# 1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УПЛОТНЕНИЙ

# ВАЛА И СИСТЕМЫ ИХ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

1.1. В турбогенераторах с водородным охлаждением предотвращение утечки водорода в месте выхода вала ротора из корпуса генератора осуществляется посредством специальных масляных уплотнений вала, размещаемых между торцевыми щитами и опорными подшипниками.

Принцип действия уплотнений вала заключается в запирании водорода непрерывным встречным потоком масла, подаваемым в узкий зазор между валом ротора и вкладышем уплотнения под давлением, превышающим давление водорода. Значение перепада давлений масло-водород находится в пределах 0,75±0,05 кгс/см2). Номинальное значение перепада давлений устанавливается заводом-изготовителем, уточняется при наладке системы маслоснабжения и на работающем генераторе автоматически поддерживается неизменным специальной регулирующей аппаратурой (см. ниже).

1.2. Конструкции уплотнений вала можно разбить на два основных типа - кольцевые и торцевые (рис. 1).



**б)**

Рис. 1. Конструктивные схемы уплотнений вала:

а - торцевого типа: 1 - упорный диск; 2 - вкладыш; 3 - пружина; 4 - корпус уплотнения; Рy - давление уплотняющего масла; Рг - давление газа;

б - кольцевого типа: 1 - вал ротора; 2 - вкладыш; 3 - корпус уплотнения;

4 - крышка; Н2 - сторона водорода

1.2.1. Уплотнение кольцевого типа представляет собой кольцевой вкладыш, охватывающий вал с малым зазором. Вкладыш размещается внутри корпуса уплотнения, закрепляемого на торцевом щите. Вкладыш имеет свободу незначительного радиального перемещения внутри напорной камеры, образованной боковыми стенками вкладыша, корпуса и крышки (рис. 1, б) Уплотнение напорных камер осуществляется посредством резиновых шнуров. От проворачивания вкладыш удерживается специальной шпонкой (на рисунке не показана). Уплотняющее масло под давлением, превышающим давление водорода, поступает в напорную камеру, а затем через радиальные отверстия во вкладыше в кольцевой зазор между гладкой баббитовой поверхностью вкладыша и валом ротора. Разделившись на два аксиальных потока в сторону водорода и воздуха, уплотняющее масло отводит потери трения с рабочей поверхности вкладыша и предотвращает утечку водорода из корпуса генератора. На воздушной части расточки вкладыша предусмотрена специальная клиновая разделка баббитовой поверхности, что позволило обеспечить в работе хорошую центровку и концентричность расположения вкладыша относительно вала.

В кольцевом уплотнении усилие прижатия вкладыша к валу создается только массой вкладыша.

При нарушении маслоснабжения кольцевое уплотнение, как правило, не повреждается. Это объясняется тем, что вкладыш, оседающий на вал при нарушении масляного клина в верхней зоне вкладыша, соприкасается с валом на незначительной площади и баббит не так быстро перегревается. Если усилие трения вкладыша в корпусе окажется больше массы вкладыша, то оседания вкладыша может и не быть. При исчезновении масляного слоя наблюдается выход водорода в картер подшипника (сливную камеру на стороне воздуха).

Нормализация маслоснабжения восстанавливает работоспособность кольцевого уплотнения.

Режим работы с пониженной частотой вращения для кольцевых уплотнений также не опасен, так как всегда сохраняется кольцевой зазор и жидкостное трение.

Износ баббита из-за загрязненного масла и вибрации вала приводит к увеличению зазора, увеличению расхода масла в сторону водорода и воздуха и к заметному понижению температуры баббита. Увеличение расхода масла в сторону водорода сопряжено с загрязнением газа и опасностью попадания масла в генератор. Увеличение расхода масла в сторону воздуха может явиться причиной пропуска водорода через уплотнения.

К преимуществам кольцевых уплотнений вала следует отнести простоту их конструкции, нечувствительность к осевым перемещениям вала и живучесть при нарушении их маслоснабжения.

1.2.2. Уплотнения торцевого типа имеют незначительные расходы масла в сторону водорода (3-5 л/мин) и, следовательно, малую степень загрязнения водорода.

