

Винахід стосується опалювальної установки з резервуаром-збірником, що має вхідний і вихідний отвори для гарячої рідини, з системою живлення для рідкого теплоносія з каналом живлення, у якому встановлений вентиль, з датчиком температури, який виміряє температуру гарячої рідини, і з контуром регулювання, який керує цим вентилем в залежності від відхилення температури від заданого значення. Винахід стосується також способу використання цієї опалювальної установки, який передбачає вимірювання температури гарячої рідини і керування у контурі регулювання подачею рідкого теплоносія через вентиль в залежності від відхилення цієї температури від заданого значення.

У подальшому винахід описаний на прикладі установки для підготування технічної води. Винахід може бути застосований також у інших підігрівних установках, у яких здійснюється нагрівання рідиною підлоги або батарей опалювання. Приклад такої установки, у якій реалізовано обидві задачі, описаний у DE 41 42 547 A1 і є основою винаходу. У DE 24 52 515 A1 описано подібний принцип керування циркуляційним насосом.

Рідким теплоносієм необов'язково має бути вода. Можна використовувати гаряче повітря, який надходить у відповідний об'єм.

Гаряча рідина одержує тепло від рідкого теплоносія. Цей теплоносій протікає через теплообмінник, на другому боці якого знаходиться рідина, що має підігріватись. У іншому варіанті рідкий теплоносій розігрівається безпосередньо джерелом тепла, наприклад, пальником, після чого змішується з підігрітою рідиною.

В усіх випадках проходження рідкого теплоносія через вентиль є керованим. Коли температура гарячої рідини знижується, подача тепла має збільшуватись, і тому відповідним чином керований вентиль відкривається, щоб пропустити додаткову кількість, рідкого теплоносія. Коли температура стає вищою за задане значення, вентиль знову закривається. У більшості випадків вентиль встановлюють на шляху подачі рідкого теплоносія. При такому розташуванні він керує кількістю тепла, що передається від рідкого теплоносія. Вентиль можна також встановлювати на шляху відведення рідкого теплоносія.

Також не є обов'язковим визначити температуру гарячої рідини у збірнику. Цю температуру можна визначати у вхідному каналі цього збірника. У екстремальних випадках цей збірник може бути відносно невеликим або навіть може утворюватись самою опалювальною установкою.

Розглянемо явище, яке виникає в установках такого типу. З одного боку, можна дуже якісно підтримувати температуру гарячої рідини на заданому рівні. При цьому, коли виникає потреба у теплі, наприклад, після відбору теплої води через засіб відбору, рідкий теплоносій має якомога швидше компенсувати втрату тепла, підігріваючи для цього холодну воду, що надходить. З іншого боку, було виявлено, що при дуже швидкій роботі контуру регулювання у цьому контурі можуть виникнути коливання. Установки підігрівання води є дуже чутливими до наслідків цього. Виникають коливання температури. Якщо опалювальна установка живить батареї опалювання або навіть лише підігріває підлогу, коливання температури є менш критичними, але у цьому випадку такі коливання створюють значні навантаження для вентиля і, відповідно, для приводу вентиля.

У основу винаходу покладено задачу досягти у опалювальній установці швидкої реакції при невеликому механічному навантаженні.

Цю задачу вирішено створенням опалювальної установки зазначеного типу, яка у контурі регулювання має детектор граничної частоти для виявлення коливань температури і зниження підсилення контуру регулювання при надмірному підвищенні частоти і підвищенні цього підсилення при надмірному зниженні частоти.

Таке рішення передбачає автоматичне встановлення підсилення у контурі регулювання, що з одного боку дозволяє уникнути коливань з частотою, що перевищує припустиму, а з другого боку завжди забезпечує відносно швидку реакцію опалювальної установки на виникнення потреби у теплі. Це досягається не усуненням коливань температури взагалі, а тим, що навантаження на такі механічні вузли, як вентиль, або привід знижуються, що зменшує їх знос і підвищує тривалість життя. Зміна підсилення контуру регулювання здійснюється відносно простим шляхом через зміну статичного підсилення регулятора. У першому наближенні підсилення контуру є обернено пропорційним статичному підсиленню регулятора.

