

(19)



(11)

**EP 1 387 933 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**24.01.2007 Patentblatt 2007/04**

(51) Int Cl.:  
**F01P 7/16** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **02742709.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2002/001574**

(22) Anmeldetag: **30.04.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2002/092975 (21.11.2002 Gazette 2002/47)**

(54) **VERFAHREN ZUM REGELN DER KÜHLMITTELTEMPERATUR EINER BRENNKRAFTMASCHINE**  
METHOD FOR ADJUSTING COOLANT TEMPERATURE IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE  
PROCEDE POUR REGULER LA TEMPERATURE DU LIQUIDE DE REFROIDISSEMENT D'UN  
MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR IT**

(72) Erfinder: **KILGER, Michael**  
**93326 Abensberg (DE)**

(30) Priorität: **14.05.2001 DE 10123444**

(56) Entgegenhaltungen:

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**11.02.2004 Patentblatt 2004/07**

**EP-A- 0 557 113**

**EP-A- 0 965 737**

**FR-A- 2 749 613**

**FR-A- 2 808 305**

**US-A- 6 055 947**

(73) Patentinhaber: **SIEMENS**  
**AKTIENGESELLSCHAFT**  
**80333 München (DE)**

**EP 1 387 933 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur in einem Brennkraftmaschinen-Kühlmittelkreis mit einer elektrisch angetriebenen Kühlmittelpumpe und einem elektrisch steuerbaren Bypassventil, das einen veränderlichen Teil des Kühlmittelstroms durch eine einen Kühler enthaltende Bypassleitung führt.

**[0002]** Bei diesem Verfahren werden somit statt eines konventionellen Thermostatventils und einer von der Brennkraftmaschine mechanisch angetriebenen konventionellen Kühlmittelpumpe ein elektrisch gesteuertes Bypassventil und eine elektrisch angetriebene Kühlmittelpumpe verwendet. Hierbei werden die Drehzahl der Kühlmittelpumpe in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine und von der Differenz zwischen den Kühlmitteltemperaturen am Ausgang und Eingang der Brennkraftmaschine eingestellt und die Stellung des Bypassventils in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine gesteuert.

**[0003]** Ein Verfahren dieser Art ist aus EP 0 965 737 A2 bekannt. In diesem Dokument wird erwähnt, dass die betreffende Regelstrategie in Form unterschiedlicher Algorithmen implementiert werden kann. Beispielsweise kann ein PID-Regler oder ein Integralregler verwendet werden.

**[0004]** Bei einem derartigen Verfahren kann die Drehzahl der Kühlmittelpumpe minimiert werden, um den Energieverbrauch der Kühlmittelpumpe gering zu halten. Aufgrund der hierdurch bedingten geringen Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels ergeben sich allerdings relativ große Totzeiten des Systems. Dies ist besonders dann gravierend, wenn das Bypassventil in der Nähe des Auslasses der Brennkraftmaschine angeordnet ist. Es treten dann sehr lange Verzögerungszeiten auf, bis nach einer Änderung der Stellung des Bypassventils das Kühlmittel am Einlass der Brennkraftmaschine (z.B. zum Kühlen der Brennkraftmaschine) zur Verfügung steht. Dies kann dazu führen, dass bei kurzen Lastsprüngen, wie sie z.B. bei einem Überholvorgang eines zugehörigen Kraftfahrzeuges auftreten, das Kühlmittel erst am Einlass der Brennkraftmaschine ankommt, wenn der Überholvorgang bereits beendet ist.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur der oben beschriebenen Gattung so weiter zu bilden, das die Totzeiten des Systems berücksichtigt und nach Möglichkeit reduziert werden.

**[0006]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Lösen dieser Aufgabe ist in Patentanspruch 1 definiert.

**[0007]** Gemäß der Erfindung wird zum Einstellen des Ventils ein Smith-Regler verwendet, der mittels eines Beobachters in Form eines Modells für den Kühlkreislauf und die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine die Totzeit des Systems laufend schätzt, um geschätzte Kühlmitteltemperaturwerte eines gedachten Systems ohne

Totzeit zu erzeugen, die zum Einstellen des Ventils verwendet werden.

**[0008]** Smith-Regler sind an sich bekannt, vgl. z.B. "Matlab" und "Simulink", Beispielerorientierte Einführung in die Simulation dynamischer Systeme, Addison-Wesley 1998, S. 353 - 358. Der Smith-Regler hat gegenüber konventionellen Reglern den Vorteil, dass er auch große Totzeiten berücksichtigen kann, um zu große stationäre Fehler der Regelung zu vermeiden.

