

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

247053
(11) (B2)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 11 05 78
(21) (PV 3007-78)

(32) (31) (33) Právo přednosti od 01 06 77
(P 27 24 664.6)
Německá spolková republika

(40) Zveřejněno 17 04 86

(45) Vydáno 15 08 88

(51) Int. Cl.⁴
B 23 F 5/04

(72)

Autor vynálezu ANGST ARTHUR ing., WIL (Švýcarsko)

(73)

Majitel patentu REISHAUER AG, CURYCH (Švýcarsko)

(54) Způsob vyvozování dodatečného otáčivého pohybu obrobku ozubeného kola a zařízení k provádění tohoto způsobu

1

Vynález se týká způsobu vyvozování dodatečného otáčivého pohybu obrobku ozubeného kola, zejména se šikmým ozubením ve stroji na opracování ozubených kol odvalovacím způsobem s elektronicky řízeným vázaným pohybem, obsahujícím pro nástroj a obrobek oddělené točivé pohony, z nichž se vyvozují sledy impulsů závislé na počtu otáček a přivádějí se regulátoru, v němž se sledy impulsů vzájemně srovnávají, přičemž se vyvozuje regulační signál k doladění pohonu obrobku, od podélného posuvu obrobku vůči nástroji se vyvozuje dodatečný signál, který se přivádí k regulátoru pro změnu regulačního signálu pro vyvozování dodatečného otáčivého pohybu obrobku.

Vynález se týká zařízení k provádění tohoto způsobu, s ústrojím k měření podélného posuvu dráhy saní stroje k obrábění ozubených kol, obsahujícího optické měřítko a příslušné čtecí hlavy pro vytváření měřítkových impulsů.

Je známo, že přibroušení čelních ozubených kol se šikmým ozubením odvalovacím způsobem a rovněž i při analogickém odvalovacím frézování musí obrobek ozubeného kola při svém posouvání vůči brousicímu, případně frézovacímu nástroji, to je při vykonávání vratných posuvných pohybů při dvojcestném obrábění, případně při vykoná-

2

vání posuvu a zpětného pohybu při jednocestném obrábění, vždy provádět dodatečný otáčivý pohyb, který závisí na modulu, počtu zubů a úhlu sklonu zubů. Tento dodatečný pohyb musí být aditivně nebo záporně superponován s takovým otáčivým pohybem obrobku ozubeného kola, jak by tento pohyb odpovídal obrobku s přímými zuby, a to podle směru vzájemného posuvného pohybu mezi obrobkem a nástrojem.

Dále je známo elektronické ovládání stroje na odvalovací frézování, u kterého jsou sledy impulsů, závislé na počtu otáček, odvozovány od hřídele frézy a hřídele obrobku. Tyto sledy impulsů mají pro určitý počet zubů frézovaného ozubeného kola určitý poměr k docílení pevného převodu, k čemuž mohou být použity děliče impulsů nebo multiplikátory sledů impulsů. Oba sledy impulsů jsou navzájem srovnávány a ze srovnání je získán regulační signál k doladění pohonu obrobku, takže vázaný pohyb pohonu obrobku probíhá v závislosti na pohonu frézy. Aby bylo dosaženo dodatečného otáčivého pohybu, potřebného pro obrobek se šikmými zuby, jsou vyvozovány dodatečné impulsy, které jsou superponovány aditivně případně záporně na sled impulsů. Tyto dodatečné impulsy mohou být přitom snímány například na hřídeli posunu saní frézy. Ta-

kové přičítání, případně odečítání impulsů odpovídá svým účinkem účinku známého mechanického diferenciálu v odvalovacích frézovacích strojích, který bere ohled na úhel sešikmení a je proto často označováno jako elektrický nebo elektronický diferencíál.

Je také znám stroj na broušení ozubených kol s elektricky řízeným pohonem vřetena, který používá k vyvozování dodatečného otáčivého pohybu šikmo ozubeného obrobku uvedený způsob vytváření dodatečných impulsů. U tohoto známého stroje probíhá zjišťování a superpozice dodatečného otáčivého pohybu mechanicko-elektronickou cestou, přičemž měření dráhy saní obrobku, vykonávajících posuvný pohyb, je prováděno nepřímým způsobem, to je prostřednictvím vřetena s kuličkami ve šroubovicových drážkách, kde je vřeteno převodem spojeno s impulsovým transformátorem počtu otáček. Vyzozované impulsy se přivádějí přes obvod děliče kmitočtu koordinujícím obvodu, obsahujícím digitálně analogový převaděč. Tomuto koordinujícím obvodu jsou přiváděny i impulsy vyvozované v závislosti na počtu otáček nástroje, to je brusného kotouče a na počtu otáček obrobku. Při použití vřetena s kuličkami ve šroubovicových drážkách pro měření dráhy je nutno i v nejpříznivějším případě počítat s chybou přenosu od 0,002 do 0,003 mm, která je pro broušení boků zubů velmi přesných ozubených kol příliš velká. Další nepřesnosti vznikají tím, že v koordinujícím obvodu jsou sled impulsů saní obrobku, rozdělený ve frekvenci a znásobený a rozdělený sled impulsů nástroje přímo srovnány se sledem impulsů obrobku.

Jsou známy i jiné vlečné regulace, které obsahují digitální systém měření dráhy s násobením impulsů. Tak je znám například elektronický stavebnicový systém, u kterého se kolísání amplitudy snímaného signálu projeví v chybách měření nebo například násobením impulsů s napětově řízeným oscilátorem, u kterého je výstupní signál zatížen systematickou chybou. Tyto známé postupy a prostředky nemohou však být použity při broušení boků velmi přesných ozubených kol, neboť jsou buď nepřesné nebo pracují příliš pomalu.

Cílem vynálezu je vytvořit způsob vyvozování dodatečného otáčivého pohybu obrobku, který by umožnil udávání impulsních signálů, následujícím v postačující hustotě, podélných posuvů obrobků vůči nástroji, měřených přesně systémem pro měření dráhy, přičemž toto udávání by působilo v extrémně krátkých intervalech, to je během 2 až 3 mikrosekund na řídicí systém pro vázaný pohyb obrobku v podobě superpozice impulsů, a který by podle toho bral ohled na nevyhnutelné změny rychlosti broušení v důsledku průběžně se měnících rezných sil, nespojitých třecích sil, zpomalování a zrychlování reverzace broušení a podobně.