Важливою особливістю є те, що детектор граничної частоти має пороговий елемент, а частота встановлюється з урахуванням вихідного значення порогового елемента. Інакше кажучи, через вимірювання частоти визначаються лише ті коливання, амплітуда яких перевищує порогове значення. Цим створюється певна смуга значень, в межах якої припустимими є будь-які коливання, які не визначаються детектором граничної частоти як такі, що впливають на частоту. Отже, цей детектор виявляє лише ті коливання, які виходять за межі смуги.

Крім того, детектор граничної частоти визначає коливання температури у непрямий спосіб через сигнали керування або через переміщення вентиля. Контур регулювання активує вентиль лише тоді, коли це є необхідним, а саме, коли температура перевищує задану на зумовлене значення. Після виявлення цього відхилення ця різниця стає основою для подальших дій, а саме, переміщення вентиля або, що легше виконати, генерування сигналу на переміщення вентиля. Це дає змогу використати у контурі регулювання наявну інформацію.

Спосіб експлуатації опалювальної установки полягає у визначенні частоти коливань температури і зниженні підсилення контуру при надмірному підвищенні частоти і підвищенні підсилення контуру при надмірному зниженні частоти.

Цей спосіб передбачає використання контуру регулювання, який завжди працює з максимально можливим підсиленням контуру без неприпустимих коливань. Це забезпечує швидкість реакції і береже такі механічні деталі, як привід і вентиль. Встановлення підсилення контуру є адаптивним, тобто у відповідності до поточної ситуації. Це встановлення може бути різним для різних установок і для різних моментів роботи одної установки.

Важливо, що визначення частоти здійснюється лише для тих відхилень, які перевищують заздалегідь визначене відхилення від заданого значення. Створюється певна смуга заданих значень, у межах якої

припустимими є коливання будь-якої частоти. Такі коливання не навантажують виконавчі органи, оскільки викликають дуже незначні їх переміщення. Крім того, коли користувач відбирає теплу воду, коливання у межах цієї смуги є ледве помітними і тому прийнятними.

Перевагою способу є те, що визначення частоти здійснюється у непрямий спосіб за допомогою переміщень вентиля і/або сигналів керування вентиляем. Сигнали керування вентиляем і відповідні їм переміщення вентиля безпосередньо визначаються відхиленням температури від заданого значення. Інформація про відхилення залишається у системі і використовується для генерування сигналів, що легко розпізнаються. Цю функцію можна реалізувати без зайвих витрат.

Спосіб передбачає відлік кількості змін напрямку переміщення вентиля протягом заздалегідь визначеного часового інтервалу і зниження підсилення контуру, якщо цей відлік перевищує максимальне значення. Визначення частоти можна здійснити простим відліком у зумовленому часовому інтервалі. Якщо цей інтервал становить приблизно 5 хвил., задану кількість змін напрямку руху вентиля можна встановити рівною, наприклад, від 3 до 10, не вважаючи це нестабільністю. Якщо кількість таких змін перевищує це задане значення, стан системи вважається нестабільним і підсилення контуру знижується.

При кожному такому перевищенні відлік припиняється і починається новий часовий інтервал. Цим прискорюється досягнення стабільного стану. Чим більшою є нестабільність системи, тим вищою є частота, тобто частіше відбувається зміна напрямку переміщення вентиля. Якщо здійснювати корекцію лише тоді, коли задовольняються умови критерію, то ця корекція має здійснюватись не у спільному інтервалі. Завдяки цьому знижується навантаження на механічні елементи і прискорюється досягнення стабільного стану.

Якщо частота стає достатньо малою, підсилення контуру підвищується, а задане значення змінюється. Одночасне підвищення контуру і зміна заданого значення виконуються для визначення, чи входить система у режим коливань. За відсутності такого режиму підвищення підсилення контуру не призводить автоматично до появи коливань і не дає впевненості у придатності такого підсилення. Зміна заданого значення створює збурення, яке дає бажану інформацію.

