

PŘÍHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 16.01.2002

(32) Datum podání prioritní přihlášky: 01.02.2001

(31) Číslo prioritní přihlášky: 2001/10104419

(33) Země priority: DE

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 11.09.2002
(Věstník č. 9/2002)

(21) Číslo dokumentu:

2002 - 189

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl. ⁷:

H 02 K 11/00

G 05 D 3/12

(71) Přihlašovatel:

W. SCHLAFHORST AG & CO., Mönchengladbach,
DE;

(72) Původce:

Coenen Norbert, Mönchengladbach, DE;

(74) Zástupce:

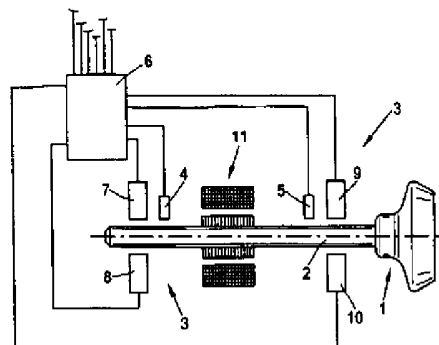
Švorčík Otakar JUDr., Hálkova 2, Praha 2, 12000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Zařízení k regulaci radiálního uložení
bezdotykově uloženého rychloběžného rotoru**

(57) Anotace:

Zařízení k regulaci uložení bezdotykově uloženého rychloběžného rotoru, zejména dopřádacího rotoru (1), sestává ze senzorového zařízení k průběžnému vytváření signálů o poloze dopřádacího rotoru (1) a řídicího zařízení (6) ke zpracování signálu o poloze dopřádacího rotoru (1), přičemž řídicího zařízení (6) je připojeno výstupem akční veličiny k akčnímu zařízení ovlivňujícímu dopřádací rotor (1). Řídicího zařízení (6) je vytvořeno tak, že stoupání průběhu křivky dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59), ze kterého se odvodí akční veličina, je omezeno na maximální hodnotu a při vzniku větších frekvencí oscilace signálů polohy dopřádacího rotoru (1) působí snížení amplitud oscilace dalšího signálu pro akčního zařízení při současně malé fázové chybě.



Zařízení k regulaci radiálního uložení bezdotykově uloženého rychloběžného rotoru

Oblast techniky

Vynález se týká zařízení k regulaci radiálního uložení bezdotykově uloženého rychloběžného rotoru, zejména dopřádacího rotoru, které sestává ze senzorového zařízení k průběžnému vytváření signálů o poloze dopřádacího rotoru a řídicího zařízení ke zpracování signálu o poloze dopřádacího rotoru. Přitom řídicí zařízení obsahuje regulátor, který vydává na frekvenci otáček závislý výstupní signál generovaný ze signálů o poloze dopřádacího rotoru, který se používá pro řízení akčního zařízení.

Dosavadní stav techniky

Bezdotyková pasivní uložení, nebo bezdotyková aktivní uložení s regulačním zařízením ke stabilizaci polohy, zejména k tlumení oscilace, jsou v mnoha provedeních známá.

DE 33 23 648 A1 ukazuje příklad magnetického uložení, které zahrnuje akční člen s elektromagnetickými cívkami. Magnetické uložení má dvě ve směru osy otáčení rotoru přesazené části uložení. Ve dvou k ose otáčení rotoru a navzájem kolmých směrech se mají kontrolovat translatační odchylky okamžité polohy osy otáčení od požadované polohy a regulují se řízením magnetických sil. Kromě toho se kontrolují klopné pohyby rotoru kolem os otáčení rovnoběžných s oběma směry kolmými k ose otáčení a vytváří se kolem těchto os vratný moment, přičemž jsou přidavně vytvořeny spínací prostředky k tlumení nutační frekvence. Tato nutace rotoru se přitom tlumí pomocí do kříže zapojených větví. Poněvadž se regulují všechny odchylky polohy, při vysokých otáčkách rotoru se reguluje neustále a akční člen

je stále v činnosti. To je nevýhodné z hlediska spotřeby energie a zatížení regulačních prvků a způsobuje to omezení při řízení akčním členem, například při zesíleních. Zejména tak zvaný D podíl v regulačních zařízeních (například u PD regulátorů) vede při vysokých frekvencích, případně při vysokých otáčkách k nárůstu amplitudy a tím vysokým hodnotám amplitudy řídicího napětí. Tím je potřeba příkonu takovéto regulace vysoká. Při vysokých otáčkách rotoru je například během otáček trvajících zlomek sekundy jen krátkodobě potřebný vlivem rezonanční frekvence systému uložení zvýšený výkon. U rotorů rychle se otáčejících s vysokými provozními otáčkami, jako například u dopřádacích rotorů, je při takovéto regulaci uložení dlouhodobě potřebný vysoký výkon.

K docílení jistého uklidnění chodu a tím k umožnění pracovat s nižším výkonem je známé ponechat rotor rotovat nikoliv kolem jeho geometrické osy, nýbrž kolem těžištní osy, respektive osy setrvačnosti. DE 26 58 668 A1 zveřejňuje například magnetické uložení pro rotor, u kterého jsou minimalizovány rušivé vlivy pocházející zejména z nevyváženosti a závislé na otáčkách rotoru pomocí odlaďovacího filtru. Regulační obvod magnetického ložiska proto má mezi senzorovým zařízením a řídicím okruhem zařazeno filtrační zařízení pro signály dodávané senzorovým zařízením. Filtrační zařízení je vytvořeno jako z hlediska své frekvence na úhlovou rychlost rotoru nastavitelný odlaďovací filtr. Odlaďovací filtr filtruje periodicky frekvencí otáčení vyvolané poruchy polohy rotoru, které by mohly způsobovat neustálé následné regulace rotoru ve střední poloze. K tomu se používá adiční zapojení a zapojení se zpětnou vazbou. Popsané zapojení však je velmi nákladné, což vede k velké poruchovosti celého zapojení. Takováto filtrační zapojení způsobují kromě toho značená, obecně jako nevýhodná známá fázová natočení, respektive fázové chyby, která mohou činit více než 90° , která mohou ohrožovat stabilitu regulačního

obvodu, nebo se opět musí nákladně kompenzovat. Na základě uvedeného nastavení činnosti odlaďovacího filtru na stanovenou úhlovou rychlost rotoru nenastává při frekvencích otáčení odlišných od toho nastavení požadovaný účinek.

DE 31 20 691 A1 popisuje magnetické ložisko, u něhož se kontrolují odchylky geometrie rotoru senzorovým zařízením a ukládají se v datové paměti za přiřazení k polohovému úhlu při otočném pohybu rotoru. Kontrola se děje s ohledem na rotor a provádí se před uvedením rotoru do provozu. Uložené hodnoty zůstávají zachovány po celou dobu provozu rotoru. Pomocí korekčního signálu se rušivé signály odvozené z chyb geometrie a vytvořené senzorovým zařízením superponují a tím se kompenzují. Použití takového zařízení, zejména u dopřádacích rotorů rotorového dopřádacího stroje přináší nevýhody. Dopřádací rotory jsou podrobeny otěru, který si může vynutit výměnu dopřádacího rotoru. Případně se dopřádací rotory vyměňují také při výměně partie v závislosti na materiálu vlákna, respektive přízi. Při použití dopřádacích rotorů nezbytně opakovaná výměna dopřádacích rotorů tím vyžaduje na základě obnovených postupů kontroly značné náklady. K uložení množství dat a k jejich průběžnému zpracování se musí neustále používat počítačová kapacita velkého rozsahu. Každá nevyváženost, která není odvozena ze zjištěných chyb geometrie, například nevyváženost z důvodu nehomogenity materiálu rotoru, nebo nevyváženost z důvodu zachyceného smetí, které se může shromáždit v oblasti rotorového žlábků dopřádacího rotoru, se zařízením popsaným v DE 31 20 691 A1 nekompensuje.

Podstata vynálezu

Úkolem vynálezu je zlepšit regulaci uložení bezdotykově uloženého rotorů.

Tento úkol se podle vynálezu vyřeší zařízením se znaky nároku 1.

