

STYGOS SVYRAVIMŲ TYRIMAS

Tadas Laurinaitis, IFF – 6/8

Data: 2017-05-23

Dėstytojas: lekt. Marius Kaminskas

Darbo užduotis. Taikant stovinčiąsias bangas, ištirti stygos savųjų dažnių ir skersinių bangų sklaidimo fazinio greičio priklausomybę nuo stygą tempiančios jėgos.

Teorinio pasirengimo klausimai. Vienmatės bangos lygtis. Stovinčiosios bangos. Jų susidarymas ribotų matmenų stygoje. Stygos savųjų dažnių priklausymas nuo jos įtempimo.

Teorinė dalis. Neriboto ilgio stygoje Ox kryptimi sklindančios bangos lygtis yra

$$s_1 = s_m \cos(\omega t - kx); \quad (1)$$

čia s_1 – virpančių dalelių nuokrypis, s_m – virpėjimo amplitudė, ω – virpėjimo ciklinis dažnis, $k = 2\pi/\lambda$ (λ – sklindančios bangos ilgis) – banginis skaičius. Tokiai bangai sklindant priešinga kryptimi, ji aprašoma lygtimi

$$s_2 = s_m \cos(\omega t + kx). \quad (2)$$

(1) ir (2) lygtimi aprašomos bangos yra koherentiškos, todėl joms sklindant ta pačia styga bangos interferuoja ir gaunama virpėjimo būseną vadinama *stovinčiąja banga*. Ji aprašoma lygtimi

$$s = s_1 + s_2 = 2 s_m \cos kx \cos \omega t. \quad (3)$$

Dydis

$$|2 s_m \cos kx| = \left| 2 s_m \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \right|$$

yra kosinuso dėsnio aprašoma skirtingą koordinatę x turinčių stygos dalelių virpėjimo amplitudė. Dalelės, kurioms kosinuso argumentas

$$\frac{2\pi}{\lambda} x = \frac{\pi}{2}, 3 \cdot \frac{\pi}{2}, 5 \cdot \frac{\pi}{2}, \dots, \quad (4)$$

nevirpa ir šios stygos vietos vadinamos stovinčiosios bangos *nuokrypio mazgais*. Dalelių, kurioms tinka lygybė

$$\frac{2\pi}{\lambda} x = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots, \quad (5)$$

STYGOS SVYRAVIMŲ TYRIMAS

Tadas Laurinaitis, IFF – 6/8

Data: 2017-05-23

Dėstytojas: lekt. Marius Kaminskas

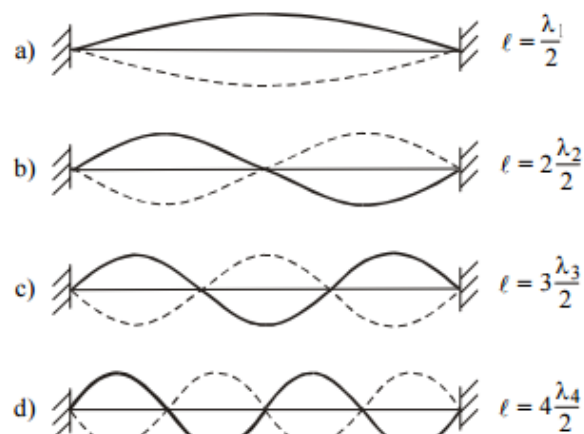
virpėjimo amplitudė yra didžiausia ir lygi $2s_m$. Šios stygos vietos vadinamos stovinčiosios bangos *nuokrypio pūpsniais*.

Jėgos F tempiamoje skerspjūvio ploto S stygoje skersinių bangų sklaidimo fazinis greitis priklauso nuo stygos įtempio $\sigma = F/S$ ir lygus

$$v_t = \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}} = \sqrt{\frac{F}{\rho S}} = \frac{2}{d} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}, \quad (6)$$

nes $S = \pi d^2/4$. Čia ρ – stygos medžiagos tankis, d – stygos skersmuo.

Periodiškai virpinant abiem galais įtvirtintą stygą (1 pav.), ja sklinda skersinės bangos. Pasiekusios įtvirtintus galus, jos atsispindi ir interferuoja. Taigi tokioje stygoje gali susidaryti stovinčiosios bangos su nuokrypio mazgais įtvirtintuose stygos galuose. Tačiau *taip įtvirtintoje stygoje stovinčiosios bangos susidaro tik tuomet, kai jos ilgyje ℓ telpa sveikas sklindančios bangos pusbangių skaičius*, t.y.



