

26.

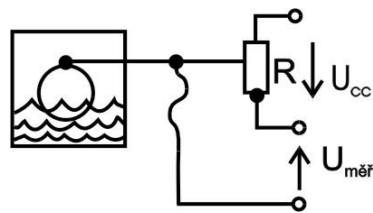
Stavoznaky

1) Plovákové stavoznaky

Obecný princip: výška hladiny se určuje podle polohy plováku na hladině (výšky)

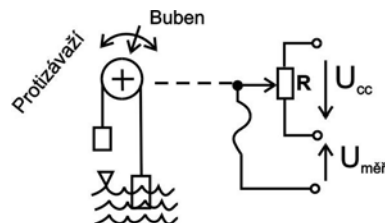
a) pro kolísání hladiny do 30cm

Princip: při změnách výšky hladiny se mění poloha běžce potenciometru a tedy hodnota měřeného napětí



b) pro kolísání hladiny do 40m

Princip: Plovák je veden přímočaře na ohebném laku nebo řetězu. Výška hladiny se odvozuje z otáček bubnu, na kterém je lanko navinuto



2) Kapacitní stavoznaky

Obecný princip: měří se kapacita mezi elektrodou a pláštěm. Při plnění nádrže se mění kapacita mezi elektrodou a pláštěm nádrže.

Provedení:

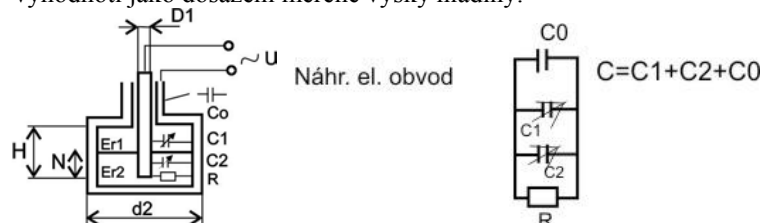
- kontinuální stavoznaky: složí k plynulému měření výšky hladiny, neomezený počet úrovní hadiny
- mezní stavoznaky: informace o výšce hladiny má pouze omezený počet stavů (prázdná,, poloprázdná,, plná)

Konstrukční provedení:

a) s neizolovanou elektrodou

Popis: Vhodné zvláště pro měření nevodivých materiálů. Vnitřní elektrodu tvoří tyč nebo lano, vnější elektrodou může být kovová trubka nebo lze i využít vnější elektricky vodivý plášť nádoby.

Princip: Měřicí střídavé napětí je přivedeno mezi vnitřní a vnější elektrodu. Řídící obvody měří změnu fáze střídavého proudu tekoucího obvodem a při dosažení určité úrovně ji vyhodnotí jako dosažení měřené výšky hladiny.



b) s izolovanou elektrodou

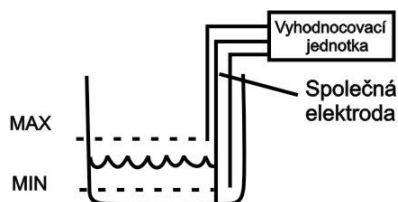
Pro měření vodivých materiálů, kdy izolaci vnitřní elektrody je většinou PVC nebo teflon.

$$\overline{C} \bullet C_0 \bullet C_1 \bullet C_2 \bullet C_0 \bullet C_2$$

3) Vodivostní stavoznaky

Popis: Mezní stavoznak pro měření sypkých nebo tekutých látek

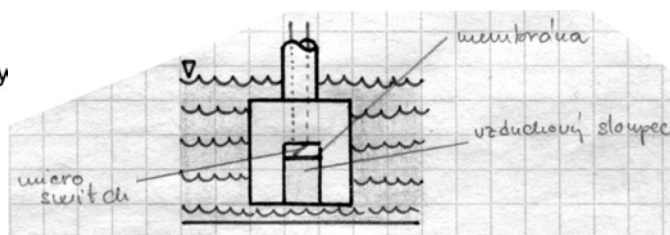
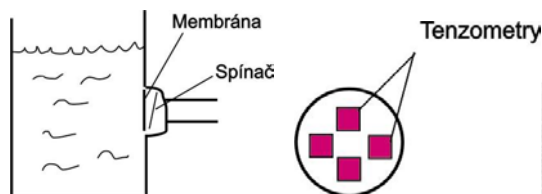
Princip: Měří se odpor mezi jednotlivými dvojicemi elektrod.



