

G01H 11/00 (2006.01)

G01H 11/08 (2006.01)

G01H 11/06 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKAÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

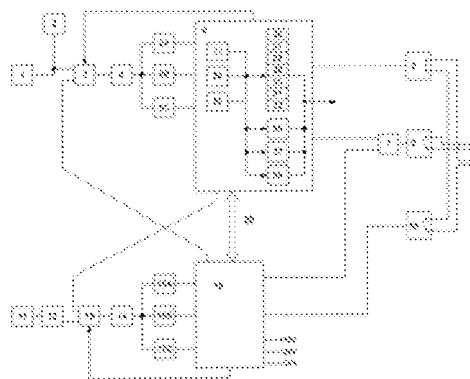
(21) Číslo přihlášky: 2017-128
(22) Přihlášeno: 08.03.2017
(40) Zveřejněno: 19.09.2018
(Věstník č. 38/2018)
(47) Uděleno: 03.02.2021
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 17.03.2021
(Věstník č. 11/2021)

(56) Relevantní dokumenty:
(Implementation of a self-sensing piezoelectric actuator for vibro-acoustic active control; A. Pelletier, P. Micheau, A. Berry; Proceedings of the SPIE - The International Society for Optical Engineering (2014) Vol. 9061, 906149 (10 pp.) p., ISSN: 0277-786X; <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9061/1/Implementation-of-a-self-sensing-piezoelectric-actuator-for-vibro-acoustic/10.1117/12.2044550.short?SSO=1>) 02.06.2015.
CZ 306853 B6; CZ 24322 U1; US 2007101814 A1; US 5792956 A; DE 3609822 A1.

(73) Majitel patentu:
ViDiTech spol. s r.o., Brno, Medlánky, CZ
(72) Původce:
Ing. Jiří Habanec, Brno, CZ
Dominik Dráb, Lipany, SK
(74) Zástupce:
KANIA SEDLÁK SMOLA patentová kancelář,
Ing. Veronika Zemanová, Mendlovo nám. 1a,
603 00 Brno

(54) Název vynálezu:
Zařízení pro snímání vibrací

(57) Anotace:
Zařízení pro snímání vibrací zahrnuje pouzdro, ve kterém jsou piezoelektrický snímač (1) vibrací, první filtr (4), první zesilovač (5A, 5B, 5C) a digitální signální procesor (6, 16), přičemž piezoelektrický snímač (1) vibrací je propojený s digitálním signálním procesorem (6, 16) přes první filtr (4) a první zesilovač (5A, 5B, 5C); kapacitní snímač (11) vibrací, druhý filtr (14) a druhý zesilovač (15A, 15B, 15C), přičemž kapacitní snímač (11) vibrací je propojený s digitálním signálním procesorem (6, 16) přes druhý filtr (14) a druhý zesilovač (15A, 15B, 15C). Digitální signální procesor (6, 16) zahrnuje první soustavu bloků, která obsahuje blok (33) analýzy signálu, blok (34) vyhodnocování trendů a blok (35) výpočtu predikce veličin, a druhou soustavu bloků, která je propojená s první soustavou bloků a která obsahuje blok (26) identifikace nevyváhy, blok (27) identifikace chyby základu, blok (28) identifikace chyby ložiska, blok (29) identifikace chyby spojky a blok (30) zbytkových neidentifikovaných složek. Na pouzdře je uspořádané zobrazovací zařízení, které je propojené s bloky druhé soustavy bloků pro indikaci jednotlivých vad identifikovaných bloky druhé soustavy.



Zařízení pro snímání vibrací

Oblast techniky

5

Vynález se týká zařízení pro snímání vibrací, zejména u točivých strojů.

