

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

Поряд із відпрацюванням відхилень частоти усередині системи енергопостачання, зокрема, повинна дотримуватися також задана обмінна потужність на місцях зв'язку до часткових мереж, із яких складається розподільна мережа (об'єднана електромережа або автономна електромережа). Тому вимога полягає в тому, щоб швидке підвищення потужності енергетичного блока було доступним протягом секунд.

Можливості для швидкого регулювання потужності і підтримки частоти описані в журналі "VGB Kraftwerkstechnik", номер 1, січень 1980, стор. 18 - 23. У той час як для швидкого регулювання потужності в секундному діапазоні (швидко реалізований резерв) існує безліч одночасно або альтернативно вироблених можливостей втручання, для зміни потужності, що залишається, енергетичного блока потрібна зміна подачі палива. Тому на електростанції, яка працює на викопному паливі, для подолання часів запізнювання протягом перших секунд відчиняють утримувані дотепер у дросельованому положенні регулюючі клапани парової турбіни і за рахунок цього практично без затримки активують і розряджають доступні накопичувачі пари або енергії.

Поряд із підвищенням потужності за рахунок усунення дроселювання регулюючих клапанів парової турбіни також відключають передбачені у пароводяному контурі парової турбіни підігрівники, які обігріваються за допомогою пари проміжного відбору з парової турбіни. Спрямований одночасно крізь підігрівник низького тиску конденсатний потік протягом декількох секунд може бути перерваний або знову підвищений. Ця міра для швидкого регулювання потужності в енергетичних блоках, які працюють на викопному паливі, шляхом відключення підігрівника з припиненням подачі конденсату в якості подальшої можливості для активування утримуваних у резерві накопичувачів енергії описана, наприклад у німецькому патенті DE-PS 33 04 292.

Для регулювання та/або управління швидко реалізованого (секундного) резерву, тобто регульованого використання потоків пари до регенеративних підігрівників та/або конденсаторам для обігріву, а також пари для технологічних потреб і конденсату у пароводяному контурі парової турбіни енергетичного блока, тому звичайно використовують регулюючий пристрій. Він викликає для швидкого регулювання потужності, тобто для активування накопичувачів енергії протягом секунд, дроселювання подачі пари до підігрівників, дроселювання пари для технологічних потреб та/або дроселювання конденсату. При цьому задані значення положення для регульовальних клапанів у відводах турбіни і для виконавчих органів для регулювання конденсату формують таким чином, що досягається необхідна надлишкова потужність генератора. У вже згаданому DE-PS 33 04 292, який вважається найближчим рівнем техніки, розкривається спосіб швидкого регулювання потужності, при якому для встановлення надлишкової потужності генератора активуються наявні в процесі експлуатації установки накопичувачі енергії, а саме шляхом відключення підігрівника з припиненням подачі конденсату, причому додатково до потужності генератора додається щонайменше один додатковий параметр процесу, який характеризує актуальний робочий стан, а саме спрямований крізь підігрівник низького тиску потік конденсату для встановлення кількох заданих регульовальних значень. Недоліком при цьому, однак, є те, що координація як виконавчих ланок або виконавчих органів у лініях відбору турбіни, так і регулювання конденсату і допоміжного конденсату є надзвичайно важкою. Крім того, є не врахованими пріоритети використання окремих заходів для швидкого регулювання потужності. Крім того, внаслідок звичайно нелінійних об'єктів регулювання, дотепер якість регулювання не є особливо високою.

В основі винаходу тому лежить завдання вказати спосіб для швидкого надання у розпорядження потужності в енергетичній установці, яким досягається особливо ефективне регулювання. Це повинно досягатися у випадку особливо відповідного для здійснення способу пристрою простими засобами.

Щодо способу це завдання згідно з винаходом вирішується за рахунок того, що додатково до потужності генератора залучають або застосовують щонайменше одне значення теплової потужності, зокрема, надане у розпорядження від регулювання парогенератора енергетичної установки значення теплової потужності в якості подальшого параметра процесу, що характеризує актуальний робочий стан, для визначення кількох заданих значень положення. При цьому під потужністю генератора розуміють дійсну або задану потужність, задане або дійсне значення надлишкової потужності або максимально можливої потужності генератора.

