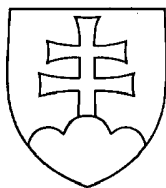


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19)

SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ZVEREJNENÁ PRIHLÁŠKA VYNÁLEZU

- (22) Dátum podania: 28.11.96
(31) Číslo prioritnej prihlášky: 95 14216
(32) Dátum priority: 01.12.95
(33) Krajina priority: FR
(40) Dátum zverejnenia: 03.06.98
(86) Číslo PCT:

(21) Číslo dokumentu:

1529-96

(13) Druh dokumentu: A3

(51) Int. Cl.⁶:

F 24H 1/00

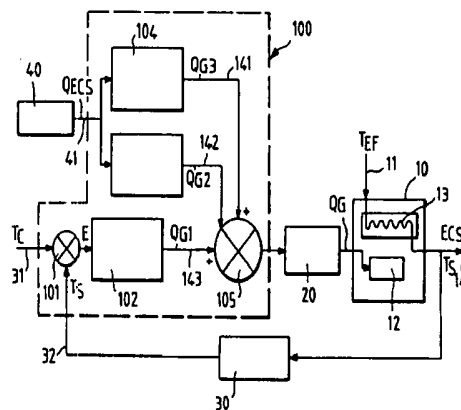
(71) Prihlasovateľ: GAZ DE FRANCE Service National, Paris, FR;

(72) Pôvodca vynálezu: Pontiggia Philippe, Paris, FR;
Tastet Olivier, Paris, FR;

(54) Názov prihlášky vynálezu: Zariadenie na výrobu teplej úžitkovej vody a spôsob regulácie jej teploty

(57) Anotácia:

Zariadenie na výrobu teplej úžitkovej vody obsahuje merací mechanizmus (40) prietokového množstva (QECS) odoberanej teplej úžitkovej vody v okruhu (11, 14) na výrobu teplej úžitkovej vody, merací mechanizmus (30) teploty (T_s) teplej úžitkovej vody na výstupe z výmenníka tepla (13) a ovládací systém elektricky ovládaného modulačného ventilového prostriedku (20), ovládací systém (100) na ovládanie modulačného ventilového prostriedku (20), obsahujúci modul (102) regulácie v uzatvorenej slučke na regulačné ovládanie ventilového prostriedku (20) na základe teploty (T_s) nameranej uvedeným meracím mechanizmom (30) teploty a nastavenej teploty (T_c), modul (103) s proporcionálnym pôsobením na priamu reguláciu modulačného ventilového prostriedku (20) na základe informácií poskytovaných meracím mechanizmom (40) odoberaného prietokového množstva (QECS) a modul (104) impulznej regulácie modulačného ventilového prostriedku (20) na základe výchyliek prietokového množstva, detekovaných meracím mechanizmom (40) prietokového množstva, pričom modul (104) impulznej modulácie vytvára signál tvoriaci špičkovitú zmenu prietokového množstva plynu vedeného do horáka (12) pomocou modulačného ventilového prostriedku (20) pri každej významnej náhle nameranej výchyľke prietokového množstva odoberanej úžitkovej vody (QECS).



ZARIADENIE NA VÝROBU TEPLEJ ÚŽITKOVEJ VODY A SPÔSOB REGULÁCIE JEJ TEPLoty

Oblasť techniky

Vynález sa týka zariadenia na výrobu teplej úžitkovej vody plynovým kotlom s atmosferickým horákom, obsahujúceho vykurovací priestor s horákom napájaným plynom prostredníctvom elektricky ovládaného modulačného ventilového prostriedku a najmenej jedným výmenníkom tepla medzi uvedeným vykurovacím priestorom a okruhom na výrobu teplej úžitkovej vody, obsahujúcim prírodné vedenie studenej vody a odberové vedenie teplej úžitkovej vody. Vynález sa rovnako týka spôsobu regulácie teploty teplej úžitkovej vody v zariadení na výrobu teplej úžitkovej vody výmenou tepla s vykurovacím priestorom plynového kotla s atmosferickým horákom, u ktorého je prietochné množstvo privádzaného plynu modulované na základe spätnoväzobného systému.

Doterajší stav techniky

V známych zariadeniach na výrobu teplej úžitkovej vody plynovým kotlom je dobre známe, že výstupná teplota teplej úžitkovej vody má sklon sa meniť v závislosti od množstva teplej vody, spotrebúvanej užívateľmi. V prípade zvýšenia odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody užívateľom, ktorý sa kúpe alebo sprchuje alebo v prípade, že je uvedené do činnosti ďalšie zariadenie spotrebúvajúce teplú vodu, ako umývačka riadu, má výstupná teplota teplej úžitkovej vody sklon klesať. Na odstránenie tohto nedostatku bolo už navrhnuté vykonávať reguláciu prietochného množstva plynu privádzaného do horáku kotla, pričom sa toto prietochné množstvo ovláda ventilovým prostriedkom s elektrickým ovládaním.

Rôzne známe spätnoväzbové spôsoby, mechanické alebo elektronické, sa však neukázali ako dostatočne účinné na zaručenie konštantnej teploty spotrebúvanej teplej vody, a to i v prípade náhlych výchyľiek prietochného množstva, ktoré sú však v praxi časté, hlavne keď sa viac užívateľov zásobí z rovnakého zariadenia na výrobu teplej úžitkovej vody.

Vynález si kladie za úlohu odstrániť vyššie uvedené nedostatky a umožniť udržiavanie výstupnej teploty teplej úžitkovej vody, poskytovanej zariadením na výrobu teplej úžitkovej vody plynovým kotlom, na konštantnej a stabilnej hodnote, a to bez ohľadu na prietochné množstvo odoberanej vody, a to vrátane prípadov, kedy sú výchyľky prietochného množstva veľmi náhle v dôsledku otvorenia alebo uzatvorenia zariadenia na spotrebovávanie teplej úžitkovej vody užívateľom.

Podstata vynálezu

Uvedený cieľ je dosiahnutý zariadením na výrobu teplej úžitkovej vody plynovým kotlom s atmosferickým horákom, obsahujúcim vykurovací priestor s horákom napájaným plynom prostredníctvom elektricky ovládaného modulačného ventilového prostriedku a najmenej jedným výmenníkom tepla medzi uvedeným vykurovacím priestorom a okruhom na výrobu teplej úžitkovej vody, obsahujúcim prírodné vedenie studenej vody a odberové vedenie teplej úžitkovej vody, ktorého podstata spočíva v tom, že ďalej obsahuje merací mechanizmus odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody v okruhu na výrobu teplej úžitkovej vody, merací mechanizmus teploty (T_s) teplej úžitkovej vody na výstupe z výmenníka tepla a ovládací systém pre ovládanie modulačného ventilového prostriedku, obsahujúci modul regulácie v uzatvorenej slučke pre regulačné ovládanie modulačného ventilového prostriedku na základe teploty (T_s), nameranej uvedeným meracím mechanizmom teploty a nastavenej teploty (T_c), modul s proporcionálnym pôsobením pre priamu reguláciu modulačného ventilového prostriedku na základe informácií poskytovaných meracím mechanizmom odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}), a modul impulznej regulácie modulačného ventilového prostriedku na základe výchyľiek prietochného množstva, detekovaných meracím mechanizmom prietochného množstva, pričom modul impulznej modulácie vytvára signál tvoriaci špičkovitú zmenu prietochného množstva plynu vedeného do horáku pomocou modulačného ventilového prostriedku pri každej významnej výchyľke odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody (Q_{ECS}), nameranej uvedeným meracím mechanizmom, pričom špičkovitá zmena je kladná alebo záporná podľa toho, či výchyľka zodpovedá zvýšeniu alebo zníženiu tohto prietochného množstva, pričom počiatočná a koncová hodnota špičkovitej

zmeny je nulová a amplitúda špičkovitej zmeny je proporcionálna detekovanej výchyľke prietochného množstva.