4) Hydrostatické stavoznaky

Popis: Používají se výhradně pro měření výšky kapalin (voda, olej, chemikálie) v zásobnících, které nejsou pod tlakem. Vyrábí se jako mezní spínač (s mikrospínači) nebo jako kontinuální (s tenzometry na bráně)

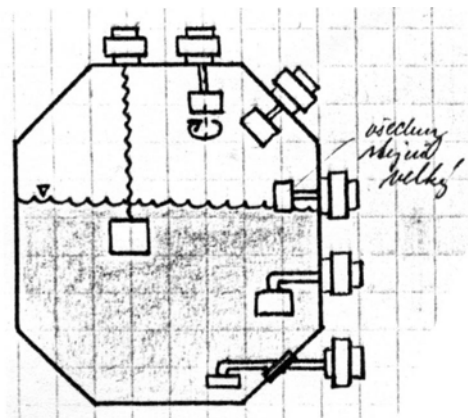
Princip: Vzduchový sloupec v sondě působí na membránu, která při překročení určitého tlaku sepne mikrospínač. Membrána se při zatížení prohýbá a při dosažení určitého průhybu sepne mikrospínač. Jednotlivá provedení se liší velikostí a počtem mikrospínačů.



5) Vrtulkové stavoznaky

Princip: Jakmile se vrtulka poháněná synchronním motorem dotkne hladiny, dojde k jejímu zastavení. Řídicí obvod tento stav vyhodnotí jako dosažení určité hladiny.

Popis: Jednotlivé principy se liší pracovní polohou, délkou hřídele a některými speciálními vlastnostmi (např. možnost DC napájení, stavoznak pro zvýšenou teplotu nebo tlak nebo v nevýbušné variantě.



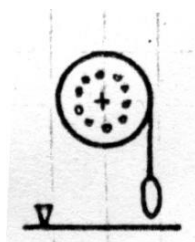
6) Stavoznaky YO-YO

Popis: Slouží ke kontinuálnímu měření hladin v silech, zásobnicích atd. Nevhodný pro měření během plnění zásobníku neboť hrozí možnost zasypání a přetržení lanka.

Princip: Měření spočívá v cyklickém spouštění a vytahování závaží na lanku. Jakmile se závaží dotkne hladiny materiálu, změní se síla působící na lanko. Tím je určena výše hladiny a změní se smysl otáčení motorku (u kapalin se závaží nahradí plovákem). Výška hladiny se určí z počtu impulsů (optočlenový senzor snímá otáčení děrovaného kotouče na hřídeli motoru)

Rozsah: 0 ÷ 20 m (0 ÷ 40m)

Přesnost: ±10cm (± 1cm)

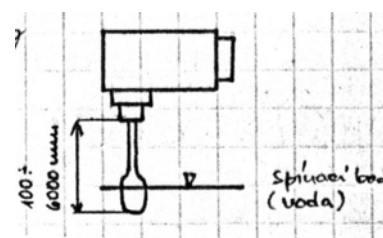


7) Vibrační stavoznaky

Popis: Mezní stavoznak. Je vhodný pro použití
Montáž je možná ve všech polohách

v potravinářství.

Princip: Rezonanční sonda se skládá ze dvou tyčinek spojených membránou, které pracují jako jediný rezonátor. Rezonátor je oscilátorem magneticky vybuzen do rezonančních kmitů. Když se tyčinky dostanou do kontaktu s měřeným materiálem dojde k poklesu rezonanční frekvence a tento pokles je vyhodnocen jako detektorem frekvence.