При цьому винахід виходить із розуміння, що комбінацію заходів і тим самим стратегію використання для активування накопичувачів енергії треба визначати з урахуванням актуального робочого стану, причому повинно оцінюватися кілька змінних процесу або параметрів процесу в установці. Для цього розрядка і зарядка наявних у розпорядженні накопичувачів енергії повинна регулюватися після оцінки запиту на надлишкову потужність, причому для активування окремих накопичувачів енергії можна застосовувати стратегію використання, засновану на технічних і економічних аспектах.

Переважно для визначення актуального робочого стану всієї установки або окремого енергетичного блока в якості додаткових подальших параметрів процесу застосовують також теплофікаційну потужність установки, а також виділений масовий потік пари для технологічних потреб та/або міру дроселювання виконавчих органів парової турбіни, зокрема, зв'язаного з паровою турбіною на боці припливу регулюючого клапана свіжої пари. Крім того, доцільно враховувати подальші значення або дані про обмеження накопичувачів енергії, наприклад, щодо можливого навантаження установки. Далі доцільно враховувати дані про технологічну готовність або можливість активування окремих накопичувачів енергії, утримування яких залежить від потоків свіжої пари, пари відбору, відпрацьованої пари та/або конденсату у пароводяному контурі парової турбіни.

Для пристрою згідно з винаходом уже названий DE-PS 33 04 292 також є найближчим рівнем техніки. Там описується пристрій для швидкого регулювання потужності із засобами для активування наявних в процесі експлуатації установки накопичувачів енергії, а саме під'єднані з можливістю від'єднання підігрівники, для встановлення надлишкової потужності генератора. Крім того, цей відомий пристрій охоплює регулюючий пристрій, до входів якого підведені значення потужності генератора, а також щонайменше один додатковий параметр процесу, а саме спрямований крізь підігрівник низького тиску потік конденсату, а виходи якого формують задані регульовальні значення для кількох зв'язаних із паровою турбіною виконавчих органів. При

цьому недоліком є те, що надійна координація як виконавчих ланок або виконавчих органів у лініях відбору турбіни, так і регулювання конденсату і допоміжного конденсату не гарантується. Тому надалі в основі винаходу лежить завдання розробки пристрою для швидкого регулювання потужності, який усуває названі недоліки та досягає ефективного регулювання за допомогою простих засобів.

Щодо пристрою вказане завдання вирішується згідно з винаходом за рахунок регулюючого пристрою, до входів якого підведені задана потужність (задане значення надлишкової потужності) і дійсна потужність (дійсне значення надлишкової потужності) генератора, а також щонайменше значення теплової потужності як, подальший параметр процесу, і на виходах якого - для активування окремих накопичувачів енергії - видаються задані значення положення для зв'язаних із паровою турбіною виконавчих органів. Виконавчими органами можуть бути регулюючі клапани (установочні вентиля) свіжої пари, пари відбору або відпрацьованої пари, або клапани, а також насоси основного або допоміжного конденсату, що живлять.

У доцільній формі виконання регулюючий пристрій містить перший регулюючий модуль, до входів якого прикладені задана потужність і дійсна потужність генератора, а також подальші параметри процесу або робочі параметри, а вихід якого вказує часткові значення комбінації заходів для подачі у розпорядження резервної потужності. Переважно перший регулюючий модуль містить також вхід для ступеня дроселювання щонайменше одного виконавчого органа, зв'язаного з паровою турбіною на боці припливу.

Доцільно регулюючий пристрій далі містить другий регулюючий модуль, вхід якого з'єднаний із виходом першого регулюючого модуля, який видає комбінацію заходів, а виходи якого видають задані значення положення для виконавчих органів пари. З'єднаний на боці виходу з цим регулюючим модулем третій регулюючий модуль, який працює в якості регулятора корекції, доцільно має на входах значення потужності генератора.

