

## ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ СТАЛЬНЫХ МАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРУЖИН

В. Д. САРТАКОВ, В. И. УРУСОВ, И. Г. ЛЕЩЕНКО

(Представлена научно-техническим семинаром факультета автоматики  
и вычислительной техники)

Контроль твердости манометрических пружин из стали 50ХФА и 30ХГСА на Томском манометровом заводе производился в течение длительного времени выборочно на твердомерах Роквелла и Виккерса. Такой способ измерения твердости является малопроизводительным и относится к повреждающим методам.

На кафедре информационно-измерительной техники были проведены исследования и анализ зависимости различных электромагнитных характеристик манометрических пружин из стали 50ХФА и 30ХГСА в зависимости от твердости. На основании полученных результатов разработаны макеты приборов для манометрового завода [1, 2]. Используя наличие достаточно удовлетворительных связей между твердостью манометрических пружин и величиной эдс основной гармоники для двухобмоточного проходного датчика (рис. 2), авторами разработан прибор для контроля твердости манометрических пружин нескольких типоразмеров из указанных марок сталей. Прибор прошел испытания в заводских условиях при контрольных проверках 16 типоразмеров пружин: МГн  $160 \times 160$ , МГн  $160 \times 250$ , МСШ  $100 \times 100$ , МСШ  $100 \times 160$  и др.

Принципиальная схема прибора приведена на рис. 1, где  $D_0$  — датчик, в который помещается эталонная пружина, а  $D_k$  — датчик с контролируемой пружиной. В качестве эталонной пружины для стали 50ХФА применяется пружина с твердостью 42 единицы по Роквеллу, для стали 30ХГСА — с твердостью 40 единиц.

Измерительные обмотки датчиков включены по дифференциальной схеме. Намагничивающие обмотки соединены последовательно и питаются напряжением 220 в, 50 гц от феррорезонансного стабилизатора. Режим намагничивания манометрических пружин выбран оптимальным ( $I_d = 0,1$  а,  $W = 1500$ ) [2].

### Принцип работы схемы

Перед производством измерений в датчике  $D_d$  помещается пружина, твердость которой равна твердости эталонной пружины данного типоразмера. Из-за неидентичности датчиков и различия химсостава стали данной партии появится некоторая разностная эдс  $\Delta E_2$ , которая компенсируется компенсирующей цепью. Последняя представляет собой делитель напряжения  $R_1 \div R_{13}$  и мостовой фазовращатель  $R_{14}, R_{15}, R_{16}$ ,

