

Vieno generatoriaus padinamø magnetostrikinio keitiklio darbo optimizavimas

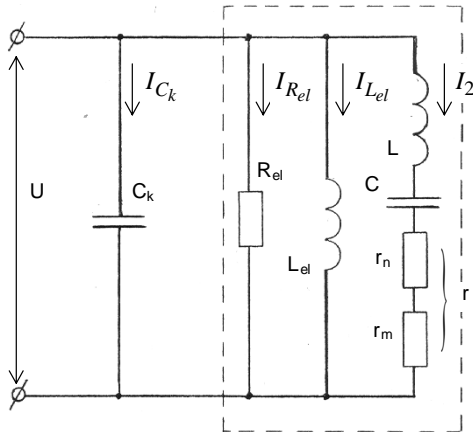
O.Tumðys, L.Jakevièius, J.Butkus

Prof.K.Barðausko ultragarso mokslo centras

Kauno technologijos universitetas

Diuolaikiniuose technologiniuose procesuose labai daþnai reikia pasiekti didelã ðvarumo laipsnã, paðalinant gamybos procese atsiradusius mechaninius, riebalinius ir kitokio pobûdþio neðvarumus. Gaminant smulkias ar sudëtingos konfiguracijos detales, vienintelis efektyvus neðvarumø paðalinimo bûdas yra ultragarsinis plovimas [1, 2, 3]. Ultragarstinã plovimã sãlygoja plovimo skystyje vykstantys kavitaciniai reiškiniai, atsirandantys dël stipriø akustiniø lauko poveikio [4].

Tokio lauko ðaltinis gali bûti magnetostrikinis keitiklis [5], kurio elektrinë ekvivalentinë schema su lygiagreèia induktyvumo kompensavimo grandine pateikta 1 pav.



1 pav. Magnetostrikinio keitiklio su lygiagreèia kompensavimo grandine elektrinë schema

Tokia virpamoji sistema turi dvi virpamãsias grandines, kurias veikia mechaniniai ir elektriniai magnetostrikinio keitiklio parametrai. Mechaninë virpamoji grandinë ekvivalentinëje schemoje pakeista induktyvumu L , kurã sukuria keitiklio virpanëioji masë, ir talpa C , sãlygojama virpanëio keitiklio lankstumo, bei nuostolius ávertinanëia aktyviaja varþa r . Pastaroji susideda ið mechaninius ir magnetinius nuostolius lemianëios varþos r_n bei iðspinduliavimo á aplinkã aktyviosios varþos r_m .

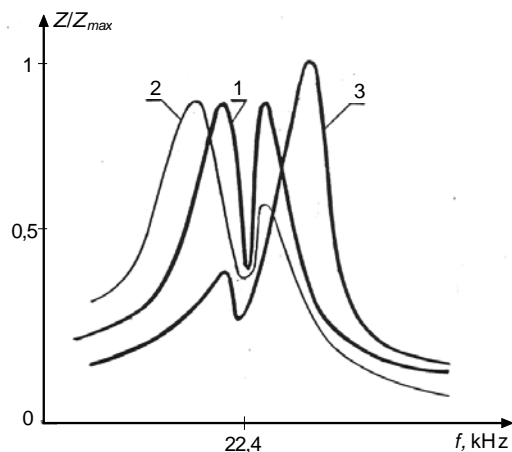
Elektrinë virpamãjã sistemã sudaro magnetostrikinio keitiklio apvijos

induktyvumas L_{e1} ir lygiagreèiai su ðia apvija prijungtas kompensavimo kondensatoriaus C_k talpa bei ekvivalentinë apvijos ir kondensatoriaus aktyviojò nuostoliø varþa r_{e1} . Magnetostrikinio keitiklio padinimo apvijos induktyvumas priklauso ne tik nuo minëtos apvijos vijø skaièiaus ir magnetostriktoriaus medþiagos magnetiniø savybiø, bet ir nuo minëto savybiø kitimo, kintant pamagnetinimo srovei.

