

Література

1. Буренин Н.И., Сафаров Р.Т. Стабилизация частоты генераторов СВЧ. / Н.И.Буренин, Р.Т. Сафаров // - М.: Советское радио, 1962.
2. Гвоздев Б.Н., Ештокин В.Н., Зырин С.С., Пелевин А.А. Частотные шумы твердотельных генераторов в режимах комбинированной параметрической и электрической стабилизации частоты / Б.Н. Гвоздев, В.Н.Ештокин, С.С.Зырин, А.А. Пелевин // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. – 1980. - № 4. – С. 24-28.
3. Бородин А.И., Булгаков Б.М., Смородин В.В. Полупроводниковый генератор с колебательной системой-открытый резонатор с отражательной решеткой. / А.И.Бородин, Б.М.Булгаков, В.В.Смородин //Письма в ЖТФ. 1980, том 6, №10, -С.1189-1193.
4. Фисун А.И., Белоус О.И. Квазиоптические твердотельные источники излучения: принципы построения, тенденции развития и перспективы приложений. / А.И.Фисун, О.И.Белоус //Зарубежная электроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1999 №4, -С 41-64.
5. Царапкин Д.П. Применение диэлектрических резонаторов с волнами типа «шепчущей галереи» для стабилизации частоты автогенераторов СВЧ / Д.П. Царапкин // Радиотехника. – 2002. - № 2. – С. 28-35.

УДК 621.438

ВПЛИВ СТАНУ КІНЦЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ НА ЕКОНОМІЧНІСТЬ ПАРОВИХ ТУРБІН

У даній статті представлені результати дослідження впливу стану кінцевих ущільнень на питому витрату теплоти бруто при максимальному навантаженні парових турбін К-300-240

Ключові слова: енергоблок, парова турбіна, кінцеве ущільнення

В данной статье представлены результаты исследования влияния состояния конечных уплотнений на удельный расход теплоты бруто при максимальной нагрузке паровых турбин К-300-240

Ключевые слова: энергоблок, паровая турбина, конечное уплотнение

The results of study of the effect of state of finite seals on the specific consumption of heat at the maximum load of steam turbine K-300-240 are presented in the article

Keywords: energy unit, steam turbine, finite seal

Є.М. Перфілов

Головний фахівець турбінного цеху
ВАТ "ЛьвівОРГРЕС"

вул. Тютюнників, 55, м. Львів, Україна, 79011
Контактний тел.: (032) 276-01-47

Й.С. Мисак

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*
Контактний тел.: (032) 258-25-15, 096-436-80-63
E-mail: kravetst@ukr.net

Т.Ю. Кравець

Кандидат технічних наук, доцент, заступник завідувача
кафедри ТТЕС

*Кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій
Національний університет "Львівська політехніка"
вул. С.Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013
Контактний тел.: (032) 258-25-15, 067-674-81-65
E-mail: kravetst@ukr.net

1. Постановка проблеми

В 2006, 2007 рр. спеціалістами АТ "ЛьвівОРГРЕС" були проведені теплові випробування турбіни К-300-240-2 ХТГЗ з бездеаераторною тепловою схемою ст. №6 Ладжинської ТЕС і турбіни К-300-240 ХТГЗ другої

модифікації ст. №13 Придніпровської ТЕС з метою розробки нормативних характеристик енергоблоків. Термін експлуатації кожної з цих турбін становить близько сорока років. За результатами випробувань питома витрата теплоти бруто збільшена при максимальному навантаженні на 3,2% на турбіні ст. №6 Ладжинської

ТЕС і на 4,2% на турбіні ст. №13 Придніпровської ТЕС в порівнянні з даними типових енергетичних характеристик [1, 2]. Стан проточних частин і регенеративних підігрівників обох турбін був приблизно однаковий, такий що відповідає терміну і умовам їх експлуатації. Отже слід відзначити, що однією з найсуттєвіших причин зниження економічності турбін є незадовільний стан роботи кінцевих ущільнень.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Явище негативного впливу зношення кінцевих ущільнень на економічність парових турбін є загальновідомим, зокрема і для турбін К-300-240 [1, 2]. Проте питання впливу стану кінцевих ущільнень на питому витрату теплоти бруто при максимальному навантаженні вивчено недостатньо [3, 4, 5].