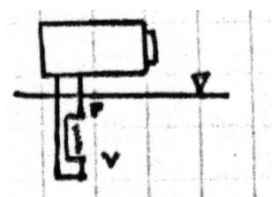
8) Ultrazvukové stavoznaky

Popis: Užívají se pro kontinuální i mezní měření výšky hladiny kapalin a některých sypkých materiálů (obiloviny, granuláty).

Obecný princip: Metoda spočívá v měření času, který uplyne mezi vysláním a přijetím signálu.

a) Kontaktní

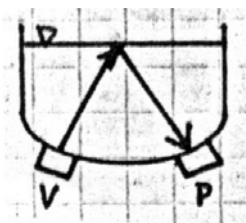
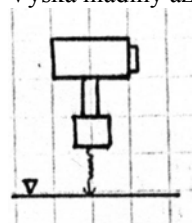
Princip: Vysílač a přijímač jsou montovány odděleně a přenos mezi nimi se uplatní jen jsou-li oba v měřeném materiálu. Materiál zde slouží jako přenosné médium. Je to mezní stavoznak



b) Bezkontaktní

Princip: Nedochází ke kontaktu s měřenou látkou (minimální náklady na údržbu + vysoká spolehlivost) řídicí elektronika na bázi mikroprocesoru dokáže rozlišit užitečný odražený signál od falešných ozvěn.

Výška hladiny až 60cm



9) Radarové stavoznaký

Radar – měřicí přístroj ozařující objekty elektromagnetickým vlněním o krátké délce tak, abychom určili kde se jednotlivé předměty nacházejí popř. rychlost jakou se pohybují.
Mikrovlny – elektromagnetické vlnění s $f > 2\text{GHz}$ ($\lambda < 0,15\text{m}$)

Použití vlnných radarů: 1) zjišťování přítomnosti a rychlosti letících objektů
2) navádění a sledování lodí a letadel a měření výšky letu
3) inicializace leteckých v daném prostředí
4) měření rychlosti vozidel
5) měření vzdálenosti mezi vozidly za jízdy
6) meteorologie
7) analýza složení pevných látek a chemických sloučenin
8) měření vlhkosti
9) měření výšky hladiny v průmyslu

Funkční principy radarů:

a) radar se spojitým signálem

princip: Vysílá se spojitý signál o konstantní frekvenci. Rychlost cíle v se určuje podle změny frekvence přijatého signálu, ke které dochází vlivem Dopplerova jevu.

využití: Policejní radary, letectví ...

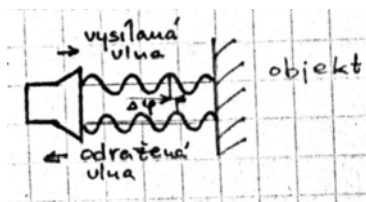
Dopplerova frekvence: $f_D = \frac{2vf}{c}$ v – rychlost objektu

f – frekvence vysílaného signálu
 c – rychlost šíření vln

b) interferometrický radar

princip: Vysílá se mikrovlnný signál s konstantní frekvencí, který se odráží od cíle. U přijatého signálu se vyhodnocuje fázový poduv mezi vyslaným a přijatým signálem. Výhodou je vysoká přesnost měření.

$$\frac{2\pi}{2\pi} = \frac{E}{2\pi} \cdot s = f \cdot t = \frac{2f}{c} \cdot a = \frac{2a}{\lambda}$$

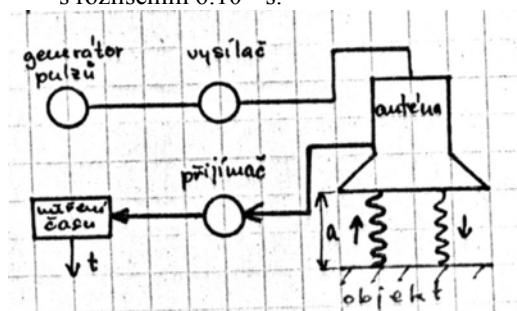


c) pulzní radar

princip: v čase $t = 0$ je k měřené hladině vyslán krátký impuls, který se od hladiny odráží a vrací se