Kaip matyti ið ekvivalentinës schemas, akustinë iðspinduliuojama galia bus didþiausia, kai mechaninë rezonansã atitinkanëia grandine tekanti srovë I_2 pasieks maksimumã. Kadangi mechaninë virpamãjã grandinë ekvivalentinëje schemoje atitinka nuoseklus kontûras, o elektrinë - lygiagretus, tai srovë I_2 ágis maksimumã, kai ðiø virpamøjø sistemø rezonansiniai daþniai sutaps. Tai pasiekama nustaèius optimaliã magnetostriktoriaus pamagnetinimo srovã, uþtikrinanëiã maksimaliã mechaniniø virpesiø amplitudã, ir atitinkamai parenkant kompensavimo kondensatoriaus C_k talpã. Taip suderintam magnetostrikiniam keitikliui virpant mechaninio rezonanso daþniu, pilnutinë varþa yra minimali (2 pav.) ir iðreiðkiama lygtimi [6]

$$Z = \left[R\omega_0 L_{el} / \sqrt{R^2 + \omega_0^2 L_{el}^2 e^{\text{j arctg} \frac{R}{\omega_0 L_{el}}}} \right],$$

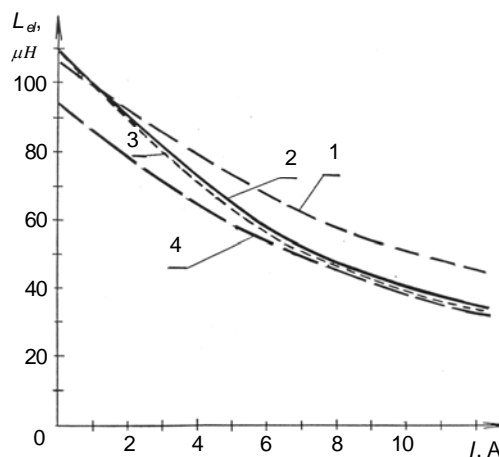
o ðios varþos aktyviosios ir menamosios daliø santykis - maksimalus. Èia $R = rr_{el} / (r + r_{el})$, ω_0 - kampinis rezonansinis virpesiø daþnis.



2 pav. Magnetostrikcinių keitiklių su derinimo grandinėmis pilnosios varpos priklausomybė nuo dažnio: 1 - kai elektrinė grandinė suderinta magnetostrikcinių keitiklio mechaninio rezonanso dažniui; 2 ir 3 - kai elektrinės grandinės suderintos atitinkamai pamesniam ir aukštesniam dažniui už magnetostrikcinių keitiklio mechaninio rezonanso dažnį

Generatoriaus padinimo dažniui tolstant nuo magnetostrikcinių keitiklio mechaninio rezonansinio dažnio, pradžioje pilnutinė virpamosios sistemos varpa sparčiai didėja, o tekanti padinimo srovė ir išspinduliuojama akustinė galia smarkiai sumabėja (2 pav.). Generatoriaus padinimo dažniui nukrypęs nuo magnetostrikcinių keitiklio mechaninio rezonansinio dažnio 100 Hz (apie 0.5%), išspinduliuojama akustinė galia sumabėja apie 1.4 karto [7]. Esant dar didesniems dažnių nukrypimams, sistemos pilnutinė varpa dėl pradėjusio vyrauti induktyviųjų arba talpinių apkrovų labai sumabėja. Todėl sistemos darbas tampa neefektyvus, o generatorius labai apkraunamas ir gali būti sugadintas. Siekiant išvengti avarinių reišimų ir pasiekti efektyvą ultragarsinį plovimą, būtina suderinti padinimo generatoriaus ir virpamosios sistemos elektrinio virpamojo kontūro dažnius magnetostrikcinių keitiklio mechaninio rezonanso dažniui.

