

Винахід відноситься до способу для швидкого регулювання потужності енергетичної установки з турбоагрегатом, що містить парову турбіну і генератор, причому для установки надлишкової потужності генератора в процесі експлуатації установки активують наявні накопичувачі енергії. Він відноситься далі до пристрою для здійснення способу.

Надійне постачання електроенергією в електричній системі енергопостачання припускає, ретельне узгодження між виробництвом електричної енергії за рахунок числа енергетичних блоків і відбором цієї енергії за рахунок безлічі споживачів у електричній розподільній мережі. Якщо виробництво і відбір електричної енергії однаково великі, то частота мережі, що є вагомим параметром в електричній мережі, є постійною. Її номінальне значення, наприклад, у Європейській об'єднаній електроенергетичній системі, складає 50 Гц. Відхилення частоти, що з'являється, наприклад, при відмові енергетичного блоку, і за рахунок підключення або відключення споживача, може розглядатися як міра для підвищення або, відповідно, зниження створюваної потужності. Поряд з відпрацюванням відхилень частоти всередині системи енергопостачання, подальша задача полягає в тому, щоб дотримуватися заданої обмінної потужності на місцях зв'язку до часткових мереж, з яких складається розподільна мережа (об'єднана електромережа або автономна електромережа). Вимога складається тому в тому, щоб швидке підвищення потужності енергетичного блоку було доступним протягом секунд.

Можливості для швидкого регулювання потужності і підтримки частоти описані в журналі "VGB Kraftwerkstech", № 1, січень 1980. - С. 18-23. В той час як для швидкої зміни потужності в секундному діапазоні (резерв, що швидко реалізується) існує безліч водночас або альтернативно створених можливостей втручання, для залишеної зміни потужності енергетичного блоку вимагається зміна подачі палива. Тому на електростанції, що працює на викопному паливі, для подолання часів запізнювання впродовж перших секунд відкривають регулюючі клапани парової турбіни, що утримуються досі в дросельованому положенні, і за рахунок цього практично без затримки активують і розряджають доступні накопичувачі пари.

Поряд з підвищенням потужності за рахунок усунення дроселювання регулюючих клапанів парової турбіни також відключають передбачені в пароводяному контурі парової турбіни підігрівачі, що обігріваються за допомогою пари проміжного відбору з парової турбіни. Направлений водночас через підігрівник низького тиску конденсатний потік впродовж декількох секунд може бути перерваний або знову підвищений. Ця міра для швидкого регулювання потужності в енергетичних блоках, працюючих на викопному паливі, шляхом відключення підігрівника з припиненням подачі конденсату описана, наприклад, в німецькому патенті DE-PS 3304292.

Для регулювання і/або управління резерву, що швидко реалізується (секундного), тобто регульованого використання потоків пари до регенеративних підігрівників і/або конденсаторів для обігріву, а також пари для технологічних потреб і конденсату в пароводяному контурі парової турбіни енергетичного блоку, тому звичайно використовують пристрій регулювання. Він обумовлює для швидкого регулювання потужності, тобто для активування резерву, що швидко реалізується, дроселювання подачі пари до підігрівників, дроселювання пари для технологічних потреб і/або дроселювання конденсату. При цьому задані позиційні значення регульовальних клапанів у відводах турбіни і для виконавчих органів для регулювання конденсату формують таким чином, що досягається необхідна надлишкова потужність генератора. Недоліком при цьому, однак, є те, що координація швидкості, що вимагається зміни потужності і амплітуди потужності, з іншими величинами процесу, в частковості зі змінами температури в лінії підігріву і/або конденсаторах для обігріву, а також з подачею допоміжного конденсату є надзвичайно тяжкою. Крім того, є не врахованими пріоритети використання окремих мір для швидкого регулювання потужності. Крім того, внаслідок звичайно нелінійних об'єктів регулювання, якість регулювання не є особливо високою.

В основі винаходу, лежить задача зазначення способу для швидкого надання в розпорядження потужності в енергетичній установці, яким досягається особливо ефективно регулювання. Це повинно досягатися у випадку особливо підходящого для здійснення способу пристрою простими засобами.

