3. About recording devices	95
6.4. Electronic Measuring Instruments	98
6.5. Electronic DC voltmeters	100
6.6. Electronic voltmeters of alternating voltage	100
6.7. Electronic ohmmeters	102
6.8. General Information on Electron Beam Oscilloscopes	103
6.9. The device and principle of operation of electron-beam oscilloscopes.....	104
6.10. The use of electron beam oscilloscopes in measurements, frequency measurement	107 109
6.11. Phase Measurement Using Electron Beam Oscilloscopes.....	109
6.12. Resistance Measurement Using Electron Beam Oscilloscopes.....	
VII Chapter. About digital measuring instruments	112
7.1. Basic concepts and information about digital measuring instruments.....	112
7.2. The device of digital measuring instruments	115
7.2.1. The main methods are the conversion of continuous values to code..	
7.2.2. Classification of digital measuring instruments	115
7.2.3. Types of analog-to-digital converters	117
7.3. Types of digital priori	118
7.4. Digital voltmeters	120
7.5. Digital frequency meters	120
7.6 Digital ohmmeters	124
	125
VIII Chapter. Measuring instruments of magnetic quantities	127
8.1. Magnetic flux measuring means	127
8.2. Measuring tool of magnetic induction and tension.	129
8.3. Means for determining magnetic material	132
IX Chapter Measuring information systems	134
9.1. General information about measuring information systems	134

2.2 Structures of measuring information systems	135
2.3 Main blocks of measuring information systems	138
2.4 Microprocessor system in measuring information systems	141
2.5 Microprocessor control of digital devices	143
2.6 Electronic electricity meters	144
The used literature	149

SO'Z BOSHI

1. Axborot o'lchash texnikasi fanining maqsad va vazifalari

Sanoat, transport, qishloq va suv xo'jaligi, kimyoviy texnologiya va boshqa sohalaridagi ishlab chiqarishning barcha bosqichlarida texnologik, agrokimyoviy va biologik nazorat bilan birga turli o'lchash ishlari ham olib boriladi. Shuning uchun ishlab chiqarilayotgan mahsulotning sifati boshqarishda qo'llanilayotgan nazorat va o'lchash vositalariga bevosita bog'liq. Har bir yetuk mutaxassis o'z ish joyida texnologik jarayon parametrlarini, ularning o'lchash usullarini, o'lchash asboblari va qurilmalarining texnik xarakteristikalarini bilishi kerak. Bakalavriatni tugatgan har bir kishi o'lchash asboblari bilan ishlashda o'lchash sxemalari va asboblari ishlatish bilan bog'liq bo'lgan bilim va malakaga ega bo'lishi, elektr, magnit, noelektrik kattaliklarni bilishi, ularni o'lchashi, nazorat qilishi, o'lchash asboblari to'g'ri tanlay olishi, xatoliklarning sababini aniqlashi lozim.

Transport, Issiqlik texnikasi, elektroenergetika, qishloq va suv xo'jaligi, geologiya va geofizika, tibbiyot, biologiya, atrof-muhit ekologiyasi sohalarida yuzaga keladigan muammolarni yechishda turli parametrlarni o'lchash va axborot olish sezilarli darajada murakkablashib bormoqda. Bu holat yangi o'lchash usullari va vositalarini yaratishni va birlamchi o'lchash o'zgartkichlari – datshiklarga, umuman olganda, o'lchash texnikasiga bo'lgan talabni kuchaytirmoqda. Shuning uchun o'lchash asboblari texnik imkoniyatlarini hisoblash, texnika vositalari yordamida kengaytirish va turli sharoitlarga moslashtirish hozirgi o'lchash texnikasining dolzarb masalasi bo'lib qolmoqda.

«Elektr o'lchashlar» fani talabalarga elektromagnit hodisasi va jarayonlarini, elektr, magnit kattaliklar va parametrlarini hamda texnologik jarayonlarni boshqarishda yuzaga keladigan muammolarni hal etishga imkon beradi.

Metrologiya va elektr o'lchashlardan olingan bilim va ko'nikmalar kasb-hunar kollejlarning elektrotexnik yo'nalishdagi talabalariga «Sanoat korxonalarining elektr jihozlari va qurilmalari», «Ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish», «Elektrotexnologiya» va boshqa fanlarni o'zlashtirishlarida yordam beradi. «Elektr o'lchashlar» sanoat, qishloq va suv xo'jaligi hamda boshqa sohalar yo'nalishida bakalavr va mutaxassislar tayyorlashda o'qitilishi lozim bo'lgan fandir. Davlat ta'lim standartlari, «Kadrlar tayyorlash milliy dasturi» talabalaridan kelib chiqqan holda, bu fan kollej talabalarida metrologiya va elektr o'lchashlar bo'yicha zarur va yetarli bo'lgan bilim hamda ko'nikmalarni shakllantiradi.

«Elektr o'lchashlar» fanini o'rganish natijasida talabalar olgan bilimlari hamda tajribalarini ishlab chiqarishda qo'llashlari lozim bo'ladi.

Har bir talaba bilimlarini respublikamiz oldida turgan o'ta muhim masalalarni yechishga, jahon andozalariga mos keluvchi texnologik jarayonlarni samarali boshqarish hamda mahsulotlarni ishlab chiqarishga safarbar etishi kerak.

2. Axborot o'lchash texnikasining fan va texnikadagi ahamiyati

Moddliy dunyoni bilish usullaridan biri – o'lchashdir. «Har qanday fan o'lchashdan boshlanadi», – degan edi buyuk rus olimi D.I.Mendeleyev. Unga ma'lum bo'lgan tabiiy fanlardagi barcha qonunlar zahirida o'lchash yotadi.

Elektrik va noelektrik kattaliklarni elektrik usul bilan o'lchashlar katta ahamiyatga ega. Elektrik o'lchash usullari boshqa o'lchash turlaridan soddaligi, ishonchligi, aniqligi, sezgirligi, qayta o'zgartirish va uzoq masofaga uzatish imkoni bilan ajralib turadi.

Elektrik o'lchashlar yer qatlamining namligi, shorlanishi, zichligini aniqlashda, shuningdek, yer osti ruda konlarini samolyotdan turib magnit oqimlar bilan razvedka qilishda qo'llaniladi. Hattoki sayyoralar va yulduzlar atrofidagi harorat ham fotoelementlar yordamida elektrik usul bilan aniqlanadi.

Murakkab ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish ko'p jihatdan elektr o'lchashlarga tayanadi, chunki ular o'lchash qurilmasi bilan bevosita ishlab chiqarish obyektlariga avtomatik ravishda ta'sir etish, o'lchangan kattaliklar ustida hisoblash operatsiyalarini avtomatik bajarish imkonini beradi.

Ishlab chiqarishning barcha sohalarida mexanizatsiyalashtirish, elektrlashtirish va avtomatlashtirishni yuqori darajaga ko'tarish uchun hozirgi zamon talablariga javob beradigan sodda, puxta, mukammal, arzon, yuqori aniqlik va sezgirlikka ega, har qanday sharoitda o'z ish qobiliyatini saqlab turadigan o'lchov asboblari loyihalashtirish, ishlab chiqarish va ularni to'g'ri ekspluatatsiya qilish zarur. Shu bilan birga, ishlab chiqarishni jadallashtirish, mahsulotlarni ko'paytirish va sifatini oshirish uchun davlat ta'minotiga tegishli metrologik birlik va metrologik ta'minot tizimini qonun talablar darajasida ishlab chiqarish zarur.

I BOB. AXBOROT O'LCHOV TEXNIKASIDA O'LCHASHLAR VA O'LCHOV VOSITALARI

1.1. Axborot o'lchov texnikasi fanining rivojlanish tarixidan qisqacha ma'lumotlar

Axborot tizimida o'lchashlar va o'lchov vositalari katta ahamiyatga egadir. O'lchashlar o'tkazilmaydigan birorta ham xalq xo'jaligi tarmoqlarini topib bo'lmaydi, ayniqsa, aniq fanlar sohasida o'lchashlar alohida ahamiyatga ega. Masalan, koinotni va mikroduyoni tadqiqot qilishda, elektr energiyasini ishlab chiqarishda va ta'minotda yoki biror texnologik jarayon borishi to'g'risida axborot olishda, avtomatlashtirilgan axborot sistemalarida o'lchov ob'ektlari holati to'g'risida tegishli xulosalar chiqarishda, turli mahsulotlar, xizmatlar haqida tegishli axborot ma'lumotlari olishda o'lchanayotgan fizik kattaliklarning qiymatlari to'g'risida ishonchli axborot olinmasa biror natijaga kelib bo'lmaydi. Bu axborotlarni maxsus texnik vositalar yordamida turli o'lchashlar usullaridan foydalanib olinadi. Bundan ko'rinadiki o'lchashlar inson istiqbolida alohida ahamiyatga ega.

O'lchashlar inson faoliyatining barcha sohalarida axborotlarning muhim ahamiyatli manbasi bo'lib xizmat qilib keladi. O'zi o'lchash deb berilgan kattaliklarni o'lchov birligi deb qabul qilingan qiymati bilan solishtirish jarayoniga aytiladi.

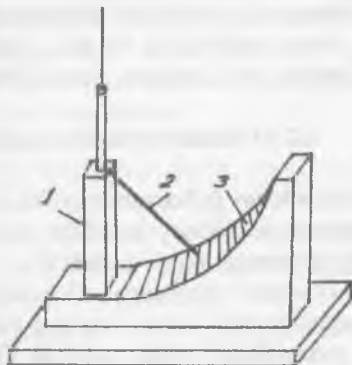
O'lchashlarning usullarini rivojlanishiga va o'lchov vositalarini ishlab chiqarilishiga dunyo olimlari qadim zamonlardan boshlab jamiyat rivojlanishi mobaynida katta e'tibor berib kelganlar.

Bu sohada ulug' mutafakkir olimlarimiz tomonidan o'lchov vositalarini yaratishga va o'lchash usullarini rivojlantirilishiga qo'shgan hissalaridan ba'zi bir misollarni keltirib o'tamiz.

Axmad al - Farg'oniy (790 - 865) sferik trigonometriya asoschilaridan biri. Nil daryosining oqimini o'lchash uchun asbob yasagan. **Muso al - Xorazmiy** (780 - 850) mustaqil «Al - jabr» (Algebra) fani va «algoritmi» tushunchasiga asos solgan. Er meridianini uzunligini o'lchashda ishtirok etgan. **Abu Rayxon Beruniy** (973 - 1048) dunyoda birinchi globus (diametri 5 m li yarim shar) yasagan. **Muhammad Tarag'ay Ulug'bek** (1394 - 1449) o'z davrida eng yirik rasadxona qurdirgan va unda o'ta aniqlikdagi astronomik kuzatishlar olib borgan.

Fan va texnikaning rivojlanib borishi bilan o'lchashlar turlari orasida sekin-astalik bilan elektr o'lchovlari ma'qul ko'rila boshladi. Chunki elektr o'lchovlari usullari va vositalari yordamida elektr va noelektr kattaliklarni yuqori aniqlikda o'lchashga imkoniyat tug'iladi.

Dunyodagi birinchi elektr o'lchov asbobi – «elektr kuchini ko'rsatkich» 1749 yilda akademik **G. V. Rixman** tomonidan yaratilgan. Bu elektrometr to'rtlab atmosferadagi elektrlanishni o'rganish uchun mo'ljallangan sodda asbob (1.1 - rasm). Bunda 1 - vertikal joylashtirilgan temir lineyka, 2 - lineykaga birlashtirilgan zig'irpoya tolasi ipi (lanyanaya nit), 3 - yog'ochdan yasalgan kvadrant (doiraning to'rtidan bir bo'lagi), unga maromli bo'linmalar tushirilgan.



1.1 - rasm. Elektr kuchini ko'rsatkichi.

Lineyka elektrlanagan jism bilan ulanganda tik ustun va ipning bir xil elektrlanishi sababli ip ustundan itariladi va ipning kvadrant shkalasi bo'lumlariidagi o'ri bo'yicha elektr zaryadining nisbiy o'lchami haqida fikr quriladi.

L. Galvani va **A. Volt** tomonidan elektr toki nazariyasining masalalari o'zidan ishlari tok kuchini aniqlaydigan asbobni yaratilishiga olib keldi. Tok kuchini nisbatan topish uchun **G. S. Om** magnit strelkasiga tokli o'tkazgichning o'zidan foydalandi. Shu usul bilan o'z nomiga qo'yilgan qonunni yaratdi.

1831 y. **M. Faradey** elektromagnit induktsiyasi hodisasini kashf etdi. 1837 y. Shveytsariyalik fizik **O. Dela Riv** issiqlik elektr o'lchov asbobini ixtiro qildi.

Insoniyat jamiyatining rivojlanishida o'lchashlar va o'lchov vositalari o'zlar va mutaxassislar tomonidan takomillashtirib borilmoqda.

Aniq fanlar rivojlanishi va texnikaviy progress yangi o'lchash usullarini va o'lchov vositalarini yaratish bilan kuzatiladi, ya'ni o'lchovlarni rivojlanishida **uzborot o'lchov texnikasi** holati asosiy o'rin tutadi.

Insonning barcha texnologik va bilishlik faoliyati turli fizik kattaliklar (massa, vaqt, temperatura, elektr toki kuchi, EYUK va boshqalar) ni o'lchash bilan bog'liqdir.

Agarda fizik kattalikni o'lchov obyekti sifatida qaralsa, u holda tasniflanish nihoyatda kengayadi. Masalan, **uzluksiz va diskret** o'lchanadigan kattaliklari farqlanadi.

Fizik (o'lchanadigan) kattaliklar turiga qarab elektr, magnit yoki noelektrlarga bo'linadi.

Elektr va magnit kattaliklar ikki guruhga bo'linadi: energetik va parametrik.

Energetik kattaliklar: EYUK, kuchlanish, tok, quvvat, energiya, magnit oqim, magnit maydon kuchlanganligi kabilardir. **Parametrik kattaliklar** – qarshilik, sig'im, induktivlik, o'zaro induktivlik va sh.k. lardir. Shunday, yana, vaqtli xususiyatga ega bo'lganlar: davr, chastota, fazalar farqi va sh.k. lardir.

1.2. O'lchash turlari va usullari

Standart bo'yicha **o'lchov (o'lchash)** quyidagicha ta'riflanadi:

O'lchash – maxsus texnikaviy vositalar yordamida tajriba yo'li bilan fizikaviy kattalikning qiymatini topish demakdir.

Ko'p hollarda o'lchash jarayonida o'lchanayotgan kattalikni shunday fizik kattalik bilan taqqoslanadiki, unga 1 ga teng bo'lgan qiymat beriladi va u fizik kattalik birligi yoki o'lchov birligi deyiladi. **O'lchash natijasi** deganda, kattalikning uni o'lchash usuli bilan taqqoslash usuli yordamida topilgan qiymati tushuniladi. O'lchash natijasini tenglama ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$U = \frac{Q}{q} \quad \text{ёки} \quad Q = Uq,$$

bunda Q - o'lchanayotgan fizik kattalik; U - o'lchash natijasi yoki o'lchanayotgan kattalikning son qiymati; q - fizik kattalik birligi.

Bu tenglama o'lchashning **asosiy** tenglamasi deyiladi. Uning o'ng tomoni o'lchash natijasi deb yuritiladi. O'lchash natijasi doimo o'lchamli kattalik bo'lib, o'z nomiga ega bo'lgan q birlikdan, hamda ayni birlikdan o'lchanayotgan kattalikda nechta borligini anglatadigan U sonidan tashkil topgan.

O'lchovning natijalarini olish usuli bo'yicha o'lchashlar quyidagi turlarga bo'linadi:

Bevosita o'lchash, bu o'lchanayotgan kattalikning qiymatini tajriba ma'lumotlaridan bevosita topish demakdir.

$$U = X, \quad (1.1)$$

bunda U – o'lchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati; X - tajriba ma'lumotlaridan bevosita aniqlanadigan qiymat.

Bevosita o'lchash, bu bevosita o'lchangan kattaliklar bilan o'lchanayotgan kattalik orasida bo'lgan ma'lum bog'lanish asosida o'lchanayotgan kattalikning qiymatini topish demakdir:

$$U = F(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (1.2)$$

Masalan, o'zgarmas tok zanjirlarida quvvatni ampermetr va voltmeter yordamida o'lchash, bu yerda $U = X_1$ va $I = X_2$ u holda $R = UI$.

Majmuy o'lchash deganda, bir necha nomdosh kattaliklarning birlasmasini bir vaqtda bevosita o'lchashdan chiqqan tenglamalar tizimini echib, izlanayotgan qiymatlarni topish tushuniladi.

$$F_1(U_1, U_2, U_3, \dots, X_1, X_2, X_3, \dots) = 0. \quad (1.3)$$

Birgalikda o'lchash deganda, turli nomli ikki va undan ortiq kattaliklar orasidagi munosabatni topish uchun bir vaqtda o'tkaziladigan o'lchashlar tushuniladi. Masalan, o'tkazgichlarning temperaturaga bog'liqligini aniqlaydigan formula yordamida α va β koeffitsientlarini topish.

O'lchov natijalarini ifodalash usuli bo'yicha o'lchashlarni ikki turga bo'lish mumkin:

Mutlaq o'lchash – bitta yoki bir nechta asosiy kattaliklarni bevosita o'lchashlarga asoslanadi. Masalan, uzunlikni ruletka yordamida o'lchash.

Nisbiy o'lchash – kattalikni birlik rolini o'ynaydigan nomdosh kattalikka nisbatan o'lchanadi yoki kattalikning izlanayotgan deb qabul qilingan nomdosh kattalikka nisbatan o'zgarishi o'lchanadi. Masalan, ostsillografda Lissaju figuralarini yordami bilan chastotani o'lchash.

O'lchash usuli, bu o'lchash qonun – qoidalari va o'lchash vositalaridan foydalanib, fizikaviy kattalikni uning birligi bilan solishtirish yo'llari.

Elektr o'lchovlari usullari **bevosita baholash** va **taqqoslash** usullariga bo'linadi.

Bevosita baholash usuli, bu bevosita asbobning sanash qurilmasi yordamida to'g'ridan – to'g'ri o'lchanayotgan kattalikning qiymatini topishdir.

Taqqoslash usuli, bu o'lchanayotgan kattalikni o'lchov orqali yaratilgan kattalik bilan taqqoslash usulidir. Taqqoslash usuli **nolga keltirish**, **differentsial** (ayirmali o'lchash), **o'rindoshlik**, **mos kelishlarga** bo'linadi.

Differentsial (ayirmali o'lchash) usuli, bu o'lchanayotgan kattalikning va o'lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasini o'lchash asbobiga ta'sir qilish usulidir. Bu yerda to'liqmas tenglashtirish o'tkaziladi, o'lchanayotgan kattalik to'liq tenglashtirilmaydi. Masalan, voltmeter yordamida ikkita kuchlanishning farqini topish.



Nolga keltirish usuli, bu kattaliklarning taqqoslash asbobiga bo'lgan ta'siri natijasini nolga keltirishdir. Bu usulda o'lchanayotgan kattalikni o'lchovi bilan solishtirish usuli bo'lib kattaliklarning indikatoriga natijaviy ta'siri nolgacha olib boriladi. Nol indikator yuqori sezgirlikka ega ekanligi va o'lchovlar katta aniqlikda ishlanishi sababli o'lchashlarda yuqori aniqlikka erishiladi. Masalan, elektr qarshilikni ko'prikn to'la muvozanatlashtirish (tenglashtirish) bilan o'lchash.

O'rindoshlik usuli, bu o'lchanayotgan kattalikning o'lchov orqali yaratilgan ma'lum qiymatli kattalik bilan o'rin almashish usulidir. Masalan, izlanayotgan va namunaviy qarshiliklardagi toklar orqali qarshilik qiymatini aniqlash.

Mos kelishlik usuli, bu o'lchanayotgan kattalikning o'lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasini shkaladagi belgilar yoki signallarni mos keltirish orqali o'tkaziladigan o'lchashdir. Masalan, stroboskop yordamida aylanish tezligini o'lchash.

O'lchovlar o'lchanayotgan kattalikning vaqt bo'yicha o'zgarishi bilan **statik** va **dinamik** o'lchashlarga bo'linadi.

1.3. O'lchash xatoliklari

O'lchash xatoligi deganda o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan o'lchash natijasining farqlanishi tushuniladi.

O'lchash xatoliklari sonli ifodalanishi shakli bo'yicha **mutlaq** va **nisbiy** xatoliklarga bo'linadi.

O'lchashning mutlaq xatoligi ΔX , bu o'lchanayotgan kattalikning birligi orqali ifodalangan o'lchash xatoligi. Bu xatolik asosan quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\Delta X = X_o - X_{ch}, \quad (1.4)$$

bu yerda X_o - o'lchanayotgan kattalik qiymati; X_{ch} - chinakam qiymat.

Lekin kattalikning chinakam qiymati noaniq bo'lishi tufayli, o'lchash xatoligini taxminan baholash mumkin. Amaliyotda **chinakam** qiymat o'rniga **haqiqiy** qiymat qo'llaniladi.

O'lchashning nisbiy xatoligi δ , bu mutlaq o'lchash xatoligining o'lchanayotgan kattalikning chinakam (haqiqiy) qiymatiga bo'lgan nisbati. Nisbiy xatolik odatda foizlarda ifodalanadi

$$\delta = \frac{\Delta}{X_o} \cdot 100 \%. \quad (1.5)$$

O'lchash xatoligi doimo tasodifiy xatolik bo'lib, determinantlashgan va tasodifiy kattaliklar summasi sifatida tasvirlash mumkin. Determinantlashgan kattalik etuvchisi **o'lchashning muntazam xatoligi** deyilib, quyidagicha ta'riflanadi: biror kattalikning qayta - qayta o'lchash natijasida doimiy qoladigan, yoki qonuniy ravishda o'zgaradigan o'lchash xatoligining tashkil etuvchisi. Masalan, elektr o'lchagich patentsiometridagi ishchi tokining asta-sekin kamayishi sababli bo'lgan xatolik. Ikkinchi tashkil etuvchi - **o'lchashning tasodifiy xatoligi** - biror kattalikni qayta-qayta o'lchash natijasida tasodifiy ravishda o'zgaradigan o'lchash xatoligining tashkil etuvchisi. Masalan, o'lchash asbobi ko'rsatuvining variatsiyasi tufayli bo'lgan xatolik.

Muntazam xatoliklarni aniqlash va tegishli tuzatmalar kiritish orqali o'lchash tajribalari asosida o'lchash natijalaridan chiqarib tashlash mumkin. Tasodifiy xatoliklarni tajriba yo'li bilan chiqarib tashlab bo'lmaydi. Lekin ularni o'lchash natijasini keltirishda inobatga olish mumkin. Qandaydir chekli sondagi kuzatishlar uchun tasodifiy xatoliklarning chegaralarini bu kuzatishlar natijalariga maxsus matematik ishlov berish yo'li bilan aniqlash mumkin, oxirgi natija esa qandaydir ehtimollik bilan aniqlangan bo'lishi mumkin.

Xatolikning hosil bo'lish sababiga qarab o'lchashning muntazam xatoligi **asbobiy, usuliy va subyektivliklarga** bo'linadi.

O'lchashning asbobiy xatoligi - qo'llanilayotgan o'lchov vositalarining xatoliklariga oid bo'lgan o'lchash xatoligining tashkil etuvchisi.

Usulning xatoligi - nomukammal usulning qo'llanilishi natijasida hosil bo'lgan xatolik.

O'lchashning subyektiv xatoligi kuzatuvchining o'ziga xos xususiyatlari, uning ishdagi malakasi, qator fiziologik faktorlar va boshqalar bilan bog'liq bo'ladi.

Xuddi shunday o'lchashlarda **qo'pol xatolik** va **yanglishish hollari** bo'ladi. **O'lchashning qo'pol xatoligi** - ma'lum bir sharoitda ko'zda tutilgan xatolikdan sezilarli darajada ortiq bo'lgan o'lchash xatoligi. O'lchashning **yanglishish xatoligi** o'lchash natijasini keskin buzilishi holatini keltirib chiqaradi.

Nazorat savollari

1. O'lchashlarga bo'lgan ehtiyoj va axborot tizimidagi o'rni.
2. O'lchashlarni rivojlantirilishiga katta xissa qo'shgan ulug' muta-fakkir olimlar to'g'risida.
 1. O'lchash usullari va turlarini sharhlab berilsin.
 1. Bevosita baholash va taqqoslash usulining bir-biridan farqi ni-mada?
 1. taqqoslash usulining turlarini sharhlab berilsin.

6. O'lchash xatoligi deganda nima tushuniladi?
7. Sonli ifodalanishi bo'yicha o'lchash xatoliklari qandaylarga bo'li-nadi?
8. Muntazam va tasodifiy xatoliklar sharxlab berilsin.
9. O'lchash xatoligi xosil bo'lishiga qarab qandaylarga bo'linadi?
10. Qo'pol xatolik va yanglishish xatoligi sharxlab berilsin.

1.4. O'lchov vositalari tasnifi

O'lchov vositasi deganda, o'lchovlar uchun foydalaniladigan va me'yorlangan metrologik xususiyatga ega bo'lgan texnika vosita tushuniladi.

O'lchov vositalari metrologik vazifalari bo'yicha **etalonlar**, **namunaviy** va **ishchi** vositalariga tabaqalanadi.

O'lchov vositalari mo'ljallanganligiga va bajaradigan vazifalariga qarab quyidagi vositalarga bo'linadi: **o'lchov**; **o'lchov asbobi**; **o'lchov o'zgartkichi**; **o'lchov uskunasi**; **axborot-o'lchov tizimi**; **o'lchov kompleksi**.

O'lchov deb, berilgan o'lchamdagi fizik kattalikni qayta hosil qilish uchun mo'ljallangan o'lchov vositasiga aytiladi. O'lchovlar **bir qiymatli** va **ko'p qiymatli** o'lchovlarga, hamda **o'lchovlar to'plamiga** bo'linadi.

Bir qiymatli o'lchovlar bir o'lchamdagi fizik kattalikni qayta hosil qilish uchun mo'ljallanadi. Masalan, qarshilikning o'lchov g'altagi. **Ko'p qiymatli** o'lchovlar turli o'lchamdagi nomdosh kattaliklarni qayta hosil qilish uchun qo'llaniladi. Masalan, o'zgaruvchan sig'imli kondensator. O'lchovlar **to'plami** deganda turli o'lchamlarda qator nomdosh kattaliklarni qayta hosil qilish maqsadida yakka holdagina emas, balki xilma-xil birikmalarda qo'llaniladigan maxsus yig'ilgan o'lchovlar komplekti tushuniladi. Masalan, induktivlik magazini, qarshiliklar magazini va sh.k.

O'lchov asbobi deganda, kuzatuvchi tomonidan bevosita idrok etiladigan shaklda o'lchov axboroti signalini ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan o'lchov vositasi tushuniladi. Masalan, ampermetr, voltmetr, vattmetr va sh.k.

O'lchov o'zgartkichlari deganda, uzatishga, keyingi o'zgartishga, ishlov berishga va (yoki) saqlashga, (lekin kuzatuvchi tomonidan bevosita idrok eta olmaydigan) qulay shaklda o'lchov axboroti signalini ishlab chiqarishga mo'ljallangan o'lchov vositasi tushuniladi. O'lchov o'zgartkichlari ikki turga bo'linadi, bularga elektr kattaliklarni elektr kattaliklarga va noelektr kattaliklarni elektr kattaliklarga o'zgartiradigan o'lchov vositalari kiradi. Elektr kattaliklarni elektr kattaliklarga o'zgartiradiganlarga elektr o'lchashlar sohasida keng tarqalgan masshtabli o'zgartkichlar kiradi. Masalan, o'lchov transformatorlari, kuchlanish bo'luvchilar, shuntlar, qo'shimcha rezistorlar. o'lchov kuchaytirgichlari va sh.k. Bunday o'zgartkichlar o'lchov asboblarining o'lchash chegaralarini kengaytirish, ko'p chegarali o'lchov vositalarini yaratish va o'lchash ishlarining xavfsizligini ta'minlashga imkoniyat yaratadi. Noelektr

kattaliklarni elektr kattaliklarga o'zgartiruvchilarga, masalan, optoelektron, induktiv, sig'imli, reostatli kabi o'zgartkichlar kiradi.

O'lchov uskunasi deb, bir joyda joylashtirilgan va kuzatuvchi bevosita idrok etishiga qulay shaklda o'lchov axboroti signalini ishlab chiqarishga mo'ljallangan o'zaro funktsional birlashtirilgan o'lchov vositalarining (o'lchovlar, o'lchov o'zgartkichlari, o'lchov asboblari) majmuiga aytiladi. Masalan, o'lchov transformatorlarini qiyoslash qurilmasi, magnit materiallarni o'lchash qurilmasi va sh.k.

Axborot - o'lchov tizimi (AO'T) deb avtomatik ishlov berishga, qayd qilishga va avtomatik boshqaruv tizimlarida qo'llashga qulay shaklda o'lchov ma'lumoti signalini ishlab chiqarishga mo'ljallangan, o'zaro aloqa kanallari bilan ulangan o'lchov vositalari (o'lchovlar, o'lchov o'zgartkichlari, o'lchov asboblari) va yordamchi qurilmalar majmuiga aytiladi.

O'lchov vositalarining keyingi rivojlanishi o'lchov komplekslarida amalga oshirilmoqda.

O'lchov vositalari qator alomatlari bo'yicha tasniflanishi mumkin. Misol sifatida, o'lchov asboblarning tasniflanishini quyidagi alomatlari bo'yicha ko'rib chiqamiz.

1. Chiqish kattaligining turi bo'yicha:

- 1. uzluksiz signalli (analogli), bularda chiquvchi kattalik (o'lchov mexanizmini kuzatibburuvchi qismining chiziqli yoki burchak siljishi) o'lchanayotgan kattalikning o'zgarishini vaqt bo'yicha uzluksiz funktsiyasi bo'ladi;
- 2. raqamli, bularda chiquvchi kattalik raqamli kod bo'lib o'lchanayotgan kattalikning diskret funktsiyasidir.

2. Elementlar bazasi bo'yicha:

- 1. elektromexanik;
- 2. elektron.

3. Ma'lumotlarni taqdim etish shakli bo'yicha:

- 1. ko'rsatuvchi,
- 2. qayd qiluvchi, bularda ko'rsatishlarni qayd qilish ko'zda tutilgan bo'ladi (sh.k. o'lchovchi va boshqaruvchilar).

4. O'lchanadigan kattalik qiymatini o'lchash usuliga qarab:

- 1. bevosita,
- 2. taqqiylash.

5. O'lchanadigan kattalikni turiga qarab:

- 1. ampermetrlar, volmetrlar, ommetrlar va sh.k.lar tasniflanadi.

1.5. O'lchov vositalari strukturasi

O'lchov vositalari yordamida o'lchanayotgan fizik kattaliklar o'lchov

usulidan foydalaniladigan biror chiqish kattaligiga o'zgartiriladi.

O'lchanayotgan kattalik qiymati haqida axborot tashuvchi signal o'lchov vositasida kerakli chiqish signalini olish maqsadida qator o'zgarishlarga duchor bo'ladi. Signalning har bir o'zgarishi alohida bo'g'inlarda, ya'ni zvenolarda amalga oshiriladi deb tasavvur etish mumkin. Bu bo'g'in - zvenolarni ma'lum o'zgartirish zanjiriga ulanishi struktura sxemani hosil qiladi.

O'lchov vositasini zvenolarga bo'lish turli alomatlar asosida bajarilishi mumkin. Masalan, statik rejimda o'lchov vositasini zvenolari tadqiqodchini qiziqtirgan o'zgartirish funksiyasini taqdim etadi. Dinamik rejimda zvenolar dinamik xarakteristikalari bo'yicha ajratiladi.

Alohida zvenolarning ulanishiga qarab struktura sxemalarini ikkita asosiy turga bo'lishadi: to'g'ri o'zgartuvchi va kompensatsiyali o'zgartuvchi (signalni muvozanatlashtiradigan) struktura sxemalari. Ikkinchi turdagi struktura sxemalarini qayta bog'lanishli sxemalar ham deyiladi.

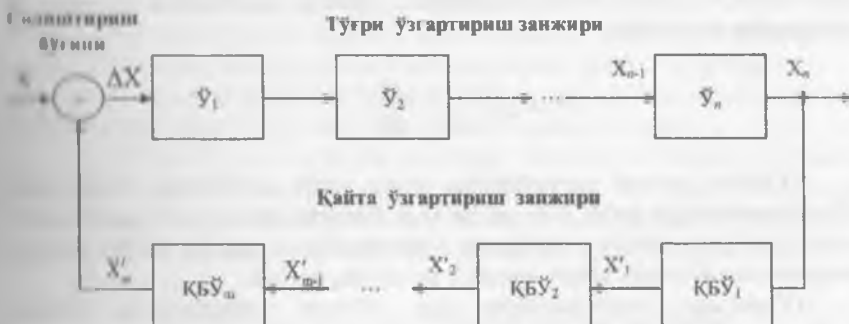
To'g'ri o'zgartuvchi o'lchov vositasining struktura sxemasi 2.1 - rasmda keltirilgan. Bunda: $O_1, O_2, \dots, O_n$ lar - zvenolar; X - o'lchanayotgan kattalik to'g'risida axborot tashuvchi kirish signali; $X_1, X_2, \dots, X_{n-1}$ - oraliq signallari; X_n - chiqish signali.



2.1 - rasm. To'g'ri o'zgartuvchi o'lchov vositasining struktura sxemasi.

To'g'ri o'zgartuvchi sxemalar asosida sodda, ishonchli, ytarli tezkorlikka ega hamda uncha qimmat bo'lmagan o'lchov vositalari ishlab chiqariladi. Masalan, analog asboblari (voltmetrlar, ampermetrlar, vatmetrlar va sh .k.) va o'lchov o'zgartirishlarini keltirish mumkin.

Kompensatsiyali o'zgartuvchi o'lchov vositasining struktura sxemasi 2.2 - rasmda keltirilgan. Bunda $QBO'_1, QBO'_2, \dots, QBO'_m$ lar qayta o'zgartirish zanjiri zvenolari; X - o'lchanayotgan kattalik signali; X_n - chiquvchi signal; X'_n - qayta o'zgartirish zanjiri chiqish signali.



1.2 - rasml. Kompensatsiyali o'zgartuvchi o'lchov vositasining struktura sxemasi.

Kompensatsiyali o'zgartuvchi o'lchov vositasining struktura sxemasi tahlilidan ko'rinishicha kirishga X signali berilganda, chiqishda X_n signali paydo bo'ladi. Solishtirish bo'g'ida X va X'_n signallari teng bo'lmaguncha X_n o'rib boradi. Bu holda X_n qiymati bo'yicha o'lchanayotgan kattalik qiymati haqida fikr qilinadi, ya'ni o'rnatilgan rejimda to'liq kompensatsiya bo'lganda $\Delta X = X - X'_n = 0$ bo'ladi. Bunday sxemalar asosida o'zgarmas tok o'lchov ko'priklari, kompensatorlar va sh.k. lar quriladi. Bunday asboblarda yuqori aniqlikka ega bo'lib, kichik signallarni o'lchash imkonini beradi. Ammo ularning tezkorligi kam, bahosi yuqori, ishonchligi pastroq bo'ladi.

1.6. O'lchov vositalari tavsiflari

O'lchov vositalarining xususiyatlarini ularning metrologik tavsifi belgilaydi. O'lchov vositasining texnikaviy daraja va sifatini baholash uchun hamda o'lchash xatoligining asbobiylash tashkil etuvchini hisobiy baholash uchun mo'ljallangan va o'lchash natijalari bilan xatoliklarga ta'sir etadigan o'lchov vositasining xossalari tavsifiga o'lchov vositasining **metrologik tavsifi** deyiladi.

O'lchov vositalarining amalda eng ko'p qo'llaniladigan tavsiflari bilan tanishib chiqamiz.

1. O'lchov vositasining o'zgartirish funksiyasi yoki o'zgartirish statik tavsifi - o'lchov vositalarining axborot tariqasidagi parametrlarining kirish va chiqish signallari orasidagi funktsional bog'lanish o'zgartirish funksiyasi yoki o'zgartirish tavsifi deyiladi.

2. O'lchov vositasining sezuvchanligi - o'lchov vositasining chiqish signali orttirishi ΔY ni shu orttirmani hosil qilgan kirish signali o'zgarishi ΔX ga nisbat bilan aniqlanadigan kattalikka o'lchov vositasining sezuvchanligi

deyiladi va u S harfi bilan belgilanadi. Umumiy ko'rinishda sezuvchanlik quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{dY}{dX} \quad (2.1)$$

O'lchov vositasi sezuvchanligi uning statik tavsifining chiziqli yoki chiziqli emasligiga qarab ikki xil bo'ladi. Birinchi holda, ya'ni statik tavsifi chiziqli bo'lgan o'lchov vositasining sezuvchanligi o'zgarmas bo'lib, ikkinchi holda esa sezuvchanlik kirish signali X ga bog'liq bo'ladi.

O'zgarmas sezuvchanlikka ega o'lchov asboblarning shkalasi bo'linmalari teng oraliqli bo'lib bir maromli shkala deyiladi. Agar sezuvchanlik o'zgaruvchan bo'lsa shkala bo'linmalari o'zaro teng bo'lmagan bo'lib bir maromsiz shkala deyiladi.

3. O'lchov vositasining doimiyligi - sezuvchanlikka teskari bo'lgan miqdor shkala darajasining bir bo'lagi qiymati yoki o'lchov asbobining doimiyligi deyiladi.

$$S = 1/S. \quad (2.2)$$

4. O'lchov vositasining boshlang'ich sezuvchanligi (sezuvchanlik ostonasi) – berilgan o'lchov vositasi yordamida aniqlash (topish) mumkin bo'lgan kirish signali kattaligining eng kichkina o'zgarishiga o'lchov vositasining boshlang'ich sezuvchanligi deyiladi va S_b harfi bilan belgilanib, kirish kattaligi birligi bilan ifodalanadi.

5. O'lchov vositasining ko'rsatuvlari va o'lchash ko'lami - shkalaning oxirgi va boshlang'ich qiymatlari bilan cheklangan qiymatlar doirasiga ko'rsatuv ko'lami va o'lchov vositasidagi me'yorlangan joiz xatoliklari uchun o'lchanayotgan kattalikning qiymatlar doirasi o'lchash ko'lami deyiladi.

6. O'lchash chegarasi – o'lchash ko'lamidagi eng katta yoki eng kichik qiymat.

7. O'lchov vositasini shkala bo'linmasi qiymati - shkalaning yonma-yon belgisiga muvofiq bo'lgan kattalikning ikkita qiymati ayirmasi.

8. O'lchov vositalarining kirish va chiqish to'la qarshiliklari – o'lchov vositalarining asosiy metrologik tavsiflaridan biri ularning kirish (Z_k) va chiqish (Z_{ch}) to'la qarshiliklari hisoblanadi. Vositalarga yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan yuklamasi ularning chiqish qarshiliklariga bog'liq. SHuning uchun ham o'lchov vositalarining chiqish qarshiliklari qanchalik kam bo'lsa, ularga yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan yuklamasi ham shunchalik ko'p demakdir.

9. O'lchov vositalarining o'tkinchi jarayon va tinchlanish vaqtlari – o'lchov vositasi o'lchanayotgan kattalik qiymati ma'lum miqdorga o'zgarganda

asbobning ko'rsatkichi tegishli kattalik qiymatini ko'rsatish uchun shkala darajasining tegishli joyiga borib to'xtashi orasida o'tgan vaqt o'tish jarayoni deyiladi. Masalan, elektromexanik asboblarda uchun 4 sekund belgilangan.

10. O'lchov vositasining barqarorligi – metrologik xossalarning vaqtga nisbatan o'zgarmasligini ifodalovchi o'lchov vositasining sifati.

11. O'lchov vositasining ishonchliligi – ishonchlilik deganda vositaning belgilangan vaqt davomida ma'lum ish sharoitida o'rnatilgan metrologik tavsifini saqlash qobiliyati tushuniladi. Ishonchlilikning asosiy ko'rsatkichi rad (otkuz) bo'ladi. Bu yerda vositaning ishlash imkoniyati cheklanganini bildiradi.

1.7. O'lchov vositalari xatoliklari va me'yorlanishi

O'lchov vositalari xatoliklari asosiy tavsiflardan hisoblanadi. O'lchov vositalari xatoliklari o'lchanayotgan kattalikning vaqt bo'yicha o'zgarishiga qarab statik va dinamiklarga bo'linadi. Hosil bo'lish sharoitiga qarab xatoliklar asosiy va qo'shimchalarga bo'linadi. Asosiy xatoliklar o'lchov vositalari normal sharoitda qo'llanilganda va qo'shimcha xatoliklar esa, ta'sir etuvchi kattaliklardan birortasi normal qiymatidan chetga chiqqanda hosil bo'ladi.

Elektr o'lchov asboblarning xatoliklari ifodalanishi bo'yicha absolyut, nisbiy va keltirilgan xatoliklarga bo'linadi.

Absolyut xatolik deb asbobning ko'rsatishi X_a bilan o'lchanayotgan kattalikning chinakam qiymati X_q orasidagi farqqa aytiladi.

$$\Delta = X_a - X_q.$$

(2.3)

Nisbiy xatolik deb absolyut Δ xatolikni o'lchanayotgan kattalikning chinakam X_q qiymatiga nisbatiga aytiladi va odatda foizlarda ifodalanadi:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_q} 100, \%$$

(2.4)

Keltirilgan xatolik deb absolyut Δ xatolikni me'yorlovchi X_N qiymatga nisbatiga aytiladi va foizlarda ifodalanadi:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} 100, \%$$

(2.5)

O'lchov asboblarning xatoliklari o'lchanayotgan kattalikning qiymatini o'zgarishiga bog'liq bo'lmasa additiv, mutanosib ravishda o'zgarsa ko'proq deyiladi.

Standartga binoan asboblarga tegishli aniqlik sinfi belgilanadi. Aniqlik sinfi deganda yo'l qo'yiladigan asosiy va qo'shimcha xatoliklar bilan belgilanadigan asbobning umumlashgan tavsifi tushuniladi. Agarda asbobning **additiv xatoligi multiplikativ tashkil** etuvchidan ko'p bo'lsa aniqlik sinfi **bir son** bilan, agarda ikkala xatolik o'lchovdosh bo'lsa **kasr** bilan ifodalanadi. Birinchi holda belgilangan aniqlik sinfi qiymatidan asbobning foizlarda olingan asosiy keltirilgan xatoligi ortib ketmasligi kerak. Ko'rsatuvchi va qayd etuvchi asboblarga asosiy keltirilgan xatolik bo'yicha sakkizta aniqlik sinfi belgilangan: **0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5 va 4,0**. Ikkinchi holda aniqlik sinfi s/d kasr bilan ifodalanib, asbobning foizlarda ifodalangan asosiy nisbiy xatoligini chegaraviy qiymati quyidagi formuladan topiladi:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_{\kappa}}{X} \right| - 1 \right) \right],$$

(2.6)

bunda X_{κ} - o'lchash diapazonini katta qiymati; X - o'lchanayotgan kattalik qiymati; c, d - doimiy sonlar bo'lib, $(c/d) > 1$ bo'ladi.

Aniqlik sinfi kasr bilan ifodalanadigan asboblarga ko'priklar, kompensatorlar, raqamli asboblarni kiritish mumkin.

O'lchov asboblarining tsiferblatiga va korpusi paneliga, asboblarning metrologik tavsiflari va boshqa xususiyatlarini aks ettiruvchi shartli belgilar qo'yiladi. Bular yordamida kerakli asbobni tanlab olish va ishlatish mumkin bo'ladi.

Nazorat savollari

1. O'lchov vositasi deganda qanday vosita tushuniladi?
2. O'lchov vositalari metrologik vazifalari bo'yicha qandaylarga bo'linadi?
3. Mo'ljallanishiga va vazifasiga qarab o'lchov vositalari qandaylarga bo'linadi?
4. O'lchov asboblarini tasniflanishi sharxlab berilsin.
5. O'lchov vositalarining struktura sxemasini tuzilishini tushuntirib berilsin.
6. To'g'ri o'zgartuvchi va kompensatsiyali o'zgartuvchi o'lchov vositalari struktura sxemalarida farq nimada?
7. O'lchov vositalarining tavsiflari aytib berilsin.
8. O'lchov vositalarining xatoliklari sharxlab berilsin.
9. Additiv va multiplikativ xatoliklar to'g'risida.
10. O'lchov asboblarining aniqlik sinfi to'g'risida.

1.8. O'lchov o'zgartkichlari

O'lchov o'zgartkichlari deganda, uzatishga, keyingi o'zgartishga, ishlov berishga va (yoki) saqlashga, (lekin kuzatuvchi tomonidan bevosita idrok etil olmaydigan) qulay shaklda o'lchov axboroti signalini ishlab chiqarishga mo'ljallangan o'lchov vositasi tushuniladi. O'lchov o'zgartkichlari **ikki** turga bo'linadi, bularga **elektr kattaliklarni elektr kattaliklarga** va **noelektr kattaliklarni elektr kattaliklarga** o'zgartiradigan o'lchov vositalari kiradi.

Elektr kattaliklarni elektr kattaliklarga o'zgartiradiganlarga elektr o'lchovlar sohasida keng tarqalgan **masshtabli** o'zgartkichlar kiradi. Masalan, o'lchov transformatorlari, kuchlanish bo'luvchilar, shuntlar, qo'shimcha rezistorlar, o'lchov kuchaytirgichlari va sh.k. Bunday o'zgartkichlar o'lchov natijalarining o'lchash chegaralarini kengaytirish, ko'p chegarali o'lchov vositalarini yaratish va o'lchash ishlarining xavfsizligini ta'minlashga imkoniyat yaratadi.

Noelektr kattaliklarni elektr kattaliklarga o'zgartiruvchilarga, masalan, optoelektron, induktivli, sig'imli, reostatli kabi o'zgartkichlar kiradi.

O'lchov o'zgartkichlari o'lchov zanjiridagi o'rni, o'zgartirish turi va o'zgartirish shakli bo'yicha tasniflanishi mumkin:

1. O'lchov zanjiridagi o'rni bo'yicha – birlamchi, oraliq va uzatuvchi o'lchash o'zgartkichlari.

Birlamchi o'lchov o'zgartkichi – o'lchash zanjirida birinchi bo'lgan, ya'ni o'lchanayotgan kattalik signalini qabul qiladigan o'lchash o'zgartkichi.

Oraliq o'lchov o'zgartkichi – o'lchash zanjirida birlamchi o'zgartkichdan keyin joylashgan o'lchash o'zgartkichi.

Uzatuvchi o'lchov o'zgartkichi – o'lchash ma'lumoti signalini masofaga uzatish uchun mo'ljallangan o'lchash o'zgartkichi.

2. O'zgartirish turi bo'yicha – masshtabli o'lchov o'zgartkichlari.

Masshtabli o'lchov o'zgartkichi – kattalikni ma'lum marotaba o'zgartirish uchun mo'ljallangan o'lchash o'zgartkichi.

3. O'zgartirish shakli bo'yicha – uzluksiz signalli – raqamli, raqamli uzluksiz signalli o'lchash o'zgartkichlari.

Uzluksiz signalli o'lchov o'zgartkichi – birlamchi uzluksiz o'lchash signalini ikkilamchi uzluksiz o'lchash signaliga o'zgartiradigan o'lchash o'zgartkichi.