Podstata způsobu vyvozování dodatečného

otáčivého pohybu obrobku ozubeného kola podle vynálezu spočívá v tom, že se vytvářejí měřítkové impulsy závislé na podélném posuvu obrobku, z nichž každé dva po sobě následující měřítkové impulsy tvoří měřicí interval, za trvání každého měřicího intervalu se vyvozuje řada meziimpulsů, jejichž frekvence sledu impulsů se rovná konstantní reciproční časové délce příslušného měřítkového impulsu znásobené číslem zvoleným mezi 4 a 64, každá z těchto řad meziimpulsů se přizpůsobuje měřítkovému impulsu tvořícímu konec příslušného měřicího intervalu, popřípadě začátek nejbližšího měřicího intervalu, přičemž je-li tento nejbližší měřicí interval delší než předcházející, ponechává se odpovídající koncový úsek tohoto nejbližšího měřicího intervalu bez meziimpulsů a je-li tento nejbližší měřicí interval kratší než předcházející, přespočetné meziimpulsy se vkládají v přespříštím měřicím intervalu mezi jeho počáteční měřítkový impuls a první, po něm následující meziimpuls s vyšší frekvencí sledu impulsů, sled měřítkových impulsů vyvozený ve všech po sobě následujících měřicích intervalech a řadách meziimpulsů, přizpůsobených těmto měřítkovým impulsům, se násobí činitelem, který je menší než jedna a je určován v závislosti na datech opracovávaného ozubeného kola a výsledný sled impulsů se přivádí regulátoru jako přídavný signál se znaménkem odpovídajícím směru pohybu podélného posuvu, měnící regulační signál pro pohon obrobku pro vyvození přídavného pohybu.

U způsobu podle vynálezu může být definovaným přiváděním rovnoměrně rozdělených meziimpulsů mezi dvojicemi impulsů měření dráhy registrována v nejkratším čase a s vysokým rozlišením průběžně se měnící frekvence impulsů systému měřicího dráhu a být využita k ovlivnění dodatečného otáčivého pohybu obrobku bez dalšího prodloužení a nepřesností. Nadto jsou zcela vyloučeny mechanické chyby přenosu použitím přímého systému k měření dráhy, vytvářejícího měřítkové impulsy.

Podstatou zařízení podle vynálezu s ústrojím k měření podélného posuvu dráhy saní stroje k obrábění ozubených kol, obsahujícího optické měřítko a příslušné čtecí hlavu pro vytvoření měřítkových impulsů je, že obsahuje generátor impulsů o konstantní frekvenci připojený společně s prvními přepínacími prostředky na oddělené vstupy druhých přepínacích prostředků, k jejichž výstupu jsou připojeny třetí přepínací prostředky obsahující hradlové obvody pro blokování impulsů druhých přepínacích prostředků.

Je výhodné, když první přepínací prostředky obsahují první počítač připojený na generátor impulsů a druhý počítač na něj napojený, jež oba mají nulovací vstup spojený s digitálním systémem k měření dráhy, při-

čemž na druhý počítač je připojen první obvod logického součinu, jehož řídicí vstup je spojen s digitálním systémem k měření dráhy, a na jehož výstupu je připojena paměť pro uložení obsahu druhého počítače vždy při vstupu měřítkového impulsu.

Je také výhodné, když druhé přepínací prostředky obsahují třetí počítač napojený na generátor impulsů, jehož stavěcí vstup pro dělicí faktor je spojen s pamětí.

Třetí přepínací prostředky mohou obsahovat kontrolní počítač pro vydávání výstupního signálu při dosažení určitého konstantního čísla, jehož vstup je spojen s výstupem třetího počítače a na jehož výstup je napojen řídicí vstup druhého obvodu logického součinu, jakož i první řídicí vstup třetího obvodu logického součinu, který je spojen s generátorem impulsů, a který má druhý řídicí vstup spojen s digitálním systémem k měření dráhy, přičemž výstupy druhého obvodu logického součinu a třetího obvodu logického součinu jsou k sobě svedeny a připojeny na vzestupné vedení a sestupné vedení, spojené s výstupem digitálního systému k měření dráhy a vedoucí k regulátoru.

Dále je také výhodné, když ve vzestupném vedení a sestupném vedení vedoucím z digitálního systému k měření dráhy k regulátoru, je umístěn vždy jeden z nastavitelných multiplikátorů s prvním nastavovacím orgánem ke vložení údajů o ozubeném kole a přepínač směru s druhým nastavovacím orgánem pro dodatečný otáčivý pohyb.

Vzestupné a sestupné vedení vedoucí od digitálního systému k měření dráhy k regulátoru, může být v souladu se směrem podélného posuvu obrobku, případně se směrem jeho otáčení, dvoukanálové.

Je také možné, aby sled impulsů, obsahující měřítkové impulsy a dodatečné impulsy, byl přiváděn regulátoru přes čtvrtý počítač v digitálně-inkrementální formě a přes digitálně-analogový převaděč v analogové formě.

Způsob podle vynálezu bude dále objasněn na příkladu pomocí zařízení působícího jako elektronický diferenciál a znázorněného schematicky na výkresech a pomocí několika časových diagramů impulsů. Obr. 1 představuje schematické znázornění řídicího systému ve stroji na broušení ozubených kol, se zařízením k vyvozování dodatečného otáčivého pohybu, požadovaného při odvalovacím broušení čelních kol se šikmým ozubením, obr. 2a a 2b časové diagramy měřítkových impulsů a mezimpulsů, generovaných při postupu podle vynálezu, obr. 3 blokové schéma zařízení z obr. 1 k vyvozování dodatečného otáčivého pohybu, obr. 4a grafické znázornění sledu impulsů, vytvářeného v zařízení podle obr. 3, obr. 4b grafické znázornění impulsů, odvozených ze sledu impulsů podle obr. 4a, které jsou přiváděny regulátoru z obr. 1 jako hrubé hlášení polohy, obr. 4c grafické znázornění

analogového signálu, odvozeného ze sledu impulsů podle obr. 4a, který je přiváděn regulátoru z obr. 1 jako jemné hlášení polohy.

Podle obr. 1 je ve stroji k broušení ozubených kol, pracujícím odvalovacím způsobem, připojen známým způsobem na vřetenu 1 nástroje — brusného šneku 2 úhlový krokovač 3 žádaných impulsů, který v závislosti na počtu otáček brusného šneku 2 vytváří žádanou hodnotu I_s sledu impulsů. Analogickým způsobem je na vřetenu 4 obrobku připojen motor 5 pro pohon ozubeného kola 6 se šikmým ozubením, další úhlový krokovač 7 skutečných impulsů, který v závislosti na počtu otáček motoru 5 a tím počtu otáček ozubeného kola 6 vytváří skutečnou hodnotu I_w sledu impulsů. Žádaná hodnota I_s sledu impulsů a skutečná hodnota I_w sledu impulsů se přivádějí do regulátoru 8, který obsahuje elektrickou jednotku, v níž se obě hodnoty I_s a I_w sledu impulsů navzájem srovnávají, například vzájemná fázová poloha impulsů obou sledů, přičemž se v regulátoru 8 při chybném souladu sledů impulsů vytváří signál, který se přivádí do motoru 5 pro jeho doladění.

