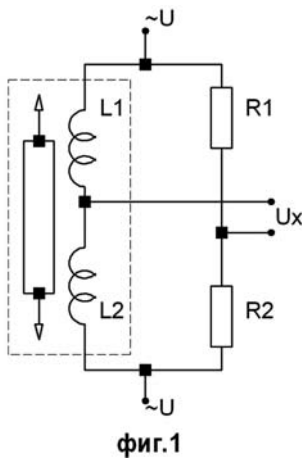


## У п р а ж н е н и е № 2

### Измерване на малки премествания с ИНДУКТИВЕН ДАТЧИК

#### 1. Теоретична постановка

Един от сензорите за измерване на малки премествания е индуктивният датчик. Той представлява бобина с две намотки и преместваема магнитна сърцевина. В неутрално положение, сърцевината е разположена симетрично във въздушната междина на двете намотки, в резултат на което тяхната индуктивност е една и съща. Намотките участват в съседни рамена на мостова схема – фиг.1.



Другите две рамена на моста са изградени с точни и стабилни резистори. Мостът се захранва от генератор на променливо напрежение. При преместване на сърцевината се изменя съотношението между индуктивностите на двете намотки. Уравновесеният до този момент мост се разсъгласува, като напрежението в измервателния му диагонал е пропорционално на преместването.

Индуктивният преобразувател, реагиращ на линейно преместване на сърцевината има линейна преобразователна характеристика в границите на преместване от няколко милиметра. По-голям обхват (до няколко сантиметра) може да се постигне при по-сложна конструкция на бобината.

Реактивното съпротивление на двете намотки ( $\omega L1$  и  $\omega L2$ ) е много по-голямо от омическото им (активно) съпротивление и тогава, за изходно напрежение на моста, приблизително, се получава:

$$U_x = \sim U \cdot \omega L2 / (\omega L1 + \omega L2) - \sim U \cdot (R / 2R)$$

Където:  $R = R1 = R2$ , а  $\sim U$  и  $U_x$  са съответно захранващото и изходното напрежение на моста.

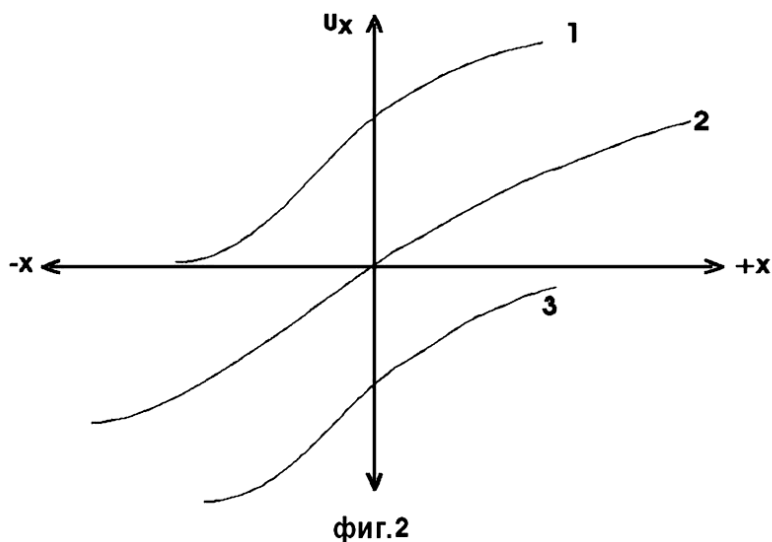
Индуктивностите  $L1$  и  $L2$ , в равновесно състояние, са равни и тогава

$$U_x = \sim U / 2 - \sim U / 2 = 0 \quad \text{т.е. мостът е уравновесен}$$

При преместването на сърцевината с “ $\Delta x$ ”, въздушната междина на едната индуктивност се увеличава, а на другата намалява. В резултат от това противоположно изменение на  $L_1$  и  $L_2$ ,  $U_x$  ще добие стойност, която ще зависи от  $\Delta x$ :

$$U_x = k \cdot \Delta x$$

Където:  $k$  се определя от  $\Delta L/L$  – стръмността на характеристиката на датчика.



Този тип датчици се наричат двутактни, реверсивни или още диференциални. Нереверсивните датчици са с една намотка, т.е. с една индуктивност.

Статичната характеристика (2) на реверсивните датчици се явява сума от характеристиките на два нереверсивни индуктивни датчици (1 и 3) фиг.2. Вследствие на това резултатната характеристика има приблизително два пъти по-голям обхват. Освен с по-добра линейност, реверсивните датчици по мостова схема се характеризират още и с нулево изходно напрежение при наличието на механичен нулев баланс. Те са и по-нечувствителни към изменение на температурата, смущения в захранващото напрежение и други влияещи фактори които действат еднопосочно на двете намотки – при мостова схема тези влияния се компенсират.