Uzluksiz signalli – raqamli o'lchash o'zgartkichi – uzluksiz kattalikni raqamli kodga o'zgartirish uchun mo'ljallangan o'lchash o'zgartkichi.

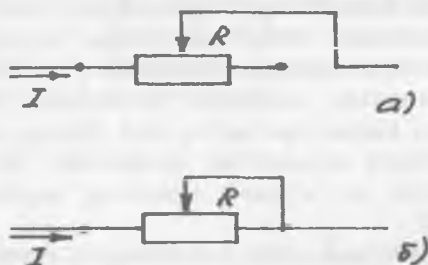
Raqamli – uzluksiz signalli o'lchov o'zgartkichi – raqamli kodni uzluksiz kattalikka o'zgartirish uchun mo'ljallangan o'lchash o'zgartkichi.

Quyida o'lchash o'zgartgichlaridan misol sifatida ba'zilar turlari bilan tashab chiqiladi .

1.9. Rostlash vositalari

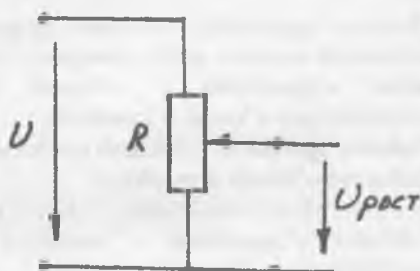
O'lchash zanjirlaridagi tok va kuchlanishni rostlash uchun o'zgaruvchan reostatlar qo'llaniladi.

Zanjirdagi tok qiymatini rostlash uchun o'zgaruvchan rezistorlar zanjirga ketma - ket ulanadi (3.1 - rasm: a - zanjirdan uzilgan holda ulash; v - zanjirdan uzilmagan holda ulash).



3.1 - rasm. O'zgaruvchan rezistorlarni zanjirga ulanishi.

Zanjirdagi kuchlanishni rostlash uchun potentsiometrik sxemasi qo'llaniladi (3.2 - rasm).

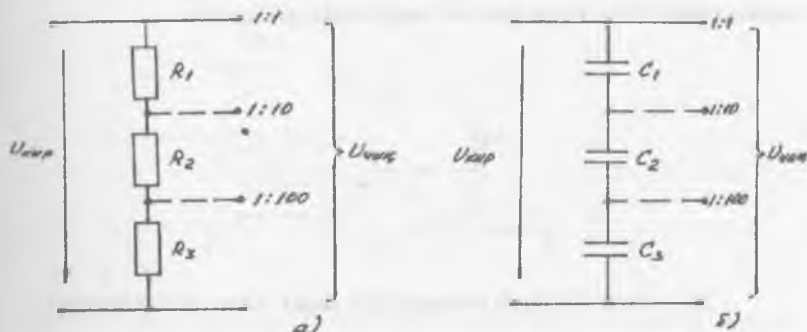


3.2 - rasm. Potentsiometr sxemasi.

Zanjirdagi tok va kuchlanishlari rostlash uchun qarshiliklar ruxsat etiladigan chegaraviy tok va nominal qarshilik bo'yicha tanlanadi. Tokni rostlash uchun rezistorning nominal qarshiligi $R_H \geq U/I_m$, nominal toki $I_H \geq I_{\text{max}}$ shartlarni qanoatlantirishi kerak, bu yerda: U - manba kuchlanishi; I_{min} Ba I_{max} - tokni rostlash doirasi.

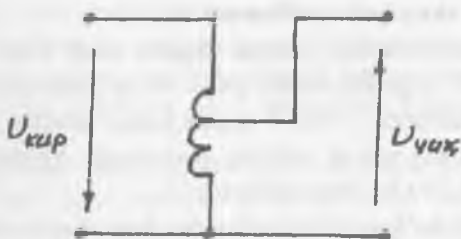
Zanjirdagi kuchlanishni karrali rostlash uchun o'zaro ketma-ket ulangan qarshiliklar kuchlanish manbaiga parallel ulanadi (3.3 - rasm). Rezistor-larning

umumiy qarshiligi $I_p R \geq U$ shartni qanoatlantirishi kerak, bu yerda: I_p - rezistorlar uchun ruxsat etilgan tok qiymati; R - rezistor qarshiligi. Bunday kuchlanish bo'lgichlarida kuchlanish sakrab, ya'ni diskret o'zaradi. Kuchlanish bo'lgichni xarakterlovchi asosiy parametrlardan biri bo'lgich koeffitsienti $K_n = U_{xup} / U_{yax}$ bo'ladi. U 10 ga karrali qilib olinadi.



3.3 - rasm. Kuchlanish bo'lgich sxemalar: a - o'zgarmas tokda, b - o'zgaruvchan tokda.

Zanjirdagi o'zgaruvchan kuchlanishni bir tekis o'zgartirish uchun laboratoriya avtotransformatorlari (LATR) dan foydalaniladi (3.4 - rasm). Kuchlanishni o'zgartirish doirasi $0 \div 250$ V.



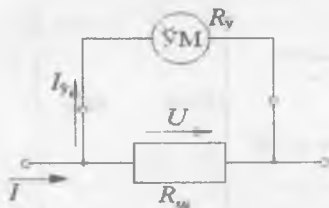
3.4 - rasm. Laboratoriya avtotransformatorining sxemasi.

1.10. Shuntlar va qo'shimcha rezistorlar

Shunt tokni kuchlanishga o'zgartiradigan oddiy elektr o'zgartkich bo'lib foydalaniladi. U to'rt qismali rezistor ko'rinishida bo'ladi. Tok I keltiriladigan uch qismli qismlari toklar, kuchlanish U olinadigan ikkita chiqish qismlari

esa, **Potentsial** qismalar deyiladi (3.5 - rasm). Potentsial qismlariga odatda asbobning o'lchash mexanizmi O'M ulanadi. SHuntning nominal qiymatlari I_{nom} va U_{nom} , $R_{sh} = U_{nom}/I_{nom}$.

SHuntlar o'lchash mexanizmlarning toklar bo'yicha chegarasini kengaytirish uchun ishlatiladi, bunda o'lchanadigan tokning katta qismi shunt orqali o'tkaziladi. Kichik qismi esa – o'lchash mexanizmi orqali o'tkaziladi. SHuntlar kichik qarshilikka ega bo'ladi. Bular magnitoelektrik o'lchash mexanizmlari bilan o'zgarmas tok zanjirlarida qo'llaniladi.



3.5 - rasm. O'lchash mexanizmini shunt bilan ulanish sxemasi

Sxemadan ko'rinishicha

$$I_{sh} = I \frac{R_m}{R_m + R_{sh}}, \quad (3.1)$$

bunda R_{sh} - o'lchash mexanizmini qarshiligi.

Yuqoridagi ifodadan: $R_m = \frac{R_v}{n-1}, \quad (3.2)$

bunda $n = I/I_0$ - **shuntlash koeffitsienti** deyiladi.

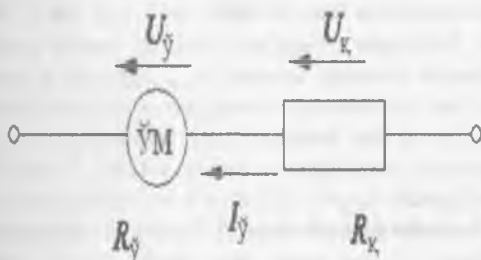
Shuntlar manganidan yasaladi. Agarda shunt katta bo'lmagan toklarga mo'ljallansa, (30 A gacha) asbob qutisi ichiga joylashtiriladi va ichki shunt deyiladi. Katta toklarga - 5000 A gacha tashqi shuntlar ishlatiladi, bu holda shuntga tarqaladigan quvvat asbobni qizdirmaydi. Shuntlarning aniqlik sinfi 0,02; 0,05; 0,1; 0,2 va 0,5 larga bo'linadi.

30 A gacha bo'lgan toklar uchun ko'chma magnitoelektrik asboblarning shuntlari bir nechta o'lchash chegarasiga mo'ljallab ishlab chiqariladi. Bu asboblarda o'zgarmas tok zanjirlarida tok qiymatini o'lchash uchun qo'llaniladi.

Qo'shimcha rezistorlar voltmترلarning va kuchlanish manbaiga ulanadigan parallel zanjirli boshqa asboblarning kuchlanishni o'lchash chegarasini kengaytirish maqsadida o'lchash mexanizmi bilan ketma-ket ulanadi (3.6 - rasm). Bu yerda I_0 toki quyidagi ifoda bilan yoziladi

$$I_{\varphi} = \frac{U}{R_{\varphi} + R_x}, \quad (3.3)$$

bu yerda U - o'lchanayotgan kuchlanish; R_o - o'lchash mexanizmini qarshiligi; R_q - qo'shimcha rezistor qarshiligi.



1.10 - RASMI. O'lchash mexanizmini qo'shimcha qarshilik bilan ulanishi sxemasi.

Voltmetr o'lchash chegarasi U_{nom} , bo'lib bu chegarani m - barobar kengaytirish kerak bo'lsa quyidagi ifodadan foydalanib R_q topiladi.

$$U_{nom}/R_o = mU_{nom}/(R_o + R_q),$$

bu yerdan

$$R_q = R_o (m - 1), \quad (3.4)$$

bu yerda $m = U/U_{nom}$ - barobar kengaytirish koeffitsienti.

Qo'shimcha rezistorlar izolyatsiya xususiyatli materialdan tayyorlangan plastina yoki karkasga o'ralgan izolyatsiyalangan manganin simdan yasaladi. Qo'shimcha rezistorlarni o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llash mumkin.

Ko'chma voltmترلar uchun qo'shimcha rezistorlar bir nechta chegaraga bo'linib sektsiyali qilib yasaladi. Bular ichki va tashqi qo'shimcha rezistorlarga bo'linadi. Qo'shimcha rezistorlar aniqlik sinflari 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 va 1,0 larga bo'linadi. Bular 30 kV kuchlanishgacha qo'llaniladi.

1.11. O'lchov transformatorlari

O'lchov transformatorlari toklar va kuchlanishlar transformatorlariga kiradi va tegishli katta o'zgaruvchan tok va kuchlanishlarni pasaytirish uchun qo'llaniladi. Bunday transformatorlar yordamida katta tok va

kuchlanishlarni katta bo'lmagan standart nominalli ampermetr va voltmترلar (masalan, 5 A va 100 V) bilan o'lchash imkoniyati tug'iladi.

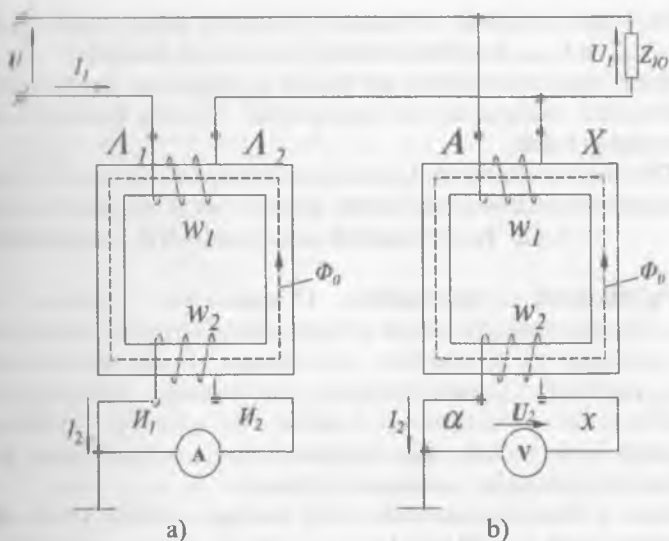
O'lchov transformatorlari magnit o'tkazgichga joylashtirilgan va bir-biridan izolyatsiyalangan ikkita chulg'amdan iborat bo'lib, ularning o'ramlari soni birlamchi chulg'amniki w_1 , ikkilamchi chulg'amniki w_2 deb belgilanadi (3.7 - rasm).

Toklar transformatorlarida (3.7,a - rasm) odatda birlamchi chulg'amning o'ramlari ikkilamchinikidan kam bo'ladi, ($w_1 < w_2$), tok I_1 ikkilamchi tok I_2 dan katta bo'ladi. Birlamchi chulg'am turli S_1 kesim yuzali simlardan tayyorlanadi. Bu birlamchi tokning nominal I_{1nom} qiymatiga bog'liq. Agarda I_{1nom} 500 A dan katta bo'lsa birlamchi chulg'am o'zak darchasidan o'tuvchi bitta yo'g'on mis sim (shina) dan iborat bo'ladi. Ikkilamchi chulg'amlari katta bo'lmagan kesim yuzali S_2 simlardan o'raladi. GOST 7746-78 E bo'yicha $I_{1nom}=0,8 \div 40000$ A bo'lganda $I_{2nom}=1; 2; 2,5; 5$ A bo'lishi mumkin.

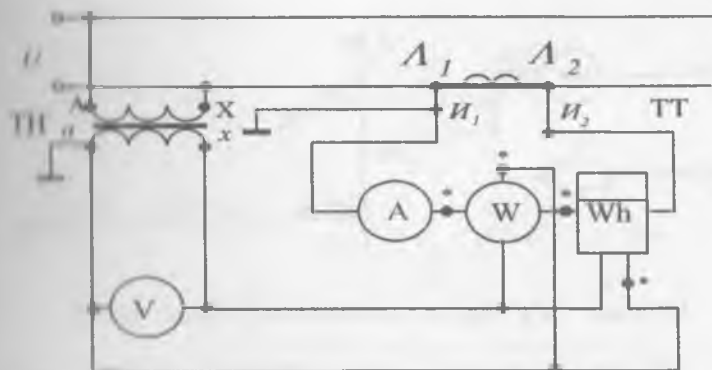
Kuchlanishlar transformatorlarida (2.7-rasm, b) birlamchi kuchlanish U_1 , ikkilamchi kuchlanish U_2 dan katta, shu sababli $w_1 > w_2$ bo'ladi. Ikkala chulg'am ham nisbatan ingichka simdan tayyorlanadi, shunga qaramay $S_1 < S_2$ bo'ladi. Ko'chmas (statsionar) kuchlanishlar transformatorlarida birlamchi U_{1nom} 750/ $\sqrt{3}$ V gacha bo'lganda, U_{2nom} 100 va 100/ $\sqrt{3}$ bo'ladi.

Toklar transformatorlarining birlamchi chulg'ami L_1, L_2 (liniya) qismlari bilan zanjirga ketma-ket ulanadi. Ikkilamchi chulg'ami I_1, I_2 (izmerenie) qismlariga ketma-ket ampermetr, vattmetr, hisoblagich (schetshik)lar va sh.k. larning ketma-ket chulg'amlari ulanadi.

Kuchlanishlar transformatorlarining birlamchi chulg'ami qismlari A, X (boshlanishi-oxiri) o'lchash zanjiriga parallel ulanadi, ikkilamchi chulg'am qismlari a, x ga Voltmetr, vattmetr, hisoblagichlar va shu kabilarning parallel zanjirlari ulanadi. Sxemalarda toklar transformatori (TT), kuchlanishlar transformatorini (TN) deb belgilanadi (3.8 - rasm).



3.7 - rasm. O'lchov transformatorlarining ulanish sxemalari.



3.8 - rasm. O'lchov asboblarning o'lchov transformatorlari orqali ulanishi sxemasi

O'lchunayotgan kattaliklarning qiymatini aniqlash uchun ikkilamchi o'lchov asboblari qismlariga ulangan asboblarning ko'rsatishlarini haqiqiy transformatsiyalash ko'effitsientiga ko'paytirish kerak, ya'ni $K_I = I_1/I_2$ va $K_U = U_1/U_2$. Bu haqiqiy transformatsiyalash ko'effitsientlari tegishli nominal $K_{I\text{nom}}$ va $K_{U\text{nom}}$ ko'effitsientlardan transformatorlar ishlaganda o'tadigan turli xil parayonlar va konstruktiv xususiyatlari sababli farq qilishi mumkin.

Lekin juda yuqori aniqlikda bo'lmagan o'lchashlar uchun transformatorlarning nominal K_{Inom} va K_{Unom} koeffitsientlaridan foydalanish mumkin.

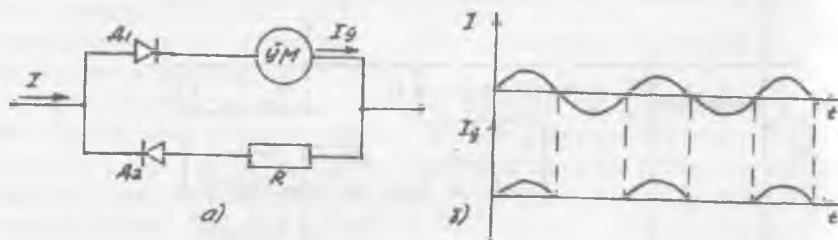
O'lchov transformatorlarini qo'llashda quyidagilarni yodda tutmoq shart:

- birlamchi chulg'amda tok mavjudligida TT ning ikkilamchi chulg'ami ochiq qolmasligi kerak;
- TN ning ikkilamchi chulg'ami qisqa tutashuvda bo'lmasligi kerak;
- transformatorlarning ikkilamchi zanjirlari yerga ulangan bo'lishi kerak.

1.12. To'g'rilagichli va termoelektrik o'zgartkichlar

To'g'rilagichli o'zgartkichlar. O'zgaruvchan toklarni o'zgarmas toklarga o'zgartkichlari sifati yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar keng tarqalgan. Bularda germaniy va kremniydan tayyorlangan diodlar qo'llaniladi. Fizika kursidan ma'lumki yarimo'tkazgichli diodlarning qarshiligi qo'yilgan kuchlanishning bir qutblangandagi holatida diod qarshiligi kichkina, teskari qutblanganda katta bo'ladi. Shu sababdan diodga o'zgaruvchan kuchlanish berilsa, diod tokni faqat bir tomonlama o'tkazadi.

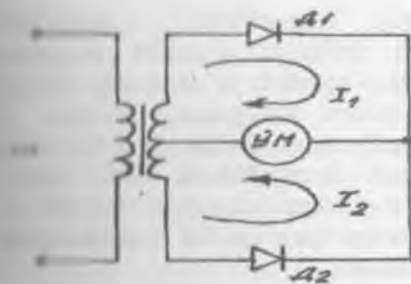
Odatda o'lchov qurilmalarida ikki turdagi – bitta yarim davrli va ikkita yarimdavrli to'g'rilagichlar qo'llaniladi. 3.9,a - rasmda bitta yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi va 3.9,b - rasmda to'g'rilanish grafigi keltirilgan.



3.9 -rasm. To'g'rilagich sxemasi va to'g'rilanish grafigi.

Diod D_1 bilan ketma-ket ulangan o'lchash mexanizmi orqali o'zgaruvchan tokning bir xil qutbli yarim to'liqini o'tadi, boshqa xil qutbli yarimo'tliqin diod D_2 orqali o'tadi. Rezistor R ning qarshiligi o'lchash mexanizmi qarshiligiga teng qilib tanlanadi. Bunda asbobning qarshiligi xar ikki yo'nalishdagi tok uchun bir xil bo'ladi.

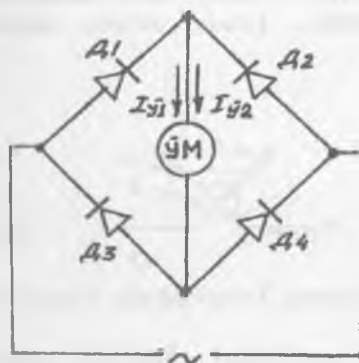
Ikkita yarim davrli to'g'rilash sxemalarida to'g'rilangan tok o'lchash mexanizmi orqali ikkala yarim davrda o'tadi. 3.10 –rasmda to'g'rilagichning transformatorli sxemasi keltirilgan. Diodlar transformatorning ikkilamchi zanjiriga shunday ulanganki, tok o'lchash mexanizmi orqali har qanday yarim davr mobaynida doimo bir yo'nalishda o'tadi.



3.10 –rasm. To'g'rilagichning transformatorli sxemasi.

Kamchiligi: Transformatsiyalash koeffitsienti chastotaga bog'liq bo'ladi.

Simmetrik ko'prik sxemali to'g'rilagichlarda (3.11-rasm) to'rtta diod ko'priqning elkalarini tashkil etadi, diagonaliga o'lchash mexanizmi ulanadi. Tok doimo o'lchash mexanizmi orqali bir yo'nalishda o'tadi. Bu sxemada tokning qiymati bitta yarim davrli to'g'rilagich sxemasidagi tokka nisbatan ikki barabarga ortadi.



3.11-rasm. Simmetrik ko'prik sxemali to'g'rilagich.

Samantida ko'pchegarali to'g'rilagichli ko'rsatuvchi va o'ziyozar ampervoltnetrlar, to'g'rilagichli fazometrlar va o'ziyozar chastotamerlar ishlab chiqariladi.

Qudrliligi to'g'rilagichli asboblarda yuqori sezgirlikka ega, kam energiya iste'mol qiladi, chastota diapazoni keng (10-20 kGts gacha).

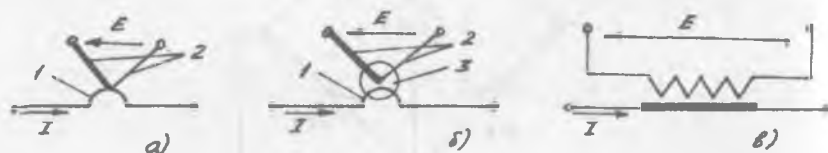
Kamchiligi Aniqqligi yuqori emas (sinfi 1,0-2,5) va ko'rsatishi to'g'ri o'lchash xatolik ekanligini shakliga bog'liq.

Termoelektrik o'zgartkichlar. Termoelektrik o'zgartkichlar o'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi (effektiv) qiymatini o'zgarmas kuchlanishga o'zgartiradi. Termoelektrik o'zgartkich ta'sir etuvchi qiymati o'lchanadigan o'zgaruvchan tok o'tuvchi qizdirgich-o'tkazgichdan va qizdirgichdan o'tayotgan tokdan chiqarilayotgan issiqlik ta'sirida elektr yurituvchi kuch hosil qiladigan kichkina termojuftlikdan tashkil topadi. Qizdirgich sifatida uzoq vaqt davomida qizishga imkoniyatli (600-800 OS gacha) va kichkina temperatura koeffitsientiga ega qarshilikli ingichka metall sim (nixrom, konstantan va boshq.) qo'llaniladi.

Termojuftlik elektrodleri metallda va ularning qotishmalaridan yasaladi (xromelъ –kopelъ yoki platina-platinorodiy). Bular yetarlicha katta termoeYUK beradi (50-60 mkV xar 1 OS qizdirilishga).

Konstruktiv tuzilishi bo'yicha ikki turga bo'linadi: **kontaktli va kontaktisiz termoelektrik o'zgartkichlar.**

Kontaktli termoelektrik o'zgartkichlarda termojuftlikning issiq kovshari 2 va isitkich 1 bir – biri bilan elektr bog'langan bo'ladi. (3.12, a – rasm). Kontaktisiz termoelektrik o'zgartkichlarda termojuftlikning issiq kovshari va isitkich izolyator 3 bilan ajratilgan bo'ladi, masalan shishani tomchisi bilan (3.12, b – rasm). Bundaylarni ustunligi **termobatareyalar** hosil qilish imkoniyati mavjud (3.12, v – rasm), bundan tashqari termojuftliklarni ko'priksxemasida ulash mumkin. Bunday ulashda zanjirda termo **EYUK** ikki **marotaba** ortadi.



3.12 - rasm. Termoelektrik o'zgartkichlar.

Termoelektrik o'zgartkichlar kichkina toklarga mo'ljallanadi (150-300mA), vakuumli qilib tayyorlanadi, ya'ni qizdirgich va termojuftlikni xavosi so'rib olingan shisha kolbaga joylashtiriladi. Vakuum tashqi muhitga issiqlik chiqishini kamaytiradi. Termojuftlikning chiqish qisqichlari magnitoelektrik o'lchash mexanizmlariga ulanadi.

Qadrililigi: yuqori aniqlik ta'minlanadi, chastota diapozoni keng, o'lchanayotgan tokning egriligi shakliga asbob ko'rsatishi bog'liq emas (aniqlik sinfi 1,0 va 1,5).

Kamchiligi: kichkina o'ta yuklanish, termoo'zgartkichning cheklangan ishlash muddati, katta energiya iste'mol qilishi va shkalasining maromsizligi.

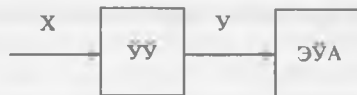
Nazorat savollari

1. O'lchash o'zgartkichlari qanday vosita va qanday turlarga bo'linadi?
2. Rostlash vositalari funktsiyasi nima?
3. Zanjirdagi kuchlanishni rostlash qanday amalga oshiriladi?
4. Kuchlanish bo'lgichlar sxemalarini keltiring.
5. Shuntlarning vazifasi nima va qanday nominal qiymatlar bilan tanishtiriladi?
6. Qo'shimcha rezistorlar qiymati qanday aniqlanadi va ular qanday tanishtiriladi?
7. O'lchov transformatorining turlari va qo'llanish mohiyatini tushuntiring.
8. O'lchov transformatorlarini qo'llashda qanday shartlarni yodda tutish kerak?
9. To'g'rilagichli o'zgartkichlar turlari sharxlab berilsin.
10. Termoelektrik o'zgartkichlar turlari sharxlab berilsin.

II BOB. NOELEKTR KATTALIKLARNI O'LCHOV O'ZGARTKICHLARI

2.1. Noelektr kattaliklarni o'lchash

Hozirgi vaqtda noelektr kattaliklarni o'lchash axborot-o'lchov texnikasining kattagina sohasini tashkil etadi, bu kattaliklarni o'lchash uchun kerak bo'ladigan asboblarni ishlab chiqarish esa asbobsozlik sanoatining yirik tarmog'iga aylangan. Noelektr kattaliklarni o'lchaydigan elektr asboblarni elektr kattaliklarni o'lchaydigan asboblardan farq qiladi. Ularning tarkibida noelektr kattaliklar (temperatura, bosim, siljish, tezlik, tezlanish, sath, sarf va boshqalar) ni elektr kattaliklar (tok, kuchlanish, quvvat) ga yoki elektr parametrlari (qarshilik, induktivlik, sig'im, magnit qarshiligi va boshqalar) ga aylantirib beruvchi bir yoki bir nechta o'lchov o'zgartkichlari bo'ladi. O'lchov o'zgartkichini, odatda, **datshik** deb ataladi.



4.1 - rasm. Noelektr kattalikni o'lchaydigan asbobning struktura sxemasi.

4.1 - rasmda noelektr kattalikni elektr usulida o'lchashning oddiy **struktura sxemasi** ko'rsatilgan. O'lchanadigan noelektr kattalik X o'lchov o'zgartkichi ($O'O'$) ning kirishiga beriladi. O'lchov o'zgartkichining chiqishidagi elektr kattalik U elektr o'lchov asbobi ($EO'A$) yordamida bevosita va yoki bilvosita usullarda o'lchanadi. Elektr o'lchov asbobining shkalasi o'lchanadigan noelektr kattalik birligida darajalanadi, bu esa o'lchashni tezlatadi va o'lchash xatoligini kamaytiradi.

2.2. Noelektr kattaliklarni o'lchov o'zgartkichlari tavsiflari

Noelektr kattaliklar o'lchov o'zgartkichlarini baholashda va solishtirishda quyidagi asosiy tavsiflar inobatga olinadi:

1. O'zgartish funksiyasining vaqtga nisbatan o'zgarmasligi-barqarorligi. Bu yerda vaqt o'tishi bilan o'zgartish funksiyasini o'zgarishi natijasida graduировkani qayta qilish kerak bo'ladi, ba'zi hollarda buning imkoni bo'lmaydi.

2. O'zgartish funksiyasining turi. O'lchov o'zgartkichining chiqish U kattaligining kirish X kattaligiga bog'liqligi umumiy holda $U=F(X)$ o'zgartish tenglamasi bilan ifodalanadi. Odatda bu bog'lanishning xarakteri chiziqli bo'lishi maqsadga muvofiq bo'ladi. O'zgartish funksiyasining ko'p ma'noligi

yoki uzilishi ushbu o'lchov o'zgarkichining o'lchanayotgan kattalikning shu omliqda o'zgarishi uchun yaroqsizligini ko'rsatadi.

3. Xatolik va sezgirlik. Bu yerda asosiy va qo'shimcha xatoliklar nazarda tutiladi.

4. O'lchanayotgan kattalikka o'zgartkichning qayta ta'siri. Masalan, termorezistor qarshiligini bilish uchun undan tok o'tkazish kerak. Tok esa termorezistorni qizdiradi va natijada o'lchanayotgan atrof-muhit temperaturasini kuchaytiradi. Qayta ta'sir shu holat bilan xarakterlanadi. Qayta ta'kidni amaliyotda inobatga olish qiyin, shu sababdan uni minimumga keltirishga intilinadi.

5. O'zgartkichning dinamik xossasi. O'lchov o'zgartkichiga kiruvchi kattalikning o'zgarishi o'zgartkichda o'tish jarayonini hosil qiladi. O'tish jarayoni inertsia sifatida namoyon bo'ladi, ko'pincha bu jarayonni o'zgartkichning reaksiyasini kiruvchi kattalikning o'zgarishiga kechikishi deyiladi.

Ko'rib chiqilganlardan tashqari o'lchov o'zgartkichini baholashda yana qator ko'rsatkichlar inobatga olinadi: tashqi faktorlarning ta'siri, o'ta yuklamalarga chidamliligi, gabariti, massasi, narxi, ishonchliligi va sh.k.

Ishlashiga qarab barcha o'lchov o'zgartkichlarini **parametrli** yoki **generatorli** turlariga ajratish mumkin. Agar noelektr kattalik o'lchov o'zgartkichida R , L yoki C elektr parametrlardan birortasiga almashtirilsa, u holda o'zgartkich parametrli, agar noelektr kattalik EYUK ga aylantirilsa generatorli o'zgartkich deyiladi.

2.3. Parametrli o'zgartkichlar

Parametrli o'zgartkichlar ishlash printsiplariga qarab quyidagi guruhlariga bo'lindi:

1. Tenzoo'zgartkichlar (tenzorezistorlar). Ularning ish printsiipi deformatsiyalangan o'tkazgich yoki yarimo'tkazgich qarshiligining o'zgarishiga asoslangan.

2. Termistorli o'zgartkichlar — bu termosezuvchan (temperaturani sezadigan) rezistordir. Uning qarshiligi muhitning harakatiga yoki issiqlikning tarqalish sharoitiga bog'liq bo'lib, undan gazlarning harakat tezligini, gazlarning tarkibi va hokazo, parametrlarni o'lchash uchun ishlatiladi.

3. Reostatli o'zgartkichlar — ularning ish printsiipi reostat qarshiligining harakatshun kontakt holatiga asoslangan bo'lib, suyuqlikning hajmi va sathini linilya va burchak ko'chishlarni va hokazo parametrlarni o'lchash uchun qo'llaniladi.

4. Induktiv o'zgartkichlar — ularning ish printsiipi g'altak magnit maydonining o'zgarishiga, ferromagnit o'zakning ko'chishiga asoslangan

bo'lib, mexanik kuchlanishlarni, bosimlarni, liniya va burchak ko'chishlarni o'lchash uchun qo'llaniladi.

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

6. Fotorezistorli o'zgartkichlar – ularning ish printsipi o'zgartkichga tushayotgan yorug'likning intensivligiga asoslangan bo'lib, temperatura, suyuqlikning hamda gazli muhitning shaffofligi va xiraligini o'lchashda qo'llaniladi.

2.4. Generatorli o'zgartkichlar

Generatorli o'zgartkichlar ish printsipi bo'yicha quyidagi guruhlariga bo'linadi:

1. Termoelektrik o'zgartkichlar – ularni termoparalar deb ham ataladi. Termoparaning ishchi uchlari qizdirilganda erkin uchlari termoelektr yurituvchi kuch (termo EYUK) hosil bo'ladi. Bu EYUK ishchi uchlarning temperaturasiga proporsional bo'lgani uchun termoparalar temperaturani o'lchashda ishlatiladi.

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

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

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

Parametrli o'zgartkichlarning chiqish kattaliklarini o'lchash uchun logometr va elektr ko'priklar qo'llaniladi. Generator o'zgartkichlarining chiqish EYUK ni o'lchash uchun voltmeter va kompensatorlar qo'llaniladi.

2.5. Noelektr kattaliklarni o'lchov o'zgartkichlarini qo'llanilishi

Noelektr kattaliklar o'lchov vositalarining ilmiy tadqiqotlardagi, texnologik jarayonlardagi va elektroenergetika hamda xalq xo'jaligidagi o'rni va ularning tasnifi bilan tanishib o'tganimizdan so'ng bularning qo'llanilishi juda keng miqyosda ekanligini ko'rdik.

SHu sababdan misol tariqasida ba'zi bir keng tarqalgan noelektr kattaliklar o'lchov vositalari va ularning o'lchov jarayonlardagi qo'llanilishini ko'rib chiqamiz.

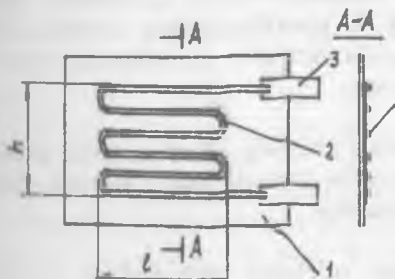
Tenzo-o'zgartkichlar. Tenzoo'zgartkichlarning ish printsipti bularda hosil bo'ladigan mexanik kuchlanish va deformatsiya ta'sirida o'tkazgichning yoki yarimo'tkazgichning elektr qarshiligini o'zgarishiga asoslanadi. Bular metalli va yarimo'tkazgichlilarga bo'linadi. Metall tenzorezistorlardan simli va folqalilari eng ko'p qo'llaniladi. Agarda simga mexanik ta'sir etilsa, masalan, cho'zilsa, uning qarshiligi o'zgaradi. Simning qarshiligini nisbiy o'zgarishi quyidagicha xarakterlanadi:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta \lambda}{\lambda}, \quad (4.1)$$

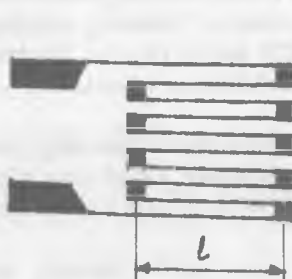
bu yerda k - tenzosezgirlik koeffitsienti; $\frac{\Delta \lambda}{\lambda}$ - simning nisbiy deformatsiyasi.

Mexanik ta'sir etilganda simning geometrik o'lchamlari va solishtirma qarshiligining o'zgarishi sababli uning qarshiligi o'zgaradi.

Simli tenzoo'zgartkichlar qog'oz tilimcha (podlojka-taglik) ga yopishtirilgan (kleylangan) zigzag (egri-bugri, ilonizi) shaklidagi simdan iborat bo'ladi.



4.1-rasm. Simli tenzoo'zgartkich



4.2-rasm. Folqali tenzoo'zgartkich.

Simli tenzoo'zgartkichlar (4.1-rasm) qog'oz tilimcha (podlojka-taglik) 1 ga yopishtirilgan zigzag (ilonizi) ko'rinishidagi sim 2 dan iborat bo'ladi, 3 esa chiqish kontaktlari. Taglik sifatida yupqa (0,03-0,05 mm) li qog'oz va kley yoki lak plenksi, agarda yuqori temperaturaga mo'ljallansa, tsement qatlami ishlatiladi.

Tenzoo'zgartkichning geometrik va parametrik o'lchamlari mo'ljallanishiga bog'liq bo'lib, sezuvchi qismini uzunligi $\lambda = 5-150 \text{ mm}$, eni $h = 0,8-60 \text{ mm}$ bo'ladi. O'zgartkichning qarshiligi ko'pincha $R = 50-200 \text{ Om}$ bo'ladi. Simning diametri $0,02-0,05 \text{ mm}$, koeffitsienti $K = 1,9-2,1$ bo'lib, konstantandan tayyorlanadi.

Tenzoo'zgartkich deformatsiyasi o'lchanadigan ob'ektga yopishtiriladi. Ob'ektga mexanik ta'sir etilganda u bilan birga tenzoo'zgartkich ham deformatsiyalanadi va qarshiligi o'zgaradi. Buni quyidagi tenglama bilan izohlash mumkin:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\sigma}{E}, \quad (4.2)$$

bu yerda σ - ob'ektdagi mexanik kuchlanish; E - ob'ekt materialining elastiklik moduli.

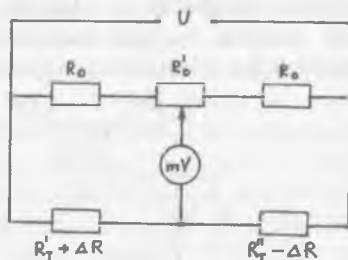
Foalgali tenzoo'zgartkichlarning sezuvchi elementini fo'liga yuziga ximiyaviy ishlov berish (travlenie) natijasida hosil qilinib orqa tarafga kley yoki lak surkalgan bo'ladi. Travlenie paytida fo'liga yuzidagi metallning kerakli shakli va qarshiligi qoldirilib, qolgan qismi olib tashlanadi (4.2-rasm). Bu tenzoo'zgartkichlar ob'ektning sirtiga yaxshi yopishadi, amalda xohlagan o'lchamda va shaklda tayyorlash mumkin.

Oxirgi paytlarda kremniy, germaniy, arsenid galliy va boshqa yarimo'tkazgichlarning monokristalidan sanoatda tenzoo'zgartkichlar ishlab chiqarilmoqda. Bularning afzalligi bo'lib, k - koeffitsientining kotaligi (-200 dan +850 gacha) ekanligi hisoblanadi. Lekin mexanik mustahkamligi past va xarakteristikalarini takrorlanishi yaxshi emas.

Tenzoo'zgartkichlarning asosiy xatoligi ularning graudirovkasini aniqligi bilan belgilanadi. Ob'ektning o'zida individual graudirovka qilinganda asosiy xatolikni 0,2-0,5% dan kamiga tushirish mumkin.

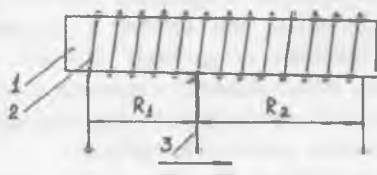
Tenzoo'zgartkichlarning qarshiligini o'lchash uchun ko'p hollarda muvozanatlashmagan ko'prik zanjirlari qo'llaniladi. Tenzoo'zgartkichlarning differentsial ulanishiga ko'proq e'tibor beriladi, ya'ni ob'ektga mexanik ta'sir etilganda tenzorezistorning biri R_1' cho'ziladi ikkinchisi R_1'' esa siqiladi (4.3-rasm). Bunday ulanishda temperatura xatoligidan xalos etiladi va sezgirligi ikki marotaba ko'tariladi.

Tenzoo'zgartkichlar statik va vaqt bo'yicha o'zgaruvchi defomatsiyalarni o'lchashda keng qo'llaniladi.



4.3-rasm. Tenzoo'zgartkich qo'llanilgan muvozanatlashmagan ko'pri.

Reostatli o'zgartkichlar. Oddiy ko'rinishda reostatli o'zgartkichlar reostat va o'lchanayotgan noelektr kattalik ta'sirida u bo'yicha surkalib-siljiydigan shchyotkadan iborat bo'ladi. Ularning konstruktiv ishlanmasi ko'p hollarda chiziqli yoki burchakli siljishni elektr kattalikka o'zgartirishga mo'ljallanadi. 4.4-rasmda chiziqli reostatli o'zgartkich sxemasi keltirilgan. Bu yerda, 1- reostat karkasi; 2- karkasga o'ralgan chulg'am; 3- reostat bo'yicha surkalib siljuvchi shchyotka. Bu yerda $R_p = R_1 + R_2$.



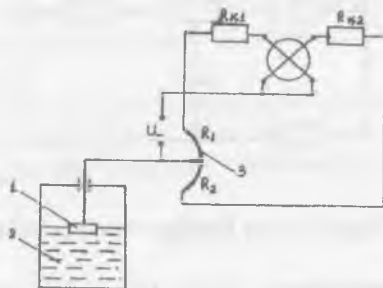
4.4-rasm. Reostatli o'zgartkichning sxemasi.

Reostat karkasining shakli o'lchanayotgan siljish xiliga qarab (chiziqli yoki burchakli) va o'zgartirish funktsiyasi turiga qarab (chiziqli, nochiziqli) va ta'sirlandr, tora, prizma va sh.k. ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Karkaslarni yasashda dielektriklar (getinaks, plastmassa, keramika) va izolyatsiya laki qoplangan metallar (anodlangan sirtli dyuralyuminiy) qo'llaniladi.

Reostat chulg'ami simi qarshiligi temperatura koeffitsienti kichik bo'lgan qotishmalardan yasaladi. Ko'pincha konstantan va manganin ishlatiladi. Chulg'am qarshiligi o'nlardan bir necha ming omgacha bo'lishi mumkin. Shchyotkalarni simlardan yoki prujinalanuvchi yalpoq tilimchalardan yasaladi va toza metallar (platina, kumush) va qotishmalar ishlatiladi.

Reostatli o'zgartkichlarning afzalligi katta chiqish quvvati hisoblanadi, kumchiligi esa, ishqalanuvchi kontaktning mavjudligi.

Reostatli o'zgartkichlar **burchakli** va **chiziqli** siljishlarni va bunday siljishlarga o'zgartirilishi mumkin bo'lgan kattaliklarni (zo'riqish, bosim, suyuqliklar sathi va hajmi va sh.k.) o'lchashlarda qo'llaniladi.



4.5-rasm. Sath o'lchagichning sxemasi.

Masalan, suyuqlikning sathi yoki hajmini o'lchash uchun reostatli o'zgartkichni qo'llanilishi 4.5-rasmdagi sxemada ko'rsatilgan. Bu yerda qalqi 1 ning holati suyuqlik 2 ning sathi yoki hajmiga bog'liq. Suyuqlikning ko'payishi yoki kamayishi qalqini holatini o'zgartiradi, bu esa qalqi shchyotka bilan mexanik bog'langanligi uchun uni reostat 3 bo'ylab so'radi va R_1 , R_2 qarshiliklarni o'zaro nisbatini o'zgartiradi. Bu o'z navbatida logometrik asbobning ramkalaridagi toklar nisbatini o'zgartirib, asbobning qo'zg'aluvchan qismini buradi. Logometrik asbobning shkalasi suyuqlikning o'lchanayotgan sathi yoki hajmi qiymatlarida graduировка qilinadi.

Termistorli o'zgartkichlar. Bu o'zgartkichlar **termosezuvchan rezistor** yoki **termoqarshiliklar** deb yuritiladi. Bularning ish printsipi bu o'zgartkichlarning elektr qarshiligini temperaturaga bog'liqligiga asoslangan.

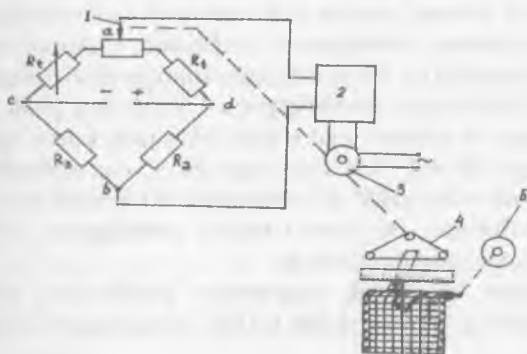
Termoqarshilik, odatda, mis va platinadan yasalgan bo'lib, termopara kabi termoelektr yurituvchi kuch (EYUK) ishlab chiqarmaydi, balki temperatura o'zgarganda o'z qarshiligini o'zgartiradi. Metall qarshiliklarda temperatura bilan elektr qarshilik o'rtasida mutanosib bog'lanish bor. Termoqarshilik temperaturasi o'lchanadigan muhitga joylashtiriladi va termoqarshilik qarshiligining o'zgarishi avtomatik ko'priklarni yordamida o'lchanadi.

Elektr qarshiligiga aylantirish mumkin bo'lgan har qanday kattalikni o'lchash uchun xizmat qiluvchi muvozanatli avtomatik elektron ko'priklarni sxemasi 4.6-rasmda ko'rsatilgan.

Avtomatik potentsiometrlardagi kabi, o'lchash ko'priklarida ham kuzatish sistemasi bor. mazkur sistema o'lchash sistemasidagi ko'priklarni uzluksiz muvozanatlash uchun xizmat qiladi. Ko'priklarni ikkita (ab - o'lchash va cd -

manbu) diagonaldan va to'rtta elkadan iborat. Ikkita elkaning qarshiligi R_2 va R_3 o'zgarimas, qolgan ikkitasiniki esa o'zgaruvchan.

Temperaturaning o'zgarishi bilan termoqarshilik qarshiligi R_1 o'zgarishi ko'priknı muvozanat holatidan chiqaradi. Bunda ko'priknıng o'lchash diagonalida signal kuchlanish va quvvat kuchaytirgichi 2 va reversiv dvigatel 5 ning boshqarish chulg'amidan o'tib, dvigatelni ishga tushiradi va reoxord 1 dasturini ko'priknı muvozanatga kelguncha suradi. Bu vaqtda karega 4 ham surilgani uchun o'lchanayotgan temperaturani to'g'ridan-to'g'ri shkaladan yoki diagramma lentasidan olish mumkin. Diagramma lentasi dvigatel 5 bilan suriltililadi.



4.6-rasm. Muvozanatli avtomatik elektron ko'priknı sxemasi.

Nazorat savollari

1. Noelektr kattaliklarnı o'lchash to'g'risida.
2. Noelektr kattaliklarnı o'lchaydigan asbobning strukturasi sharx-lansin.
3. Parametrli va generatorli o'zgartkichlarnı tushuntiring.
4. Noelektr kattaliklar o'lchov o'zgartkichlarini qanday tavsiflaini bilasiz?
5. Parametrli o'zgartkichlar ishlash printsipiga qarab qanday guruh-larga bo'linadi?
6. Generatorli o'zgartkichlar ishlash printsipiga qarab qanday guruh-larga bo'linadi?
7. Reostatli o'zgartkichning tuzilishi va ishlash printsipini tushun-tiring.
8. Reostatli o'zgartkichlar qanday kattaliklarnı o'lchashda qo'llanadi?
9. Sath o'lchagichning sxemasidan ishlashini tushuntiring.
10. Termoqarshilik qo'llanilgan muvozanatli avtomatik elektron ko'priknı ishlashini tushuntiring

III BOB. ELEKTR KATTALIKLARI O'LCHOVLARI

3.1. Elektr yurituvchi kuch (EYUK) o'lchovi

EYUK (kuchlanish) o'lchovi bo'lib **to'yingan** va **to'yinmagan normal elementlar (NE)** xizmat qiladi. Namunaviy o'lchov sifatida faqat to'yingan NE ishlatiladi. To'yingan NE aniqlik sinfi 0,0002 dan 0,005 gacha EYUK si 1,018590 dan 1,018700 V gacha bo'ladi. To'yinmagan NE aniqlik sinfi 0,002 dan 0,02 gacha EYUK si 1,019000 dan 1,019600 V gacha bo'ladi.

