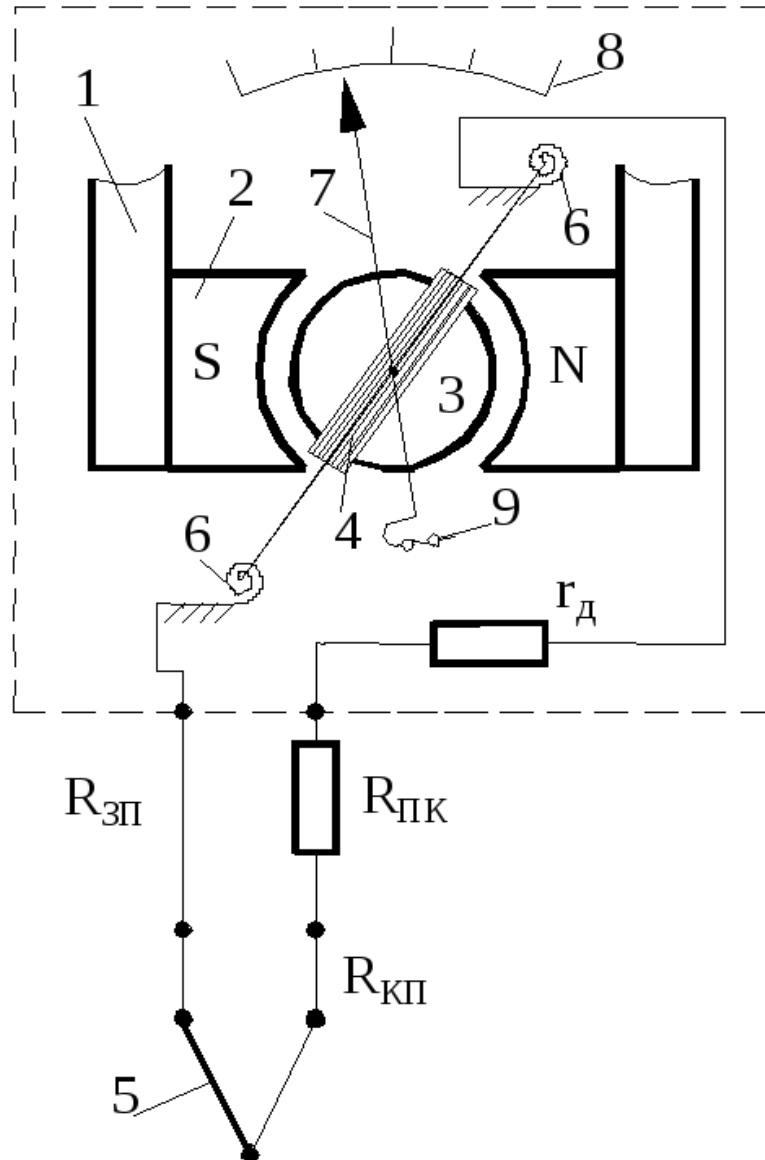


Пірометричні мілівольтметри. Потенціометри.

Для вимірювання Т.Е.Р.С. ТЕП використовують магнітоелектричні мілівольтметри і компенсатори постійного струму (потенціометри).

Принцип дії пірометричного *мілівольтметра* полягає у взаємодії електромагнітного поля провідника, який проводить струм, з полем постійного магніту.

Магнітна система мілівольтметра (рис.1) складається з постійного магніту із полюсними наконечниками 2 і концентрично розміщеного осердя 3. В повітряному



зазорі між наконечниками і осердям обертається закріплена на кернах безкаркасна рамка 4, яка виконується з мідного ізоляованого дроту. Струм від ТЕП 5 підводиться до рамки через дві спіральні пружини 6, які використовуються також для створення протидіючого моменту. До рамки 4 жорстко прикріплена стрілка 7, що переміщується відносно шкали приладу 8. Вся рухома система мілівольтметра балансується за допомогою противаг 9.

Величина струму, який протікає по рамці, визначається з виразу:

$$I = \frac{E(t, t_o)}{r + R}, \quad [mA] \quad (2)$$

Рис.1. Принципова схема пірометричного мілівольтметра:

1– постійний магніт; 2 – полюсні наконечники; 3– осердя; 4– рамка; 5– ТЕП; 6– спіральні пружини; 7– стрілка; 8– шкала; 9– противаги; R_{кп}– ‘компенсаційні’ проводи; R_{зк}– з’єднувальні проводи; R_{зп}– підгоночний опір котушки.

