

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология электрической сварки плавлением. Думов С.И. Третье издание переработанное и дополненное 1987.
2. Макара А.М., Назарчук А.Т., Гордонный В.Г., Дибец А.Т. // Способ дуговой сварки плавлением с использованием в качестве источника сварочного нагрева электрической дуги. Бюллетень №12.30.03.75 // ЦНИИПИ Государственного комитета Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий.
3. Смирнов И.В. Пространственно – параметрическое управление тепловложением при дуговой сварке. Сварка и диагностика. 2013. №4.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТУРОВ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЛИФТОВОЙ ЛЕБЕДКИ НА БАЗЕ ТИХОХОДНОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

А.И. Власов, Ю.Н. Деметьев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, Томск

В статье рассматривается оптимизация контуров регулирования частотно-управляемого электропривода лифтовой лебедки на базе тихоходного синхронного двигателя с постоянными магнитами с целью анализа влияния нелинейностей на качество работы системы. Проведены исследования работы оптимизированных контуров при использовании в имитационной модели ШИМ управления и дискретностях в обратных связях.

Введение

Расширяющиеся потребности общества требуют непрерывного совершенствования средств внутреннего транспорта зданий и сооружений в соответствии с современными научно-техническими достижениями. К таким потребностям относится энергосбережение, повышение точности работы, повышение плавности, и как следствие повышение комфортабельности. Одним из таких современных научно-технических достижений является переход на использование тихоходного синхронного двигателя с постоянными магнитами в качестве без редукторного электропривода лифтовой лебедки. Применение таких приводов позволяет достичь существенного энергосбережения, улучшить динамические показатели качества электропривода и увеличить срок службы лебедки в целом.

Оптимизация контуров регулирования электропривода лифтовой лебедки

В качестве объекта регулирования была выбрана лифтовая лебедка на базе одиннадцати полюсного синхронного двигателя.

Для синтеза регуляторов необходимо использовать модель двигателя во вращающейся системе координат, так как она позволяет увидеть контуры регулирования, а также понять общую структуру модели и проанализировать влияние перекрестных обратных связей.

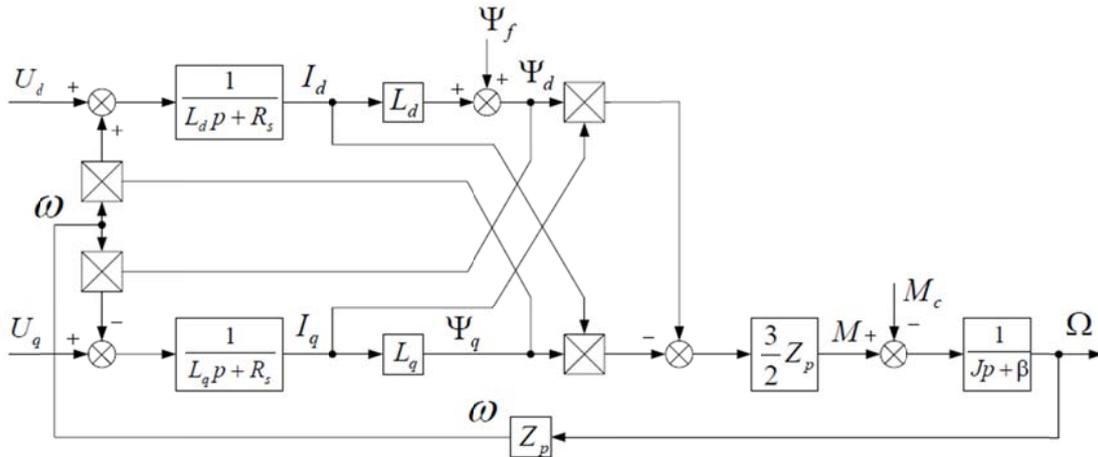


Рис. 1. Упрощенная структурная схема СДПМ во вращающейся системе координат

Обоснование выбора функциональной схемы электропривода

Для реализации системы векторного управления на основе СДПМ, в отличие от АМ, нет необходимости поддерживать постоянное потокосцепление, так как поток создается постоянными магнитами. Таким образом, итоговая функциональная схема имеет вид:

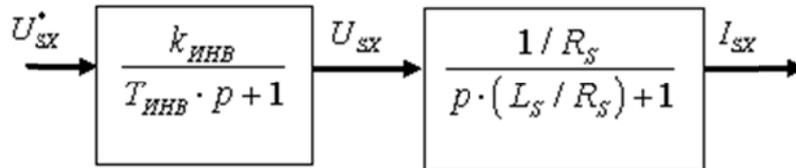


Рис. 2. Структурная схема канала d

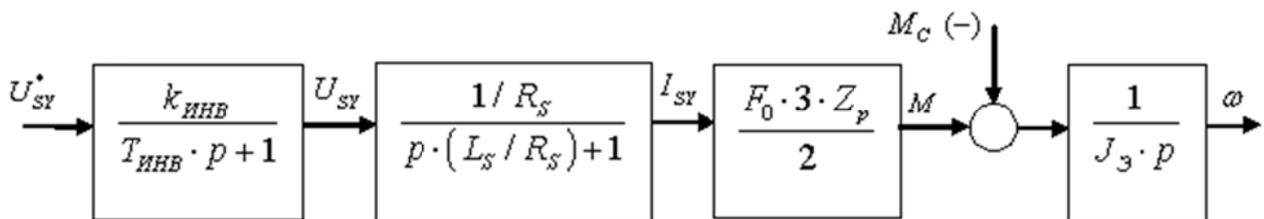


Рис. 3. Структурная схема канала q

Оптимизация контура тока

Настройка контуров тока осуществляется на модульный оптимум, так как такая настройка обеспечивает наибольшее быстродействие при небольшом перерегулировании и большую полосу пропускания.

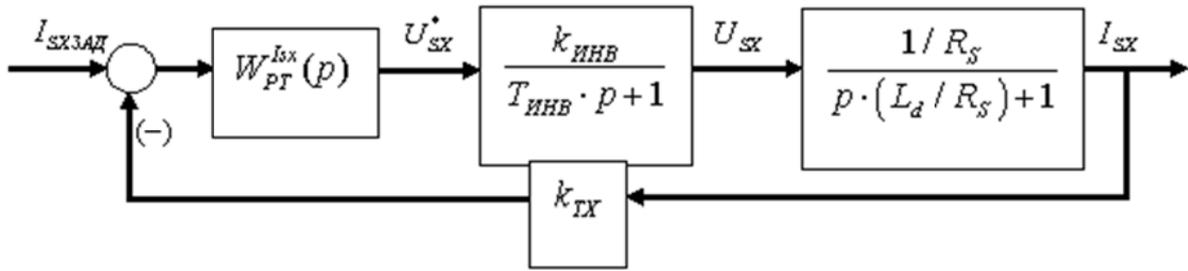


Рис. 4. Структурная схема контура тока I_{SX}

Передаточная функция разомкнутого контура, оптимизированного на МО имеет вид:

$$W_p(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{\mu} p \cdot (T_{\mu} p + 1)};$$

Из этого условия в качестве регулятора выберем ПИ-регулятор:

$$W_{PT}^{I_{SX}}(p) = k_{PEГ}^{I_{SX}} \cdot \frac{p \cdot (T_{ИРЕГ}^{I_{SX}}) + 1}{p \cdot (T_{ИРЕГ}^{I_{SX}})};$$

$$T_{\mu T} = T_{ИНВ};$$

$$k_{TX} = 1;$$

$$k_{PEГ}^{I_{SX}} = \frac{L_d}{2 \cdot T_{\mu T} \cdot k_{ИНВ} \cdot k_{TX}};$$

$$T_{ИРЕГ}^{I_{SX}} = L_d / R_S;$$

Контур тока I_{sy} имеет абсолютно такие же параметры и характеристики.

Оптимизация контура скорости

Контур скорости, в отличие от контура тока, не требует высокого быстродействия, поэтому целесообразнее производить настройку этого контура на симметричный оптимум. Кроме того, СО позволит получить нулевую ошибку по возмущению.

