

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

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 4145

(13) Druh dokumentu: **A3**

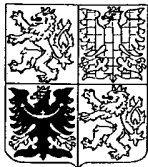
(51) Int. Cl.⁷ :

F 04 D 15/00

G 05 D 16/20

F 04 D 15/02

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 25.03.1999

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **08.05.1998**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1998/075503**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.11.2001**

(Věstník č. 11/2001)

(86) PCT číslo: **PCT/US99/06288**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO99/58856**

(71) Přihlašovatel:

CELANESE INTERNATIONAL CORPORATION,
Dallas, TX, US;

(72) Původce:

Lee Shu-Yee, Houston, TX, US;
Cawood James Murlin Jr., Houston, TX, US;
Leblanc Michael W., Missouri City, TX, US;

(74) Zástupce:

Korejzová Zdeňka JUDr., Spálená 29, Praha 1, 11000;

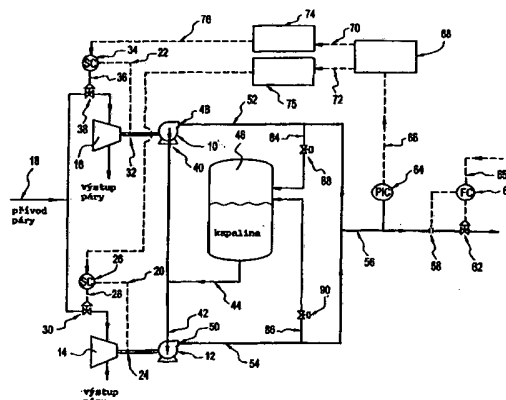
(54) Název přihlášky vynálezu:

Systém řízení čerpadel a způsob řízení měřené proměnné

(57) Anotace:

V systému řízení čerpadel a při způsobu řízení je hlavním regulačním prostředkem snímaná měřená proměnná, jako je tlak. Hlavní regulační prostředek vysílá signál do hnacího zařízení jednotlivých čerpadel (10, 12) nebo jinými způsoby reguluje výkon dvou čerpadel (10, 12). Hlavní regulační prostředek je uspořádán pro vysílání odlišných signálů současně do dvou čerpadel (10, 12) v odezvě na změnu v měřené proměnné, reakční doba jednoho z čerpadel (10, 12) je rychlejší než druhého čerpadla (10, 12). Na malé odchylky od požadovaného nastaveného bodu měřené proměnné je tedy primárně reagováno prostřednictvím čerpadla (10, 12), uspořádaného pro rychlejší reakci. Výrazné poklesy, vyplývající ze značné odchylky od požadovaného nastaveného bodu pro měřenou proměnnou, umožňují jednomu čerpadlu (10, 12) reagovat rychle a změnit jeho kapacitu výrazně pro uvedení měřené proměnné zpět na požadovaný nastavený bod, zatímco druhé čerpadlo (10, 12) reaguje pomaleji a udržuje neustále přiměřenou dopřednou průtokovou rychlost tekutiny pro zabránění uzavření výrobní jednotky. Při zjištění ztráty rychle reagujícího čerpadla (10, 12) hlavní regulační prostředek automaticky urychlí reakční dobu pomalu reagujícího čerpadla (10, 12), takže jeho kapacita může být měněna přiměřeně rychle, dostatečně pro

udržení měřené proměnné v cílovém stavu.



Systém řízení čerpadel a způsob řízení měřené proměnné

Oblast techniky

5 Předkládaný vynález se týká automatických řídicích systémů použitelných pro více-čerpádlové operace ve výrobních systémech.

Dosavadní stav techniky

10 Ve velkých výrobních celcích pro výrobu základních nebo speciálních chemických prostředků je přiváděno množství materiálů do nádoby pro požadovanou reakci. Změny v jednom z
15 přívodních toků ovlivňují rychlosti průtoku v ostatních tocích. Pro umožnění údržby a omezení prostojů výrobního zařízení jsou čerpadla obvykle redundantní, takže jedno slouží jako záloha, zatímco druhé pracuje, aby například zajistilo jeden z několika toků do reakční nádoby. Když
20 pracuje pouze jedno čerpadlo, může být automatický řídicí systém vyladěn podle dynamiky systému tak, že reaguje hladce a uvnitř požadovaného časového intervalu pro zadání změn z regulačního prostředku. Obvykle ve velkých výrobních
25 operacích dvoj-čerpádlové uspořádání zahrnuje dvojici shodných odstředivých čerpadel, jejichž výkon a výtlačný tlak se mění předem stanoveným způsobem na základě rychlosti čerpadla, jak je uvedeno prostřednictvím dostupných
pracovních průběhů čerpadla poskytovaných výrobcem tohoto čerpadla.

30 Taková procesní čerpadla mohou být poháněna elektrickými motory nebo jinými typy hnacích zařízení, jako jsou parní turbíny.

V mnoha situacích je kapacita výrobních zařízení zvyšována roky poté, co byla původně postavena pro danou kapacitu. Jako součást takového zvýšení výkonu nebo rozšíření výrobních možností jsou požadovány vyšší průtokové rychlosti základních složek, například, které mají vstupovat do reakční nádoby. Když dochází k těmto situacím, jednou alternativou je jednoduše nakoupit větší čerpadla pro zpracování vyšší výrobní kapacity a pokračovat se starým způsobem provozu s jedním čerpadlem pracujícím a s druhým čekajícím jako záloha. Změna uspořádání potrubí, základů, technického vybavení a s tím spojené prostoje mohou ale způsobit, že taková přeměna na čerpadla s větší kapacitou je ekonomicky nezajímavá. Namísto toho bylo v mnoha chemických výrobních zařízeních učiněno rozhodnutí spustit hlavní a záložní čerpadlo společně. Tato čerpadla jsou vybavena potrubím paralelně s tím cílem, aby sdílela požadované nové a vyšší rychlosti průtoku. Když jsou tato čerpadla poháněna turbínami, což je běžná výrobní praxe, a jsou provozována současně, vznikají řídicí problémy v nestejných odezvách na pohyby regulačních ventilů, sdružených s každým z turbínových hnacích zařízení. Pro modulaci dvou čerpadel pracujících současně, z nichž každé má svůj vlastní regulační prostředek pro umístování vstupního ventilu páry k turbínovému hnacímu zařízení, tedy vzniká situace vzájemně spolu soupeřících čerpadel, jak korekce toku v proudu páry do jedné z turbín mění výkon přidruženého čerpadla a mění požadavky na průtok páry do druhé turbíny spojené se společným rozdělovacím potrubím za účelem kompenzace. Parní ventily mají své vlastní konstrukční znaky, které by mohly ovlivnit jejich rychlosti posunutí, jako je tření v ovládací soustavě nebo v samotném ventilovém mechanismu. Tato

kontinuální korekce mezi regulačními ventily může mít případně za následek nestabilní provoz turbín nebo vysoké vibrace měřené v jedné nebo v obou turbínách, což by mohlo mít za následek automatické uzavření. Navíc dvě čerpadla, když jsou obě pracující v automatickém režimu, nemohou dobře reagovat na velké změny v měřené proměnné, které vyžadují, například, náhlé snížení celkového čerpacího výkonu z obou čerpadel. V systémech podle dosavadního stavu techniky by se hlavní (nadřazený) regulační prostředek, řídící tok páry do jednotlivých čerpadel, pokusil rychle snížit výkon obou čerpadel. V závislosti na velikosti nejnížší nastavené hodnoty by drastické snížení výkonu mohlo mít za následek otevření zpětného ventilu pro minimální průtok na obou těchto čerpadlech, což by mělo za následek značnou ztrátu dopředné průtokové rychlosti tekutiny a nakonec úplné uzavření čerpadel a výrobní jednotky. To je samozřejmě nežádoucí.

