

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 160122 B

(21) Patentansøgning nr.: 0075/86

(22) Indleveringsdag: 08 jan 1986

(41) Alm. tilgængelig: 10 jul 1986

(44) Fremlagt: 28 jan 1991

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 09 jan 1985 SE 8500094

(51) Int.Cl.⁵

H 05 B 1/02

G 05 D 23/24

(71) Ansøger: AKTIEBOLAGET *ELECTROLUX; Luxbacken 1; S-105 45 Stockholm, SE

(72) Opfinder: Claes Johan Henning *Axelson; SE

(74) Fuldmægtig: Firmaet Chas. Hude

(54) Fremgangsmåde til styring af opvarmningen af en væskeformig last i et kogegrej

(56) Fremdragne publikationer

DE off. g. skrift nr. 2917230

DE freml. skrift nr. 1192340, 1198947

FR off. g. skrift nr. 2311352

(57) Sammendrag:

75-86

Fremgangsmåde til styring af opvarmningsforløbet af en væskeformig last i et kogekar, der er anbragt på en elektrisk opvarmet kogeplade eller kogeholder. Under opvarmningsforløbet indsamles måleværdier svarende til kogepladens T_p og kogekarrets T_k temperatur og i tilslutning til hver måling beregnes ved hjælp af de indsamlede måleværdier en sluttemperatur T_v slut for lasten, som skulle være opnået, hvis energitilførslen til pladen afbrydes. Energiforsyningen til kogepladen afbrydes, når den beregnede sluttemperatur T_v slut stemmer overens med en forudindstillet temperaturværdi.

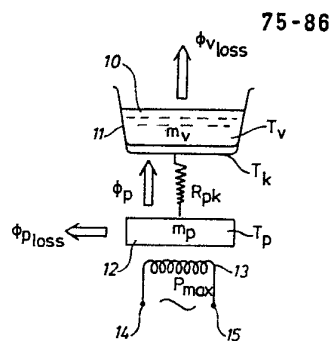


Fig. 1

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til styring af opvarmningen af en væskeformig last i et kogegrej, der er anbragt på en elektrisk opvarmet kogeplade eller et elektrisk opvarmet underlag.

5

Til optimal opvarmning ved hjælp af termostatstyrede elektriske kogeplader eller kogekar, er det ønskværdigt, at den størst mulige effekt er indkoblet så længe som muligt, uden at pladen er varmere end højst nødvendigt, når lasten har nået kogetemperaturen. De kendte termostater fungerer på en sådan måde, at de frakobler effekten, når en målt temperatur har nået en forudindstillet værdi. Denne temperatur T_F er en kombination af temperaturen T_p af kogepladen og temperaturen T_K af kogegrejet, idet kombinationsforholdet er stærkt afhængigt af kogegrejets anlæg mod kogepladen repræsenteret ved den termiske modstand R_{pk} og lastens størrelse m_v (den termiske masse af lasten). Det tidspunkt, hvor effekten frakobles, er således ikke altid optimalt, idet det kan variere - jf. f.eks. tysk fremlæggeskrift nr. 1.198.947.

20

Formålet med opfindelsen er at anvise en fremgangsmåde til styring af opvarmningsforløbet af en væskeformig last, hvor de angivne ulemper er elimineret, og hvor effekten i stedet frakobles i så god tid, at den tilbageværende varme i kogepladen er tilstrækkelig til at lasten lige netop når en forudbestemt temperatur, sædvanligvis kogetemperaturen. Under et efterfølgende færdigkogeforløb tilføres en lavere effekt, der også medfører en lavere kogepladetemperatur. Derved opnås, at kogepladetemperaturen falder fra den høje værdi under opvarmningsforløbet til den lavere værdi inden for den tidsperiode, hvor lasten når sin høje temperatur. Derved opnås en jævn forøgelse af temperaturen mod den udvalgte sluttemperatur (f.eks. kogetemperaturen) uden de op- og nedadgående udsving i kogepladetemperaturen, som ofte opstår ved de kendte termostatstyrede kogeplader, idet kogepladetemperaturen har en stabil og til den valgte sluttemperatur svarende værdi.

