



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

207292

(11)

(B1)

(22) Přihlášeno 04 03 80

(21) (PV 1500-80)

(40) Zveřejněno 15 09 80

(45) Vydáno 01 11 82

(51) Int. Cl.³.
F 04 D29/66

(75)

Autor vynálezu

PETÁK VÁCLAV ing. a MALÁT FRANTIŠEK ing.
PRAHA

(54) Zapojení regulačního obvodu pro kompensaci vlivu velkého rozsahu změn tlaku v sání, případně výtlaku radiálního turbokompresoru na mez zásahu antipompážní regulace

Vynález se týká zapojení regulačního obvodu pro kompensaci vlivu velkého rozsahu změn tlaku v sání, nebo výtlaku radiálního turbokompresoru na mez zásahu antipompážní regulace.

Charakter provozu některých radiálních turbokompresorů je typický tím, že provozní podmínky se vyznačují mimořádně velkými změnami tlaku v sání, případně na výtlaku. Charakteristika některých radiálních turbokompresorů tohoto druhu bývá v okolí hranice pompáže velmi plochá, nebo dokonce konvexní. V těchto případech se jednoznačná informace o poloze pracovního bodu na charakteristice odvozuje od parametrů, které určují objemový, resp. hmotnostní průtok. V regulačním obvodu antipompážní regulace je pak regulovanou veličinou objemový, resp. hmotnostní průtok turbokompresorem. Měřenou hodnotou bývá obvykle tlaková diference na pasivním odporu v linii stlačovaného plynu, případně další pomocné měřné hodnoty. V běžném uspořádání známých systémů automatické antipompážní regulace se používá k získání regulační odchylky rozdílu mezi konstantní žádanou hodnotou a mezi měrnou hodnotou. Dalším charakteristickým znakem těchto obvodů je, že pro získání tlakové difference je používán pasivní odpor, záměrně vložený do sacího nebo výtlakového potrubí, např. měřící clona. Zapojení v obvodu je provedeno např. tak, že na

výtlačné potrubí radiálního turbokompresoru před měřící clonou je napojen snímač tlaku a současně před a za měřící clonu je napojen snímač tlakové difference. Snímač tlaku i snímač tlakové difference jsou propojeny se vstupem nelineárního matematického bloku, jehož výstup je propojen s jedním vstupem rozdílového bloku. Druhý vstup rozdílového bloku je propojen se zadávací jednotkou konstantní žádané hodnoty. Výstup z rozdílového bloku tvoří vstupní signál regulátoru.

Nevýhodou takového a podobných zapojení regulačního obvodu je především rozsah jejich použitelnosti. V zásadě jsou použitelné všude tam, kde tlak na sání, případně na výtlaku se příliš nemění. Turbokompresorům, jejichž pracovní režimy jsou charakterisovány velkými změnami tlaku v sání nebo výtlaku tento druh zapojení nevyhovuje, protože změna měřené veličiny, způsobená změnou charakteristiky pasivního odporu při změnách tlakových podmínek by působila nevhodně na mez zásahu automatického regulačního systému. Mez zásahu, zajišťující minimální bezpečnou vzdálenost od meze pompáže by musela být nastavena na podstatně větší průtok vzdušiny turbokompresoru, než je žádoucí z hlediska využití celého rozsahu charakteristiky turbokompresorů při všech uvažovaných tlakových hladinách. Tím by se značně snižovala ekonomie provozu. Další

207292

nevýhodou je okolnost, že záměrně vložený pasivní odpor do potrubí, na něž jsou napojeny převodníky fyzikálních veličin regulačního obvodu je v podmínkách výše uvedených, typů turbokompresorů technologicky i ekonomicky nevýhodný až neúnosný.

Výše uvedené nevýhody odstraňuje zapojení regulačního obvodu, který sestává ze snímače tlaku, snímače tlakové difference, pasivního funkčního odporu, dvou nelineárních matematických bloků, rozdílového bloku, zadávací jednotky konstantní žádané hodnoty a regulátoru, podle vynálezu. Podstata řešení spočívá v tom, že v zapojení regulačního obvodu je vstup snímače tlaku napojen na výtlačné potrubí radiálního turbokompresoru před funkční pasivní odpor tvořící součást okruhu stlačovaného plynu, např. před mezichladič a vstup snímače tlakové difference je napojen před a za týž funkční pasivní odpor. V zapojení je zařazen druhý nelineární matematický blok pro korekci měření, případně žádané hodnoty a to tak, že je napojen pouze před jedním ze dvou vstupů rozdílového bloku. Pokud je druhý nelineární matematický blok zapojen v regulačním obvodu před prvním vstupem rozdílového bloku, je jeden vstup druhého nelineárního matematického bloku napojen na výstup prvního nelineárního matematického bloku. Druhý vstup rozdílového bloku je propojen přímo s výstupem zadávací jednotky konstantní žádané hodnoty.