Уплотнение торцевого типа (см. рис. 1) состоит из вкладыша и корпуса, крепящегося к торцевому щиту. В качестве уплотнения зазора между вкладышем и корпусом уплотнения используется специальный резиновый шнур, помещаемый в прямоугольные канавки, выполненные во вкладыше. Запирающий масляный слой создается между торцевой поверхностью вкладыша и боковой поверхностью упорного диска вала. Усилие от давления масла в масляном слое, возрастающее по мере увеличения частоты вращения за счет клиновой разделки рабочей поверхности вкладыша, старается отжать последний от вала и разорвать масляную пленку. Для предотвращения этого явления искусственно создается усилие прижатия, которое уравновешивает усилие отжатия вкладыша от упорного диска. Прижим вкладыша к валу создается посредством совместного действия пружин и давления водорода (рис. 1, а)

Рабочая поверхность вкладыша уплотнения торцевого типа (рис. 2) залита баббитом, имеющим специальную разделку, состоящую из чередующихся в тангенциальном направлении клиновых и плоских площадок, разделенных радиальными канавками, кольцевой канавки, наружного и внутреннего кольцевых поясков.



Рис. 2. Конструкция рабочих поверхностей вкладышей уплотнений

торцевого типа:

1 - внутренний кольцевой уплотняющий поясок; 2 - кольцевая канавка; 3 - ра-

диальная канавка; 4 - клиновая несущая поверхность; 5 - радиальная плоская

площадка; 6 - наружный кольцевой поясок; 7 - отсек кольцевой канавки; 8 –

отверстие для подвода масла; 9 – перегородка.

Клиновые площадки при номинальной частоте вращения ротора являются основным несущим элементом, обеспечивающим образование сплошной масляной пленки толщиной 0,08-0,15 мм между упорным диском вала и вкладышем, смазывающей рабочие поверхности и отводящей потери трения. Через эти площадки и наружный поясок (прерывистый в виде "сапожков") проходит основной поток масла на сторону воздуха, достигающий 95% общего расхода масла, поступающего в уплотнение.

Плоские площадки контактируют с поверхностью упорного диска при отсутствии сплошной масляной пленки, т.е. при низких частотах вращения и работе от ВПУ.

Между несущей поверхностью и внутренним кольцевым пояском располагается кольцевая канавка (прерывистая), в которую подается уплотняющее масло под давлением, превосходящим давление водорода. Эта канавка вместе с внутренним пояском обеспечивает герметизацию газового объема генератора и незначительный расход масла в сторону водорода.

Газовый объем генератора отделен от камеры слива масла в сторону водорода маслоуловителями лабиринтного типа.

Слив масла, прошедшего на сторону воздуха, осуществляется в картер опорного подшипника.

Вкладыш удерживается от вращения посредством шпоночного узла.

При номинальной частоте вращения в масляном слое между клиновыми площадками вкладыша и диском вала возникает гидродинамическое усилие, которое, суммируясь с гидростатическим усилием на плоских площадках баббитовой поверхности, уравновешивает усилие прижатия вкладыша к упорному диску. При этом обеспечивается жидкостное трение. В режимах работы с пониженной частотой вращения (пуск, останов турбоагрегата, вращение от ВПУ) гидродинамическое усилие значительно снижается и возникает полусухое трение между вкладышем и диском. В этом режиме усилие, прижимающее вкладыш к диску, воспринимается меньшей площадью баббитовой поверхности - только плоскими площадками. Если удельное давление на баббит в режиме полусухого трения велико, то неизбежен ускоренный износ баббита, который накапливается при повторении подобных режимов и особенно при продолжительном вращении от ВПУ. В результате износа уменьшаются несущие клиновые площадки, снижается гидродинамическое усилие и несущая способность вкладыша. Уравновешивание усилия, прижимающего вкладыш к диску, при номинальной частоте вращения достигается при уменьшенной толщине масляного слоя, что ведет к повышению температуры вкладыша в процесс эксплуатации. При ускоренном износе баббита толщина масляного слоя может снизиться настолько, что дальнейшее повышение температуры баббита может привести к его размягчению, затягиванию в направлении вращения вала и перекрытию маслоподающих отверстий во вкладыше.

