



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

223359
(11) (B1)

(22) Přihlášeno 17 03 80
(21) (PV 1802-80)

(40) Zveřejněno 31 12 82

(45) Vydáno 15 03 86

(51) Int. Cl.⁵
G 01 R 17/00
G 01 R 29/00

(75)

Autor vynálezu

HOFMAN ANTONÍN ing., TŘEBECHOVICE pod OREBEM,

(54) Zapojení pro měření rezonančního a antirezonančního kmitočtu
piezoelektrických rezonátorů a měničů

1

Vynález se týká zapojení pro měření rezonančního a antirezonančního kmitočtu piezoelektrických rezonátorů a měničů. Měřicí systém se samočinně naladí na volený rezonanční kmitočet f_r nebo antirezonanční kmitočet f_a piezoelektrických rezonátorů a měničů, zejména piezokeramických.

V současné době umožňuje přesné měření rezonančních f_r a antirezonančních f_a kmitočtů piezoelektrických rezonátorů a měničů fázová metoda indikace charakteristických kmitočtů, která je doporučena i komisí CCIT. Pro rychlé měření byly vyvinuty tzv. aktivní způsoby měření, u kterých rezonátor nebo měnič je vložen do obvodu měřicího zařízení, které se za určitých podmínek samo rozkmitá na kmitočtu, z něhož se odvozuje charakteristický kmitočet připojeného měřeného vzorku, tj. rezonátoru nebo měniče. Tyto metody lze principiálně rozdělit na dvě skupiny, a to metody oscilátorové a metody pracující s fázovým porovnáváním. Podstatou oscilátorových metod je zesilovací stupeň se zpětnovazební smyčkou, v níž je zapojen přenosový členek s měřeným vzorkem. Jsou-li splněny podmínky pro vznik oscilací, které jsou závislé na parametrech vzorku, zesílení smyčky a fázových poměrů ve smyčce, odpovídá kmitočet vzniklých oscilací v určitém kmi-

2

točtovém pásmu rezonančnímu nebo antirezonančnímu kmitočtu. Tato zařízení vyžadují přednastavení pro jednotlivé skupiny stejných vzorků a spolehlivě měří jen v úzkém kmitočtovém pásmu rezonátory s vyššími činiteli jakosti Q . Metody se proto neuvžívají pro přesné měření piezokeramických rezonátorů ani měničů. Pro automatické měření byly tyto metody upraveny kupř. samočinným regulováním zisku, ale přesto se tyto metody nerozšířily, protože jsou vhodné jen pro rezonátory stejného kmitočtového pásma, nastavení je závislé na činiteli jakosti Q a jsou tedy nepřesné. Obvykle všechny tyto metody měří pouze jeden charakteristický kmitočet. Metody pracující s fázovým porovnáváním jsou schopné dosáhnout vysoké přesnosti měření a jsou vhodné pro samočinné naladění na charakteristický kmitočet. Měřený vzorek je zapojen do měřicího článku, jehož výstupní napětí se fázově porovnává s napájecím napětím. Pro rezonanční kmitočet f_r je fázový úhel nulový, pro antirezonanční kmitočet f_a je fázový úhel buď podruhé nulový, nebo dosahuje 180° . Směr odchylky od rezonančního kmitočtu f_r určuje znaménko fázového úhlu, takže lze podle znaménka určit směr ladění generátoru k dosažení nulového fázového úhlu. Na tomto základě byly reali-

zovány a jsou užívány zvláště v zahraničí měřicí sestavy, které mají následující složení: kmitočtový syntetizér nebo řízený generátor, měřicí přenosný článek s připojeným měřeným rezonátorem a vektor-voltmetr nebo fázoměr. Kmitočtový syntetizér je připojen na měřicí přenosový článek. Na vstup a výstup měřicího přenosového článku je připojen vektor-voltmetr nebo fázoměr. Výstup fázoměru je připojen k syntetizéru. Po spuštění zařízení, podle znaménka fázového úhlu, se mění kmitočet syntetizéru tak, že je dosaženo fázové nuly. V tom okamžiku se změna kmitočtu syntetizéru zastavuje a nastavený kmitočet odpovídá charakteristickému kmitočtu, při němž je fázový údaj vektor-voltmetru nulový. Existují různé varianty tohoto základního uspořádání, které vznikly podle dosažitelných komerčních přístrojů a především snahy uživatele snížit, popřípadě vyloučit úkony obsluhy.