Відносно способу ця задача згідно винаходу вирішується за рахунок того, що для регульованого активування накопичувачів енергії використовують нечітку логіку, причому використовують правила нечіткої логіки з досвіду експлуатації установки і, причому, на основі надлишкової потужності генератора і на основі енергетичної ситуації накопичувачів, що активуються/ визначають ступінь активування окремих накопичувачів енергії.

При цьому винахід виходить з міркування, що треба оцінювати безліч параметрів процесу або перемінних процесу. При цьому аналіз суттєвих для процесу, що регулюється змінних процесу повинен вироблятися в їхній сукупності. Із допомогою нечіткої логіки тоді можна вводити в оцінку досвід експлуатації установки (експертні знання) і враховувати при наступному формуванні позиційних заданих значень.

У більш прийнятній формі подальшого розвитку для реалізації необхідних при цьому правил нечіткої логіки враховують пріоритет використання окремих накопичувачів енергії. Крім того, при оцінці змінних процесу або даних процесу для визначення позиційних заданих значень переважно враховують їхню готовність і/або їхнє тимчасове обмеження.

Відносно пристрою названа задача вирішується згідно винаходу за рахунок системи нечіткої логіки, вхідні сигнали якої відбивають надлишкову потужність генератора, а також енергетичну ситуацію накопичувачів, що активуються, а виходи якої вказують ступінь активування окремих накопичувачів енергії.

У більш прийнятній формі виконання система нечіткої логіки містить перший регулятор нечіткої логіки, сигнали на входи якого відбивають енергетичну ситуацію накопичувачів, що активуються, а вихід якого вказує стратегію використання для здійснюваних мір, а також тимчасові обмеження окремих накопичувачів, що активуються. Більш прийнятний перший регулятор нечіткої логіки містить додатково вхід для сигналу,

що відображає ступінь дроселювання, принаймні, одного з'єднаного з паровою турбіною на стороні припливу виконавчого органу.

Доцільно система нечіткої логіки містить другий регулятор нечіткої логіки, сигнали на входах якого відбивають задане значення потужності і дійсне значення надлишкової потужності генератора, а також стратегію використання і обмеження, а виходи якого вказують задані позиційні значення для виконавчих органів для пари.

Система нечіткої логіки містить далі доцільно третій регулятор нечіткої логіки, сигнали на входах якого відбивають дійсне позиційне значення, принаймні, одного виконавчого органу для пари і дійсне значення температури і/або тиску накопиченої у пароводяному контурі живильної води, а виходи якого вказують задані позиційні значення для виконавчих органів для конденсату. При цьому, переважно сигнал входу третього регулятора нечіткої логіки відображає значення для швидкості зміни положення клапана, принаймні, одного виконавчого органу для пари.

Доцільно система нечіткої логіки містить крім того четвертий регулятор нечіткої логіки, сигнал на вході якого відображає дійсне значення для рівня у, принаймні, одному проміжному накопичувачі, що включений у пароводяний контур, а вихід якого зазначає задане позиційне значення для введення конденсату в накопичувач конденсату або виводу з нього.

Досягнуті винаходом переваги полягають, в частковості, в тому, що за рахунок використання нечіткої логіки з застосуванням досвіду експлуатації установки досягається регульоване активування в процесі експлуатації установок наявних накопичувачів енергії. При цьому можуть враховуватися пріоритети використання окремих мір. Крім того, забезпечується щадящий режим ведення процесу при водночас особливо ефективному використанні наявних накопичувачів енергії. В частковості, досягається швидке регулювання потужності високої якості.

Приклад виконання винаходу пояснюється більш докладно за допомогою креслень. При цьому на фігурах показано:

- фіг. 1 блок-схема турбогенератора в якості відрізка процесу енергетичного блоку; і
- фіг. 2 блок-схема системи нечіткої логіки в якості пристрою регулювання для відрізка процесу згідно фіг. 1.