Podľa výhodného vyhotovenia vynálezu modul impulznej modulácie obsahuje prostriedky pre vytváranie vzorkovaného signálu tvoriaceho špičkovitú zmenu prietochného množstva (Q_{G3}) plynu, ktorého hodnota je dosiahnutá v závislosti od odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody (Q_{ECS}) podľa nasledujúceho vzorca vo vzorkovanej forme:

$$Q_{G3}(n) = k_1 \cdot Q_{G3}(n-1) + k_2 \cdot (Q_{ECS}(n) - Q_{ECS}(n-1))$$

kde

k_1 je koeficient, ktorého hodnota je medzi 0 a 1,

k_2 je kladný parameter, nastavený v závislosti od typu kotla,

$Q_{G3}(n)$ a $Q_{G3}(n-1)$ znamenajú hodnotu špičky prietochného množstva (Q_{G3}) v okamihoch n a $n-1$ a

$Q_{ECS}(n)$ a $Q_{ECS}(n-1)$ znamenajú hodnotu odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody v okamihoch n a $n-1$.

S výhodou modul impulznej regulácie obsahuje prostriedky pre určovanie kladného parametra k , nastaveného v závislosti od typu kotla na základe nasledujúcich informácií: tepelná kapacita (C_p) vody, účinnosť (η) zariadenia, výhrevnosť plynu ($VÝHR$), nastavená teplota (T_c) a teplota (T_{ef}) studenej vody, privádzanej do okruhu pre obeh teplej úžitkovej vody, podľa vzorca

$$k_2 = C_p \cdot (T_c - T_{ef}) / \eta \cdot VÝHR$$

Podľa ďalšieho znaku vynálezu modul regulácie v uzatvorenej slučke obsahuje späťoväzobný obvod proporcionálne integračne derivačného typu PID, ktorého vstupná veličina je tvorená odchýľkou medzi teplotou (T_s) nameranou uvedeným meracím mechanizmom teploty (T_s) a nastavenou teplotou (T_c).

S výhodou modul regulácie v uzatvorenej slučke obsahuje fuzzy regulačnú jednotku, prijímajúcu na vstupe informácie o chybe teploty E , zodpovedajúcu rozdielu medzi teplotou (T_s), nameranou uvedeným meracím mechanizmom teploty

a nastavenou teplotou (T_c), ako i informácie zodpovedajúce derivácii informácie o chybe teploty podľa času.

Modul regulácie v uzatvorenej slučke s výhodou obsahuje ďalej spätnoväzobný obvod proporcionálne integračného typu PI, uložený na výstupe fuzzy regulačnej jednotky a prijímajúcej na vstupe informáciu (dQ_G) o výchyľke zmeny prietochného množstva plynu privádzaného do horáku. To dovoľuje odstrániť eventuálne nestability alebo kmitanie systému.

Vynález sa rovnako týka spôsobu regulácie teploty teplej úžitkovej vody v zariadení na výrobu teplej úžitkovej vody výmenou tepla s vykurovacím priestorom plynového kotla s atmosferickým horákom, u ktorého je prietochné množstvo privádzaného plynu modulované na základe spätnoväzobného systému, ktorého podstatou je, že prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzané do horáku, je spätnoväzobne ovládané na základe merania odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody jednak priamou reguláciou s proporcionálnym pôsobením na základe uvedeného merania odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody a jednak impulznou reguláciou na základe výrazných skokov (ΔQ_{ECS}) nameranej hodnoty odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody, pričom impulzná regulácia pôsobí na prietochné množstvo (Q_G) plynu privádzaného do uvedeného horáku tak, že sa vytvára špičkovitá zmena podľa funkcie "špička" $f(t)$ taká, že ak je $t = 0$, okamih kladného resp. záporného skoku ΔQ_{ECS} prietochného množstva, potom je funkcia $f(t)$ definovaná:

$$f(0-) = 0$$

$$f(0+) = k_2 \Delta Q_{ECS}, \text{ pri kladnom koeficiente } k_2$$

$$f \text{ klesá (alebo rastie) na }]0, +\infty[$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t) = 0$$

$$t > +\infty.$$

V tomto prípade môže byť kladný koeficient k_2 nastavený v závislosti od typu kotla na základe nasledujúcich informácií: tepelná kapacita (C_p) vody, účinnosť (η) zariadenia, výhrevnosť plynu ($VÝHR$), nastavená teplota (T_c) a teplota (T_{ef}) studenej vody, privádzanej do okruhu pre obeh teplej úžitkovej vody, podľa vzorca:

$$k_2 = C_p \cdot (T_c - T_{ef}) / \eta \cdot V_{\dot{Y}HR}$$

S výhodou je prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzaného do horáku, ďalej spätnoväzobné ovládané na základe odchýlky medzi skutočnou teplotou (T_s) vyrobenej teplej úžitkovej vody a nastavenou teplotou podľa spätnej väzby v uzatvorenej slučke proporcionálne integračne derivačného typu PID.

Podľa ďalšieho výhodného vyhotovenia prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzaného do horáku, je ďalej spätnoväzobne ovládané fuzzy reguláciou na základe informácie o chybe teploty E , zodpovedajúcej rozdielu medzi skutočnou teplotou (T_s) vyrábanej teplej úžitkovej vody a nastavenou teplotou (T_c) a na základe informácie zodpovedajúcej derivácii informácie o chybe teploty E podľa času. V tomto prípade je s výhodou prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzaného do horáku, ďalej spätnoväzobne ovládané na základe výstupnej informácie ovládania fuzzy reguláciou podľa spätnej väzby proporcionálne integračného typu PI.

Zariadenie a spôsob podľa vynálezu umožňuje odstrániť vyššie uvedené nedostatky a umožniť udržiavanie výstupnej teploty teplej úžitkovej vody, poskytovanej zariadením na výrobu teplej úžitkovej vody plynovým kotlom, na konštantnej a stabilnej hodnote, a to bez ohľadu na prietochné množstvo odoberanej vody, a to vrátane prípadov, kedy sú výchylky prietochného množstva veľmi náhle v dôsledku otvorenia alebo uzatvorenia zariadenia na spotrebovávanie teplej úžitkovej vody užívateľom.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Vynález je bližšie vysvetlený v nasledujúcom popise na príkladoch vyhotovenia s odvolaním na pripojené výkresy, v ktorých znázorňuje:

- obr. 1 celkovú blokovú schému zariadenia na výrobu teplej úžitkovej vody podľa vynálezu,
- obr. 2 diagram ukazujúci príklad náhleho priebehu prietochného množstva Q_{ECS} v závislosti od času, odoberaného v zariadení, aké je schematicky znázornené na obr. 1,
- obr. 3 diagram ukazujúci porovnanie výstupnej teploty vyrobenej teplej úžitkovej vody, vyrobenej v klasickom zariadení a v zariadení podľa obr. 1, keď má odoberaný prietok teplej úžitkovej vody priebeh podľa schémy z obr. 2,
- obr. 4 diagram ukazujúci priebeh prietochného množstva plynu, poskytované zariadením z obr. 1, v závislosti od času, keď je priebeh odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody podľa obr. 2,
- obr. 5 blokovú schému variantu vyhotovenia zariadenia na výrobu teplej úžitkovej vody, používajúceho fuzzy regulačnú jednotku,
- obr. 6 príklad inferenčnej tabuľky, ktorá môže byť priradená fuzzy regulačnej jednotke z obr. 5,
- obr. 7 príklad funkcií príslušnosti jednej vstupnej premennej (výchylka teploty E) fuzzy regulačnej jednotky zariadenia z obr. 5,
- obr. 8 príklad funkcií v príslušnosti druhej vstupnej premennej (derivácia výchylky teploty E podľa času) fuzzy regulačnej jednotky zariadenia z obr. 5, a
- obr. 9 príklad funkcií príslušnosti výstupnej premennej (výchylka privádzaného prietochného množstva dQ_G plynu) fuzzy regulačnej jednotky zariadenia z obr. 5.