Dosavadní stav techniky

10

Ze stavu techniky jsou známy různé typy zařízení výše uvedeného druhu. Například český užitečný vzor č. CZ 17793 U1 popisuje snímač vibrací s integrovaným teplotním čidlem, český patent č. CZ 301782 B6 popisuje výrobně jednoduché, a přitom prostorově nenáročné pouzdro snímače vibrací. Jak je popsáno v užitém vzoru č. CZ 24322 U1 používá se pro vibrodiagnostiku točivých strojů obvykle dvojice zařízení pro snímání vibrací, z nichž každé se upevní k jednomu z dvojice ložisek sledovaného točivého stroje. V uvedeném známém zařízení je pak uspořádán jeden snímač (například akcelerometr), který odesílá signál do vyhodnocovacího procesoru. Vzhledem ke stále se zvyšujícím požadavkům na bezpečnost a bezporuchovost přístrojů je žádoucí navrhnout takové zařízení pro snímání vibrací, které by bylo odolné vůči různým typům poškození, resp. které by zajišťovalo správnou funkci i v případě selhání jedné z jeho částí a umožňovalo včas odhalit takovát selhání jednotlivých komponent.

Dále je velkou nevýhodou zařízení pro snímání vibrací dosavadního stavu techniky, že tato zařízení, pokud mají kromě zabezpečovací funkce plnit i funkci diagnostickou, musí být napojena na počítač s komplexním vyhodnocovacím softwarem, případně musí výstupy z dosavadních zařízení vyhodnocovat odborník důkladně znalý oboru, zatímco běžná obsluha točivých strojů, na kterých se vibrace měří, není z uvedených výstupů schopna určit typ vady a případně typ potřebné ochrany.

30

Podstata vynálezu

Výše uvedený úkol je vyřešen zařízením pro snímání vibrací, které podle tohoto vynálezu zahrnuje pouzdro, ve kterém jsou upevněny:

35

– piezoelektrický snímač vibrací, první filtr, alespoň jeden první zesilovač a alespoň jeden digitální signální procesor, přičemž piezoelektrický snímač vibrací je propojený s digitálním signálním procesorem přes první filtr a první zesilovač, a

40

– kapacitní snímač vibrací, druhý filtr a alespoň jeden druhý zesilovač, přičemž kapacitní snímač vibrací je propojený s digitálním signálním procesorem přes druhý filtr a druhý zesilovač,

přičemž alespoň jeden digitální signální procesor zahrnuje první soustavu bloků, která obsahuje blok analýzy signálu, blok vyhodnocování trendů a blok (35) výpočtu predikce veličin, a druhou soustavu bloků, která je propojená s první soustavou bloků a která obsahuje alespoň tři bloky ze skupiny obsahující blok identifikace nevyváhy, blok identifikace chyby základu, blok identifikace chyby ložiska, blok identifikace chyby spojky a blok zbytkových neidentifikovaných složek,

– a přičemž na pouzdře je uspořádané zobrazovací zařízení, které je propojené s bloky druhé soustavy bloků a které je uzpůsobené pro indikaci jednotlivých vad identifikovaných bloky druhé soustavy.

Zařízení s výhodou dále obsahuje multiplexor, přes který jsou první zesilovač a druhý zesilovač propojeny s digitálním signálním procesorem.

55

Ve zvlášť výhodném provedení je zobrazovacím zařízením soustava LED diod, z nichž každá je propojená s jedním z bloků druhé soustavy a uzpůsobená k indikaci vady identifikované jí přiřazeným blokem.

- 5 Výhodné provedení zařízení obsahuje první digitální signální procesor pro analýzu signálu z piezoelektrického snímače vibrací a druhý signální digitální procesor pro analýzu signálu z kapacitního snímače vibrací.

10 S výhodou jsou první a druhý digitální signální procesor navzájem propojené přes sériovou komunikační sběrnici.

Rovněž je výhodné, když zařízení dále obsahuje sčítací jednotku, která je propojená s prvním i druhým digitálním signálním procesorem a s relé bezporuchového stavu.

- 15 Ve zvlášť výhodném provedení zařízení podle tohoto vynálezu obsahuje první relé překročení maximální povolené hodnoty vibrací, které je propojené s prvním digitálním signálním procesorem a druhé relé překročení maximální povolené hodnoty vibrací, které je propojené s druhým digitálním signálním procesorem.

20 Zařízení podle tohoto vynálezu může dále obsahovat první multiplexor zapojený mezi piezoelektrickým snímačem a prvním digitálním signálním procesorem a druhý multiplexor zapojený mezi kapacitním snímačem a druhým digitálním signálním procesorem, přičemž první digitální signální procesor je propojený s druhým multiplexorem a druhý digitální signální procesor je propojený s prvním multiplexorem pro vysílání testovacích signálů.

