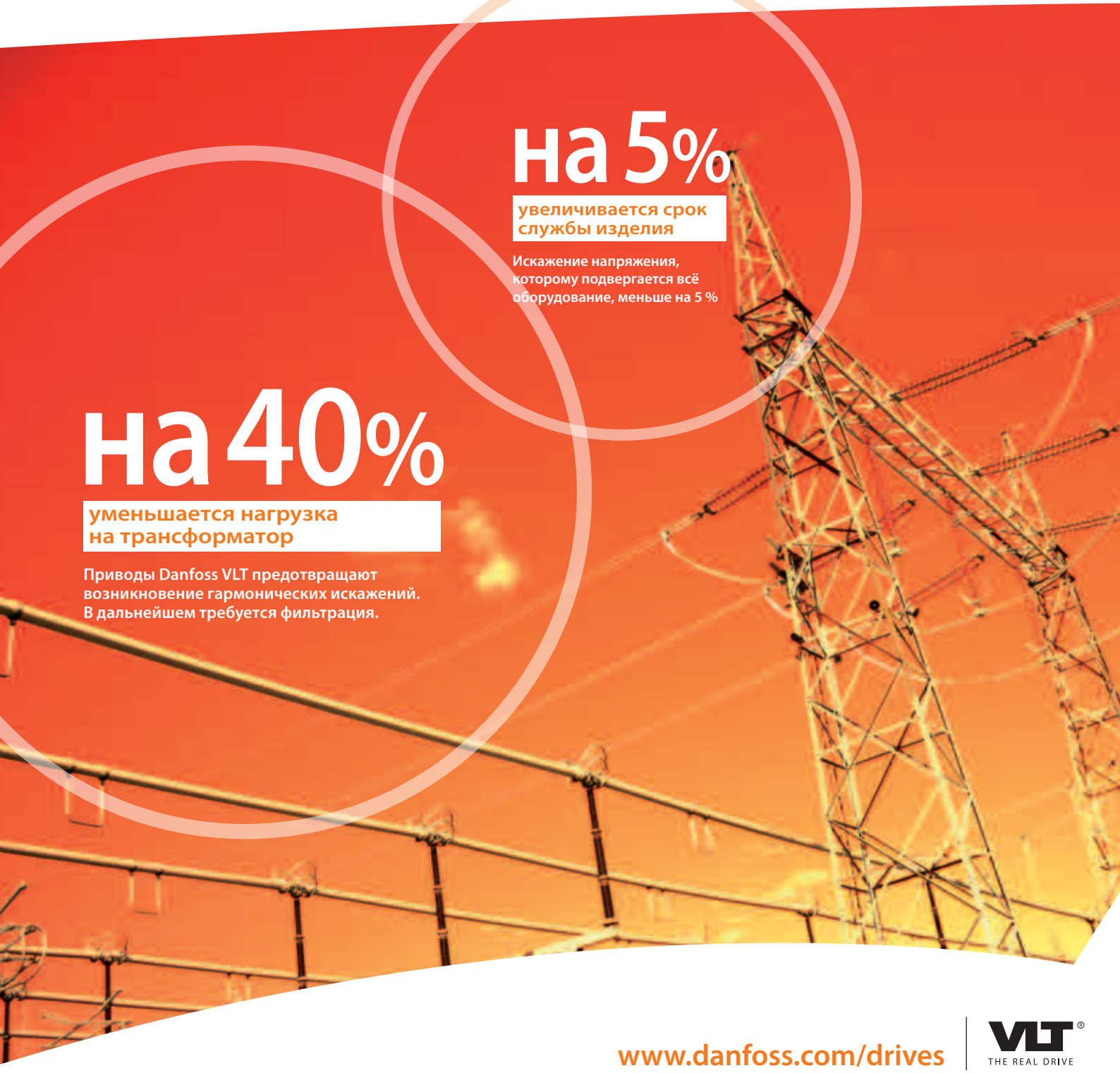
MAKING MODERN LIVING POSSIBLE

# Гармонические искажения – дорогостоящая задача с простым решением



## на 5%

**увеличивается срок службы изделия**

Искажение напряжения, которому подвергается всё оборудование, меньше на 5 %

## на 40%

**уменьшается нагрузка на трансформатор**

Приводы Danfoss VLT предотвращают возникновение гармонических искажений. В дальнейшем требуется фильтрация.

www.danfoss.com/drives

VLT® THE REAL DRIVE

## Q Что такое гармонические искажения?

A

Теоретически, питание переменным током представляет собой синусоидальную волну с частотой 50 или 60 Гц. Всё электрооборудование разрабатывается для обеспечения оптимальных характеристик при данном питании.