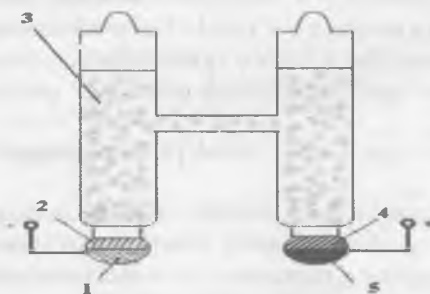
Normal element bu galvanik element bo'lib elektrolit sifatida sulfat kadmiyning suvli eritmasi, musbat elektrod-simob va simobning sulfat oksidi, manfiy elektrod-kadmiy amalagmasi ishlatiladi. Elektrodning chiqishlari platina simidan yasaladi va NE ni o'lchash zanjiriga ulash uchun xizmat qiladi.

EYUK o'lchovining o'lchami qiymati 1 V dan farq qiladi, lekin juda katta aniqlikda topilgan va qiymati vaqt o'tishi bilan juda kam o'zgaradi. Masalan, bir yilda to'yingan NE ni EYUK sini o'zgarishi ± 2 dan ± 50 mkV, to'yinmagan NE niki ± 20 dan ± 200 mkV dan ortmaydi. 5.1-rasmda to'yingan NE ning tuzilish shakli keltirilgan. Bu yerda 1-kadmiy amalagmasi, 2-kadmiy sulfati, 3-elektrolit, 4-simob sulfati, 5-simob.

To'yinmagan NE kichik temperatura koeffitsienti, silkinishlarga va titrashlarga sezgirliigi kamroq, lekin EYUK turg'unligi bo'yicha to'yinganlar afzal bo'ladi.

NE larni titratlashlardan va ag'darilishdan ehtiyot, quyosh nurlaridan himoya qilish va saqlashda haroratning keskin o'zgarishiga yo'l qo'ymaslik kerak.

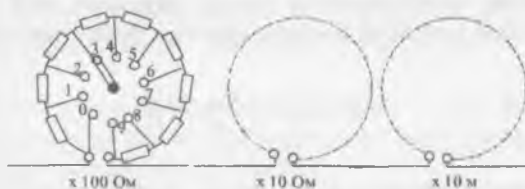
Amaliyotda doimiy kuchlanish **ishchi o'lchovlari** sifatida kremniyli stabilitronlar asosida parametrlil va kompensatsiyalik o'zgarmas kuchlanish stabilizatori bilan o'zgaruvchan tok to'g'rilagichlari qo'llaniladi.



5.1-rasm. Normal element.

3.2. Elektr qarshilik o'lchovi

O'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida elektr qarshiligining namunaviy va ishchi o'lchovlari bo'lib **o'lchash g'altaklari** va **qarshiliklar magazini** xizmat qiladi. Bulara ishlatiladigan material katta solishtirma qarshilikka ega bo'lishi,



5.2-rasm. Uch dekadali dastaklik magazin shartli sxemasi.

temperaturaga minimum bog'liq bo'lib, mis bilan juftlikda termo-EYUK ishlab chiqarmasligi va qarshilikning yuqori turg'unligiga ega bo'lishi kerak. Bu talablarga manganin sim yoki manganin tasma (84% mis, 12% manganets va 4% nikel) mos keladi.

Temperatura koeffitsientining hisobiy qiymati nolga teng. Real namunalarda bu koeffitsient $1 \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{S}$ dan katta emas. Manganinning solishtirma qarshiligi $0,45 \text{ Ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ga (misnikiga nisbatan 26 marta katta) teng.

O'lchov g'altagining qarshiligini nominal qiymatlari 10^n ga karrali bo'ladi, bunda $n - 0$ bilan birga (-4 dan 9) gacha bo'lgan butun son qiymatlar oladi. O'lchov g'altaklari uchun yo'l qo'yiladigan nisbiy xatolik chegarasiga bog'liq holda aniqlik sinflari $0,0005$ dan $0,05$ oralig'ida o'rnatiladi. Bularda quvvatning nominal va maksimal tarqalishi (rasseyanie) ham me'yorlanadi.

O'lchovning turg'unligi qarshilikning nominal qiymati foizlarda bir yilda yo'l qo'yilgan o'zgarishi bilan tavsiflanadi. Bu o'zgarish standart bilan me'yorlanadi va har bir aniqlik sinfi uchun yo'l qo'yilgan qiymatidan ortib ketmasligi kerak.

Quytaulagich qurilmasi bilan ta'minlangan o'lchov g'altaklarining to'plami **ko'p qiymatli o'lchov** yoki **qarshiliklar magazini** deyiladi. Bular quytaulagich konstruksiyasi bo'yicha dastaklik, shtepsellik, sanchqilik, klavishlik va boshqalarga bo'linadi.

Qarshiliklar magazini rezistorlari sektsiyalarga birlashtirilgan bo'lib, **dekadalar** deyiladi. Har bir dekada qarshiliklarning aniq o'nlik razryadiga

muvofig bo'ladi. Bu yerda 0 dan 9 gacha teriladi. Masalan, 5.2-rasmda uch dekadali dastaklik magazinning shartli sxemasi keltirilgan.

Magazinda dekadalar soni 1 dan 10 gacha va ko'proq bo'ladi. Dekada pog'onalaridagi qarshiliklarning nominal qiymatlari 10^0 dan 10^{11} Om.

YUqori chastotali (1MGts va yuqori) katta omlik zanjirlarda qarshiliklari simli bo'lmagan magazinlar qo'llaniladi. Lekin ularning aniqliklari simli qarshiliklardan iborat magazinlardan pastroq bo'ladi.

Magazinlar qarshiliklarining haqiqiy qiymatini yo'l qo'yilgan og'ishi chegarasi nominal qiymatlari foizlarda quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{R_{\max}}{R} - 1 \right) \right], \quad (5.1)$$

bunda s - aniqlik sinfiga tegishli doimiy tashkil etuvchi; $R_{\max}$ - magazin qarshiligining eng katta qiymati; R - magazinda o'rnatilgan qarshilik qiymati; d - quyidagi formuladan topiladigan, koeffitsient:

$$d = 10 \, ma/R_{\max}, \quad (5.2)$$

bunda, m -dekadalar soni, a - s ga bog'liq bo'lgan koeffitsient, bu keltiriladi.

3.3. Induktivlik va o'zaro induktivlik o'lchovi

Bu o'lchovlar bir ma'noli va ko'p ma'noli bo'lishi mumkin. Bir ma'noliliklar g'altak sifatida yasaladi, ko'pma'noliliklar - bitta yoki bir nechta dekadadan iborat, pog'onali yoki ravon o'zgaruvchi magazinday qilib yasaladi. O'lchovlar yuqori turg'unlikdagi induktivlik, kichik aktiv qarshilik, induktivlikning tokka bog'liq emasligi, qayta ishlab chiqariluvchi kattalikning tashqi magnit va elektr maydonlari, temperaturani o'zgarishiga kam bog'liqligi va katta izolyatsiya qarshiligi va b. xususiyatlariga ega bo'lishi kerak. Bu talablar o'lchovlarning konstruksiyalari va qo'llaniladigan materiallarni tanlab olish bilan qondiriladi. Ularning aniqlik sinflari 0,01 dan 5 gacha bo'lib $20 \div 30 \cdot 10^6$ Gts chastotalarda namunaviy va ishchi o'lchovlar sifatida ishlatiladi. L va M ning nominal qiymatlari $1 \cdot 10^{-9}$ dan 10 Gn gacha bo'ladi.

Yo'l qo'yiladigan asosiy xatolik chegarasi nominal yoki o'lchangan qiymat (variometrlar va magazinlar uchun) foizlarida nisbiy xatolik bilan me'yorlanadi.

Asillik Q va vaqt doimiysi τ o'lchov g'altaning asosiy tavsiflari hisoblanadi.

$$Q = \omega L / R; \quad \tau = L / R, \quad (5.3)$$

bunda ω - o'zgaruvchan tok chastotasi; L - g'altak induktivligi; R - g'altakning aktiv qarshiligi.

O'zaro induktivlik g'altagi umumiy karkasda joylashtirilgan ikkita chulg'andan va ikki juft qismadan iborat bo'ladi.

Parametrlari ravon o'zgartiriladigan o'zaro induktivlik va o'zgaruvchan induktivlik g'altaklari **variometrlar** deyiladi. Variometrlar tarkibi ikkita g'altakdan iborat bo'lib, biri qo'zg'almas va uning ichida buriladigan ikkinchi qo'zg'aluvchan g'altakdan iborat. Diapazoni 2 mGn dan 500 mGn gacha bo'ladi.

Induktivlik uva o'zaro induktivlik magazinlari L yoki M pog'onali va ravon o'zgaradigan ko'p ma'noli o'lchovlarga oid bo'ladi. Ularda shtepsellik va chustaklik dekada qaytaulchagichlari qo'llaniladi.

3.4. Elektr sig'imi o'lchovi

Elektr sig'imi o'lchovlari doimiy va o'zgaruvchan sig'imli o'lchov kondensatorlari va elektr sig'imi magazinlari ko'rinishida ishlab chiqariladi.

O'lchov kondensatorlar sig'imi yuqori turg'unlikka, kichik temperatura koeffitsientiga, chastota va tokning egriligini shaklsiga sig'imning kam bog'liqligiga, katta izolyatsiya qarshiligiga va isroflar burchagi yoki isrof burchagining tangensi bilan tavsiflanadigan dielektrikdagi energiyaning isrofini kamligiga ega bo'lishi kerak.

$$tg\delta = [1/(\omega RC)], \quad (5.4)$$

bunda ω - o'zgaruvchan tok chastotasi; R - kondensatorning ekvivalent sxemasida sig'im bilan ketma-ket ulangan aktiv qarshilik; S - kondensator sig'imi.

Bu talablarga havo dielektrikli kondensatorlar javob beradi. Ular katta geometrik o'lchamlarga ega bo'lib, amalda qiymati 0,001 mkF gacha bo'lgan sig'im talab qilinganda qo'llaniladi.

Slyudali kondensatorlar ham ishlab chiqariladi. Ularning sig'imi mullarbardning yuzlik ulushidan tortib bir qancha mikrofaradagacha bo'ladi. Alyumin folias, bahzi bir paytlarda slyudaga yupqa yotqizilgan kumush qatlamli elektrod xizmatini bajaradi. Bularda $tg\delta$ katta qiymatga ega bo'ladi, lekin ytarli darajada ixcham, sig'imi esa vaqt bo'yicha turg'un bo'ladi.

Sig'imni maromli o'zgartirish uchun o'zgaruvchan sig'imli kondensatorlar xizmat qiladi, ularni magazinlar bilan birgalikda qo'llash

Standartda aniqlik sinfi 0,005 dan 1,0 gacha bo'lgan sig'implar magazini ishlab chiqarish nazarda tutilgan. Sig'im magazini tomonidan yo'l qo'yiladigan asosiy xatolik uning aniqlik sinfi bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan.

$$\delta = \pm K (1 + 0,8mC_d / C), \quad (5.5)$$

bunda δ - magazinda o'rnatilgan sig'imning nisbiy xatoligi; K - aniqlik sinfining sonli belgisi; m - magazin dekadalar soni; S_d - eng kichik dekadadagi bitta pog'onaning sig'imi va o'zgaruvchan sig'im kondensatorining sig'imini nominal qiymati, mkF; S - magazinda o'rnatilgan sig'im.

Nazorat savollari

1. Normal element nima va qanday turlarga bo'linadi?
2. Namunaviy o'lchov sifatida qaysi turdagi normal elementlar ishlatiladi?
3. Qarshiliklar o'lchovlaridagi materialga qanday talablar qo'yiladi va qaysi material xususiyatlari qondiradi?
4. Qarshiliklar magazinining tuzilishi va ishlash printsipini tu-shuntiring.
5. Ko'p qiymatli qarshilik o'lchovi qaytaulagich qurilmasi bilan ta'minlanadimi?
6. Qarshiliklar magazinini xatoliklari qanday topiladi?
7. Induktivlik o'lchoviga qanday talablar qo'yiladi?
8. Variometrlar deganda qanday qurilmalar nazarda tutiladi?
9. O'lchov kondensatorlari qanday talablarga javob berishi kerak?
10. Kondensatorlarni qanday turlarini bilasiz va xatoligi qanday topiladi?

IV BOB . ANALOG ELEKTROMEXANIK O'LCHOV ASBOBLAR

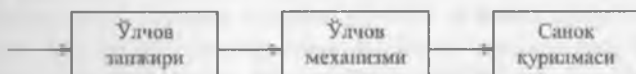
4.1. Analog elektromexanik o'lchov asboblari to'g'risida

Analog o'lchov asboblari deb ko'rsatishi o'lchanilayotgan kattalikning o'zgarishini uzluksiz funktsiyasi bo'ladigan asboblarga aytiladi.

Analog elektromexanik asboblarda deganda, elektromagnit energiyasini bevosita o'lchash zanjiridan asbobga keltirilganda, bu energiya qo'zg'aluvchan qismning qo'zg'almas qismiga nisbatan burchak burilishi mexanik energiyasiga aylanadigan asboblarda tushuniladi.

Analog asboblarda turli alomatlar bo'yicha tavsiflanadi: aniqligi, vazifasi, o'zgartirish usuli va boshqalar bo'yicha.

Bular 2 ta asosiy qismdan iborat bo'ladi: o'lchov zanjiri va o'lchov mexanizmi, sanoq qurilmasini ham qo'shish mumkin. Struktura sxemasini quyidagi ko'rinishda keltirish mumkin (6.1- rasm).



1-rasm. Analog elektromexanik asbobning struktura sxemasi.

Bu yerda o'lchov zanjiri o'lchanilayotgan kattalik $-X$ ni bevosita o'lchov mexanizmiga ta'sir etuvchi U – elektr kattaligiga o'zgarishi uchun xizmat qiladi. O'lchov mexanizmida elektr energiya qo'zg'aluvchi qismning surilishi mexanik energiyasiga o'zgartiriladi. Sanoqlash qurilmasi ko'rsatkich va shkaladan tashkil topadi. Bu qo'zg'aluvchi qismning burchak surilishini ko'rsatkichning surilishiga o'zgartiradi.

Analog elektromexanik o'lchov asboblarda asosiy elektr kattaliklar: kuchlanish, tok, quvvat, qarshilik, elektr energiyasi va boshqalarni o'lchashga mo'ljallangan. Bu asboblarda to'g'ridan - to'g'ri o'zgartirish usulida qo'llanilib o'lchov zanjiri, o'lchov mexanizmi va sanoq qurilmalaridan iborat bo'ladi.

Asbobga keltirilgan elektromagnit energiyani qo'zg'aluvchi qismning surilishi mexanik energiyasiga o'zgartirilishi bo'yicha ular quyidagi asosiy qismlarga: magnitoelektrik, elektromagnit, elektrodinamik, elektrostatik, induktatsion va sh.k.larga bo'linadi.

Bu turdagi asboblarda o'lchanayotgan kattalik qiymati to'g'risida axborot sanash qurilmasi (shkala va ko'rsatkich yoki energiya hisoblagichlarida **raqamli va o'ziyozar** hamda bosmali xillariga bo'linadi) orqali olinadi.

Asboblarning mexanizmlarida o'lchanayotgan kattalik ta'sirida qo'zg'aluvchi qismni ko'rsatishning o'sishi tomoniga **aylantiruvchi moment** M_{ayl} harakatga keltiradi:

$$M_{ayl} = F(X, \alpha), \quad (6.1)$$

bunda X - o'lchanayotgan kattalik; α - surilish burchagi.

Qo'zg'aluvchi qism harakatlanganda elektromagnit energiya o'zgarishiga teng ish bajariladi, bundan:

$$M_{ayl} = dW_{em} / d\alpha, \quad (6.2)$$

ya'ni W_{em} - elektromagnit energiya.

Qo'zg'aluvchi qism harakati o'lchanayotgan kattalikka bog'liqligini hosil qilish uchun aylanitiruvchi momentga **qarshi ta'sir etuvchi** M_q - momentini hosil qilinadi. Qarshi ta'sir etuvchi momentni mexanik va elektrik kuchlar hisobidan hosil qilish mumkin. Birinchi holda bu moment elastik elementlar - prujina, tortqi yoki osmalar tomonidan hosil qilinadi, chunki ular burilganda eshish xususiyatiga ega bo'lishadi. SHu sababli qarshi ta'sir etuvchi moment hosil bo'ladi. Bu moment burilish burchagi α ga to'g'ri proporsional bo'lib, quyidagi munosabat bilan ifodalanadi:

$$M_q = W\alpha, \quad (6.3)$$

bunda W - proporsionallik koeffitsienti, qarshi ta'sir etuvchi solishtirma moment deb ataladi.

Ikkinchi holatda qarshi ta'sir etuvchi momentni hosil qilish uchun mexanizmga qo'shimcha elektr ta'siri keltiriladi. Elektr qarshi ta'sir etuvchi momentli asboblarning **logometrlar** deb ataladi.

Ko'rsatkichning **turg'un holatida** aylanitiruvchi va qarshi ta'sir etuvchi momentlar teng bo'ladi

$$M_{ayl} = M_q \quad (6.4)$$

Momentlarning analitik ifodasidan foydalanib, 4 dan qo'zg'aluvchi qismning burilish burchagi bilan o'lchanadigan kattalik va asbobning parametrlari o'rtasidagi munosabatni topish mumkin.

$$\alpha = G'(X, V), \quad (6.5)$$

bunda V - asbobning parametrlari.

Elektromexanik asboblarning tuzilishi yoki mo'ljallanishi turli bo'lishiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

- qo'zg'aluvchi qismni birikmasi;
- qarshi ta'sir etuvchi moment qurilmasi;
- tinchlantirgich;
- sanoq qurilmasi va sh.k. lar.

Elektromexanik asboblarni elektron va raqamli asboblardan ajratib olish qiyin bo'lsa ham, ularning asosiy xususiyatlarini o'rganishda quyidagilarga e'tibor beriladi:

4.2. Texnik talablar va shartli belgilar

Barcha turdagi elektr o'lchov asboblariga (analog va raqamli), xuddi shunday elektr kattaliklarning o'lchovlariga va o'lchov o'zgartirgichlariga standart bo'yicha umumiy talablar belgilangan. Standart bo'yicha "Ampermetrlar va voltmetrlar", "Vattmetrlar va varmetrlar", "Fazometrlar" va boshqalarga talablar belgilab qo'yilgan. Davlat standartlari tomonidan alohida turli apparatlar va asboblarga aniqlik sinflari o'rnatilgan. Masalan, analog elektromexanik ampermetrlar va voltmetrlarga quyidagi aniqlik sinflari belgilangan: **0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0 va 5,0**. Bundan tashqari aniqlik sinfi 0,3 bo'lgan ampermetr va voltmetrlar chiqarishga ruxsat berilgan. Buzga ma'lumki, aniqlik sinflari asbobning asosiy keltirilgan xatoligi bo'yicha belgilanadi. YA'ni son jixatdan asbobning eng katta asosiy keltirilgan xatoligi asbobga o'rnatilgan aniqlik sinfi sonidan katta bo'lmasligi kerak. Masalan, aniqlik sinfi 0,2 deb o'rnatilgan asbobning eng katta asosiy keltirilgan xatoligi $\pm 2\%$ dan ortmasligi kerak.

Standart bo'yicha har bir aniqlik sinfi belgilangan asbobga ko'rsatish variatsiyasi xatoligi va asbob ko'rsatishining turli tashqi ta'sirlar ostida o'zgarishi (asbobning nishablanishi, tashqi muxit haroratining o'zgarishi, tashqi magnit va elektr maydonlar va sh.k.) reglamentlanadi.

Tegishli standartlar tomonidan asboblarning elektr chidamliligi va elektr zanjiri bilan asbob qutisi orasidagi o'zgarishga tokka izolyatsiyasi qarshiligi o'rnatiladi. Bundan tashqari harakatlanuvchi qismning tinchlanish vaqti reglamentlanadi. Harakatlanuvchi qismning tinchlanishi bilan bog'langan asbob ko'rsatishining turg'unlashishi absolyut ko'pchilik asboblarda uchun **4 sek.** dan ortmasligi kerak. YA'ni sanab olish qurilmasida asbob ko'rsatkichi o'lchovlanadigan kattalik o'zgarishi vaqtidan 4 sek. dan ortmagan vaqt orasida to'xtashi kerak.

Standart talablariga binoan analog elektromexanik ko'rsatuvchi asboblarda tok yoki kuchlanish o'ta yuklanishini o'lchash diapazonining katta qiymatiga yetib borganida $\pm 20\%$ ni 2 soat davomida ko'tarishi kerak.

O'lchov asboblari vazifasi (qo'llanilishi), tuzilishi, ishlash printsipi va texnik tavsiflari jihatidan xilma-xil bo'lganligi sababli, kerakli asbobni tanlab olishda osonlik tug'dirish maqsadida standart bo'yicha asbobning barcha tavsiflarini va boshqa xususiyatlarini **xarakterlovchi shartli belgilar** kiritilgan. Bu belgilar o'lchov asboblarining tsiferblati va qutisining ko'zga yaqin joylariga tushiriladi. Masalan, asbobning tsiferblatiga quyidagi shartli belgilar yozilishi kerak: o'lchanuvchi kattaliklarning birligi, masalan, A, V, W va sh.k.; asbobning aniqlik sinfi; asbob yasalgan Davlat standarti va uning raqami; tokning turi va fazalar soni; asbob tizimi va sh.k.lar qatori ishlab chiqaruvchi zavodning tovar belgisi.

Quyida shartli belgilardan va tegishli ma'lumotlardan ba'zi birlari keltirilgan.

Б.1-жадвал

Электр ўлчаш асбобларига ва ёрдамчи қисмларга қўйиладиган шартли белгилар

Тартиб рақами	Номи	Шартли белгиси	Тартиб рақами	Номи	Шартли белгиси
1	2	3	4	5	6

1. Ўлчашнинг асосий birliklari, ularning асосий кarrали ва улуғлиги қийматлари

1.1.	Килоампер	kA	1.13	Киловар	kvar
1.2	Ампер	A	1.14	Вар	var
1.3	Миллиампер	mA	1.15	Мегагерц	MHz
1.4	Микроампер	μA	1.16	Килогерц	kHz
1.5	Киловольт	kV	1.17	Герц	Hz
1.6	Вольт	V	1.18	Мегаом	MΩ
1.7	Милливольт	mV	1.19	Килоом	kΩ
1.8	Микровольт	μV	1.20	Ом	Ω
1.9	Мегаватт	MW	1.21	Миллиом	mΩ
1.10	Киловатт	kW	1.22	Тесла	T
1.11	Ватт	W	1.23	Миллитесла	mT
1.12	Мегавар	Mvar	1.24	Цельсий даражаси	°C

2. Асбобларнинг ўлчаш механизмлари сони ва ток турлари

2.1.	Ўзгармас ток	—	2.3	Ўзгармас ва ўзгарувчан ток	
2.2.	Ўзгарувчан ток (бир фазали)		2.4.	Уч фазали ўзгарувчан ток (умумий белгиси)	

1	2	3	4	5	6
2.5	Фаза юктамалары бир-биринга тенг булмаган уч фазалы узгартуучан ток (умунин белги)		2.8.	Фаза юктамалары тенг булмаган ич симли тармоқ учун икки улчаш механизмлы асбоб	
2.6	Уч симли тармоқ учун бир улчаш механизмлы асбоб		2.9.	Фаза юктамалары тенг булмаган түрт симли тармоқ учун икки улчаш механизмлы асбоб	
2.7.	Түрт симли тармоқ учун бир улчаш механизмлы асбоб.		2.10.	Фаза юктамалары тенг булмаган түрт симли тармоқ учун уч улчаш механизмлы асбоб	

3. Асбоб ва ёрдамчы қисм хавфсизлик белгилари

3.1	Асбоб изоляция (алюхидлани-ши) мустаҳкамлигинини синаш кучланиши 500 В.		3.3.	Асбоб изоляция (алюхидлани-ши) мустаҳкамлиги бўйича тек-ширилмайди	
3.2.	Асбоб изоляция (алюхидлани-ши) мустаҳкамлигинини синаш кучланиши 500 Вдан ортиқ (масалан, 2 кВ)		3.4.	Асбоб ёки ёрдамчы қисм юқори кучланиш остида	

4. Асбобларни қандай ҳолатида урнатиш кераклигини курсатувчи белгилар

4.1	Даражанинг тик (вертикал) ҳо-латида асбобни қўллаш		4.3.	Даражанинг горизонтал текис-лигини исбатан қиялик ҳо-латида (масалан, 60° бурчак остида) асбобни қўллаш	
4.2.	Даражанинг етик (горизонтал) ҳолатида асбобни қўллаш.				

4.4	Даражанинг тик (вертикал) ҳо-латида иш доираси 90° дан 100° гача бўлганда асбобни қўллаш		4.6.	Даражанинг горизонтал текис-лигини исбатан қиялик ҳо-латида иш доираси 45° дан 75° гача бўлганда асбобни қўллаш.	
4.5.	Даражанинг етик (горизонтал) ҳолатида иш доираси маъфий (-) 1° дан мусбат (+) 1° гача бўлганда асбобни қўллаш.		4.7.	Таъқиқ маъфийт майдонида ас-бобни мослаш асрамлигинини курсатувчи белги	

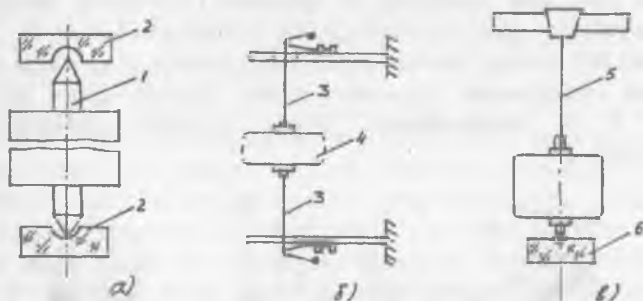
5. 9В ширининг умумий шартли белгилари

5.1.	Қўзғатувчан (рамкали) магнит-тоэлектрик асбоб		5.5.	Электромөгнит асбоб.	
5.2	Магниттоэлектрик логометр		5.6.	Қутбли электромөгнит асбоб	
5.3	Қўзғатувчи магнитли магнито-электрик асбоб		5.7.	Электромөгнит логометри	
5.4	Қўзғатувчи магнитли магнито-электрик логометр		5.8.	Электродинамика асбоб	

1	2	3	4	5	6
5.9.	Ферродинамик асбоб		5.16.	Электростатик асбоб	
5.10.	Электродинамик логометр		5.17.	Титраш асбоби (титражи)	
5.11.	Ферродинамик логометр		5.18.	Изоляцияланмаган иссиқлик ўзгарткич	
5.12.	Индукцион асбоб		5.19.	Изоляцияланган иссиқлик ўзгарткич	
5.13.	Индукцион логометр		5.20.	Уялаш занжирдаги электрон ўзгарткич	
5.14.	Симли қиздириладиган иссиқлик асбоби		5.21.	Ерданчи занжирдаги электрон ўзгарткич	
5.15.	Биметалл (қўшметалл) асбоб		5.22.	Тўғридагич	
5.23.	Тармоқлагич (шум)		5.31.	Мослағич (корректор)	
5.24.	Қўшимча қаршилик		5.32.	Муносиб ҳужжатга таъиниш	
5.25.	Қўшимча индуктив қаршилик		5.33.	Ерданчи умумий қисм	
5.26.	Тўла қўшимча		5.34.	Қалинлиги X мм бўлган, пўлат жўта	FeX
5.27.	Электростатик тўсиқ (экран)		5.35.	Қалинлиги ҳар хил бўлган пўлат жўта	Fe
5.28.	Магнит тўсиғи (экран)		5.36.	Қалинлиги ҳар хил ва материалли пўлат бўлмаган жўта	NFe
5.29.	Астатик асбоб	ast 24	5.37.	Қалинлиги ҳар хил бўлган жўта	FeNFe
5.30.	Ерга улаш учун қисқич				

4.3. Analog elektromexanik o'lchov asboblarning umumiy qismlari va detallari

Qo'zg'aluvchi qism qurilmasi. Qo'zg'aluvchi qism tovon tagi bilan kernlar –tayanchlarda (na kernax s podpyatnikami), tortmalarda (rastyajka) yoki osmalarda (podves) biriktiriladi va mahkamlanadi. Kernlar deganda uchi o'tkirlangan po'lat sim qirgimi 1 tushuniladi (6.2-rasm, a). Tayanchlar 2 odatda konus kabi o'yilgan chuqurchalik agat (aqiq mineral) yoki korund (qattiq mineral) plastinkasidan tayyorlanadi. Kern qo'zg'aluvchi qismga, tayanch (podpyatnik) esa –qo'zg'almas qismga mahkamlanadi.



6.2-rasm. Qo'zg'aluvchi qismni biriktirilishi.

Kernlar tayanchlarida ishqalanish kuchi, ularni qanday puxtalik bilan yaxshi materiallardan tayyorlanishiga qaramasdan, asbobning sezgirligini cheklaydi. Bunday holatdan chiqish uchun tortmalar qo'llaniladi (6.2- rasm,b). Tortmalar bir tomoni qo'zg'aluvchan qismga, ikkinchi tomoni qo'zg'almas qismga mahkamlangan 2 ta metall lenta-3dan iborat bo'ladi. Tortmalar qo'zg'aluvchi qism - 4 chulg'amiga tok keltirish uchun ham xizmat qiladi. Bu usulda asbobning sezgirligi ortadi va o'z iste'moli kamayadi.

Eng yuqori sezgirlikka mo'ljallangan asboblarda (galvanometrlar) qo'zg'aluvchi qism metall ip (lenta) da osib qo'yiladi (6.2-rasm, v). Bunda qo'zg'aluvchi qismga tok osma ipi orqali keltiladi va qalinligi bir necha mikron bo'lgan metall lenta orqali chiqariladi. Lentali osma -5 ostki tayanch – 6 bilan qo'llaniladi. Ostki tayanch yo'naltiruvchi rolni o'ynaydi. O'lchash jarayonida qo'zg'aluvchi qism osmada bimalol osilib turishi kerak.

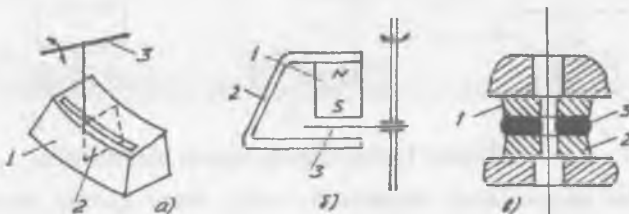
Qarshi ta'sir etuvchi moment qurilmasi. Analog o'lchov asboblari qarshi ta'sir etuvchi momentni hosil qilish uchun kernlarda biriktirilgan asboblarda uchun spiralsimon prujina qo'llaniladi. Bularda spiralsimon prujinaning ichki uchi qo'zg'aluvchi qismga, tashqi uchi esa – qo'zg'almas qismga mahkamlanadi. SHunday qilib, qo'zg'aluvchi qism aylantirish momenti ta'sirida burilganda prujinani aylantiruvchi moment bilan qarshi ta'sir etuvchi

moment tenglashmaguncha buraydi. Ba'zida ikkita prujina qo'llaniladi. Bu holda prujinalardan qo'zg'aluvchi qismga tok keltirish uchun ham foydalaniladi. Tortmalar va osmalar qo'llanilgan asboblarda bulaming burilishi bir vaqtning o'zida ularning eshilishi sababli qayta ta'sir etuvchi momentni hosil qiladi.

Real asboblarda tortmalardan biri, xuddi spiralsimon prujinaning birini tashqi uchi asbob qutisiga o'rnatilgan maxsus vintga maxkamlangani kabi mahkamlanadi. Bu vint korrektor deyiladi va ko'rsatkichni nolga keltirish uchun xizmat qiladi.

Tinchlantirgich. O'lchov mexanizmining bu elementi tinchlantirish momentini hosil qilib asbobning tez ishlashini ta'minlaydi. Havoli, magnit-induksion yoki suyuqlikli tinchlantirgichlar qo'llaniladi (6.3-rasm).

Xavoli (6.3-rasm,a) tinchlantirgich yopiq kamera -1 va ichida suriladigan alyumindan tayyorlangan 2-qanotdan iborat. Alyumin qanot qo'zg'aluvchi qism-o'q 3 ga mahkamlanadi. Bunda xavoning qarshiligi hisobiga tinchlantiriladi.

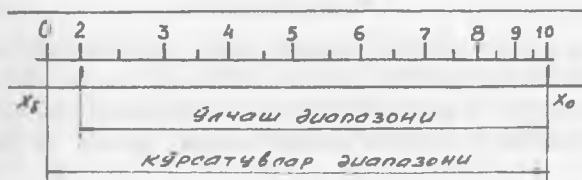


6.3-rasm. Tinchlantirgichlar.

Magnit-induksion (6.3,b-rasm) tinchlantirgich doimiy magnit-1, magnit o'tkazgich-2 va buriluvchi o'qqa mahkamlangan alyumindan tayyorlangan qanot-3 dan iborat. Bunda doimiy magnit maydoni va qanotdagi uyurma toklar o'zaro ta'siri ostida tinchlantiriladi.

Suyuqlikli (6.3,b-rasm) tinchlantirgich ikkita diskdan tashkil topadi. Biri - 1 qo'zg'aluvchi qismga, ikkinchisi -2 qo'zg'almas qismga mahkamlanadi. Disklar orasiga maxsus suyuqlik 3 quyiladi. Suyuqlikning yopishqoqligi sababli tinchlantiriladi. Bu turdagi tinchlantirgichlar asosan tortmali asboblarda qo'llaniladi.

Sanoq qurilmasi. Analog asboblarning sanoq qurilmasi asbob tsiferblatiga tushirilgan shkaladan va ko'rsatkichdan iborat. Shkalaga (6.4-rasm) o'lchaniladigan kattalikning qandaydir qiymatlariga mos keladigan chiziqcha shaklidagi belgilar tushiriladi. Shkaladagi sonli qiymatlar ko'rsatilgan belgilar shkalaning sonli belgilari deyiladi.



6.4 – rasm. O'lchov asbobi shkalasi.

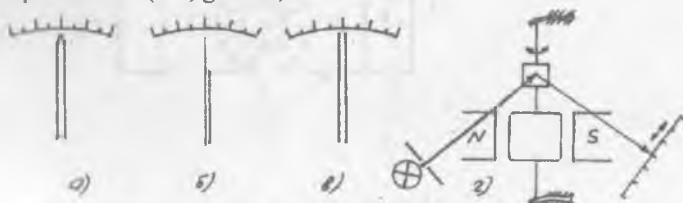
SHkalaning ikki qo'shni belgilari orasidagi oraliq shkalaning bo'linmasi deyiladi. SHkalaning ikki qo'shni belgisi mos kelgan kattalik qiymatlari ayirmasi shkala bo'linmasining qiymati (narxi) deyiladi. O'zgarmas bo'linmali va o'zgarmas qiymatli shkala tekis (maromli) shkala deyiladi, o'zga xolda tekismas (maromsiz) shkala deyiladi.

O'lchanayotgan kattalikning sanoq qurilmasi bilan aniqlanadigan hamda o'lchanayotgan kattalik uchun qabul qilingan birliklarda ifodalangan qiymatlari o'lchov asbobining ko'rsatishlari deyiladi. SHkalada ko'rsatilgan eng kichik qiymati shkalaning boshlang'ich qiymati, eng kattasi esa, oxirgi qiymati deyiladi. SHkalaning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari bilan chegaralangan qiymatlari sohasi (oralig'i) ko'rsatuvlar diapazoni deyiladi. O'lchanayotgan kattalikning o'lchov vositalari uchun yo'l qo'yiladigan xatoliklar normalangan (me'yorlangan) qiymatlari sohasi o'lchov diapazoni deyiladi. O'lchov diapazonining eng kichik va eng katta qiymatlari o'lchov chegaralari deyiladi.

6.4-rasmdagi shkalada: (0÷10)-ko'rsatuvlar diapazoni; (2÷10) –o'lchov diapazoni; X_b va X_o - shkalaning boshlang'ich va oxirgi qiymatlari; 2 va 10 –o'lchov chegaralari.

Ko'rsatkichlar. Ko'rsatkichlar strelkasimon va yorug'lik nurlilarga bo'linadi. Strelkasimon ko'rsatkichlar ko'rsatuv qismining shakliga qarab ponasimon, pichoqsimon va tayoqsimon – turlari tarqalgan. 6.5-rasmda: a) ponasimon; b) pichoqsimon; v) tayoqsimon ko'rsatkichlar namunalari keltirilgan.

YOrug'lik nurli ko'rsatkichlar yuqori sezgirlik talab etilgan o'lchov asboblurida qo'llaniladi (6.5, g-rasm).



6.5 – rasm. Ko'rsatkichlar namunalari.

Nazorat savollari.

1. Analog o'lchov asboblari deganda, qanday asboblar tushuniladi?
2. Analog o'lchov asboblari struktura sxemasini sharxlab berilsin.
3. Aylantiruvchi va qarshi ta'sir etuvchi momentlar qanday hosil bo'-ladi?
4. Elektromexanik asboblar qanday umumiy qismlar va detallarga ega bo'lishadi?
5. Texnik talablar deganda qanday talablar tushuniladi?
6. O'lchov asboblarga qo'yiladigan shartli belgilar ifodalashlari bo'yicha qanday asosiy guruxlarga bo'linadi?
7. Qo'zg'aluvchi qism qurilmasi turlarini chizib aytib berilsin.
8. Qarshi ta'sir momentlari qanday hosil qilinadi?
9. Tinchlantirgich turlarini sharhlab berilsin.
10. Ko'rsatkichlarning qanday turlarini bilasiz.

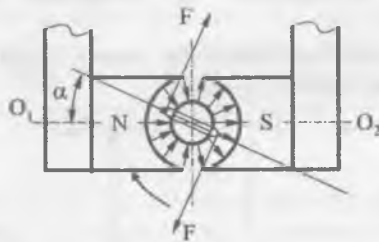
4.4. Magnitoelektrik tizim asboblari

Bu tizimdagi asboblarning ish printsipli **doimiy magnitning magnit maydonini o'lchanayotgan tok oqib o'tuvchi ramka bilan o'zaro ta'siriga** asoslanadi (7.1-rasm). Bu yerda N , S - magnit qutblari; G' - ramkaga ta'sir etuvchi kuch; α - burilish burchagi.

Burilish burchagi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\alpha = IBS w/W = IS_T, \quad (7.1)$$

bu yerda I - ramkadan oqib o'tayotgan (o'lchanayotgan) tok; V - havoli tirqishdagi magnit induktsiyasi; S - ramkaning aktiv maydoni; w - ramkaning cho'lg'amini o'ramlari soni; S_T - mexanizmning tokka sezgirligi, formuladan ko'rinishicha ushbu asbob uchun doimiy.



7.1 - rasm. Magnitoelektrik mexanizmning sxemasi.

Afzalligi - sezgirligi, quvvatni kam iste'mol qilishi, shkalasining bir muqimligi. Aniqlik sinfining yuqoriligi - 0,1; 0,2; 0,5; 1,0.

Kamchiligi - konstruksiyasini murakkabligi, qimmatligi, o'ta yuklamalarga sezgirligi, o'zgarmas tok zanjirida qo'llanilishi.

Magnitoelektrik asboblarda o'zgarmas tok ampermetrlari va voltmtrlari sifatida keng qo'llaniladi. Ularning o'lchash chegaralari nanoampyerdan kiloampergacha, millivolt ulushidan kilovoltgachani tashkil qiladi. Bu tizim asboblari Ommetrlar va o'zgarmas tok zanjirlarida galvanometrlar - muvozanatlashuv ko'rsatkichi sifatida ham qo'llaniladi. Agarda to'g'rilagichlar ishlatilsa o'zgaruvchan tok zanjirlarida ham qo'llaniladi.

4.5. Elektromagnit tizim asboblari

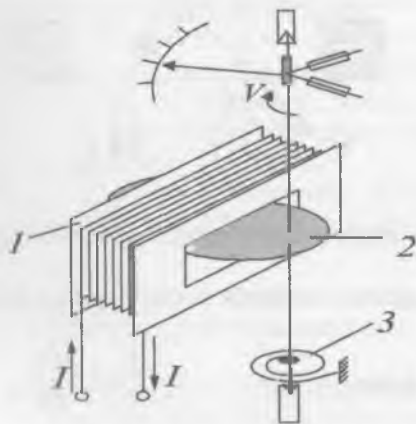
Bu tizimdagi asboblarning ishlash printsipi chulq'amidan o'lchanilayotgan tok o'tayotgan elektromagnitning magnit maydoni bilan bitta yoki bir nechta ferromagnit o'zaklarning o'zaro ta'siriga asoslanadi.

Elektromagnit asbobning mexanizmini tuzilish sxemasi 7.2-rasmda keltirilgan. Bu yerda 1-elektromagnit, 2-o'zak, 3-o'zak biriktirilgan o'q.

O'zakning burilish burchagi quyidagi formula bilan ifodalanadi.

$$\alpha = \frac{1}{2W} \frac{dL}{d\alpha} I^2, \quad (7.2)$$

bunda L - g'altak induktivligi.



7.2 - rasm. Elektromagnit mexanizmning sxemasi.

Afzalligi - o'zgaras va o'zgaruvchan toklarda qo'llanilishi, tokning o'ta yuklamasini ko'tarishi, konstruksiyasining soddaligi va arzonligi.

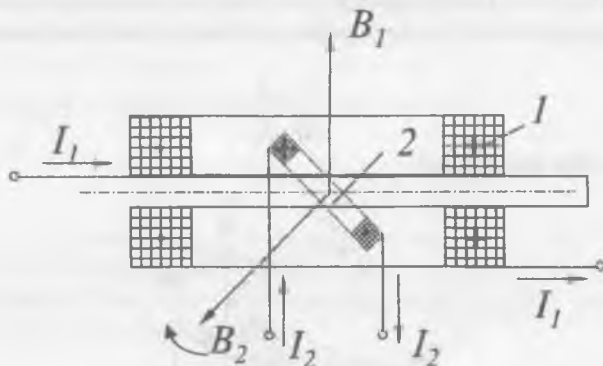
Kamchiligi - shkalasi bir maromli emasligi, tashqi magnit maydonlarining ta'siri va katta quvvat iste'mol qilishi.

Elektromagnit tizim asboblari ampermetrlar, voltmترلar, fazometrlar va chastotomerlar sifatida keng qo'llaniladi.

Aniqlik sinfi 1,0 va past sinfli shchit ampermetrlari va voltmترلari hamda aniqlik sinfi 0,5 bo'lgan ko'chma ko'p chegarali asboblari ishlab chiqariladi.

4.6. Elektro - va ferrodinamik tizim asboblari

Elektrodinamik tizim asboblari ishlash printsiplari qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas tokli g'altaklarning magnit maydonlarini o'zaro ta'siriga asoslangan. Ishlash printsiplari tavsiflaydigan konstruktiv sxema 7.3-rasmda keltirilgan: 1- qo'zg'almas g'altak, 2- qo'zg'aluvchan g'altak, V_1 va V_2 lar g'altaklarning magnit induktsiyasi vektorlarini yo'nalishi.



7.3 - rasm. Elektrodinamik mexanizmning sxemasi.

Burilish burchagining matematik ifodasi quyidagicha yoziladi:

o'zgaras tok uchun
$$\alpha = \frac{1}{W} I_1 I_2 \frac{dM_{12}}{d\alpha}; \quad (7.3)$$

o'zgaruvchan tok uchun
$$\alpha = \frac{1}{W} I_1 I_2 \cos \varphi \frac{dM_{12}}{d\alpha}, \quad (7.4)$$

bu yerda I_1 , I_2 - birinchi va ikkinchi g'altaklardagi toklar, o'zgaruvchan tok zanjirlarida g'altaklardagi toklarining ta'sir etuvchi qiymatlari, M_{12} - g'altaklar orasidagi o'zaro induktivlik, φ - I_1 va I_2 toklar orasidagi faza farqi.

Ifodalarni tahlili bo'yicha:

1. I_1 va I_2 toklarini yo'nalishlarini bir vaqtda o'zgartirilsa α -burchagining burilish yo'nalishi o'zgarmaydi. Shu sababdan o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llanishi mumkin.

2. Shkalaning maromi I_1 va I_2 toklarning ko'paytmasi, g'altaklar shakli va ularning o'zaro joylashishi, ya'ni o'zaro induktivlik M_{12} ga bog'liq.

Afzalligi - o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida ko'rsatishi bir xil, ferromagnit o'zagi yo'q, katta aniqlikda graduировка qilinadi, vaqt bo'yicha ko'rsatishi turg'un.

Kamchiligi - sezgirligi yuqori emas, katta quvvat iste'mol qiladi, o'ta yuksalmalarga sezgir.

Ishlab chiqariladi: aniqlik sinfi 0,5; 0,2; 0,1 bo'lgan ko'p chegarali asboblari: ampermetrlar - 1 mA dan 10 A gacha, voltmtrlar - 1,5 dan 600 V gacha, chastota diapazoni 10 Gts dan 10 kGts gacha, bir fazali vattmetrlar 2 mA dan 10 A va 15 dan 600 V gacha.

Ferrodinamik asboblarning qo'zg'almas g'altagi ferromagnit materialdan tayyorlangan o'zakka joylashtirilgan bo'ladi. Bu o'zak qo'zg'aluvchi g'altakka ta'sir etadigan magnit maydonni kuchaytirib beradi.

Afzalligi - tashqi magnit maydonlarining ta'sirini kamligi, kam quvvat iste'mol qilishi, katta aylantiruvchi moment.

Kamchiligi - past aniqligi va chastota diapazoni.

Ishlab chiqariladi: aniqlik sinflari 1,5 va 2,5 bo'lgan silkinishga, titrashga va zarbalarga bardoshli shchit ampermetrlari va voltmtrlari; aniqlik sinfi 0,5 bo'lgan ko'chma ampermetrlar va voltmtrlar; aniqlik sinflari 0,2 va 0,5 bo'lgan shchit va ko'chma vattmetrlar. Bular asosan sanoat chastotasidagi o'zgaruvchan toklarda qo'llaniladi.

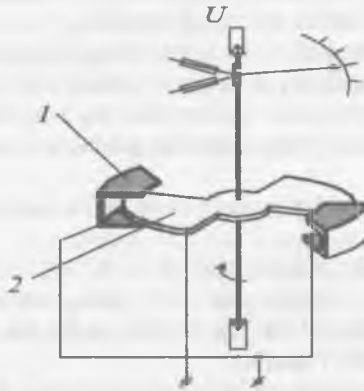
Elektrodinamik va ferrodinamik logometrlari mexanizmlar yordamida fuqometrlar, chastotomerlar, sig'im, induktivlikni o'lchagichlar va boshqalar ishlab chiqariladi.

4.7. Elektrostatik tizim asboblari

Bularda aylantiruvchi moment biri qo'zg'almas ikkinchisi qo'zg'aluvchan shchit zaryadlangan o'tkazgichlar sistemasining o'zaro ta'siri natijasida hosil bo'ladi. 7.4-rasmda elektrostatik mexanizmning sxemasi keltirilgan. Bu yerda 1-qo'zg'almas kamera, 2-qo'zg'aluvchan plastina. Agarda ikkalasiga U- kuchlanish berilsa elektrostatik kuchlar tortilishi printsiipi asosida plastina 2 tomonlari tomonlari keladi. Burilish burchagi quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = \frac{1}{2W} U^2 \frac{dC}{d\alpha}, \quad (7.5)$$

bunda S - ikki sistema orasidagi sig'im.