Príklady uskutočnenia vynálezu

Obr. 1 znázorňuje schematicky zariadenie pre výrobu teplej úžitkovej vody, obsahujúcej vykurovací priestor plynového kotla 10, opatrené atmosferickým horákom 12, do ktorého sa privádza prietochné množstvo Q_z plynu z modulačného ventilu 20 s elektrickým ovládaním. Okruh pre výrobu teplej úžitkovej vody obsahuje

prívodný vstup 11 úžitkovej vody o teplote T_{ef} , výmenník 13 tepla medzi studenou vodou a teplom uvoľňovaným vo vykurovacom priestore 10 plameňom vystupujúcim z horáku 12 a výstup teplej úžitkovej vody s výstupnou teplotou T_s a s prietochným množstvom Q_{ECS} .

V domácom zariadení sa prietochné (výtokové) množstvá Q_{ECS} teplej úžitkovej vody, odoberané užívateľmi, mení náhlym a nepredvídateľným spôsobom v závislosti od počtu zariadení so spotrebou teplej vody, uvádzaných do činnosti alebo zatváraných (sprcha, umývadlo, vaňa, umývačka riadu, atď.). Ak množstvo tepla vyrobeného vo vykurovacom priestore kotla 10 zostáva konštantné, výchyľky prietochného množstva Q_{ECS} povedú automaticky k rovnakým výchyľkám teploty T_s vyrábanej teplej úžitkovej vody, čo je pokladané užívateľmi za nepríjemné. Zariadenie podľa vynálezu je preto vybavené systémom 100 na ovládanie regulačného ventilu 20 tak, aby sa mohlo nastavovať v reálnom čase prietochné množstvo Q_G plynu, poskytované horáku 12 a zaisťovať tak konštantné alebo takmer konštantné udržiavanie teploty T_s na výstupe teplej úžitkovej vody.

Pre tento účel obsahuje zariadenie prietokomer 40, vradený do okruhu na výrobu teplej úžitkovej vody za účelom trvalého merania reálneho prietoku odoberanej teplej vody. Výstupná teplota T_s teplej úžitkovej vody je rovnako tak meraná teplotnou sondou 30, poskytujúcou zodpovedajúcimi vedeniami 41 a 32 informácie o hodnotách prietochného množstva Q_{ECS} a teploty T_s do systému 100 pre ovládanie regulačného ventilu 20, ktorý môže obsahovať mikroradič, združený s analógovo - číslicovými prevodníkmi (pre vstupné informácie) a číslicovo - analógový prevodník (pre ovládanie ventilu 20).

Nastavená hodnota T_c teploty, na ktorej má byť udržiavaná výstupná teplota T_s teplej úžitkovej vody, môže byť definovaná raz navždy v ovládacom systéme 100 alebo môže byť poskytovaná z vonkajšej informácie vedenej vedením 31 cez komunikačné rozhranie medzi ovládacím systémom 100 a užívateľmi.

Podľa vynálezu obsahuje ovládací systém 100 regulačný modul 104, ktorý prijíma na vstupe vedením 41 informáciu poskytovanú prietokomerom 40 o prietochnom množstve Q_{ECS} odoberanej teplej úžitkovej vody. Modul 104 zisťuje náhle významné odchýľky prietochného množstva Q_{ECS} , ktoré tvoria skoky

prietochného množstva o hodnotu ΔQ_{ECS} a vytvára na výstupe na vedenie 141 ovládací signál, majúci sklon k okamžitému vyvolávaniu špičkovitej zmeny prietochného množstva Q_{G3} plynu, ktoré musí byť poskytované modulačným ventilom 20 horáku 12 od okamihu, kedy sa takýto skok ΔQ_{ECS} prietochného množstva objaví.

Vlastnosti modulu 104 vytvárajúceho vrcholy prietochného množstva Q_{G3} plynu v okamihu náhlych zmien prietochného množstva ΔQ_{ECS} sú nasledujúce:

- špičkovité zmeny prietochného množstva Q_{G3} plynu sú vyvolávané iba detekciou výchyliek prietoku plynu meraných prietokomerom 40,
- počiatočná a koncová hodnota špičky (špičkovité zmeny) sú nulové,
- amplitúda špičiek je úmerná výchylke ΔQ_{ECS} odoberaného výtokového množstva teplej úžitkovej vody,
- k špičkovitej zmene dochádza v rovnakom zmysle, aký má výchylka ΔQ_{ECS} odoberaného prietochného množstva, t.j. špičkovitá zmena je kladná, keď sa zvyšuje prietochné množstvo Q_{ECS} teplej vody a špičkovitá zmena je záporná, keď sa prietochné množstvo Q_{ECS} znižuje.

Všeobecne je možné vyjadriť funkciu "špička" $f(t)$, vedúcu k vzniku špičky v závislosti od času pri kladnom (alebo zápornom) skoku prietochného množstva ΔQ_{ECS} nasledujúcim spôsobom:

ak je $t = 0$ okamih kladného (alebo záporného) skoku ΔQ_{ECS} prietochného množstva, potom je funkcia $f(t)$ definovaná:

$$f(0-) = 0$$

$$f(0+) = k_2 \Delta Q_{ECS}, \text{ s } k_2 > 0$$

$$f \text{ klesá (alebo rastie) na }]0, +\alpha[$$

$$\lim_{t \rightarrow +\alpha} f = 0$$

$$t > +\alpha$$

Kladný koeficient k_2 je konštanta, ktorej hodnota je určená v závislosti od typu kotla a povahy použitého vykurovacieho plynu.

Ako príklad môže byť definovaný koeficient k_2 na základe nasledujúcich informácií:

tepelná kapacita vody C_p

účinnosť zariadenia η

výhrevnosť plynu $VÝHR$

nastavená teplota T_c a

teplota T_{ef} studenej vody, privádzanej do okruhu pre obeh teplej vody.

V tomto prípade je možné napísať vzorec pre k_2 :

$$k_2 = C_p \cdot (T_c - T_{ef}) / \eta \cdot VÝHR$$

Ako príklad môže byť teplota T_{ef} studenej vody v rozmedzí od 5 °C do 15 °C so strednou hodnotou 10 °C, pričom nastavená teplota môže byť 50 °C, hodnota tepelnej kapacity vody C_p môže byť uvažovaná rovná 4 180 J/kg, výhrevnosť plynu $VÝHR$ pre zemný plyn môže byť približne 10 000 a účinnosť η kotla a výmenníkov tepla (t.j. rozpad medzi výkonom poskytovaným kotlom a výkonom spätne získavaným vodou) môže byť od 0,7 a 0,95.

V typických funkčných podmienkach tak môže mať koeficient k_2 hodnotu okolo 20.

V takomto prípade je v prípade kladného (alebo záporného) skoku prietochného množstva Q_{ECS} 6 litrov za minútu, t.j. 0,1 kg/s, bude musieť byť hodnota prídavného prietochného množstva plynu Q_{G3} poskytovaného horákom 12 v úrovni hrotu špičkovitej zmeny okolo 2 m³/h.

