

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Новиков Ю.В., к.т.н., доц., Куксевич В.Ф., ст. преп., Шарендо Н.А., маг.**

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Привода работают от источников постоянного и переменного тока с тиристорным преобразователем. Необходимо оптимальное сочетание параметров источника, чтобы обеспечить технологический минимум для различных значений напряжения якоря  $UЯ = -2UЯ...2UЯ$ , и электромеханических характеристик привода при различных значениях магнитного момента.

Ключевые слова: регулирование скорости, двигатель постоянного тока, тиристорный преобразователь, выпрямитель, управляющее устройство, электропривод, сеть переменного тока.

Регулирование скорости двигателя постоянного тока требует обеспечения специальных характеристик в статике и динамике, в настоящее время широко используется питание от тиристорного преобразователя. Он совмещает в себе функции выпрямителя и управляющего устройства, электропривод подключается к имеющейся сети переменного тока.

Регулирование напряжения преобразователя осуществляется изменением в проводящую часть периода угла открывания тиристоров  $\alpha$ , отсчитываемого от точки естественной коммутации. Средняя выпрямленная ЭДС в режиме непрерывных токов определяется и зависит от числа фаз и схемы преобразователя. На рисунке 1 представлена схема трехфазного преобразователя с нулевым выводом, питающего якорь двигателя постоянного тока.

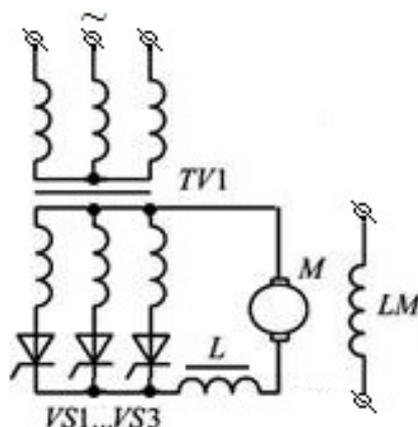


Рисунок 1 – Принципиальная схема силовой части системы тиристорный преобразователь – двигатель

Напряжение преобразователя  $U_d$  меньше ЭДС на падение напряжения на тиристорах  $\Delta U_T$ , активном и реактивном сопротивлении, обусловленном процессом коммутации:

$$U_d = E_d - \Delta U_T - I_d R_{\Sigma}.$$

Здесь  $I_d$  – среднее значение тока нагрузки;  $R_{\Sigma}$  – эквивалентное сопротивление преобразователя, зависящее от активного и реактивного сопротивлений трансформатора и значения  $m$  – кратности периода пульсаций выпрямленного напряжения по отношению к периоду напряжения сети.

При регулировании угла  $\alpha$  в пределах  $0 - \pi/2$ ,  $E_d$  изменяется от  $E_{d_{\max}}$  до нуля.

Механические характеристики в зоне непрерывных токов – параллельные друг другу прямые линии. Жесткость их в разомкнутой системе тиристорный преобразователь – двигатель ниже, чем у системы генератор - двигатель, так как падение напряжения на преобразователе относительно велико из-за процесса коммутации тиристоров и достаточно большого реактивного сопротивления обмоток трансформатора и ротора. При снижении тока нагрузки до малых значений наступает режим прерывистых токов, когда длительность протекания тока меньше периода пульсаций

Граничный ток, когда отсутствует перекрытие тиристоров при коммутации, но нет еще интервалов без тока, зависит от угла  $\alpha$ , значения  $m$ , а также индуктивности нагрузки питающего трансформатора.

Выявлено, что чем меньше индуктивность цепи нагрузки и больше угол, угловая скорость резко возрастает, поэтому  $\omega$  оказывается выше расчетной, найденной из условия линейности механических характеристик. На рисунке 2 показаны механические характеристики системы тиристорный преобразователь – двигатель в I и IV квадрантах в зонах непрерывного и прерывистого тока.

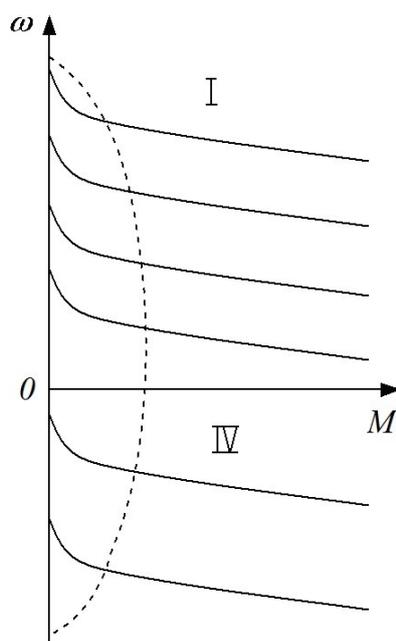


Рисунок 2 – Механические характеристики системы тиристорный преобразователь – двигатель при различных углах  $\alpha$

