

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА БЕССЕНСОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ
СИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В УСЛОВИЯХ ШУМОВ В ИЗМЕРЕНИЯХ**

М.В. Ляховский¹, Р. Шахин¹

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Базылев Д.Н. ¹

Университет ИТМО

raneem.a.shaheen@gmail.com

Введение

Векторное управление синхронными двигателями требует информации о положении ротора для выполнения преобразований Парка [1–3]. Установка датчиков затруднена в ряде технических систем, в связи с чем применяются бессенсорные технологии, упрощающие конструкцию и повышающие надежность [4, 5]. Стандартные методы бессенсорного управления требуют точного знания параметров двигателя, которые часто недостоверны из-за износа или условий эксплуатации. Для решения этой проблемы предложены наблюдатели с идентификацией параметров [6, 7], однако большинство алгоритмов требуют выполнения условия незатухающего возбуждения [8]. Применение метода динамического расширения регрессора (DREM) позволяет ослабить это требование [9]. Наряду с параметрической неопределенностью на точность оценки влияют шумы в измерениях. Постоянные смещения в измерениях тока вызывают пульсации момента [10]. В данной работе предлагается алгоритм бессенсорного управления на основе адаптивного наблюдателя с идентификацией неизвестных параметров и смещений в измерениях тока за конечное время без требования точного знания всех параметров двигателя.

Основная часть

Для решения задачи синтеза наблюдателя в условиях параметрической неопределенности и наличия постоянных смещений в измерительных каналах разработана специальная параметризация математической модели синхронного двигателя с постоянными магнитами. Предложенная параметризация позволяет свести исходную нелинейную динамическую систему к линейной регрессионной модели. Полученная модель связывает доступные измерения (токи и напряжения статора) с набором неизвестных параметров, включающих величины постоянных смещений в измерениях. Применение динамической фильтрации к исходным сигналам обеспечивает формирование регрессора, необходимого для дальнейшей идентификации.

Для оценки неизвестных параметров, входящих в регрессионную модель, используется алгоритм динамического расширения и смешивания регрессора. Данный подход позволяет отказаться от жесткого требования выполнения условия незатухающего возбуждения, заменив его более мягким условием неквадратичной интегрируемости сигналов. Предложена модификация подхода позволяющая гарантировать сходимость оценок неизвестных параметров и постоянных смещений не асимптотически, а за конечное время.

Сформированные оценки параметров используются в адаптивном наблюдателе для восстановления ненаблюдаемых переменных состояния: углового положения ротора, его скорости и общего магнитного потока. Полученные достоверные оценки положения и скорости интегрируются в классическую схему векторного управления, обеспечивая выполнение прямого и обратного преобразований Парка без использования механических датчиков. Эффективность разработанного подхода подтверждена результатами компьютерного моделирования для типового сценария работы электропривода с отработкой неизвестного нагрузочного момента.

Выводы

В рамках данного исследования был разработан алгоритм бессенсорного управления синхронным двигателем и предложен адаптивный наблюдатель, обеспечивающий оценку

переменных состояния в условиях параметрической неопределенности и наличия постоянных смещений в измерениях тока статора. Применение метода динамического расширения и смешивания регрессора позволило гарантировать сходимость оценок неизвестных параметров и компенсацию измерительных шумов. Полученные оценки положения и скорости ротора успешно интегрированы в схему векторного управления, что подтверждено результатами моделирования при действии неизвестного нагрузочного момента. Предложенный подход обеспечивает повышение надежности и точности систем электропривода за счет исключения механических датчиков и парирования постоянных смещений в измерительных каналах.

Литература

1. Nam K.H. AC motor control and electrical vehicle applications. CRC press, 2018.
2. Chiasson J. Modeling and High Performance Control of AC Drives. Wiley, 2005.
3. Krause P.C. Analysis of electric machinery. NY, McGraw Hill, 1986.
4. Verrelli C.M., Tomei P., Lorenzani E., Migliazza G., Immovilli F. Control Engineering Practice, 2017, vol. 60, pp. 157–170.
5. Xiao D., Rahman M. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2013, no. 4(9), pp. 1855–1867.
6. Yu Y., Huang X., Li Z., Wu M., Shi T., Cao Y., Yang G., Niu F. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2022, no. 5(69), pp. 4376–4386.
7. Liu K., Zhu Z.Q. IEEE Transactions on Industry Applications, 2015, no. 4(51), pp. 3115–3125.
8. Bobtsov A.A., Pyrkin A.A., Ortega R., Vukosavic S.N., Stankovic A.M., Panteley E.V. Automatica, 2015, vol. 61, pp. 47–54.
9. Aranovskiy S., Bobtsov A., Ortega R., Pyrkin A. IEEE Transactions on Automatic Control, 2017, no. 7(62), pp. 3546–3550.
10. Liu J., Li H., Deng Y. IEEE Transactions on Power Electronics, 2018, no. 4(33), pp. 3655–3671.
11. Pyrkin A., Vedyakov A., Bobtsov A., Bazylev D., Sinetova M., Ovcharov A., Antipov V. IFAC-PapersOnLine, 2020, no. 2(53), pp. 1652–1657.

Автор _____ Шахин Р.

Научный руководитель _____ Базылев Д.Н.