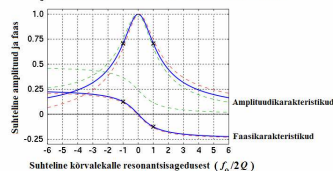


Resonants

- Võnkesüsteemi (nt. pillikeele) võnkumiste amplituudi kasv sobiva sagedusega ergutamisel
 - resonantsisagedus f_0
 - ribalaius Δf
 - hüvetegur Q

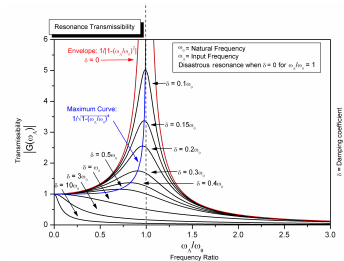
$$Q = \frac{f_0}{\Delta f}$$

Üldistatud normeeritud resonantsikarakteristikud (sinisega) ja kahe võnkesüsteemi karakteristikute näide



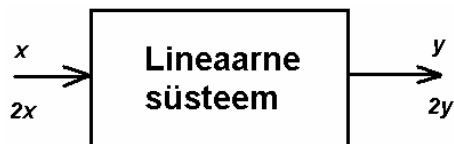
Resonants

- Kõrge hüvetegur:**
 - väike sumbuvus (hõordekaod)
 - terav resonants
 - võnkumised sumbuvad aeglaselt
- Madal hüvetegur:**
 - suur sumbuvus
 - lai resonantsi sagedusvahemik
 - võnkumised sumbuvad kiiresti



Häired ja moonutused helitehnilistes seadmetes

- Akustiline süsteem, helitehniline seade või signaaltrakt – ideaaljuhul lineaarne



Lineaarsed süsteemid

- sisendsignaali ja väljundreaktsiooni suhe ei sõltu sisendsignaali parameetritest
- kaks samaaegset sisendsignaali => väljundis kahe reaktsiooni summa

Lineaarsed süsteemid

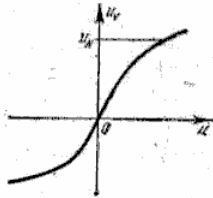
- süsteem reageerib sisendsignaalidele sõltumatult (superpositsioonipõhimõtte)
- akustiliselt süsteemilt ja helitehniliselt seadmelt eeldatav omadus
- seadme (nt. võimendi) väljundsignaali ei lisandu täiendavaid sageduskomponente

Moonutused heliülekanal

- sagedusmoonutused (tämbri muutused)
- faasimoonutused
 - kõrgemate harmooniliste ajaline nihe põhitooni suhtes
 - allikad: filtrid, pikad liinid, võimendid, valjuhääldid
- häiriv mõju eelkõige löökhelide korral

Mittelineaarhoonutused

- allikas: mittelineaarne seade helitraktis
- seadme amplituudikarakteristik:



Mittelineaarhoonutused

- ühesageduslikule sisendsignaalile (sagedusega f_s) lisanduvad seadme väljundis harmoonilised komponendid sagedustega

$$nf_s \quad (n = 2, 3, 4, \dots)$$

Amplituudikarakteristiku lähendamine

- väljundpinge u_v sõltuvus sisendpingest u

$$u_v = a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3 + \dots$$
 - amplituudikarakteristiku lähendus polünoomi abil
 - 2. liidetav annab 2. harmoonilise sageduskomponendi sagedusega $2f$ ja amplituudiga $U_2 = \frac{1}{2} a_2 U^2$
 - $\sin^2 x = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2x$
 - 3. liidetav: 3. harmooniline $3f$, $U_3 = 0,25 a_3 U^3$
 - ...

Mittelineaarhoonutuste tegur

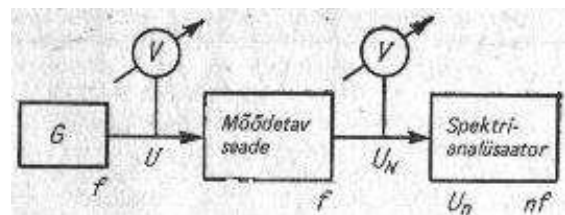
$$k = \frac{1}{U_N} \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}$$

Mittelineaarhoonutuste tegur

- arvutamine polünoomi kordajate kaudu

$$k = 0,5U \sqrt{\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{a_3}{a_1}\right)^2 + \dots}$$

Mittelineaarhoonutuste mõõtmine



Ristmodulatsioonmoonutused

- ka intermodulatsioonmoonutus
- kahe või enama erineva sagedusega sisendsignaali vastastikuse mõju tulemus mittelineaarses seadmes
- väljundsignaali spektrikomponendid:

$$f = kf_1 \pm lf_2 \pm mf_3 \pm \dots$$

Ristmodulatsioonmoonutused

- ruut-mittelineaarsus:

- komponendid sagedustega

$$f_2 - f_1; f_2 + f_1$$

$$\sin x \sin y = \frac{1}{2} [\cos(x-y) - \cos(x+y)]$$

- kuup-mittelineaarsus:

- komponendid

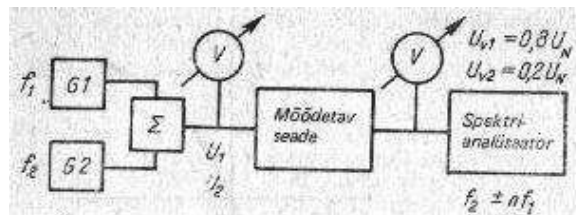
$$f_2 + 2f_1; f_2 - 2f_1$$

Ristmodulatsioonmoonutuste tegur

$$k_{IM} = \frac{1}{U_{v2}} \sqrt{(U_{f_2+f_1} + U_{f_2-f_1})^2 + (U_{f_2+2f_1} + U_{f_2-2f_1})^2 + \dots} =$$

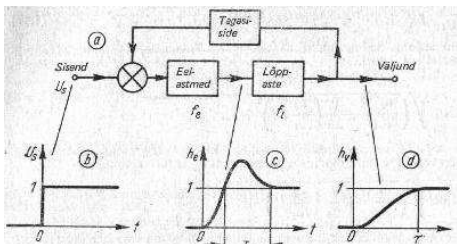
$$= 1,6U \sqrt{\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 + \frac{9}{25} \left(\frac{a_3}{a_1}\right)^2 + \dots}$$

Ristmodulatsioonmoonutuste mõõtmine



Dünaamiline ristmodulatsioon

- tekib tagasisideahela viiteaja tulemusena



Mürad

- võrgumüra (50 Hz)
- valge müra
- impulsshäired
- ülekostvus naaberkanalitest

Mürad

- Mürapinge U_M tase nimiväljundpinge U_{vN} suhtes:

$$N_M = 20 \log(U_M / U_{vN}) \quad [dB]$$

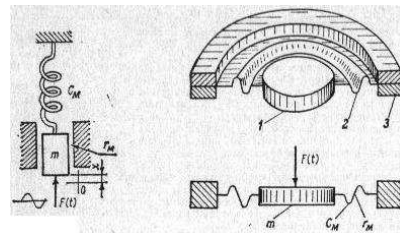
Salvestuskandja liikumise ebaühtlusest tingitud moonutused

- detonatsioon
 - kiiruse (perioodiline) kõikumine
 - häirivaim detonatsioonisagedus 4 Hz
- kiiruse kõrvalekalle nominaalsest
 - vähemärgatav, kui $< 4 \%$

Akustilised võnkesüsteemid

Akustilised võnkesüsteemid

- Valjuhääldid, mikrofonid
- Mehaaniline rööpühendus



Akustilised võnkesüsteemid

- Võnkesüsteemi olekuvõrrand

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + r_M \frac{dx}{dt} + \frac{x}{C_M} = F_m \sin \omega t$$

Akustilised võnkesüsteemid

- Kehale mõjuv jõud

$$F(t) = F_1 + F_2 + F_3 = F_m \sin \omega t$$

- Võnkesüsteemi reaktsioon:
 - F_1 – massi inertsjõud: $F_1 = ma$
 - F_2 – hõõrdejõud: $F_2 = r_M v$
(r_M – hõõrdetakistus)
 - F_3 – vedru elastsusjõud: $F_3 = x / C_M$
(C_M – elastsus [m/N])

Akustilised võnkesüsteemid

- Võnkruva keha suurim võnkekiirus

$$v_m = \frac{F_m}{Z_M} = \frac{F_m}{\sqrt{r_M^2 + \left(\omega m - \frac{1}{\omega C_M}\right)^2}}$$

Akustilised võnkesüsteemid

- Resonantsisagedus

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{mC_M}}$$

Akustilised võnkesüsteemid

- Hüvetegur

$$Q = \frac{\omega_0 L}{r} = \frac{1}{\omega_0 C r}$$

$$Q = \frac{\omega_0 m}{r_M} = \frac{1}{\omega_0 C_M r_M}$$

Mehaaniliste suuruste elektrilised analoogid

Mehaanilised suurused		Elektrilised analoogid	
Jõud	F	Emj. allikas	E
Kiirus	v	Vool	I
Nihet, paigutus	x	Laeng	q
Mass	m	Induktiivsus	L
Elastisus	C_W	Mahuvus	C
Hõõrdetakistus	r_w, R_w	Aktiivtakistus	r, R
	mootühik		mootühik
	N		V
	m/s		A
	m		C
	kg		H
	m/N		F
	Ns		Ω
	m		