Počet chodů brusného šneku 2 a počet zubů ozubeného kola 6 se přitom vhodnou formou vloží do regulátoru 8. Tento řídicí systém, který není znázorněn detailně, je určen k známému doladování otáčivého pohybu ozubeného kola s přímými zuby.

Pro broušení ozubených kol se šikmými zuby musí být k tomu vyvozen dodatečný otáčivý pohyb, což se může provádět známým způsobem pomocí mechanického diferenciálu, vybaveného výměnnými koly, nebo s výhodou pomocí vytváření dodatečných impulsů, přiváděných do regulátoru 8. Zařízení k uvedenému vytváření a přivádění impulsů, způsobujících dodatečný otáčivý pohyb, je dále označováno jako elektronický diferenciál 14.

Na obr. 1 jsou čerchovaně znázorněny sání 9 obrobku, které jsou nesený odlišně čerchovaně znázorněným suportem 10, a které vykonávají posuvný pohyb h ozubeného kola 6 v jeho axiálním směru. Ke generování potřebné informace o dráze pohybu sání 9, je určen známý digitální systém 11 k měření dráhy, který sestává z optického měřítka 12 a čtecí hlavy 13, přičemž optické měřítko 12 je upevněno na sáních 9 a čtecí hlava 13 na skříní suportu 10. Čtecí hlava 13 generuje v závislosti na dráze měřítkové impulsy I_m . Měření posuvu sání 9 a tím i ozubeného kola 6 probíhá tudíž přímo na sáních 9, to je bez pomoci mechanických přenosových členů jako jsou ozubená tyč a pastorek, vřeteno s kuličkami ve šroubových drážkách a kuličková objímka, ozubený převod a podobně. Jsou tím prakticky vyloučeny mechanické zdroje chyb.

Informace o dráze, rezultující z digitálního systému 11 pro měření dráhy ve formě

měřítkových impulsů I_M , jsou přiváděny elektronickému diferenciálu 14. Do elektronického diferenciálu 14 jsou dodávány údaje, vyžadované pro vztah mezi pohybem saní 9 a dodatečným pohybem, totiž modul m , počet zubů z a úhel β sešikmení zubů broušeného ozubeného kola 6 se šikmým ozubením, jehož dvojnásobný poloměr roztečné kružnice je jak známo $m \cdot z / \cos \beta$. Uvedené údaje budou dále označovány jako faktor b .

K vyvození dodatečného otáčivého pohybu musí být přitom k dispozici určitý poměr čísla skutečné hodnoty sledu impulsů I_w obrobku k číslu měřítkových impulsů I_M , genetovaných v závislosti na dráze, a to za jednotku času. Tento poměr, představovaný faktorem b , se spočítá takto:

$$b = \frac{I_w}{I_M} = \frac{N_w}{\pi \cdot m \cdot z \cdot q} \cdot \sin \beta$$

kde značí:

I_w počet impulsů od obrobku za časovou jednotku,

I_M počet měřítkových impulsů za časovou jednotku,

N_w počet impulsů od obrobku za jednu otáčku,

q konstantu měřítka — počet impulsů na 1 metr.

Správný poměr se tedy získá výpočtem a nastavením faktoru b .

K zavedení faktoru b do elektronického diferenciálu 14 je určen zaváděcí orgán 15, znázorněný schematicky na obr. 1, který bude dále pomocí obr. 3 vysvětlen ještě podrobněji. S ohledem na faktor b a s respektováním zkroucení šroubovice zubů a směru posuvu saní 9 jsou měřítkové impulsy I_M zpracovávány v elektronickém diferenciálu 14, přičemž, jak bude dále popsáno, dochází rovněž k volitelnému znásobení měřítkových impulsů I_M dráhy za účelem většího vybavení měření dráhy.

Signál elektronického diferenciálu 14, který rezultuje z tohoto zpracování, se přivádí do regulátoru 8 ve formě sledu měřítkových impulsů I_M , faktor b , který je superponován s žádanou hodnotou I_s sledu impulsů úhlového krokovače 3 připojeného k vřetenу 1 nástroje pro vytvoření signálu, ovlivňujícího motor 5 vřetenа 4 obrobku, srovnáním skutečné hodnoty I_w sledu impulsů pohonu obrobku, přičemž tento signál ovlivní potřebné dodatečné otáčivé pohyby velmi přesným způsobem.

Ve shodě se způsobem podle vynálezu je od počátku každého intervalu, ohraničeného dvěma po sobě následujícími měřítkovými impulsy I_M v obr. 1, vytvářen v časově alespoň přibližně rovnoměrném sledu určitý, konstantní počet meziimpulsů.

Jinak řečeno, zavede se volitelné znáso-

bení měřítkových impulsů I_M systému 11 pro měření dráhy saní 9, vykonávajících posuvný pohyb, o určitý faktor p , čímž se provede vložení odpovídajícího počtu $p - 1$ meziimpulsů dovnitř měnícího se trvání periody opakovací frekvence měřítkových impulsů I_M optického měřítka 12 v co nejrovnoměrnějším dělení. Jelikož změny rychlosti posuvu saní 9 vzhledem ke vzdálenostem rysek optického měřítka 12 digitálního systému 11 k měření dráhy probíhají postupně, tedy nikoliv trhaně, provádí se určení okamžitých rozestupů $p - 1$ meziimpulsů uvnitř určitého trvání periody $T_{IM}(n)$ sledu měřítkových impulsů I_M podle vynálezu na základě měření trvání předchozí periody $T_{IM}(n-1)$.

Jelikož trvání periody $T_{IM}(n)$, předkládané k rozdělení $p - 1$ meziimpulsy jen zřídka souhlasí absolutně přesně s trváním předchozí periody $T_{IM}(n-1)$, uskuteční se vložení $p - 1$ meziimpulsů podle toho, zda trvání periody $T_{IM}(n)$ je větší nebo menší než trvání předchozí periody $T_{IM}(n-1)$, a to způsobem podle vynálezu, který bude dále popsán pomocí obr. 2a a 2b.