Nedostatkem těchto jinak dokonalých měřicích kompletů je skutečnost, že jsou sestaveny ze složitých, a tím nákladných samostatných měřicích přístrojů, jakými jsou syntetizátory, řízené generátory, vektor-voltmetry, přesné měřiče fáze apod. Další nevýhodou je, že podle složitosti použitých přístrojů vyžadují více či méně manuální operace pro měření.

Uvedené nedostatky současného stavu techniky jsou odstraněny zapojením pro měření rezonančního a antirezonančního kmitočtu piezoelektrických rezonátorů a měničů podle vynálezu, jehož podstatou je, že napětově řízený oscilátor je výstupem připojen k měřicímu kmitočtovému detektoru, k němuž je připojen měřený vzorek a výstup měřicího kmitočtového detektoru je připojen na vstup integrátoru, jehož výstup je připojen zpět na vstup napětově řízeného oscilátoru, přičemž kmitočtový čítač je zapojen k výstupu napětově řízeného oscilátoru. Vstup měřicího kmitočtového detektoru je připojen jednak ke vstupu měřicího fázovacího článku s připojeným měřeným rezonátorem a přepínačem funkce a dále ke vstupu tvarovače a výstup měřicího fázovacího článku je připojen na vstup tvarovače, přičemž oba výstupy tvarovačů jsou propojeny na vstupy fázového detektoru, jehož výstup je výstupem měřicího kmitočtového detektoru.

Výhodou vynálezu je, že se měřicí systém samočinně naladí v určeném kmitočtovém pásmu na charakteristický kmitočet připojeného vzorku a nevyžaduje složitou manuální obsluhu, která je minimalizována na volbu režimu měření, připojení rezonátoru a spuštění vyhledávání. Uspořádání podle vynálezu je jednoduché a snadno realizovatelné. Navržené měřicí zařízení se snadno realizuje elektronickými součástkami na úrovni současného stavu techniky.

Vynález bude blíže vysvětlen a popsán pomocí dvou výkresů znázorňujících příkla-

dy možného provedení podle vynálezu, přičemž obr. 1 představuje principiální schéma funkčního uspořádání a obr. 2 znázorňuje principiální uspořádání b'oku měřicího kmitočtového detektoru a blokové schéma konkrétního příkladu provedení podle vynálezu.

V základním principiálním uspořádání podle obr. 1 výstupní napětí U_f o kmitočtu f napětově řízeného oscilátoru 3 je přivedeno jednak na vstup měřicího kmitočtového detektoru 1 a jednak ke kmitočtovému čítači 5. K měřicímu kmitočtovému detektoru 1 je připojen měřený vzorek rezonátoru nebo měniče 2. Výstupní napětí $U_{\Delta f}$ měřicího kmitočtového detektoru 1 je přivedeno na vstup integrátoru 4 a výstup integrátoru je propojen s řídicím vstupem napětově řízeného oscilátoru 3.

Funkční blok měřicího kmitočtového detektoru 1, podle vyznačené části obr. 2; je sestaven z měřicího fázovacího článku 11, který je vybaven přepínačem 14 pro volbu měřicího režimu a svorkami pro připojení měřeného vzorku 2. Vstup a výstup měřicího fázovacího článku 11 jsou připojeny ke vstupům tvarovačů 12, 12'. K výstupům tvarovačů 12, 12' je připojen fázový detektor 13, jehož výstup je výstupem kmitočtového detektoru.

V jednom provedení může být integrátor 4 uspořádán podle obr. 2. Integrátor má několik vstupů, jeden vstup je připojen k výstupu měřicího kmitočtového detektoru 1, druhý vstup je připojen ke zdroji kompenzačního napětí 6 a zároveň je k integrátoru připojen zdroj stejnosměrného napětí U se spínačem 7.