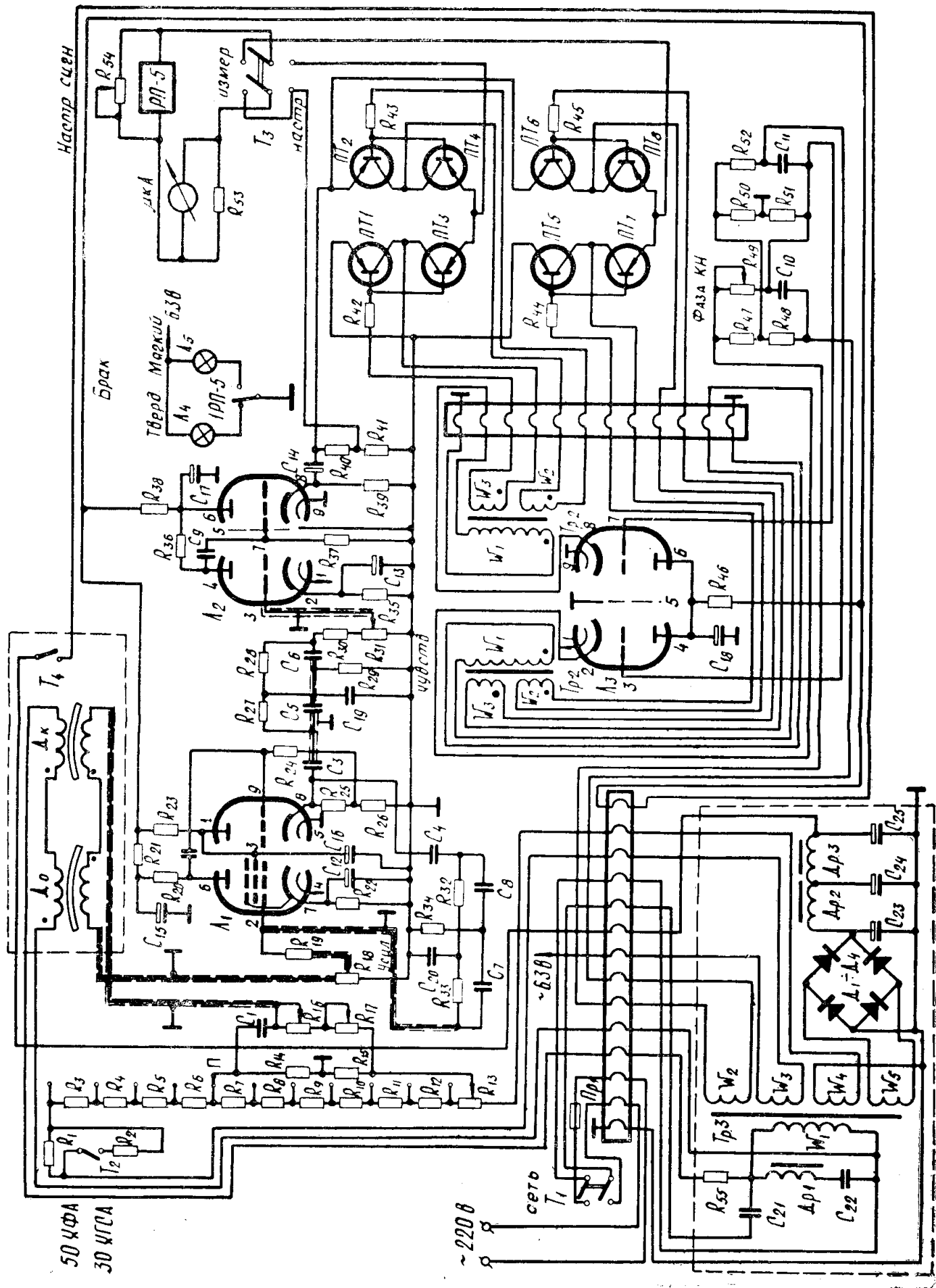


Рис. 1. Принципиальная схема прибора для измерения твердости манометрических пружин

$R_{17}$ ,  $C_1$ . С помощью делителя напряжения изменяется амплитуда, а с помощью мостового фазовращателя — фаза компенсирующего напряжения. Конструктивно делитель напряжения собран на переключателе  $\Pi$  на 11 положений. Ручки потенциометров  $R_{16}$ ,  $R_{17}$ ,  $R_{13}$  и переключателя выведены на переднюю панель измерительного блока прибора с общей гравировкой «Установка нуля».

После установки нуля в датчик  $D_k$  поочередно помещаются контролируемые пружины. Сигнал разбаланса с измерительных обмоток датчика, пропорциональный твердости контролируемой пружины, поступает на вход избирательного усилителя ( $\mathcal{L}_1$ ). Коэффициент усиления регулируется с помощью потенциометра  $R_{18}$  «Усиление». Усилитель охвачен отрицательной обратной связью для всех частот, исключая 50 гц. Двойной Т-образный мост ( $R_{32}$ ,  $R_{33}$ ,  $R_{34}$ ,  $C_7$ ,  $C_8$ ,  $C_{20}$ ) служит в качестве фильтра-пробки для частоты 50 гц. Второй мост ( $R_{27}$ ,  $R_{28}$ ,  $R_{29}$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ ,  $C_{19}$ ) является фильтром-пробкой для частоты 150 гц и подавляет третью гармонику, оставшуюся в сигнале разбаланса после избирательного усилителя.

