

УДК621.311

**СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПАРОВЫХ  
ТУРБИН****MODERN SAFETY CONTROL SYSTEM FOR STEAM TURBINES**

Д.А. Степанов, А.И. Сироткин

Научный руководитель – Н.В. Пантелей, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

D. Stepanov, A. Sirotkin

Supervisor – N. Panteley, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** при эксплуатации паровых турбин особое внимание уделяется контролю параметров работы турбины. При большом отклонении таких параметров могут произойти нарушения, представляющие угрозу для паровой турбины, а также для персонала находящегося в цеху. Для предупреждения появления таких ситуаций на паровых турбинах используют систему контроля безопасности.

**Abstract:** when operating steam turbines, special attention is paid to the control of turbine operation parameters. With a large deviation of such parameters, violations may occur that pose a threat to the steam turbine, as well as to the personnel in the shop. To prevent the occurrence of such situations, a safety control system is used on steam turbines.

**Ключевые слова:** система контроля безопасности, турбина, клапан, сигнал, сдвиг, расширение, датчик, критерий оценки, авария, безопасность турбины.

**Keywords:** safety control system, turbine, valve, signal, shift, expansion, sensor, evaluation criterion, accident, turbine safety.

**Введение**

Система контроля безопасности паровой турбины - важное оборудование контроля, безопасной эксплуатации турбогенератора. Данная система может непрерывно, точно, надежно контролировать изменение важных параметров в процессах пуска, работы и остановки турбогенератора. Например: обороты паровой турбины, осевой сдвиг, относительное расширение, тепловое расширение, эксцентricность, вибрация и т.д.

**Основная часть**

Система контроля безопасности паровой турбины использует онлайн контрольную систему. Данная система может предоставлять функцию непрерывного онлайн контроля, предназначена для механической защиты и предоставления важной информации для раннего обнаружения механических неисправностей, а также предназначена для контроля некоторых важных параметров турбины. В случае, если эти параметры превышают допустимые предельные значения безопасной эксплуатации турбины, данная система позволяет управляемому ей электромагнитному клапану срабатывать для того, чтобы система потеряла давление масла, закрыла все стопорные клапаны

турбины, осуществила аварийный останов, обеспечила безопасность генератора турбины, избежала расширение аварии.

В основе работы системы контроля безопасности применяется установленная на измеряемой оси впадина или выпуклый ключ называемый знаком ключевой фазы. Вращение данной впадины или выпуклого ключа к месту зонда равно скачкообразному изменению расстояния между зондом и измеряемой поверхностью. Датчик может давать один импульсный сигнал, при вращении на один круг может давать один импульсный сигнал, момент возникновения означает положение оси в период каждого вращения. В связи с тем расчет импульсов позволяет измерить число оборотов. Через сравнение импульсов с сигналами вибрации оси можно определить фазовый угол вибрации, предназначен для анализа динамической балансировки оси, анализа и диагностики неисправностей оборудования.

Рассмотрим некоторые параметры, которые регулирует система контроля безопасности:

- разгон турбины;
- осевой сдвиг ротора;
- абсолютное расширение паровой турбины;
- относительное расширение паровой турбины;
- вибрация оси;
- вибрация подшипников;
- давление масла в подшипниках.

Разгон: турбинный агрегат находится в состоянии высокоскоростного вращения. Его разгон – увеличение числа оборотов выше допустимого значения, может возникнуть при нарушении соединения между отдельными валами турбогенератора, когда с какого-либо из валов снимается нагрузка, либо при отключении электрического генератора от сети. Он зависит от разности крутящего момента и момента сопротивления; чем разность больше, тем больше и разгон. Т.к. запаса прочности материала части ротора не много, а пропорция центробежной силы и квадрата оборотов положительная, разгон паровой турбины в очень короткое время может вызвать серьезную аварию. В связи с тем защита от разгона очень важная для безопасности агрегата.

Осевой сдвиг: т.е. сдвиг по направлению оси. Осевой сдвиг отражает относительное положение вращающейся части и статической части турбины. Изменение осевого сдвига тоже представляет собой изменение относительного положения статора и ротора. В полном холодном состоянии обычно прилегание упорного диска ротора к упорному вкладышу берется за ноль, направление к генератору – положительное, обратное – отрицательное, расстояние сдвига ротора паровой турбины по осевому направлению называется осевым сдвигом.

