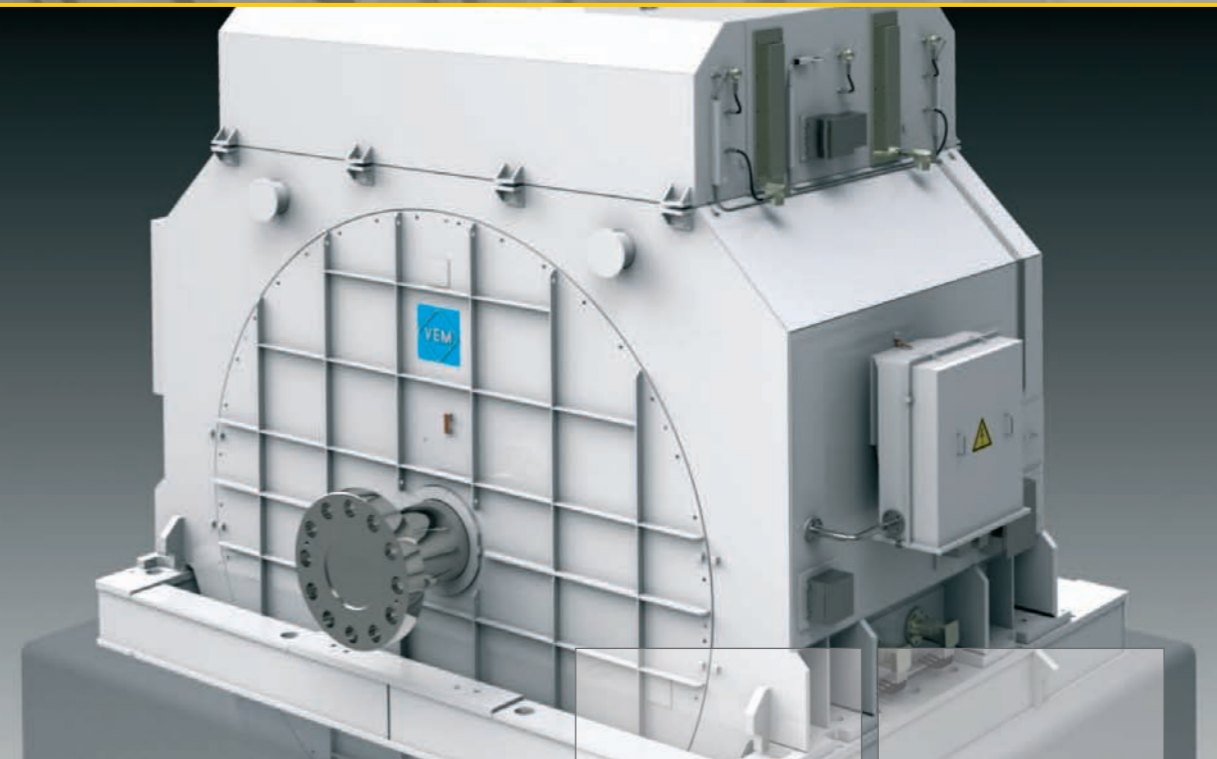


Высоковольтные компрессорные двигатели трехфазного тока

асинхронные 500 – 22 500 кВт
синхронные 2 000 – 46 000 кВт



Асинхронные двигатели

Синхронные двигатели

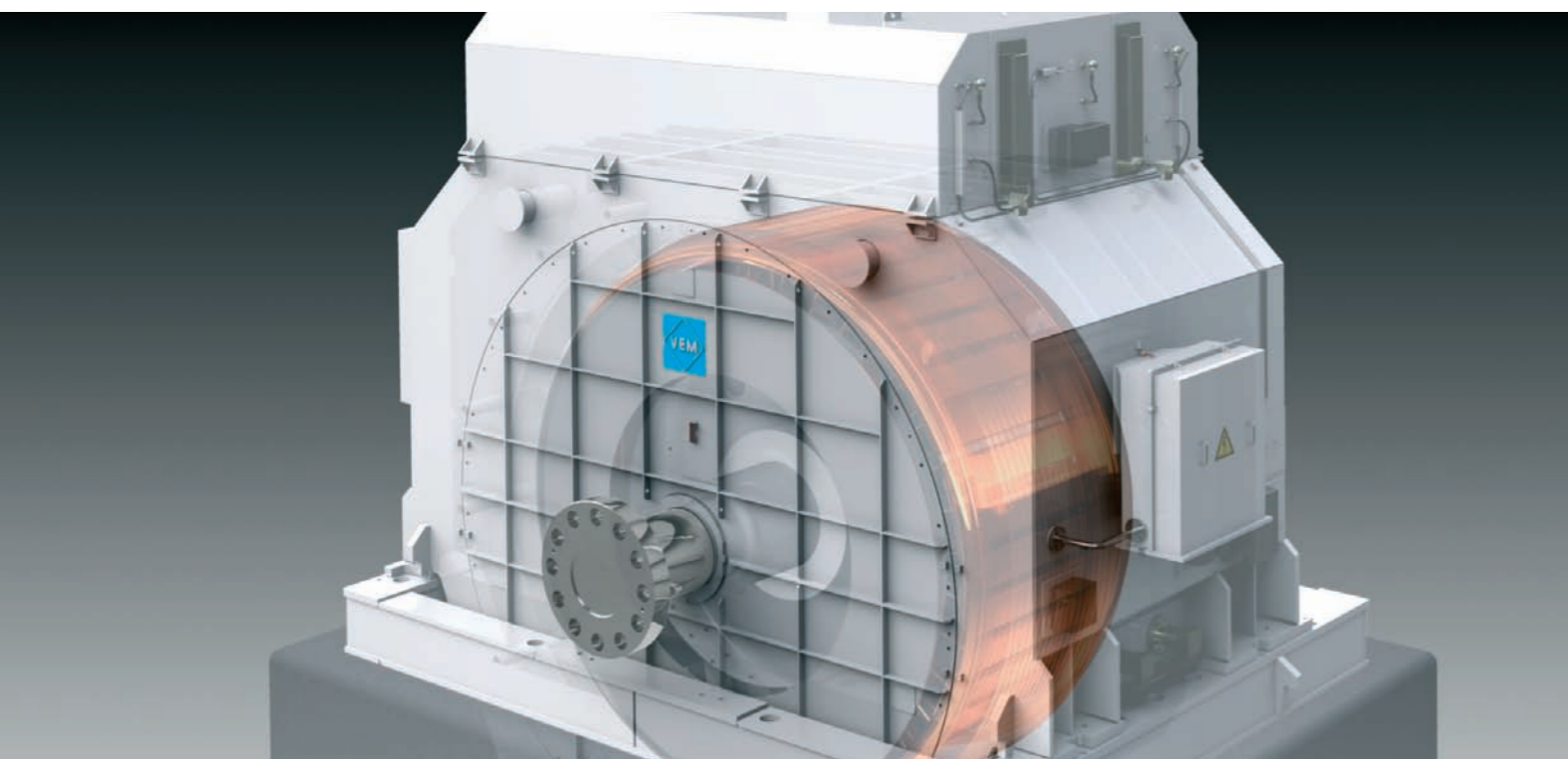
VEM Sachsenwerk GmbH
Pirnaer Landstrasse 176
01257 Dresden
Germany

Контактное лицо: Доктор Штефан Эберль
Телефон: +49-(0)351-208-1439
Факс: +49-(0)351-208-3505
E-Mail: eberl@vem-group.com
Интернет: www.vem-group.com



Мир, полный движения





Содержание

	Введение / предисловие	04
1.	Обзор программы поставки	06
1.1	Асинхронные двигатели	06
1.2	Синхронные двигатели	08
2.	Обозначение типа	09
3.	Нормы и правила	10
4.	Компрессорные двигатели	11
4.1	Основные положения	12
4.2	Напряжение и частота	13
4.3	Результат измерений и нагрев	13
4.4	Направление вращения	14
4.5	Допустимая перегрузка	14
4.6	Запуск	14
4.7	Устройство подшипников	14
4.7.1	Устройство подшипников качения	15
4.7.2	Устройство подшипников скольжения	15
4.8	Охлаждение	16
4.9	Типы конструкции	17
5.	Описание конструкции	18
5.1	Статор	18
5.2	Соединительные коробки	18
5.2.1	Подключение статора	19
5.2.2	Подключение других приборов	19
5.3	Короткозамкнутый ротор для асинхронных двигателей	20
5.4	Ротор для синхронных двигателей	20
5.4.1	Турборотор	20
5.4.2	Явнополюсный ротор с листовыми полюсами	21
5.4.3	Явнополюсный ротор с щитовыми полюсами	21
5.5	Возбуждение	21
5.5.1	Пульт возбуждения	21
5.5.2	Функция системы возбуждения	22
5.5.3	Возбуждение с помощью возбудителя	23
5.5.4	Возбуждение с помощью контактных колец	23
6.	Опции	24
7.	Взрывозащищенные двигатели	25
8.	Универсальная система изоляции VEMoDUR	25
9.	Контроль	27
10.	Документация	29
11.	Отгрузка, упаковка и монтаж	29
12.	Общие указания	30
13.	Отраслевые решения / рекомендации	30



Предисловие

На электростанциях, в нефтяной или газовой промышленности или на производстве синтетических веществ – мощные насосы и компрессоры используются во многих отраслях промышленности в самых различных системах. Поскольку они зачастую являются основным компонентом производственной установки, электроприводы не только должны быть максимально надежными и долговечными, но также должны эффективно использовать энергию.

