

# **МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ: СКАЛЯРНЫЙ, ВЕКТОРНЫЙ И ПРЯМОГО УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ**

**Токарев Андрей Дмитриевич**  
*студент, Ульяновский Государственный Технический Университет,  
Россия, г. Ульяновск*

**Научный руководитель: Петрова Марина Валерьевна**  
*канд. техн. наук, доцент,  
Ульяновский государственный Технический университет,  
Россия, г. Ульяновск*

## ***CONTROL METHODS: SCALAR, VECTOR AND DIRECT TORQUE CONTROL***

**Tokarev Andrey Dmitrievich**  
*student, Ulyanovsk State Technical University,  
Russia, Ulyanovsk*

**Scientific supervisor: Petrova Marina Valeryevna**  
*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Ulyanovsk State Technical University,  
Ulyanovsk, Russia*

### **АННОТАЦИЯ**

*В данной статье рассматриваются вопросы управления асинхронным электроприводом. Описываются основные методы управления электродвигателем, их особенности, преимущества и недостатки, а также их использование в различных режимах работы.*

### **ABSTRACT**

*This article discusses the issues of asynchronous electric drive control. The main methods of electric motor control, their features, advantages and disadvantages, as well as their use in various operating modes are described.*

**Ключевые слова:** *Скалярное, векторное, прямое управление моментом, обратная связь, энкодер, преобразователи.*

**Keywords:** *Scalar, vector, direct torque control, feedback, encoder, converters.*

Вопрос, касаемо выбора преобразователя частоты со скалярным или векторным управлением появляется у каждого пользователя, заинтересованного в покупке и установке электропривода переменного тока.

Преобразователи векторного и скалярного управления отличаются не только в техническом плане, но и в ценовом (преобразователи с векторным управлением являются более дорогими по сравнению с преобразователями со скалярным управлением).

Двигатель при работе от сети в обычном режиме имеет стандартные значения скорости и частоты вращения, что ограничивает его использование в различных условиях работы. Для существенного расширения диапазона регулирования используют различные способы управления, которые можно разделить на следующие группы: [1]

**1. Скалярное.** Данная схема управления основана, как правило, на одновременном регулировании частоты и напряжения статора двигателя. Задание по частоте принимается в качестве входного независимого сигнала. Для того чтобы поддерживать технические параметры двигателя в требуемом диапазоне, необходимо вместе с изменением частоты напряжения также изменять и его амплитуду [6, с.85].

Скалярное управления было основным методом управления в асинхронном электроприводе примерно до середины 70-х годов прошлого столетия, но и сейчас данный метод позволяет решать множество производственных задач значительно экономичнее и проще. [4, с. 25-26]

Как правило, данный способ регулирования используется в электроприводах компрессорных, вентиляторных и прочих установках, где не требуется высокая точность в регулирования скорости.

В ситуациях, когда необходим плавный пуск, торможение и управление скоростью вращения электропривода насосов, применение скалярного метода управления значительно снижает интенсивность гидравлических ударов, что, следовательно, позволяет уменьшить число ремонтов и аварийных ситуаций, с

преждевременным выходом из строя различных деталей, связанных с механической нагрузкой. [2]

Выделяют два вида скалярного управления:

- Без обратной связи;
- С обратной связью по скорости вала;

Первый способ имеет широкое применение в схемах управления асинхронным двигателем, работающем при постоянной нагрузке. Конструкция подобных преобразователей частоты являются более простой благодаря отсутствию датчиков обратной связи, низкой стоимости, низких требований к вычислительной мощности управляющего блока. Кроме того, стоит отметить, что, используя такой метод управления можно реализовать управления групповым электроприводом, имеющим одновременные пуск и остановку. Способ управления с использованием датчика оборотов (или скорости) позволяет увеличить возможности данного метода регулирования.

В случае возрастания частоты вращения вала, напряжение на обмотках статора также увеличивается. В асинхронных машинах частота вращения магнитного поля не совпадает со скоростью вращения вала на величину называемой скольжением. При этом для компенсации скольжения в схему добавляется энкодер, что позволяет повысить точность поддержания скорости. Именно использование энкодера при скалярном управлении позволяет устранить неточности в регулировании скорости вращения вала. [3]

**2. Векторное.** Этот метод управления не только формирует гармонические токи и напряжения фаз (скалярное управление), но и обеспечивает управление магнитным потоком двигателя. Представление напряжения, тока, потокосцепления является основой данного метода управления. Векторный метод используется в тех случаях, когда необходима более высокая точность в регулировании.

Для реализации векторной системы управления необходим либо датчик скорости, встраиваемый в двигатель, либо наблюдатель координат на основе математической модели электродвигателя с использованием точных

параметров схемы замещения. Для скалярных систем управления с целью расширения диапазона регулирования тоже применяют датчик скорости [6, с.85].

