

УДК 621.313.333

Тулегенов К.К., кандидат технических наук, доцент,

Агжанов Д.М., магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Казахстан

СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА И РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация

Асинхронные двигатели являются простыми, надежными и наиболее распространенными электрическими машинами. К их недостаткам относятся сложность управления моментом и частотой вращения вследствие нелинейности математического описания. В данной статье рассматриваются способы измерения электромагнитного момента и регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.

***Ключевые слова:** асинхронный двигатель, электропривод, электромагнитный момент, частота вращения, ротор, широтно-импульсное регулирование, статор, ЭДС, реостат, механическая характеристика, преобразователь частоты.*

Способ измерения электромагнитного момента асинхронного двигателя используется в системах регулирования асинхронных электропроводов с преобразователями частоты на основе автономных инверторов с широтно импульсным регулированием напряжения.

При способе измерения электромагнитного момента асинхронного двигателя, питаемого от сети через преобразователь частоты на основе автономного инвертора с широтно импульсным регулированием выходного напряжения с помощью датчика тока измеряют ток в звене постоянного тока преобразователя частоты и вычисляют электромагнитный момент.

Изобретение относится к электротехнике, в частности к частотно-управляемым электроприводам, и может быть использовано в качестве датчика электропривода (или способа его реализации) в системах регулирования асинхронных электроприводов с преобразователями частоты на основе автономных инверторов с широтно-импульсным регулированием напряжения.

Способ измерения электромагнитного момента асинхронного двигателя, питаемого от преобразователя частоты на основе автономного инвертора тока, заключающийся в том, что измеряют ток на входе преобразователя частоты, измеряют напряжение на входе инвертора и измеряют на входе системы управления инвертором преобразователя частоты сигнал, пропорциональный выходной частоте инвертора, а электромагнитный момент двигателя вычисляют как результат частного от деления произведения измеренных сигналов тока и напряжения на упомянутый сигнал, пропорциональный выходной частоте инвертора.

Недостатком известного способа измерения электромагнитного момента являются, во-первых, сложность, обусловленная наличием двух операций измерения высокопотенциальных электрических сигналов (тока и напряжения). Также недостатком известного способа является большая величина пульсаций выходного сигнала измеренного момента (вызванная коммутационными провалами напряжения на входе автономного инвертора тока), требующая, как правило, из условия сглаживания установки на выход устройства дополнительного фильтрующего звена, вносящего при этом запаздывание в измерение сигнала момента, неустойчивое измерение момента в области выходных низких (пусковых) частот электропривода, обусловленное необходимостью проведения множительно-делительным блоком операций умножения и деления малых сигналов (усугубляющееся влиянием указанных коммутационных провалов напряжения, присутствующих в одном из

входных сигналов блока).

Способ измерения электромагнитного момента асинхронного двигателя, питаемого от преобразователя частоты на основе автономного инвертора с широтно-импульсным регулированием выходного напряжения, заключающийся в том, что измеряют на выходе инвертора статорные токи двух фаз двигателя, вычисляют статорный ток третьей фазы двигателя путем суммирования измеренных сигналов двух фазных токов двигателя, системой управления инвертором преобразователя частоты формируют для трех выходных фаз преобразователя частоты сигналы задания знака полуволны основной гармоники выходного фазного напряжения: +1 для положительной полуволны, -1 для отрицательной полуволны, вычисляют произведения измеренных и вычисленных значений фазных токов двигателя на соответствующей данной фазе сигнал задания знака полуволны основной гармоники фазного напряжения инвертора, при этом электромагнитный момент двигателя находят в виде суммы полученных произведений сигналов.

Недостатками известного способа измерения электромагнитного момента являются сложность, обусловленная наличием двух операций измерения высокопотенциальных электрических сигналов (а именно, двух фазных токов), ограниченная область применения, а именно, электроприводами, в которых обеспечивается управление асинхронным частотно-регулируемым двигателем с постоянным магнитным потоком двигателя, так как измеряемый известным способом сигнал (активной составляющей статорного тока двигателя) пропорционален электромагнитному моменту асинхронного двигателя только при неизменном значении магнитного потока; в случае управления двигателем с изменяющимся магнитным потоком при известном способе вносится существенная ошибка в величину измеряемого электромагнитного момента (до 20-50%). Также недостатком известного способа является увеличение пульсаций измеренного момента на низкой выходной частоте электропривода, требующее дополнительной фильтрации для устойчивой работы в системе регулирования электропривода; это вносит значительное запаздывание (0,2-0,3 с), снижая быстродействие.

