

Винахід стосується способу охолодження ступеня турбіни низького тиску включеної в пароводяний контур парової турбіни, при якому теплоносії тече через ступінь турбіни низького тиску, зокрема в режимі неробочого ходу. Він спрямований далі на пристрій для здійснення способу.

Турбоагрегат із теплофікаційною турбіною виконаний часто так, що при забиранні тепла зі ступеня турбіни середнього тиску ступінь турбіни низького тиску або кожен ступінь турбіни низького тиску не одержує значного підводу тепла і тим самим працює в режимі неробочого ходу. Однак це призводить до високого нагрівання лопатної решітки у ступені турбіни низького тиску теплофікаційної турбіни, зокрема при повному забиранні тепла і заблокованому ступені турбіни низького тиску.

Для запобігання неприпустимих нагрівань внаслідок вентиляційних втрат у лопатній решітці відомим є спосіб, описаний в німецькій викладеній заявці DE 4129518 A1, який полягає в подаванні до ступеня турбіни низького тиску охолоджуючої пари і/або конденсату через передбачений на турбіні вивід. Однак це пов'язано з відносно великою втратою тепла, оскільки тепло, що міститься в охолоджуючій парі, разом з втраченим теплом, що головним чином виникає внаслідок вентиляції, відводиться через конденсатор, включений після парової турбіни, і тому не використовується для цілей нагрівання. Оскільки кількість охолоджуючої пари для зниження виникаючого внаслідок вентиляції підвищення температури в лопатній решітці повинна бути відповідно великою, то і теплові втрати є відносно високими.

Тому в основі винаходу лежить задача створення особливо ефективного охолодження ступеня турбіни низького тиску, зокрема в режимі неробочого ходу і/або слабкого навантаження. В пристрої, придатному для здійснення способу, це мусить бути досягнуто особливо простими засобами.

Відносно способу названа задача вирішується згідно з винаходом шляхом того, що у вигляді теплоносія використовують конденсат, який відбирають від включеного після парової турбіни конденсатора, причому теплоносії після протікання через ступінь турбіни низького тиску знову підводять до пароводяного контуру після того, як щонайменше один частковий потік теплоносія віддав прийняте при охолодженні тепло пароводяному контуру і при цьому сам охолонув.

При цьому винахід виходить з міркування, що придатний теплоносії для охолодження ступеня турбіни низького тиску в режимі неробочого ходу і/або слабкого навантаження додатково до своєї властивості ефективного охолодження як додаткову властивість має здатність до повернення якомога більшої частини тепла, втраченого внаслідок вентиляції кінцевих ступенів турбіни. Для цього теплоносії повинен мати відповідно низьку температуру. Оскільки конденсатор для підтримки необхідного вакууму знаходиться в експлуатації також і при неробочому ході ступеня турбіни низького тиску, застосування конденсату як теплоносія є особливо прийнятним, тим більше, що він має також відповідну температуру.

Проходження теплоносія відбувається доцільно в замкненому контурі охолодження. При цьому доцільно спрямовувати теплоносії через канали, які знаходяться в направляючій лопатці або в кожній направляючій лопатці ступеня турбіни низького тиску. Альтернативно теплоносії може направлятися також через передбачені всередині корпусу ступеня турбіни низького тиску канали, тобто вздовж зовнішнього або внутрішнього контуру внутрішнього корпусу.

Доцільно частковий потік підігрітого або нагрітого теплоносія після здійсненого охолодження подають до конденсатора на його нижній стороні, тоді як інший частковий потік підводиться до конденсатора на його верхній стороні.

Якщо підігрітий теплоносії подають до пароводяного контуру, то з огляду на тиск і температуру це здійснюється у відповідному місці і шляхом регулювання кінцевої температури підігрітого теплоносія. При особливо прийнятному регулюванні кінцевої температури теплоносія встановлюють потік теплоносія, що подається до ступеня турбіни низького тиску.