35

Dette formål opnås ved hjælp af en fremgangsmåde af den indledningsvis nævnte art, der ifølge opfindelsen er ejendommelig ved, at der under opvarmningsforløbet ved gentagne måletilfælde opsamles måleværdier svarende til temperaturen af henholdsvis kogepladen T_p og apparatet T_K , og at der ved hvert måletilfælde ved hjælp af de opsamlede måleværdier beregnes en sluttemperatur $T_{V \text{ slut}}$ af lasten, som skulle opnås, hvis energitilførslen til pladen afbrydes til beregningstidspunktet, og at energitilførslen afbrydes til et tidspunkt, hvor den beregnede sluttemperatur $T_{V \text{ slut}}$ er lig med en forudindstillet temperatur.

Foretrukne udførelsesformer for fremgangsmåden ifølge opfindelsen fremgår af underkravene.

Opfindelsen skal nærmere forklares i det følgende under henvisning til tegningen, hvor

fig. 1 viser en kogeplade og et kogekar med angivelse af forskellige parameter værdier,

fig. 2 en grafisk afbildning af parameter værdierne,

fig. 3 et rutediagram til beregning af lastens sluttemperatur $T_{V \text{ slut}}$ og

fig. 4 en iterationsberegning af lastens sluttemperatur $T_{V \text{ slut}}$ og kogepladens sluttemperatur $T_p \text{ slut}$.

Der er som tidligere nævnt tilstræbt en hurtig opvarmning af en væskeformig last til en forudbestemt temperatur, sædvanligvis lastens kogetemperatur. Opvarmningen skal ske med fuld effekt, og effekten skal reduceres i rette tid for at forhindre overkogning. Hvis opvarmningsforløbet også omfatter en yderligere kogning, skal denne om muligt forløbe uden mærkbare udsving i kogeintensiteten. Fremgangsmåden ifølge opfindelsen indebærer, at man ved gentagne målinger af kogepladens tempe-

ratur T_p og kogekarrets temperatur T_k ved hjælp af beregnede eller skønnede parameterverdier bestemmer en sluttemperatur for lasten T_v slut, som skulle kunne opnås, hvis effekten til kogepladen afbrydes i dette øjeblik. Når denne beregnede sluttemperatur stemmer overens med lastens forudbestemte temperatur, eksempelvis kogetemperaturen, frakobles effekten, og det er nu kun den akkumulerede varme i kogepladen og kogekarret, som giver den afsluttende bløde opvarmning til kogetemperaturen.

Under henvisning til fig. 1 skal følgende betegnelser indføres:

Det antages, at en af vand bestående last 10 skal opvarmes i en kasserolle 11 anbragt på en kogeplade 12, som opvarmes af varmespiraler 13 sluttet til lysnettet via terminaler 14, 15. Vandet har en termisk masse m_v , og denne masse har en temperatur T_v . Kogepladen har en termisk masse m_p og en temperatur T_p . Kasserollens 11 temperatur T_k er et mål for lastens temperatur. Kogepladen 12, hvis maksimale effekt er P_{max} , afgiver under opvarmning ved hjælp af varmespiralerne 13 til kasserollen 11 varmeeffekten eller varmestrømmen ϕ_p , hvis værdi er bestemt af den termiske modstand R_{pk} mellem kogepladen 12 og kasserollen 11. Tabene til omgivelserne udgøres af lastens tab ϕ_v tab (stråling og fordampning) og kogepladens tab ϕ_p tab. Kogepladen 12 er normalt fastgjort til en overplade, og ϕ_p tab angiver tabene til omgivelserne via fastgørelsen.

Ud fra kogepladens termiske parametre kan man ud fra de målte tidsforløb $T_p = f(t)$ og $T_k = f(t)$ bestemme værdierne af de parametre, som har betydning for at kunne bestemme T_v slut. Temperaturene T_p og T_k måles ved hjælp af følere, som afføler temperaturen af støbegodset i kogepladen og ligger an mod kasserollens bund. Temperaturføleren for T_p skal anbringes således, at den afføler kogepladens 12 middeltemperatur. Der må ikke ske nogen transmission fra varmespiralerne 13 til føleren. Temperaturen T_k repræsenterer kasserollebundens ydertemperatur i centrum.