1.2.3. Отличительной особенностью торцевых уплотнений является то, что усилие в масляном слое зависит от минимальной толщины этого слоя - резко увеличивается при уменьшении толщины слоя и уменьшается при увеличении толщины слоя. Это обстоятельство предопределяет способность вкладыша самоустанавливаться. При пусках и остановах турбоагрегата, росте или снижении нагрузки происходит тепловое перемещение его валопровода, а, следовательно, меняется положение упорных дисков относительно корпусов уплотнений вала. При отходе упорного диска от баббитовой заливки увеличивается минимальная толщина масляного слоя и снижается усилие в масляном клине. Усилие прижатия вкладыша становится выше отжимающего усилия в масляной пленке. Когда разность усилий превзойдет усилие трения вкладыша в корпусе, вкладыш сдвинется и последует за валом. При сближении упорного диска с вкладышем толщина масляного слоя уменьшается и возрастает усилие в масляном клине. Появляется неуравновешенная разность усилий, которая отжимает вкладыш от вала, преодолевая силы трения.

Существенным недостатком торцевых уплотнений вала является их повышенная чувствительность к нарушению их маслоснабжения. Кратковременное снижение давления масла (перепада давлений масло-водород) при нарушении работы системы маслоснабжения (например, при переключениях масляных насосов уплотнений - МНУГ, действии АВР МНУГ и т.п.) для торцевых уплотнений представляет большую опасность как из-за возможного пропуска водорода в картеры подшипников, так и потому, что несущая способность вкладышей резко снижается, нарушается равновесие усилий, действующих на вкладыш, возникает режим полусухого трения. При сохранении достаточно высоких давлений на вкладыш и большой частоте вращения это приводит к выплавлению баббита и повреждению упорных дисков вала ротора.

1.2.4. Опыт эксплуатации торцевых уплотнений вала выявил и такой их дефект, как недостаточная подвижность вкладышей при осевых перемещениях вала. Вкладыш торцевого уплотнения во всех режимах работы турбоагрегата (сбросы, наборы нагрузки и пр.) должен следовать за упорным диском вала ротора. Этому препятствуют силы трения в узлах установки уплотняющих резиновых шнуров, применяемых для герметизации зазоров между вкладышем и корпусом уплотнения. Наличие шлама в смазочном масле, ржавчины на трущихся поверхностях и технологические дефекты шпоночных узлов, некачественная установка уплотняющих шнуров способствуют заклиниванию, перекосам вкладыша в корпусе, что может приводить к выплавлению баббитовой заливки или прорыву водорода в картеры подшипников.

 1.2.5. Уплотнения торцевого типа установлены на генераторах ст. № 1, 2, а кольцевого типа – на генераторах ст. № 3, 4, 5, 6.

1.3. На рис. 3 приведена схема маслоснабжения уплотнений вала турбогенераторов

1.3.1. Схема, изображенная на рис. 3, взята за основу при описании состава оборудования, его назначения и взаимодействия.

В качестве источника маслоснабжения уплотнений вала турбогенератора используются три центробежных масляных насоса (МНУГ), два из которых с приводом от электродвигателя переменного тока и один постоянного тока. В работе находится один маслонасос, а два в резерве. Масло на стороне всасывания МНУГ при работе насосов смазки ТГ поступает с напорного коллектора системы смазки ТГ после маслоохладителей, а при остановленных насосах смазки со стороны всаса этих насосов.

При снижении давления масла на уплотнения вала турбогенератора происходит автоматическое включение резервного МНУГа по импульсу от электроконтактных манометров (ЭКМ), установленных после фильтров механической очистки масла (ФМ). Предусмотрено также автоматическое включение МНУГ при отключении электродвигателя рабочего насоса. Из напорного коллектора масло поступает в сетчатые ФМ. Один из ФМ находится в работе, другой в резерве. После ФМ масло подается на вход в регулятор перепада давлений масло-водород (РПД), который обеспечивает автоматическое поддержание постоянства перепада во всех режимах работы.

