ГОСТ 28927—91
(МЭК 842—88)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

# СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ С ВОДОРОДНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

## ПРАВИЛА УСТАНОВКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Издание официальное

БЗ 5—2004

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.313.32:006.354 Группа Е62

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

# СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ С ВОДОРОДНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

## Правила установки и эксплуатации Технические требования

**ГОСТ 28927—91**

**(МЭК 842—88)**

Synchronous machines using hydrogen as a coolant. Application and operation rules. Technical requirements

МКС 29.160.20
ОКП 33 8300

**Дата введения 01.01.92**

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Настоящий стандарт устанавливает правила установки и эксплуатации турбогенераторов и синхронных компенсаторов, использующих в качестве хладоагента водород.

В стандарте приводятся некоторые особенности конструкции машин и даны указания по их эксплуатации, имеющие целью предотвратить возможность образования смеси водорода и воздуха непосредственно в машине и связанном с ней оборудовании. Стандарт не содержит инструкций и правил по обеспечению надежности конструкции и эксплуатации оборудования. Ответственность за надежность конструкции машины и вспомогательного оборудования лежит прежде всего на изготовителе. Ответственность за обеспечение надежности конструкции других элементов энергоустановки должна согласовываться заинтересованными сторонами.

Изготовитель машины и вспомогательного оборудования отвечает за предоставление официальных инструкций по эксплуатации оборудования. Любые изменения инструкции по эксплуатации с целью ее приспособления к конкретным условиям применения могут производиться только на основе официальной процедуры изменения инструкции изготовителем.

Ответственность за безопасную эксплуатацию несет заказчик (потребитель) оборудования.

Стандарт используется совместно с ГОСТ 533, ГОСТ 609.

Требования, касающиеся национальных особенностей, выделены полужирным шрифтом.

Требования настоящего стандарта являются обязательными.

## 1. ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Стандарт содержит требования к:

1.1. Турбогенераторам и синхронным компенсаторам с водородным охлаждением.

1.2. Вращающимся возбудителям, соединенным с машиной, указанной в п. 1.1, непосредственно или через редуктор.

1.3. Вспомогательному оборудованию, необходимому для эксплуатации машины.

1.4. Частям здания, в которых может скапливаться водород.

## 2. НОРМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ РАБОТЫ

Нормальными условиями работы являются:

2.1. Заполнение машины водородом.

2.2. Работа машины, заполненной водородом.

2.3. Пуск, останов и режим остановленной машины, заполненной водородом.

2.4. Вытеснение газа из машины.

**Издание официальное** **Перепечатка воспрещена**

© Издательство стандартов, 1991
© ИПК Издательство стандартов, 2005

## 3. МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ КОНТАКТНЫХ КОЛЕЦ

В случае расположения возбудителя или контактных колец в кожухе, в котором могут иметь место утечки водорода, необходимо предотвратить скопление взрывчатой смеси водорода с воздухом, например путем подачи потока воздуха через кожух (см. разд. 6).

Обычно обеспечение потока воздуха не вызывает затруднений при вращении вала с нормальной частотой вращения, но может возникнуть необходимость в дополнительных мерах, если машина заполнена водородом, ротор неподвижен или вращается с небольшой частотой вращения, а в кожухе не предусмотрены выхлопные отверстия для вентилирования утечек водорода путем естественной конвекции и подъемного течения. При использовании местных вентиляторов для обеспечения вентиляции их приводные двигатели должны иметь взрывозащищенное исполнение в соответствии с ГОСТ 22782.0.

## 4. ТРЕБОВАНИЯ К ВСПОМОГАТЕЛЬНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

Вспомогательное оборудование должно удовлетворять следующим требованиям:

4.1. Резервуары для дегазации масла системы масляных уплотнений должны быть рассчитаны на испытательное давление, в 1,5 раза превышающее максимальное рабочее давление, но не менее чем на 8 бар (изб.).

Не допускается применение хрупких или пористых материалов, таких как чугун, для деталей, подверженных воздействию давления водорода или уплотняющего масла.

4.2. Газоосушитель должен быть рассчитан на испытательное давление, в 1,5 раза превышающее максимальное рабочее давление, но не менее чем на 8 бар (изб.).

