

УДК 621.165

Н.И. МАМОНТОВ, И.В. ГАРЬКАВЕНКО,
О.М. КОБЦЕВ, Ю.Т. ВОЕВОДИН, инженеры

*Филиал Харьковское Центральное Конструкторское Бюро «Энергопрогресс»
ООО «Котлотурбопром»*

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПУСКА И РАБОТЫ ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО БЛОКА Т-250/300-240 ХАРЬКОВСКОЙ ТЭЦ-5 НА ТУРБОПРИВОДЕ ПРИ ЕГО ПИТАНИИ ПАРОМ ПОСТОРОННЕГО ИСТОЧНИКА

Харківським ЦКБ «Енергопрогрес» розроблено та впроваджено реконструкцію живильного турбонасоса (ПТН) турбіни Т-250/300-240 ст. № 3 Харківської ТЕЦ-5. Реконструкція проточної частини власне приводної турбіни дозволила зменшити втрату тиску на регулюючому клапані та витрату пари на ПТН за збереження потрібної потужності.

Також розроблено реконструкцію схеми підключення ПТН по підведенню та відведенню пари, що дозволяє здійснювати пуск енергоблоку на ПТН при живленні його паром стороннього джерела.

В наслідок реконструкції ПТН підвищується економічність роботи, надійність та маневреність енергоблоку, зменшуються витрати палива під час пусків та на основних режимах.

Development and the reconstruction of nutritious turbo pump of the turbine T-250/300-240 an item № 3 of Kharkov TPP-5 was developed by Kharkov central design bureau "Energoprogress". The reconstruction of a flowing part of drive turbine has allowed to lower loss of pressure on the regulating valve and to reduce the charge steam on nutritious turbo pump at preservation of necessary output.

Reconstruction of the circuit of connection nutritious turbo pump on inlet and outlet steam allowing to carry out start-up power unit on nutritious turbo pump at its feed the steam of an extraneous source also was developed.

At reconstruction nutritious turbo pump the profitability of work, reliability and maneuverability power unit raises, the charge of fuel on start-up and basic modes is reduced.

Анализ проектной схемы пуска блока и условия перехода на пуск и работу от ПТН

Согласно типовой инструкции по пуску и останову блока мощностью 250 МВт с турбиной Т-250/300-240 пуск должен осуществляться на питательном электронасосе (ПЭН). В начальный период пуска блока, после прокачки питательной воды по потокам котла, устанавливается растопочный расход воды 75 кг/с (270 т/ч) на котёл и включаются растопочные регуляторы питания.

Видимому значению расхода воды 75 кг/с (270 т/ч) при температуре от 100 °С до 150 °С соответствует действительный расход питательной воды 83,3 кг/с (300 т/ч).

Пуск блока и набор нагрузки ориентировочно до 160 МВт производится на ПЭНе. При расходе питательной воды на котёл $\approx 138,9$ кг/с (500 т/ч) осуществляется переход с ПЭН на питательный турбонасос (ПТН).

Питательный электронасос типа ПЭ-600-300-3 производства Сумского насосного завода комплектуется редуктором типа Б-10М1.

Питательный турбонасос типа ПТН-1100-350-24 — производства ЛНПО «Пролетарский завод» (завод «Экономайзер»).

Приводная турбина ПТН типа Р-12-24/6 рассчитана на работу с параметрами пара:

- начальное давление пара 2,35 МПа (24 ата),
- начальная температура 483 °С,
- давление пара за турбиной 0,59 МПа (6,0 ата).

Турбопривод ПН питается паром из третьего отбора турбины (из ЦСД-1). Выхлопной пар направляется в ЦСД-2, используется для питания ПНД -5 и, в случае необходимости, на собственные нужды ТЭЦ.

Первые же годы эксплуатации блока на питательном электронасосе (ПЭН) обнаружили массовые повреждения редукторов, устанавливаемых в комплекте с электронасосом. Наблюдалась повышенная вибрация агрегата, сильный шум, нагрев подшипников. Указанные факторы сказываются на показателях надежности, экономичности всего блока и коэффициенте его готовности.