3. Мета статті

Визначити вплив стану кінцевих ущільнень на економічність парових турбін К-300-240 енергоблоків Ладизинської та Придніпровської ТЕС потужністю 300 МВт.

4. Виклад основного матеріалу

Однією з найсуттєвіших причин зниження економічності турбін є незадовільний стан кінцевих ущільнень. Протіканні крізь ущільнення турбіни ст. №6 Ладизинської ТЕС були збільшені настільки, що пара з IV відбору на ПНТ-6 не подавалась, засувка на паропроводі відбору була закрита, основний конденсат в ПНТ-6 підігрівався тільки парою відсмоктив з камер переднього і заднього кінцевих ущільнень ЦВТ, яка скидалась в ПНТ-6 (рис. 1).

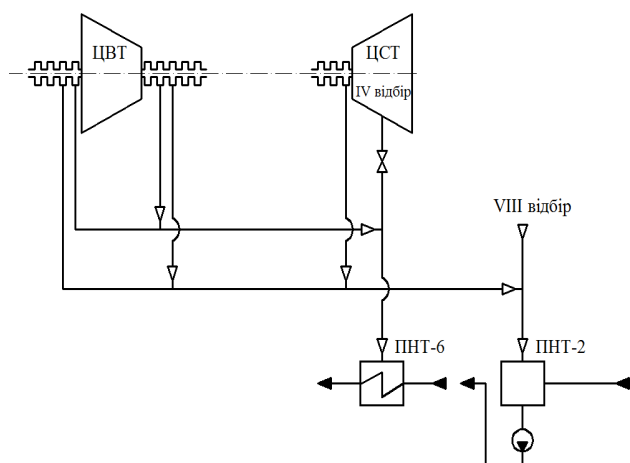


Рис. 1. Схема відсмоктив пари з кінцевих ущільнень турбіни ст. №6 Ладизинської ТЕС

На турбіні ст. №13 Придніпровської ТЕС стан кінцевих ущільнень був ще гіршим. Протікання пари крізь ущільнення ЦВТ і ЦСТ були такими великими, що пара відсмоктив з переднього і заднього кінцевого

ущільнення ЦВТ та переднього ущільнення ЦСТ, яка скидалась в паропровід IV відбору, не могла повністю прийматися в ПНТ-5, тому для повного використання цієї пари в схемі регенерації деаератор був відключений від III відбору і підключений разом з ПНТ-5 до паропроводу IV відбору (рис. 2).

Але навіть при таких переключеннях в тепловій схемі частина пари відсмоктив, яка направлялась в IV відбір, в основному пара з переднього кінцевого ущільнення ЦСТ, поступала по паропроводу IV відбору в ЦСТ майже на всіх навантаженнях турбіни, крім найнижчих, що було видно по високій, до 500°C, температурі в IV відборі біля ЦСТ. Пара VIII відбору на ПНТ-2 також майже повністю витіснялась парою відсмоктив з кінцевих ущільнень ЦВТ і ЦСТ, яка скидалась в паропровід VIII відбору.

Хоча в теперішніх умовах практично неможливо організувати додаткові вимірювання для детального дослідження стану турбінного обладнання, зокрема, вимірювання витрати пари відсмоктив з кінцевих ущільнень турбіни, все-таки при проведенні теплових випробувань цих турбін вдалось достатньо точно визначити сумарну витрату пари відсмоктив з переднього і заднього кінцевого ущільнення ЦВТ, яка направляється в паропровід IV відбору, по тепловому балансу останнього ПНТ.