Для поддержания достаточно низкой влажности в корпусе машины применяют несколько различных систем, использующих оборудование, названное здесь «газоосушитель». Оборудование должно удовлетворять следующим общим правилам безопасности.

4.2.1. В случае применения газоосушителя, в котором влагопоглощающее вещество нуждается в периодическом восстановлении, необходимо предусмотреть средства индикации, сигнализирующие о необходимости восстановления и о завершении его процесса.

4.2.2. Если в процессе восстановления используется воздух, должны быть предусмотрены меры, предотвращающие случайное проникновение воздуха в корпус машины. С этой целью могут потребоваться блокирующие клапаны или разъемные соединения трубопровода, или устройства аналогичного типа.

4.2.3. При использовании нагревателя должны быть предусмотрены меры предосторожности, обеспечивающие его работу при температуре значительно ниже температуры воспламенения возможной смеси водорода с воздухом, которая может образоваться.

Характерный допустимый предел температуры составляет 300 °С. Может возникнуть необходимость в более низком пределе для того, чтобы избежать повреждения влагопоглощающего вещества, например активированной окиси алюминия.

Нагреватель должен быть выполнен таким образом, чтобы он мог работать только в период восстановления влагопоглощающего вещества (например, путем блокирования его выключателя с клапанами).

4.2.4. Если предусмотрена система дренажей для отвода конденсата из камеры осушителя, находящейся под давлением водорода, то конструкция системы и ее эксплуатация должны исключать сколько-нибудь значительную утечку водорода.

4.3. Измерительные приборы и устройства управления с внутренними электрическими схемами, в которые может проникнуть воспламеняющаяся газовая смесь, должны иметь взрывозащищенное исполнение для обеспечения безопасной работы операторов и оборудования.

4.4. Соединения отдельных элементов во всех электрических цепях должны выполнять таким образом, чтобы имеющие место в процессе работы превышения температуры, вибрации или старение изоляционных материалов не приводили бы к их нарушению.

4.5. С целью предотвращения случайного попадания большого объема водорода или непосредственно в машину (в случае выхода из строя регулирующих вентилей), или в окружающее машину пространство (в случае утечки в атмосферу), необходимо соблюдать следующие правила:

4.5.1. Прокладка и крепление трубопровода должны выполнять таким образом, чтобы защитить его от возможных случайных повреждений. Если отдельные участки водородной магистрали про-

кладывают в каналах или под землей, то должна предусматриваться возможность для обнаружения и ликвидации утечки водорода на этих участках.

4.5.2. При снабжении машины водородом от отдельной батареи баллонов, установленной в машинном зале (обычно, вмещающих от 6 до 10 $м^3$ газа каждый), количество баллонов в батарее должно быть таким, чтобы суммарный объем газа в них, приведенный к нормальным условиям, был около 80 $м^3$. При этом в работе должны находиться только два или три баллона (что соответствует примерно 20 $м^3$ газа, приведенным к нормальным условиям).

4.5.3. Блок питания большей мощности, снабжающий одну или несколько машин, должен устанавливаться снаружи машинного зала. Если подпитка водорода в машину производится непрерывно, причем рабочее давление поддерживается клапаном регулирования давления, то подводящие трубы, расположенные вне машинного зала, должны быть снабжены:

а) автоматическим стопорным клапаном (срабатывающим, например, при избыточном расходе газа) или

б) магнитным клапаном с дистанционным управлением, который в аварийных условиях может быть закрыт вручную.

Таким образом, обеспечивается возможность перекрытия главной водородной магистрали в случае возникновения большой утечки водорода. Возможная схема расположения вентилей в соответствии с п. а.) показана на чертеже (см. приложение).

В другом случае водород может подаваться к клапану регулирования давления только периодически с помощью запорных клапанов, открываемых вручную (устанавливаемых предпочтительно на баллонах) при очевидном снижении давления в корпусе машины до приемлемого манимального уровня. В этом случае нет необходимости в применении автоматического или дистанционно-управляемого клапана, а для условий, изложенных в п. 4.5.2, также в ограничении числа одновременно вводимых в работу баллонов.

4.5.4. Блоки подпитки водородом, предназначенные как для внутренней, так и наружной установки, должны быть оснащены предохранительным клапаном на стороне низкого давления системы водородного снабжения.