Регулюючий пристрій містить далі доцільно четвертий регулюючий модуль, входи якого відповідно з'єднані з виходом першого і другого регулюючого модуля, а на виходах якого видаються задані значення положення для виконавчих органів конденсату. З'єднаний із першим регулюючим модулем п'ятий регулюючий модуль регулюючого пристрою слугує для корекції або узгодження актуального ступеня дроселювання щонайменше одного виконавчого органа.

Досягнуті винаходом переваги полягають, зокрема, у тому, що за рахунок визначення комбінації заходів для активування накопичувачів енергії у турбоагрегаті з урахуванням кількох суттєвих для установки параметрів процесу є можливим особливо вигідне вирішення часто протилежних вимог і умов для активування надлишкової потужності. При цьому при застосуванні відповідної стратегії використання для активування накопичувачів енергії забезпечується найкращий загальний результат. При створенні стратегії використання можуть враховуватися обмеження, які утворюються як із заданої подачі в розпорядження резерву регулювання, так і з інструкцій із постачання струмом, паром для технологічних потреб та/або теплофікаційною паром, а також по технологічних причинах.

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

Фіг. 1 блок-схема турбоагрегата в якості відрізка процесу енергетичного блока і

Фіг. 2 блок-схема регулюючого пристрою для відрізка процесу згідно з фігурою 1.

Фігура 1 вказує принципову блок-схему відрізка процесу енергетичного блока з турбоагрегатом, який складається із часткової турбіни високого тиску 2, часткової турбіни середнього тиску 4 і часткової турбіни низького тиску 6, а також генератора 8. При експлуатації турбоагрегату свіжа пара FD крізь регулюючий клапан свіжої пари 10 уводиться в часткову турбіну високого тиску 2. Установлюваний за допомогою регулюючого клапана 12 (клапан KL) частковий потік FD_1 відбирається від часткової турбіни високого тиску 2 для лінії підігріву високого тиску 14. Відпрацьована пара FD_2 із часткової турбіни високого тиску 2 підводиться крізь проміжний перегрівник 16 до часткової турбіни середнього тиску

Із часткової турбіни середнього тиску 4 відбувається подальший відбір пари. Для цього за допомогою регулюючого клапана 18 (клапан KL) відбирають установлюваний перший частковий потік MD_1 для ємності живильної води 20. Подальший відбір відбувається крізь установлюваний за допомогою регулюючого клапана 22 (клапан пари для технологічних потреб $PDKL$) другий частковий потік MD_2 в якості пари для технологічних потреб. Далі відбір відбувається крізь установлюваний за допомогою регулюючого клапана 24 (клапан KL) третій частковий потік MD_3 для лінії підігріву низького тиску 26. Установлюваний за допомогою регулюючого клапана 28 (клапан конденсату для обігріву $HKKL$) перша часткова кількість відпрацьованої пари MD_4 часткової турбіни середнього тиску 4 підводять до конденсатора для обігріву 30. Також установлювану другу часткову кількість відпрацьованої пари MD_5 часткової турбіни середнього тиску 4 підводять крізь пропускний клапан 32 (UKL) до часткової турбіни низького тиску 6.

Із часткової турбіни низького тиску 6 відбувається також відбір пари для лінії підігріву низького тиску 26 і для конденсатора для обігріву 30. Для цього перший частковий потік ND_1 безпосередньо, а другий частковий потік ND_2 крізь регулюючий клапан 34 (клапан KL) підводять до лінії підігріву низького тиску 26. Точно також до конденсатора для обігріву 30 підводять третій частковий потік ND_3 безпосередньо, а четвертий частковий потік ND_4 крізь регулюючий клапан 36 (клапан конденсату для обігріву $HKKL$). Відпрацьована пара ND_5 із часткової турбіни низького тиску 6 конденсується в конденсаторі 38.