25 A dále může zařízení obsahovat teplotní snímač, který je propojený s digitálním signálním procesorem.

30 Objasnění výkresů

Vynález je dále popsán na základě výkresů, kde na obr. 1 je schematicky znázorněno zapojení prvního příkladného provedení zařízení pro snímání vibrací a na obr. 2 zapojení druhého příkladného provedení.

35

Příklady uskutečnění vynálezu

40 Příkladné zařízení pro snímání vibrací obsahuje pouzdro, z něhož vystupuje jednak přípojovací tm s vnějším závitem pro upevnění zařízení k měřenému povrchu, a jednak kabel pro připojení zařízení k vyhodnocovacímu a/nebo zobrazovacímu přístroji, kterým může být počítač nebo mobil. V pouzdře je pak uložena sestava, jejíž zapojení je znázorněno na výkrese.

45 V pouzdře zařízení je tedy upevněný piezoelektrický snímač 1 vibrací, který je propojený jednak se zdrojem 2 proudu a jednak s prvním multiplexorem 3, který je zase propojený s prvním filtrem 4. První filtr 4 je propojený s první soustavou zesilovačů 5A, 5B, 5C, které jsou všechny zapojeny do prvního digitálního signálního procesoru 6.

50 První digitální signální procesor 6 je dále propojený s prvním relé 8 překročení maximální povolené hodnoty vibrací, jehož kontakty ovládají neznázorněný hlídání stroj (obecně ho mohou alespoň vypnout).

Dále je digitální signální procesor 6 propojen s neznázorněným zobrazovacím zařízením, které je uspořádáno na zařízení pro snímání vibrací.

55

První digitální signální procesor 6 je rovněž propojený s prvním multiplexorem 3 za účelem jeho ovládání.

V prvním digitálním signálním procesoru 6 je uspořádána první soustava bloků, která zahrnuje
 5 blok 33 analýzy signálu, který zejména vyhodnocuje, zda hodnoty frekvence jednotlivých složek spektra odpovídají frekvencím, kterými se projevují dané poruchy rotačního stroje, a zda jejich amplitudy jsou v zadaných mezích, dále blok 34 vyhodnocování trendů a blok 35 výpočtu predikce chování jednotlivých složek frekvenčního spektra, případně skupin složek frekvenčního spektra, které odpovídají jednotlivým poruchám. V podstatě jde o co nejkvalitnější odhad zbývajících
 10 životnosti stroje, tedy času, jak dlouho ještě může být stroj bez výrazného nebezpečí havárie provozován. Tato první soustava bloků je v digitálním signálním procesoru 6 propojená s druhou soustavou bloků, která obsahuje blok 26 identifikace nevyváhy, blok 27 identifikace chyby základu (tj. uvolnění připevňovacích dílů základu stroje a též uvolnění dílů stroje), blok 28 identifikace chyby ložiska, blok 29 identifikace chyby spojky, blok 30 identifikace zbytkových
 15 neidentifikovaných složek spektra a bloky 31, 32 identifikace dalších, klientsky definovaných chyb stroje.

Dále je první soustava bloků v prvním digitálním signálním procesoru 6 propojená s modulem 36 měření rozběhu a doběhu stroje, který provádí srovnání s referenčními průběhy rozběhu a doběhu,
 20 s modulem 37 časové funkce, který provádí transformaci analogového signálu vibrací do digitální oblasti, a s modulem 38 inteligentního záznamníku, který zaznamenává veličiny s automaticky proměnnou periodou 1 sekunda až 42 dní, a to podle četnosti relativně významných změn, resp. změn větších, než je předem zadaná hodnota. Výstupy z druhé soustavy bloků a z uvedených modulů 36, 37, 38 jsou propojeny s neznázorněným zobrazovacím zařízením.