Способ измерения электромагнитного момента асинхронного двигателя, подключенного к сети через преобразователь частоты на основе автономного инвертора с широтно-импульсным регулированием выходного напряжения, при котором измеряют ток, фазные напряжения с последующим вычислением электромагнитного момента через определенный интеграл от электромагнитной мощности, определяемой как произведение вычисленной путем суммирования фазных напряжений ЭДС на величину измеренного тока. Интегрирование производят в течение каждого полупериода основной гармоники фазного напряжения, при этом в начале каждого последующего периода времени результат интегрирования обнуляют.

Недостатком данного способа является сложность, обусловленная наличием большого числа операций: измерение высокопотенциальных токов и напряжений, вычисление произведений этих параметров; невысокое быстродействие из-за запаздывания, равного полупериоду выходного напряжения (время запаздывания может достигать 0,5-1 спри низких значениях частот и питания двигателя от преобразователя частоты) [1].

Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей. При работе многих механизмов, приводящихся во вращение асинхронными двигателями, в соответствии с технологическими требованиями возникает необходимость регулировать скорость вращения этих механизмов. При заданной нагрузке на валу частоту вращения ротора можно регулировать:

- изменением числа пар полюсов;
- путем включения в цепь ротора реостата;
- изменением направления вращения;
- изменением частоты источника питания.

Изменение числа пар полюсов. Двигатели (многоскоростные) имеют более сложную обмотку статора, позволяющую изменять ее число пар полюсов, и короткозамкнутый ротор. При работе асинхронного двигателя необходимо, чтобы обмотки ротора и статора имели одинаковое число пар полюсов. Только короткозамкнутый ротор способен автоматически приобрести то же число пар полюсов, что и поле статора. Многоскоростные двигатели нашли

широкое применение в приводе металлорежущих станков. Нашли применение двух, трех и четырех скоростные двигатели.

Этот способ позволяет получить ступенчатое изменение частоты вращения. Для этой цели отдельные катушки 1, 2 и 3, 4, составляющие одну фазу (рисунок 1), переключаются так, чтобы изменялось соответствующим образом направление тока в них (например, с последовательного согласного соединения на встречное).

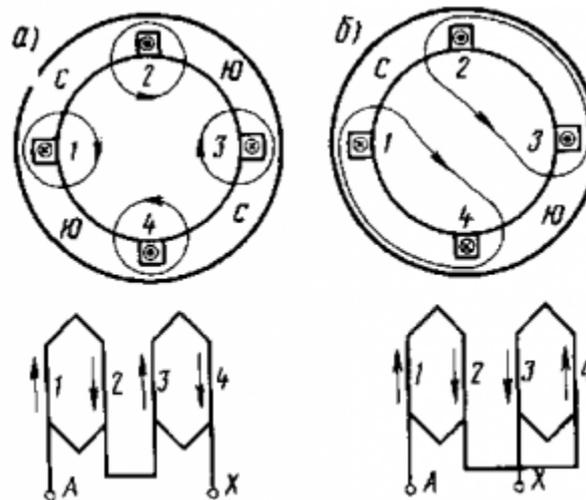


Рисунок 1 – Схема переключения катушек обмотки статора (одной фазы) для изменения числа полюсов: а — при четырех полюсах; б — при двух полюсах

При согласном включении катушек (рисунок 1, а) число полюсов равно четырем, при встречном включении (рисунок 2, б) — двум. Катушки двух других фаз, сдвинутые в пространстве на 120° , соединяются таким же образом. Такое же уменьшение числа полюсов можно осуществить при переключении катушек с последовательного на параллельное соединение. При изменении числа полюсов изменяется частота вращения n_1 магнитного поля двигателя, а следовательно, и частота вращения n его ротора. Если нужно иметь три или четыре частоты вращения n_1 , то на статоре располагают еще одну обмотку, при переключении которой можно получить еще две частоты. Существуют двигатели, которые обеспечивают изменение частоты вращения n_1 при постоянном наибольшем моменте или при приблизительно постоянной мощности (рисунок 2) [2].