де $E(t, t_o)$ – Т.Е.Р.С., що створюється при температурі робочого кінця t і температурі вільних кінців t_o [mB]; r – внутрішній опір мілівольтметра [Ом]; R – зовнішній опір мілівольтметра [Ом].

Опір r складається з опору рамки r_p і додаткового манганінового опору r_d , який розміщується в середині приладу $r = r_p + r_d$. Зовнішній опір R складається з опору ТЕП $R_{ТП}$, опору “компенсаційних” R та з’єднувальних R проводів та опору підгоночної котушки R :

$$R = R_{ТП} + R_{кп} + R_{зп} + R_{зк}. \quad (3)$$

Підгоночна котушка обов’язково вмикається в коло кожного мілівольтметра для підгонки зовнішнього опору до значення, при якому був проградуйований мілівольтметр.

Взаємодія електромагнітного поля рамки, яке виникає при протіканні струму і магнітного поля постійного магніту, створює обертовий момент, пропорційний струму в рамці: $M_{OB} = k_1 I$.

Протидіючий момент пропорційний деформації спіральних пружин 6, тобто куту повороту γ рухомої системи мілівольтметра: $M_{ПР} = k_2 \gamma$.

При зміні Т.Е.Р.С. змінюється сила струму I в рамці, яка обертається доти, доки обертовий момент не стане рівним протидіючому, тобто доки не виникне рівність $M_{OB} =$

$$M_{ПР}. \text{ Звідки: } \gamma = \frac{k_1}{k_2} \cdot I = k \cdot I, \quad (4)$$

де $k = k_1/k_2$ - коефіцієнти пропорційності.

Отже, кут повороту рамки γ , а разом з нею кут повороту стрілки відносно шкали залежить від сили струму

$$I = \frac{E(t, t_0)}{r_p + r_d + R_{Тн} + R_{жн} + R_{,n} + R_{,ж}}. \quad (5)$$

Ось чому зміна опорів кола мілівольтметра впливає на покази мілівольтметра.

Мілівольтметр має коректор нуля, за допомогою якого можна змінювати початкове положення стрілки приладу. Коректором користуються при введенні поправки на температуру "холодних" кінців ТЕП. Для цього при від'єднаному ТЕП коректором встановлюють стрілку приладу на відмітку шкали, що відповідає температурі "холодних" кінців ТЕП. Якщо вона постійна, то таке зміщення забезпечує автоматичне усунення похибки від підвищення температури "холодних" кінців в цілому діапазоні вимірювань

Пірометричні мілівольтметри виготовляються з класами точності 1; 1,5.

Більшу точність вимірювання Т.Е.Р.С. ТЕП забезпечує *компенсаційний метод* вимірювання, який полягає в зрівноваженні вимірювальної електрорушійної сили відомим спадом напруги на опорі. Метод покладений в основу роботи лабораторного *потенціометра*, спрощена схема якого показана на рис.2. Схема складається з трьох взаємопов'язаних кіл: робочого 1, вимірювального 2 і контрольного 3. Під дією Е.Р.С. батареї D в робочому колі 1 протікає струм I , оберненопропорційний сумі опорів резисторів R_p, R_k та опору реохорду R . При постійному струмі I_1 реохорд можна розглядати як джерело напруги, величина якого визначається положенням повзунка, а полярність - напрямком струму I_1 . При встановленні перемикача Π в положення "В" - "вимірювання" вимірювана Т.Е.Р.С. ТЕП ($E(t, t_0)$) вмикається зустрічно до напруги ΔV_{AB} між точками AB реохорду. Якщо $\Delta V_{AB} \neq E(t, t_0)$, в колі 2 протікає струм I_2 , який виявляється по відхиленню стрілки нуля гальванометра НГ. Змінюючи положення повзунка, досягають компенсації або рівноваги $I_1 R_{AB} = E(t, t_0)$. Повзунок реохорда зв'язаний зі стрілкою, яка показує на шкалі вимірювану величину Т.Е.Р.С. Результат вимірювання буде правильним лише при певному постійному значенні I_1 . Для підтримання постійності значення струму I_1 необхідно періодично контролювати його за допомогою стандартної міри електрорушійної сили (нормального елемента НЕ), який характеризується великою стабільністю Е.Р.С. (при температурі оточуючого середовища 20°C , $E_{НЕ} = 1,0186 \text{ В}$). Для контролю струму I_1 перемикач 2 ставиться в положення "К" (Контроль). При цьому замикається контрольне коло 3 і розмикається коло 1. Контроль струму I_1 здійснюється також компенсаційним методом, тобто порівнянням Е.Р.С. нормального елемента $E_{НЕ}$ зі спадом напруги, що створюється струмом I_1 на постійному опорі R_k . Якщо струм I_1 дорівнює заданому значенню, то спад напруги на опорі R_k буде зрівноважуватись з Е.Р.С. НЕ, тобто $I_1 R_k = E_{НГ}$. При цьому струм I_3 через НГ повинен бути відсутній. Якщо стрілка НГ відхиляється від нульової відмітки, необхідно струм I_1 відрегулювати, змінюючи величину опору змінного резистора R_1 . Контроль і регулювання струму необхідно проводити перед початком вимірювань.