Výhodná provedení vynálezu jsou předmětem závislých nároků.

Řídící zařízení podle vynálezu s význakovými znaky nároku 1 dovoluje při výskytu větších frekvencí kmitů snížení amplitud na frekvencích otáček závislých kmitů při současně malých fázových chybách vzhledem k poměrně nízkým rezonančním frekvencím a z toho vyplývající výhodnou minimalizaci příkonu regulace uložení a rovněž zlepšený klidný chod rotoru bez obvyklého odlaďovacího filtru a bez shora uvedených nevýhod stavu techniky. Přitom vznikající malé fázové chyby neohrožují stabilitu regulace a jsou tolerovatelné. Naproti tomu je podstatně větší fázové otočení, které může být vyvoláno obvyklým nízkokmitočtovým filtrem.

Přednostně se redukce amplitudy na frekvenci otáčení závislé oscilace dalšího signálu vzhledem k amplitudě na frekvenci otáček závislé oscilace výchozího regulačního signálu způsobuje tím, že je mimo oblasti, v nichž sleduje další signál křivku průběhu výchozího regulačního signálu, omezeno stoupání křivky dalšího signálu na maximální hodnotu. Zde použitý pojem "sleduje" zahrnuje také případ, že mezi dalším signálem a průběhem křivky výchozího regulačního signálu existuje jen malý rozdíl. Omezení stoupání neplatí jen pro oblast, ve které je stoupání výchozího regulačního signálu pozitivní. Jestliže je stoupání oscilace výchozího regulačního signálu negativní, to znamená křivka klesá, je stoupání křivky, respektive spád dalšího signálu rovněž omezen na maximální hodnotu. Na maximální hodnotu se tak může také pohlížet jako na absolutní hodnotu. Pokud stoupání výchozího regulačního signálu leží pod omezením, sleduje další signál neustále výchozí regulační

signál a regulace plně odpovídá regulačnímu algoritmu. Naproti tomu při vysokofrekvenčních na frekvenci otáček závislých oscilacích výchozího regulačního signálu, při němž křivka výstupního regulačního signálu strmě stoupá, nebo strmě klesá a stoupaní překračuje omezení, se používá při na frekvenci otáček závislých oscilacích dalšího signálu, který se přibírá ke generaci akčního řídícího signálu pro akční zařízení, snížení amplitud podle vynálezu. Jako signální veličina, respektive jako akční veličina se může použít například napětí, nebo proud. Zřetelná redukce podílů signálu s velkou frekvencí a velkou amplitudou, jako například na frekvenci otáček závislých oscilačních podílů výchozího regulačního signálu, otevře u dalšího signálu možnost rozšířené řiditelnosti nízkofrekvenčních rušivých vlivů, jako například nutace rotoru, aniž je třeba se obávat přetížení, například akčních prvků. Při snížení amplitudy na frekvenci otáček závislých oscilačních podílů podle vynálezu vznikající chyby amplitudy a fáze zůstávají tak malé, respektive tak blízko nuly, že nemůže vzniknout žádná nestabilita regulace. Jak minimalizace přetížení tak existující stabilita regulace slouží k zvýšené bezpečnosti provozu. Zařízení podle vynálezu je z hlediska otáček rotoru flexibilně použitelné a nepodléhá po této stránce žádným omezením, existence, respektive dodržení stanovených otáček není potřebné.

Výhodný účinek vynálezu lze dosáhnout již relativně jednoduchým postupem a s nízkými náklady, když úsek, ve kterém působí omezení stoupaní křivky dalšího signálu na maximální hodnotu začíná a potom končí na maximální hodnotě, když hodnota výchozího regulačního signálu opět dosahuje momentální hodnoty dalšího signálu.

Ve výhodném vytvoření je řídící zařízení vytvořeno tak, že šířka oblasti, ve které další signál sleduje průběh

křivky výstupního regulačního signálu, je stanovena v závislosti na frekvenci otáček a kromě těchto oblastí je stoupání křivky dalšího signálu přednostně nulové.

Při relativně nízkofrekvenčních oscilacích, například při rezonančních frekvencích uložení, se rozkládá oblast, ve které další signál sleduje průběh křivky výstupního regulačního signálu po celém fázovém průběhu. Při frekvencích nad rezonančními frekvencemi uložení, přičemž jejich tlumení se nemůže ovlivnit, má také další oblast, ve které se vyvolává omezení stoupání a stoupání tím je v této další oblasti konstantní, podíl na fázovém průběhu dalšího signálu. Podíl jiné oblasti se zvýší se stoupající frekvencí otáček v míře, ve které se snižuje podíl první oblasti. Tím, že další signál periodicky opakovaně alespoň v jedné oblasti ještě sleduje výchozí regulační signál, zůstává signál fázově tuhý vzhledem k frekvenci otáček. Fáze se synchronizuje a minimalizuje se derivace.

Stanovení šířky a polohy první oblasti, ve které další signál sleduje průběh křivky výstupního regulačního signálu, a další oblasti, ve které se vyvolává ohraničení stoupání, je možné pomocí procesoru. Stejný efekt se může dosáhnout při malých nákladech bez potřeby přípravy výpočetní kapacity pomocí vhodného spínače.

Pomocí kondenzátoru zařazeného za řídicí zařízení se může jednoduchým způsobem odstranit stejnosměrný podíl signálu. Průchod nutační frekvence nastává bez zřetelné fázové chyby, respektive bez zřetelného fázového posunu. Nutace rotoru, zejména dopřádacího rotoru, se tak může účinně tlumit.

Přednostně je řídicí zařízení vytvořeno tak, že frekvenci otáček, při kterých sleduje křivka průběhu dalšího

signálu křivku průběhu výchozího regulačního signálu jen v oblasti jedné extrémní hodnoty, nebo obou extrémních hodnot, jsou minimálně dvakrát tak velké než směrodatná rezonanční frekvence bezdotykového uložení. Vysoké frekvence otáček, respektive vysoké oscilační frekvence vznikají například, když je rotor dopřádacím rotorem, který rotuje s vysokými provozními otáčkami. Tlumené nízkofrekvenční rezonanční oscilace zůstávají prakticky neporušené a tyto oscilace se mohou pomocí signálu používaného jako akční veličina účinně vyregulovat, respektive utlumit.

Přednostní je řídící zařízení k vytvoření nového signálu jako aritmetické střední hodnoty dvou dalších signálů, přičemž křivka průběhu výchozího regulačního signálu sleduje první další signál jen v oblasti jedné z obou extrémních hodnot a druhý další signál jen v oblasti další extrémní hodnoty a jako aritmetická střední hodnota vytvořený nový signál vhodně pokračuje jako akční řídící signál k výstupu na akční zařízení. Tímto způsobem lze docílit zlepšeného vyhlazení jako akční veličina používaného signálu, který vede k dalšímu snížení příkonu regulace uložení rotoru.

Kvazisymetrická konstrukce spínače se znaky nároku 8, 9 a 10 nevyžaduje žádné vysoké náklady na konstrukci a výrobu a rovněž výpočetní kapacity. A-D převodník, nebo D-A převodník nejsou při použití toho spínače potřebné, poněvadž se zpracování signálu může provést zcela analogově. Rozsah oblasti, ve které sleduje další signál výstupní regulační signál, se generuje samočinně v závislosti na frekvenci otáček.

Vytvoření ve spínači použitých odporů podle nároku 11 zlepšuje účinek zařízení podle vynálezu z hlediska zmenšení amplitudy.

Jestliže je bezdotykové uložení tvořeno aktivním uložením pomocí magnetů, mohou se použít existující aktivní prvky.

Účinek vyvolaný snížením amplitud odpovídá potlačení nevyváženosti. Jestliže se rotor otáčí kolem těžištní osy, respektive osy setrvačnosti, nedochází k žádnému průběžnému doregulování řízením akčních prvků. Výkon požadovaný pro regulaci polohy je relativně malý. Zařízení podle vynálezu představuje jednoduchý, velmi cenově příznivý a energii šetřící, přitom ale velmi účinný prostředek k regulaci polohy, respektive k aktivnímu tlumení při průběhu rezonančních frekvencí uložení, zvláště při nutaci bezdotykově uložených rotorů. Pomocí zařízení podle vynálezu lze dosáhnout vedle malé spotřeby energie rozšířené řiditelnosti a vyšší bezpečnosti provozu při radiálních regulacích uložení bezdotykově uloženého, rychle rotujícího rotoru, zejména dopřádacího rotoru.