Pokud je druhý nelineární matematický blok zapojen před druhým vstupem rozdílového bloku, je jeden vstup druhého nelineárního matematického bloku propojen s výstupem zadávané jednotky konstantní žádané hodnoty a první vstup rozdílového bloku je propojen s výstupem prvního nelineárního matematického bloku. Druhý nelineární matematický blok je s výhodou stejného konstrukčního provedení jako první nelineární matematický blok.

Pokrokovost řešení jednotlivých zapojení regulačního obvodu pro kompensaci vlivu velkého rozsahu změn tlaku v sání, případně výtlačku radiálních turbokompresorů na mez zásahu antipompážní regulace lze posoudit z toho, do jaké míry vyhoví požadavku zachovat minimální vzdálenost hranice zásahu antipompážní regulace od pompážní hranice a současně jak složité je zabezpečení realizace tohoto požadavku při velkých změnách tlaku v sání, nebo na výtlačku. Zapojení podle vynálezu vyhovuje oběma těmto požadavkům a poskytuje další výhody. Jednou z výhod je jednoduchost použitých bloků, jejich nízký počet a sortimentně nízká skladba. Použité matematické bloky mohou být např. stejné. Regulace konstantního průtoku v sání, nebo na výtlačku turbokompresoru, pracujícího v blízkosti pompážní hranice se vyznačuje vysokou přesností. Velkou předností je pak dosažení minimálních energetických ztrát, kterých se dosahuje tím, že zapojení podle vynálezu umožňuje využít jako pasivního odporu v okruhu stlačovaného plynu funkčního pasivního odporu,

např. chladiče na rozdíl od používaného a záměrně vkládaného pasivního odporu pro regulační potřebu, např. měřicí clony, jejich tlaková ztráta se promítá do značných energetických ztrát. Tato výhoda se uplatňuje zejména u radiálních turbokompresorů, pracujících v různých tlakových režimech, v různém zapojení sekcí a v širokých rozsazích tlaků v sání respektive na výtlačku. Zapojení podle vynálezu používá pouze jednu zadávací jednotku konstantní žádané hodnoty pro libovolný rozsah tlakových režimů na sání i výtlačku stroje, zatímco dřívější zapojení musela být vybavena různými zadávacími jednotkami pro různé tlakové režimy, což kromě složitosti nepříznivě ovlivnilo přesnost a spolehlivost regulačního systému.

Na připojeném výkresu jsou znázorněny schematicky dva příklady provedení zapojení podle vynálezu a jeden příklad zapojení podle známého stavu techniky. Obr. 1 znázorňuje schematicky zapojení regulačního obvodu s převodníky fyzikálních veličin zapojené na měřicí cloně ve výtlačném potrubí radiálního turbokompresoru. Na obr. 2 je znázorněno zapojení podle vynálezu, ve kterém je provedena korekce žádané hodnoty a na obr. 3 je zapojení podle vynálezu, ve kterém je provedena korekce měřené hodnoty.

Na obr. 1 znázorněné výtlačné potrubí 1 radiálního turbokompresoru 2 je opatřeno měřicí clonou 3, tvořící nefunkční pasivní odpor na výtlačném potrubí 1 pracovního okruhu. Před měřicí clonou 3 je napojen snímač tlaku 4 a před a za měřicí clonu 3 je napojen snímač 5 tlakové difference. Výstup ze snímače 5 tlakové difference je napojen na vstup U_1 a výstup ze snímače 4 tlaku je napojen na vstup U_2 prvního nelineárního matematického bloku 6, na jehož výstup je napojen první vstup 7 rozdílového bloku 8. První nelineární matematický blok 6 má ještě vstup U_3 pro konstantní signál, vstup r pro nastavení konstanty přenosu a vstup s pro nastavení exponentu. Druhý vstup 9 rozdílového bloku 8 je propojen s výstupem zadávací jednotky 10 konstantní žádané hodnoty. Rozdílový blok 8 je propojen svým výstupem s regulátorem 11.