Jedním z cílů předkládaného vynálezu je tedy vytvořit řídící systém pro více čerpadel spojených paralelně, který brání těmto čerpadlům ve vzájemném soupeření během obvyklých odchylek od požadovaného bodu nastavení pro měřenou proměnnou. Na druhou stranu je dalším cílem vynálezu vytvořit řídící systém, který bude schopen reagovat na dramatické změny v měřené proměnné bez ztráty obou čerpadel a tudíž bez vypnutí výrobní jednotky.

Cíle předkládaného vynálezu byly řešeny prostřednictvím umožnění hlavnímu regulačnímu prostředku prezentovat odlišné výstupní signály do různých čerpadel v odezvě na změnu v měřené proměnné. Důsledkem je, že změna výkonu v odezvě na změnu v měřené proměnné je v jednom čerpadlu odlišná než v druhém čerpadlu. Toto řešení umožňuje

čerpadelům pracovat společně automaticky bez soupeření a dále jim umožňuje reagovat na dramatické změny v měřené proměnné. Systémy řízení čerpadel, které jsou známé podle dosavadního stavu techniky, neřeší tento problém. Takové typické řídicí systémy pro čerpadla nebo systémy, které jsou použitelné pro čerpadla, jsou popsány v US patentech o číslech: 5,566,709; 5,522,707; 5,360,320; 5,259,731; 3,872,887; 3,775,025; 4,686,086; a 4,428,529.

Podstata vynálezu

Je popsán řídicí systém, zejména upravitelný pro více-čerpadelové operace ve výrobních jednotkách. Hlavním regulačním prostředkem je snímána měřená proměnná, jako je tlak. Hlavní regulační prostředek dále vysílá signál do hnacího zařízení jednotlivých čerpadel nebo jinými způsoby reguluje výkon dvou čerpadel. Hlavní regulační prostředek je uspořádán pro vysílání odlišných signálů současně do dvou čerpadel v odezvě na změnu v měřené proměnné. Výsledkem je to, že reakční doba jednoho z čerpadel je rychlejší než druhého čerpada. Na malé odchylky od požadovaného nastaveného bodu měřené proměnné je tedy primárně reagováno prostřednictvím čerpada uspořádaného pro rychlejší reakci. Dramatické poklesy, vyplývající ze značné odchylky od požadovaného nastaveného bodu pro měřenou proměnnou, umožňují jednomu čerpadlu reagovat rychle a změnit jeho kapacitu dramaticky pro uvedení měřené proměnné zpět na požadovaný nastavený bod, zatímco druhé čerpadlo reaguje pomaleji a tudíž udržuje neustále přiměřenou dopřednou průtokovou rychlost tekutiny pro zabránění uzavření výrobní jednotky. Při zjištění ztráty rychle reagujícího čerpada hlavní

regulační prostředek automaticky urychlí reakční dobu pomalu reagujícího čerpadla, takže jeho kapacita může být měněna přiměřeně rychle, dostatečně pro udržení měřené proměnné v cílovém stavu. Použitím lišících se reakčních dob na čerpadlech je eliminován sklon čerpadel vzájemně soupeřit, když jsou ovládána například parními turbínami. Navíc čerpadla s řídicím systémem mohou rychle reagovat na velké výrobní výchylky bez spuštění stavů vypnutí obou čerpadel, což by jinak způsobilo vypnutí výrobní jednotky.

Přehled obrázků na výkresech

Obr.1 schematicky znázorňuje jednu aplikaci vynálezu, ilustrující výhodné provedení, ve kterém je měřenou proměnnou tlak a kapacita čerpadel, pracujících paralelně, je regulována jednotlivými smyčkami řízení rychlosti, které regulují průtok páry na přírodním vedení páry ke každému z turbínových hnacích zařízení;

Obr.2 znázorňuje schematickou reprezentaci výstupních signálů primárního regulačního prostředku, dodávaných do sekundárních regulačních prostředků;

Obr.3 reprezentuje činnost dvou čerpadel, indikující pro každé ze dvou čerpadel výstupní tok vyneseny vzhledem k času během výrobní výchylky;

Obr.4 ilustruje měřené změny v řízené proměnné na jednotku času v odezvě na změnu v průtokové

rychlosti v jiné části výrobního zařízení,
která ovlivňuje měřenou proměnnou.

Příklady provedení vynálezu

5 Řídicí systém C podle výhodného provedení vynálezu je
znázorněn na obr. 1. Jak je patrné na obr. 1, jsou čerpadla
10 a 12 poháněna příslušnými turbínami 16 a 14. Parní
přívodní vedení 18 přivádí páru k turbínám 14 a 16. Každá z
turbín 14 a 16 má příslušnou řídicí smyčku 20, 22 rychlosti.
10 Řídicí smyčka 20 má snímač 24 rychlosti turbíny, který je na
obrázku znázorněn pouze schematicky. Regulační prostředek 26
vydává výstupní signál 28 pro parní řídicí ventil 30. Podobně
snímač 32 rychlosti, který je rovněž znázorněn pouze
schematicky, vydává signál do regulačního prostředku 34,
15 který dále vysílá signál 36 do parního řídicího ventilu 38.
Čerpadla 10 a 12 mají příslušná sací vedení 40 a 42 spojené
dohromady do vedení 44 a nakonec do nádoby 46, která je
součástí výrobního systému. Čerpadla 10 a 12 mají příslušné
vypouštěcí přípojky 48 a 50, ke kterým jsou připojena
20 příslušná vypouštěcí vedení 52 a 54. Vedení 52 a 54
přecházejí společně do vedení 56, které je hlavním
vypouštěcím vedením z obou čerpadel 10 a 12 a zpět do
výrobního procesu. Na vedení 56 je umístěn snímač 58 průtoku,
který je spojen s regulátorem 60 průtoku, který dále ovládá
25 řídicí ventil 62 průtoku. Z výrobního procesu přichází signál
65, takže průtok ve vedení 56 může být koordinován s jinými
průtoky pro potřeby výrobního procesu. Mohou nastat výkyvy
nebo poklesy, když jsou tyto další průtoky měněny nebo
přerušeny, což má za následek změnu nastaveného bodu
30 regulátoru 60 průtoku, což dále mění snímáný tlak v

regulátoru 64 indikujícím tlak. Tak například pokud je ve vedení 56 požadován menší průtok, regulátor 60 průtoku reaguje uzavíráním ventilu 62, což zvyšuje tlak ve vedení 56. Toto zvýšení tlaku je snímáno regulátorem 64 indikujícím tlak. Řídící systém C může pracovat s množstvím různých měřených proměnných, aniž by byla překročena podstata předkládaného vynálezu.

