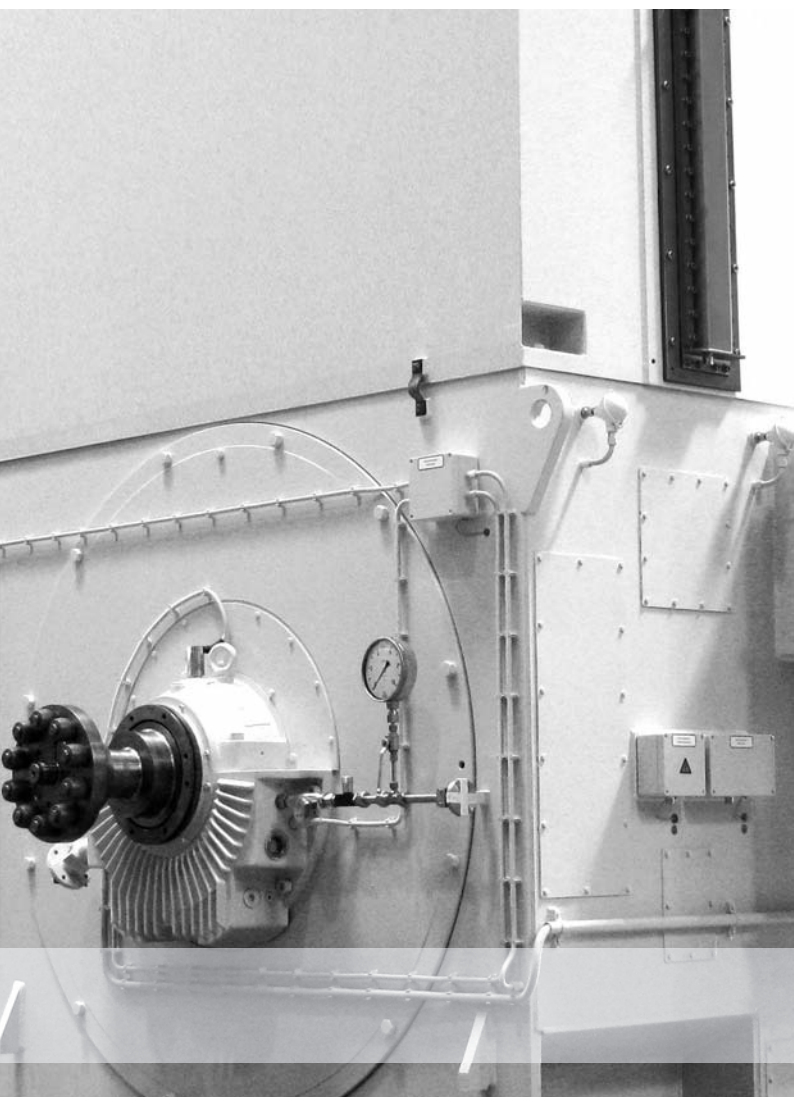




## ELECTRIC DRIVES

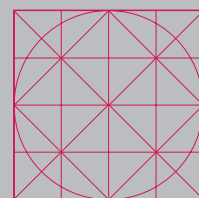
FOR EVERY DEMAND



# Высоковольтные асинхронные двигатели трехфазного тока

Короткозамкнутые роторы, фазные роторы

[www.vem-group.com](http://www.vem-group.com)



## Введение

Высоковольтные асинхронные двигатели трехфазного тока — это надежные, мощные приводы для всех отраслей промышленности. Различные виды защиты и охлаждения делают возможности их применения универсальными. Для каждого случая применения компания VEM предлагает вам соответствующее решение с отвечающими требованиям рынка и конкурентоспособными машинами. Они долговечны, отличаются удобством обслуживания, модульной конструкцией, высокими энергетическими параметрами и небольшим уровнем шума. Все двигатели разработаны с учетом пожеланий клиентов, чтобы удовлетворять специальным критериям использования. Комплексные технические знания и опыт, применяемые на производстве, и постоянное усовершенствование в сотрудничестве с институтами и высшими учебными заведениями способствуют высокому качеству изделий.

Так как машины могут работать на преобразователе, они позволяют разрабатывать отвечающие требованиям заказчика решения с максимальной производительностью, эффективностью и надежностью.

Уже многие десятилетия высоковольтные машины под маркой VEM оправдывают себя в самых различных областях применения: в виде приводов для насосов, компрессоров, вращающихся печей и мельниц, также в горной промышленности, химической и нефтехимической промышленности, в сталеплавильных и прокатных цехах, в технике защиты окружающей среды и энергетике. Еще одно преимущество — возможность работы на преобразователе — для значительной экономии затрат в течение всего срока службы. Каталог содержит общие технические инструкции. Специальные требования мы обсудим с вами отдельно. Заинтересованных просим обращаться в наш отдел сбыта или в отделение отдела сбыта VEM и в представительства VEM.

Содержащиеся в данном каталоге продукты являются неотъемлемой частью интерактивного каталога. Электронный каталог поможет вам в выборе и конфигурировании продуктов VEM и дает возможность распечатывать паспорта и запросы.

Более подробная информация: [www.vem-group.com](http://www.vem-group.com)

### Примечание:

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

Представленные в данном проспекте двигатели приведены в качестве примера и могут содержать специальное оснащение за дополнительную плату.

## Содержание

Обзор программы поставки	1
Обозначение типа . Нормы и правила	2
Электрические исполнения	3
Описание конструкции	4
Система изоляции VEMoDUR	5
Взрывозащищенные двигатели	6
Обеспечение качества . Документация . Отгрузка . Упаковка . Монтаж . Сервисное обслуживание	7
Схематическое изображение	8