Přehled obrázků na výkresech

Další jednotlivosti vynálezu jsou objasněny pomocí výkresů.

Na výkresech znázorňuje:

- obr. 1 zobrazení principu magnetického uložení dopřádacího rotoru,
- obr. 2 zapojení k omezení nárůstu dalšího signálu podle vynálezu,
- obr. 3 a 4 zjednodušeně znázorněný průběh napětí přiváděného na kondenzátor ze zapojení podle obr. 2,

- obr. 5 úsek graficky znázorněného oscilačního průběhu a rovněž znázornění z toho vyplývajících signálů,
- obr. 6 zobrazení oscilačního průběhu, který zobrazuje polohu dopřádacího rotoru rotujícího s vysokými otáčkami,
- obr. 7 signály ve zjednodušeném zobrazení, které vyplývají z oscilačního průběhu znázorněného na obr. 6,
- obr. 8 další signál, jehož stoupání je oblastně nulové a
- obr. 9 a 10 zobrazení principu řídicího zařízení podle vynálezu se zařazenými kondenzátory.

Příklady provedení vynálezu

Dopřádací rotor 1, znázorněný na obr. 1 je uchycen na rotorovém hřídeli 2 pomocí magnetického uložení 3. Poloha rotorového hřídele 2 se známým způsobem detekuje senzorovým zařízením opatřeným senzory 4, 5. Senzorové zařízení průběžně vytváří detekční signály, které vstupují do řídicího zařízení 6, které vydává příslušné signály. Senzorům 4, 5 přiřazené akční prvky 7, 8, 9, 10 mají magnetické cívky a slouží k dodržení požadované polohy dopřádacího rotoru 1. Hnací zařízení 11 uvádí dopřádací rotor 1 do rotačního pohybu. Akční zařízení má k ovládání akčních prvků 7, 8, 9, 10 vstup řídicího napětí U_{ST} z řídicího zařízení 6. Další příslušně působící, z důvodů zjednodušení neznázorněné senzory a akční prvky jsou umístěny přesazeně o 90° ve směru otáčení dopřádacího rotoru 1 vzhledem k senzorům 4, 5 a akčním prvkům 7, 8, 9, 10. Pro tyto akční prvky je rovněž akční zařízení vpředu popsaným způsobem připojeno k řídicímu signálu ve formě řídicího napětí U_{ST} z řídicího zařízení 6.

Ke generaci řídicího napětí U_{sr} je řídicí zařízení 6 opatřeno regulačním zařízením s D-podílem a rovněž spínačem 12 následujícím v proudovém obvodu k akčnímu zařízení, respektive k akčním prvkům 7, 8, 9, 10 za regulačním zařízením a znázorněným na obr. 2.

Napěťovým vstupem 13 spínače 12 vstupuje jako výstupní regulační signál z PD regulačního zařízení napětí U_E . Z napěťového vstupu 13 vychází dva paralelně probíhající proudové obvody 14, 15. V prvním proudovém obvodu 14 umístěnou první diodou 16 prochází proud, když na napěťový vstup 13 vstupuje vzhledem k momentální hodnotě na prvním kondenzátoru 22 kladné napětí U_E . První dioda 16 působí jako spínač. K výstupu první diody 16 je připojen první zdroj 18 konstantního proudu, přičemž první zdroj 18 konstantního proudu je připojen ke konstantnímu zápornému napěťovému zdroji 20. Záporný napěťový zdroj 20 z příkladu provedení podle obr. 2 dodává napětí například minus 10 voltů. První zdroj 18 konstantního proudu sestává známým způsobem z tranzistoru, jehož báze je v příkladu zásobována konstantním napětím, a emitorového odporu. Mezi výstupem první diody 16 a zeměním 26 je umístěn první kondenzátor 22 a mezi výstupem první diody 16 a napěťovým výstupem 27 je umístěn první odpor 24.

Druhý proudový obvod 15 je vytvořen kvazisymetricky k prvnímu proudovému obvodu 14. Druhou diodou 17 prochází proud, když na napěťový vstup 13 vstupuje vzhledem k momentální hodnotě na prvním kondenzátoru 22 záporné napětí U_E . K výstupu druhé diody 17 je připojen druhý zdroj 19 konstantního proudu, přičemž druhý zdroj 19 konstantního proudu je připojen ke konstantnímu kladnému napěťovému zdroji 21. Kladný napěťový zdroj 21 dodává napětí například plus 10 voltů. Mezi výstupem druhé diody 17 a zeměním 26 je umístěn druhý kondenzátor 23 a mezi výstupem druhé diody 17 a napěťovým výstupem 27 je

umístěn druhý odpor 25.

Prahová hodnota diod 16, 17 činí v příkladu provedení cca 0,6 voltů. Kondenzátory 22, 23 a odpory 24, 25 jsou příslušně dimenzovány stejně velké. Přitom jsou odpory 24, 25 tak velké, že v odporech 24, 25 protékající proudy jsou zřetelně menší než proudy tekoucí v příslušných zdrojích 18, 19 konstantního proudu.

V neznázorněném alternativním provedení spínače 12 mohou být zdroje 18, 19 konstantního proudu ke zjednodušení vytvořeny pouze jako odpory.

Činnost spínače 12 je objasněna v následujícím. Výstupní regulační signál z PD-regulačního zařízení řídícího zařízení 6, který je reperezentován kladným napětím, je veden napěťovým vstupem 13 a první diodou 16 k působení na první kondenzátor 22 kladným napětím. Výstupní regulační signál, který je naproti tomu záporný, je veden druhou diodou 17 k působení na druhý kondenzátor 23 záporným napětím. Na základě napájení konstatními proudy ze zdrojů 18, 19 konstantního proudu odpovídá napětí na prvním kondenzátoru 22 napětí U_E , zmenšenému o prahové napětí první diody 16. Analogicky k tomu odpovídá napětí na druhém kondenzátoru 23 napětí U_E zvětšenému o prahové napětí druhé diody 17. Pomocí odporů 24, 25, působících jako měnič napětí, se na napěťovém výstupu 27 nastaví jako výstupní napětí U_A opět napětí ve stejné velikosti jako napětí U_E , to znamená napětí U_E je střídavým napětím s nízkou frekvencí a nízkou amplitudou, napětí U_E a napětí U_A zůstávají opět v podstatě stejné.

Když nárůst oscilace, reprezentující polohu rotoru, respektive výstupní regulační signály, v závislosti na frekvenci a amplitudě překračují stanovenou hodnotu, která je

předem stanovena jako maximální hodnota, odpovídá křivkou znázorněný průběh napětí 28 na prvním kondenzátoru 22 v principu vyobrazení na obr. 3 a křivkou znázorněný průběh napětí 29 na druhém kondenzátoru 23 v principu vyobrazení na obr. 4. Tím se na napěťovém výstupu 27 nastaví pro napětí U_A podstatně menší amplituda než pro napětí U_B . Tento průběh napětí vstupuje na kondenzátory 22, 23 tehdy, když nárůst dU/dt napětí, znázorněný jako křivka na časové ose, na napěťovém vstupu 13 je větší než nárůst jako křivka znázorněného průběhu napětí na kondenzátorech 22, 23. Hodnota stoupání jako křivka zobrazeného průběhu napětí na kondenzátorech 22, 23 a tím maximální hodnota pozitivního, nebo negativního nárůstu je stanovena velikostí proudového toku udržovaného zdroji 18, 19 konstantního proudu a kapacitou kondenzátorů 22, 23. Z tohoto napětí se odvodí akční řídicí signál. Frekvence otáčení dopřádacího rotoru 1 může například činit 2 kHz a otáčky dopřádacího rotoru 1 mohou činit 120 000 ot/min.