zpět do antény v čase $t_1 = \frac{2a}{c}$

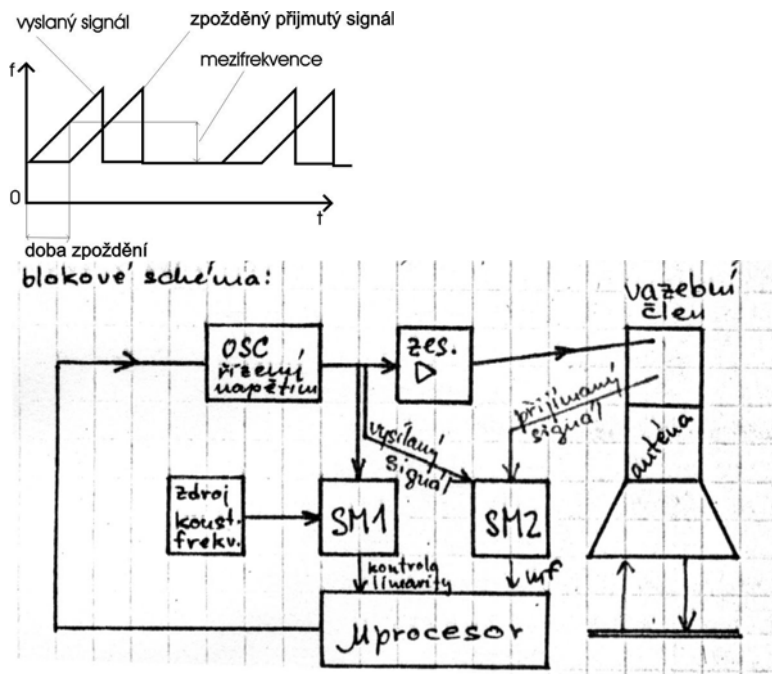
Problém: Měření velmi krátkých úseků času. Např. při chybě menší jak 1mm, musíme měřit čas s rozlišením $6 \cdot 10^{-12}\text{s}$.



d) Radar s rozmítaným signálem (FMCW radar)

princip: Pracuje s frekvenčně modulovaným signálem jehož frekvence v daném časovém intervalu lineárně roste. Přijímaný se porovnává se signálem právě vyslaným. Vyslaný signál má v okamžiku příchodu odraženého signálu však již vyšší frekvenci. Frekvence mezifrekvenčního součtu (přijmutého signálu a právě vyslaného signálu) je přímo úměrná vzdálenosti měřené hladiny od antény.

Blokové schéma:



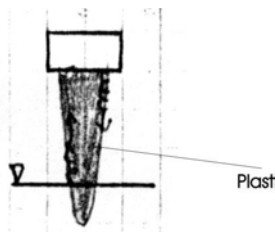
Oscilátor s proměnným kmitočtem je mikroprocesorem řízen tak, aby na výstupu poskytoval lineárně frekvenčně modulovaný signál. Tento signál se zesílí a pomocí vazebního členu a vlnovodu postupuje do antény. Pro dosažení dostatečně přesného lineárního růstu frekvence je nutné neustále měřit skutečnou frekvenci oscilátoru. To se provádí jako měření rozdílu frekvence vyslaného signálu a signálu s konstantní frekvencí. Signál odražený od měřené hladiny je přijímán anténou, poté je směřován s vyslaným signálem a získaný mf signál je dále zpracováván mikroprocesorem. Pro přesnost cca 10^0 mm je přípustná odchylka od linearity $\sim 10^{-6}$ → aktivní řízení frekvence technikou fázového závěsu – PLL

e) reflektometrický radar

Princip: Vlastnosti cíle se určují z hlediska odrazivosti elektromagnetického vlnění od měřeného předmětu. Koeficient odrazivosti je potom mírou vlastností.