V praxi pôsobí ovládací systém 100, opatrený mikroradičom, v priebehu času a vyššie uvedená funkcia $f(t)$, ktorá musí definovať náhlu špičkovitú zmenu a potom pomalší pokles, je vyjadrená vo vzorkovanej forme.

Funkcia "špička", poskytovaná regulačným modulom 104 a dávajúca hodnotu prídavného prietochného množstva Q_{G3} plynu, ktoré sa má dodávať horáku 12, môže byť viazaná na okamžité prietochné množstvo teplej úžitkovej vody Q_{ECS} vzorcom vo vzorkovanej forme:

$$Q_{G3}(n) = k_1 \cdot Q_{G3}(n-1) + k_2 \cdot (Q_{ECS}(n) - Q_{ECS}(n-1))$$

kde:

$0 < k_1 < 1$ (hodnota k_1 je viazaná na periódu vzorkovania merania a zotrvačnosť zariadenia),

k_2 je kladný koeficient, nastavený v závislosti od kotla, napríklad vyššie uvedeným spôsobom,

$Q_{G3}(n)$ a $Q_{G3}(n-1)$ znamená hodnotu prietochného množstva teplej úžitkovej vody, meranú prietokomerom a vzorkovanú v okamihoch n a $n-1$.

Ako príklad je možné uviesť, že ak je perióda vzorkovania merania 0,5 sekundy, k_1 bude môcť byť zvolené rovné 0,8 a hodnota špičkovitej zmeny sa uvedie na hodnotu blízku nule po 5 sekundách.

Diagramy na obr. 2 a 4 umožňujú lepšie znázorniť úlohu regulačného modulu 104.

Obr. 2 ukazuje krivku 210 ukazujúcu časový priebeh prietochného množstva Q_{ECS} teplej úžitkovej vody v závislosti od času, s prvým úsekom 211 zodpovedajúcim relatívne pravidelnému prietochnému množstvu Q_{ECS1} , zodpovedajúcemu napríklad spotrebe teplej vody užívateľom, ktorý sa sprchuje alebo sa kúpe. Druhý úsek 212 odoberaného prietochného množstva Q_{ECS2} teplej vody, ktoré vzrástlo medzi okamihmi t_1 a t_2 v dôsledku odberu teplej vody iným užívateľom alebo prístrojom ako umývačkou riadu. Tretí úsek 213 po okamihu t_2 zodpovedá navráteniu do podmienok predchádzajúcich okamihu t_1 , t.j. zastaveniu prídavného odberu teplej vody. Ako je zrejmé na obr. 2, odber prídavného prietochného množstva teplej vody vyvoláva náhly skok prietochného množstva v okamihu t_2 v zmysle zvýšenia a rovnako tak náhly skok prietochného množstva, ale v smere zníženia, v okamihu t_2 .

Obr. 3 ukazuje krivku 220, poskytujúcu výstupnú teplotu T_s teplej úžitkovej vody vyrábanej zariadením podľa vynálezu. Je zrejmé, že táto výstupná teplota T_s zostáva trvalo rovná nastavenej teplote T_c alebo je jej veľmi blízka.

Teplota T_s zostáva rovná nastavenej teplote T_c ako v úseku 221, predchádzajúcom okamih t_1 , tak vo väčšej časti úseku 223 ležiaceho medzi

okamihmi t_1 a t_2 i v úseku 225 nasledujúcim okamih t_2 . Veľmi ľahká zvyšková záporná špičkovitá zmena 222 alebo veľmi ľahká kladná zvyšková špičkovitá zmena 224 môžu byť prítomné v blízkosti okamihov t_1 a t_2 s ohľadom na reakčnú dobu horáku 12, ale tieto výchylky budú menšie ako v prípade modulačného systému neobsahujúceho modul 104 impulznej regulácie, tvoriaceho selektívne kladné alebo záporné špičkovité zmeny prietochného množstva plynu.

Na obr. 3 je tiež znázornený čiarkovane priebeh výstupnej teploty T_s teplej úžitkovej vody v prípade, kde by bol modul 104 impulznej regulácie neprítomný, ale kde by ovládací systém 100 obsahoval iba klasickejší regulačný modul 103 s proporcionálnym pôsobením. Takýto regulačný modul 103 (obr. 1) prijíma informáciu zo strany prietokomeru 40 a poskytuje do prepínacieho ventilu 20 signál ovládajúci priebeh prietochného množstva plynu, poskytovaného horáku 12 podľa zákona proporcionality. V prípade, kde takýto modul 103 priamej regulácie je používaný samotný, vzdaľuje sa v prípade náhlej zmeny prietochného množstva teplej vody Q_{ECS} , ako v okamihoch t_1 a t_2 teplota T_s silnejšie od nastavenej hodnoty T_c a vrátenie na túto hodnotu trvá dlhšie (úseky 226 a 227 vyznačené čiarkovane na obr. 3).

V ovládacom systéme 100 podľa vynálezu sú obidva regulačné moduly 103 a 104 použité spoločne a dodávajú po vedeniach 142, 141 do sčítacieho obvodu 105 signály ovládajúce priebeh prietochného množstva plynu Q_G jednak podľa proporcionálneho priebehu Q_{G2} a jednak podľa impulzného priebehu Q_{G3} . Ventil 20 je ovládaný signálmi vystupujúcimi zo sčítacieho obvodu 105.

Obr. 4 ukazuje krivku 230 ukazujúcu priebeh prietochného množstva plynu Q_G , vedeného do horáku 12 modulačným ventilom 20, keď tento ventil dostáva ovládacie signály zo sčítacieho obvodu 105, ktorého vstupy sú spojené vedeniami 142 a 141 s regulačnými obvodmi 103 a 104.

V perióde predchádzajúcej okamih t_1 (úsek 231) je prietochné množstvo Q_G plynu rovné prietochnému množstvu Q_{G2} plynu stanovenému modulom 103 proporcionálnej regulácie v závislosti od pravidelného prietochného množstva teplej vody úseku 211 z obr. 2. V okamihu t_1 , kde je detekovaný modulom 104 impulznej regulácie skok prietochného množstva ΔQ_{ECS} teplej vody, je tento modul ihneď

uvedený do činnosti a poskytuje špičkovitú zmenu 232 prietochného množstva Q_{G3} plynu, ktorá dovoľuje silne utlmiť alebo i zrušiť pokles teploty T_s po okamihu t_1 . Špičkovitá zmena prietochného množstva Q_{G3} plynu sa postupne vracia na nulu, ale modul 103 proporcionálnej regulácie bol medzitým uvedený do činnosti kvôli opätovnému nastaveniu prietochného množstva Q_{G2} plynu na hodnotu vyššiu ako je hodnota prietochného množstva Q_{G2} plynu predchádzajúca pred okamihom t_1 , aby sa zohľadnilo zvýšenie odoberaného prietochného množstva (výtoku) Q_{ECS} teplej vody. Po špičkovej zmene 232 tak nasleduje úsek 233 vo forme plošiny až k okamihu t_2 .

V okamihu t_2 je regulačný proces totožný s procesom v okamihu t_1 , ale v obrátenom zmysle. Modul 104 impulznej regulácie detekuje záporný skok prietochného množstva ΔQ_{ECS} teplej vody a vyvoláva zápornú špičkovitú zmenu prietochného množstva Q_{G3} plynu, ktorá sa odčíta od predchádzajúceho prietochného množstva Q_{G2} plynu a potom sa táto špičkovitá zmena 234 prietochného množstva Q_{G3} plynu vracia na nulu, ale vzhľadom k prestaveniu prietochného množstva Q_{G2} definovaného modulom 103 proporcionálnej regulácie na pokles sa celková hodnota Q_G prietochného množstva plynu poskytovaného horáku 12 vracia na hodnotu v podstate rovnú hodnote predchádzajúcej pred okamihom t_1 (úsek 235).