Якщо після підвищення підсилення контуру частота стає занадто високою, підсилення контуру змінюється на таке, яким воно було до цього підвищення. Цим здійснюється пошук "границі". Подібне навантаження дозволяє визначити підсилення контуру, при якому контур регулювання втрачає стабільність, і таким чином, виявити, що при подальшому підвищенні контур регулювання вже не буде стабільним. Це дає змогу повернутись до попереднього підсилення контуру без додаткових ітерацій.

У найбільш бажаному втіленні підсилення контуру задається в залежності від навантаження установки. Це створює можливість захистити систему регулювання і, відповідно, рухомі частини від навантажень, що викликаються занадто частими переміщеннями. Коли потреби установки є невеликими, наприклад, коли невеликим є відбір води, можна задовольнитись невеликими підсиленнями контуру. Швидкість реакції також не є обов'язковою. Це дає ту перевагу, що, наприклад, при нічному зниженні споживання більшість вентилів батареї опалювальної системи дроселюються і до них, згідно з невеликою потребою, подається лише невелика кількість тепла. Коли потреба зростає, наприклад, внаслідок відбору води або надмірного відкриття вентиля, стає необхідною швидка реакція установки. У цьому випадку здійснюється перемикання до високого підсилення контуру. При використанні відповідного критерію визначення потреби можна частково уникнути попередніх багатокрокових ітерацій.

Важливою особливістю є те, що навантаження установки визначається через температуру гарячої рідини. Такий спосіб попереднього визначення є достатньо швидким і не вимагає додаткових конструктивних елементів. Навантаження установки, наприклад, відбором теплої води, викликає відносно швидке зниження температури у збірнику внаслідок надходження відповідної кількості холодної води. Відповідним чином, можна досить швидко підняти підсилення контуру без створення небезпеки негайного виникнення коливань. Коли через деякий час коливання виникають, можна вважати, що навантаження установки припинилось і перейти назад до підсилення контуру, яке відповідає "холостому ходу".

Далі на прикладах бажаних втілень наведено опис винаходу з посиланнями на креслення, у яких:

фіг.1 - схематичне зображення опалювальної установки для підготування теплої води,

фіг.2 - схема пристрою керування,

фіг.3 - криві, що відповідають зниженню підсилення контуру,

фіг.4 - криві, що відповідають підвищенню підсилення контуру,

фіг.5 - схеми, що пояснюють роботу системи захисту.

Фіг.1 схематично ілюструє опалювальну установку 1 для підготування теплої технічної води, яку можна відбирати через крани 2 або інші засоби відбору. Крани 2 встановлені на кільцевому трубопроводі 3, який має канал 4 подачі і канал 5 відтоку, пов'язаний з збірником 6, наприклад, бойлером. Встановлений у кільцевому трубопроводі 3 циркуляційний насос 7 забезпечує надходження теплої води до кранів 2 у належній кількості без суттєвої затримки.

Збірник 6 виконаний як теплообмінник, на первинному боці якого передбачено лінію 9 живлення і лінію 10 відтоку для рідкого або, взагалі, текучого теплоносія. Рідким теплоносієм може бути вода, заздалегідь нагріта у підігрівному котлі, або інша текуча речовина, нагріта у окремому підігрівному пристрої і призначена для передачі тепла. Конкретний спосіб підігрівання теплоносія не має значення. У лінії 9 живлення встановлено вентиль 11, який може відкриватись або закриватись мотором 12. Мотор 12 може бути, наприклад, кроковим, що дає можливість встановлювати вентиль 11 у різні положення відкриття. У каналі 4 подачі встановлено датчик 13 температури, який виміряє температуру теплої води у каналі 4 і зв'язаний з пристроєм 14 керування, який керує мотором 12. Пристрій 14 керування має вхід 15 для введення заданого значення температури у збірнику 6. Це задане значення називають також уставкою.