7.4-rasm. Elektrostatik mexanizmning sxemasi

Afzalligi - o'zgarmas va o'zgaruvchan tok zanjirlarida qo'llaniladi, o'zgarmas tokda quvvat iste'mol qilmaydi.

Kamchiligi - tashqi elektr maydonlar ta'siri, yasashda yuqori sifat talab qiladi.

Ishlab chiqariladi: voltmترلar 10V dan 300 kV gacha, aniqlik sinflari 1,0; 1,5; 2,5, chastota diapazoni 20 Gts dan 30 MGts gacha.

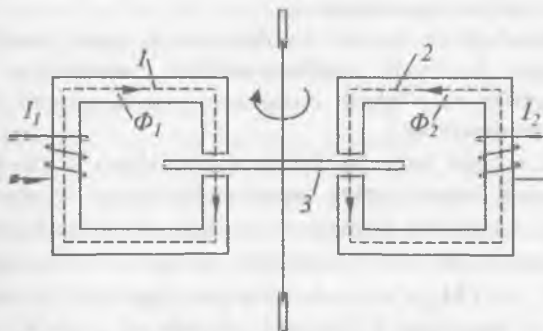
4.8. Induksion tizim asboblari

Bu tizimdagi asboblار ishlash printsiپi o'zgaruvchan magnit oqimlari alyumin plastinani kesib o'tganda uyurma toklarni induksiyalaydi, shu toklar bilan magnit oqimlarni o'zaro ta'siriga asoslanadi. 7.5-rasmda shu tizimni ishlashini tavsiflovchi mexanizmning sxemasi keltirilgan. I_1 va I_2 birinchi va ikkinchi elektromagnitlarning chulg'amlaridagi toklar, 3-qo'zg'aluvchan alyumin disk.

Aylantiruvchi moment formulasi quyidagicha yoziladi:

$$M = cf\Phi_1\Phi_2 \sin \varphi, \quad (7.6)$$

bu erda s - proporsionallik koeffitsienti; Φ_1 , Φ_2 - elektromagnit-larning magnit maydonlari oqimlari; f - chastota; φ - magnit oqimlar fazalari farqi.



7.5-rasm. Induksion mexanizmnining sxemasi.

Bunday mexanizmlardan foydalanib bir va uch fazali induksion elektr energiyasi hisoblagichlari (schetshiklar) ishlab chiqariladi va xalq xo'jaligida bunda maishiy xizmat doiralarida keng qo'llaniladi.

Nazorat savollari

1. Magnitoelektrik tizim asboblari ish printsipi nimaga asoslanadi?
2. Magnitoelektrik asboblarda qo'zg'aluvchi qismning burilishini karakterlaydigan ifodani sharxlab berilsin.
3. Magnitoelektrik va elektromagnit tizimli asboblarning tuzilishi va ishlashidagi asosiy farq nimalardan iborat?
4. Magnitoelektrik asboblarning qanday xususiyatlari ularning afzalligi va kamchiligini belgilaydi?
5. Elektromagnit asboblarning afzalligi va kamchiligi nimalardan iborat?
6. Elektrodinamik tizimi asboblarning ishlash printsipini tushuntirib bering.
7. Elektro-ferrodinamik asboblari qanday tavsiflari bilan ajralib turadi?
8. Elektro-ferrodinamik mexanizmlar asosida qanday asboblari ishlab chiqariladi?
9. Elektrostatik asboblari nega faqat voltmeter sifatida qo'llaniladi?
10. Induksion asboblari qayerda qo'llaniladi?

4.9. Elektr qarshilik o'lchagichlari

Amaliyotda o'lchaniladigan elektr qarshiliklarni diapazoni juda keng bo'lgan (10^{10} Ohm gacha), shuning uchun buni shartli ravishda uchta qismga

bo'lishadi – **kichik qarshiliklar** (10 Om dan kichiklari), **o'rtacha** (10 dan 10^6 Om gacha) **katta** (10^6 Om dan yuqorisi). Har bir diapazondagi qarshiliklarni o'lchash o'ziga xos xususiyatga ega.

O'lchaniladigan qarshiliklar diapazoniga qarab qarshilik o'lchagichlar quyidagilarga bo'linadi: **milliometrlar**, **ommetrlar**, **kiloommetrlar**, **megaommetrlar** va o'lchash chegarasini yuqori qiymati 10^9 Om dan katta bo'lgan **teraommetrlar**.

8.1 - rasmda katta va kichik qarshiliklarni o'lchashga mo'ljallangan elektromexanik ommetrlarning sxemalari keltirilgan. 8.1-rasmdagi qo'shimcha rezistor R_K , a-sxemada ketma-ket ulanilgan o'lchaniladigan qarshilik R_x va o'lchash mexanizmi bilan ketma-ket ulangan, b-sxemada o'zaro parallel ulangan R_x va O'M ga ketma-ket ulangan. Agarda O'M ning ichki qarshiligi R_A bo'lsa, u holda kalit K ochiqligida O'M dan o'tuvchi tok 8.1,a-rasmdagi sxemada

$$I = \frac{U}{R_x + R_A + R_K} \quad (8.1)$$

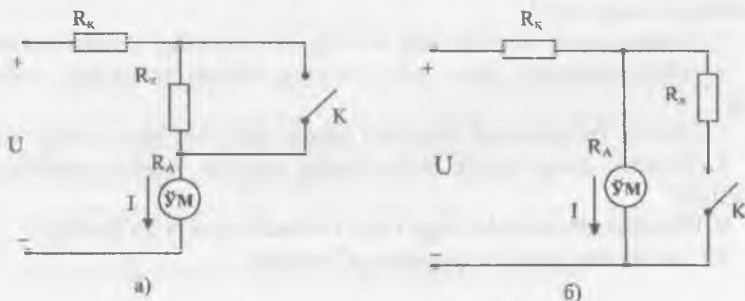
bundan, $I = U/(R_A + R_x)$ da $R_x = 0$ va $I = 0$ da $R_x = \infty$ bo'ladi.

8.1, b-rasm sxemasi uchun kalit K yopiqligida

$$I = \frac{UR_x}{R_A R_K + R_x R_K + R_A R_x}, \quad (8.2)$$

bundan, $I = 0$ da $R_x = 0$ va $I = U/(R_K + R_A)$ da $R_x = \infty$ bo'ladi.

Agarda o'lchov jarayonida qo'yilgan kuchlanish U o'zgarmas ushlab turilsa tok I va demak ko'rsatkichning burilish burchagi ikkala holda ham R_x funksiyasi bo'ladi.

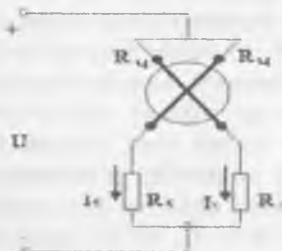


8.1 - rasm. Elektromexanik ommetr sxemalari.

Tok I ning keltirilgan qiymatlariga ko'ra R_x qiymatini 0 dan ∞ gacha o'lchash uchun 8.1, a-rasm sxemasi asbobi ko'rsatish shkalasi teskari, 8.1, b-rasm sxemasiniki esa to'g'ri bo'lishi kerak. 8.1,a-rasm sxemasi o'lchaniladigan qarshilikning katta qiymatlari ($R_x > 10\text{M}$) va 8.1,b-rasm sxema kichik qarshiliklarni o'lchashda qo'llaniladi. Sxemalarda kalit K asbob shkalasining graduировkasini to'g'riligini tekshirish uchun kerak bo'ladi. Bu sxemalar kombinatsiyalangan asboblarda qo'llaniladi. Masalan, TS4313, TS4354 va boshq. O'M sifatida magnitoelektrik mikroampermetrlar ishlatiladi. Bunday ommetrlarning asosiy kamchiligi bo'lib, asbob ko'rsatishini manba kuchlanishiga bog'liqligi hisoblanadi. SHu sababdan o'lchash ishidan avval shkalani omlardagi graduировkasi tekshiriladi va sxemadagi boshqariluvchi rezistor yordamida to'g'rilash o'tkaziladi.

Bu kamchiliklardan logometrl ommetrlar xolis bo'ladi. Ularning ko'rsatishi kuchlanishga bog'liq bo'lmaydi.

8.2-rasmda magnitoelektrik logometrning sxemasi keltirilgan. Bu sxemada R_x qarshiligi o'lchanilayotgan rezistor mexanizm ramkalarining birortasiga yoki ketma-ket, yoki parallel ulanadi. Ketma-ket ulanishi o'rtacha va katta qarshiliklar uchun, parallel esa kichik qarshiliklarga mo'ljallanadi. 8.2-rasmda ketma-ket ulanishiga misol tariqasida sxema keltirilgan. Bu yerda, R_{ch} - ramkalar chulg'amlari qarshiliklari; R - qo'shimcha qarshilik; R_x - o'lchanilayotgan qarshilik; I_q va I_x tegishli qarshiliklar toklari.



8.2-rasm. Logometrik ommetr sxemasi.

Ramkadagi toklar:

$$I_x = \frac{U}{R_q + R_x}, \quad I_q = \frac{U}{R_q + R_{ch}}.$$

Inondan, agarda ramka chulg'amlari qarshiliklari inobatga olinmasa, qo'zg'atuvchi qo'simning burilish burchagi α quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = F\left(\frac{I_Y}{I_K}\right) = F\left(\frac{R_K + R_t}{R_K + R_Y}\right) = F(R_Y). \quad (8.1)$$

Logometrik ommetrlar aniqlik sinflari yuqori emas (1,5; 2,5; 4,0). **Soddaligi** va **arzonligi** bilan yuqori aniqlik talab etmaydigan o'lchovlarda qo'llaniladi.

Kuchlanish ostida bo'lmagan ekranlashtirilgan kabellarni izolyatsiya qarshiligini o'lchashda **elektromexanik logometrlri megaommetrlar** qo'llaniladi.

Erlanish (zazemlenie) qarshiligini o'lchashda ampermetr va voltmeter usuli yoki logometrik asbob ishlatiladi. Bu o'lchashlar o'zgaruvchan toklarda olib boriladi va katta kirish qarshilikka ega **elektrostatik** yoki **elektron voltmetr**lar qo'llaniladi. Logometrlri printsipda ishlaydigan o'lchagichlar keng tarqalgan. Bu printsipda erlanishni o'lchaydigan MS-08 turidagi asbob ishlab chiqariladi. SHkalasi omlarda graduirovka qilinadi. O'lchash chegaralari 10, 100 va 1000 Om.

4.10. Quvvat o'lchagichlar

O'zgarmas va bir fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchashda **elektrodinamik** va **ferrodinamik** vattmetrlar qo'llaniladi. Laboratoriya amaliyotida asosan aniqlik sinfi 0,1; 0,2; 0,3 va 0,5 bo'lgan elektrodinamik vattmetrlar qo'llaniladi. Sanoatda texnik o'lchashlarda aniqlik sinfi 1,0; 1,5 va 2,5 bo'lgan ferrodinamik vattmetrlar keng qo'llaniladi.

Vattmetrlar bir diapazonli va ko'p diapazonli turda ishlab chiqariladi. Bir diapazonlikda asbobning shkalasi o'lchanadigan kattalik qiymatlarida **graduirovka qilingan** bo'ladi (vatt, kilovatt va hokazo). Ko'p diapazonli asboblarda laboratoriyada qo'llanilib **graduirovka qilinmagan** shkalaga ega bo'ladi. Bularni qo'llashdan oldin ma'lum nominal qiymatlar I_n va U_n hamda shkalaning bo'linmalari soni α_{mk} da bo'linmaning qiymatini S_n aniqlab olish kerak.

$$C_n = \frac{U_n I_n}{\alpha_{mk}}. \quad (8.2)$$

U holda vattmetr o'lchayotgan quvvatning qiymati quyidagicha topiladi:

$$P = C_n \alpha, \quad (8.3)$$

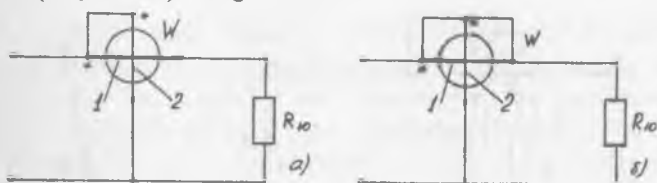
bu yerda, C_n - tanlab olingan diapazon uchun shkala bo'linmasining qiymati; α - shkaladan sanab olingan bo'linmalar soni.

Elektrodinamik vattmetrlar **o'zgarmas tok** va **chastotasi bir necha ming gerts**gacha bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun

qo'llaniladi. Ferrodinamik vattmetrlar asosan sanoat chastotasidagi o'zgaruvchan tok zanjirlarida quvvatni o'lchash uchun qo'llaniladi.

8.3-rasmda vattmetrning zanjirga ulanish sxemalari keltirilgan. Bu yerda, 1-o'qibobning qo'zg'almas g'altagi bo'lib, yuklama zanjiriga ketma-ket ulanadi va vattmetrning ketma-ket zanjiri yoki tok chulg'ami deb yuritiladi; 2-o'qibobning qo'zg'aluvchan g'altagi bo'lib, yuklamaga parallel ulanadi va parallel zanjir yoki kuchlanish chulg'ami deb yuritiladi.

G'altaklarda yulduzchalar bilan belgilab qo'yilgan qismlari generator qlamulari deyiladi. Tok chulg'aming generator qismasi manba tarafga ulanadi. Kuchlanish chulg'aming generator qismasi agarda yuklamaning qarshiligi nisbatan katta bo'lsa manba tarafga (8.3, a-rasm) va nisbatan kichik bo'lsa yuklama (8.3, b-rasm) tarafga ulanadi.



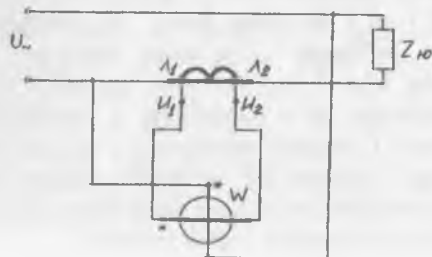
8.3 - rasm. Vattmetrning zanjirga ulanish sxemasi.

O'zgaruvchan tok zanjirlarida vattmetrlarning barcha qo'llanishida o'lchash diapazonini kengaytirish uchun tok va kuchlanish o'lchov transformatorlaridan foydalaniladi.

8.4-rasmda vattmetrni tok o'lchov transformatori orqali ulanishi sxemasi keltirilgan, bu yerda o'lchanilayotgan quvvatning qiymati quyidagi ifoda yordamida topiladi:

$$P = P_w K_{I_n} \quad (8.4)$$

bu yerda, P_w - vattmetrning ko'rsatishi; K_{I_n} - o'lchov transformatorining transformatsiyalash koeffitsientining nominal qiymati.



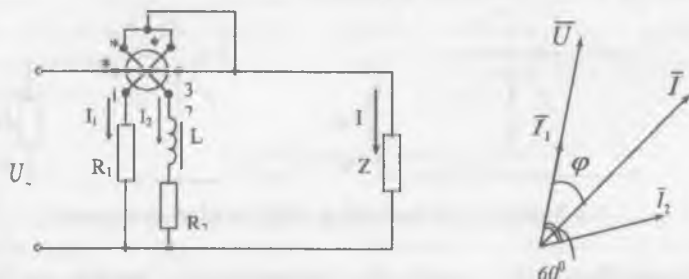
8.4-rasm. Vattmetrni tok o'lchov transformatori orqali

bir fazali zanjirga ulanishi sxemasi.

Uch simli uch fazali zanjirlarda ikki elementli va to'rt simli zanjirlarda uch elementli vattmetrlar qo'llaniladi. Bu vattmetrlarni elementlarini zanjirga ulanishi xuddi alohida-alohida ulangan bir fazali vattmetrlar ulanish kabi bo'ladi.

4.11. Fazalar siljish burchagini o'lchagichlar

Fazalar siljish burchagi φ va quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ni o'lchashda bevosita va bilvosita usullardan foydalanish mumkin.



8.5-rasm. Elektrodinamik fazometrning sxemasi va vektor diagrammasi.

Fazalar siljish burchagi φ va quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ ni bevosita o'lchash usulida ko'rsatuvchi elektromexanik asbob - **fazometr** qo'llaniladi. **Logometr** mexanizmli elektrodinamik va ferrodinamik fazometrlar keng tarqalgan. 8.5-rasmda elektrodinamik fazometrning elektr sxemasi va vektor diagrammasi keltirilgan.

Fazometrning harakatlanuvchi qismi o'zaro $\gamma = 60^\circ$ ostida qattiq biriktirilgan 2 ta 1 va 2 ramkadan iborat. Bu ramkalar o'qqa mahkamlanib ikkita sektsiyaga bo'lingan qo'zg'almas chulg'am 3 magnit maydonida aylanadi. 1 ramka bilan ketma-ket aktiv qarshiligi R_1 bo'lgan rezistor, 2 ramkaga esa ketma-ket qilib induktivligi L qarshiligi R_2 bo'lgan drossel ulangan. Induktivlik L shunday tanlanganki, 1 va 2 ramkalardagi toklar fazalari bo'yicha bir-biriga nisbatan 60° burchakka surilgan bo'ladi. Qo'zg'almas chulg'am magnit maydoni bir tekisligi sharti bilan aylantiruvchi momentlar M_1 va M_2 lar ifodalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= c_1 I_1 \cos(\gamma - \alpha) \cos \varphi; \\ M_2 &= c_2 I_2 \cos \alpha \cos(\gamma - \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (8.5)$$

bu yerda α - harakatlanuvchi qismning burilish burchagi; $\gamma = 60^\circ$ o'zaro qattiq biriktirilgan 1 va 2 ramkalar orasidagi burchak; φ - yuklama toki va kuchlanishni fazalari farqi (siljish burchagi); s_1 va s_2 - proporsionallik koeffitsientlari.

M_1 va M_2 momentlar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, asbobning harakatlanuvchi qismi turg'unlikka $M_1=M_2$ bo'lganda erishadi, shuning uchun

$$c_1 I_1 \cos(\gamma - \alpha) \cos \varphi = c_2 I_2 \cos \alpha \cos(\gamma - \varphi). \quad (8.6)$$

Agarda $s_1 I_1 = s_2 I_2$ sharti bajarilsa, (12.2) tenglik $\alpha = \varphi$ bo'lganda qanoatlaniriladi. SHunday qilib, fazometrni harakatlanuvchi qismining burilish burchagi yuklamadagi kuchlanish va tok orasidagi faza siljishiga tengdir. Asbob chiziqli (maromli) shkalaga ega. Manbaga ulanmagan fazometrni ko'rsatkichi shkalada har qanday joyda turishi mumkin, chunki ramkalarga tok momentsiz o'tkazgichlar orqali uzatiladi.

Uning ko'rsatishi yuklamadagi kuchlanishning stabilligiga uncha bog'liq emas (10-20%). Kamchiligi sifatida signal manbaidan katta quvvat iste'mol qilishi (5-10 B·A) va ko'rsatishining chastotaga bog'liqligini keltirish mumkin.

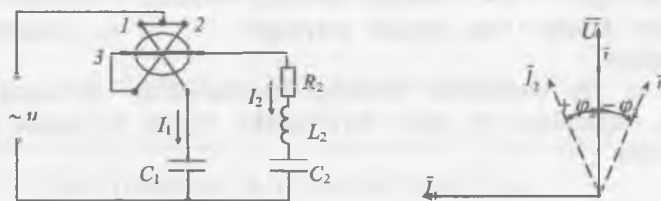
Fazometrning shkalasi siljish burchagi φ va quvvat koeffitsienti $\cos \varphi$ qiymatlarida graduировка qilinishi mumkin. Laboratoriya fazometrlarining keltirilgan xatoligi $\pm 0,5\%$ dan oshmaydi. Bunday tavsiflarga D578 turdagi elektrodinamik fazometrlar ega.

Elektromexanik chastotomerlar. Bu chastotomerlar 20-2500 Gts chastota diapazoniga mo'ljallangan bo'lib aniqlik sinfi $0,2+2,5$ doirasida tayyorlanadigan elektrodinamik, ferrodinamik va elektromagnit mexanizmlar qo'llaniladigan asboblardan iborat bo'ladi.

Elektromexanik chastotomerlarni qo'llash usulida eng soddasi bo'lib rezonansli elektromagnit (vibratsion) chastotomer hisoblanadi. CHastotani o'lchash uchun bu asbobning elektromagniti xuddi voltmeter kabi tarmoqqa qo'llanadi. Elektromagnit maydonida bir tomoni qo'zg'almas qilib mahkamlangan va o'z xususiy tebranishlar chastotasiga ega bo'lgan po'lat plastinkalar joylashtiriladi. Plastinkalarning ikkinchi tomoni ozod bo'lib yorqin rangga bo'yaliq, egilgan bo'ladi. O'zgaruvchan magnit maydoni ta'sirida bir davrda ikki marotaba plastinkalar elektromagnitga tortilib turadi. Qaysi plastinaning xususiy tebranishlar chastotasi tokning ikkilangan chastotasiga teng bo'lsa shu chastota eng katta amplituda bilan tebranadi. SHkala tomonidan esa plastinaning o'zgaruvchan qismini yorqin rangga bo'yalgani uchun ko'rinadi. Bu

asboblarning o'lchash diapazoni 45-55 yoki 450-550 Gts, nisbiy xatoligi 1,0-2,5 % bo'ladi.

8.6-rasmda logometrik mexanizm asosida qurilgan elektrodinamik chastotomerning printsipial sxemasi va vektor diagrammasi keltirilgan.



8.6-rasm. Elektrodinamik chastotomerning sxemasi va vektor diagrammasi.

Asbobning 1 chulg'amini zanjiriga S_1 kondensator ulangan. U kuchlanish U va tok I_1 orasida fazalar siljish burchagini 90° ga yaqinlashtiradi. 2 chulg'am qo'zg'almas chulg'am 3, rezonans konturi L_2, C_2 va qo'shimcha qarshilik R_2 bilan ketma-ket ulangan. Kontur o'lchash diapazoning o'rtacha qiymatiga yaqin bo'lgan chastota qiymatiga sozlanadi. Asbobda bir-biriga qarama-qarshi yo'nalgan ikkita moment ta'sir etadi. Bu momentlar quyidagicha yozilishi mumkin:

$$\begin{aligned} M_1 &= I_1 I_2 \cos(I_1, I_2) k_1 f_1(\alpha), \\ M_2 &= I_2^2 k_2 f_2(\alpha). \end{aligned} \quad (8.7)$$

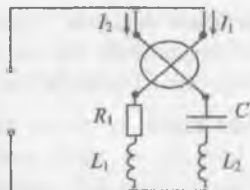
Rezonans paytida $I_{2\text{rez}}$ tok yo'nalishi bo'yicha kuchlanish bilan mos tushadi, oqibatda, $(I_1, I_2) = 90^\circ$, bu yerda $M_1 = 0$ bo'ladi.

M_2 moment ta'siri ostida harakatlanuvchi qism shunday buriladiki 2 chulg'am va 3 chulg'amning tekisliklari mos tushadi, ya'ni ularning magnit oqimlarining yo'nalishi mos tushadi. SHunday qilib, rezonans paytida ikkala moment nolga teng, strelka bo'lsa shkalada chastotaning ma'lum qiymatini ko'rsatadi.

Chastota o'zgarganda I_2 tokning fazasi o'zgaradi, ya'ni u kuchlanishga nisbatan $\pm \varphi_2$ burchakka siljiydi. Uning qiymati va ishorasi chastotaning rezonans qiymatiga nisbatan og'ishi qiymati va ishorasi bilan aniqlanadi. Bu holda $M_1 \neq 0$, va harakatlanuvchi qism tegishli yo'nalish bo'yicha burilishni boshlaydi. Burilishda moment M_1 ga qarshi ta'sir etuvchi M_2 o'sib boradi. Ma'lum burilish burchagida momentlarning statik tengligi hosil bo'ladi. SHunday qilib, asbob shkalasi chastota birligida graduировка qilinishi mumkin.

Bu printsipda strelkali ko'chma asboblari ishlaydi. Bunga D506 turidagi chastotomerlarni misol qilish mumkin. Bularning aniqlik sinfi 1,0 bo'lib, o'lchash chegarasi 45-55 Gts dan 1200 – 1600 Gts va 2500 Gts gacha chastotaning o'zgarishini tor diapazonida o'lchash uchun qo'llaniladi.

8.7-rasmda elektromagnit logometr asosida qurilgan chastotomerning elektr sxemasi berilgan.



8.7-rasm. Elektromagnit chastotomerning sxemasi.

Logometr zanjirida I_1 va I_2 toklar tarmoqlarning chastotaga turlicha bo'liq bo'lgan to'la qarshiliklariga teskari proporsional ravishda taqsimlanadi. Zanjir parametrlari shunday tanlanadiki diapazonning o'rtacha chastotasida toklar o'zaro teng va ko'rsatkich o'rtacha chastotaga mos joyni egallaydi. f_x ning boshqa qiymatlariga I_1 va I_2 toklarning o'zlarini qiymatlari mos keladi va demak harakatlanuvchi qismning og'ish burchaklari ham mos keladi. Bu chastotomerlar tor o'lchash chegarasiga ega $\pm 10\%$ o'rtacha chastotaga nisbatan. Keltirilgan xatoligi 0,5-2,5 %, iste'mol quvvati 10 Vt gacha.

Nazorat savollari

1. Annaliyotda o'lchaniladigan qarshiliklar diapazonlari va qarshiliklarni o'lchash usullari.
2. Elektromexanik ommetrlarning sxemasini chizib ishlash printsipini tushuntiring.
3. Qarshilikni o'lchashga mo'ljallangan magnitoelektrik logometr-ning ishlash printsipini tushuntiring.
4. O'zgarimas va bir fazali o'zgaruvchan tok zanjirlarida aktiv quvvat qanday asbob bilan o'lchanadi?
5. Vattmetrlarning o'lchov zanjiriga ulanishi usullari nimaga bog'liq?
6. Ko'p chegarali vattmetrlarda o'lchash natijalari qanday topiladi?
7. Elektrodinamik fazometrlarni ishlash printsipini tushuntiring.
8. Rezonansli elektromagnit chastotomerning ishlash printsipi nimaga asoslangan?
9. Elektrodinamik chastotomerning ishlash printsipini tushuntiring.
10. Logometrik elektromagnit chastotomerning ishlash printsipini tushuntiring.

5.1. O'zgarmas tok ko'priklari

Elektr o'lchash texnikasida ko'priksimon o'lchov zanjirlarini qo'llanilishi keng tarqalgan.

O'zgarmas tok yakka ko'priklari deganda o'zgarmas tok manbaidan ta'minlanadigan to'rt yelkali ko'prik tushuniladi. Bu ko'priklarning xatoliklari o'lchash chegaralariga bog'liq bo'lib asbob pasportida keltiriladi.

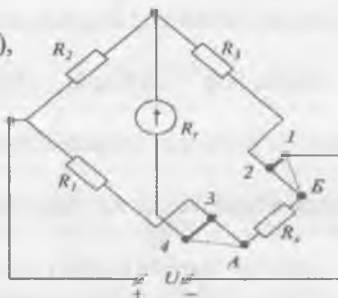
Tashqi yoki ichki nolb indikatori ko'chma asboblari tayyorlanadi. Kichik qarshiliklarni o'lchaganda kontakt va ulash simlarining qarshiliklari o'lchanayotgan qarshilik qiymatiga qo'shilib qolishi sababli sezilarli xatoliklar keltirib chiqaradi. SHu sababli ikki qismali ko'priklar qatorida to'rt qismali ko'priklar ham qo'llaniladi. 10 Om dan 10^6 Om gacha o'lchashlar mo'ljallansa **ikki qismali**, agarda 10 Om dan kichik qiymatli qarshiliklarni o'lchanadigan bo'linsa **to'rt qismali** sxema ishlatiladi. To'rt qismali sxemada kontakt va ulanish simlari qarshiliklarini ko'prikning elkalari va diagonallari tarkibiga kiritiladi. Masalan, 9.1-rasmda keltirilgan to'rt qismali ko'prik sxemasining ishlash tavsifini ko'rib chiqaylik.

Ushbu ko'prikning muvozanat tenglamasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$R_2 R_x = R_1 R_3. \quad (9.1)$$

Bu tenglamadan o'lchanayotgan qarshilikni quyidagi ifodadan aniqlash mumkin.

$$R_x = R_1 (R_3 / R_2), \quad (9.2)$$



9.1 - rasm. To'rt qismali ko'prik sxemasi.

bu yerda R_2 va R_3 nisbat yelkalari, R_r - solishtirish elkasi deyiladi. R_x ni qiymatini aniqlash uchun R_1 ning qiymati o'zgartirilib (9.1) muvozanat tenglamasi qoniqtiriladi. Bu holatni ko'prik diagonaliga ulangan galvanometrni ko'rsatishi nolga tenglashishi bildiradi.

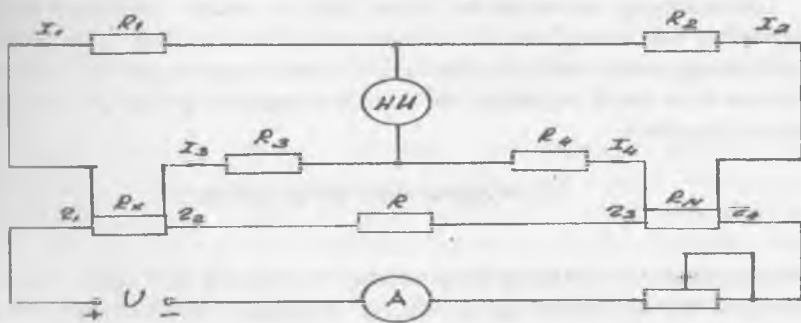
9.1-rasmdagi sxemaning ishlashini ko'rib chiqamiz. 10 Om dan 10^6 Om gacha qarshiliklarni o'lchashda 1 va 2 hamda 3 va 4 qismalar tutashtiriladi, R_x 2 va 3 qismlariga ulanadi. 10 Om dan kichik qarshiliklarni o'lchaganda R_x to'rtala 1 va 2, 3 va 4 qismalarga ulanadi. 1 va 2, 3 va 4 qismlari oralaridagi ulanishlar uziladi. U holda R_x dan 2 va 3 qismalarga ulangan simlarning va kontaktlarning qarshiliklari R_3 va R_1 qarshiliklari elkali tarkibiga kiradi. R_3 va R_1 rezistorlarining qarshiliklari ulash simlari va kontaktlar qarshiliklaridan ancha kattaligi sababli ketma-ket ulangan bu qarshiliklar o'lchash natijasi aniqligiga amaliy ta'sir etkazmaydi. R_x dan 1 va 4 qismlariga ulangan simlar va tegishli kontakt qarshiliklari diagonallar qarshiligi tarkibiga kirib ular ham o'lchash natijasiga katta ta'sir qilmaydi.

Kichik qarshiliklarni o'lchashda **o'zgarmas tok ikkilangan ko'priklari** afzal ko'riladi. Bularda ulash simlari va kontakt qarshiliklarining o'lchash natijasiga ta'siri minimumga keltirilgan. SHu sababli 10 Om dan kichik qarshiliklarni ikkilangan o'zgarmas tok ko'priklarida o'lchanadi (9.2-rasm). Sxemada elkalar qarshiliklari R_1, R_2, R_3, R_4 , ulash o'tkazgichlari (simlari) va kontakt qarshiliklari r_1, r_2, r_3, r_4 lar bilan belgilangan.

Ko'priklar muvozanatlashganda $I_1 = I_2$; $I_3 = I_4$ bo'ladi. Bunda R_x qarshilik ko'priklar sxemani muvozanat holati uchun o'tkazilgan hisob bo'yicha aniqlanadi:

$$R_x = R_N \frac{R_1}{R_2} + \frac{RR_4}{R + R_3 + R_4} \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} \right), \quad (9.3)$$

bu yerda R_N - namunaviy o'lchov qarshiligi; R - kashak (perемычка) ning ulash simi qarshiligi.



9.2-rasm. Ikkilangan ko'priklar sxemasi.

Agarda

$$R_1/R_2 = R_3/R_4 \quad (9.4)$$

sharti bajarilsa, (6.3) tenglamaning o'ng tomonini ikkinchi qismi nolga teng bo'ladi, u holda o'lchanilayotgan qarshilik quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$R_x = R_N R_1 / R_2. \quad (9.5)$$

9.4 shartning bajarilishini amaliy yotda ta'minlab bo'lmaydi, chunki R_1, R_2, R_3, R_4 rezistorlarini ishlab chiqarishda ananiqliklarga yo'l qo'yiladi. SHuning uchun R qarshiligini qiymatini kamaytirishga intilinadi, ya'ni kashakning qarshiligini kamaytirish uchun katta ko'esim yuzalik kalta mis o'tkazgich olinadi. Bu o'z yo'lida o'lchashdagi xatolikni kamaytirishga olib keladi.

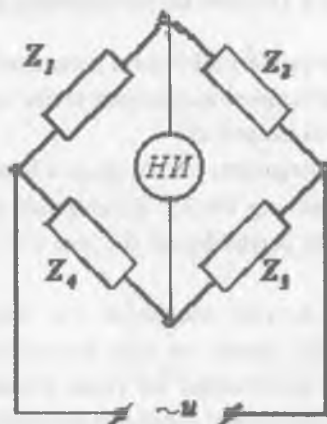
Ko'priksda o'lchash chegarasi R_2 ni o'zgartirish orqali tanlanadi. R_2 ning qiymati 10^n Om ga teng qilib olinadi ($n=1, 2, 3, \dots$). $R_2=R_4$ ni shartlita'minlash uchun, bir paytda R_4 o'zgartiriladi. Tanlangan o'lchash chegarasida ko'priks rezistorini o'zgartirish orqali muvozanatlashtiriladi: R_1 ko'p dekadali qarshiliklar magazini kabi tayyorlanadi, $R_1=R_1$ shart quyidagicha ta'minlanadi: R_3 xuddi R_1 kabi bir xil ishlanadi. Dekadalar soni ham bir xil bo'ladi. Ulagichlari umumiy bo'lib, uning ushlagichini burilishi R_4 va R_3 ni bir vaqtda va bir xil o'zgartiradi.

O'zgarmas tok ko'priklarining aniqlik sinfi o'lchash chegaralariga bog'liq bo'lib 0,005 dan 5,0 gacha bo'ladi. Aniqlik sinfi o'lchashning eng katta nisbiy xatoligi bo'yicha aniqlanadi. O'zgarmas tok ko'priklarining o'lchash chegaralarini barcha asboblarda o'lchash mumlashtirib olinganda 10^{-8} dan 10^{16} Om diapazonida bo'lishi mumkin. O'zgarmas tok ko'priklari ko'chma va laboratoriya uchun mo'ljallanib tayyorlanadi. Ko'chma yakka ko'priklar asbobga joylashtirilgan galvanometr va manbaga ega bo'ladi. Bunday asboblarning aniqlik sinfi 0,1 dan 5,0 gacha bo'lib, o'lchash diapazoni 10^{-4} dan 10^8 Om bo'ladi.

Laboratoriyaga moslangan ko'priklar yakka va yakka – ikkilangan bo'lib o'zgaruvchan tok tarmog'idan ta'minlanadigan qilib chiqariladi. Laboratoriya ko'priklarining aniqlik sinfi 0,01 dan 0,05, o'lchash chegarasi esa 10^{-3} dan 10^8 Om, ikkilangan ko'priklar 10^{-1} dan 10^8 Om, maxsus katta omlik ko'priklar 10^8 Om va maxsus katta omlik ko'priklar 10^8 Om Omlarga chiqariladi.

5.2. O'zgaruvchan tok ko'priklari

O'zgaruvchan tok yakka ko'priklari sxemasi 9.3-rasmda keltirilgan. Ko'priklar Z_1, Z_2 kompleks qarshiliklardan iborat. Bularda noli indikator sifatida viltatsion galvanometrlar, elektron-nurli trubkalar, chiqishida to'g'rilagich tizimidagi ko'rsatkichli kuchaytirgichlar va boshqalar ishlatiladi.



9.3-rasm. O'zgaruvchan tok ko'prigi sxemasi.

O'lchash diagonalida tok yo'q bo'lganda ko'priknining muvozanat holati hosil bo'ladi

$$\underline{Z_1 Z_3 = Z_2 Z_4}. \quad (9.6)$$

Ushbu tenglik bajarilishi quyidagi sistema bilan qondiriladi:

$$\begin{aligned} R_1 R_3 - X_1 X_3 &= R_2 R_4 - X_2 X_4; \\ R_1 X_3 + R_3 X_1 &= R_2 X_4 + R_4 X_2, \end{aligned} \quad (9.7)$$

yoki

$$\begin{aligned} Z_1 Z_3 &= Z_2 Z_4; \\ \varphi_1 + \varphi_3 &= \varphi_2 + \varphi_4. \end{aligned} \quad (9.8)$$

Muvozanat tenglamalari bo'yicha muvozanatga erishish uchun ko'priknining kamida ikkita parametrini sozlash kerak bo'ladi. Muvozanatlash maqsadida navbatma-navbat sozlashlar soni bilan ko'priklarning tavsiflanish xususiyati **ko'priknining yaqinligi** (sxodimost) deyiladi. Muvozanat shartiga ko'priknini kuchlanish manbai chastotasi kirishi yoki kirmasligiga qarab ko'priklar chastotaga — bog'liq va chastotaga — bog'liqmas ko'priklarga bo'linadi.

O'zgaruvchan tok ko'priklari sig'imni va kondensatorni burchak isrofini hamda induktivlikni va asllikni o'lchashlarda keng ko'lamda turli sxemalar ko'rinishida ishlatiladi.

sharti bajarilsa, (6.3) tenglamaning o'ng tomonini ikkinchi qismi nolga teng bo'ladi, u holda o'lchanilayotgan qarshilik quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$R_x = R_N R_1 / R_2 . \quad (9.5)$$

9.4 shartning bajarilishini amaliyotda ta'minlab bo'lmaydi, chunki R_1 , R_2 , R_3 , R_4 rezistorlarini ishlab chiqarishda noaniqliklarga yo'l qo'yiladi. SHuning uchun R qarshiligini qiymatini kamaytirishga intilinadi, ya'ni kashakning qarshiligini kamaytirish uchun katta kesim yuzalik kalta mis o'tkazgich olinadi. Bu o'z yo'lida o'lchashdagi xatolikni kamaytirishga olib keladi.

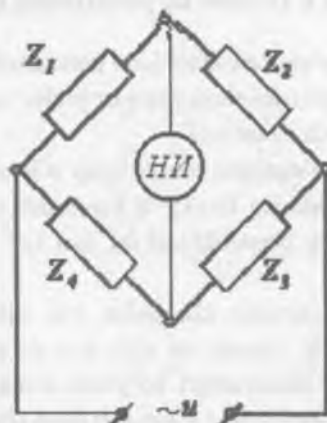
Ko'priksda o'lchash chegarasi R_2 ni o'zgartirish orqali tanlanadi. R_2 ning qiymati 10^n Om ga teng qilib olinadi ($n=1, 2, 3, \dots$). $R_2=R_4$ ni shartlita'minlash uchun, bir paytda R_4 o'zgartiriladi. Tanlangan o'lchash chegarasida ko'priks R_1 rezistorini o'zgartirish orqali muvozonatlashtiriladi: R_1 ko'p dekadali qarshiliklar magazini kabi tayyorlanadi. $R_3=R_1$ shart quyidagicha ta'minlanadi: R_3 xuddi R_1 kabi bir xil ishlanadi, dekadalari soni ham bir xil bo'ladi. Ulagichlari umumiy bo'lib, uning ushlagichini burilishi R_4 va R_3 ni bir vaqtda va bir xil o'zgartiradi.

O'zgarmas tok ko'priklarining aniqlik sinfi o'lchash chegaralariga bog'liq bo'lib 0,005 dan 5,0 gacha bo'ladi. Aniqlik sinfi o'lchashning eng katta nisbiy xatoligi bo'yicha aniqlanadi. O'zgarmas tok ko'priklarining o'lchash chegaralarini barcha asboblarga uchun umumlashtirib olinganda 10^{-8} dan 10^{16} Om diapazonida bo'lishi mumkin. O'zgarmas tok ko'priklari ko'chma va laboratoriya uchun mo'ljallanib tayyorlanadi. Ko'chma yakka ko'priklar asbobga joylashtirilgan gal'vanometr va manbaga ega bo'ladi. Bunday asboblarning aniqlik sinfi 0,1 dan 5,0 gacha bo'lib, o'lchash diapazoni 10^{-4} dan 10^5 Om bo'ladi.

Laboratoriyaga moslangan ko'priklar yakka va yakka – ikkilangan bo'lib o'zgaruvchan tok tarmog'idan ta'minlanadigan qilib chiqariladi. Laboratoriya ko'priklarining aniqlik sinfi 0,01 dan 0,05, o'lchash chegarasi esa 10^{-3} ÷ 10^8 Om va maxsus katta omlik ko'priklar 10^{16} Om, ikkilangan ko'priklar 10^2 dan 10^{-8} Omlarga chiqariladi.

5.2. O'zgaruvchan tok ko'priklari

O'zgaruvchan tok yakka ko'prigi sxemasi 9.3-rasmda keltirilgan. Ko'priks elkalari umumiy hol uchun Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 kompleks qarshiliklardan iborat. Bularda nola indikator sifatida vibratsion gal'vanometrlar, elektron-nurli trubkalar, chiqishida to'g'rilagich tizimidagi ko'rsatkichli kuchaytirgichlar va boshqalar ishlatiladi.



9.3-rasm. O'zgaruvchan tok ko'prigi sxemasi.

O'lchash diagonalida tok yo'q bo'lganda ko'priknining muvozanat holati hosil bo'ladi

$$\underline{Z}_1 \underline{Z}_3 = \underline{Z}_2 \underline{Z}_4. \quad (9.6)$$

Ushbu tenglik bajarilishi quyidagi sistema bilan qondiriladi:

$$\begin{aligned} R_1 R_3 - X_1 X_3 &= R_2 R_4 - X_2 X_4; \\ R_1 X_3 + R_3 X_1 &= R_2 X_4 + R_4 X_2, \end{aligned} \quad (9.7)$$

yoki

$$\begin{aligned} \underline{Z}_1 \underline{Z}_3 &= \underline{Z}_2 \underline{Z}_4; \\ \varphi_1 + \varphi_3 &= \varphi_2 + \varphi_4. \end{aligned} \quad (9.8)$$

Muvozanat tenglamalari bo'yicha muvozanatga erishish uchun ko'priknining kamida ikkita parametrini sozlash kerak bo'ladi. Muvozanatlash maqsadida navbatma-navbat sozlashlar soni bilan ko'priklarning tavsiflanish xususiyati ko'priknining yaqinligi (sxodimost') deyiladi. Muvozanat shartiga ko'priknini kuchlanish manbai chastotasi kirishi yoki kirmasligiga qarab ko'priklar chastotaga – bog'liq va chastotaga – bog'liqmas ko'priklarga bo'linadi.

O'zgaruvchan tok ko'priklari sig'imni va kondensatorni burchak isrofini hamda induktivlikni va asllikni o'lchashlarda keng ko'lamda turli sxemalar ko'rinishida ishlatiladi.

5.3. O'lchov ko'priklarining qo'llanishi

O'zgarmas tok ko'priklari asboblarni parametrlarini tekshiruvda, kabellar tadqiqotida, aloqa liniyalarini shikastlangan joyini topish uchun va izolyatsiya qarshiligini o'lchashlarda ishlatiladi.

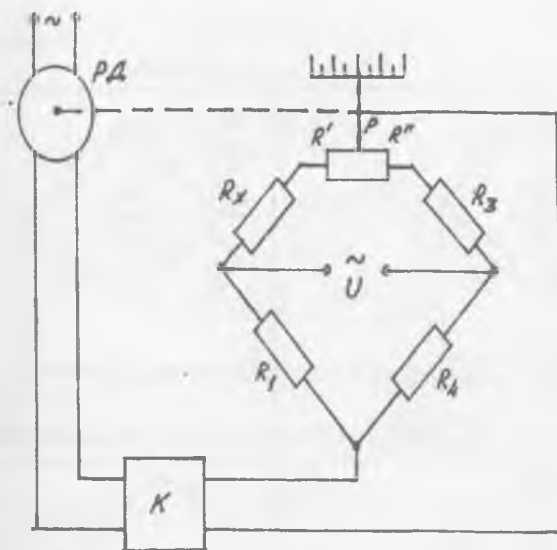
Masalan, R4060 o'zgarmas tok ko'prigi o'lchagichi laboratoriya va tsex sharoitlarida tashqi muhitning $10\pm 35^\circ$ S haroratida va nisbiy namlik 80% dan katta bo'lmaganda elektr qarshiliklarni 0,1 dan 10^{12} Om diapazonida o'lchash uchun mo'ljallangan.

Bu asbob yakka ko'prik sxemasida ijro etilgan bo'lib o'lchanadigan rezistiv elementlarni ikki qismali va to'rt qismali ulanishi imkoniyatiga ega. Aniqlik sinfi o'lchash diapazonlari bo'yicha o'rnatilgan bo'lib, asosiy yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan asosiy xatoligi $0,05\pm 5,0\%$ ni tashkil etadi. 10^{-1} dan 10^2 Om diapazonida qarshiliklar to'rt qismali va 10^2 dan 10^{12} Om diapazonida ikki qismali usulda rezistorlarni qarshiliklarini o'lchaydi.

Kombinatsiyalangan ko'prik o'lchagich, ya'ni bir asbobda ham yakka ko'prik va ikkilangan ko'prik sxemasi ijro etilgan R329 turidagi ko'prikning o'lchash diapazoni 10^{-8} dan 10^6 Om ni tashkil etadi. Bunda 10^{-8} dan 10^2 Om gacha ikkilangan ko'prik sxemasi, 50 dan 10^6 Om gacha yakka ko'prik sxemasida o'lchanadi.

O'zgarmas tok ko'priklarini muvozanatlash jarayoni avtomatlashtirilishi mumkin. 9.4-rasmda avtomatik ko'prikning oddiy sxemasi keltirilgan. Agarda ko'prik elementlari toza aktiv deb hisoblansa ko'prik o'zgaruvchan tok manbasidan ta'minlanadi. Bunda: RD-reversiv dvigatel; K- kuchaytirgich; U- ta'minlash manbasi; R- reoxord.

6.3-rasmdan ko'rinish turibdiki, agarda ko'prikdagi muvozanat $(R_x + R')R_4 = (R_3 + R'')R_1$ ning o'zgarishi natijasida buzilsa, K- kuchaytirgichga balans buzilishi kuchlanishi beriladi. Kuchaytirgidan kuchlanish reversiv dvigatel RD ga uzatiladi. RD ning rotorini reoxord R bilan bog'liq bo'lganligi sababli motorning rotorini aylanishi reoxordni R rezistor (boshqariluvchi qarshilikli rezistor) bo'ylab siljitadi. Reoxordning siljishi R'va R nisbatni o'zgartirib ko'prikni muvozanat holatiga kelguncha davom etadi. Rx ni qanchagacha o'zgartirib reoxord ko'rsatkichi orqali shkala bo'ylab kuzatilishi mumkin.