Grafické znázornění na obr. 2a vychází z toho, že trvání periody $T_{IM}(n)$ měřítkových impulsů I_M , to je interval mezi dvěma po sobě následujícími měřítkovými impulsy I_M , je větší, než trvání předchozí periody $T_{IM}(n-1)$. V tomto případě je podle vynálezu po posledním z meziimpulsů I_z , rozdělených v uvedeném intervalu, jejichž poloha vyplývá z dříve zjištěných časových rozestupů $T_{IM}(n-1)/p$ meziimpulsů I_z , zařazena klidová pauza A bez impulsů až po vstup následujícího měřítkového impulsu I_M .

Obr. 2b vychází naproti tomu z toho, že trvání periody $T_{IM}(n)$, uvnitř níž mají být rozděleny meziimpulsy I_z , je menší než trvání předchozí periody $T_{IM}(n-1)$. V tomto případě se podle vynálezu poslední z meziimpulsů I_z , které při dodržení svých dříve zjištěných časových rozestupů $T_{IM}(n-1)/p$ uvnitř probíhajícího trvání periody $T_{IM}(n)$ již nenacházejí místo, vytvářejí se bezprostředně po vstupu následujícího měřítkového impulsu I_M , a sice okamžitě po sobě v časovém rozestupu B jako korekční impulsy I_K , to znamená během nepatrného zlomku trvání následující periody $T_{IM}(n+1)$ dostatečně dlouho před vstupem prvního meziimpulsu I_z této následující periody $T_{IM}(n+1)$.

Průběhy posuvného pohybu h saní 9, znázorněné na obr. 2a a 2b, v závislosti na čase t , ukazují v prvním případě — obr. 2a — při proběhnutí klidové pauzy A nepatrnou odchylku křivky od spojitěho průběhu, což se projeví v časově velmi krátkém horizontálním úseku A křivky. Ve druhém případě — obr. 2b — dochází v úseku B křivky ke krátkodobému, to je svislému vzestupu předepsané hodnoty posuvného pohybu h , avšak o velmi nepatrnou hodnotu. Obě ty-

to nespojité odchylky jsou však tak malé, že se na ozubeném kole 6, broušeném nahotovo, vůbec nedají zjistit.

Na obr. 3 je znázorněno blokové schéma elektronického diferenciálu 14 z obr. 1 včetně digitálního systému 11 k měření dráhy, regulátoru 8, úhlových kokovačů 3 a 7 a motoru 5 pohonu obrobku.

Digitální systém 11 k měření dráhy, sestávající podle obr. 1 z optického měřítka 12 a čtecí hlavy 13 a určený k měření posuvného pohybu h saní 9, probíhající v obou směrech osy ozubeného kola 6, dodává informace o dráze formou měřítkových impulsů I_M , jakožto vzestupných a sestupných impulsů do odpovídajícího vzestupného vedení 21, případně sestupného vedení 22 — obr. 3, v nichž je umístěna směrová paměť, například bistabilní obvod, který zaznamená, zda poslední měřítkový impuls I_M byl impulsem vzestupným nebo sestupným.

Vzestupné případně sestupné měřítkové impulsy I_M digitálního systému 11 k měření dráhy se dále přivádějí do prvního obvodu 24 logického součtu, na jehož výstupu jsou připojena tři vedení 25, 26 a 27.

Elektronický diferenciál 14 obsahuje generátor 28 impulsů, vytvářející impulsy o konstantní frekvenci například 1 MHz. Impulsy o frekvenci f_1 se přivádějí na vstup prvního počítacího děliče, který počítá přicházející impulsy a vždy po určitém počtu impulsů posílá dál impuls následujícímu druhému počítacímu 30. Dělicí faktor prvního počítacího děliče je shodný s již uvedeným faktorem p znásobení měřítkových impulsů I_M . Může ležet v rozmezí od 4 do 64, přičemž pro faktory p menší než 4 je získané zvětšení rozlišení měřítkových impulsů I_M jen nepatrné a pro faktory p větší než 64 se na elektronické zařízení kladou přílišné nároky a chyby impulsového měřítka činí vysoké rozlišení nejistým.

V druhém počítací 30, který slouží k měření trvání period, probíhá průběžně počítání výstupních impulsů prvního počítacího děliče, tedy impulsů s frekvencí f_1/p podt, až vstoupí další měřítkový impuls I_M .

$$f_2 = \frac{f_1}{c} = f_1 \cdot \frac{p}{f_1} \cdot \frac{1}{T_{IM}} = \frac{Z1}{T_{IM}} \cdot p = f_{IM} \cdot p,$$

kde

f_{IM} je frekvence měřítkových impulsů I_M .

Tak vytvářejí výstupní impulsy třetího počítacího 33 sled impulsů o frekvenci, která je shodná s frekvencí měřítkových impulsů I_M , znásobenou konstantním faktorem p . Jinými slovy sestává výstupní sled impulsů třetího počítacího 33 ze sledu měřítkových impulsů I_M s $p - 1$ meziimpulsy I_z mezi každými dvěma po sobě následujícími měřítkovými impulsy I_M , přičemž rozestupy mezi impulsy I_z jsou v každém trvání periody

V tomto okamžiku se uloží obsah c druhého počítacího 30 do paměti 31. K tomu je výstup druhého počítacího 30, který informuje o jeho stavu, napojen na první vstup prvního obvodu 32 logického součtu, zatímco k druhému vstupu prvního obvodu 32 logického součtu je připojeno první vedení 25, které vede měřítkové impulsy I_M . Druhým vedením 26 vedoucím právě měřítkové impulsy I_M , jsou při vstupu měřítkového impulsu I_M zároveň vynulovány první počítací 29 děliče a druhý počítací 30. Tím je pro každé trvání periody $T_{IM}(n)$ měřítkového impulsu I_M počítán počet impulsů o frekvenci f_1 , dělený faktorem p a uložen v paměti 31, kde jak bude dále vysvětleno, je k dispozici pro trvání následující periody $T_{IM}(n+1)$, neboť teprve následující měřítkový impuls $I_M(n+1)$, který následuje po měřítkovém impulsu I_M uvolňujícím počítání, způsobuje přemístění obsahu c druhého počítacího 30 do paměti 31 a zároveň vynuluje druhý počítací 30 pro začátek nového cyklu počítání.

Z paměti 31 přejde obsah c druhého počítacího 30 do třetího počítacího 33, který počítá přiváděné impulsy o konstantní frekvenci f_1 , a který po spočítání počtu impulsů přivedených z generátoru 28 impulsů, vydá jeden výstupní impuls a tím je vynulován, takže znovu začíná počítat až do obsahu c druhého počítacího 30 opět vydá jeden výstupní impuls atd.