На практика при мостовите индуктивни датчици пълната симетрия на схемата, балансирането на активните и реактивните съпротивления се постига технически много трудно, което е и основния им недостатък. Друг недостатък са енергийните загуби в резисторите от другите две рамена на моста.

С такъв датчик е реализирана опитна постановка, представена на принципната схема – фиг.3. Мостовата измервателна схема е съставена от индуктивностите L1, L2, резисторите R1, R2 и потенциометъра PR1. Тя, през трансформатора Tr, се захранва от генератора за променливо напрежение, изграден с помощта на транзисторите T1 и T2.

Активният (резистивен, R) баланс на мостовата схема се настройва с потенциометъра PR1, а реактивният (капацитивен, C) – с помощта на потенциометъра PC1 и кондензатора C1.

Сигналът от разсъгласуване на мостовата схема се подава на буферен предусилвател (OA1). Потенциометърът P3 е предвиден за настройка на измервателния обхват. Сигналът от OA1 се подава на *синхронен детектор*, построен с помощта на OA3. Управлението (синхронизацията) на детектора се осъществява от фазо-променяща схема синтезирана с използването на *мост на Вин* и компаратор OA2. Ъгълът на дефазирание се управлява с потенциометъра P1.

Изходното напрежение от синхронния детектор постъпва на крайно стъпало OA4, изградено като нискочестотен филтър. При точен баланс на схемата изходното напрежение ще бъде пропорционална и линейна функция на преместването.

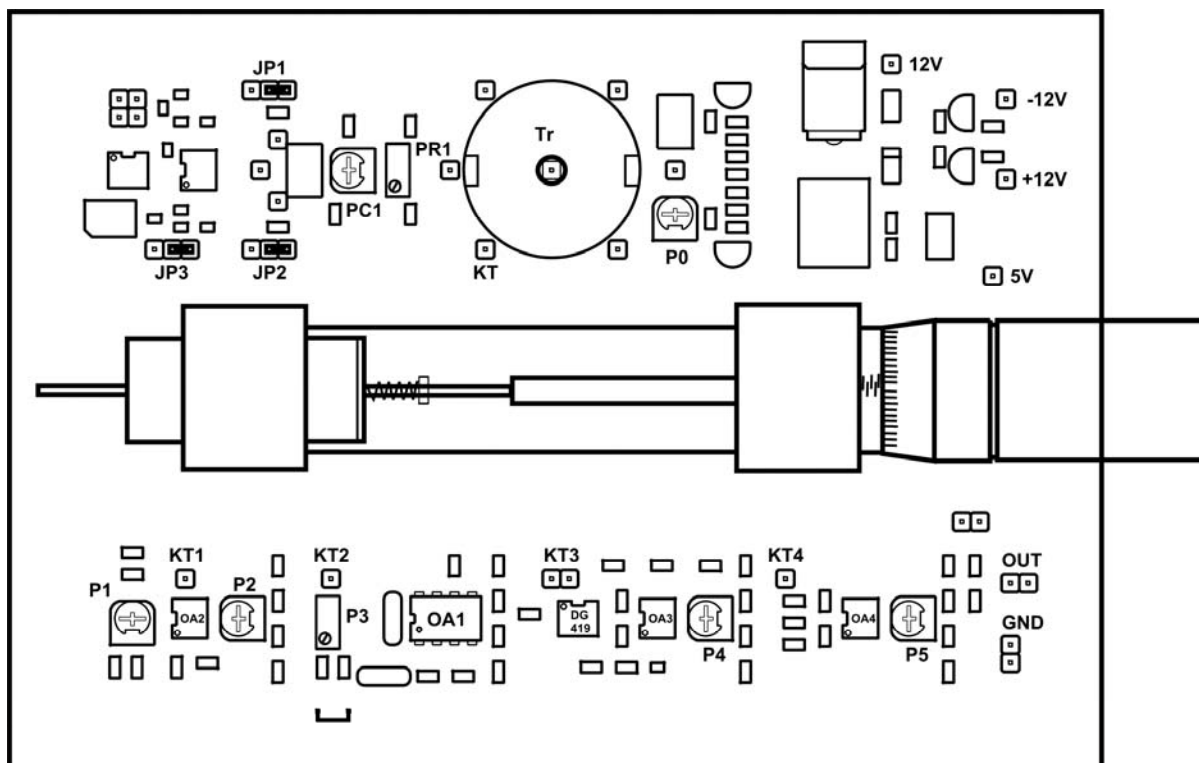
Ако изходното напрежение се измерва с еднополярен АЦП е предвидено преобразуване на обхвата (нормализация) – от -5 до +5V към 0 до 5V. Направено е с два резистора по 10 k $\Omega$ .