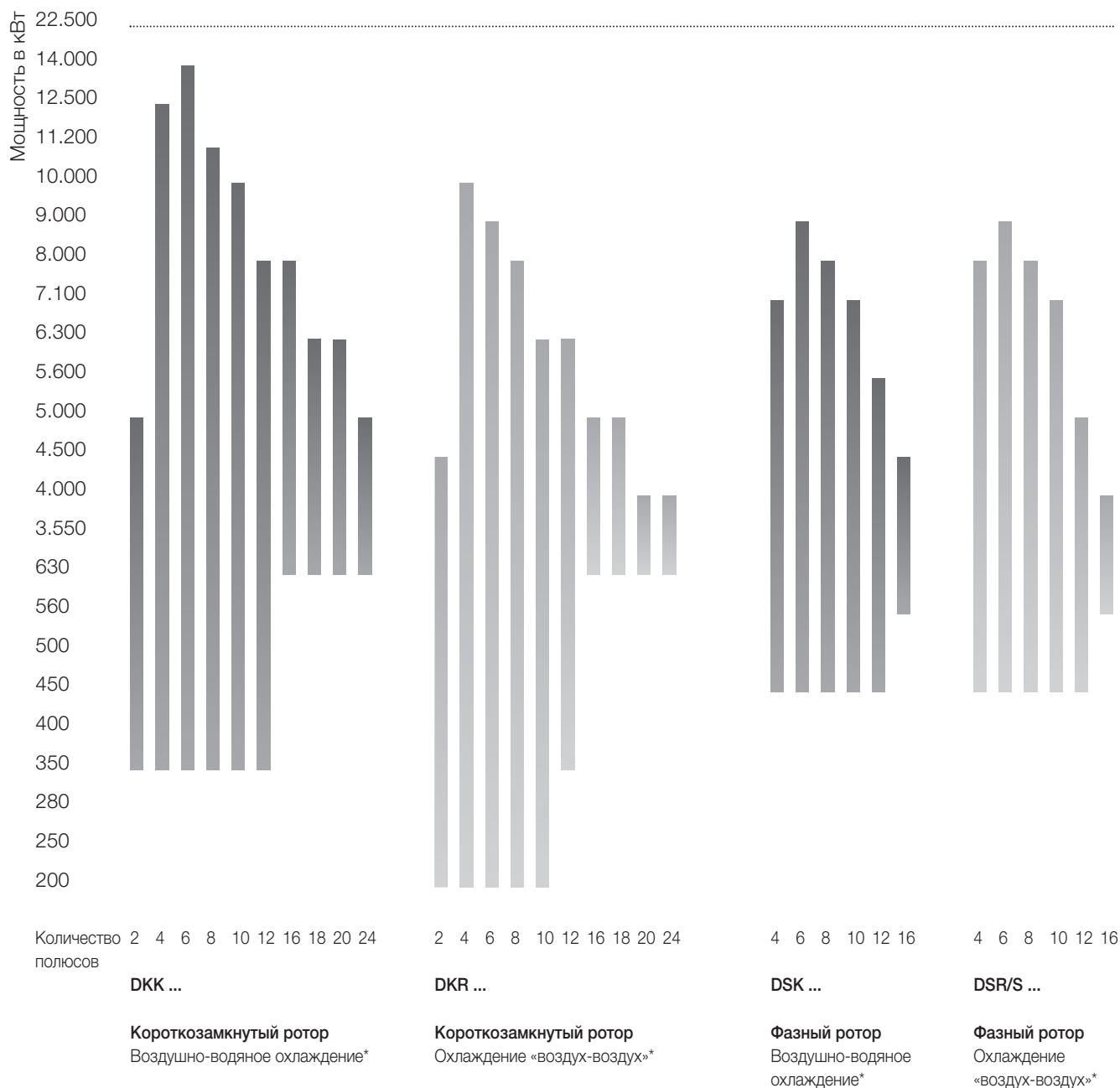




# Обзор программы поставки

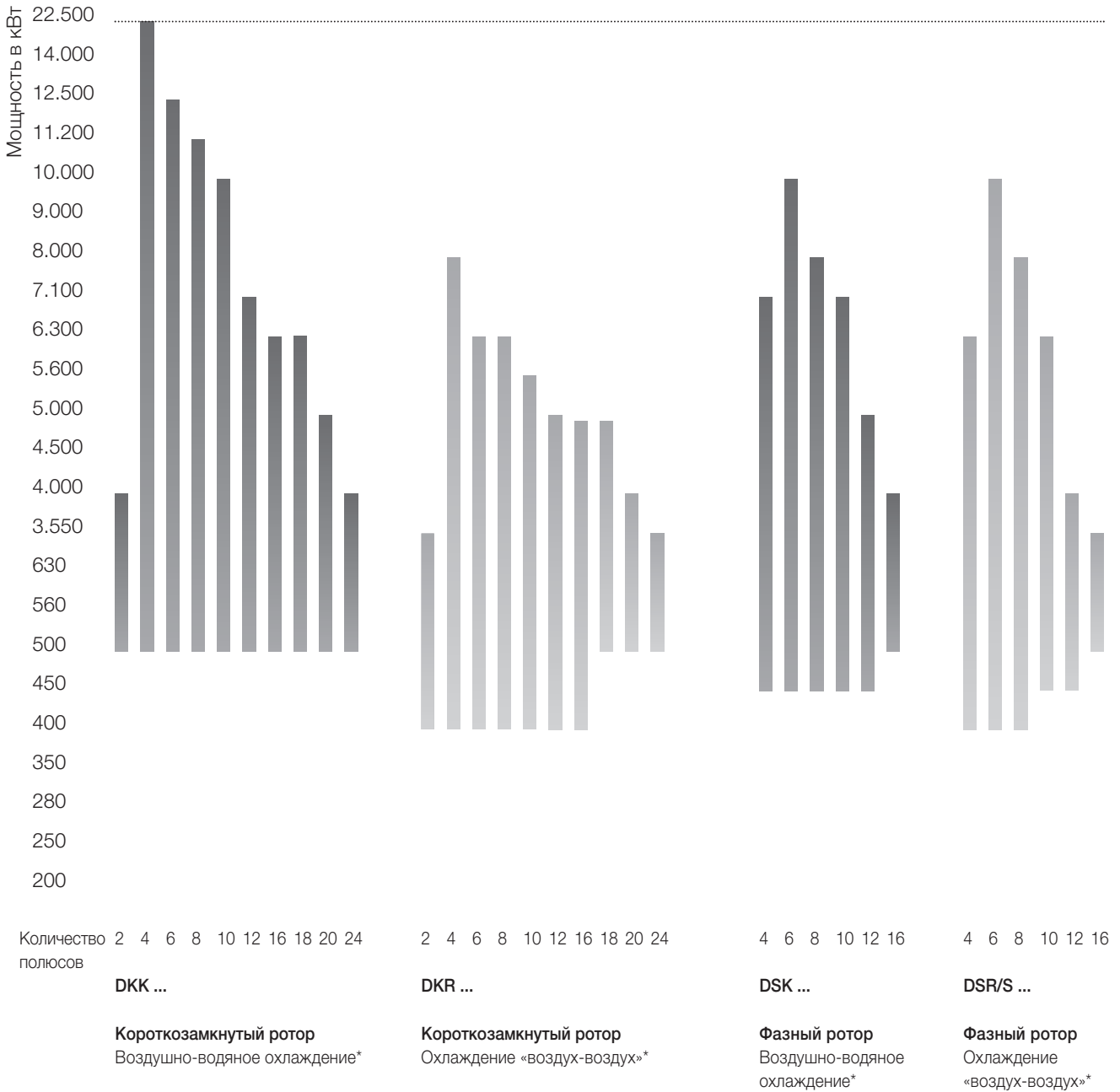
## Обзор программы поставки

### Высоковольтные асинхронные двигатели трехфазного тока 6 кВ; 50 Гц; F/B



\*другие варианты мощности поставляются по запросу

## Высоковольтные асинхронные двигатели трехфазного тока 10 кВ; 50 Гц; F/B

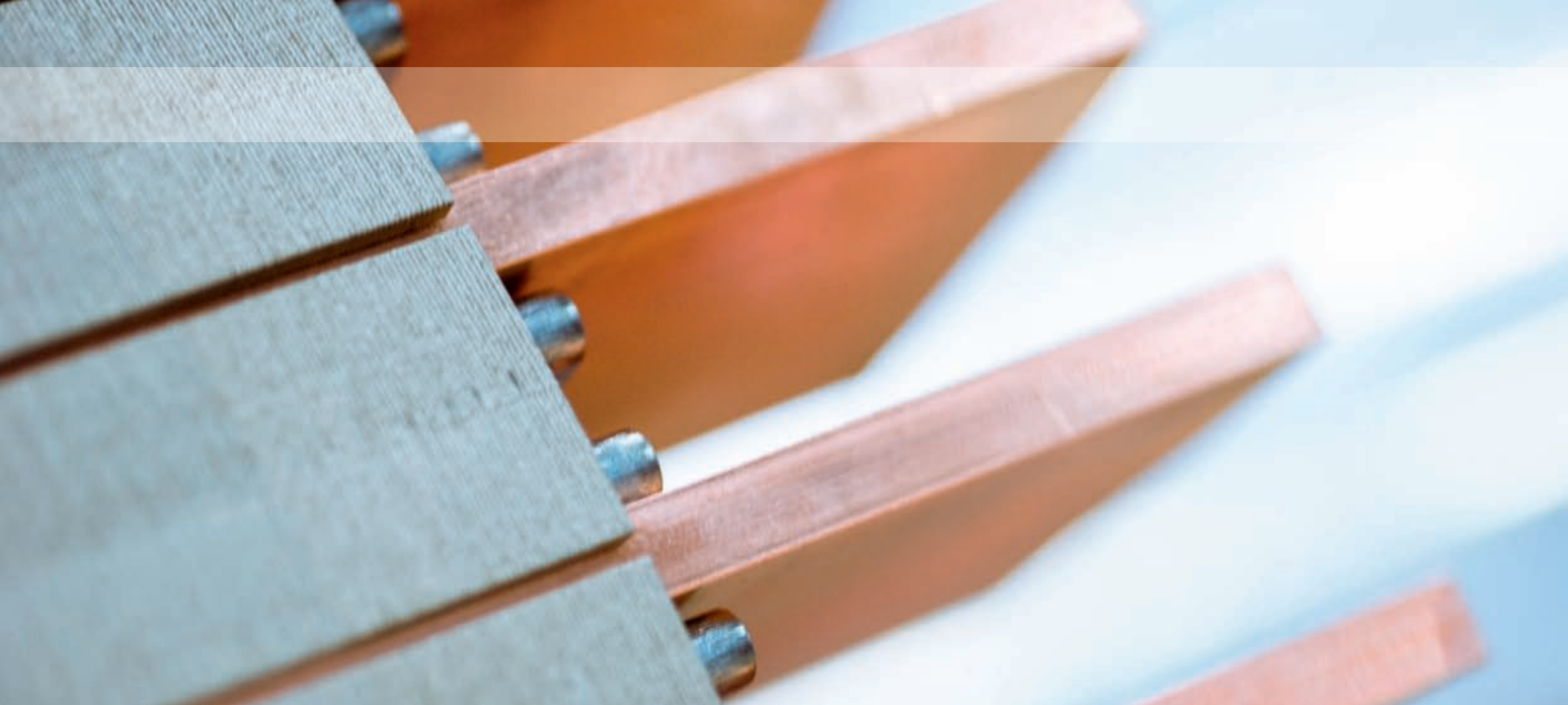


\* другие варианты мощности поставляются по запросу

1







## Обозначение типа Нормы и правила

## Обозначение типа

Обозначения типов для предприятия Sachsenwerk состоят из букв и цифр.

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

Позиция	<b>D</b>	<b>K</b>	<b>K</b>	<b>E</b>	<b>R</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>		<b>W</b>	<b>E</b>	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>1</b>	<b>Род тока</b>													
	D трехфазный, переменный ток													
<b>2</b>	<b>Тип двигателя</b>													
	K Переменный ток, асинхронный, электродвигатель с короткозамкнутым ротором													
	S Переменный ток, асинхронный, электродвигатель с фазным ротором без BAV													
	B Переменный ток, асинхронный, электродвигатель с фазным ротором с BAV													
<b>3</b>	<b>Тип охлаждения, тип защиты</b>													
	E Сквозное охлаждение/естественное охлаждение без надстроек (IP 00; IP 10; IP 20; IP 21; IP 22; IP 23)													
	A Сквозное охлаждение/естественное охлаждение с надстройками (IP 23; IP 24)													
	F Сквозное охлаждение/естественное охлаждение патрубка с внутренним вентилятором (IP 44; IP 54; IP 55)													
	L Сквозное охлаждение/форсированное охлаждение, дополнительный вентилятор или патрубков (IP 00; IP 10; IP 20; IP 21; IP 22; IP 23; IP 24)													
	B Сквозное охлаждение/форсированное охлаждение патрубка (IP 44; IP 54; IP 55)													
	R Охлаждение по замкнутому циклу/естественное охлаждение охладителем класса «воздух-воздух» (IP 44; IP 54; IP 55)													
	K Охлаждение по замкнутому циклу/естественное охлаждение охладителем класса «воздух-воздух» (IP 44; IP 54; IP 55)													
	S Охлаждение по замкнутому циклу/форсированное охлаждение охладителем класса «воздух-воздух» с дополнительным вентилятором (IP 44; IP 54; IP 55)													
	M Охлаждение по замкнутому циклу/форсированное охлаждение охладителем класса «воздух-вода» с дополнительным вентилятором (IP 44; IP 54; IP 55)													
<b>4 и 5</b>	<b>Тип исполнения</b> (закодировано) Устройство подшипников, отличающиеся напряжение и частота, взрывозащита, тип конструкции, тяжелый пуск и многое другое.													
<b>6 и 7</b>	<b>Высота оси</b> (закодировано)													
<b>8 и 9</b>	<b>Длина пакета сердечника</b> (закодировано)													
<b>10 и 11</b>	<b>Количество полюсов</b>													
<b>12 по 14</b>	<b>Дополнительная буква для уровня обработки и особых условий</b>													

## 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-... (различные детали)
- Часть 5 Классификация типов защиты  
DIN EN 60034-5 (VDE 0530-5) - IEC 60034-5
- Часть 6 Классификация способов охлаждения  
DIN EN 60034-6 (VDE 0530-6) - IEC 60034-6
- Часть 7 Обозначение для типов конструкции  
DIN EN 60034-7 (VDE 0530-7) - IEC 60034-7
- Часть 8 Обозначения подключений и направление вращения  
DIN EN 60034-8 (VDE 0530-8) – IEC 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 Номинальные ударные напряжения ...  
DIN EN 60034-15 (VDE 0530-15) - IEC 60034-15
- Часть 18 Функциональная оценка систем изоляции ...  
DIN EN 60034-18-... (VDE 0530-18-...) - IEC 60034-18-... (различные детали)
- Часть 24 Распознавание и диагностика возможных повреждений активных частей вращающихся электрических машин и подшипников. Рекомендации по применению (IEC/TS 60034-24:2009); германская редакция CLC/TS 60034-24:2011
- Часть 25 Машины переменного тока для применения в приводных системах. Рекомендации по применению (IEC 2/1689/CD:2012)
- Часть 27 Измерения неполных разрядов в режиме off-line на изоляции статорных обмоток вращающихся машин (IEC/TS 60034-27:2006); германская редакция CLC/TS 60034-27:2011
- Часть 29 Методы эквивалентной нагрузки и наложения. Непрямое испытание для определения перегрева (IEC 60034-29:2008); германская редакция EN 60034-29:2008

DIN IEC 60072-2 Размеры и ряды мощностей для вращающихся электрических машин — Часть 2: типоразмеры с 355 по 1000, размеры фланцев с 1180 по 2360 (IEC 60072-2:1990)

а также

DIN ISO 10816-...  
Оценка колебаний двигателей с помощью измерений на невращающихся деталях... (различные детали)  
DIN ISO 21940-32  
Механические колебания, инструкция по призматической шпонке при балансировке валов и комбинированных деталей  
DIN ISO 1940-1, DIN ISO 21940-14 и DIN ISO 21940-32  
«Требования к классам точности балансировки неподвижных роторов ... »

Для взрывозащитных двигателей гарантируются основные требования техники безопасности благодаря соответствующей нормам конструкции:

DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1) – IEC 60079-0  
DIN EN 60079-2 (VD E0170-3) – IEC 60079-2  
DIN EN 60079-7 (VD E0170-6) – IEC 60079-7  
DIN EN 60079-15 (VDE 0170-16) – IEC 60079-15  
DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1) – IEC 60079-31

По запросу возможна поставка по другим стандартам, например, по нормам, находящимся в соответствии с IEC, а также по специальным промышленным предписаниям, например, ZLM (дополнительные соглашения по поставке высоковольтных электродвигателей на электростанциях) или по спецификации Shell и классификационных обществ.





Электрическое исполнение

## 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 IEC 60034-1, раздел 7.3.

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.

## Мощность и нагрев

Указанные в обзоре программы поставки расчетные мощности действительны для непрерывного режима работы (S1) при расчетной частоте, расчетном напряжении, высоте установки  $\leq 1\,000$  м над уровнем моря и температуре на входе охлаждающего воздуха не более  $40\text{ }^\circ\text{C}$  или температуре на входе охлаждающей воды не более  $27\text{ }^\circ\text{C}$ . Максимальные температуры воздействия соответствуют классу изоляции В по IEC, измеренные по методу сопротивления.

Допускаются двигатели с предельной температурой нагрева по классу изоляции F. Высокомомментные двигатели с типом охлаждения IC411 выполнены в соответствии с классом нагревостойкости F.

Отклонения от расчетных значений температуры охлаждающего воздуха и высоты установки дают в результате изменение максимально возможной мощности в процентном отношении в соответствии с рис. 1.

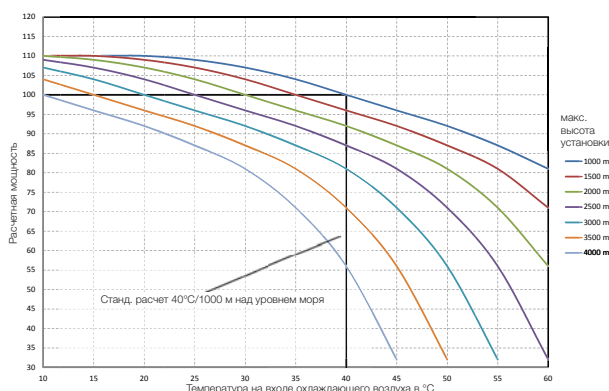


Рис. 1 Влияние высоты установки и температуры на входе охлаждающего воздуха на допустимую мощность

## Постоянная частота вращения

Приведенные в обзоре программы поставки расчетные частоты вращения действительны для режима работы с расчетным напряжением, расчетной частотой и расчетной мощностью (допуски согласно IEC 60034-1).