1 pav.

$$\ell = n \frac{\lambda_n}{2} \quad (n = 1, 2, 3, \dots). \quad (7)$$

Šiuos bangos ilgius $\lambda_n = 2\ell/n$ atitinka savieji stygos dažniai

$$v_m = \frac{v_t}{\lambda_n} = \frac{n}{d \cdot \ell} \sqrt{\frac{F}{\pi \rho}}. \quad (8)$$

Žemiausias dažnis v_{t1} ($n = 1$) vadinamas *pagrindiniu*. Aukštesni dažniai ($n = 2, 3, 4, \dots$) yra pagrindinio dažnio kartotiniai ir vadinami *aukštesnėmis harmonikomis*.

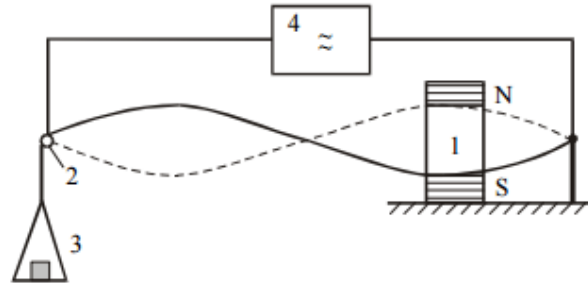
STYGOS SVYRAVIMŲ TYRIMAS

Tadas Laurinaitis, IFF – 6/8

Data: 2017-05-23

Dėstytojas: lekt. Marius Kaminskas

Darbo aprašymas. Darbo įrenginio principinė schema parodyta 2 paveiksle. Stygos, esančios pastovaus magneto 1 magnetiniame lauke, vienas galas įtvirtintas nejudamai. Prie antrojo, permosto per skridinėlį 2, pakabinta lėkštelė 3. Dedant ant lėkštelės svarelius,



2 pav.

keičiamas stygos įtempis, o tuo pačiu ir stygos savasis virpėjimo dažnis. Prie stygos prijungus garsinių dažnių generatoriaus 4 įtampą, styga teka kintamoji srovė. Dėl to magnetiniame lauke esančią laidą, kuria teka kintamoji elektros srovė, veikia periodinė magnetinė jėga. Ši jėga stygoje sukelia skersines bangas, kurių dažnis lygus srovės dažniui. Generatoriaus srovės dažnį galima tolydžiai keisti. Kai srovės dažnis pasidaro lygus įtemptos stygos vienam savajam dažniui (8), stygoje susidaro stovinčiosios bangos (1 pav.) – ji rezonuoja, ir atskiri taškai virpa didžiausiomis amplitudėmis.

1. Susipažinę su aparatu, virpesių generatorių įjungiamo į elektros tinklą.
2. Išmatavę stygos ilgį ℓ ir skersmenį d , stygą įtempiname padėję ant lėkštelės $m_1 = 0,1\text{ kg}$ svarelių.

Apskaičiuojame įtempio jėgą niutonais:

$$F = (m_1 + m_\ell)g ;$$

čia m_ℓ – lėkštelės masė.

Padėję magnetą ties stygos viduriu, lėtai keičiame generatoriaus virpesių dažnį (pradėję nuo žemiausio) ir randame pagrindinį stygos savąjį dažnį (1 pav., a atvejis). Perstatydami magnetą ties naujos harmonikos pūpsnio tikimiausia vieta (žiūr. 1 pav.) ir tolydžiai keisdami generatoriaus dažnį randame stygos savuosius dažnius ν_2 , ν_3 , ir ν_4 (1 pav. atvejai b, c ir d). Apskaičiuojame atitinkamus bangų ilgius λ_n . Matavimo ir skaičiavimo rezultatus surašome į lentelę.

STYGOS SVYRAVIMŲ TYRIMAS

Tadas Laurinaitis, IFF – 6/8

Data: 2017-05-23

Dėstytojas: lekt. Marius Kaminskas

Įtempio jėga F_I	$\sqrt{F_I}$	Harmonikos		$v_n = \lambda_n v_n$		Teorinis dažnis v_{ti}, Hz	Teorinis greitis $v_{ti}, \frac{\text{m}}{\text{s}}$
		v_{in}, Hz	λ_{in}, m	$v_n, \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$\langle v \rangle, \frac{\text{m}}{\text{s}}$		

- Lėkštelės apkrovos masę didindami kas 100 g iki 0,4 kg, kaskart atliekame 2-ame punkte aprašytus veiksmus ir skaičiavimus.
- Kiekvienam įtempiui, visoms 4 harmonikoms pagal formulę $v_n = \lambda_n v_n$ apskaičiuojame fazinį greitį ir jo aritmetinį vidurkį.
- Kiekvienam stygos įtempiui pagal (6) ir (8) formules apskaičiuojame vadinamąsias „teorines“ fazinio greičio v_{ti} ir harmonikų v_{ti} vertes.
- Brėžiame grafikus: vienoje koordinačių sistemoje vaizduojame abiem būdais gauto fazinio greičio priklausomybę $v = f(\sqrt{F})$; kitame grafike vaizduojame abiem būdais nustatytą pasirinktos harmonikos dažnio priklausomybę $v_n = f(\sqrt{F})$.