Применяемые в данной схеме РПД являются дифференциальными регуляторами прямого действия грузового типа с вращающимися золотниками.

1.3.2. Основным элементом РПД является золотник, перемещающийся внутри буксы, в которой выполнены окна для входа и выхода уплотняющего масла. На золотнике имеются два поршня одинакового диаметра. На верхний поршень действует давление водорода, отбираемое посредством трубки из сливного коллектора уплотняющего масла перед гидрозатворами (ЗГ), на нижний – давление масла обратной связи, отбираемое непосредственно со входа на уплотнения вала.

Кроме того, в эту же трубку врезана дополнительная связь по водороду для создания корректирующего импульса, взятого из основной связи по водороду.

1.3.3. К верхней части золотника крепятся сменные грузы, которыми устанавливается необходимый перепад давлений масло-водород. Регулятор работает следующим образом. Масло от насоса поступает в верхний входной патрубок РПД и по верхней кольцевой проточке корпуса через верхние входные окна буксы – в проточную часть золотника. Из проточной части масло выходит через регулирующие нижние окна буксы в нижнюю проточку корпуса и нижний выходной патрубок регулятора. При этом выходные окна выполнены тангенциально по всему периметру золотника, что при выходе из них масла придаёт вращательное движение золотнику. Такое движение уменьшает вероятность заклинивания золотника в буксе при попадании в зазор между золотником и буксой механических частиц из масла. Для наблюдения за вращением золотника в верхней крышке РПД выполнены смотровые окна.

Золотник находится в равновесии в том случае, когда давление уплотняющего масла равно заданному. При повышении (понижении) давления газа равновесие сил, действующих на золотник, нарушается, и он опускается (поднимается), увеличивая (уменьшая) проходное сечение дросселирующих окон буксы до тех пор, пока давление на выходе регулятора не станет равным заданному и не наступит равновесие золотника.

В случае изменения давления масла до регулятора импульс измененного давления проходит через регулятор и по трубопроводу обратной связи подается под золотник. Последний перемещается так, чтобы восстановить равновесие действующих на него сил и заданный перепад давлений.

1.3.4. Для предупреждения возможных автоколебаний регулятора из-за высоких скоростей перемещения золотника при резких колебаниях давления масла до регулятора в линии обратной связи по маслу устанавливается приставка с дроссельной шайбой. Для исключения полного перекрытия регулирующих окон буксы при резком увеличении давления масла перед регулятором в верхней части его корпуса устанавливается ограничительный болт.

1.3.5. После РПД масло поступает в демпферный бак (ДБ), а его излишки сбрасываются из РПД в сливной коллектор смазки ТГ.

Демпферный бак установлен на высоте, соответствующей минимально допустимому перепаду давлений масло-водород. Демпферный бак рассчитывается на избыточное давление 1,6 МПа, существенно превосходящее наибольшее возможное давление масла в системе. ДБ подключен по двухтрубной схеме, что позволяет организовать полный проток масла через бак для постоянного его прогрева в баке и исключения образования застойных зон.

 При нормальной работе уровень масла находится в переливной трубке на 1-2 м выше верхней образующей ДБ и контролируется двумя реле уровня, а также по маломерному стеклу. На трубопроводах обвязки реле установлены специальные вентиля для имитации снижения уровня при опробовании защиты. Кроме связи по маслу, ДБ связан с газовым объемом генератора посредством трубопровода, врезанного в верхнюю часть бака и в слив уплотняющего масла перед ЗГ.

 Для исключения сифонного перелива масла через трубопровод связи ДБ со сливным трубопроводом уплотняющего масла установлен обратный клапан типа 2КО-6. Отсутствие перелива контролируется визуально через смотровое окно. В верхней точке трубопровода связи врезан воздушник для срыва сифона.