VEM Sachsenwerk производит высоковольтные асинхронные и синхронные двигатели для компрессорных установок, которые удовлетворяют таким высоким требованиям. Мы предлагаем специфические индивидуальные решения для приводов с большим количеством модификаций.

Помимо прочего, сюда относятся двигатели с водяным охлаждением и электроприводы с питанием от преобразователя. Они отличаются надежностью, удобством обслуживания, модульной конструкцией, высоким КПД и небольшим уровнем шума. Прочная конструкция обеспечивает высокую способность к адаптации, чтобы удовлетворять индивидуальным пожеланиям клиентов.

Мы гарантируем Вам высокое качество решений, отвечающих требованиям клиентов.

Основные характеристики:

- долгий срок службы обмотки и высокая допустимая частота включений за счет использования универсальной системы изоляции VEMoDUR, которая используется уже долгие годы
- Размотка двигателей с 20% термическим запасом (класс нагревостойкости F / КПД В)
- защищенная размотка клеммовых коробок
- хорошие условия монтажа благодаря удельному весу
- экономичное, простое резервирование благодаря размотке двигателей по блочной системе монтажа.
- минимальные затраты на техническое обслуживание, особенно у модели с бесщеточным возбуждением
- высокий КПД благодаря электромагнитной оптимизации
- поставка возбuditелей для бесщеточных двигателей и двигателей, имеющих контактные кольца, с автоматической синхронизацией и асинхронной защитой

Все компрессорные двигатели разработаны с учетом пожеланий клиентов, чтобы удовлетворять специальным критериям использования.

Каталог содержит общие технические инструкции. Индивидуальные требования должны рассматриваться отдельно. Дополнительно могут быть запрошены технические данные основных рядов у VEM. Заинтересованных просим обращаться в наш отдел сбыта или в отделение отдела сбыта VEM ив представительства VEM. Заказы подлежат нашему письменному подтверждению.

Примечание:

Мы стремимся постоянно улучшать нашу продукцию. Модели, технические данные и изображения могут различаться. Они действительны только после письменного подтверждения заводом-поставщиком.

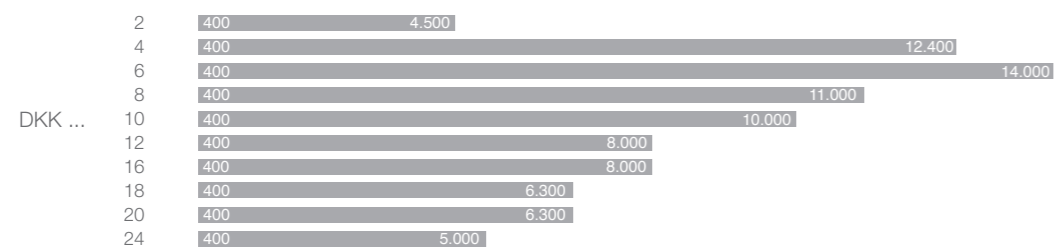


www.vem-group.com

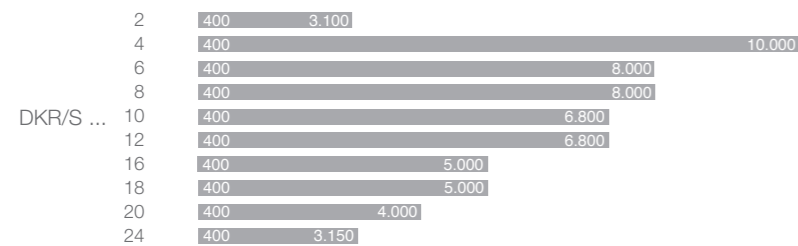
1. Обзор программы поставки

1.1 Асинхронные двигатели

Асинхронные компрессорные двигатели 6 кВ; 50 Гц; воздушно-водяной радиатор



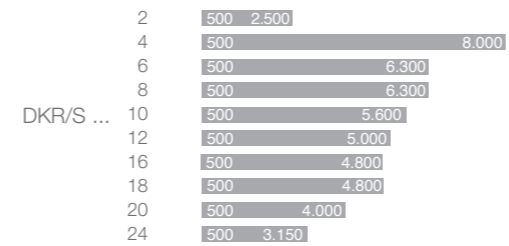
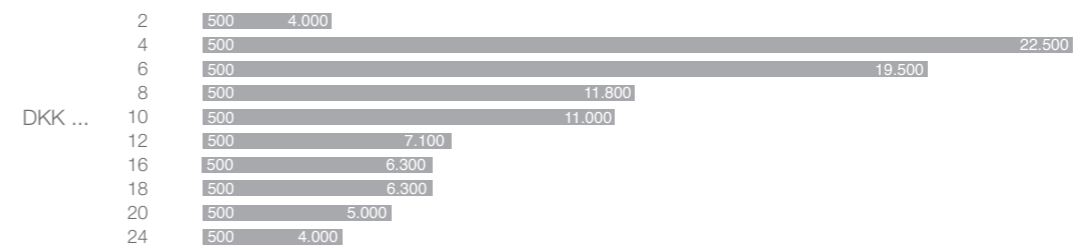
Другая мощность по отдельному запросу. Упорядочение мощности для двигателей без специальной взрывозащиты или в исполнении Ex p. Для Ex p или Ex e происходит соответствующее снижение мощности.



Количество полюсов

Мощность в кВт

Асинхронные компрессорные двигатели 10 кВ; 50 Гц; воздушно-водяной радиатор



Количество полюсов

Мощность в кВт



1.2 Синхронные двигатели

Синхронные компрессорные двигатели 6 кВ; 50 Гц; воздушно-водяной радиатор

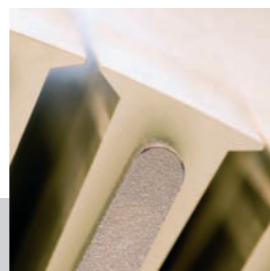
4	2.000	24.000
6	2.000	24.000
8	2.000	16.000
10-14	2.000	16.000
16-20	2.000	16.000
24-28	2.000	30.000
30-36	2.000	32.000

Синхронные компрессорные двигатели 10 кВ; 50 Гц; воздушно-водяной радиатор

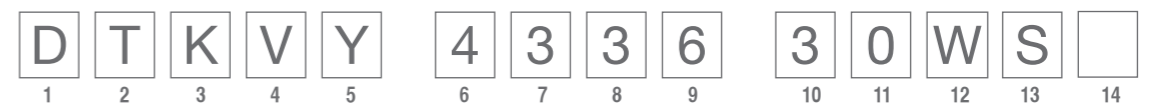
4	2.000	37.000
6	2.000	37.000
8	2.000	20.000
10-14	2.000	20.000
16-20	2.000	20.000
24-28	2.000	30.000
30-36	2.000	37.000

Количество полюсов

Мощность в кВт



2. Наименование типа



Позиция

1 Род тока

E = Однофазный, переменный ток
D = Трехфазный, переменный ток
M = Многофазный, переменный ток

Обозначения типов для предприятия
Sachsenwerk состоят из букв и цифр.

2 Тип двигателя

A Переменный ток, асинхронный, генератор
K Переменный ток, асинхронный, электродвигатель с короткозамкнутым ротором
B Переменный ток, асинхронный, двигатель с фазным ротором с BAV
S Переменный ток, асинхронный, асинхронный двигатель с фазным ротором без BAV
G Переменный ток, синхронный, генератор с контактными кольцами
R Переменный ток, синхронный, генератор без контактных колец
M Переменный ток, синхронный, двигатель с контактными кольцами
T Переменный ток, синхронный, двигатель без контактных колец
C Переменный ток, коллекторный двигатель
U Переменный ток, однокорпусный преобразователь

Буквы Позиция 1-5
Цифры Позиция 6-9
Цифры/буквы Позиция 10-14 (различные,
в зависимости от типа двигателя)

3 Тип охлаждения, тип защиты

E сквозное охлаждение / естественное охлаждение без надстроек (IP00; IP10; IP20; IP21; IP22; IP23)
A сквозное охлаждение / естественное охлаждение с надстройками (IP23; IP24)
F сквозное охлаждение / естественное охлаждение патрубка внутренним вентилятором (IP44; IP54; IP55)
L сквозное охлаждение / форсированное охлаждение, дополнительный вентилятор или патрубок (IP00; IP10; IP20; IP21; IP22; IP23; IP24)
B сквозное охлаждение / форсированное охлаждение патрубка (IP44; IP54; IP55)
R охлаждение по замкнутому циклу / естественное охлаждение охладителем класса "воздух-воздух" (IP44; IP54; IP55)
K охлаждение по замкнутому циклу / естественное охлаждение воздушно-водяным охладителем (IP44; IP54; IP55)
S охлаждение по замкнутому циклу / форсированное охлаждение охладителем класса "воздух-воздух" с дополнительным вентилятором (IP44; IP54; IP55)
M охлаждение по замкнутому циклу / форсированное охлаждение воздушно-водяным охладителем с дополнительным вентилятором (IP44; IP54; IP55)
N охлаждение по замкнутому циклу / естественное или форсированное охлаждение газом в качестве охлаждающего средства (кроме воздуха); все степени защиты
O Поверхностное охлаждение / естественное охлаждение через пазы (IP44; IP54; IP55)
C Поверхностное охлаждение / естественное охлаждение через ребра охлаждения (IP44; IP54; IP55)
P Поверхностное охлаждение / естественное охлаждение без вентилятора (IP44; IP54; IP55)
W Поверхностное охлаждение / форсированное охлаждение водяной рубашкой (IP54)
V Поверхностное охлаждение / форсированное охлаждение дополнительным вентилятором (IP54)

4 и 5 Тип исполнения (закодировано) устройство подшипников, отличающиеся напряжением и частота, взрывозащита, тип конструкции, тяжелый пуск и многое другое.