Tačiau ši problema sunkiai išsprendžiama, kai generatorius vienu metu turi padinti keletą nuosekliai sujungtų magnetostrikcinių keitiklių. Pagaminti keletą magnetostrikcinių keitiklių, turinčių identišką mechaninius ir elektrinius parametrus, praktiškai neįmanoma. Dėl magnetostrikcinės medžiagos parametrų sklaidos magnetostrikcinių keitiklių padinimo apvijų induktyvumas L_{e1} , keičiant pamagnetinimo srovės stiprumą, keisis skirtingai (3 pav.).

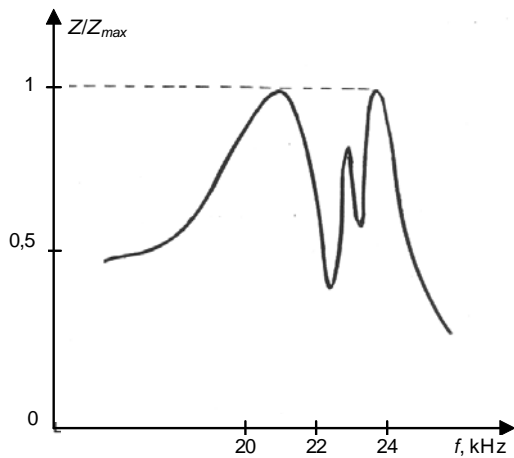


3 pav. Magnetostrikcinių keitiklių padinimo apvijų induktyvumo priklausomybės nuo pamagnetinimo srovės stiprumo

Magnetostrikcinių keitiklių padinimo apvijų induktyvumo L_{e1} skirtumai, atsiradę esant nominaliai darbinio pamagnetinimo srovei, turi atakos diems magnetostrikciniams keitikliams tenkančios elektrinės galios pasiskirstymui, nulemiančiam jų darbo efektyvumą netolygumą. Todėl, parenkant magnetostrikcinių keitiklių komplektą, reikia atitinkamai parinkti šių keitiklių vijų skaičių, kad jų induktyvumai būtų vienodi esant ne nuliniam, o darbiniam pamagnetinimo srovės stiprumui.

Dar sudėtingiau surinkti komplektą magnetostrikcinių keitiklių, kurie turėtų vienodus mechaninio rezonanso dažnius. Dėl gamybos technologinio proceso nukrypimų bei naudojamų medžiagų fizinių ir cheminių parametrų sklaidos, jų mechaninio rezonanso dažniai vienas nuo kito gali skirtis nuo keleto iki kelių dešimtų hercų ar net kelių kilohercų. Veikiant tokiai grupei magnetostrikcinių keitiklių, padinimo generatoriaus dažnį priderinus prie visos virpamosios sistemos vidutinio mechaninio rezonansinio dažnio, pilnutinė generatoriaus apkrovos varpa Z bus minimali ir turės santykiškai didžiausią aktyvinę dedamąją r . Po tokio suderinimo tik dalis magnetostrikcinių keitiklių, kurių dažnis artimas padinimo generatoriaus dažniui, veiks normaliai, o kita dalis keitiklių - neefektyviai. Tačiau ir magnetostrikciniai keitikliai, kurių mechaninio rezonanso dažniai artimi generatoriaus padinimo dažniui, dėl didelių energetinių nuostolių kituose magnetostrikciniuose keitikliuose, gaus nepakankamą elektrinę galią ir veiks neefektyviai. Todėl siekiant keletą magnetostrikcinių keitiklių padinti vienu generatoriumi, reikia sukomplektuoti grupę keitiklių, kurių rezonansiniai dažniai būtų išsisklaidę ne didesniame kaip 0.5% dažnių diapazone. Tuomet, esant padinimo dažniui artimam magnetostrikcinių