В асинхронном двигателе число полюсов ротора должно быть равно числу полюсов статора. В короткозамкнутом роторе это условие выполняется автоматически и при переключении обмотки статора никаких изменений в обмотке ротора выполнять не требуется.

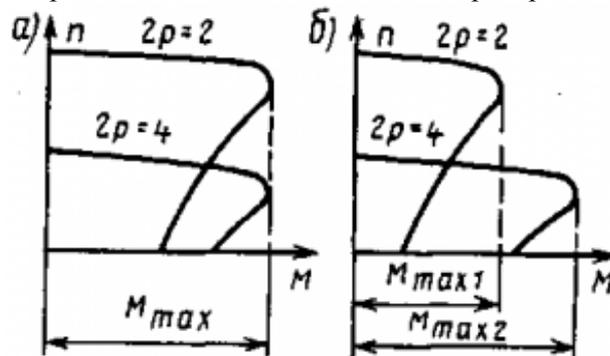


Рисунок 2 – Механические характеристики двухскоростных асинхронных двигателей с постоянным наибольшим моментом (а) и постоянной мощностью (б)

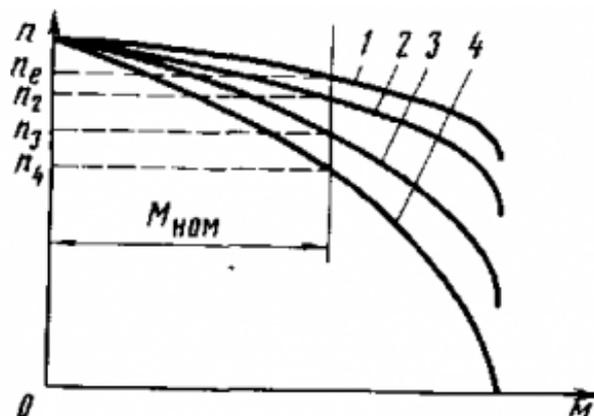


Рисунок 3 – Механические характеристики асинхронного двигателя при регулировании частоты вращения путем включения реостата в цепь обмотки ротора

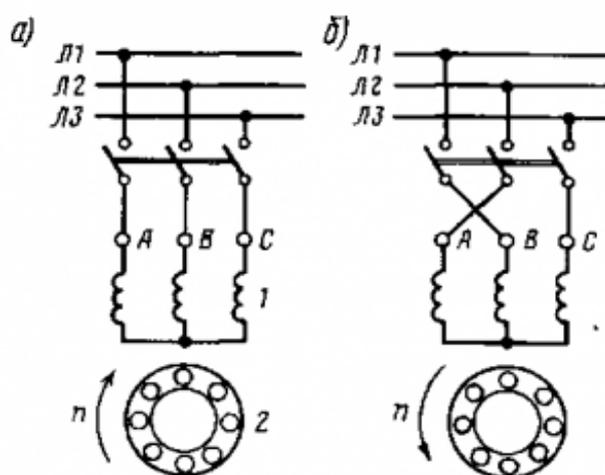


Рисунок 4 – Схемы подключения асинхронного двигателя к сети при изменении направления его вращения

В двигателе же с фазным ротором в этом случае надо было бы изменять число полюсов обмотки ротора, что сильно усложнило бы его конструкцию, поэтому такой способ регулирования частоты вращения используется только в двигателях с коротко-замкнутым ротором. Такие двигатели имеют большие габаритные размеры и массу по сравнению с двигателями общего применения, а следовательно, и большую стоимость. Кроме того, регулирование осуществляется большими ступенями; при частоте $f_1 = 50$ Гц частота вращения поля n_1 при переключениях изменяется в отношении 3000:1500:1000:750.