**[0009]** Die Totzeit des Systems wird zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von dem Kühlmittelstrom und der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine geschätzt, wobei die Wärmeabgabe in Abhängigkeit von der Drehzahl und dem Füllungsgrad der Brennkraftmaschine geschätzt werden kann.

**[0010]** In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass mit dem Beobachter eine Vorsteuerung verbunden ist, die bei abrupten Änderungen des Sollwertes für die Kühlmitteltemperatur die Drehzahl der Kühlmittelpumpe kurzfristig anhebt. Hierdurch wird die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels entsprechend erhöht, so dass es schneller am Einlass der Brennkraftmaschine zur Verfügung steht. Die kurzzeitige Anhebung der Pumpendrehzahl verursacht nur einen geringfügigen zusätzlichen Energieverbrauch.

**[0011]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen definiert.

**[0012]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnungen dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 ein schematisches Schaltbild eines Kühlmittelkreislaufes;

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Regelanlage zum Regeln der Kühlmitteltemperatur;

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines in der Regelanlage der Fig. 2 verwendeten Reglers;

Fig. 4, 5 Diagramme, in denen die Kühlmitteltemperatur über der Zeit aufgetragen ist.

**[0013]** Fig. 1 zeigt in stark schematisierter Darstellung den Kühlmittelkreislauf 1 einer Brennkraftmaschine 2. Der Kühlmittelkreis 1 enthält eine Kühlmittelpumpe 3 und ein Bypassventil 4. Die Kühlmittelpumpe 3 ist eine elektrisch angetriebene Pumpe, beispielsweise eine Radialpumpe, deren Drehzahl regelbar ist. Das Bypassventil 4, das den von der Brennkraftmaschine 2 kommenden Kühlmittelstrom je nach seiner Stellung durch einen Kühler 5 oder am Kühler 5 vorbei zur Kühlmittelpumpe 3 leitet, ist ein Wegeventil, dessen Stellung elektrisch steuerbar ist, wobei je nach Stellung des Bypassventils 4 ein mehr oder weniger großer Anteil des Kühlmittelstroms durch den Kühler 5 geleitet wird.

**[0014]** In Fig. 1 sind ferner Temperaturfühler 6, 7 und 8 dargestellt, mit denen die Kühlmitteltemperatur am

Auslass und Einlass der Brennkraftmaschine 2 sowie am Auslass des Kühlers 5 erfasst werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass zum Erfassen der Kühlmitteltemperatur am Einlass der Brennkraftmaschine 2 kein eigener Temperaturfühler erforderlich ist, da diese Temperatur auch mit Hilfe anderer Betriebsparameter berechnet oder geschätzt werden kann. Auch der Temperaturfühler 8 am Auslass des Kühlers 5 ist nicht unbedingt erforderlich, während Fühler zum Erfassen weiterer Betriebsparameter wie z.B. zum Erfassen der Drehzahl der Brennkraftmaschine nicht dargestellt sind.

**[0015]** Um die Kühlmitteltemperatur des Kühlmittelkreislaufes 1 zu regeln, werden die Drehzahl der Kühlmittelpumpe 3 und die Stellung des Bypassventils 4 mittels Stellsignalen CMF und COC gesteuert. Das Stellsignal CMF wird in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine und von der Differenz zwischen den Kühlmitteltemperaturen am Ausgang und Eingang der Brennkraftmaschine erzeugt. Das Stellsignal COC wird in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Auslass der Brennkraftmaschine erzeugt. Zum Erzeugen der Stellsignale CMF und COC dient die in Fig. 2 und 3 dargestellte Regelanlage, wobei hinsichtlich der in diesen Figuren verwendeten Abkürzungen auf die als Anlage beigefügte Liste verwiesen sei.