**Гармоники – это частотные составляющие сигналов напряжения и силы тока. Их частота отличается в целое кратное от основной частоты, и их наличие искажает синусоидальную волну.**

Силовая электроника, используемая в выпрямителях, частотно-регулируемых приводах, источниках бесперебойного питания, выключателях освещения с регуляторами освещённости, телевизионных системах и в главных ЭВМ другого оборудования, создаёт несинусоидальный ток.

Этот несинусоидальный ток взаимодействует с питанием от сети переменного тока и искажает напряжение в большей или меньшей степени в зависимости от величины питающего напряжения.

В целом, чем больше уровень потребляемой мощности коммутационного оборудования на месте эксплуатации, тем больше степень гармонических искажений.

## Q Почему гармонические искажения являются проблемой?

A

Чрезмерные гармонические искажения в сети питания переменного тока подразумевают, что источник питания обеспечивает ток не только с частотами 50 или 60 Гц, но также гармоники с более высокой частотой.

Эти частотные составляющие не могут использоваться электрооборудованием, а неблагоприятные воздействия могут быть достаточно серьёзными и включают в себя:

- Ограничения питания и использования электрической сети
- Увеличение потерь
  - Увеличение степени нагрева трансформаторов, электродвигателей и кабелей
  - Уменьшение срока службы оборудования
  - Непреднамеренные остановки с высокими издержками производственного процесса
- Нарушение нормальной работы системы управления
- Пульсация и уменьшение двигательного момента
- Акустический шум

**Проще говоря, гармонические искажения снижают надежность, воздействуют на качество изделий и увеличивают эксплуатационные расходы**

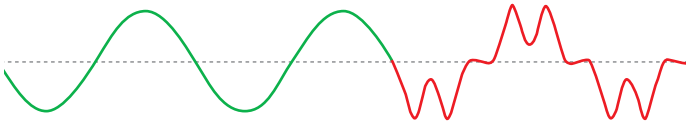


*Иллюстрация искажения синусоидальной волны*

## Q Означает ли это, что каждый привод вызывает проблемы с гармоническими искажениями?

A

Вовсе нет.
**Все приводы Danfoss VLT поставляются вместе со встроенными катушками постоянного тока для уменьшения гармонических помех, и в большинстве случаев этого достаточно для того, чтобы избежать искажения напряжения.**

В некоторых случаях может потребоваться дополнительное подавление гармоник ввиду условий эксплуатации электрической сети или тогда, когда установлено большое количество приводов.

Для этих целей компания «Данфосс» предлагает широкий спектр решений по подавлению гармоник, например, 12-импульсные приводы VLT® и стандартные приводы со встроенными или внешними, активными или пассивными фильтрами подавления гармоник.

Помимо этого, компания «Данфосс» также предлагает как пассивные, так и активные решения для централизованного подавления гармоник, когда одновременно могут быть компенсированы несколько нагрузок.

Определить степень искажения напряжения в вашей сети поможет бесплатная программа Danfoss VLT® MCT 31 для вычисления уровня гармонических искажений.

Она поможет определить, требуется ли дополнительное подавление гармоник.

*Программа VLT® MCT 31 оценивает гармонические искажения силы тока и напряжения вашего оборудования и определяет потребность в наличии фильтра подавления гармоник. Помимо этого программа может вычислять эффект от применения оборудования для подавления гармоник, а также соответствие вашей системы требованиям различных стандартов.*

*Компания «Данфосс» проводит исследования на наличие гармонических искажений на месте эксплуатации оборудования, а также предлагает наиболее подходящее решение по подавлению гармонических искажений.*

## Q Каким образом выбрать оптимальное решение по уменьшению гармонических искажений?

A

Существует различное оборудование для уменьшения гармонических искажений, и все подобные устройства имеют свои преимущества и недостатки.

Не существует единого решения для всех областей применения и условий эксплуатации электрической сети.

Чтобы добиться оптимального решения по подавлению гармоник, необходимо учитывать несколько параметров.

