

УДК 621.165

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛИРУЕМОЙ ГИДРОМУФТЫ ДЛЯ ПРИВОДА ПИТАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОНАСОСА

Белоголовый Р.Р.

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

Центробежные насосы, прежде всего питательные, являются одним из наиболее энергоёмких видов оборудования, применяемого на тепловых электростанциях. Регулирование их производительности за счет использования гидродинамического или частотно-регулируемого привода имеет большой потенциал экономии электроэнергии. Также это позволяет увеличить срок службы оборудования.

Электронное (частотное) регулирование – с использованием частотно-регулируемого привода (ЧРП) – предполагает управление скоростью вращения электродвигателя, в то время, как гидродинамическое – с применением гидромукты с изменяющимся уровнем наполнением рабочей камеры – состоит в управлении скоростью вращения вала насоса при неизменной скорости вращения вала электродвигателя.

Применение ЧРП позволяет достигать большего снижения затрат электроэнергии, однако требует и больших капитальных вложений. Помимо того, что гидромукты более дешевы, также они не оказывают негативного влияния на электродвигатель, сеть и окружающее оборудование, более компактные и просты в эксплуатации.

Немецкая фирма "VOITH-TURBO" является одним из мировых лидеров в производстве гидромукт. Для регулирования питательного электронасоса (ПЭН) типа ПЭ-580-185, применяемого на ТЭЦ с поперечными связями с турбинами ПТ-60-130/13 ЛМЗ и Т-100-130 УТЗ, возможно использование гидромукты 620 SVNL 33G.

Принципиальная схема регулировочной гидромукты (ГМ) представлена на рисунке 1.

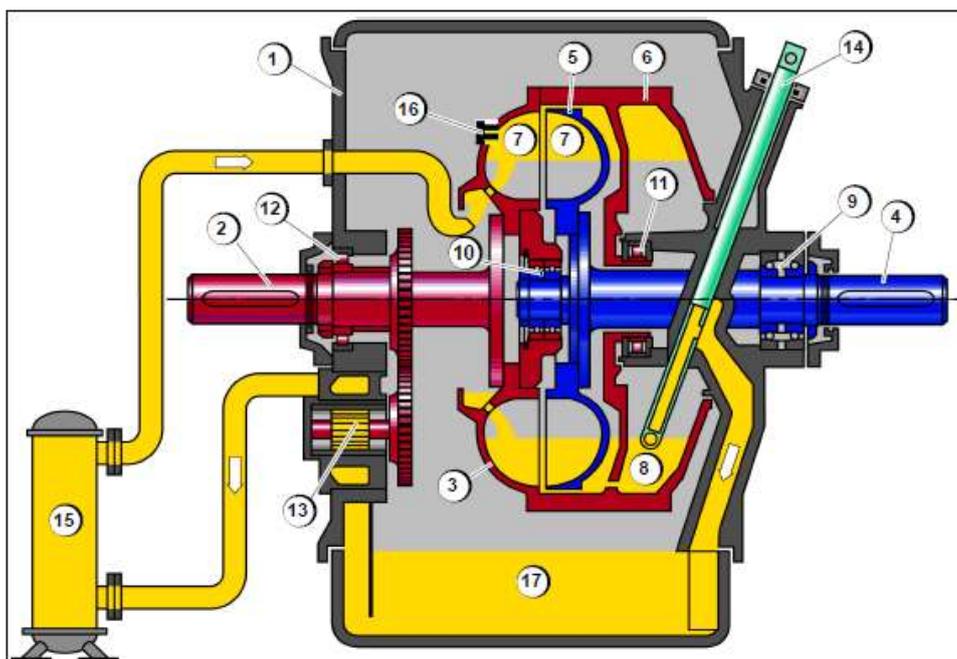
Гидромукта состоит из следующих элементов:

- первичного вала и первичного колеса;
- вторичного вала и вторичного колеса;
- оболочки;
- корпуса ковшевой трубы с установочным приводом.

Первичный вал и первичное колесо жёстко соединены между собой, точно так же, как вторичное колесо и вторичный вал. Первичный вал соединён с двигателем ПЭН, вторичный вал – с насосом ПЭН.

Первичное колесо, вторичное колесо и оболочка образуют рабочее пространство. В рабочем пространстве циркулирует рабочее масло.

Первичный и вторичный валы гидромукты установлены на подшипниках качения.



