

УДК 621.313.13

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ПОВЕРХНОСТИ НАМАГНИЧИВАНИЯ ВЕНТИЛЬНО – ИНДУКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Яременко А.М. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Демидова Г.Л.  
(ИТМО)

**Введение.** Последние несколько лет вентильно – индукторные электрические машины рассматриваются учеными как один из перспективных видов преобразователей электромеханической энергии. Среди таких машин наибольшее обсуждение вызывает вентильно – индукторный двигатель (ВИД). Хотя данный тип двигателей не является новым, их коммерческие версии начали появляться сравнительно не так давно. В частности, ВИД рассматривается как перспективный кандидат для тягового привода, благодаря ряду преимуществ: простота конструкции, отсутствие магнитов и обмоток на роторе, стоимость, высокая скорость работы и отказоустойчивость [1]. Однако пульсации момента и сложность управления накладывают ограничения на применение ВИД. Для моделирования и управления таким двигателем часто прибегают к способам, которые используют поверхность (карту) намагничивания. Для идентификации карты намагничивания проводится исследование методов с целью дальнейшего проведения эксперимента. Выбор методики определяет дальнейшую трудоемкость и ресурсы, необходимые для проведения опыта.

**Основная часть.** Для идентификации карты намагничивания пользуются двумя методами, разделенными по принципу работы: онлайн и оффлайн.

Онлайн – параметры карты намагничивания двигателя определяются непосредственно во время обычного режима работы ВИД. Такие методы основаны на нечеткой логике, нейронных сетях, онлайн реконструкции и Black-box методике. Метод, основанный на нечеткой логике применяется в нелинейных системах с трудоемкой идентификацией и построен на лингвистических правилах, которые устанавливает опытный эксперт [2]. В то же время для нейронных сетей эксперту не требуется формулировать набор лингвистических переменных, достаточно, чтобы он настроил параметры. Нейронные сети обладают хорошей аппроксимирующей способностью и быстрой скоростью сходимости [3]. Метод онлайн реконструкции, предложенный в [4] основан на использовании базы данных и языка SQL, благодаря чему является автоматическим и может быть использован в качестве основы для синтеза формы тока. Последний метод, рассматриваемый в [5] определяет объект идентификации как «черный ящик», связь между входом и выходом которого должна быть получена только из измеренных данных. Такой метод ценен для систем, в которых внутренние процессы очень сложны и требуют много времени для определения. Однако, в своей работе автор осуществляет построение модели с одним входом и одним выходом. Практически у всех онлайн методов есть один общий недостаток – требуется наличие предварительных данных для обучения, тренировки или валидации.

Оффлайн – данные методы основываются на получении карты намагничивания с помощью специальной испытательной оснастки. Метод, предложенный в [6] основывается на использовании дополнительной электрической цепи и измерении основан на измерении изменения потока в проверяемой катушке при изменении тока от одного значения к другому. Данный метод считается устаревшим и практически не используется, поскольку два других метода используют более простую оснастку и измерительное оборудование. Метод построения карты намагничивания с искусственно заторможенным ротором ВИД [7] основывается на блокировке положения ротора в любом желаемом положении, последующей подачей напряжения и снятия характеристик токов и напряжений. При этом методе не требуется управлять ВИД во время измерений. Метод, описанный в [8], является методом косвенного измерения через известную моментную характеристику. Данный способ базируется на измерении момента двигателя с помощью динамометра.

**Выводы.** Учитывая требование онлайн методов на наличие тренировочных данных, для синтеза карты намагничивания используется оффлайн метод построения карты с искусственно заторможенным ротором. Данный метод позволяет обойтись без управления двигателем и осуществить снятие характеристик тока и напряжения для дальнейшего расчета потокосцепления, что позволит построить модель максимально приближенную к реальному объекту. Кроме того, снятые параметры могут быть использованы для тренировки и проверки работы онлайн методов.

**Список использованных источников:**

1. Zabih, N., & Gouws, R. (2016, June). A review on switched reluctance machines for electric vehicles. In 2016 IEEE 25th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE) (pp. 799-804). IEEE.
2. Cheok, A.—Ertugrul, N.: High Robustness and Reliability of Fuzzy Logic Based Position Estimation for Sensorless Switched Reluctance Motor Drives, IEEE Transactions on Power Electronics 15 (2000), 319–334.
3. Mese, E.—Torrey, D. A.: An Approach for Sensorless Position Estimation for Switched Reluctance Motors using Artificial Neural Networks, IEEE Transactions on Power Electronics 17 (2002), 66–75
4. A. Aamoud, A. Naitali and A. Hammouch, "Online characterization of switched reluctance motors," 2016 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT), Tangiers, Morocco, 2016, pp. 441-446, doi: 10.1109/EITech.2016.7519638.
5. M. R. Wahid, E. Joelianto and N. A. Azis, "System Identification of Switched Reluctance Motor (SRM) Using Black Box Method for Electric Vehicle Speed Control System," 2019 6th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT), Bali, Indonesia, 2019, pp. 208-212, doi: 10.1109/ICEVT48285.2019.8994020.
6. J. C. Prescott, A. K. El-Kharashi, A Method of Measuring SelfInductances Applicable to Large Electrical Machines, The Institution of Electrical Engineers, Paper No. 2871, Apr. 1959.
7. P. Chancharoensook and M. F. Rahman, "Magnetization and static torque characterization of a four-phase switched reluctance motor: experimental investigations," 4th IEEE International Conference on Power Electronics and Drive Systems. IEEE PEDS 2001 - Indonesia. Proceedings (Cat. No.01TH8594), Denpasar, Indonesia, 2001, pp. 456-460 vol.2, doi: 10.1109/PEDS.2001.975359.
8. C. Cossar and T. J. E. Miller, "Electromagnetic testing of switched reluctance motors", Proceeding of International Conference on Electrical Machines Manchester, pp. 470-494, 1992.