**[0016]** Die in Fig. 2 dargestellte Regelanlage hat eine Sollwertvorgabe 9, die anhand von Kennfeldern in Abhängigkeit von Eingangssignalen N\_32 (Drehzahl der Brennkraftmaschine), TQI (Drehmoment der Brennkraftmaschine) und TCO\_OUT\_MES (Istwert der Kühlmitteltemperatur am Brennkraftmaschinenauslass), Sollwertsignale TCO\_OUT\_SET (Sollwert der Kühlmitteltemperatur am Auslass) und TCO\_DELTA\_SET (Sollwert der Differenz der Kühlmitteltemperaturen am Auslass und Einlass) erzeugt. Diese Sollwertsignale werden zusammen mit Istwertsignalen TCO\_OUT\_MES und TCO\_INP\_MES einem Regler 10 zugeführt. Der Regler 10 erzeugt - in noch zu beschreibender Weise - in Abhängigkeit von diesen sowie weiteren Eingangssignalen Ausgangssignale CMF\_CTR und COC\_CTR, die über Additionsglieder 11, 12 und Begrenzungsglieder (SATURATION) geführt werden, um das Stellsignal CMF zum Verstellen der Kühlmittelpumpe 3 bzw. das Stellsignal COC zum Verstellen des Bypassventils 4 zu erzeugen. In den Additionsgliedern 11 und 12 können bei abrupten Sollwertänderungen den Ausgangssignalen CMF\_CTR und COC\_CTR des Reglers 10 Signale überlagert werden, wie weiter unten genauer erläutert wird.

**[0017]** Der Regler 10, der in Fig. 3 genauer dargestellt ist, enthält ein Regelglied 13 in Form eines PID-Gliedes, das in Abhängigkeit von den Ist- und Sollwertsignalen TCO\_OUT\_MES, TCO\_INP\_MES und TCO\_DELTA\_SET das Ausgangssignal CMF\_CTR erzeugt, aus dem das Pumpen-Stellsignal CMF gebildet wird.

**[0018]** Der Regler 10 enthält ferner ein Regelglied 14 in Form eines PI- oder PID-Gliedes, das in Abhängigkeit von entsprechenden Eingangssignalen das Ausgangssignal COC\_CTR erzeugt, aus dem das Ventil-Stellsig-

nal COC gebildet wird. Das Fehler-Eingangssignal des Regelgliedes 14 wird jedoch nicht mit den tatsächlich gemessenen Istwerten der Kühlmitteltemperatur am Auslass (TCO\_OUT), sondern mit geschätzten Istwert-Signalen TCO\_OUT\_PRED und CO\_OUT\_PRED\_WO gebildet, die in einem Glied 18 miteinander verknüpft werden. Tatsächlich bildet das Regelglied 14 Teil eines Smith-Reglers, wie im folgenden genauer erläutert wird.

**[0019]** Wie bereits eingangs erwähnt, sind Smith-Regler bekannt. Sie dienen dazu, lange Totzeiten des Systems bei der Regelung zu berücksichtigen. Im Fall des dargestellten Kühlmittelkreislaufes 1 sind die Totzeiten einerseits durch die Dauer der Kühlmittelströmung in den Leitungen und andererseits durch die Dauer der Wärmeübertragung zwischen der Brennkraftmaschine 2 und dem Kühlmittel bedingt.

**[0020]** Zum Erzeugen der dem Glied 18 zugeführten Signale TCO\_OUT\_PRED und TCO\_OUT\_PRED\_WO werden die Ausgangssignale CMF und COC des Reglers 10 um einen Abtastzyklus verzögert (Unit Delay) zu einem Beobachter 15 zurückgeführt, s. das Blockschaltbild der Fig. 2. Der Beobachter 15 schätzt laufend die Totzeit des Systems. Wie erwähnt, setzt sich die Totzeit aus einem ersten Anteil, der von der Strömung des Kühlmittels durch die Leitungen herrührt, und einem zweiten Anteil, der von der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine herrührt, zusammen. Der erste Anteil wird in Abhängigkeit von dem Pumpen-Stellsignal CMF geschätzt, das ein Maß für den Kühlmittelstrom darstellt. Der zweite Anteil wird in Abhängigkeit von der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine geschätzt. Die Wärmeabgabe hängt von der Drehzahl und dem Füllungsgrad der Brennkraftmaschine ab. Der Beobachter 15 schätzt diese Größen in Abhängigkeit von den Eingangssignalen N\_32 (Drehzahl), TQI (Drehmoment), TIA (Temperatur der Luft im Ansaugtrakt) und TEG-DYN (Abgasstemperatur).

**[0021]** Der Beobachter 15 stellt gewissermaßen ein Modell für den Kühlkreislauf und die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine dar, mit dem ein System ohne die geschätzte Totzeit simuliert werden kann. Mit dessen Hilfe werden die Ausgangssignale TCO\_OUT\_PRED und CO\_OUT\_PRED\_WO erzeugt, bei denen es sich um geschätzte Istwert-Signale für die Kühlmitteltemperatur am Auslass für ein gedachtes System mit Totzeit und ohne Totzeit handelt. Diese beiden Signale werden von dem Glied 18 (Fig. 3) verknüpft, um das geschätzte Fehlersignal für das Regelglied 14 zu erzeugen.

