

Целта на упражнението е запознаване с устройството, принципа на действие и проверка на уреди за измерване на налягане.

ТЕОРЕТИЧНИ ПОЛОЖЕНИЯ.

Налягането е една от най-често срещаните технологични величини при управлението на процесите в ХВП. При измерване на налягане се използват две скали: абсолютна и относителна. При абсолютната, за нула се приема действително налягане нула, измерваното налягане е действителното и се нарича абсолютно (P_a). При относителната скала, нулата отговаря на атмосферното (барометрично- P_o) налягане, налягането, което се измерва е $P = P_a - P_o$ и се нарича относително. Налягането, по-малко от атмосферното се нарича вакуум от там и вакууметри. Уредите които измерват разлика от налягане се наричат диференциални манометри. Технически по-трудно се изработват уреди за измерване на абсолютно налягане, поради трудностите за изолиране влиянието на атмосферното налягане.

Мерната единица за налягане според SI е Паскал (P_a), като $1P_a = 1N/m^2$. Стара мерна единица е 1 техн. атмосфера = $1 kgf/sm^2 = 98.0665 \cdot 10^3 P_a \approx 100kP_a$. Актуална в някои държави е и единицата Бар (*bar*), като $1 bar = 10^5 P_a = 100kP_a$.

В практиката най-често се използват възприемащи елементи, които преобразуват налягането в механично преместване (линейно или ъглово) или в различни електрически величини (съпротивление, ток, напрежение и др). Манометрите на основата на втория вид преобразуватели са по-удобни за вграждане в системите за автоматично регулиране, поради удобствата, които са присъщи на електрическите сигнали.

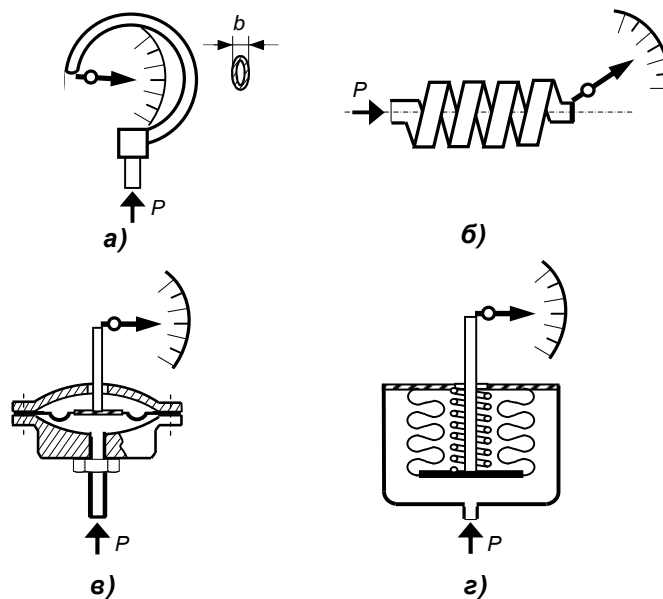
Най-широко приложение за измерване и контрол на налягане са намерили пружинните - фиг. 6.1, поради несложното устройство, задоволителните надеждност и точност, а от тях с тръбната пружина (на Бордон) - фиг. 6.1а). Пружините които се използват още са: многонавивковата на Бордон - фиг. 6.1б), гъвкава мембрана - фиг. 6.1в) и силфон - фиг. 6.1г).

Съвременните конструкции манометри по-удобни в схемите за регулиране са с цифрова индикация и възможност за генериране с определени параметри на електрически аналогов и/или цифров сигнал, пропорционален на измерваното налягане. За целта налягането се подлага на по-сложни преобразувания, т.е. най-напред налягането се преобразува в аналогов електрически сигнал чрез първичен преобразувател и след това най-често с електронна схема (алгоритъм) в цифров.

Често, като преобразувател се използва гъвкава мембрана върху, която е нанесен материал с определено електрическо съпротивление. Когато измерваното налягане действа върху мембраната, съпротивлението изменя стойността си

пропорционално на налягането (тензометричен елемент).

Техническите параметри с които се характеризират манометрите са класическите: обхват, чувствителност, линейност на скалата, еднозначност по посока на изменение на налягането, грешка при измерване на постоянно налягане (абсолютна, относителна и максимална приведена грешка-клас на точност), грешка при измерване на променящо се налягане (динамична грешка) и др..



Фиг. 6.1 Възприемащи елементи за налягане

Абсолютна грешка (ΔP_a) е разликата между действителната и измерената стойности, отчита се в Pa и $\Delta P_a = P_{\delta} - P_u$; (P_a),

където: P_{δ} - действителна стойност, отчита се от образцов (еталонен) манометър (ОМ).