T_V slut bestemmes i praksis ved en iteration, som med fordel kan udføres ved hjælp af en datamat. Principperne for beregningen fremgår af fig. 3, som viser et rutediagram over beregningerne. Beregningsforløbet består i, at der med korte tidsintervaller, eksempelvis hvert 10. sek. måles sammenhørende værdier af T_p og T_k , hvorefter der for hvert par af temperatur simuleres et forventet temperaturudligningsforløb, hvis kogepladen udkobles, og kun den akkumulerede energi i kogepladen og kogekarret indvirker. Temperaturudligningsforløbet for T_p og T_V er vist i fig. 4, hvorefter det fremgår, at nye værdier for T_p henholdsvis T_V bestemmes med bestemte tidsintervaller, eksempelvis hvert 30. sek., indtil T_V slut, og den modsvarende værdi af T_p slut er opnået. Fig. 3 illustrerer, hvorledes T_V slut og T_p slut bestemmes. I den forbindelse skal de sidste beregninger forklares.

Som før nævnt foretages der først en måling af T_p henholdsvis T_k , og ud fra disse værdier bestemmes T_V ber ud fra formlen

$$T_V \text{ ber} = T_k - \frac{R_{kv}}{R_{pk}} \cdot (T_p - T_k), \text{ hvor}$$

R_{kv} er den termiske modstand mellem kogekarret og lasten, som afhænger af T_k ifølge formelen $R_{kv} = k \cdot \frac{1}{T_k}$, hvor k er en konstant.

R_{pk} - se fig. 1 - bestemmes ud fra formlen

$$R_{pk} = \frac{T_p - T_k}{\phi_p} \text{ [}^\circ\text{C/W]} \quad \phi_p$$

hvor varmemstrømmen ϕ_p på sin side bestemmes ud fra formlen

$$\phi_p = P - \frac{dt_p}{dt} \cdot m_p - \phi_{p \text{ tab}} \text{ [W]}$$

P er den til kogepladen tilførte effekt, som kan variere mellem en største værdi $P_{\max}$ og nul. Hvis man vil være nøjagtige-

re, kan P erstattes af en effekt P_{filt} , som er P filtreret med tidskonstanten af pladens varmespiraler.

$\frac{dT_p}{dt}$, som er T_p 's tidsafledede, kan bestemmes ved at sammenligne

to nærliggende værdier af T_p .

$\phi_p \text{ tab}$ er proportional med T_p ifølge formlen

$$\phi_p \text{ tab} = I \cdot T_p, \text{ hvor } I \text{ er en konstant.}$$

Når $T_v \text{ ber}$ er bestemt, opstilles formler for de pågældende varmemængder, under det forudbestemte tidsinterval t , der f.eks. kan gå op til 30 sek. Varmemængderne er

$$\Delta Q_p \text{ tab} = \phi_p \text{ tab} \cdot \Delta t$$

$$\Delta Q_p \text{ tab} = \phi_v \text{ tab} \cdot \Delta t$$

$$\Delta Q_{pv} = \frac{T_p - T_v}{R_{pk}} \cdot \Delta t$$

Ud over de tidligere bestemte størrelser kræves kendskab til, $\phi_v \text{ tab}$, som kan bestemmes ud fra $T_v \text{ ber}$ ifølge formlen

$$\phi_v \text{ tab} = m \cdot T_v \text{ ber}, \text{ hvor } m \text{ er en konstant.}$$

Næste trin i beregningsforløbet indebærer, at nye værdier af T_p og T_v beregnes efter tiden Δt ifølge formlerne

$$T_p (t + \Delta t) = T_p(t) - (\Delta Q_{pv} + \Delta Q_{p \text{ tab}}) / m_p$$

$$T_v (t + \Delta t) = T_v(t) + (\Delta Q_{pv} - \Delta Q_{v \text{ tab}}) / m_v$$

hvor t angiver tidspunktet for den forudgående måling af T_p henholdsvis T_k . Kogepladens termiske masse m_p har en bestemt værdi udtrykt i $J/^\circ C$. Lastens størrelse udtrykt ved den termiske masse m_v angives ved formlen

$$m_V = \frac{P}{\frac{dT_V}{dt}} \text{ [J/°C]}$$

5 hvor $\frac{dT_V}{dt}$ er den tidsafledede af lastens temperatur og kan an-
ses for stemme overens med $\frac{dT_k}{dt}$ med tilstrækkelig nøjagtighed.

10 I næste trin i rutediagrammet sammenlignes $T_V(T+\Delta t)$ med $T_V(t)$,
og så længe den første værdi er større end den senere, afvik-
les programmet efter det i fig. 3 viste forløb med de således
beregnete værdier T_p og T_V som nye indgangsværdier for opnåel-
se af nye værdier efter tiden Δt .