**[0022]** Das Regelglied 14 und der Beobachter 15 bilden somit zusammen einen Smith-Regler, wobei das Regelglied 14 das Stellsignal COC für das Bypass-Ventil unter Berücksichtigung der Totzeit des Systems erzeugt.

**[0023]** Die Regelanlage der Fig. 2 enthält ferner Mittel zum Verringern der Totzeit im Fall eines kurzen Lastsprunges, wie er beispielsweise bei einem Überholvorgang stattfindet. Tritt ein entsprechender Lastsprung auf, so wird der Sollwert für die Kühlmitteltemperatur am Auslass der Brennkraftmaschine (TCO\_OUT\_SET) schlag-

artig verringert, beispielsweise von 110° auf 80°, um den Liefergrad der Brennkraftmaschine zu erhöhen, d.h. um eine bessere Zylinderfüllung und damit ein höheres Drehmoment zu erzielen.

**[0024]** Der Beobachter 15 erfasst eine derartige schnelle Sollwertänderung der Kühlmitteltemperatur und signalisiert dies mittels eines Ausgangssignales TCU\_OUT\_DOT einer Vorsteuerung 16. Der Vorsteuerung 16 wird außerdem von einem Block 17 ein Betriebszustandssignal TEM\_STATE zugeführt, das Betriebszustände der Brennkraftmaschine wie z.B. die Aufwärmphase und dergleichen signalisiert. Die Vorsteuerung 16, der noch weitere nicht dargestellte Eingangssignale zugeführt werden, ist als PD-Glied ausgebildet, das in Abhängigkeit von entsprechenden Eingangssignalen Vorsteuersignale CMF\_PRECTR für das Stellsignal CMF der Pumpe und COC\_PRECTR für das Stellsignal COC des Bypassventils erzeugt. Der D-Anteil des PD-Gliedes sorgt hierbei für eine entsprechende Voreilung, die aufgrund der Verknüpfung des Signals CMF\_PRECTR über das Additionsglied 11 mit dem Regler-Ausgangssignal CMF\_CTR für eine kurzfristige Erhöhung der Drehzahl der Kühlmittelpumpe sorgt.

**[0025]** Wie Untersuchungen gezeigt haben, lässt sich auf diese Weise die Totzeit um einen Faktor in der Größenordnung von 7 verringern. Dies ist anhand der Fig. 4 und 5 veranschaulicht. Fig. 4 zeigt ein Diagramm für eine Regelung ohne die Vorsteuerung 16, bei der eine Absenkung des Sollwertes für die Kühlmitteltemperatur von z.B. 110° auf 80° eine Totzeit von 9 Sek. ergibt, bis die gemessene Kühlmitteltemperatur den Wert von 80° erreicht hat. Die Fig. 5 zeigt ein entsprechendes Diagramm für eine Regelung mit der Vorsteuerung 16. Durch die kurzfristige Erhöhung der Pumpendrehzahl wird die Totzeit auf 1,5 Sek. verringert.

**[0026]** Wie in Fig. 2 angedeutet, kann die Vorsteuerung 16 auch ein Vorsteuersignal COC\_PRECTR erzeugen, das in dem Additionsglied 12 dem Reglersignal COC\_CTR für das Bypassventil überlagert wird. In einer vereinfachten Ausführung kann das Vorsteuersignal COC\_PRECTR jedoch auch zu Null gemacht werden.

**[0027]** Liste der in den Fig. 2 und 3 verwendeten Abkürzungen

TCO = Kühlmitteltemperatur  
 OUT = Auslass der Brennkraftmaschine  
 INP = Einlass der Brennkraftmaschine  
 MES = Gemessener Istwert  
 SET = Sollwert  
 $TCO\_DELTA = (TCO\_OUT) - (TCO\_INP)$   
 TEM\_STATE = Betriebszustandssignal  
 CMF = Stellsignal für Kühlmittelpumpe  
 COC = Stellsignal für Bypassventil  
 CTR = Regler  
 PRECTR = Vorsteuerung  
 N\_32 = Drehzahl der Brennkraftmaschine  
 TQI = Drehmoment der Brennkraftmaschine  
 RAD = Kühler