Regulátor 64, indikující tlak, vydává výstupní signál 66 do signálového rozdělovače 68. Signálový rozdělovač 68 přebírá z regulátoru 64, indikujícím tlak, jeden signál 66 a vytváří dva zcela shodné výstupní signály 70 a 72. Signál 72 prochází přímo do regulačního prostředku 26 a obchází signálový modifikátor 75, zatímco signál 70 prochází skrz signálový modifikátor 74, který dále modifikuje tento signál 70 na výstupní signál 76. K tomu dochází proto, že čerpadlo 12 je zvoleno jako vedoucí čerpadlo, zatímco čerpadlo 10 je zvoleno jako zpožděné čerpadlo. Může být učiněna také obrácená volba, přičemž v takovém případě by signál 72 procházel skrz signálový modifikátor 75, zatímco signál 70 by obcházel signálový modifikátor 74. Signál 76 prochází do regulačního prostředku 34. Obr. 2 ilustruje to, co se děje, když je regulátorem 64, indikujícím tlak, snímáno zvýšení tlaku v důsledku uzavření ventilu 62 v odezvě na vstup z procesu do regulátoru 60 průtoku. Na obr. 2 zpožděné čerpadlo je čerpadlo 10, zatímco vedoucí čerpadlo je čerpadlo 12. Čerpadlům je poskytnuto toto označení vzhledem ke způsobu, jakým reagují na změnu v měřené proměnné, kterou je v tomto ilustrovaném provedení tlak.

Obr. 2 ilustruje signály 72 a 76 a jejich změnu na jednotku času. V úvodním segmentu obou grafů pro zpožděné a

vedoucí čerpadlo jsou signály 72 a 76 v podstatě konstantní. V časovém rámečku 78 se snímaná tlaková proměnná ve vedení 56 značně zvětšuje, což vyžaduje snížení výkonu čerpadel 10 a 12. Značnou změnou je odchylka od nastaveného bodu,

5 například, větší než 10%. Signál 72 vedený do čerpadla 12 dramaticky klesá v odezvě na zvýšení tlaku ve vedení 56.

Šikmý segment 80 schematicky reprezentuje postupný pokles signálu 76 přiváděného do regulačního prostředku 34, který nakonec řídí ventil 38. Čím mírnější je sklon segmentu 80 na

10 obr. 2, tím pomalejší je reakční doba řídicí smyčky 22 a tím pomalejší je změna kapacity čerpadla 10 v odezvě na změnu měřené proměnné, to jest tlaku ve vedení 56. Změna tlaku ve vedení 56 může být také dostatečně závažná, aby způsobila

15 uzavření vedoucího čerpadla, nebo alternativně se celý řídicí systém C může navrátit do původního stavu, jak je naznačeno na obr. 2, kde segment 82 indikuje další odezvu v signálu 72, takže nakonec je řízený tlak regulován dvěma čerpadly 10 a 12 sdílejícími zatížení, jak je naznačeno horizontálními

20 segmenty grafů na pravém konci obr. 2 pro obě čerpadla. Mělo by být uvedeno, že výkon zpožděného čerpadla 10 se změní, ale s pomalejší rychlostí než u čerpadla 12. Měřená proměnná tlaku, snímaná regulátorem 64, může vlastně zvětšit výkon zpožděného čerpadla 10 pro kompenzaci rychlého snížení kapacity vedoucího čerpadla 12. Obr. 3 ilustruje toto

25 chování. Tento obrázek znázorňuje dramatický pokles výkonu vedoucího čerpadla 12, přičemž důsledkem je otevření jeho zpětného ventilu 90 minimálního průtoku a jeho okamžité ruční uzavření operátorem. Výkon zpožděného čerpadla 10 klesá poněkud na začátku a potom se postupně zvětšuje, aby splnil 30 požadavek uvést tlak ve vedení 56 na nastavenou hodnotu.

Změna výkonu zpožděného čerpadla 10 je pomalejší než vedoucího čerpadla 12 před ztrátou (vypnutím) vedoucího čerpadla. To brání současnému snížení kapacity obou čerpadel v odezvě na zvýšení tlaku ve vedení 56, k čemuž by došlo, kdyby tato dvě čerpadla obě pracovala v automatickém režimu a nebyl by použit zpoždovací kompenzační blok (signálový modifikátor) 74 pracující na zpožděném čerpadlu 10. Změna výkonu zpožděného čerpadla se automaticky stává stejně rychlou jako předtím u vedoucího čerpadla při zjištění snížení průtoku, otevření zpětného ventilu minimálního průtoku nebo ztrátě vedoucího čerpadla. Důsledkem je, že zpožděné čerpadlo může reagovat dostatečně rychle pro kompenzaci náhlé ztráty dopředného průtoku tekutiny, způsobné uzavřením vedoucího čerpadla.

Pokud se týká čerpadel 10 a 12 mají jejich příslušná vypouštěcí vedení 52 a 54 odpovídající zpětná vedení 84 a 86, která z nich vystupují. Příslušné zpětné ventily 88 a 90 jsou umístěny na zpětných vedeních 84 a 86. Konečně vratná vedení 84 a 86 vedou zpět do nádoby 46. Když je výkon čerpadla 10 nebo 12 dostatečně nízký, otevírá se příslušný zpětný ventil 88 nebo 90, aby zabránil poškození čerpadla v důsledku dlouhých pracovních period při nízkých výkonech. Výhodné provedení využívá odstředivá čerpadla pro čerpadla 10 a 12, přičemž samozřejmě mohou být použita jiná čerpadla a přičemž rozsah nebo podstata předkládaného vynálezu tak nebudou překročeny.

Jak bylo uvedeno v předcházejícím popisu, při udržování požadovaného nastaveného bodu pro tlak ve vedení 56 může vzniknout situace, ve které čerpadla 10 a 12 vzájemně spolu soupeří v důsledku nerovnoměrných posunutí řídicích

ventilů 30 a 38. Při reakci na drobné odchylky od nastaveného bodu v regulátoru 64 mohou mít současné signály do řídicích smyček 20 a 22, za nepřítomnosti signálového modifikátoru 74 rovněž označovaného jako zpožďovací kompenzační blok, za
5 následek nerovnoměrná posunutí řídicích ventilů, protože například jeden ventil 30 reaguje rychleji než druhý ventil 38. Tato situace může nastat dokonce i když signál, přijímaný regulačními prostředky 26 a 34 rychlosti, je shodný. Když
10 dojde ke nerovnoměrným posunutím ventilů, způsobí to rozdílnou rychlost turbín a tudíž výkon čerpadel. Současně změna průtoku páry do jedné z turbín zároveň ovlivní průtok páry do druhé turbíny, protože pára přichází ze společného rozdělovacího potrubí. V důsledku toho je potřebná další
15 korekce pro uvedení rychlosti turbín a měřené proměnné zpět do požadovaných nastavených bodů.