Общепринято снижать давление от газовых баллонов до корпуса машины двумя ступенями.

На стороне низкого давления каждой ступени должны предусматриваться предохранительные клапаны.

Выпуск газа через предохранительный клапан или клапаны следует производить в безопасном месте (см. п. 4.7).

4.5.5. Особое внимание необходимо уделять соблюдению стандартов и правил по хранению водорода и инертного газа, баллонов и устройств их подсоединения, предохранительных и редукционных клапанов, запорной и соединительной арматуры газовой системы.

4.6. Необходимо предотвращать скопление взрывоопасной смеси водорода с воздухом в системах смазки подшипников и масляных уплотнений (в том числе в подшипниковых щитах и корпусах подшипников).

В соответствующих местах для удаления газа следует устанавливать постоянно действующие отсасывающие устройства.

Конструкция выводов генератора, присоединений к ним и защитных ограждений должна исключать возможность скопления водорода в этой зоне. В случае применения шин с изолированными фазами их конструкция должна исключать скопление газа в шинопроводах.

4.7. Вентиляционные трубы, несущие водород или воздушно-водородную смесь, должны прокладываться с таким расчетом, чтобы предотвратить скопление газовой смеси в местах выпуска газа из зданий. В зоне выпуска не должно быть окон и воздухозаборников, а также источников воспламенения, например открытого пламени, коронных разрядов или электрического искрения.

4.8. Все пространство в фундаменте машины и вокруг него, а также пространства, в которые возможна утечка водорода, включая шкафы с аппаратурой управления и измерительными приборами, должны хорошо вентилироваться с тем, чтобы в процессе эксплуатации исключить опасную концентрацию водорода.

В некоторых случаях (см. раздел 6) может быть необходимым применение принудительной вентиляции. В этом случае вентиляторы должны иметь безыскровые приводные двигатели, а при использовании сжатого воздуха напорные сопла инжекторов должны быть заземлены.

Особое внимание следует уделять местам установки оборудования, которое работает при высокой температуре или при котором может происходить искрение.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.1. Не допускается наличие открытого огня, сварки, курения и других источников воспламенения вблизи машины и ее вспомогательного оборудования.

5.2. Не должно быть воспламеняющейся смеси водорода с воздухом в машине.

В случае снижения чистоты водорода ниже 90 % по объемному содержанию водорода в газе и отсутствия возможности ее быстрого восстановления машину следует отключить и производить вытеснение водорода, пока чистота водорода не упадет ниже 85 % от полного объема.

В случае выхода из строя штатных средств измерения чистоты водорода, ее следует определять другими способами, например путем взятия проб из машины для химического анализа.

Штатное устройство для эксплуатационного контроля степени чистоты водорода должно быть восстановлено до рабочего состояния в кратчайшие сроки.

5.3. Не допускается непосредственное вытеснение воздуха водородом и наоборот. В обоих случаях продувку машины следует проводить с применением промежуточной среды: углекислого газа ($CO_2$) или **азота ($N_2$)** вплоть до безопасного уровня содержания в машине промежуточного инертного газа.

Согласно установившейся международной практике этот уровень для $CO_2$ находится в пределах от 75 % до 90 % по объему в переходе с воздуха на водород.

**При обратном переходе с вытеснением водорода углекислым газом минимальное содержание $CO_2$ — 96 %.**

**При вытеснении азотом воздуха или водорода остаточное содержание соответственно $O_2$ и $H_2$ не должно превышать 3 %.**

Во время замены сред запрещается проведение на машине всех видов электрических испытаний.

Проведение работ допускается только после достижения в машине штатных (окончательных) условий по водороду и воздуху.

При применении сжатого воздуха для удаления $CO_2$ **(или $H_2$)** соединения с воздушной магистралью должны выполняться таким образом, чтобы исключить проникновение воздуха в машину за исключением тех случаев, когда это необходимо. Этого можно достигнуть путем соответствующей блокировки клапанов, подающих воздух, $CO_2$ **(или $N_2$)** и водород, или применяя легко отсоединяемый воздухопровод.