Ключевые параметры можно разделить на четыре группы:

- Условия эксплуатации электрической сети, включая нагрузки
- Область применения
- Соответствие стандартам
- Стоимость

**Компания «Данфосс» по вашей заявке выполнит полное исследование на наличие гармонических искажений на месте эксплуатации оборудования, а также предложит наиболее подходящее и экономически эффективное решение по подавлению гармонических искажений.**

При проведении исследования будут учтены установленные мощности нагрузок, нормативные документы и многообразие вашей деятельности.

# Важные учитываемые факторы

*Два активных фильтра VLT® комп*
*напорного двигателя на судне с о*
*ством в жёстких условиях эксплу*

*Усовершенствованные фильтры подавления гармоник >300 VLT® установлены на нефтеперекачивающей станции. Обеспечивает круглосуточную перекачку нефти.*

*Два усовершенствованных активных фильтра VLT® для системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха установлены в больнице для бесперебойного питания оборудования систем жизнеобеспечения.*

*Решения компании «Danfoss» просты в установке, легко вводятся в эксплуатацию и настраиваются в соответствии с вашими индивидуальными потребностями*

## Каким образом условия эксплуатации электрической сети влияют на появление гармонических искажений?

Самым важным фактором при определении возможности появления гармонических искажений в электрической сети является импеданс системы.

Импеданс системы больше всего зависит от мощности трансформатора относительно полной установленной мощности нагрузок. Чем больше трансформатор относительно несинусоидальной мощности, тем меньше гармонических искажений.

Электрическая сеть является взаимосвязанной системой источников электропитания и потребителей электроэнергии, соединённых между собой посредством трансформаторов. Все нагрузки, передающие несинусоидальный ток, способствуют появлению гармонических искажений в электрической сети – не только при низком, но и при высоком напряжении.

При измерении напряжения в сетевой розетке может определяться некоторая степень гармонических искажений. Это относится к гармоническим предыскажениям. Так как не все потребители используют трёхфазный ток, нагрузка на каждой фазе может разной. Это приводит к возникновению различных напряжений на каждой фазе, что вызывает нарушение баланса фаз.

Различные решения по уменьшению гармонических искажений имеют различную степень защищённости от предыскажений и дисбаланса, и это необходимо учитывать при выборе наиболее подходящего решения, устраняющего гармонические помехи.

*ренсируют применение ограниченным простран-атации*

*Три привода с низкими гармоническими искажениями VLT®, установленные на станции очистки сточных вод, обеспечивают соответствие стандарту IEEE519.*

*Шесть 12-импульсных приводов VLT®, оптимизированных по стоимости, включая трансформатор, установлены в погрузочно-разгрузочном цехе.*

## Какие аспекты применения необходимо учитывать?

Гармонические искажения усиливаются по мере увеличения мощности, потребляемой нелинейной нагрузкой, поэтому необходимо учитывать количество установленных приводов, их индивидуальные характеристики и диаграммы нагрузок.

Искажение привода определяется общим гармоническим искажением синусоидальности тока (THDi), которое является отношением суммы гармоник к основной частоте.

Нагрузка на каждый привод важна в связи с тем, что искажение THDi увеличивается при неполной нагрузке, при этом приводы слишком большого размера усиливают гармонические искажения в электрической сети.

Помимо этого, необходимо учитывать физические ограничения и ограничения, накладываемые окружающей средой, т.к. различные решения имеют различные характеристики, которые делают их более или менее подходящими для определённых условий.

Необходимо учитывать, к примеру, пространство, охлаждающий воздух (загрязненный), вибрацию, температуру окружающей среды, высоту над уровнем моря, влажность и т.п.

## Является ли соответствие стандартам по допустимым искажениям напряжения важным?

Для обеспечения определённого качества электрической сети большинство энергетических компаний требуют от своих потребителей соблюдения определённых стандартов и рекомендаций.

В различных странах и отраслях промышленности применяются различные стандарты, однако все они имеют одну основную задачу – ограничить искажения напряжения в электрических сетях.

Стандарты зависят от условий эксплуатации электрической сети, и поэтому невозможно гарантировать соблюдение стандартов без знания технических характеристик электрической сети.

Сами стандарты не содержат требований по использованию определённых решений для подавления гармоник, и поэтому важно понимать стандарты и рекомендации для того, чтобы избегать ненужных расходов на оборудование для подавления гармоник.

## Какие факторы, касающиеся экономической эффективности, необходимо учитывать при использовании решений по подавлению гармоник?