Фіг. 1 показує принципову блок-схему відрізка процесу енергетичного блоку з турбогенератором, що складається з часткової турбіни високого тиску 2, часткової турбіни середнього тиску 4 і часткової турбіни низького тиску 6, а також генератора 8. При експлуатації турбогенератора свіжий пар FD через регулюючий клапан свіжої пари 10 вводиться у часткову турбіну високого тиску 2. Перший частковий потік FD_1 , а також встановлюваний шляхом регулюючого клапана 12 другий частковий потік FD_2 відбирається від часткової турбіни високого тиску 2 для лінії підігріву високого тиску 14. Встановлюваний шляхом наступного регулюючого клапана 16 третій частковий потік FD_3 відбирається від часткової турбіни високого тиску 2 для ємності живильної води 18. FD' що відпрацював пар з часткової турбіни високого тиску 2 підводиться через проміжний перегрівник 20 до часткової турбіни середнього тиску 4.

З часткової турбіни середнього тиску 4 відбувається подальший відбір пари. Для цього шляхом регулюючого клапана 22 відбирають встановлюваний перший частковий потік MD_1 для лінії підігріву низького тиску 24. Подальший відбір відбувається через встановлюваний шляхом регулюючого клапана 26 другий частковий потік MD_2 для конденсатора для обігріву 28. Далі відбір відбувається через встановлюваний шляхом регулюючого клапана 30 третій частковий потік MD_3 в якості пари для технологічних потреб PD. MD' , що відпрацював пару часткової турбіни середнього тиску 4 підводять через перепускний клапан 32 до часткової турбіни низького тиску 6.

З часткової турбіни низького тиску 6 відбувається також відбір пари для лінії підігріву низького тиску 24 і для конденсатора для обігріву 28. Для цього перший частковий потік ND_1 безпосередньо, а другий частковий потік ND_2 через регулюючий клапан 34 підводять до лінії підігріву низького тиску 24. Точно також до конденсатору для обігріву 28 підводять третій частковий потік ND_3 безпосередньо, а четвертий частковий потік ND_4 через регулюючий клапан 36. ND' , що відпрацював пару з часткової турбіни низького тиску 6 конденсується у конденсаторі 40.

Основний конденсат K зі зливного простору 42 конденсатора 40 шляхом конденсатного насоса 44 через лінію підігріву низького тиску 24 подають в ємність живильної води 18. З ємності живильної води 18 шляхом насоса живильної води 46 живильна вода S подається через лінію підігріву високого тиску 14. Допоміжний конденсат NK_1 з лінії підігріву високого тиску 14 подають шляхом допоміжного конденсатного насоса 48 в ємність живильної води 18. Точно також допоміжний конденсат NK_2 з лінії підігріву низького тиску 24 подають шляхом допоміжного конденсатного насоса 50 у конденсатор 40, тобто в його зливний простір 42. Крім того, допоміжний конденсат NK_3 з конденсатора для обігріву 28 подають шляхом допоміжного конденсатного насоса 52 у зливний простір 42 конденсатора 40. В той час як подачу основного конденсату K і живильної води S виробляють через регулювання рівня L_K/L_{SBW} подачу допоміжного конденсату $NK_{1,2,3}$ встановлюють через окремі регулювання рівня NKR_1 , NKR_2 або, відповідно NKR_3 . До них може підводитися загальне, задане позиційне значення Y_{NKR} . При цьому з'єднаний через конденсатний насос 48 зі зливним простором 42 конденсатора 40 накопичувач холодного конденсату 54 служить для введення або виводу частини основного конденсату K.

Пристрій для швидкого регулювання потужності представлений на фіг. 2. Він містить систему нечіткої логіки 60 з чотирма регуляторами нечіткої логіки 62, 64, 66 і 68. Система нечіткої логіки 60 містить в якості вхідних величин відкоректоване по частоті задане значення потужності P_s , а також дійсне значення надлишкової потужності P_1 генератора 8. Дійсне значення надлишкової потужності P_1 вимірюють за допомогою вимірювального пристрою 70 на генераторі 8 (фіг. 1). Іншими вхідними величинами системи

нечіткої логіки 60 є температура T_{sw} і тиск p_{sw} живильної води S , що вимірюють за допомогою вимірювального пристрою 72 в ємності живильної води 18 (фіг. 1). Далі до системи нечіткої логіки 60 в якості вхідних величин підводять виміряний в зливному просторі 42 конденсатора 40 рівень конденсату L_k і виміряний в ємності живильної води 18 рівень живильної води L_{swb} . В якості подальших вхідних величин $e_1 \dots e_2$ до системи нечіткої логіки 60 підводять інформації про ступінь дроселювання (зачинення) D_{10} , D_{32} регулюючого клапана свіжої пари 10 або, відповідно, перепускного клапана 32 і дані про пріоритети використання ЕР, технічна готовність ТВ і характерне навантаження КЛ електростанції, а також подальші змінні процесу Р.