Передаточная функция разомкнутого контура, оптимизированного на СО, имеет вид:

$$W_p(p) = \frac{4 \cdot T_{\mu} p + 1}{8 \cdot T_{\mu}^2 p^2 \cdot (T_{\mu} p + 1)};$$

Из этого условия в качестве регулятора выберем ПИ-регулятор:

$$W_{PC}^{or}(p) = k_{PEГ}^{or} \cdot \frac{p \cdot (T_{ИРЕГ}^{or}) + 1}{p \cdot (T_{ИРЕГ}^{or})};$$

В модели двигателя присутствуют перекрестные обратные связи между контурами потокосцепления и скорости. В случае близких быстродействий этих контуров обратные связи привнесут возмущающие воздействия, которые контура не будут успевать обработать, а значит, появятся колебания. Чтобы их развязать, намеренно занижим быстродействие контура скорости.

$$T_{\mu C} = 32 T_{\mu T};$$

$$k_{or} = 1;$$

$$k_{PEГ}^{or} = \frac{J_{ДВ} \cdot k_{ТХ}}{3 \cdot 4 \cdot 32^2 \cdot T_{\mu T} \cdot F_0 \cdot Z_P \cdot k_{or}};$$

$$T_{ИПЕГ}^{or} = 98 \cdot T_{\mu T};$$

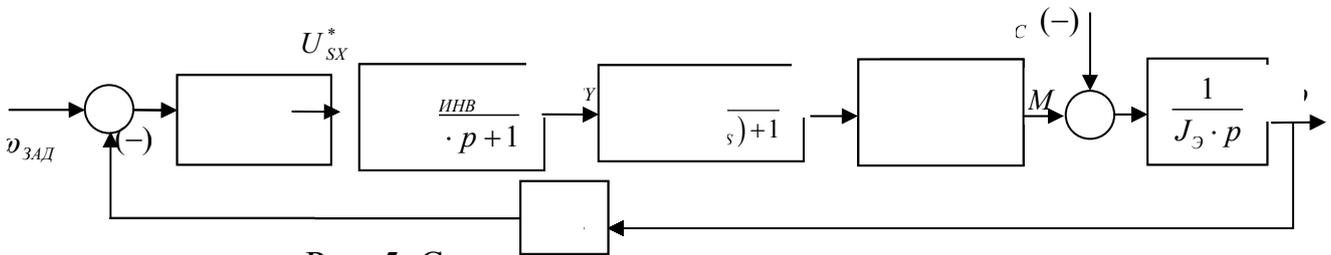


Рис. 5. Структурная схема контура скорости

Разработка имитационных моделей ЭП

По структурным схемам настроенных контуров построим имитационную модель системы управления:

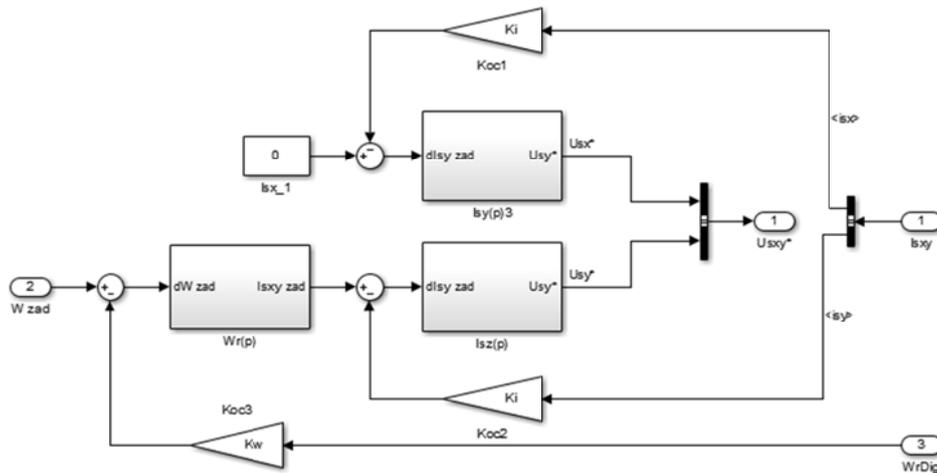


Рис. 6. Имитационная модель векторной системы управления СМ

Произведем моделирование работы ЭП с использованием упрощенного электродвигателя.