DOT = Ableitung

TIA = Lufttemperatur im Ansaugtrakt

TEG\_DYN = Abgastemperatur

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln der Kühlmitteltemperatur in einem Brennkraftmaschinen-Kühlmittelkreis (1) mit einer elektrisch angetriebenen Kühlmittelpumpe (3) und einem elektrisch steuerbaren Bypassventil (4), das einen veränderlichen Teil des Kühlmittelstroms durch einen Kühler (5) enthaltende Bypassleitung führt, bei welchem Verfahren die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine (2) und von der Differenz zwischen den Kühlmitteltemperaturen am Ausgang und Eingang der Brennkraftmaschine (2) eingestellt wird und die Stellung des Bypassventils (4) in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur am Ausgang der Brennkraftmaschine (2) gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Einstellen des Bypassventils (3) ein Smith-Regler (14, 15, 18) verwendet wird, der mittels eines Beobachters (15) in Form eines Modells für den Kühlkreislauf (1) und die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine (2) die Totzeit des Systems laufend schätzt, um geschätzte Kühlmitteltemperaturwerte eines gedachten Systems ohne Totzeit zu erzeugen, die zum Einstellen des Bypassventils verwendet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Totzeit in Abhängigkeit von dem Kühlmittelstrom und der Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine (2) geschätzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeabgabe der Brennkraftmaschine (3) in Abhängigkeit von der Drehzahl und dem Füllungsgrad der Brennkraftmaschine (3) geschätzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Smith-Regler (14, 15, 18) ein Regelglied (14) in Form eines PI- oder PID-Gliedes enthält, das in Abhängigkeit von den geschätzten Kühlmitteltemperaturwerten ein Stellsignal für das Bypassventil (4) erzeugt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Beobachter (15) eine Vorsteuerung (16) verbunden ist, die bei abrupten Änderungen des Sollwertes für die Kühlmitteltemperatur die Drehzahl der Kühlmittelpumpe (3) kurzfristig anhebt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsteuerung (16) ein PL-Glied aufweist.

## Claims

1. Method for controlling the coolant temperature in an internal combustion engine coolant circuit (1) with an electrically-driven coolant pump (3) and an electrically-controllable bypass valve (4) which routes a variable part of the coolant flow through a bypass line containing a radiator (5), by which method the rotational speed of the coolant pump (3) and the position of the bypass valve (4) are controlled depending on the coolant temperature at the outlet of the internal combustion engine (2) and by the difference between the coolant temperatures at the outlet and inlet of the internal combustion engine (2), and the position of the bypass valve (4) is controlled depending on the coolant temperature at the outlet of the internal combustion engine (2),  
**characterized in that**,  
a Smith controller (14, 15, 18) is used for controlling the position of the bypass valve (3) that, by means of an observer (15) in the form of a model for the coolant circuit (1) and the heat dissipation of the internal combustion engine (2), continuously estimates the idle time of the system to generate estimated coolant temperature values of an assumed system without idle time that is used to control the bypass valve.
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the idle time is estimated as a function of the coolant flow and the heat dissipation of the internal combustion engine (2).
3. Method according to claim 2, **characterized in that** the heat dissipation of the internal combustion engine (3) is estimated as a function of the rotational speed and the volumetric efficiency of the internal combustion engine (3).
4. Method according to claim 3, **characterized in that** the Smith controller (14, 15, 18) has a control element (14) as a PI or PID element that generates an adjusting signal for the bypass valve (4) as a function of the estimated coolant temperature values.
5. Method according to one of the previous claims, **characterized in that** a pre-controller (16) is connected to the observer (15) which, in the case of abrupt changes to the setpoint of the coolant temperature, increases the rotational speed of the coolant pump (3) for a short time.
6. Method according to claim 5, **characterized in that**

the pre-controller (16) features a PL element.

## Revendications

1. Procédé pour réguler la température du liquide de refroidissement dans un circuit de refroidissement (1) de moteur à combustion interne comprenant une pompe à liquide de refroidissement à entraînement électrique (3) et une soupape de dérivation à commande électrique (4), qui conduit une partie variable du flux de liquide de refroidissement à travers une conduite de dérivation contenant un refroidisseur (5), procédé dans lequel la vitesse de rotation de la pompe à liquide de refroidissement (3) est réglée en fonction de la température du liquide de refroidissement à la sortie du moteur à combustion interne (2), de la différence de température du liquide de refroidissement entre la sortie et l'entrée du moteur à combustion interne (2), et de la position de la soupape de dérivation (4) commandée en fonction de la température du liquide de refroidissement à la sortie du moteur à combustion interne (2),  
**caractérisé en ce que**  
pour régler la soupape de dérivation (3) est utilisé un régulateur de Smith (14, 15, 18) qui estime en continu le temps mort du système au moyen d'un dispositif de surveillance (15) sous forme d'un modèle pour le circuit de refroidissement (1) et l'émission de chaleur du moteur à combustion interne (2), afin de produire des valeurs de température de liquide de refroidissement d'un système imaginaire sans temps mort qui sont utilisées pour régler la soupape de dérivation.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le temps mort du système est estimé en fonction du flux de liquide de refroidissement et de l'émission de chaleur du moteur à combustion interne (2).
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'émission de chaleur du moteur à combustion interne (2) est estimée en fonction de la vitesse de rotation et du taux d'admission du moteur à combustion interne (2).
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le régulateur de Smith (14, 15, 18) contient un circuit de régulation (14) sous forme d'un circuit PI ou PID qui génère un signal de réglage pour la soupape de dérivation (4) en fonction des valeurs de température estimées du liquide de refroidissement.
5. Procédé selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au dispositif de surveillance (15) est reliée une commande pilote (16) qui augmente brièvement la vitesse de rotation de la pompe