Вращение машин осуществляется с 1,2-кратной частотой вращения на холостом ходу. Это распространяется как на машины с 50 Гц, так и на другие частоты. На большие частоты вращения требуется запрос.

## Переменная частота вращения/ регулирование частоты вращения

### Двигатели с фазным ротором с питанием преобразователя в цепи ротора

В цепи ротора двигателей с фазным ротором используется преобразователь, регулирующий частоту вращения дополнительным напряжением с малыми потерями. Частота дополнительного напряжения адаптирована под частоту скольжения ротора асинхронной машины (подсинхронный вентильный каскад USK).

Из-за гармоник инвертора при работе на USK требуется снижение расчетной мощности двигателей примерно на 5%. Следует принимать во внимание, что при сниженной частоте вращения приводного двигателя теплоотвод при самовентиляции возвращается. Вследствие этого необходимо уменьшать крутящий момент при снижении частоты вращения в соответствии с рис. 2.

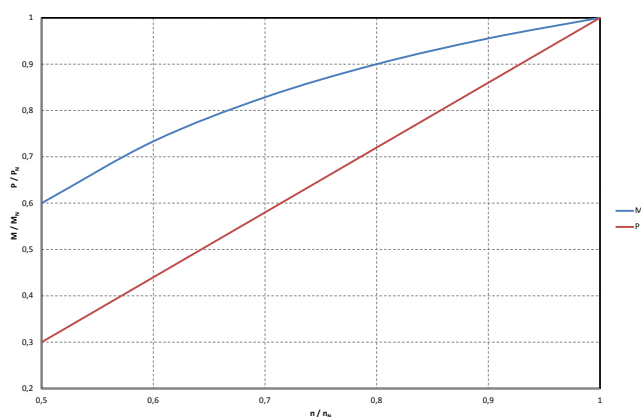
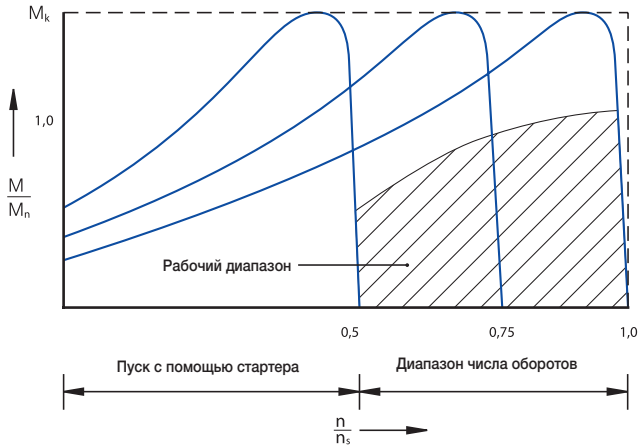


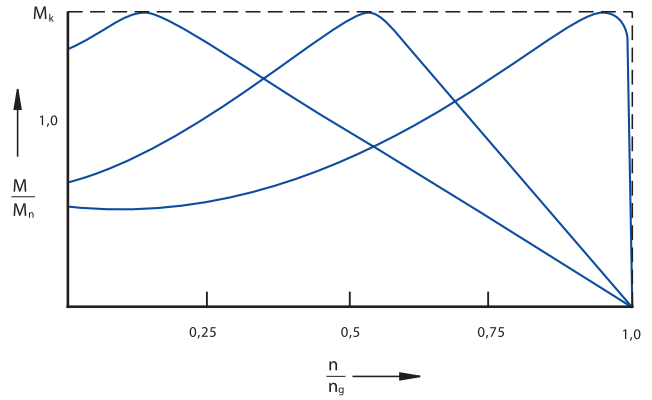
Рис. 2 Снижение мощности и момента с помощью USK

Отдачу мощности двигателей с фазным ротором свыше 2 МВт из-за поверхностного эффекта в роторной обмотке при частоте вращения ниже  $70\% n_n$  следует уменьшать сильнее. Преимущества регулирования частоты вращения с подсинхронным вентильным каскадом:

- незначительные потери, так как происходит рекуперация мощности скольжения в сети
- экономично, так как потери необходимой мощности преобразователя при небольшом диапазоне уставки (например, от  $0,7 n_n$  до  $1,0 n_n$ ) меньше, чем при питании от цепи статора
- относительно независимая от нагрузки частота вращения по сравнению с регулированием частоты вращения с сопротивлением скольжения в цепи ротора (см. рис. 3.)



а) с подсинхронным вентильным каскадом



б) с сопротивлением скольжения

**Рис. 3** Нагрузочные характеристики асинхронных двигателей с фазными роторами

### Двигатели с короткозамкнутыми роторами с преобразователем

В статорной цепи двигателей с короткозамкнутыми роторами используется либо прикладываемый ток, либо прикладываемый напряжение преобразователь частоты.

Двигатели VEM специально адаптированы под соответствующий режим работы преобразователя и соответствующую приводную задачу, т. е. в зависимости от вида преобразователя и специальных требований соответствующего преобразователя адаптируется изоляция и оптимизируется расчетная мощность. Механическое исполнение во многом соответствует исполнению стандартных машин.

Для питаемых от преобразователя машин в запросе необходимо указывать модель преобразователя.

Обмотки машин преимущественно выполняются в виде шаблонных катушек или в особых случаях в виде стержневой обмотки по методу Ребеля с пропиткой по технологии VPI. Благодаря чрезвычайно высокому исходному качеству используемой обмоточной проволоки, упорядоченной по сравнению с обмоткой из круглого провода конструкции обмотки и связанному с этим благоприятному распределению напряжения внутри катушек, а также преимуществам технологии VPI при пропитке лобовой части обмотки достигается очень высокая безопасность в отношении возможных при работе с преобразователем пиков напряжения.

Работа двигателей на преобразователях частоты влечет за собой более высокий уровень шума, нежели при работе в сети с синусообразной формой напряжения.

Ориентировочные значения в соответствии с IEC 60034-9:

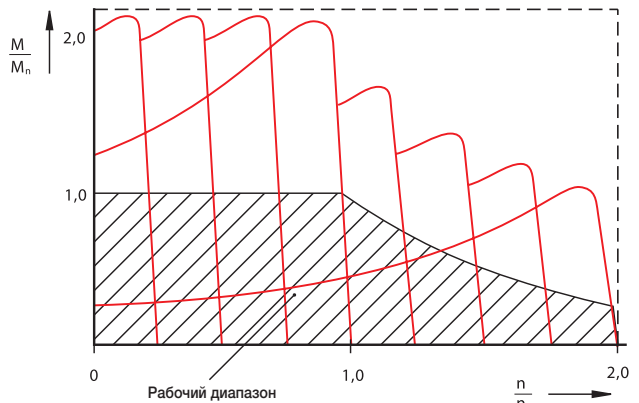
Тип преобразователя	Увеличение уровня звукового давления $L_{pA}$ в дБ
I-преобразователь	1-4
U-преобразователь (частота импульсов < 700 Гц)	1 – 15

При работе с преобразователем повышение уровня звукового давления и пр. зависит от:

- частоты импульсов;
- последовательности импульсов;
- фильтра выходного каскада

Преимущества регулирования частоты вращения двигателей с короткозамкнутыми роторами с преобразователями частоты:

- оптимальная адаптация частоты вращения и крутящего момента двигателя под технологические требования рабочей машины;
- оптимальный КПД для очень широкого диапазона мощности и частоты вращения;
- питание мощности от сети с очень хорошим коэффициентом мощности (U-преобразователь);
- возможность реализации рекуперации энергии в сети;
- хорошая синхронность при многодвигательных приводах;
- высокое постоянство частоты вращения при изменяющейся нагрузке;
- возможен большой диапазон частоты вращения при минимальных потерях (см. рис. 4)



$n$  = частота вращения,  $N_s$  = синхронная частота вращения,  $M$  = крутящий момент,  $M_N$  = ном. крутящий момент

**Рис. 4** Моментная характеристика асинхронных двигателей с короткозамкнутыми роторами при положении частота-напряжение

Для всех питаемых от преобразователя двигателей подшипник изолируется во избежание токов через подшипник, если питание осуществляется через I-преобразователь или U-преобразователь с выходным напряжением со стороны двигателя до 690 В. Для двигателей, работающих от преобразователей среднего напряжения, используются два изолированных подшипника и одна щетка заземления, если нет других заданных параметров.

Двигатели для рабочих машин с относительно постоянными моментами, например, приводы мельниц, компрессоров и прокатных станов, часто оснащаются агрегатом принудительной вентиляции.

## Пуск

### Асинхронных двигателей с короткозамкнутыми роторами

#### Стандартный пуск

Все варианты мощности, указанные в обзоре программы поставки, позволяют выполнять прямой пуск от сети. Данный простой метод пуска следует применять всегда, если это позволяют параметры сети и приводимые машины.

Типоразмер машины определяется:

- уровнем расчетной мощности;
- сохраняемой в двигателе во время разгона энергией потерь

Она соответствует кинетической энергии, необходимой для ускорения рабочей машины, ротора и дополнительных масс.

Параметры приведенных в обзоре программы поставки типов двигателей установлены для стандартных процессов пуска. Они могут ускорять рабочие машины с постоянными, квадратичными или аналогичными кривыми противодействующего момента (см. рис. 5) до расчетной частоты вращения. При этом исходят из соотношения максимального момента рабочей машины к номинальному моменту двигателя 0,9 при квадратичном противодействующем моменте. Для двигателей мощностью >7 МВт за основу принят дроселированный пуск. При этом падение напряжения в сети не должно превышать максимальные 10 %.

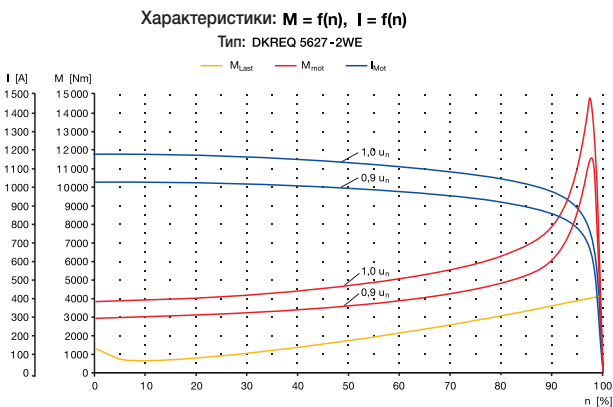


Рис. 5 Крутящие моменты и характеристика пускового тока 2-полюсного двигателя во время пуска

Если двигатель подвергается меньшим противодействующим моментам при пуске, возможны также большие провалы напряжения в сети. Крутящий момент/ток двигателя из-за насыщения снижается сильнее, чем квадратичное/линейное соотношение сетевого напряжения к расчетному напряжению.

Например:

$$M_{70\%} = \left( \frac{M_{70\%}}{U_{100\%}} \right) \cdot A \cdot M_{100\%}$$

A = Korrekturfaktor, dabei ist  $A < 1$

Промежуток времени для пуска определяется общим моментом инерции, расчетной частотой вращения и моментом ускорения (момент двигателя — пассивный момент рабочей машины).

Получается:

$$t_a = \left( \frac{J_{ges} \cdot n_N}{M_{Beschl.}} \right) \cdot 0,105$$

- $t_a$  = время пуска (с)
- $J_{ges}$  = общий момент инерции (кгм<sup>2</sup>)
- $n_N$  = расчетная частота вращения (об/мин)
- $M_{Beschl.}$  = момент ускорения (Нм)

Для первого ориентировочного расчета достаточно графически оценить момент ускорения.

Точные расчеты проводятся с помощью итерационных методов. Частота включений для базовой модели составляет до 1 000 включений в год, если не согласовано иное.

Двигатели с короткозамкнутыми роторами с высотой оси от 355 мм до 800 мм подходят для автоматических переключений сети без ограничения остаточного напряжения. Они называются заказчиком.