 Основное назначение ДБ – обеспечить непрерывное маслоснабжение уплотнений при кратковременном прекращении подачи масла при переключениях источников маслоснабжения и появлении других неполадок в системе, а также для подачи масла в уплотнения в течение аварийного выбега турбоагрегата со срывом вакуума при отказе всех источников маслоснабжения. Вместимость ДБ приблизительно 1, 8 м³, он способен обеспечить безопасное питание уплотнений вала маслом в течение нескольких минут при рабочей частоте вращения и рассчитан на обеспечение выбега турбоагрегата со срывом вакуума в течение 12 – 15 минут.

 Для вывода в ремонт ДБ предусмотрена линия помимо бака.

 1.3.6. После ДБ масло с давлением выше давления водорода подается на уплотнения вала генератора. (Описание работы уплотнений см. выше).

 1.3.7. Пройдя уплотнения вала, большая часть масла сливается в сторону воздуха – в картеры опорных подшипников, лишь незначительная часть – в сторону водорода, в сливную камеру. На сливном трубопроводе установлены смотровые окна, поэтому визуально наблюдать можно только слив масла в сторону водорода.

 1.3.8. Масло, прошедшее на сторону водорода, по трубопроводам с уклоном стекает в ЗГ. Так как давление водорода на 7-м и 6-м подшипниках различается на 0, 1 кгс/см2 (со стороны 6-го подшипника на валу генератора установлен компрессор, нагнетающий водород в генератор) для предотвращения циркуляции газа через сливные маслопроводы на них установлена U-образная петля высотой 5 м.

 Гидрозатвор предназначен для предотвращения прорыва водорода в сливную систему смазки ТГ и выполнен в виде бака, в который встроен поплавковый регулятор, обеспечивающий поддержание заданного уровня масла. В крышку ЗГ встроены патрубки с вентилями для отбора проб газа и продувки газового объема бака ЗГ.

1.3.8. Визуальный контроль за уровнем масла осуществляется по масломерному стеклу. Сигнализация о предельных уровнях масла в ЗГ осуществляется посредством реле уровня. При снижении давления газа до 0, 5 кгс/см2 возможна работа сливных маслопроводов помимо ЗГ.

1.3.9. Для предотвращения опорожнения ДБ и повреждения уплотнений предусмотрена защита от снижения уровня в баке. Защита от снижения уровня выполнена по схеме «два из двух» с использованием вышеуказанных реле. Верхнее реле отслеживает снижение уровня масла в ДБ и подает предупредительный сигнал. Если уровень масла снижается до отметки установки нижнего реле, то подаётся импульс в цепи аварийного останова турбины и отключения генератора от сети.

1.3.10. На сливном коллекторе смазки ТГ после слива с 5-го подшипника для предотвращения попадания водорода в ГМБ установлены газоотделители, скапливающийся газ из которых отсасывается эксгаустером и сбрасывается в атмосферу за пределы машзала.

1.4. **Основные технические характеристики оборудования масляных уплотнений генератора:**

 1.4.1. Масляные насосы уплотнений генератора марки ЦНСМ-60-66

Q = 60 м3/час, Р – 6, 6 кгс/см2 с электродвигателем переменного тока 10 кВт – 2 шт. на блок, и с электродвигателем постоянного тока 10 кВт - 1 шт.

 1.4.2. Дифференциальный регулятор давления масла ДРДМ-12 с вращающимся золотником – 1 шт.

 1.4.3. Фильтр масляный сетчатый марки ФМ-50 - 2шт.

 1.4.4. Гидрозатвор ЗК-500 – 1 шт. на блоках №№ 5, 6 и ЗГ-200 по 2 шт. на блоках №№ 1, 2, 3, 4.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К РАБОТЕ УПЛОТНЕНИЙ ВАЛА И СХЕМ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ

 Общие технические требования к работе уплотнений вала заключаются в следующем:

 - отсутствие пропуска водорода через уплотнения;

- обеспечение заданной чистоты водорода при заданном его расходе;

- сохранность деталей уплотнений вала и собственно вала при нарушениях маслоснабжения и возврат к нормальному режиму после восстановления маслоснабжения;

- обеспечение допустимой температуры баббита вкладышей;

- обеспечение срока службы (ресурса вкладыша) не менее периода между текущими ремонтами;

- предотвращение попадания масла в корпус генератора.