de refroidissement (3) en cas de variation brusque de la valeur de consigne de la température du liquide de refroidissement.

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la commande pilote (16) présente un circuit PL.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

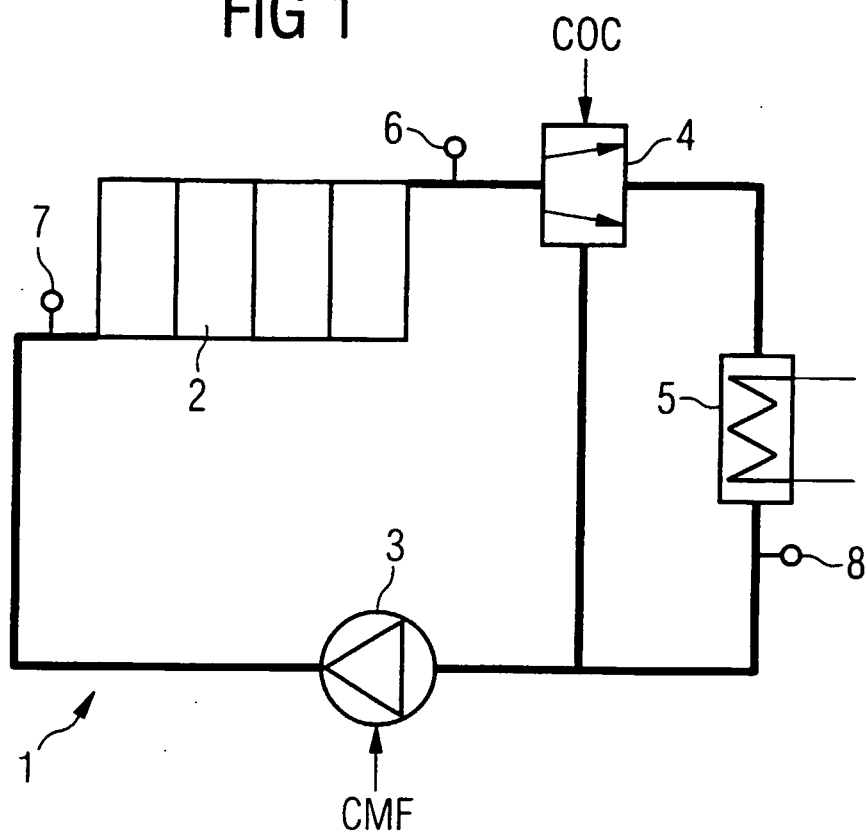
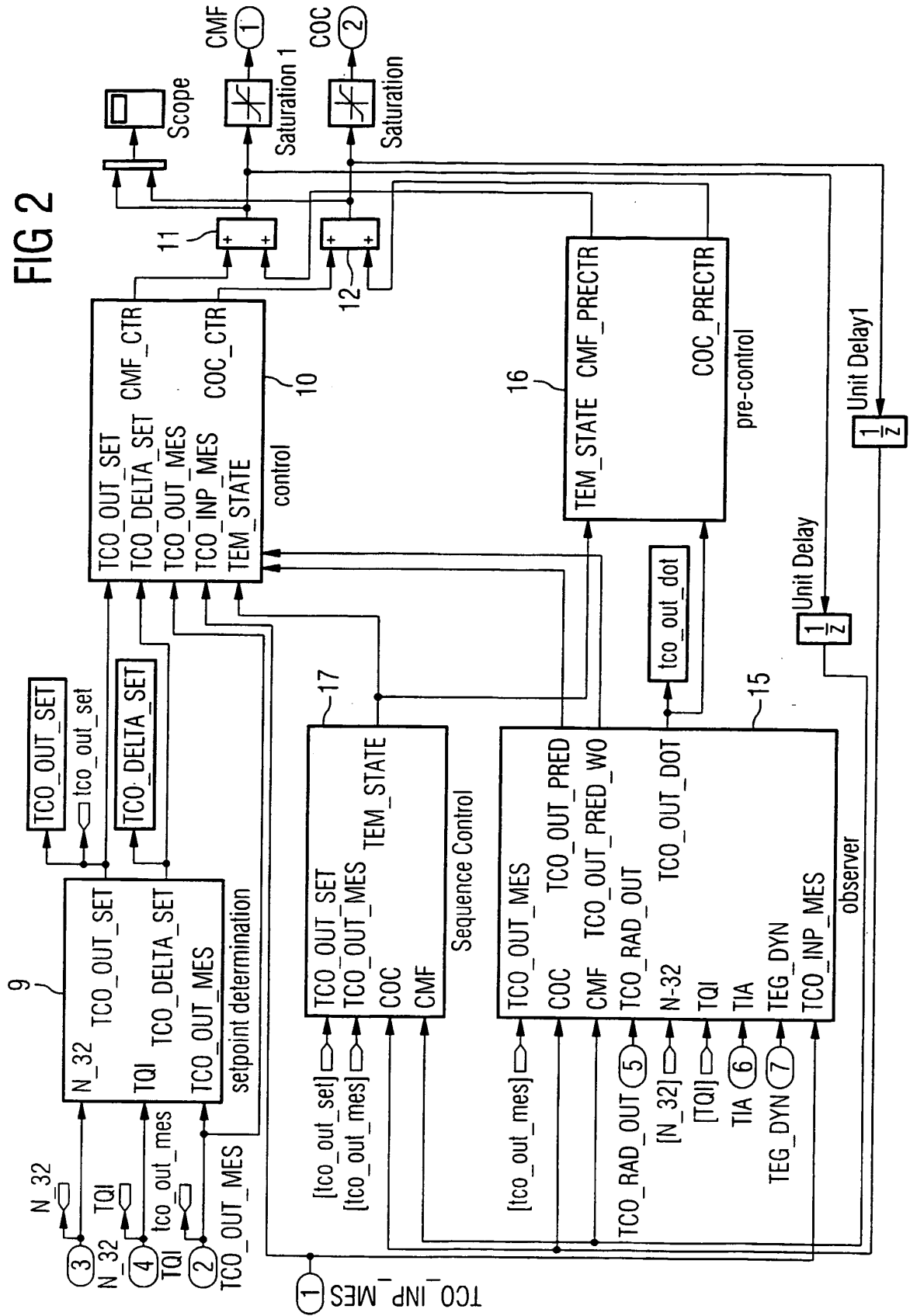