#### Тяжелый пуск

Если приводные задачи ставят повышенные требования к непосредственному приводу двигателей с короткозамкнутыми роторами, например, высокие моменты инерции или высокие моменты нагрузки при повышенном провале напряжения, необходимо выполнить специальный расчет параметров двигателя.

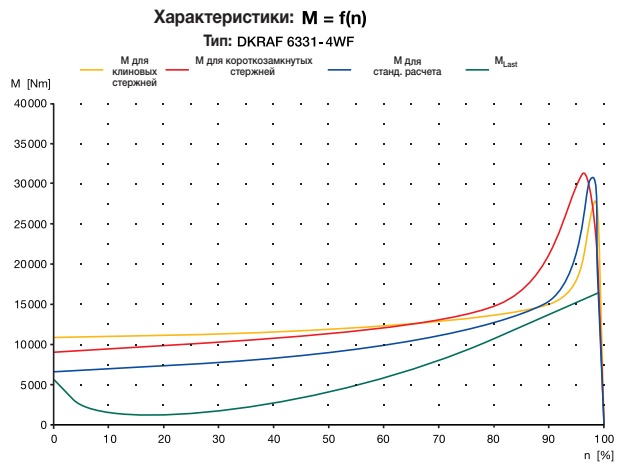


Рис. 6 Моментные характеристики для различных моделей короткозамкнутых роторов

Большие моменты реализуются благодаря применению различных медных сплавов или форм стержней в роторе.



### Пуск с помощью пусковых трансформаторов

Если из-за слабых сетей требуются особенно низкие пусковые токи, применяется данный метод пуска. При этом необходимо обеспечить, чтобы пассивный момент рабочей машины в момент пуска имел меньшее значение (дресселирование).

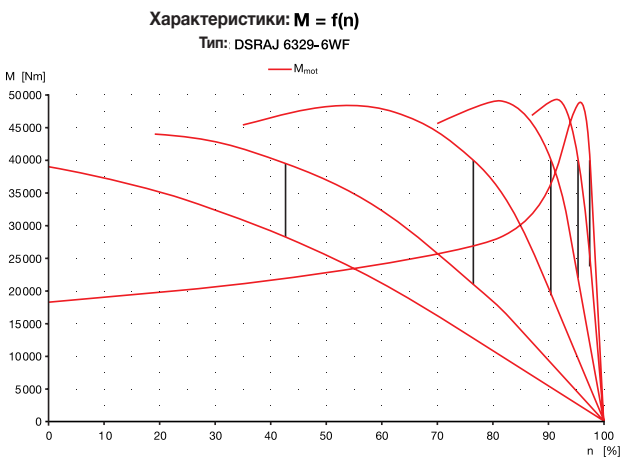
### Пуск с помощью частотного преобразователя

Данный метод пуска используется, если пассивный момент рабочей машины во время пуска нельзя дресселировать, необходимо ускорить высокие моменты инерции и/или существуют требования к ограничению пускового тока.

## Асинхронные двигатели с фазными роторами

Они спроектированы для работы в окружении с тяжелыми условиями пуска. С помощью сопротивления в цепи ротора как ток двигателя, так и крутящий момент во время пуска регулируются в широком диапазоне.

Благодаря внешним дискретным дополнительным сопротивлениям крутящий момент располагается по ступеням, как показано на рис. 7.



**Рис. 7** Крутящие моменты при пуске двигателя с фазным ротором с дополнительными сопротивлениями

Если в течение всего процесса пуска требуется постоянный ток двигателя и постоянный крутящий момент, следует использовать бесступенчатые жидкостные пусковые реостаты. Благодаря регулируемым электродным импульсам в жидкостном пусковом реостате ток и момент регулируются в узких границах, таким образом, даже при высокой мощности двигателя возможно долгое время пуска.

После выполненного разгона в двигателях с фазными роторами с помощью автоматического приспособления для подъема щеток (опция) можно замыкать цепь ротора и поднимать щетки с токосъемных колец. Следует избегать переключений сети и исчезновения напряжения сети для фазных роторов.





## Описание конструкции

## Конструкция из литых деталей (высота оси до 710 мм)

Серия двигателей с высотой оси до 710 мм спроектирована по модульному принципу.

Конструкция состоит из следующих деталей: литого корпуса для крепления пакета листов статора, двух подшипниковых щитов из серого чугуна и двух головок подшипников. Данные конструктивные элементы прикручиваются друг под другом в осевом направлении. Сквозное центрирование узлов друг под другом даже после демонтажа не требует проведения контроля воздушных зазоров. Радиально расположенные направляющие обеспечивают точное тангенциальное позиционирование подшипникового щита подшипников с корпусом статора после демонтажа.

Пакет листов статора фиксируется в корпусе посредством прессовой посадки и затем обматывается.

В конструктивной форме IM V1 подшипниковый щит со стороны привода имеет прилитой фланец для установки двигателя.



## Сварная конструкция (высота оси от 800 мм)

Корпус статора состоит из сварной конструкции. Подшипниковые щиты выполнены в виде дисков и базируют головки подшипников. Пакет листов статора усажен в корпус статора. Для восприятия момента короткого замыкания служит призматическая шпонка. Сквозное центрирование узлов друг под другом даже после демонтажа не требует проведения контроля воздушных зазоров.



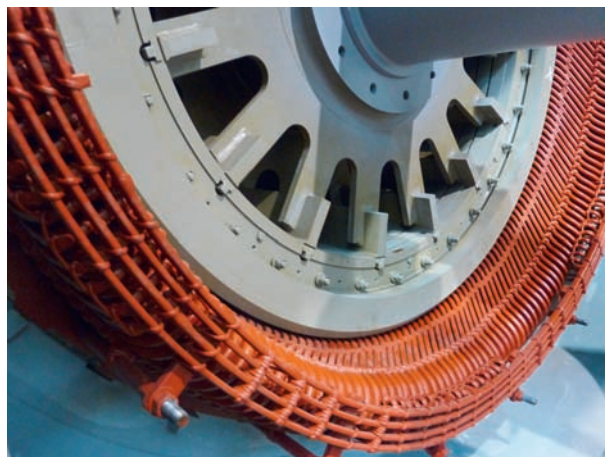
## Обмотка статора

Трехфазная двухслойная обмотка статора находится в открытых бороздках пакета сердечника. Шаблонные катушки изготовлены из медной плоской проволоки, изолированной слюдяной пленкой.

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

Полностью изолированные катушки устанавливаются в пазах с помощью шторок. Коммутационные соединения паяются твердым припоем.

Обмотка статора пропитана под вакуумным давлением с помощью эпоксидной смолы (система изоляции VEMoDUR®-VPI-155).

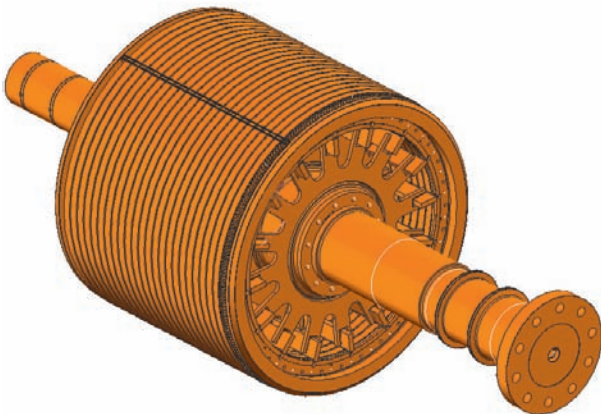


## Конструкция ротора

В зависимости от размера машины конструкция ротора выполняется в виде сплошного вала или сварного ребристого вала. Пакет листов ротора состоит из изолированных заготовок динамных листов или совмещен с пластинчатыми сегментами динамных листов. Пакет листов ротора устанавливается продольно с помощью стойки пресса.

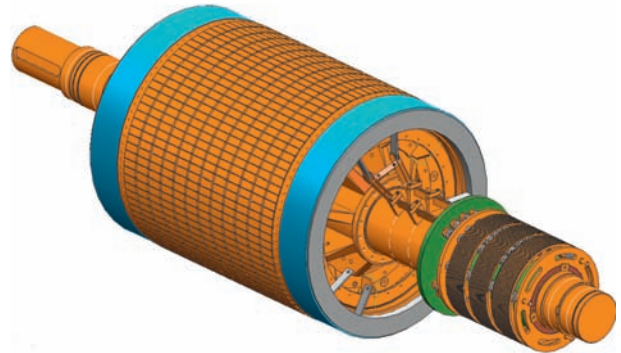
## Короткозамкнутые роторы

Стержневая обмотка ротора выполняется без исключений. Стержни роторной обмотки из меди или медных сплавов индуктивно спаиваются в продольном направлении с короткозамкнутыми кольцами. Если необходимо с механической точки зрения, 2-полюсные роторы дополнительно изготавливаются с немагнитными стяжными кольцами, или же соединение короткозамкнутого стержня с диском изготавливается с использованием специального клинового соединения.



## Фазные роторы

Обмотка ротора состоит из двухслойной стержневой обмотки и пропитана под вакуумным давлением с помощью эпоксидной смолы (система изоляции VEMoDUR®-VPI-155). Лобовая часть обмотки перехватывается стеклянными лентами от центробежных сил. Концы обмотки выведены на болты контактных колец. Контактные кольца выполнены свободно лежащими на втулке и изолированы между собой в продольном направлении с помощью фарфоровых диэлектриков. Сами контактные кольца состоят из высококачественной стали. Благодаря спиралеобразным пазам рабочей поверхности повышается охлаждающий эффект, одновременно с этим пазы служат для поддержания чистоты рабочей поверхности щеток.



## Выводы обмотки

### Соединительная коробка для статора

Все соединительные коробки изготавливаются с типом защиты IP 55. Секционная соединительная коробка состоит из сварной конструкции и имеет в нижней части заданное место разрыва для сброса давления в случае короткого замыкания.

Положение соединительной коробки при конструктивной форме IM B3 возможно на выбор справа или слева.

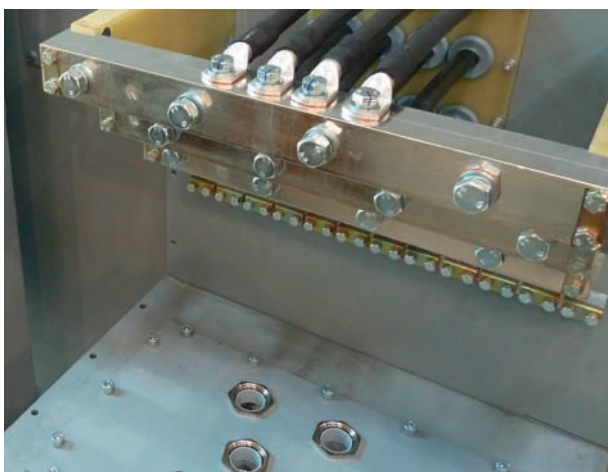
Кабельный ввод выполняется снизу, если не согласовано иное. В базовой модели доступны соединительные коробки для уровней напряжения 6 кВ и 10 кВ, соответственно до 400 А и 800 А. Нейтральная точка звезды может выводиться во второй, противоположной соединительной коробке. Возможны специальные исполнения с преобразователями тока, защитой от перенапряжения и повышенной стойкостью к коротким замыканиям до 50 кА продолжительностью до 0,3 с.



Пример соединительных коробок статора

### Соединительная коробка для подключения ротора ( $\leq 3$ кВ)

Соединительная коробка ротора состоит из сварной конструкции и производится с типом защиты IP 55. Соединительные кабели прокладываются на токоведущих шинах. Токоведущие шины соединены с помощью кабеля с щеточными траверсами.



Пример соединительной коробки ротора

## Устройство подшипников

### Подшипники качения

Подшипники двигателей установлены по принципу, когда на стороне привода (D-сторона) расположены неподвижные подшипники, а с N-стороны — плавающие подшипники.

Стандартное исполнение — это исполнение с радиальным шарикоподшипником, при этом радиальный шарикоподшипник предварительно натягивается посредством нажимных пружин. Для машин с высотой оси свыше 710 мм на D-стороне размещен двойной подшипник (неподвижный подшипник), состоящий из роликоподшипника с цилиндрическими роликами и радиального шарикоподшипника; N-сторона имеет только роликоподшипник с цилиндрическими роликами.