6 и 7 высота оси(закодировано)

8 и 9 длина пакета сердечника (закодировано)

10 и 11 Количество полюсов

12 до 14 дополнительная буква для уровня обработки и особых условий
Условные обозначения для специальных типов обмотки



3. Нормы и правила

Двигатели соответствуют действующим стандартам DIN и техническим нормам DIN VDE. Для базовых моделей существуют особые стандарты DIN EN 60034 (VDE 0530), а также IEC 60034, состоящие из следующих частей:

- Часть 1 Измерение и режим работы
DIN EN 60034-1 (VDE 0530-1) - IEC 60034-1
- Часть 2 Методы определения потерь КПД
DIN EN 60034-2 (VDE 0530-2) - IEC 60034-2
- Часть 5 Классификация типов защиты
DIN EN 60034-5 (VDE 0530-5) - IEC 60034-5
- Часть 4 Методы определения параметров синхронных машин с помощью измерений
DIN EN 60034-4, VDE 0530-4, IEC 60034-4
- Часть 6 Классификация способов охлаждения
DIN EN 60034-6 (VDE 0530-6) - IEC 60034-6
- Часть 7 Классификация типов конструкций
DIN EN 60034-7 (VDE 0530-7) - IEC 60034-7
- Часть 8 Обозначения подключений и направление вращения
DIN VDE 0530-8 - DIN EN 60034-8
- Часть 9 Допустимые уровни шума
DIN EN 60034-9 (VDE 0530-9) - IEC 60034-9
- Часть 14 Механические колебания ...
DIN EN 60034-14 (VDE 0530-14) - IEC 60034-14
- Часть 15 Ударное напряжение при измерении ...
DIN EN 60034-15 (VDE 0530-15) - IEC 60034-15
- Часть 16 Системы возбуждения для синхронных машин
DIN EN 60034-16... (VDE 0530-16) – IEC 60034-16
- Часть 18 Функциональная оценка систем изоляции
DIN EN 60034-18 (VDE 0530-18) - IEC 60034-18

- а также
DIN ISO 10816-... оценка колебаний двигателей с помощью измерений на невращающихся деталях... (различные детали)
- DIN ISO 8821 Механические колебания, инструкция по призматической шпонке при балансировке валов и комбинированных делений
- DIN ISO 1940-... Требования к классам точности балансировки неподвижных роторов ... (различные детали)
- DIN ISO 7919-... Измерение и оценка валовых колебаний

Для взрывозащитных двигателей гарантируются основные требования техники безопасности правила 94/9/EG (ATEX) благодаря соответствующей нормам конструкции.

Нормы для электрооборудования в газозрывоопасных областях:

- DIN EN 60079-0 Общие требования
- DIN EN 60079-2 Защита прибора с помощью заполнения или продува оболочки под избыточным давлением „р“
- DIN EN 60079-7 Защита прибора с помощью повышенной безопасности „е“
- DIN EN 60079-15 Конструкция, проверка и маркировка электрооборудования типа взрывозащиты „п“

По запросу возможна поставка по другим стандартам, например, по нормам, находящимся в соответствии с IEC или по специальным промышленным предписаниям, например, по спецификациям Shell.

4. Компрессорные двигатели

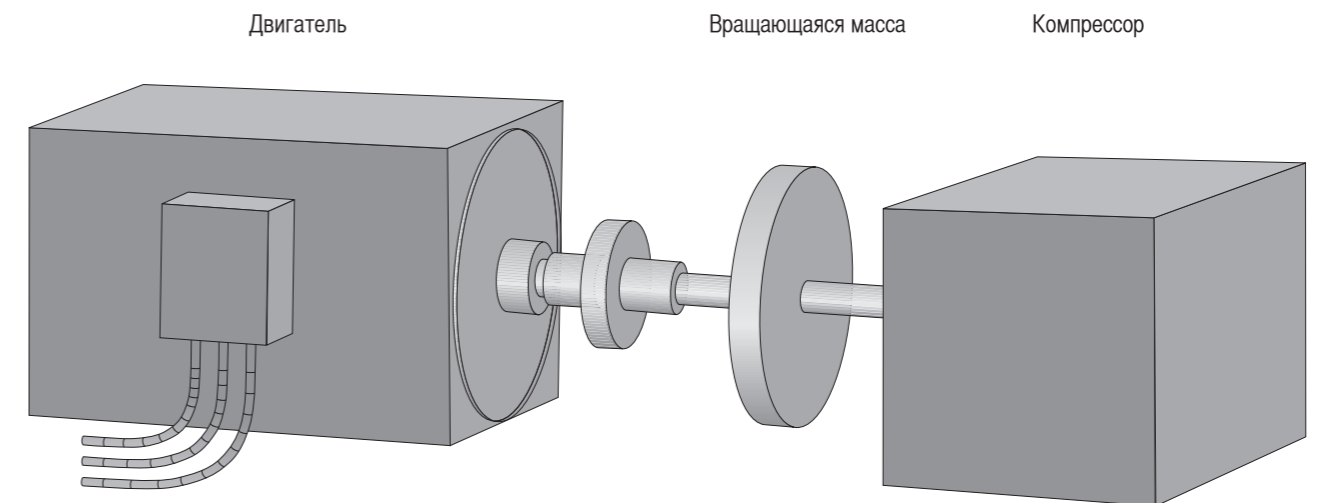
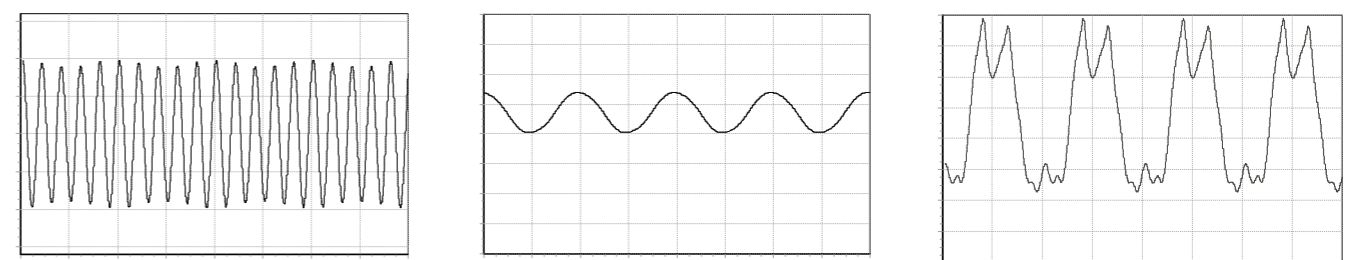


Рис. 1



Ток статора двигателя

Момент на валу

Момент компрессора

Нормированные токовые и моментные характеристики из динамического расчета цепи валов

4.1 Основные положения

Двигатели для привода компрессоров мы подразделяем на 2 типа.

Первый тип содержит высокоскоростные приводы с постоянным моментом нагрузки. Двигатели рассчитаны на работу S1 и на запуск преобразователя частоты или на прямое включение.

Ко второму типу относятся низкоскоростные двигатели для привода поршневых компрессоров. Для поршневых компрессоров характерно то, что сильно изменяется крутящий момент вследствие рычажного привода и возрастающего давления при каждом ходе поршня по диаграмме давление-объем (Рис. 2) на поверхностях поршня при каждом вращении.

Диаграмма давление-объем (индикаторная диаграмма)

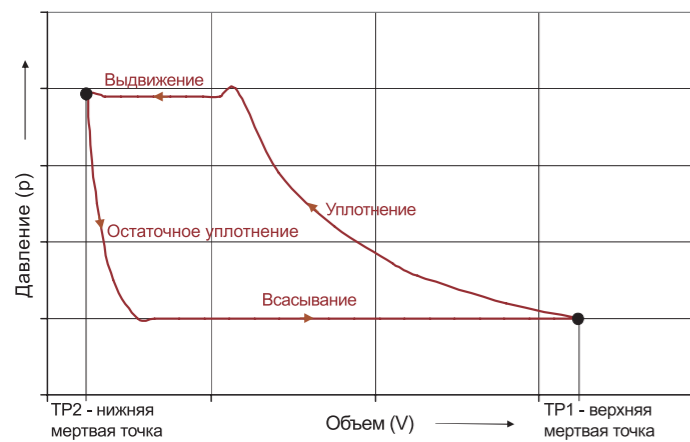


Рис. 2

По кривой изменения давления p получается давление на поршень F_p , давление на штангу F_s , окружное давление F_t и крутящий момент на валу двигателя в соответствии со следующими связями (Рис. 3).

Принцип передачи энергии от двигателя к баллонам уплотнения

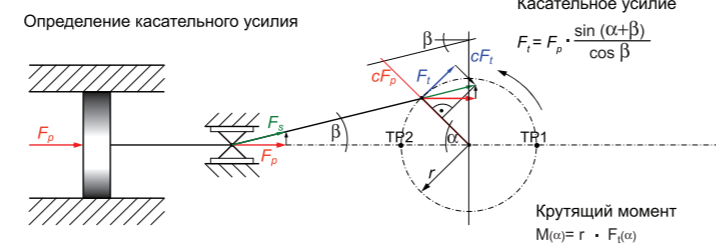


Рис. 3

Благодаря сильно изменяющемуся крутящему моменту компрессоров возникают колебательные обмены в потребляемом токе и потребляемой мощности двигателя (Рис.1), которые должны максимально подавляться с помощью увеличенных моментов инерции и надлежащих действий в двигателях или, если они в работе, в преобразователях частоты.