Toto kontinuální přestavování nebo nestabilní hledání nastavené hodnoty řídicími ventily 30 a 38 může mít za
následek nestabilní činnost turbín 14 a 16. V situacích, ve
20 kterých jsou na turbíny 14 a 16 namontovány snímače vibrací, mohou tyto vibrace v turbínách dosáhnout dostatečných úrovní pro způsobení vypnutí turbín a tudíž výrobní jednotky.
Problém soupeření mezi čerpadly 10 a 12 v důsledku
nesfázovaných posunutí řídicích ventilů 30 a 38 v odezvě na
daný řídicí příkaz je tedy nežádoucí vlastností, která je
25 řešena zpožďovacím kompenzačním blokem 74. Se zpožďovacím kompenzačním blokem 74 je činnost čerpadla 10 dostatečně zpomalena, takže drobné odchylky od požadovaného nastaveného bodu tlaku ve vedení 56, jak je snímáno regulátorem 64,
neovlivní činnost ventilu 38 v nějaké významné míře. Zatímco
30 případně může docházet k nějaké změně v poloze ventilu 38,

odezva řídicího systému C pro regulaci nastaveného tlaku ve vedení 56, jak je zvolen v regulátoru 64, musí přinutit vedoucí čerpadlo 12, aby reagovalo rychleji na změny měřené proměnné. Dokonce i když systém pracuje při stálých podmínkách je sklon čerpadel vzájemně spolu soupeřit eliminován použitím zpožďovacího kompenzačního bloku 74, protože je snížena citlivost čerpadla 10. S pomalejší reakční dobou pro řízení v řídicí smyčce 22 již nedochází k tomuto soupeření, protože drobné změny v poloze ventilu 38 již potom nemají jakýkoliv podstatný bezprostřední efekt na systém celkově. S reaktivitou řídicí smyčky 22 takto zpomalenou na méně než je rychlost odezvy řídicí smyčky 20 jsou drobné výchylky nad nebo pod nastavený bod regulátoru 64 regulovány převážně posunutími ventilu 30. Dokonce i stálý provoz při řízeném tlaku nastaveném regulátorem 64 s použitím zpožďovacího kompenzačního bloku 74 eliminuje problém soupeření mezi čerpadly 10 a 12 během normální činnosti.

Pokud by došlo k náhlému snížení požadovaného průtoku ve vedení 56, regulátor 60 posune ventil 62 směrem do jeho uzavřené polohy. To dále bude snímáno jako nárůst tlaku ve vedení 56 regulátorem 64. Opět by v systémech podle dosavadního stavu techniky bez zpožďovacího kompenzačního bloku 74 obě čerpadla reagovala podobně, protože řídicí smyčky 20 a 22 by vyžadovaly současné uzavření příslušných ventilů 30 a 38. V závislosti na nejnižší nastavené hodnotě by obě čerpadla 10 a 12 mohla dosáhnout svých hodnot minimálního průtoku, což by spustilo otevření zpětných ventilů 88 a 90. To by znemožnilo zpracování požadovaného průtoku potřebného dokonce i při nízkých rychlostech činnosti a proces by byl ukončen. Pro zabránění ztrát (uzavření) obou

čerpadel a pro umožnění systému, aby reagoval na dramatické změny v požadované hodnotě (to jest krok změny je větší než například 10%), je do řídicího systému C vložen zpoždovací kompenzační blok 74. S vloženým zpoždovacím blokem 74 příliš velký průtok ve vedení 56, snímaný jako dramatické zvýšení tlaku v regulátoru 64, bude mít za následek, že vedoucí čerpadlo 12 dramaticky sníží svůj výkon, zatímco v důsledku modifikace signálu 76 pro zpožděné čerpadlo, jak je ilustrováno na obr. 2, bude reaktivita řídicí smyčky 22 pro zpožděné čerpadlo 10 podstatně pomalejší. Zpožděné čerpadlo 10 tedy bude udržovat určitý dopředný tekutinový průtok ve vedení 56, což bude bránit zastavení výrobní jednotky. Požadovaný průtok by mohl být ve vedení 56 snížen tím, že vedoucí čerpadlo vlastně může mít svůj zpětný ventil 90 otevřený nebo může být odpojeno. Pokud to nastane, operátor může pokračovat pro splnění požadované hodnoty ve vedení 56 se zpožděným čerpadlem. Operátor může ručně vypnout vedoucí čerpadlo 12 v tomto okamžiku. Když je vedoucí čerpadlo ručně vypnuto nebo automaticky odpojeno, hlavní regulátor 64 okamžitě označí zpožděné čerpadlo 10 jako nové vedoucí čerpadlo. Při této akci přemostí blok 74 a umožní čerpadlu 10 řídit tlak ve vedení 56, ale nyní s rychlejší odezvou než když bylo zvoleno jako zpožděné čerpadlo.

Osoby v oboru znalé mohou snadno nahlédnout, že označení které čerpadlo je zpožděné a které čerpadlo je vedoucí může být obráceno na základě známých technik pro řídicí systémy, aniž by byl překročen rozsah či opuštěna podstata předkládaného vynálezu. Navíc kterékoli z čerpadel může být provozováno v automatickém provozu regulátorem 64, zatímco druhé čerpadlo je v pohotovostním režimu. To může

nastat při nízkých pracovních rychlostech pro výrobní systém nebo pokud je na jednom z čerpadel 10 nebo 12 vyžadována údržba.

Obr. 3 indikuje výkon čerpadel 10 a 12 v galonech (jeden americký galon odpovídá přibližně 3,79 litru) za minutu pro řídicí systém C. Jak je naznačeno na obr. 3, obě čerpadla pracují s výkonem málo přes 800 galonů za minutu, když dojde k dramatickému snížení průtoku požadovaného procesem ve vedení 56, což zvyšuje měřený tlak v regulátoru 64. Čára 92 indikuje, že výkon vedoucího čerpadla 12 dramaticky klesá k nule v odezvě na uvedený pokles, zatímco výkon zpožděného čerpadla 10, které reaguje pomaleji, se snižuje trochu na začátku a potom se zvyšuje s rychlostí srovnatelnou se snižováním kapacity čerpadla 12, až na přibližně 1400 galonů za minutu, jak je indikováno čarou 94. Proces potom pracuje s využitím pouze zpožděného čerpadla 10 po mnoho hodin. Během této doby je zpožděné čerpadlo 10 převedeno automaticky do stavu vedoucího čerpadla, ve kterém je obcházen blok 74. Později je opět spuštěno čerpadlo 12, jak je indikováno čarou 96. Jak čerpadlo 12 postupně přidává kapacitu, řídicí smyčka 22 reaguje a snižuje výkon čerpadla 10, dokud nejsou průtoky vyrovnány, jak je indikováno na pravém konci obr. 3. Čerpadlo 12 se nyní stává zpožděným čerpadlem, přičemž blok 75 modifikuje jeho signál, zatímco čerpadlo 10 je nyní vedoucím čerpadlem.

