(12) **PATENT**

(19) NO (11) **318927** (13) **B1**

NORGE (51) Int Cl[7] G 05 B 13/04

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	19974959	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1996.04.26 PCT/US96/05907
(22)	Inng.dag	1997.10.27	(85)	Videreføringsdag	1997.10.27
(24)	Løpedag	1996.04.26	(30)	Prioritet	1995.04.28, US, 431244
(41)	Alm.tilgj	1997.12.19			
(45)	Meddelt	2005.05.23			

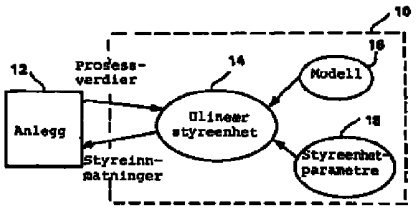
(73) Innehaver ExxonMobil Chemical Patents Inc, P O Box 2149, Baytown, TX 77520-2101, US
(72) Oppfinner Raymond Donald Bartusiak, , Houston, TX, US
Robert W. Fontaine, Houston, TX, US
(74) Fullmektig Zacco Norway AS, Postboks 765 Sentrum, 0106 OSLO, NO

(54) Benevnelse **Tilbakekoblings-metode for å styre ulineære prosesser**

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag

Et system styrer en anleggsprosess som innbefatter manipulerte variabler (feks. innmatingstilstander) og styrevariabler (feks. utmatningstilstander). Systemet innbefatter sensorkrets for å tilveiebringe målinger av styrevariablene og en hukommelse for å lagre en korrigeringstidskonstant og øvre og nedre grenser for minst en styrevariabel. De øvre og nedre grenser er adskilt ved hjelp av et bånd av verdier innenfor hvilket den ene styrevariabelen anses å være akseptable. En prosess innbefatter data som beskriver en prosessmodell som relaterer kostnader for manipulerte variabler til styrevariabler og, ved løsning, dessuten tilveiebringer forutsagte verdier for den ene styrevariabelen. Logikk innenfor prosessoren reagerer på en målt verdifunksjon av den ene styrevariabelen som er utenfor båndet av verdier, for å bestemme minimumskostnads manipulerte variabler som resulterer i en retur av den forutsagte verdi av den ene styrevariabelen til innenfor det akseptable båndet av verdier. Styreinstrumentutstyr innenfor anlegget er operative til å endre de manipulerte variabler (og innmatede tilstander) i henhold til signaler fra prosessoren.



Denne oppfinnelse vedrører prosesstyringssystemer, slik som et modellbasert tilbakekoblingsstyresystem der ulineære forhold eksisterer mellom anleggsmanipulerte variabler og anleggsstyrevariabler.

Nærmere bestemt vedrører oppfinnelsen et system for styring av en anleggsprosess som innbefatter manipulerte variabler, omfattende innmatede tilstander, og styrevariabler som omfatter utmatede tilstander.

US-patent 4.349.869 (Prett et al.) med tittel "Dynamic Matrix Control Method" beskriver en fremgangsmåte og anordning for å styre og optimalisere operasjon av en serie av interavhengige prosesser i et anleggsmiljø. For å oppnå styringsaksjoner blir inngangsvariabler til anlegget utsatt for målte forstyrrelser og de dynamiske virkninger på utmatningene noteres for å muliggjøre forutsigelse av fremtidige reaksjoner hos prosessene under direktekoblet drift. For å implementere styremetoden konstruerer Prett et al. ,en tabell over verdier som er utledet under den initielle testfase. De forskjellige innmatninger og resulterende utmatninger innbefattes i tabellen, som så tjener som hovedreferansepunktet under påfølgende anleggsoperasjoner.

Prosedyren ifølge Prett et al. er særlig tilpasset for å styre et lineært systems operasjoner, eller operasjoner som kan simuleres som lineære. Når imidlertid en ulineær anleggsoperasjon påtreffes, vil prosedyren ifølge Prett et al. ikke opptre på adekvat måte, særlig når det finnes et flertall av styrings- og manipulerte variabler. En styrevariabel er en anleggsutmatning som påvirkes av endringer i en eller flere manipulerte variabler, f. eks. innmatninger til anlegget.

En anvendelse av den dynamiske matrisestyringsmetode på en polymeriseringsprosess er beskrevet av Peterson et al. i "A Non-linear DMC Algorithm and its Application to a Semibatch Polymerization Reactor", Chem. Eng. Science, vol. 47, nr. 4, s. 737-753 (1992). Selv om Peterson et al. anvender en ulineær styreenhet og en numerisk algoritme for utledning av løsninger, forsøker deres prosedyre ikke på en minimalisering av innmatningstilstandskostnader for å komme frem til en styringsløsning. Brown et al. i "A Constrained Nonlinear Multivariable Control Algorithm", Trans I ChemE, vol. 68(A), september 1990, s. 464-476; beskriver en ulineær styreenhet som innbefatter et spesifisert nivå av akseptable utgangsverdier innenfor hvilke styreaksjoner er hindret. Brown et al. tester imidlertid ikke for hvilke inngangsverdier det oppnås en minimumskostnad, mens det også oppnås utgangsstyring.

Den kjente teknikk ifølge patentlitteraturen innbefatter mange angivelser av bruken av modellbaserte styresystemer som anvender både lineære og ulineære uttrykk for å relatere styrings- og manipulerte variabler. US-patent 4.663.703 (Axelby et al.) beskriver en referanseforutsigbar modell styreenhet, som anvender en impulsmodell i et delsystem for å simulere og forutsi fremtidige utmatninger. Systemet innbefatter justerbar forsterkningstilbakekobling og styresløyfer som justeres til å la det dynamiske systemet synes å ha konstante karakteristika, endog når dets dynamiske karakteristika endrer seg.