P_u - измерена стойност, отчита се от изследвания манометър (ПМ или ТМ).

Относителна грешка (ΔP_o) е отношението на абсолютната грешка към действителната стойност, отчита се в %.

$$\Delta P_o = \frac{\Delta P_a}{P_{\delta}} = \frac{P_{\delta} - P_u}{P_{\delta}} 100; (\%)$$

Приведена грешка (ε) е отношението на абсолютната грешка към обхвата на изследвания прибор, отчита се в %.

$$\varepsilon = \frac{\Delta P_a}{\text{обхват}} = \frac{\Delta P_a}{P_k - P_H} = \frac{P_{\delta} - P_u}{P_k - P_H} 100; (\%) ,$$

където: *обхват* - разликата между максималната и минималната стойности, които може да измери изследвания прибор, с допустима грешка.

P_k - крайна (максимална) стойност, която може да измери манометъра, отчита се от края на скалата на изследвания манометър.

P_H - начална стойност (обикновено нула) отчита се от началото на скалата

на изследвания манометър.

Основни параметри, с които се характеризират манометрите са: обхват, клас на точност, чувствителност и еднозначност на статичната характеристика.

Класа на точност (K) се дефинира като максималната приведена грешка (ε_{max}) по цялата скала на прибора, т.е:

$$K = \varepsilon_{max} = \max \left(\frac{|P_D - P_U|}{P_K - P_H} * 100 \right); (\%),$$

където: чувствителността (S) се дефинира, като изменение на изходната величина за единица изменение на входната. В случая входната величина е налягането, а изходната за стрелковите уреди е ъгъла на който се завърта стрелката т.е:

$$S = \frac{d\alpha}{dP} \approx \frac{\Delta\alpha}{\Delta P}; \left(\text{геом. градус}^{(0)}/\text{Pa} \right),$$

където: $\Delta\alpha$ и ΔP се определят от градуировъчната (статичната) характеристиката $-\alpha = f(P_U)$. Ясно е че ако зависимостта е линейна, то практически се отчитат направо крайни нарастъци, а иначе характеристиката трябва да се апроксимира, с което се намалява точността.

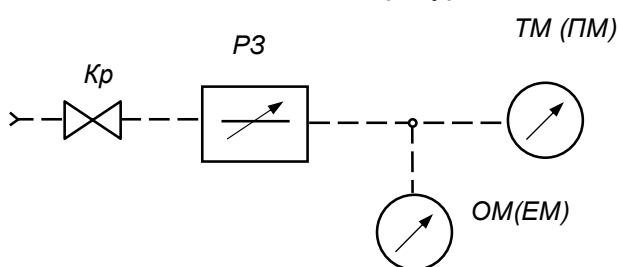
Грешката от нееднозначност (ΔP_e), представлява разликата от показанията при измерване в посока на нарастване и намаляване на налягането, съответно $P_U \uparrow$ и $P_U \downarrow$, т.е $\Delta P_e = P_U \uparrow - P_U \downarrow$. За измерена от изследвания манометър стойност се счита средната в двете посоки стойност т.е. $P_{cp} = P_U$.

МЕТОДИЧНИ УКАЗАНИЯ

Задачата на упражнението е да се проверят експлоатационните показатели на: пружинен манометър (ПМ), манометър с тензо преобразувател (ТМ) и диференциален манометър (ДМ).

Схемата на опитната постановка за изследване на манометър е на фиг. 6.2, тя е една и съща за ПМ и ТМ.

Означенията на фигурата са:



Фиг. 6.2 Схема на опитната постановка за изпитване на манометър

Кр - кран за пуск/стоп на захранващото налягане.

РЗ - ръчен задатчик на налягане.

ЕМ - еталонен манометър.

ПМ - пружинен манометър за изследване и със скала за отчитане на ъгъла на отклонение на стрелката.

ТМ - тензометричен манометър.

Последователността на работа е следната:

1. Запознаване с елементите от схемата на фиг. 6.1 и свързване на схемата;

2. Включване на източника на пневматична енергия -компресор. Установяване на захранващо налягане 140кРа. **(ВНИМАНИЕ! По време на работа да се следи стойността на захранващото налягане и регулатора**

към компресора).

3. Постепенно се увеличава налягането от 0 до 100 (кПа), през 10кПа и се отчитат показанията на манометърите от ЕМ - P_d и от ПМ (ТД) - $P_{и↑}$. (Когато се изследва ПМ се отчита и ъгъла на който се отклонява стрелката - α в градуси) След достигане на 100 (кПа), опита се повтаря, като постепенно се намалява налягането (през 10кПа) до нула, отчита се . Резултатите се нанасят в таблица 6.1 за ПМ и в таблица 6.2 за ТМ.