Regulácia impulzného typu prostredníctvom regulačného modulu 104 a regulácia priameho alebo proporcionálneho typu prostredníctvom regulačného modulu 103 sa superponujú a využívajú obidve informácie o prietochnom množstve, poskytované prietokomerom 40.

S výhodou môže byť s predchádzajúcimi dvoma regulačnými módmi superponovaný tretí typ regulácie. Na obr. 1 je tak znázornený regulačný obvod s uzatvorenou slučkou 102, ktorý vytvára na výstupnom vedení 143 ovládací signál prietochného množstva plynu v uzatvorenej slučke, vedený na sčítací obvod 105, a ktorý umožňuje, aby sa prostredníctvom modulačného ventilu 20 dodávalo horáku 12 prietochné množstvo Q_{G1} plynu nastavené v závislosti od teploty T_s vody, meranej teplotnou sondou 30. Komparátor 101 dovoľuje porovnávať nameranú hodnotu teplej úžitkovej vody, privádzanú vedením 32, s nastavenou teplotou T_c , privádzanou

vedením 31. Odchýlka E teploty tvorí vstup do regulačného modulu s uzatvorenou slučkou 102.

Regulačný obvod s uzatvorenou slučkou 102 môže obsahovať spätnú väzbu proporcionálne integračne derivačného typu PID. Podľa výhodného vyhotovenia znázorneného na obr. 5 však regulačný obvod s uzatvorenou slučkou 102 obsahuje riadiacu jednotku 122 s fuzzy (hmlistou) logikou (ďalej fuzzy regulačná jednotka) a tvorí systém s fuzzy ovládaním, opatrenou fuzzy regulačnými pravidlami, funkciami príslušnosti a inferenčnou tabuľkou.

Fuzzy regulačná jednotka 122 prijíma na vstupe informáciu o chybe teploty E , ktorá zodpovedá rozdielu získanému komparátorom 101 medzi teplotou T_s , nameranou teplotnou sondou 30 a nastavenou teplotou T_c . Fuzzy regulačná jednotka 122 prijíma na druhom vstupe prostredníctvom derivačného obvodu 121, spojeného s komparátorom 101, informáciu zodpovedajúcu derivácii dE/dt chybovej informácie podľa teploty. Fuzzy regulačná jednotka poskytuje na výstupe informáciu týkajúcu sa výchylky prietochného množstva plynu dQ_{G1} , ktorá má byť vedená do horáku zostavy 10, 20 pre ohrev teplej úžitkovej vody.

Na obr. 6 je znázornený príklad inferenčnej tabuľky, ktorá môže vyhovovať pre fuzzy regulačnú jednotku 122. Skratky ZE, NG, PG reprezentujú termíny nula, veľká záporná a veľká kladná, ktoré charakterizujú odchýlku E alebo deriváciu odchýlky dE/dt , vyššie definovanej ako vstupná premenná fuzzy regulačnej jednotky 122, ako i výstupná premenná dQ_{G1} .

Napríklad podľa jedného z pravidiel, ak je odchýlka E veľká a kladná a derivácia odchýlky dE/dt je rovnako veľká a kladná, bude musieť byť výstupná premenná dQ_{G1} záporná a veľká, t.j. bude treba badateľne znížiť prietochné množstvo Q_{G1} plynu, privádzané do horáku, v dôsledku ovládania regulačného modulu. Ak je podľa inej možnosti odchýlka E záporná a veľká a derivácia odchýlky dE/dt je kladná a veľká, bude výstupná premenná dQ_{G1} nulová, t.j. nebude potrebné vykonať korekciu regulačnou slučkou 102. Pre rôzne prípady tohto konkrétneho príkladu je možné použiť inferenčnú tabuľku z obr. 6, ktorá tvorí maticovú tabuľku s dvoma vstupmi.

Je samozrejmé, že každej z premenných E , dE/dt a výstupu dQ_{G1} boli vopred priradené predtým uvedené hmlisté (fuzzy) charakteristiky NG, ZE a PG.

Ako príklad je tak možné uviesť, že odchýlka teploty E , poskytovaná komparátorom 101 je záporná a veľká, ak je medzi -20° a $+10^{\circ}$ a kladná a veľká, ak je v rozmedzí medzi $+10^{\circ}$ a 20° alebo väčšia. Podobne je možné ako príklad uviesť, že vstupná premenná dE/dt , poskytovaná derivačným obvodom 121 môže byť uvažovaná ako záporná veľká, ak je v rozmedzí $-2^{\circ}/s$ a $-1^{\circ}/s$ alebo nižšia, nula, ak je medzi $-1^{\circ}/s$ a $+1^{\circ}/s$ a kladná veľká, ak leží medzi $+1^{\circ}/s$ a $+2^{\circ}/s$ alebo je väčšia. Podobne môže byť výstupná premenná dQ_{G1} napríklad považovaná za rovnú hodnote $-2 \text{ m}^3/h$, ak musí byť záporná veľká, nulová, ak musí byť rovná nule alebo rovná hodnote $+2 \text{ m}^3/h$, ak musí byť kladná veľká.

Obr. 7, 8 a 9 ukazujú príklady funkcií príslušnosti, týkajúce sa fuzzy charakteristík, použiteľné jednak pre odchýlku teploty E , jednak deriváciu odchýlky teploty dE/dt podľa času a jednak odchýlku dQ_{G1} prietochného množstva plynu. Na obr. 7 až 9 sú znázornené funkcie príslušnosti, ktoré zodpovedajú pre každú danú premennú hmlistému (fuzzy) termínu alebo charakteristike (NG, ZE, PG). Na obrázkoch sú zrejmé funkcie príslušnosti v trojuholníkovej forme (pre charakteristiku ZE aplikovanú na premennej E a dE/dt) pre NG a PG (aplikovanej na premennej E a dE/dt) alebo bodová (jednotlivé hodnoty pre NG, ZE a PG, aplikované na výstupnú premennú dQ_{G1}). Tieto funkcie príslušnosti majú oblasti vzájomného prekrytia medzi nulou a jednotkou pre premenné E a dE/dt .

Je prirodzene možno zvoliť počet hmlistých (fuzzy) charakteristík pre každú z jednotlivých vstupných hodnôt vyšší ako tri, a to podľa požadovanej presnosti bez toho, aby sa však zvolil príliš veľký počet, ktorý by viedol k zasýteniu systému.

Fuzzy regulačná jednotka 122 obsahuje fuzzyfikačný vstupný stupeň, dovoľujúci poskytovať hmlisté vstupné premenné na základe premenných E a dE/dt pri zohľadňovaní funkcií príslušnosti týchto vstupných premenných. Výstup vo fuzzy forme sa potom určuje v inferenčnom fuzzy stupni na základe vopred definovaných riadiacich pravidiel a vstupov vo forme fuzzy, vyšších z fuzzyfikačného stupňa. Nakoniec sa v defuzzyfikačnom stupni fuzzy regulačnej jednotky 122 vytvára ovládací signál výchylky prietochného množstva dQ_{G1} , ktorý musí byť vedený na

horák ventilom 20. Ovládací signál môže byť získaný z výstupnej fuzzy hodnoty spôsobom spočívajúcim v určení ťažiska súboru vopred definovaných pravidiel, ktorých syntéza slúžila vo vytvorení priradenej inferenčnej tabuľky.