15 Når T_V efter et antal beregninger har tendens til at falde, og
 $T_V(t + \Delta t)$ således bliver mindre end $T_V(t)$, indikerer dette,
at T_V slut og den modsvarende værdi T_p slut er opnået.

20 Den beskrevne iteration gentages under opvarmningsforløbet,
eksempelvis hvert 10. sek. Diagrammet i fig. 4 angiver et så-
dant beregningsforløb. Det antages, at energitilførslen til
kogepladen afbrydes til tiden t . Kogepladens temperatur synker
derefter kontinuerligt ved, at pladen for hvert tidsinterval
25 Δt afgiver varmemængden $\Delta Q_{p \text{ tab}}$ til omgivelserne og varmemæng-
den ΔQ_{pv} til lasten. Disse varmemængder fastslås ifølge de
ovennævnte formler ved hver af de med kryds markerede punkter
i diagrammet. På samme måde stiger lastens temperatur T_V ved,
at der tilføres varmemængden $\Delta Q_{pv} - \Delta Q_{p \text{ tab}}$. Efter et antal
30 tidsintervaller Δt er temperaturerne T_p slut og T_V slut opnå-
et, hvilket som før nævnt sker, når T_V slut har tendens til at
falde.

35 Den iterative beregning af T_V slut i fig. 3 sker ca. hvert 10.
sek., og hver af værdierne sammenlignes med den forudbestemte
sluttemperatur, sædvanligvis lastens kogetemperatur. Når T_V
slut stemmer overens med den forudbestemte temperatur, frakob-

les kogepladen, og det virkelige temperaturudligningsforløb påbegyndes. Under dette forløb fortsætter målingen af T_p og T_k som tidligere. Når T_p falder, aftager fejlkilderne i beregningerne, og T_v slut vil successivt kunne beregnes med en stadig større nøjagtighed. Efterfølgende korrektioner kan udføres under udligningsforløbet indtil ligevægt ved, at der i givet fald tilføres ekstra effektimpulser til kogepladen. Når ligevægt er indtrådt, og T_v har opnået den forudbestemte temperatur, indkobles kogepladen på ny, men nu med en lavere effekt i et færdigkogningsforløb. Dette styres på sædvanlig måde ved at holde kogekarrets temperatur T_k konstant.

I fig. 2 gengives resultaterne af et forsøg, hvor 1 liter vand koges i en 2-liters kasserolle uden låg. Opkogningsforløbet efterfølges af et termostatstyret viderekogningsforløb, som kan være passende i tilfælde af, at man har en last, som skal færdigkoges ved lav kogeintensitet. Diagrammet i figuren har en øvre del og en nedre del. I den øvre del opgives temperaturerne T_p , T_k , T_v , T_v ber og T_v slut, ligesom indkoblingseffekten P . I den nedre del angives kurver over m_v , ϕ_p og R_{pk} .

Kogepladen, som har en maksimal effekt på 1500 W og en diameter på 180 mm, indkobles til tiden $t=0$ og er indkoblet indtil T_v slut opnår en temperatur på 100°C , til hvilket tidspunkt effekten frakobles. Dette sker efter ca. 6 min. Under opvarmningsforløbet stiger T_p eksponentielt til ca. 300°C for derefter under temperaturudligningsforløbet at falde til ca. 170°C , som er passende for det efterfølgende færdigkoge forløb. Som det fremgår af diagrammet, vil T_v følge kurven for T_v slut og efter ca. 7 min. nå kogetemperaturen på 100°C . Kurven over T_v nærmer sig temperaturlinien for kogetemperaturen uden at der opstår indsvingningsforløb. Også tidsforløbet for den indkoblede effekt P er indtegnet. P er her udtrykt i % af fuld effekt. Sidstnævnte frakobles efter ca. 6 min., men indkobles på ny, når kogepladetemperaturen efter ca. 9 min. er faldet til færdigkogningsniveauet.

Diagrammets nedre del indeholder tidsforløbet for m_v , ϕ_p og R_{pk} . Den varmemstrøm ϕ_p , der overføres til kasserollen, øges som ventet med temperaturforskellen ($T_p - T_k$) og når efter ca. 5 min. sin slutværdi, der går op til ca. 1200 W. Den termiske modstand R_{pk} antager meget hurtigt en stabil værdi, der går op til ca. 0,20°C/W. Kurven for lastens størrelse m_v udviser større variationer, men også værdien af denne størrelse stabiliseres efter ca. 3 min. I eksemplet modsvarer m_v ca. 1,2 l vand, hvilket også omfatter kasserollens termiske masse.

