

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЙ И ПОСТОЯННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.

Беспалов В. В. (Университет ИТМО)

**Научный руководитель – к. т. н., Ведяков А.А.**

(Национальный исследовательский университет ИТМО,

г. Санкт-Петербург)

В работе рассматривается метод оценивания переменных состояний и постоянных параметров синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) при наличии помех измерения сигналов силы тока и напряжений с целью синтеза бездатчикового управления.

**Введение.** Под бездатчиковым управлением подразумеваются такие методы, при реализации которых в качестве измеряемых сигналов не используются регулируемые величины. Например, при управлении скоростью СДПМ используются только сигналы силы токов и напряжений. Остальные величины, необходимые для синтеза контура управления (например, величину магнитного потока, текущее положение ротора), могут быть восстановлены с помощью наблюдателей переменных состояний и оценивания параметров. Однако, как хорошо известно измерения обычно содержат помехи, что приводит к падению точности оценивания требуемых величин, что отрицательно сказывается на точности управления. Предлагается использовать наблюдатель на основе фильтра Калмана [1] с эффектом забывания и последующую модификацию, обеспечивающую сходимость ошибки оценивания в ограниченную область за конечное время, что позволяет повысить робастность к помехам измерения в сравнении с методом оценивания на основе градиентного спуска [2].

**Основная часть.** Основная идея рассматриваемого метода основывается на использовании адаптивного наблюдателя, реализованного с помощью динамического расширения и смешивания регрессора (ДРСР) [3]. Данный метод синтеза наблюдателя применим к нелинейным динамическим системам, сводимым к каскадным формам, какой и является модель СДПМ [4]. С помощью параметризации и замены координат, связанных с вектором состояний и линейно зависящей от вектора неизвестных параметров, модель двигателя сводится к линейной регрессии. Следуя шагам расширения и смешивания регрессора, полученная регрессионная модель преобразуется к системе скалярных регрессионных уравнений. После этого становится возможным производить оценивание требуемых постоянных параметров и синтезировать наблюдатель для положения и скорости ротора для использования в векторном законе управления [5]. Для уменьшения влияния помех измерений наблюдатель строится на основе фильтра Калмана с эффектом забывания, а для оценивания постоянных параметров – метод наименьших квадратов, реализованный для работы в режиме онлайн. После этого, была применена модификация, обеспечивающая ограниченную ошибку оценивания, достигаемую за конечное время.

**Выводы.** Реализован адаптивный наблюдатель переменных состояний и неизвестных параметров с робастным свойством к помехам для синтеза бездатчикового управления СДПМ.

### Список использованных источников:

1. Lewis, F.L., Xie, L., & Popa, D. (2017). Optimal and Robust Estimation: With an Introduction to Stochastic Control Theory, Second Edition (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315221656>

2. Гасников, А. В. Современные численные методы оптимизации. Метод универсального градиентного спуска: учебное пособие / А. В. Гасников. –МФТИ, 2018. – 291 с. – Изд. 2-е, доп. ISBN 978-5-7417-0667-1
3. Anton Pyrkin, Alexey Bobtsov, Romeo Ortega, Alexey Vedyakov, Stanislav Aranovskiy, Adaptive state observers using dynamic regressor extension and mixing, Systems & Control Letters, Volume 133, 2019, 104519, ISSN 0167-6911
4. Nam, K.H. (2018). AC Motor Control and Electrical Vehicle Applications (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315200149>
5. Leonhard, W., Control of Electrical Drives, 2012

Беспалов В. В. (автор)

Подпись

Ведяков А. А. (научный руководитель)

Подпись