Регулирование путем включения в цепь ротора реостата. Этот способ используют в приводе тех механизмов, где установлены асинхронные двигатели с фазным ротором. Например, в приводе подъемно-транспортных машин. В цепь фазного ротора вводится регулировочный реостат. Увеличение активного сопротивления ротора не влияет на величину критического момента, но увеличивает критическое скольжение. При включении в цепь обмотки ротора реостата с различным сопротивлением ($R_{п4}$, $R_{п3}$, $R_{п2}$ и т. д.) получаем ряд реостатных механических характеристик 4, 3 и 2 двигателя. При этом некоторому нагрузочному моменту $M_{ном}$ (рисунок 3) будут соответствовать меньшие частоты вращения n_4 , n_3 , n_2 и т. д., чем частота n_e при работе двигателя на естественной характеристике 1 (при $R_{п} = 0$). Он позволяет плавно изменять частоту вращения в широких пределах. Недостатками его являются большие потери энергии в регулировочном реостате, поэтому его используют только при кратковременных режимах работы двигателя (при пуске и пр.).

Изменение направления вращения. Для изменения направления вращения двигателя нужно изменить направление вращения магнитного поля, создаваемого обмотками

статора. Это достигается изменением порядка чередования тока в фазах обмотки статора. Например, если максимумы токов поступают в фазы обмотки статора 1 (рисунок 4, а) в следующем порядке: фаза А – фаза В – фаза С, то ротор 2 двигателя будет вращаться по часовой стрелке. Если же подавать их в такой последовательности: фаза В – фаза А – фаза С, то ротор начнет вращаться против часовой стрелки. Для этой цели необходимо изменить схему соединения обмоток статора с сетью, переключив две любые фазы (провода). Например, зажим А обмотки статора, который ранее был соединен с линейным проводом Л1, нужно переключить на провод Л2, а зажим В этой обмотки, соединенный ранее с Л2, переключить на провод Л1 (рисунок 4,б). Такое переключение можно осуществить обычным переключателем [3].

Изменение частоты источника питания. В качестве таких источников питания в настоящее время начали находить применение преобразователи частоты (ПЧ), выполняемые на мощных полупроводниковых приборах – тиристорах. Для сохранения неизменным магнитного потока, т.е. для сохранения перегрузочной способности двигателя, необходимо вместе с частотой изменять и действующее значение подведенного напряжения.

Достоинства этого способа: плавное регулирование, возможность повышать и понижать частоту вращения, сохранение жесткости механических характеристик, экономичность.

Основной недостаток – требуется преобразователь частоты, т.е. дополнительные капитальные вложения [4].

Развитие науки и техники привело к тому, что регулирование электромагнитного момента и частоты вращения асинхронного двигателя стало вполне осуществимой задачей. Применение электронных устройств (тиристоров, транзисторов, частотных преобразователей) облегчило задачу регулирования характеристик асинхронного двигателя, но в тоже время усложнилась система регулирования двигателя, что привело удорожанию системы и применению дополнительных систем для стабильной работы электронных составляющих системы. Стоит отметить, что каждый вид регулирования применим только для определенных видов асинхронных двигателей, условий их применения и эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Потапов Л.А., Юферов Ф.М. Измерение вращающихся моментов и скоростей вращения микроэлектродвигателей / Л.А. Потапов, Ф.М. Юферов. – М.: Энергия, 1984. – 129 с.
- 2 Мельников В.Ю., Умурзакова А.Д. Косвенный метод контроля крутящего момента асинхронного электродвигателя // Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке: динамика развития в евразийском пространстве». – Павлодар, 2011. – 67 с.
- 3 Кравчик А. Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболенская Е.А. Асинхронные двигатели: Справочник. — М.: Энергоатомиздат, 1982. – 504 с.
- 4 Радин В.И., Брускин Д.Э., Зорохович А. Е. Электрические машины: Асинхронные машины : учебник для электромеханических специализированных вузов / Под ред. И.П.Копылов. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.

ТҮЙІН

Асинхронды қозғалтқыштар қарапайым, сенімді және кең таралған электр машиналары болып табылады. Олардың кемшіліктері математикалық сипаттама сызықсыздығына байланысты электромагниттік сәтті және айналу жылдамдығын басқарудың күрделілігін қамтиды. Осы мақалада асинхронды қозғалтқыштардың электромагниттік сәтті өлшеу және айналу жылдамдығын реттеу әдістері қарастырылған.

RESUME

Asynchronous motors are simple, reliable and most common electric machines. Their disadvantages include the complexity of torque control and the speed of rotation due to the nonlinearity of the mathematical description. Methods of measuring the electromagnetic moment and regulating the speed of an asynchronous motor are considered in this article.