

Методы управления электроприводом - скалярный и векторный



В современном мире преобладающая часть промышленного производства, транспортных систем, сферы жизнеобеспечения человека в той степени развития, которая достигнута сегодня, основаны на выполнении технологических процессов, где применяется оборудование с электроприводом.

Как известно, электроприводом называется электромеханическая система для преобразования электрической энергии в механическую, основным звеном которой является электрический двигатель.

От первых опытов Майкла Фарадея в 1820-ых годах, в которых он изучал взаимовлияние магнитов и проводников, до создания современных комплексов управления электроприводом прошло уже почти 200 лет. Первым был изобретён двигатель на постоянных магнитах, который стал прототипом коллекторных двигателей, следующим шагом стало создание электродвигателей переменного тока, далее – первых асинхронных электродвигателей.

В середине прошлого века наметилось разделение развития электропривода на две основные ветви в соответствии с типом применения: на нерегулируемый и регулируемый привод. В нерегулируемом электроприводе большой мощности наиболее применимыми оказались синхронные двигатели, при невысоких мощностях – [асинхронные электродвигатели](#) с короткозамкнутым ротором.

Двигатели с короткозамкнутым ротором с давних пор использовались исключительно в нерегулируемом электроприводе, так как возможность плавного регулирования скорости вращения двигателей не была в должной степени технически реализуема. Сейчас, благодаря достижениям микропроцессорной техники и электроники, ситуация кардинально поменялась, и частотно-регулируемый привод (ЧРП) стал основным типом регулируемого электропривода.



Современные промышленные преобразователи частоты



Различия скалярного и векторного методов управления

Техническим стандартом, по которому можно классифицировать современные [преобразователи частоты](#) (иначе, частотники или ПЧ, как их сокращенно называют) является метод управления, применяемый в этих устройствах при регулировании скорости вращения двигателя.

Методы управления подразделяются на:

- скалярный метод управления
- векторный метод управления

О различии скалярного и векторного управления можно догадаться уже по их названию.

Скалярный метод основан на поддержании постоянства отношения (U/f) в рабочих диапазонах скоростей, в процессе которого ведется контроль, как видно из формулы, только за величиной питающего напряжения и его частотой.

При векторном методе управления ведется контроль не только за величиной и частотой, но и за фазой питающего напряжения. Иначе говоря, контролируется угол и величина так называемого пространственного вектора, который вращается с частотой поля двигателя.

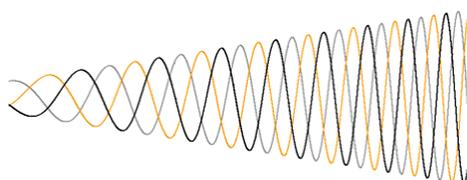
Скалярное управление наиболее применимо в электроприводах небольшой сложности в силу относительной простоты и минимального набора требуемых для работы функциональных параметров. Подходит для применений, где требуется поддерживать постоянство (с ограниченным диапазоном и точностью, по сравнению с векторным) определенной технологической величины, и где отсутствуют большие динамические нагрузки.

Векторный метод управления относительно скалярного имеет бóльшую производительность, диапазон и точность регулирования, в том числе на малых оборотах двигателя, чем перекрывает практически все недостатки скалярного принципа управления.

Тот или иной метод управления выбирается в зависимости от требований, которые заданы для технологического процесса – это глубина и точность регулирования, необходимость управления моментом на валу двигателя, состояние привода при переходных процессах – при пуске/стопе, ускорении, торможении.

Скалярный метод управления. Назначение

Скалярный метод управления применяют для приводов малой и средней мощности с вентиляторной нагрузкой (т.е. для вентиляторов, насосов, компрессоров, дымососов с легким, либо нормальным режимом работы). Что особенно важно, при использовании скалярного метода имеется возможность управления многодвигательными приводами от одного преобразователя частоты. Жесткость статических характеристик привода практически приближена к естественной характеристике. Диапазон скалярного принципа управления, при котором возможно регулирование оборотов двигателя, без потери момента сопротивления не превышает 1:10. Благодаря этому достигается постоянная перегрузочная способность двигателя, которая не зависит от частоты приложенного напряжения, но на низких частотах может произойти перегрев двигателя и снижение развиваемого им момента. Для того чтобы этого избежать, производят установку ограничения минимального значения выходной частоты.