9.4-rasm. O'zgaras tok avtomatik ko'prigi sxemasi.

Avtomatik ko'priklar parametrik datshiklarni qo'llab noelektrik kattaliklarni o'lchashda keng qo'llaniladi.

9.1-jadvalda o'zgaruvchan tok ko'priklarining eng ko'p tarqalgan sxemalari va o'lchanadigan kattaliklarni aniqlash ifodalari keltirilgan.

Soti-Vin ko'priklari (1 va 2 sxemalar) nisbatan kichik (ketma-ket almashtirish sxemasi) va katta (parallel almashtirish sxemasi) isrofli kondensatorlarning sig'imi va burchak isrofi tangensini o'lchashlarda qo'llaniladi.

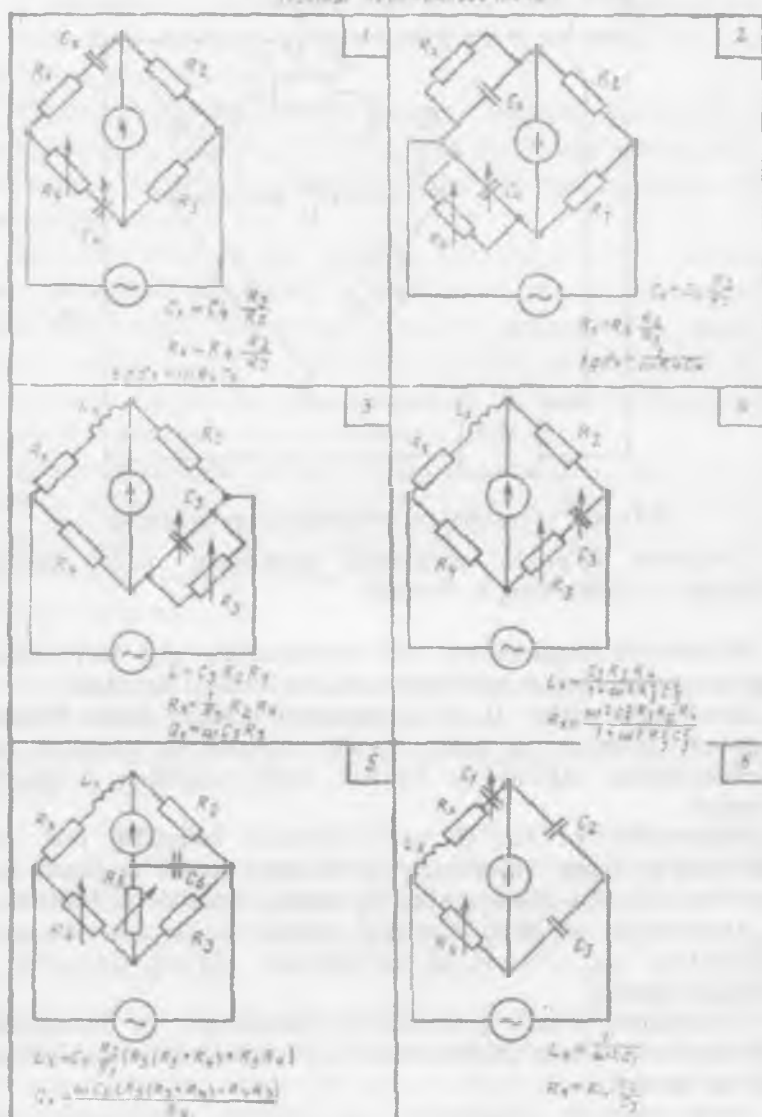
Maksvel-Vin va Xey (3 va 4 sxemalar) ko'priklari past asllikli induktivlikni (3 sxema - chastotaga bog'liq emas sxema) va yuqori asllikli induktivlikni (4 sxema- chastotaga bog'liq sxema) o'lchashda qo'llaniladi.

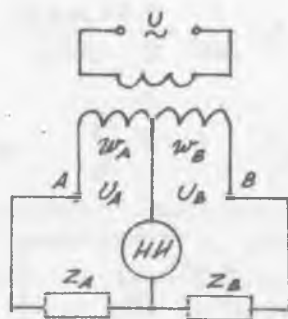
Andersonning olti elkali ko'prigi (5 sxema) ovoz chastotasi diapazonida induktivliklarni aniq o'lchashlarga mo'ljallangan. Sig'imni o'lchashda xam qo'llanilishi mumkin.

Ferronmagnitli o'zakli g'altaklarning parametrlari va materiallarining magnit tavsiflarini yuqori chastotalarda o'lchash uchun rezonans ko'priklari (6 sxema) qo'llaniladi.

Qirgi paytlarda o'zgaruvchan tok zanjirlari parametrlarini hamda noelektrik kattaliklarni va materiallarning magnit tavsiflarini o'lchash uchun transformatorli ko'priklar qo'llnilmoqda. Oddiy sxemasi 9.5-rasmda keltirilgan.

Матрица преобразования параметров





9.5-rasm. Transformatorli ko'priklar.

9.5-rasm sxemasi bo'yicha muvozanat tenglama:

$$\underline{U}_A / \underline{U}_B = \underline{Z}_A / \underline{Z}_B, \quad (9.9)$$

bundan

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_B}, \quad (9.10)$$

yoki

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B \frac{w_A}{w_B}, \quad (9.11)$$

bu yerda $\underline{U}_A / \underline{U}_B = w_A / w_B$; w_A va w_B - transformator ikkilamchi shulg'umining tegishli qismlari o'ramlari soni.

Transformatorli ko'priklarning qadrliligi — haroratning va sirqish (utechka) o'tkazuvchanligining nihoyatda kam ta'siri, o'ramlar sonini o'zgartirib muvozanatga kelishi imkoniyati, doimiy qiymatli namunaviy o'lchovlari qo'llanishi va chastota katta diapazoni.

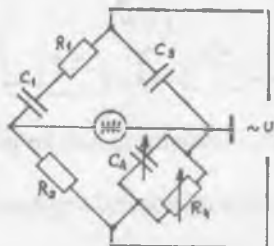
Quyidagi 9.6-rasmda o'lchash ko'prigining sxemalaridan namuna sifatida yuqori voltli kabellarni izolyatsiyasini sinovida qo'llaniladigan va yuqori voltli manbadan ta'minlanadigan o'zgaruvchan tok ko'prigining sxemasi keltirilgan. Bu sxemada kondensatorga tegishli parametrlarni o'lchash bilan birga o'lchovlarni xavfsizligi ta'minlanadi, chunki boshqariluvchi parametrlar R_4 , C_4 kuchli kuchlanish ostida bo'ladi. Bu yerda:

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1}; \quad Z_2 = R_2; \quad Z_3 = \frac{1}{j\omega C_3}; \quad Z_4 = \frac{R_4}{1 + j\omega R_4 C_4}.$$

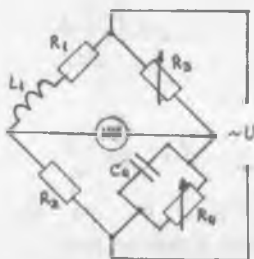
Ko'prik muvozanatlashganda:

$$R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{R_2}{R_4} \frac{(1 + j\omega R_4 C_4)}{j\omega C_3},$$

Bundan $R_1 = R_2 \frac{C_4}{C_3}; \quad C_1 = C_3 \frac{R_4}{R_2}; \quad \operatorname{tg} \delta = \omega R_4 C_1. \quad (9.12)$



9.6-rasm. Sig'imni o'lchash ko'prigi sxemasi.



9.7-rasm. Induktivlikni o'lchash ko'prigi sxemasi.

9.7-rasmda induktivlikni parametrlarini o'lchash uchun mo'ljallangan o'zgaruvchan tok ko'prigining sxemasi keltirilgan. O'lchanilayotgan induktivlik ko'priknining birinchi elkasiga ulangan deb faraz qilamiz. U holda R_1 , L_1 , Q larni aniqlaymiz. Bu yerda:

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1; \quad Z_2 = R_2; \quad Z_3 = R_3; \quad Z_4 = \frac{R_4}{1 + j\omega C_4 R_4}.$$

Ko'prik muvozanatlashganda:

$$R_1 + j\omega L_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} (1 + j\omega C_4 R_4), \quad (9.13)$$

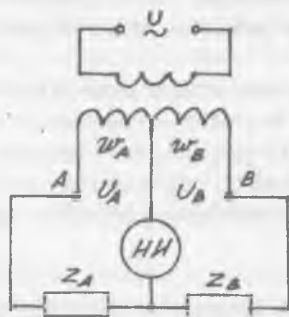
bundan

$$R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4}; \quad L_1 = R_2 R_3 C_4; \quad (9.14)$$

$$Q = \frac{\omega L_1}{R_1} = \omega R_4 C_4. \quad (9.15)$$

Afzalligi – yuqori aniqlikda o'lchanadi. Kamchiligi – kichik asillik $Q=1$ da muvozanatlashtirish qiyin, $Q < 0,5$ da muvozanatlashtirishga erishib bo'lmaydi. Kichik asilliklar uchun boshqacha sxema echimi belgilanadi.

Oxirgi paytlarda o'zgaruvchan tok zanjirlari parametrlarini hamda noelektrik kattaliklarni va materiallarning magnit tavsiflarini o'lchash uchun transformatorli ko'priklar qo'llanilmoqda. Ularning oddiy sxemasi 9.8-rasmda keltirilgan.



9.8-rasm. Transformatorli ko'priklar.

9.8-rasm sxemasi bo'yicha muvozanat tenglama:

$$\underline{U}_A / \underline{U}_B = \underline{Z}_A / \underline{Z}_B.$$

bundan

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B \frac{\underline{U}_A}{\underline{U}_B}, \quad (9.16)$$

yoki

$$\underline{Z}_A = \underline{Z}_B \frac{w_A}{w_B}, \quad (9.17)$$

bu yerdan $\underline{U}_A / \underline{U}_B = w_A / w_B$; w_A va w_B - transformator ikkilamchi o'lchovining tegishli qismlari o'ramlari soni.

Transformatorli ko'priklarning qadriligi – haroratning va sirqish (utechka) o'tkazuvchanligining nihoyatda kam ta'siri, o'ramlar sonini o'zgartirib muvozanatga kelishi imkoniyati, doimiy qiymatli namunaviy o'lchovlari qo'llanishi va chastota katta diapazoni.

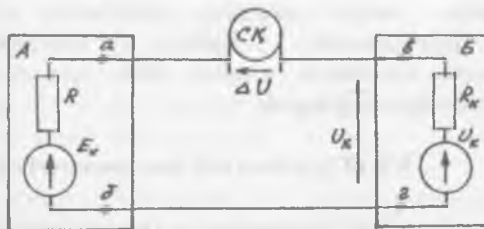
Nazorat savollari

1. O'zgarmas tok ko'priklarining ishlash printsiipi qanday va qaysi turlarini bilasiz?
2. O'zgarmas tok ko'priklari yordamida qarshiliklarni o'lchash usul-larini ayting.
3. Nega 10 Om dan kichik qarshiliklarni to'rt qismali ko'prik yordamida o'lchanadi?
4. Ikkilangan ko'prik sxemasi sharhlab berilsin.
5. O'zgarmas tok ko'priklarini ishlab chiqarilishi va o'lchash dipazon-lari, xususiyatlari qanday?
6. Avtomatik ko'priklarni ishlash printsiipi aytib berilsin.
7. O'zgaruvchan tok ko'priklarini muvozanat tenglamalari yozilsin.?
8. Sig'imni o'lchash ko'prigi sxemasi izoxlansin.
9. Induktivlikni o'lchash ko'prigi sxemasi izoxlansin.
10. Transformatorli ko'priklarning ishlashi va qo'llanilishi aytib berilsin.

5.4. Kompensatsiya zanjirlar

Kompensatsiya zanjirlari ikkita mustaqil kuchlanishlar, toklar yoki magnit yurituvchi kuchlarni nol usuli bilan solishtirish (kompensatsiya usuli) uchun mo'ljallangan. Amaliyotda oxirgilari kam uchraganligi uchun kuchlanishlarni kompensatsiyalash kompensatsiya zanjirlariga e'tibor qaratamiz.

Umumiy holda kompensatsiya zanjirini sxemasi 10.1-rasmda keltirilgan. Zanjir tarkibi: parametrlari E_x va R bo'lgan ikki qutblik A , bunda E_x -o'lchanadigan EYUK, R - EYUK manbasining ichki qarshiligi; v , g chiqishlariga nol'dan qandaydir maksimumgacha boshqariladigan kompensatsiyalovchi kuchlanish U_k ulangan ikki qutblik B (U_k ning qiymati katta aniqlikda ma'lum); R_k - U_k manbasining ichki qarshiligi; solishtirish qurilmasi SQ.

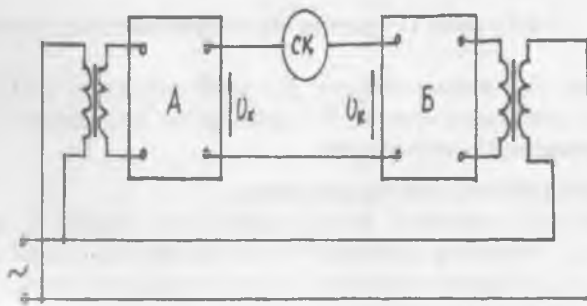


10.1-rasm. Kompensatsiya zanjirining umulashgan sxemasi.

O'lchash jarayonida kompensatsiyalash kuchlanishi $U_k = E_x$ tenglik hosil etilguncha boshqariladi. Bu tenglama SQ ning ko'rsatishi orqali o'rnatiladi. Shunday qilib kompensatsiya zanjirining o'ziga xos xususiyati bo'lib, unda ikki yoki ko'proq mustaqil kuchlanishlar, manbalar mavjudligi (10.1-rasmda E_x va U_k) hisoblanadi, bundan tashqari muvozanat holatda ulardagi toklar nolga teng bo'lgan ikki tarmoqning borligi (nol tarmoqlar av va bg).

Kompensatsiya usulining muhim xususiyati shundan iboratki, kuzatish natijasini sanab olish momentida zanjir muvozonatda bo'ladi – SQ ning chiqishlarida kuchlanish yo'q bo'ladi ($\Delta U = 0$), xuddi shunday nol tarmoqlarda tok yo'q bo'ladi. Shunday qilib a , b chiqishlarida qiymati o'lchaniladigan BYUK E_x ta'sir etadi.

O'zgaruvchan toklarda kompensatsiya zanjirlari tarkibida chastotalari bir xil bo'lgan kuchlanishlar manbalari bo'lishi kerak, faqat shunday holatdagina zanjirni muvozanatlash mumkin bo'ladi. Shuning uchun chiqish kuchlanish o'lchaniladigan zanjir (to'rt qutblik A, 10.2-rasm), xuddi shunday kompensatsiyalovchi kuchlanish manbai sxemasi (to'rt qutblik B) bo'luvchi transformator orqali bitta o'zgaruvchan kuchlanish generatoridan ta'minlanadi. Bunday zanjirlarga kompensatsiya va ko'priklar zanjirlar sifatida qarash mumkin.



10.2-rasm. O'zgaruvchan tokda kompensatsiya zanjiri.

Transformatorli ko'priklarning qadrliligi — haroratning va sirqish (utechka) o'tkazuvchanligining nihoyatda kam ta'siri, o'ramlar sonini o'zgartirib muvozanatga kelishi imkoniyati, doimiy qiymatli namunaviy o'lchovlari qo'llanishi va chastota katta diapazoni.

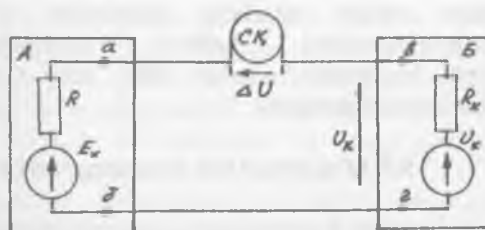
Nazorat savollari

1. O'zgarmas tok ko'priklarining ishlash printsiipi qanday va qaysi turlarini bilasiz?
2. O'zgarmas tok ko'priklari yordamida qarshiliklarni o'lchash usul-larini ayting.
3. Nega 10 Om dan kichik qarshiliklarni to'rt qismali ko'prik yordamida o'lchanadi?
4. Ikkilangan ko'prik sxemasi sharhlab berilsin.
5. O'zgarmas tok ko'priklarini ishlab chiqarilishi va o'lchash dipazon-lari, xususiyatlari qanday?
6. Avtomatik ko'priklarni ishlash printsiipi aytib berilsin.
7. O'zgaruvchan tok ko'priklarini muvozanat tenglamalari yozilsin.?
8. Sig'imni o'lchash ko'prigi sxemasi izoxlansin.
9. Induktivlikni o'lchash ko'prigi sxemasi izoxlansin.
10. Transformatorli ko'priklarning ishlashi va qo'llanilishi aytib berilsin.

5.4. Kompensatsiya zanjirlar

Kompensatsiya zanjirlari ikkita mustaqil kuchlanishlar, toklar yoki magnit yurituvchi kuchlarni nol usuli bilan solishtirish (kompensatsiya usuli) uchun mo'ljallangan. Amaliyotda oxirgilari kam uchraganligi uchun kuchlanishlarni kompensatsiyalash kompensatsiya zanjirlariga e'tibor qaratamiz.

Umumiy holda kompensatsiya zanjirini sxemasi 10.1-rasmda keltirilgan. Zanjir tarkibi: parametrlari E_x va R bo'lgan ikki qutblik A , bunda E_x -o'lchanadigan EYUK, R - EYUK manbasining ichki qarshiligi; v , g chiqishlariga noldan qandaydir maksimumgacha boshqariladigan kompensatsiyalovchi kuchlanish U_k ulangan ikki qutblik B (U_k ning qiymati katta aniqlikda ma'lum); R_k - U_k manbasining ichki qarshiligi; solishtirish qurilmasi SQ.

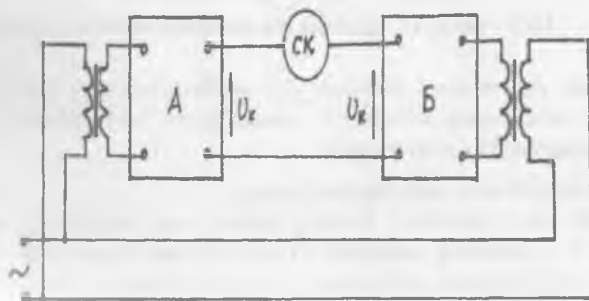


10.1-rasm. Kompensatsiya zanjirining umulashgan sxemasi.

O'lchash jarayonida kompensatsiyalash kuchlanishi $U_k = E_x$ tenglik hosil etilguncha boshqariladi. Bu tenglama SQ ning ko'rsatishi orqali o'rnatiladi. SHunday qilib kompensatsiya zanjirining o'ziga xos xususiyati bo'lib, unda ikki yoki ko'proq mustaqil kuchlanishlar, manbalar mavjudligi (10.1-rasmda E_x va U_k) hisoblanadi, bundan tashqari muvozanat holatda ularning toklar nolga teng bo'lgan ikki tarmoqning borligi (nol tarmoqlar $\alpha\gamma$ va $\beta\delta$).

Kompensatsiya usulining muhim xususiyati shundan iboratki, kuzatish natijasini sanab olish momentida zanjir muvozonatda bo'ladi – SQ ning chiqishlarida kuchlanish yo'q bo'ladi ($\Delta U = 0$), xuddi shunday nol tarmoqlarda tok yo'q bo'ladi. SHunday qilib a, b chiqishlarida qiymati o'lchaniladigan EYUK E_x ta'sir etadi.

O'zgaruvchan toklarda kompensatsiya zanjirlari tarkibida chastotalari bir xil bo'lgan kuchlanishlar manbalari bo'lishi kerak, faqat shunday holatdagina zanjirni muvozonatlash mumkin bo'ladi. SHuning uchun chiqish kuchlanish o'lchaniladigan zanjir (to'rt qutblik A, 10.2-rasm), xuddi shunday kompensatsiyalovchi kuchlanish manbai sxemasi (to'rt qutblik B) bo'luvchi transformator orqali bitta o'zgaruvchan kuchlanish generatoridan ta'minlanadi. Hunday zanjirlarga kompensatsiya va ko'priklar zanjirlar sifatida qarash mumkin.



10.2-rasm. O'zgaruvchan tokda kompensatsiya zanjiri.

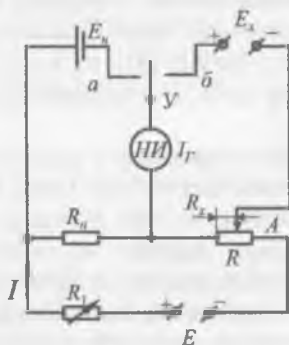
Kompensatsiya zanjiri asosidagi kuchlanish o'lchovchi vosita kompensator (potentsiometr) deyiladi. Kompensator sxemasi kompensatsiyalovchi kuchlanish manbai (ikki yoki to'rtqutblik B) va solishtirish qurilmasidan tarkib topadi.

5.5. O'zgarmas tok kompensatorlari

Yuqorida aytilganidek kompensatorlar (potentsiometrlar) ham o'lchash ko'priklari kabi taqqoslash asboblari kiradi. Kompensator yordamidagi o'lchash jarayoni **kompensatsiyalash** deb nom olgan ikki kuchlanishni nol usuli bilan solishtirish orqali amalga oshiriladi. Bu usul odatda o'lchov vositalarini tekshiruv uchun mo'ljallangan laboratoriya asboblari va o'lchash qurilmalarida qo'llaniladi.

Kompensatsiya usulining o'ziga xos xususiyati o'lchash paytida o'lchov zanjirida tokning yo'qligi bo'lib, bu asosda yuqori aniqlikka erishiladigan asboblarni yasash mumkin bo'ladi.

10.3-rasmda o'zgarmas tok kompensatorining oddiy sxemasi keltirilgan.



10.3 - rasm. O'zgarmas tok kompensatorining sxemasi.

Sxemada: E_n - normal element; E_x - o'lchanilayotgan EYUK; NI - nol indikator; R_n - namunaviy rezistor; R - qarshiligi ma'lum rezistor; R_1 - reostat; E - yordamchi manba; U - uzib ulagich.

Sxemaning ishlashi quyidagidan iborat:

1. Ishchi tok o'rnatiladi. Buning uchun uzib ulagich U ni a holatiga qo'yiladi va R_1 reostatning qarshiligi NI nolni ko'rsatgunga qadar o'zgartiriladi. Bu holat $E_n = IR_n$ bo'lganda o'rnatiladi. Ushbu tenglikdan I ishchi tokni aniqlasa bo'ladi, ya'ni zanjirda I ishchi toki o'rnatiladi.

2. Uzib ulagich U ni b - holatga qo'yiladi. So'ngra R rezistorning qiymatini A kurgich yordamida o'zgartirib N da nolni hosil qilinadi. Bu R_x ning qandaydir qiymatida sodir bo'lib $E_x = IR_x$ qondiriladi, bu yerda I - ishchi tok. Shunday qilib agarda A ning surilish yo'li kuchlanish birligida graduировка qilingan bo'lsa N da nolni ko'rsatgandagi A ning joyi E_x ning qiymatini belgilaydi.

Kompensatorning afzalligidan biri bo'lib, kompensatsiya paytida manbaidan quvvat iste'mol qilmasligi hisoblanadi. Shuning uchun EYUK ni o'lchashga imkoniyat tug'iladi.

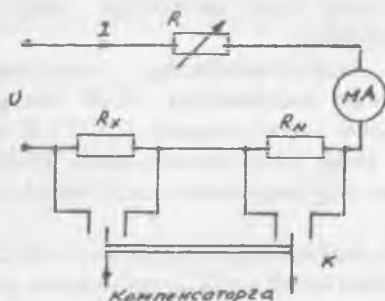
Kompensator yordamida faqatgina EYUK va kuchlanishni emas, I_x tokini va R_x qarshiligini qiymatlarini o'lchasa bo'ladi.

Tokni o'lchash uchun yordamchi zanjirdan foydalaniladi. Bu zanjir o'lchanayotgan I_x tokining manbaidan va namunaviy rezistor R_N dan iborat bo'ladi. Kompensatordagi E_x ulanadigan qismalarga R_N ulanadi va undagi kuchlanish tushuvi o'lchanadi, natijada quyidagi formulalar yordamida izlanayotgan I_x tokining qiymati topiladi.

$$U_x = I_x R_N \quad (10.1)$$

$$I_x = U_x / R_N \quad (10.2)$$

R_x rezistorining qarshiligini o'lchash uchun 10.4-rasmda keltirilgan sxemadan foydalaniladi. Bunda R_x ni R_N ulangan tarmoqqa ketma-ket qilib ulanadi va navbatma-navbat R_N va R_x lardagi kuchlanishlar tushuvlari U_N va U_x o'lchab olinadi. (10.3) formuladan R_x ni o'lchanayotgan qiymati hisoblab topiladi. O'lchash jarayonida yordamchi zanjirdagi tok o'zgarmay turishi kerak.



10.4-rasm. Qarshilikni kompensator bilan o'lchash sxemasi

$$R_x = R_N \frac{U_x}{U_N} \quad (10.3)$$

Agarda o'lchanayotgan kuchlanish qiymati kompensatorning o'lchash chegarasidan katta bo'lsa, o'lchanayotgan kuchlanish kompensator kirishiga namunaviy kuchlanish bo'luvchi orqali beriladi.

Kompensatorlarga quyidagi talablar qo'yiladi:

- o'lchash jarayonida ishchi tokning qiymatini doimiyliigi;
- sanab olishning soddaligi;
- sanab olishda sonli belgilarning ytarligi imkoniyati.

Kompensatorning o'lchash aniqligi normal elementning yuqori aniqliligi, nol indikatorning sezgirligi va ishchi tok zanjiridagi yordamchi manbaning turg'unligi bilan belgilanadi. Aniqrok o'lchaydigan kompensatorlarning aniqlik sinfi 0,0005 ni tashkil qiladi.

Aniqlik sinflari 0,0005 dan 0,02 gacha bo'lgan kompensatorlarning yo'l qo'yiladigan absolyut ΔU_k xatosi ikki hadli formula bo'yicha topiladi.

$$\Delta U_k = (a/100)U \pm 0,4U_{\min}, \quad (10.4)$$

0,1 va 0,2 aniqlik sinfidagi kompensatorlar uchun

$$\Delta U_k = (a/100)U_{10}, \quad (10.5)$$

bunda a - aniqlik sinfi qiymati; U - kompensator ko'rsatayotgan kuchlanish; U_{10} - kompensator o'lchaydigan kuchlanishning yuqori chegarasi; $U_{\min}$ - kompensatsiya qarshiligini eng kichik dekadasi pog'onasi qiymati.

O'zgarmas tok potentsiometrlari ikki turda ishlab chiqariladi: kompensatsiya zanjirining katta qarshilikligi (katta omliklar) va kichik qarshilikligi (kichik omliklar).

Katta omlik kompensatorlarning kompensatsiya zanjirlarining qarshiliklari 1 V manba kuchlanishiga 10000 Om gacha boradi. EYUK (kuchlanish) ni o'lchashni yuqori chegarasi 1,2; 2,5 V. Ishchi tok qiymati 0,1 mA ni tashkil etadi. Bular bilan nisbatan kichik EYUK va kuchlanishlarni o'lchash maqsadga muvofiq emas, chunki sanab olishda dekadalar soni kam va sezgirligi yuqori emas.

Kichik EYUK va kuchlanishlarni ishchi toki 1-10-25 mA lik kichik omlik zanjirlarda o'lchash uchun kichik omlik kompensatorlar qo'llaniladi.

Kompensatorlarning metrologik sifati bir necha dekadalar ko'rinishida bajarilgan kompensatsiya qarshiligining konstruksiyasi orqali belgilanadi. Bu shunday bo'lishi kerak-ki, uning qiymatini o'zgarishi kompensatsiya jarayonida

ishchi tokni o'zgarishini chaqirmasligi kerak. Bundan tashqari o'lchanilayotgan kuchlanishni aniq sanab olish imkoniyati, ya'ni o'lchash natijasida ytarli sondagi belgilar ta'minlanishi kerak.

Kompensatorlar turli xilda ishlab chiqarilishi mumkin: bir chegarali va ko'p chegarali; ichki va tashqi galsvanometrli; ichki va tashqi manbali; qo'l bilan muvozanatlanuvchi; yarimavtomat va avtomat va boshq.

Qo'l bilan muvozanatlanadigan va yarimavtomat kompensatorlari asosan namunaviy o'lchov vositasi sifatida asboblarni tekshiruvda va EYUK, kuchlanish, tok, qarshilik va kattaliklarni aniq o'lchashlarda qo'llaniladi. Ishlab chiqarish jarayonlarini borishini kuzatish va nazorat qilishda avtomatik o'zgarmas tok kompensatorlari qo'llaniladi. Avtomatik kompensatorlarning muvlik sinfi 0,2-0,5 ni tashkil etadi.

5.6. O'zgaruvchan tok kompensatorlari

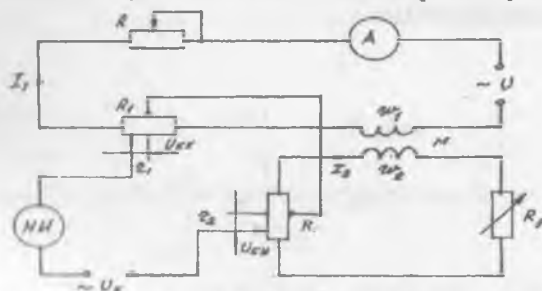
O'zgaruvchan tok kompensatorlarida o'lchanayotgan o'zgaruvchan tokning sinusiy kuchlanishi U_x kompensatsiya zanjiri uchastkalarida ishchi tok hosil qilgan ma'lum sinusiy kuchlanish U_k bilan muvozanatlashtiriladi (kompensatsiyalanadi).

Ikki ta o'zgaruvchan kuchlanishlar U_x va U_k kompensatsiyasini ta'minlash uchun fazalar qarama - qarshiligi va egrilik shaklini bir xilligi sharti bilan chastotalar o'zgarishida ularning modullari tengligini ta'minlash zarur.

Nolb indikator sifatida o'zgaruvchan tok ko'priklari asboblari qo'llaniladi.

O'zgaruvchan tok kompensatorlari ikki turga bo'linadi: To'g'ri burchakli-koordinatali kompensatorlar va qutbli-koordinatali kompensatorlar.

Misol tariqasida 10.5-rasmda keltirilgan to'g'ri burchakli koordinatali kompensatorning sxemasini ko'rib chiqamiz. Kompensator uchta konturdan iborat: ishchi tok I_1 konturi; ishchi tok I_2 konturi; kompensatsiya konturi.



10.5-rasm. To'g'ri burchakli koordinatali kompensator sxemasi.

Birinchi kontur boshqariladigan qarshilikli kalibrlangan rezistor R_1 , o'zaro induktivlik M g'altagining birlamchi chulg'ami w_1 , ampermetr A va reostat R dan tashkil etilgan. Ikkinchi kontur o'zaro induktivlik M g'altagining ikkilamchi chulg'ami w_2 , boshqariladigan qarshilikli rezistor R_2 va qarshiliklar magazini R_f dan tashkil etilgan. Uchinchi kontur tarkibiga o'lchanadigan kuchlanish manbasi U_x , nol indikator NI va kompensatsiya rezistorlarining ulangan uchastkalari r_1 va r_2 kiritilgan.

Ishchi tok I_1 kalibrlangan r_1 rezistorda U_{kx} , kuchlanishini tushuvini hosil qiladi. R_1 rezistor bo'ylab shkala kuchlanish birligida gradiurovka qilinishi mumkin.

Ishchi tok I_2 ikkinchi konturda I_1 ga nisbatan 90° ga orqada qoladi. R_2 rezistordagi r_2 ulangan uchastkada I_2 tomonidan U_{ku} kuchlanishi tushuvi hosil qilinadi. Kalibrlangan R_2 rezistorini shkalasini ham kuchlanish birligida gradiurovka qilish mumkin. R_1 va R_2 qarshiliklar toza aktiv bo'lganligi uchun U_{kx} va U_{ku} fazalari bo'yicha toklar bilan mos tushib, bir-biriga nisbatan 90° ga siljigan bo'ladi.

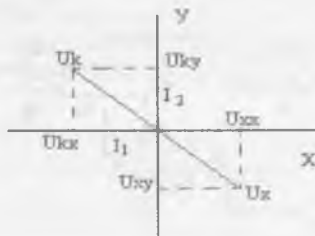
O'lchanadigan U_x kuchlanish manbasi kompensatsiya rezistorlari R_1 va R_2 dagi r_1 va r_2 uchastkalar bilan ketma-ket ulangan. Bu rezistorlardagi surgichlarni surib U_{kx} va U_{ku} qiymatlari o'zgartiriladi va o'lchanayotgan kuchlanish kompensatsiyalanishiga etiladi.

Muvozanat momentida kompensatsiya zanjirida tok nolga teng bo'ladi. U_{kx} va U_{ku} geometrik summasi U_x moduli bo'yicha o'lchanilayotgan kuchlanish U_x teng bo'lib, unga nisbatan 180° ga siljigan bo'ladi 10.6-rasmda vektor diagramma keltirilgan.

U_x ning moduli va fazasini quyidagi ifodalardan aniqlash mumkin:

$$\begin{cases} |U_x| = \sqrt{U_{kx}^2 + U_{ky}^2}; \\ |\varphi| = \arctg(U_{ky}/U_{kx}), \end{cases} \quad (10.6)$$

bu yerda φ - U_k vektori va U_{kx} tashkil etuvchisi orasidagi burchak, lekin u U_x uchun 180° ga surilgan bo'ladi.



10.6-rasm. Vektor diagramma

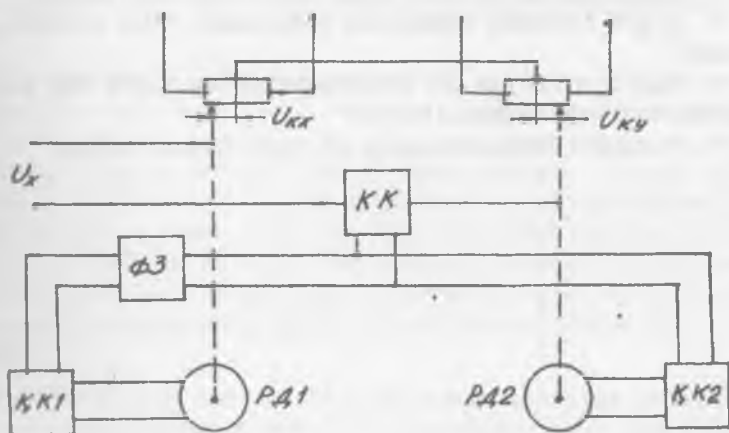
O'zgaruvchan tok kompensatorlari aniqligi bo'yicha o'zgarmas tok kompensatorlaridan ancha past turadi. Bularning aniqlik sinfi 0,1 dan 2,5 gacha bo'ladi. Buning sababi o'zgaruvchan tok EYUK sini o'lchovi yo'q bo'lganligi uchun ishchi tok ma'lum bir xatolikka, odatda aniqlik sinfi 0,1 ga ega bo'lgan elektrodinamik ampermetr bilan o'rnatiladi.

O'zgaruvchan tok kompensatorlari o'lchash zanjiridagi rejimni quvvat iste'mol qilib buzmaslik talab qilingan joylarda ishlatiladi. Kompensatorlar bevosita tarzda o'zgaruvchan kuchlanish, EYUK va bilvosita usulda o'zgaruvchan tok, qarshilik, magnit maydon tavsiflari va magnit zanjirlarini parametrlarini o'lchashda ishlatiladi.

Sanoat chastotasida to'g'ri burchakli – koordinatali o'zgaruvchan tok kompensatorlari bilan birdan yuzlab voltgacha bo'lgan kompleks kuchlanishlarni 0,5% ga yaqin xatolik bilan o'lchash mumkin bo'ladi.

Keyingi paytlarda o'lchashlarda o'zgaruvchan tok avtomatlashgan kompensatorlari keng qo'llanimoqda.

Axborot – o'lchash texnikasi amaliyotida avtomatik o'lchash kompensatorlari keng qo'llanilmoqda. Misol tariqasida to'g'ri burchakli koordinatali avtomatik kompensatorning sxemasini ko'rib chiqamiz (10.7-rasm).



10.7-rasm. To'g'ri burchakli koordinatali avtomatik kompensatorning sxemasi.

Bu yerda: U_x - o'lchanilayotgan kuchlanish; U_{kx} va U_{ky} - kompensatsiyalovchi kuchlanish U_k ning tashkil etuvchilari (ular orasida faza farqi 90°); KK - kuchlanish kuchaytirgichi; $QK1$ va $QK2$ - quvvat

kuchaytirgichlari; RD1 va RD2- fazasezuvchi reversiv dvigatellar; F3- fazasiljituvchi zanjir.

O'lchanilayotgan kuchlanish U_x bilan kompensatsiyalovchi kuchlanish U_k ning geometrik summasini tashkil etuvchilari U_{kx} va U_{ky} orasidagi ayirma kuchlanish kuchaytirgichi KK ga quvvat kuchaytirgichi orqali RD1 va RD2 fazasezuvchi reversiv dvigatellarning chulg'amlariga beriladi.

Faza siljituvchi zanjir balansmos kuchlanish U_k ning tashkil etuvchilari tomonidan biri U_{kx} fazasida boshqasi U_{ky} da bo'lgan RD1 va RD2 dvigatellarining ishlashi shartini xosil qiladi. Ikkala reversiv dvigatellar U_x kompensatsiyalovchi kuchlanishning tashkil etuvchilari bilan kompensatsiya bo'lmaguncha ishlaydi. Muvozonatlash jarayoni 3-4 sek. dan o'tmaydi.

Nazorat savollari

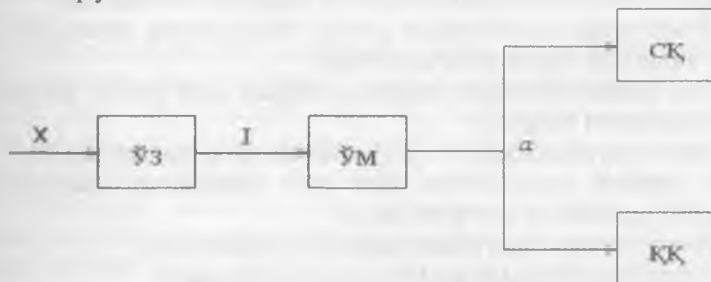
1. Kompensatsiya zanjirini sxemasi bo'yicha ishlashini izohlab bering.
2. O'zgaruvchan tokda kompensatsiya zanjiri xususiyatini aytib berilsin.
3. O'zgarmas tok kompensatorlari qanday maqsadda qo'llaniladi?
4. O'zgarmas tok kompensatorlarining tuzilishi sxemasi va ishlash printsipini aytib bering.
5. O'zgarmas tok kompensatorlari yordamida elektr kattaliklarni o'lchashni qaysi usullarini bilasiz?
6. Kompensatorlarining yo'l qo'yiladigan xatoliklari qanday topiladi?
7. Kompensatorlarning ishlab chiqarilishi turlarini aytib berilsin.
8. To'g'ri burchakli koordinatali kompensator bilan o'lchash qanday bajariladi?
9. Nega o'zgaruvchan tok kompensatorlarining aniqlik sinfi o'zgarmas tok kompensatorlarinikidan past bo'ladi?
10. Avtomatik kompensatorning sxemasini izoxlab berilsin.

VI BOB. QAYD ETUVCHI VA ELEKTRON O'LCHOV ASBOBLAR

6.1. Qayd etuvchi asboblarning to'g'risida

Texnologik jarayonlarni nazorat etishda va ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borishda ko'p hollarda qandaydir fizikaviy kattalikning faqat qiymatini bilishdan tashqari uning vaqt bo'yicha o'zgarishini ham bilish kerak bo'ladi. Bunday hollarda qayd etuvchi o'lchov asboblari qo'llaniladi.

Qayd etuvchi asboblarning ham xuddi odatdagi analog ko'rsatuvchi asboblarning kabi ikki guruhga bo'linishi mumkin: to'g'ri ishlovchi qayd etuvchi asboblarning va nisbatli qayd etuvchi asboblarning.



11.1-rasm. To'g'ri ishlovchi qayd etuvchi asboblarning struktura sxemasi.

11.1-rasmda to'g'ri ishlovchi qayd etuvchi asboblarning struktura sxemasi keltirilgan. Bunda o'lchash zanjiri (O'Z) ga o'lchanadigan elektr kattalik x beriladi. O'Z da x elektr kattalik toki I ga o'zgartiriladi va o'lchash mexanizmi (O'M) ga beriladi. O'M da elektr energiya ta'sirida o'lchash mexanizmini harakatlanuvchi qismini α ga buradi, bu esa ko'rsatkichni shkalla bo'yicha sanash qurilmasi (SQ) da, yoki qayd etish qurilmasi (QQ) da ko'rsatkichni suradi. QQ da axborot tashuvchi bo'lib maxsus diagramma setkasi tashkil topgan qog'oz lenta xizmat qiladi. Ko'rsatkich o'lchov axboroti signaliga proporsional ravishda surilib, qog'oz lentada axborotni chizadi yoki nuqtalar hosil qiladi.

Agarda asbob axborot signalini diagrammali tashuvchiga tushirib borsa, bunday asboblarning o'ziyozar o'lchov asboblari deyiladi. Bular qayd etiladigan elektr signallarning yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan chastotasiga qarab ikki guruhga bo'linadi:

- 1) Qayd etiluvchi elektr signallarning chastotasi bir gerts (1 Gts) dan kam bo'lganlarni qayd etuvchi asboblarning;
- 2) Qayd etiluvchi elektr signallarning chastotasi bir gertsdan yuqori (bir gertsdan 10 Gts) bo'lgan tez ishlovchi qayd etuvchi asboblarning.

Agarda qayd etilishi kerak bo'ladigan signallar, chastotasi bir necha 10 Gts dan yuqori bo'lib, 25-30 kGts gacha bo'lsa, yorug'lik nurli ostsillograflar va undan yuqori chastotalardagi signallar uchun elektron nurli ostsillograflar qo'llaniladi. Bulardan tashqari magnitograflar – magnit lentalariga yozib oluvchi asboblarda, oxirgi paytlarda disketlarga tushiruvchi qurilmalar ham qo'llaniladi.

6.2. Qayd etish usullari

Qayd etuvchi asboblarga qo'yiladigan qator asosiy talablarni qayd etish usullari ta'minlaydi. Bunday talablarga quyidagilar kiradi:

1. Qayd etish natijasining ko'rinishi va yaqqolligi (ravshanligi);
2. Tashuvchiga tushirilayotgan simvol (belgi) larning kattaligini cheklashi ta'sirida kam xatolik bilan qayd etish;
3. Tez ishlash imkoniyati yuqoriligi, natijada qayd etuvchi qurilma-ning chastota diapazonini kengligi;

4. Qayta zaryadlanmasdan va sozlanmasdan uzoq muddat ishlashi.

Bu talablarni qondirilishida qayd etish usullarining ahamiyati katta. Asosiy usullar guruhlarini ko'rib chiqamiz:

1. Axborot tashuvchiga modda qatlamini tushirish usuli;
2. Axborot tashuvchidan modda katlamini olish usuli;
3. Axborot tashuvchini moddasini holatini o'zgartirish usuli.

Axborot tashuvchiga modda qatlamini tushirish usulida quyidagi qayd etish usullari kiradi: qalamli, siyohli, tizillab otiluvchi siyohli, soqali qurilmalarda pastani qo'llanishi, bosim ostida pasta qo'llanishi, nusxali, bosmali va sh.k. Eng keng tarqalgani siyohli usul hisoblanadi. Bu usulda maxsus pero qo'llaniladi. Peroning uchligi ko'pincha platina-iradiydan tayyorlangan ichki diametri 0,1-0,15 mm bo'lgan trubka shaklida bo'ladi. SHu trubka orqali tashuvchiga chizish uchun siyoh tushiriladi.

Afzalligi: qayd etuvchi organ tomonidan harakatlanuvchi qismga ta'sir kamligi; qoldiriladigan izning yuqori sifati; qayta zaryadlanmay uzoq ishlashi – 30 sutkagacha; qayd etuvchi organning puxtaligi.

Kamchiligi: maxsus siyoh qo'llanishi (tarkibida distillangan suv, anilin bo'yoq, glitserin, glyukoza, fenol); muzlashi va qurishi; ichki teshikning tiqilishi; yozuv chizig'ining nisbatan kengligi (0,4÷0,5 mm).

Axborot tashuvchidan modda qatlami olish usulida eritish va rezetsli usullar qo'llaniladi. Eritish usulida yuqori haroratga qizdirilgan sterjen yoki nixrom spirali ishlatiladi. Tashuvchi sifatida parafin yoki bo'rlik mum (vosk s melom) yupqa qatlami bilan qoplangan, odatda qora rangdagi maxsus qog'oz lenta qo'llaniladi. Bunday lenta bilan qizdirilgan qayd etuvchi organning bir-biriga tegishi natijasida lenta yuzasidagi qatlamning erishi oqibatida tashuvchida aniq ko'rinuvchi qora chiziqli qoladi.

Bu usulda tashuvchini tezligi o'zgarganda qayd etuvchi organning qizdirilishi darajasini ham o'zgartirish talab etiladi. Lekin shunga qaramay bu usul asosida oxirgi paytlarda yangi qayd etuvchi asboblarni ishlab chiqarilmoqda.

Rezetsli usulda qayd etuvchi organ sifatida qattiq material, masalan, korund (qattiq mineral) dan tayyorlangan igna (igla) qo'llaniladi. Tashuvchi sifatida mellik parafin yoki metall kukuni bilan yupqa (10-15 mkm) qoplangan oddiy glyantslangan qora qog'oz lenta ishlatiladi. Bunda tashuvchi siljiganda unga tegib turgan igna qog'oz lentadagi qoplamni tirnaydi va unda eni 50-100 mkm bo'lgan uzluksiz iz qoldiradi.

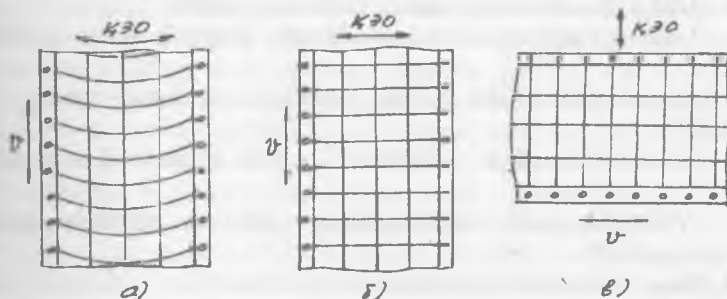
Tashuvchining metall qoplamasi qayd etuvchi asboblarni og'ir iqlim sharoitlarida qo'llashga va yuqori aniqlikda o'lchov ishlarini tashkil etishda qo'llaniladi.