При  $\alpha = \pi/2$  среднее значение ЭДС  $E_d$  равно нулю, при вращении двигателя под действием активного статического момента (IV квадрант) ток через тиристоры проходит в том же направлении, а ЭДС двигателя лишь компенсирует падение напряжения в цепи: при этом имеет место режим динамического торможения. При работе в IV квадранте, когда  $\alpha < \pi/2$ , двигатель оказывается в режиме противовключения с потреблением энергии из сети. Возможен переход преобразователя в инверторный режим, когда тиристоры открыты в основном во время отрицательной полуволны питающего напряжения ( $\alpha > \pi/2$ ). В этом режиме источником энергии служит двигатель, а потребителем – сеть, двигатель работает в режиме генераторного торможения. Так как тиристорный преобразователь – источник с односторонней проводимостью, изменение направления потока энергии осуществляется не изменением направления тока, а изменением полярности напряжения. Последнее определяется тем, что среднее значение питающего напряжения при работе преобразователя инвертором меньше ЭДС двигателя.

В режиме инвертирования используются понятия угла опережения открывания вентилей. Во избежание опрокидывания инвертора следует соблюдать определенные условия. Угол, соответствующий времени восстановления запирающих свойств для тиристоров,  $\beta \sim 3^\circ$ .

Для предельно допустимых токов якоря и реальных параметров индуктивности

максимальное значение  $\alpha$  находится в пределах 15–18°, поэтому для тиристорного преобразователя  $\alpha_{\min} = \sim 20^\circ$ ;  $\alpha_{\max} = \sim 160^\circ$ . Таким образом, ЭДС двигателя, работающего в генераторном режиме, ограничивается значением 92–94 % максимальной ЭДС преобразователя  $E_{\max}$ . Это нужно учитывать при расчете максимальной скорости электропривода, когда работа осуществляется в IV квадранте.

Для изменения знака момента двигателя (реверс двигателя, работа во II и III квадрантах) необходимо изменить направление магнитного потока машины либо полярность на зажимах якоря. Первый способ, наиболее простой, нашел ограниченное применение вследствие большой электромагнитной постоянной времени обмотки возбуждения и усложнения процесса торможения. Он может быть использован в электроприводах механизмов с большой механической инерционностью.

#### Список использованных источников

1. Фаронов, В. В. Система программирования DELPHI / В. В. Фаронов. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.: ил.
2. Ильинский, Н. Ф. Основы электропривода / Н. Ф. Ильинский. – Москва : Издат. дом МЭИ, 2007. – 224 с.

УДК 621.762.274: 534-8

## **ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ТОКА НА ДИСПЕРСНОСТЬ ПОРОШКОВ МЕДИ, ПОЛУЧЕННЫХ СОНОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

*Шут В.Н., д.ф.-м.н., проф., Кузнецов А.А., д.т.н., проф.,  
Мозжаров С.Е., ст. преп., Куксевич В.Ф., ст. преп.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены условия проведения и результаты исследований влияния плотности тока на дисперсность порошков меди, полученных соноэлектрохимическим методом. Использование ультразвука при электрохимическом осаждении порошков металлов может быть признано одним из простых, экономичных и экологически безопасных способов синтеза ультрадисперсных материалов.

Ключевые слова: плотность тока, ультрадисперсные частицы, соноэлектрохимический метод, наноматериалы.

Нанотехнология – одна из наиболее перспективных и динамично развивающихся областей знаний. Применение наноматериалов в медицине и фармакологии является приоритетным направлением. Такие технологии трансформируют устоявшиеся научные дисциплины и позволяют создавать новые направления исследований.

Ультрадисперсные частицы обладают высокоразвитой активной поверхностью и, как следствие, высокой сорбционной емкостью. Благодаря своим размерам, сопоставимым с размерами клеток (10–100 мкм), вирусов (20–450 нм) и белков (5–50 нм), такие частицы могут приближаться к биообъекту, взаимодействовать и связываться с ним. Интерес к разработке методов синтеза и изучению свойств наночастиц меди обусловлен ее специфическими физическими и химическими свойствами, находящими применение в катализе, оптических, сенсорных и электронных устройствах. Кроме того, медь обладает бактерицидными и антимикробными свойствами, что позволяет использовать материалы на ее основе в медицине [1–3]. В связи с этим актуальной задачей является разработка и изучение закономерностей синтеза ультрадисперсных и наноразмерных медных и многокомпонентных порошков, а также исследование их физико-химических свойств и биологической активности. На сегодняшний день существует большое количество методов, позволяющих получить ультрадисперсные порошки металлов: химические, физические, механические. Несмотря на многообразие этих методов поиск простых, экономичных и экологически безопасных способов синтеза ультрадисперсных материалов остается актуальным. Использование ультразвука при электрохимическом осаждении порошков металлов может служить одним из возможных подходов к решению данной задачи [4]. Метод получил название – соноэлектрохимический. В настоящей работе приводятся