

**УЛУЧШЕННЫЙ НАБЛЮДАТЕЛЬ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА
АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

*Г.С. Леневский, к.т.н., доц.,
А.С. Третьяков,
О.А. Капитонов*

*Белорусско-Российский университет, 212000 Республика Беларусь, г. Могилев,
проспект Мира, 43
тел. +375297411983
E-mail: loggie121@gmail.com*

В настоящее время идет непрерывное развитие цифровых силовых преобразователей напряжения и систем управления. Обработывая информацию, непрерывно поступающую с датчиков, по заранее заложенным алгоритмам, или адаптивным схемам идет выработка управляющего воздействия для поддержания технологического процесса.

Информация, поступающая в систему управления технологическим процессом, не всегда может быть получена явно. Часть необходимых системе управления величин можно получить только косвенно, без прямого измерения. Одним из примеров может служить работа преобразователей частоты в замкнутой по скорости системе управления при поддержании скорости вращения на постоянном уровне, без использования датчика скорости. Данная задача может решаться с помощью алгоритма (модели), носящего название наблюдатель состояния.

Наблюдатель состояния – это модель, подключенная параллельно к объекту управления и получающая непрерывную информацию об изменениях регулирующего воздействия и регулирующей величины.

Существует большое количество разновидностей наблюдателей состояния, объединенных наличием электромагнитной модели асинхронного электродвигателя, лежащей в их основе. Для точной работы наблюдателей крайне важно знать точные значения активных и реактивных сопротивлений Т- или Г-образной схемы замещения асинхронного электродвигателя. Для решения этой задачи есть другой класс моделей – идентификаторы параметров схемы замещения.

Идентификатор параметров схемы замещения – это алгоритм, который на основе специально сформированного сигнала напряжения, поданного на одну из фаз асинхронного электродвигателя, достаточно быстро и точно определяет параметры схемы замещения.

Основной недостаток таких алгоритмов – это использование постоянных по величине параметров схемы замещения, что на самом деле не так. Цель работы – разработка электромагнитной модели, учитывающей: зависимость активных и индуктивных сопротивлений схемы замещения асинхронного электродвигателя от скольжения; потери в стали; эффект вытеснения тока ротора.

В ходе выполнения работ был проведен анализ описанных в существующих литературных источниках математических моделей асинхронного электродвигателя. Рассмотрены варианты трехфазных моделей в косоугольной системе координат А, В, С, двухфазных моделей в осях α - β и α - β , d-q. Установлено, что: использование трехфазных моделей является избыточным для поставленных задач; двухфазная модель в осях α - β не позволяет получить действительную, зависящую от скольжения частоту тока ротора, и, следовательно, реализовать изменение активного и индуктивного сопротивлений ротора при изменении частоты тока ротора. Для дальнейших исследований была выбрана двухфазная модель в осях α - β , d-q [1]. В известную из литературных источников структурную схему, реализующую такую модель, были добавлены: передаточная функция, связывающая напряжение на цепи намагничивания и потокосцепление намагничивания; передаточная функция, связывающая ЭДС роторной цепи и ток ротора. Разработаны методики синтеза

данных передаточных функций. Передаточная функция, связывающая напряжение на цепи намагничивания и потокосцепление намагничивания, обеспечивает учет потерь в магнитопроводе статора электродвигателя. Передаточная функция, связывающая ЭДС роторной цепи и ток ротора обеспечивает учет эффекта вытеснения тока в стержневой обмотке ротора.

Для решения задачи идентификации параметров схемы замещения электродвигателя был выбран идентификатор, разработанный Приступой Д.Л [2]. Данный идентификатор был доработан: разработан алгоритм расчета настроечных коэффициентов на основе регрессионной модели; внедрен алгоритм предварительной (грубой) оценки параметров схемы замещения; доработана электромагнитная модель асинхронного электродвигателя с учетом вышеназванных эффектов; вся система уравнений записана в форме разностных уравнений, что позволяет реализовать данный алгоритм на микроконтроллерах типа STM32.

Для оценки скорости вращения электродвигателя был выбран адаптивный наблюдатель скорости Х. Куботы [3].

В результате проведенных исследований было установлено, что данный наблюдатель скорости не обеспечивает достаточную точность вычисления скорости при работе с реальным асинхронным электродвигателем низкой мощности при значениях скольжения выше критического. Причина неточности связана с тем, что наблюдатель содержит идеализированную модель электродвигателя, составленную без учета эффекта вытеснения тока в стержневой обмотке ротора электродвигателя и без учета наличия потерь энергии в магнитопроводе статора.

Для повышения точности работы наблюдателя в его внутреннюю модель электродвигателя был добавлен алгоритм, изменяющий значение активного сопротивления и индуктивности рассеивания роторной цепи в зависимости от текущей скорости вращения электродвигателя, для учета влияния эффекта вытеснения тока в стержневой обмотке ротора на параметры роторной цепи.

Было предложено два варианта реализации зависимостей сопротивления и индуктивности рассеивания роторной цепи от скорости вращения: линейная зависимость, при которой сопротивление и индуктивность рассеивания линейно изменяются от значений пускового режима (при неподвижном роторе) до номинальных значений; нелинейная зависимость, для построения которой необходимо произвести расчет либо идентификацию величин сопротивления и индуктивности рассеивания для ряда значений скорости вращения электродвигателя.

В результате исследований было установлено, что вариант реализации с линейной зависимостью повышает точность работы наблюдателя до 50%, но погрешность вычисления скорости остается значительной. Вариант реализации с нелинейной зависимостью позволяет получить высокую точность вычисления скорости при условии достаточно точной предварительной идентификации или расчета зависимостей сопротивления и индуктивности рассеивания роторной цепи от скорости вращения.

Список литературы:

1. Третьяков, А. С. Разработка уточненной электромагнитной модели асинхронного электродвигателя / А. С. Третьяков, О. А. Капитонов, Г.С. Ленецкий // Вестн. Бел. - Рос. ун-та. – 2018. – № 4. – С. 69-77.
2. Peresada S, Kovbasa S, Prystupa D. Adaptive observers for self-commissioning of induction motor drives: Theory and experiment // IEEE International Conference on Intelligent Energy and Power Systems. – 2014. – С.240-245.
3. Kubota, H. Speed sensorless field-oriented control of induction motor with rotor resistance adaptation // IEEE Transactions on Industry Applications. – 1994. – С.1219-1224.