US-patent 5.260.865 (Beauford et al.) beskriver et ulineært, modellbasert styresystem for en destillasjonsprosess som anvender en ulineær modell for å beregne prosessdamp og destillatstrømningshastigheter. Sanchez (US-patent 4.358.822) beskriver et adaptivt-forutsigbart styresystem der en modell bestemmer en styrevektor som skal anvendes på en prosess for å bevirke en prosessutmatning til å være på en ønsket verdi ved et fremtidig tidsøyeblikk. Parametrene ifølge modellen oppdateres på en reell tidsbasis for å bevirke utmatningsvektoren til å nærme seg den faktiske prosessvektor. US-patent 5.268.834 (Sanner et al.), anvender et nervenettverk for å konfigurere en plantemodell for styreformål.

Utvidelse av modellbaserte styresystemer til anleggsoperasjoner er ikke et likefrem problem når anleggsoperasjonen omfatter en dynamisk, ulineær prosess og involverer et flertall av manipulerte og styrevariabler. Inntil nylig manglet prosesstyrings-datamaskiner av rimelig størrelse og kostnad behandlingsevnen for å håndtere løsninger for de mange samtidige ligninger som var resultatet av å modellere slike dynamiske anleggsprosesser.

Referansesynteseteknikker er blitt utviklet for anvendelse på ulineære styreproblemer (f. eks. pH-styreproblemer). I en referansesystemsynteseteknikk er det ønskelig å ha et ulineært anleggssystem til å følge en referansetrase, og nå et settpunkt i henhold til en første eller andre ordens trase så snart anleggsforsinkelsen er utløpt. Bartusiak et al. i "Non-linear Feed Forward/Feedback Control Structures designed by Referance Systems Synthesis", Chemical Engineering Science, vol. 44, nr. 9, sidene 1837-1851 (1989) beskriver en styreprosess som kan anvendes på en meget ulineær anleggsoperasjon. I grunnleggende trekk representerer Bartusiak et al. et anlegg som skal styres av et sett av differensialligninger. Den ønskede oppførsel av et lukket sløyfestyresystem er representert som et sett av integro-differensialligninger som kan være ulineære ved sin utforming. Den ønskede oppførsel er benevnt som referansesystemet.

Bartusiak et al. oppnår ønsket lukket-sløyfe oppførselsresultater ved å justere manipulerte variabler slik at systemet oppfører seg så nær lik referansesystemet som mulig. Den manipulerte variabelaksjon bestemmes ved å sette lik eller generelt ved å minimalisere forskjellen mellom nevnte åpen-sløyfe system og det ønskede lukket-sløyfe system. Den ønskede opptreden av anlegget blir så definert. Styrevariabler spesifiseres sammen med en avstemningsparameter som styrer hastigheten som styrevariabelen når et settpunkt. Nærmere bestemt blir den ønskede anleggsutgangs-parameter satt og hastigheten ved hvilken styresystemet når den ønskede utgangsparameter i styrefasen dikteres av avstemningsparameteren. Således drives styrefunksjonen til å bevirke utmatningen til å nå den spesifiserte parameterverdi, uansett manipulert variabel kostnadsfunksjoner. Resultatet tar ikke i betraktning variasjoner i manipulerte variabler kostnader som ville muliggjøre ikke bare effektiv anleggsoperasjonsstyring, men også en minimalisering av kostnader.

Følgelig er det et formål med denne oppfinnelse å tilveiebringe en forbedret fremgangsmåte for styring av ulineære prosesser som muliggjør avstemningsparametere å bli anvendt på styrevariabler.

Det er et annet formål med denne oppfinnelse å tilveiebringe en forbedret fremgangsmåte for å styre ulineære prosesser, der styremetodikken muliggjør minimalisering av manipulert variabel inngangskostnader, mens samtidig det oppnås ønskede styrevariabler.

Ifølge oppfinnelsen kjennetegnes det innledningsvis nevnte system ved at det omfatter:
sensormiddel for å tilveiebringe målinger av minst nevnte styrevariabler,
hukommelsesmiddel for å lagre øvre og nedre grenser og en korrigerings-tidskonstant for minst en styrevariabel, idet nevnte øvre og nedre grenser er adskilt av et bånd av verdier innenfor hvilket minst en styrevariabel anses godtagbar, idet nevnte korrigeringskonstant foreskriver en returtakt av nevnte ene styrevarighet til innenfor nevnte bånd av verdier,
prosessormiddel koblet til nevnte sensormiddel og nevnte hukommelsesmiddel og som innbefatter data som beskriver en modell av nevnte anleggsprosess, idet nevnte modell relaterer kostnader for manipulerte variabler til styrevariabler og, ved løsning, ytterligere tilveiebringer forutsagte verdier for nevnte minst ene nevnte styrevariabel, idet nevnte prosessormiddel dessuten innbefatter logikkmiddel som reagerer på en målt verdifunksjon av nevnte minst ene styrevariabel som er utenfor nevnte bånd av verdier,

for å generere styresignaler for å endre nevnte manipulerte variabler i en retning til å oppnå en minimalisert kostnad derav, idet nevnte manipulerte variabler endres i en retning til å bevirke en forutsagt verdi av nevnte minst ene styrevariabel å være innenfor nevnte bånd av verdier, og styresignalmiddel som reagerer på nevnte styresignaler for å operere instrumentutstyr i nevnte anlegg for å styre de nevnte manipulerte variabler.

Ytterligere utførelsesformer av systemet fremgår av de vedlagte, underordnede krav 2, 3 og 4.

