

Tryk / Niveau

Der er flere måder vi kan måle tryk på. Man kan bruge Boble rør i åbne beholdere, Hydrostatisk måling i lukkede beholdere, Hydrostatisk niveaumåling i åbne tanke, Kapacitiv niveaumåling, eller Ultralydsniveaumåler. Vil prøve at gennemgå hvad de forskellige går ud på og hvordan man udregner de gældende værdier i nogle eksempler.

$$p = h * \rho * g$$

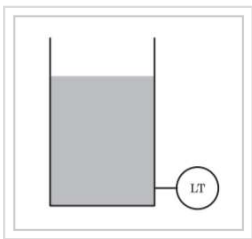
- p = Tryk eller trykforskel i pascal
- h = Søjlehøjde eller højdeforskel i meter
- ρ = Væskens massefylde i kg/m^3
- g = Tyngdeacceleration i europa 9,82

Ved måling af lave tryk anvendes væsker med en mindre massefylde end vand. Derved opnås en bedre aflæsningsnøjagtighed.

Ved høje tryk anvendes væsker med en massefylde, der er større end vand, f.eks. kviksølv, som har en massefylde, der er 13,6 gange større end vand.

Da en væskes massefylde afhænger af temperaturen, skal man ved nøjagtige målinger korrigere for temperaturen.

Hydrostatisk niveaumåling

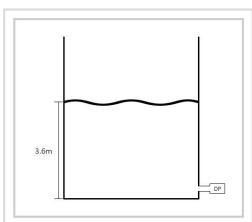


Den mest anvendte metode for niveaumåling i en beholder er at måle differenstrykket mellem bund og væskens overflade.

I en åben beholder måles trykket i bunden af beholderen. Transmitteren måler trykket i forhold til atmosfæretrykket. Det tryk, som kan måles, er bestemt af væskens højde og dens massefylde.

Transmitteren monteres i samme højde som nulniveauet eller under dette. Der skal ved kalibrering af en transmitter tages højde for, at den placeres under nulniveauet.

Eksempel

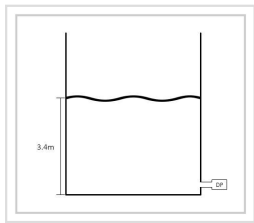


En tryktransmitter har et måleområde på 0-1 Bar og et output på 4-20 mA.

Væskenniveauet i den 5 meter høje beholder er 3,6 meter. Output'et fra transmitteren måles til 12,25 mA.

Beregn massefylden på væsken.

Eksempel 2



En tryktransmitter har et måleområde på 0-1 Bar og et output på 4-20 mA.

Væskeniveauet i den 5 meter høje beholder er 3,4 meter. Output'et fra transmitteren måles til 11,96 mA.

Beregn massefylde på væsken.

Eksempel 3

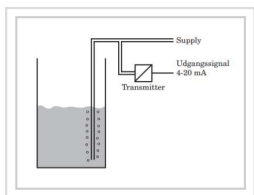
Find det specifikke væsketryk på bunden af en beholder, svarende til en væskehøjde på 6,75 m. ?

Væskens massefylde er 920 kg/m^3 (IS)

$$P = h * \rho * g = 6,75 * 920 * 9,82 = 60980 \text{ Pa}$$

For at omskrive til bar ganger vi P med $10^5 = 0,6098 \text{ bar}$

Boblerør



Boblerørsprincippet er en metode, der anvendes til niveaumåling i åbne tanke.

Boblerørsmåling foregår ved, at der tilføres en lille luftmængde gennem et luftrør til bunden af tanken. Den kraft, luftboblerne må have for at passere op gennem væsken, vil variere med niveauet i tanken.

Trykket i luftstrømmen, der vil svare til lufttrykket, vil være et mål for niveauet.

For at kunne holde en konstant luftstrømning i røret uafhængigt af niveauet, anvendes en mængderegulator, der tilfører en passende luftmængde.