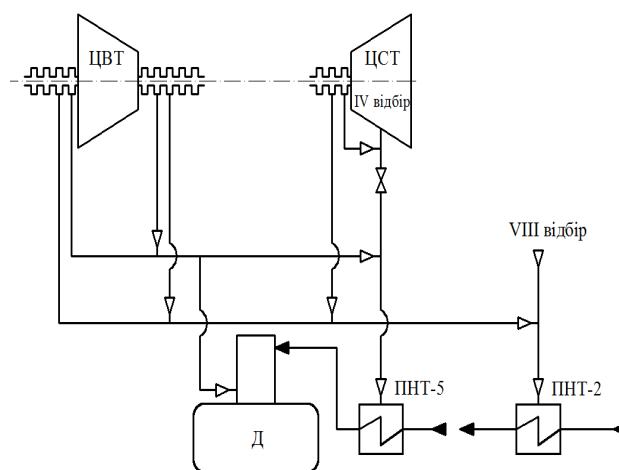


Рис. 2. Схема відсмоктив пари з кінцевих ущільнень турбіни ст. №13 Придніпровської ТЕС

На турбіні ст. №13 Придніпровської ТЕС для цього довелося провести спеціальну серію дослідів, в якій деаератор був переключений на стороннє джерело подачі пари, а щоб ПНТ-5 міг прийняти всю пару відсмоктив, температура основного конденсату перед ним була знижена за рахунок відключення ПНТ-4. Засувка на паропроводі IV відбору була закрита, і гаряча пара першого відсмокту з переднього кінцевого ущільнення ЦСТ повністю поступала в проточну частину турбіни, при чому було відмічено деяке зростання відносного розширення ротора ЦСТ.

Визначені таким способом сумарні величини відсмоктив з передніх і задніх ущільнень ЦВТ обох турбін були порівняні з тими самими величинами, безпосередньо вимірними при випробуваннях нових турбін К-300-240-2 ХТГЗ [3, 4] і К-300-240

ХТГЗ другої модифікації [5]. В порівнянні з новими ущільненнями сумарні величини відсмоктів з передніх і задніх ущільнень ЦВТ, заведених в паропровід IV відбору, збільшені на турбіні ст. №6 Ладизинської ТЕС в експлуатаційному діапазоні навантажень, в середньому, в 2 рази, на турбіні ст. №13 Придніпровської ТЕС – в 5,1 рази. При опрацюванні матеріалів випробувань було зроблено припущення, що знос кінцевих ущільнень рівномірний, тому всі величини протікань пари крізь ущільнення і відсмоктів з ущільнень, взяті з [3, 4, 5], були збільшені пропорційно збільшенню сумарних величин відсмоктів з передніх і задніх ущільнень ЦВТ в IV відбір.

Результати випробувань турбін були приведені до нормальних умов, при котрих будуються нормативні характеристики енергоблоків. Однією з таких умов є фактичний стан кінцевих ущільнень, тобто такий, при якому протікання пари крізь ущільнення кількісно збільшені в порівнянні з нормальним станом.

Прийняття збільшених протікань крізь кінцеві ущільнення в якості нормативних є наслідком того, що при теперішньому рівні фінансування ремонтних робіт енергоблоків кінцеві ущільнення не будуть відновлені в доступній для огляду перспективі, а тому визначення втрат економічності турбін через зношення кінцевих ущільнень становить чисто теоретичний інтерес.

На основі результатів теплових випробувань турбіни ст. №6 Ладизинської ТЕС зростання питомої витрати теплоти бруто на цю турбіну тільки через погіршення стану кінцевих ущільнень оцінено величиною 0,7% на високих навантаженнях. При цьому за нормальні величини протікань пари крізь ущільнення прийняті дані [3, 4].