Jestliže doplňkově na napěťový vstup 13 vstupuje napětí U_z , vytvořené jako střídavé napětí nižší frekvence, je toto střídavé napětí s nižší frekvencí v protikladu ke střídavému napětí odvozenému z vysokofrekvenčního signálu na napěťovém výstupu 27. Pomalý nutační pohyb dopřádacího rotoru 1, který se například na základě vyhodnocení signálů o poloze dopřádacího rotoru 1 eviduje jako nízkofrekvenční oscilace, tím lze optimálně tlumit. Pro regulaci polohy dopřádacího rotoru 1 potřebná energie je udržována na nízké úrovni a zabraňuje přetížení akčních prvků 7, 8, 9, 10 a zesilovače připojeného k akčním prvkům 7, 8, 9, 10.

Obr. 5 příkladně zobrazuje úsek křivky, která znázorňuje výstupní regulační signál 30 jako oscilační napěťovou křivku, přičemž průběh této oscilace je závislý na rotorových otáčkách a poloze dopřádacího rotoru 1 a

reperesentuje výstupní regulační signál 30. V oblasti maxima 31 amplitudy se podle vynálezu zavádí první další signál 32 z napětí na prvním kondenzátoru 22. V prvním úseku sleduje křivka prvního dalšího signálu 32 ve své stoupající oblasti 33 průběh křivky výstupního regulačního signálu 30 až k maximu 31 amplitudy. Jestliže překročí stoupání křivky výstupního regulačního signálu 30 naproti tomu v klesající oblasti 34 za maximem 31 amplitudy, respektive negativní stoupání stanovenou hodnotu, má křivka prvního dalšího signálu 32 ve své klesající oblasti 35 prvního dalšího signálu 32 průběh přímky s klesáním, které odpovídá této stanovené hodnotě. Křivka prvního dalšího signálu 32 reperesentuje ve své přímkové, klesající oblasti prvního dalšího signálu 32 vybití prvního kondenzátoru 22. Když křivka výstupního regulačního signálu 30 kříží v průsečíku 36 první další signál 32, to znamená když překračuje napětí U_E , reprezentující křivku výstupního regulačního signálu 30, napětí prvního kondenzátoru 22, ukončí se vybíjení prvního kondenzátoru 22 a první kondenzátor 22 se opět nabíjí. Křivka prvního dalšího signálu 32 od průsečíku 36 opět sleduje průběh křivky výstupního regulačního signálu 30 a začíná nový cyklus.

Druhý další signál 37 se vytvoří v oblasti minima 38 amplitudy. Křivka druhého další signálu 37 sleduje v první oblasti 39, ve které klesá, respektive stoupání je negativní, až k minimu 38 amplitudy průběh výstupního regulačního signálu 30. Jestliže naproti tomu stoupání křivky výstupního regulačního signálu 30 za minimem 38 amplitudy překročí v další stoupající oblasti 40 stanovenou hodnotu, má křivka druhého dalšího signálu 37 ve stoupající oblasti 41 druhého dalšího signálu 37 průběh přímky se stoupáním, které odpovídá této stanovené hodnotě.

Křivka druhého dalšího signálu 37 reprezentuje v přímkové, stoupající oblasti 41 druhého dalšího signálu 37

vybití prvního kondenzátoru 22. Jestliže kříží křivka druhého dalšího signálu 37 křivku výstupního regulačního signálu 30 ve druhém průsečíku 42, sleduje křivka druhého dalšího signálu 37 od druhého průsečíku 42 opět průběh křivky výstupního regulačního signálu 30 a začíná nový cyklus.

Mírný rozdíl mezi průběhem křivky výstupního regulačního signálu 30 a prvního dalšího signálu 32 v oblasti maxima 31 amplitudy, respektive druhého dalšího signálu 37 v oblasti minima 38 amplitudy vyplývá z prahových hodnot diod 16, 17. Tento mírný rozdíl je zanedbatelně malý.

Každý z obou dalších signálů 32, 37 by se mohl sám použít k regulaci polohy, respektive k tlumení. Jestliže se však, jak je shora uvedeno, vytvoří z obou dalších signálů 32, 37 aritmetická střední hodnota jako nový signál 43, může se amplituda nového signálu 43 ve srovnání s amplitudami obou dalších signálů 32, 37 zmenšit a křivka průběhu nového signálu 43 bude hladší. Vyhlazením průběhu křivky nového signálu 43 lze docílit další energetické úspory.

Jak obr. 5, tak také obr. 6 znázorňují pomocí křivky 44 průběh napětí ve formě oscilace, přičemž také zde je průběh této oscilace závislý na rotorových otáčkách a poloze dopřádacího rotoru 1 a reprezentuje výstupní regulační signály. Ve znázornění na obr. 6 je nízkofrekvenční oscilace, jaká je vyvolána například relativně pomalým nutačním pohybem dopřádacího rotoru 1, superponována s vysokofrekvenční oscilací závislou na rotorových otáčkách. Průběh nízkofrekvenční oscilace je snadno zjistitelný a je znázorněn čarou 46, která je tečná k amplitudovým maximům 45 a další čarou 48, která je kolmá k amplitudovým minimům 47.

Stejným způsobem jako je objasněno pomocí obr. 5, se

vytváří při omezení stoupání z průběhu křivky 44 v dalších klesajících oblastech 50 v návaznosti na amplitudová maxima 45 třetí další signál 49 s průběhem křivky, znázorněným na obr. 7. Obdobně se vytváří průběh čtvrtého dalšího signálu 51 při omezení stoupání z průběhu křivky 44 v další stoupající oblasti 52 v návaznosti na amplitudové minimum 47.

Ve zjednodušeném znázornění na obr. 7 jsou amplitudová maxima průběhu křivky třetího dalšího signálu 49 a amplitudová minima čtvrtého dalšího signálu 51 znázorněna jako špičky. Ve skutečnosti nejsou amplitudová maxima průběhu křivky třetího dalšího signálu 49 a amplitudová minima průběhu křivky čtvrtého amplitudového signálu 51 v podobě špiček, nýbrž jsou zaoblena jako amplitudová maxima 45 a amplitudová minima 47 křivky 44.

Jestliže se oba další signály 49, 51 složí a vytvoří se z nich aritmetická střední hodnota, vznikne další nový signál 53, ze kterého se odvozuje akční veličina. Vznik idealizovaně znázorněného dalšího nového signálu 53 může nastat pomocí děličů napětí, respektive odporů, nebo pomocí počítače.

Průběhem křivky dalšího nového signálu 53 je vyobrazena stejná nízkofrekvenční oscilace jako křivkou 44. Jen amplituda průběhu křivky dalšího nového signálu 53 je zřetelně menší než amplituda křivky 44. Tím je další nový signál 53 podstatně vhodnější jako akční veličina pro regulaci polohy než výchozí regulační signály, z nichž je odvozena křivka 44. Zmenšení amplitud nastává při relativně malé fázové chybě, respektive při fázové chybě, která leží blízko nuly a je tolerovatelná.

Z hlediska otáček flexibilně vytvořený spínač 12 dovoluje jednoduchým a energií spořicím způsobem provést účinnou regulaci polohy, respektive účinné tlumení.

Obr. 8 znázorňuje jako obr. 5 výstupní regulační signál 30 v podobě křivky. Pátý další signál sleduje křivku výstupního regulačního signálu 30 až k bodu 60. Mezi bodem 60 a dalším bodem 63 je v úseku 62 stoupání pátého dalšího signálu 59 nulové. Křivka pátého dalšího signálu 59 sleduje od dalšího bodu 63 opět křivku výstupního regulačního signálu 30 v oblasti maxima 31 amplitudy a začíná nový cyklus. Pátý další signál 59 se generuje z výstupních regulačních signálů 30 pomocí procesoru, který je součástí řídicího zařízení 6. Poloha bodu 60 a dalšího bodu 63 uvnitř cyklů je stanovena v závislosti na frekvenci. Signál odpovídající pátému dalšímu signálu 59 se může generovat také za použití minima 38 amplitudy místo maxima 31 amplitudy.