Výstupní impulsy třetího počítacího 33 mají tak frekvenci $f_2 = f_1/c$, která je proměnlivá v souladu s okamžitým obsahem c druhého počítacího 30 po udání míry trvání předchozí periody $T_{IM}(n-1)$ měřítkových impulsů I_M . Na druhé straně sestává obsah c třetího počítacího 33 z impulsů generátoru 28 impulsů, spočítaných během trvání periody T_{IM} a podělených konstantou p , o frekvenci f_1 , to znamená, že platí

$$c = \frac{f_1}{p} \cdot T_{IM}$$

Analogicky mají výstupní impulsy třetího počítacího 33 frekvenci

T_{IM} měřítkových impulsů T_M rovnoměrné a stanovené na základě trvání předchozí periody $T_{IM}(n-1)$.

Výstupní impulsy třetího počítacího 33 se dostanou druhým obvodem 34 logického součtu, druhým obvodem 35 logického součtu a dále čtvrtým vedením 36 ke dvojici obvodů 37 logického součtu, umístěných po jednom ve vzestupném vedení 21 a v sestupném vedení 22 a tím podle stavu zapojení směrové paměti 23 buď na vzestupné vedení 21 nebo sestupné vedení 22.

Aby se podle způsobu podle vynálezu dosáhlo, aby s počátkem každého trvání periody $T_{IM}(n)$ měřítkových impulsů I_M bylo k dispozici přesně $p-1$ meziimpulsů I_z , přičemž pro delší trvání periody se počítá s klidovou pauzou **A** bez impulsů — obr. 2a případně meziimpulsy I_z , které jsou pro kratší trvání periody přebytkové, jsou po počátku trvání následující periody $T_{IM}(n+1)$ vyslány s vyšší frekvencí — obr. 2b — jsou vedle druhého obvodu **34** logického součinu a druhého obvodu **35** logického součtu zapojeny kontrolní počítač **39** a třetí obvod **40** logického součinu se třemi vstupy. Počítací vstup kontrolního počítače **39** je napojen na čtvrté vedení **36**. Řídící vstup kontrolního počítače **39** k jeho zpětnému nastavení na nulu je napojen pátým vedením **38** a třetím vedením **27** na vstup prvního obvodu **24** logického součtu a tím spojen s digitálním systémem **11** k měření dráhy. Výstup kontrolního počítače **39** je spojen se vstupem druhého obvodu **34** logického součinu a jedním vstupem třetího obvodu **40** logického součinu.

Kontrolní počítač **39** je proveden tak, že vydává výstupní signál tak dlouho, že nedosáhne své číselné kapacity, odpovídající určitému konstantnímu počtu p . Nadto je kontrolní počítač **39** proveden tak, že jeho zpětné nastavení se uskuteční měřítkovým impulsem I_M digitálního systému **11** pro měření dráhy, přiváděným pátým vedením **38**, ale jen tehdy, když dosáhne své početní kapacity, odpovídající určitému konstantnímu počtu p . Další vstup třetího obvodu **40** logického součinu je spojen s generátorem **28** impulsů a poslední vstup třetího vedením **27** a přes první obvod **24** logického součtu s digitálním systémem **11** k měření dráhy.

Tak se dostanou výstupní impulsy třetího počítače **33** normálně prvním obvodem **24** logického součtu a druhým obvodem **35** logického součtu na čtvrté vedení **36** a tím na vstup kontrolního počítače **39**, který v důsledku toho počítá výstupní impulsy, třetího počítače **33**. Jakmile kontrolní počítač **39** dosáhne své početní kapacity p , blokuje druhý obvod **34** logického součinu, takže žádné další výstupní impulsy třetího počítače **33** se nedostanou na vzestupné vedení **21** nebo sestupné vedení **22**. Teprve při následném měřítkovém impulsu I_M uvolňuje kontrolní počítač **39** opět druhý obvod **34** logického součinu, zatímco je měřítkovým impulsem I_M nastaven zpět na nulu.

Tento pochod odpovídá případu, znázorněnému na obr. 2a.

Nedosáhl-li však kontrolní počítač **39** při vstupu příštího měřítkového impulsu I_M svou početní kapacitu, tak se při vstupu tohoto příštího měřítkového impulsu I_M na třetí vedení **27** dostanou impulsy generátoru **28** impulsů o frekvenci f_1 jako korekční impulsy I_K k druhému obvodu **35** logického součtu a tím čtvrtým vedením **36** ke

vstupu kontrolního počítače **39** a na vzestupné vedení **21** a sestupné vedení **22**. Kontrolní počítač **39** počítá takto dále, až dosáhne své početní kapacity p , načež zablokuje třetí obvod **40** logického součinu a je vynulován. Jelikož frekvence f_1 impulsů generátoru **28** impulsů je podstatně vyšší než frekvence f_1/c výstupních impulsů třetího počítače **33**, proběhne předání impulsů generátoru **28** impulsů dlouho před tím, než se po měřítkovém impulsu I_M objeví první výstupní impuls třetího počítače **33**. Tento pochod odpovídá případu, znázorněnému na obr. 2b.

Jak bylo již u obr. 1 řečeno, je nutno k určení velikosti dodatečného otáčivého pohybu obrobku ozubeného kola **6** respektovat údaje o ozubeném kole **6**, jako modul m , počet zubů z a úhel β sešikmení zubů.

K tomu účelu je třeba znásobit výstupní sled impulsů třetího počítače **33**, vedený na vzestupné vedení **21**, případně na sestupné vedení **22**, odpovídajícím faktorem b , který je menší než, 1. K tomuto účelu je podle obr. 3 do vzestupného vedení **21** zapojen první nastavitelný multiplikátor **41** a do sestupného vedení **22** druhý nastavitelný multiplikátor **42**, přičemž k oběma je připojen první nastavovací orgán **43**. Počet poloh nastavitelných multiplikátorů **41**, **42**, které jsou známy jako tzv. „binary rate multiplier“, určuje přesnost. V popisovaném případě je účelné provést **18** binárních poloh.

Na vzestupné vedení **21** a sestupné vedení **22** vzestupného a sestupného posuvného pohybu **h** saní **9** je dále napojen přepínač **44** směru, který sestává z logického hradlového obvodu. Přepínač **44** směru lze přepínat prostřednictvím druhého nastavovacího orgánu **45**, aby byl respektován směr otáčení obrobku ozubeného kola **6**, to je směr úhlu sešikmení zubů — obr. 1.

Přepínač **44** směru má dvě výstupní vedení **46** a **47**, která jsou vztažena ke směru dodatečného otáčivého pohybu obrobku ozubeného kola **6**, a z nichž jedno výstupní vedení **46** představuje kanál pro dopředné otáčení a druhé výstupní vedení **47** kanál pro zpětné otáčení obrobku ozubeného kola **6**. Jestliže například druhý nastavovací orgán **45** vykazuje výstupní signál o jedné binární úrovni, tak přes přepínač **44** směru je vzestupné vedení **21** spojeno s jedním výstupním vedením **46** a sestupné vedení **22** s druhým výstupním vedením **47**. Jestliže má výstupní signál druhého nastavovacího orgánu **45** jinou binární úroveň, je vzestupné vedení **21** spojeno s druhým výstupním vedením **47** a sestupné vedení **22** s prvním výstupním vedením **46**.