Напряжение с выхода второго моста через делитель  $R_{30}$ ,  $R_{31}$  поступает на второй каскад усиления, выполненный на лампе  $\mathcal{L}_2$ . Ручка потенциометра  $R_{31}$  выведена на переднюю панель прибора с гравировкой «Чувствительность».

С выхода  $\mathcal{L}_2$  напряжение поступает на входы двух фазочувствительных выпрямителей, выполненных на полупроводниковых триодах ПТ1 ÷ ПТ8. Назначение их — преобразовать усиленный сигнал переменного напряжения в постоянный ток соответствующей полярности. Нагрузкой фазочувствительных выпрямителей являются последовательно соединенные сопротивления микроамперметра  $\mu A$ , шкала которого отградуирована в единицах твердости, и обмотки поляризованного реле РП-5. Для настройки реле на определенный ток срабатывания параллельно обмотке реле поставлен потенциометр  $R_{54}$  «Настройка сигнализации». Тумблер  $T_3$  «Измерение — настройка» подключает цепь микроамперметра и реле к выходу того или иного фазочувствительного выпрямителя при выполнении операций «Установка нуля».

Необходимые для работы фазочувствительных выпрямителей коммутирующие напряжения снимаются с вторичных обмоток трансформаторов  $Tr1$  и  $Tr2$  и сдвинуты друг относительно друга на  $90^\circ$ . Первичные обмотки трансформаторов являются катодными нагрузками лампы  $\mathcal{L}_3$ , на сетки которой поступают напряжения, сдвинутые на  $90^\circ$ , от двух последовательно соединенных фазосдвигающих цепей. Первая цепь ( $R_{47}$ ,  $R_{48}$ ,  $R_{49}$ ,  $C_{10}$ ) запитывается напряжением 26 в, 50 гц из блока питания. Потенциометр  $R_{49}$  «Фаза КН» позволяет плавно регулировать фазу коммутирующих напряжений, чтобы получить наибольшую чувствительность прибора к твердости пружин. Вторая цепь ( $R_{50}$ ,  $R_{51}$ ,  $R_{52}$ ,  $C_{11}$ ) сдвигает напряжение, поступающее с первой цепи, на  $90^\circ$ .

Среднее значение тока, протекающего по микроамперметру, включенному в качестве нагрузки фазочувствительного выпрямителя

$$I = \kappa \cdot U_c \cdot \sin \varphi,$$

где

$\varphi$  — угол между  $U_c$  и коммутирующим напряжением,  
 $U_c$  — напряжение сигнала, пропорциональное твердости пружины,  
 $\kappa$  — коэффициент преобразования измерительных преобразователей.

Таким образом, ток, протекающий через показывающий прибор, пропорционален твердости контролируемой пружины.

При превышении тока через микроамперметр свыше  $\pm 100 \mu A$  срабатывает реле РП-5 и замыкает своими контактами цепь питания