Na obr. 2 znázorněné zapojení podle vynálezu má vstup snímače 4 tlaku napojen na výtlačné potrubí 1 radiálního turbokompresoru 2 před mezichladič 12 a vstup snímače 5 tlakové difference před a za mezichladič 12, který tvoří funkční odpor v pracovním okruhu radiálního turbokompresoru 2. Vstupy U_1 , U_2 , U_3 , r a s prvního nelineárního matematického bloku 6 jsou stejné jako v obr. 1. Jeho výstup je napojen na první vstup 7 rozdílového bloku 8. Druhý vstup 9 rozdílového bloku 8 je propojen s výstupem zadávací jednotky 10 konstantní žádané hodnoty přes vstup U_3' a výstup druhého nelineárního matematického bloku 13, jehož vstup U_2' je propojen s výstupem snímače 4 tlaku. Druhý nelineární matematický člen 13 má ještě vstup U_1' , pro konstantní signál, vstup r pro nastavitelnou konstantu přenosu a vstup s pro nastavitelný exponent. Rozdílový blok 8 je propo-

jen svým výstupem s regulátorem 11. Vstupy snímače 4 tlaku i snímače 5 tlakové difference podle obr. 3 jsou napojeny na výtlačné potrubí 1 radiálního turbokompresoru 2 před a za mezichladič 12 stejně, jako u obr. 2. Výstup snímače 5 tlakové difference je napojen na první vstup 7 rozdílového bloku 8 přes seriově propojené vstupy a výstupy prvního nelineárního matematického bloku 6 a druhého nelineárního matematického bloku 13 tak, že výstup snímače 5 tlakové difference je napojen na vstup U_1 prvního nelineárního matematického bloku 6, jehož výstup je pak propojen se vstupem U_3'' druhého nelineárního matematického bloku 13. První nelineární matematický blok 6 má ještě vstup U_3 pro konstantní signál a další vstup U_2'' pro další konstantní signál vstup r pro nastavitelnou konstantu přenosu a vstup s pro nastavitelný exponent. Vstup U_2' druhého nelineárního matematického bloku 13 je přímo propojen s výstupem snímače 4 tlakové difference. Druhý nelineární matematický blok 13 má ještě vstup U_1' pro konstantní signál, vstup r pro nastavitelnou konstantu přenosu a vstup s pro nastavitelný exponent. Druhý vstup 9 rozdílového bloku 8 je propojen s výstupem zadávací jednotky 10 konstantní žádané hodnoty. Rozdílový blok 8 je propojen jako na obr. 1 a obr. 2 s regulátorem 11.

Nelineární a matematické bloky 6 a 13 jsou stejné matematické bloky s přenosem:

$$U_f = u_3 \cdot r \left(\frac{u_1}{u_2} \right)^s \quad \text{kde}$$

U_f = výstupní signál

$U_{1,2,3}$ = vstupní signály

r = nastavitelná konstanta přenosu (jejíž hodnota je dána)

s = nastavitelný exponent

Nastavení použitých nelineárních matematických bloků 6 a 13 vyplývá z těchto závislostí:

Tlaková difference na pasivním odporu v okruhu stlačovaného plynu je dána známým vztahem:

$$\Delta P = \xi \cdot \gamma \cdot \frac{W^2}{2g} \quad (\text{po doplnění } \gamma = \frac{P}{RT} \text{ a úpravě} =$$

$$\text{I: } \Delta P = \xi \cdot \frac{P}{RT} \cdot \frac{w^2}{2g} \quad \text{kde:}$$

γ = měrná hmotnost

w = rychlost vzdušiny v místě pasivního odporu

g = zemská gravitace (gravitační konstanta)