Principiální činnost zařízení je následující. Výstupní napětí $U_{\Delta f}$ měřicího kmitočtového detektoru 1 je úměrné ve zvolené kmitočtové oblasti kmitočtové deviaci mezi kmitočtem napětově řízeného oscilátoru 3 a vybraným charakteristickým kmitočtem měřeného vzorku 2. Jestliže kupř. kmitočet f napětově řízeného oscilátoru 3 je vyšší, než charakteristický kmitočet f_r vzorku 2, je výstupní stejnosměrné napětí měřicího kmitočtového detektoru 1 záporné. Naopak je-li kmitočet napětově řízeného oscilátoru 3 menší, než rezonanční kmitočet f_r vzorku 2, je výstupní napětí měřicího kmitočtového detektoru 1 kladné. Jestliže kmitočet napětově řízeného oscilátoru 3 odpovídá kmitočtu vzorku 2, je výstupní napětí měřicího kmitočtového detektoru 1 nulové. Samočinné naladění napětově řízeného oscilátoru 3 na kmitočet f_r nebo f_a vzorku 2 lze stručně popsat takto: kmitočtová deviace $f - f_r$ nebo $f - f_a$ mezi napětově řízeným oscilátorem 3 a charakteristickým kmitočtem vzorku 2 je vyjádřena v zapojení velikostí a znaménkem stejnosměrného výstupního napětí $U_{\Delta f}$ obvodu měřicího kmitočtového detektoru 1. Integrátor 4 časově integruje výstupní napětí měřicího kmitočtového detektoru

1 a na výstupu integrátoru 4 se objevuje časově proměnné stejnosměrné napětí U_r ,

které řídí nastavení napěťově řízeného oscilátoru 3. Když je kupř. kmitočet napěťově řízeného oscilátoru 3 $f < f_r$, je stejnosměrné výstupní napětí U_{Δ_i} měřicího kmitočtového detektoru 1 kladné a výstupní napětí U_r

integrátoru 4 roste. Rostoucí napětí U_r zvětšuje kmitočet napěťově řízeného oscilátoru 3, a tím se snižuje kmitočtová deviace $f - f_r$. Dochází ke snižování výstupního napětí U_{Δ_i} měřicího kmitočtového detektoru 1, a tím ke zpomalení růstu výstupního napětí U_r

integrátoru 4. Když je dosaženo $f_r = f$, je $U_{\Delta_i} = 0$ a výstupní napětí integrátoru 4 se nemění. Když naopak $f > f_r$, je výstupní napětí $U_{\Delta_i} < 0$ a k výstupnímu napětí integrátoru 4 je přičítáno záporné napětí. Napětí U_r se snižuje a kmitočet napěťově řízeného oscilátoru 3 se snižuje, až do stavu synchronizace, tj. vyrovnaní $f = f_r$. Kmitočet synchronizace měříme připojeným čítačem kmitočtu 5. Je zřejmé, že časové konstanty přenosových bloků, tj. napěťově řízeného oscilátoru 3, měřicího kmitočtového detektoru 1 s připojeným vzorkem 2 a integrátoru 4, musí být voleny tak, aby vyhledání kmitočtu f_r nebo f_a proběhlo v přijatelné době menší než 1 sec.

Měřicí kmitočtový detektor 1 převádí ve zvoleném kmitočtovém pásmu deviace kmitočtu např. $f - f_r$ na stejnosměrné napětí U_{Δ_i} . Podle vyznačené části obr. 2 výstupní napětí U_m o kmitočtu f měřicího fázovacího článku je fázově posunuto podle impedance měřeného vzorku proti napájenému napětí U_r . Fázový posuv je úměrný v určené kmitočtové oblasti kmitočtové deviaci kmitočtu oscilátoru a vybranému charakteristickému kmitočtu vzorku 2. Pro rezonanční kmitočet f_r a antirezonanční kmitočet f_a je fázový rozdíl obou napětí U_m a U_r nulový (příp. 180° podle typu měřicího fázovacího článku). Následující obvody tvarovačů 12, 12' a fázového detektoru 13 vyhodnocují fázovou deviaci mezi napětím U_m a U_r a převádějí ji na napětí U_{Δ_i} , které je úměrné nejen fázovému úhlu mezi napětím U_m a U_r , ale při splnění jistých podmínek i kmitočtové deviaci mezi kmitočtem napěťově řízeného oscilátoru 3 a vybraným charakteristickým kmitočtem měřeného vzorku 2.