Для турбіни ст. №13 Придніпровської ТЕС вплив стану кінцевих ущільнень на економічність турбіни був визначений наступним способом. Питомі витрати теплоти бруто на турбіну в нормальних умовах розраховувалась по спеціально розробленій в АТ "ЛьвівОРГРЕС" комп'ютерній програмі, яка виконує повний перерахунок теплової схеми турбіни на нормальні умови методом послідовних наближень з врахуванням всіх відхилень параметрів і стану теплової схеми в умовах дослідів від номінальних. Перший розрахунок, по результатах якого розробляються нормативні характеристики енергоблоку, був виконаний з використанням фактичних протікань пари крізь кінцеві ущільнення в якості однієї з номінальних умов. Для другого розрахунку був прийнятий той самий набір номінальних умов з тою лише різницею, що величини протікань і відсмоктів були прийняті за даними [5] для нормального стану ущільнень, а деаератор з постійним тиском в ньому 7 кгс/см² був "переведений" на живлення від III відбору.

На рис. 3 побудовані залежності питомої витрати теплоти бруто на турбіну ст. №13 Придніпровської ТЕС при фактичному і нормальному стані кінцевих ущільнень від потужності на клеммах генератора. В середньому зростання питомої витрати теплоти бруто на турбіну через зношення кінцевих ущільнень при постійній потужності становить 1,3%, що еквівалентно зниженню потужності на 1,9% при постійній витраті теплоти на турбіну.

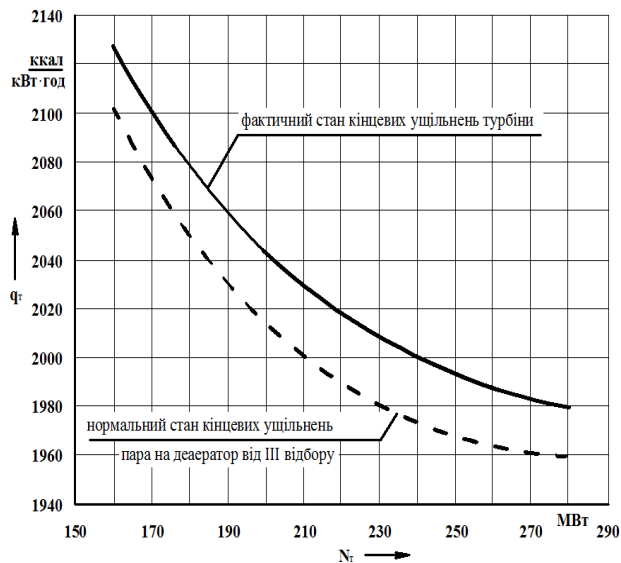


Рис. 3. Питомі витрати теплоти бруто при фактичному і нормальному стані кінцевих ущільнень турбіни ст. №13 Придніпровської ТЕС

Негативний вплив зношення кінцевих ущільнень на економічність парових турбін відомий і не потребує пояснень. Додатково можна лише зауважити, що на турбіні ст. №13 Придніпровської ТЕС спостерігалось зниження внутрішнього відносного ККД ЧСТ на середніх і високих навантаженнях, коли пара з переднього кінцевого ущільнення ЦСТ надходила в проточну частину турбіни (рис. 4).

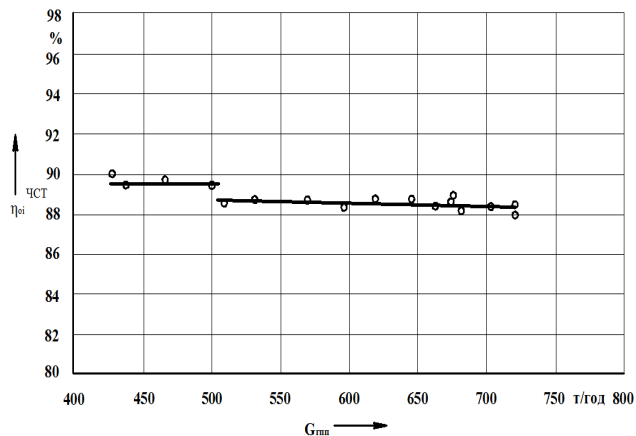


Рис. 4. Внутрішній відносний ККД ЧСТ турбіни ст. №13 Придніпровської ТЕС

Таке зниження ККД ЧСТ можна пояснити зміщенням робочого процесу в проточній частині вправо, починаючи з камери IV відбору, за рахунок підмішування гарячої пари в цій точці процесу, і це також є наслідком незадовільного стану кінцевих ущільнень турбіни.