Для исключения использования ПЭН при пуске блока и использования его как резервного насоса, на ряде электростанций с энергоблоками мощностью 250 – 300 МВт (Ладыжинская, Кармановская, Зуевская, Минская ТЭЦ-4, ТЭЦ-5 Киевэнерго) проводились пробные разработки схемы пуска и работы блока на частичных нагрузках на турбопитательном насосе (ТПН) при его питании паром от постороннего источника.

Разработанная ХЦКБ схема пуска блока Т-250/300-240, применительно к Харьковской ТЭЦ-5, обеспечивает повышение надежности и экономичности работы блока Т-250/300-240 при его пуске, останове, а также работе на частичных нагрузках. На этих режимах работа турбопитательного насоса (ТПН) производится на паре от постороннего источника (общестанционного коллектора 13 ата давлением 1,078 – 1,275 МПа (11-13 ата) и температурой 250 – 280 °С) и имеет существенные отличия от вышеперечисленных схем в части подвода, сброса пара после турбопривода, а также мероприятий по обеспечению надежности эксплуатации энергоблока при питании турбопривода паром от постороннего источника и на переходных режимах.

В проекте были разработаны:

- тепловая схема с выбором мест подвода и отвода стороннего пара от ПТН и диаметров трубопроводов;
- дополнительные мероприятия по системе регулирования, защитами, обеспечивающие надежность эксплуатации блока при пуске на питательном турбонасосе;
- чертежи трубопроводов с установленной запорной, регулирующей и защитной арматурой;
- тип и конструкция дополнительно устанавливаемой защитной арматуры;
- дополнения к инструкции по пуску и эксплуатации энергоблока с ПТН при питании его от постороннего источника.

Работа турбопривода на паре постороннего источника

Работа турбопривода на паре постороннего источника производится при отключении от главной турбины по подводу пара к ПТН и сбросу с него.

Сброс отработавшего пара при работе ПТН от постороннего источника направлен в расширитель конденсатора главной турбины.

При этом должны выполняться следующие условия:

- 1) расход отработавшего пара приводной турбины не должен превышать 27,78 кг/с (100 т/ч), температура выхлопного пара не более 140 °С;
- 2) давление в расширителе конденсатора не более 34,3 кПа (0,35 ата), температура на входе в конденсатор не более 120 °С;
- 3) при отключении генератора от сети должен отключаться и ПТН.

Таким образом, для питания ПТН паром от постороннего источника вышеуказанные условия требуют:

- 1) установки регулирующего органа на выхлопе приводной турбины, чтобы поддерживать давление за турбиной в определенном диапазоне;
- 2) установки стопорного клапана на паропроводе подвода пара постороннего источника, связанного с системой регулирования и защиты главной турбины;
- 3) установки обратного клапана на паропроводе подвода пара во избежание попадания пара из третьего отбора главной турбины в коллектор 13 ата.
- 4) установки дополнительного охладителя пара.

На рис. 1 представлена принципиальная схема обвязки ПТН по пару для пуска и работы блока 250 МВт на турбоприводе при его питании паром постороннего источника.