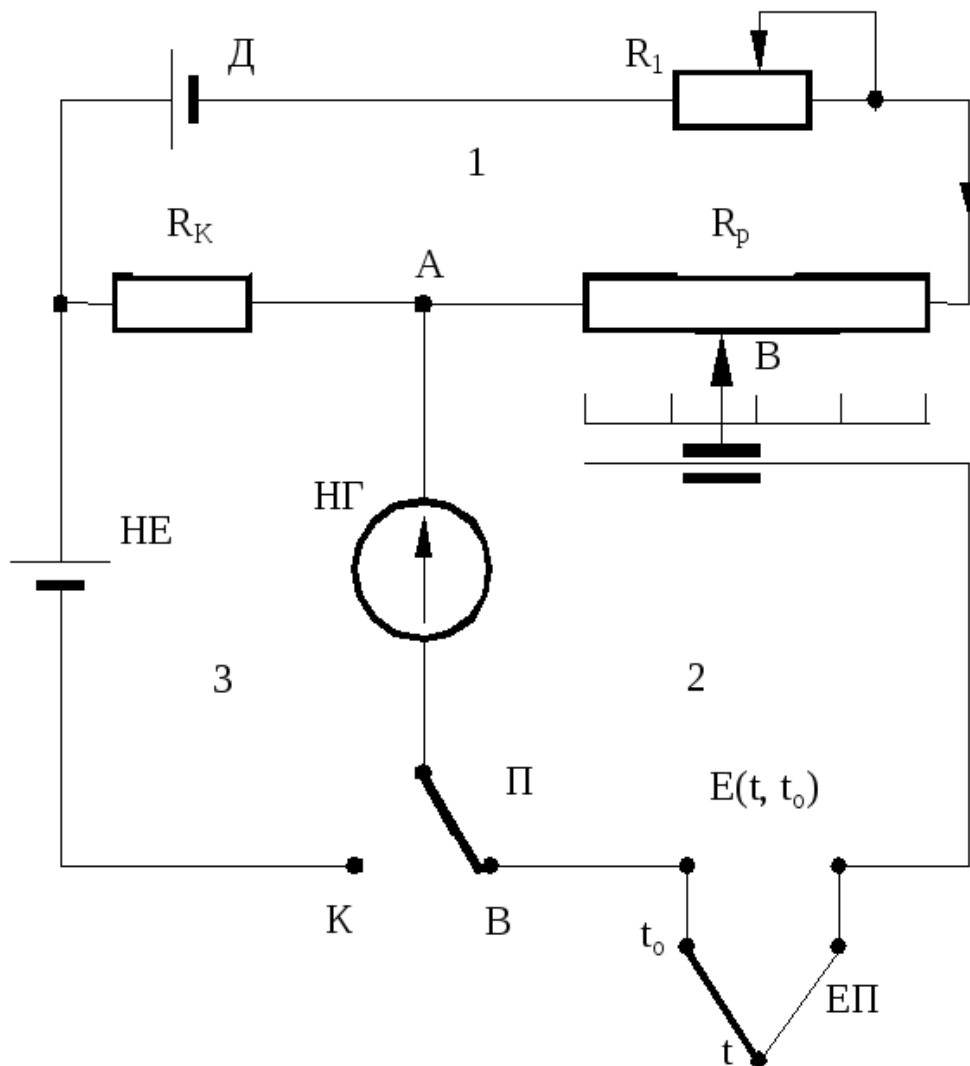


Рис.2. Принципова схема лабораторного потенціометра:

1 – робоче коло; 2 – вимірювальне коло; 3 – контрольне коло.

