

Арсентьев Олег Васильевич,

к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: arsentjevov@mail.ru

Гончаренко Алёна Анатольевна,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
обучающаяся группы ЭЭ-23-1, e-mail: nastya.surova.98@bk.ru

Шаура Максим Петрович,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»
обучающийся группы ЭЭ-23-1, e-mail: nastya.surova.98@bk.ru

Гончаренко Роман Анатольевич,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
обучающийся группы ЭЭ-23-1, e-mail: ivanoff91@bk.ru

Иванов Иван Сергеевич,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
обучающийся группы ЭЭ-23-1, e-mail: ivanoff91@bk.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕАЛИЗАЦИИ НАГРУЗОЧНОГО МОМЕНТА ПРИ ИСПЫТАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Arsentiev O.V., Goncharenko A.A., Shaura M.P., Goncharenko R.A., Ivanov I.S.
**RESEARCH OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE IMPLEMENTATION
OF LOAD MOMENT DURING TESTING ELECTRIC MACHINES**

Аннотация. Рассмотрены основные способы испытания электрических машин. Определено, что традиционный способ реализации нагрузочного момента имеет существенные ограничения. Предложено использовать электромагнитный тормоз на основе гистерезисной машины. Такой способ организации нагрузочного момента является универсальным и может использоваться для испытания машин разной мощности и частоты вращения.

Ключевые слова: электрические машины, испытания, нагрузка, гистерезисный момент,

Abstract. The main methods of testing electrical machines are considered. It has been determined that the traditional method of implementing the load moment has significant limitations. It is proposed to use an electromagnetic brake based on a hysteresis machine. This method of organizing the load torque is universal and can be used to test machines of different power and rotation speed.

Keywords: electrical machines, testing, load, hysteresis moment.

Основой современного производства является электропривод, приводящий в движение различные механизмы для выполнения требуемых технологических операций. Электрические машины являются основным оборудованием для выработки механической мощности, выполняют основные функции в электроприводе. При этом основными способами получения рабочих, механически и регулировочных характеристик являются расчетный (алгоритм расчета и математическое моделирование) и экспериментальный, с использованием специального оборудования. Последний способ, экспериментальный, в ряде случаев является предпочтительным, т.к. позволяет получать характеристики для конкретного типа электрических машин, реализованных технически – в виде экспериментальных образцов и вариантов серийного исполнения.

В настоящее время применяется несколько способов реализации стендового оборудования для испытания электрических двигателей (ЭД).

1. Традиционный, основанный на применении электромеханических нагрузочных устройств, выполненных по принципу обратного преобразования механической энергии ЭД в электрическую энергию генератора. За счет изменения нагрузки генератора происходит контролируемое изменение механического момента на валу ЭД. Недостатком такого способа является ограничение функциональных возможностей, в частности по мощности и частоте вращения и организации испытаний конкретных типов ЭД. Преимущество – простота реализации, отсутствие дорогостоящего оборудования.

2. Перспективный, с применением специальных тормозных механизмов, систем измерения по тензометрическому принципу, систем охлаждения (при необходимости), блоков питания с параметрами стабилизации и регулирования. Для управления этим достаточно сложным комплексом применяется микропроцессорное оборудование. Обработка полученной экспериментальной информации осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения. Основным недостатком такого способа является отсутствие отечественных аналогов зарубежного оборудования. Как следствие, высокая стоимость и ограниченная доступность основных комплектующих. Преимуществом такого способа является его универсальность, позволяющее исследовать характеристики различных типов ЭД, значительно отличающихся по мощности и частоте вращения.

Первый способ широко известен и традиционно применяется при реализации экспериментальных испытаний ЭД применительно к решению разных задач, связанных с проветриванием и эксплуатацией электромеханического оборудования.

Второй способ менее распространен, т.к. разрабатывался зарубежными электротехническими компаниями для выполнения своих производственных процессов. При этом известно, что эти компании выпускают чрезвычайно широкий диапазон электромеханических изделий, отличающихся узкой специализацией.

В современных условиях для решения задач импортозамещения требуется изучить передовой мировой опыт разработчиков электротехнической продукции, определить пути реализации отечественных аналогов, по возможности с лучшими характеристиками. Рассмотрим наиболее интересную компоненту – тормозной механизм, реализованный на новых принципах.

Нагрузочные механизмы Magtrol поглощают энергию благодаря уникальной гистерезисной тормозной системе, которая обеспечивает бесконтактное нагружение независимо от частоты вращения. Гистерезисный тормоз создает момент благодаря двум основным компонентам – пластинчатому магнитопроводу статора с катушкой возбуждения и специальному вращающемуся ротору, состоящему из тормозного стакана и вала, которые соединены вместе, через воздушный зазор. При отсутствии напряжения на катушке возбуждения, тормозной стакан вращается свободно. После подачи напряжения на катушку, магнитодвижущая сила возбуждения создает магнитный поток, протекающий по магнитопро-

воду статора, воздушный зазор заполняются магнитным потоком, ротор удерживается магнитным полем, обеспечивая тормозное действие между ротором и магнитной системой статора. В электрической схеме гистерезисного тормоза настройка и регулировка крутящего момента обеспечивается изменением магнитного поля катушки. Это позволяет полностью контролировать крутящий момент путем регулирования постоянного тока, подаваемого на катушку. Момент, создаваемый тормозом, пропорционален току, протекающему через магнитную катушку. Полярность тока не влияет на работу тормоза. На рисунке 1 представлен общий вид гистерезисного тормоза ВНВ [1].