f) radar využívající reflektometrie v časové oblasti (TDR radar)

princip: Obdoba pulzního radaru, u níž jsou modulované pulsy vysílány do tyče nebo lanové antény, která je v kontaktu s materiálem



a) aktivní součástky

- 1) Tranzistory GaAs – používají se pro výkony v oblasti mW při frekvencích 1 – 30MHz, dále se používají např. v přijímačích satelitního vysílání jako oscilátory, směšovače ...
- 2) Gunnovy diody – umožňují sestavit miniaturní oscilátor s $f < 100\text{GHz}$ (použití pro $f < 20\text{GHz}$ je neekonomické, protože jsou drahé) Používají se v oscilátorech pulsních radarů.
- 3) Křemíkové tranzistory – např. SIEGET (Siemens Grounded Emitter Tranzistor) technicky jsou využitelné do $f = 15\text{GHz}$
- 4) Elektronky – dva druhy magnetron a klystron
 - umožňují generovat výkony řádově v KW při $f = 100\text{GHz}$. Pro využití v radarových stavoznacích nejsou vhodné, neboť mají velké rozměry a velký výkon nelze při měření využít (typické výkony radarových stavoznaků jsou 0,1 – 10mW)
 - magnetrony se využívají např. v mikrovlnných troubách

b) oscilátory

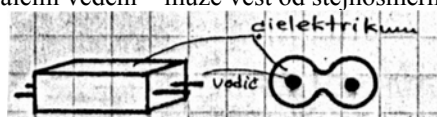
- 1) Oscilátor s konstantní frekvencí
 - Pro radary s konstantní vysílací frekvencí, používají se tranzistory GaAs, SIEGET nebo Gunnovy diody, DRO
 - RDO (Dielectric resonance oscilátor) – oscilátor s konstantní frekvencí realizovaný pomocí dielektrického resonátoru (obvykle keramického) ve spojení s aktivním prvkem. Resonanční frekvence je v podstatě určena jeho geometrickými rozměry => výstupní frekvence má vynikající stabilitu a velmi malou teplotní závislost. Používá se jako referenční oscilátor ve směšovačích.
- 2) VCO – je oscilátor jehož výstupní frekvence je řízena (řídící napětí např. na varicap v rezonančním obvodu. Používá se u FMCE radarů.

c) obvody pro zpracování radarového signálu

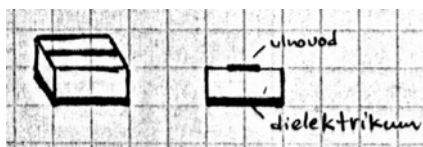
- Směšovač – při násobení dvou sinusových signálů vznikají sinusové signály o rozdílové a součtové frekvenci. Signál o součtové frekvenci se potlačuje pásmovým filtrem.

d) Přenos elektromagnetického vlnění

- 1) Koaxiální vedení – může vést elektrický proud od stejnosměrného až do $f \sim 20\text{GHz}$.
- 2) Paralelní vedení – může vést od stejnosměrného signálu až do $f \sim 20\text{GHz}$



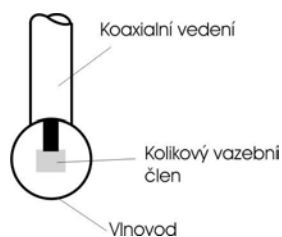
- 3) Páskové vedení – Vytváří se metodou plošných spojů → může být snadno propojeno s pasivními i aktivními součástkami.



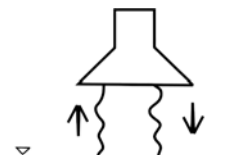
- 4) dutý vlnovod – elektromagnetické vlnění se šíří vnitřním prostorem vlnovodu. na rozdíl od paralelního nebo koaxiálního vedení může být přenášen pouze střídavý signál a určité malé frekvence



- e) Vstupní vazební člen - ve vlnovodu – vazební článek např. v podobě tzv. kolíkového vazebního členu sloužící pro navázání například koaxiálního vlnění na dutý vlnovod.