Если запускаются асинхронные двигатели с регулированием скорости вращения, особое внимание должно уделяться частотам собственных колебаний, т.к. они очень часто соотносятся с частотами вращающихся моментов поршневых компрессоров. В этих случаях компанией VEM Sachsenwerk всегда проводится динамический расчет общей трансмиссии.

В зависимости от требований к приводам используются асинхронные и синхронные двигатели. Выбор типа привода должен проходить с соблюдением следующих критериев.

Критерии выбора двигателя

- Расходы на приобретение
- Затраты на техническое обслуживание
- Коэффициент мощности
- КПД
- Стабильность при изменении напряжения в сети
- Задержка синхронного вращения у параллельных устройств

Из этого следует, что при очень больших мощностях/ моментах оправдано использование синхронных двигателей, несмотря на высокие расходы на приобретение.

4.2 Напряжение и частота

В базовой модели определяются параметры двигателей для расчетного напряжения 6 кВ и расчетной частоты 50 Гц.

Во время работы возможны колебания напряжения и частоты в соответствии с указаниями в DW EN 60034-1 (VDE 0530 часть 1) - IEC 60034-1.

Двигатели для диапазона напряжения $\leq 3,3$ кВ показывают более высокие результаты измерений, двигатели для диапазона напряжения $>6,6$ кВ - более низкие результаты измерений для одинаковых моделей.

Асинхронные двигатели

Синхронные двигатели



4.3 Результат измерений и нагрев

Результаты измерений в обзоре программы поставки действительны для длительного режима работы (S1) при расчетной частоте, расчетном напряжении, монтажной высоте ≤ 1000 м над уровнем моря, температуре охлаждающего воздуха на входе макс. в 40 °C или температуры воды системы охлаждения на входе в 27 °C. Максимальные температуры обмотки соответствуют классу изоляции В по нормам DIN EN 60034-1, измерено по методу сопротивлений.

Допускаются двигатели с предельной температурой нагрева по классу изоляции F.



4.4 Направление вращения

Как правило эксплуатироваться могут двигатели с самоохлаждением только с предусмотренным направлением вращения. Если требуются два направления вращения, могут использоваться специальные вентиляторы. Вентиляторы для двух направлений вращения влияют на потери на трение и, следовательно, на более низкий КПД.

Двигатели с механизмами форсированного охлаждения могут использоваться в обоих направлениях вращения.

4.5 Допустимая перегрузка

Синхронный максимальный крутящий момент у явнополюсных/ неявнополюсных синхронных машин составляет минимум от 1,35 до 1,5 от измеряемого крутящего момента.

Асинхронные двигатели оснащены по меньшей мере 1,6-кратным моментом измерения.

В зависимости от задачи привода эти значения могут быть адаптированы.

4.6 Запуск

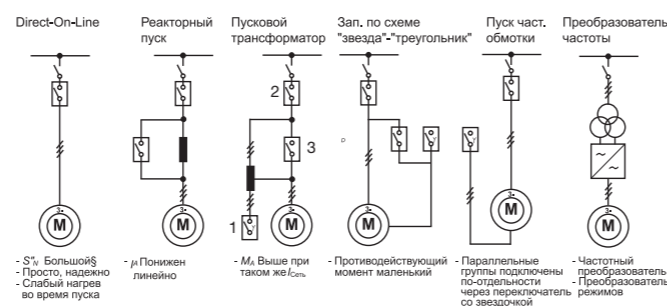
Как правило, двигатели разработаны для прямого запуска.

Пониженный пусковой ток реализуется через:

- уменьшение статорного напряжения с помощью автотрансформатора или дросселя
- запуск с помощью частотного преобразователя

В каждом случае для анализа пусковых условий должны быть указаны такие параметры рабочей машины как

- строка противодействующего момента (холостой ход до измеренного крутящего момента)
- момент инерции масс
- максимально допустимая посадка напряжения в сети во время фазы запуска и мощность короткого замыкания в цепи
- последовательное число запусков



Способ запуска - частотный преобразователь

Преимущества при запуске с преобразователем частоты (синхронный и асинхронный двигатель):

- Запуск с номинальным крутящим моментом при номинальном токе по всему диапазону скорости вращения, а также запуск с сокращенным моментом и с преобразователем с понижением мощности

Дополнительные преимущества при работе преобразователя частоты:

- Адаптация производительности к технологии
- стабильное шунтирование коротких сбоев в сети и предотвращение опасных подключений
- Асинхронный двигатель: Сокращение колебаний тока и напряжения в слабых сетях с помощью „уменьшения колебаний“ (адаптация числа оборотов вращающегося поля к числу оборотов ротора) с помощью особой регулировки преобразователя

4.7 Устройство подшипников

Тип использованного устройства подшипника зависит от величины вала и условий применения. Двигатели с концами вала около 250 мм или с числом оборотов выше 1800 мин.⁻¹

обычно оснащаются подшипниками скольжения.

N-сторонние места установки подшипников создаются изолированно во избежание пульсирующего тока. Для некоторых питающих линий преобразователей требуется изоляция обоих мест установки подшипников. В этом случае двигатель оснащается щетками заземления.

4.7.1 Устройство подшипников качения

Двигатели оснащаются стандартными подшипниками качения. При этом у маленьких двигателей речь идет о радиальных шарикоподшипниках. В больших двигателях они используются в комбинации с цилиндрическими роликовыми подшипниками. При осевой силе используются специальные опоры с радиально-упорными шарикоподшипниками с предварительным натягом.

Неподвижный подшипник находится обычно на D-стороне. Уплотнение устройства подшипников в пространстве двигателя и снаружи происходит с помощью неизнашиваемых щелевых уплотнений.

При размотке подшипников качения в основе лежит период эксплуатации по меньшей мере 30 000 часов.

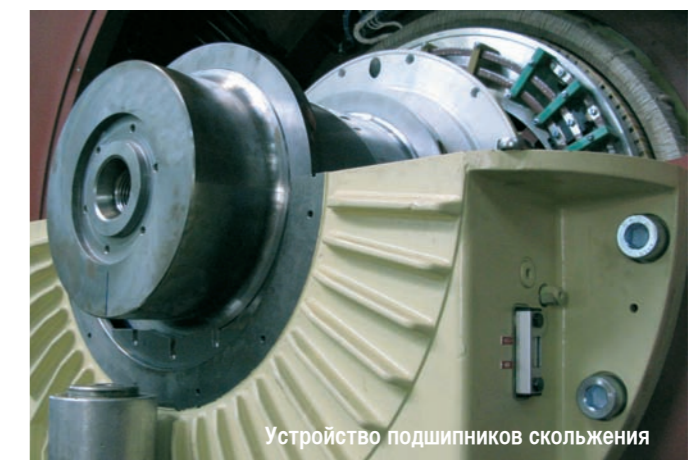
Все подшипники качения смазываются литиево-мыльной смазкой класса консистенции 3. Компоненты подшипников оснащены автоматическим регулированием подачи смазки. Это обеспечивает оптимальное состояние после дополнительной смазки.

4.7.2 Устройство подшипников скольжения

В зависимости от типа конструкции двигателя подшипники скольжения используются в качестве фланцевых подшипников или подшипниковых стоек. Подшипники состоят из отдельного корпуса, вкладыша, а также из отдельных смазочных и уплотнительных колец. При этом возможны осмотр подшипников, а также замена уплотнительных колец без демонтажа соседних компонентов двигателя или соединений.

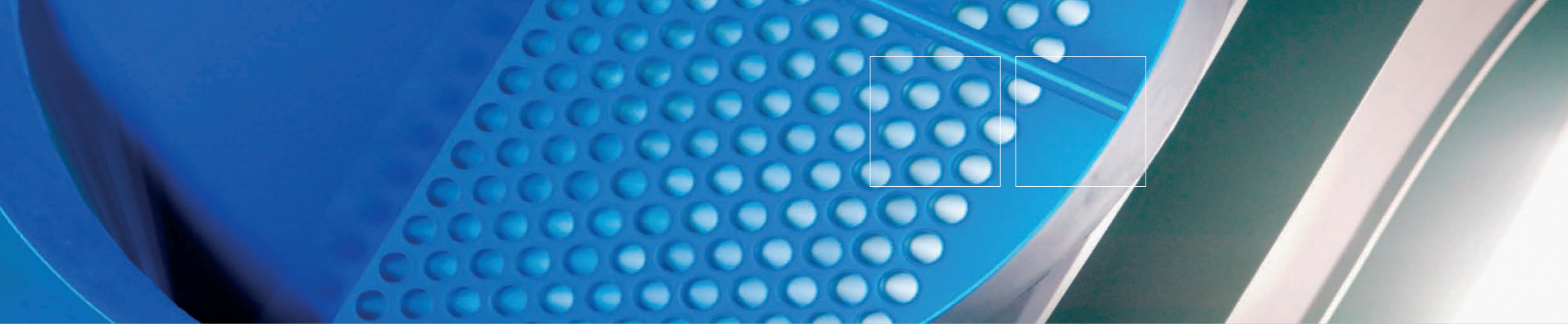
Подшипники скольжения изготавливаются в качестве плавающих подшипников, т.е. ротор электродвигателя запускается через ограниченное осевым зазором соединение с радиальным подшипником рабочей машины. Может использоваться неподвижный подшипник, если не вызываются осевые силы рабочей машины или соединения на валу двигателя. Используются специальные вкладыши подшипника, если требуется установление осевых сил.

Охлаждение подшипников скольжения происходит преимущественно с помощью отдачи тепла по поверхности корпуса подшипника. Если эти условия эксплуатации недопустимы, подшипники могут быть охлаждены с помощью промывочной жидкости или с помощью встроенного водяного радиатора. При низком числе оборотов или большой роторной массе используется гидростатический клиренс ротора.



