

MĚŘENÍ VÝŠKY HLADINY

- zjišťování výšky hladiny **kapalin** případně **sympkých hmot** v zásobnících a provozních nádobách (nádrže, reaktory, odparky, krystalizátory, mísicí nádoby apod.)
- slouží většinou **ke zjišťování množství**
 - **vyčíslení množství** z údaje o výšce hladiny je jednoduché pro nádrže, jejichž průřez se s výškou nemění
 - obtížnější vyčíslení je např. pro ležaté válcové zásobníky s vyklenutým dnem (existují výpočetní programy)
- často vystačíme v praxi s **měřením bodovým**
 - měření mezního stavu
 - **limitní snímače** pro indikaci určité úrovně stavu hladiny
- **měření spojitě** poskytuje univerzální informaci, je náročnější

1

Měřená média

- **kapaliny**
 - čistá voda, roztoky, hořlavé kapaliny, viskózní kapaliny a pod.
- **suspenze**
 - jemné suspenze, suspenze s abrazivními účinky
- **sympké látky**
 - volně tekoucí suché prášky, vlhké a spékající se hrudkovité sympké látky

Volba snímače hladiny

- závisí na vlastnostech měřeného média
- je třeba uvažovat vliv okolního prostředí (teplota, tlak, korozivní účinky, míchání a pod.)
- požadovaný způsob zpracování informace

2

Přehled snímačů hladiny

- **Mechanické hladinoměry**
 - plovákové hladinoměry
 - hladinoměry s ponorným tělesem
- **Hydrostatické hladinoměry**
 - přímé měření hydrostatického tlaku
 - měření s probubláváním
- **Elektrické hladinoměry**
 - vodivostní
 - kapacitní
 - fotoelektrické
 - ultrazvukové
 - radarové
 - s radioaktivním zářičem
 - s měřením přenosu tepla
 - vibrační snímače

3

MECHANICKÉ HLADINOMĚRY

- **plovákové** hladinoměry
- hladinoměry s **ponorným tělesem**

Poznámka:

Pro vizuální sledování stavu hladiny se často používá **průhledových stavoznaků** (skleněná trubice nebo průzor).

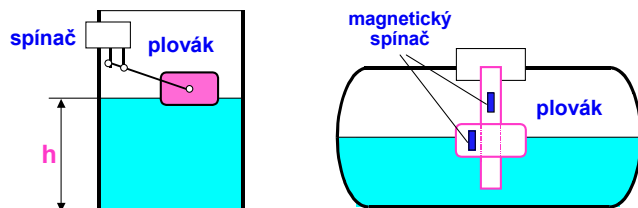
Nevýhody:

- zanášení nečistotami (rez)
- neposkytují signál pro další zpracování

4

Plovákové hladinoměry

- **pohyb plováku**, který plave na hladině měřené kapaliny je vyveden z nádrže:
 - řetízkem nebo **lankem přes kladku** (obvykle s protizávažím)
 - **pákovým mechanismem**
 - mezní spínač může být ovládán např. **magneticky**
- **převod na elektrický signál** může být zajištěn např.:
 - při signalizaci mezních stavů **kontakty spínače**
 - při spojitém měření **odporovým vysílačem**



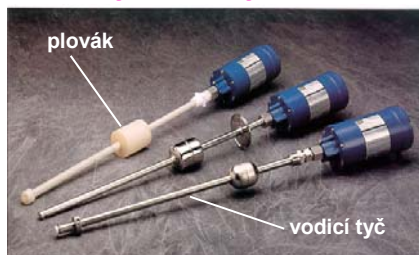
5

Provedení plovákových snímačů

Plováky s pákovým převodem:



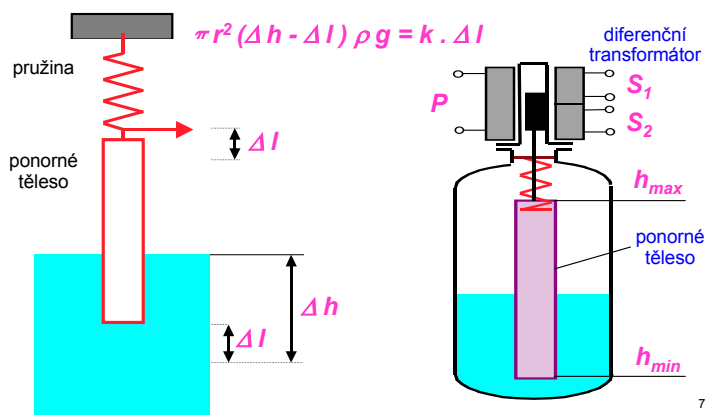
Plováky s vodící tyčí:



6

Snímač hladiny s ponorným tělesem

- založen na platnosti Archimedova zákona
- ponorné těleso zavěšené na pružině a částečně ponořené do kapaliny
- pracuje na principu vyrovnání sil (síla tíhová, vztlaková, síla pružiny)



7



Provedení snímače s ponorným tělesem

ukazovací
zařízení

ponorné
těleso

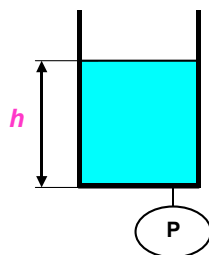


8

HYDROSTATICKÉ HLADINOMĚRY

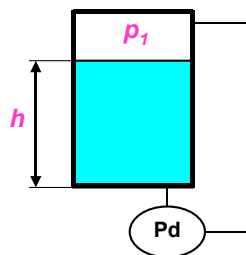
Přímé měření hydrostatického tlaku

Měření v otevřené nádrži



$$p = h \rho g$$

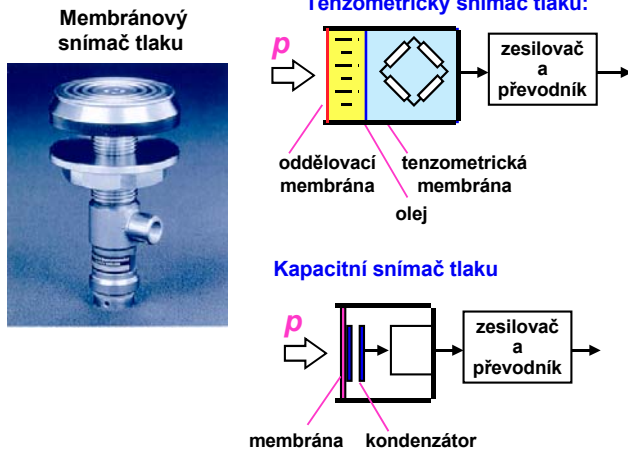
Měření v uzavřené nádrži



$$\Delta p = h \rho g$$

9

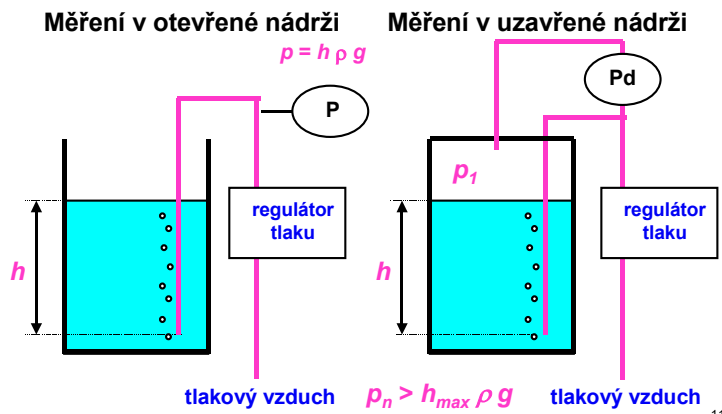
Provedení snímačů hydrostatického tlaku



10

Měření hladiny probubláváním a měřením hydrostatického tlaku

- trubicou přivedenou ke dnu nádrže proudí tlakový vzduch
- měří se hydrostatický tlak, který musí vzduch překonávat



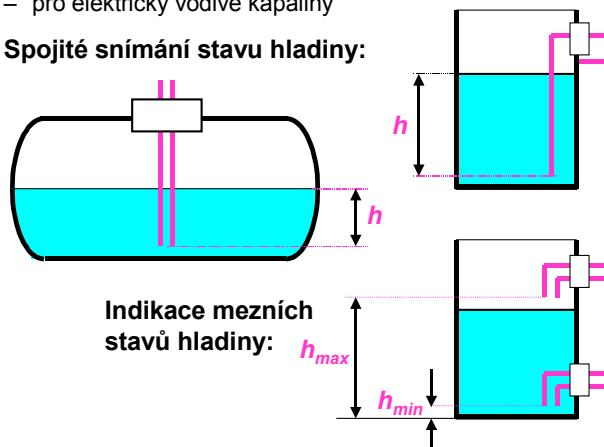
11

ELEKTRICKÉ HLADINOMĚRY

Vodivostní snímače hladiny

- pro elektricky vodivé kapaliny

Spojité snímání stavu hladiny:



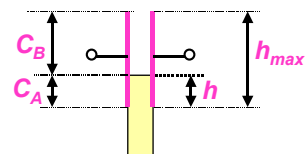
12

Kapacitní snímače hladiny

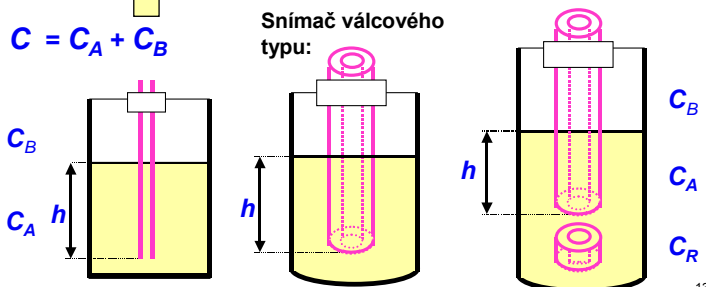
Pro elektricky nevodivé kapaliny:

Princip: $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r S/d$

ε_0 - permitivita vakua
 ε_r - relativní permitivita prostředí
 S - plocha elektrod
 d - vzdálenost elektrod



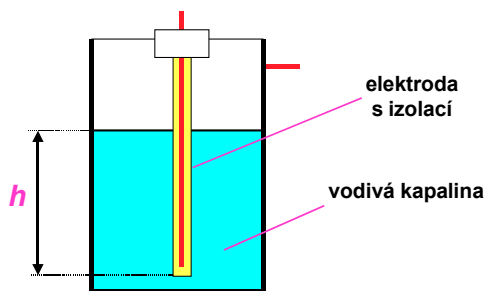
Referenční kondenzátor pro kompenzaci změn permitivity média:



13

Pro elektricky vodivé kapaliny:

- snímač je tvořen kovovou elektrodou, která je opatřena **izolačním povlakem** (např. teflonem)
- druhou elektrodu válcového kondenzátoru vytváří vodivá kapalina
- s rostoucí **výškou hladiny se zvětšuje plocha elektrod** kondenzátoru a roste kapacita



14

Provedení kapacitního snímače hladiny

Kapacitní snímač pro spojitě snímání stavu hladiny:



Limitní kapacitní snímač:



Použití kapacitních snímačů hladiny:

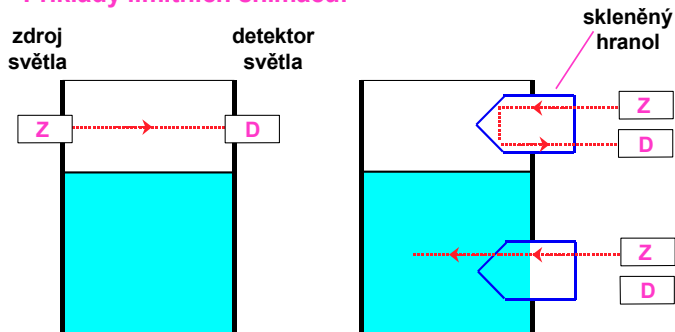
- vhodné pro měření kapalných i sypkých medií
- pro měření při teplotách (-40 až +200) °C a vysokém tlaku
- možnost snímání mezihladiny dvou nemísitelných kapalin (např. rozhraní vody a oleje)
- nevhodné pro měření pěnicích medií

15

Fotoelektrické snímače hladiny

- senzor hladiny tvoří:
 - zdroj světla (žárovka, svítící dioda)
 - detektor světla (fotodioda, fototranzistor, fotodpor)
- senzory pracují s IČ nebo viditelným zářením

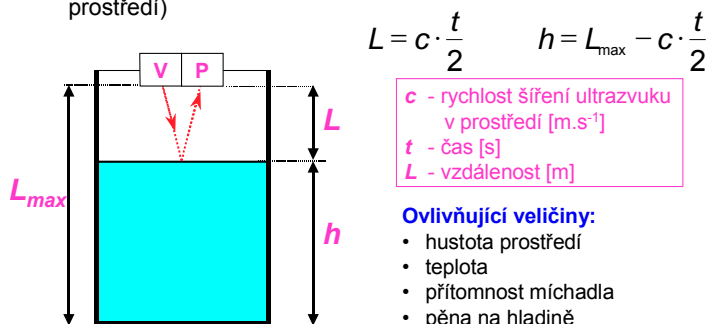
Příklady limitních snímačů:



16

Ultrazvukové hladinoměry

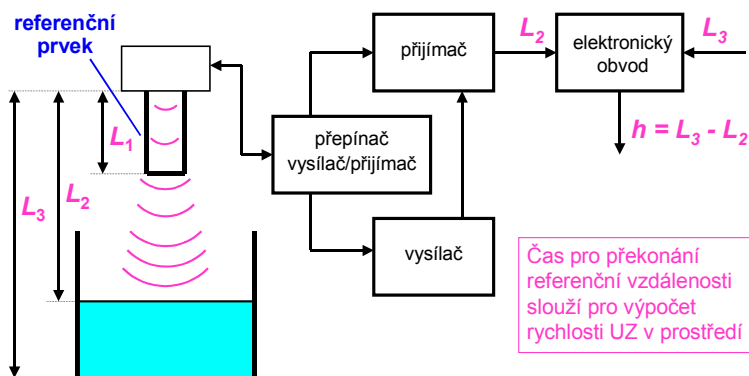
- senzor hladiny tvoří:
 - generátor a vysílač ultrazvukového signálu
 - přijímač ultrazvuku a zesilovač signálu
 - elektronické vyhodnocovací zařízení
- u snímačů pro spojité měření výšky se měří doba průchodu ultrazvukového impulsu (při známé rychlosti ultrazvuku v daném prostředí)



17

Ultrazvukový hladinoměr s kompenzací

- kompenzace vlivu změn hustoty prostředí
- periodická kontrola rychlosti šíření UZ v daném prostředí
- automatická korekce



18

Provedení ultrazvukového hladinoměru

kompaktní snímač

- vysílač a přijímač UZ využívá piezoelektrického principu
- elektronické obvody řízené μP
- unifikovaný analogový i číslicový výstup



vysílač a přijímač UZ

inteligentní převodník



elektronické obvody

vysílač a přijímač UZ

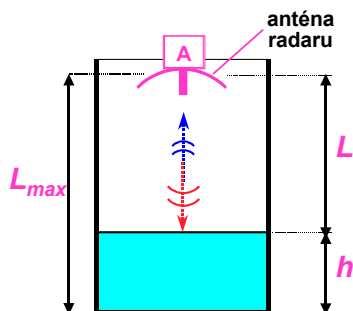


senzor ve víku nádrže

19

Měření hladiny radarem

- aplikace **mikrovlnného záření** s frekvencí kolem 10 GHz
- elektromagnetické záření ze zdroje mikrovlnného záření je směřováno do prostoru nádrže pomocí antény
- na rozhraní dvou prostředí (na hladině) se vlna částečně odrazí zpět k vysílači a částečně prochází do druhého prostředí
- z časového údaje mezi vyslanou a přijatou vlnou se stanoví výška hladiny



Pulsní metoda:

- v krátkých intervalech je vyslán impuls
- vyhodnocuje se čas (řádově v ps)
- náročné na přesnost měření času

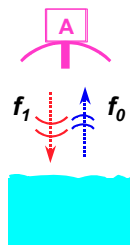
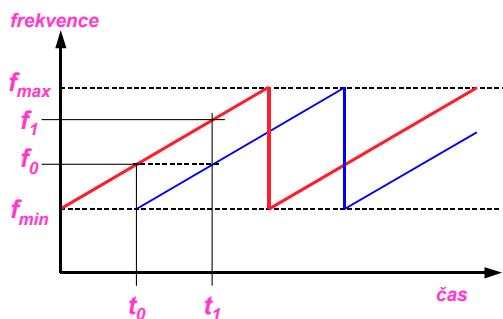
$$L = c \cdot \frac{t}{2} \quad h = L_{\max} - c \cdot \frac{t}{2}$$

c - rychlost šíření mikrovln v prostředí [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 t - čas [s]
 L - vzdálenost [m]

20

Frekvenční metoda měření radarem

- anténa vysílá spojitý signál s plynule se měnící frekvencí



- při příjmu signálu o frekvenci f_0 vysílá anténa signál o frekvenci f_1
- ze zjištěné difference $\Delta f = f_1 - f_0$ je možno stanovit odpovídající $\Delta t = t_1 - t_0$ a vypočítat vzdálenost hladiny
- rozdíl frekvence je možno stanovit velmi přesně

21

Aplikační možnosti radarových snímačů

- vhodné pro měření médií s relativní permitivitou $\epsilon > 2$
- materiálem s nízkou permitivitou (izolanty např. oleje) mikrovlnné záření proniká a odráží se až od rozhraní s vyšší permitivitou (dno nádoby)
- parazitní odrazy od stěn či míchadla se odlišují softwarově
- vysoká přesnost měření (± 1 mm)