Zobrazovacím zařízením může být s výhodou soustava LED diod, které jsou uspořádané přímo na
 25 zařízení pro snímání vibrací a z nichž každá je propojená s jedním z bloků 26, 27, 28, 29, 31, 32 a slouží k indikaci příslušné vady. Název vady je přitom u příslušné diody na zařízení uveden, takže obsluha točivého stroje na základě rozsvícení některé z diod (nebo jejího zhasnutí nebo jejího blikání) hned vidí, o jakou vadu se jedná. Například v případě, že digitální signální procesor 6
 30 vyhodnotí analyzovaný signál tak, že kontrolovaný točivý stroj je nevyvážený, rozsvítí se (nebo rozbliká nebo naopak zhasne) dioda, která je propojená s blokem 26 identifikace nevyváhy a u které je nápis "NEVYVÁHA".

35 Současně může být zařízení podle tohoto technického řešení propojené nebo propojitelné se zobrazovacím přístrojem, kterým může být mobil, tablet nebo počítač a na kterém lze zobrazit grafy naměřených veličin apod. pro podrobnější analýzu chyb.

Zařízení podle tohoto technického řešení dále zahrnuje kapacitní snímač 11 vibrací, který je
 40 propojený s předzesilovačem 12, který je propojený s druhým multiplexorem 13, který je zase propojený s druhým filtrem 14. Druhý filtr 14 je propojený s druhou soustavou zesilovačů 15A, 15B, 15C, které jsou všechny zapojeny do druhého digitálního signálního procesoru 16.

Druhý digitální signální procesor 16 je dále propojený s druhým relé 18 překročení maximální
 45 povolené hodnoty vibrací, jehož kontakty ovládají neznázorněný hlídáný stroj (obecně ho mohou alespoň vypnout).

Dále je druhý digitální signální procesor 16 propojen prostřednictvím prvního digitálního
 50 signálního procesoru 6 s neznázorněným zobrazovacím zařízením, které je uspořádáno na zařízení pro snímání vibrací.

Druhý digitální signální procesor 16 je rovněž propojený s druhým multiplexorem 13 za účelem jeho ovládání.

První a druhý digitální signální procesor 6, 16 jsou navzájem propojené prostřednictvím sériové komunikační sběrnice 20.

5 První a druhý digitální signální procesor 6, 16 zahrnuje další, zde neznázorněné prvky, jako je například konvertor pro převod analogového signálu na digitální, modul vzorkování a výpočtu spektrální analýzy rychlosti vibrací, a/nebo další prvky, jak jsou popsány v užitém vzoru č. CZ 24322 U1.

10 Navíc zařízení obsahuje sčítací jednotku 7, se kterou jsou propojeny první i druhý digitální signální procesor 6, 16 a která je zase propojena s relé 9 bezporuchového stavu.

Relé 9 bezporuchového stavu ovládá neznázorněný hlídání stroj.

15 Ve znázorněném výhodném provedení je navíc první digitální signální procesor 6 propojený s druhým multiplexorem 13, zatímco druhý digitální signální procesor 16 je propojený s prvním multiplexorem 3.

Zařízení pro snímání vibrací podle tohoto technického řešení pracuje následovně:

20 Zařízení pro snímání vibrací se upevní k měřenému stroji. Vysláním testovacího signálu z prvního a druhého digitálního procesoru 6, 16 do druhého a prvního multiplexoru 3, 13 se prověří stav všech součástí zapojených mezi multiplexory 3, 13 a příslušnými digitálními signálními procesory 6, 16. Případný chybový stav se odešle do zobrazovacího zařízení nebo do zobrazovacího přístroje. V případě, že výsledek testování je v pořádku, je zahájeno samotné měření. Signály z obou snímačů
25 1, 11 vibrací jsou vedeny přes multiplexory 3, 13, filtry 4, 14 a zesilovače 5A, 5B, 5C, 15A, 15B, 15C, do digitálních signálních procesorů 6, 16. V digitálních signálních procesorech 6, 16 jsou přivedené analogové signály převáděny na digitální a dále zpracovávány za účelem jejich analýzy. Podle výsledků analýzy je pak z prvního digitálního procesoru 6 vyslán signál buď do prvního relé 8 překročení maximální povolené hodnoty vibrací, jehož kontakty ovládají neznázorněný hlídání stroj, nebo do sčítací jednotky 7. Podle výsledků analýzy provedené druhým digitálním signálním procesorem 16 je pak z druhého digitálního procesoru 16 vyslán signál buď do druhého relé 18 překročení maximální povolené hodnoty vibrací, jehož kontakty ovládají neznázorněný hlídání stroj, nebo do sčítací jednotky 7. Signály zaslané do sčítací jednotky 7 se sčítají za účelem srovnání obou měřících větví do jednoho relé a výsledný signál se přes relé 9 bezporuchového stavu, jehož
35 kontakty ovládají neznázorněný hlídání stroj, odešle do zobrazovacího přístroje.