Nahoře na obr. 4 je snímán tlak v regulátoru 64 vyneseno proti stejné časové periodě. Obr. 4 indikuje značný tlakový výběžek kolem okamžiku poklesu, který přinutil regulátor 64 aby změnil výkon čerpadel 10 a 12. Malý tlakový pokles následně po tlakovém výběžku je způsoben ztrátou potom

vedoucího čerpadla 12. Jak může být patrné z obr. 3, výkon
zpožděného čerpadla 10 vlastně klesá pomalu na začátku a
potom rychle narůstá. Velikost poklesu je patrná na
schematickém znázornění v dolní části obr. 4. Ve spodní části
5 grafu na obr. 4 je znázorněna přívodní rychlost v tomto
případě metanolu, která prostřednictvím poměrového regulátoru
řídí průtokovou rychlost ve vedení 56 prostřednictvím použití
regulátoru 60. Velikost snížení přívodu metanolu je tedy
poměrně značná, ale má relativně krátké trvání. Obr. 3 a obr.
10 4 společně ilustrují systémovou reakci čerpadel 10 a 12 na
tento stupeň poklesu. Jak může být patrné z grafu tlaku v
závislosti na čase na obr. 4 pro vedení 56, dojde k velmi
malému narušení tlaku především v důsledku náhlé ztráty
dopředného průtoku tekutiny od vedoucího čerpadla a použití
15 zpoždovacího kompenzačního bloku 74. V tomto speciálním
případě řád poklesu velikosti přívodní rychlosti metanolu byl
z 350 galonů za minutu na přibližně 80 galonů za minutu a
řídící systém C reagoval na úměrné snížení průtoku ve vedení
56 bez vypnutí jednotky.

20 Osoby v oboru znalé mohou zcela jasně nahlédnout, že
řídící systém C umožňuje levné rozšíření kapacity
existujících výrobních zařízení, která byla konstruována tak,
aby měla jedno čerpadlo pracující a druhé čerpadlo v
pohotovosti jako zálohu. Spíše než změnou uspořádání čerpadel
25 a hnacích zařízení pro přizpůsobení se větším výkonům, mohou
být hlavní čerpadlo a záloha spuštěny v tandemu v
automatickém režimu bez vzájemného soupeření, zatímco
současně mají schopnost reagovat na dramatické výrobní
výchyly. Řídící systém podle výše uvedeného popisu je
30 schopen reagovat na značné odchylky řízené proměnné od

požadovaného nastaveného bodu, to jest tlaku ve vedení 56.
Tak například tam, kde regulátor 60 průtoku reaguje na další
průtokovou rychlost uvnitř výrobního zařízení na základě
poměrů průtoků, může celý řídicí systém velmi prudce reagovat
5 na celkové snížení výkonu, například z 1650 galonů za minutu
na 1300 galonů za minutu. Řídicí systém C má přizpůsobivost
pro umožnění dvěma čerpadlům 10 a 12 pracovat paralelně a pro
překonání výkyvů výrobní jednotky, jako například v důsledku
výrobních změn, které mají za následek změny polohy ventilu
10 62 nebo ztrátu jednoho ze dvou čerpadel 10 nebo 12. Řídicí
systém C dále umožňuje, aby byly toky z čerpadel 10 a 12
vyváženy a umožňuje individuální spouštění čerpadel 10 a 12 a
rovněž individuální vypnutí. Nakonec tento řídicí systém C
rovněž zajišťuje změnu z jednoho čerpadla na druhé bez
15 poklesů ve výrobním procesu.

Při činnosti řídicího systému C operátor procesu
určuje specifické čerpadlo za vedoucí a druhé čerpadlo za
zpožděné. Aby bylo zajištěno, že kterékoliv čerpadlo může
fungovat jako vedoucí nebo zpožděné, je se signálem 72 spojen
20 zpožďovací kompenzační blok 75, podobný zpožďovacímu
kompenzačnímu bloku 74. V závislosti na tom, které čerpadlo
je zvoleno jako vedoucí nebo zpožděné, bude jeden nebo druhý
z výstupních signálů 70 a 72 obcházet jeden z bloků 74 a 75,
což bude mít za následek relativně malou dobu zpoždění v
25 jedné řídicí smyčce 20 nebo 22 pro rychlejší odezvu, zatímco
druhá smyčka bude mít delší dobu zpoždění pro pomalejší
odezvu. Vedoucí čerpadlo reaguje rychleji než zpožděné
čerpadlo, takže zpožděné čerpadlo je neovlivněno výkyvy
procesu, které způsobují drobné tlakové výchylky od
30 nastavených bodů měřené proměnné. Zpožděné čerpadlo mění svůj

výkon pomalu a pracuje ve spojení s regulátorem 64 pro udržení vyvážení toků ze dvou čerpadel během normálního provozu. V této situaci zpožděné čerpadlo není citlivé na takové drobné tlakové výchylky ve vedení 56. Drobné korekce tedy mohou být prováděny čerpadlem 12, v některých situacích dokonce předtím, než čerpadlo 10 vůbec zareaguje. Řídící systém C je nastaven tak, že když nastane velká změna, je nejvyšší prioritou udržet vypouštěcí tlak ve vedení 56 a přiměřený dopředný tok tekutiny po celou dobu, aby se zabránilo vypnutí jednotky. Pokusy o vyvážení toků z čerpadel 10 a 12 jsou v tomto okamžiku znemožněny, protože by to mělo za následek narušení ovladatelnosti celého systému. Pokud je jedno z čerpadel 10 nebo 12 zastaveno, řídící systém C automaticky přepne z provozu se dvěma čerpadly na provoz s jedním čerpadlem.

S řídícím systémem C použitým na místě není zpožděné čerpadlo dostatečně vlivné při provádění činnosti vedoucího čerpadla a ačkoliv dochází k určitému posunutí regulačních ventilů mimo fázi, k soupeření čerpadel v důsledku takových posunutí mimo fázi již nedochází. V případě velké změny ve výrobě, jako je ostrý tlakový nárůst snímáný regulátorem 64, vedoucí čerpadlo nejprve zpomalí, dokud se neotevře jeho ventil minimálního průtoku. V tomto okamžiku sekundární nebo zpožděné čerpadlo bude zpomalovat pomalu a tudíž neotevře svůj ventil minimálního průtoku, protože je s ním sdružen zpoždovací kompenzační blok. Protože kapacita vedoucího čerpadla se rychle sníží předtím a dále se sníží poté, co se otevře ventil minimálního průtoku, proces náhle ztrácí podstatný objem kapacity čerpacího systému, což dále brání zpožděnému čerpadlu v posunutí k jeho vypínacímu bodu pro

minimální průtok. Namísto toho může zpožděné čerpadlo vlastně zvýšit svoji kapacitu. S automatickým určením zpožděného čerpadla jako nového vedoucího čerpadla v tomto časovém okamžiku může nové vedoucí čerpadlo zvýšit svoji kapacitu s rychlostí srovnatelnou se snížením výkonu starého vedoucího čerpadla, aby tak řídilo tlak ve vedení 56. Řídicí systém C tedy brání oběma čerpadlům v současném otevření jejich ventilů minimálního průtoku, což by jinak mělo za následek vypnutí výrobní jednotky.