Et system styrer en anleggsprosess som innbefatter manipulerte variabler (f. eks. inngangstilstander) og styrevariabler (f. eks. utgangstilstander). Systemet innbefatter sensorkrets for å tilveiebringe størrelser av styrevariabler og en hukommelse for å lagre en korrigeringstidskonstant og øvre og nedre grenser for minst en styrevariabel. De øvre og nedre grenser er adskilt med et bånd av verdier innenfor hvilket den ene styrevariabelen anses å være godtagbar. En prosessor innbefatter data som beskriver en prosessmodell som relaterer kostnad for manipulerte variabler til styrevariabler og, ved løsning, dessuten tilveiebringer forutsagte verdier for den ene styrevariabelen. Logikk innenfor prosessoren reagerer på en målt verdifunksjon av den ene styrevariabelen som er utenfor båndet av verdier, for å bestemme minimumskostnads manipulerte variabler som resulterer i en retur av den forutsagte verdi av den ene styrevariabelen til innenfor det godtagbare båndet av verdier. Styringsinstrumentutstyr innenfor anlegget er operative til å endre de manipulerte variabler (og inngangstilstander) i henhold til signaler fra prosessoren.

Fig. 1 er et blokkskjema over et system som innbefatter oppfinnelsen.

Fig. 2 er et skjema over styrefunksjoner som anvendes ifølge oppfinnelsen.

Fig. 3 og 4 er flytskjemaer som er nyttige for å forstå operasjonen ifølge oppfinnelsen.

I det etterfølgende skal de følgende uttrykk anvendes i beskrivelsen av oppfinnelsen:

Prosessmodell: En prosessmodell definerer anleggssystemoperasjon og formuleres i et kontinuerlig tidsområde i form av algebraiske og differensialligninger.

Diskretgjøringer av manipulerte variabler: Manipulerte bevegelser er diskrete tidsvariabler. En null-ordens holdefunksjon anvendes for å tilveiebringe diskrete, manipulerte bevegelsesvariabler for bruk i prosessmodellen.

Referansetrase: En referansetrase tilveiebringer spesifiseringen over en styreenhetsopptreden som en responstakt for styrevariabler.

Objektiv funksjon: En objektiv funksjon definerer en optimal styreopptreden. Objektivfunksjonen innbefatter straffer for krenkning av styresettpunkter og økonomiske kostnads (profitt)funksjoner.

Manipulerte, variable grenser: Manipulerte, variable grenser settes til å gjengi den andre sekundære styreenhetens grenser eller status, slik som områdegrenser, settpunktgrenser og anti-avslutningstilstander.

Tilbakekobling: Tilbakekobling inngår i referansetrasen som en grunnverdi som representerer en feil mellom prosessmålinger og modellforutsigelser.

Tilstandsestimering: Forutsigelse for prosessmodelltilstander og utmatninger er tilveiebrakt på hver styreenhets avsøk ved integrering av den dynamiske modellen, basert på eksisterende verdier fra manipulerte og fremovermatede variabler og forutsigelser som utledes under et tidligere styreenhet-avsøkningstidspunkt.

Initialisering: Initialisering av styreenhet-utmatninger tilveiebringes ved lesning av eksisterende manipulerte, variable verdier ved hvert avsøk og tilveiebringer styreenhetsbevegelser som inkrementer til verdiene. Når styreenhetprogrammet løper (enten lukket sløyfe eller åpen sløyfe), blir modelltilstandene og utmatningene initialiserte på verdier som er forutsagt under et tidligere styreenhetsavsøk. Når programmet først innkobles, blir modelltilstander og utmatninger initialisert ved å løse en stabil-tilstand modell for de eksisterende, manipulerte og fremovermatede verdier.

Ser man nå på fig. 1, overvåker et digitalt datamaskinbasert styresystem en prosess som opptrer i anlegg 12. Prosessverdier mates til en ulineær styrenhetsfunksjon 14 som beror innenfor det digitale styresystem 10. En prosessmodell 16 er lagret innenfor digitalt styresystem 10 og manifesterer en serie av ulineære ligninger som tilveiebringer et referansesystem for ulineær styreenhet 14. Et flertall av styreparametere 18 gir begrensninger for styreverdiene som utledes ved hjelp av den ulineære styreenheten 14.

Ved å sammenligne prosessverdimålinger med forutsagte verdier som er utledet gjennom en løsningsmodell 16 (med styreparametere 18), blir korrigeringsverdier utledet og tilført som styringsinnmatninger til anlegg 12.

I fig. 2 innbefatter den ulineære styrenheten 14 dynamisk prosessmodell 16 som definerer en taktendring i prosesstilstander for endringer i systemmanipulerte variabler, uavhengige variabler og grunnverdier. Ulineære styreenheter 14 innbefatter dessuten en eller flere avstemningsverdier som definerer lukket-sløyfe prosessreaksjons-karakteristika. Nærmere bestemt definerer hver prosessreaksjons-karakteristikk en trase som skal følges av en styrevariabel som reaksjon på endringer i manipulerte variabler. En optimaliseringsfunksjon 19 bestemmer minimaliserte, manipulerte variable kostnader som oppnår den ønskede reaksjonstrase, gitt forskjeller mellom målte verdier og forutsagte verdier utledet av prosessmodulen 16.

Det vil heretter forstås at ulineær styreenhet 14 etablerer grenser for en eller flere styrevariabler (f. eks. utmatninger) fra anlegget 12. Så snart de øvre og nedre grenser for en styrevariabel er etablert, implementerer den ulineære styreenheten en styreprosedyre som sammenligner en målt endringstakt mellom en styrevariabel og en takt for ønsket bevegelse av styrevariabelen i forhold til minst en av grensene. Dersom styrevariabelen er innenfor nevnte øvre og nedre grenser, blir ingen styreaksjon foretatt. Dersom styrevariabelen er utenfor grensene, muliggjør sammenligning av den målte, dynamiske endringstakt og modellens dynamiske endringstakt utledelsen av en feilverdi for endringstakt. Den feilverdien for endringstakt blir så anvendt av en objektiv funksjon til å muliggjøre bestemmelsen av et sett av manipulerte variabler som vil oppvise en minstekostnad for å oppnå en retur av styrevariabelen til innenfor nevnte øvre og nedre grenser. Ved å anvende de øvre og nedre grenser for å definere et akseptabelt område av styrevariable verdier, kan forskjellige, manipulerte variable kostnader testes for å bestemme hvilken kombinasjon som tillater en retur av styrevariabelen til å være innenfor grensene mens det samtidig minimaliseres manipulerte, variable kostnader.