P = je tlak v místě odběru ΔP

R = plynová konstanta

T = absolutní teplota v místě odběru

ξ = koeficient, který je funkcí Reynoldsova čísla a které charakterizuje průtok plynu pasivním odporem. Jestliže je pasivním odporem měřicí clona pracuje obvykle v oblasti $\xi = \text{konst.}$ Jestliže je pa-

sivním odporem např. mezichladič turbokompresoru, pracuje obvykle v oblasti blízké přechodové a funkce $\xi = f(Re)$ se obvykle aproximuje závislostí:

$$\text{II: } \xi = \frac{K}{Re^n} \quad \text{kde:}$$

Re = Reynoldsovo číslo

K a n = konstanty, dané charakterem pasivního odporu např. pro kotlový mezichladič s příčně obtékanými trubkami se koeficient

$$\text{III: } \xi = \frac{K}{Re^{0,23}}$$

kde K = funkcí počtu řad teplosměnných trubek Reynoldsovo číslo vyjádříme ve tvaru:

$$Re = \frac{W \cdot \gamma \cdot d}{\eta \cdot g}$$

$$\text{IV: } = \frac{W \cdot P \cdot d}{\eta \cdot g \cdot R \cdot T} \quad (\text{po doplnění } \gamma = \frac{P}{RT})$$

kde kromě hodnot z rovnice ad I

d = charakteristický rozměr

η = dynamická viskozita

V rovnici považujeme oprávněně za konstantní hodnoty T, R, g, d, η .

Nutným předpokladem je jednoznačná závislost hodnoty „ w “ na objemovém průtoku v sání turbokompresoru na hranici pompáže.

Z uvedeného vyplývá, že jestliže tlaková difference je

A) závislá na Reynoldsově čísle má závislost tvar:

$$V: \Delta P = \text{konst. } P^{1-n/}$$

B) není závislá na Reynoldsově čísle, má závislost tvar:

$$\Delta P = \text{konst. } P$$

Z uvedených vztahů vyplývá nastavení univerzálního matematického bloku s přenosem $U_f = U_3$

$$\cdot r \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^s \quad \text{pro první nelineární matematický blok}$$

6 a druhý nelineární matematický blok 13 v jednotlivých zapojeních podle obr. 1–3:

Pro první nelineární matematický blok 6 z obr. 1 se využívá funkce:

$$U_f = U_3 \cdot r \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^{1/2}$$

Na vstup U_1 je napojen výstup snímače 5 tlakové difference na vstup U_2 je napojen výstup snímače 4 tlaku,

na vstup U_3 je napojen konstantní signál, daný celkovým zesílením měřicího řetězce,

na vstupu S je nastaven exponent 1/2,

na vstupu r je nastavena konstanta přenosu daná zesílením měřicího řetězce tlaku.

První nelineární matematický blok 6 má na obr. 2 stejnou funkci jako na obr. 1.

207292

Druhý nelineární matematický blok 13 využívá funkci:

$$U_f' = U_3' \cdot r \left(\frac{U_1'}{U_2'} \right)^{n/2}$$

na vstup U_1' je napojen konstantní signál, na vstup U_2' je napojen výstup snímače 4 tlaku, vstup U_3' je propojen s výstupem zadávací jednotky (10) konstantní žádané hodnoty

na vstupu s je nastaven exponent $\frac{n}{2}$, který vyplývá z rovnice II a V. Na vstupu r je nastavena konstanta přenosu, daná zesílením měřicího řetězce tlaku.

Na obr. 3 má první nelineární matematický blok 6 funkci:

$$U_f'' = \text{konst.} (U_1)^{1/2}$$

na vstup U_1 je napojen výstup ze snímače 5 tlakové

diference. Konstanta **konst.** je dána hodnotou vstupních signálů do vstupů U_2'' , U_3 a nastavením konstanty přenosu r . Velikost je dána zesílením měřicího řetězce tlaku.

Funkce druhého nelineárního matematického bloku 13 vyplývá ze vztahu:

$$U_f''' = U_3'' \cdot r \left(\frac{U_1'}{U_2'} \right)^{\frac{1-n}{2}}$$

Na vstup U_3'' je napojen signál z výstupu prvního nelineárního matematického bloku 6. Na vstup U_2' je napojen signál z výstupu snímače tlaku 4. Na vstup U_1' je napojen konstantní signál daný zesílením měřicího řetězce tlaku, na vstupu r je nastavena konstanta přenosu. Na vstupu s je nastaven exponent