2.1. Отсутствие пропуска водорода через уплотнения выполняется путем соблюдения правильной технологии сборки и наладки уплотнений, основные принципы которой сводятся к следующему:

2.1.1. Разъемы корпусов и вкладышей правильно собраны, т.е. обеспечивается правильное соотношение размеров канавок на разъемах и резинового шнура, исключающие закусывание резины, имеется масляная канавка на разъемах вкладышей и т.д.

2.1.2. Биение и конусность упорного диска для торцевых уплотнений или цилиндрической поверхности вала для кольцевых уплотнений находятся в пределах допусков, указанных в чертежах.

2.1.3. Шабровка уклонов на баббитовой поверхности вкладыша торцевого уплотнения выполнена в соответствии с чертежом, отсутствуют перекосы вкладыша в корпусе, расходы масла в сторону воздуха не превышают заданных (это исключает возможность пропуска водорода через масляный слой между вкладышем и валом).

2.1.4. Заданный перепад давлений масло-водород поддерживается автоматически во всех эксплуатационных режимах, что обеспечивается при правильной настройке и исправной работе применяемых дифференциальных регуляторов прямого действия.

2.1.5. Вкладыш торцевого уплотнения легко перемещается в корпусе, т.е. обеспечены минимальные силы трения на сопряженных поверхностях вкладыша и корпуса. Это условие выполняется при правильном выполнении канавки под резиновые уплотняющие кольца, когда исключены выдавливание и защемление резинового шнура. Центровка вкладыша на сухарях, позволяющая снизить неравномерность сжатия резинового шнура, высокое качество обработки скользящих поверхностей, достаточная жесткость корпусов уплотнений и прочность их крепления к наружным щитам генератора, достаточная твердость и прочность шпоночных узлов - все это необходимо для беспрепятственного аксиального перемещения вкладышей внутри корпусов.

Недопустима коррозия деталей уплотнений, возникающая при обводнении масла.

2.1.6. Обеспечивается герметичность мест соединения наружного щита генератора и корпуса уплотнения.

2.1.7. Исключены заедания клапана ЗГ, которые могут приводить к переполнению сливной системы маслом либо прорыву водорода в сливные маслопроводы турбоагрегата.

2.2. Обеспечение заданной чистоты водорода при заданном его расходе определяет экономичность эксплуатации газомасляной системы.

Понижение чистоты водорода в корпусе генератора происходит за счет выделения воздуха из масла, соприкасающегося с водородом. Чем больше расход масла в сторону водорода, тем больше требуется водорода для продувки генератора для поддержания необходимой чистоты водорода.

Экономичная эксплуатация с точки зрения чистоты и расхода водорода на продувки обеспечивается при расходах масла в сторону водорода около 2-5 л/мин. Как торцевые, так и кольцевые уплотнения вала в состоянии обеспечить указанные выше расходы масла в сторону водорода.

Максимально допустимый расход принимается 8 л/мин.

2.3. Сохранность деталей торцевых уплотнений вала и собственно вала при нарушениях маслоснабжения и возврат к нормальному режиму после восстановления маслоснабжения обеспечивается применением быстродействующего резервирования подачи масла в уплотнения за счет установки в системе маслоснабжения ДБ. Демпферные баки, снабженные устройствами сигнализации и защиты, позволяют сохранить уплотнения вала торцевого типа и газоплотность генераторов при аварийных нарушениях подачи масла, при безнасосном останове и обеспечивают возврат к нормальной работе уплотнений после восстановления подачи масла от маслонасосов.

Для кольцевых уплотнений нарушение маслоснабжения не представляет большой опасности. Однако при этом возможен выход водорода вдоль вала. Для предотвращения этого установка ДБ в системах маслоснабжения кольцевых уплотнений вала также целесообразна.

2.4. Температура вкладышей уплотнений вала является наиболее представительным параметром, характеризующим их состояние.