Одночасно з відтоком теплої води через кран 2 через вхідний трубопровід 16 до збірника 6 надходить холодна вода. Зворотний клапан 17 відвертає відток води з кільцевого трубопроводу 3 у трубопровід 16. Надходження холодної води знижує температуру вже нагрітої води у бойлері 6. Датчик 13 виявляє це зниження температури і, базуючись на цьому, пристрій 14 керування активує мотор 12, який відкриває вентиль

11. Зазначені елементи разом утворюють контур 18 регулювання. Пристрій 14 керування є власне "регулятором", з статичним підсиленням Хр. Обернене значення цього статичного підсилення Хр позначають як підсилення V контуру.

Фіг.2 містить схему пристрою 14 керування. Вхід і вихід пристрою 14 позначені згідно з позначеннями елементів на фіг.1.

Пристрій 14 керування має, по-перше, диференційний підсилювач 23, до якого надходять від входу 15 задане значення температури і від датчика 13 температури фактичне значення температури. Залежно від різниці між цими температурами формується встановлювальний сигнал для мотора 12. Статичне підсилення цього диференційного підсилювача 23 є змінним і для його зміни використовується детектор 19 граничної частоти. Спочатку детектор 19 одержує сигнали, ідентичні тим, які одержує мотор 12. Далі він одержує фактичну і задану температури. Ці сигнали, які відповідають певним значенням надходять до вузла 20 попередньої обробки, який, як буде пояснено далі, за зумовлених обставин генерує імпульс, а за інших умов - утворює пороговий елемент імпульси надходять до лічильника 21, з'єданого з таймером 22, який визначає для лічильника 21 початок і кінець заздалегідь визначеного часового інтервалу. Вихід лічильника 21 з'єднаний з входом скидання таймера 22, а також з диференційним підсилювачем 23, а саме, з тим його входом, через який визначається його коефіцієнт підсилення, тобто статичне підсилення.

Роботу контуру керування ілюструє фіг.3.

На фіг.3а зображена крива $T_{\text{факт}}$, тобто перебіг температури у каналі 4 подачі. Пунктиром позначено задане значення $T_{\text{зад}}$, тобто уставку температури. По обидва боки уставки $T_{\text{зад}}$ показано нейтральну зону N_z . Можна бачити, що спочатку коливання температури $T_{\text{факт}}$ є відносно великими. Диференційний підсилювач 23 у заданих часових інтервалах формує імпульси для активування мотора 12, зображені на фіг.3б. Поки фактична температура $T_{\text{факт}}$ є меншою за уставку $T_{\text{зад}}$, мотор 12 працює у напрямку ON+, у зворотному випадку - у іншому напрямку (ON-). Цими зображеннями ілюструється лише приклад. Можливі і інші способи встановлення положення вентилів 11.

У описаній опалювальній установці повторні встановлення вентилів 11 є не критичними поки вони відбуваються у одному напрямку. Перешкоди виникають тоді, коли напрямок дії мотору 12 і вентилів 11 змінюється занадто часто і значно.

Отже, одиночні імпульси (фіг. 3б) можуть визначати напрямок встановлення, ілюстрований фіг.3с. На фіг.3д показано вихідне значення лічильника 21, яке з кожною зміною напрямку зростає на 1. Таймер 22 задає інтервал часу, який визначає періоди, зображені на фіг. 3а. Важливо, що періоди часу Z_1, Z_2, Z_3 є однаковими.

Якщо протягом періоду Z_1 виявляється, що лічильник 21 перевищив зумовлене значення коефіцієнта підсилення Хр диференційного підсилювача 23 збільшується, а підсилення V контуру відповідно зменшується. Одночасно лічильник 21 знову встановлюється у 0 і відбувається скидання таймера 22. Відповідно, починається другий період Z_2 відліку, причому ще до повного закінчення періоду Z_1 . При цьому залишається невідомим значення похибки, яка може бути скоригована у подальшому.