Неподвижный подшипник воспринимает возможные возникающие осевые усилия. Расчетный номинальный срок службы ( $L_{n10}$ ) подшипников составляет  $\geq 50\,000$  часов.

Исполнения со специальными подшипниками для восприятия высоких радиальных и осевых усилий возможны по запросу. В стандартном исполнении герметизация конструкции подшипников изнутри и снаружи выполняется с помощью щелевых уплотнений. Они не требуют технического обслуживания и защищают от проникновения пыли и брызг воды.

Для специальных условий применения возможны исполнения с лабиринтным или двойным лабиринтным уплотнением.

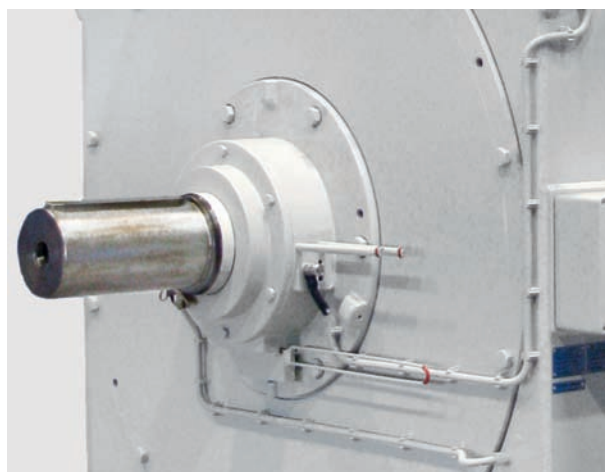
Первичная смазка подшипников производится на заводе с помощью литиево-мыльной консистентной смазки в соответствии с DIN 51825.

Во избежание чрезмерной смазки подшипников все подшипники оснащены устройством регулирования количества смазки. В корпусе подшипника производится отделение старой смазки через отражательные кольца для смазки маслоразбрызгивающие кольца. Отбор старой смазки выполняется через маслосорборник, установленный на наружной крышке подшипника.

Последующая смазка подшипников возможна при помощи смазочного ниппеля.

Последующая смазка может выполняться без прерывания работы двигателя. Соответствующие сроки и объемы дополнительной смазки указаны на предупреждающей табличке рядом со смазочным ниппелем.

При высоте оси свыше 500 мм во всех двигателях используется изолированная конструкция подшипников на N-стороне во избежание вредных токов через подшипники. По требованию меньшие типоразмеры также могут выполняться с использованием подшипников изолированной конструкции.



### Подшипники скольжения

Подшипники скольжения выполнены в виде средних или боковых фланцевых подшипников и привинчены на центрирующем элементе подшипникового щита.

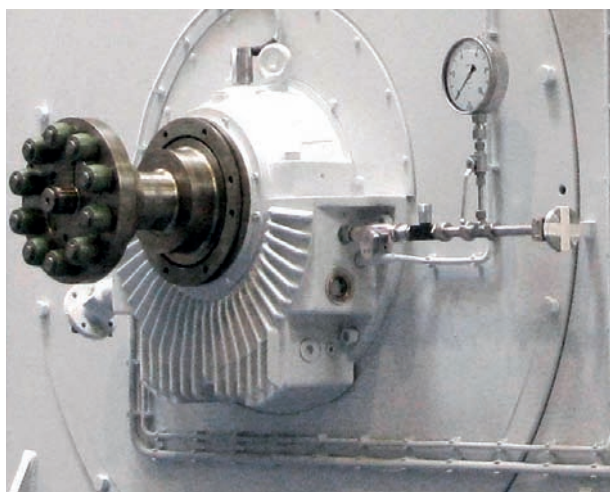
Подшипники имеют горизонтально секционированный корпус, секционированный, залитый металлом подшипника вкладыш, смазочное кольцо, а также различные уплотнения. Тип защиты подшипников в базовой модели — IP 44.

Более высокие типы защиты (IP 54) достигаются за счет использования дополнительных уплотнений.

Подшипники скольжения обычно выполнены в виде плавающих подшипников и не воспринимают осевые усилия. Они могут поставляться в зависимости от соответствующих требований в самых различных исполнениях, например, с кольцевой смазкой, смазкой промывочным маслом, гидростатическим подъемом вала, водяным охлаждением, изолированными, а также в виде неподвижных подшипников.

По требованию можно запросить другие необходимые масляные системы.

Двигатели конструктивной формы IM V1 имеют сверху комбинированный упорный и центрирующий подшипник. Снизу они оснащены центрирующим подшипником. По желанию заказчика также выполняется установка радиальных и центрирующих подшипников снизу, а также второго центрирующего подшипника сверху.

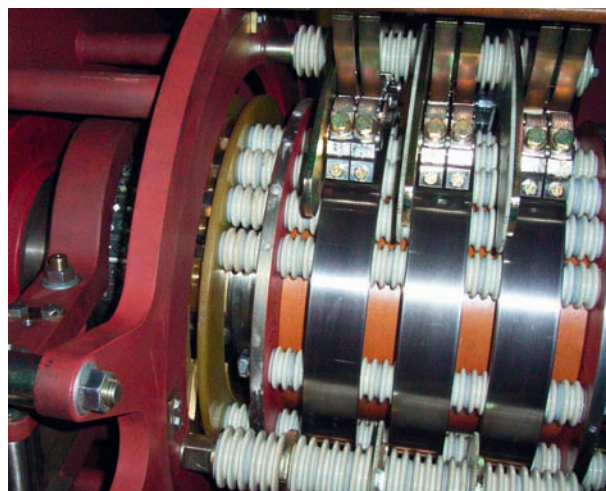


### Приспособление для замыкания накоротко обмотки ротора и подъема щеток

Двигатели с фазным ротором с высотой оси свыше 400 мм могут оснащаться приспособлением для замыкания накоротко обмотки ротора и подъема щеток (KBAV).

Приспособление KBAV служит для эксплуатации двигателя с фазным ротором после произведенного разгона в качестве короткозамкнутого двигателя.

При исполнении двигателя с KBAV концы обмотки ротора выводятся на специальное контактное кольцо, имеющее на каждой фазе латунный сегмент. Короткое замыкание данных латунных сегментов производится через втулку короткозамыкателя, установленную с возможностью смещения в осевом направлении на валу двигателя и оснащенную пружинными контактными элементами. Щеточная траверса оборудована щеткодержателями, которые посредством рычага поднимаются с контактного кольца. Приведение в действие приспособления KBAV осуществляется с помощью расположенного сбоку основного двигателя электродвигателя с червячным редуктором. Два индуктивных датчика подают сигналы для внешней системы управления KBAV.



Приспособление для замыкания накоротко обмотки ротора и подъема щеток

## Охлаждение

### Внутренний воздухопровод

Внутренняя циркуляция воздуха приводится в действие расположенным на валу радиальным или осевым вентилятором. Воздухопровод выполняется в зависимости от размера двигателя и частоты вращения либо в продольном, либо в поперечном направлении.

При использовании независимых от направления вращения радиальных вентиляторов следует учитывать повышенную шумовую эмиссию и меньший КПД.

### Воздушно-водяное охлаждение (IC 81 W)

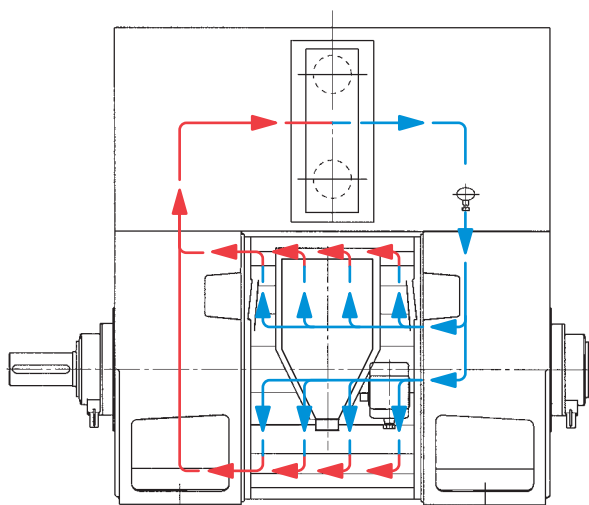
При воздушно-водяном охлаждении отходящий воздух двигателя проходит через кожух, выполненный в виде сварной конструкции. В кожухе расположен воздушно-водяной теплообменник в виде съемного модуля. Он выполнен в виде теплообменника из труб с пластинчатым оребрением. Выбор материала для охлаждающих трубок и водяных камер ориентируется на качество охлаждающей воды. Для специальных случаев применения могут использоваться двойные трубчатые охладители. Внутренний воздухопровод в соответствии с типом защиты двигателя отделен от окружающей среды путем герметизации.

Благодаря этому двигатели подходят для установки в средах, воздух для охлаждения которых недостаточно чистый или где машины необходимо защищать от воздействия внешних факторов, таких как погодные условия или атмосфера.

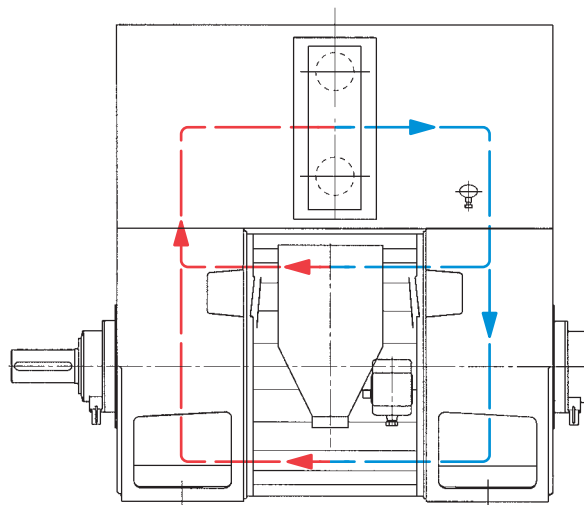
По требованию возможно исполнение охладителей с резервированием, а также систем регулирования и контроля воды и воздуха. Для контроля охладителя поставляется система оповещения в случае утечки.

Также возможна интеграция мер по звукоизоляции в корпусе циркуляционного воздуха.

При воздушно-водяном охлаждении внутренний контур охлаждения может приводиться в действие также посредством отдельного вентилятора в кожухе охладителя. Благодаря этому двигатель соответствует типу охлаждения IC 8 A6 W7 и подходит для эксплуатации с различной частотой вращения.



радиально вентилируемый двигатель с воздушно-водяным охлаждением



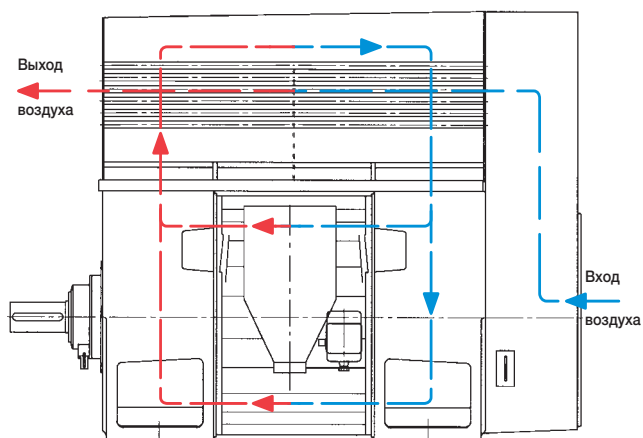
аксиально вентилируемый двигатель с воздушно-водяным охлаждением



## Охлаждение «воздух-воздух» (IC 611)

При охлаждении «воздух-воздух» отходящий воздух двигателя проходит через кожух, выполненный в виде сварной конструкции. В данном кожухе находятся алюминиевые трубки, завальцованные на концах в торцы кожуха. Данная конструкция образует теплообменник «воздух-воздух». Отходящий воздух двигателя протекает через алюминиевые трубки и при этом охлаждается посредством вторичного воздушного потока внутри трубок. Вторичный воздушный поток подается при помощи расположенного с N-стороны на валу двигателя вентилятора.