Činnost je podrobně popsána na možném příkladu konkrétního provedení.

Příklad

Zařízení pro samočinné měření jednoho nebo druhého charakteristického kmitočtu f_r nebo f_a , připojeného vzorku 2 podle obr. 2, má napěťově řízený oscilátor 3, jehož kmitočet f před připojením měřeného vzorku 2 volně pluje, popřípadě stojí a napájí referenčním napětím U_r měřicí fázovací článek 11, přepínaný pro měření f_r nebo f_a , jehož výstupní napětí U_m a rovněž i referenční napětí U_r se převádějí ve dvou samostatných tvarovačích 12, 12', na obdélníkové napětí. Fázová diference těchto obdélníkových napětí se zjišťuje ve fázovém detektoru 13 a výstupní napětí U_i fázového detektoru se převádí na vstup diferenčního integrátoru 4', který je vybaven spínacím tlačítkem 7 pro okamžité snížení výstupního napětí U_r

integrátoru 4' k dosažení nejnižšího kmitočtu, odkud napěťově řízený oscilátor 3 po připojení vzorku 2 se automaticky naladí podle nastaveného měřicího režimu na f_r nebo f_a . Měřicí fázovací článek 11 je vybaven přepínačem 14 pro volbu měřeného kmitočtu f_r nebo f_a . Spouštěcí tlačítko 7 může být nahrazeno vybíjejcím elektronickým obvodem. Korekčním obvodem 6 přivádíme na vstup diferenčního integrátoru 4' malé stejnosměrné napětí, kterým kompenzujeme nežádoucí fázové diference ve smyčce. Jestliže je odpojen vzorek 2, kmitočet napěťově řízeného oscilátoru 3 volně pluje nebo stojí podle výsledné fázové diference v uzavřené smyčce. Korekčním obvodem 6 můžeme upravit zbytkové výstupní napětí U_0 fázového detektoru 13, a tím dosáhnout kompenzace nežádoucích fázových diferencí v uzavřené smyčce. Po připojení vzorku 2 spojením spínacího tlačítka 7 snížíme výstupní napětí U_r integrátoru 4' a

nastavíme tím napěťově řízený oscilátor 3 na spodní kmitočet pásma. Další činnost je obdobná základnímu uspořádání.

Oblast využití vynálezu je široká. Ve výzkumu, vývoji a výrobě rezonátorů a měničů lze vynálezu využít k měření a rozřizování vzorků podle kmitočtu f_r nebo f_a , při kontinuálním sledování změny kmitočtu, například při měření teplotních závislostí, dostavovacích operacích a podobně. Nenáročnost na zhotovení měřicího zařízení je velkou předností.