Висновки

В результаті проведених випробувань на енергоблоках 300 МВт Ладизинської та Придніпровської

ТЕС встановлено, що зростання питомої витрати теплоти бруто на турбіну через зношення кінцевих ущільнень при постійній потужності становить 1,3%,

що еквівалентно зниженню потужності на 1,9% при постійній витраті теплоти на турбіну.

Література

1. Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-300-240-2 ХТГЗ. [Текст]. — Введ. 14.02.1977. - М.: Изд-во СПО Союзтехэнерго, 1977. - 27 с.
2. Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-300-240 ХТГЗ второй модификации. [Текст]. — Введ. 28.08.1976. - М.: Изд-во СПО Союзтехэнерго, 1976. - 25 с.
3. Тепловые испытания турбины К-300-240-2 ХТГЗ ст. №5 Трипольской ГРЭС. [Текст]: отчет «ЛьвовОРГРЕС»; рук. Теплицкий М.Г. и др. - Львов, 1974. - 46 с.
4. Тепловые испытания турбины типа К-300-240 ХТГЗ ст. №10 Змиевской ГРЭС. [Текст]: отчет «ЛьвовОРГРЕС»; рук. Михайловцев Е.И. и др. - Львов, 1972. - 38 с.
5. Тепловые испытания турбины типа К-300-240 ХТГЗ ст. №2 Трипольской ГРЭС. [Текст]: отчет «ЛьвовОРГРЕС»; рук. Теплицкий М.Г. и др. - Львов, 1973. - 43 с.

Розглянуто результати моделювання теплових процесів в живому організмі з залученням математичного апарату теорії теплопровідності для інтерпретації експериментальних даних

Ключові слова: температура, теплопровідність, розподіл температури

Рассмотрены результаты моделирования тепловых процессов внутри живого организма с привлечением математического аппарата теории теплопроводности для интерпретации данных, полученных опытным путем

Ключевые слова: температура, теплопроводность, распределение температуры

The results of modeling of thermal processes within a living body with using the mathematical apparatus of the heat conduction theory for the interpretation of data obtained experimentally are considered

Keywords: temperature, heat conductivity, temperature distribution

УДК 536.5:53.082.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПО ДАННЫМ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА

М. Г. Самынина

Младший научный сотрудник лаборатории
Лаборатория искусственного осеменения животных и
репродуктивной биологии животных
Институт животноводства
Национальная академия аграрных наук
ул. 7-й Гвардейской Армии, 3, пгт. Кулинич,
Харьковский р-н, 62404
Контактный тел.: (057) 740-31-67

При рассмотрении живого объекта с точки зрения физики существует возможность объяснить экспериментальные данные и решить многие теоретические проблемы и практические задачи. Так, определенные трудности вызывает исследование температуры, которая является комплексным показателем состояния биологической системы. Для млекопитающих как представителей гомеотермных свойственно относительное постоянство температуры тела, однако исследование и объяснение теплофизических изменений вызывает ряд неточностей, обусловленных нарушением естественных терморегуляционных функций организма в результате фиксации животных или наркоза [1].

Теоретические аспекты теплофизики детально описывают тепловые процессы, происходящие в твердых телах. Теория теплопроводности предоставляет метод оценки температуры твердого тела – по величине теплового потока от более нагретого участка в сторону менее нагретого [1]. В одномерных случаях решение дифференциального уравнения, которому удовлетворяет вектор теплового потока, позволяет найти распределение температуры T [2]:

$$\rho c_v \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (1)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³, c_v – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К), k – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К).