Axborot tashuvchini moddasini holatini o'zgartirish usuli boshqa usullarga nisbatan kam qo'llaniladi. Bu usulni qo'llanishini eng ko'p tarqalgani yorug'lik nuri bilan yorug'lik sezuvchi tashuvchiga ta'sir etish usuli hisoblanadi. Bu usul yorug'lik nurli ostsilloqlarida keng qo'llaniladi. Bu holatda ma'lumki, yorug'lik nuri manbasi albatta bo'lishi kerak, yorug'lik nurini tashuvchiga tushirish uchun o'lchash mexanizmini harakatlanuvchi qismiga yorug'lik nurini qaytaruvchi ko'zgu o'rnatilishi lozim. Yorug'lik nuri manbasi sifatida oddiy cho'g'lanma lampa yoki ultrabinafsha nurlanishni quvvatli manbasi bo'lgan maxsus simob lampalari qo'llanishi mumkin. Birinchi holat uchun tashuvchi sifatida kimyoviy ishlov berish talab etadigan oddiy fotoplyonka yoki qog'oz fotoplyonka qo'llaniladi. Ikkinchi holatda tashuvchi sifatida maxsus UF (ultrafiolet) turidagi qog'oz fotolenta ishlatiladi. Bu fotolenta ultrabinafsha nurlarga sezgir bo'lib kimyoviy ishlovni talab etmaydi. UF turidagi fotolenta oddiy yorug'likda qisqa vaqt ichida qo'rinarli yozuvlarni namoyon etadi. Bu usul perspektiv usullardan hisoblanadi. Bundan tashqari magnitograflarda axborotni magnit lentaga yozib olish ham modda holatini o'zgartirib qayd etish usuliga kiradi.

6.3. Qayd etish qurilmalari

11.2-rasmda yorug'lik nurli ostsilloqlarning optik va yoyuvchi qurilmalarning sxemasi keltirilgan. Bunda: OG-ostsilloqlar galyvanometr, K-ko'zgu, L-lampa (yorug'lik manbai), T-axborot tashuvchi, B-ko'zgu (oyna) li boshqaruvchi, P-prizmalar.

Yorug'lik nuri optik sistema orqali ostsilloqlar galyvanometriga harakatlanuvchi qismiga o'rnatilgan ko'zgu tushadi va undan yana optik sistema orqali tashuvchi T ga tushadi. Tashuvchi T o'rnatilgan birday V tezlik bilan siljib boradi va unga tushayotgan nurning tushish joyini holatini vaqt



11.3-rasm. Diagrammali lentalar.

Qayd etuvchi asboblarning o'lchash mexanizmi harakatlanuvchi qismi bilan qayd etuvchi organini bog'lovchi turli qurilmalar ishlatiladi. Asosan ikki turdagisi: qayd etuvchi organi o'lchash mexanizmini harakatlanuvchi qismi bilan bevosita bog'langan qurilma va qayd etuvchi organi o'lchash mexanizmini harakatlanuvchi qismi bilan ko'lisa (harakat yo'nalishini o'zgartiradigan mexanizm) xilidagi to'g'rilovchi qurilma orqali bog'langan qurilma. Bulardan birinchisi egri chiziqli koordinatalar sistemasidagi diagrammali lentalar uchun, ikkinchisi to'g'ri chiziqli koordinatalar sistemasidagi diagrammali lentalar uchun mo'ljallangan bo'ladi.

Amaliyotda qayd etuvchi asboblarning turli xildagilari keng qo'llaniladi. Masalan, o'zgarish tok va kuchlanish o'zgarishini qayd etuvchi N392 xilidagi ampermetr va voltmترلar, o'zgaruvchan tok va kuchlanishni o'zgarishini qayd etuvchi R393 xilidagi asboblار, shu qatorda vattmetرlar, varmetرlar, chastota o'lchagichlar, faza o'lchagichlar ishlab chiqariladi.

Ko'p diapazonli ko'chma qayd etuvchi asboblار N399, kombinatsiyalangan N339 xilidagi asboblار ham qo'llaniladi.

Asboblarning aniqlik sinflari 1,0; 1,5 va 2,5 bo'lib siyoxni qo'ri (zapasi) 10 nutkagacha uzluksiz ishlashiga mo'ljallanadi. Lenta tortish mexanizmi axborot tashuvchilarni 20, 60, 120, 600, 1800 va 5400 mm/soat tezlikda siljitishi mumkin.

Tez ishlovchi asboblarda ish chastotasi 0 dan 150 Gts gacha (N338 xili) va 0 dan 100 GTS gacha (N327 xili) bo'lishi mumkin.

Nazorat savollari

- 1 Qayd etuvchi asboblarning qanday guruhlarini bilasiz, struktura sxemasi sharhlansin?
- 2 Qayd etuvchi asboblار signal chastotasiga qarab qanday guruhlariga bo'linadi?

3. Qayd etish asboblari qanday talablar qo'yiladi?
4. Axborot tashuvchiga modda qatlamini tushirish usulining afzal-ligi nimada?
5. Axborot tashuvchidan modda qatlamini olish usulida qanday amallar bajariladi?
6. Axborot tashuvchini moddasini holatini o'zgartirish usuli nimadan iborat?
7. YO'rug'lik nurli ostsillografning optik va yoyuvchi qurilmasi funktsiyasi qanday?
8. Diagramma lentalarini qanday turlarini bilasiz?
9. Qayt etuvchi asboblarning o'lchash mexanizmlari qanday turlarga bo'linadi?
10. Qayd etuvchi asboblarga misollar keltiring.

6.4. Elektron o'lchov asboblari

Elektron o'lchov asboblari o'zgarmas tokda va keng diapazondagi chastotali o'zgaruvchan toklarda elektr kattaliklarni o'lchash, xuddi shunday kuzatish uchun va radiosignallarni shaklini hamda radioelektron qurilmalarning tavsiflarini tadqiqot etish va sinash signallarini generatsiya qilish uchun qo'llaniladi. Asosiy funktsional uzellari bo'lib, turli elektron qurilmalar xizmat qiladi.

Ishlash prinsipi bo'yicha elektron asboblari analog va raqamli o'lchov asboblari bo'linadi. Analog asboblarda ko'rsatishi kirish signalining uzluksiz funktsiyasi bo'ladi, raqamli asboblarda esa, axborot signallari avtomatik ravishda diskretlashtirilib, ko'rsatishi raqamli shaklda bo'ladi.

Analog elektron asboblarni 4 ta asosiy guruhlariga bo'lish mumkin.

1. Signallarni parametrlarini va tavsiflarini o'lchaydigan asboblari (masalan, voltmetrlar, ostsillograflar, chastotomerlar va b.)
2. Elektr va radioelektron sxemalarning parametrlarini va tavsiflarini o'lchaydigan asboblari (masalan, qarshilik, sig'im, induktivlik, tranzistorlar parametrlari va sh.k.).
3. Turli darajadagi, shakldagi va chastotadagi signallarni manbasi sifatida qo'llaniladigan o'lchov generatorlari.
4. O'lchov sxemalarning elementlari (masalan, attenyuator, faza aylantiruvchilar va b.).

Standart bo'yicha barcha elektron o'lchov asboblari va ular uchun elektr kattaliklar o'lchovlari o'lchash xarakteriga va o'lchanilayotgan turiga qarab 20 ta guruhga bo'linadi. Bu guruhlar rus alfavitining bosh harflari bilan belgilanadi. Har bir guruh tartib bo'yicha arab raqamlar bilan belgilangan bir necha turdan (viddan) iborat. Bu turdagi asboblari tartib raqamiga ega bo'lgan

ullarga (tiplarga, modellarga) bo'linadi. Asbobning xili nomeri turidan defis (chiziqcha) bilan ajratiladi. Bir nechta fizikaviy kattaliklarni o'lchashga mo'ljallangan kombinatsiyali asboblarda belgisida guruh asosiy belgisiga "K" harfi qo'shiladi. Modernizatsiya qilingan asboblarda ilgari belgisini saqlab qoladi, lekin modelning nomeridan so'ng rus alfavitining bosh harflari qo'shiladi: A- birinchi modernizatsiya, B- ikkinchi modernizatsiya va sh.k.

Belgilashga misollar: V2-25-o'zgarmas tok voltmometri, xili 25; VK2-17-voltmetr; V4-9A-impulsli tok voltmetri, birinchi modernizatsiya.

Tropik iqlim sharoitida ekspluatatsiya qilinishiga mo'ljallangan asboblarda belgisidan so'ng "T" harfi qo'yiladi. Konstruktiv modernizatsiya qilinganda uning nomeri nisbat chizig'idan so'ng arab raqami bilan belgilanadi. Masalan, V2-10BT/2-o'zgarmas tok voltmetri, uning model, ikkinchi modernizatsiya, tropik iqlim sharoitiga mo'ljallangan, ikkinchi konstruktorlik modifikatsiyaga tegishli.

Elektron o'lchov asboblari ichida elektron voltmetr (EV) katta guruhni tashkil etadi. Ularning asosiy mo'ljallanishi-kuchlanishni o'lchash (o'zgarmas, o'zgaruvchan, impulsli). Voltmetr tarkibiga o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanish kuchaytirgichlari, o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas, o'zgarmasni-o'zgaruvchan kuchlanishga o'zgartiruvchi o'lchov o'zgartirgichlari kiradi.

O'lchovchi asbob sifatida asosan magnitoelektrik mikroampermetrlar qo'llaniladi.

Mo'ljallanishiga qarab kuchlanishni o'lchaydigan elektron asboblarda guruh - V quyidagilarga bo'linadi:

V1 - voltmetrni tekshiruvchi asboblarda yoki qurilmalar;

V2 - o'zgarmas tok voltmetr;

V3 - o'zgaruvchan tok voltmetr;

V4 - impulsli tok voltmetr;

V5 - fazaga sezuvchi voltmetr (vektorometr);

V6 - selektiv (tanlovchi) voltmetr;

V7 - universal voltmetr;

V8 - kuchlanish nisbati yoki kuchlanish ayirmasini o'lchagichlar;

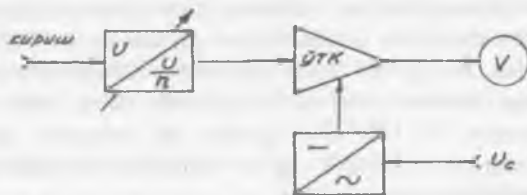
V9-kuchlanish o'zgartirgichlari.

EV larda quyidagi asosiy texnik talablar o'rnatiladi:

- o'lchaydigan kuchlanish keng chegaralari;
- o'lchaydigan kuchlanish keng chastota diapazoni;
- qo'ng'ir kiritish qarshiligi;
- o'lchov kiritish sig'imi va induktivlik;
- o'lchov o'lchash xatoligi.

6.5. O'zgarmas kuchlanish elektron voltmترلari

12.1-rasmda o'zgarmas tok EV ning struktura sxemasi keltirilgan. Voltmetr tarkibiga kirish rezistiv kuchlanish bo'luvchi, o'zgarmas tok kuchaytirigichi (O'TK), o'lchash mexanizmi (odatda, magnitoelektrik tizimlik) va ta'minlash bloki kiradi.



12.1-rasm. O'zgarmas tokning struktura sxemasi.

Kirish rezistiv kuchlanish bo'luvchi o'lchanadigan kuchlanishni ma'lum marotaba kamaytiradi va O'TK ning normal ishlashi uchun kerak darajaga etkazadi. Kuchaytirish ko'effitsientini va kirish qarshiligini stabiligini ko'tarish uchun O'TK chuqur manfiy qayta bog'lanish bilan qamralgan. Elektron voltmترلarda asosan noli dreyfi xatolik kiritadi. Noli dreyfi ma'nosi O'TK ning kirish signali noli bo'lganda chiqish signali noldan farqli bo'ladi va vaqt bo'yicha sekin o'zgaradi. Bu esa kirish signali berilganda unga qo'shilib xatolik kiritadi. Buni kamaytirish maqsadida turli usullar va sxematik echimlar qo'llaniladi.

Elektron voltmترلarning o'lchash chegaralarini o'zgartirish O'TK ning kuchaytirish ko'effitsientini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Buning uchun qayta bog'lanish zanjiridagi bo'luvchi yordamida qayta bog'lanish ko'effitsienti tanlanadi, bu kuchaytirish ko'effitsienti tanlanadi deganidir.

Quyida V2-25 elektron mikrovoltmetrning texnik tavsiflari berilgan:

- | | |
|---|--------------|
| Kuchlanishni o'lchash diapazoni | - 0,1mkV-1V; |
| Kichik diapazonlar soni | - 12 |
| Kuchlanishni o'lchashda asosiy xatolik | - (1-6)% |
| Kuchaytirish ko'effitsientining asosiy xatoligi | - (0,5-6)% |

6.6. O'zgaruvchan kuchlanish elektron voltmترلari

O'lchash texnikasi amaliyotida kichik va yuqori chastotalar keng diapazonida katta kirish qarshiligini saqlovchi va ytarli darajadagi yuqori aniqlikka ega bo'lgan ko'p chegarali o'zgaruvchan tok voltmترلari eng kerakli asboblardan biri hisoblanadi.

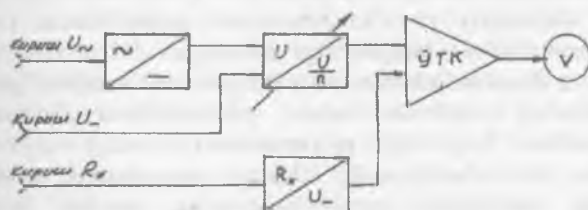
O'zgaruvchan tok EV kirish kuchlanish bo'luvchi, o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok kuchaytirgichi va magnitoelektrik indikatorendan tashqari tarkibiga o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmasga o'zgartkichi – detektor (to'g'rilagich) kiradi. Detektorning turiga qarab voltmترلarning ko'rsatishi o'lanilayotgan kuchlanishning o'rtacha, amplituda, o'rtacha kvadratik (ta'sir etuvchi) qiymatlariga proporsional bo'lishi mumkin.

Struktura sxemasi bo'yicha o'zgaruvchan tok EV lari ikkita asosiy guruhga bo'linadi: detektor-kuchaytirgich xilidagi va kuchaytirgich-detektor xilidagi voltmترلar.

Detektor-kuchaytirgich xilidagi voltmترلarda o'lanadigan kuchlanish ilgari to'g'rilanadi, so'ngra o'zgarmas tokda kuchaytiriladi. Bunday voltmترلar o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanishlarni o'laydigan universal asbob turida ishlab chiqariladi.

CHastota diapazoni keng (1GGts gacha). Kamchiligi sezgirligining pastligi (0,5 V).

12.2-rasmda detektor-kuchaytirgich xilidagi universal elektron voltmetr V7-17 ning struktura sxemasi keltirilgan. Bu asbob o'zgarmas, garmonik kuchlanishlarning o'rtacha kvadratik qiymatini va aktiv qarshilikni o'lchashga mo'ljallangan.

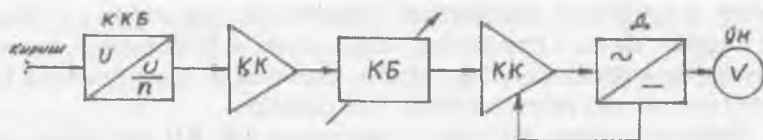


12.2 - rasm. V7-17 universal EV ning struktura sxemasi.

Kuchaytirgich-detektor xilidagi voltmترلar nisbatan tor chastota diapazoni (30 mGts gacha) bilan xarakterlanadi, ya'ni chastota diapazoni kuchaytirgichning o'tkazish polosasi (imkoniyati) bilan cheklanadi. O'lanadigan kuchlanishning past chegarasi kuchaytirgichning shaxsiy tekomyati (shumi) darajasi bilan aniqlanadi. Bu odatda bir necha mikrovolti tashkil etadi. Bunday xildagi asboblardan o'zgaruvchan tok millivoltmetrlari ishlab chiqariladi. Agarda kichik va katta kuchlanishlarni o'lchashga zarurat bo'lsa, o'zgaruvchan tok millivoltmetrlari ko'p chegarali turda ishlanishi mumkin.

Millivoltmetrlarning umumlashgan struktura sxemasi 8.6-rasmda keltirilgan. U kirish kuchlanish bo'luvchi KKB, quvvat kuchaytirgichi QK,

asosiy ko'p pog'onali kuchlanish bo'luvchi KB, keng polosali kuchaytirgich KK, detektor D va o'lchov mexanizmi O'M dan tarkib topgan.



12.3-rasm. O'zgaruvchan tok millivoltmetrining struktura sxemasi.

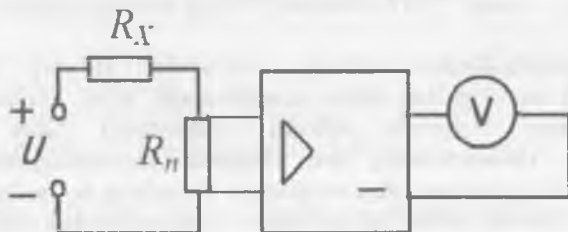
Amaliyotda qo'llanilayotgan V3-48 o'zgaruvchan tok elektron millivoltmetrining kuchlanishni o'lchash diapazoni (0,3÷300) mV, tashqi bo'luvchi (1:1000) qo'llansa, (0,3÷300) V, chastota diapazoni (20Gts-50 MGts); keltirilgan xatoligi (2,5-10) % ni tashkil etadi. Uning struktura sxemasi 9.6-rasmdagi struktura sxemaga mos keladi.

6.7. Elektron ommetrlar

Qarshiliklarni bevosita o'lchashda qo'llaniladigan elektron asboblarni elektron ommetrlar deyiladi.

Elektron ommetrlarning ishlashi mo'tadil (stabillashtirilgan) kuchlanish manbaining namunaviy va o'lchanilayotgan qarshiliklardan hosil qilingan kuchlanish tushuvlarini taqqoslashga asoslangan (12.4- rasm). Kuchlanish manbaiga R_n va R_x qarshiliklardan iborat bo'lgan kuchlanish bo'lgich o'lingan.

Qarshilikdagi kuchlanish tushuvi voltmetr bilan o'lchanadi R_x dagi kuchlanish tushuvi R_n ga to'g'ri proporsional bo'lganligi uchun voltmetrning shkalasi Om larda darajalanadi. Elektron ommetrning xatoligi namuna qarshiligining metrologik xarakteristikalariga, manba kuchlanishining mo'tadilligiga va elektron voltmetr xatoligiga bog'liq bo'ladi.



12.4-rasm. Elektron ommetrning tuzilishi.

Elektron ommetrlar 10^{-4} dan 10^{12} Om gacha bo'lgan qarshiliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan. Keltirilgan xatoligi 1,5 % dan oshmaydi. Ishlab chiqarishda elektron ommetrlar, asosan, elektr qurilmalar izolyatsiya qarshiliklarini o'lchashda va liniyadagi shikastlangan joylarni aniqlashda ishlatiladi.

Keng qo'llaniladigan M 419 rusumli elektron ommetrdagi kuchlanishni o'lchash chegarasi 220 V, chastotasi 45÷500 Gts, doirasi 0÷5 MOm, aniqlik sinfi 2,5 tashqi o'lchamlari 80×80×100 mm, vazni 0,2 kg.

Nazorat savollari

1. Elektron o'lchov asboblarning asosiy guruhlariga bo'linishini aytib berilsin.
2. Elektron asboblarning guruhlar bo'yicha belgilanishi qanday?
3. Elektron voltmetrlar mo'ljallanishiga qarab standart bo'yicha qanday guruhlariga bo'lingan?
4. O'zgaruvchan tok elektron voltmetri sxemasi tarkibi tushuntirilsin.
5. Elektron voltmetrning o'lchash chegarasini o'zgartirish asbob-ning qaysi elementi orqali amalga oshiriladi?
6. O'zgaruvchan tok elektron voltmetrida detektor (to'g'rilagich) qanday vazifa bajaradi?
7. O'zgaruvchan tok elektron voltmetrlari qanday turlarga bo'linadi?
8. O'zgaruvchan tok elektron voltmetrining struktura sxemasi orqali o'lchash printsiplari tushuntirilsin.
9. Elektron ommetrlarning xatoligi nimalarga bog'liq?
10. Elektron ommetrlar qayerlarda ko'proq qo'llaniladi?

6.8. Elektron-nurli ostsilloqraflar to'g'risida umumiy ma'lumotlar

Elektron-nur trubka (ENT) ekranida tasvirlangan elektr jarayonlarni kuzatish va tadqiqot etish uchun mo'ljallangan o'lchov asbobiga **Elektron-nurli ostsilloqraflar** (ENO) deyiladi. ENO tadqiqot etilayotgan jarayonlarni sonli (miqdoriy) baholashdan tashqari ularning qator parametrlarini o'lchash imkoniyatini beradi: kuchlanish va toklarning maksimal va o'rtacha qiymatlari, impulsning davomiyligi, davriy tebranmalar (kolebaniylar) ni chastotasi va amplitudasi va boshqa parametrlar. ENO yordamida davriy tebranishlar bilan bir qatorda nodavriy va kam qaytariluvchi signallarni ham tekshirish mumkin, masalan, yakka impuls. Yuqori sezgirlikka ega, katta omlik zanjirlarda va keng chastotalar diapazonida o'lchash uchun qo'llash mumkin.

ENO lar universal, tez o'lchov, stroboskopik, xotirlovchi va maxsus turlariga bo'linadi.

Universal ENO elektr signallarni amplitudalar, davomiyliklar va takrorlanish chastotalari keng diapazonida tadqiqot etish imkoniyatini beradi. O'tkazish chastota polosasi 250 MGts. Amplitudasi millivolt ulushidan yuzlab voltgacha va davomiyligi nanosekunddan bir necha sekundgacha bo'lgan signallarni kuzatish va o'lchash mumkin.

Tez o'lchov ENO tez o'tuvchi jarayonlarni tadqiqot etish uchun mo'ljallangan. Bunday ostsillograflarning o'tkazgich polosasi yuqori chegarasi 1 GGts ga yaqinlashadi. Maxsus elektron-nur trubkalari (ENT) - yuguruvchi to'liq trubkasi qo'llaniladi.

Stroboskopik ENO faqat davriy signallarni kuzatish va taqiqot etish uchun ishlatiladi. Sezgirliigi va chastota o'tkazish polosasi tez o'lchov ENO lardan katta. 0 dan 10 GGts gacha bo'lgan millivolt darajadagi signallarni tekshirish imkoniyatini beradi.

Xotirlovchi ENO ekranida kirishida signal o'chirilgandan so'ng ekranida uning tasvirini uzoq vaqt davomida saqlash va qayta tasvirlash qobiliyatiga ega. Maxsus ENT qo'llaniladi. Bunday ENO larning tavsiflari xuddi universal ENO larniki kabidir.

Maxsus ENO. Bular televizion signallarni tadqiqot etish uchun mo'ljallangan bo'lib, maxsus qurilmalar bilan ta'minlanadi.

Elektr signallarni ENT ekranida bir vaqtda kuzatilishi soniga qarab ostsillograflar bitta nurli, ko'p nurli va ko'p kanallilarga bo'linadi.

ENT ekranlarining so'nggi nurlanishi vaqtiga qarab, ostsillograflar kichik va katta so'nggi nurlanishlilarga bo'linadi.

ENO lar alohida asbob sifatida va ENT si ekranida tadqiqotlanuvchi zanjirlarning volt-amper, chastotaviy, amplitudaviy, fazoviy, o'tuvchi va boshqa tavsiflarini namoyon etish imkonini beradigan o'lchov qurilmalarining tarkibiy qismlari (komponentlari) sifatida qo'llaniladi. Xuddi shunday bular elektron apparatlarni tekshirish, boshqarish, nosozligini aniqlash ishlarida xam qo'llaniladi.

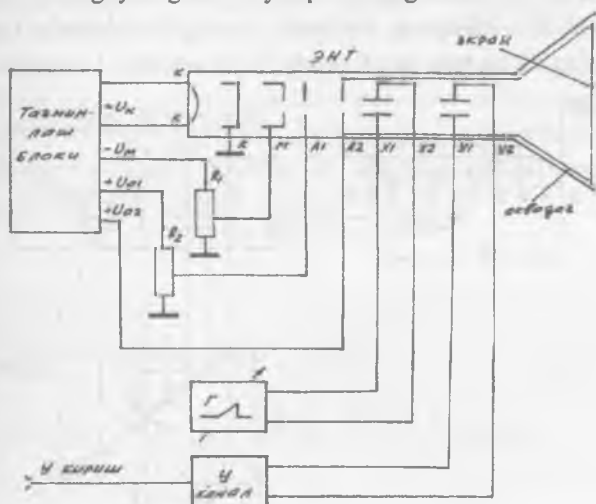
6.9. Elektron-nurli ostsillograflar tuzilishi va ishlash printsiipi

ENO lar turli sxemalar asosida bajariladi va bir-biridan yig'ilishi, qismlar va bloklarining joylashtirilishi, boshqarish tizimi, universallik darajasi va murakkabligi bilan farqlanadi.

13.1-rasmda ENO ning struktura sxemasi keltirilgan. Sxemaga e'tibor qaratsak, ostsillografning asosiy funktsional qismlari bo'lib kirish qismi (U-

kurish) yoki vertikal og'dirish kanali (U-kanal), yoyiltirish generatori -G va ta'minlash bloki hisoblanadi.

ENO ning indikatorni sifatida elektrostatik fokuslovchi va elektron nurni og'diruvchi elektron-nurli trubka – ENT ishlatiladi. ENT elektr vakuum asbob bo'lib, elektron pushka, og'dirish tizimi X1, X2 va U1, U2 hamda ekrandan iborat bo'ladi. Elektron pushka qizdiriluvchi oksidli katod-K, modulyator-M va ikkita A1, A2 anodlardan tashkil topgan. Oksidli katod katta bo'lmagan nikeldan tayyorlangan tsilindr bo'lib, tubiga aktivlashtirilgan qatlam tushirilgan. Bu qatlam qizdirilganda elektronlarni emitirlaydi (chiqazadi). Katod atrofida boshqaruvchi katod (modulyator) o'rnatiladi. Modulyator tubida kichkina teshikli nikeldan tayyorlangan tsilindr ko'rinishida bo'ladi. Modulyatorga katodga nisbatan manfiy kuchlanish beriladi (bir necha o'n volt atrofida). Buning ta'sirida elektronlarni trubkani o'qi tomon siquvchi (qisuvchi) elektr maydoni hosil bo'ladi. YA'ni bu yerda elektron nur oldindan fokuslanadi. Bundan tashqari modulyatorida ekran tomon harakatlanuvchi elektronlar soni boshqarilib, ekrandagi yorug'lanish-yorqinlik o'zgartiriladi.



13.1-rasm. Oddiy ENO ning struktura sxemasi.

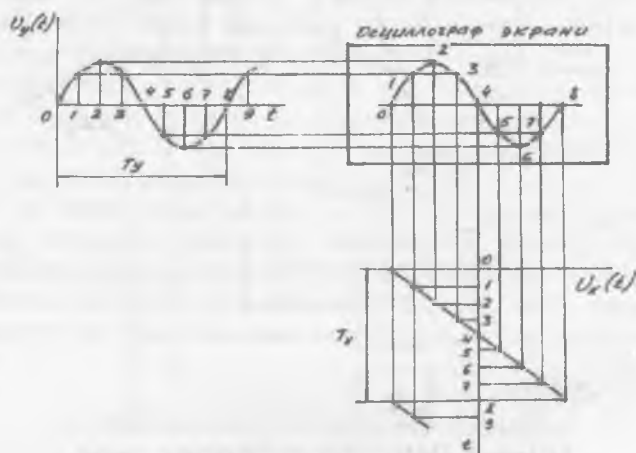
Elektronlarni tezlanishi va keyinchalik tor bog'lam kabi fokuslash metall silindrlardan yasalgan ikkita anodlar yordamida amalga oshiriladi. Bularga nisbatan kuchlanish birinchi anodga bir necha yuz volt, ikkinchisiga bir qancha kilovolt beriladi.

Ta'minlash manbai katodni qizdirish va M, A1, A2 larni Potentsiallarini boshqarish uchun U_k , U_m , U_{a1} , U_{a2} kuchlanishlarni shakllantiradi.

Elektron nur keyinchalik o'zaro perpendikulyar og'diruvchi ikki juft plastinalar orasidan o'tadi. Bunga elektrostatik og'diruvchi tizim deyiladi. X1 va X2 plastinalar vertikal joylashadi va nurni gorizontaal yo'nalishda og'diradi, shuning uchun ularni *gorizontaal og'diruvchi plastinalar* deyiladi. U1 va U2 plastinalar *vertikal og'diruvchi plastinalar* deyiladi. ENT ekrani elektronlar bombardirovka qilganda yorug'lanadigan yupqa qatlam lyuminofordan iborat bo'ladi. Yorug'lanish rangi lyuminofor tarkibiga bog'liq. Tadqiqotlanuvchi signal U-kanaliga kiritiladi. U-kanaliga attenyuator, oldindan kuchaytirgich ushlab qolish liniyasi, yakuniy kuchaytirgich kiradi.

X-kanalining asosiy qismi bo'lib yoyiltirish generatori hisoblanadi. U arrasimon shakldagi kuchlanish ishlab chiqaradi. Uning ta'sirida yorqin nuqta ekranda vaqt bo'yicha chapdan o'ngga harakatlanadi. Ekranda turg'un holdagi ko'rinish-shaklni hosil qilish uchun nurni yoyiltirish chizig'i bo'yicha har bir harakatida unga uning xuddi o'sha yoyilish nuqtalarida har safar tadqiqotlanuvchi signalning $U_y(t)$ bir xil kuchlanishi ta'sir etishi kerak.

Ekranda qo'zg'almas shaklni (tasvirni) hosil bo'lishini ko'rib chiqamiz. U_x va U_y kuchlanishlarning davrlarini tengligida ekranda kuzatilayotgan signalning qo'zg'almas bitta davrli tasviri hosil bo'ladi (13.2-rasm).



13.2-rasm. ENT ekranida tasvirni hosil qilinishi.

Ekranda 0, 1, 2 ... vaqtlardagi yorug' dog'ning holatlari o'rganilayotgan va yoyiltiruvchi kuchlanishlarning tegishli oniy qiymatlari bo'yicha aniqlanadi. Alohida qaytariluvchi tasvirlarning to'liq mos tushishi uchun yoyiltirish davri T_x o'rganiluvchi kuchlanishning T_y davrlarining butun soniga teng bo'lishi kerak. Ekranda turg'un holatdagi tasvirni hosil bo'lishi uchun arrasimon

yoyiltirish kuchlanishining chastotasi o'rganiluvchi signal chastotasiga karralik bo'lishi kerak.

$$T_x = nT_y, \quad n=1,2,\dots \quad (13.1)$$

Bu shartning bajarilishi yoyiltirish kuchlanishi va o'rganilayotgan signal davrlarini *sinxronlashtirish* deyiladi. Bunda arrasimon kuchlanish U_x ning davrini n - marotaba ko'paytirish ekranda o'rganilayotgan signalning n - davrli tasvirini hosil qiladi.

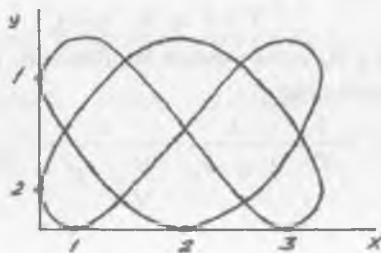
6.10. Elektron-nurli ostsillografni o'lchashlarda qo'llanilishi, chastotani o'lchash

1. Lissaju figuralari - shakllari yordamida o'lchash. Bu yerda noma'lum chastota namunaviy chastota bilan solishtiriladi. Chastotasi aniqlanadigan signal ostsillografning U-kirishiga beriladi. Gorizontol og'diruvchi kuchaytirgich X-kirishga namunaviy chastota ishlab chiqaruvchi generator dan kuchlanish beriladi. Chastotalar yaqinlashganda ekranda aylanuvchi ellips tasviri hosil bo'ladi. Tasvir to'xtaganda chastotalar to'liq mos kelganligini ko'rsatadi. Murakkab shakllarda f_y chastotaning f_x chastotaga nisbati xuddi shaklda gorizontol urinmalar nuqtalari N_x sonining vertikal urinma nuqtalari N_y soniga nisbati kabi bo'ladi (13.3-rasm).

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{N_x}{N_y}$$

$$f_y = \frac{N_x}{N_y} f_x \quad (13.2)$$

Ajardo $N_y = 2$ $N_x = 3$ bo'lsa, $f_y = \frac{3}{2} f_x$ bo'ladi.



13.3-rasm. Lissaju shakli.

2. Aylanma - yoyma usuli. Bu yerda ham noma'lum chastota ma'lum chastota bilan solishtiriladi. Agarda ostsillografning ikkita kanaliga bir xil ma'lum chastotali, lekin bir-biriga nisbatan faza bo'yicha 90° ga siljigan ikkita kuchlanish berilsa ekranda aylana (doira) tasvir hosil bo'ladi. Elektron nur aylanani tushirish (chizish) vaqti f_0 chastotali kuchlanish davriga teng bo'ladi. Agarda noma'lum f_x chastotali kuchlanishni yorqinlikni boshqaruvchi kanaliga yoki bevosita ENT modulyatoriga berilsa chastotalarning

$$\frac{f_x}{f_0} = n \quad (13.3)$$

nisbatida qator qo'zg'almas yo'ylar hosil bo'ladi (9.4-rasm). YOylar soni n ga teng. Masalan, $n = 3$; $\frac{f_x}{f_0} = 3$; $f_x = 3f_0$.



13.4-rasm. Qo'zg'almas yo'ylar.

3. Signal davrini aniqlab, chastotani topish usuli. Bu yerda ostsillograf ekranida ko'p davrli sinusi yoki boshqa turdagi tebranuvchi davriy signalning ekran to'ri gorizontall o'qi bo'yicha signal davrini aniqlaymiz.

$$\lambda = \frac{n}{N} \cdot [\text{sm}], \quad (13.4)$$

bunda N - to'liq tebranishlar soni; n - to'liq tebranishlar soni N ni qoplagan (qamragan) gorizontall o'q bo'yicha uchastka uzunligi. Bu yerdan signal davri:

$$T = \lambda \cdot x_t \cdot k_x \quad [\text{sek}], \quad (13.5)$$

bunda x_t -gorizontall o'q bo'yicha yoyilish koeffitsienti; k_x -yoyilish koeffitsienti ko'paytuvisi. U holda chastota:

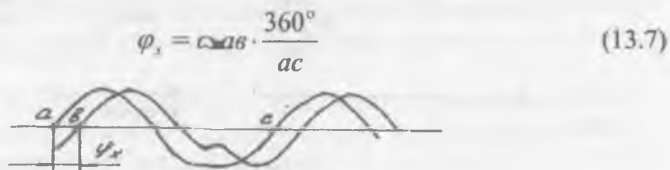
$$f_x = \frac{1}{T} = \frac{1}{\lambda \cdot x_t \cdot k_x} = \frac{1}{\frac{n}{N} x_t \cdot K_x} \quad [\text{Gts}] \quad (13.6)$$

bo'yicha aniqlanadi.

6.11. Elektron-nurli ostsillograf yordamida fazalar farqini o'lchash

Asosan ikkita usul: chiziqli yoyma usuli va ellips usuli qo'llaniladi.

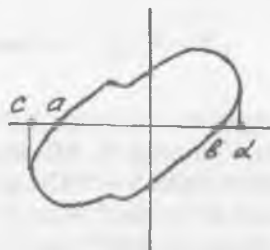
1. Chiziqli yoyma usulda ikki nurlari yoki elektron kommutator bilan bir nurlu ostsillograf qo'llaniladi. Bu holda ostsillograf ekranida orasidagi fazasiljishi φ_x o'lchanadigan ikkita kuchlanish tasvirlanadi (13.5-rasm).



13.5-rasm. Ikkita kuchlanish tasviri.

2. Sinusiy kuchlanishlar orasidagi fazalar farqi ellips usulida aniqlanadi. Hastotalari bir xil bo'lgan U_1 va U_2 kuchlanishlar U va X kirishga beriladi. Ekranida ellips tasviri paydo bo'ladi (13.6-rasm).

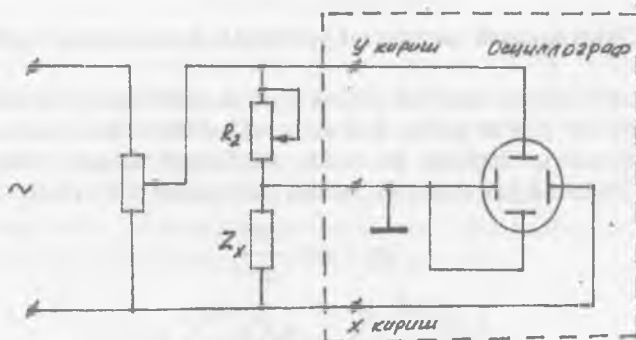
$$\varphi_x = \arcsin \frac{ab}{cd} \quad (13.8)$$



13.6-rasm. Ellips tasviri.

6.12. Elektron-nurli ostsillograf yordamida qarshilikni o'lchash

Qarshilikni o'lchash uchun 13.7-rasmda keltirilgan sxemadan foydalanamiz:



13.7-rasm. Qarshilikni o'lchash sxemasi.

Bu yerda Z_x - o'lchanilayotgan qarshilik; R_2 - o'zgaruvchan rezistor.

Ekranda ellips hosil qilinadi. So'ngra R_2 o'zgartirilib nurning gorizontaal va vertikal bo'yicha og'ishi tenglashtiriladi. Bunda R_2 dagi va Z_x dagi kuchlanishlar tushuvlari teng bo'ladi, ya'ni Z_x ning Z moduli R_2 ga tenglashadi: $Z = R_2$ bo'ladi.

Ellipsdan foydalanib:

$$\sin \varphi = \frac{ab}{cd}; \quad Z = R_2; \quad x = Z \sin \varphi; \quad R = \sqrt{Z^2 - x^2} \quad (13.9)$$

parametrlar aniqlanadi.

Yuqorida ko'rib chiqilgandan ma'lum bo'ldiki elektron ostsillograflar o'lchash amaliyotida alohida o'rin tutadi. Masalan, ostsillograf-multimetr S1-107 elektr signallarning shaklini 0 dan 5 MGts gacha diapazonda kuzatish va 0,02 dan 120 V gacha (tashqi bo'luvchi bilan (1:10) 350 V gacha) ularning amplitudasini va vaqt intervallarini $0,4 \cdot 10^{-6}$ dan 1,0 s gacha ostsillograf rejimida o'lchash uchun mo'ljallangan.

Multimetr rejimida o'zgarmas tok kuchlanishini $1 \cdot 10^{-3}$ dan 1000 V gacha, o'zgaruvchan tok kuchlanishini $1 \cdot 10^{-3}$ dan 300 V gacha, o'zgarmas tok kuchini $1 \cdot 10^{-6}$ dan 1,999 A gacha, aktiv qarshilikni $1 \cdot 10^{-3}$ dan 1999 kOm gacha o'lchash imkoniyatiga ega.

Ostsillograf ekrani (60×40) mm, nur chizig'i eni 0,8 mm dan ortmaydi, og'ish koeffitsienti yo'l qo'yilgan asosiy nisbiy xatoligi vertikal tasvir bo'yicha $\pm 4\%$ dan $\pm 8\%$ ni, yoyilish koeffitsienti gorizontaal tasvir bo'yicha $\pm 5\%$ dan $\pm 8\%$ ni tashkil etadi.

Nazorat savollari

1. ENO lar qanday kattaliklarni o'lchash va kuzatish uchun mo'ljallanadi?
2. ENO lar turlarini sharhlab berilsin.
3. ENO ning struktura sxemasi bo'yicha bloklarining funktsiyalari aytib berilsin.
4. ENO ning ENT sidagi asosiy elementlari ish funktsiyasi sharhlab berilsin.
5. ENO ning U kanali va X kanalining asosiy qismlari va funktsiyalari qanday?
6. ENO ekranida hosil qilinadigan qo'zg'almas tasvirni shakl bo'lishi ma'nosi tushuntirib berilsin.
7. ENO yordamida signallar chastotasini o'lchashning usullari aytib berilsin.
8. ENO yordamida signallar fazalari farqini o'lchash usullari aytib berilsin.
9. ENO yordamida qarshilik qanday o'lchanadi?
10. Ostsillograf-multimetr S1-107 ning asosiy tavsiflari aytib berilsin.

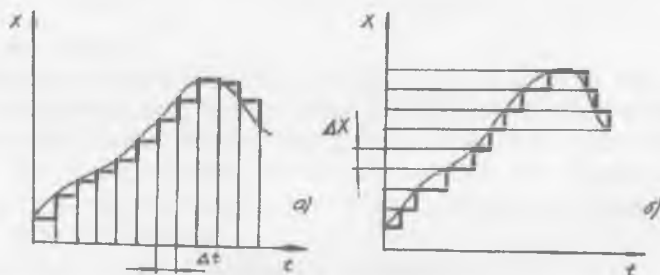
VII BOB. RAQAMLI O'LCHASH ASBOBLARI

7.1. Raqamli o'lchash asboblari to'g'risida asosiy tushunchalar va ma'lumotlar

Qandaydir chegaralar bilan chegaralangan har qanday uzluksiz kattalik vaqt bo'yicha (14.1,a-rasm) **diskretlangan** va sath bo'yicha (14.1,b-rasm) **kvantlangan** bo'lishi mumkin.

Diskretlash – bu uzluksiz kattalikning oniy qiymatlari faqat aniq vaqt momentlarida diskretlash momentlari saqlanib qolinadigan diskret kattalikka o'zgartirish operatsiyasi. Ikkita yaqinroq diskretlash momentlari orasidagi Δt vaqt oralig'i **diskretlash qadami** deyiladi. Diskret signal uzluksiz signaldan farqli o'laroq faqat cheklangan sonli qiymatlarga ega bo'lishi mumkin.

Kvantlash – bu uzluksiz kattalikni oniy qiymatlarini majmui ma'lum qonun bo'yicha yuzaga kelgan fiksatsiyalangan qiymatlarini yaqinroqlari bilan almashtirish yo'li bilan diskret kattalikka o'zgartirish operatsiyasi. Ikkita qo'shni qiymatlar orasidagi ayirma Δx **kvant** deyiladi. Kvantlashda axborotning qismi yo'qoladi, lekin kvantlash natijasida olingan kattalikning qiymati **kvantlash pog'onasi** belgilaydigan aniqlikda ma'lum bo'ladi. Maromli kvantlash natijasida uzluksiz kattalikning oniy qiymatlari cheklangan sonli kvantlash pog'onalari bilan namoyonlanadi.



14.1-rasm. Uzluksiz funktsiyaning diskretlanishi va kvantlanish diagrammalari.

O'lchanilayotgan uzluksiz kattalikni yoki bunga proporsional bo'lgan fizik kattalikni diskret shaklga avtomatik ravishda o'zgartirish, xuddi shunday raqamli kodlash va o'lchov natijasini sonlar ko'rinishida sanab olish

tuzilmasiga berish raqamli o'lchov asbob (RO'A) lari yordamida amalga oshiriladi.

Raqamli o'lchash asboblari deganda o'lchash ma'lumoti signalini avtomatik ishlab chiqaradigan va ko'rsatuvchi sanash qurilmasi yordamida topiladigan qiymatining qabul qilingan qabul qilingan birligi orqali ifodalanadigan kattalik qiymatini raqamli shaklda ifodalaydigan o'lchash asbobi tushuniladi.

RO'A lar ko'pchegarali, universal bo'lib, o'zgarmas va o'zgaruvchan toklar kuchlanishini, chastotani, fazani, qarshilikni, kuchlanishlar nisbatini va boshqa elektr hamda noelektr kattaliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan. Bular tez va sodda yo'l bilan aniq o'lchovlar o'tkazishga, katta sondagi o'lchanayotgan parametrlarni operativ nazorat etishga, o'lchov natijasida subyektiv xatolikni chiqarib tashlashga, o'lchanilayotgan joriy axborotni katta aniqlikda va tezlikda qayd etishga va tezkor hisoblash mashinalariga ishlov uchun qulay shaklda berishga yo'l beradi.

Raqamli asbob tarkibiga **analog-raqamli o'zgartkich (ARO')**, **raqamli sanab olish tuzilmasi** va **avtomat qurilmasi** kiradi.

Raqamli asboblarda uzluksiz kattalikni diskret kattalikka o'zgartirish usuli, ARO' ning struktura sxemasi, qo'llaniladigan texnik vositalar va muvozanatlashtirish usuli (kompensatsiya) bo'yicha tasniflanadi.

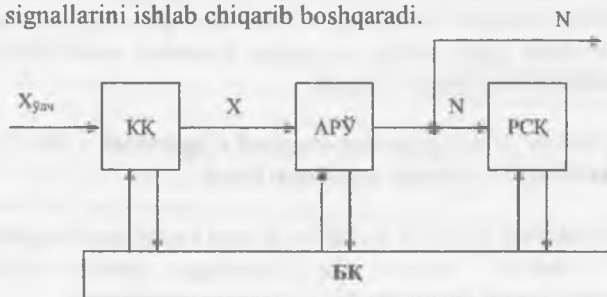
O'zgartirish usuli bo'yicha raqamli asboblarda **kod-, vaqt-, va chastota-impulsli o'zgartiruvchilarga** bo'linadi. **Kod-impulsli** (razryadlar bo'yicha kodlash) o'zgartirishli raqamli asboblarda o'lchanilayotgan kattalik qiymatlari namunaviy kattalikning diskret qiymatlari qatori bilan ketma-ket solishtiriladi; **vaqt-impulsli** o'zgartirishli raqamli asboblarda o'lchanilayotgan kattalik qiymatlari vaqt intervaliga o'zgartiriladi; **chastota-impulsli** o'zgartirishli raqamli asboblarda o'lchanilayotgan kuchlanish qiymatlari impulsning o'tishi chastotasiga o'zgartiriladi.

Raqamli asboblarda ARO' ning struktura sxemasiga qarab **to'g'ri va muvozanatlashtirishli o'zgartirishlilarga** bo'linadi. To'g'ri o'zgartirishli asboblarda chiqishdan kirishga teskari bog'lanish bo'lmaydi, o'lchanilayotgan uzluksiz kattalik bevosita diskret kattalikka o'zgartiriladi.

Raqamli asboblarda o'lchov axboroti ko'z bilan ko'rib sanash uchun o'nli kod bilan berilishi va tashqi qurilmaga uzatish uchun esa ikkilik kodda ifodalinishi mumkin. Har bir raqamli asbob raqamli sanab olish qurilmasiga

ega. Bu qurilma o'lchov natijalarini raqamli shaklda taqdim etishga mo'ljallangan belgilar indikatorlari deshifratordan iborat. Raqamli asboblarda keyingi paytlarda vakuumli (lyuminestsentli), gazorazryadli, yarimo'tkazgichli (yorug'lik diodi matritsali) va suyuq kristalli indikatorlar qo'llanilmoqda..

RO'A ning umumlashgan struktura sxemasi 14.2-rasmda keltirilgan. Bunda o'lchanilayotgan kattalik $X_{o'ch}$ kirish qurilmasi KQ ga beriladi. Bu qurilmada kirgan signal masshtab bo'yicha o'zgartiriladi va agarda pomexa bo'lsa undan tozalanadi. ARO' da KQ dan chiqqan kattalik X raqamli sanash qurilmasi RSQ ga beriladigan N kodga aylantiriladi. N kod tashqi qurilmaga chiqarilishi mumkin, masalan, keyingi ishlov berish va saqlash uchun EHM ga chiqarilishi mumkin. RO'A ning ishini boshqarish qurilmasi BQ tomonidan RO'A ning barcha funktsional bo'linmalariga ma'lum ketma-ketlikdagi komanda signallarini ishlab chiqarib boshqaradi.