Д – джерело постійного струму; R_1 - змінний резистор; R_p - реохорд; R_k - контрольний резистор; П – перемикач; НГ – нуль-гальванометр; НЕ – нормальний елемент.

Основна похибка потенціометра суттєво менша ніж мілівольтметра, а додаткові похибки за рахунок зміни температури оточуючого середовища практично дорівнюють нулю, оскільки всі резистори схеми виготовляють з манганіну.

Лабораторні потенціометри широко використовуються в лабораторній практиці для епізодичних вимірювань і перевірки вторинних приладів. *Автоматичні потенціометри* відрізняються від лабораторних тим, що компенсація вимірюваної Т.Е.Р.С., в них здійснюється автоматично і безперервно. Вимірювальні схеми різних типів автоматичних потенціометрів в принципі однакові і подібні до схеми лабораторного потенціометра, тільки замість нуль-гальванометра вони містять в собі електронний підсилювач. Вихідна напруга підсилювача керує електродвигуном, який переміщує повзунок реохорда, виконуючи операцію, яка в лабораторному потенціометрі робилась ручно. Автоматичні потенціометри, призначені для роботи з ТЕП, виготовляють зі шкалами проградуєваними в градусах температури, мають клас точності 0,25, 0,5 і можуть обладнуватись реєструючими, сигналізуючими і регулюючими пристроями. Принципова схема електронного, автоматичного, реєструючого потенціометра показана на рис.3. У вимірювальну діагональ CD мостової схеми потенціометра послідовно з електронним підсилювачем ЕП увімкнено ТЕП. Увімкнення здійснено через електричний фільтр RC, призначений для зменшення впливу наводок від зовнішніх магнітних полів (на рис.3 показана спрощена

схема RC-фільтра). В діагональ живлення АВ мостової схеми увімкнено джерело стабілізованої напруги ДСН, яке забезпечує постійність робочого струму у вимірювальному колі, тому в автоматичних потенціометрах відсутній нормальний елемент.

На вхід електронного підсилювача ЕП подається напруга небалансу, яка дорівнює різниці між Т.Е.Р.С. і напругою в діагоналі CD мостової схеми. Якщо ця напруга більша за чутливість ЕП, вона підсилюється до величини, достатньої для приведення в рух реверсивного двигуна РД. РД при русі в напрямі (який залежить від знаку небалансу вимірювальної схеми) за допомогою механічної передачі