1 – корпус с масляным баком; 2 – первичный вал; 3 – первичное колесо; 4 – вторичный вал; 5 – вторичное колесо; 6 – оболочка; 7 – рабочее пространство; 8 – пространство вычерпывания; 9 – осевой и радиальный подшипник; 3, 10 – осевой и радиальный подшипник (коррелятивный подшипник); 11 – радиальный подшипник; 1, 12 – радиальный подшипник; 3, 13 – заправочный насос; 14 – черпаковая труба; 15 – теплообменник рабочего и смазочного масла; 16 – винты с плавким предохранителем; 17 – маслосборник

Рисунок 1. Конструкция гидромуфты

Насос для заполнения в масляном резервуаре подаёт рабочее масло для системы циркуляции рабочего масла и жидкой смазки. Этот насос приводится в действие механическим способом от первичного вала гидромуфты.

Электрически приводимый в действие пусковой насос смазки служит для обеспечения установки маслом на смазку при её запуске, останове и при возникновении помех.

### ***Принцип работы***

Электродвигатель ПЭНа приводит в движение первичное колесо гидромуфты, при этом его мощность через первичное колесо передается рабочему маслу (функция насоса), рабочее масло при этом ускоряется на первичном колесе, и механическая энергия колеса передается маслу, преобразуясь в энергию потока. Ускоренный поток масла после первичного рабочего колеса, направляется на вторичное колесо (функция турбины), которое забирает на себя энергию потока масла, приходит в движение, преобразуя ее обратно в механическую энергию на вал ПЭНа.

При передаче мощности от первичного вала ко вторичному, число оборотов вторичного вала меньше, чем число оборотов первичного. Эта разница в числе оборотов называется проскальзыванием, при этом происходит потеря мощности, возникающая из-за этой разницы в числе оборотов, которая расходуется на нагрев рабочего масла.

Заполняющий маслонасос из масляного резервуара подает рабочее масло в маслоохладитель, после маслоохладителя рабочее масло подается в рабочее

пространство муфты и за счет центробежной силы в пространство вычерпывания, где образуется вращающееся масляное кольцо. Положение ковшевой трубы определяет толщину масляного кольца в пространстве вычерпывания и также заполнение рабочего пространства. Ковшевая трубка захватывает нагретое масло в пространстве вычерпывания и передает его обратно в масляный резервуар. Для предохранения ГМ от перегрева масла используются плавкие вставки – предохранители, которые расплавляются при достижении температуры рабочего масла 160°С.

При этом масло сбрасывается в корпус ГМ, муфта опорожняется, силовой поток прерывается и ПЭН останавливается. Температура рабочего масла зависит от мощности потерь (проскальзывания).

### **Смазка**

Подшипники, зубчатые колеса приводного механизма заполняющего насоса и ГМ в процессе работы смазываются маслом. При работе заполняющий насос подает рабочее масло в рабочее пространство муфты, а также через диафрагму масло отводится в систему смазки. Рабочее масло и масло на смазку поступают через следующие элементы:

- маслоохладитель;
- двойной масляный фильтр;
- диафрагму, поддерживающую количество и давление масла на смазку (расположены сзади от двойного масляного фильтра).

Маслоохладитель рабочего масла предназначен для охлаждения рабочего масла, в качестве охлаждающей жидкости используется вода технических насосов. Регулировка температуры рабочего масла осуществляется количеством подающей технической воды через регулятор.

Маслоохладитель масла на смазку предназначен для охлаждения масла на смазку подшипников гидромуфты, в качестве охлаждающей жидкости используется вода технических насосов. Регулировка температуры рабочего масла осуществляется количеством подающей технической воды через регулятор.

Двойной масляный фильтр служит для очистки масла в процессе работы, состоит из двух фильтровальных горшков. При работе ГМ через себя пропускает масло только один горшок. В процессе работы ГМ необходимо контролировать перепад давлений на фильтры, который определяется по снижению давления на манометре ГМ относительно рабочего на 60 кПа.

При перепаде давления более 60 кПа необходимо переключить горшок с рабочего на резервный и осуществить чистку засорившегося горшка. Чистку фильтровальных горшков можно производить на работающей ГМ. Верхняя часть фильтра содержит переключатель (рукоятку), позволяющий отключать один из горшков без прерывания потока масла. В работе находится тот горшок, в сторону которого повернут переключатель.