Digitálně-inkrementální informace o poloze saní **9** obrobku, nacházející se právě na jednom z obou výstupních vedení **46** a **47** jako sledy impulsů $I_M \cdot P \cdot b$, je návazně rozdělena za účelem přípravy signálu pro regulátor **8** řízení vázaného chodu, přičemž

se regulátoru 8 přivádí hrubá informace o poloze v digitálně-inkrementální formě a jemné informace o poloze v analogové formě. Toto rozdělení se uskuteční prostřednictvím připojeného čtvrtého počítače 43 děliče, který v uvedeném příkladu provedení počítá od nuly do určitého konstantního počtu $p - 1$ a nato vydá výstupní impuls na jedno ze dvou přenosových vedení 49 a 50, spojených s regulátorem 8. Rozdělení však může proběhnout také s některým jiným faktorem. Obsah čtvrtého počítače 43 se přivádí digitálně-analogovému převáděči 51, který je na něj napojen, a který vydává odpovídající analogový signál svým výstupem 52 do regulátoru 8.

Popsané rozdělení informace o poloze, vydávané přepínačem 44 směru, čtvrtým počítačem 43 děliče a převádění jemné informace o poloze na analogový signál digitálně-analogovým převáděčem 51, je graficky znázorněno na obr. 4a, 4b a 4c jako funkce času t , přičemž v tomto znázornění bylo zvoleno, že určitý konstantní počet p má hodnotu 16, to je mezi každými dvěma měřítkovými impulsy I_M je vloženo 15 meziimpulsů I_z .

Obr. 4a ukazuje sled impulsů informace o poloze, vydávané přepínačem 44 směru, vyjádřené měřítkovými impulsy I_M , znásobenými faktory p a b .

Na obr. 4b je znázorněna hrubá informace o poloze, u níž čtvrtý počítač 43 děliče předává jen každý p -tý, to je každý 16-tý impuls v digitálně-inkrementální formě dále na regulátor 8, což je vyjádřeno impulsy $I_M \cdot b$. Je zřejmé, že čtvrtý počítač 43 přitom počítá od nuly do $p - 1 = 15$.

Na obr. 4c je znázorněna jemná informace o poloze, u které všechny vstupující impulsy, vyjádřené $I_M \cdot p \cdot b$, jsou převáděny v digitálně-analogovém převáděči 51 na napětí udávané v milivoltech, které je právě přiváděno regulátoru 8.

Způsob podle vynálezu a zařízení k jeho provádění byly popsány na příkladu broušení boků ozubených kol odvalovacím způsobem. Stejným způsobem mohou být popsány způsob a zařízení použité i u frézování ozubených kol se šikmými zuby válčovou frézou.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob vyvozování dodatečného otáčivého pohybu obrobku ozubeného kola, zejména se šikmým ozubením ve stroji na opracování ozubených kol odvalovacím způsobem s elektronicky řízeným vázaným pohybem, obsahujícím pro nástroj a obrobek oddělené točivé pohony, z nichž se vyvozují sledy impulsů závislé na počtu otáček a přivádějí se regulátoru, v němž se sledy impulsů vzájemně srovnávají, přičemž se vyvozuje regulační signál k doladění pohonu obrobku, od podélného posuvu obrobku vůči nástroji se vyvozuje dodatečný signál, který se přivádí k regulátoru pro změnu regulačního signálu pro vyvozování dodatečného otáčivého pohybu obrobku, vyznačující se tím, že se vytvářejí měřítkové impulsy závislé na podélném posuvu obrobku, z nichž každé dva po sobě následující měřítkové impulsy tvoří měřicí interval, za trvání každého měřicího intervalu se vyvozuje řada meziimpulsů, jejichž frekvence sledu impulsů se rovná konstantní reciproční časové délce příslušného měřítkového impulsu znásobené číslem zvoleným mezi 4 a 64, každá z těchto řad meziimpulsů se přizpůsobuje měřítkovému impulsu tvořícímu konec příslušného měřicího intervalu, popřípadě začátek nejbližšího měřicího intervalu, přičemž je-li tento nejbližší měřicí interval delší než předcházející, ponechává se odpovídající koncový úsek tohoto nejbližšího měřicího intervalu bez meziimpulsů a je-li tento nejbližší měřicí interval kratší než předcházející, přespočetné meziimpulsy se vkládají v přespříštím měřicím interva-

lu mezi jeho počáteční měřítkový impuls a první, po něm následující meziimpuls s vyšší frekvencí sledu impulsů, sled měřítkových impulsů vyvozený ve všech po sobě následujících měřicích intervalech a řadách meziimpulsů, přizpůsobených těmto měřítkovým impulsům, se násobí činitelem, který je menší než jedna a je určen v závislosti na datech opracovávaného ozubeného kola a výsledný sled impulsů se přivádí regulátoru jako přídavný signál se znaménkem odpovídajícím směru pohybu podélného posuvu, měnicí regulační signál pro pohon obrobku pro vyvození přídavného pohybu.

2. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, s ústrojím k měření podélného posuvu dráhy saní stroje k obrábění ozubených kol, obsahující optické měřítko a příslušné čtecí hlavy pro vytváření měřítkových impulsů, vyznačující se tím, že obsahuje generátor (28) impulsů o konstantní frekvenci připojený společně s prvními přepínacími prostředky na oddělené vstupy druhých přepínacích prostředků, k jejichž výstupu jsou připojeny třetí přepínací prostředky obsahující hradlové obvody pro blokování impulsů druhých přepínacích prostředků.

3. Zařízení podle bodu 2, vyznačující se tím, že první přepínací prostředky obsahují první počítač (29) připojený na generátor (28) impulsů a druhý počítač (30) na něj napojený, jež oba mají nulovací vstup, spojený s digitálním systémem (11) k měře-

ní dráhy, přičemž na druhý počítač (30) je připojen první obvod (32) logického součinu, jehož řídicí vstup je spojen s digitálním systémem (11) k měření dráhy, a na jehož výstupu je připojena paměť (31) pro uložení obsahu druhého počítače (30) vždy při vstupu měřítkového impulsu.

4. Zařízení podle bodů 2 a 3, vyznačující se tím, že druhé přepínací prostředky obsahují třetí počítač (33) napojený na generátor (28) impulsů, jehož stavěcí vstup pro dělicí faktor je spojen s pamětí (31).