Наконец, необходимо оценить первоначальные затраты и эксплуатационные расходы для того, чтобы обеспечить принятие наиболее экономически эффективного решения.

Первоначальные затраты на различное оборудование по подавлению гармоник применительно к приводам различаются в зависимости от диапазона мощностей. Решение по подавлению гармоник, наиболее эффективное для одного диапазона мощностей, необязательно будет самым экономически эффективным для всего диапазона мощностей.

Эксплуатационные расходы определяются эффективностью решений в области диаграммы нагрузок, а также затратами на техническое обслуживание в течение срока службы этих решений.

По сравнению с активными решениями, пассивные решения часто не требуют проведения регулярного технического обслуживания.
С другой стороны, активные решения, как правило, поддерживают коэффициент мощности на уровне единицы на протяжении всего диапазона нагрузок, что приводит к лучшей энергоэффективности при неполной нагрузке.

Также необходимо учитывать планы по развитию производства или системы в связи с тем, что одно решение может быть оптимальным для статической системы, в то время как другое решение будет более гибким при расширении системы.

# Путь к ...

Условия эксплуатации

**Условия эксплуатации электрической сети**
Перед принятием решения о приобретении оборудования для подавления гармоник необходимо знать импеданс системы.

Ни одна из энергетических систем не является идеальной в связи с постоянным наличием предыскажений и дисбаланса, что необходимо учитывать при выборе оборудования.

Применение

**Применение**
Распространённой ошибкой является увеличение размера компонентов между нагрузкой и электрической сетью. Следствием этого является плохое подавление гармоник, низкая эффективность использования системы, а также высокие первоначальные затраты.

Соответствие стандартам

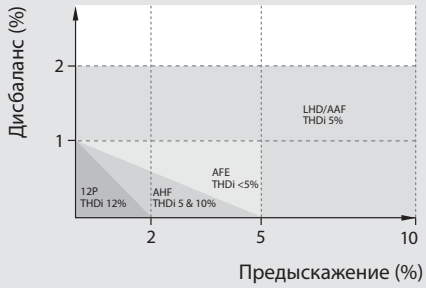
**Соответствие стандартам**
Суммарное искажение напряжения (THDv) в 5–8 % является хорошим инженерным решением и, в большинстве случаев, этого будет достаточно для того, чтобы установка соответствовала местным стандартам и рекомендациям. Такое суммарное искажение напряжения означает, что непредусмотренное выключение или выход из строя компонента системы не был вызван гармоническими искажениями.

Стоимость

**Стоимость**
Первоначальные затраты на различное оборудование для подавления гармоник зависят от уровня мощности.

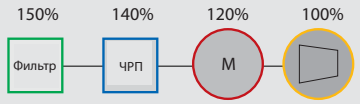
Эффективность использования системы определяет уровень эксплуатационных расходов, однако также необходимо учитывать расходы на обслуживание оборудования.

# Экономически эффективное подавление гармоник



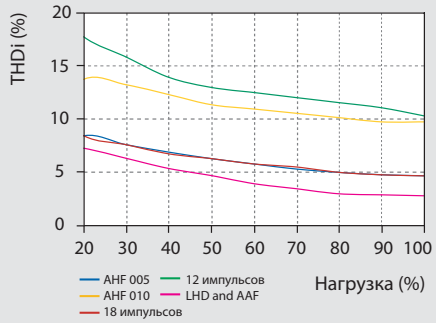

## Нарушение баланса и предыскажения

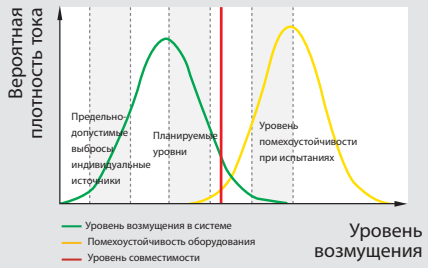
Эффективность подавления гармоник различных решений зависит от качества электрической сети.
Чем больше дисбаланс и предыскажения, тем больше гармоник должно подавлять оборудование. На графике показан уровень дисбаланса и предыскажений, при котором каждая из технологий может поддерживать гарантированное значение THDi.