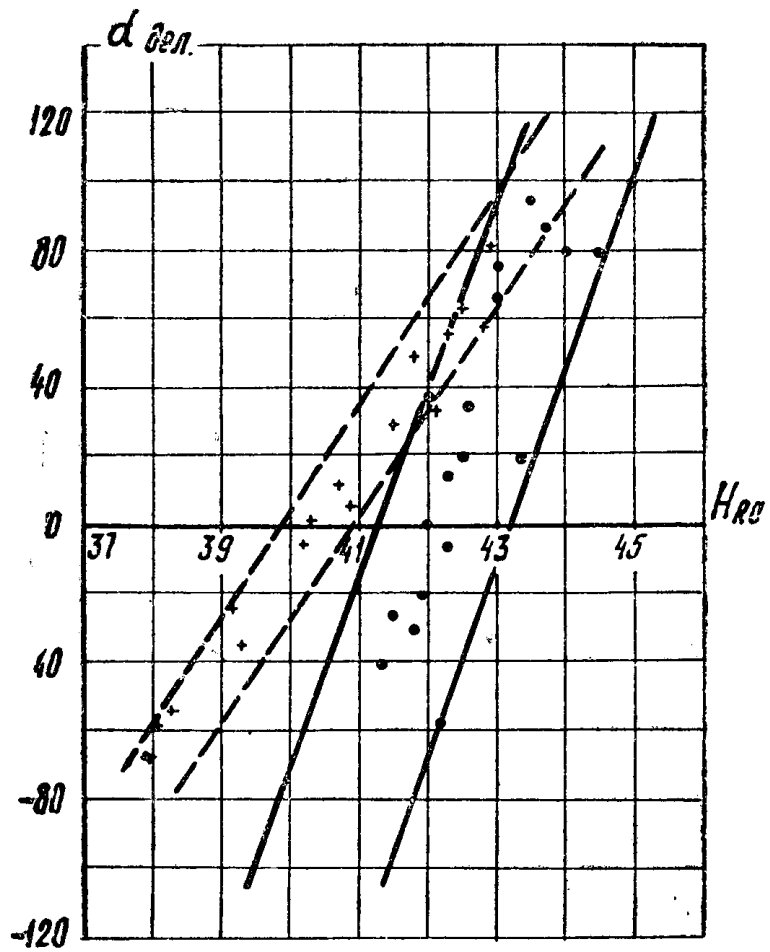


Рис. 2. Зависимости между показаниями прибора и твердостью пружин:  
 ● — для пружин типа МГн 160×160 из стали 50ХФА;  
 + — для пружин типа АМ 160×10 из стали 30ХГСА

сигнальных ламп  $L_4$  или  $L_5$  в зависимости от полярности тока. Загорание ламп свидетельствует о наличии брака «Мягкий» или «Твердый».

Блок питания включает в себя феррорезонансный стабилизатор ( $C_{21}, C_{22}, Dp_1$ ), силовой трансформатор Тр3 и выпрямитель  $D_1 \div D_4$  с фильтром  $Dp_2, Dp_3, C_{23}, C_{24}, C_{25}$  для питания анодных цепей схемы. Стабилизация переменного напряжения выполнена с целью уменьшения погрешности прибора от колебаний напряжения сети. Отклонение формы кривой напряжения на выходе стабилизатора от синусоидальной не сказывается на работе измерительного блока вследствие применения избирательного усилителя, настроенного на частоту 50 гц.

Для создания режима заданного тока последовательно с намагничивающими обмотками датчиков включено сопротивление  $R_{55} \gg Z_w$ .

Конструктивно прибор выполнен в виде двух блоков: блока питания и измерительного блока с выносными датчиками.

Необходимо отметить, что диаметр манометрических пружин значительно меняется при переходе от одного типоразмера к другому. Чтобы охватить весь диапазон изменения диаметра, в приборе предусмотрено применение 3 пар датчиков.

В качестве примера, зависимость показаний прибора в делениях шкалы по твердости по Роквеллу для контрольных пружин типа МГн —  $160 \times 160$  из стали 50ХФА и пружин типа АМ  $160 \times 10$  из стали 30ХГСА показана на рис. 2. Твердость определялась как среднеарифметическое из 7—9 измерений вдоль образующей цилиндрической поверхности пружины.

Погрешность измерения твердости пружин с помощью разработанного прибора (на основании исследования разных типоразмеров манометрических пружин) из стали 50ХФА составляет  $\pm 1,2$  ед. Роквелла и из стали 30ХГСА  $\pm 0,6$  ед. Роквелла.

Недостатком данного прибора является то обстоятельство, что измерение твердости манометрической пружины проводится только в средней части пружины. В действительности твердость пружин по их длине неравномерная и, таким образом, может оказаться некачественная пружина нормальной твердости. Устранение указанного недостатка возможно либо применением нового типа датчика локального действия, либо применением нового метода контроля твердости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Грузнов, В. П. Долгополов, И. Г. Лещенко, В. Д. Сартаков. Измерение твердости стальных изделий с помощью коэрцитиметра переменного тока. «Дефектоскопия», № 4, 1967.

2. И. Г. Лещенко, В. Д. Сартаков. Измерение твердости манометрических пружин электромагнитными методами (в данном сборнике).