Устройство подшипников скольжения

Смазка выполняется с помощью стандартного смазочного масла, класс вязкости которого определяется техническими характеристиками подшипника скольжения. Если используются другие смазки, необходима консультация с компанией VEM Sachsenwerk.



4.8 Охлаждение

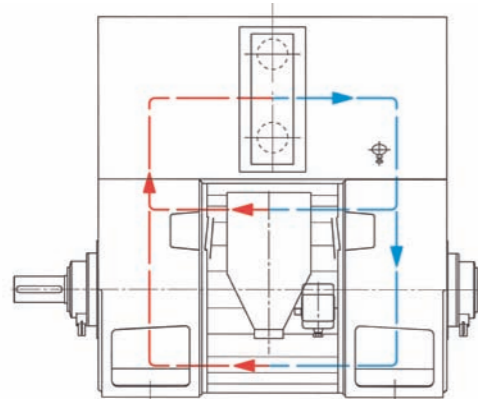
Охлаждение внутри двигателя осуществляется воздухом. Воздух подается через закрепленные на валу вентиляторы (естественное охлаждение), через дополнительные установленные вентиляторы (вентиляторы с приводом от стороннего двигателя) продольно или радиально через ротор и статор. При этом они восполняют потери тепла из пакета сердечника и обмоток.

Выбор метода охлаждения осуществляется в соответствии с проектом всей установки и существенно определяется необходимым типом защиты и находящимися в распоряжении средствами.

Общепринятые методы охлаждения:

IC 81W / IC 86W

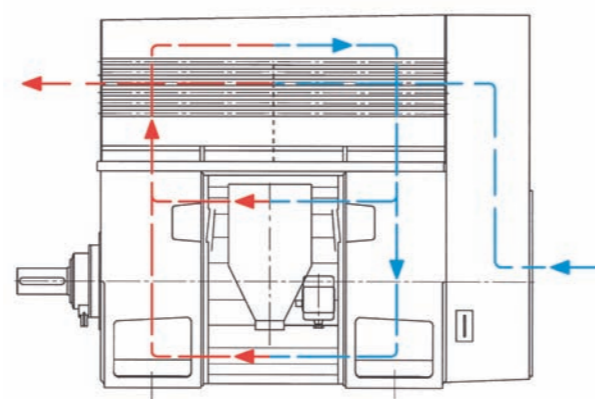
Двигатель с закрытым внутренним замкнутым циклом охлаждения и закрепленным воздушно-водяным теплообменником (IP54/IP55)



Холодный воздух внутри двигателя циркулирует в закрытом цикле и отдает свое тепло через воздушно-водяной теплообменник охлаждающей жидкости. Используемый материал теплообменника зависит от качества охлаждающей жидкости.

IC 611 / IC 616 / IC 661 / IC 666

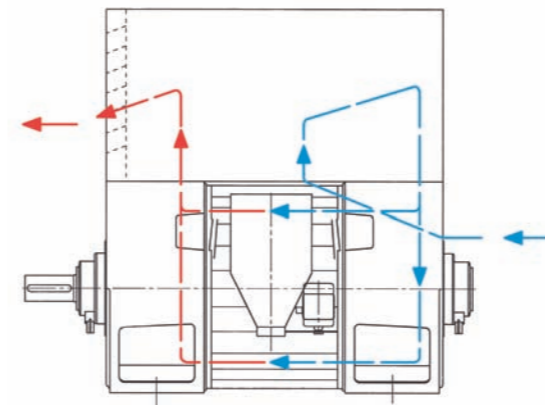
Двигатель с закрытым внутренним замкнутым циклом охлаждения и закрепленным теплообменником класса "воздух-воздух" (IP54/IP55)



Холодный воздух внутри двигателя циркулирует в закрытом цикле и отдает свое тепло через теплообменник класса "воздух-воздух" окружающему воздуху. Окружающий воздух подается через закрепленный на конце вала вентилятор (естественное охлаждение), через дополнительно установленный вентилятор (вентилятор с приводом от стороннего двигателя) через охлаждающие трубки. Охлаждающие трубки изготавливаются из алюминия.

IC 01 / IC06

Двигатель со свободной или открытой системой охлаждения (IP23)



Охлаждающий воздух забирается из внешней среды, проходит внутри двигателя и затем снова выходит во внешнюю среду. Для соблюдения степени защиты используются соответствующие шторки.



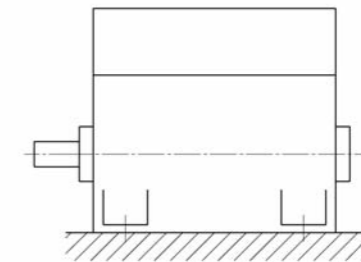
4.9 Типы конструкции

Тип конструкции двигателя выбирается таким образом, чтобы он оптимально подходил конструктивным данным компрессора.

Общепринятые типы конструкции:

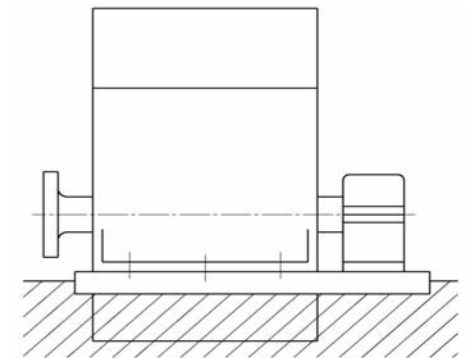
• IM 1001 (IM B3)

Двигатель с двумя подшипниковыми узлами, стандартными основаниями, цилиндрическим концом вала



• IM 7115

Двигатель с подшипниковой стойкой, опорной пластиной и вытянутыми по вертикали основаниями, с концом фланцевого вала



Для этого типа конструкции необходима выемка в фундаменте. Неподвижный подшипник для цепи валов находится в компрессоре. Компрессорный подшипник со стороны двигателя должен принимать часть массы ротора.

5. Описание конструкции

5.1 Статор

Корпус статора – это сварная конструкция из передней стенки и перегородки с ребрами жесткости, поперечинами и обшивочными листами.

Пакет сердечника состоит из изолированных заготовок динамных листов или совмещен с пластинчатыми сегментами динамных листов и устанавливается на торцевой крышке вместе со стойкой пресса.

У маленьких и средних двигателей с нераздельным статором обмотанный и импрегнированный пакет сердечника закрепляется на корпусе, у больших двигателей сегменты динамных листов шихтуются в детали корпуса на направляющих планках, закрепляются и в конце обматываются импрегнированными прутьями.

Трехфазная обмотка статора находится в открытых бороздках пакета сердечника. В зависимости от уровня мощности она представляет собой двухслойную шаблонную катушку или двухслойное сматывающее устройство.

Шаблонная катушечная обмотка состоит из медного плоского провода, изолированного листовой слюдой. Для провода, закрученного в пазовом клине, используются медные проволоки, изолированные в лакированной стеклянной пряже, которые закрепляются в качестве жгута проводов с помощью изоляционного слоя слюды.

Главная изоляция катушки или прутьев состоит из связующих лент из миканитовой стеклянной ткани. Во избежание коронных разрядов в пазовом клине наносятся низкоомный и высокоомный защитные слои.

Полностью изолированные пакеты проводов устанавливаются в пазах с помощью шток из эпоксидной смолы с использованием стеклянной ткани.

Лобовые части обмотки вопреки требованиям прочно закреплены при манипуляциях по переключению с помощью ободов, дистанционных прокладок и стопорных колец.

Соединения в электрической схеме паяются у шаблонной катушечной обмотки, у сматывающих устройств создаются стержневые соединения с помощью газозлектрической сварки WIG.

Статоры с вставленными шаблонными катушками в диаметре до 4300 мм полностью импрегнированы по системе изоляции VEMoDUR-VPI-155.

5.2 Соединительные коробки

Все соединительные коробки производятся в качестве базовой модели с типом защиты IP54/IP55.

5.2.1 Подключение статора

Кабельная соединительная коробка находится на боковой стенке корпуса статора.

Коробка производится в качестве разъемной сварной конструкции. Нижняя часть присоединяется болтами на плате корпуса. В нижней части находится намеченное место обрыва для снижения давления при коротком замыкании. Отверстия в нижней части включают выдерживающие короткое замыкание изоляторы из литевой смолы. У маленьких статоров находятся проходные сальники в изоляторах из литевой смолы, которые впаяны в кабель для обмотки статора. У больших статоров изоляторы из литевой смолы содержат токопроводы, к которым привинчивается кабель для обмотки статора. В обоих случаях со стороны сети происходит соединение с помощью привинченных кабельных наконечников.

Кабельный отвод идет вниз. Используемые кабельные коннекторы выбираются со стороны заказчика, по желанию коробка может поставляться с непросверленной замыкающей пластиной, к которой привинчивается кабель для обмотки статора. В обоих случаях со стороны сети происходит соединение с помощью привинченных кабельных наконечников.

5.2.2 Подключение других приборов

Другие соединительные коробки для подключения возбудителя (только синхронные двигатели), антиконденсатного нагревателя, двигателей вентиляторов, резистивного термометра устанавливаются у статора. Они состоят из литейного сплава алюминия, подверженного коррозии. Кабельный отвод крепится винтовым соединением.