První a druhý digitální signální procesor 6, 16 spolu komunikují přes sériovou komunikační sběrnici 20 za účelem vzájemného porovnání signálů měřených jednotlivými snímači 1 a 11.

40 V dalším příkladném provedení znázorněném schematicky na obr. 2 zahrnuje zařízení pro snímání vibrací piezoelektrický snímač 1 vibrací, který je propojený přes první filtr 4 a první soustavu zesilovačů 5A s prvním multiplexorem 3. Dále toto zařízení zahrnuje kapacitní snímač 11 vibrací, který je přes druhý filtr 14 a druhou soustavu zesilovačů 15A propojen rovněž s prvním multiplexorem 3. První multiplexor 3 je pak propojený s prvním digitálním signálním procesorem 6, který je propojený s prvním relé 8 překročení maximální povolené hodnoty vibrací a s relé 9 bezporuchového stavu, jejichž kontakty ovládají neznázorněný hlídání stroj.

50 První digitální signální procesor 6 obsahuje stejně jako v prvním příkladném provedení první soustavu bloků 33, 34, 35, druhou soustavu bloků 26, 27, 28, 29, 31, 32 a moduly 36, 37, 38, které mají stejnou funkci jako v prvním příkladném provedení.

Zařízení podle tohoto technického řešení může s výhodou obsahovat jednotku pro bezdrátovou komunikaci (např. Bluetooth), která umožňuje bezdrátové předávání výsledků měření do externího zobrazovacího přístroje, např. počítače, tabletu, notebooku nebo mobilního telefonu.

Dále toto zařízení obsahuje alespoň jeden teplotní snímač 25, který je propojený s prvním digitálním signálním procesorem 6. Výsledky měření teplot jsou rovněž analyzovány v tomto prvním digitálním signálním procesoru 6 a následně jsou výsledky analýzy odesílány do zobrazovacího přístroje.

5

Je zřejmé, že teplotní snímač 25 je využitelný rovněž v zapojení znázorněném na obr. 1.

S výhodou zahrnuje zařízení podle tohoto technického řešení paměťovou jednotku pro ukládání výsledků měření/analýz (neznázorněno).

10

Výhodou zařízení pro snímání vibrací podle tohoto technického řešení je, že i obsluha stroje, která obvykle neumí vyhodnotit zobrazované signály, resp. grafy naměřených hodnot, jako takové, dokáže ze zobrazovací jednotky na zařízení vyčíst, jaká vada točivého stroje je indikována.

15

Další výhodou zařízení je naprostá spolehlivost měření s ohledem na to, že je měření prováděno jednak základním (piezoelektrickým) snímačem a jednak záložním, navíc na odlišném principu založeným (kapacitním) snímačem. Zařízení může měřit, vyhodnocovat a zaznamenávat vibrace i teplotu bez použití počítače až několik let.