I forbindelse med den iterative beregning af T_v slut bestemmes også en modsvarende sluttemperatur for T_p , der betegnes T_p slut. Denne temperatur har ingen betydning under opvarmningsforløbet, men kan udnyttes til at bestemme det tidspunkt, til hvilket effekten skal genindkobles for et efterfølgende færdigkogningsforløb. Fordelen er, at T_p slut angiver et niveau for T_p , som gælder ved ligevægt mellem afgivet og optaget energi, og som tager hensyn til de termiske modstande R_{pk} og R_{kv} . Hvis færdigkogning skal ske ved en kogeintensitet, der er så lav som muligt, kan systemet regulere på netop temperaturen T_p slut.

En anden måde at finde det tidspunkt, til hvilket T_p er faldet til et ønsket niveau er - når T_v slut er opnået, og effekten frakobles - at indkoble en termostat, som genindkobler effekten, når den ønskede kogepladetemperatur er opnået. Dette ønskede niveau for T_p gælder dog for alle kogeforløb, og man kan ikke i et særskilt forløb tage hensyn til, at forskellige kogekar ikke passer lige godt til kogepladens diameter, og at disse ikke har lige gode anlæg mod kogepladen.

P a t e n t k r a v .

1. Fremgangsmåde til styring af opvarmningen af en væskeformig last i et kogegrej, der er anbragt på en elektrisk opvarmet kogeplade eller et elektrisk opvarmet underlag, k e n -

d e t e g n e t ved, at der under opvarmningsforløbet ved gentagne måletilfælde opsamles måleværdier, svarende til temperaturen af henholdsvis kogepladen T_p og apparatet T_k , og at der ved hvert måletilfælde ved hjælp af de opsamlede måleværdier beregnes en sluttemperatur T_v slut af lasten, som skulle opnås, hvis energitilførslen til pladen blev afbrudt til beregningstidspunktet, og at energitilførslen afbrydes til et tidspunkt, hvor den beregnede temperatur T_v slut er lig med en forudindstillet temperatur.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at sluttemperaturen T_v slut af lasten beregnes under hensyntagen til temperaturen af kogepladen T_p , den beregnede temperatur af lasten T_v ber, der termiske modstand R_{pk} mellem kogepladen og kogegrejet, den termiske masse m_v af lasten og tab i kogepladen ϕ_p , ligesom tab i belastningen ϕ_v tab.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at den beregnede temperatur af lasten T_v ber beregnes efter formlen

$$T_v \text{ ber} = T_k - R_{kv}/R_{pk} \cdot (T_p - T_k)$$

hvor T_k er kogegrejets temperatur,

R_{kv} er en skønnet værdi af den termiske modstand mellem kogegrejet og lasten ifølge formlen

$$R_{kv} = a \cdot \frac{1}{\sqrt{T_k}} \text{ og}$$

R_{pk} er den termiske modstand mellem kogepladen og kogegrejet, og

T_p er kogepladens temperatur.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at den termiske modstand R_{pk} mellem kogepladen og kogegrejet beregnes efter formlen

$$R_{pk} = (T_p - T_k) / \phi_p,$$

hvor ϕ_p er den til kogegrejet afgivne effekt, som beregnes efter formlen

$$\phi_p = P_{\max} - \frac{dT_p}{dt} \cdot m_p - \phi_{p \text{ tab}}$$

$P_{\max}$ er den maksimale effekt af kogepladen,

$\phi_{p \text{ tab}} = b \cdot T_p$ er kogepladens tabseffekt til omgivelserne og

$\frac{dT_p}{dt} \cdot m_p$ repræsenterer den til kogepladens egensopvarmning nød-

vendige effekt, hvorhos m_p er kogepladens termiske masse, og $\frac{dT_p}{dt}$ er den tidsafledede af kogepladens temperatur.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at lastens termiske masse m_v beregnes efter formlen

$$m_v = \frac{\phi_p}{\frac{dT_k}{dt}}, \text{ hvor } \frac{dT_k}{dt} \text{ er den}$$

tidsafledede af temperaturen af kogegrejet.