14.2-rasm. RO'A ning umumlashgan struktura sxemasi.

O'lchaniladigan kattaliklarning turiga qarab RO'A lar quyidagilarga bo'linadi:

- 1) o'zgarmas va o'zgaruvchan tok voltmترلari;
- 2) ommetrlar, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok ko'priklari;
- 3) kombinatsiyalangan asboblari;
- 4) chastota va vaqt intervallarini o'lchagichlar;
- 5) maxsus RO'A lar: temperatura, massa, tezlik va sh.k. larni o'lchash uchun.

RO'A tomonidan o'lchanadigan kattaliklar diapazoni odatda keng bo'lgani uchun qator **poddiaazonlarga** bo'linadi. O'lchov jarayonida kerakli diapazonni tanlash qo'l bilan yoki avtomatik holda bajariladi. Tanlangan diapazonda o'lchov doimo avtomatik ravishda bajariladi.

RO'A larning asosiy parametrlariga o'zgartirish aniqligi, o'zgartirish vaqti, o'zgartirish diapazoni, xal etish qobiliyatini (sezgirlikni) kiritish mumkin.

RO'A larning xatoliklarini me'yorlash bir necha usulda amalga oshiriladi:

- 1) keltirilgan xatolikni me'yorlash;
- 2) nisbiy xatolikni ikki xadli ifoda bilan me'yorlash, ya'ni:

$$\delta = \pm \left(a + b \frac{x_k}{x} \right), \quad (14.1)$$

yoki

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{x_k}{x} - 1 \right) \right], \quad (14.2)$$

bunda, a, b, c, d - doimiy koeffitsientlar; x_k - poddiapazonni katta qiymati; x - asbob ko'rsatishi.

3) sanab olish birligida ifodalangan absolyut xatolikning qiymatini berish bilan.

Eng ko'p hollarda me'yorlashning **ikkinchi usuli** qo'llaniladi.

7.2. Raqamli o'lchash asboblarning turlanishi

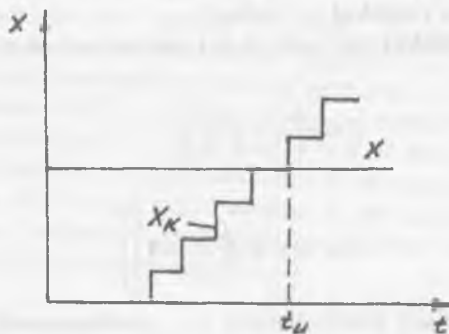
Raqamli o'lchash asboblarning asosiy metrologik xususiyatlari dastlabki uzluksiz o'zgartirishsiz uzluksiz kattalikni kodga o'zgartirish usuli bilan aniqlanadi, chunki kodni keyinchalik uzatilishi va o'zgartirilishi amalda xatolik kiritmaydi. SHu sababdan RO'A (xuddi shunday ARO') asosiy tasniflanishi uzluksiz o'lchanadigan kattalikni kodga o'zgartirili usuli bo'yicha tasniflanishi xisoblanadi.

7.2.1. Uzluksiz o'lchanadigan kattaliklarni kodga o'zgartirishning asosiy usullari

Uzluksiz o'lchanadigan kattaliklarni kodga o'zgartirish uslubi bo'yicha uchta asosiy usullari belgilanadi.

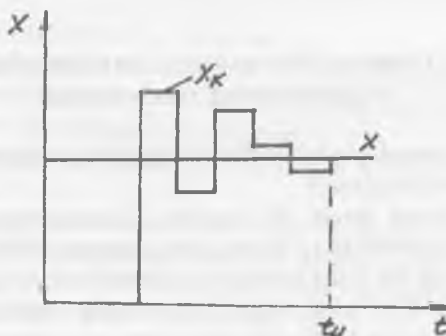
1. **Ketma-ket hisob usuli.** Bu usulda o'lchanayotgan kattalik X vaqt bo'yicha sakrab o'zgaruvchan (o'suvchi yoki kamayuvchi) kvantlangan ma'lum kattalik X_k bilan vaqt bo'yicha ketma-ket solishtiriladi. O'zgaruvchan X_k ning har bir sakrashi satx bo'yicha kvantlash qadami (pog'onasi)ga mos keladi (14.3 rasmi). $X_k(tu) = X$ tenglik bo'lganda pog'onalar soni qandaydir xatolik bilan tenglashtirilayotgan kvantlash satxini nomeriga teng bo'ladi. Ma'lum kattalik o'lchovlar to'plami tomonidan qayta ishlab chiqariladi. O'rin almashish,

o'zgartirilishi mumkin bo'lishi mumkin. Bunda o'zgarmas kattalik o'lchanadigan kattalik bilan funktsional bog'langan maromli kvantlangan kattalik bilan solishtiriladi.



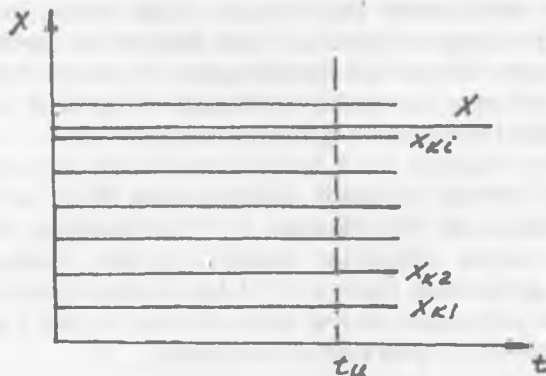
14.3 - rasm. Ketma-ket xisob usuli grafigi.

2. **Taqqoslash va ayirish usuli** (kod-impulsli, razryadlar bo'yicha tenglashtirish). Bu usulda o'lchanayotgan kattalik X vaqt bo'yicha belgilangan algoritmda sakrab o'zgaruvchan ma'lum kattalik X_k bilan vaqt bo'yicha ketma-ketlikda solishtiriladi. Ma'lum kattalik ma'lum tartibda tanlangan o'lchovlar to'plami tomonidan ishlab chiqariladi. $X_k(t_u) = X$ tenglik xosil bo'lganda ma'lum kattalikning qiymati tenglashtirilayotgan kvantlash satxini nomeriga mos bo'ladi, ya'ni o'lchovlarning ma'lum to'plamiga teng bo'ladi (14.4 -rasm).



14.4 - rasm. Taqqoslash usuli grafigi.

3. **Sanoqlash yoki solishtirib tekshirish usuli.** Bu usulda o'lchanayotgan kattalik X ma'lum tartibda tanlangan o'lchovlar to'plami tomonidan ishlab chiqarilgan ma'lum kattaliklar $X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{ki}$ lar bilan bir vaqtda solishtiriladi. O'lchanayotgan kattalikka teng ma'lum kattalik ($X_{ki} = X$) tenglashtirilayotgan kvantlash satxi nomerini beradi. (14.5 -rasm).



14.5 - rasm. Solishtirib tekshirish usuli grafigi.

Ko'rib chiqilgan o'zgarish usullari asosida raqamli o'lchov asboblari turlanadi.

7.2.2. Raqamli o'lchov asboblarning tasnifi

1. **Ketma-ket xisobli AO'A.** Bu asboblarda ketma-ket xisob usulini qo'llashga asoslangan. O'lchanayotgan kattalik qiymati raqam-impulsli kod (vaqt- va chastotali-impulsli kod) ga o'zgartiriladi. So'ngra bu kod sanoq qurilmasini boshqarishga va boshqa qurilmalarga uzatishga qulay bo'ladigan boshqa kodga o'zgartiriladi.
2. **Razriyadlar bo'yicha tenglashtirish AO'A.** Bu asboblarda kod-impulsli xam deyiladi va taqqoslash-ayirish usulini qo'llashga asoslanadi.
3. **Sanoqlash RO'A lari** solishtirib tekshirish usulini qo'llab quriladi, (masalan, burchak surilishli kodlangan disklarni surilishini o'lchash uchun).

O'zgartirish usullarini kombinatsiyalari xam qo'llanib RO'A larning qurilishi xollari uchraydi.

O'lchanadigan kattaliklari bo'yicha RO'Alar vol'tmetrlarga, chastotametrlarga, fazometrlarga, ommetrlarga, vattmetrlarga va sh.k. larga bo'linadi. O'lchanadigan kattalikni qiymatini o'rtaqalashtirish darajasi bo'yicha RO'A lar **oniy qiymatni** o'lchaydigan va belgilangan (ma'lum) vaqt

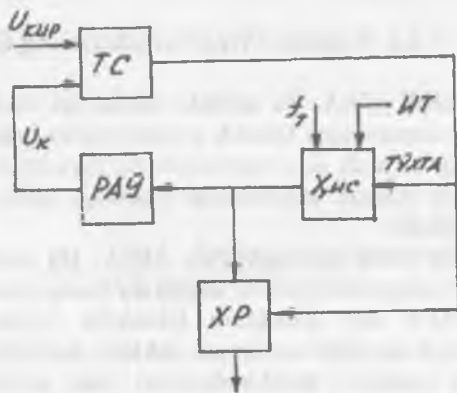
intervalida o'rtacha qiymatni o'lchaydigan asboblarga bo'linadi. Ikkinchi turdgisini ko'p xollarda integrallovchi asbob xam deyiladi. Bundan tashqari barcha RO'A lar aniqligi, tez ishlashi, ishonchlilgi bo'yicha guruxlarga bo'linadi. Ishlash rejimi bo'yicha barcha RO'A lar davrli (tsikli, yoyiltiruvchi yoki programmali) va kuzatuvchi asboblarga bo'linadi.

Tsiklli asboblarda o'zgartirishni to'liq jarayoni o'lchanadigan kattalikni qiymatidan qat'iy nazar bog'lanmagan holda doimo boshidan oxirigacha belgilangan programma bo'yicha o'tadi. **Kuzatuvchi asboblarda** o'zgartirish jarayoni faqat o'lchanadigan kattalik qiymatini avval o'lchangan qiymatidan ma'lum ortishga og'andagina boshlanadi. O'zgartirish jarayoni xususiyati o'lchanadigan kattalik og'ish qiymatiga bog'liq bo'ladi.

Ko'rib chiqilgan RO'A lardan tashqari ularni ko'pincha elektromexanik va elektron turlariga bo'lishadi. Elektromexanik RO'A lar kichik tez ishlashi bilan xarakterlanadi (bir sekunda $1 \div 5$ o'lchashlar), chunki ularda rele, qadamli, izlovchi (shagovnye iskately) va sh.k. boshqa elektromexanik elementlar qo'llaniladi. Elektron RO'A larda kam inertsiyonli elementlar (yarim o'tkazgichli elementlar, integral mikrosxemalar va sh.k.) qo'llaniladi. YA'ni mikroelektron ARO' larga katta e'tibor beriladi.

7.2.3. Analog-raqamli o'zgartkichlar turlari

1. **Ketma-ket sanoqlash ARO'.** Ketma-ket sanoqlash analog-raqamli o'zgartkich sxemasi 14.6 -rasmda keltirilgan.



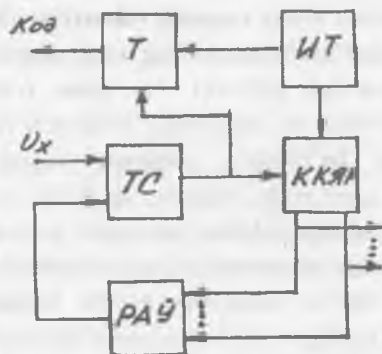
14.6-rasm. Ketma-ket sanoqlash ARO' sxemasi.

Ishga tushirilsin-IT signali ta'sirida xisoblagich -His nolъ holatga o'rnatiladi. Undan so'ng uning hisoblash kirishiga takt (bir maromda)

impulslarining kelishiga qarab (f – chastota bilan) RAO'ning chiqish kuchlanishi – U_k chiziqli – pog'onali ravishda o'sib boradi. Kuchlanish- U_k kirish kuchlanishi- U_x (U_{kir}) qiymatiga etganda taqqoslash sxemasi-TS xisoblagichda impulslarni sanashni to'xtatadi. Hisoblagichdan chiqayotgan kod xotira registri-XR ga tushiriladi.

2. Razryadlar bo'yicha tenglashtirish ARO'. Bunda (14.7-rasm): IT-impuls taqsimlovchi; KKYAR-ketma-ket yaqinlashish registri; TS-taqqoslash sxemasi; T-yordamchi trigger; RAO'- raqamli analog o'zgartkich;

Ikkilik kod bo'yicha KKYAR chiqishlarida m-taktilar davomida barcha m-razyadlar paydo bo'ladi. Trigger T-chiqishida o'lchash natijasi ketma-ketlik kodi shakllanadi.



14.7- rasm. Razryadlar bo'yicha tenglashtirish sxemasi.

Nazorat savollari

1. Diskretlash va kvantlash tushunchalarini aytib bering.
2. RO'A lar yordamida uzluksiz kattaliklar ustida qanday amallar bajariladi?
3. RO'A lar qanday imkoniyatlarga ega?
4. ARO' larning RO'A lar strukturasidagi o'rni va rolini tushuntiring.
5. RO'A ning umumlashgan struktura sxemasini chizing va ish printsipini tushuntiring.
6. O'lchaniladigan kattalikning turiga qarab RO'A larni tasniflab bering.
7. RO'A larning xatoliklari qanday usullarda me'yorlashtiriladi.
8. Uzluksiz o'lchanadigan kattaliklarni kodga o'zgartirishning asosiy usullari aytib berilsin.
9. Raqamli o'lchash asboblarning tasniflanishi sharxlansin.
10. Analog raqamli o'zgartkichlarning turlari sharxlansin.

7.3. Raqamli asboblarning turlari

O'lchaniladigan kattaliklarning turiga qarab RO'A lar quyidagilarga bo'linadi:

- 1) o'zgarmas va o'zgaruvchan tok voltmetrlari;
- 2) ommetrlar, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok ko'priklari;
- 3) kombinatsiyalangan asboblari;
- 4) chastota va vaqt intervallarini o'lchagichlar;
- 5) maxsus RO'A lar: temperatura, massa, tezlik va sh.k. larni o'lchash uchun.

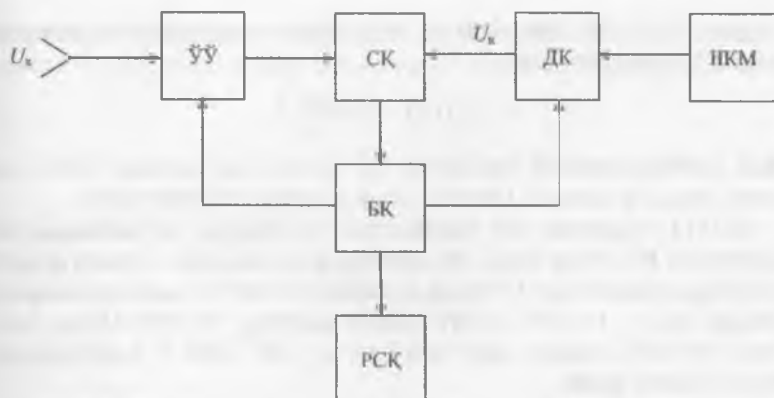
7.4. Raqamli voltmetrlar

O'lchov asboblari ichida **raqamli volmetrlar (RV)** alohida o'rin tutadi. Bular o'lchanilayotgan kuchlanishlarning keng diapazonida (1 mkV-1000 V) kichik o'lchash xatoligi (0,01-0,1 %) bilan o'lchash; o'lchanilayotgan kuchlanishning qutblarini va chegarasini avtomatik ravishda tanlash; o'lchov natijalarini raqamli ko'rinishda chiqarish; raqam bosmalash qurilmasi yordamida hujjatli qayd etish; elektron hisoblash mashinalari va murakkab axborot-o'lchov tizimlariga o'lchov axborotini kiritish imkonini ta'minlaydi. Bularning ishlash tezligi bir sekundda 2 tadan 5000 o'lchashgacha bo'lib, kirish qarshiligi 10^7 - 10^9 Om ni tashkil etadi. RV larning asosiy kamchiligi – sxemalarning murakkabligi va narxining yuqoriligi hisoblanadi.

RV larning ish printsipi asbobning sanab olish tuzilmasida raqamli shaklda namoyon bo'ladigan o'zgarmas yoki asta o'zgaradigan kuchlanishni kodga o'zgartirishdan iborat. Bundan kelib chiqib, RV ning struktura sxemasi **kirish qurilmasi KQ, analog-raqamli o'zgartkich ARO' va raqamli sanab olish qurilmasi RSQ** dan tarkib topadi.

Kirish qurilmasi o'lchanilayotgan kuchlanishning masshtabini o'zgartirishga, o'zgaruvchan kuchlanishni o'lchashda esa o'zgarmasga aylantirish va pomexalardan filtrlash uchun mo'ljallanadi. Kirish qurilmasi tarkibida **attenyuator** (kuchlanish bo'luvchi), **kuchaytirgich**, **past chastotalar filtri** va **qutblar qayta ulagichi** bo'lishi mumkin.

Raqamli voltmetrlarning sxematik echimi analog-raqamli o'zgartkichning turi bilan aniqlanadi. Keng tarqalgan bo'lib, **kod-, vaqt-, chastota-impulsli o'zgartirishli** va **ikkilangan integrallash** usulidagi voltmetrlar hisoblanadi.



15.1-rasm. Kod-impul'sli o'zgartirishli RV ning struktura sxemasi.

Raqamli voltmetrlarning ishlash printsipi to'g'risida tasavvur qilish uchun misol tariqasida kod-impul'sli o'zgartirishli (razryadlar bo'yicha kodlash) raqamli voltmetrning ishlash printsipini xarakterlovchi struktura sxemasi 15.1-rasmda keltirilgan. Bu sxema bilan tanishib chiqamiz. Bunda o'lchanilayotgan kuchlanish U_x attenuator orqali solishtirish qurilmasiga SQ ga uzatiladi, SQ ning ikkinchi kirishiga diskretlangan kompensatsiya kuchlanishi U_k kiritiladi, U_k namunaviy kuchlanish manbai NKM va diskret kompensator DK tomonidan hosil qilinadi. Boshqarish qurilmasi BQ ishlab chiqaradigan komanda impul'slari ta'sirida o'lchash operatsiyalari tashkil qilinadi va raqamli manab olish qurilmasi RSQ ga o'lchov natijasi ikkili kodda beriladi, unda deshifratyor yordamida o'nli kodga aylantirilib tabloga chiqariladi.

Kod - impul'sli o'zgartirishli RV lar xatoligi asosan solishtirish qurilmasi va namunaviy kuchlanishlar manbaining barqarorligiga bog'liq bo'ladi. Afzalligi bo'lib tez ishlashi va statik, dinamik xatoliklari kamayishi hisoblanadi. Vaqt - impul'sli o'zgartirishli RV pomexalarga bardoshligi past bo'lib, afzalligi soddaligidir. Pomexalar ta'siridagi o'lchashlarda chastota - impul'sli o'zgartirishli RV va ikkilangan integralli RV lar qo'llaniladi. Ikkilangan integralli RV ning xatoligi 0,05% dan kamini tashkil etadi, pomexalarga nisbatan bardoshligi yuqori, lekin tez ishlashi nisbatan kichik.

Amaliyotda qo'llanilayotgan RV larning ba'zilarini xarakteristikalarini bilan tanishib chiqamiz. Masalan:

III1513 xilidagi muvozanatlashtirishli o'zgartirishli raqamli voltmetr o'lchayotgan tok kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan. Bu asbob asosiy xatoligi 0,1 va undan yuqori bo'lgan voltmetrlarni tekshirishda namunaviy asbob sifatida ishlatiladi. O'lchash diapazoni 0-1000 V, beshta poddiapazonga

bo'lingan: 0,3; 3; 30; 300; 1000 V. Bitta o'lchov vaqti 0,02 sek. asosiy nisbiy xatoligi 3 V poddiapazonda

$$\delta = \pm \left(0,01 + 0,005 \frac{x_k}{x} \right), \quad (15.1)$$

boshqa poddiapazonlarda kuchlanish bo'luvchisining xatoligi ta'siri sababli ko'proq. Sezgirlik ostonasi 10 mkV; kirish qarshiligi 10-1000 MOm.

III1413 o'zgarmas tok kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan bo'lib, integrallovchi RA xiliga kiradi. Bu asboblarda katta aniqlikda o'lchash bilan birga pomexalarga bardoshlidir. O'lchash diapazoni 0-1000 V, beshta poddiapazonga bo'lingan: 0,1; 1; 10; 100; 1000V. Kirish qarshiligi 10-1000 MOm, sezgirlik ostonasi 10 mkV, aniqlik sinfi 0,05/0,02 va 100; 1000 V poddiapazonlarda 0,06/0,02 tashkil qiladi.

O'zgaruvchan tok voltmetrlari tarkibida o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmasga aylantirib beradigan o'lchov o'zgartkichi bo'ladi. O'zgaruvchan kuchlanish o'zgarmasga aylantirilib, o'zgarmas tok RA bilan o'lchanadi.

RA asbobda qo'llanilayotgan o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmasga aylantiruvchi o'zgartkichning turiga qarab asboblarda, yoki o'lchanilayotgan kuchlanishning **ta'sir etuvchi** (effektiv) qiymatiga, yoki uning **o'rtacha to'g'rilangan** qiymatiga reaksiya qiladi. Asbobning raqamli sanab olish qurilmasi o'lchanilayotgan sinusoidal kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymatlarida axborot beradi. O'zgaruvchan tok RA lariga tegishli umumiy kamchilik bo'lib, ularning aniqligini nisbatan pastligi hisoblanadi.

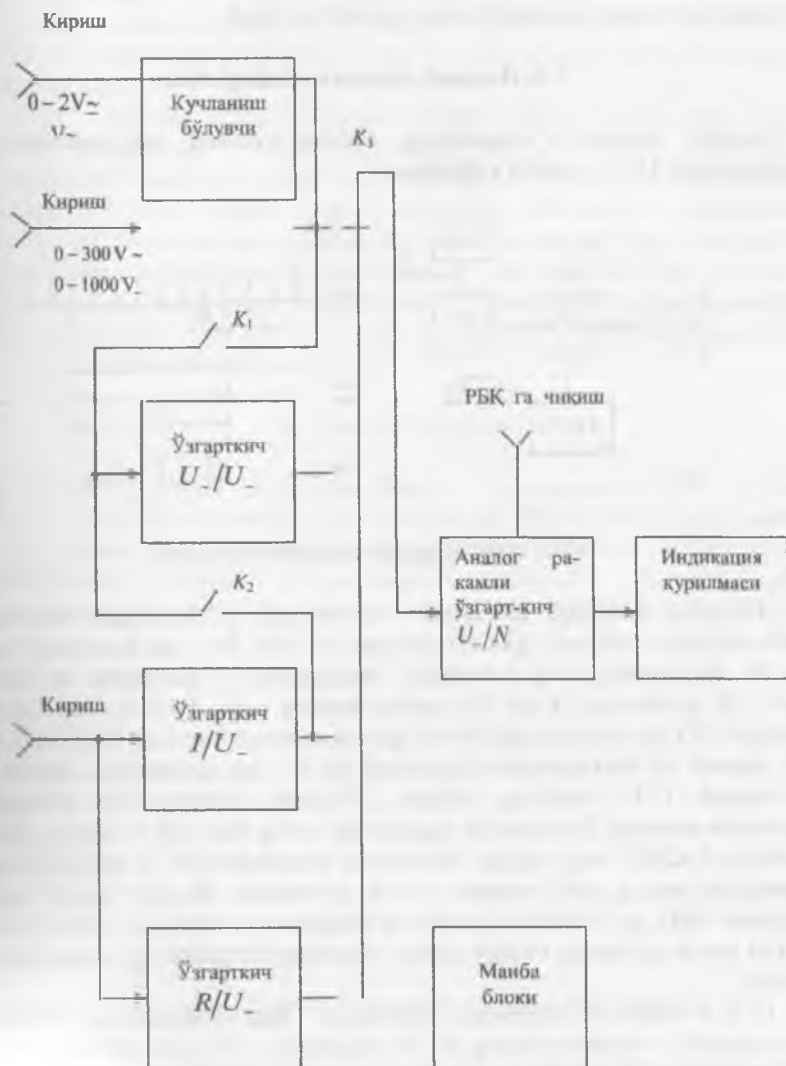
15.2-rasmda RV7-22A raqamli universal voltmetrning (RUV) struktura sxemasi keltirilgan.

Asbobning ishlash printsipi o'lchanayotgan kattalikni unga proporsional bo'lgan vaqt intervaliga o'zgartirishga va so'ngra bu intervalni diskret shaklda hamda raqamli kodga o'zgartirishga asoslangan.

O'lchanadigan $U_{\sim}$, U_{-} , R , $I_{\sim}$, I_{-} kattaliklar kuchlanish bo'luvchi va tegishli o'zgartkichlar orqali me'yorlangan o'zgarmas analog kuchlanishga transformatsiyalanadi. Analog-raqamli o'zgartkich me'yorlangan analog kuchlanishni raqamli kodga o'zgartirishni asosiy funktsiyasini bajaradi. Kuchlanishni vaqt intervaliga o'zgartirish **ikki taktili integrallash** usulida amalga oshiriladi.

RV7-22A universal voltmetrning o'lchash diapazonlari: $U_{\sim} = 0,2-1000B$; $I_{\sim} = 0,2-2000 \text{ mA}$; $R = 0,2-2000 \text{ kOm}$; $U_{-} = 0,2-300 \text{ B}$; $I_{-} = 0,2-2000 \text{ mA}$ va o'zgaruvchan tok va kuchlanishni o'lchashda chastota diapazoni 0,045-100 kGts ni tashkil etadi. Asbobning yo'l qo'yilgan asosiy xatoligi chegarasi o'lchanayotgan kattalik turi va poddiapazonlariga qarab (15.1) formula bilan baholanadi. Masalan, o'zgarmas tok kuchlanishini 0,2-200 V diapazonida o'lchaganda yo'l qo'yiladigan asosiy xatolik $\pm [0,15 + 0,2(U_{\sim}/U_x)]$ bilan

uniqlanadi. Asbob ishchi sharoitda o'z texnik tavsiflarini 24 soat uzluksiz ishlaganda saqlab qoladi. Radga ishlash vaqti 17000 soatdan kam emas.

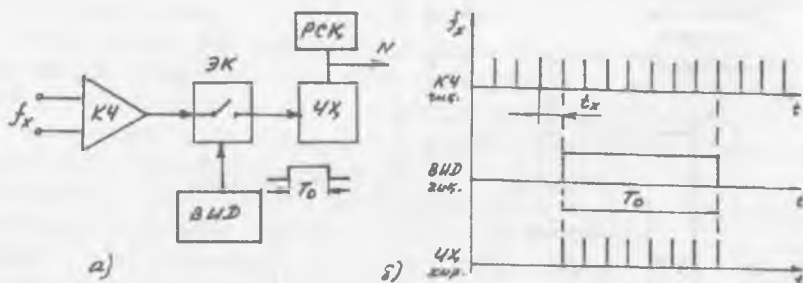


15.2-rasm. RV7-22A RUV ning struktura sxemasi.

RO'A asboblari shchitli-statsionar va ko'chma, mo'ljallanishiga qarab birorta kattalikni o'lchash uchun yoki universal turlarda ishlab chiqariladi. Narxi qimmat bo'lishiga qaramasdan yuqori aniqlikda va keng diapazonlarda o'lchash imkoniyati bu asboblarning qadrini ko'taradi.

7.5. Raqamli chastota o'lchagichlar

Raqamli chastota o'lchagichning struktura sxemasi va impulsar vaqt diagrammasi 15.3 - rasmda keltirilgan.



15.3- rasm. Raqamli chastota o'lchagich.

Ixtiyoriy shakldagi chastotasi f_x bo'lgan o'lchanadigan kuchlanish kuchaytirgich - cheklovchi (KCH) kirishiga beriladi. Bu yerda kuchlanish xuddi shu f_x chastotadagi to'g'ri burchakli impulsarlarga o'zgartiriladi va elektron kalit EK ga beriladi. Kalit EK normal holatda ochiq bo'ladi, vaqt intervali datshigi VID dan davomiyligi T_0 bo'lgan kuchlanish impulsi berilganda kalit EK ulanadi va kuchaytirgich-cheklovchi KCH ning chiqishidan chastota -1 xisoblagich CHX kirishiga keladi. CHastota xisoblagichda kelayotgan impulsar sanaladi. To impulsi tugagandan so'ng kalit EK ochiladi, chastota xisoblagich CHX ning chiqish shinalarida xisoblagichdan o'tgan kuchlanish impulsarlari soniga mos ravishda kod № shakllanadi. Bu kod raqamli sanash qurilmasi RSQ ga beriladi va sonlar ko'rinishida tasvirlanadi., xuddi shunday bu kod tashqi qurilmaga uzatish uchun chastota o'lchagichning chiqishiga xam beriladi.

15.3, b -rasm da sxemadagi impulsar vaqt diagrammasi keltirilgan: kuchaytirgich - cheklovchining KCH chiqishida - f_x , vaqt intervali datshigi VID chiqishida - T_0 va chastota xisoblagich CHX chiqishida T_0 davomiyligiga mos tushadigan impulsar soni.

Agarda f_x chastotali impulslar davrini t_x bilan belgilasak, u holda T_0 vaqt davomida xisoblagich CHX ga o'tgan impulslar soni N_0 quyidagiga teng bo'ladi:

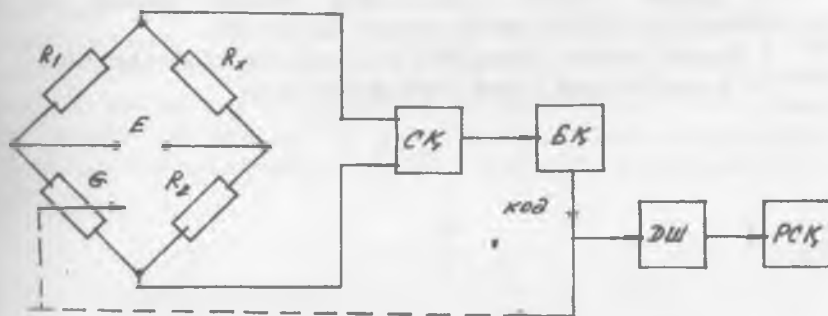
$$N = T_0 / t_x = T_0 f_x .$$

To ning doimiy va turg'un qiymatida N_0 kod f_x ga to'g'ri proportsional bo'ladi. f_x chastotani o'lchash aniqligi T_0 intervalining berilishi aniqligiga bog'liq bo'ladi.

Vaqt intervali datshigi sifatida raqamli o'lchov asboblari yuqori chastotali generatorlar (barqarorligi yuqori bo'lgan kvarts generatorlari) qo'llaniladi. O'lchash diapozonlari bo'yicha raqamli chastota o'lchagichlar past chastotali (10 MGts gacha), yuqori chastotali (100 MGts gacha) larga bo'linadi. 100 MGts dan yuqori chastotalarni o'lchashga mo'ljallangan chastota o'lchagichlarga o'rnatilgan o'zgartkichlardan yoki komplektiga (yig'maga) qo'shib beriladigan chastota tashuvchilardan foydalaniladi. Masalan raqamli chastota o'lchagich CHZ-38 0-50 MGts va chastota o'zgartkich bilan 50-200 MGts gacha o'lchash imkoniyatiga ega.

7.6. Raqamli ommetrlar

Sanoatda raqamli ommetrlar alohida va axborot o'lchov tizimlari tarkibida ishlaydigan turlarda ishlab chiqariladi. Bu ommetrlarning asosida ko'prik sxemasi yotadi. Ishlash printsipti ko'prikning elkalarini tashkil etuvchi qarshiliklarning diskret o'zgarishiga asoslanadi. Ko'prikli-raqamli ommetrlarning soddalashtirilgan funktsional sxemasi 15.4 -rasmida keltirilgan.



15.4 - rasm. Raqamli ommetrlarning funktsional sxemasi.

Yakka ko'prikning bitta elkasi kod-o'tkazuvchanlik o'zgartkichidan qayab qilinadi. O'tkazuvchanlik G ning qiymati boshqarish qurilmasi BQ dan kelib chiqqan kod bilan aniqlanadi. Bu yerda BQ solishtirish qurilmasi-SQ dan

chiqib kelayotgan signalga mutanosib ravishda kodni o'zgartiradi va ko'prikn muvozonatga keltiradi.

$$R_x = R_1 R_2 G$$

Boshqarish qurilmasi BQ dan chiqayotgan kod muvozonat xolatda deshifrator Dsh tomonidan o'qiladi va raqamga sanash qurilmasi RSQ ga chiqariladi. Misol sifatida o'zgaras tokka qarshilikni o'lchovchi III34 ommetrini ko'ramiz: O'lchash diapozoni $10^{-3} + 10^9$ Om; O'lchash diapozoni to'qqizta poddiapozonga bo'lingan; asosiy xatoligining qiymati poddiapozon nomeriga bog'liq:

$$10^3 + 10^5 \text{ Om} \quad \text{da} \quad \pm (0,02 \cdot 0,005 \frac{X_k}{X}) \quad \text{dan} \\ 10^6 + 10^9 \text{ Om} \quad \text{da} \quad \pm (1,0 \cdot 0,1 \frac{X_k}{X}) \text{ ifodalar orqali bilan nisbiy xatoligi aniqlanadi.}$$

Nazorat savollari

1. O'lchaniladigan kattalikning turiga qarab RO'A larning turlarini tasniflansin.
2. O'lchov asboblari ichida raqamli asboblarning o'rni izoxlansin.
3. Raqamli o'lchov asboblarning tarkibiga kiruvchi funktsional bloklarni izoxlab berilsin.
4. Kod-impulsli raqamli voltmetrning struktura sxemasi tushuntirilsin.
5. O'zgaras tok raqamli voltmetrlariga misol.
6. RV7-22A universal voltmetr blok sxemasi bo'yicha ishlash printsipti tushuntirilsin.
7. Raqamli chastota o'lchagichning struktura sxemasi chizilsin.
8. Raqamli chastota o'lchagichning struktura sxemasi va vaqt diagrammasidan foydalanib ishlash printsipti tushuntirilsin.
9. Raqamli chastota o'lchagichlar asosiy xarakteristikallari keltirilsin.
10. Raqamli ommetr ishlash printsipti sharxlansin.

VIII BOB. MAGNIT KATTALIKLARNI O'LCHOV VOSITALARI

8.1. Magnit oqimini o'lchov vositalari

Elektr mashinalar, apparatlar va asboblardagi elektr va magnit hodisalari o'zaro bog'liq bo'lib, ularni o'rganishda magnit maydon va materiallarning parametrlarini aniqlash lozim bo'ladi. Magnit o'lchashlar orqali turli masalalar hal etilishiga qaramasdan, odatda bir nechta asosiy magnit kattaliklar aniqlanadi: magnit oqimi Φ , magnit induksiya V , magnit maydon kuchlanganligi N va boshqalar. Bu yerda $\Phi = Bs$; $B = \mu_0 H$ bo'lib, μ_0 - magnit doimiysi.

Magnit materiallarining xususiyatlari, asosan, magnitlanish egri chizig'i va gisterezis sirtmog'i bilan tavsiflanadi. Bu ikki tavsif statik va dinamik xarakteristikalariga bo'linadi. Statik xarakteristikalar o'zgarmas magnit maydonini tahlil qilishda, dinamik xarakteristikalardan esa vaqt bo'yicha o'zgaruvchan magnit maydonlarini tahlil qilishda foydalaniladi.

Magnit kattaliklarni o'lchash uchun yaratilgan vositalar asosida magnit kattalik yoki parametрни unga proporsional bo'lgan elektr kattalikka o'zgartirish hodisasi yotadi. Magnit kattaliklarni o'lchash vositalarining ishlashi, o'lchash usuli, qo'llanish shartlari xilma-xil bo'lishiga qaramay, magnit kattaliklarni o'lchash asbobi odatda ikki qismdan tashkil topadi: magnit kattalikni bevosita o'lchash uchun o'ng'ay bo'lgan boshqa turdagi kattalikka (ko'pincha elektr kattalikka) o'zgartirish uchun mo'ljallangan o'lchov o'zgartkichi va shu o'zgartkichdan chiquvchi kattalikni o'lchaydigan qurilma.

Doimiy magnit maydonida magnit oqimini o'lchash elektromagnit induktsiyasi hodisasiga asoslangan bo'ladi. **Ballistik gal'vanometrda** o'lchash o'lchash g'altagida oqimilashishi (potokostseplenie) o'zgarishi oqibatida hosil bo'lgan tok impulsidagi elektr miqdorini o'lchashga asoslanadi. Bunday usul **induktsiya-impuls usuli** deyiladi. Bunda rezistor orqali o'ramlari w_F soni ma'lum g'altak ballistik gal'vanometrغا ulanadi. G'altak bilan ilashgan oqimning o'zgarishi g'altakda EYUK hosil qiladi (16.1-tasm).

$$e = -w_F \frac{d\Phi}{dt}, \quad (16.1)$$

bu esa quyidagi tokni hosil qiladi:

$$i = \frac{e}{R} = -\frac{w_F}{R} \frac{d\Phi}{dt}, \quad R = R_r + R_k + R_F.$$

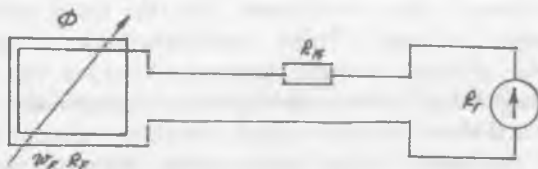
Bunda R_g -galvanometr, R_q -qo'shimcha rezistor, R_g '-g'altak qarshiliklari.

Elektr miqdori o'zgarishi dQ oqimning o'zgarishi bilan quyidagicha bog'langan:

$$dQ = idt = -\frac{w_F}{R} d\Phi$$

Bu tenglamani 0 dan ∞ gacha integrallab oqimning F dan 0 gacha o'zgarishidan aniqlanadigan tok impulsidagi elektr miqdori uchun ifodani xosil qilamiz.

$$Q = \int_0^{\infty} idt = -\frac{w_F}{R} \int_{\Phi}^0 d\Phi = \frac{w_F}{R} \Phi \quad (16.2)$$



16.1-rasm. Ballistik galvanometr bilan magnit oqimini o'lchash sxemasi.

Agarda galvanometrtning birinchi eng katta og'ishi α_{1m} impulsdagi elektr miqdoriga proporsional deb hisoblansa

$$Q = C_Q \alpha_{1m}, \quad (16.3)$$

bu yerda C_Q - galvanometrni bo'lim narxi elektr miqdori bo'yicha. (galvanometr ballistik doimiysi).

(16.3) ni (16.2) ga qo'yib, hosil qilamiz:

$$\Phi = \frac{R}{w_F} C_Q \alpha_{1m} \quad \text{yoki} \quad \Phi = \frac{C_\Phi}{w_F} \alpha_{1m}, \quad (16.4)$$

Bunda $C_\Phi = C_Q R$ - magnit oqim bo'yicha galvanometrni bo'lim narxi (ballistik doimiysi). Shunday qilib ballistik galvanometrni ko'rsatkichini og'ishi bo'yicha magnit oqimni aniqlash mumkin. Ishlab chiqarilayotgan galvanometrlarning bo'lim narhi $3,5 \cdot 10^{-5}$ va $0,35 \cdot 10^{-5}$ Vb/bo'lim.

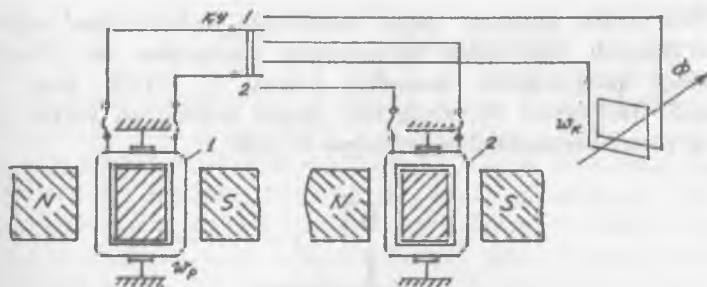
Ko'pincha xuddi shu usul (induktsiya-impuls) bilan o'lchashga asoslangan **vebermetr** deb ataluvchi magnitoelektrik qurilmadan foydalaniladi (16.2-rasm). Bu qurilma qarshi ta'sir etuvchi momentsiz magnitoelektrik galvanometrni tasvirlaydi. SHu sababdan ko'rsatkichning boshlang'ich holati

α_1 befarq bo'ladi. Karkassiz harakatlanuvchi ramka-1 doimiy magnetning qutblari va o'zak orasidagi tirqishga joylashtirilib qayta ulagich QU ga ulangan. Ulagichning 1-holati o'lchashga taalluqli bo'ladi. G'altak magnet maydonidan chiqarilganda uning oqimilashishi kamayadi. Hosil bo'lgan tok impuls ta'sirida ramka-1 α - burchakka buriladi, unga mos holda vebermetr ko'rsatishi α_1 joyidan α_2 ga suriladi. o'lchash g'altagining oqimilashishi qanchaga kamaysa shunchaga ramkaning oqimilashishi ko'payadi. Ramkaning oqimilashishini o'zgarishi uning burilishiga proporsional bo'ladi.

$$w_F \Phi = w_P \Phi_P = w_P B s \alpha,$$

bundan
$$\Phi = \frac{w_P B s}{w_F} \alpha = \frac{C_\Phi}{w_F} \alpha, \quad (16.5)$$

bu yerda w_P - ramka o'ramlari soni; s - ramka maydoni; B -tirqishdagi magnet induksiya; C_Φ -vebermetrning bo'limi narxi;



16.2-rasm. Vebermetr bilan magnet oqimini o'lchash sxemasi.

Asbob ko'rsatkichini o'niga qaytarish uchun yordamchi magnitoelektrik mexanizm qo'llaniladi. Bunda qayta ulagich QU 2-holatga olinib, korrektor 2 yordamida qaytariladi. Korrektor - ramka 2 korpus paneliga chiqarilgan buragich yordamida buriladi.

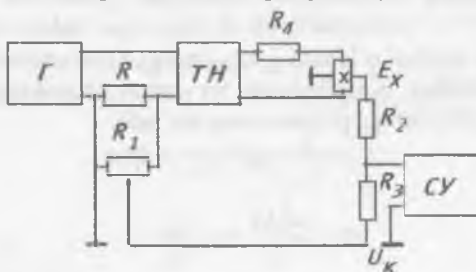
Ishlab chiqarilayotgan vebermetrning bo'lim narxi $5 \cdot 10^{-6}$ va 10^{-4} Vb/bo'lim. Asosiy xatoligi $\pm 1,5\%$ va $\pm 1,0\%$ dan oshmaydi. Lekin sezgirligi ballistik galvanometrga nisbatan past.

8.2. Magnet induksiya va kuchlanganligini o'lchov vositalari

Magnet induksiya va magnet maydon kuchlanganligini o'lchashda ham ballistik galvanometr va vebermetrlardan foydalanish mumkin.

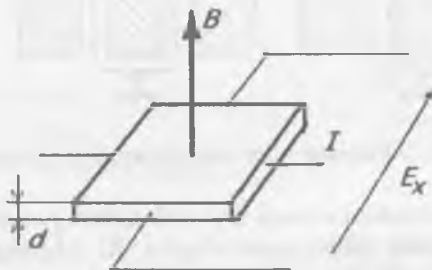
O'zgaras va o'zgaruvchan magnit maydonlari magnit induktsiyasini o'lchash uchun teslametrlar qo'llaniladi.

Quyidagi 16.3 – rasmda Xoll effekti asosida ishlaydigan Xoll o'zgartkichlik teslametrning soddalashtirilgan printsiplial sxemasi keltirilgan.



16.3-rasm. Xoll o'zgartkichli teslametr printsiplial sxemasi.

Xoll effekti deganda, magnit maydoniga joylashtirilgan metall yoki yarim o'tkazgich materialdan tayyorlangan plastinadan tok o'tkazilganda plastinaning qarama-qarshi tomonlari orasida E_x EYUK hosil bo'lishi tushuniladi (16.4-rasm). Bu yerda tok, magnit induktsiyasi vektori va Xoll EYUK si o'zaro perpendikulyar yo'nalgan bo'ladi.



16.4-rasm. Xoll o'zgartkichi yordamida magnit induktsiyani o'lchash sxemasi.

Xoll o'zgartkichini tayyorlashda germaniy, surmali indiy, mish'yakli (margimushli) indiy va boshq. qo'llaniladi, chunki bularda metallarga nisbatan anchagina katta Xoll EYUK si hosil bo'ladi. Izoh: surma-kumush rang mo'rt metall; indiy-yumshoq oq metall; margimush-kimyoviy modda.

Magnit induktsiyasi, tok va Xoll EYUK si o'zaro bog'liq ifodasi quyidagicha yoziladi:

$$E_x = R_x I B / d ,$$

bundan magnit induktsiyasi

$$B = E_x d / R_x I, \quad (16.6)$$

bu yerda R_x - Xoll doimiysi; d - plastina qalinligi.

Xoll o'zgartkichlarining asosiy qadrliligi bo'lib, Xoll EYUK sining induktsiyaga proportsionalligi, kichik o'lchamligi va massasi, o'zgarmas va chastotasi 10^{12} Gts bo'lgan o'zgaruvchan maydonlarda qo'llanishi imkoniyati hisoblanadi.

Xoll o'zgartkichlari yordamida magnit induktsiyani 0,001dan 1-2 diapazonida 1-2% xatolik bilan o'lchash mumkin. Asosiy kamchiligi bo'lib, Xoll doimiysini xaroratga bog'liqligi hisoblanadi.

16-3 rasmda keltirilgan teslametrdagi Xoll o'zgartkichi transformator TN orqali generatordan chastotasi 1000 Gts bo'lgan o'zgaruvchan tok bilan ta'minlanadi. Xoll EYUK sini o'lchash kompensatsiya usulida amalga oshiriladi. R_1 rezistordan olinadigan kompensatsiyalovchi kuchlanish U_k va Xoll EYUK si - E_x qarama-qarshi fazada rezistorlar R_2 va R_3 orqali kuchaytirgich, fazo sezuvchi to'g'rilagich va mikroampermetrdan tashkil topgan solishtirish qurilmasi SQ ga beriladi. Asbob kompensatsiya zanjiri va Xoll o'zgartkichi bitta generatordan ta'minlanganligi sababli chastotani va generatordan chiqish kuchlanishini o'zgarishidan kelib chiqadigan xatolikdan xoli hisoblanadi. Asbobda Xoll EYUK sining induktsiyaga nohzizqlik bog'lanishidan kelib chiqadigan xatolikni korrektsiya qilish nazarda tutilgan.

Ko'rib chiqilgan sxema bo'yicha sanoatda SH1 - 8 turdagi teslametrlar ishlab chiqarilmoqda. Bu asboblarda 0,01÷1,6 Tl dipazonida doimiy magnit maydonlarining induktsiyasini o'lchashga mo'ljallangan. Asboblarning asosiy xatoligi $\pm 2\%$ dan oshmaydi.