Idet det nå vises til fig. 3 og 4, vil en beskrivelse av operasjonen av den ulineære styreenheten 14 bli gitt. Den ulineære styreenheten 14 opererer på en universell datamaskin som er integrert med anlegget 12. Den ulineære styreenheten 14 opererer på en bestemt frekvens eller avsøkningstakt, eksempelvis en gang per minutt, hvorved styrevariabler overvåkes og manipulerte variabler beregnes for derved å utlede bevegelser for hver for å realisere en styreaksjon.

Prosedyren begynner ved å lese anleggsdata inn i digitalstyresystem 10 (boks 30). Disse data innbefatter eksisterende verdier for styrevariablene, manipulerte variabler og hjelpe- eller fremovermatede variabler. Anleggsmålinger tilføres ved hjelp av enten feltinstrumenter eller via frakoblede laboratorieanalyser. Dernest blir eksisterende måleverdier i hver styrevariabel sammenlignet med en tilsvarende modellforutsigelse. En grunnverdi som representerer anleggs/modellfeiltilpasningen beregnes som forskjellen mellom målingene og de forutsagte verdier (boks 32).

Som vist i boks 34, blir de innmatede data dernest validert (f. eks. abnormale tilstander slik som utilgjengelige måleverdier eller verdier som er utenfor området blir forkastet). Datakondisjonering blir også utført og innbefatter filtrering og setting av manipulerte, variable grenser, basert på operatørangitte grenser og anleggstyresystemstatusverdier.

Ved begynnelsen av den ulineære styreenhetens 14 operasjon blir en kold-start initialisering utført (se beslutningsboks 36). Verdiene for de uavhengige variabler, enten manipulerte eller fremovermatede, leses fra en database lagret innenfor det digitale styresystemet 10 (boks 38). En initialiseringsaksjon beregner modelltilstandene og anleggsutmatningene som representerer anleggstilstander, slik som temperatur, sammensetning og produktegenskaper. Modellen kan være i en hvilken som helst matematisk form.

En tilstands-rom modell vil bli anvendt i det etterfølgende i den hensikt å beskrive prosedyren. Hver tilstand defineres av en "x" vektorverdi og anleggsutmatninger representeres ved "y" vektorverdier. Uavhengige variabler representeres av verdien "u" som følger:

$$O = F(x,u) \qquad (1)$$

$$y = H(x) \qquad (2)$$

Verdiene for anleggstilstandene blir så anvendt som initielle verdier for den ulineære styreenheten 14 (se boksene 40 og 42). Tilstandsverdiene blir så estimert og skrevet til hukommelse (boks 44). Ved dette punktet begynner den ulineære styreenheten 14 operasjonen av prosesstyrealgoritmen (boks 46).

Som vist i Fig. 4, leser styreprosessen prosessdata fra anleggsstyresystemets maskinvare (boks 48) for å bestemme den nåværende tilstand av prosessen. Dataene innbefatter det følgende:

Initielle verdier for hver modelltilstand.
Initielle verdier for forutsagte anleggsutmatninger.
Grunnverdier som representerer anleggs/modellfeil.
Modellparametere.
Eksisterende målte verdier av uavhengige variabler.
Settpunkter eller målverdier for styrevariabler og begrensninger.
Grenser for manipulerte variabler.
Innmatede statustilstander.

Verdier for modelltilstandene og forutsagte anleggsutmatninger er enten de foregående verdier fra en siste styreenhetkjøring eller fra kald-start initialiseringsverdiene. Styrevariabelen eller styrevariablene (f. eks. en utmatning som skal styres) og begrensningssettpunkter innføres av operatøren. Settpunktene innføres som en øvre grenseverdi og en nedre grenseverdi. Bruk av disse verdier muliggjør justering av manipulerte variabler (innmatninger) for derved å oppnå en minimalisert kostnad på å komme frem til en styrevariabelverdi innenfor nevnte øvre og nedre grenseverdier. Modellparameterverdiene er forutbestemte. Eksisterende målte verdier av uavhengige variabler utledes fra anleggsfeltinstrumenter eller laboratorieanalyser. Manipulerte, variable grenser er, slik som angitt ovenfor, basert på operatørbestemte grenser og anleggsstyresystemstatusverdier.

Styreenhetens operasjonsmodus blir så satt (boks 50). En styreenhetmodus muliggjør modellforutsigelser å bli beregnet og styresignaler uten en tilførsel av styresignaler til anlegget. I det etterfølgende vil det bli antatt at det digitale styresystemet settes i en fullstendig driftsmodus, der manipulerte variabler skal aktivt styres i henhold til modellberegninger og målte systemtilstander.