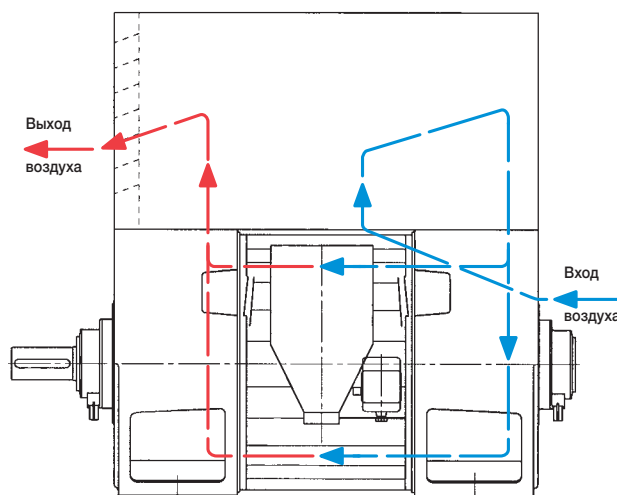
Вторичный вентилятор закрыт кожухом с всасывающим отверстием. Внутренний контур охлаждения в соответствии с типом защиты двигателя отделен нанесением уплотнения от окружающей среды. При охлаждении «воздух-воздух» внутренний контур охлаждения и вторичный воздушный поток могут приводиться в действие отдельным вентилятором. Благодаря этому двигатель соответствует типу охлаждения IC 8 A6 A6 и подходит для эксплуатации с различной частотой вращения.



аксиально вентилируемый двигатель с охлаждением «воздух-воздух»

## Продувная вентиляция (IC 01)

При продувной вентиляции охлаждающий воздух всасывается через кожух. Отходящий воздух двигателя, изолированный от приточного воздуха двигателя на D-стороне, выдувается из того же самого кожуха. Кожух выполнен в виде сварной конструкции. Он служит для разделения воздушных потоков между горячим и холодным воздухом. Продувная вентиляция применяется в случаях, где окружающий воздух подходит для охлаждения машины. Благодаря использованию отдельного вентилятора для потока охлаждающего воздуха двигатель соответствует типу охлаждения IC 0 A6 и подходит для эксплуатации с различной частотой вращения.



аксиально вентилируемый двигатель с продувной вентиляцией





## Система изоляции VEMoDUR

## Система изоляции VEMoDUR

Высокая эксплуатационная надежность электрических двигателей определяется качеством их изоляции обмотки. Показательными для изолированной техники в компании VEM были и остаются технические решения, которые соответствуют по своим параметрам международному стандарту и гарантируют эксплуатирующим предприятиям длительный срок службы в сочетании с высокой надежностью. Для изоляции двигателей с высоким напряжением во всех диапазонах мощности используется технология VPI. Соответствующая система изоляции



разработана в Sachsenwerk и испытана по [1]. Благодаря многолетнему опыту эксплуатации в настоящее время она является эталонной системой и для будущих сравнительных функциональных оценок по [2]. Компоненты системы изоляции, состоящие из изоляции обмотки и основной изоляции с высокой долей содержания слюды, а также эпоксидной смолы, оптимально адаптированы друг под друга. Во время процесса пропитки изоляция подлечит постоянному контролю, в ходе которого все характеристики, такие как:

- вязкость смолы;
- температура пропитки и отверждения;
- время выдержки под давлением;
- пониженное и избыточное давление, а также
- измерения TE-уровня

перепроверяются и документируются. Отверждение изоляции происходит ротационным способом.



Процедура VPI гарантирует высокую механическую прочность, особенно лобовой части обмотки и отличную электрическую прочность. Это касается, в частности, разрядных напряжений. Гарантируются расчетные импульсные напряжения по [3] для всех генераторов с большой надежностью.

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

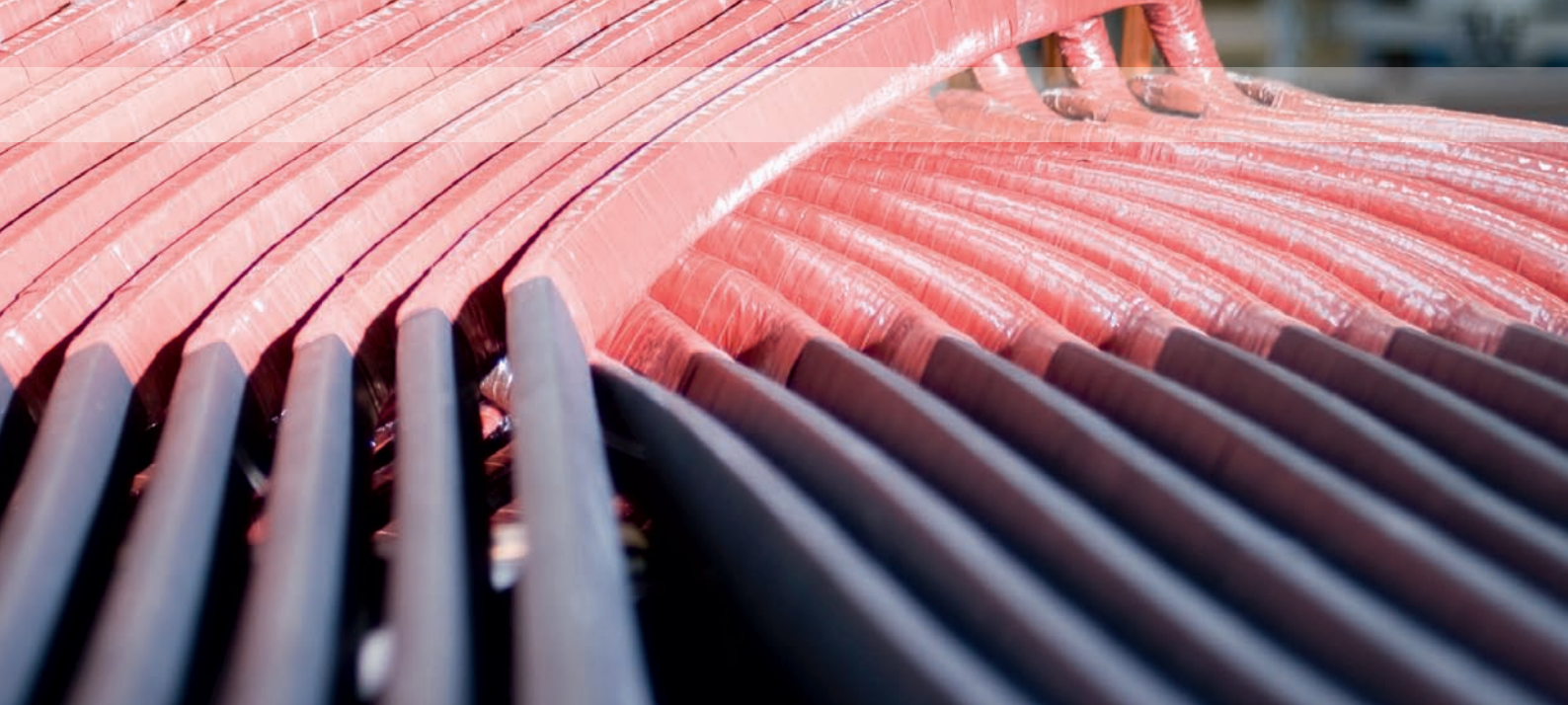
В рамках поштучных испытаний выполняются электрические промежуточные и окончательные проверки прочности изоляции, включая испытание на стойкость к ударам и испытание частичными разрядами. По желанию заказчика можно отдельно согласовать и провести указанные этапы проверки.

- [1] IEC 60034-18
- [2] Брошюра VEM «Устойчивость к длительному нагреву системы изоляции VEMoDUR®-VPI-155»
- [3] IEC 60034-15:2010-02









## Взрывозащищенные двигатели

## Взрывозащищенные двигатели

Для установки двигателей во взрывоопасных областях имеют силу следующие положения и предписания. Взрывоопасные области делятся на зоны согласно EN 60079-10. В зависимости от зоны производственные материалы, т. е. и электрические двигатели, должны обладать определенными типами взрывозащиты.

Подтверждение типа взрывозащиты осуществляется согласно Директиве ЕС 94/9/EG (Директива АTEX) посредством проверки компетентной испытательной лабораторией (notified body), выдающей свидетельство ЕС об испытании типового образца или сертификат соответствия.

Для машин с типом взрывозащиты Ex nA, Ex pz и Ex tc в соответствии с Директивой АTEX достаточно сертификата соответствия ЕС.

Компания VEM предлагает следующие типы взрывозащиты:

### для взрывоопасных областей с газами или парами:

- заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением
- повышенная безопасность
- искробезопасный производственный материал

Ex px или Ex pz (по IEC 60079-0 и IEC 60079-2);  
Ex e (по IEC 60079-0 и IEC 60079-7);  
Ex nA (по IEC 60079-0 и IEC 60079-15)

### для взрывоопасных областей с пылью:

- защита от корпуса

Ex tb или Ex ct (по IEC 60079-0 и IEC 60079-31);

Для машин с расчетным напряжением  $U_N \geq 6$  кВ с типом взрывозащиты Ex e и Ex n требуется системное испытание для всей системы изоляции во воспламеняющейся атмосфере. Для системы изоляции VEMoDUR®-PI-155 имеются соответствующие отчеты об испытаниях компетентной испытательной лаборатории PTB-Braunschweig для обмотки статора 6,6 кВ –и 11 кВ.











Обеспечение качества  
Документация  
Отгрузка, упаковка и монтаж  
Сервисное обслуживание

## Обеспечение качества

Постоянно высокое качество наших продуктов, высокая удовлетворенность потребителей и устойчивые процессы являются неотъемлемой частью нашей политики фирмы и основными компонентами нашего мышления и действий.

Система менеджмента качества компании VEM — это интегрированная система менеджмента, состоящая из сертифицированных систем в соответствии с IRIS, версия 02 (International Railway Industry Standard), в соответствии с DIN EN ISO 9001:2008 и DIN EN ISO 14001:2009.

Наша система обеспечения качества контролирует весь процесс изготовления наших продуктов, начиная с разработки через контроль при приемке и процесса производства до конечного испытания и поставки машины. Для этого у нас работает свыше 50 экспертов, обладающих техническими знаниями и опытом, например, в 3D-измерительной лаборатории.

В конце процесса монтажа каждая машина подвергается в одном из наших испытательных участков внутреннему конечному испытанию. Соответствующий объем испытаний следует из действующих норм и правил, из требований заказчика и внутренних требований различных подразделений. Мы проводим различие между стандартным испытанием «Routine Test» по IEC 60034-1 и расширенным испытанием «Type Test».

В зависимости от вида проекта испытания контролируются и принимаются классификационными организациями, контролирующими органами или независимыми третьими лицами. По желанию возможна приемка заказчиком.



В нашем современном испытательном отделении мощных машин возможны испытания с длительной нагрузкой до 6 МВт в широком диапазоне частоты вращения. Изменяющееся от частоты питания с диапазоном напряжения от 400 В до 15 кВ позволяет выполнять оптимальную адаптацию под требования к испытаниям различных моделей двигателей. Разнообразное измерительное оборудование делает возможным проведение специальных испытаний, например, термографии, измерений корпусных шумов или диагностики частичных разрядов.

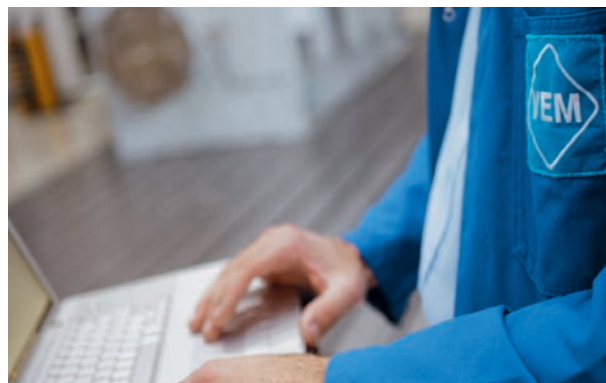
Результаты проверки документируются в протоколе или отчете об испытаниях. С разрешением на поставку каждая машина получает сертификат 3.1 по EN 10204 в качестве неотъемлемой части документации. В нем наглядно обобщены важнейшие результаты испытаний.