O'zgarmas magnit maydoni induktsiyasini o'lchash uchun yadro magnit rezonansli asboblarda ishlab chiqarilgan. YAdro magnit rezonans hodisasiga ko'ra, o'zgarmas magnit maydoniga modda kiritilsa, uning magnit M_i va harakat M_h miqdori momentlariga ega bo'lgan yadrolari maydon kuchlanganligi vektori atrofida $f = (M_i / M_h)N$ chastota bilan tebrana boshlaydi. Agar bu tizimga chastotasi o'zgaradigan maydon ta'sir ettirilsa va yadroning tebranish chastotasi maydon chastotasi bilan mos tushsa, u holda yadroning tebranish amplitudasi keskin oshadi. Bu hodisadan chastotani, u orqali maydon kuchlanganligini o'lchashda foydalanish mumkin. YAdro magnit rezonansli teslametrdagi funktsional sxemasi 16.5-rasmda keltirilgan.



16.5- rasm. Yadro magnet rezonansli teslametring funktsional sxemasi.

O'ltchov o'zgartkichi O'O' induktiv g'altakdan tashkil topgan bo'lib, ichiga tekshiriladigan material namunasi joylashtiriladi. Bu namuna bir vaqtning o'zida yuqori chastotali generatort YUCHG konturining qismi hisoblanadi. Detektor D yordamida generatordan chiqayotgan signaldan uning quyi chastotali tashkil etuvchisi ajratiladi. Quyi chastotali signal quvvat kuchaytirgichi QK yordamida kuchaytiriladi va ostsillografning Os vertikal og'ish elektrodlariga uzatiladi. Generator signal chastotasini o'zgartirib yadro magnet rezonansiga erishiladi va tatqiq qilinayotgan maydonning induktsiyasi quyidagicha topiladi:

$$V_x = C_n f, \quad (16.7)$$

bu yerda: C_n – o'zgartkich doimiysi; f – generator chastotasi.

YADro magnet rezonansli asboblari materiallar magnet xususiyatlarini o'rganish va magnet maydon induktsiyasi hamda kuchlanganligini o'lchash uchun ishlatiladi. 0,1% xatolikka hamda 0,03 Tl dan 8,5 Tl gacha o'lchash doirasiga ega.

8.3. Magnet materiallarni tavsifini aniqlash vositalari

Turli magnet materiallarni o'zaro taqoslash va ularning xususiyatlarini o'rganish uchun statik va dinamik xarakteristikalaridan foydalaniladi. Asosiy statik xarakteristikalariga magnetlanish egri chizig'i va chegarviy gisterezis sirtmog'i kiradi. Magnetlanish egri chizig'i turli qiymatlardagi toklardan xususiy gisterezis sirtmoqlari uchlarining to'plami bo'lib, undan materiallarning magnet singdiruvchanligini aniqlash mumkin.

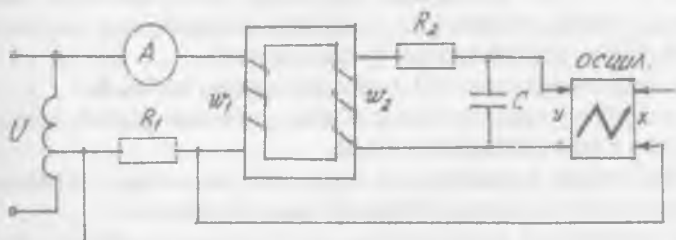
Magnet materiallar sinusoidal qonun bilan o'zgarayotgan tok hosil qilgan magnet maydoniga joylashtirilsa, materialdagi maydon induktsiyasi va kuchlanganliginig vaqt bo'yicha o'zgarishi sinusoidal bo'lmaydi. Bunga materialning magnet induktsiyasi va kuchlanganlik orasidagi noxiziq bog'lanish sabab bo'ladi, hamda maydon induktsiya va kuchlanganlikning amplituda qiymatlari bilan xarakterdlanadi. SHuning uchun bunday hollarda $V_m = f_1(H_m)$ bog'lanish dinamik magnetlanish egri chizig'i deb ataladi. Induktsiya

va kuchlanganlikning oniy qaymatlari orasidagi bog'lanish, ya'ni $V_t = f_2(H_t)$, dinamik gisterezis sirtmog'i deb ataladi.

Materiallarning statik magnet xarakteristikalarini Xoll effekti va yadro rezonans hodisasiga asoslangan asboblarda yordamida olish mumkin.

Dinamik gisterezis sirtmog'ini elektron nurli ostsillograf yordamida kuzatish mumkin.

Ostsillografning vertikal og'ish kirish qismalariga integrallovchi (R_2C) zanjirdan kuchlanish beriladi, gorizontaal og'ish qismasiga esa magnetlovchi tokka proporsional bo'lgan rezistor R_1 dagi kuchlanish beriladi (16.6-rasm). $R_2 \gg X_c$ shart bajarilganda, U_c kuchlanish materialdagi induktsiyani oniy qiymatiga proporsional bo'ladi.



16.6-rasm. Dinamik gisterezis sirtmog'ini kuzatish sxemasi.

Ostsillograf ekranidagi egri chiziq materialdagi magnet kuchlanganlik va induktsiyani kuchlanishning bir davr mobaynidagi o'zgarishini aks ettiradi. Ulardan induktsiya va kuchlanganlik qiymatlarini aniqlash uchun ostsillograf avval darajalanadi, ya'ni graduировkalanadi. Buning uchun uning kirish qismlariga qiymati ma'lum bo'lgan kuchlanishlar beriladi. Bu kuchlanishlar orqali ostsillograf gorizontaal va vertikal kanallarning mashtablari aniqlanadi.

Nazorat savollari.

- 1 Magnet materiallarning xususiyatlarini asosiy tavsiflari nimadan iborat?
- 2 Magnet oqimini ballistik galvanometirda o'lchash qanday usul deyiladi?
- 3 Ballistik galvanometr bilan magnet oqimini o'lchash sxemasini tushuntiring.
- 4 Yebnermetr bilan magnet oqimi o'lchash usulini tushuntiring.
- 5 Xoll effekti deganda, qanday xolat (xodisa) tushuniladi?
- 6 Xoll o'zgartkichini qadrliligi nimada?
- 7 Xoll o'zgartkichli teslametning ishlash printsipi nimaga asoslangan?
- 8 Yadro magnet rezonansli teslametning ishlash printsipi nimaga asoslangan?
- 9 Dinamik gisterezis sirtmog'ini kuzatish qurilmasi sxemasi tushuntirilsin.
- 10 Dinamik gisterezis sirtmog'ini ostsillograf ekranida qanday tatqiq-lanadi?

IX BOB. AXBOROT - O'LCHASH TIZIMLARI

9.1. Axborot - o'lchov tizimlari to'g'risida umumiy ma'lumotlar

Sanoat, elektroenergetika, irrigatsiya, kimyoviy texnologiya ishlab chiqarishida nazorat qilinadigan parametrlarni ko'pligi va o'zaro bog'liqligi, jarayonlar sharoitlarining o'zgarib turishi sababli ularni maxsus texnik o'lchash vositalarisiz o'lchash va boshqarish mumkin emas. SHuning uchun ham ishlab chiqarish sharoitida ma'lumotlarni olish, ularni qayta ishlash, saqlash va qulay shaklda uzatish uchun maxsus texnik o'lchash vositalari talab qilinadi. Bu vositalar axborot-o'lchash tizimlari (AO'T) deb yuritiladi.

AO'T - o'zaro funktsional bog'langan bir necha fizik kattaliklarni o'lchovchi o'lchash vositalari va yordamchi qurilmalarning majmuasi bo'lib, axborotni olish va saqlash kabi vazifalarni bajaradi.

Mo'ljallanishiga qarab AO'T lar quyidagilarga bo'linadi:

- tadqiqod qilinayotgan ob'ektdan o'lchov axborotni **yig'ish tizimi**; bularni ko'pincha **o'lchov tizimlari** deyiladi;
- turli mashinalar, agregatlar yoki texnologik jarayonlarni ishlashini nazorat qilish uchun mo'ljallangan **avtomatik nazorat tizimlari**;
- texnik nosozliklarni aniqlash uchun mo'ljallangan **texnikaviy diagnostika tizimi**.
- Uzoq masofada joylashgan ob'ektlardan o'lchov axborotini yig'ish uchun mo'ljallangan **teleo'lchovlar tizimi**

O'lchash axborotini yig'ish uchun mo'ljallangan tizimlar *o'lchov tizimlari* deb ataladi. Ishlab chiqarish mashinalari va agregatlarining parametrlarini avtomatik nazorat qilish uchun xizmat qiladi. AO'T diagnostika tizim, mashina va jihozlarni ishga yaroqliligini tekshirishda, shuningdek, tele o'lchash tizimlari, ya'ni uzoq masofadagi ob'ektlardan o'lchash axborotini olishda ham qo'llaniladi.

AO'T ning tarkibidagi elektron hisoblash mashinasi (EHM) o'lchash jarayonini boshqarib, o'lchangan ma'lumotlarga ishlov berish, kompleks ishlashini yagona algoritmgga birlashtirish vazifasini bajaradi.

AO'T larni mo'ljallanishidan qat'iy nazar yaratishda agregatlashtirishga katta e'tibor berilmoqda, ayniqsa tizimlarni avtonom bloklar yordamida yig'ish bir tomondan loyihalashni osonlashtirsa, ikkinchi tomondan ishlab chiqarishda qulaylik yaratiladi. Bundan tashqari ta'mirlash masalalarida ham osonlik yaratiladi. SHu sababdag AO'T tarkibiga kiruvchi funktsional qismlar (bloklar) energetik, metrologik, konstruktiv, ekspluatatsiyaviy va axborotli moslangan bo'lishi kerak.

Energetik moslanishda o'lchash qurilmalarida signal tashuvchi energiyaning bir turdagisi tanlanishi ko'zlanadi. Bu maqsad uchun uch xil: elektr (eng ko'p tarqalgani), pnevmatik va gidravlik energiyalar qabul qilingan.

Metrologik moslanishda agregat vositalarining metrologik xarakteristikalarini taqqoslanishi ta'minlanadi, ya'ni metrologik xususiyatlarini moslanishi talab etiladi.

Ekspluatatsiyaviy moslanishda ish sharoitida tashqi faktorlarining agregat vositalariga taalluqli xarakteristikalari, hamda ishlashi ishonchligi va barqarorligi (turg'unligi) xarakteristikalarini muvofiqligi (mosligi) ta'minlanadi.

Konstruktiv moslanishda konstruktiv parametrlar, vositalarning mexanik biriktirilishi, estetik talablarni muvofiqligi ta'minlanadi.

Vositalarning axborotli moslanishi kirish va chiqish signallarini turi bo'yicha, o'zgarish diapazoni, signallar almashishi tartibini muvofiqlanishini ta'minlaydi. Axborotli moslanish o'lchash signallarini unifikatsiyalash (bixillastirish) va standart interfeyslarni qo'llash bilan belgilanadi. O'lchash signallarini unifikatsiyalash deganda, ularning parametrlari xohlagancha tanlab olinmasdan shu signallarga o'rnatilgan standart talablariga javob berishi kerakligi tushuniladi. Masalan, standart tokli chiquvchi o'lchash o'zgartkichi chiqish tokini o'zgarish diapazoni $0\div 5$ yoki $0\div 10$ mA, chiqishi o'zgarmas tok kuchlanishli o'lchash o'zgartkichlari uchun kuchlanish o'zgarish diapazoni $0\div 10$ V belgilangan.

Interfeys (inglizcha muvofiqlashtirish so'zidan olingan) deganda ulanadigan funktsional uzellar va ular orasidagi bog'lanishga qo'yiladigan talablarni elektrik, logikaviy va konstruktiv shartlar tushuniladi. AO'T uchun mo'ljallangan interfeyslar *o'lchov interfeyslari* deb ataladi. Bunday interfeyslar o'lchash mikroprotessorlar asosida ishlanadi.

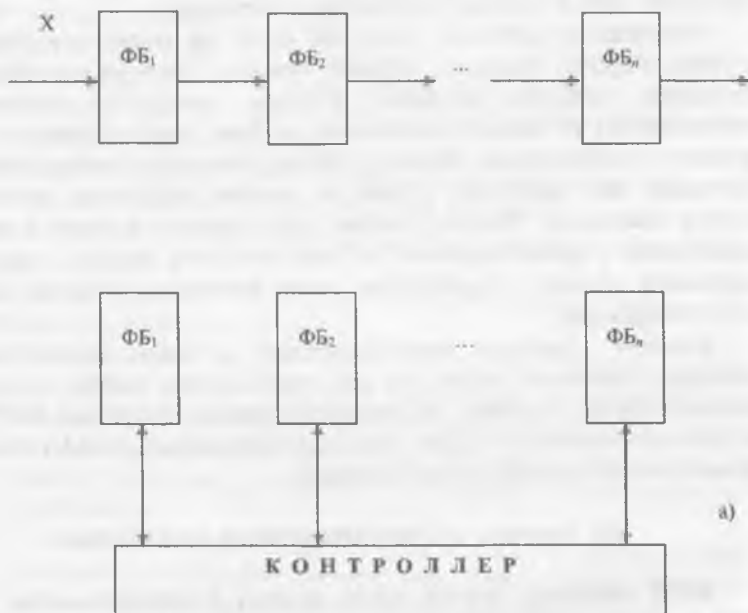
9.2. Axborot - o'lchov tizimlarining strukturalari

AO'T strukturasi tizimda qabul qilingan boshqarish usuliga bog'liq bo'lib, **markazlashtirilmagan** va **markazlashtirilganlarga** bo'linadi. Birinchi holdagi AO'T tarkibi va funktsional bo'g'inlar (uzellar) ning ish rejimi o'zgarmas bo'lib, bularning imkoniyatlari chegeralangan bo'ladi, lekin moddaligi, ixchamligi va past narxi bilan ajralib turadi.

Ikkinchi holatdagi AO'T lar radial, magistral, radial-zanjirli va radial-magistralli strukturali turlarga bo'linadi. Radial strukturali AO'T markaziy boshqarish qurilmasiga – kontrollerga ega bo'ladi. Kontroller funktsional bo'g'inlarga ish rejimini belgilaydi, o'zarota'sir etuvchi funktsional bo'g'inlarning sonini va tarkibini hamda ular orasidagi bog'lanishni

o'zgartiradi, ya'ni tizimning funktsional imkoniyatlarini kerak holatga (gibko) o'zgartiradi.

Axborot-o'lchov tizimlari tuzilmasiga misol tariqasida 18.1,a-rasmda markazlashmagan va 18.1,b-rasmda markazlashgan boshqaruvli tizimlarning struktura sxemalari keltirilgan. Bunda: $FB_1, FB_2, \dots, FB_n$ lar funktsional bo'g'inlar. Markazlashmagan ya'ni zanjirsimon strukturali tizimda har bir funktsional bo'g'in axborot signali ustidan oldindan **belgilangan operatsiyani** bajaradi (18.1,a-rasm). Markazlashgan ya'ni radial strukturali tizimda esa, funktsional bo'g'inlar orasidagi o'zaro ta'sir signallarini almashuvi **kontroller orqali** amalga oshiriladi (18.1,b-rasm).



18.1-rasm. Axborot-o'lchov tizimlari struktura sxemalari. б)

Lekin radial strukturali AO'T larda bo'g'inlarni (uzellarni) ko'paytirish kontrollerlarni murakkablashtirib yuboradi. Bu kamchilikdan magistral strukturali AO'T holi bo'ladi va funktsional imkoniyatlari kengayadi.

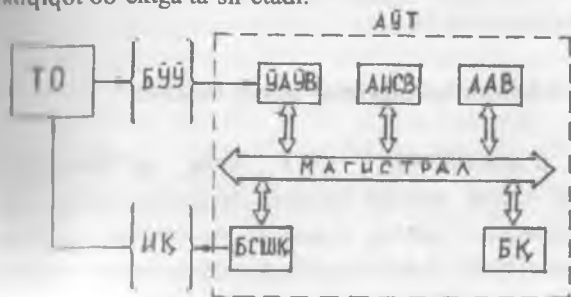
18.2-rasmda AO'T ning magistral strukturali tizimining sxemasi keltirilgan. Bu struktura o'ziga xos xususiyatga ega, ya'ni o'zaro bog'lanish signallari uzatiladigan barcha funktsional uzellar uchun umumiy bo'lgan shina

(yo'g'on o'tkazgich) mavjudligi hisoblanadi. Bu shina *magistral* deb aytiladi. Magistral struktura tizimda funktsional uzellarni ko'paytirishga engil imkoniyat tug'iladi. Bunday struktura turli eksperimentlar tadqiqotlarni avtomatlashtirishda qo'l keladi.



18.2-rasm. AO'T magistral struktura sxemasi

18.3-rasmda axborot-o'lchov tizimining umumlashgan struktura sxemasi keltirilgan. Bunda tadqiqod ob'ektidan (TO) axborot belgilangan ko'pgina birlamchi o'lchov o'zgartkichlari (BO'O') ga keladi va elektr shaklga o'zgartirilib o'lchov axborotini o'zgartirish vositalari (O'AO'V) ga uzatiladi. Bundan raqamli shakldagi signal axborotga ishlov berish va saqlash raqamli o'lchov vositalari (AISV) ga va shu kabi axborotni aks ettirish vositasi (AAV) ga beriladi. Boshqaruv signallarni shakllantirish (BSSHQ) belgilangan ko'pgina ijro qurilmalari (IQ) lar orqali boshqarish, testlash va sh.k. lar uchun tadqiqot ob'ektga ta'sir etadi.



18.3-rasm. Axborot-o'lchov tizimining umumiy struktura sxemasi.

Oxirgi paytlarda (AISV) sifatida universal EVM lar qo'llanilmoqda, bularga sistemada boshqaruv qurilmasi (BQ) funktsiyasi ham yuklatilmoqda. Sxemada magistral ma'nosi, barcha funktsional bo'g'inlar uchun shina bo'lib o'zaro ta'sir signallarini uzatish uchun mo'ljallanadi.

YUqorida aytilganidek o'lchov axboroti signalini uzatish va qayta ishlash uchun o'lchanuvchi yoki nazoratlanuvchi kattaliklarni unifikatsiyalangan elektr signallari bilan tasvirlash lozim.

AO'T da quyidagi unifikatsiyalangan signallar qo'llaniladi.

1. Uzluksiz signallar:

- o'lchanilayotgan kattaliklarga proporsional bo'lgan o'zgarmas va o'zgaruvchan toklar va kuchlanishlar;
- chastotasi o'lchanilayotgan kattalikka proporsional bo'lgan o'zgaruvchan tok;
- oralaridagi fazalari siljish burchagi o'lchanilayotgan kattalikka proporsional bo'lgan o'zgaruvchan toklar.

2. Impuls signalar:

- amplitudalari o'lchanilayotgan kattalikka proporsional bo'lgan o'zgarmas tok impulsarlari;
- chastotasi o'lchanilayotgan kattalikka proporsional bo'lgan o'zgarmas tok impulsarlari;
- davomliligi yoki intervallari davomliligi o'lchanilayotgan kattalikka proporsional bo'lgan o'zgarmas tok impulsarlari.

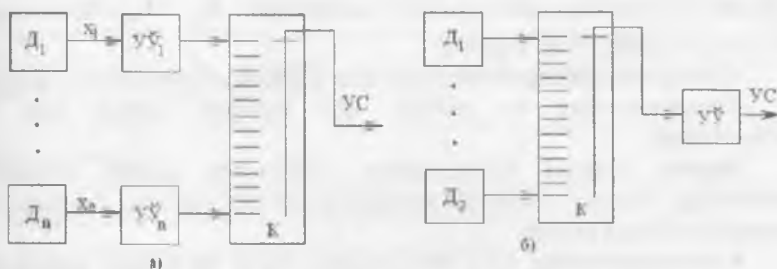
3. Kod-impuls signallar:

- bir me'yordagi (ravnomernye) kodlar (bir-o'nlik, ikkilik, ikkilik-o'nlik);
- boshqa turdagi kodlar.

U yoki bu turdagi unifikatsiyalangan signallarni qo'llanishi AO'T lardan talab qilingan xarakteristikalariga bog'liq.

9.3. Axborot-o'lchash tizimlarining asosiy bloklari

Unifikatsiyalovchi o'zgartkichlar. AO'T larda qo'llaniladigan o'zgartkichlar va datshiklar ishlash printsiplari bo'yicha farqlanishi mumkinligi sababli ularda chiqish signalini o'zgarish diapazoni va tavsiflari turlicha bo'lishi mumkin. Qurilmalarni turli o'lchash kanallarida takror-takror ishlatish uchun axborot tashuvchi signallar unifikatsiyalangan bo'lishi kerak.



18.4-rasm. Unifikatsiyalovchi o'zgartkichlarni ulanish sxemalari.

Standart unifikatsiyalovchi o'zgartkichlarni chiqish signallarini qiymatlarini me'yorini belgilaydi. Unifikatsiyalovchi o'zgartkichlar yakka va guruh bo'lishi mumkin.

18.4,a-rasmda yakka unifikatsiyalovchi o'zgartkichlarni qo'llanishi printsiplari keltirilgan. Har bir D- datshikdan x - signal unifikatsiyalovchi o'zgartkich UO' ga keladi va undan K- kommutatorga uzatiladi. Kommutator chiqishida unifikatsiyalangan signallar uch seriyasi hosil bo'ladi.

18.4, b-rasmda guruhli unifikatsiyalovchi o'zgartkichning ulanish sxemasi keltirilgan. Bu yerda datshiklardan signallar kommutatorga keladi, unifikatsiyalovchi o'zgartkich kommutatordan so'ng ulanganligi sababli barcha birlamchi o'lchov o'zgartkichlari signallari uchun umumiy bo'lib qoladi.

18.4,a-sxema qadrililigi bo'lib yuqori darajadagi signallarni kommutatsiya qilishi hisoblanadi, bu esa kommutator kirgizadigan xatolikni kamayishiga olib keladi. 18.4,b-sxema elementlari nisbatan kam bo'ladi, lekin past darajadagi signallarni kommutatsiyasi katta qiyinchilik tug'diradi.

Kommutatorlar. Kommutatorlar AO'T larda o'lchash kanallarini vaqtincha ajratib turishi uchun qo'llaniladi, ya'ni unifikatsiyalangan signalli datshiklar yoki o'zgartkichlarni uzatish, o'zgartish va o'lchash axborotini ishlab chiqish bloklariga navbat bilan ulanishini ta'minlash uchun qo'llaniladi.

Kommutatorlarga AO'T larda ishlatilishi uchun ularning ish sharoitidan va AO'T larga qo'yilgan talablardan kelib chiqib, qator talablar qo'yiladi. Anosiy talablardan biri bo'lib o'lchashga yoki nazoratga sezilarli xatolik kiritmaslik va o'lchash kanallarini ulanishi chastotasini talab bo'yicha ta'minlash hisoblanadi. Kommutator tomonidan kiritiladigan xatolik kommutatorning uzatish koeffitsienti xatoligi kabi aniqlanishi mumkin:

$$\delta = \frac{A_{\text{чик}} - A_{\text{кпр}}}{A_{\text{кпр}}} = \frac{A_{\text{чик}}}{A_{\text{кпр}}} - 1 = \rho_k - 1,$$

bu yerda ρ_k - kommutatorning uzatish koeffitsienti; A_{kir} , A_{chik} - kommutatorga kirishdagi va chiqishdagi signallar.

Xatoligi me'yorlangan kommutatorlar o'lchash kommutatorlari deyiladi.

Kommutatorning tez ishlashi vaqt birligida ulanish soni bilan xarakterlanadi.

Bundan tashqari kommutatorni baholashda gabarit o'lchamlari, ishonchligi (resurs), yordamchi manbadan iste'mol quvvati, chidamliligi va boshqalar inobatga olinadi.

Kommutatorlarning ko'p turi ma'lum. Bular bir-biridan ishlatiladigan elementlari, sxema echimi, konstruktiv bajarilishi va sh.k. lar bilan farqlanadi.

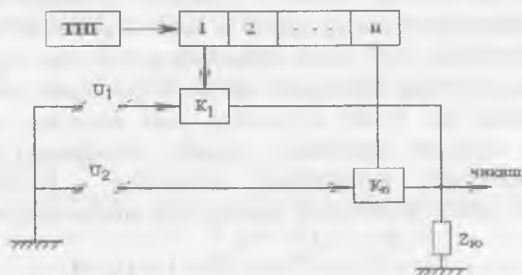
Amaliyotda elektron kommutatorlar eng ko'p tarqalgan hisoblanadi. Bular yarim o'tkazgich elementlar asosida quriladi (diodlar, tranzistorlar, integral sxemalar). Oxirgi paytlarda integral mikrosxemalar, mikroprotssessorlar asosida qo'llanilmoqda.

Tuzilishi printsipiga qarab kommutatorlar quyidagilarga bo'linadi:

- 1) Tanlanmagan kanallarni uzish bilan;
- 2) Tanlanmagan kanallarni qisqa tutashtirish bilan;
- 3) Kombinatsiyalangan.

Kommutatorlar bir pog'onali va ko'p pog'onaliklarga bo'linadi. Ko'ppog'onalik kommutatorlarda kanallar soni ko'payadi, boshqarish sxemasidagi elementlar kamayadi, guruh kalitlarining ish chastotasi pasayadi. Ba'zibir hollarda mexanik kontaktli kalitlar, masalan, elektromagnit relelarni qo'llash mumkin bo'ladi.

18.5-rasmda bir pog'onali kommutatorning struktura sxemasidan misol keltirilgan. Takt impulsli generator (TIG) o'rnatilgan chastotada impulsni impuls taqsimlovchi (IT) ga beradi, bu esa o'zining signallari bilan navbatma-navbat ($K_1 + K_n$) kalitlar yordamida kuchlanish manbalari ($U_1 + U_n$) - o'lchov o'zgartkichlarini - yuklama Z_{y} ga ulaydi.



18.5-rasm. Bir pog'onali kommutatorning struktura sxemasi.

Avtomatik nazorat tizimlarida (ANT) nazorat qilinayotgan kattaliklar belgilangan me'yorlaridan og'ishi qayd etiladi yoki signallashtiriladi. Bunday maqsadlarda ANT da **ustavka** (o'lchanadigan kattalikni nominali) va **solishtirish** (taqqoslash) qurilmasi qo'llaniladi.

AO'T larda olinadigan o'lchov axboroti operatorga quyidagi holda etkazilishi mumkin:

- 1) o'lchash kanallariga teng bo'lgan analog asboblarning ko'rsatishi bilan;
- 2) maxsus tabloda joylashtirilgan raqamli sanoqlash qurilmasi orqali;
- 3) o'ziyozar analog asboblarning egriliklari bo'yicha;
- 4) ko'p kanalli raqamli bosmalovchi qurilma yordamida sonlar jadvali ko'rinishida;
- 5) xar bir kanal uchun bosmalovchi qurilmalar yordamida olinadigan nuqtasimon grafiklar ko'rinishida;
- 6) yorug'lik yoki akustik signallar ko'rinishida;
- 7) EHM larda.

U yoki bu usulni tanlanishi AO'T larning mo'ljallanishi, o'lchash kanallarining soni, olinadigan axborotni qo'llanishi va boshqa sabablarga bog'liq bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Qanday vositalarga axborot-o'lchov tizimlari deb yuritiladi?
2. Mo'ljallanishiga qarab AO'T lar qanday tizimlarga bo'linadi?
3. AO'T tarkibiga kiruvchi funktsional bloklar qanday moslashuv-larga javob berishi kerak?
4. O'lchash signallarini unifikatsiyalash deganda nima tushuniladi?
5. Interfeys tushunchasini izohlab bering.
6. AO'T ni qanday struktura sxemalarini bilasiz?
7. AO'T ning umumiy struktura sxemasini ishlashini tushuntiring.
8. AO'T da qanday unifikatsiyalangan signallar qo'llaniladi?
9. Unifikatsiyalovchi o'zgartkichlar qanday vazifalarni bajaradi, sxemalarini tushuntiring?
10. Kommutatorlarni tuzilishi va ishlashini izohlab bering.

9.4. O'lchash texnikasida mikroprotessorli tizimlar

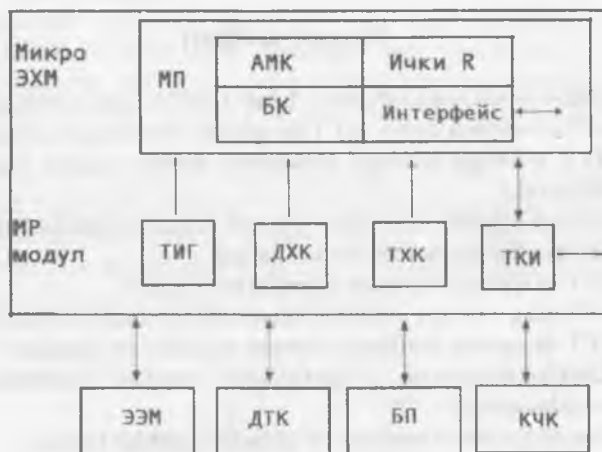
Mikroprotessor – katta integral sxema (KIS) texnologiyasi asosida tayyorlangan hamda axborotlarga ishlov berish va boshqarish uchun mo'ljallangan qurilmadir. Mikroprotessor xar biri bir necha ming komponentlardan iborat bo'lgan bir yoki bir nechta kristal ko'rinishida yasaladi. Mikroprotessor ishlab chiqarilishining samaradorligi ma'lum sonli (24-48)

sonli tashqi qismlarga ega bo'lgan KIS lar to'plami ko'rinishida yasalishi va dasturli ishlashini nazarda tutgan holda konstruksiyasini yaratishning modul printsipli bilan aniqlanadi. Turli mikroprotsektorli tizimlarni qurish uchun maxsus ishlab chiqarilgan KIS lar to'plamiga mikroprotsektor (MP), tezkor (operativ) xotiralash qurilmasi (TXQ), doimiy xotiralash qurilmasi (DXQ), qayta dasturlanadigan xotiralash qurilmasi (QDXQ), dasturli boshqarish bloki (DBB), axborotlarni kiritish va chiqarish qurilmasi va boshqalar kiradi.

Mikroprotsektor asosida qurilgan hisoblash vositalarining tarkibiga quyidagilar kiradi (17.1 - rasm):

- mikroprotsektorning o'zi – arifmetik – mantiqiy qurilma (AMQ) funksiyalarini bajaradigan bir yoki bir nechta KIS lar, ichki rezistor (R), boshqaruvchi qurilma (BQ), qayd qiluvchi qurilmalarni bir - biri bilan bog'laydigan ichki interfeyslar;

- mikroprotsektorli modul – funktsional yaqinlangan va tarkibida MR li KIS lar, TXQ, DXQ, tashqi qurilmalar interfeyslari (TQI) hamda takt impulsli generator (TIG) joylashtirilgan yagona plata. Bunda modul MR li tizimga o'rnatilganda BQ (kontroller) funktsiyasini ham bajarishi mumkin;



17.1 – rasm. Mikroprotsektor asosida qurilgan hisoblash vositasining blok sxemasi.

- mikro EHM – konstruktiv jihatdan yakunlangan avtonom raqamli hisoblash qurilmasi bo'lib, MR li modullar, elektr energiya manbai (EEM),

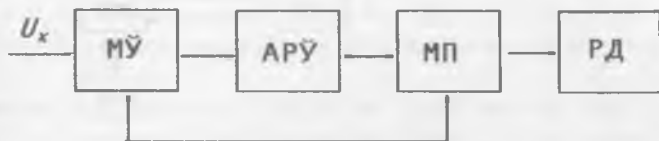
axborotlarni kiritish va chiqarish qurilmasi (AKCHQ), boshqarish pulti (BP) hamda dastur bilan ta'minlangan komplekt (DTK) lardan iboratdir.

O'lchash vositalarida foydalaniladigan dasturiy ta'minot o'lchanadigan kattaliklar ro'yxati, o'lchash natijasini ifodalash shakli, o'lchanadigan axborotlarga ishlov berish mezonlari, axborot hajmi va unga ishlov berish xarakterini hisobga olgan holda funksional qurilmalar ishlashining ketma - ketligi va boshqalarni aniqlaydi.

9.5. Mikroprotsessori bilan boshqariladigan raqamli asboblari

O'lchash asboblari tarkibida mikroprotsessorlarni qo'llash o'lchash jarayonini soddalashtiradi, ularni qiyoslashni va kalibrlashni avtomatlashtiradi, o'lchash axborotiga statistik ishlov beradi va asboblarning metrologik xarakteristikalarini yaxshilaydi. Quyida voltmetr va chastota o'lchagichlarda mikroprotsessorlardan foydalanish misollari keltirilgan.

Raqamli mikropropotsektorli voltmetrning (17.2- rasm) kirish bloki masshtab o'zgartkichi (MO') dan iborat bo'lib, u bir yo'la o'zgaruvchan U_x kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantiradi. So'ng o'zgarmas tok kuchlanishi analog - raqamli o'zgartkich (ARO') ga beriladi va u yerda raqam shakliga keltiriladi. Hozirgi zamon mikroprotsektorli asboblarda ikki bosqichda integrallaydigan ARO' lar keng tarqalgan.



17.2- rasm. Raqamli mikropropotsektorli voltmetrning sxemasi.

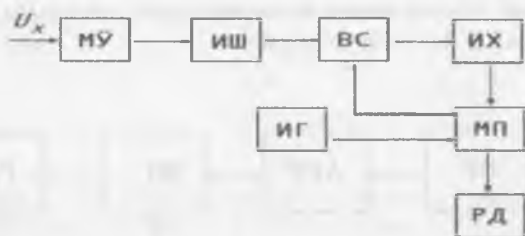
Kirish kuchlanishiga proporsional bo'lgan ma'lum ketma - ketlikdagi impulslar soni ARO'dan mikroprotsektorning interfeysiga uzatiladi. MO' va MR o'zaro taktli impuls orqali bog'langan. Mikroprotsektor integrallash jarayonini boshqaradi va raqamli axborotni raqamli displey (RD) ga chiqarib beradi. RD nafaqat o'lchangan kattalikni, balki unga tegishli ahborotni ham yozib chiqaradi.

Zamonaviy mikroprotsektorli voltmetrlar ko'p dasturli asboblari bo'lib, o'lchangan kattaliklari ustida barcha arifmetik va algebraik amallarni, o'rtacha kvadratik og'ish, dispersiya, matematik kutishlarni hisoblash hamda xotirlash amallarini bajarishi mumkin.

Mikroprotessorli voltmetrlarga Rossiya Federatsiyasida SH1531, SH1612, V7 – 39, V7 – 40 rusumli hamda Germaniyada ishlab chiqariladigan 7055, 7065 turdagi voltmetrlarni misol qilib keltirish mumkin.

Mikroprotessorli chastota o'lchagichda (17.3 - rasm) o'lchash ketma - ket hisoblash usulida bajariladi. Chastotasi o'lchanayotgan kuchlanish masshtab o'zgartkich (MO') orqali impuls shakllantirish (ISH) ga uzatiladi. Bu yerda kuchlanish impulslarning davriy ketma - ketligiga aylantirilib, vaqt selektori (VS) ga beriladi. Mikroprotessor (MR) ma'lum davomiylik impulslar ishlab chiqaradi va ularni VS ning ikkinchi kirish qismalariga uzatadi. Bu impulslarning davomiyligi impulslar generator (IG) bilan belgilanadi. VS ning ikkala kirishiga ta'sir qilayotgan signalga ko'ra, uning mikroprotessor belgilaydigan vaqt davomiyligi bilan chegaralangan impulslar soni hosil bo'ladi.

Bu vaqt davomida ishlab chiqarilgan impulslar impulslar hisoblagich (IX) bilan sanaladi hamda mikroprotessor xotirasidagi chastotaning o'zgarmas miqdori (konstantasi) bilan solishtiriladi. Solishtirish natijasi raqamli displey (RD)ga beriladi. Bunday turda qurilayotgan raqamli asboblarning istiqbolli deb hisoblanadi.



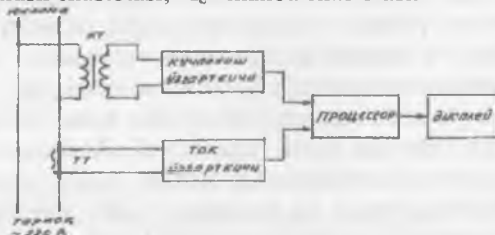
17.3 – rasm. Mikroprotessorli chastota o'lchagich sxemasi.

9.6. Elektron elektr energiya hisoblagich

17.4 - rasmda elektron elektr energiya xisoblagichlarning oddiy struktura sxemasi keltirilgan. Bu sxemada tok va kuchlanishning uzluksiz oniy qiymatlari diskret vaqt oraliqlariga o'zgartiriladi hamda protessor yordamida ularga ishlov beriladi. Buning uchun protessorning kirishiga tok va kuchlanish o'zgartkichlaridan zanjirdagi tok va kuchlanishlarga proporsional bo'lgan signallar beriladi. Bu signallarga P, Q, S va φ qiymatlarini hosil qilish maqsadida ishlov beriladi. Masalan, zanjirning aktiv quvvati quyidagi tenglama orqali aniqlanishi mumkin:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i I_i, \quad (17.1)$$

bu yerda $N = \frac{f_d}{f_c}$ - o'lchanilayotgan signal bir davri mobaynidagi hisoblashlar soni; f_d - diskretlash chastotasi; f_c - manba chastotasi.



17.4 - rasm. Elektron energiya hisoblagich sxemasi.

17.4-rasmdagi hisoblagich struktura sxemasiga uning funksional imkoniyatlarini kengaytirish maqsadida tegishli qo'shimcha bloklar va o'zgartirishlar kiritiladi. Eng oddiy xolatda protsessordan ilgari quvvatni o'lchash mikrosxemasi kiritilsa, u chiqishida faol (aktiv) quvvatga proporsional bo'lgan impulslar chastotasi hosil qiladi. Bu strukturada mikrokontroller impulsnlarni sanash, ma'lumotni ekranga chiqarish va boshqa ayrim funktsiyalarni bajaradi.

Elektron energiya xisoblagichlarni amaliyotda qo'llanilishi bo'yicha "O'zbek-xitoy qo'shma korxonasi" tomonidan ishlab chiqarilayotgan va hozirgi kunda o'lchash amaliyotiga kiritilgan DDS28 elektron hisoblagichini ko'rib chiqamiz.

Umumiy ma'lumotlar. DDS28 bir fazali turg'un elektr energiyasi elektron hisoblagichi faol (aktiv) elektr energiyasini 50 Gts chastotali 220 V kuchlanishli, bir fazali ikki o'tkazgichli elektr tarmoqlarida o'lchash uchun mo'ljallangan. Elektr hisoblagich GOST 30207 (IES 61036) standart talablariga javob beradi va 1,0 aniqlik klassiga ega.

Elektr energiyasini hisoblagichining o'ziga xos xususiyatlari uning yuqori aniqlik darajasi va ishonchliligi, hamda elektr energiyasidan noo'rin foydalanishni bartaraf etish imkoniyatlariga ega ekanligidadir. Elektr hisoblagich bevosita o'lchash uchun mo'ljallangan.

Elektr energiyasini hisoblagichning blok qismlaridan iboratligi va unda LST texnologiyasidan (katta sig'imli integrallashgan sxema) va SMT dan foydalanilgani, hamda uning o'ta ishonchliligi va uzoq muddat xizmat ko'rsatishini ta'minlaydi.

Elektr energiyasini hisoblagich mustahkam tuzilmalardan iborat bo'lib, yopiq binolarda foydalanishga yaroqli va uzoq muddat undan foydalanishga imkonini beradi.

Elektr energiyasini hisoblagichda impulsli uzatish mavjud, bu iste'molchi uchun masofadan turib boshqarish sxemasini ishlatish imkonichtini beradi.

Tuzilishi. Elektr energiyasini xisoblagichning qobig'i (korpusi) bakelitli asosdan iborat bo'lib, yaltiroq polikarbonat qopqoq va elektr hisoblagichning qisqichlaridan iborat. U ikkinchi toifali himoya - izolyatsiya talablariga javob beradi. Elektr hisoblagichning qobig'i qattiq va mustahkamdir.

Display suyuq kristalli segment indikordan iborat bo'lib, besh razryadli butun raqamlar va bir razryadli o'nlik raqamli yacheykalardan iborat.

Elektr energiyasini hisoblagichda E² PROM doimiy xotira joylashtirilgan bo'lib, bu esa hisoblagichdagi ma'lumotlarni elektr energiyasi o'chganidan so'ng xam 40 yil davomida saqlash imkoniyatini beradi.

Nazorat chirog'i elektr hisoblagichning ish xolatini ko'rsatib turadi. Nazorat chirog'ining yonib - o'chishi chastotasi elektr hisoblagichda o'lchanayotgan quvvat bilan mutanosibdir.

Elektr hisoblagich qisqichlari elektr izolyatsiyali rangsiz qopqoqqa ega.

Vazifalari:

A. Faol elektr energiyasini o'lchash;

B. Elektr energiyasini hisoblagich suyuq qristalli display (LSD) orqali iste'mol qilingan elektr enegiyasini ko'rsatadi;

V. Impul'sli nazorat chirog'i elektr hisoblagichning ishchi xolatini ko'rsatib turadi.

G. Optik bog'lanish bilan muhofazalangan sust impulsli chiqish.

Texnik ma'lumotlar.

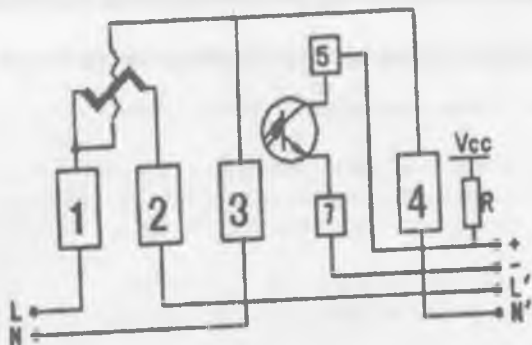
Belgilanagn kuchlanish, V	220
Belgilangan chastota, Gts	50
Nominal (maksimal) tok, A	5(30), 10(60)
Kuchlanishning ishchi diapazoni	(0,85 ÷ 1,1)Un
Tok bo'yicha sezuvchanlik	0,004 In
O'zi yurishi (ishlashi)	≤ 1 impuls
Iste'mol qilinayotgan quvvat	≤ 1 Vt (6 V.A)
Xisoblagich ishlashining muhit harorati, °S	- 20 + +55
O'rtacha ishlash muddati, yil	30
Xisoblagichni qiyoslash vaqti oralig'i, yil	10
Indukatorning maksimal xajmi, kVt/s	0,1
Aniqlik sinfi	1,0

Aniqligi: ma'lumotlar jadvalda berilgan.

Tok hajmi	Quvvat koeffitsienti, sos φ	Eng yuqori xatolik, %
0,05 In	1	$\pm 1,5$
0,1 In ÷ I _{max}	1	$\pm 1,0$
0,1 In	0,5(L)	$\pm 1,5$
	0,8(S)	$\pm 1,5$
0,2 In ÷ I _{max}	0,5(L)	$\pm 1,0$
	0,8(S)	$\pm 1,0$

O'rnatish va foydalanish.

Elektr energiyasini hisoblagichni o'lchash tartibi 17.5 – rasmga muvofiq bo'lishi lozim. Bu yerda L, L' – faza simi, N, N' – neytral sim.



17.5 - rasm. Elektron hisoblagichni struktura sxemasi.

Avval simning uchi, elektr xisoblagichning qisqichga ulanadigan qismi tozalanadi. Mayda tolalardan iborat simlarning uchi eshilgan va o'ralgan bo'lishi yoki maxsus kabel uchi bandlagich bilan qotirilgan bo'lishi kerak. So'ngra bu uchlari qisqichning orasiga qistiriladi. Ulanish joyini qizib ketishini oldini olish uchun klemma qisqichlaridagi vintlarini oxirigacha qotirish kerak.

N 5 va N 7 qisqichlar yuqori kuchlanishga ega bo'lgan o'tkazgichlarga ulanmasligi kerak. Ular hisoblagichni tekshirish lozim bo'lganda ulanadi.

Nazorat savollari

1. Mikroprotsessor deganda qanday qurilma nazarda tutiladi?
2. Mikroprotsessorli hisoblash vositalarining umumiy blok sxemasida mikroprotsessorning o'zi qanday bloklardan tashkil topgan?
3. Mikroprotsessorli modul yagona platasida qanday funktsional qismlar joylashtirilgan?
4. Mikro EHM konstruksiyasi jixatdan qanday qurilmalardan iborat?
5. O'lchash asboblari tarkibida mikroprotsessorlarni qo'llash effekti nimada?
6. Raqamli mikroprotsessorli voltmetrning sxemasi tahlil etilsin.
7. Mikroprotsessorli chastota o'lchagichdagi bloklar funktsiyalari sharxlab berilsin.
8. Bir fazali elektron energiya hisoblagichi strukturasi sharxlab berilsin.
9. Bir fazali elektron energiya hisoblagichning tuzilishi va vazifasi aytib berilsin.
10. Bir fazali elektron energiya hisoblagichining ulanish tartibi chizmasi keltirilsin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Amirov S. F. va boshq. Elektr o'lchovlar: O o' yurtlari talabalari uchun o'quv qo'll.- ToshTYMI, 2007.
2. Muxamedov B. E. Metrologiya, texnologik parametrlarni o'lchash uchullari va asboblari: - T.: O'qituvchi, 1991.
3. Axrorov N. O'lchovshunoslik asoslari va elektr o'lchashlaridan amaliy ishlar: Oliy o'quv yurt. uchun o'quv qo'll.-T.: O'zbekiston, 1994.
4. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Узбекистана и мира, – Т.: «Fan va texnologiya», 2009. – 463 с.
5. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана, – Т.: Молия, 2007.- 388с.
6. Троицкий-Марко Т.Е., Будадин О.Н., Михалков С.А. Научно-методические принципы энергосбережения и энергоаудита. Т.1. Научно-методические принципы энергоаудита и энергоменеджмента. М.: //Наука, 2005. – 540 с.
7. Nigmatov J.M. «Elektr o'lchovlari» fanidan ma'ruza matni: - Farg'ona: FarPI., 2006.
8. Nigmatov J.M. «Axborot o'lchov texnikasi» fanidan ma'ruza matni: - Farg'ona: FarPI., 2014.
9. Нефедова В.И. «Метрология и радионизмерения». Учебник. Москва «Высшая школа» 2003.
10. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений. Учебник для ВУЗов Издательство стереотип – М.; Издательство центр «Академия» 2004.
11. Иванова Г.М. и др. «Теплотехнические измерения и приборы» М.: Изд. во МЭИ, 2005.–460с.
12. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. Учебник для вузов. 2-е изд. Стереотип – М.: Издательство центр «Академия», 2004.– 336с.
13. Куляков М.В. Технологическис измерения и приборы для химических производств М. 2008.
14. Иванов И.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: Учебник. -М.: Университетская книга, Логос, 2008.- 424 с.
15. Филипп Ньюэлл. Звукозапись. Акустика помещений: Англия, Моана, 2009. -177 с.
16. Лебедев А.В. Использование метода линейного прогнозирования в ультразвуково-й спектроскопии горных пород//Акустический журнал. 2002.- №3.- С. 381-389.
17. Боббер Р. Гидроакустические измерения.-М.: Энергоатомиздат, 2000.-178 с.
18. Сташкевич К И., Таранов А.Л. Гидроакустические измерения в океанологии. -М.: -2006. -180 с.