Na výstupe z fuzzy regulačnej jednotky 122 je možné umiestniť regulačný blok typu PI (proporcionálne integračný), ktorý dovoľuje stabilizovať eventuálne kmitanie systému. Ovládacie signály, vystupujúce z modulu 102 pre fuzzy regulačné ovládanie sú vedené na sumačný obvod 105, ktorý prijíma rovnakým spôsobom ako bolo uvedené vyššie s odvolaním na obr. 1, signály z modulu 103 proporcionálnej regulácie a modulu 104 impulznej regulácie.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zariadenie na výrobu teplej úžitkovej vody plynovým kotlom s atmosferickým horákom, obsahujúcim vykurovací priestor (10) s horákom (12) napájaným plynom prostredníctvom elektricky ovládaného modulačného ventilového prostriedku (20) a najmenej jedným výmenníkom tepla (13) medzi uvedeným vykurovacím priestorom (10) a okruhom (11, 14) na výrobu teplej úžitkovej vody, obsahujúcim prívodné vedenie (11) studenej vody a odberové vedenie (14) teplej úžitkovej vody, **vyznačujúce sa tým**, že ďalej obsahuje merací mechanizmus (40) odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody v okruhu (11, 14) na výrobu teplej úžitkovej vody, merací mechanizmus (30) teploty (T_s) teplej úžitkovej vody na výstupe z výmenníka tepla (13) a ovládací systém (100) pre ovládanie modulačného ventilového prostriedku (20), obsahujúci modul (102) regulácie v uzatvorenej slučke pre regulačné ovládanie modulačného ventilového prostriedku (20) na základe teploty (T_s) nameranej uvedeným meracím mechanizmom (30) teploty a nastavenej teploty (T_c), modul (103) s proporcionálnym pôsobením na priamu reguláciu modulačného ventilového prostriedku (20) na základe informácií poskytovaných meracím mechanizmom (40) odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) a modul (104) impulznej regulácie modulačného ventilového prostriedku (20) na základe výchyliet prietochného množstva, detekovaných meracím mechanizmom (40) prietochného množstva, pričom modul (104) impulznej modulácie vytvára signál tvoriaci špičkovitú zmenu prietochného množstva plynu vedeného do horáku (12) pomocou modulačného ventilového prostriedku (20) pri každej významnej náhlej výchyľke odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody (Q_{ECS}), nameranej uvedeným meracím mechanizmom (40), pričom špičkovitá zmena je kladná alebo záporná podľa toho, či výchyľka zodpovedá zvýšeniu alebo zníženiu tohto prietochného množstva, pričom počiatočná a koncová hodnota špičkovitej zmeny je nulová a amplitúda špičkovitej zmeny je proporcionálna detekovanej výchyľke prietochného množstva.

2. Zariadenie podľa nároku 1, **vyznačujúce sa tým**, že modul (104) impulznej modulácie obsahuje prostriedky na vytváranie vzorkovaného signálu tvoriaceho špičkovitú zmenu prietochného množstva (Q_{G3}) plynu, ktorého hodnota je dosiahnutá v závislosti od odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody (Q_{ECS}) podľa nasledujúceho vzorca vo vzorkovanej forme:

$$Q_{G3}(n) = k_1 \cdot Q_{G3}(n-1) + k_2 \cdot (Q_{ECS}(n) - Q_{ECS}(n-1))$$

kde

k_1 je koeficient, ktorého hodnota je medzi 0 a 1,

k_2 je kladný parameter, nastavený v závislosti od typu kotla

$Q_{G3}(n)$ a $Q_{G3}(n-1)$ znamenajú hodnotu špičky prietochného množstva (Q_{G3}) v okamihoch n a $n-1$ a

$Q_{ECS}(n)$ a $Q_{ECS}(n-1)$ znamenajú hodnotu odoberaného prietochného množstva teplej úžitkovej vody v okamihoch n a $n-1$.

3. Zariadenie podľa nároku 2, **vyznačujúce sa tým**, že modul (104) impulznej regulácie obsahuje prostriedky na určovanie kladného parametra k_2 , nastaveného v závislosti od typu kotla na základe nasledujúcich informácií: tepelná kapacita (C_p) vody, účinnosť (η) zariadenia, výhrevnosť plynu ($VÝHR$), nastavená teplota (T_c) a teplota (T_{ef}) studenej vody, privádzanej do okruhu pre obeh teplej úžitkovej vody, podľa vzorca

$$k_2 = C_p \cdot (T_c - T_{ef}) / \eta \cdot VÝHR$$

4. Zariadenie podľa najmenej jedného z nárokov 1 až 3, **vyznačujúce sa tým**, že modul (102) regulácie v uzatvorenej slučke obsahuje spätnoväzobný obvod proporcionálne integračne derivačného typu PID, ktorého vstupná veličina je tvorená odchýlkou medzi teplotou (T_s), nameranou uvedeným meracím mechanizmom (30) teploty (T_s) a nastavenou teplotou (T_c).

5. Zariadenie podľa najmenej jedného z nárokov 1 až 3, **vyznačujúce sa tým**, že modul (102) regulácie v uzatvorenej slučke obsahuje fuzzy regulačnú jednotku (122), prijímajúcu na vstupe informáciu o chybe teploty E , zodpovedajúcu rozdielu medzi teplotou (T_s), nameranou uvedeným meracím mechanizmom (30) teploty a nastavenou teplotou (T_c), ako i informáciu (dE/dt), zodpovedajúcu derivácii informácie o chybe teploty podľa času.

6. Zariadenie podľa nároku 5, **vyznačujúce sa tým**, že modul (102) regulácie v uzatvorenej slučke obsahuje ďalej spätnoväzobný obvod (123) proporcionálne integračného typu PI, uložený na výstupe fuzzy regulačnej jednotky (122) a prijímajúci na vstupe informáciu (dQ_G) o výchylke zmeny prietochného množstva plynu privádzaného do horáku.

7. Spôsob regulácie teploty teplej úžitkovej vody v zariadení na výrobu teplej úžitkovej vody výmenou tepla s vykurovacím priestorom plynového kotla s atmosferickým horákom, u ktorého je prietochné množstvo privádzaného plynu modulované na základe spätnoväzobného systému, **vyznačujúci sa tým**, že prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzané do horáku, je spätnoväzobne ovládané na základe merania odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody jednak priamou reguláciou s proporcionálnym pôsobením na základe uvedeného merania odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody a jednak impulznou reguláciou na základe výrazných skokov (ΔQ_{ECS}) nameranej hodnoty odoberaného prietochného množstva (Q_{ECS}) teplej úžitkovej vody, pričom impulzná regulácia pôsobí na prietochné množstvo (Q_G) plynu privádzaného do uvedeného horáku tak, že sa vytvára špičkovitá zmena podľa funkcie "špička" $f(t)$ také, že ak $t = 0$ okamih kladného, resp. záporného skoku ΔQ_{ECS} prietochného množstva, potom je funkcia $f(t)$ definovaná:

$$f(0-) = 0$$

$$f(0+) = k_2 \Delta Q_{ECS}, \text{ pri kladnom koeficiente } k_2$$

$$f \text{ klesá (alebo rastie) na }]0, +\infty[$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t) = 0$$

$$t \rightarrow +\infty$$

8. Spôsob podľa nároku 7, **vyznačujúci sa tým**, že kladný koeficient k_2 je nastavený v závislosti od typu kotla na základe nasledujúcich informácií: tepelná kapacita (C_p) vody, účinnosť (η) zariadenia, výhrevnosť plynu ($VÝHR$), nastavená teplota (T_c) a teplota (T_{ef}) studenej vody, privádzanej do okruhu pre obeh teplej úžitkovej vody, podľa vzorca:

$$k_2 = C_p \cdot (T_c - T_{ef}) / \eta \cdot VÝHR$$

9. Spôsob podľa nároku 7 alebo 8, **vyznačujúci sa tým**, že prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzaného do horáku, je ďalej spätnoväzobne ovládané na základe odchýlky medzi skutočnou teplotou (T_s) vyrobenej teplej úžitkovej vody a nastavenou teplotou podľa spätnej väzby v uzatvorenej slučke proporcionálne integračne derivačného typu PID.