На фіг.3е показано, що підсилення V контуру знижується кожного разу, коли лічильник 21 протягом періоду Z відліку досягає зумовленого значення, у даному випадку 3. Можна бачити, що необхідно виконати дві корекції до того, як підсилення V контуру знизиться настільки, що фактична температура $T_{\text{факт}}$ зазнає коливань, амплітуда яких, однак, у більшості випадків залишається у межах нейтральної зони. У даному випадку протягом періоду Z_3 відліку відбуваються лише дві зміни напрямку. У будь-якому випадку фактична температура $T_{\text{факт}}$ задовольняє співвідношенню.

$$T_{\text{зад}} - 0,5N_z < T_{\text{факт}} < T_{\text{зад}} + 0,5N_z$$

Підсилення V контуру відповідає оберненому статичному підсиленню Хр диференційного підсилювача 23. Можна застосувати алгоритм, згідно з яким

$$X_p = (1 + \lambda) \times X_r,$$

де $\lambda > 0$ і є константою. Бажано, щоб λ було менше 1. Після підвищення статичного підсилення Хр, яке відповідає зменшенню підсилення V контуру, починає роботу детектор 19 граничної частоти. Коли цей детектор виявляє нестабільність, наприклад, 3 або більше змін напрямку протягом періоду відліку Z_1, Z_2, \dots, Z_n , статичне підсилення Хр, як уже відзначалось, підвищується ще кілька разів. Якщо кількість змін напрямку не досягла критичного значення, це означає, що стабільний стан досягнутий і статичне підсилення залишається незмінним.

По суті, цей процес можна розділити на дві фази. У першій фазі здійснюється перевірка, чи мають місце "критичні" коливання, і наприкінці цієї фази за результатами цієї перевірки змінюється підсилення контуру. У другій фазі здійснюється нагляд за стабільністю.

Якщо у першій фазі не було виявлено граничних коливань, підсилення контуру збільшується до виявлення нестабільного періоду відліку, причому процес регулювання не переривається і здійснюється визначення підсилення для наступного періоду відліку. На фіг.4 зображено операції підвищення підсилення контуру. Спочатку статичне підсилення контуру знижується, наприклад, за формулою

$$X_p = (1 - \sigma) \times X_r,$$

де $\sigma > 0$ і є константою, бажано, меншою за 1. Константі σ можна надавати значення λ , але, як правило, вона має інше значення.

Після цього відбувається зміна температурної уставки $T_{\text{зад}}$:

$$T_{\text{зад}} = T_{\text{зад}} + \Delta S_p$$

Для цього у пристрої керування передбачено датчик 24 констант і інверсний підсилювач 25 з перемиканням, з'єднаний з спільною точкою 26. Після перемикання інверсного підсилювача він здійснює перетворення

$$\Delta S_p = -\Delta S_p$$

Зміна уставки $T_{\text{зад}}$ породжує збурення, яке має викликати коливання. Без таких коливань неможливо викликати нестабільність зміною підсилення V контуру. Після зміни уставки і часової затримки Δt починає

роботу детектор граничної частоти. Доки цей детектор виявляє стабільну роботу контуру 18 регулювання, цей процес повторюється, тобто підвищується підсилення V контуру.

У якийсь момент підсилення V контуру стає настільки великим, що у контурі 18 регулювання починаються коливання. У втіленні, ілюстрованому фіг.4, це відбувається у момент t3. У цьому випадку уставка Tзад встановлюється знову у дотеперішнє значення, а статичне підсилення Xp - у значення

$$Xp = Xp / (1 - \sigma)$$

і цим процедура встановлення закінчується. Підсилення V контуру встановлюється у значення, яке востаннє забезпечувало стабільний стан.

Якщо після операцій, зображених на фіг.3, 4 досягнуто стабільного стану, подальші операції не виконуються і процедура встановлення завершується. У випадку виникнення нової нестабільності, наприклад, внаслідок зміни навантаження, яке веде до маятникових коливань вентиля, починається нова процедура встановлення.