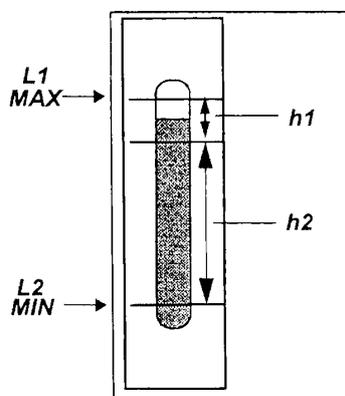
Чистка масляного фильтра осуществляется в следующей последовательности:

- при перепаде давления на работающем горшке более 60 кПа повернуть переключатель в сторону резервного;

- отвернуть отключённый горшок и извлечь фильтрующий элемент;
- закрыть его с чистой стороны, промыть тёплой водой либо керосином;
- продуть воздухом в направлении изнутри – наружу;
- вставить фильтрующий элемент в горшок, обязательно залить горшок чистым маслом, вернуть горшок обратно;
- установить плавно рукоятку переключения горшка в положение работы почищенного, проконтролировать перепад давления, в работе оставить резервный горшок.

Если чистый горшок фильтра не будет залит маслом, то при переключении давление масла снизится до недопустимой величины и ГМ остановится защитой.

При заполненном охладителе и трубопроводах уровень масла должен составлять среднюю величину между отметками минимум и максимум указателя уровня масла (рисунок 2).



$h1$  – диапазон уровня;  $h2$  – диапазон уровня наполнения в положении черпаковой трубки 0%;  
 $h2$  – диапазон уровня наполнения в положении черпаковой трубки 100%;  $L1$  – отметка "макс.",  
 $L2$  – отметка "мин."

Рисунок 2. Контроль уровня масла

В рабочем состоянии при рабочей температуре масла и в положении ковшевой трубки 0 % уровень масла не должен превышать отметки максимум, в положении ковшевой трубки 100 % не должен быть ниже отметки минимум. Точный контроль уровня масла осуществляется при работающей ГМ и положении ковшевой трубки 0 %.

Характеристика ГМ:

- направление вращения – правое;
- ход ковшевой трубки – 162 мм;
- число оборотов двигателя – 2985 об/мин;
- проскальзывание при полной нагрузке – 3,1%;
- максимальное число оборотов привода – 2894 об/мин;
- заполняемый объём масляного резервуара – 430 л.

**В процессе эксплуатации** ГМ необходимо осуществлять контроль за:

- параметрами температуры;
- давлением масла на смазку;

- уровнем масла.

Для увеличения числа оборотов ПЭНа необходимо увеличить заполнение рабочего пространства маслом, увеличение либо уменьшение количества рабочего масла в рабочем пространстве осуществляется перестановкой ковшевой трубки. Для уменьшения числа оборотов ПЭНа необходимо ввести ковшевую трубку в пространство вычерпывания муфты, 0 % положение – минимальное масляное кольцо, минимальное число оборотов ПЭН. Для увеличения числа оборотов ПЭНа необходимо вывести из пространства вычерпывания муфты ковшевую трубку, 100 % положение – максимальное масляное кольцо, максимальное число оборотов ПЭН.

ПЭН с ГМ имеет два режима работы – автоматический и ручной.

Причинами, которые могут привести к кратковременному повышению температуры рабочего масла, могут быть:

- неисправность маслоохладителя;
- перегрузка муфты.

Последствиями расплавления плавких вставок предохранителей могут быть:

- регулировочная характеристика муфты изменится в незначительной степени;
- возможность недостижения максимальной мощности выходного вала;
- незначительное повышение температуры масла в МБ гидромуфты;
- большее время разгона рабочей машины.

Объём рабочего масла в системе циркуляции – 564 л/мин.

Объём жидкой смазки для ГМ при 0,2 МПа – 35 л/мин.

В заключение отметим, что компания Voith Turbo – ведущий мировой производитель регулируемых по частоте вращения гидродинамических приводов – обеспечивает высокий уровень техники производимых изделий за счет проведения исследовательских работ и использования современных контрольно-испытательных средств. Благодаря своим преимуществам гидромуфты Voith отлично зарекомендовали себя в самых различных областях применения, в том числе на тепловых электростанциях.

#### Литература

1. Voith Turbo. Регулируемые турбомуфты / Voith Turbo GmbH & Co. KG  
Регулируемые приводы Voithstrale // [https://voith.com/rus-ru/reguliruemie\\_turbomufti.pdf](https://voith.com/rus-ru/reguliruemie_turbomufti.pdf).