Obr. 9 a 10 ukazují vytvoření, u nichž je za řídicí zařízení 6 připojen alespoň jeden kondenzátor 54, 55, 56, 57, 58. Pomocí kondenzátoru 54, 55, 56, 57, 58, zařazeného za řídicí zařízení 6 se odstraňuje stejnosměrný podíl signálu. Obr. 9 ukazuje kondenzátor 54, 55, 56, 57, který je zapojen s akčními prvky 7, 8, 9, 10 v řadě a je umístěn mezi řídicím zařízením 6 a akčními prvky 7, 8, 9, 10. Kondenzátor může také být v neznázorněné podobě provedení umístěn uvnitř řídicího zařízení 6.

Obr. 10 znázorňuje další podobu provedení, u kterého je zařazen společně za akční členy 7, 8, 9, 10 jednotlivý kondenzátor 58. Uvolnění podílu stejnosměrného proudu vede zejména při nesymetrickém průběhu křivky signálu k přemístění střední hodnoty signálu k nulovému bodu. Odstraněním podílu stejnosměrného proudu se odlehčí akčním členům 7, 8, 9, 10.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Zařízení k regulaci radiálního uložení bezdotykově uloženého rychloběžného rotoru, zejména dopřádacího rotoru (1), které sestává ze senzorového zařízení k průběžnému vytváření signálů o poloze dopřádacího rotoru (1) a řídicího zařízení (6) ke zpracování signálu o poloze dopřádacího rotoru (1), přičemž řídicí zařízení (6) obsahuje regulátor, který vydává na frekvenci otáček závislý výstupní signál generovaný ze signálů o poloze dopřádacího rotoru (1), který se používá pro řízení akčního zařízení, vyznačující se tím, že řídicí zařízení (6) je opatřeno k vytvoření dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59) pro generaci akčního řídicího signálu, který při frekvenci otáček dopřádacího rotoru (1) pod a v oblasti rezonančních frekvencí bezdotykového uložení sleduje průběh křivky (44) výstupního regulačního signálu (30) a který nad těmito rezonančními frekvencemi sleduje průběh křivky (44) výstupního regulačního signálu (30) jen v oblasti alespoň jedné z obou extrémních hodnot (31, 45, 38, 47), čímž je amplituda dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59) menší než amplituda na frekvenci otáček závislého výstupního regulačního signálu (30), přičemž další signál (32, 49, 37, 51, 59) na frekvenci otáček závislé oscilace bez změny zobrazuje superponované, nízkofrekvenční oscilace výstupního regulačního signálu (30).
2. Zařízení podle nároku 1, vyznačující se tím, že řídicí zařízení (6) je vytvořeno tak, že se redukce amplitudy na frekvenci otáček závislé oscilace dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59) vzhledem k amplitudě na frekvenci otáčkách závislé oscilace výstupního regulačního signálu (30) dosáhne tím, že se mimo oblasti, ve kterých další signál (32, 49, 37, 51, 59) sleduje průběh výstupního regulačního

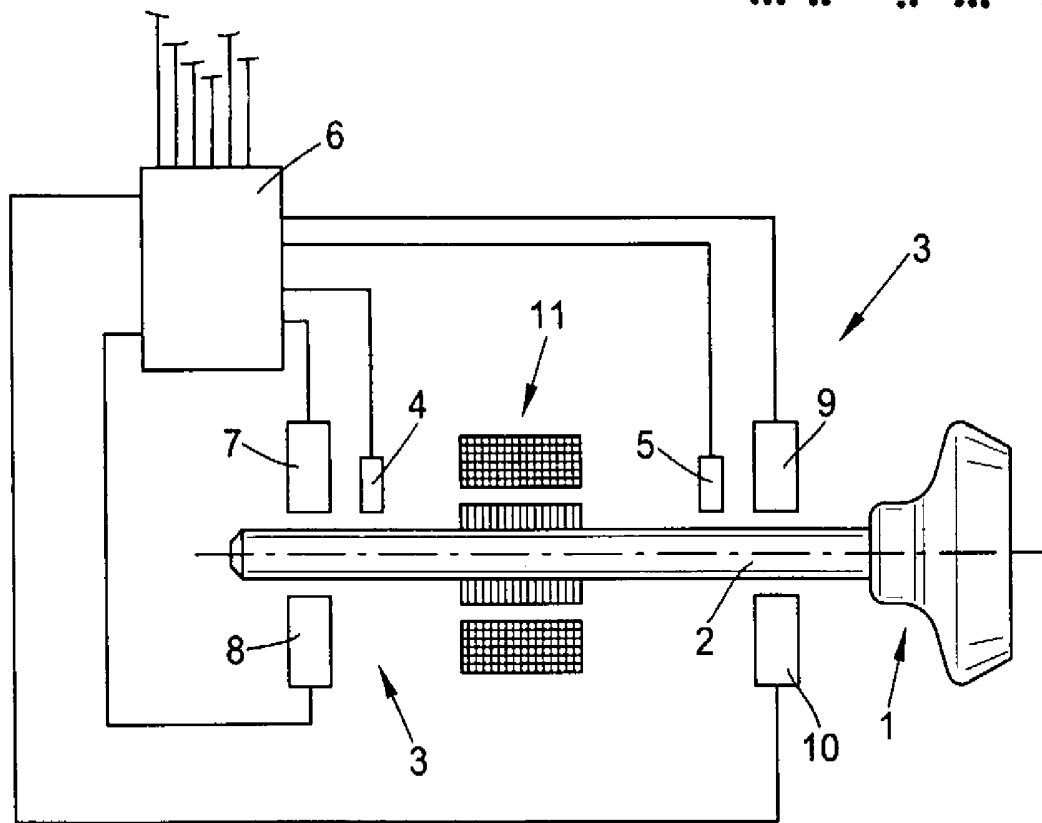
signálu (30), omezí hodnota stoupání křivky dalšího signálu na maximální hodnotu.

3. Zařízení podle nároku 2, vyznačující se tím, že úsek, ve kterém je omezeno stoupání křivky dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59) na maximální hodnotu, začíná a končí u extrémní hodnoty, když hodnota výstupního regulačního signálu (30) dosahuje momentální hodnoty dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59).
4. Zařízení podle nároku 2, vyznačující se tím, že řídicí zařízení (6) je vytvořeno tak, že šířka oblasti, ve které další signál (32, 49, 37, 51, 59) sleduje průběh křivky výstupního regulačního signálu (30), je stanovena v závislosti na frekvenci otáček a mimo tyto oblasti je stoupání křivky dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59) nulové.
5. Zařízení podle jednoho z předchozích nároků, vyznačující se tím, že za řídicí zařízení (6) je připojen alespoň jeden kondenzátor (54).
6. Zařízení podle jednoho z předchozích nároků, vyznačující se tím, že frekvence otáček, při kterých průběh křivky dalšího signálu (32, 49, 37, 51, 59) sleduje průběh křivky výstupního regulačního signálu (30) jen v oblasti jedné z obou extrémních hodnot, je alespoň dvojnásobně velká jako rozhodující rezonanční frekvence bezdotykového uložení.
7. Zařízení podle jednoho z nároků 1 až 3, vyznačující se tím, že řídicí zařízení je opatřeno k vytvoření nového signálu (43, 53) jako aritmetické střední hodnoty dvou dalších signálů (37, 51, 32, 49), přičemž průběh křivky výstupního regulačního signálu (30) sleduje další signál (37, 51) jen