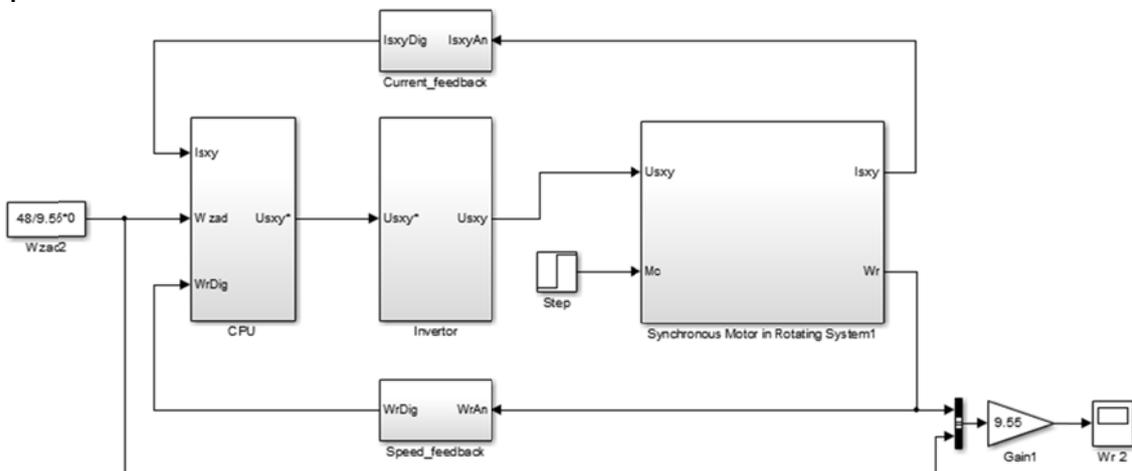


Рис. 7. Структурная схема ЭП с использованием упрощенной модели

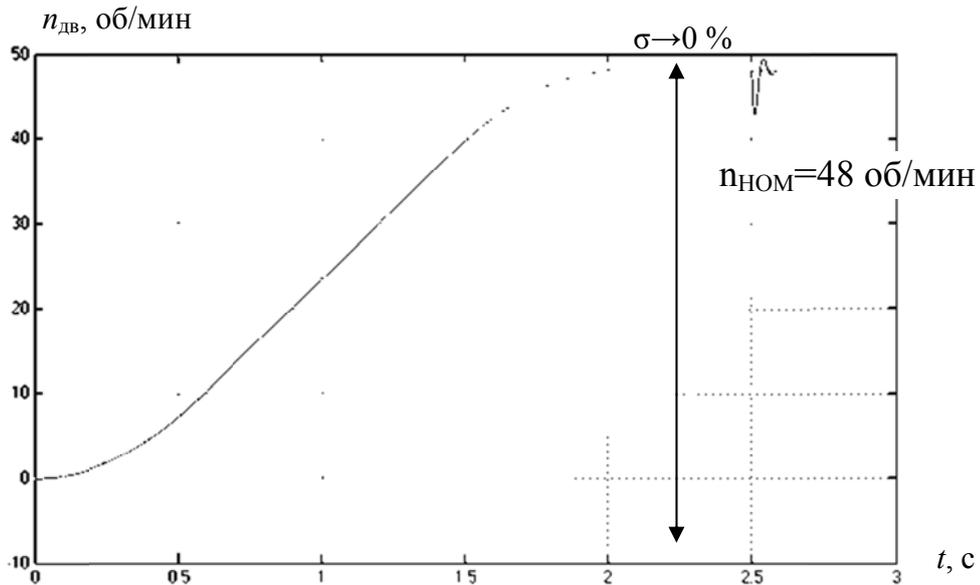


Рис. 8. Переходный процесс пуска двигателя

Применение S -образного задатчика интенсивности, а также компенсации интегрального насыщения регуляторов позволяет полностью исключить перерегулирование по управлению, однако по возмущению несущественное перерегулирование присутствует.

