

Dia1

Yksinkertaisin painemittari eli manometri on päistään avoin U:n muotoinen lasista tai jostakin muusta läpinäkyvästä aineesta valmistettu putki, joka on puoliksi täytetty nesteellä. Nesteen tulee olla hyvin näkyvää ja muodostaa nestepatsaan päähän selvästi luettava tasainen pinta. Nestettä lisättäessä on varmistuttava oikean nesteen käytöstä, koska nesteen tiheys määrää mittarin asteikon. Yli 10kPa:n paine-eroja mitattaessa nesteenä on yleensä elohopea.

Kun putken haaroihin vaikuttavat erisuuret paineet saadaan paine-ero laskettua seuraavasti: $p_1 - p_2 = \rho g h$, missä h = nestepintojen korkeusero, ρ = U-putkessa olevan nesteen tiheys, g = putoamiskiihtyvyyys. Usein U-putki on varustettu paine-eroasteikolla.

Suljettu U-putki sopii pienten paineiden mittaamiseen. Suljetun U-putken nesteen vapaiden pintojen korkeusero ilmaisee putken avoimeen päähän yhdistetyn kaasutilan absoluuttipaineen. Sulkunesteenä käytetään usein elohopeaa.

Dia2

Manometriä jossa putken toinen haara on tehty säiliöksi (allasmanometri), on hieman helpompi käyttää, koska siinä on vain yksi asteikko. Paine-eroa mitattaessa suurempi paine kytketään säiliön puolelle. Tällöin neste nousee putkeen, joka voidaan varustaa paine asteikolla.

Allasmanometri, joka on kaltevassa asennossa, sopii pienten paine-erojen mittaamiseen. Paine-eroa vastaa tässäkin nestepintojen pystysuora korkeusero h . Paine asteikolla tätä vastaa matka l . $l = h / \sin \alpha$, missä α on putken kaltevuuskulma.

Nämä mittarit on yleensä varustettu vesivaa'alla oikean kaltevuuden valmistamiseksi. Kenttämittauksiin tarkoitetuissa manometreissä mittausputki voidaan kallistaa kahteen tai useampaan eri asentoon erisuuria mittausalueita varten.

Laboratorioon tarkoitettuja erittäin tarkkoja nestemanometrejä sanotaan mikromanometreiksi. Näitä manometrejä seuraa tavallisesti kalibrointikäyrästä, jota käyttämällä mittauksen epätarkkuudeksi tulee tyypillisesti vain $\pm 0,5$ jako-osaa eli tavallisesti ± 1 mm.

Dia3

Rengasvaaka on renkaaksi rakennettu U-putki. Rengasmaisen tila on täytetty osaksi nesteellä. Täyttönesteenä käytetään vettä, öljyä, glyseriiniä tai elohopeaa. tukipiste on hieman massakeskipisteen yläpuolella. Nesteen yläpuolella oleva tila on jaettu väliseinällä kahteen osaan, joihin paineet johdetaan taipuisien letkujen avulla.

Paine vaikuttaa väliseinään ja saa renkaan kiertymään. Vastamomentin aiheuttaa renkaan alaosaan kiinnitetty vastapaino. Tasapainon vallitessa $(p_1 - p_2)AR = MgL \sin \alpha$. Rengasvaakaa käytetään kaasujen erittäin pienten paine-erojen tarkkaan mittaukseen.

Dia4

Osoittavissa mittareissa on kimmoisten elinten pientä siirtymää käytetty jo kauan osoittimen asennon ohjaamiseen. Laajasti tunnettu ja käytetty mittaaselementti on pariisilaisen Eugene Bourdonin vuonna 1852 patentoima ja hänen nimeään kantava tuntoelin, bourdonputki. Siitä käytetään myös nimitystä paineputki, painekaari tai putkijousi. Se on ympyräkaaren tai spiraalin muotoinen toisesta päästä suljettu putki joka pyrkii oikenemaan sen sisälle johdetun paineen kasvaessa.

Putken poikkileikkaus muistuttaa ellipsiä. Kun putken avoin pää on kiinnitetty painemittarin runkoon pyrkii suljettu pää siirtymään kun paine muuttuu putkessa. Siirtymä tai kiertymä riippuu paineen muutoksesta. Siirtymä tai kiertymä kytketään tai välitetään vipu ja hammasvälityksellä mittarin osoittimeen. Osoittimen kääntymäkulma on tavallisesti noin 270 astetta.

