

УДК 621.165.002.5

Л.Ю. Смирнова (6 курс, каф. ЭТВТиА, СПИМаш), В.А. Костикин (4 курс, каф. ЭТВТиА, СПИМаш), В.А. Мазуров (инж., СПИМаш), Б.Н. Куценко, к.т.н., доц. СПИМаш

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ВАЛОПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ТУРБОАГРЕГАТА ПРЕДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

Валоповоротные устройства (ВПУ) предназначены для медленного вращения валопровода турбины, исключая его прогиб из-за температурной неравномерности по сечению, появление вибрации и задеваний вращающихся деталей о неподвижные. Необходимость работы ВПУ возникает при пуске и останове турбоагрегата.

В паровых и газовых турбинах, выпускаемых отечественной промышленностью, привод ВПУ осуществляется от асинхронного двигателя через кинематические цепи, содержащие червячные и зубчатые передачи.

Недостатками таких устройств является трудность обеспечения безударного зацепления червячной пары и значительные осевые нагрузки на вал червяка при аварийном отключении электропривода, что может явиться причиной поломки устройства.

Для ВПУ характерна низкая скорость вращения ротора (около 4 об/мин). При такой низкой скорости в подшипниках доминирующую роль играют силы граничного (полусухого) трения, что приводит к износу шеек ротора и вкладышей подшипников.

Поэтому целью нашей исследовательской работы является разработка нового валоповоротного устройства, обеспечивающего повышенную надежность, а также автоматизацию режимов работы.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: разработать новый тип валоповоротного устройства, исключая применение червячной передачи, и позволяющий автоматически переходить из одного скоростного режима в другой; разработать конструкцию подшипникового узла, обеспечивающего снижение износа шеек ротора и вкладышей; произвести расчет статических характеристик ВПУ и выбор оборудования системы; сформировать динамическую модель системы ВПУ и исследовать ее динамические свойства.

В результате нами было разработано валоповоротное устройство, которое обладает повышенной надежностью за счет наличия дифференциальной планетарной передачи, связывающей приводной электродвигатель и ротор турбины, а также возможностью регулирования скорости поворота турбины в зависимости от внешних условий.

Устройство (рис.1) содержит электродвигатель 1, дифференциальную зубчатую передачу 2, входной вал которой присоединен к электродвигателю 1, регулирующий вал - к регулирующей электрической машине 3, а выходной вал - к зубчатой передаче 4, которая соединена с ротором 5 турбины. На валу ротора 5 турбины расположен тахогенератор 6, выход которого присоединен к входу суммирующего элемента 7, другой вход которого присоединен к задатчику скорости. Выход суммирующего элемента 7 подключен ко входу блока управления 8, выход которого присоединен к регулирующей электрической машине 3.

Работа устройства осуществляется следующим образом.

При поступлении команды на включение валоповоротного устройства включается электродвигатель 1, срабатывает блок 8 управления, подается напряжение на регулирующую электрическую машину 3.

Сигнал, пропорциональный заданному значению скорости с датчика поступает на вход суммирующего элемента 7, на другой вход которого подается сигнал с тахогенератора 6. С выхода суммирующего элемента 7 корректирующий сигнал поступает на вход блока 8 управления, который изменяет напряжение, подаваемое на электрическую регулируемую машину 3, скорость её вращения изменяется а, следовательно, изменяются и скорости вращения выходного вала дифференциальной зубчатой передачи 2 и ротора 5 турбины. Таким образом, при работе валоповоротного устройства в непрерывном режиме имеется возможность корректировать скорость вращения ротора 5 турбины в автоматическом режиме.

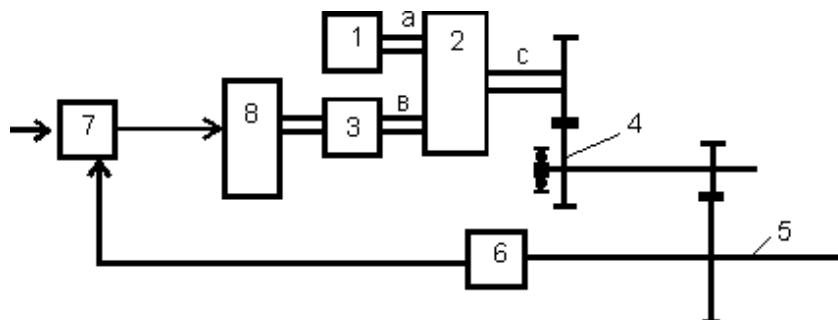


Рис. 1. Валоповоротное устройство

Разработана новая конструкция подшипникового узла [1], содержащая последовательно расположенные по оси подшипники качения и скольжения. Подшипник скольжения выполняется в виде плавающей втулки, цапфы вала и каналов подвода и отвода смазки. Данная конструкция подшипника обеспечивает: 1) существенное снижение момента трения покоя; 2) уменьшение запаса по мощности выбираемых электродвигателей на 40...50 %; 3) снижение момента трения при работе в номинальном режиме, когда втулка вала всплывает на масляном клине; 4) улучшение надежных показателей работы устройства, т.к. в номинальном режиме рабочим является подшипник скольжения, обладающий повышенной надежностью, подшипник качения работает только в режимах пуска и торможения.

На основании методики, изложенной в работе [2] рассчитана мощность машины контура регулирования и произведен подбор оборудования для ВПУ.

Относительно динамической модели электромеханической системы ВПУ приняты следующие допущения: механическая система привода представляется моделью с двумя степенями свободы; не учитывается влияние нелинейных свойств механической части привода (зазоры в соединениях). С учетом этих допущений система уравнений, записанная в относительных величинах имеет вид:

$$\Delta m_a + j_{ва} \alpha \Delta m_b - \Delta m_y = T_{ам} p \Delta v_a, \quad \Delta m_y = \frac{1}{T_c p} (\Delta v_a - \Delta v_c),$$

$$\Delta m_y - \Delta m_c + j_{ва} \beta \Delta m_b = T_{см} p \Delta v_c,$$

где  $T_{ам} = J_{ао} \omega_{аст} / M_{соп}$ ;  $T_{см} = J_{со} \omega_{аст} / M_{соп}$  - механические постоянные времени двигателя и механизма;  $\omega_{аст}$  - скорость приводного двигателя в статическом режиме;  $T_c = M_{соп} / c \omega_{аст}$  - постоянная времени, определяющая упругие свойства передачи;  $\Delta v_a = \Delta \omega_a / \omega_{аст}$ ;  $\Delta v_c = \Delta \omega_c / \omega_{аст}$ ;  $\Delta m_a = \Delta M_a / M_{соп}$ ;  $\Delta m_c = \Delta M_c / M_{соп}$ ;  $\Delta m_b = \Delta M_b / M_{соп}$ .

На основе данной модели была составлена нормированная структурная схема, исследованная с помощью методов компьютерного моделирования. Подобраны

настройки регуляторов тока и скорости, которые дают удовлетворительное качество динамики исследуемой системы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Патент № 2138705. Комбинированная опора./ О.В.Сулова, Б.Н.Куценко, А.М.Аленин и др. Оpubл. в Бюлл. изобр. № 27 от 27.09.99.
2. Сулова О.В. О расчете установленной мощности электрических машин контура регулирования двухпоточных электромеханических передач. - СПб.: 1998.- 14 с.- Рукопись представлена СПИМаш, деп. в ВИНТИ 07.12.98, № 3563-В98.