Статоры для привода компрессора



Вспомогательная соединительная коробка



Нейтральная точка с трансформатором тока для дифференциальной защиты



5.3 Короткозамкнутый ротор для асинхронных двигателей

Короткозамкнутый ротор состоит из кованого вала с пакетом сердечника, подвергнутому термоусаживанию. Пакет сердечника устанавливается из изолированных заготовок динамных листов. У двигателей с большим диаметром роторов используются валы с ребрами жесткости или валы с массивами ротора. Они включают шихтованные в "переплет" сегменты динамных листов. Пакет сердечника устанавливается продольно на торцевой крышке вместе со стойкой пресса.

В пазах динамных листов находятся короткозамкатель из меди или медного сплава. Они спаиваются индукционно вместе с полупроводниковыми пластинами.

Особая конфигурация полупроводниковых пластин и стержней роторной обмотки гарантирует при вертикальной пайке высокое качество и поперечную фиксацию короткозамкателей. Только после пайки обрабатывается внешний контур полупроводниковых пластин, чтобы достичь оптимального состояния.

Узко отбракованные по допускам размеры пазов и стержней роторной обмотки, а также дополнительное импрегнирование гарантируют прочную позицию стержней роторной обмотки при любых условиях эксплуатации.

У высокоскоростных двигателей на стыке между короткозамкателем и полупроводниковой пластиной выбираются специальные конструктивные исполнения с дополнительными стяжными кольцами.

5.4 Ротор для синхронных двигателей

Тип конструкции ротора зависит от механических нагрузок и условий пуска.

Синхронные двигатели поставляются с возбудителем согласно стандартам.

Исполнение бывает бесщеточное, не требующее обслуживания и готовое к использованию, если двигатель эксплуатируется во взрывоопасной атмосфере.

В качестве альтернативы может происходить возбуждение на контактных кольцах и щетках.

5.4.1 Турборотор

Турборотор состоит из кованого вала с пакетом сердечника, подвергнутому термоусаживанию. Пакет сердечника устанавливается из изолированных заготовок динамных листов.

У двигателей с большим диаметром ротора используются валы с ребрами жесткости или валы с массивами ротора. Они включают шихтованные в "переплет" сегменты динамных листов.

Пакет сердечника устанавливается продольно на торцевой крышке вместе со стойкой пресса.



Турбороторы для синхронных двигателей

В пазах листов стали вставлена обмотка возбуждения и установлена шторка. Для обмотки возбуждения используются проволоки, изолированные в лакированной стеклянной пряже. Ротор полностью импрегнирован по системе изоляции VEMoDUR-VPI-155.

Раздельно, равномерно на внешнем периметре пакета сердечника ротора находятся пазы, которые включают стержни демпферной обмотки.

Стержни демпферной обмотки спаяны на концах замыкающих накоротке дисках и образуют короткозамкнутую клетку для прямого запуска.

Для запусков с относительно высокими моментами инерции масс или с высокими противодействующими моментами используются пусковые клетки.

5.4.2 Явнополюсный ротор с листовыми полюсами

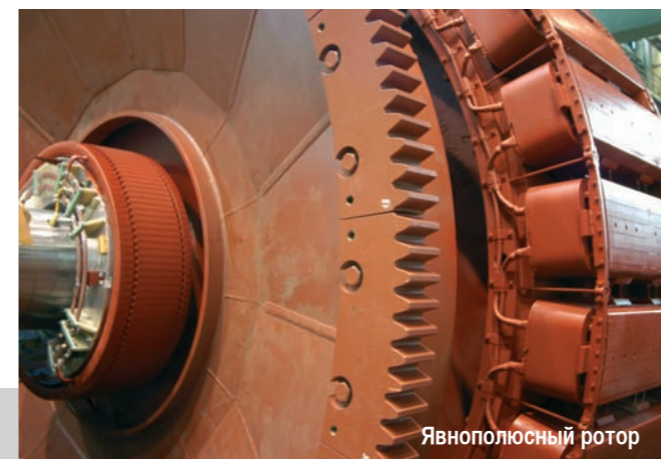
Литой массив ротора насаживается на кованный вал или присоединяется к нему болтами.

Полюсы укладываются слоями из пластин, прижимаются с помощью торцевой крышки и привинчиваются болтами. Полюсы обматываются изолированным медным плоским проводом и импрегнируется по системе изоляции VEMoDUR-VPI-155.

Дополнительно на вершинах полюсов наводятся пазы, которые включают стержни демпферной обмотки.

На массивах ротора крепятся полюса в сборе или укрепляются при высоком окружном усилии с помощью пазов с Т-образной головкой и клинами.

Полюсные катушки соединяются для параллельной работы и образуют обмотку возбуждения.



Явнополюсный ротор

Концы стержней демпферной обмотки закорочены с помощью демпферных сегментов.

5.4.3 Явнополюсный ротор с щитовыми полюсами

Вал с сердечниками полюса состоит из обработанной со всех сторонковки. На полюсные сердечники изолированно крепятся полюсные катушки. Они заливаются смолой для улучшенной отдачи тепла и механической стабильности. На полюсные сердечники крепятся кованные вершины полюсов.

Полюсные катушки соединяются для параллельной работы и образуют обмотку возбуждения.

Для этого исполнения не требуется особой демпферной обмотки.

5.5 Возбуждение

5.5.1 Пульт возбуждения

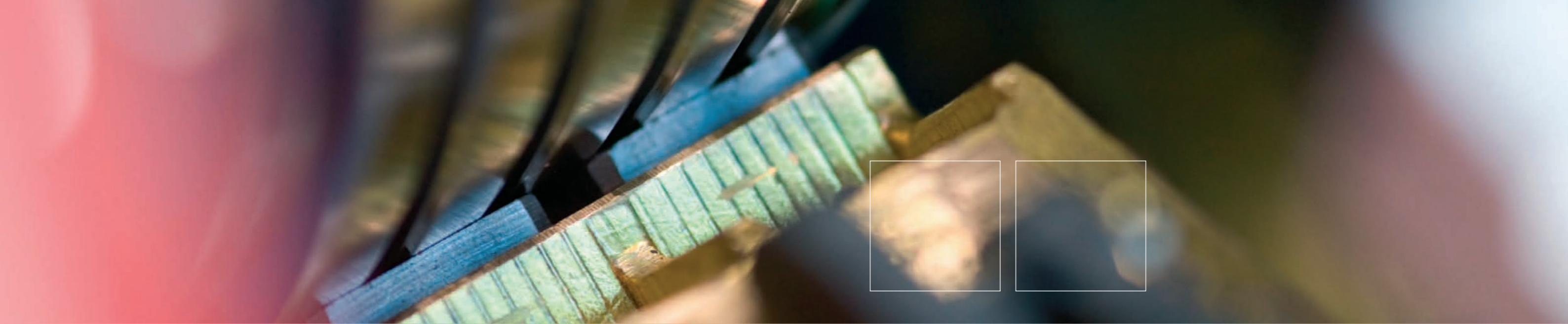
Устройство возбуждения представляет собой распределительный шкаф, при статичных установках – несколько распределительных шкафов.

Для простых устройств для небольших мощностей могут поставляться и другие варианты, такие как сборка двигателя, настенный монтаж и монтажная панель. Характеристики шкафа настроены в соответствии с начальным моментом процесса.

Распределительный шкаф из листовой стали содержит общую настройку и управление возбудителем.

Если необходимы локальные показания приборов, в дверь шкафа монтируются соответствующие устройства. Возникает возможность монтировать управляющие элементы на поворотной рамке и использовать видимую дверь.

Распределительные шкафы в соответствии со стандартом оснащены днищевыми листами, а кабель загерметизирован поропластом. По желанию кабели могут устанавливаться с помощью PG-винтовых соединений.



5.5.2 Функция системы возбуждения

Система возбуждения включает управление и регулировку синхронного двигателя.

Управление настроено для соответствующей системы. Различия, прежде всего, в запуске двигателя. Таким образом, например, могут обслуживаться выключатель или устройство плавного пуска.

При синхронизации двигателя различают статические и бесщеточные системы возбуждения.

Статические системы возбуждения имеют прямой доступ к обмотке возбуждения машины, синхронизируют ее в соответствии с условиями запуска и обеспечивают защиту от перенапряжения явнополюсного ротора.

У бесщеточных систем возбуждения эти функции находятся в ротационном электронном устройстве. Доступны варианты исполнения для легкого и тяжелого пуска.

С использованием ротационного электронного устройства происходит включение возбуждения.

Управление возбудителем активируется после синхронизации сети.

Управление синхронным двигателем с помощью возбудителя выполняется с точки зрения стабильности привода и электроустановки, а также с точки зрения сетевых требований. Оба аспекта не противоречат друг другу, однако в основе должна лежать сбалансированная проектировка всего устройства.

Чаще всего используется реактивная мощность, которая работает с помощью управления током возбуждения, получается выгодная продолжительность процесса регулирования. В качестве альтернативы может использоваться cosφ-управление в качестве модифицированной формы управления реактивной мощностью.

Стабилизатору реактивной мощности может быть гетеродинирован дополнительный стабилизатор, чтобы, например, сохранить реактивную мощность части электрической цепи. Конечно, это возможно только в рамках рабочей области синхронного двигателя.

Ряд ограничительных регуляторов предотвращает, в первую очередь, потери стабильности в работе двигателя. Ограничение роторного угла базируется на создании активной и реактивной мощности.

Для контроля и ручного управления используется регулирование тока возбуждения.

При этом регулируется внутреннее заданное значение, как правило, через сигналы НОСН/ПЕГ.

Фактическая величина измеряется в возбудителе. В качестве регулирующего блока используются рабочие устройства.