Kontroliniai klausimai

- Kaip gaunamos stovinčiosios bangos ?
- Kokiu atveju abiem galais įtvirtintoje stygoje susidaro stovinčiosios bangos ?
- Ar žinote (8) formulės praktinių taikymo atvejų ?
- Kodėl faziniam greičiui ir savajam virpesių dažniui geriau brėžti priklausomybes nuo \sqrt{F} , o ne nuo F ?

STYGOS SVYRAVIMŲ TYRIMAS

Tadas Laurinaitis, IFF – 6/8

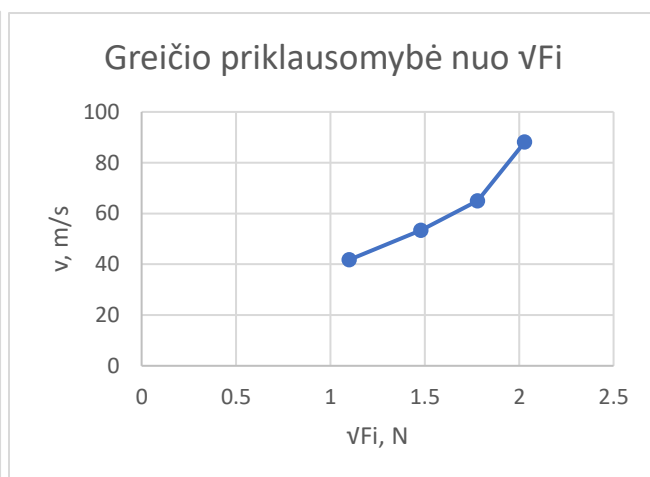
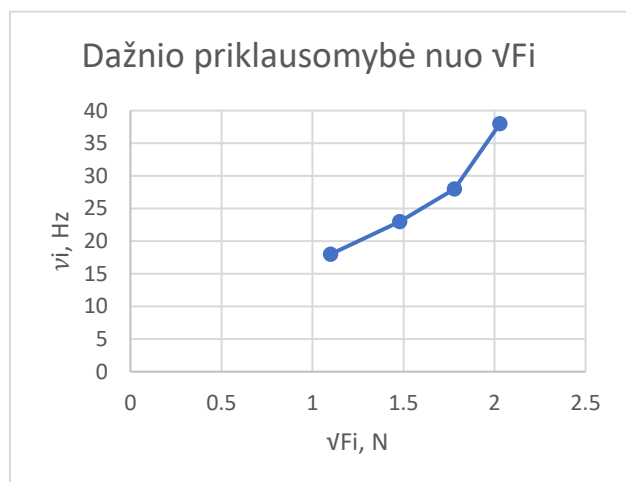
Data: 2017-05-23

Dėstytojas: lekt. Marius Kaminskas

Tyrimo rezultatų lentelė:

Įtempio jėga F_i	$\sqrt{F_i}$	Harmonikos		$v_n = \lambda_n v_n$		Teorinis dažnis v_{ti} , Hz	Teorinis greitis v_{ti} , $\frac{m}{s}$
		v_{in} , Hz	λ_{in} , m	v_n , $\frac{m}{s}$	$\langle v \rangle$, $\frac{m}{s}$		
1,21N	1,1N	18	2,32	41,76	42,19	19,06	44,2
		37	1,16	42,92		38,12	44,2
		55	0,77	42,35		57,18	44,02
		72	0,58	41,76		76,252	44,22
2,19N	1,48N	23	2,32	53,36	55,18	25,6	59,39
		48	1,16	55,68		51,29	59,49
		72	0,77	55,44		76,9	59,2
		97	0,58	56,26		102,5	59,45
3,17N	1,78N	28	2,32	64,96	67,4	30,86	71,6
		59	1,16	68,44		61,72	71,6
		88	0,77	67,76		92,58	71,28
		118	0,58	68,44		123,4	71,57
4,15N	2,03N	38	2,32	88,16	81,02	35,3	81,9
		69	1,16	80,04		70,62	81,9
		100	0,77	77		105,9	81,54
		136	0,58	78,88		141,2	81,89

Grafikai:



Išvados: Išmatavę bangos harmonikos dažnį ir apskaičiavę bangos praktinį greitį, o paskui palyginę juos su teoriniu dažniu ir teoriniu greičiu galime lengvai pastebėti, jog atsirado gan ne mažos paklaidos. Viena iš šių paklaidų atsiradimo priežasčių: netiksliai atlikti matavimai, bei prietaisų paklaidos.