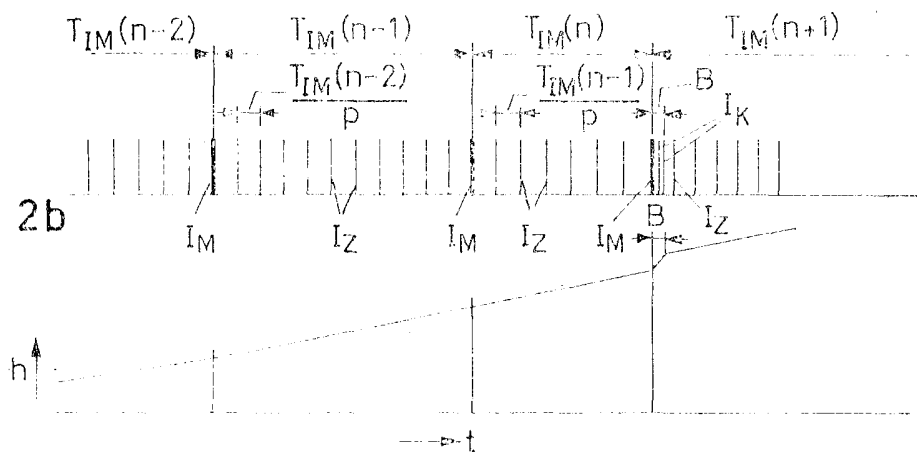
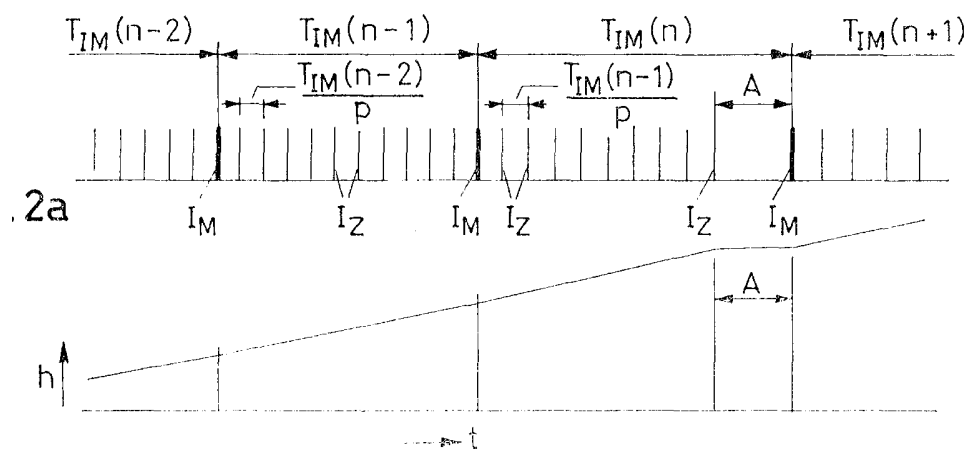
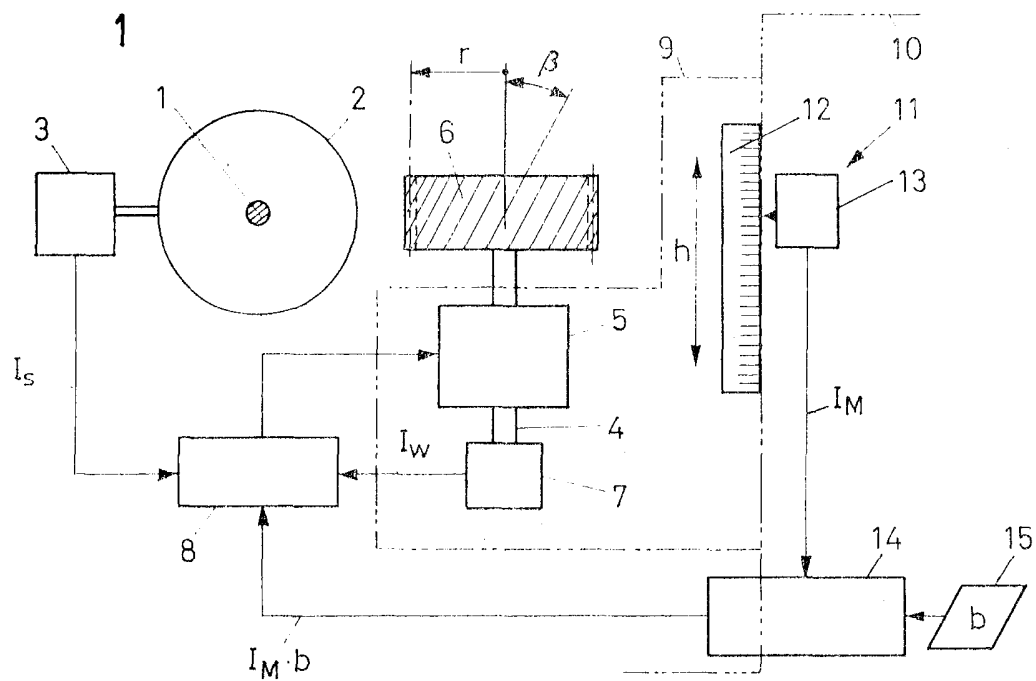
5. Zařízení podle jednoho z bodů 2 až 4, vyznačující se tím, že třetí přepínací prostředky obsahují kontrolní počítač (39) pro vydávání výstupního signálu při dosažení určitého konstantního čísla, jehož vstup je spojen s výstupem třetího počítače (33) a na jehož výstup je napojen řídicí vstup druhého obvodu (34) logického součinu, jakož i první řídicí vstup třetího obvodu (40) logického součinu, který je spojen s generátorem (28) impulsů, a který má druhý řídicí vstup spojen s digitálním systémem (11) k měření dráhy, přičemž výstupy druhého obvodu (34) logického součinu a třetího obvodu (40) logického součinu jsou k sobě svedeny a připojeny na vzestupné