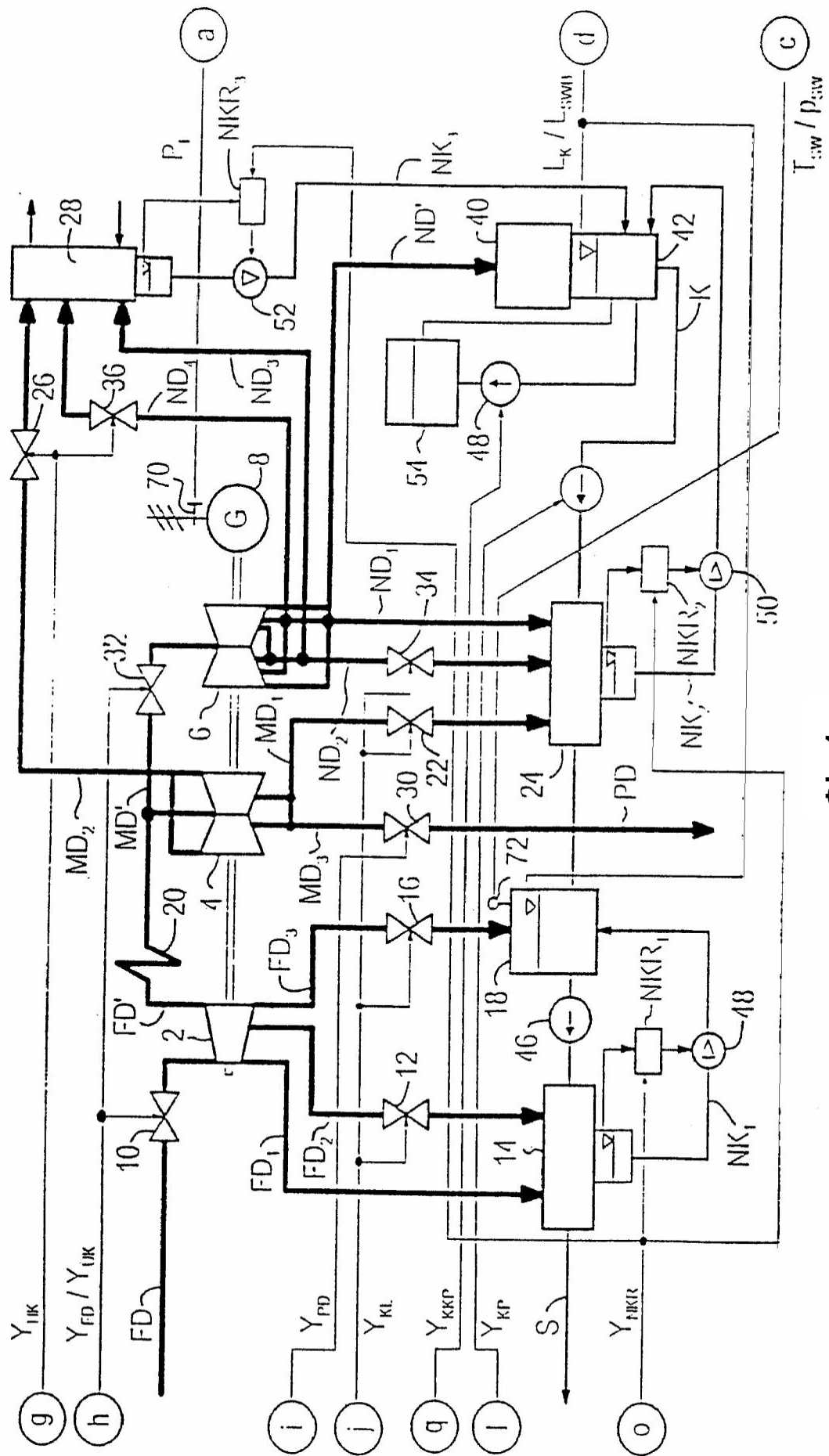
Входи $e_1 \dots e_n$ належать до першого регулятора нечіткої логіки 62 системи нечіткої логіки 60. Вони враховують істотні для відрізка процесу, що підлягає регулюванню змінні процесу D_{10} , D_{32} ЕР, ТВ, КЛ і Р. За допомогою відкладених в першому регуляторі нечіткої логіки 62 правил нечіткої логіки FR_1 з досвіду експлуатації установки (експертні знання) визначають стратегію використання мір, що вимагаються для швидкого регулювання потужності енергетичного блоку. Далі там визначають тимчасові обмеження накопичувачів енергії, що підлягають активуванню на відрізку процесу. Ця стратегія використання, тобто східчає розташування мір і обмежень утворюють вихідну величину і першого регулятора нечіткої логіки 62.