De innmatede data omformes til en form for bruk med modell/styresystemet (boks 52) og en tilstandsestimeringsprosedyre påbegynnes (boks 54). Hver tilstand estimeres ved å anvende en dynamisk modell av anlegget. I tilstands/rommodellen som er vist nedenfor i ligningene 3 og 4 representeres tilstandene av "x" variabelen, anleggsutmatningene representeres av "y" variabelen og uavhengige variabler representeres av "u".

$$dx/dt = F(x,u) \qquad (3)$$

$$y = H(x) \qquad (4)$$

Ligning 3 angir at tilstandsendringen for modelltilstandene er en funksjon av selve modelltilstandene og de uavhengige variabler. Ligning 4 angir at utmatningen er en funksjon av modelltilstandene. Modellestimatene oppnås ved integrering av ligningene 3 og 4 fra den siste kjøring av den ulineære styreenheten 14 til det eksisterende tidspunktet. En foretrukket beregningsmetode involverer ortogonal kollokasjon der ligningene 3 og 4 er delt i tidssegmenter, for derved å muliggjøre at differensialligningene kan løses parallelt, over et samme tidsinkrement.

Styreberegningene som utføres av den ulineære styreenheten 14 utføres ved å anvende sekvensielle, kvadratiske programmeringsteknikker (boks 56). Styreberegningen bestemmer fremtidige bevegelser i manipulerte variabler som gir en beste tilpasning til styreopptredenspesifikasjonen over en tidshorisont inn i fremtiden. Den ulineære styreenheten 14 anvender modellen av anlegget, idet en referansetrase definerer angitt styreenhetopptreden, en objektiv funksjon (som skal beskrives nedenfor) og de manipulerte, variable grenser. Manipulerte, variable bevegelser diskretgjøres over en tidshorisont inn i fremtiden.

Modellen som er vist i ligningene 3 og 4 blir anvendt. Som angitt ovenfor, representerer nevnte "u" variabel uavhengige variabler og et delsett derav er de manipulerte variabler (dvs. innmatninger). Verdier for alle uavhengige variabler oppnås ved hjelp av en "null-ordens holdefunksjon" av diskretgjorte, manipulerte variabler U_k ved hvert tidsskritt k. En null-ordens holdefunksjon antar at verdiene av den manipulerte variabel forblir konstant mellom programutføringer.

Referansetrasen angir styreenhetens opptreden ved endring av styrevariabler i henhold til anvendte begrensninger. Referansetraseligningene 5 og 6 nedenfor uttrykker et forhold mellom endringstaktene for styrevariablene og feilen (eller differansen) mellom en styrevariabels settpunkt og den målte, styrte variabel.

$$dy_k/dt = (SPH_k - (y_k + b))/T + Vhp_k - Vhn_k \qquad (5)$$

$$dy_k/dt = (SPL_k - (y_k + b))/T + Vlp_k - Vln_k \qquad (6)$$

$k = 1$ til K

$Vlp >= 0.0$

$Vln >= 0.0$

$Vhp >= 0.0$

$Vhn >= 0.0$

der

SPH = øvre grense for styrevariabel eller begrensning;
SPL = nedre grense for styrevariabel eller begrensning;
y = forutsagt styrevariabel;
b = basis/grunnverdi som relaterer feil i forutsigelse og måling;
Vhp = positiv variasjon av målt variabel fra SPH;
Vhn = negativ variasjon av målt variabel fra SPH;
Vlp = positiv variasjon av målt variabel fra SPL;
Vln = negativ variasjon av målt variabel fra SPL;
k = tidsskritt inn i fremtiden;
K = tidsskritt inn i fremtiden i tidshorisonten som anvendes av styreenheten;
T = tidskonstant for ønsket lukket-sløyfe reaksjonshastighet for den styrte variabel.

Hver av variablene Vlp, Vhp, Vln og Vhn vil i det etterfølgende bli benevnt som "krenknings"-variabler. Hver krenkningsvariabel tillater en ulikhet å bli omformet til et likhetsforhold og tillater prioritering av begrensninger gjennom anvendelse av veiningsfunksjoner i objektivfunksjonen. Objektivfunksjonen (dvs. forholdet som skal tilfredsstilles av styreaksjonen) er gitt ved:

$$\text{Min Sum } \text{“}Wh^{*}Vhp_{k} + WI^{*}Vln_{k}) + C(x,u) \qquad (7)$$

der:

Wh, Wl = straffvekter;
Vhp_k, Vln_k = krenkningsvariabler som er definert ovenfor;
C(x,u) = kostnadsstraffunksjon.

Ligning 7 uttrykker en summinimaliseringsfunksjon for bruk når en krenkelse har opptrådt av enten den øvre grensen for styrevariabelen eller den nedre grensen for styrevariabelen. Ligning 7 anvender veiningsfaktorer som muliggjør enten en positiv krenkningsverdi eller en negativ krenkningsverdi å bli fremhevet (eller ikke-fremhevet), slik tilfellet måtte være. Ligning 7 innbefatter også et uttrykk (dvs. C(x,u) som er en kostnadsfunksjon som er avhengig av både manipulert, variabel u og modelltilstander x.

Styresystemet løser ligning 7 og evaluerer en sum som skyldes hver løsning når flere endringer i manipulerte variabler forsøkes. Hensikten er å oppnå en retur av styrevariabelen y til innenfor grensene som definert av den øvre grensen (SPH) og den nedre grensen (SPL). Når SPH og SPL er adskilte med et spenn av verdier som definerer

et godtagbart område for styrevariabelen, kan et antall av mulige endringer i manipulerte variabler beregnes for å bestemme hvilken kombinasjon som resulterer i en laveste kostnad for de manipulerte variabler, mens det oppnås en retur av styrevariabelen til det godtagbare området. Når de manipulerte variabler (i en hvilken som helst styringsaksjon) muliggjør en retur av anleggsutmatningen til innenfor spennet mellom SPH og SPL, blir hvert av de første to uttrykk i ligning 7 nullsatt og løsningen av funksjonen er strengt relatert til kostnadene som representeres ved de manipulerte variabler.