За простота не са показани всички елементи на схемата. Захранването на операционните усилватели (няма го на схемата) се осъществява през филтриращи RC групи – виждат се на печатната платка.

## 2. Задачи за изпълнение:

### Предварителна подготовка (домашна работа):

1. Да се разучи принципната схема за измерване на налягане посредством индуктивен датчик. Разположението на елементите на печатната платка е показано на фигурата по-долу.
2. Да се подготви протокол който да се завърши при работа в лабораторията.



### Работа в лабораторията:

3. Да се направи съответствие между схемата и платката. Да се намерят контролните точки;
4. Превключвателите JP1-JP3 да се поставят в дясно положение (както е показано на фигурата). Тример потенциометри P1 (в мост на Вин) и P0 (начален ток на генератора) трябва да са в крайно дясно (по часовника), а останалите в средно положение;
5. Да се включи захранването с адаптер 12V. Да се измери напрежението в контролните точки 5V, +12V и -12V;
6. Генераторът да се настрои да работи устойчиво с минимални нелинейни изкривявания;

7. Датчикът се поставя в механичната нула - положение 5mm;

Да се определи опитно средата (механична нула) на датчика

8. Да се направи R-C баланс на индуктивния датчик;

9. Да се настроят (нулират) отделните стъпала;

10. Да се снимат осцилограмите в изходите на отделните стъпала.

Да се снесе опитно преобразователната характеристика на целия първичен преобразувател  $U_0 = f_1(x)$  и се определи грешката от нелинейност – през 0,25mm от -3mm до +3mm спрямо механичната нула.

Ако се налага, когато характеристиката не е симетрична, се сменя “нулата” на датчика и да се повтаря настройката;

11. Да се определи опитно временната нестабилност на схемата.

### 3. Указания за изпълнения на задачите

3.1 По т.2 трябва да се предвиди място за осцилограмите (КТ3 и КТ4) при РС баланс, при настройка на синхронния детектор и т.н. Подготвят се и таблици за графиките на зависимостта на изходния сигнал от преместването;

3.2 По т.5 измерените напрежения в контролните точки трябва да са в граници  $\pm 5\%$ ;

3.3 По т.6 се наблюдава формата на сигнала в контролната точка до феритния трансформатор. Триммер-потенциометърът Р0 бавно се завърта срещу часовника (наляво) докато се появят генерации. Намира се положение на Р0 с минимални нелинейни изкривявания;

3.4 По т.7 да се има предвид, че на едно пълно завъртане на винта отговаря преместване 0,5mm;

По т.8 се наблюдава напрежението в контролна точка КТ3. Намира се положението на микрометричния винт при което сигналът е минимален. Задава се най-близката нулева стойност на микрометричния винт. Нулевите стойности са през 0,5mm;

3.5 По т.8 се задава максимално усилване с Р3 (до КТ2). Последователно с PR1 и PC1 се настройва минимална стойност в КТ3. Необходимо е няколко пъти да се редува настройка с PR1 и PC1;

3.6 По т.9

- нулиране на изходния усилвател ОА4. Извършва се след изпълнение на т.8. Напрежението (DC) между точките КТ4 и OUT се настройва да е 0V. Измерва се при максимална чувствителност на волтметъра (обхват 200mV).

- настройка на синхронния детектор. Това включва настройка на моста на Вин за фазовото отместване, нулиране на компаратора ОА2 и нулиране на самия синхронен детектор - ОА3. Обикновено се налагат няколко итерации.

С микрометричния винт се задава такова отместване, че сигналът на изхода на ОА1 да е 5-6 Vpp (от връх до връх). В изхода на синхронния детектор (КТ4), с потенциометър Р1, се нагласява превключването на компаратора да става при преминаването на сигнала през нулата. С тримера за нулиране на ОА2 се

нагласява сигнала който превключва синхронния детектор да е симетричен (да е с коефициент на запълване  $\frac{1}{2}$ ). Двете настройки са взаимно-зависими и се налагат няколко итерации. След тази настройка винтът се поставя в нулево положение. Сигналят в КТЗ (предполага се, че РС балансът е направен) трябва да е нула. С тримера за нулиране на ОА3 изходният сигнал ОУТ се нагласява да е нула. И тук се предполага, че преди това ОА4 е нулиран както е описано по-горе.