FIG 2





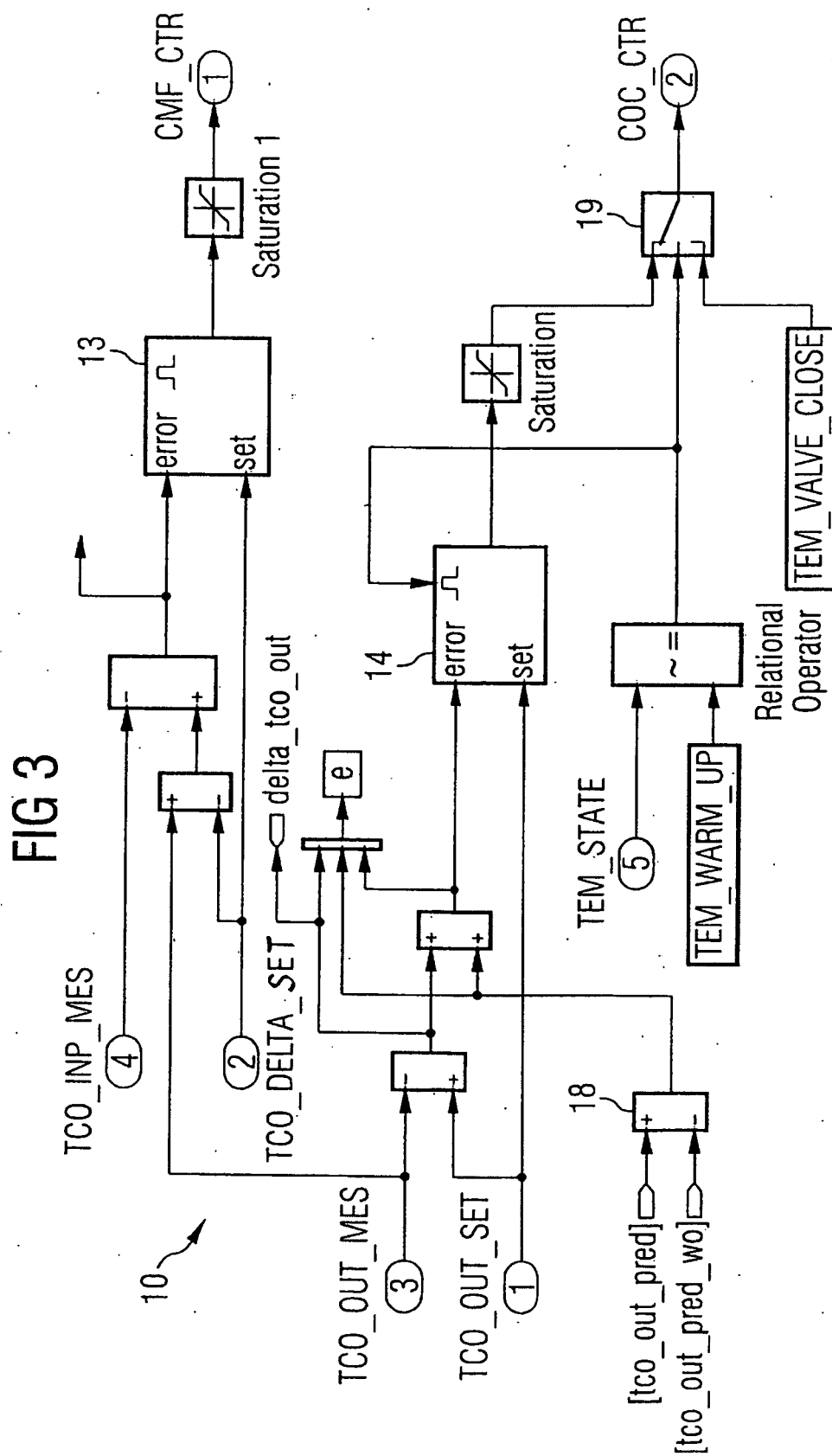


FIG 4

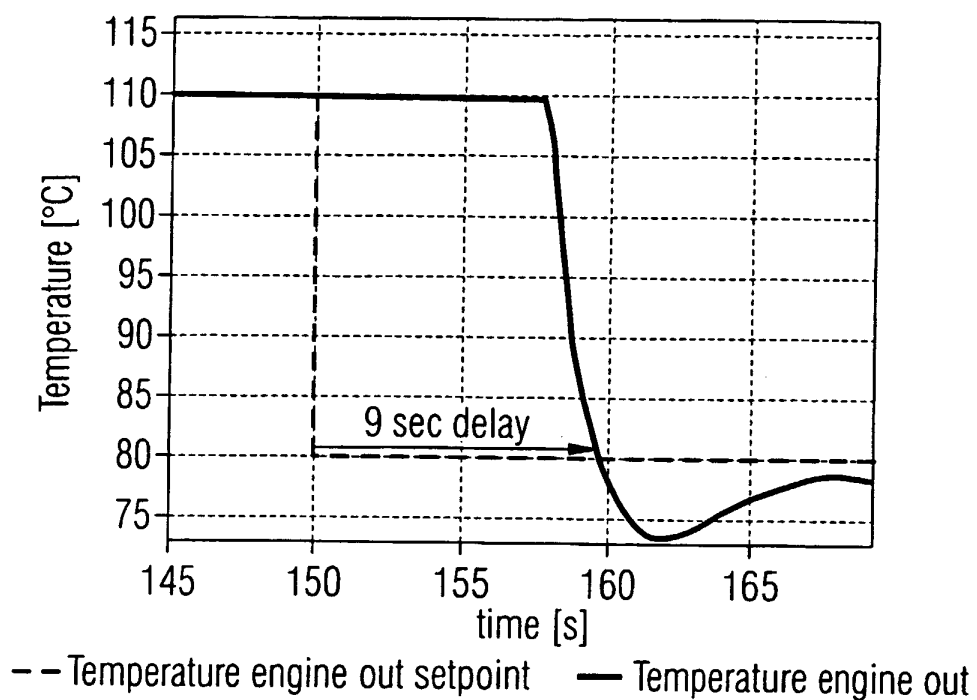


FIG 5