## Увеличение размера

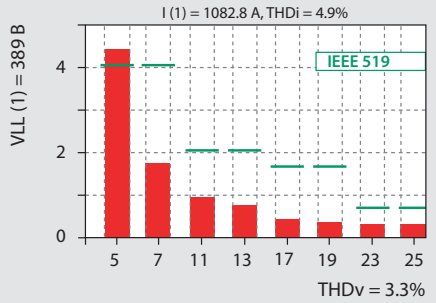
Данные по фильтрам всегда приводятся для 100% нагрузки, однако фильтры редко работают при полной нагрузке из-за увеличенного размера и диаграммы нагрузки. Серийное оборудование для подавления гармоник должно быть всегда рассчитано на максимальную силу тока, однако необходимо учитывать продолжительность работы при частичной нагрузке и оценить различные типы фильтров.
Превышение номинального размера приводит к уменьшению эффективности подавления гармоник и высоким эксплуатационным расходам. Это всегда приводит к непроизводительной трате денег.

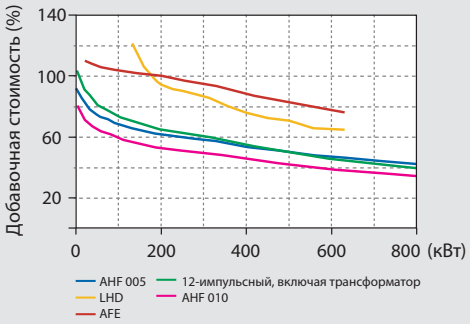



## Соответствие стандартам

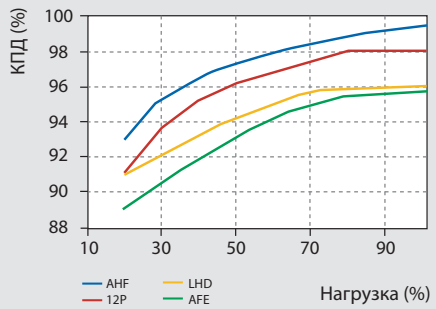
При поддержке помехоустойчивости оборудования выше уровня возмущения в системе обеспечивается бесперебойная работа оборудования.
Большинство стандартов устанавливает ограничения на суммарное искажение напряжения относительно планируемого уровня между 5% и 8%.
Помехоустойчивость оборудования, в большинстве случаев, значительно выше: для приводов это значение составляет 15–20%. Однако это негативно влияет на срок службы изделия.



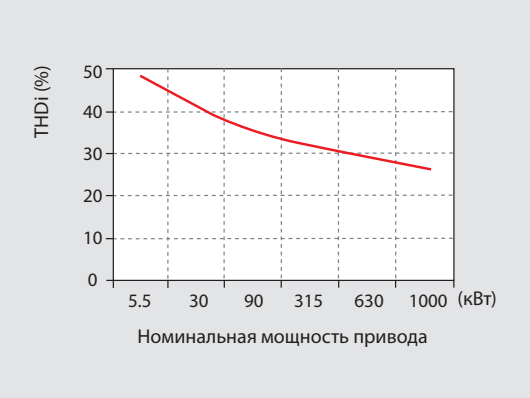

## Уровень мощности и первоначальные затраты

По сравнению с преобразователем частоты различные решения имеют различные добавочные стоимости в зависимости от уровня мощности.
Пассивные решения, в целом, подразумевают самые низкие первоначальные затраты, и по мере усложнения решения растёт их стоимость.



## Импеданс системы

В качестве примера, привод FC 102 мощностью 400 кВт на трансформаторе мощностью 1000 кВА с импедансом 5% приводит к ~5% THDv (суммарное гармоническое искажение напряжения) при идеальных условиях эксплуатации электрической сети, в то время как тот же самый привод на трансформаторе мощностью 1000 кВА с импедансом 8% приводит к увеличению значения THDv на 50%, а именно 7,5%.

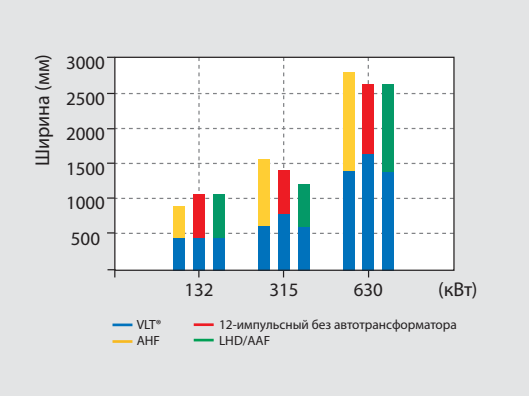



## Общие гармонические искажения

Каждый привод генерирует собственные общие гармонические искажения синусоидальности тока (THDi), которые зависят от условий эксплуатации электрической сети. Чем больше привод по отношению к трансформатору, тем меньше значения THDi.