Ця вихідна величина f є водночас вхідною величиною другого регулятора нечіткої логіки 64. Подальшими вхідними величинами a і b другого регулятора нечіткої логіки 64 є відкоректоване по частоті задане значення потужності P_s , або, відповідно дійсне значення надлишкової потужності P_l . В другому регуляторі нечіткої логіки 64 з цих вхідних величин a , b та f на основі правил нечіткої логіки FR_2 визначають вихідні величини $g-k$. В той час як вихідні величини $g-j$ є заданими позиційними значеннями, вихідна величина k є оціненою швидкістю зміни положення клапана dY_m/dt передбаченого у відрізку процесу згідно фіг. 1 виконавчого органу 10, 12, 16, 22, 26, 32, 34 і 36. Вихідна величина g другого регулятора нечіткої логіки 64 вказує задане позиційне значення $Y_{нк}$ для регулюючих клапанів 26 і 36 для конденсату для обігріву. Вихідна величина h вказує задані позиційні значення Y_{FD} , Y_{UK} для регулюючого клапана свіжої пари 10 або, відповідно, перепускного клапана 32. Вихідна величина i вказує задане позиційне значення Y_{PD} для регулюючого клапана 30, що встановлює кількість пари, що відбирається в одиницю часу, для технологічних потреб PD. Вихідна величина j вказує задані позиційні значення Y_{KL} для регулюючих клапанів пари проміжного відбору 12, 16, 22 і 34.

Вихідні величини j і k другого регулятора нечіткої логіки 64 є водночас вхідними величинами третього регулятора нечіткої логіки 66. В якості подальшої вхідної величини c до третього регулятора нечіткої логіки 66 підводять температуру T_{sw} і тиск p_{sw} живильної води S в ємності живильної води 18. З цих вхідних величин j , k та c із допомогою правил нечіткої логіки FR_3 в якості вихідних величин 1 і o формують задані позиційні значення Y_{KP} , Y_{NKR} для регулювання конденсату або, відповідно, допоміжного конденсату $NKR_{1,2,3}$.

У четвертому регуляторі нечіткої логіки 68 системи нечіткої логіки 60 в якості вихідний величини q формують задане позиційне значення Y_{KKP} для кількості, що підлягає введенню в накопичувач холодного конденсату 54 або конденсату, що з нього виводиться К. Для цього до регулятора нечіткої логіки 68 в якості вхідної величини d підводять рівень конденсату і живильної води L_k або, відповідно, L_{swb} . Утворення заданого позиційного значення Y_{KKP} відбувається також із допомогою правил нечіткої логіки FR_4 .

За рахунок застосованих в системі нечіткої логіки 60 технологічних знань забезпечується як бережне ведення процесу енергетичної установки або енергетичного блоку при швидких змінах потужності, так і особливо ефективне використання наявних накопичувачів енергії. При цьому технологічні знання надходять в правила нечіткої логіки FR_1-FR_4 окремих регуляторів нечіткої логіки 62-68. В частковості для реалізації правил нечіткої логіки FR_1 першого регулятора нечіткої логіки 62 враховується пріоритет використання окремих накопичувачів енергії. Активування накопичувачів енергії відбувається за рахунок дроселювання подачі пари до ліній підігріву 14 і 24 і/або дроселювання пари для технологічних потреб PD або дроселювання конденсату К і/або побічного конденсату $NK_{1,2,3,\dots}$. Утворення відповідних заданих позиційних значень Y для регулюючих або установочних клапанів у відводі турбіни і для регулювання конденсату відбувається при цьому в зв'язку з необхідною надлишковою потужністю генератора P_s .