6. Fremgangsmåde ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at lastens sluttemperatur $T_{v \text{ slut}}$ bestemmes ved en iteration, ifølge hvilken der for hvert par af målte værdier T_k , T_p simuleres et temperaturudjævningsforløb på en sådan måde, at for det første lastens temperatur $T_{v \text{ ber}}$ bestemmes ud fra de målte temperaturer T_k , T_p , hvorefter en tilsvarende beregning foretages efter tidsintervallerne Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$ osv. ud fra værdierne af kogepladens temperatur T_p og lastens temperatur $T_{v \text{ ber}}$ bestemt ved det umiddelbart forudgående tidspunkt for en be-

regning, hvorhos hver af de beregnede værdier af lastens temperatur T_V ber sammenlignes med den forudgående værdi, og sluttemperaturen af lasten T_V slut bestemmes til at være den første værdi af lastens temperatur T_V ber, der ligger under den umiddelbart foregående værdi.

7. Fremgangsmåde ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at lastens temperatur T_V ber bestemmes for hvert par af målte værdier T_k , T_p , og at man danner varmemængderne

$$\Delta Q_{p \text{ tab}} = \phi_{p \text{ tab}} \cdot \Delta t$$

$$\Delta Q_{p \text{ tab}} = \phi_{V \text{ tab}} \cdot \Delta t$$

$$\Delta Q_{pv} = \frac{T_p - T_V}{R_{pk}} \cdot \Delta t$$

hvor $\phi_{V \text{ tab}} = m \cdot T_V$ ber og m er en konstant, idet varmemængderne udnyttes til bestemmelse af nye værdier af kogepladetemperaturen T_p henholdsvis lasttemperaturen T_V ber ifølge formelen

$$T_p(t + \Delta t) = T_p(t) \frac{-\Delta Q_{pv} + \Delta Q_{p \text{ tab}}}{m_p}$$

$$T_V \text{ ber}(t + \Delta t) = T_V \text{ ber}(t) \frac{+\Delta Q_{pv} - \Delta Q_{V \text{ tab}}}{m_V},$$

hvorefter $T_V \text{ ber}(t + \Delta t)$ sammenlignes med $T_V \text{ ber}(t)$ for bestemmelse af lastens sluttemperatur T_V slut.

8. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at værdien af kogepladetemperaturen T_V slut, der svarer til sluttemperaturen T_V slut af lasten bestemmes og anvendes som styretemperatur for den efterfølgende indkobling af en lavere varmeeffekt i et klarkogningsforløb.

9. Fremgangsmåde ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at lastens sluttemperatur også be-

regnes efter, at energitilførslen til kogepladen er afbrudt, og at der korrigeres ved hjælp af ekstra energiimpulser, hvis den beregnede temperatur ligger under den forudindstillede temperatur.

5

10. Fremgangsmåde ifølge et eller flere af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at den forudindstillede temperatur er lastens kogetemperatur.