Lufttrykket i boblerøret måles med en tryktransmitter, der omsætter trykket til et standardsignal, f.eks. 4-20 mA. For at målemetoden skal være brugbar, må tilførslen af luft være så stor, at målerøret er tomt for væske. Det er også vigtigt, at lufttilførslen ikke er for stor. Ved for stor lufttilførsel vil der opstå turbulens og trykvariationer, der giver unøjagtige målinger.

Fejlkilder:

- Fortætninger i mængderegulatoren og boblerør på grund af fugtig luft
- Lækager

Eksempel

Ved hjælp af et boblerør, skal niveauet måles i en tank fyldt med olie $c = 0,73$.

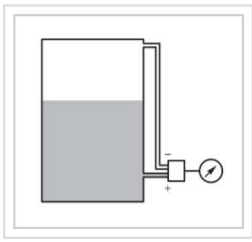
Manometeret viser 6,52 PSI, røret afsattes 200 mm over tankens bund.

Find ud af hvor højt står olien, målt fra tankens bund.

$$h = \frac{P}{C} = \frac{6,52 * 0,70307}{0,73} = 6,2795m$$

$$h_{tot} = h + 0,2 = 6,2795 + 0,2 = 6,4795m$$

Hydrostatisk måling i lukkede beholdere



Ved niveaumåling i lukkede beholdere vil trykket variere med væskenniveauet. Det er her nødvendigt at anvende en differensstryktransmitter for at opnå en korrekt måling.

Tryktransmitteren tilsluttes beholderen med to udtag. Trykket på minusudtaget er lig med trykket i toppen af tanken og benævnes p^- .

På plusudtaget vil trykket være bestemt af væskehøjden og trykket fra den komprimerede luft og benævnes p^+ . Væskenniveauet beregnes som differencen mellem de to værdier.

$$\Delta p = p^+ - p^-$$

- p^+ = Væskesøjle's tryk plus luftens tryk
- p^- = Luftens tryk

Måleledningerne fyldes med væske, således at der ikke opstår fejlmålinger på grund af kondensering i rørene.

Ligeledes monteres transmitteren ved eller under det laveste niveau.

Figuren viser en tryktransmitter med væskefyldte rør.

Ud fra formelen $\Delta p = p^+ - p^-$ kan det konstateres, at trykdifferencen er størst ved et lavt niveau i tanken. Ved et højere niveau vil trykket aftage.

Dette medfører, at transmitteren skal udføres med en nulpunktsforskydning, som svarer til højden på det væskefyldte målerør.

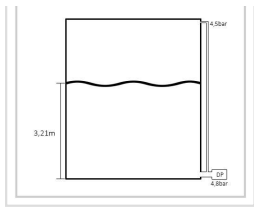
Den enkelte transmitter kalibreres således, at der ved en trykdifferens på nul gives 100% udgangssignal.

Et faldende niveau medfører stigende trykdifferens og dermed faldende output.

Udgangssignalet fra disse transmittere er enten de elektriske eller pneumatiske standard signaler.

Eksempel





I en lukket beholder er der væske til en højde af 3,21 m. Oven over væsken er der et gastryk på 4,5 bar, og ved beholderens bund måles et tryk på 4,8 bar.

Find væskens massefylde.

$$P_{total} = P_{væske} + P_{luft}$$

$$P_{væske} = P_{total} - P_{luft} = 4,8 - 4,5 = 0,3 \text{ bar}$$

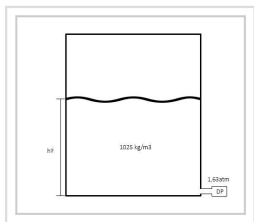
Det totale tryk trækkes fra luft trykket for at finde væskens tryk.

$$P = h * \rho * g$$

$$\rho = \frac{P}{h * g} = \frac{0,3 * 10^5}{3,21 * 9,82} = 951,71 \text{ kg/m}^3$$

De 0,3 bar ganges med 10^5 for at lave bar om til Pascal.