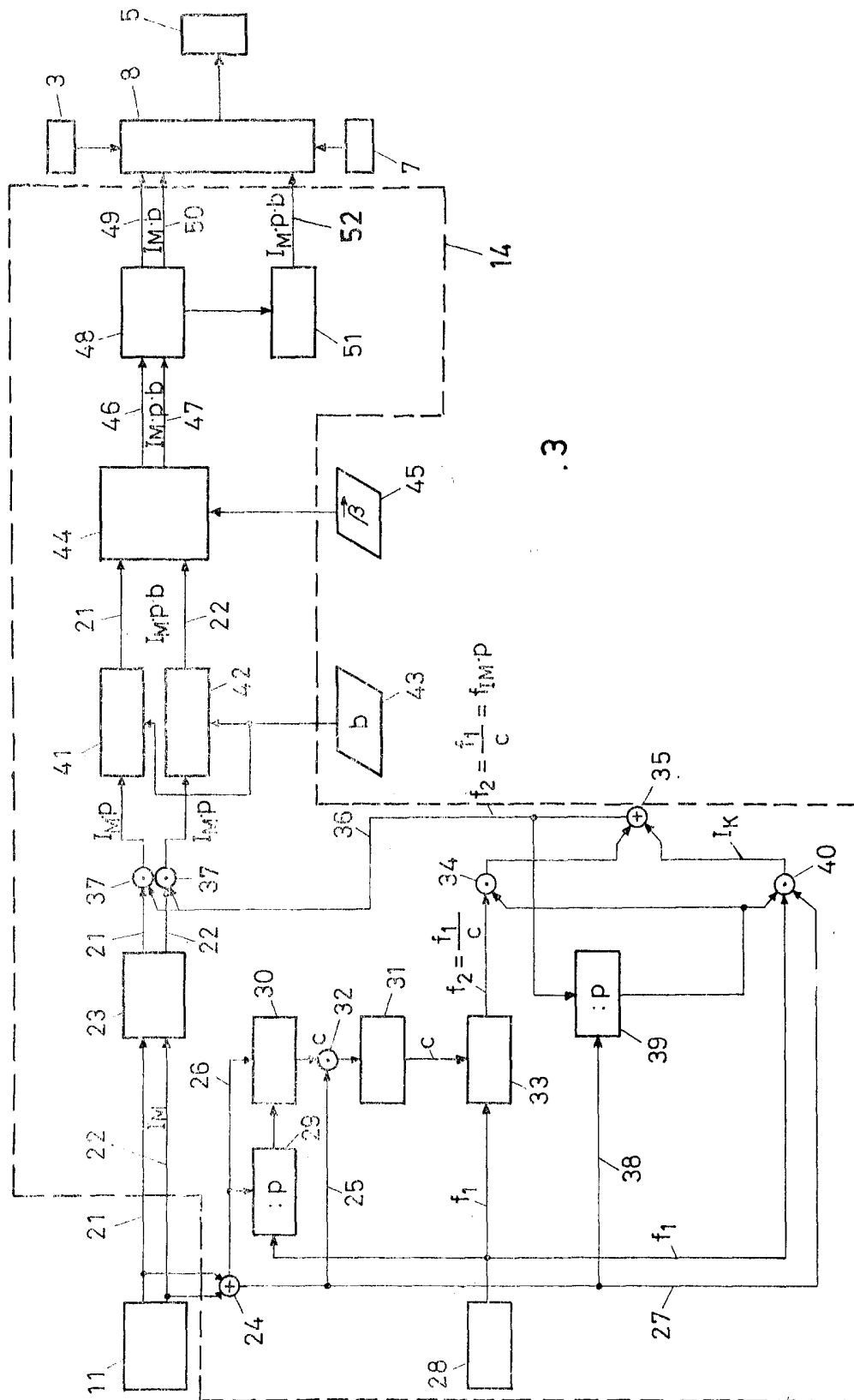
vedení (21) a sestupné vedení (22), spojené s výstupem digitálního systému (11) k měření dráhy a vedoucí k regulátoru (8).

6. Zařízení podle bodu 5, vyznačující se tím, že ve vzestupném vedení (21) a sestupném vedení (22) vedoucím z digitálního systému (11) k měření dráhy k regulátoru (8), je umístěn vždy jeden z nastavitelných multiplikátorů (41, 42) s prvním nastavovacím orgánem (43) ke vložení údajů o ozubeném kole (6) a přepínač (44) směru s druhým nastavovacím orgánem (45) pro dodatečný otáčivý pohyb.

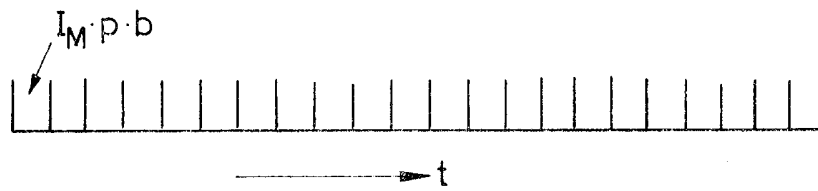
7. Zařízení podle bodu 6, vyznačující se tím, že vzestupné vedení (21) a sestupné vedení (22) vedoucí od digitálního systému (11) k měření dráhy k regulátoru (8), je v souladu se směrem podélného posuvu obrobku, případně se směrem jeho otáčení, dvoukanálové.

8. Zařízení podle bodu 7, vyznačující se tím, že sled impulsů, obsahující měřítkové impulsy a dodatečné impulsy, je přiváděn regulátoru (8) přes čtvrtý počítač (48) v digitálně-inkrementální formě a přes digitálně-analogový převáděč (51) v analogové formě.

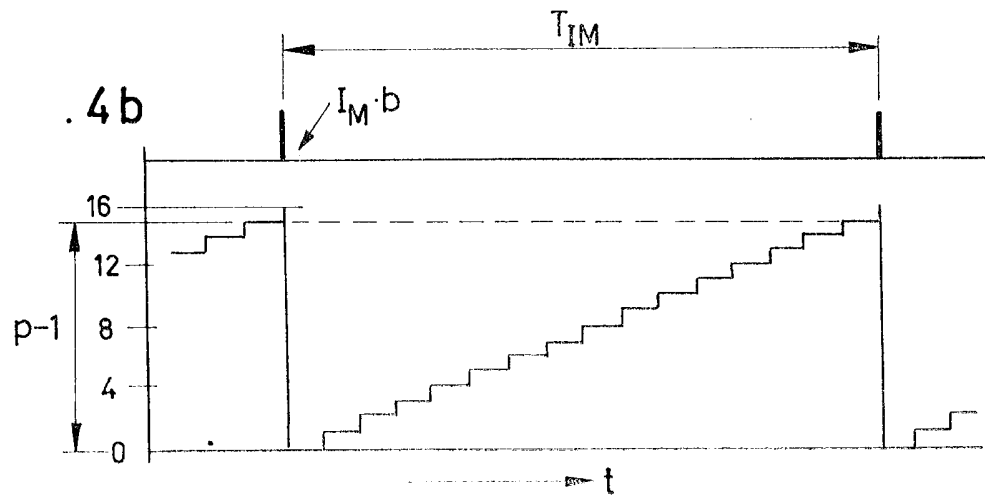




.4a



.4b



.4c