Допустимая температура вкладыша торцевого уплотнения ниже той, которая допустима для упорного подшипника турбины (95°С). Это объясняется более тяжелыми условиями работы торцевого уплотнения по сравнению с упорными подшипниками, а также тем, что измерение температуры баббита торцевого уплотнения производится не в самой горячей зоне. Нагрев запирающего пояска вкладыша превышает нагрев зоны "сапожков", где контролируется температура, на 20-30°С. Выплавление баббита сегментов упорных подшипников происходит при температуре колодок 130 °С, следовательно, температурный запас по предельной температуре составляет для подшипника 130 - 95 = 35°С. Исходя из изложенного выше способа контроля нагрева баббита в уплотнениях, этот запас для торцевых уплотнений должен быть значительно больше (не менее чем на 15-20 °С), что и достигается нормированием допустимой температуры баббита 80 °С.

Температура баббита вкладышей уплотнений вала является показателем сначала качества изготовления и сборки уплотнений, а затем степени их износа. Оптимальная температура вкладышей торцевых уплотнений находится в пределах 55÷65°С при температуре входящего масла 40°С.

Кольцевые уплотнения вала не требуют больших запасов по температуре баббита с точки зрения их надежности. Износ баббита и приработка вкладышей при отсутствии перекосов ведут к увеличению расхода масла и снижению температуры. Поэтому предельная температура может быть принята равной 90 °С.

2.5. Ресурс вкладыша должен быть таким, чтобы обеспечивалась надежная работа уплотнений в период от одного планового ремонта до другого. Постепенное снижение работоспособности торцевых уплотнений вала в процессе эксплуатации связано с износом баббита вкладышей, деформацией и выдавливанием уплотняющих колец из резины, повреждениями шпоночного узла. Износ баббита объясняется в основном наличием механических включений в подаваемом на уплотнения масле и высокими удельными нагрузками на баббит при пуске и останове турбоагрегата, когда ухудшаются условия смазки и охлаждения вкладышей. Тщательная очистка масла, исключение возможности попадания в уплотнения продуктов коррозии металла, повышение перепада давлений масло-водород в режиме вращения от ВПУ позволяют уменьшить скорость износа баббита вкладышей. Выдавливание резинового шнура при его небольшом начальном сжатии (0,3-0,5 мм) можно предотвратить при центровке вкладыша в корпусе, обеспечивающей равномерность уплотняемого зазора по окружности, и при высокой точности обработки поверхностей вкладыша и корпуса.

Однако все эти мероприятия не позволяют точно нормировать ресурс уплотнений. Можно считать достаточным ресурс, равный одному году эксплуатации, и планировать текущие ремонты уплотнений вала торцевого типа с восстановлением работоспособности или заменой вкладышей не реже одного раза в год, Для уплотнений кольцевого типа ресурс может быть выше примерно вдвое.

2.6. Требование предотвращения попадания масла внутрь генератора обусловлено соображениями надежности изоляции обмоток и роторных бандажей. Для обеспечения этого требования в конструкции турбогенераторов с торцевыми и кольцевыми уплотнениями вала предусматривается установка на стороне водорода лабиринтных маслоуловителей, маслоотражательных колец и маслоотводящих устройств. Масло попадает в генератор как при переходных режимах (продувка, перевод генератора с водорода на воздух и обратно, пуски и остановы), так и при стационарных режимах. Причинами этого являются колебания давления масла и газа, заполнение сливной камеры маслом при низком давлении водорода, низкое качество маслоуловителей, высокий расход масла, проникновение в генератор водорода, содержащего распыленное горячее масло с последующей конденсацией этого масла на холодных деталях генератора.

## 3. ОБЪЕМ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕКТРОАВТОМАТИКИ, КОНТРОЛЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ

3.1. Управление МНУГ осуществляется дистанционно посредством ключей управления, устанавливаемых на местных щитах управления (панель сигнализации водородного охлаждения).

Выбор того или иного МНУГ для целей автоматического включения резерва АВР производится трехпозиционными переключателями блокировок, которые размещаются рядом с индивидуальными ключами управления МНУГ.

Сигнализация включенного или отключенного положения МНУГ осуществляется коммутаторными лампами, встроенными в ключи управления.

В непосредственной близости к МНУГ предусматривается установка кнопочных постов аварийного отключения электродвигателей насосов.