Відносно пристрою для охолодження ступеня турбіни низького тиску, включеної у пароводяний контур парової турбіни, з підключенням після неї конденсатором, у якій ступінь турбіни низького тиску підключений до з'єднаного з нижньою стороною конденсатора охолоджуючого трубопроводу, названа задача вирішується згідно з винаходом шляхом того, що в охолоджуючий трубопровід в напрямку потоку вслід за ступенем турбіни низького тиску первинною стороною підключають теплообмінник, вторинна сторона якого включена в пароводяний контур.

За допомогою цього теплообмінника або охолоджувача тепло, яке міститься у підігрітому теплоносії, для рекуперації може бути відібране особливо придатним способом і відведене до пароводяного контуру в такому прийнятному місці, де існує найнижчий тиск конденсату, наприклад після першого підігрівника низького тиску.

При цьому доцільним є, щоб охолоджуючий трубопровід був підключений до передбаченого безпосередньо під конденсатором збірника конденсату або збірного резервуару (Hotwell). При поверненні підігрітого теплоносія в пароводяний контур у прийнятному місці трубопровід контуру охолодження доцільно підключений до напірної сторони включеного в пароводяний контур конденсатного насосу. Альтернативно або додатково в охолоджуючий трубопровід може бути включений циркуляційний насос. Вмикання циркуляційного насосу є особливо доцільним, якщо теплоносії проходить по окремій петлі охолодження з підключенням охолоджуючого трубопроводу безпосередньо до резервуару конденсатора.

Приклади виконання винаходу пояснюються більш докладно за допомогою креслень. При цьому на фігурах показані:

Фіг. 1 - функціональна схема для охолодження направляючих лопаток ступеня турбіни низького тиску за допомогою конденсату, відібраного після конденсатного насосу і

Фіг. 2 - альтернативна функціональна схема з петлею охолодження, яка проходить через збірник конденсатора.

Відповідні один до одного елементи на обох фігурах мають однакові позиційні позначення.

Фігура 1 схематично показує тільки кінцевий ступінь парової турбіни 1 із двопотоковим ступенем турбіни низького тиску 2, розташованим під ним конденсатором 4 і його збірником або збірним резервуаром 6 для конденсату К. Він через конденсатний трубопровід 8 з конденсатним насосом 10 підключається до зображеного тільки у розрізі пароводяного контуру 12 парової турбіни 1.

Конденсатний трубопровід 8 через перший підігрівник 14 і другий підігрівник 16 входить у також включену в

пароводяний контур 12 ємність для живильної води 18.

Під час роботи парової турбіни 1 конденсат К тече із збірному резервуару 6 конденсатора 4 через конденсатний трубопровід 8 і конденсатний насос 10, а також через підігрівники 14 і 16 у ємність живильної води 18, де він збирається і зазвичай підлягає дегазації. Звідти він у вигляді живильної води S підводиться не зображеним тут більш докладно чином у включені в пароводяний контур 12 випарювальні та перегрівальні поверхні з метою утворення пари для парової турбіни 1. Пара у паровій турбіні 1 розширюється при виконанні роботи і, нарешті, направляється в конденсатор 4, де вона конденсується. Конденсат К збирається в збірному резервуарі 6.

Частковий потік t_1 конденсату К із збірного резервуару 6 конденсатора 4 поступає через охолоджуючий трубопровід 22 ступеня турбіни низького тиску 2, підключений на напірній стороні конденсатного насоса 10 до конденсатного трубопроводу 8. При цьому визначають кількість конденсату або теплоносія К', тобто потік теплоносія, що проходить за одиницю часу через трубопровід контуру охолодження 22. У прикладі виконання теплоносії К' протікає через направляючі лопатки 24 ступеня турбіни низького тиску 2, із яких показано тільки дві. Для цього не зображеним більш докладно способом всередині направляючих лопаток 24 передбачені канали, які об'єднані один з одним в петлю охолодження. Альтернативно або додатково теплоносії К1 може також протікати через передбачені всередині внутрішнього корпусу 26 ступеня турбіни низького тиску 2 канали, які можуть бути зовнішнім або внутрішнім контуром внутрішнього корпусу 26. Це показано стрілками 28.