Основний конденсат K із зливального простору 40 конденсатора 38 за допомогою конденсатного насоса 42 крізь лінію підігріву низького тиску 26 подають у ємність живильної води 20. Із ємності живильної води 20 за допомогою насоса живильної води 44 живильну воду S подають крізь лінію підігріву високого тиску 14. Допоміжний конденсат NK_1 із лінії підігріву високого тиску 14 подають за допомогою допоміжного конденсатного насоса 46 у ємність живильної води 20. Точно також допоміжний конденсат MK_2 із лінії підігріву низького тиску 26 подають за допомогою допоміжного конденсатного насоса 48 у конденсатор 38, тобто в його зливний простір 40. Крім того допоміжний конденсат MK_3 із конденсатора для обігріву 30 подають за допомогою допоміжного конденсатного насоса 50 у зливний простір 40 конденсатора 38.

У той час як подачу основного конденсату K і живильної води S роблять через регулювання рівня L_K/L_{SBW} подачу допоміжного конденсату $NK_{1,2,3}$ встановлюють через окремі регулювання рівня NKR_2 , NKR_2 або,

відповідно, NKR_3 . До останніх може підводитися загальне задане значення положення Y_{NKR} .

Пристрій для швидкого регулювання потужності подано на фігурі 2. Він містить регулюючий пристрій 60 із п'ятьма регулюючими модулями 62, 64, 66, 68 та 70. Регулюючий пристрій 60 одержує в якості вхідних величин a і b запит потужності P_S і дійсне значення потужності або надлишкової потужності P_I . Дійсне значення надлишкової потужності P_I вимірюють за допомогою вимірювального пристрою 72 на генераторі 8 (Фігура 1). У якості подальшої вхідної величини c регулюючий пристрій 60 одержує задане значення теплової потужності P_{WL} , яке відводять не поданим більш докладно чином із регулювання парогенератора енергетичного блока. Далі регулюючий пристрій 60 одержує в якості вхідних розмірів d - h інформації про робочий стан енергетичного блока. Ними є в якості вхідного розміру d теплофікаційна потужність P_{FW} , в якості вхідної величини e кількість пари, що відбирається, для технологічних потреб або масовий потік пари для технологічних потреб M_{PD} , у якості вхідної величини f ступінь дроселювання D_{FD} регулюючого клапана свіжої пари 10, у якості вхідної величини g можливе навантаження KL енергетичного блока і у якості вхідної величини h технологічна готовність TB наявних у розпорядженні накопичувачів енергії. Подальші робочі значення P можуть підводитися до регулюючого пристрою 60 через вхід i .

Входи a - i належать до першого регулюючого модуля 62 регулюючого пристрою 60. Вони враховують застосовані для відрізка процесу, який підлягає регулюванню, параметри процесу P_S , P_I , P_{WL} , P_{FW} , M_{PD} , D_{FD} , KL , TB і P . На основі алгоритму, заснованого на технологічних знаннях про потенціал резервної потужності окремих заходів у першому регулюючому модулі 62 одержують критерії ухвалення рішення для комбінації заходів. Для цього визначають актуальний робочий стан, що характеризується потужністю генератора P_S і теплофікаційною потужністю P_{FW} , а також масовим потоком пари для технологічних потреб M_{PD} і ступенем дроселювання D_{FD} . При цьому для кожного актуального робочого стану встановлюють оптимальну комбінацію заходів L_1, \dots, L_n для покриття резервної потужності, що вимагається миттєво. При цьому враховують також обмеження за рахунок можливої потужності KL і технологічної готовності TB окремих заходів L_n . Зрештою для встановлених заходів L_n обчислюють частки потужності $R_{SRM(1, \dots, n)}$ і в якості вихідної величини I утворюють розрізняльний для заходів L_n , які приймають участь. Крім того, у якості подальшої вихідної величини k визначають додаткову теплову потужність ΔP_{WL} для (не поданого) регулювання парогенератора.

Вихідні величини j та i , а також теплофікаційна теплова потужність P_{WL} утворюють вхідні розміри регулюючого модуля 64. У регулюючому модулі 64 у якості вихідних величин m - g утворюються задані значення положення Y_{FD} , Y_{UKL} , Y_{PDKL} та Y_{KL} . Для регулюючого клапана свіжої пари 10, для пропускнуго клапана 32, регулюючих клапанів 28 і 36, регулюючого клапана 22 або, відповідно, регулюючих клапанів 12, 18, 24 і 34. Обчислені задані значення положення Y коригують за допомогою зв'язаного з регулюючим модулем 64 регулюючого модуля 66, до якого в якості вхідних величин підводять задане значення потужності P_S і дійсне значення надлишкової потужності P_I .