Фиг. 1

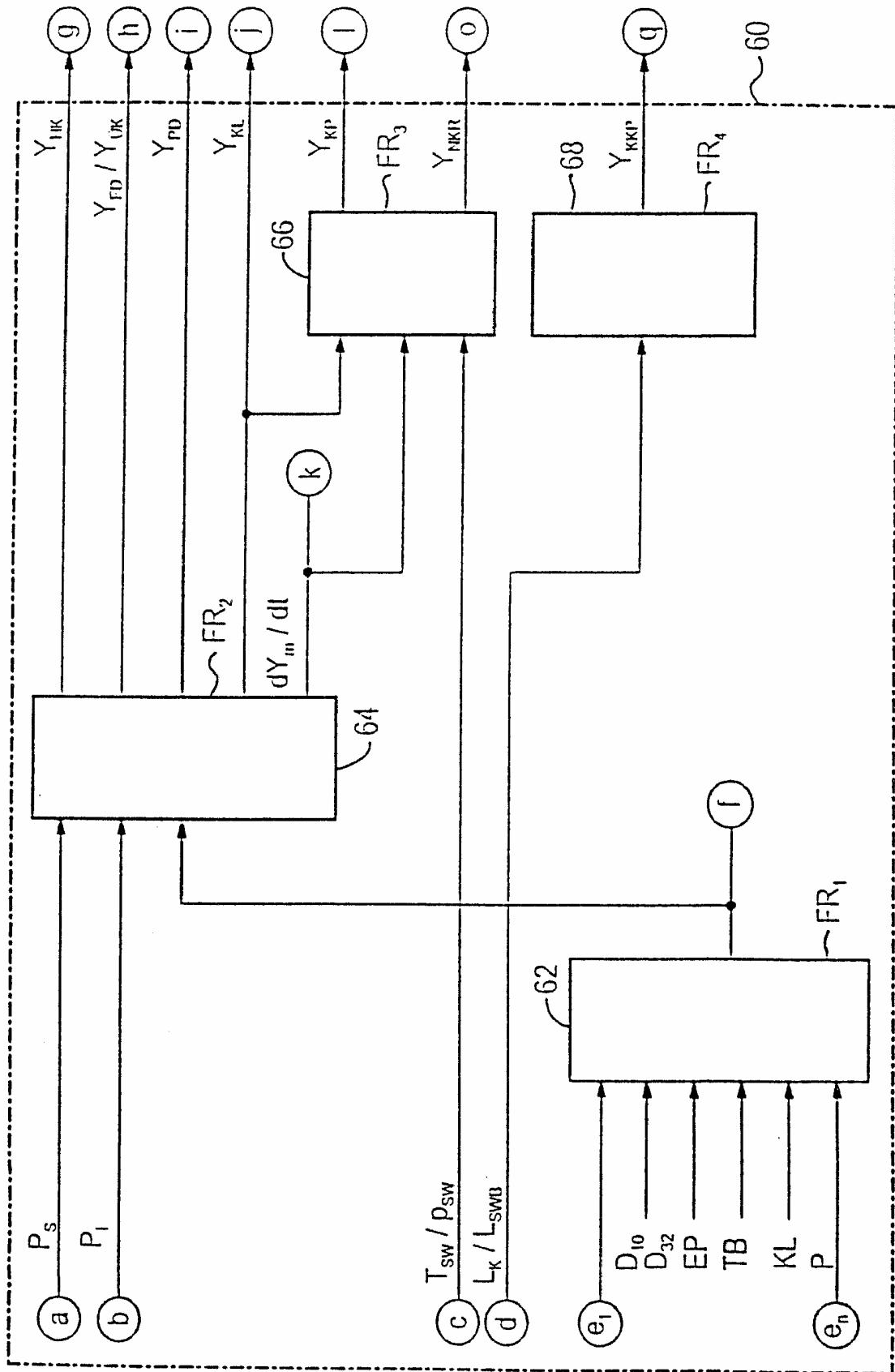


Fig. 2