Vyladění zpožďovacích kompenzačních bloků po zpožděné čerpadlo musí být provedeno ve spojení s požadavky na provoz systému. Pokud je odezva zpožděného čerpadla příliš pomalá, dochází téměř k situaci, ve které je zpožděné čerpadlo v manuálním režimu. Na druhou stranu, pokud je reakční doba zpožděného čerpadla příliš rychlá, pak se opět vracejí problémy se soupeřením čerpadel a s nemožností řídit proces během náhlých poklesů. Nastavení zpožďovacího kompenzačního bloku pro zpožděné čerpadlo tudíž musí být provedeno vyladěním ve vlastním výrobním systému. Vyladění takového systému je úloha, která je dobře známá osobám v oboru znalým. Řídicí systém C je uspořádán pro automatické přepnutí z jednoho čerpadla na druhé v automatickém režimu v případě vypnutí jednoho z čerpadel bez ohledu na to, zda čerpadlo je potom určeno jako vedoucí nebo zpožděné. V odezvě na výkyv procesu výroby, jako je nárůst tlaku ve vedení 56, vyžadující pokles kapacity čerpadel, vedoucí čerpadlo reaguje rychle snížením svoji kapacity, zatímco zpožděné čerpadlo snižuje svoji kapacitu s pomalejší rychlostí, nebo může ve skutečnosti svoji kapacitu zvýšit, jak vedoucí čerpadly dramaticky sníží jeho kapacitu. Pokud je pokles dostatečně

velký na vedoucím čerpadlu, může spustit otevření ventilu minimálního průtoku zpět do nádoby 46, přičemž v takovém případě by se relativně netečné zpožděné čerpadlo pokusilo řídit požadovaný tlak ve vedení 56. Když taková situace nastane a vedoucí čerpadlo není bezprostředně vypnuto, řízení vypouštěcího tlaku ve vedení 56 se může stát pomalým a neuspokojivým. Vedoucí čerpadlo může alternativně otevírat nebo uzavírat svůj ventil minimálního průtoku a tudíž narušit rovnováhu jednotky. Když toto nastane, operátor obecně vypne vedoucí čerpadlo a hlavní regulátor 64 automaticky zvolí zpožděné čerpadlo jako hlavní čerpadlo pro automatický režim činnosti s jedním čerpadlem. Pokud operátor neprovede tuto změnu, může se řízení vypouštěcího tlaku ve vedení 56 zhoršit do té míry, že jednotka se vypne. Na obr. 3 je ilustrována tato procedura, ve které je vedoucí čerpadlo vypnuto, jak je indikováno čarou 92, a později je zapnuto, jak je indikováno čarou 96.

Osoby v oboru znalé snadno nahlédnou, že po přepnutí s jedním čerpadlem odpojeným a zpožděným čerpadlem zvoleným pro automatický režim činnosti s jedním čerpadlem, nebude potřebný zpožďovací kompenzační blok sdružený s tímto čerpadlem, protože pracuje pouze jedno čerpadlo.

Popsaný řídicí systém C řeší problém vzájemně soupeřících čerpadel v dvoj-čerpadlových operacích ve výrobních zařízeních. Řídicí systém C je použitelný pro jiné typy vybavení pracujícího paralelně, které je individuálně řízeno v odezvě na změny v měřené proměnné ve výrobním systému, a není omezen na turbínami poháněná, odstředivá čerpadla, jak je popisováno v příkladném výhodném provedení. Jiné typy hnacích zařízení nebo řízení kapacity jsou rovněž

zcela v rozsahu předkládaného vynálezu. Řídící systém C může řídit dvě nebo více čerpadel pracujících současně, pokud alespoň jedno je vedoucí a jiné je zpožděné.

Předcházející vysvětlení a popis předkládaného
5 vynálezu je pouze ilustrativní a příkladný, přičemž bez překročení rozsahu vynálezu či bez opuštění jeho podstaty je možné provádět různé změny, například velikostí, tvarů a materiálů a rovněž detailů ilustrované konstrukce.

10

15

20

25

30

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Systém řízení čerpadel pro přivádění tekutin s množstvím čerpadel v současné paralelní činnosti, který zahrnuje:

5 primární regulátor pro měření řízené proměnné a vysílání množství odlišných výstupních signálů;

 sekundární regulátor namontovaný na každém z množství uvedených čerpadel pro řízení jejich výkonu,

vyznačující se tím, že

10 odlišný signál je přiváděn do různých sekundárních regulátorů, přičemž odezva jednoho z pracovních čerpadel na změnu řízené proměnné je odlišná, než je odezva dalšího pracovního čerpadla.

15 2. Systém řízení podle nároku 1, **vyznačující se tím, že:**

 jeden z uvedených signálů je měněn zpoždovacím kompenzačním blokem pro pomalejší reakci sekundárního regulátoru, sdruženého s uvedeným měněným signálem, než dalšího uvedeného sekundárního regulátoru.

20 3. Systém řízení podle nároku 2, **vyznačující se tím, že:**

 uvedený primární regulátor dále zahrnuje signálový rozdělovač, který přebírá jeden signál, reagující na měření uvedené řízené proměnné, a vysílá množství shodných signálů.

25 4. Systém řízení podle nároku 3, **vyznačující se tím, že:**

 uvedený zpoždovací kompenzační blok mění alespoň jeden z uvedených shodných signálů z uvedeného rozdělovače.

5. Systém řízení podle nároku 2, **vyznačující se tím, že:**

30 uvedený zpoždovací kompenzační blok má za následek postupnější změnu síly signálu, vystupujícího z tohoto

zpoždovacího kompenzačního bloku, na jednotku času, než je změna dalšího signálu, který je nemodifikován zpoždovacím kompenzačním blokem.

5 6. Systém řízení podle nároku 5, **vyznačující se tím, že:**
pomalejší odezva jednoho čerpadla na změny měřené proměnné brání vzájemnému soupeření dvou čerpadel, která pracují současně.

10 7. Systém řízení podle nároku 6, **vyznačující se tím, že:**
čerpadlo ovlivněné uvedeným zpoždovacím kompenzačním blokem (zpožděné čerpadlo) reaguje příliš pomalu na malé změny uvedené měřené proměnné, takže další čerpadlo (vedoucí čerpadlo), které přijímá přímý signál z uvedeného primárního regulátoru, je ve skutečnosti čerpádlem, které v podstatě
15 reaguje na takovéto změny měřené proměnné.

8. Systém řízení podle nároku 2, **vyznačující se tím, že:**
čerpadlo, které přijímá uvedený měřený signál,
(zpožděné čerpadlo) reaguje pomaleji na změnu svého výkonu,
20 než další čerpadlo, které přijímá nezměněný signál, (vedoucí čerpadlo) v případě značné změny uvedené měřené proměnné, což brání vypnutí obou čerpadel ve stejném okamžiku.

9. Systém řízení podle nároku 8, **vyznačující se tím, že:**
vedoucí čerpadlo rychle snižuje svůj výstupní průtok v
25 odezvě na značnou změnu uvedené měřené proměnné, dokud se neotevře ventil minimálního průtoku, zatímco současně zpožděné čerpadlo mění svůj průtokový výkon pomaleji pro udržení přiměřeného dopředného průtoku tekutiny při současném uvádění měřené proměnné na požadovanou hodnotu.

10. Systém řízení podle nároku 1, **vyznačující se tím, že:**
pomalejší odezva jednoho čerpadla na změny měřené
proměnné brání dvěma čerpadlům, která pracují současně, ve
vzájemném soupeření.

5 11. Systém řízení podle nároku 1, **vyznačující se tím, že:**
v odezvě na značnou změnu uvedené měřené proměnné
čerpadlo, které reaguje rychleji, rychle mění svůj výkon pro
řízení měřené proměnné, zatímco pomaleji reagující čerpadlo
10 postupně mění svůj výkon pro udržení přiměřeného dopředného
toku tekutiny při současném uvádění uvedené měřené proměnné
na požadovanou hodnotu.