Изменение напряжения питания электродвигателя при скалярном управлении



При необходимости увеличения жёсткости характеристики и расширения границ регулирования применяют различные аналоговые или импульсные датчики скорости. Для этого в преобразователях частоты имеются дискретно-аналоговые управляющие входы.

Преобразователи частоты, управление в которых реализовано на методе скалярного управления, как правило, невысокой стоимости, более простые и широко применимы в электроприводе, где отсутствуют критичные требования к точности и диапазону регулирования. При вводе в работу подобных преобразователей достаточно учитывать лишь номинальные величины параметров электропривода, осуществить настройку стандартных опций защиты и управления.

Применение

Учитывая вышеназванные особенности, можно рассмотреть следующие возможности применения для скалярного управления частотным преобразователем:

Системы водоснабжения и водоотведения представляют собой довольно сложную технологическую структуру, основные элементы которой – трубопроводные магистрали и насосные установки.



Применение скалярного метода управления для выполнения плавного пуска, торможения и регулирования скорости вращения привода насосов снижает интенсивность гидравлических ударов, что позволяет сократить количество профилактических ремонтов оборудования и вероятность аварийных ситуаций, связанных с механическими нагрузками (преждевременный износ муфт, редукторов, подшипников двигателей).

При увеличении скорости напряжения питания статора пропорционально увеличивается. Скалярное управление способствует удержанию постоянства момента на валу в рабочем диапазоне частот (но на невысоких скоростях момент снижается, для этого в преобразователях частоты есть возможность задания момента для нижней границы скорости).



Для насосных систем имеется возможность настройки в ПЧ следующих полезных функций (в особенности, для тех ПЧ, которые предназначены для систем отопления, вентиляции и кондиционирования – так называемые HVAC системы):

- **Функция сна/пробуждения ПЧ**

Позволяет остановить двигатель в периоды отсутствия, либо существенного уменьшения расхода воды. Тем самым обеспечивается экономия электроэнергии и уменьшается износ оборудования.

- **Защита от “сухого хода”**

Условие работы всухую возникает, когда давление на входе насоса не соответствует номинальным параметрам. Длительная работа в таком режиме может привести к преждевременному выходу из строя подшипниковых узлов и уплотнений. Контроль рабочего состояния привода производится на основе значений с датчиков расхода и давления в трубопроводе.

- **Компенсация потерь на трение**

Данная функция контролирует подачу насосной установки и компенсирует потери напора путем поддержания постоянного давления в рабочей точке независимо от расхода воды.

Доступны также другие прикладные функции для оптимизации и защиты насосного привода (контроль заполнения трубопровода, контроль давления/расхода, заклинивания и т.д.).

Важным преимуществом скалярного метода является возможность одновременного управления группой агрегатов. Частотным преобразователем совместно с алгоритмом системы управления производится изменение скорости вращения привода, а также, при необходимости, числа одновременно работающих механизмов.

Вышеописанные прикладные функции имеются в преобразователях частоты и для электроприводов систем вентиляции и кондиционирования.

Векторный метод управления. Назначение

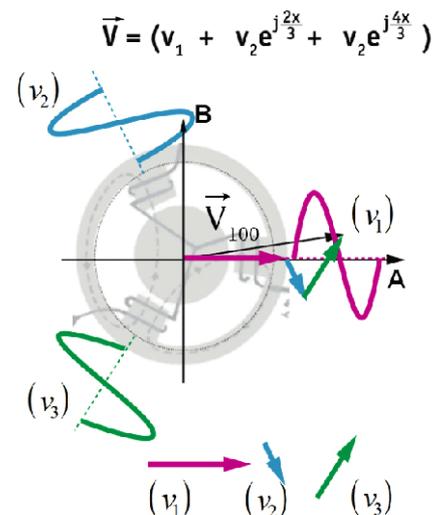
Преобразователи с частотно-векторным управлением в основном применяют для электроприводов с тяжелым режимом работы (вентиляторы высокой мощности, подъемное, буровое оборудование, системы позиционирования). Векторный метод управления не только формирует гармонические токи и напряжения фаз (как при скалярном методе), но и позволяет производить регулирование магнитного потока электродвигателя. Таким образом, производится управление магнитным полем статора и ротора, регулируется их взаимодействие между собой для оптимизации момента вращения на различных частотах. При этом, улучшается динамика электропривода за счет специального встроенного канала управления моментом нагрузки. Внутренняя обработка процессов регулирования в современных частотниках выполняется на базе мощного процессорного оборудования.