У регулюючому модулі 68 у якості вихідних величин s і t в залежності від заходу L_n положення клапанів або регулюючих клапанів 10, 12, 18, 22, 24, 28, 30, 32, 34 та/або 36, а також їх швидкості зміни положення утворюють коректуру для заданих значень положення Y_{KP} , Y_{NKP} регулювання конденсату або, відповідно, допоміжного конденсату $NKR_{1,2,3}$. Для цього до регулюючого модуля 63 підводять в якості вхідних величин вихідні розміри i і g регулюючого модуля 62 або, відповідно, 64, тобто задане значення положення Y_{KL} та комбінацію заходів L_1, \dots, L_n .

Регулюючий модуль 70 містить алгоритми для визначення необхідного ступеня дроселювання для регулюючого клапана свіжої пари 10. Для цього до цього регулюючого модуля 70 підводять у якості вхідних величин вихідну величину j та подальшу вихідну величину u із регулюючого модуля 62, що описує актуальний робочий стан енергетичного блока. Обчислений ступінь дроселювання регулюючого клапана свіжої пари 10 порівнюють із заздалегідь обраним ступенем дроселювання і видають у якості вихідної величини i автоматично узгоджену ступінь дроселювання D_{FD} .

Дроселювання регулюючого клапана або виконавчого органа свіжої пари 10, який встановлює масовий потік свіжої пари, підведеної до часткової турбіни високого тиску 2, відновлює тим самим регульований накопичувач енергії, який активується, і який може заряджатися під управлінням через певне задане значення положення Y_{FD} і через ступінь дроселювання D_{FD} або розряджатися під управлінням для надання у розпорядження резервної потужності. Для активування подальших накопичувачів енергії часткові потоки пари відбору або відпрацьованої пари $FD_{1,2}$, $MD_{1, \dots, 5}$, $ND_{1, \dots, 5}$, а також подача конденсату K або допоміжного конденсату NK окремо або разом, а також частково або цілком можуть дроселюватися за допомогою відповідних виконавчих органів (регулюючих клапанів, насосів) 12, 18, 22, 24, 28, 32, 34, 36, 42, 46, 48, 50. Тим самим частково зменшується або припиняється живлення ліній підігріву 14, 26. Управління відбувається, звичайно, через регулюючий пристрій 60 на основі відповідних заданих значень положення Y .

Лежаче в основі регулюючого пристрою 60 поєднання технологічних знань і договірних постанов, які, зокрема, при постачанні технологічною парою і теплофікаційною парою можуть мати особливий вплив на вибір заходів, гарантує як економічно найкраще використання наявних накопичувачів енергії, так і дбайливе ведення процесу енергетичної установки.

