

УДК 621.321

**РАСХОЛАЖИВАНИЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБИН
НЕБЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Иванова К.С., Михалченок В.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Качан С.А.

Проведение ремонтных работ на остановленных турбоустановках возможно только после остывания наиболее нагретых их элементов до температуры 150–170°C, при которой разрешается отключение валоповоротного устройства и прекращение подачи масла на подшипники турбин. Естественное остывание металла наиболее нагретых частей цилиндра высокого давления (ЦВД) обычно занимает 100 ч и более в зависимости от конструкции турбины, ее мощности и параметров рабочей среды [1].

Для сокращения продолжительности остывания турбин при выводе их в плановый или аварийный ремонт целесообразно использовать принудительное (ускоренное) расхолаживание. Эффективность принудительного расхолаживания в значительной степени зависит от выбранной технологии.

В настоящее время применяются следующие способы ускоренного расхолаживания турбин с регулируемыми отборами типа Т и ПТ [1]:

расхолаживание под нагрузкой;

расхолаживание низкопотенциальным паром от стороннего источника, которым обычно является коллектор собственных нужд или коллектор производственного отбора;

расхолаживание турбины атмосферным воздухом.

Для теплофикационных турбин, имеющих поперечные связи, ускоренное расхолаживание под нагрузкой производится по следующим технологиям [1]:

с использованием паропромывочного устройства для снижения температуры пара;

с подмешиванием низкопотенциального пара от стороннего источника и понижением его температуры впрыском питательной воды.

Обе эти технологии достаточно подробно исследованы экспериментально [2, 4] и позволяют производить расхолаживание до $t_{\max} = 180 - 190^\circ\text{C}$ за 7 – 10 ч в зависимости от конструкции турбины.

Однако они имеют следующие недостатки [1]:

их использование невозможно в случае аварийного останова, связанного с генератором или турбиной;

велика вероятность заброса воды в проточную часть при неправильных действиях персонала.

Если ограничиться расхолаживанием только за счет подвода низкопотенциального пара без понижения его температуры с помощью впрысков, то добиться полного расхолаживания не удастся; при этом температура наиболее нагретых частей остается на уровне $t_{\max} = 230 - 250^\circ\text{C}$.

В случае аварийного останова обычно используют расхолаживание сторонним паром или воздухом.

Расхолаживание паром из магистрали собственных нужд осуществляется следующим образом [4].

После отключения генератора от сети закрывают главную паровую задвижку (ГПЗ) и подают пар от магистрали собственных нужд через байпасную линию ГПЗ при полностью открытых регулирующих клапанах. Частоту вращения ротора обычно устанавливают на уровне 500–800 мин⁻¹ и поддерживают на этом уровне до конца расхолаживания. После снижения температуры ЦВД до 250–300 °С для дальнейшего расхолаживания к пару из коллектора собственных нужд подмешивают пар от деаэраторов с температурой около 160 °С, что позволяет снизить температуру до 180–190 °С.

По данным [4] для расхолаживания турбины ПТ-50-130/7 по приведенной технологии, потребовалось около 12 ч.

Недостаток этой технологии состоит в том, что расход пара ограничен из-за необходимости поддержания заданной частоты вращения, и это определяет время расхолаживания. Кроме того, в начальный, период расхолаживания из-за высокой разницы температур металла ($t_{мет} = 430–480$ °С) и охлаждающего пара ($t_n = 230–280$ °С) возможно возникновение высоких термических напряжений.

Воздушное расхолаживание может применяться как при аварийном, так и при плановом останове. Эта технология позволяет обеспечить глубокое расхолаживание турбины до $t_{max} < 150$ °С.

В основном используют два способа воздушного расхолаживания:

- с прокачкой воздуха через проточную часть турбины компрессором;
- с прокачкой воздуха через турбину с помощью эжектора.

Эти способы по затратам времени на расхолаживание приблизительно равноценны, они обеспечивают «мягкое» (постепенное) расхолаживание, но продолжительность такого расхолаживания по сравнению с паровыми увеличивается в 2 – 3 раза из-за низких коэффициентов теплоотдачи на границе воздух – металл, что снижает эффективность воздушного расхолаживания и делает предпочтительным паровое расхолаживание.

Кроме перечисленных выше способов расхолаживания для турбин с противодавлением и для ЦВД турбин с промежуточным перегревом применяют расхолаживание низкопотенциальным паром при противоточном его движении через цилиндр и вращении турбины на валоповороте [3].

В [1] отмечается, что такая технология может быть с успехом применена для турбин типа Т и ПТ.

Для ее реализации можно использовать схему, приведенную на рисунке 1.