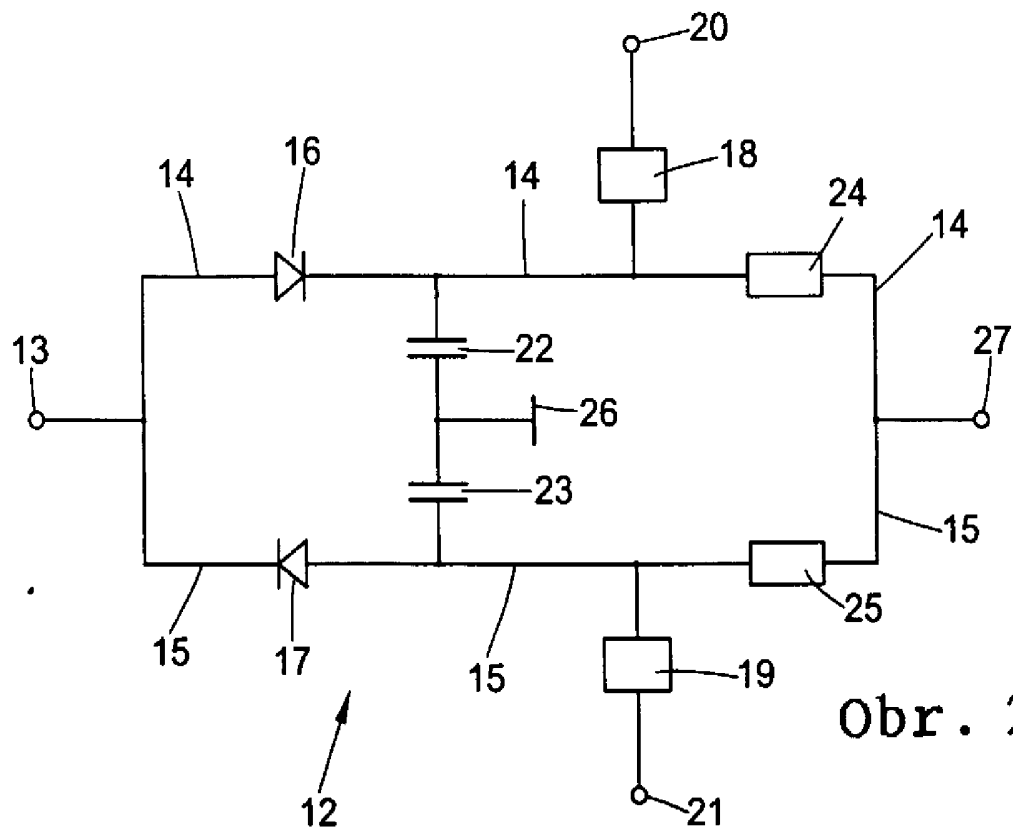
v oblasti jedné z obou extrémních hodnot a zbývající další signál (32, 49) jen v oblasti druhé extrémní hodnoty a jako střední hodnota vytvořený nový signál pokračuje jako akční řídicí signál pro akční zařízení.

8. Zařízení podle jednoho z předchozích nároků, vyznačující se tím, že řídicí zařízení (6) má kvazisymetrický spínač (12) k vytvoření nového signálu (43, 53).
9. Zařízení podle nároku 8, vyznačující se tím, že kvazisymetrický spínač (12) má v každé větvi alespoň jednu diodu (16, 17), kondenzátor (22, 23), jehož kapacita stanoví maximální hodnotu stoupání pro oblast, ve které je omezení účinné, zdroj (18, 19) konstantního proudu a odpor (24, 25).
10. Zařízení podle nároku 9, vyznačující se tím, že spínač (12) sestává mezi napěťovým vstupem (13) a napěťovým výstupem (27) ze dvou paralelních proudových obvodů (14, 15), z nichž každý je tvořen diodou (16, 17), přičemž první dioda (16) prvního proudového obvodu (14) je proudově propustná, když je na napěťovém vstupu (13) a tím na vstupu první diody (16) kladné napětí a druhá dioda (17) druhého proudového obvodu (15) je proudově propustná, když je na napěťovém vstupu (13) záporné napětí, přičemž k výstupu diod (16, 17) je připojen zdroj (18, 19) konstantního proudu, z nichž první zdroj (18) konstantního proudu, zapojený v prvním proudovém obvodu (14), je zdrojem záporného proudu a druhý zdroj (19) konstantního proudu, zapojený ve druhém proudovém obvodu (15), je zdrojem kladného proudu, a mezi výstupem diod (16, 17) a zeměním (26) je zapojen kondenzátor (22, 23) a mezi výstupem diod (16, 17) a napěťovým výstupem (27) je zapojen odpor (24, 25).

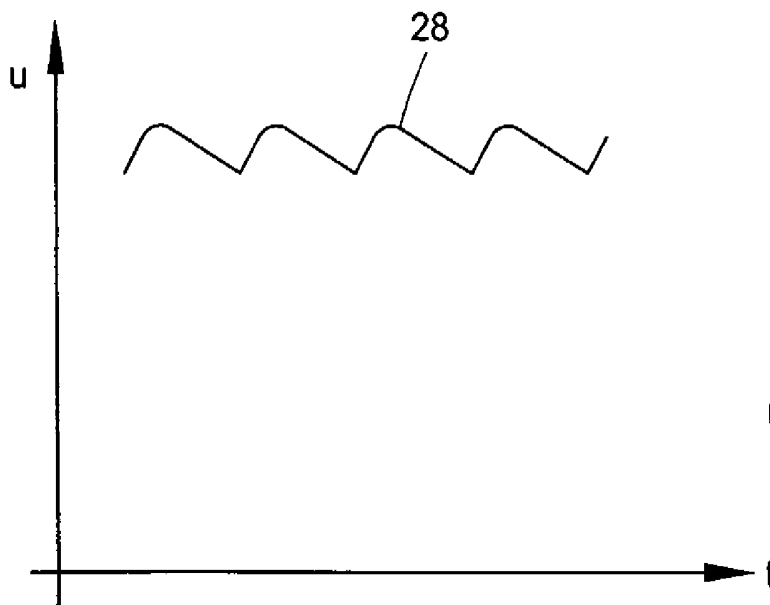
10. Zařízení podle nároku 9, vyznačující se tím, že odpory (24, 25) jsou dimenzovány tak, že proudy protékající odporem (24, 25) jsou menší než proudy tekoucí v přiřazených zdrojích (18, 19) konstantního proudu.