Optimaliseringsløsningen ifølge ligning 7 utsettes for ytterligere manipulerte, variable grenser som uttrykt nedenfor i ligningene 8 og 9.

$$ulb < u_k < uhp \qquad (8)$$

$$ABS(u_k - u_{k-1}) < dub \qquad (9)$$

der:

uhb = øvre grense på en manipulert variabel;
ulb = nedre grense på en manipulert variabel;
dub = grense på endring i u mellom tidsskritt.

Så snart en godtagbar løsning er blitt oppnådd, blir utmatningene, bestående av manipulerte, variable verdier for hvert tidsskritt i fremtiden, kontrollert mot systembegrensninger (boks 58). Idet det antas gyldighet av de utmatede data, blir dataene så skrevet inn i hukommelse (boks 60) og de beregnede, manipulerte verdier sendes til anlegget (boks 62) for å operere feltstyreelementer (f.eks. ventiler).

P a t e n t k r a v

1.

System for styring av en anleggsprosess som innbefatter manipulerte variabler, omfattende innmatede tilstander, og styrevariabler som omfatter utmatede tilstander, k a r a k t e r i s e r t v e d at systemet omfatter:

sensormiddel for å tilveiebringe målinger av minst nevnte styrevariabler,

hukommelsemiddel for å lagre øvre og nedre grenser og en korrigeringstidskonstant for minst en styrevariabel, idet nevnte øvre og nedre grenser er adskilt av et bånd av verdier innenfor hvilket minst en styrevariabel anses godtagbar, idet nevnte korrigeringskonstant foreskriver en returtakt av nevnte ene styrevariabel til innfor nevnte bånd av verdier,

prosessormiddel koblet til nevnte sensormiddel og nevnte hukommelsemiddel og som innbefatter data som beskriver en modell av nevnte anleggsprosess, idet nevnte modell relaterer kostnader for manipulerte variabler til styrevariabler og, ved løsning, ytterligere tilveiebringer forutsagte verdier for nevnte minst ene nevnte styrevariabel, idet nevnte prosessormiddel dessuten innbefatter logikkmiddel som reagerer på en målt verdifunksjon av nevnte minst ene styrevariabel som er utenfor nevnte bånd av verdier, for å generere styresignaler for å endre nevnte manipulerte variabler i en retning til å oppnå en minimalisert kostnad derav, idet nevnte manipulerte variabler endres i en retning til å bevirke en forutsagt verdi av nevnte minst ene styrevariabel å være innenfor nevnte bånd av verdier, og

styresignalmiddel som reagerer på nevnte styresignaler for å operere instrumentutstyr i nevnte anlegg for å styre de nevnte manipulerte variabler.

2.

System for å styre en anleggsprosess som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte hukommelsesmiddel dessuten lagrer data som beskriver en trasereaksjonsfunksjon for nevnte modell som foreskriver en returtakt for nevnte ene styrevariabel til nevnte bånd av verdier som anses akseptabelt når nevnte øvre grense brytes av nevnte styrevariabel, og en trasereaksjonsfunksjon for nevnte modell som foreskriver en returtakt for nevnte ene styrevariabel til nevnte bånd av verdier som anses godtagbart når nevnte nedre grense brytes av nevnte minst ene styrevariabel, idet begge trasereaksjonsfunksjoner innbefatter korrigeringstidskonstanter og uttrykker et forhold mellom målte og ønskede endringstakter for nevnte minst ene

styrevariabel, idet nevnte logikkmiddel anvender nevnte data for å bestemme nevnte minimaliserte kostnadsinnmatningstilstander.

3.

System for å styre en anleggsprosess som angitt i krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte trasereaksjonsfunksjoner for nevnte minst ene styrevariabel er:

$dy_k/dt = (SPH_k - (y_k + b))/T + Vhp_k - Vhn_k$ (5)

$dy_k/dt = (SPL_k - (y_k + b))/T + Vlp_k - Vln_k$ (6)

$k = 1$ til K

$Vlp >= 0.0$

$Vln >= 0.0$

$Vhp >= 0.0$

$Vhn >= 0.0$

der

SPH = øvre grense for styrevariabel eller begrensning;
SPL = nedre grense for styrevariabel eller begrensning;
y = forutsagt styrevariabel;
b = basis eller grunnverdi som relaterer feil i forutsigelse og måling;
Vhp = positiv variasjon av målt variabel fra SPH;
Vhn = negativ variasjon av målt variabel fra SPH;
Vlp = positiv variasjon av målt variabel fra SPL;
Vln = negativ variasjon av målt variabel fra SPL;
k = tidsskritt inn i fremtiden; og
K = tidsskritt inn i fremtiden i tidshorisonten som anvendes av styreenheten;
T = tidskonstant for ønsket lukket-sløyfe reaksjonshastighet for den styrevariabelen.

4.

System for å styre en anleggsprosessor som angitt i krav 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte logikkmiddel opererer til å gi en løsning på et minimaliseringsforhold for å bestemme minimaliserte, kostnadsmanipulerte variabler for oppnåelse av en bevegeles av nevnte minst ene styrevariabel til innenfor nevnte bånd av verdier, idet nevnte minimaliseringsforhold uttrykkes som:

Min Sum "$Wh*Vhp_k + WI*Vln_k) + C(x,u)$

der:

Wh, Wl = straffvekter;

Vhp_k, Vlp_k = krenkningsvariabler som er definert ovenfor;

C(x,u) = kostnadsstraffunksjon.