Bourdon putkilla voidaan mitata jopa 10000bar paineita. Bourdon putki sopii lähes kaikkien kaasujen tai nesteiden paineen mittaamiseen. Kiteytyvien tai huonosti juoksevien nesteiden paineen mittaukseen putki ei sovi. Putki valmistetaan pronssista, teräksestä, hapon kestävästä teräksestä, Monel'istä tai muusta korroosion kestävästä aineesta.

Dia5

Paine-eron tuntoelimissä, joissa paine-ero muunnetaan voimaksi, pyritään mahdollisimman vähän sitomaan mekaanista energiaa itse tuntoelimeen. Paine-eron muutos tekee hyvin vähän työtä mittalaitteessa. Tyypillisiä tällaisia tuntoelimiä ovat palje eli poimuputket ja ohuet metallikalvot. Paljeputki on ohuesta metallilevystä muotoiltu haitarimainen putki. Putken toinen pää on suljettu ja toisessa päässä on paineliitettä. Palkeen voima on paineen ja palkeen tehollisen pinta-alan tulo. Tällä anturilla varustetussa painemittarissa palkeen pään siirtymää vastustaa usein jousi, koska palkeen oma jäykkyys ei riittäisi.

Kalvorasia on ohuesta metallilevystä tehty litteä rasia, joka pullistuu sisällä vaikuttavan paineen kasvaessa. Metallilevyn poimuttamisella saadaan liike mahdollisimman suureksi. Rasian omasta jäykkyydestä syntyvä vastavoima on yleensä niin suuri, että vastajousia ei tarvita. Kalvorasioita käytetään yleensä pienten paineiden mittaukseen, mm ilmanpainemittareissa käytetään yleensä kalvorasiaa.

Dia6

Painekytkin on binäärianturi, joka antaa kosketintoiminnan kun anturin paine tai paine-ero saavuttaa ennalta asetellun rajan. Paine-ero kytkimistä puhutaan yleensä vasta silloin kun vertailupaineena on muu kuin ilmanpaine.

Staattisessa painekytkimessä kosketin mekanismin ohjaamiseen tarvittavan liikkeen synnyttää kumi tai metallipalje, tasomainen tai muotoiltu kumi tai metallikalvo, bourdonkaari, mäntä tai kalvomäntä. Paljetyyppisessä painekytkimessä paine vaikuttaa metallipalkeeseen joka ohjaa mikrokytkintä. Palkeen liikettä vastustaa jousi, jonka kireyttä ja samalla painekytkimen kytkentäpistettä voidaan asettaa säätömutterilla/asetusruuvilla.

Painekytkimien valinta on laitetuimittajien laatimien valintaoppaiden avulla yleensä helppoa, kun painekytkimeltä vaadittavat ominaisuudet ja suoritusarvot on määritelty. Valintaan vaikuttavia tekijöitä

ovat mm. suurin käyttöpaino, suojausluokitus, koskettimien sähköinen kesto sekä haluttu kytkentäpaino ja hystereesi.

Painekytkimien kesto ilmoitetaan kytkentäkertojen lukumääränä. instrumentointi kytkimillä, joiden kytkentä epätarkkuus on $\pm 0,5\%$ luokkaa asetellusta paineesta, tyyppillinen elinikä on 1-3milj. kytkentää. Valvonta kytkimillä joiden kytkentä epätarkkuus on $\pm 2\%$ luokkaa, tyyppillinen elinikä on 3-5milj. kytkentää. Kytkentäkohdan sijoittaminen asettelualueelle vaikuttaa kytkentätarkkuuteen ja elinikään.

Dia7

Pneumaattinen instrumentointi on väistyvää tekniikkaa. Siksi pneumaattisten lähettimien tuotekehitystoiminta on pysähtynyt. Teollisuudessa kuitenkin on vielä käytössä pneumaattisia painelähtimiä. Räjähdyksvaarallisissa tiloissa pneumaattiset painelähtimet puolustavat paikkaansa turvallisuutensa vuoksi.