12. Systém řízení podle nároku 11, **vyznačující se tím, že:**
uvedený primární regulátor, při zjištění rychlého
15 snížení výkonu uvedeného rychleji reagujícího čerpadla,
automaticky přeuspořádá reakční citlivost pomaleji
reagujícího čerpadla pro udělení tomuto čerpadlu reakční
citlivosti předtím rychleji reagujícího čerpadla.

13. Způsob řízení měřené proměnné s použitím řídicího
20 systému regulujícího výkon čerpadel zapojených paralelně a
pracujících v tandemu, **vyznačující se tím, že zahrnuje:**

snímání měřené proměnné;

řízení výkonu alespoň dvou čerpadel, přičemž jedno je
určeno jako vedoucí čerpadlo a další je určeno jako zpožděné
25 čerpadlo, individuálním regulátorem na každém čerpadlu;

zajištění odlišných signálů vytvořených z uvedeného
snímání k uvedeným regulátorům, takže výkon vedoucího
čerpadla se mění rychleji, než jakákoliv změna výkonu, pokud
k ní vůbec dochází, zpožděného čerpadla v reakci na změnu
30 uvedené měřené proměnné.

14. Způsob podle nároku 13, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

vytváření množství signálů v odezvě na uvedené snímání;
vedení jednoho z uvedených signálů skrz zpoždovací
5 kompenzační blok pro zpomalení odezvy k němu přidruženého regulátoru čerpadla.

15. Způsob podle nároku 14, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

pohánění každého čerpadla turbínou;
10 regulování vstupu do každé turbíny jedním z uvedených regulátorů.

16. Způsob podle nároku 15, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

15 pohánění uvedených turbín párou;
řízení průtokového ventilu, přivádějícího páru ke každé turbíně, jedním z uvedených regulátorů.

17. Způsob podle nároku 13, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

20 zajištění signálu ke zpožděnému čerpadlu pro zpomalení odezvy k němu přidruženému regulátoru, takže čerpadla vzájemně spolu nesoupeří při úsilí o korigování výkonu, když udržují nastavenou hodnotu měřené proměnné.

25 18. Způsob podle nároku 17, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

zajištění signálu ke zpožděnému čerpadlu pro zpomalení odezvy k němu přidruženému regulátoru, takže požadavku na značnou změnu čerpacího výkonu, uvedené vedoucí čerpadlo
30 rychle mění kapacitu, zatímco regulátor uvedeného zpožděného

čerpádla reaguje pomaleji pro udržení přiměřeného dopředného toku tekutiny, která řídí měřenou proměnnou.

19. Způsob podle nároku 18, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

5 spuštění zpětného ventilu minimálního průtoku na vedoucím čerpadlu, jak se jeho výkon snižuje;

vypnutí vedoucího čerpadla v odezvě na spuštění uvedeného zpětného ventilu minimálního průtoku;

10 udržování automatického řízení uvedené měřené proměnné s pouze zpožděným čerpadlem, které nyní pracuje v roli vedoucího čerpadlo bez zpožďovacího kompenzačního bloku.

20. Způsob podle nároku 14, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

15 dostatečné znecitlivění regulátoru, přijímajícího signál ze zpožďovacího kompenzačního bloku, takže regulátory vzájemně spolu nesoupeří v úsilí o vyvážení požadovaného výkonu mezi čerpadly.

20 21. Způsob podle nároku 14, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

25 dostatečné znecitlivění regulátoru, přijímajícího signál ze zpožďovacího kompenzačního bloku, takže v odezvě na značnou změnu měřené proměnné vedoucí čerpadlo mění svoji kapacitu rychle, zatímco současně zpožděné čerpadlo, reagující pomaleji než vedoucí čerpadlo, je schopno udržovat přiměřený dopředný tok tekutiny a je rovněž dostatečně citlivé pro uvedení měřené proměnné na požadovanou hodnotu.

30 22. Způsob podle nároku 21, **vyznačující se tím, že** se zcitliví zpožděné čerpadlo automaticky pro rychlejší

reagování v odezvě na značnou změnu měřené proměnné při detekci značného poklesu výkonu z vedoucího čerpadla.

23. Způsob podle nároku 21, **vyznačující se tím, že** dále zahrnuje:

5 umožnění otevření zpětného ventilu minimálního průtoku, když vedoucí čerpadlo sníží svůj průtokový výkon na předem stanovenou hodnotu;

 vypnutí vedoucího čerpadla;

10 eliminování zpoždovacího kompenzačního bloku od zpožděného čerpadla;

 řízení měřené proměnné automaticky pouze se zpožděným čerpadlem, které nyní pracuje bez zpoždovacího kompenzačního bloku.