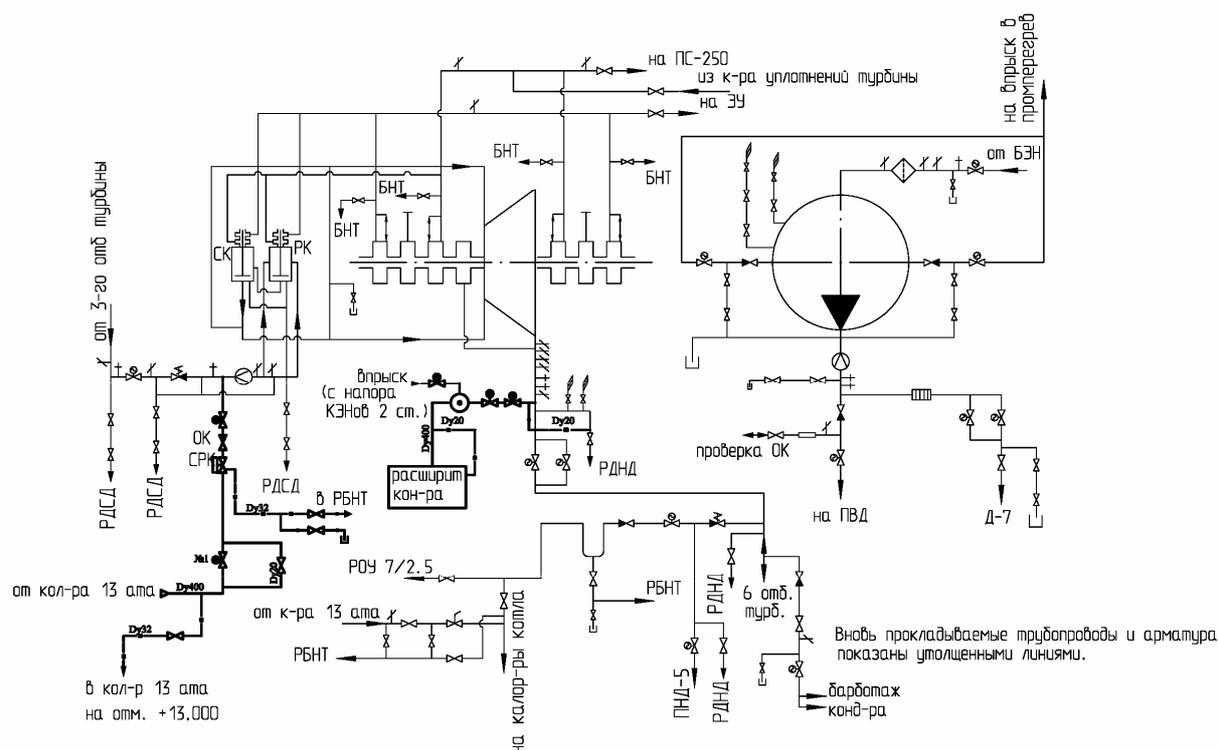


Рис. 1. Принципиальная тепловая схема работы ПТН на паре от постороннего источника

В условиях Харьковской ТЭЦ-5 источником постороннего пара является общестанционный коллектор 13 ата с располагаемым количеством пара 44,44 кг/с (160 т/ч). Диапазон изменения давления в коллекторе — от 1,078 МПа до 1,275 МПа (от 11 ата до 13 ата). Температура пара в коллекторе находится в диапазоне от 250 °С до 280 °С. Пар в коллектор поступает от турбин Т-100-130, реконструированных по проектам ХЦКБ по организации дополнительных нерегулируемых отборов, а также от редукционно-охладительных установок.

Для выбора оптимального варианта рассматривались различные схемы включения ПТН по отводу выхлопного пара.

По каждому варианту определены необходимые расходы пара на ПТН для обеспечения внутренней мощности с учётом ограничения по условию прочности последней ступени приводной турбины и пропускной способности ПТН при принятом усреднённом давлении в коллекторе $P_{кол} = 1,175$ МПа (12 ата). Оптимальным является

вариант сброса выхлопного пара в расширитель конденсатора главной турбины с организацией впрыска охлаждающей воды в выхлопном трубопроводе.

С учётом гидравлического сопротивления выхлопного трубопровода естественное давление пара за приводной турбиной при максимальном расходе пара на приводную турбину ПТН 27,78 кг/с (100 т/ч) составляет порядка 0,275 МПа (2,8 ата). Эта величина давления соответствует давлению пара в камере шестого отбора на режиме 127,8 – 138,9 кг/с (460 – 500 т/ч), когда питание и сброс пара ПТН осуществляется по стандартной схеме.

При расходах пара на приводную турбину ниже 27,78 кг/с (100 т/ч) давление пара на выхлопе турбины поддерживается с помощью регулирующей задвижки на уровне 0,275 МПа (2,8 ата).

Из совместной энергетической характеристики работы питательного насоса и турбопривода определено, что требуемая мощность питательного насоса обеспечивается приводной турбиной во всем диапазоне пуска и набора мощности главной турбиной.

Переход на проектную схему питания турбопривода осуществляется при достижении нагрузки $\approx 40\%$, соответствующей расходу воды 111,11 кг/с (400 т/ч) на прямоточном режиме и номинальных параметрах пара в соответствии с «Типовой инструкцией по пуску...» [1].