Основные функции:

- управление реактивной мощностью
- управление током возбуждения
- цифровой датчик заданного значения
- ограничение тока возбуждения
- ограничение неполного и форсированного возбуждения
- ограничение роторного угла
- ограничение реактивной мощности
- обнаружение отказа для ротационных диодов (у бесщеточных систем)

С помощью регулирования могут быть реализованы следующие функции:

- идентификация асинхронного запуска
- контроль числа запусков
- контроль блокировки
- контроль запуска двигателя

По желанию в возбудитель может быть интегрировано устройство защиты двигателя. После этого будут доступны все функции защиты.

Бесщеточный вариант не требует обслуживания. Ротационное бесщеточное устройство возбуждения (возбудитель, детектор, тиристор запуска, блок схемной защиты и пусковой реостат) установлено либо внутри машины, либо снаружи.

Возбудитель по характеру эксплуатации представляют собой:

- 3-фазный внешнеполюсный возбудитель с питанием постоянным током со стороны ротора или
- 3-фазный возбудитель с питанием трехфазного тока.

Ротор возбудителя снабжает обмотку возбуждения двигателя мощностью через модули детектора в трехфазной мостовой схеме.

5.5.3 Возбуждение с помощью возбудителя

Возбудитель находится внутри двигателя, между пакетом сердечника ротора и N-сторонним подшипником.

Возбудитель состоит из:

- статора с питанием трехфазного тока в зависимости от эксплуатации двигателя
- ротора с трехфазной обмоткой
- выпрямительного моста с блоком схемной защиты, при необходимости с пусковым реостатом

Мощность возбудителя подается в статор возбудителя.

В обмотке ротора возбудителя индуцируется напряжение, которое подается по выпрямительному мосту обмотки возбуждения ротора синхронного двигателя.

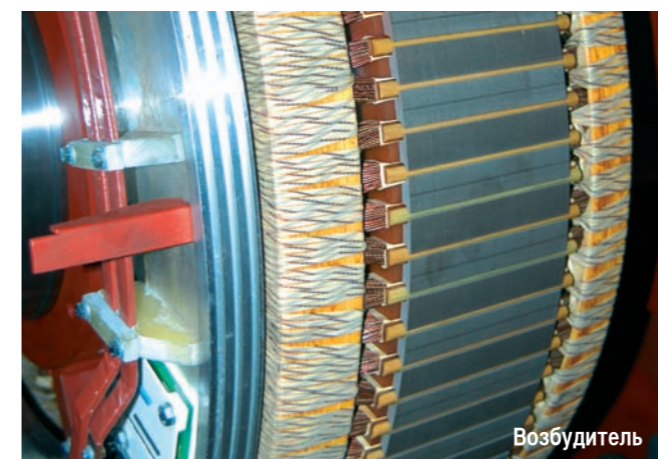
5.5.4 Возбуждение с помощью контактных колец

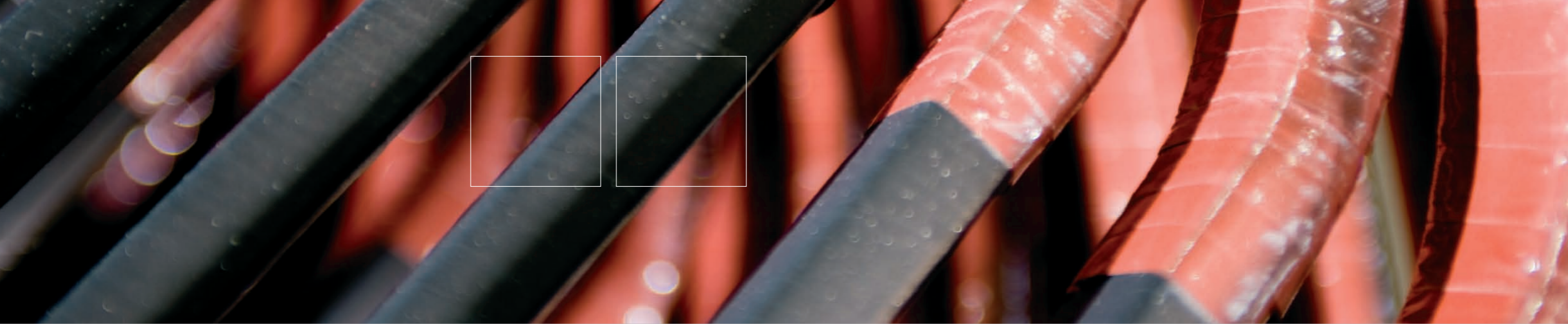
Внутри двигателя, на N-стороннем подшипниковом щите или на специальной крестовине ротора находятся щеточные траверсы с держателями, которые включают угольные щетки.

Мощность возбудителя подается в щеточную траверсу.

Контактные кольца находятся между пакетом сердечника ротора и N-сторонним подшипником.

Контактные кольца состоят из высококачественной стали. Они прикреплены к обмотке возбуждения ротора и обеспечивают мощность возбудителя.





6. Опции

- Коробка нейтральной точки для обмотки статора, на противоположной стороне кабельной соединительной коробки
- Установка трансформатора тока, при использовании во взрывоопасной атмосфере в проветренном помещении (заполнение или продув оболочки под избыточным давлением „р“)
- Присоединение прокручивающего устройства для технического обслуживания компрессора
- Присоединение вращающейся массы
- Установка антиконденсатного нагревателя
- Вспомогательные соединительные коробки из высококачественной стали
- Контроль валовых колебаний (у двигателей с подшипниками скольжения)
- SPM (у двигателей с подшипниками качения)
- Воздушно-водяной теплообменник в исполнении трубной системы “труба в трубе”
- Индикатор потока в водяном контуре
- Детекторы для утечки воды воздушно-водяного теплообменника
- Повышенный срок эксплуатации подшипников для подшипников качения (до 100 000 часов)
- Смазочная установка для подшипников скольжения
- Подшипники скольжения с гидростатичным клиренсом ротора
- Шпиндели дросселя для определения количества протекающей смазки и индикатор или контроллер определения протекающей смазки для подшипников скольжения с системой смазки
- Тахогенератор
- Крепеж, фундаментные болты, стальные вставки, ...

7. Взрывозащищенные двигатели

Для установки двигателей во взрывоопасных зонах действуют предписания 94/9/EG (ATEX 95) и 99/92/EG (ATEX 137).

При этом взрывоопасные зоны поделены на области, а электрооборудование, т.е. электрические двигатели, на группы устройств и категории. Через замену IEC 60079 для газозврывоопасных зон и через замену IEC 61241 для зон с воспламеняющейся пылью удовлетворяются требования предписаний.

Для газозврывоопасной зоны области 1 предлагаются двигатели группы устройств II категории 2:

- наполнение или продув оболочки под избыточным давлением „р“ (согласно DIN EN 60079-2, IEC 60079-2)
- повышенная безопасность „е“ (согласно DIN EN 60079-7, IEC 60079-7)



Синхронный двигатель для работы частотного преобразователя

Для газозврывоопасной зоны области 2 предлагаются двигатели группы устройств II категории 3:

- степень защиты „п“, безыскровая с нормальным режимом (согласно DIN EN 60079-15, IEC 60079-15)

Для двигателей, защищенных от взрыва, со степенью защиты „е“ (согласно IEC 60079-7) и степенью защиты „п“ (согласно IEC 60079-15) с клиентом на этапе заключения договора должна проводиться оценка рисков для опасности воспламенения, а также в договоре должны обговариваться меры минимизации рисков. Мера сокращения рисков для двигателей с высоким напряжением – это проверка соответствия стандарту для системы изоляции обмотки статора во взрывоопасной атмосфере. Для системы изоляции VEMoDUR-VPI-155 от Sachsenwerk предусмотрены соответствующие сертификаты PTB Braunschweig. Предлагается один вариант для расчетных напряжений до $U_N = 6,6$ кВ и другой вариант до $U_N = 11$ кВ.

8. Универсальная система изоляции VEMoDUR

Высокая эксплуатационная надежность электрических двигателей определяется качеством их изоляции обмотки.

Показательными для изолированной техники в компании Sachsenwerk были и остаются технические решения, которые соответствуют по своим параметрам международному стандарту и гарантируют эксплуатирующим предприятиям большую производительность в сочетании с высокой надежностью, а также долгий период эксплуатации.

Для двигателей с высоким напряжением используется VPI-техника (импрегнация “вакуумное давление”). Универсальная система изоляции VEMoDUR-VPI-I 55 была разработана на предприятии Sachsenwerk и зарегистрирована в качестве торговой марки. При этом используется понятие „VEMoDUR“ в качестве специфического имени системы, „VPI“ для обозначения метода импрегнации “вакуумное давление” и цифры „155“ в качестве символа (обозначения) для класса нагревостойкости системы изоляции.



В этой системе содержатся главные компоненты для обмотки статора:

Компонент	Диэлектрик
изоляция катушки	миколенты
главная изоляция (пазовая головка и лобовая часть)	Миканитовые ленты с использованием стекловолкна (форсированный, слабо связывающий)
пропиточный состав	эпоксидная смола



Компоненты максимально сбалансированы друг с другом. Благодаря многолетнему опыту эксплуатации и функциональной оценке согласно DIN EN 60034-18-31 (VDE 0530, часть 18-31) – IEC 60034-18-31 был утвержден класс нагревостойкости F.

Чтобы гарантировать высокое качество системы изоляции, все компоненты согласно DIN ISO 9001 подвергаются контролю при приемке.

Во время изготовления обмотки контролируются электрические свойства в рамках внутреннего контроля качества между промежуточной и конечной проверкой.

Процесс импрегнации настроен в соответствии с изолирующей конструкцией и базируется на исследованиях процесса, а также на многолетнем успешном использовании на практике.

Во время процесса импрегнации изоляция подлежит постоянному контролю, в ходе которого перепроверяются и документируются все характеристики.