10. Spôsob podľa nároku 7 alebo 8, **vyznačujúci sa tým**, že prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzaného do horáku, je ďalej spätnoväzobne ovládané fuzzy reguláciou na základe informácie o chybe teploty E , zodpovedajúcej rozdielu medzi skutočnou teplotou (T_s) vyrábanej teplej úžitkovej vody a nastavenou teplotou (T_c), a na základe informácie zodpovedajúcej derivácii informácie o chybe teploty E podľa času.

11. Spôsob podľa nároku 10, **vyznačujúci sa tým**, že prietochné množstvo (Q_G) plynu, privádzaného do horáku, je ďalej spätnoväzobne ovládané na základe výstupnej informácie ovládania fuzzy regulácie podľa spätnej väzby proporcionálne integračného typu PI.

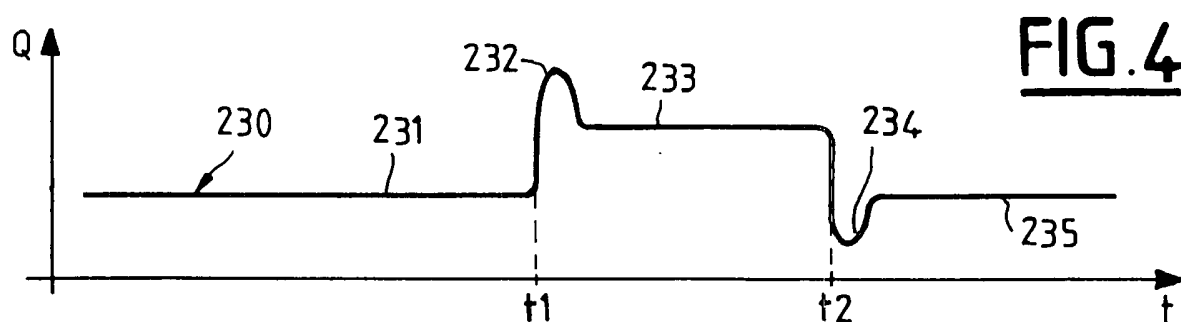
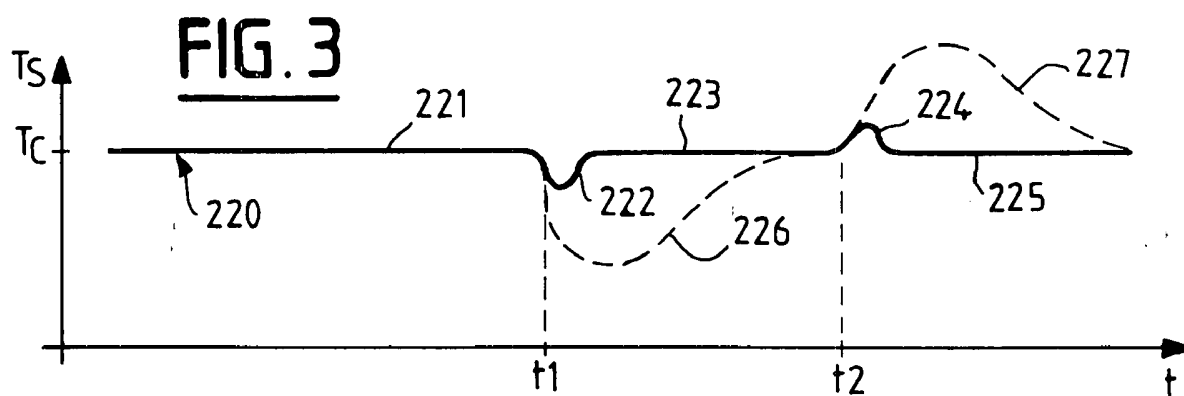
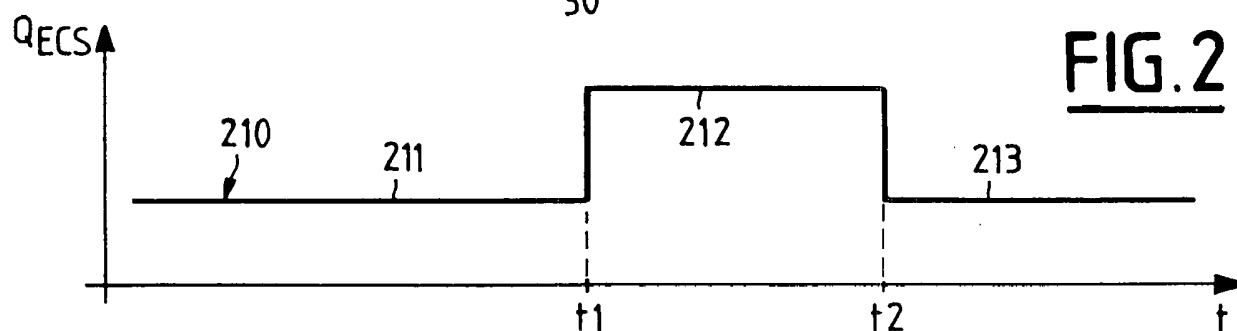
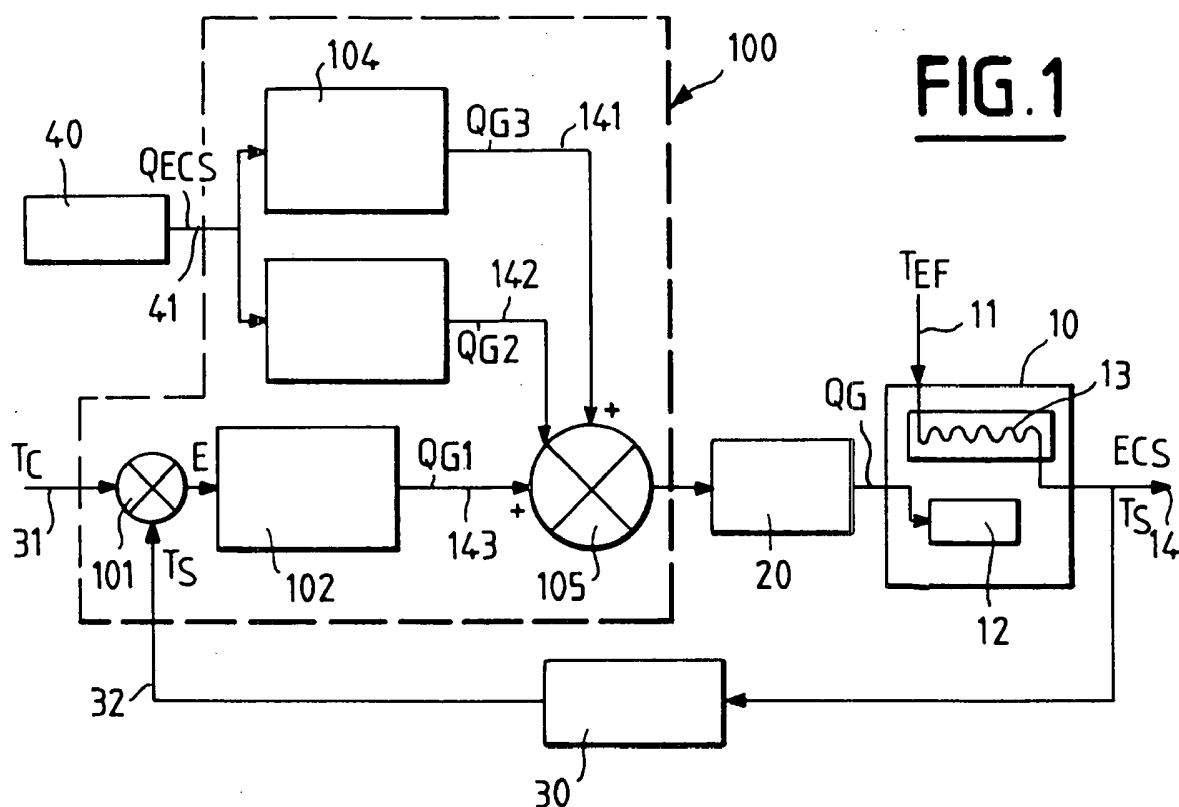