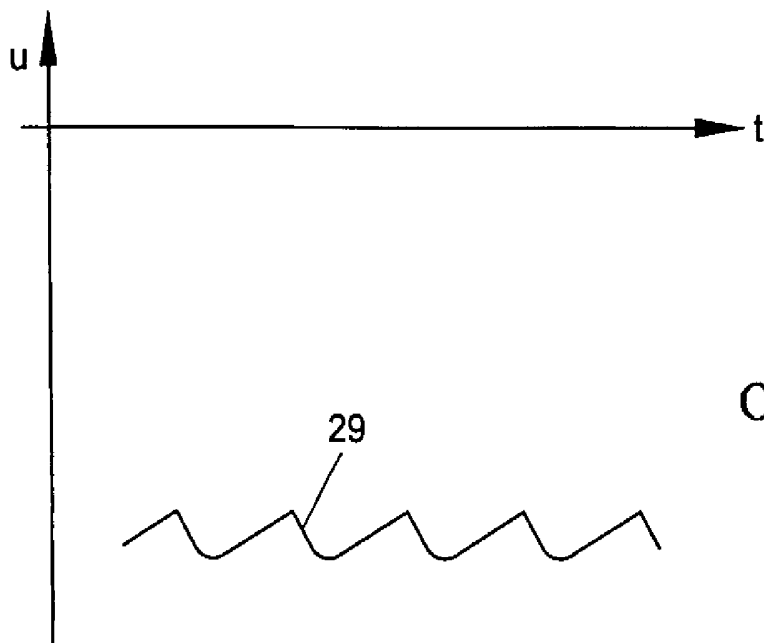
Obr. 1



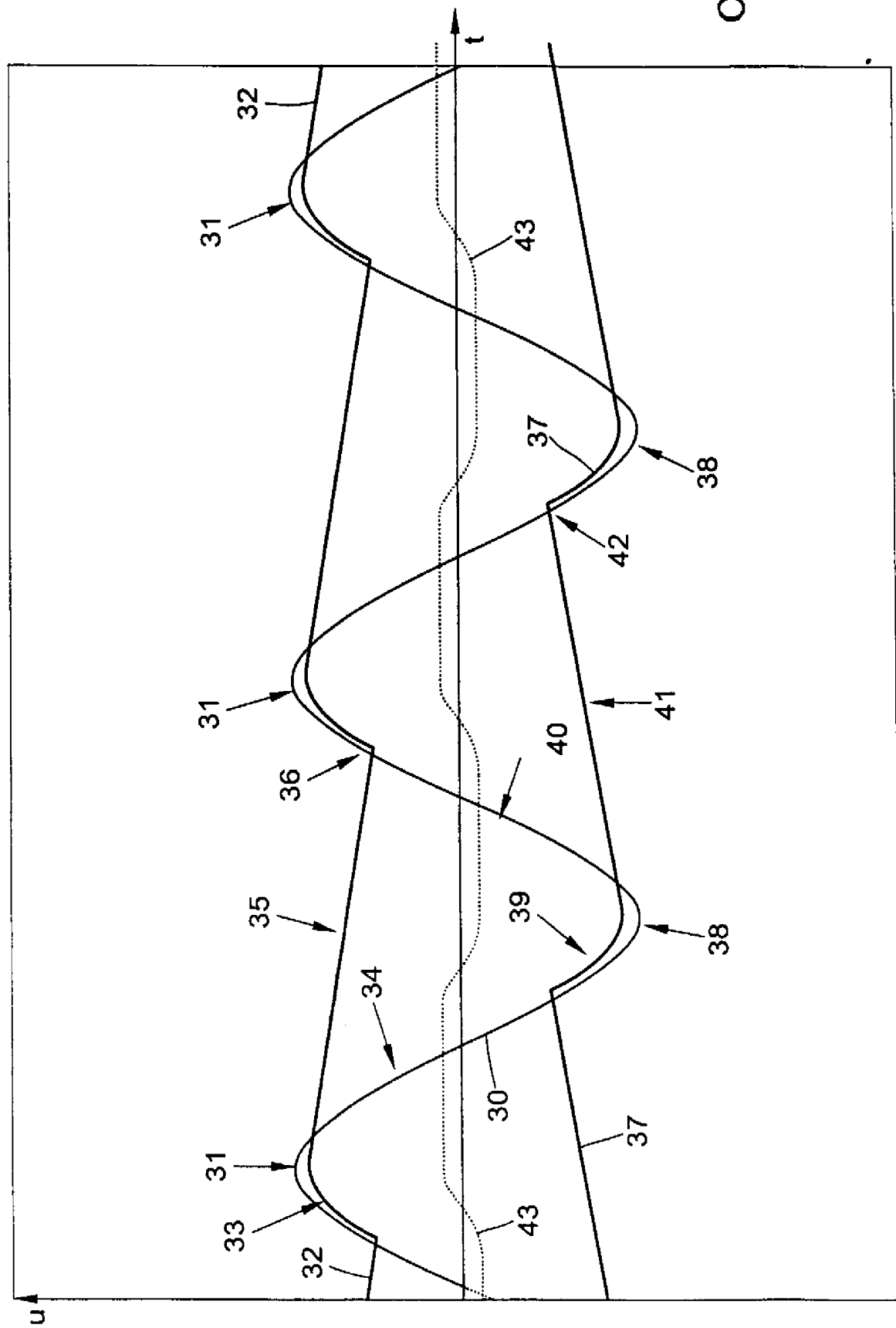
Obr. 2

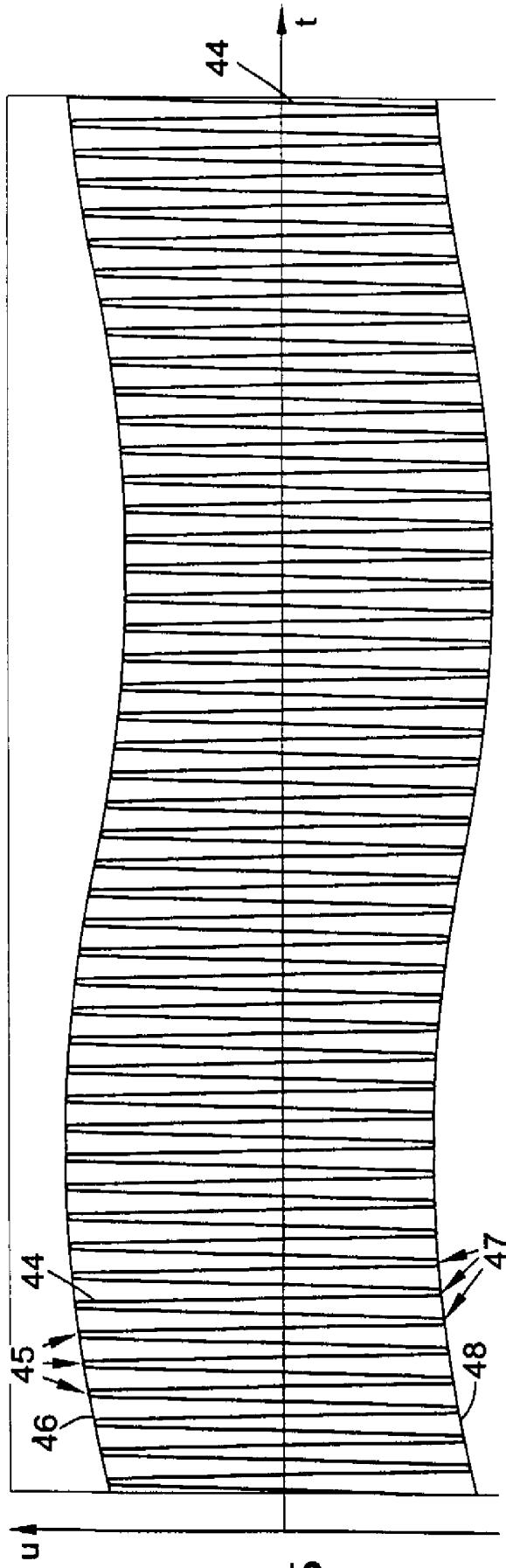


Obr. 3

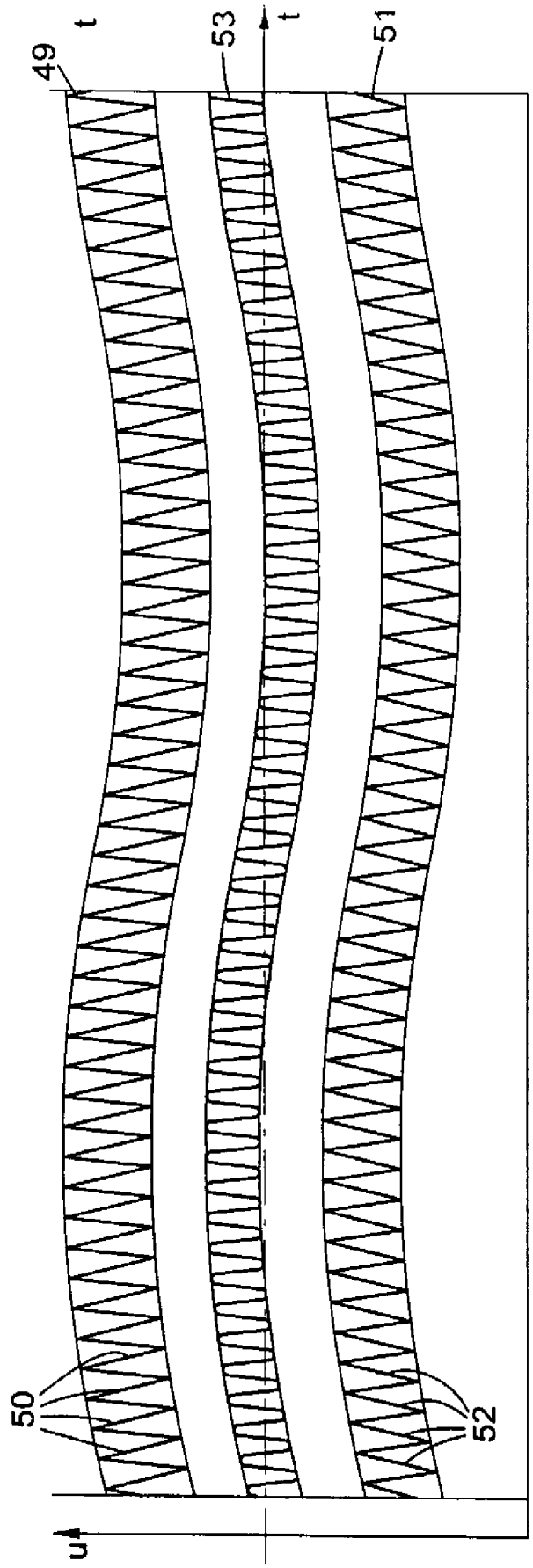


Obr. 4