FIG.1

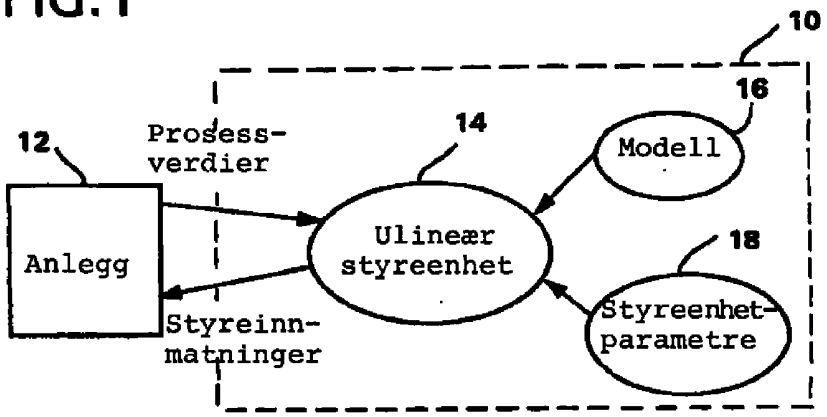

10
16
12
Prosess-
verdier
14
Modell
Anlegg
Ulineær
styreenhet
18
Styreenhet-
parametre
Styreinn-
matninger

FIG.2

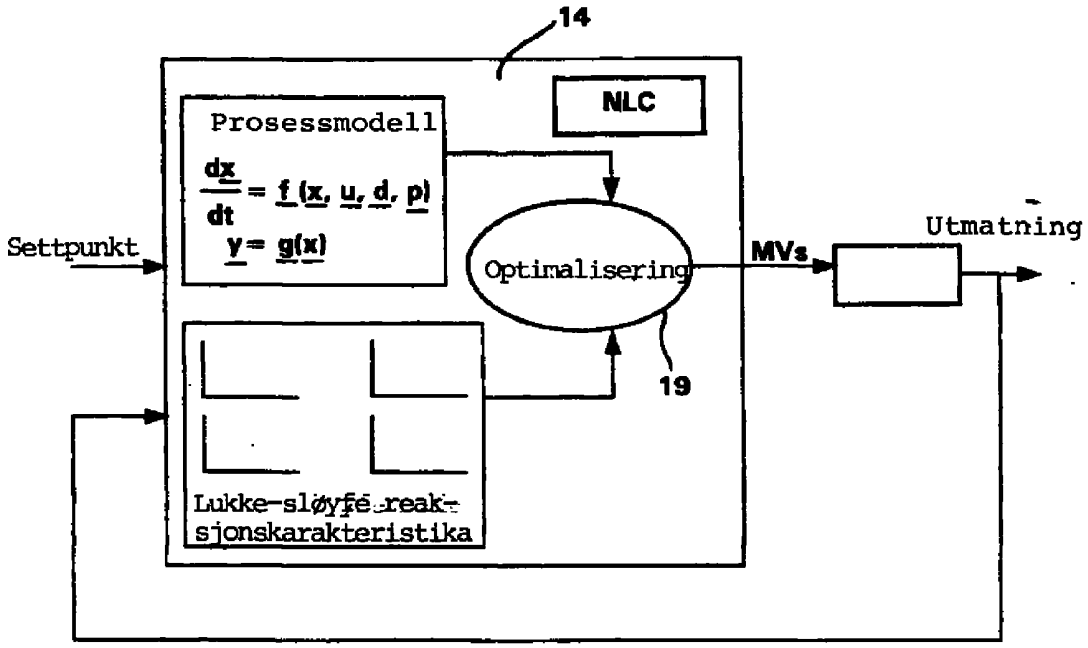

14
NLC
Prosessmodell
dx/dt = f(x, u, d, p)
y = g(x)
Settpunkt
Optimalisering
MVs
Utmatning
19
Lukke-sløyfe reak-
sjonskarakteristika