Упрочнение изоляции происходит ротационно.



Пропиточная установка VEMoDUR

Импрегнация “вакуумное давление” гарантирует высокую механическую прочность (прочность лобовой части обмотки) и высокую электрическую прочность. Особенно это касается разрядных напряжений. Для всех двигателей с высокой безопасностью гарантируются измеренные импульсные напряжения согласно DIN EN 60034-15 (VDE 0530, часть 15) – IEC 60034-15 (см. фрагмент таблицы).

Уровень изоляции ротационных электрических машин с обмоткой роторной шаблонной катушки согласно DIN EN 60034-15 (VDE 0530, часть 15) - IEC 60034-15 (фрагмент)

Измеренное напряжение U_N в кВ	Импульсное напряжение (максимум) в кВ вал 1,2/50 ($4U_N + 5$ кВ)	Имеющее частоту сети испытательное напряжение (действующее значение) в кВ ($2U_N + 1$ кВ)
6 6,6	29 31	13 14,2
10 11	45 49	21 23
13,8 15	60 65	28,6 31

По желанию клиента VEM может поставляться в слое обмотки, в специальном исполнении с повышенным импульсным напряжением.

Система изоляции отличается высокой атмосферостойкостью, т.е. обмотка нечувствительна к влажной и агрессивной атмосфере.

Систему изоляции VPI можно наблюдать в стандартном исполнении.

Для очень больших машин используется технически равнозначная система изоляции, главная изоляция и изоляция лобовой части обмотки переплетены и отверждены в пазовом клине под воздействием давления и тепла.

В рамках внутреннего контроля качества согласно DIN VDE происходит промежуточный и конечный контроль прочности изоляции, а также, по желанию клиента, контроль импульсного напряжения и неполного разряда. Поэтому гарантируется конкурентоспособное качество, отвечающее требованиям рынка.

Система изоляции VEMoDUR подходит для двигателей с типом взрывозащиты устройств благодаря повышенной безопасности “e” – Ex e согласно DIN EN 60079-7 / IEC 60079-7.

9. Контроль

Эффективная система обеспечения качества и контроля согласно DIN EN ISO 9001:2008 обеспечивает оптимальное качество двигателей.

Каждый двигатель подлежит внутреннему контролю. Результаты проверки документируются в свидетельстве контроля. Оно является компонентом документации при поставке.

Контроль качества каждого изделия

- Визуальный контроль (обозначение, комплект, конструктивная характеристика, качество монтажа и т. д.)
- измерение воздушного зазора (при конструктивной возможности)
- изоляционные сопротивления обмоток, температурных зондов, антиконденсатных нагревателей, подшипников (контроль происходит во время монтажа)
- омические сопротивления обмоток, температурных зондов, антиконденсатных нагревателей
- измерение полного сопротивления индуктора
- установка магнитного центра для подшипников скольжения
- характеристика холостого хода для определения магнитных потерь и потерь от трения, в случае требуемого расчетного контроля КПД
- контроль направления вращения
- перепроверка симметрии напряжения
- испытание витковой изоляции
- измерение силы колебаний
- характеристика короткого замыкания и измерение потерь (генераторный метод)
- определение SPM-уровня при соответствующем комплекте
- контроль перегрузки по току
- испытание на повышенную частоту вращения
- проверка обмотки (тест высокого напряжения)
- удобство эксплуатации деталей и оборудования

www.vem-group.com



Проверка соответствия

По желанию заказчика проводятся другие проверки в рамках проверки соответствия. При этом для проверки качества каждого изделия предусмотрены:

- установка характеристик холостого хода и измерение потерь
- измерение шума на холостом ходу
- измерение напряжения волны у машин с изолированными подшипниками (при конструктивной возможности)
- степень искажений кривой напряжения
- измерение THF-коэффициента
- реактивные сопротивления и постоянная времени - получение характеристики остаточного напряжения
- характеристика короткого замыкания и измерение потерь (двигательный метод)
- контроль внезапного короткого замыкания
- нагрузочная характеристика
- регулировочные характеристики
- Regelkennlinien

- получение номинального тока возбуждения
- определение КПД
- измерение объема воздуха, потери давления
- термическое испытание с данными измерения или контроль замены
- прогрев в состоянии покоя
- постоянные времени нагрева, определение максимальной мощности
- постоянная времени охлаждения
- измерение пробега, определение момента инерции
- измерение пуска, получение характеристики запуска
- получение значений синхронных двигателей
- измерение SPM-уровня.
- Рабочие характеристики $\eta=f(P_{el})$, $\cos \varphi=f(P_{el})$, $P_{мех}=f(P_{el})$, $s=f(P_{el})$, $I=f(P_{el})$

Эти проверки влекут за собой дополнительные расходы. Дополнительные расходы начисляются заказчику фирмой VEM Sachsenwerk.



10. Документация

Если не оговорено иное, "Руководство по эксплуатации и техобслуживанию" содержит следующие документы:

- указания по технике безопасности
- Декларация ЕС о соответствии документов согласно директиве машиностроения
- Свидетельство ЕС о соответствии машин для использования во взрывоопасной атмосфере (ATEX)
- Описание / технические данные
- чертеж с указанием размеров двигателя
- чертеж вала с данными для расчета цепи валов
- чертеж с указанием кабельной сборки
- схемы соединений
- установка / монтаж
- введение в эксплуатацию
- обслуживание
- техобслуживание / текущий ремонт
- список запасных частей
- журнал регистрации
- протокол контроля
- дополнительные руководства по эксплуатации (опции, иностранные поставщики).

Документация предоставляется в 2-х экземплярах с выдачей изделия. Она поставляется на немецком, английском, французском, русском и испанском языках.

Дополнительные экземпляры, расширенный объем документации и переводы на другие языки подлежат дополнительным расходам VEM.

11. Отгрузка, упаковка и монтаж

Тип упаковки утверждается при заключении договора в соответствии с транспортными условиями и условиями хранения, которые указываются при заказе, а также учитывая конструктивное исполнение машин.

Компания VEM Sachsenwerk готова предложить все специальные упаковки, а также гарантировать отгрузку и монтаж двигателей по всему миру.

Отгрузка машин происходит в зависимости от габаритных размеров и соответствующих соглашений к договору – монтируется полностью или в демонтированном состоянии.

Компания VEM Sachsenwerk рекомендует производить монтаж и ввод в эксплуатацию квалифицированным персоналом.

Если клиент захочет самостоятельно провести монтаж и ввод в эксплуатацию или воспользоваться помощью третьего лица, надлежащее оказание этих услуг нужно подтвердить в части 9 (протоколы испытаний, журнал регистрации) руководства по эксплуатации и техобслуживанию машин VEM или в другой форме. Компания VEM Sachsenwerk снимает с себя ответственность и гарантии, если не выполняется это указание.

Руководство по эксплуатации и техобслуживанию поставляется вместе с машиной.

При соответствующем договорном соглашении документация отправляется отдельно покупателю или эксплуатирующему предприятию.



12. Общие указания

Пока нет запросов и предложений, машина/ы изготавливается/ются следующим образом:

- Производство происходит вместе с системой изоляции VEMoDUR.
- Покраска происходит по нормам фирмы Sachsenwerk SW-N 170-004, которые базируются на DIN EN ISO 12944... - ISO 12944... и на действующих нормах.
- Направление вращения вправо, при обзоре с конца привода (DE). Соединительная коробка расположена справа.
- Охладитель находится на машине, а подключение к слева, при обзоре с конца привода (DE).
- Водяной радиатор до соединительного фланца без контроля со стороны воды.
- Без уплотнительного сальника кабеля
- РТ 100 для обмотки и подшипник в схеме 2 без отключающего прибора, с подключением соединительной коробки во 2-, 3- и 4- исполнении проводника.
- Механические колебания соответствуют предельным значениям, приведенным в EN 60034-14, и указываются в контрольном поле.
- Контроль колебаний без прибора для обработки измерений.

13. Рекомендации

Высоковольтные асинхронные двигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором

VALCEA / Румыния	3 700 – 4 100 кВт	2009, 2004
NLMK 3-7 Липецк / Россия	2 100 кВт	2008
Fluxys Zelgate / Бельгия	6 400 кВт	2007
Норильск / Россия	10 300 кВт	2006
REA Cottam / Великобритания	500 кВт	2007, 2006
AHWAZ / Иран	5 600 / 7 800 кВт	2005
Suez II / Alexfert / Египет	750	2004
REVDA / Россия	3 500 / 4 200 кВт	2004
Завод чёрной металлургии Thyssen в Дуйсбурге / Германия	10 500 / 7 100 кВт	2000, 1999

Высоковольтные асинхронные двигатели трехфазного тока с фазным ротором

Порт Кембла / Австралия	4 400 кВт	2006
Degussa Worms / Германия	2 050 кВт	2006
Jakhira / Ливия	7 000 кВт	1999

Высоковольтные синхронные двигатели трехфазного тока

МАРТАПУТН / Таиланд	22 500 / 7 100 кВт	2009
Рудник "Скалистый", Норильск / Россия	8 000 кВт	2009
Linde Linz LZ9 / Австрия	14 000 кВт	2007
LDPE Tasnee / Саудовская Аравия	27 500 / 7 600 кВт	2007
LDPE Bandar Imam / Иран	22 500 / 7 000 кВт	2007
LDPE Marun / Иран	22 400 / 6 500 кВт	2003
Kollsnes / Норвегия	18 500 кВт	2003
Lesum / Германия	3 250 кВт	2001, 1999
LDPE BASELL / Франция	23 500 / 5 600 кВт	1999