Фіг.5 ілюструє інший варіант процесу зміни підсилення V контуру. Цей варіант передбачає реалізацію системної захисної функції, яка усуває можливість коливань при малих навантаженнях, близьких до холостого ходу.

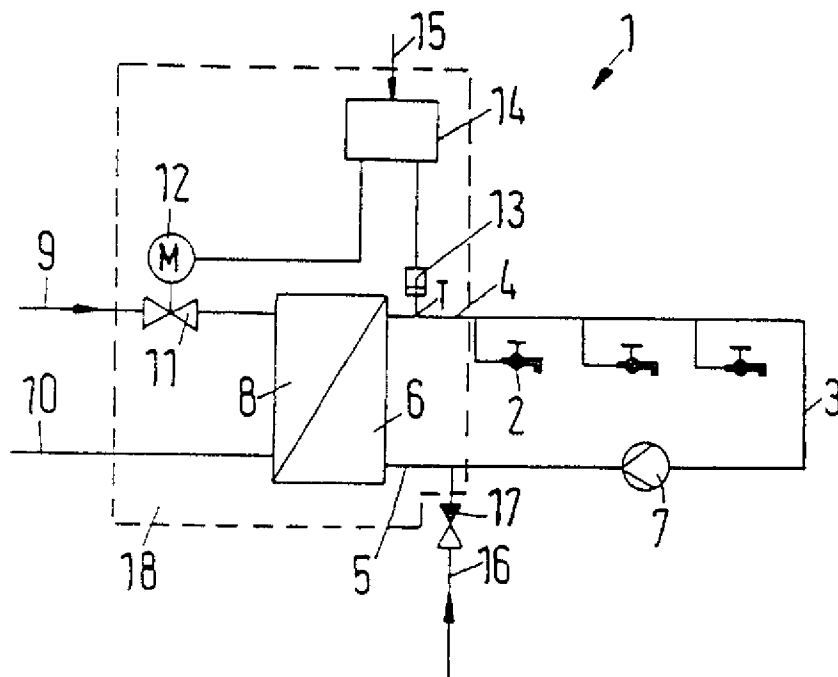
Тут обрано два значення підсилення контуру - високе і низьке, з можливістю перемикання між ними. Призначенням цієї захисної функції є стабілізація і оптимізація опалювальної установки 1 в залежності від її навантаження.

Згідно з захисною функцією, високе підсилення V контуру, позначене V1 на фіг.5, відповідає нормальному навантаженню. Таке підсилення можна встановити, наприклад, за допомогою описаної вище процедури автоматичного встановлення. Можна передбачити засіб (не показаний) запам'ятовування коефіцієнта підсилення.

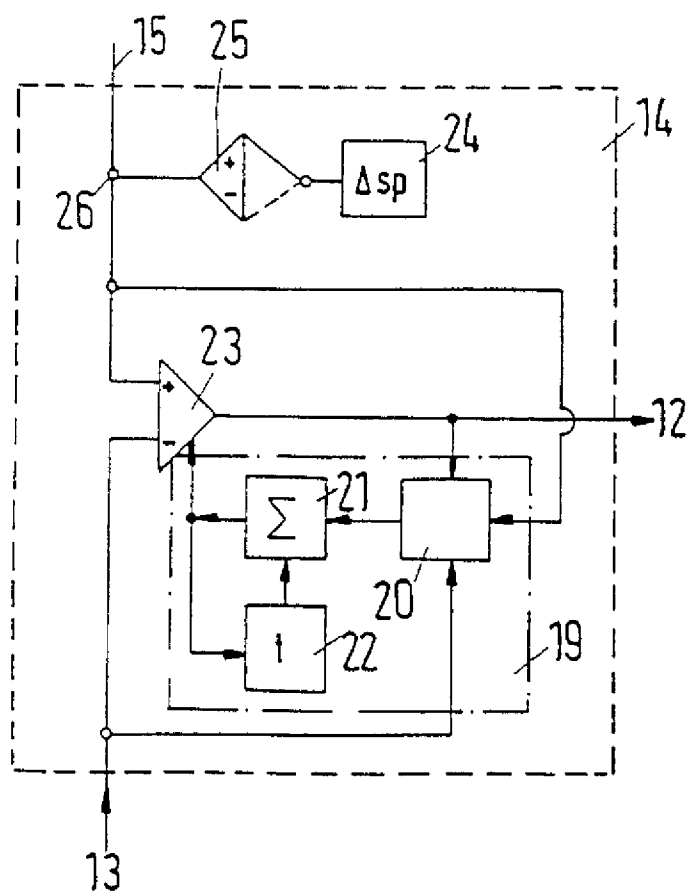
Низьке підсилення V2 контуру використовується при холостому ході.