Векторный метод управления заключается в математическом представлении модели двигателя. Возможность такого решения основана на том, что проекция пространственного вектора тока статора на ось полюсов магнитного поля ротора (продольную ось) пропорциональна величине магнитного потока, а проекция на поперечную ось пропорциональна величине электромагнитного момента. Такой более прогрессивный метод позволяет независимо и почти безынерционно регулировать момент на валу и скорость вращения двигателя под нагрузкой.



Главной трудностью для реализации векторной системы управления является определение нахождения оси магнитного поля ротора в пространстве. Данная задача решается при помощи датчиков Холла, установленных в электроприводе, либо расчётом по известным соотношениям, где исходными данными являются мгновенные величины тока, напряжения статора и скорость вращения ротора. В среднебюджетных приводах применяется преимущественно расчётный метод, часто это системы управления двигателем без обратной связи по скорости. Такая система управления называется бездатчиковая – управление по разомкнутому контуру.

Если требования к точности регулирования скорости допускают отклонение до 1,5%, а диапазон – менее 1:100, то может быть использована бездатчиковая система управления – управление по замкнутому кругу. При требовании точности регулировки скорости с отклонением менее 0,2% и диапазона 1:10000 применяется управление с датчиком скорости на валу. Такие системы называются системами управления двигателем с обратной связью по скорости и позволяют регулировать момент на малых частотах (до 1 Гц).



Пространственный вектор при векторном методе управления

По сравнению со скалярным, векторный метод управления имеет следующие преимущества:

- повышенная точность и широкий диапазон регулирования скорости;
- плавное регулирование скорости вращения двигателя во всем диапазоне частот;
- возможность удержания постоянства скорости при изменении нагрузки электропривода;
- уменьшение потерь при переходных процессах в приводе (в связи с этим увеличенный КПД двигателя).

Несмотря на ряд весомых преимуществ стоит отметить, что вычислительная сложность при векторном методе управления высока, и при расчете оптимальных режимов работы привода необходимо учитывать большое количество параметров электропривода. Но там, где требуется обеспечивать широкий диапазон и точность регулирования, особенно, на низких частотах вращения, векторный преобразователь частоты будет незаменим.

Применение

В качестве объекта электропривода, где широко применим векторный метод управления, можно привести в пример подъемные механизмы, в частности – лифтовое оборудование.



По данным исследований было выявлено, что электропривод, где применен преобразователь частоты для управления лифтовым оборудованием, экономит почти 40% электроэнергии (по сравнению с применениями без ПЧ). Помимо экономии электроэнергии, применение векторных преобразователей частоты обеспечивает следующие преимущества:

- высокое значение крутящего момента двигателя на околонулевой скорости (при разгоне и торможении лифта);
- способность выдерживать большие перегрузки при работе привода;
- высокоточное регулирование скорости и положения кабины лифта при помощи датчиков обратной связи. Обеспечивается диапазон регулирования скорости 1:1000, при этом точность поддержания скорости составляет 0,01%;
- специальные прикладные программы применения (уравновешивание нагрузки, быстрая остановка, компенсация момента инерции привода);
- дополнительные опции обеспечения безопасности в аварийных режимах управления (в том числе, функции аварийного завершения работы, функция перехода на резервный источник питания и т.д.);
- опцию рекуперации (возврата) энергии в питающую сеть при остановке лифта без применения дополнительных тормозных резисторов;
- уменьшение механических нагрузок подъемной системы;
- снижение шума работы привода (благодаря высокой частоте коммутации ПЧ);
- функцию противоотката кабины лифта (исключается откат кабины при отжати тормозного устройства).

Как показала практика подобных применений, при использовании векторных преобразователей частоты в лифтовых системах окупаемость частотников не превышает 1,5-2 лет. При этом существенно уменьшаются затраты на обслуживание и ремонт электроприводного комплекса лифта.

Выводы

Таким образом, выбирая на практике между скалярным и векторным методом регулирования скорости вращения электропривода, необходимо оценить требования, которые предъявляются к объекту управления – это диапазон и точность регулирования технологических величин, необходимость удержания момента на валу двигателя (в особенности, на малых частотах вращения), требования к контролю привода в аварийных ситуациях.

Отталкиваясь от этого, и принимая во внимание описанные в данной статье особенности применения векторного либо скалярного регулирования, можно сделать выводы о том, какой способ управления является более предпочтительным для Вашего применения.

По вопросам подбора оборудования применительно к вашим техническим требованиям и условиям применения обратитесь к специалистам компании ООО «РусАвтоматизация».