Моделирование ЭП в условиях работы ШИМ позволяет выявить отклонения от идеальных расчётных режимов работы, что позволяет произвести настройку регуляторов на модели более приближенной к реальному устройству. Также в построенной модели были учтены запаздывания в обратных связях, имитирующих дискретность обработки показаний АЦП с датчиков тока и дискретность показаний энкодера.

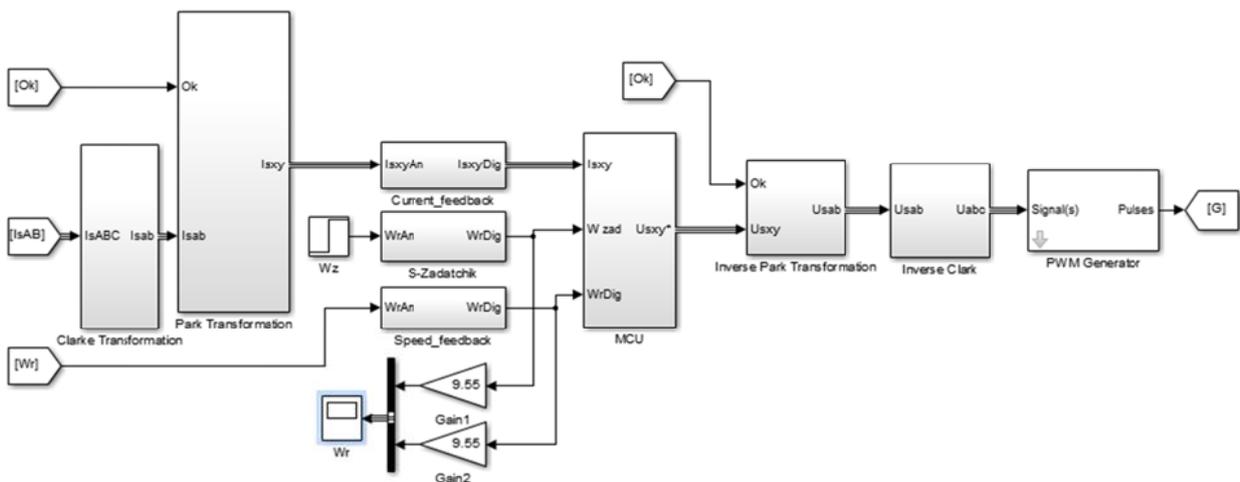


Рис. 9. Имитационная модель системы управления

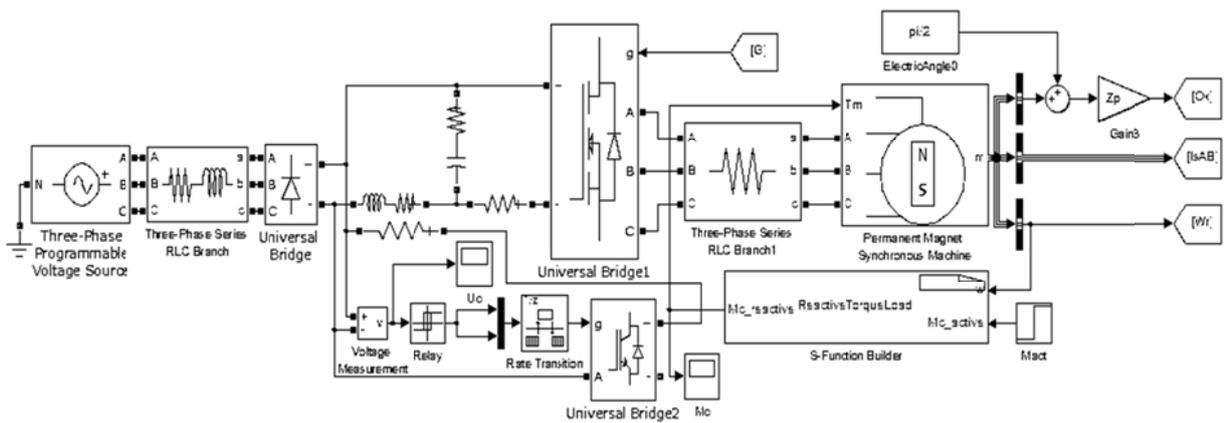


Рис. 10. Имитационная модель силовой части ЭП

Введенные дополнительные нелинейности ни оказали никакого влияния на процесс разгона двигателя, однако существенно возросла колебательность и перерегулирование по возмущению.

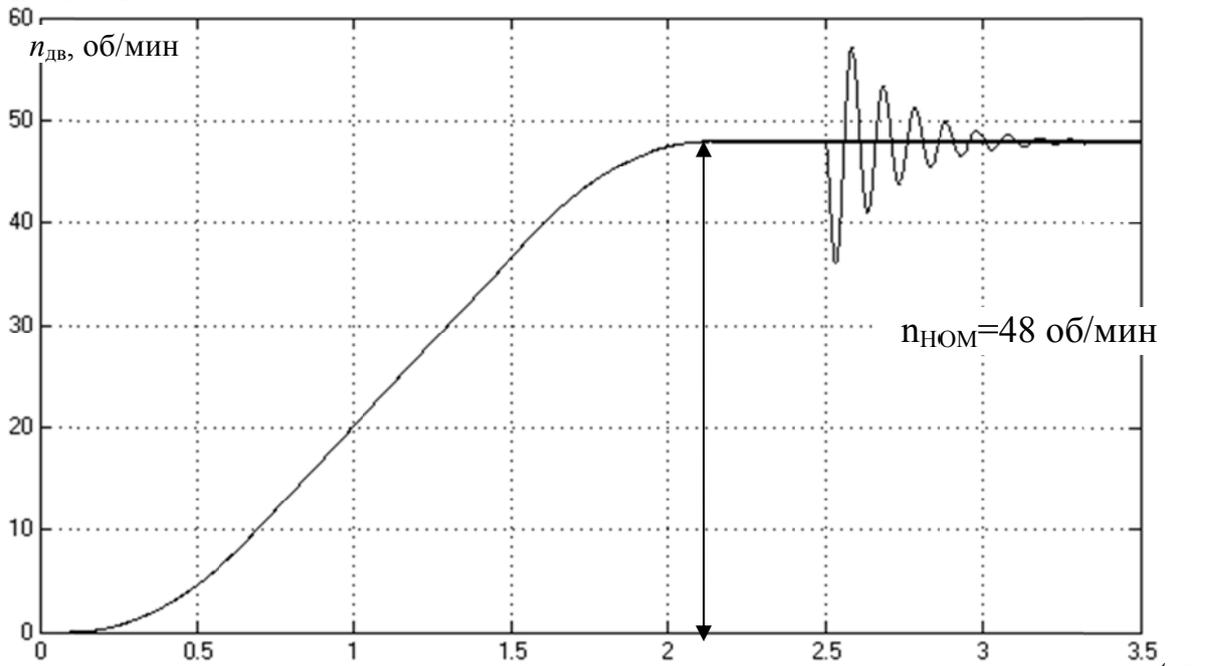


Рис. 11. Переходный процесс по скорости для уточненной модели ЭП t, c

Выводы

Установлено, что приближение модели частотно-регулируемого синхронного электропривода к реальности позволяет более точно провести настройку системы управления. Введенные в объект регулирования нелинейности были учтены в регуляторах, однако оказали негативное влияние на работу системы увеличив перерегулирование и колебательность.

Стоит отметить, что система управления настроенная на упрощенную модель не обеспечивает устойчивого регулирования уточненной модели, и только учет введенных нелинейностей в регуляторах позволяет вернуть системе стабильность работы. В результате, качество работы такой системы управления на реальном объекте будет существенно выше.

Работа выполнена в рамках Госзадания «Наука», проект №3852.