Детектор 19 граничної частоти тепер використовується після завершення нормального режиму. У цьому випадку високе значення V1 підсилення контуру викликає появу коливань занадто збільшеної амплітуди і занадто збільшеної частоти. Після виявлення таких коливань, викликаних попереднім підвищенням підсилення контуру, підсилення перемикається з великого значення V1 на мале V2, після чого система знову стабілізується.

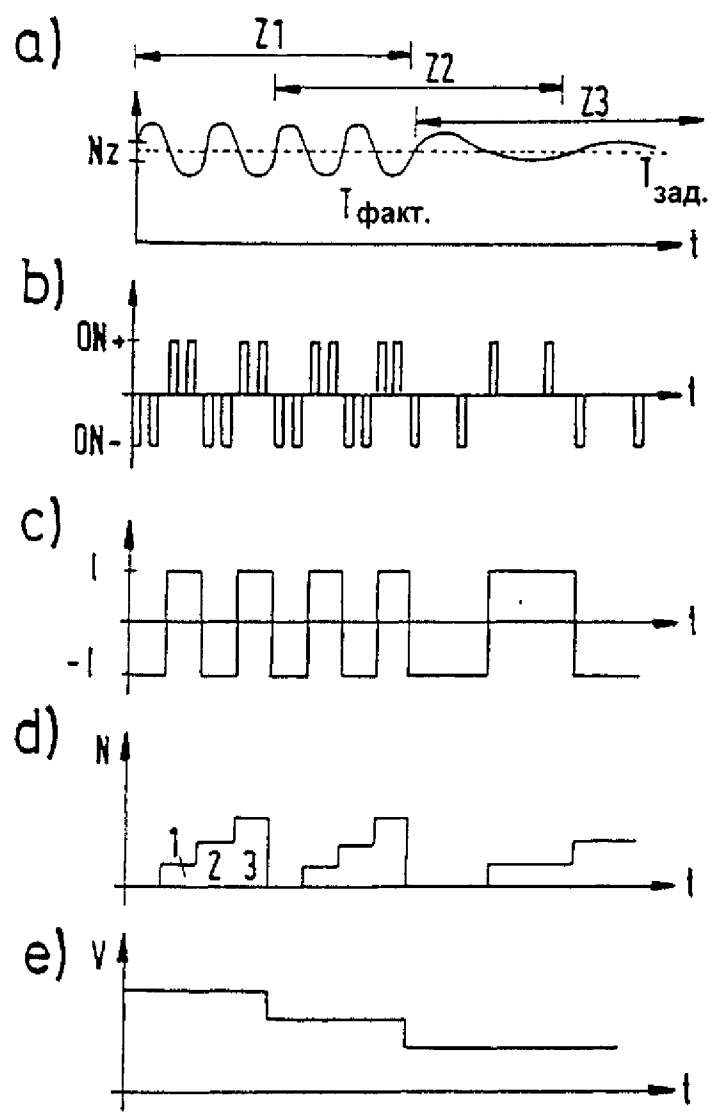
Для встановлення значення зміни при переході від холостого ходу до нормального режиму використовується спад температури, що викликається такою зміною. Цій операції відповідає часова позначка 12 на фіг.5. При цьому відбувається відбір між моментами t2 і t3. Навантаження, у даному випадку відбір води, визначається, коли фактична температура від значення Dz знижується нижче заданої температури Tзад. У цьому випадку підсилення контуру підвищується до значення V1. Внаслідок цього регулятор спрацьовує з швидкістю, необхідною для нормального режиму. У момент t3 відбір закінчується. Оскільки підсилення контуру є занадто високим, у періоді Z2 відбуваються коливання. Вони виявляються детектором граничної частоти, і у момент t4 підсилення контуру знову набирає значення V2. З свого боку, це значення V2 може бути знайдене через відповідні ітерації при підвищенні підсилення контуру.