10

15

20

25

30

35

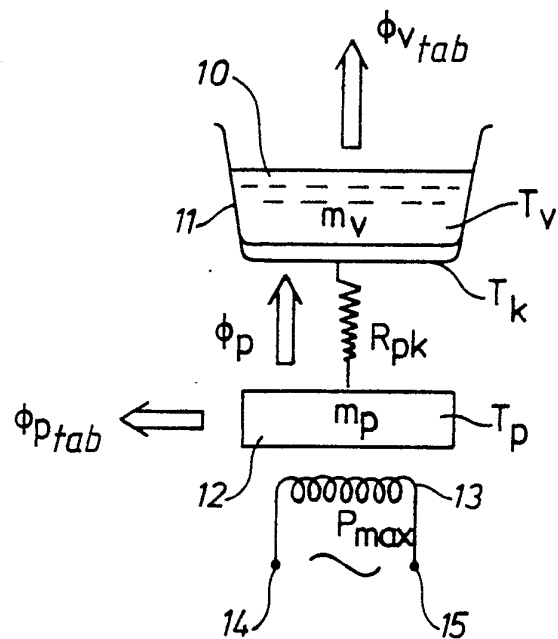


Fig. 1

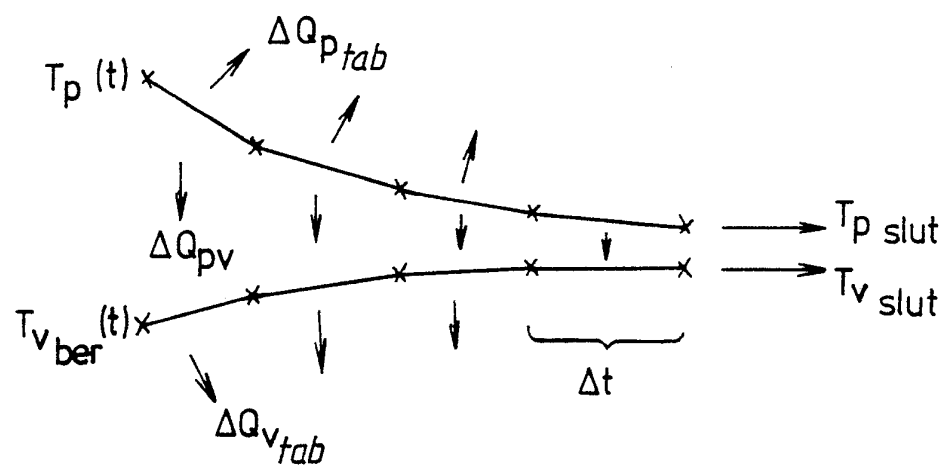