У охолоджуючий трубопровід 22 на верхній стороні включено клапан 30 для встановлення кількості теплоносія К', що підводиться до ступеня турбіни низького тиску 2 за одиницю часу, тобто для встановлення часткового потоку t_1 конденсату.

Охолоджуючий трубопровід 22 знаходиться на нижній стороні, тобто в напрямку течії теплоносія К' після ступеня турбіни низького тиску 2, проходить через другий підігрівник 16 і входить у ємність живильної води 18. Між ступенем турбіни низького тиску 2 і другим підігрівником 16 в охолоджуючий трубопровід 22 включений зворотний клапан 32.

Спрямований через охолоджуючий трубопровід 22 частковий потік t_1 теплоносія К', обтікаючи направляючі лопатки 24 і/або внутрішній корпус 26, сприймає тепло зі ступеня турбіни низького тиску 2, яке виникає в режимі неробочого ходу або слабкого навантаження шляхом вентиляції, і в другому підігрівнику 16 віддає його конденсату, який надходить до ємності живильної води 18. Охолоджений при цьому теплоносії К' змішується в ємності живильної води 18 із безпосередньо підведеним до неї конденсатом.

Для встановлення кінцевої температури T_k для підігрітого внаслідок охолодження ступеня турбіни низького тиску 2 або нагрітого теплоносія К' потік теплоносія змінюють за допомогою клапану 30. Для цього температурний датчик вимірює актуальну кінцеву температуру T_k підігрітого теплоносія К' на нижній стороні ступеня турбіни низького тиску 2, яка включена в охолоджуючий трубопровід 22 всередині петлі охолодження. Модуль регулятора 36 віддає регулюючу перемінну величину, отриману на основі виміряної кінцевої температури T_k та попередньо заданої температури, через сигнальну лінію 38 на регульований клапан 30 з метою визначення потоку теплоносія t_1 .

У прикладі виконання відповідно до фігури 2 охолодження ступеня турбіни низького тиску 2 відбувається особливо просто шляхом того, що конденсат К як теплоносії К' із збірного резервуару 6 конденсатора 4 подають через включений в охолоджуючий трубопровід 22' циркуляційний насос 40 до направляючих лопаток 24 ступеня турбіни низького тиску 2. Частковий потік t_2 теплоносія К', що і сам нагрівається при охолодженні, направляється через приєднаний на нижній стороні охолоджуючого трубопроводу 22' трубопровід часткового потоку 42, у який включений клапан 44, та через систему труб конденсатора 4. При цьому нагрітий теплоносії К' віддає своє тепло охолоджуючій воді W, яка протікає через конденсатор 4. Кількість відібраного від збірного резервуару 6 за одиницю часу теплоносія К' знову встановлюється за допомогою клапана 30', включеного в охолоджуючий трубопровід 22'. Клапан 30' знов-таки управляється модулем регулятора 36 залежно від виміряної за допомогою температурного датчика 34 кінцевої температури T_k нагрітого теплоносія К'.

Залишок часткового потоку t_3 нагрітого теплоносія К', який встановлюється клапанами 48 і 50, проходить знову через теплообмінник або підігрівник 16', причому у відповідному місці він знову віддає своє тепло пароводяному контуру 12 парової турбіни 1. Тому у прикладі виконання відповідно до фігури 2 теплоносії К' проходить по окремому, замкнутому безпосередньо через конденсатор 4 контурі охолодження 52.

Для запобігання ерозії лопатної решітки направляючі лопатки 24 можуть нагріватися через їхні охолоджуючі канали також парою, яка для цього може бути відібрана способом, не зображеним більш детально.