## Документация

Если не оговорено иное, документ «Руководство по эксплуатации и техобслуживанию» содержит следующие документы:

- Указания по технике безопасности
- Декларация ЕС о соответствии документов
- Описание/технические данные
- Чертеж с указанием размеров двигателя
- Чертеж с указанием кабельной сборки
- Схемы соединений
- Установка/монтаж
- Ввод в эксплуатацию
- Обслуживание
- Текущий ремонт
- Техническое обслуживание
- Список запасных частей
- Свидетельство о поверке/вахтенный журнал
- Дополнительные руководства по эксплуатации (опции, иностранные поставщики)

Дополнительный объем документации необходимо согласовать на основе договора.



Документация предоставляется в 2 экземплярах с выдачей изделия.

Документация поставляется на языках Европейского Сообщества.

Дополнительные расходы на дополнительные экземпляры, расширенный объем документации или переводы на другие языки принимает на себя VEM.

## Упаковка, отгрузка и монтаж

Тип упаковки зависит от конструктивного исполнения машин и согласованных условий транспортировки и хранения.

Могут реализовываться общие пожелания по упаковке согласно Директиве НРЕ. Для этого к вашим услугам кооперирующие предприятия, производящие упаковку у себя на месте или на территории компании VEM.

Отгрузка может производиться в собранном или разобранном состоянии, в зависимости от габаритов, массы и договорных условий. Многолетнее сотрудничество со специализированными фирмами гарантирует успешную транспортировку даже очень крупногабаритных деталей.

Мы рекомендуем поручать выполнение необходимых работ по монтажу и вводу в эксплуатацию нашим квалифицированным специалистам.

Если заказчик реализует работы самостоятельно или силами уполномоченного третьего лица, то выполнение работ следует соответствующим образом документировать. Это можно выполнять в соответствии с главой 9 поставляемого «Руководства по эксплуатации и техобслуживанию VEM» или в другой форме.

Компания VEM снимает с себя ответственность и гарантии, если это указание не выполняется.

## Сервисное обслуживание

После получения привода вы всегда можете обратиться в нашу сервисную службу за консультацией. Наш коллектив предоставит вашей организации, эксплуатирующей наши высококачественные машины и установки, широкий спектр сервисных услуг.

**Услуги по проведению испытаний и контрактное производство**  
Благодаря отработанной современной и высокопроизводительной технологии испытаний мы можем предложить вам обширные услуги по проведению испытаний в качестве нейтрального партнера, таких как штучные, типовые и системные испытания. По желанию мы также можем провести специальные испытания в рамках разработки продуктов. Наше предприятие обладает необходимым для этого квалифицированным персоналом и обширным опытом с требованиями к проведению испытаний различных приемочных организаций внутри страны и за границей. По запросу мы составим подробные планы испытаний.

**Механический анализ для диагностики состояний и неисправностей**  
Знания об актуальном состоянии технических установок, а также о возможном отказе до наступления повреждения повышают срок службы, предотвращают дорогостоящий простой и ремонт. Компания VEM выполняет и оценивает анализ вибраций, которые наряду с двигателями и генераторами также затрагивают и специфичное для вашей установки окружение.

**Монтаж и ввод в эксплуатацию**  
В связи с постоянно увеличивающейся сложностью машин и установок решение возникающих вопросов на месте и работа в условиях значительного ограничения по времени должны выполняться под руководством опытных специалистов. Наш коллектив специалистов по выполнению наружного монтажа успешно соответствует этим требованиям, выполняя работы по всему миру. Совместно с вами мы разработаем план-график работ по проекту, выполним или проконтролируем монтаж на месте проведения работ силами квалифицированного персонала, а также осуществим инженерно-техническое сопровождение проекта вплоть до успешного ввода в эксплуатацию. Подробные отчеты и протоколы измерений подтверждают качество выполненных работ.

**Технические услуги**  
В течение срока действия ответственности за недостатки мы окажем вам соответствующую поддержку. Помимо этого, вам также предлагаются необходимые сервисные модули для обеспечения постоянной эксплуатационной готовности установок после ввода их в эксплуатацию. Соглашения на сервисное обслуживание определенных объектов устанавливают конкретный объем оказываемых услуг. Наш коллектив работает в тесном сотрудничестве с внутренними специализированными отделами, например, с отделом расчетов и конструирования. Благодаря этому мы можем проконсультировать вас по всем вопросам по приводу и относящимся к нему периферийным устройствам.

**Телефонная доступность**  
Мы в вашем распоряжении с понедельника по пятницу с 08:00 до 17:00 часов, за исключением праздничных дней. Мы можем согласовать с вами расширенную возможность телефонной доступности.

**Техническое обслуживание**  
К вашим услугам опытные специалисты, которые могут разработать планы по техническому обслуживанию и ремонту. Мы охотно выполним необходимые работы на ваших приводных системах.

**Осмотр**  
В рамках осмотра мы оцениваем фактическое состояние ваших приводных систем с механической и электрической точки зрения. Мы устанавливаем причины возникшего износа, делаем необходимые выводы и разрабатываем рекомендации по запасным частям. Если машины эксплуатируются и обслуживаются в соответствии с предписаниями, можно согласовать продление гарантийного обслуживания.

**Капитальный ремонт**  
В качестве экономической альтернативы новому приводу мы предлагаем вам ремонт и восстановление электрических двигателей высокого качества, которые в большинстве случаев выполняются на нашем заводе.

**Обучение**  
Мы проводим обучение персонала на месте или на нашем заводе.

**Обеспечение запасными частями**  
Наш компетентный коллектив является контактным лицом по всем техническим и коммерческим вопросам по теме приобретения и пополнения запасов запасных частей. Для быстрого оказания сервисных услуг в случае неисправности поможет склад запасных частей на месте. Для этого мы составим подходящую рекомендацию. По желанию мы можем



## Общие указания

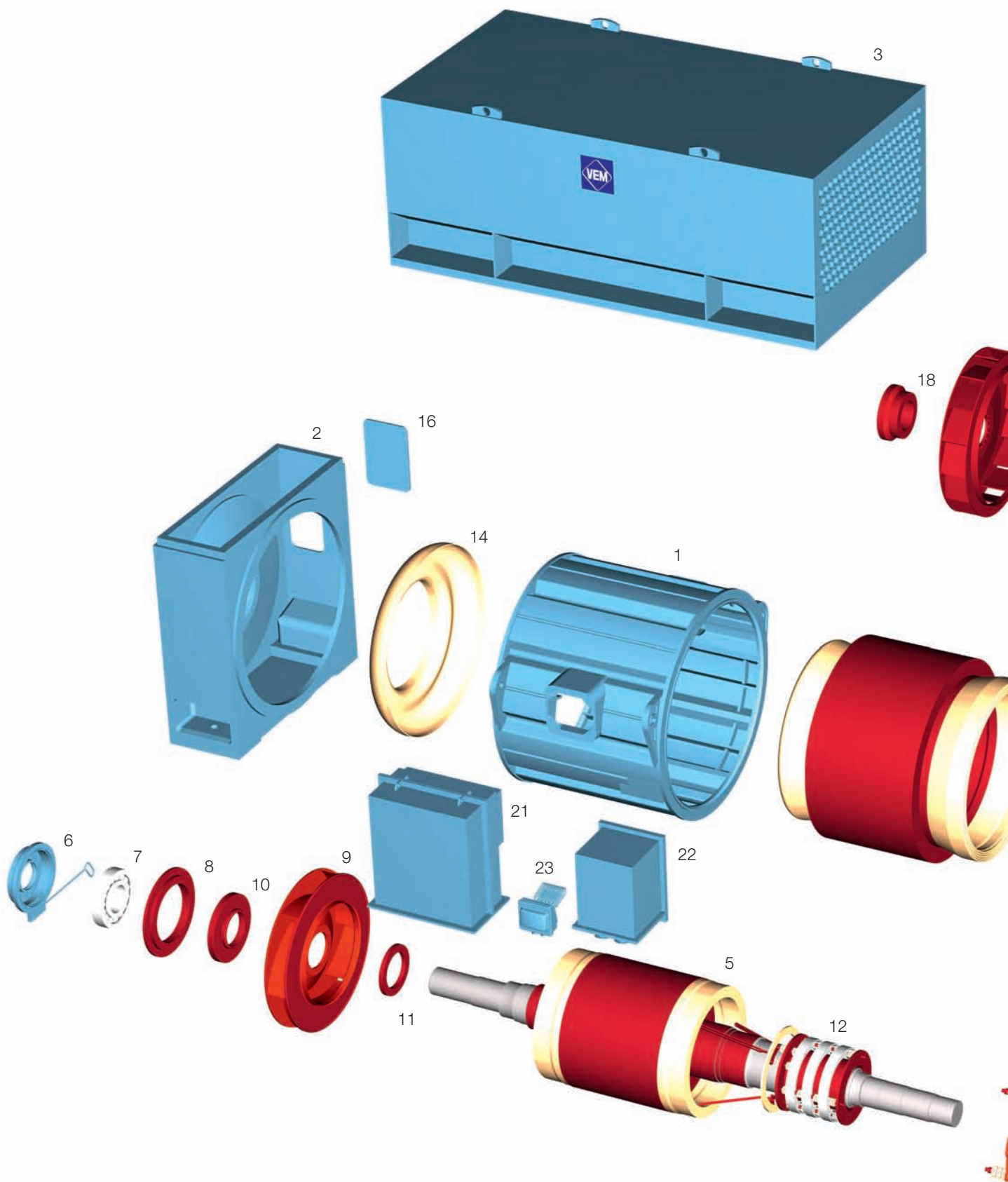
Если однозначно не согласовано иное, машина/ы изготавливается/ются следующим образом:

- Изготовление выполняется с использованием системы изоляции VEMoDUR.
- Покраска происходит по нормам фирмы Sachsenwerk SW-N 170-004, которые основываются на DIN EN ISO 12944/31-8, DIN 55928, часть 8+9 и действующих нормах.
- Направление вращения машины вправо, при обзоре с конца привода (DE). Клеммная коробка расположена справа.
- Охладитель находится на машине, а подключение к водопроводу расположено слева, при обзоре с конца привода (DE).
- Водяной радиатор до соединительного фланца без контроля со стороны воды.
- Без уплотнительного сальника кабеля
- PT 100 для обмотки и подшипник в схеме 2 без отключающего прибора, с подключением клеммной коробки в 2-, 3- и 4-проводниковом исполнении.
- Механические колебания соответствуют предельным значениям, приведенным в IEC 60034-14, и указываются в контрольном поле VEM.
- Контроль вибрации выполняется без прибора для обработки измерений.
- Компания VEM предполагает использование изолированного соединения.