15

20

25

30

1 / 3

FIG.1

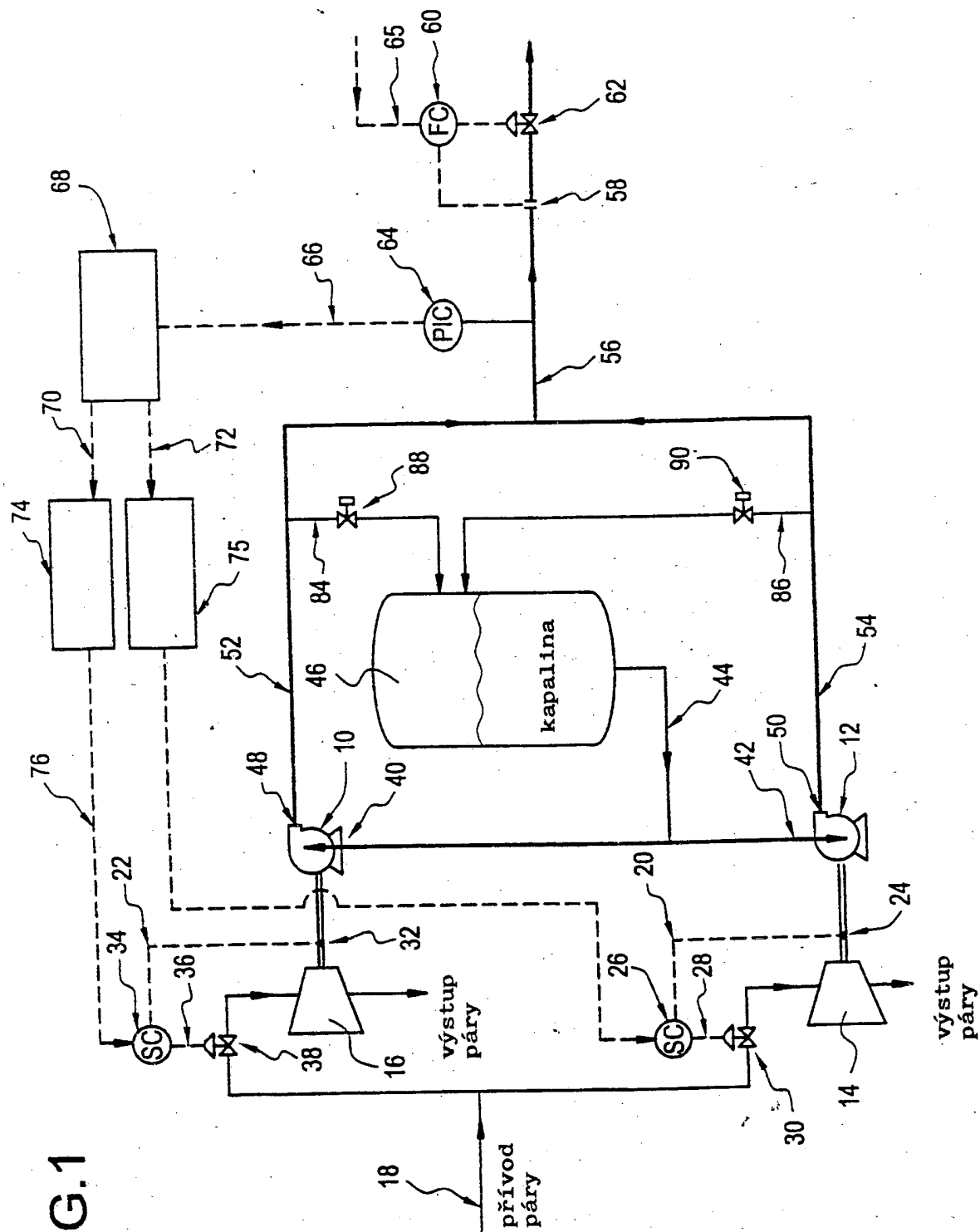
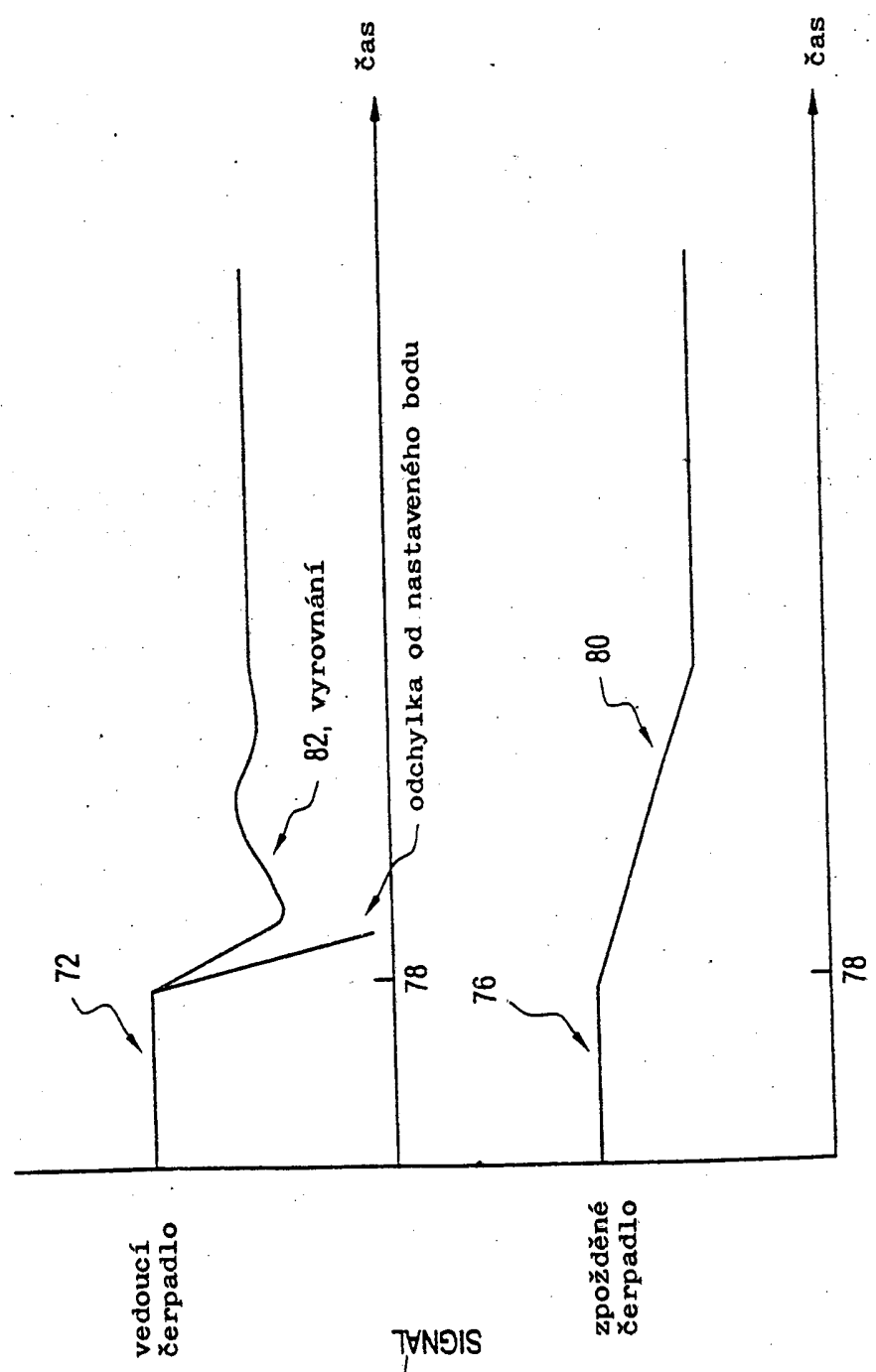


FIG.2



3 / 3

FIG.3

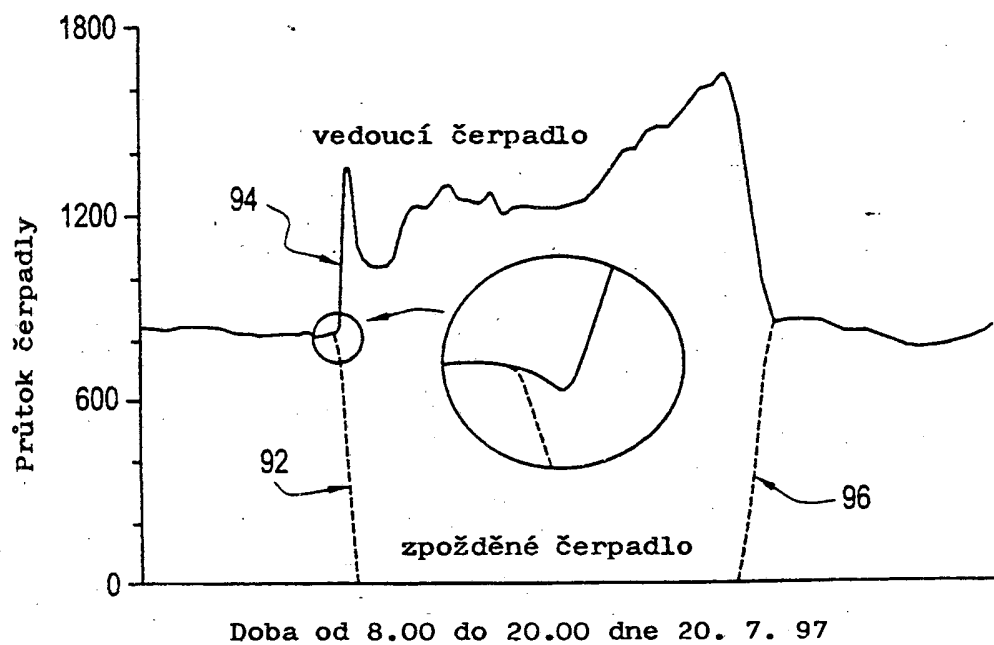


FIG.4