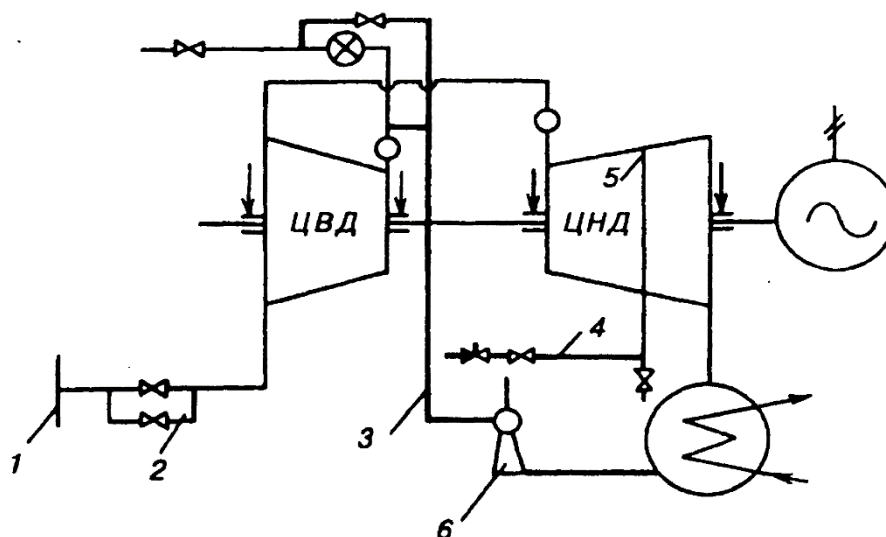


Рисунок 1 – Схема расхолаживания турбины с противоточным движением пара:
 1 – коллектор пара производственного отбора; 2 – байпас задвижки производственного отбора; 3 – дренажи перепускных труб; 4 – трубопровод подвода пара от деаэрата к регулируемому отбору; 5 – регулирующая диафрагма теплофикационного отбора; 6 – эжектор

Работа схемы осуществляется следующим образом [1].

После останова турбины без срыва вакуума и перевода ее на вращение валоповоротным устройством в проточную часть начинают подавать пар одновременно от деаэрата в трубопровод регулируемого отбора 4 перед диафрагмой 5, которая в этом случае закрыта и уплотнена, и в один из регенеративных отборов от коллектора собственных нужд 1 через байпас 2. На первом этапе расхолаживания подача пара из деаэрата служит только для создания «паровой подушки», препятствующей протечке пара коллектора собственных нужд к выхлопу турбины, а расхолаживание ведется паром от коллектора собственных нужд. Сброс пара производится в конденсатор через дренажи перепускных труб 5. Для лучшей организации противоточного движения пара через проточную часть и уменьшения утечек пара в конденсатор через неплотности в диафрагме линии сброса пара целесообразно подключить к эжекторной установке 6. По мере расхолаживания турбины начинают уменьшать расход пара из коллектора собственных нужд и увеличивать расход деаэраторного пара.

Противоточное движение пара позволяет проводить расхолаживание «мягко», без резких перепадов температуры между металлом турбины и охлаждающим агентом. Использование пара в качестве охлаждающего агента обеспечивает достаточно высокие коэффициенты теплоотдачи на границе пар – металл и высокую скорость расхолаживания.

Для турбин типа ПТ данная технология реализуется еще проще. В этом случае на первом этапе ведется расхолаживание только части высокого давления (ЧВД). Пар из производственного отбора подается через байпас задвижки на выхлоп части высокого давления при полностью закрытых клапанах части

низкого давления (ЧНД). По мере охлаждения ЧВД переводят на совместное расхолаживание ЧВД и ЧНД деаэраторным паром.

Преимуществом предлагаемой технологии является ее универсальность: она может применяться при плановых и аварийных остановах. Темп расхолаживания регулируется за счет изменения расхода пара. Противоточное движение пара исключает возможность разгона турбины, а отсутствие впрысков – заброс воды в проточную часть. Данная технология позволяет лучше управлять относительным сжатием ротора за счет подачи острого пара в первую камеру переднего уплотнения (ПКУ). В этом случае протечки высокотемпературного пара из камеры уплотнения в цилиндр практически не влияют на расхолаживание, так как сразу идут на сброс.

Литература

1. Ильин, Е.Т. Совершенствование схем и режимов расхолаживания неблочных турбин с регулируемыми отборами / Е.Т. Ильин, Б.Е. Оразбаев // Вестник МЭИ. Теплоэнергетика. Сводный том. – МЭИ, 1997. С. 135–139.
2. Кульков, Э.И. Ускоренное расхолаживание и пуск неблочных турбин отборным паром / Э.И. Кульков, М.Г. Таращук, В.В. Иванов // Энергетик. 1972. – № 7. – С. 26–28.
3. Похорилер, В.Л. Принудительное расхолаживание паровых турбин. М.: Энергоатомиздат, 1989.
4. Фискинд, Э.Э. Способы ускоренного расхолаживания теплофикационных турбин / Э.Э. Фискинд, В.Л. Похорилер, В.В. Борисов // Электрические станции. 1976. – № 7. – С. 14–17.