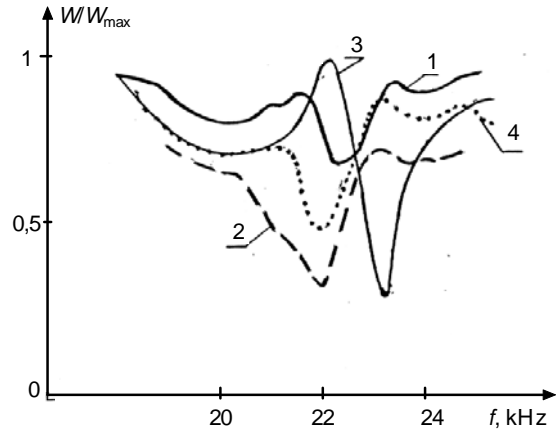
keitikliu mechaniniams rezonansiniams daþniams, visiems keitikliams tenkanti elektrinė galia bus pasiskirsėiusi beveik tolygiai. Norint pasiekti, kad magnetostrikciniai keitikliai veiktø tolygiau ir efektyviau, galima pasinaudoti þadinimo signalo daþnine moduliacija. Daþniø svyravimo diapazonà reikia parinkti toká, kad þadinimo daþnis kistø nuo sistemoje naudojamø magnetostrikciniø keitikliø minimalaus mechaninio rezonanso daþnio iki maksimalaus. Daþninės moduliacijos dēka magnetostrikciniai keitikliai tenkanti apkrova laiko atþvilgiu pasiskirsto tolygiai ir visi keitikliai spinduliuoja beveik vienodà akustinà galià. Be to, esant tolygiam galios pasiskirstymui, atskiri magnetostrikciniai keitikliai nėra perkraunami, todėl pailgėja sistemos darbo ilgaamþiðkumas.



4 pav. Keturiø nuosekliai sujungto magnetostrikciniø keitikliø su elektrinėmis derinimo grandinėmis pilnosios varþos priklausomybė nuo daþnio

Atliekant eksperimentinius tyrimus buvo naudojami 4 magnetostrikciniai keitikliai, kuriø rezonansiniai daþniai (kHz): 1 - 22,33; 2 - 22,3; 3 - 23,33; 4 - 22,15. Jø elektriniø induktyvumø priklausomybės nuo pamagnetinimo srovės stiprumo pateiktos 3 pav. Dėl rezonansiniø daþniø sklaidos, pilnutinės varþos priklausomybės nuo þadinimo virpesiø daþnio kreivė (4 pav.) yra netaisyklingos formos, turinti du rezonansinius minimumus.

Tokia magnetostrikciniø keitikliø rezonansiniø daþniø sklaida nulėmė netolygø pilnutiniø elektriniø galiø, tenkanėiø konkreitiems magnetostrikciniams keitikliams, daþninà santykinà pasiskirstymà (5 pav.).



5 pav. Keturiø kartu dirbanėiø magnetostrikciniø keitikliø pilnutinės elektrinės galios santykinio pasiskirstymo tarp jø daþninė priklausomybė

Sistemos darbui ypaè trukdo 3-iasis keitiklis, kurio naudojama elektrinė galia, kai sistema veikia daþniu, artimu kitø trijø keitikliø mechaniniams rezonansiniams daþniams, tampa maksimali. Ir priešingai, kai virpesiø daþnis tampa artimas 3-iojo keitiklio mechaniniam rezonansiniam daþniui, kitø trijø keitikliø naudojama elektrinė galia padidėja iki maksimumo. Todėl, nepriklausomai nuo þadinimo daþnio, vieni magnetostrikciniai keitikliai trukdys kitø darbui ir sistema veiks neefektyviai. Kad ultragarsinė plovimo sistema pradėtø veikti efektyviai, 3-iàjà magnetostrikcinà keitiklã tikslinga pakeisti kitu, kurio mechaninis rezonansas bûtø 22.13... 22.33 kHz daþniø intervale, o sistemà þadinanti 22.23 kHz centrinio daþnio ir 100 Hz daþninės moduliacijos signalu. Esant tokiam suderinimui, ultragarsinė plovimo vonia veiks optimaliausiu reþimu ir turės didþiausià spinduliuojamos galios naudingumo koeficientà.