FIG. 5

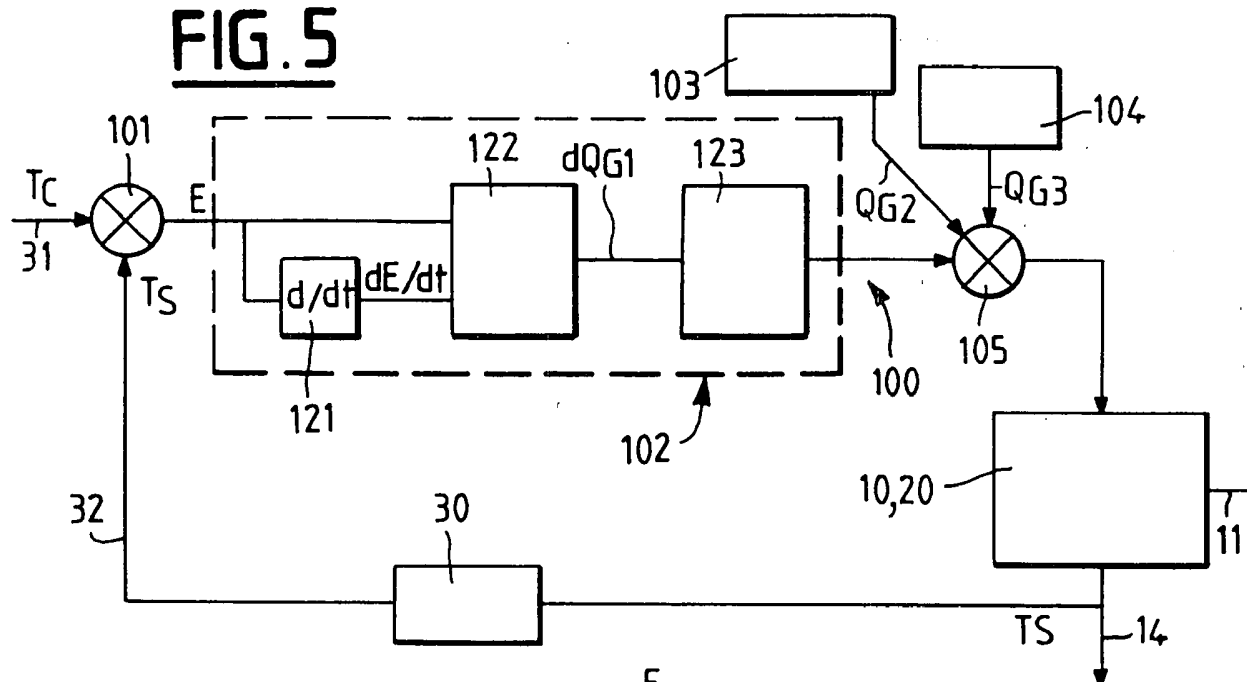


FIG. 6

E	NG	ZE	PG
dE/dt	ZE	NG	NG
PG	ZE	NG	NG
ZE	PG	ZE	NG
NG	PG	PG	ZE

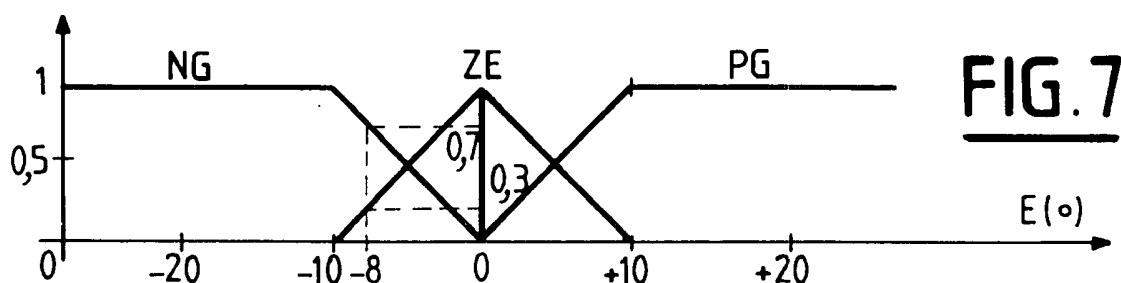


FIG. 7

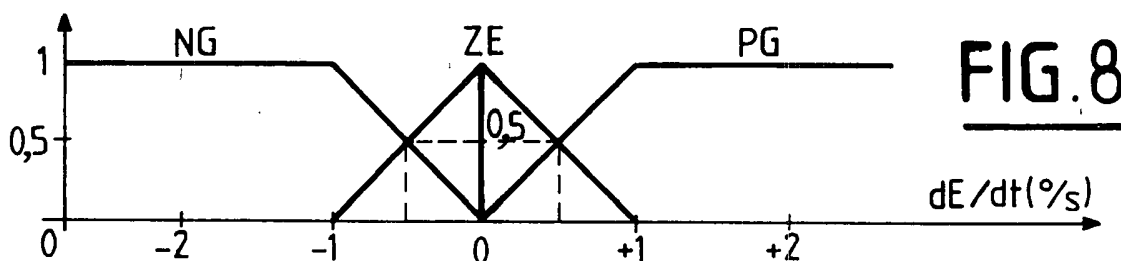


FIG. 8

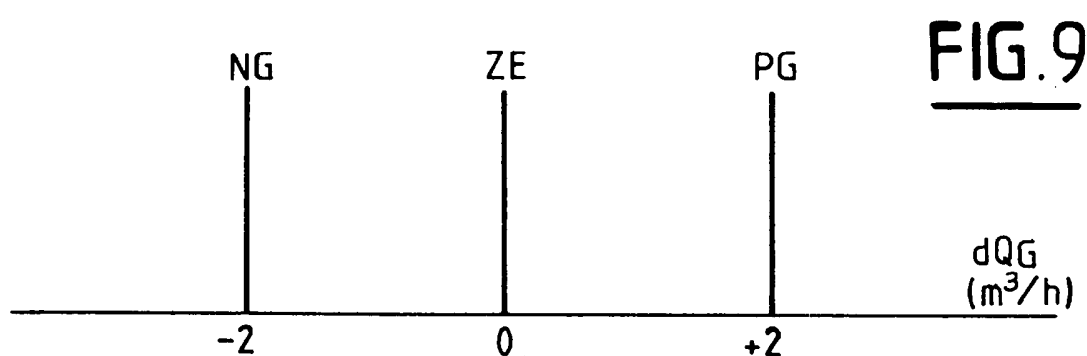


FIG. 9