Абсолютное расширение: под седлом переднего подшипника установлен один продольный штифт на осевой центральной линии между седлом переднего подшипника и фундаментной плитой. Допускается осевое свободное расширение седла переднего подшипника, ограничение поперечного сдвига. Расширение цилиндра высокого, среднего давления приводит седло переднего подшипника к расширению вперед. Сдвиг седла переднего подшипника

выражает сумму расширения вперед цилиндров высокого, среднего давления и цилиндра низкого давления, это называется абсолютным расширением.

Относительное расширение: разность теплового расширения между цилиндром и ротором называется относительным расширением (разностью расширения). То, что осевое расширение больше, чем значение расширения цилиндра, называется разностью положительного расширения. Обратное называется разностью отрицательного расширения. Разность расширения означает изменение осевого зазора двигающейся части и статической части турбины и превышение установленного значения. Это может вызывать потерю осевого зазора двигающейся части и статической части, возникновение трения, вибрацию агрегата, изгиб основного вала и излом лопаток, и прочие аварии.

Вибрация оси: вибрация ротора, радиальная вибрация ротора. Вибрация ротора разделяется на относительную вибрацию и абсолютную вибрацию. Вибрация ротора относительно поверхности земли, измеренная контактным датчиком (например, датчик скорости), представляет собой абсолютную вибрацию. Вибрация ротора относительно седла подшипника, измеренная неконтактным датчиком, представляет собой относительную вибрацию, или абсолютная вибрация ротора, измеренная комбинированным датчиком, который состоит из одного неконтактного датчика и одного инерционного датчика.

Вибрация вкладыша: т.е. вибрация седла подшипника, сокращённое название: вибрация подшипника. Данная вибрация применяет двойное амплитудное значение седла подшипника (две амплитуды), на которое опирается ротор, в качестве критерия оценки. Критерий оценки применяет максимальное значение из значений вертикальной вибрации, горизонтальной вибрации, осевой вибрации седла подшипника в качестве основания оценки.

Давления масла подшипников: Для подшипников требуется большое количество масла, поскольку вращающаяся шейка образует масляный клин между собой и подшипником, который выдерживает вес ротора и предотвращает контакт металла с металлом. Упорный подшипник также формирует масляные клинья таким же образом, используя плавающие накладки против буртика на валу. Поэтому снижение уровня масла в подшипниках, приводит к падению давления масла в них, из-за чего возникают нарушения в их работе, которые могут привести к аварии турбины. В связи с этим регулирование уровня давления масла в подшипниках, которое осуществляется системой контроля безопасности, является важным элементом в работе турбины.

Для предотвращения возникновения аварии на современных турбинах применяют цифровую электро-гидравлическую регулируемую систему. Контрольная среда гидравлической регулирующей системы – форфориловое огнестойкое масло. Подача форфорилового огнестойкого масла целому комплекту гидравлической системы управления осуществляется отдельным устройством подачи огнестойкого масла высокого давления. Подача механического предохранительного масла (турбинное масло) осуществляется центробежным главным масляным насосом. Каждый паровпускной клапан оборудован исполнительным механизмом с целью управления открытием и закрытием клапана. При этом сервомотор главного парового клапана высокого

давления – двухпозиционный исполнительный механизм типа выключателя; сервомотор регулирующего клапана высокого давления и сервомотор низкого давления – непрерывный исполнительный механизм типа сервопривода. Рабочая жидкость для всех сервомоторов – огнестойкое масло высокого давления. Для главного сервомотора высокого давления и регулирующего сервомотора высокого давления подача масла осуществляется с одной стороны, т. е. открытие клапана проводится с помощью давления жидкости (огнестойкого масла), закрытие – пружинной силой. Для сервомоторов среднего и высокого давления – с обеих сторон, т.е. включение - отключение проводится с помощью гидравлической силы. Система контроля безопасности паровой турбины может закрыть все паровые клапаны в случае, если рабочие параметры превышают предельные значения. В аварийных случаях система осуществляет аварийный останов турбины с целью обеспечения безопасности турбины.

### **Заключение**

Выявление изменения рабочих параметров выше их предельного значения позволяет предоставить данные для системы регулирования, с целью предотвращения возникновения аварии, а также контроль этих параметров позволяет обеспечить безопасную работу турбины и оборудования, работающего в связке вместе с ней.

### **Литература**

1. Турбины тепловых и атомных электрических станций: учебник для вузов / А.Г. Костюк [и др.]; под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. М: Издательство МЭИ, 2001. – 488 с.
2. Регулирование и защита паровых турбин / В.Н. Веллер. – М: Энергоатомиздат, 1985. – 104 с.