$$\left(\frac{1-n}{2} \right).$$

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

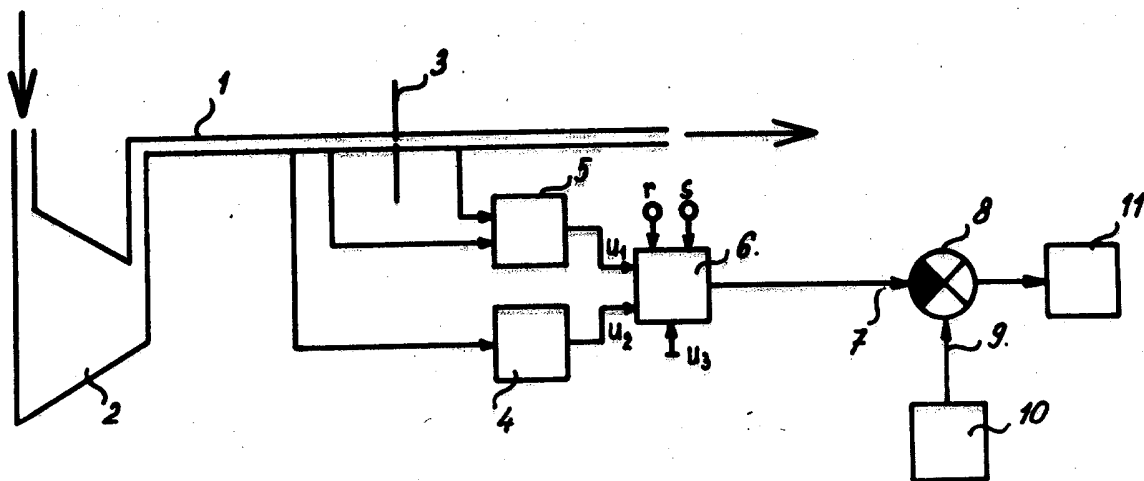
1. Zapojení regulačního obvodu pro kompenzaci vlivu velkého rozsahu změn tlaku v sání, případně výtlaku radiálního turbokompresoru na mez zásahu antipompážní regulace, obsahující snímač tlaku, napojený na výtláčné potrubí radiálního turbokompresoru před nastavený pasivní odpor a snímač tlakové difference napojený před a za nastavený pasivní odpor, přitom jak snímač tlaku, tak snímač tlakové difference jsou svými výstupy propojeny se vstupy universálního nelineárního matematického bloku, jakožto součásti měřicího řetězce tlaku respektive tlakové difference, přičemž zapojení regulačního obvodu obsahuje i rozdílný blok, která má dva vstupy, z nichž první vstup je propojen s výstupem nelineárního matematického bloku a druhý vstup je propojen s výstupem zadávací jednotky konstantní žádané hodnoty, přitom výstup rozdílového bloku je propojen s regulátorem regulačního obvodu vyznačující se tím, že vstup (4) snímače tlaku je napojen na výtláčné potrubí (1) radiálního turbokompresoru (2) před funkční pasivní odpor okruhu stlačovaného plynu, například mezichladič (12) a snímač (5) tlakové difference je napojen před a za týž funkční pasivní odpor, přitom pouze před jedním ze dvou vstupů (7, 9) tvořených prvním vstupem (7)

a druhým vstupem (9) rozdílového bloku (8) je zařazen druhý nelineární matematický blok (13) pro korekci měřené, případně žádané hodnoty, jehož jeden vstup (u_2') je propojen s výstupem snímače (4) tlaku.