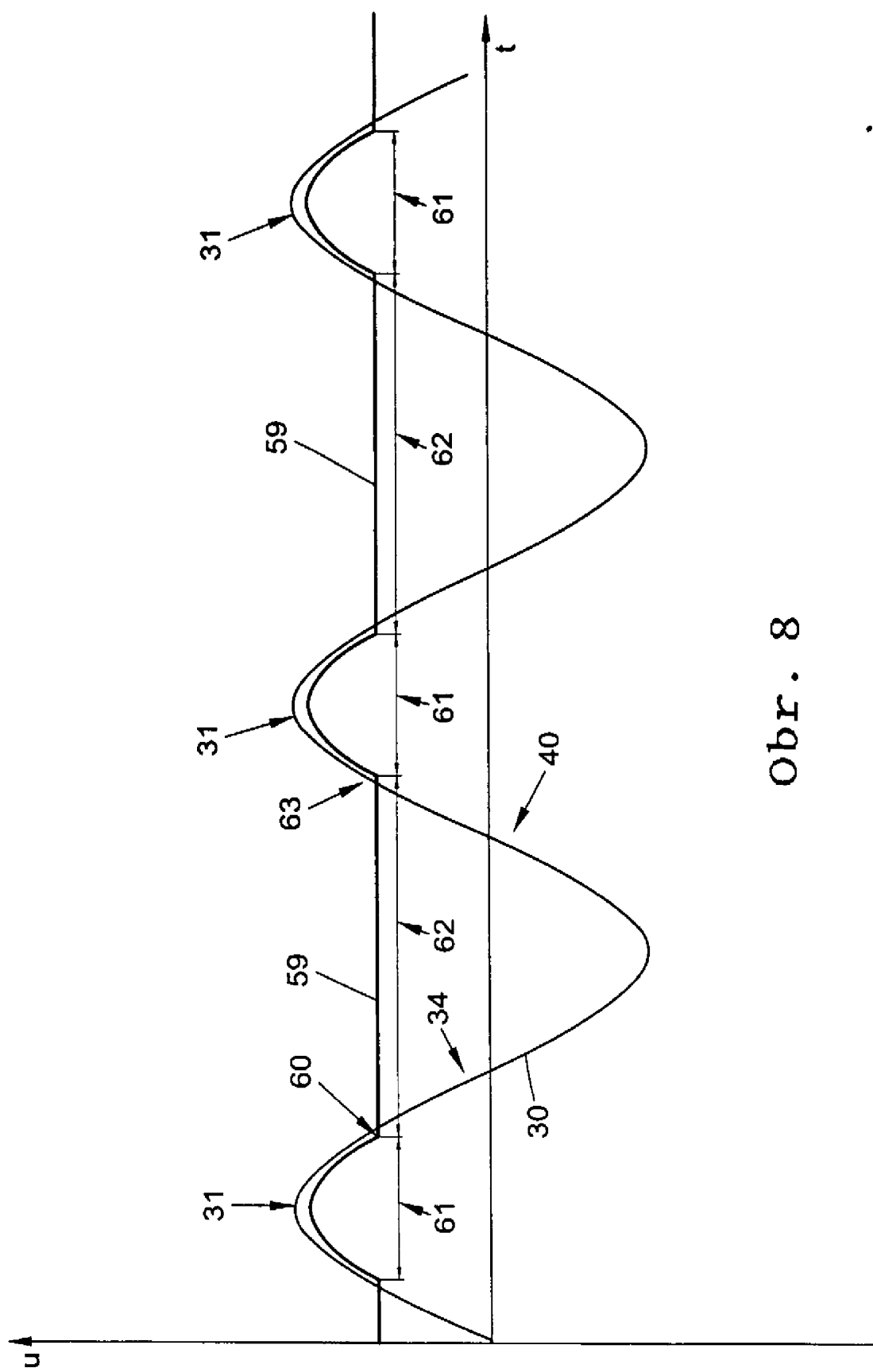




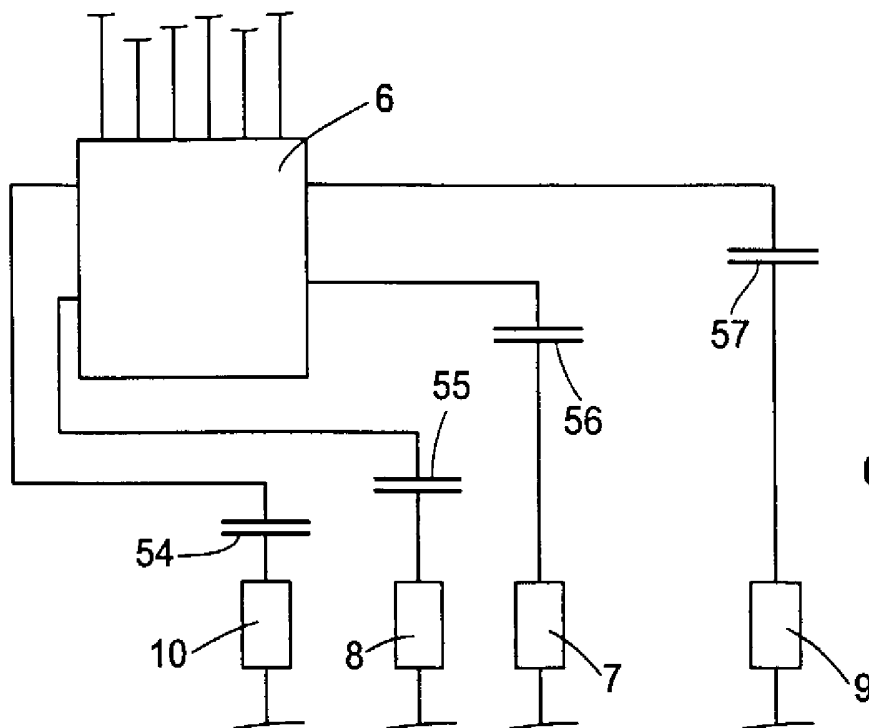
Obr. 6



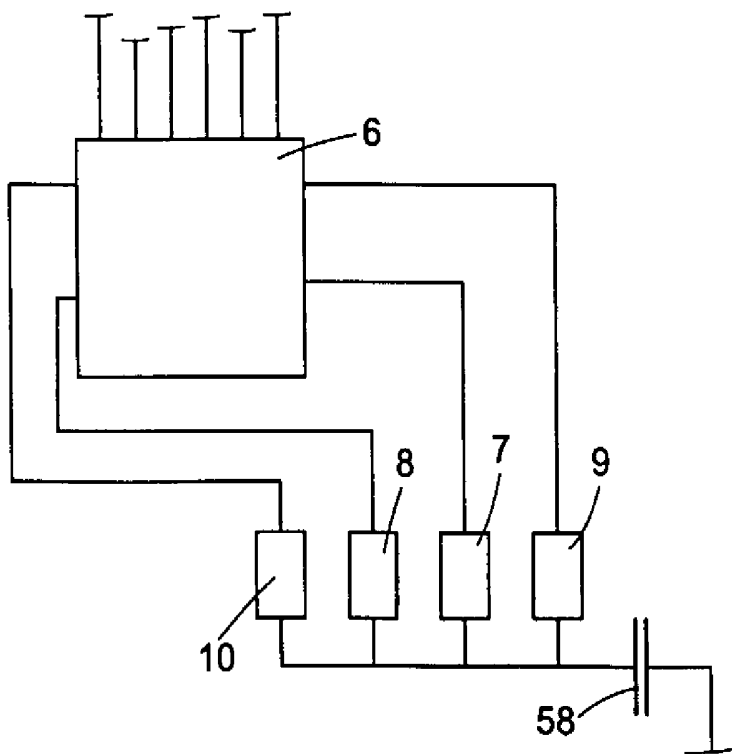
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



Obr. 10