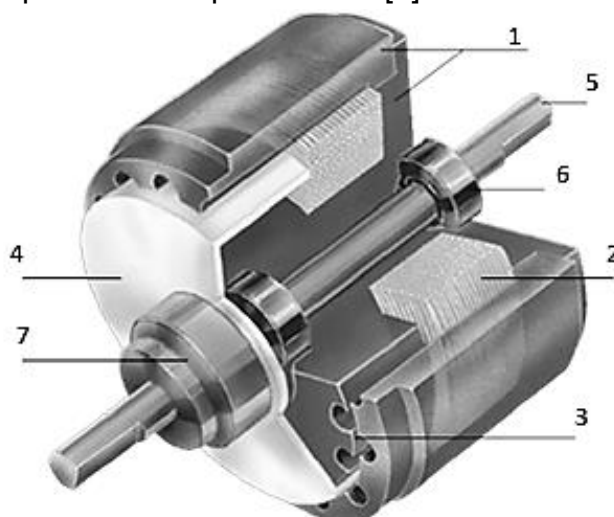


Рисунок 1 - Гистерезисный тормоз ВНВ

1 – магнитная система возбуждения статора; 2 – катушка возбуждения статора;
 3 – воздушный зазор; 4 – тормозной стакан ротора; 5 – вал;
 6 – подшипник; 7 – подшипниковый щит.

Рассмотрим создание гистерезисного момента на примере электродвигателя. Гистерезисный двигатель имеет статор с трехфазной или однофазной обмоткой и ротор, представляющий собой цилиндр без обмотки, выполненный из магнитотвердого материала с широкой петлей гистерезиса. При подключении обмотки статора к сети возникает вращающееся магнитное поле, которое наводит в массивном роторе вихревые токи. Взаимодействие этих токов с полем статора создает на роторе вращающий момент M_B , величина которого зависит от скольжения (s). Наибольшего значения момент достигает при неподвижном роторе ($s = 1$). По мере увеличения частоты вращения (уменьшение скольжения) момент уменьшается.

При вращении внешнего поля происходит перемагничивание ротора. При этом элементарные магнитики как бы поворачиваются вслед за внешним полем. Но так как ротор выполнен из магнитотвердого материала, то вследствие магнитного запаздывания ориентировка элементарных магнитиков несколько отстает от вращения внешнего поля. Поэтому поле ротора оказывается повернутым относительно внешнего поля на угол θ . Величина момента зависит от вели-

чины угла θ , который определяется материалом ротора: чем шире петля гистерезиса магнитного материала ротора, тем больше величина гистерезисного момента. Например, применение магнитотвердого материала типа викаллоу с широкой петлей гистерезиса дает возможность получить большой гистерезисный момент.

Вращающий момент гистерезисного двигателя можно рассматривать как сумму двух моментов: момента от вихревых токов M_B и гистерезисного момента M_G :

$$M = M_B + M_G = \frac{s \cdot P_{BK}}{\omega_1} + \frac{P_{ГК}}{\omega_1}.$$

Очевидно, что оба момента пропорциональны потерям на вихревые токи P_{BK} и перемагничивание $P_{ГК}$, полученные при $s = 1$. Гистерезисный момент не зависит от скольжения. В синхронном режиме ($s = 0$) момент от вихревых токов отсутствует.

Из рассмотренной конструкции гистерезисного тормоза можно понять, что основной магнитный поток создается цилиндрической катушкой, размещенной на сердечнике статора. Этот поток изменяется только по величине, амплитуде, по фазе он остается постоянным. Основной вывод – вращающегося магнитного поля нет, скольжение отсутствует, в тормозном режиме действует только гистерезисный момент. Сердечники статора и ротора имеют зубцы для концентрации магнитного потока, лучшего сцепления магнитных полей статора и ротора, повышения гистерезисного момента торможения. Энергия торможения выделяется в виде тепловых потерь в тормозном стакане ротора, выполненном из магнитотвердого материала. Это подтверждается рекомендациями изготовителей нагрузочных механизмов по использованию эффективных систем воздушного охлаждения, которые так же разработаны и предлагаются для повышения допустимого тормозного момента.

Следует отметить, что нагрузочный механизм без системы измерения момента практически бесполезен. В настоящее время ряд зарубежных производителей такие измерительные системы с программным обеспечением по фиксации и обработке экспериментальной информации предлагают заказчикам и осуществляют системную адаптацию.

Предложенная конструкция нагрузочного механизма безусловно является интересной и может найти широкое применение в отечественной электротехнической промышленности, т.к. основным ее свойством является универсальность, способность проводить экспериментальные исследования разных типов вращающихся машин и механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс компании Промтекс. - Текст : электронный <https://www.prom-tex.org/catalog/ispitatelnye-stendy/motory-i-dvigateli/stendispytaniya-dvigatelya-s-postoyannymi-magnitami-na-moment-zalipaniya/> (Дата обращения 20.04.2024 г.).