Такой воздухопровод может присоединяться только на время удаления инертного газа, затем должен немедленно отсоединяться. Крышки смотровых люков, подшипниковые щиты и т. п. не должны сниматься до тех пор, пока содержание углекислого газа в машине не уменьшится до 5 %, **а при применении азота содержание кислорода в корпусе не достигнет 20 %** и давление в машине не понизится до атмосферного. Перед началом работы обслуживающего персонала в машине возможные скопления углекислого газа в нижней ее части **или избыток азота** должны быть удалены с помощью местной вентиляции, используя для этой цели сжатый воздух или безыскровый вентилятор.

Машина обычно не рассчитывается на нормальную работу в атмосфере $CO_2$ **(или $N_2$)**. Она не должна также работать при частотах вращения и давлении инертного газа, превышающих максимальные величины, указанные изготовителем.

При аварийном отключении машины, которое требует удаления из нее водорода, допускается заполнение $CO_2$ **(или $N_2$)** при частотах вращения и давлениях, ниже предписанных изготовителем, не дожидаясь полной остановки агрегата. При этом заполнение $CO_2$ **(или $N_2$)** допускается только при наличии условий для компенсации расхода $CO_2$ **(или $N_2$)** через вентиляционные трубы, вызываемого смешиванием двух газов.

5.4. Машина не должна работать при давлении водорода, превышающем соответствующее давление уплотняющего масла в системе уплотнений.

Если из-за наличия неисправностей в системе масляного снабжения возникает необходимость в снижении давления водорода ниже минимального рекомендованного уровня, машину следует отключить и вытеснить из нее водород до соответствующего восстановления масляной системы.

При работе масляных уплотнений на предельных параметрах необходимо выполнить все подготовительные работы для быстрого отключения машины и ее продувки в случае выхода из строя системы маслоснабжения уплотнений вала, например предупредить диспетчера энергосистемы или оператора котельной о возможном аварийном отключении машины.

5.5. Необходимо постоянно контролировать газоплотность машины путем оценки утечки водорода. Если утечка газа существенно превышает установленный нормированный уровень для машины, находящейся в исправном состоянии, необходимо немедленно установить ее причину.

Если не удается быстро выявить и устранить причину повышения утечки водорода, необходимо обследовать пространства, в которых возможны опасные его скопления. При дальнейшем увеличении утечки необходимо принять меры по их безопасному рассеиванию. Если же утечка продолжается и не может быть существенно уменьшена за счет снижения давления водорода и нагрузки, машина должна быть отключена для проведения дальнейшего исследования тех пространств (например, у втулок выводов), к которым нет доступа при работе машины. Затем следует вытеснить водород для проведения ремонта.

Абсолютная величина утечки не должна превышать величину порядка 18 м$^3$ в сутки, приведенных к нормальным условиям. Расход водорода, который может быть измерен, выбрасывается через достоверно определенные отверстия и не представляет опасности, может быть вычтен из общих измеренных потерь газа и не входит в установленную ГОСТ 533 сдаточную норму.

Примечание. В межремонтный период эксплуатации величина утечки может быть выше указанной, особенно для машин большой мощности, работающих при высоких давлениях водорода.

**Максимальный эксплуатационный суточный расход водорода (с учетом продувок для поддержания его чистоты) не должен превышать у турбогенераторов 10 % и у синхронных компенсаторов 5 % от общего количества водорода в корпусе машины при рабочем давлении.**

**В том числе суточная утечка водорода у работающих турбогенераторов не должна превышать 5 %.**

5.6. Если давление водорода в машине превышает давление воды в газоохладителе, дефект газоохладителя может привести к проникновению водорода в водяную систему, в которой он может распространяться на значительное расстояние от машины. Поэтому в этом случае при исследовании причин повышенного расхода водорода необходима также проверка системы водяного охлаждения.

## 6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДОСТАТОЧНОСТИ ВЕНТИЛЯЦИИ

Если объем утечки водорода $L$ м$^3$ полностью смешивается с $\frac{100}{P}$ $L$ м$^3$ воздуха, концентрация водорода составляет $P$ % и $P$ может поддерживаться на безопасных уровнях путем рассеивания водорода из пространства, в котором он может скапливаться, за счет соответствующего потока воздуха.