Eksempel 2



På en trykmåler, der viser væsketrykket ved bunden af en beholder, aflæses trykket til 1,63 atm.

Find væskehøjden i beholderen, når væskens massefylde er 1025 kg/m^3 (havvand eller mælk måske 1030).

Først laver vi vores atm om til pascal for at have en SI enhed vi kan bruge i vores formler.

$$1 \text{ atm} = 1,01325 * 10^5$$

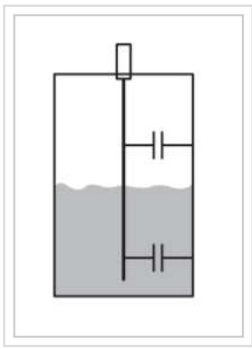
$$1,63 * 1,01325 * 10^5 = 165159,75 \text{ Pa}$$

Vi kan nu bruge vores omskrevne grundformel

$$P = h * \rho * g$$

$$h = \frac{P}{\rho * g} = \frac{165159,75}{1025 * 9,82} = 16,4 \text{ m}$$

Kapacitiv niveaumåling



Det kapacitive måleprincip går ud på at måle kapaciteten mellem elektroden og den ledende tankvæg. Måleprincippet er baseret på ændringen af en kondensators kapacitet.

Kondensatorens kapacitet er afhængig af:

- Afstanden mellem elektroderne
- Størrelsen af elektrodepladerne
- Dielektrikum mellem elektroderne

For at opnå en korrekt niveaumåling kræves det, at afstanden og størrelsen på elektroderne er konstante. Væsken, som vi ønsker at måle på, vil være kondensatorens dielektrikum benævnt med det græske bogstav ϵ .

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

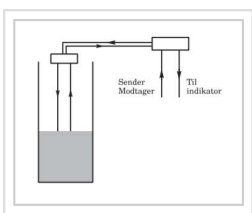
ϵ_0 = Dielektricitetskonstanten for vakuum

ϵ_r = Dielektricitetskonstanten for det målte medie

ϵ_0 er konstant, hvilket medfører, at ϵ er direkte proportional med ϵ_r .

Størrelsen af ϵ_r afhænger af det medie, som der måles på, f.eks. er ϵ_r for luft lig med 1, mens den for vand er lig med 81.

Ultralydsniveaumåler



I en ultralydsnivaumåling måles løbetiden for et ultralydssignal, der udsendes fra en sensor og efter en refleksion fra væske- eller faststofniveauet modtages af den samme sensor.

Løbetiden for en lydimpuls er et direkte mål for niveauet i beholderen og benævnes lydvejen. Lydvejen er afhængig af:

$$\text{Lydvejen} = \text{Løbetid} \cdot \text{lydhastighed}$$

Lydhastigheden er afhængig af temperaturen, hvilket medfører, at der skal laves en kompensering for temperatur.

Man skal være opmærksom på, at lydhastigheden ændrer sig i andre gasarter og dampe.

Boyle Mariottes Lov

Boyle Mariottes lov handler om, at trykket p gange rumfanget V i en indelukket luftmasse ved uændret temperatur T er konstant.

$$V_1 * P_1 = V_2 * P_2$$

Eksempel

I en cylinder med et tætsluttende stempel er voluminet 180 cm³ og trykket 0,8 bar. Nu flyttes stemplet, således at voluminet bliver 20 cm³, temperaturen holdes ved hjælp af en kølekappe konstant.

Find det nye tryk i cylinderen.

$$P_2 = \frac{V_1 * P_1}{V_2} = \frac{180 * 0,8}{20} = 7,2bar$$

Eksempel 2

I en luftfyldt cylinder med tætsluttende stempel er voluminet 2 dm³, og trykket 20 kp/cm². Nu flyttes stemplet, således at voluminet bliver 6 dm³, mens temperaturen holdes konstant.

Find det nye tryk i cylinderen målt i kp/cm².

$$P_2 = \frac{V_1 * P_1}{V_2} = \frac{2 * 20}{6} = 6,67kp/cm^2$$