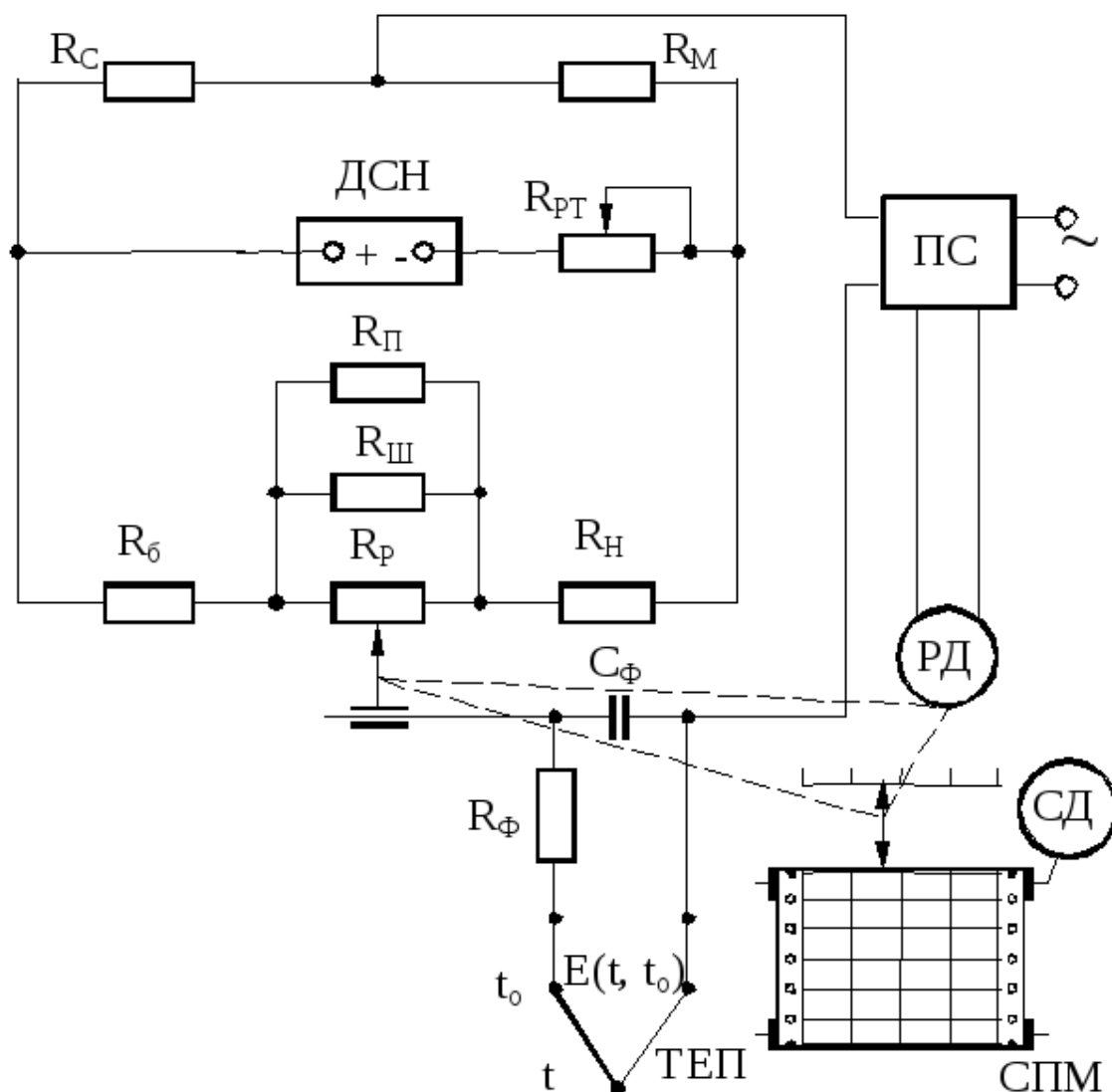


Рис.3. Принципова схема автоматичного потенціометра:

ДСН – джерело стабілізованої напруги; ПС – електронний підсилювач; РД – реверсивний двигун; СД – синхронний двигун; R_C , R_M – обмежуючі резистори; $R_{\text{ш}}$ – шунтуючий резистор; $R_{\text{п}}$ – підгоночний резистор; $R_{\text{Б}}$ – баластний резистор; $R_{\text{Р}}$ – реохорд; $R_{\text{Н}}$ – резистор настроювання початку шкали; СПМ – стрічкопротяжний механізм.

переміщує повзунок реохорда доти, доки сигнал небалансу не дорівнюватиме нулю. Одночасно РД переміщує стрілку та перо потенціометра.

У вимірювальну схему автоматичного потенціометра входить також ряд елементів, призначених для забезпечення нормальної роботи приладу. Резистори $R_{\text{ш}}$ (шунт), $R_{\text{п}}$ (підгонка) служать для підгонки опору реохорду $R_{\text{Р}}$ з врахуванням градування і діапазону вимірювання. Резистор $R_{\text{Н}}$ призначений для настроювання початку шкали. Резистор $R_{\text{Б}}$ є баластним опором. Резистори R і R використовуються для обмеження і регулювання робочого струму від джерела живлення ДСН. Резистор R призначений для автоматичної компенсації впливу зміни температури вільних кінців ТЕП. Резистор R виготовляється з мідного дроту і розміщується у колодці клем потенціометра, до якої

під'єднуються "компенсаційні" провідники. Одночасно зі зміною температури оточуючого середовища змінюється і Т.Е.Р.С. холодних кінців ТЕП, і спад напруги на резисторі R, які взаємно компенсуються.

Конструкції автоматичних потенціометрів побудовані за модульним принципом. Прилади складаються з окремих уніфікованих блоків і вузлів, з'єднаних між собою. Потенціометр типу КСП складається з вимірювальної схеми, реохорду, напівпровідникового підсилювача, джерела стабілізованої напруги, реверсивного двигуна, реєструючого пристрою з механізмом протягування стрічки, який приводиться в рух від синхронного двигуна, що рухається з постійною швидкістю.