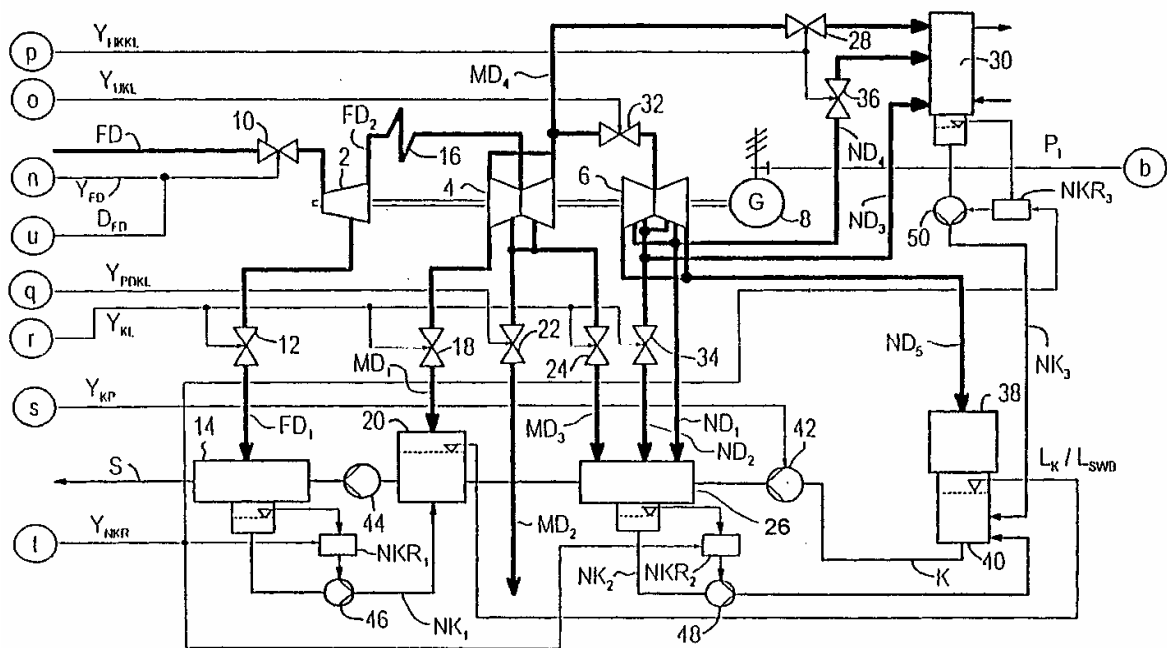


Fig. 1

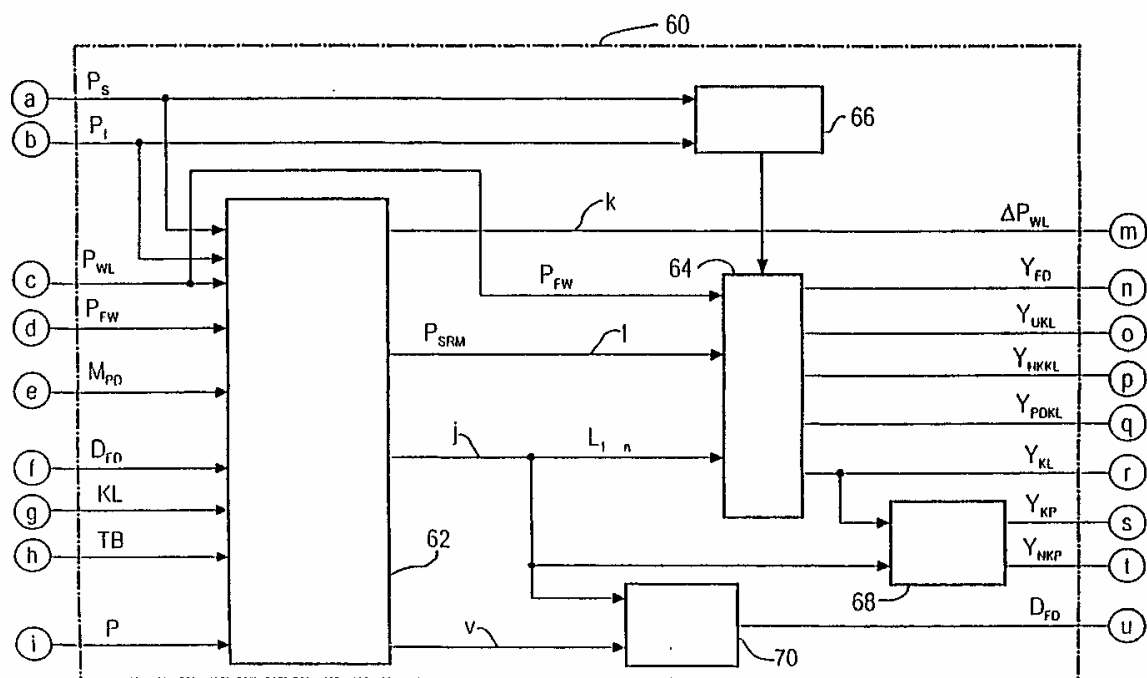


Fig. 2