Výhody:

- vysoká přesnost, spolehlivost
- bez pohyblivých mechanických součástí
- bez kontaktu s měřenou látkou
- možnost využití při náročných provozních podmínkách (vysoká teplota, tlak, agresivní prostředí)

Nevýhody:

- nevhodné pro měření medií s nízkou permitivitou
- poměrně vysoká cena

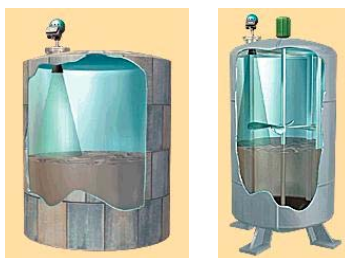
22

Provedení radarových snímačů

Různá provedení antény radarových senzorů:

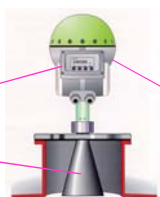


Umístění antény radarových senzorů ve víku nádrže:



displej

anténa



inteligentní snímač

- sdružuje anténu vysílače i přijímače, elektronické obvody řízené μP
- analogový a číslicový výstup
- možnost výpočtu objemu náplně

23

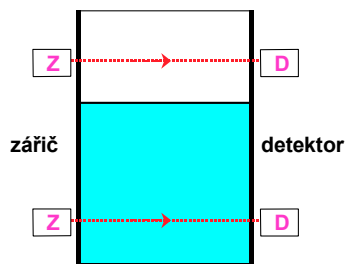
Snímače hladiny s radioaktivním zářičem

• radioaktivní zářič

- gama-záření (silně proniká materiálem, ale nevyvolává jeho radioaktivitu)
- isotop s delším poločasem rozpadu, např. Co 60, Cs 137, aby nebylo nutno často kalibrovat

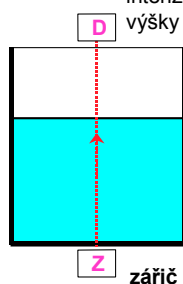
• detektor záření (Geiger-Müllerova trubice, scintilační detektor)

Limitní snímače:



Snímač pro spojitě měření:

intenzita záření je funkcí výšky hladiny



Aplikace:

- agresivní prostředí
- viskózní média
- vysoké tlaky a teploty
- kapaliny i sypké látky

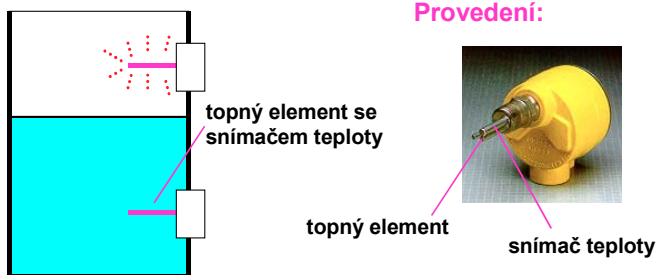
24

Snímače hladiny s měřením přenosu tepla

- **topný element se snímačem teploty**

- prostředí obklopující snímač ovlivňuje přenos tepla
- informačním parametrem je změna teploty

Limitní snímače:



25

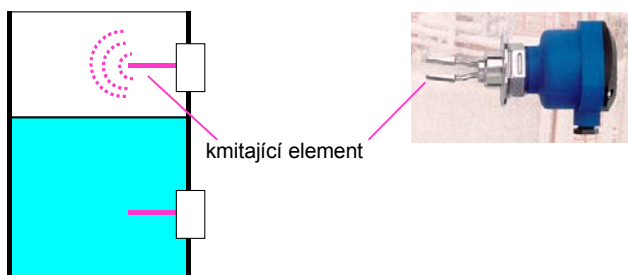
Vibrační snímače hladiny

- **kmitající element** vidlicového nebo tyčkového tvaru

- prostředí obklopující snímač ovlivňuje mechanické oscilace
- při dotyku rezonátoru s hladinou se stlumí kmity oscilátoru

- vhodné pro kapaliny i sypké látky

Limitní snímače:



26

Výběr vhodného typu snímače hladiny

- **fyzikální a chemické vlastnosti** měřeného média
- charakter okolního prostředí a **podmínky měření**
- požadavek na **spojité či nespojité snímání** stavu hladiny
- **účel měření**
 - signalizace mezních stavů
 - regulace úrovně hladiny
 - zjišťování množství náplně (bilanční účely)
- měřicí **rozsah**
- požadovaná **přesnost**
- **cena** zařízení

27