С това нулирането на схемата е завършено;

3.7 По т.10 се снемат осцилограми, които да покажат принципа на работа процеса на настройка;

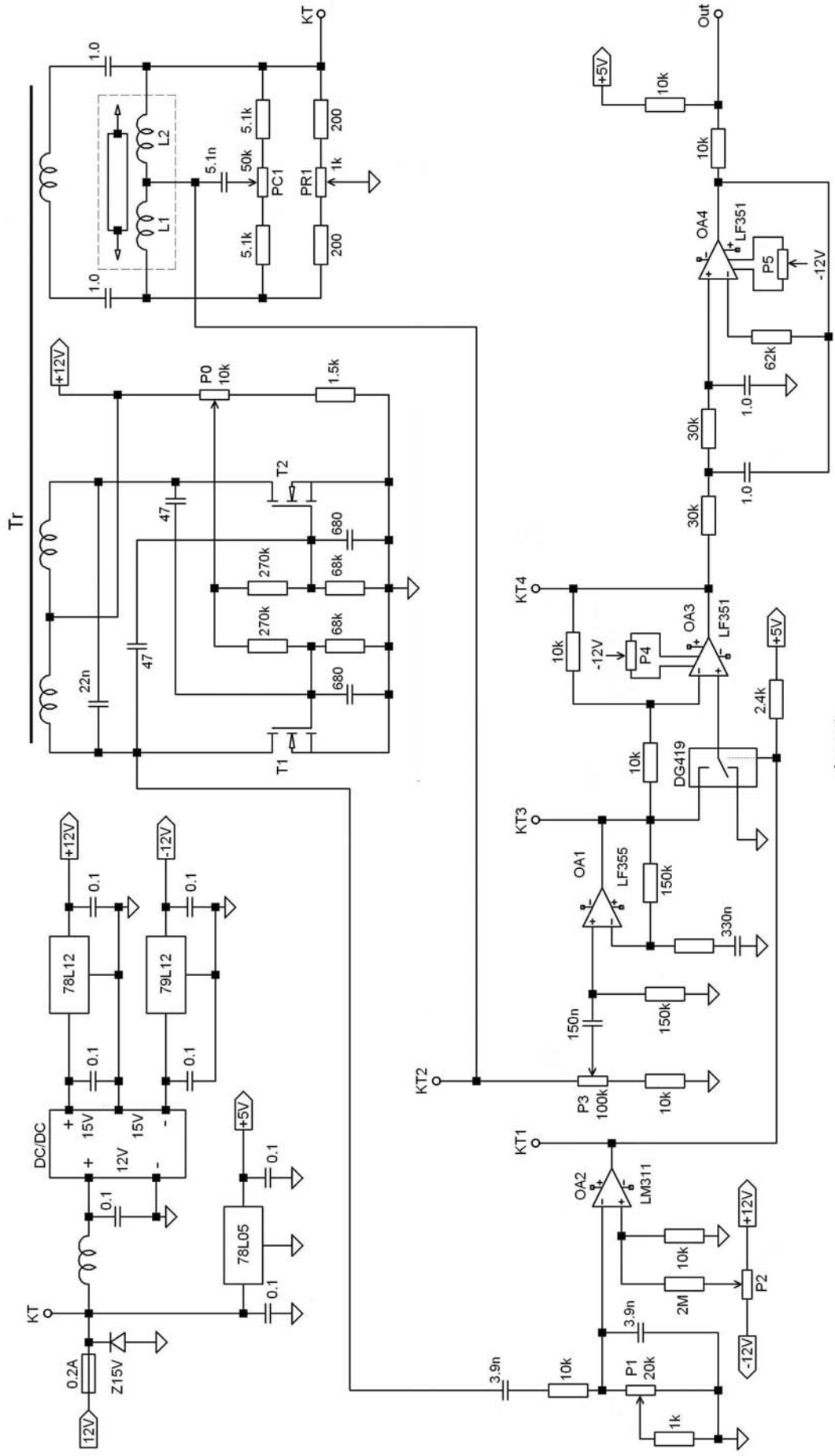
3.8 По т.11. За да се снее предавателната характеристика първо се извършва калибриране. За целта с микрометричния винт се задава отместване 1mm и с РЗ в изхода (ОУТ) се нагласява напрежение 1V.

Снема се предавателната характеристика за +/- 3 mm през 0,25mm. През време на измерването се наблюдава сигнала в КТЗ. Той не трябва да е изкривен или ограничен. Ако абсолютната стойност на изходния сигнал за преместване 1mm се различава от тази за -1mm с повече от ...% настройката трябва да се повтори;

Изчислява се грешката от нелинейност.

3.9 По т.12. Временната нестабилност се определя като се наблюдава и измерва изходният сигнал без да се променя положението на винта. Ефектът е забележим при максимална чувствителност (РЗ).

Може да се изследва и чувствителността по отношение на преместване на платката, натиск върху носещия корпус.



фиг.3