Пружинен манометър Таблица 6.1

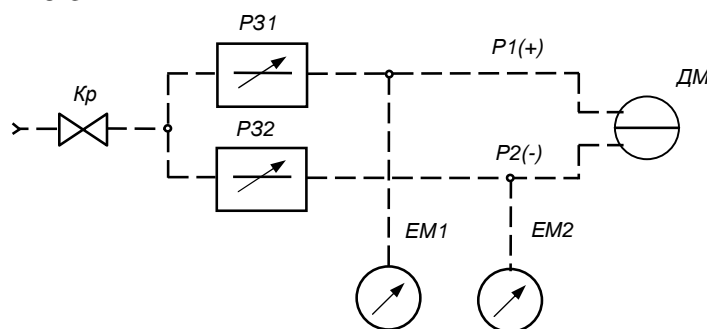
$P_d, (кПа)$	0	10	20	...	100
$P_{и↑}, (кПа)$					
$\alpha↑, (°)$					
$P_{и↓}, (кПа)$					
$\alpha↓, (°)$					
$P_{ср}, (кПа)$					
$\alpha_{ср}, (°)$					
$\Delta P_a, (кПа)$					
$\varepsilon, (\%)$					

Тензометричен манометър Таблица 6.2

$P_d, (кПа)$	0	10	20	...	100
$P_{и↑}, (кПа)$					
$P_{и↓}, (кПа)$					
$P_{ср}, (кПа)$					
$\Delta P_a, (кПа)$					
$\varepsilon, (\%)$					

В таблицата : $P_{ср} = (P_{и↑} + P_{и↓})/2$; $\alpha_{ср} = (\alpha↑ + \alpha↓)/2$ $\Delta P_a = P_d - P_{ср}$ и ε е приведената грешка.

Схемата на опитната постановка за изследване на диференциален манометър е на фиг. 6.3 .



Фиг. 6.3 Схема на опитната постановка за изпитване на диференциален манометър

Означенията са същите като на фиг. 6.2, само ДМ е диф. манометър, P_1 се подава на условно положителния (+) вход на ДМ, а P_2 на отрицателния вход (-). Последователността на работа за изследване на ДМ е следната:

- Запознаване с елементите от схемата на фиг. 6.3 и свързване на схемата.
- Включване на компресора и установяване захранващо налягане.
- Установяване налягането P_2 - стойност указана от ръководителя (20 - 100 kPa), чрез P32.
- Постепенно чрез P31 се увеличава налягането P_1 от 0 до 100 (kPa), през 10 kPa и се отчитат показанията на ДМ - $P_{DM\uparrow}$. След достигане на захранващото налягане опита се повтаря в посока намаляване - $P_{DM\downarrow}$. Резултатите се нанасят в таблица 6.3.

$P_2 = . . . (kPa)$ Таблица 6.3

$P_1, (kPa)$	0	10	20	...	100
$P_{DM\uparrow}, (kPa)$					
$P_{DM\downarrow}, (kPa)$					
$P_{ср}, (kPa)$					
$P_d, (kPa)$					
$\Delta P_a, (kPa)$					
$\varepsilon, (\%)$					

В таблицата:

P_{DM} е разликата на налягане измерена чрез диференциалния манометър, а P_d е действителната разлика на налягане, измерена чрез EM1 и EM2 т.е:
 $P_d = P_1 - P_2 ; (kPa)$

Абсолютната грешка е: $\Delta P_a = P_d - P_{ср} ; (kPa)$,
 където: $P_{ср}$ - средното в двете посоки на изменение показание на ДМ.

Известно е , че ако $P_2 > P_1$ то, показанията на диференциалния манометър са със знак минус.

ОПИТНИ ДАННИ И РЕЗУЛТАТИ

По резултатите от таблиците 6.1 , 6.2 и 6.3 се изчисляват абсолютната (ΔP_a) и приведената грешка (ε).

За пружинния се построява градуировъчната крива $\alpha_{ср} = f(P_{ср})$ и от нея се определя чувствителността(S).

Анализират се грешките по целия обхват и се определя класа на точност (K) на изследваните манометри и се сравнява с означения върху тях.

ЗАДАЧИ И ВЪПРОСИ

1. Какви видове налягане се измерват в практиката, какви са мерните единици и връзката между тях?
2. Направете класификация на манометрите според възприемачия елемент?
3. Кой видове манометри са удобни за вграждане в контури за управление и защо?
4. Може ли преобразувателя P/U да се използва за измерване на налягане и как ?
5. Какво определя обхвата, чувствителността и класа на точност на манометрите?
6. Какво е значението на нелинейността на градуировъчната крива ?