Fig. 4

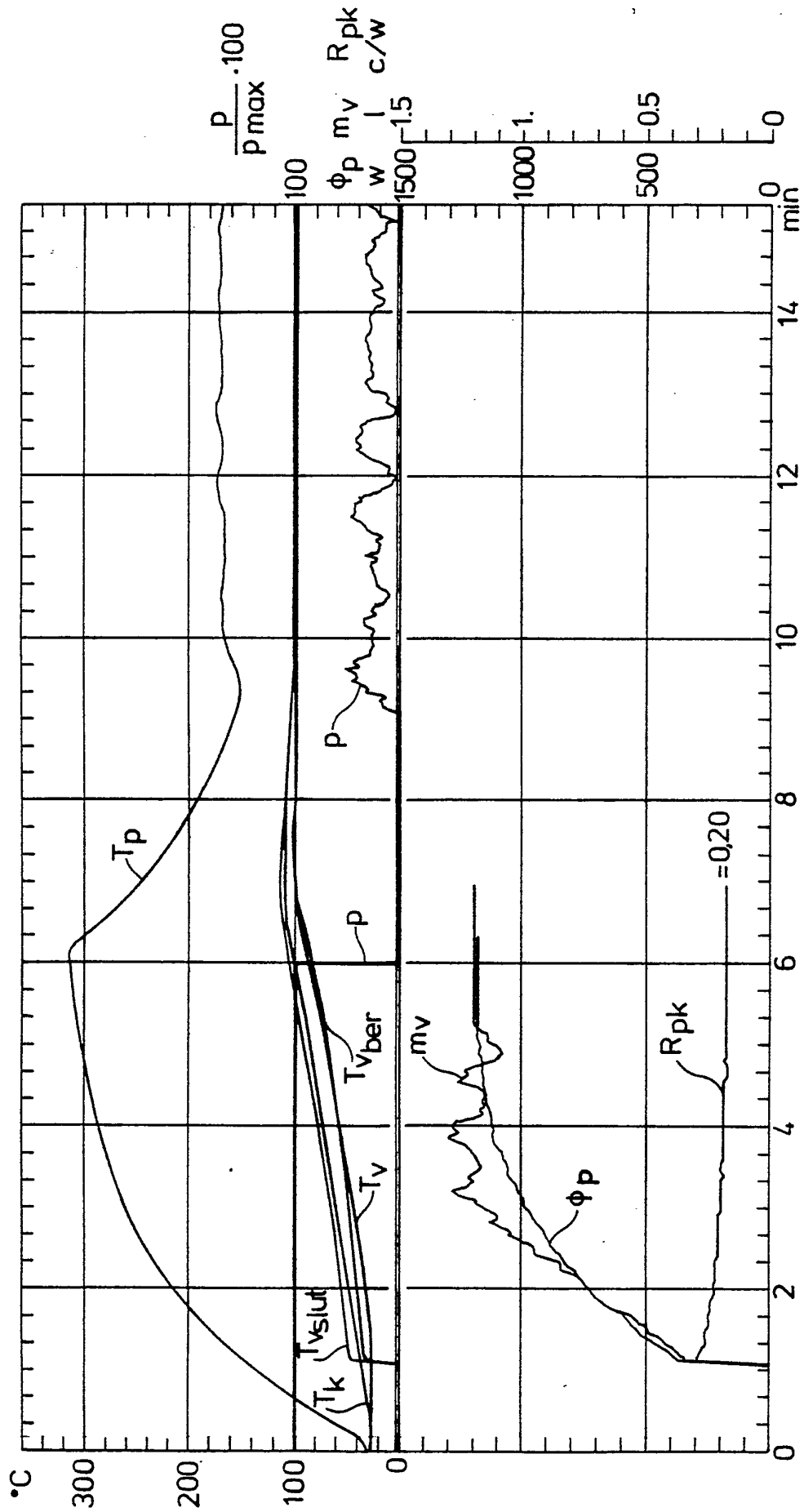


Fig. 2

3/3

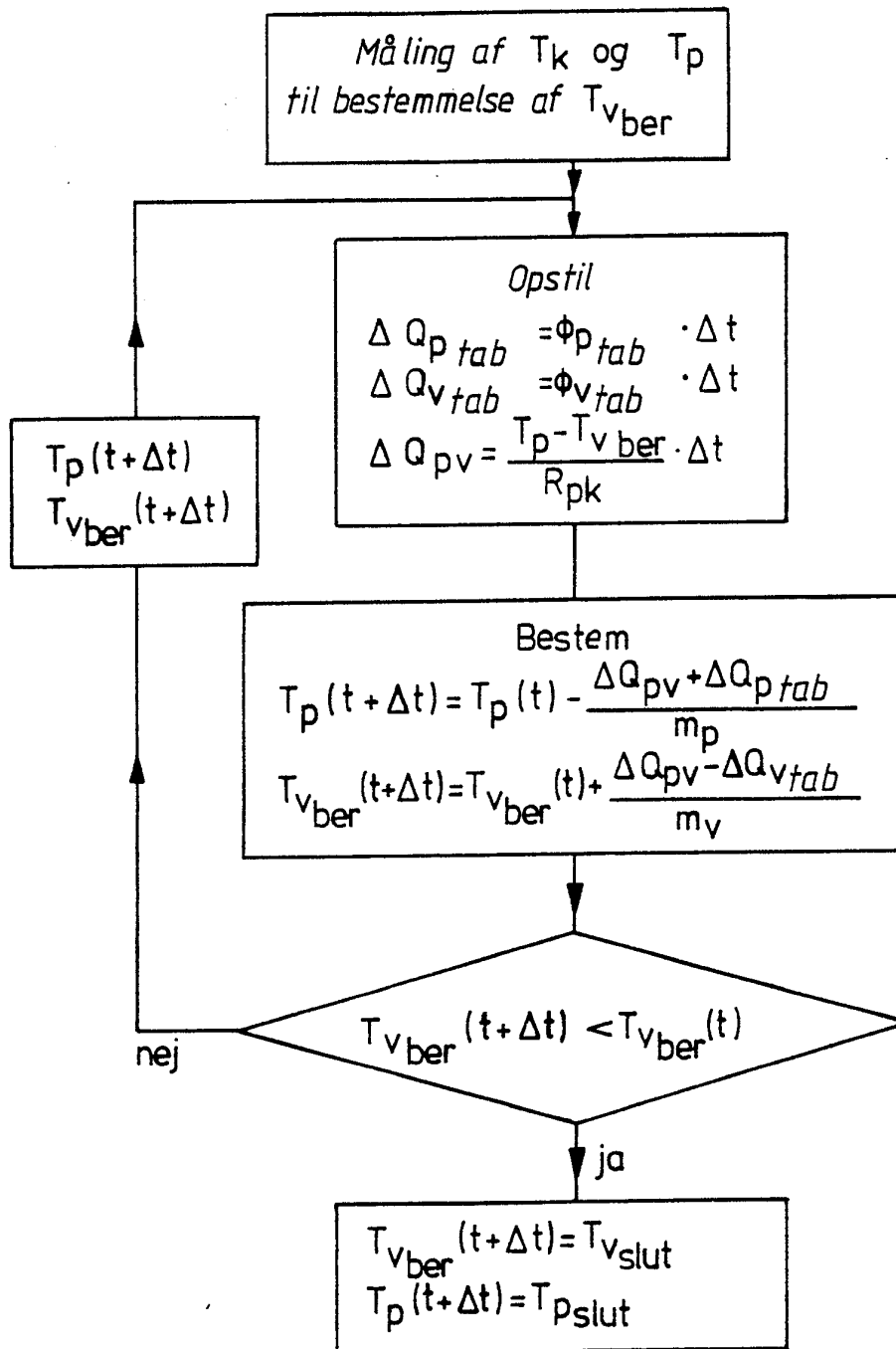


Fig. 3