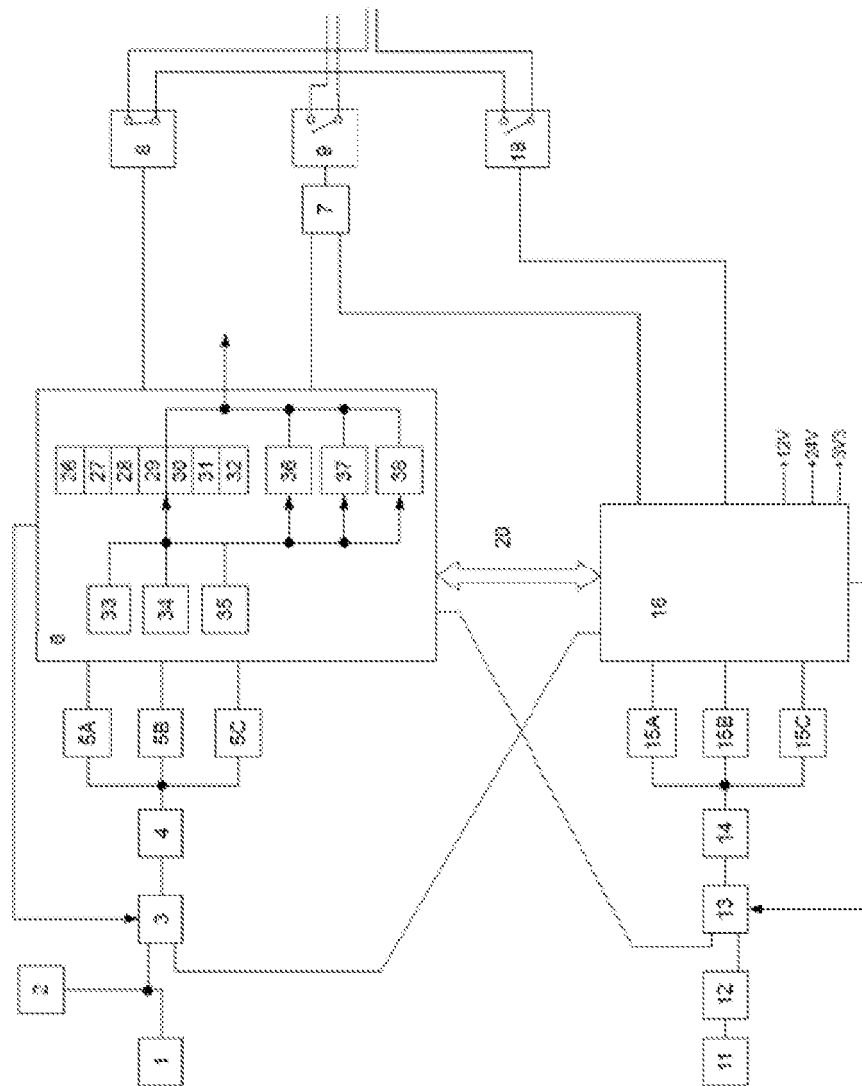
20

Ačkoli byla popsána řada příkladných provedení, odborník z dané oblasti snadno rozpozná další možné varianty provedení zařízení podle tohoto technického řešení. Proto se rozsah ochrany neomezuje pouze na výše popsaná příkladná provedení, ale je dán definicí připojených nároků.