Pneumaattisten painelähtimien toiminta pohjautuu voima-tasapaino periaatteeseen. (KUVA 3.21) Mittauelimenä toimii palje. Paineen kasvaessa palje aiheuttaa vastapalkkiin voiman, joka pyrkii siirtämään palkin vasenta päätä ylöspäin. Palkki kääntyy nivelpisteen C suhteen jolloin palkin oikeassa päässä oleva läppä lähestyy suutinta. Tämän seurauksena suutinpaine kasvaa ja myös takaisinkytkentäpalkeen paine kasvaa. Palkin oikea pää pyrkii palaamaan aikaisempaan asentoon. Palkki asettuu sellaiseen asentoon, että siihen palkeesta ja jousesta aiheutuvien voimien momentin summa on 0. Tällöin järjestelmässä vallitsee voima-tasapaino. Palkin siirtymät ovat hyvin pieniä koska asemaa mittaavaan suutin-läppä yhdistelmän vahvistus on hyvin suuri. Liike tyyppillisesti 0,03-0,1mm. Takaisinkytkentäpalkeen paine on lähtetimen lähtöviesti. Lähtetimen lähtöpaine on pneumaattinen standardiviesti 0,2-1,0bar. max100bar.

Paine-erolähtimissä mittauselimenä on kalvorasia josta kalvon liike välitetään nivelletyille palkille. Paine-erolähtimien suurimmat mittausalue leveydet ovat 2-3bar ja suurimmat sallitut staattiset paineet luokkaa 100bar.

Painelähtetimen asennus

Painemittari, painelähtetin tai painekytkin liitetään prosessiputkistoon tai säiliöön asennettuun yhteeseen joko suoraan tai välitysputken kautta. Välitysputki varustetaan yleensä sulkuventtiilillä ja tarpeen vaatiessa lisäksi painemittariventtiilillä (KUVA 3.22 esittää painelähtetimen tyyppisiä asennusosia).

Pienillä paineilla ja saostuvilla aineilla käytetään sulkuventtiilinä palloventtiiliä. Höyryllä ja korkeilla paineilla käytetään sulkuventtiilinä kierteellistä tai hitsattavaa neulaventtiiliä. Jos mitattavassa kohteessa esiintyy prosessin aiheuttamaa painesykettä, suojaudutaan siltä käyttämällä kuristinta, tasauskammiota tai jotain muuta vastaavaa menetelmää. Lähtetimen alapuolelle sijoitetaan kierrukka lauhteen keräämiseksi.

Paineenmittausyhde tulee sijoittaa putkistoon tai säiliöön pienimmän virtauksen alueelle ottaen huomioon sakkautuvien ja kiteytyvien aineiden asettamat vaatimukset sekä hydrostaattisen paineen ja dynaamisten häiriöiden vaikutus mittaustuloksiin.

Yhde johon suoraan liitetään mittalaite tulee sijoittaa tärinättömään paikkaan. Virheellinen sijoitus aiheuttaa virheellisen mittatuloksen ja/tai saattaa vaikeuttaa prosessin toimintaa.

Paineenvälitin

Paineenvälittämiä käytetään silloin kun mitataan syövyttävien, likaisten, kuumien, huonosti juoksevien tai kitetytyvien aineiden paineita. Näitä käytetään yleensä prosessiteollisuudessa. Painemittarin tai painelähtetimen mittauselin ja paineenvälitin on täytetty hydraulineesteellä joka välittää prosessipaineen mittalaitteen tuntoelimeen. Eniten käytetty paineenvälitin on kalvovälitin.(KUVA3.23) myös kieli ja putkivälittämiä valmistetaan. Laipalliset paineenvälittimet soveltuvat avoimien tai suljettujen säiliöiden paineenmittauksiin. Kierrelähtäviä paineenvälittämiä käytetään pääasiassa putkistojen paineenmittaukseen. Välitinnesteenä käytetään mm. silikoniöljyä, manteliöljyä. Ideaalisen paineenvälittimen erotuskalvo olisi äärettömän joustava. Kalvo kuitenkin valmistettu ohuesta materiaalista, eikä siksi äärettömän joustava. Materiaalina voi olla haponkestävä teräs. Kalvon jäykkyys aiheuttaa lämpötilan muuttuessa virhettä, koska nesteen lämpölaajeneminen pakottaa kalvon mukautumaan nesteen tilavuusmuutoksiin. Paine ei ole kalvon molemmilla puolilla sama, vaan syntyy mittausvirhe, joka välittyy painemittarille tai lähtetimelle. Mittauslaite, kapillaari ja välitin toimitetaan asennuspaikalle yleensä valmiiksi koottuna ja viritettynä yksikkönä, jonka liitoksia ei saa aukaista siksi asennustyö on tehtävä niin ettei aukaisua vaadita asennuksen yhteydessä.