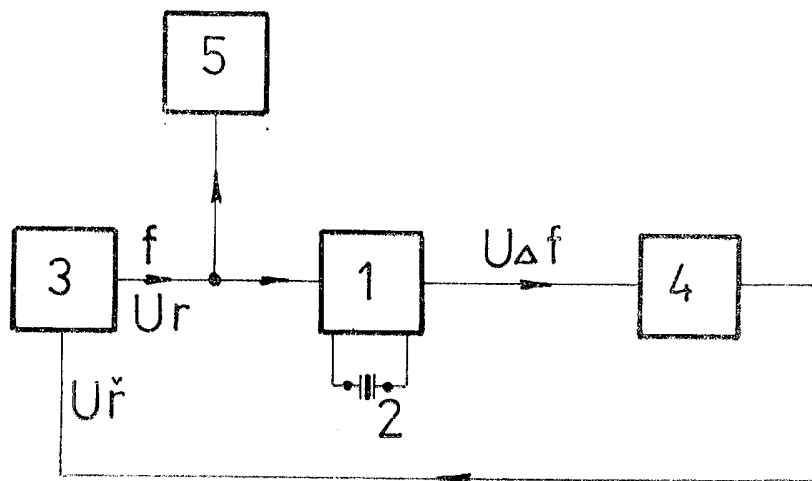
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení pro měření rezonančního a antirezonančního kmitočtu piezoelektrických rezonátorů a měničů, vyznačené tím, že napěťově řízený oscilátor (3) je výstupem připojen k měřicímu kmitočtovému detektoru (1), k němuž je připojen měřený vzorek (2) a výstup měřicího kmitočtového detektoru (1) je připojen na vstup integrátoru (4), jehož výstup je připojen zpět na vstup napěťově řízeného oscilátoru (3), přičemž kmitočtový čítač (5) je zapojen k výstupu napěťově řízeného oscilátoru (3).

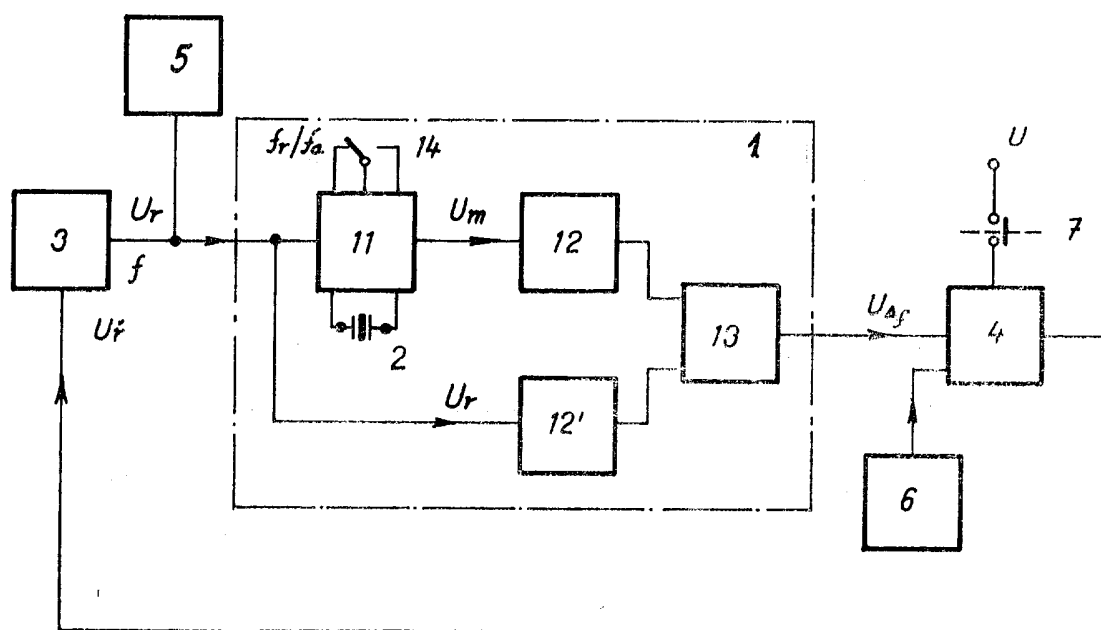
2. Zapojení pro měření rezonančního a

antirezonančního kmitočtu piezoelektrických rezonátorů a měničů podle bodu 1, vyznačené tím, že vstup měřicího kmitočtového detektoru (1) je připojen jednak ke vstupu měřicího fázovacího článku (11) s připojeným měřeným rezonátorem (2) a přepínačem funkce (14), a dále ke vstupu tvarovače (12') a výstup měřicího fázovacího článku (11) je připojen na vstup tvarovače (12), přičemž oba výstupy tvarovačů (12, 12') jsou propojeny na vstupy fázového detektoru (13), jehož výstup je výstupem měřicího kmitočtového detektoru (1).

2 listy výkresů



Obr. 1



Обр. 2