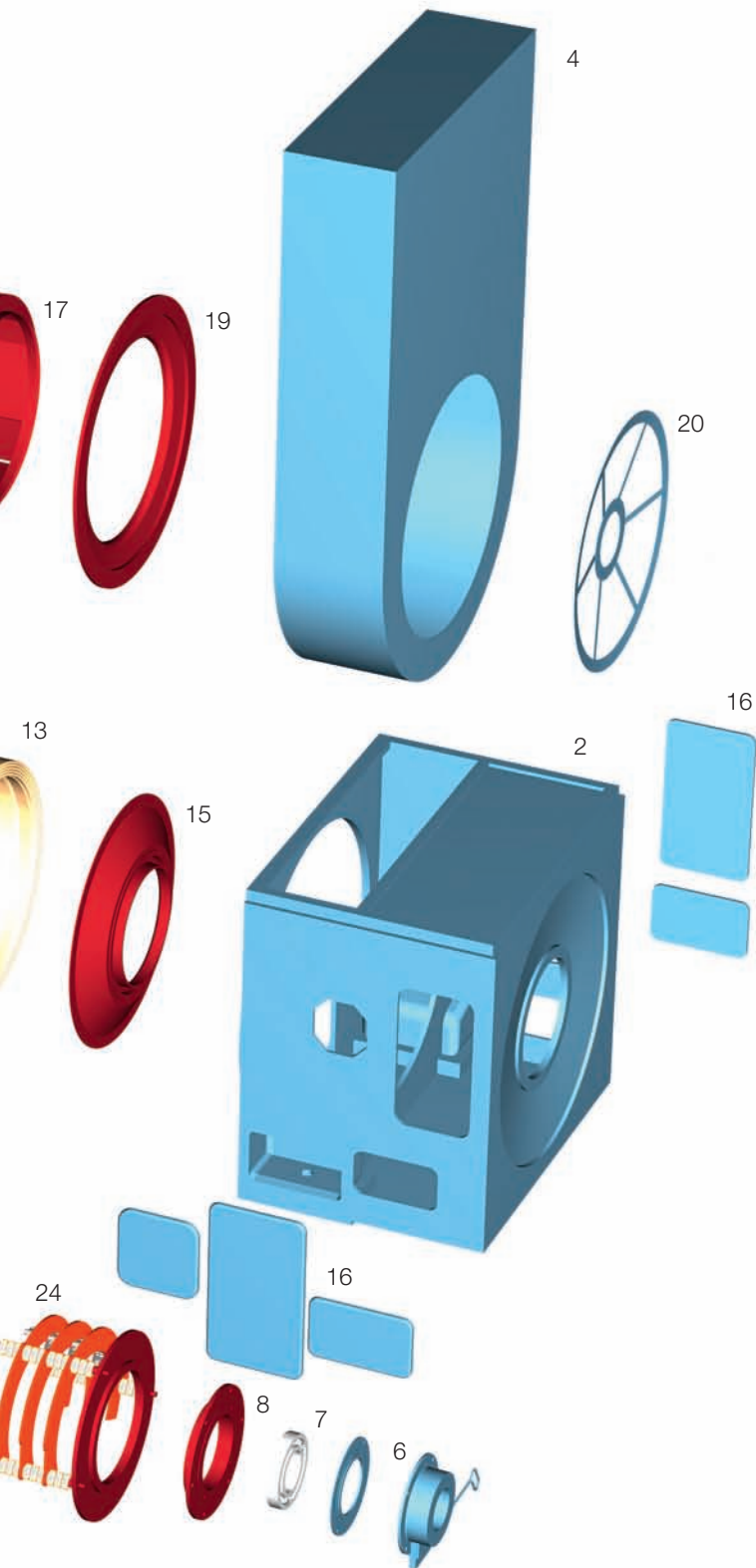


Схематическое изображение

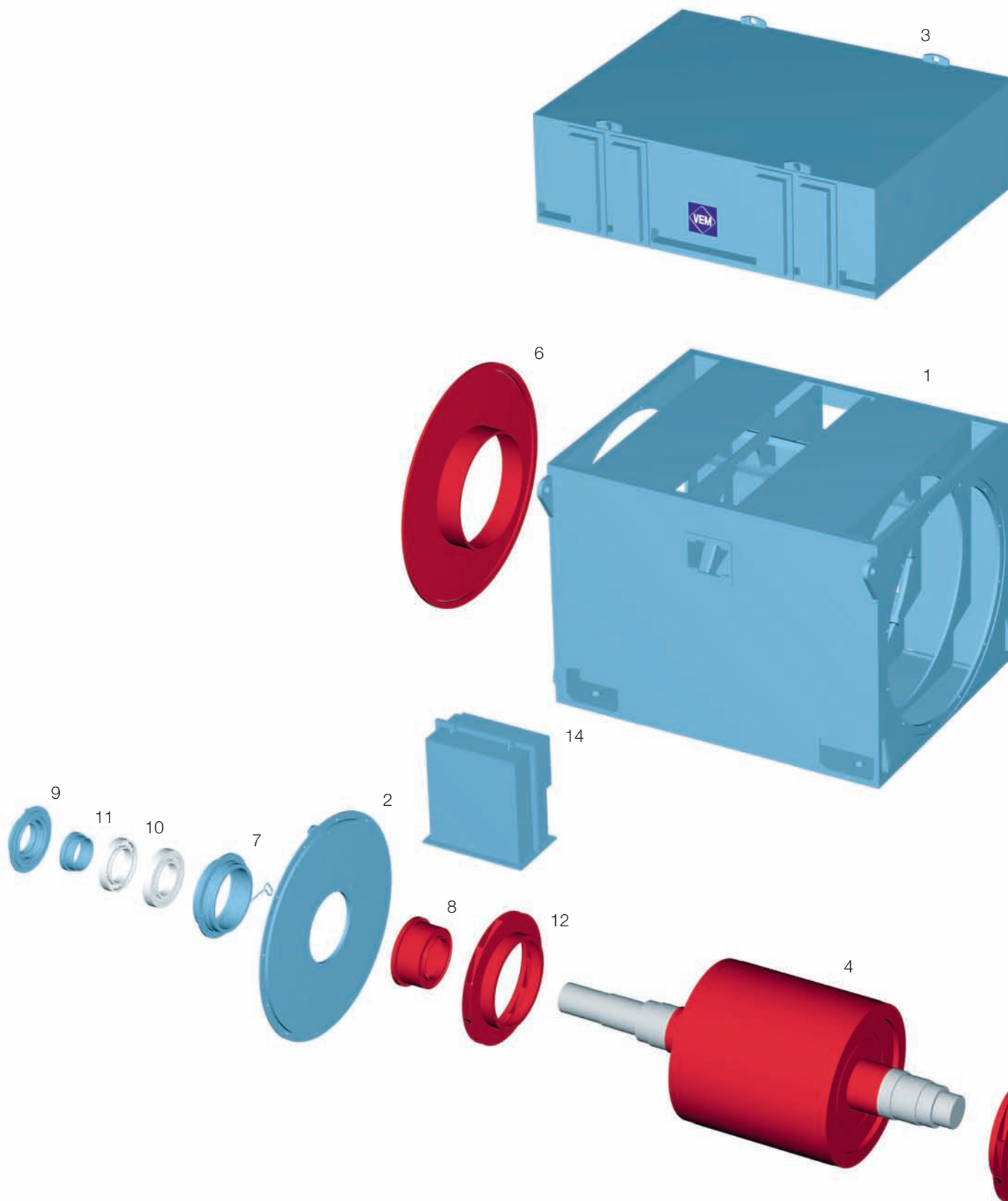




## Высоковольтные асинхронные двигатели трехфазного тока с фазным ротором, с охлаждением «воздух-воздух», корпус из литого чугуна

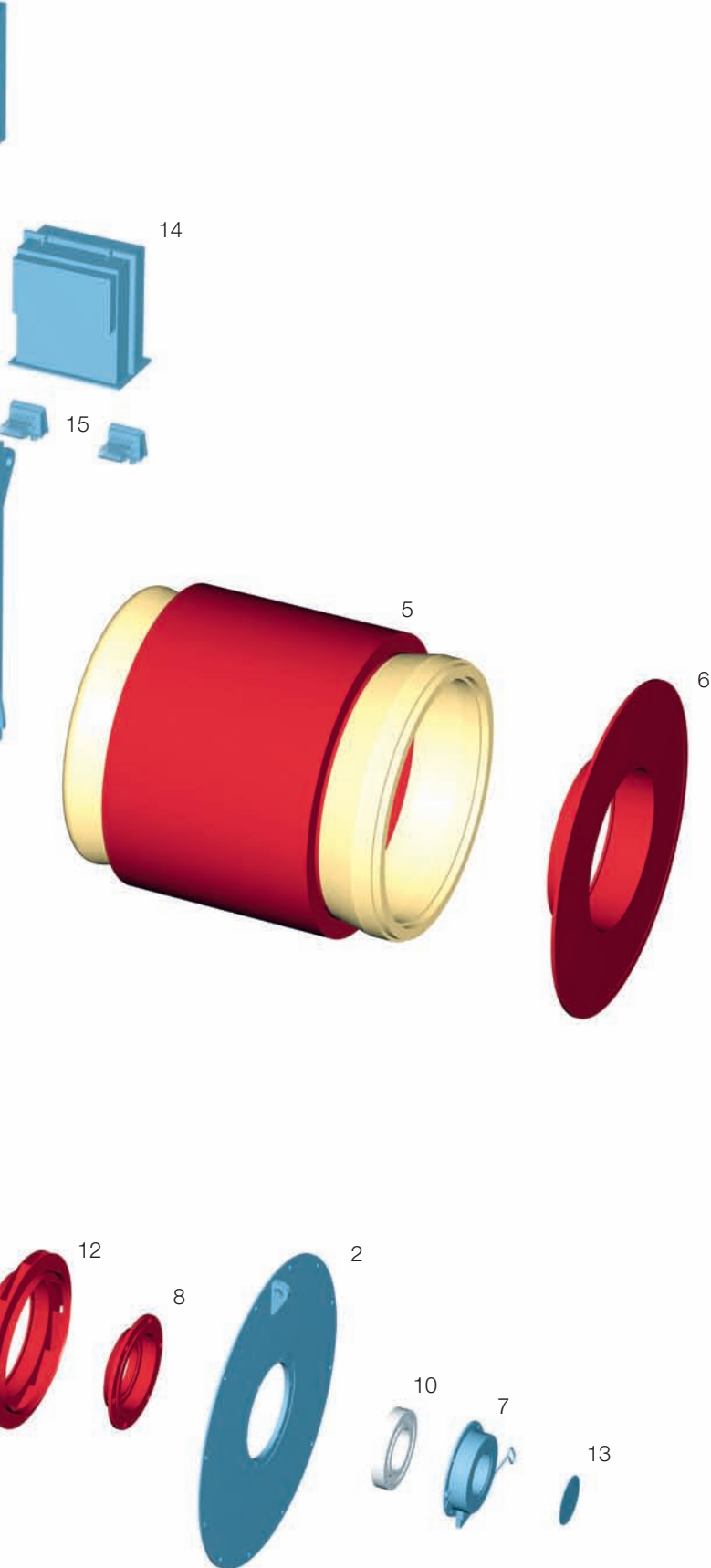


- 1 корпус
- 2 подшипниковый щит
- 3 теплообменник
- 4 наружный корпус вентилятора
- 5 ротор с обмоткой
- 6 корпус подшипника с наружной крышкой подшипника и жироталкивателем
- 7 подшипник качения
- 8 внутренняя крышка подшипника
- 9 внутренний вентилятор
- 10 втулка вентилятора
- 11 балансировочное кольцо
- 12 тело контактного кольца
- 13 пакет листов статора с обмоткой
- 14 дефлектор
- 15 уплотнительное кольцо
- 16 крышка
- 17 наружный вентилятор
- 18 втулка вентилятора для наружного вентилятора
- 19 дефлектор
- 20 всасывающая решетка
- 21 кабельная соединительная коробка (статор)
- 22 кабельная соединительная коробка (ротор)
- 23 антиконденсатный обогрев
- 24 щеточная траверса



## Высоковольтный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, с воздушно-водяным охлаждением, сварной корпус

- 1 корпус
- 2 подшипниковый щит
- 3 теплообменник
- 4 короткозамкнутый ротор
- 5 пакет листов статора с обмоткой
- 6 дефлектор
- 7 корпус подшипника с жироотталкивателем
- 8 внутренняя крышка подшипника
- 9 наружная крышка подшипника
- 10 подшипник качения
- 11 вкладыш подшипника
- 12 вентилятор
- 13 крышка
- 14 кабельная соединительная коробка
- 15 антиконденсатный обогрев



## VEM Holding GmbH

Pirnaer Landstrasse 176  
D-01257 Dresden, Германия

Телефон: +49 351 208-0  
Телефакс: +49 351 208-1028

## Отдел сбыта VEM

### Подразделение низкого напряжения

Телефон: +49 3943 68-0  
E-Mail: [motors@vem-group.com](mailto:motors@vem-group.com)

### Подразделение высокого напряжения

Телефон: +49 351 208-0  
E-Mail: [sachsenwerk@vem-group.com](mailto:sachsenwerk@vem-group.com)

### Подразделение приводных систем

Телефон: +49 30 9861-2104  
E-Mail: [transresch@vem-group.com](mailto:transresch@vem-group.com)



Подробная информация  
на нашей домашней странице.

[www.vem-group.com](http://www.vem-group.com)