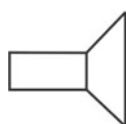


- f) Směrový vazební člen – užívají se u radarů s jednou anténou, odděluje přijímaný signál od signálu přijímaného (oba se současně nacházejí před anténou)

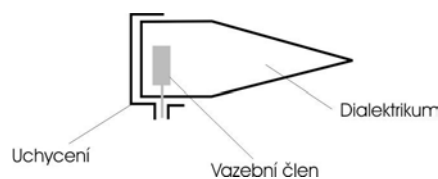


- g) antény – obvykle používané provedení

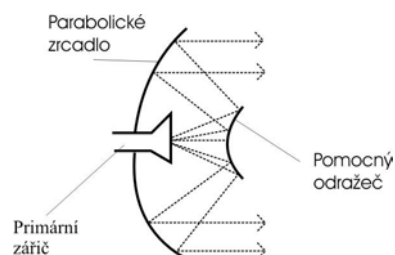
Trychtýřová s pravoúhlým průřezem



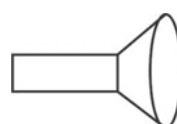
Dielektrická tyčová



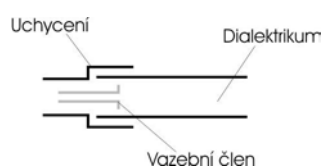
Parabolické zrcadlo



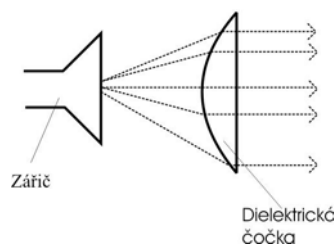
Trychtýřová s kruhovým průřezem



Dielektrická plášťová

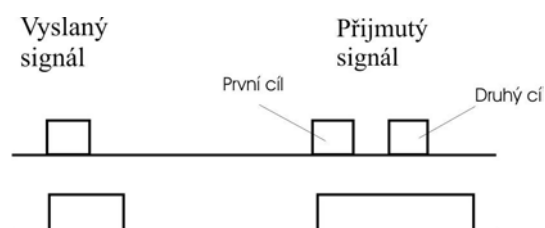


Dielektrická čočka



Vyhodnocení přijatého signálu

Pokud je signál vysílaný radarovým stavoznakem odražen větším počtem cílů (např. hladina a výstupy v nádrži) přijímá stavoznak několik ech. Je-li vysílaný impuls příliš široký, splývají oba odrazy v jeden.



Minimální vzdálenost Δa dvou objektů, aby je bylo možné odlišit.

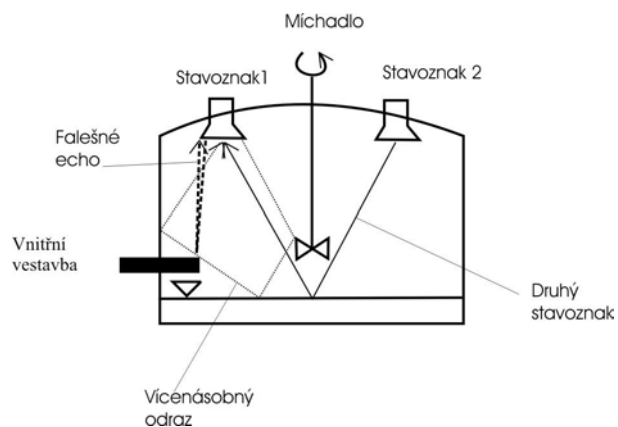
$$a = c \cdot \frac{T}{2}$$

T - (tau) doba trvání impulsu
 c - rychlost světla

Pokud je k cíli vyslán další impuls ještě před přijetím odezvy na předchozí impuls není možné odezvy jednoznačně identifikovat \Rightarrow opakovací frekvence pulsů – tento požadavek je téměř vždy splněn

$$f_i = \frac{c}{2a_{\max}} \quad (\text{např. } a_{\max} = 30\text{m} \rightarrow f_i \approx 5\text{MHz})$$

Rušivé vlivy:



- složení a obsah atmosféry v nádrži
- rušivé odrazy
- násobné odrazy
- šíření signálu několika cestami
- další stavoznak v nádrži