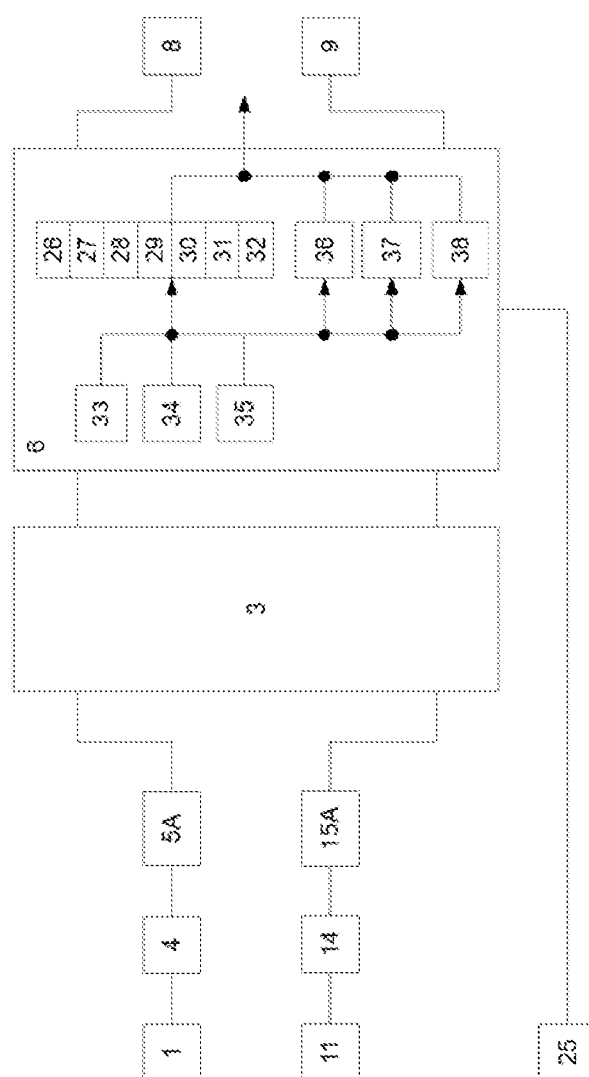
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zařízení pro snímání vibrací, **vyznačující se tím**, že zahrnuje pouzdro, ve kterém jsou upevněny
 - piezoelektrický snímač (1) vibrací, první filtr (4), alespoň jeden první zesilovač (5A, 5B, 5C) a alespoň jeden digitální signální procesor (6, 16), přičemž piezoelektrický snímač (1) vibrací je propojený s digitálním signálním procesorem (6, 16) přes první filtr (4) a první zesilovač (5A, 5B, 5C),
 - kapacitní snímač (11) vibrací, druhý filtr (14) a alespoň jeden druhý zesilovač (15A, 15B, 15C), přičemž kapacitní snímač (11) vibrací je propojený s digitálním signálním procesorem (6, 16) přes druhý filtr (14) a druhý zesilovač (15A, 15B, 15C), přičemž alespoň jeden digitální signální procesor (6, 16) zahrnuje první soustavu bloků, která obsahuje blok (33) analýzy signálu, blok (34) vyhodnocování trendů a blok (35) výpočtu predikce veličin, a druhou soustavu bloků, která je propojená s první soustavou bloků a která obsahuje alespoň tři bloky ze skupiny obsahující blok (26) identifikace nevyváhy, blok (27) identifikace chyby základu, blok (28) identifikace chyby ložiska, blok (29) identifikace chyby spojky a blok (30) zbytkových neidentifikovaných složek,
 - a přičemž na pouzdře je uspořádané zobrazovací zařízení, které je propojené s bloky druhé soustavy bloků a které je uzpůsobené pro indikaci jednotlivých vad identifikovaných bloky druhé soustavy.
2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje multiplexor (3), přes který jsou první zesilovač (5A) a druhý zesilovač (15A) propojeny s digitálním signálním procesorem (6, 16).
3. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje první digitální signální procesor (6) pro analýzu signálu z piezoelektrického snímače (1) vibrací a druhý signální digitální procesor (16) pro analýzu signálu z kapacitního snímače (11) vibrací.
4. Zařízení podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že první a druhý digitální signální procesor (6, 16) jsou navzájem propojené přes sériovou komunikační sběrnici (20).
5. Zařízení podle nároku 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje sčítací jednotku (7), která je propojená s prvním i druhým digitálním signálním procesorem (6, 16) a s relé (9) bezporuchového stavu.
6. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 3 až 5, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje první relé (8) překročení maximální povolené hodnoty vibrací, které je propojené s prvním digitálním signálním procesorem (6) a druhé relé (18) překročení maximální povolené hodnoty vibrací, které je propojené s druhým digitálním signálním procesorem (16).
7. Zařízení podle kteréhokoliv z nároků 3 až 6, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje první multiplexor (3) zapojený mezi piezoelektrickým snímačem (1) a prvním digitálním signálním procesorem (6) a druhý multiplexor (13) zapojený mezi kapacitním snímačem (11) a druhým digitálním signálním procesorem (16), přičemž první digitální signální procesor (6) je propojený s druhým multiplexorem (13) a druhý digitální signální procesor (6) je propojený s prvním multiplexorem (3) pro vysílání testovacích signálů.
8. Zařízení podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje teplotní snímač (25), který je propojený s digitálním signálním procesorem (6, 16).
9. Zařízení podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že zobrazovacím zařízením je soustava LED diod, z nichž každá je propojená s jedním z bloků (26, 27, 28, 29, 30, 31, 32) druhé soustavy a uzpůsobená k indikaci vady identifikované jí přiřazeným blokem.

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2