Так, например, если предположить, что вся допустимая величина утечки 18 м$^3$ в сутки в данное пространство, то поток воздуха 125 м$^3$/ч, проходящий через это пространство, будет поддерживать в нем концентрацию водорода $P$, равную 0,6 %, что значительно ниже взрывоопасного нижнего предела, равного 4 %.

Если рассматриваемое пространство имеет объем $V$ м$^3$, то объем воздуха должен заменяться в нем $\lambda$ раз в час при более чем шестикратном запасе $V \cdot \lambda = 125$ м$^3$/ч.

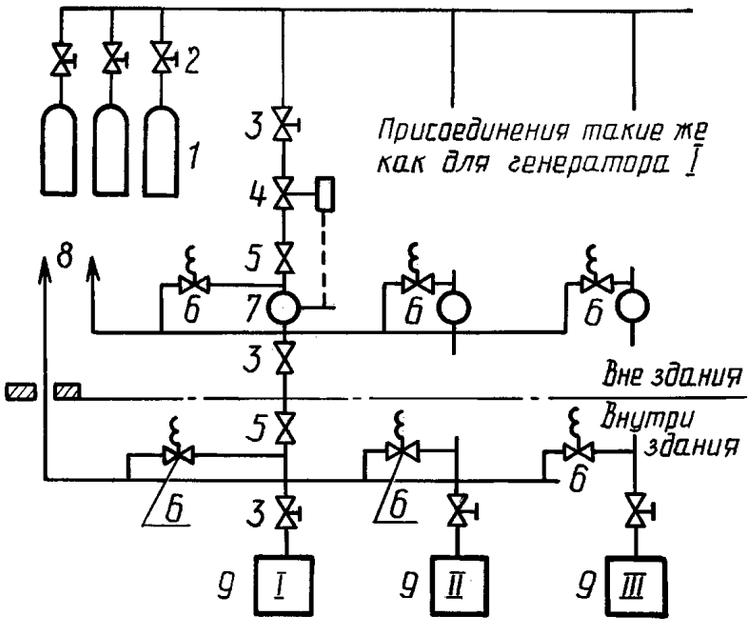
Таким образом,

для $V =$ 1 5 25 125 500 м$^3$

$\lambda =$ 125 25 5 1 0,25 раз/ч.

*ПРИЛОЖЕНИЕ*
*Рекомендуемое*

**ПРИМЕР УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ**
**(упрощенная схема)**
**для снабжения водородом одного или нескольких генераторов**




*1* — контейнер с баллонами водорода или крупный резервуар; *2* — клапаны выключения питания; *3* — стопорные клапаны каждого генератора; *4* — автоматический стопорной клапан; *5* — редукционные клапаны; *6* — предохранительные выпускные клапаны; *7* — расходомер; *8* — вентиляционные трубы; *9* — генераторы

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Министерством электротехнической промышленности и приборостроения СССР**

2. **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 01.03.91 № 210**

3. **Настоящий стандарт разработан методом прямого применения международного стандарта МЭК 842—88 «Руководство по применению и эксплуатации синхронных машин турботипа с водородным охлаждением» с дополнительными требованиями, отражающими потребности народного хозяйства**

4. **ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ**

5. **ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

| Обозначение НТД, на который дана ссылка | Номер пункта |
|---|---|
| ГОСТ 533—2000 | Вводная часть, 5.5 |
| ГОСТ 609—84 | Вводная часть |
| ГОСТ 22782.0—81 | Разд. 3 |

6. **Ограничение срока действия снято по протоколу № 5—94 Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации (ИУС 11-12—94)**

7. **ПЕРЕИЗДАНИЕ. Январь 2005 г.**

Редактор *О.В. Гелемеева*
Технический редактор *Л.А. Гусева*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Изд. лиц. № 02354 от 14.07.2000. Сдано в набор 03.02.2005. Подписано в печать 17.02.2005. Усл. печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,75.
Тираж 58 экз. С 453. Зак. 89.

ИПК Издательство стандартов, 107076 Москва, Колодезный пер., 14.
gost.e-ecolog.ru e-mail: gost.e-ecolog.ru
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Отпечатано в филиале ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.
Плр № 080102

gost.e-ecolog.ru