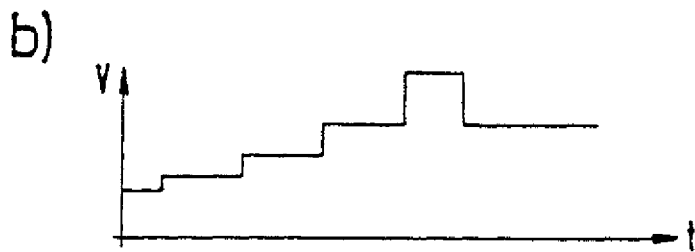
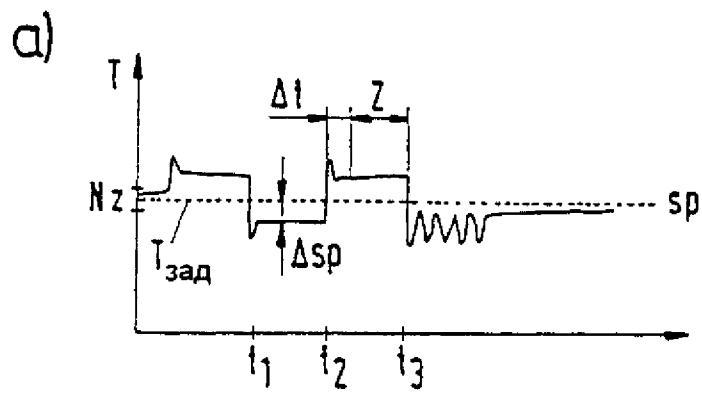
ФІГ.1



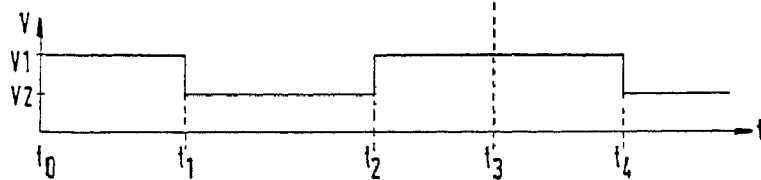
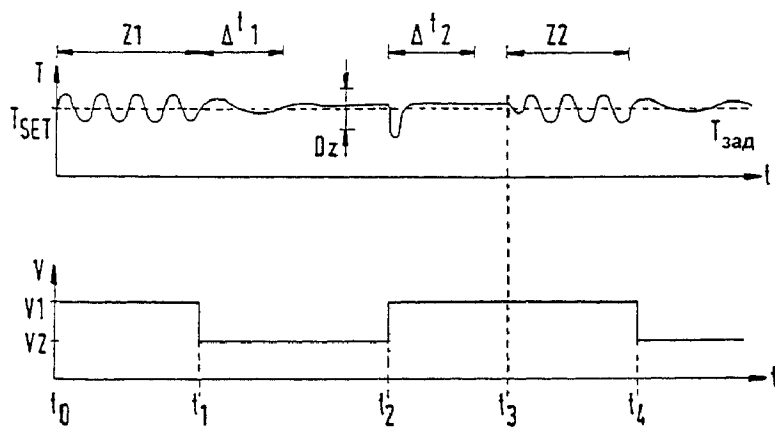
ФІГ.2



ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5