При использовании преобразователей частоты с векторным управлением в лифтовых системах значительно снижаются затраты на обслуживание и ремонт электропривода лифта. [2]

При рассмотрении данных способов управления стоит выделить как преимущества, так и недостатки каждого из методов.

Скалярный способ прост в реализации и имеет следующие недостатки:

- Нет возможности одновременно регулировать момент и скорость, поэтому выбирается и изменяется та величина, которая является наиболее значимой;
- Узкий диапазон регулирования скорости;
- Нестабильная работа с динамически изменяемой нагрузкой;

На фоне очевидных плюсов векторного метода управления стоит отметить и минусы, такие как сложность в вычислениях и необходимость в знании технических параметров асинхронного электродвигателя. Кроме того, у векторного преобразователя наблюдаются более высокие амплитудные колебания при постоянной нагрузке.

Преимущества векторного способа регулирования, следующие:

- высокая точность;
- плавное вращение АД;
- широкий диапазон регулирования;
- быстрая реакция на изменение нагрузки; [7]

В дополнение к двум вышеописанным способам управления, скалярному и векторному, был разработан и реализован примерно в 90-х годах способ прямого управления моментом, задачей которого является обеспечение быстрой реакции электромагнитного момента двигателя на управляющее воздействие.

В данном случае управляемой величиной является потокосцепление статора, что отличается от векторного способа управления, где изменение момента производится путем воздействия на ток статора.

В систему прямого управления моментом входят следующие элементы:

- блок регуляторов системы;
- блок формирования строк таблицы переключений;
- блок определения фазового сектора;
- блок, реализующий таблицу переключений;
- блок формирования фазных напряжений;
- блок вычисления ненаблюдаемых координат электропривода.

В системах прямого управления моментом можно выделить ряд особенностей:

- наличие в системе математической модели двигателя для вычисления управляемых координат потокосцепления, момента, а также частоты вращения ротора;
- наличие матричного вычислителя оптимального вектора напряжения двигателя;
- отсутствие программной ШИМ выходного напряжения инвертора

При этом системы прямого управления моментом позволяют обеспечить:

- отработку ступенчатого сигнала задания на номинальный момент;
- Неустойчивое (астатическое) регулирование момента на низких частотах вращения, включая нулевую скорость;
- ошибка поддержания скорости вращения до 0,01 с использованием датчика скорости и до 10% без датчика;
- высокую перегрузочную способность. [4, с.33-35]

Наличие высоких пульсаций тока и момента в установившемся режиме является недостатком метода прямого управления моментом. Подобный недостаток ликвидируется увеличением рабочей частоты инвертора выше 40 кГц, повышающим при этом общую стоимость системы управления. [5]

### Список литературы:

1. Alfa: векторный или скалярный преобразователь частоты.[Электронный ресурс].URL: <http://a-eng.ru/vektornyj-ili-skalyarnyj-preobrazova/> (Дата обращения 09.11.2022).
2. RusAutomation: Методы управления электроприводом - скалярный и векторный.[Электронный ресурс].URL: [https://rusautomation.ru/articles/metody\\_upravleniya\\_elektroprivodom\\_skalyarnyy\\_i\\_vektornyy\\_8566/](https://rusautomation.ru/articles/metody_upravleniya_elektroprivodom_skalyarnyy_i_vektornyy_8566/) (Дата обращения 10.11.2022).
3. VEDA MC: скалярное управление частотным преобразователем.[Электронный ресурс].URL: <https://drives.ru/stati/skalyarnoe-upravlenie-chastotnym-preobrazovatelem/> (Дата обращения 10.11.2022).
4. Воронин, П.А. Системы управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода: методические указания по курсу «Системы управления электроприводов» / П.А. Воронин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2011. - 51 с.
5. Все о двигателе: принцип работы векторного двигателя.[Электронный ресурс].URL: <https://avtika.ru/printsip-raboty-vektornogo-dvigatelya/> (Дата обращения 12.11.2022).
6. Емельянов, А.П. Чуркин Скалярное управление асинхронным короткозамкнутым двигателем по активной составляющей тока статора / А.П. Емельянов, Б.А. Чуркин. – Текст: электронный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика».- 2014.-№3 (4).-с.85-90.  
<https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/4954/12.pdf?sequence=1?sequence=1> (Дата обращения 10.11.2022).
7. Разные способы: скалярный способ управления частотным преобразователем.[Электронный ресурс].URL: <https://molotokrus.ru/skalyarnyy-sposob-upravleniya-chastotnym-preobrazovatelem/> (Дата обращения 09.11.2022).