Давление в третьем отборе при этом должно быть на 0,098 МПа (1 кгс/см²) выше давления пара перед соплами ПТН.

Следует отметить, что кардинальным решением для увеличения запаса по производительности ПТН является использование технологии пусков на скользящем давлении во всем тракте котла. Тем более, что на блоках СКД накоплен достаточно большой опыт внедрения таких режимов.

Внедрение режимов пуска на скользящем давлении при снижении требуемого напора насоса (до 18,0 МПа) позволит также использовать для питания ПТН сторонний пар с более низкими значениями температуры (250-280⁰С).

Годовая экономия условного топлива на пусковых и частичных режимах при применении схемы составит порядка 3 тыс. тонн.

Реконструкция приводной турбины питательного насоса типа Р-12-24-6

В соответствии с «Типовой энергетической характеристикой турбоагрегата Т-250/300-240» [2] расход пара на ПТН составляет около 41,7 кг/с (150 т/ч), в действительности по данным испытаний расход пара на ПТН может достигать 50 кг/с (180 т/ч). Расчётный расход пара на приводную турбину составляет 43 кг/с (155 т/ч), при массовой подаче питательной воды насосом 265,3 кг/с (955 т/ч).

В 2003 году на Харьковской ТЭЦ-5 по проекту ХЦКБ была выполнена реконструкция турбопривода питательного насоса. Это позволило уменьшить дросселирование пара в регулирующих клапанах и тем самым уменьшить расход пара на турбопривод на 2,78 кг/с (10 т/ч), обеспечив при этом требуемый расход и давление питательной воды.

Внедрение реконструкции ПТН с уменьшением дросселирования пара в регулирующих клапанах и расхода пара на турбопривод позволяет экономить около 2000 т.у.т. в год.

Выводы

1. Разработанная Харьковским ЦКБ рабочая документация при её внедрении позволяет осуществлять пуск и работу теплофикационного блока Т-250/300-240 ст. №3 Харьковской ТЭЦ-5 на турбоприводе при его питании паром из коллектора 13 ата давлением в диапазоне от 1,078 МПа до 1,276 МПа (от 11 ата до 13 ата) с температурой от 250 °С до 280 °С.

Пуск на ПТНе повышает надёжность и коэффициент готовности блока за счёт исключения из работы ПЭНа, также позволяет снизить потери электроэнергии на собственные нужды электростанции. ПЭН используется как резервный насос.

2. Организация схемы требует монтажа дополнительных трубопроводов подвода и отвода от ПТН с установкой специальной арматуры, изменений в схемах регулирования, защитах и КИП и А.

3. Пуск и работа блока Т-250/300-240 при питании ПТН паром коллектора 13 ата возможна ориентировочно до расхода питательной воды на котёл 111,11 — 125 кг/с (400-450 т/ч), после чего необходимо осуществлять переход на питание паром от главной турбины по проектной схеме.

Комплексная реконструкция ПТН как собственно турбины, так и схемы ее работы на пусковых режимах позволит сэкономить в год порядка 5000 т.у.т., что в условиях Харьковской ТЭЦ-5 соответствует экономии дорогостоящего и дефицитного природного газа.

Расчетный срок окупаемости затрат при принятой цене одной т.у.т. 320 грн., составит порядка 1 года.

Литература

1. Типовая инструкция по пуску из различных тепловых состояний и останову теплофикационного моноблока мощностью 250 МВт с турбиной Т-250/300-240 ТМЗ и газомазутными котлами. – М.: СПО СТЭ, 1980.

2. Типовая энергетическая характеристика питательного турбонасоса ПТН-1100-35-24 для энергоблока 250 МВт. – М.: Союзтехэнерго, 1981.

3. *Радин Ю.А. и др.* Анализ особенностей режимов пуска теплофикационного блока мощностью 250 МВт с подачей стороннего пара на ПТН // Электрические станции. – 2000. – № 6.

© Мамонтов Н.И., Гарькавенко И.В., Кобцев О.М., Воеводин Ю.Т., 2006