Iðvados

Apibendrinant tyrimø rezultatus, matyti, kad, norint vienu generatoriumi þadinti keletà magnetostrikciniø keitikliø, bûtina patenkinti keletà sąlygø:

1. Komplektuojami magnetostrikciniai keitikliai, esant duotam darbiniam pamagnetinimo srovės stiprumui, turi turėti kiek galima vienodesnius elektrinius induktyvumus.

2. Magnetostrikciniø keitikliø mechaniniø rezonansø daþniai turi būti iðsisklaidę ne didesniame kaip 1% intervale.

3. Þadinimo signalo centrinis daþnis ir virpamosios sistemos elektrinio rezonanso daþnis turi būti suderinti su magnetostrikciniø keitikliø mechaniniø rezonansø daþniais.

4. Keitiklius tikslinga padinti daþniu moduliuotu signalu, kurio kitimo intervalas parenkamas pagal magnostrikinio keitiklio mechaninio rezonanso skleidã.

Literatūra

1. **Áðñéáááö Á.Á., Óóóíðíáíí Á.Á.** Óëüððáçáóéíááý í-éñòéà ðááéíáííðáðóóóú.- líñéáá: Níááóñéíá ðááéí, 1974.- 80 ñ.
2. **Íáñá Á.Í.** Óëüððáçáóéíááý í-éñòéà íðáóèçéííúó ááðáéé.- líñéáá: Íáóéíñðóðíáíéá, 1984.- 88 ñ.
3. **Óýáéíáñééé Í.Á., Óáñóíááó Á.Í., Áéáóèðáííí Á.Í.** Óëüððáçáóéíááý í-éñòéà ÐÝÁ è íðéáíðíá.- íéíñé: Íáóéá è óáðíééá, 1984.- 240 ñ.
4. **Ðíçáíááðá È.Á.** Ííúíúá óëüððáçáóéíááý ñéý.- líñéáá: Íáóéá, 1968.- 268 ñ.
5. **Ááððááé Á.Á., Óðéáíáí Á.Í.** Óëüððáçáóéíááý óáðííéíáè-áñéáý áííðáðóóóú.- líñéáá: Ýíáðáéý, 1976.- 320 ñ.
6. **Éáééáð Í.È., Èðáóúø Á.Ñ., Èóáyíèçééé Á.Á.** Óëüððáçáóéíááý í-éñòéà. Éáíéíáðáá: Íáóéíñðóðíáíéá, 1977.- 184 ñ.
7. **Áíééíá Ñ.Ñ., xáðíýé Á.ß.** Níáðéá íéáñóíáññ óëüððáçáóéí.- líñéáá: Óéíèý, 1986.- 256 ñ.

O.Tumõys, L.Jakevièius, J.Butkus

Optimization of operation of magnostriktion transducers excited by one generator

Summary

An experimental investigation of simultaneous operation of seriatly connected magnostriktion transducers is presented. It is shown that mechanical vibration system in the equivalent circuit is represented by a serial oscillatory circuit. On the other hand, excitation winding of the transducer with the compensating capacitance comprise a parallel oscillatory circuit. It is shown that with the purpose of effective ultrasonic cleaning it is necessary to tune the frequency of the driving generator, and the parallel oscillatory circuit with the resonant frequency of the magnostriktion transducer. Since the resonant frequencies of mechanical vibrations of separate serially connected magnostriktion transducers are slightly different it is proposed to use the frequency modulated signal of the driving generator. It enables to distribute the amplitude of the exiting signal between the magnostriktion transducers evenly. As a result of that, the amplitude of vibrations of separate magnostriktion becomes uniform and the quality of ultrasonic cleaning is improved.

DOI: 10.5755/j01.u.28.2.7870