FIG.3

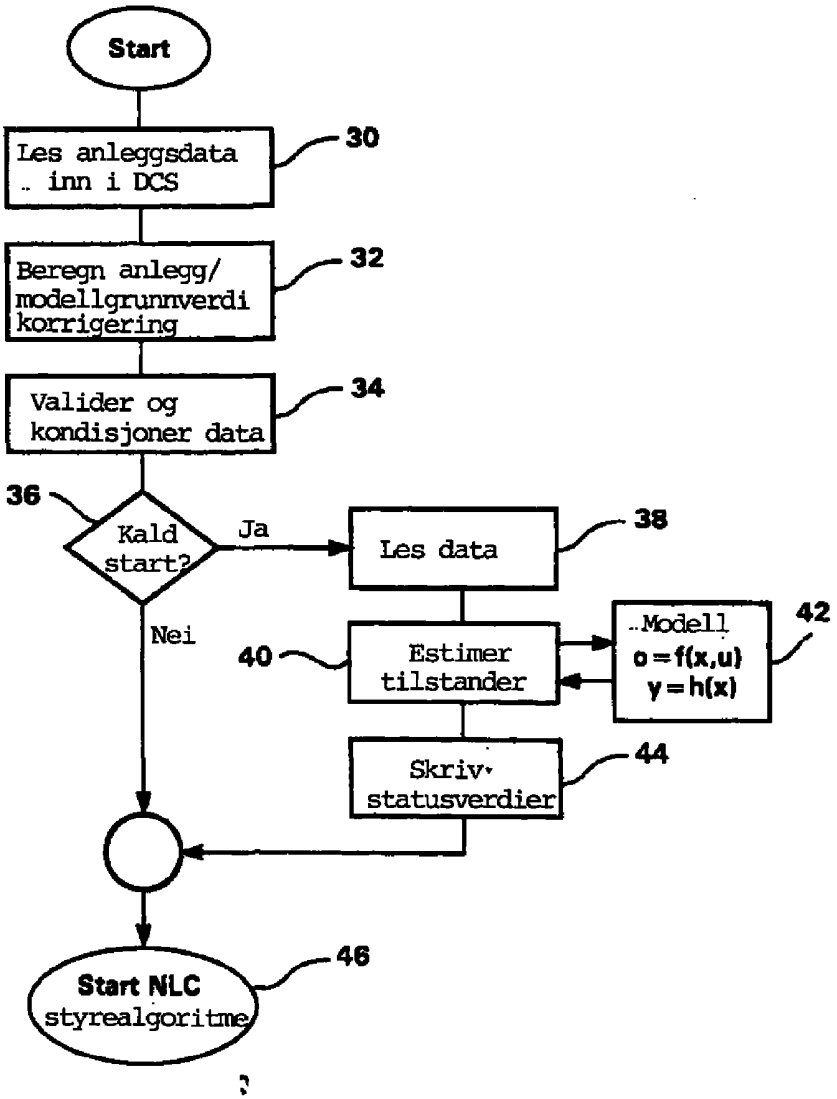
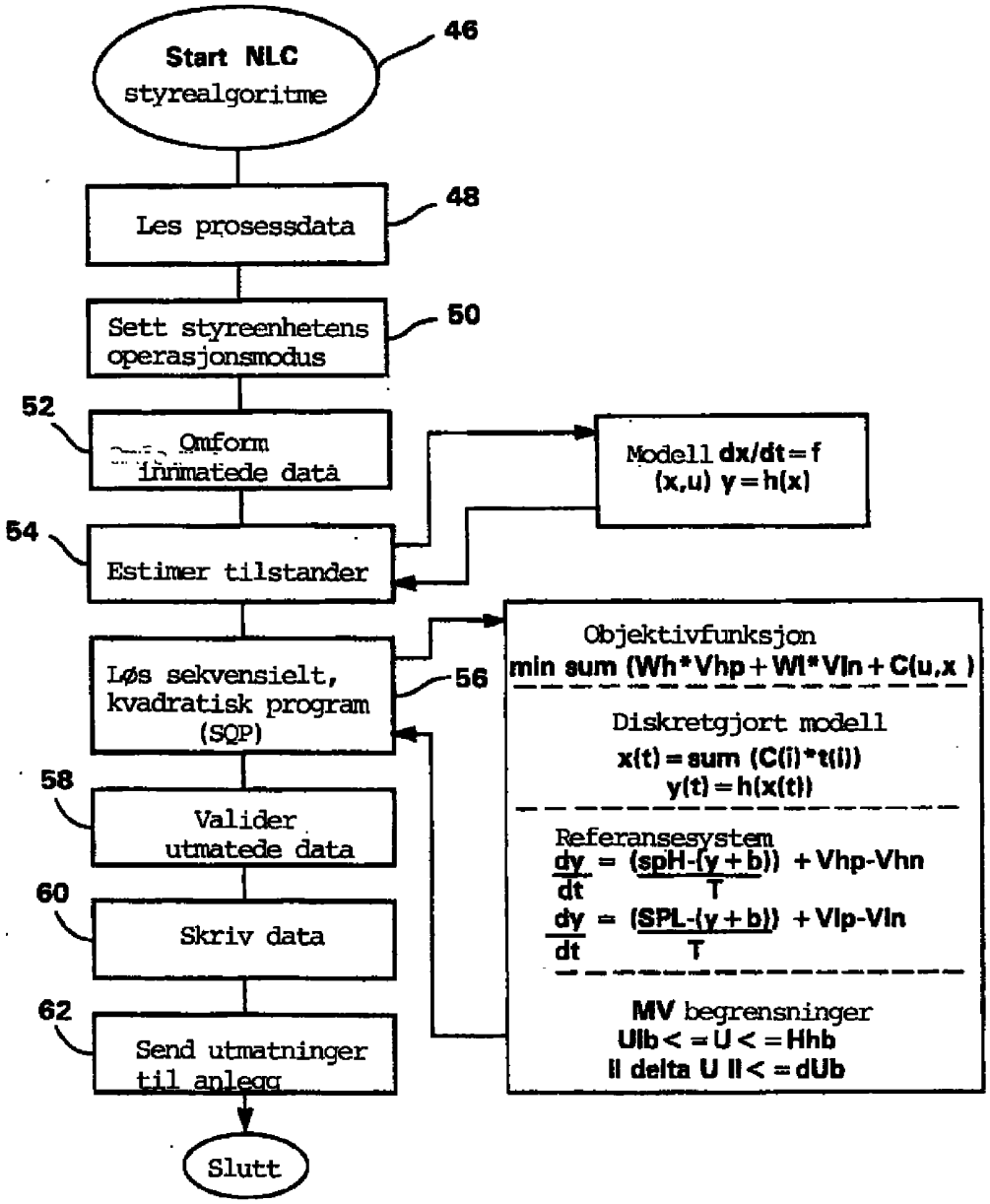

Start
Les anleggsdata inn i DCS
30
Beregn anlegg/ modellgrunnverdi korrigering
32
Valider og kondisjoner data
34
36
Kald start?
Ja
Nei
Les data
38
Estimer tilstander
40
Modell o = f(x,u) y = h(x)
42
Skriv statusverdier
44
Start NLC styrealgoritme
46

FIG.4


Start NLC
styrealgoritme
46
Les prosessdata
48
Sett styreenhetens
operasjonsmodus
50
52
Omform
innmatede data
Modell dx/dt=f
(x,u) y=h(x)
54
Estimer tilstander
Objektivfunksjon
min sum (Wh*Vhp+Wl*Vln+C(u,x)
Løs sekvensielt,
kvadratisk program
(SQP)
56
Diskretgjort modell
x(t)=sum (C(i)*t(i))
y(t)=h(x(t))
Referansesystem
dy/dt = (spH-(y+b))/T + Vhp-Vhn
dy/dt = (SPL-(y+b))/T + Vlp-Vln
58
Valider
utmatede data
60
Skriv data
62
Send utmatninger
til anlegg
MV begrensninger
Ulb<=U<=Hhb
II delta U II<=dUb
Slutt