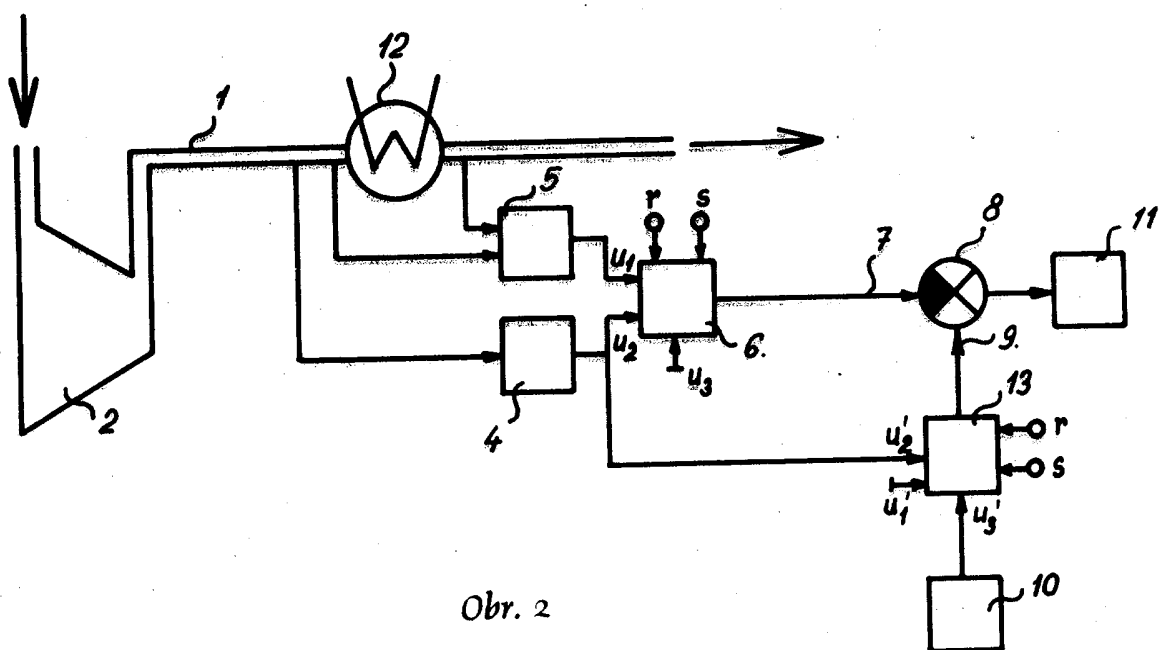
2. Zapojení regulačního obvodu podle bodu 1, ve kterém je první vstup rozdílového bloku propojen přímo s výstupem prvního nelineárního matematického bloku vyznačující se tím, že druhý vstup (9) rozdílového bloku (8) je propojen s výstupem zadávací jednotky (10) konstantní žádané hodnoty přes vstup (U_3') a výstup druhého nelineárního matematického bloku (13).

3. Zapojení regulačního obvodu podle bodu 1, ve kterém je druhý vstup rozdílového bloku propojen přímo s výstupem zadávací jednotky žádané hodnoty vyznačující se tím, že první vstup (7) rozdílového bloku (8) je propojen s výstupem prvního nelineárního matematického bloku (6) přes vstup (U_3'') a výstup druhého nelineárního matematického bloku (13).

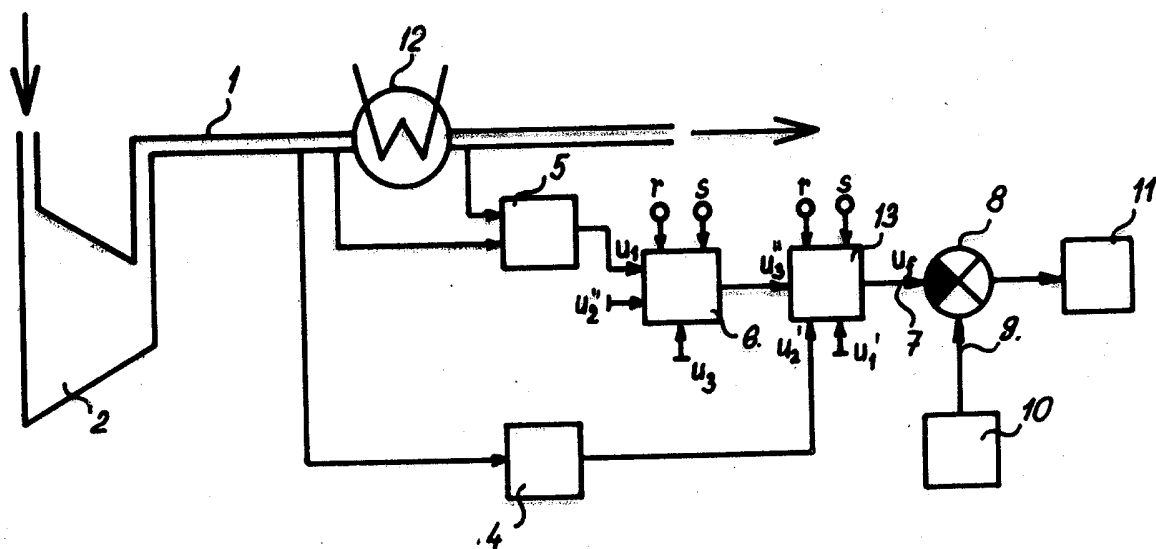
4. Zapojení regulačního obvodu podle bodu 1 až 3 vyznačující se tím, že první nelineární matematický blok (6) a druhý nelineární matematický blok (13) jsou konstrukčním provedením shodné.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3