## Эффективность подавления гармоник

Каждая технология подавления гармоник имеет свою собственную характеристику THDi, которая зависит от нагрузки.
Эти характеристики установлены при идеальных условиях эксплуатации электрической системы без предыскажений и со сбалансированными фазами.
Исходя из этого, колебания приводят к увеличению значений THDi.




## Пространство

Во многих установках пространство ограничено, и поэтому его нужно использовать максимально эффективно. В зависимости от различных технологий, различные решения для подавления гармоник имеют оптимальное соотношение размера и мощности.

## Соответствие стандартам

Для определения того, превышают или нет гармонические искажения в электрической системе тот или иной стандарт, необходимо выполнить сложные вычисления. С помощью бесплатной программы Danfoss MCT 31 для вычисления уровня гармонических искажений это можно осуществить легко и с меньшей потерей времени.

## Эффективность использования системы

Эксплуатационные расходы в основном определяются общей эффективностью использования системы.
Это зависит от отдельных продуктов, коэффициентов активной мощности и КПД.
Активные решения сохраняют коэффициент активной мощности независимым от колебаний нагрузки и условий эксплуатации электрической сети.
С другой стороны, активные решения менее эффективны по сравнению с пассивными решениями.

# ... лучшему решению

**Область применения**
Для гарантированного проведения состязаний на открытом воздухе по многих зимним видам спорта многочисленные снегомёты обеспечивают наличие снега вокруг стадиона в г. Эстерсунд (Швеция).

Снегомёты могут быстро подключаться к сети трубопроводов, в которую вода подаётся с помощью одного большого водяного насоса, расположенного в передвижной будке поблизости.

В соответствии с проектом модернизации системы, заказчик потребовал установить новый водяной насос мощностью 200 кВт.

Насос должен поддерживать постоянный расход воды и постоянное давление во всей трубопроводной сети вне зависимости от того, сколько снежных пушек к ней подключено.

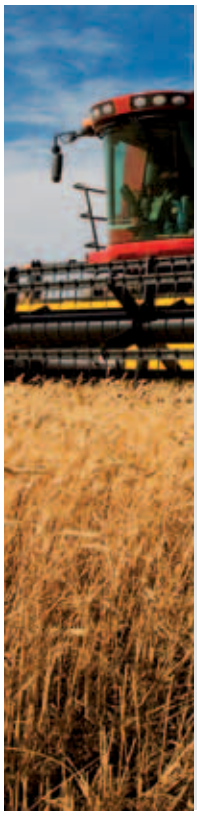
Из-за большого расстояния от источника электропитания, местные власти установили максимальное общее искажение синусоидальности тока в 5%.

**Решение**
Для обеспечения требуемого потока воды и давления был установлен привод VLT® Low Harmonic AQUA.

Колебания нагрузки 20–100% и существующие гармонические искажения в электрической системе в 2,4% были важными факторами при оценке данной установки.

Привод был поставлен и установлен в корпусе с классом защиты IP 54 для того, чтобы противостоять высокой влажности в неизолированной оцинкованной будке для насоса.

Несмотря на то, что питание от сети переменного тока было слабым, привод легко выполнял требование < 5% THDi.



**Область применения**
В настоящее время к проблеме сокращения выбросов углекислого газа привлечено повышенное внимание, поэтому идёт поиск альтернативы ископаемым видам топлива. При биопереработке зерновых зерно (например, пшеница) разлагается на сахара и протеины, а сахара превращаются в биотопливо. Протеины и оставшиеся части зерна превращаются в корм для животных, таким образом, не оставляя отходов.

Для постройки одного из крупнейших заводов в Европе по переработке биоматериалов заказчик потребовал поставить приводы VLT® общей мощностью свыше 7 МВт, в диапазоне мощностей от 2,2 до 350 кВт.

С собственным трансформатором 3300/400 В завод по переработке биоматериалов должен был соответствовать требованиям стандартов по подавлению гармонических искажений для обеспечения надёжности и обеспечению максимально длительных интервалов между техническим обслуживанием, как этого требовал заказчик. Для достижения этой цели гармонические искажения не должны были превышать 8% общих искажений (TDD) на питающем трансформаторе.

**Решение**
В целом, были установлены 48 приводов VLT® для управления насосами и вентиляторами на всём заводе по переработке биоматериалов.