Ввод АВР МНУГ происходит автоматически при повышении давления перед РПД до 7 кгс/см2.

3.2. Автоматическое включение резервного маслонасоса с электродвигателем переменного тока производится в следующих случаях:

- при снижении давления масла в напорном трубопроводе перед РПД на 6 кгс/см2 от рабочего давления, контролируемого электроконтактным манометром;

- при аварийном (ошибочном) отключении электродвигателя рабочего МНУГ (на переменном токе).

Автоматическое включение аварийного МНУГ с электродвигателем постоянного тока осуществляется:

- по импульсу от электроконтактного манометра при снижении давления масла перед РПД до 5 кгс/см2 без выдержки времени;

- при аварийном (ошибочном) отключении электродвигателей рабочего и резервного МНУГ.

3.3. Текущий контроль за состоянием уплотнений вала и параметрами системы их маслоснабжения осуществляется посредством показывающих и самопишущих приборов и указателей уровня, устанавливаемых на БЩУ, МЩУ и по месту.

Предусмотрена установка следующих средств измерения и контроля:

- мановакуумметров для измерения давления масла во всасывающих патрубках каждого МНУГ;

- манометров для измерения давления масла в напорном патрубке каждого МНУГ (до обратного клапана);

- манометров для измерения давления масла до и после ФМ дифференциального манометра для измерения перепада давлений на ФМ с сигнальным органом при повышении перепада до 0, 2 кгс/см2;

- электроконтактных манометров для измерения давления масла в напорном маслопроводе после ФМ (до РПД), используемых для формирования импульса на АВР;

- манометров для измерения давления уплотняющего масла после РПД;

- манометров для измерения давления уплотняющего масла на входе в каждое уплотнение;

- дифференциальных манометров с вторичными самопишущими сигнализирующими приборами для измерения перепада давлений уплотняющее масло-водород;

- регистрирующих мостов для измерения температуры баббита вкладышей уплотнений вала, масла, сливаемого из уплотнений на сторону воздуха;

- реле верхнего и нижнего уровней (с сигнальными органами) для контроля за уровнем масла в ДБ, ЗГ;

- реле уровня (с сигнальным органом) для контроля за наличием жидкости в дренажных трубопроводах генератора.

3.4. В случаях нарушения режима работы маслосистемы и отклонения параметров от нормальных на щитах управления предусмотрен следующий объем сигнализации.

На панелях оперативного контура ЩУ загораются сигнальные световые табло:

- "Перепад давлений масло-водород", при его повышении до 0,9 кгс/см2 и понижении до 0,6 кгс/см2;

- "Низкий уровень масла в ДБ" при снижении уровня до 40 мм от верха бака

- "Водород в картерах подшипников" при повышении содержания до 1% ;

- "Неисправность водородного охлаждения" – групповой сигнал с МЩУ.

Сигнал "Неисправность водородного охлаждения" является групповым и включает в себя сигналы:

- «Давление водорода» при понижении давления до 2,5 кгс/см2 и повышении до 3, 2 кгс/см2;

- «Уровень масла в ЗГ» при повышении и понижении уровня до уставок завода-изготовителя;

 - «Жидкость в корпусе генератора» при скоплении жидкости в датчике;

- «Аварийное отключение эксгаустера";

- «Неисправность МНУГ» при их отключении;

- «АВР МНУГ»;

- «Чистота водорода» при снижении чистоты до 97%;

- «Температура баббита уплотнений» при повышении до 800С

На МЩУ установлены указательные реле и сигнальные лампы, посредством которых осуществляется расшифровка группового сигнала «Неисправность водородного охлаждения».

3.5. Системы маслоснабжения оснащена следующими технологическими защитами:

- защита от снижения уровня масла в ДБ. При снижении уровня масла в баке до второго предела с подтверждением его снижения до первого предела защита с выдержкой времени до 9 сек. действует на останов турбины со срывом вакуума, отключение генератора от сети и гашение поля;

- защита от отключения всех трех электродвигателей МНУГ. Выдержка времени защиты и характер действия аналогичны предыдущей. При этом выходит световое табло «Нет масла в уплотнениях генератора».