На основе мощности приводов VLT® и требований к помехоустойчивости/надёжности, большинство приводов VLT® были разработаны и установлены с усовершенствованными фильтрами подавления гармоник рядом друг с другом в панелях с классом защиты IP 54. При этом был достигнут требуемый уровень TDD в 8%.

# Преимущества “Данфосс”

*Компания Danfoss является мировым лидером среди производителей преобразователей частоты и устройств плавного пуска и продолжает наращивать свое присутствие на рынке.*

## Сертификаты

Частотные преобразователи и устройства плавного пуска имеют сертификаты соответствия. Помимо этого, продукция Данфосс имеет специальные сертификаты для применений в судовой и пищевой промышленности, на химически опасных производствах, в ядерных установках.

### Высокое качество продукции

Вы сможете избежать нежелательных простоев, связанных с выходов из строя оборудования. Все заводы проходят сертификацию согласно стандарту ISO 14001. Представительство имеет сертификаты менеджмента качества ISO 9001, ISO 14001.

Аппаратные средства, программное обеспечение, силовые модули, печатные платы и др. производятся на заводах «Данфосс» самостоятельно. Все это гарантирует высокое качество и надежность приводов VLT.

### Энергосбережение

С приводами VLT вы сможете экономить большое количество электроэнергии и окупить затраченные средства менее чем за два года. Наиболее заметно экономия энергопотребления проявляется в применениях с насосами и вентиляторами.

### Специализация на приводах

Слово «специализация» является определяющим с 1968 года, когда Компания Danfoss представила первый в мире регулируемый привод для двигателей переменного тока, изготовленный серийно, и назвала его VLT®.

Две тысячи пятьсот работников компании занимаются разработкой, изготовлением, продажей и обслуживанием приводов и устройств плавного пуска более чем в ста странах, специализируясь только на приводах и устройствах плавного пуска.

### Данфосс в СНГ

С 1993 года отдел силовой электроники «Данфосс» осуществляет продажи, техническую поддержку и сервис преобразователей частоты и устройств плавного пуска на территории России, Белоруссии, Украины и Казахстана. Широкая география местоположений сервисных центров гарантирует оказание технической поддержки в кратчайшие сроки. Действуют специализированные учебные центры, в которых осуществляется подготовка специалистов компаний-заказчиков.

### Индивидуальное исполнение

Вы можете выбрать продукт полностью отвечающий Вашим требованиям, так как преобразователи частоты и устройства плавного пуска VLT имеют большое количество вариантов исполнения (более 20 000 видов). Вы можете легко и быстро подобрать нужную вам комбинацию при помощи программы подбора привода «Конфигуратор VLT».

### Быстрые сроки поставки

Эффективное и гибкое производство в сочетании с развитой логистикой позволяют обеспечить кратчайшие сроки поставки продукции в любых конфигурациях. Помимо этого, представительствами поддерживаются склады в странах СНГ.

### Развитая сеть партнеров в СНГ

Развитая сеть партнеров по сервису и продажам по СНГ позволяет осуществлять на высоком уровне техническую поддержку и минимизировать нежелательный простой технологического оборудования в случае поломки.

Компания имеет более 40 сервисных партнеров в крупных городах, поддерживается склад запчастей.

**Адрес**: **ООО Данфосс**, Россия, 143581, Московская обл., Истринский район, с.пос. Павло-Слободское, деревня Лешково, 217,
Телефон: (495) 792-57-57, факс: (495) 792-57-63. E-mail: mc@danfoss.ru, www.danfoss.ru
**Danfoss T.o.v.**, 15/15/6 Vikentiya Khvoiki Str., 04080 Kyiv 080, Ukraine, Tel: +380 44 4618700, E-mail: ua_postmaster@danfoss.com, www.danfoss.ua

Danfoss не несет ответственности за возможные ошибки в каталогах, брошюрах и других печатных материалах. Danfoss оставляет за собой право вносить изменения в продукцию без предварительного уведомления. Это относится также к уже заказанной продукции, если только вносимые изменения не требуют соответствующей коррекции уже согласованных спецификаций. Все торговые марки в данном документе являются собственностью соответствующих компаний. Название и логотип Danfoss являются собственностью компании Danfoss A/S. Все права защищены.



VLT® – зарегистрированный товарный знак Danfoss A/S

Издание PE-MMSC 2010.09