

УДК 62–83–52.001.5:622.53

А.Г. КОЛЕСНИК, студент гр.5АМ67 (НИ ТПУ)
Научный руководитель И.А. Чернышев, к.т.н., доцент (НИ ТПУ)
г. Томск

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА ПЕРЕКАЧКИ ЗОЛОШЛАКОВОЙ ПУЛЬПЫ

Для механизмов, работающих с небольшим диапазоном регулирования скорости и не требующих высокого качества переходных процессов, наиболее часто применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, получающие питание от преобразователей частоты со скалярной системой управления. К таким механизмам в первую очередь относятся насосы, вентиляторы, компрессоры, конвейеры и другие общепромышленные и вспомогательные механизмы технологических комплексов.

Скалярное управление заключается в изменении частоты и напряжения, подводимого к двигателю по закону $U_1 / f_1^n = const$, где $n \geq 1$. Вид зависимости определяется характером нагрузки механизма. Частота определяет скорость вращения вала двигателя, а значение напряжения при этой частоте определяет поток двигателя. Эти величины определяют вид механической характеристики, значения пускового и критического моментов двигателя.

Скалярный электропривод является наиболее простым, выпуск таких электроприводов производится в большинстве технически развитых странах мира и разработка их не прекращается как известными, так и вновь организуемыми фирмами и исследовательскими лабораториями.

Функциональная схема электропривода по системе «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД), реализующая различные законы управления класса $U_1 / f_1^n = const$, приведена на рис. 1.[2]

Основными элементами регулируемого асинхронного электропривода с частотным скалярным управлением являются: М – асинхронный двигатель; ПЧ – преобразователь частоты; ПКП – преобразователь координат прямой; ПКО – преобразователь координат обратный, осуществляющий расчет фактического значения действующего фазного тока двигателя; преобразователь «частота - напряжение», формирующий характеристику класса $U_1 / f_1^n = const$, определяемую нагрузкой электропривода; ЗИ – задатчик интенсивности скорости с линейной, S - образной или с U - образной характеристикой; ДТА, ДТВ, ДТС – датчики тока двигателя; РОТ – регулятор ограничения тока.

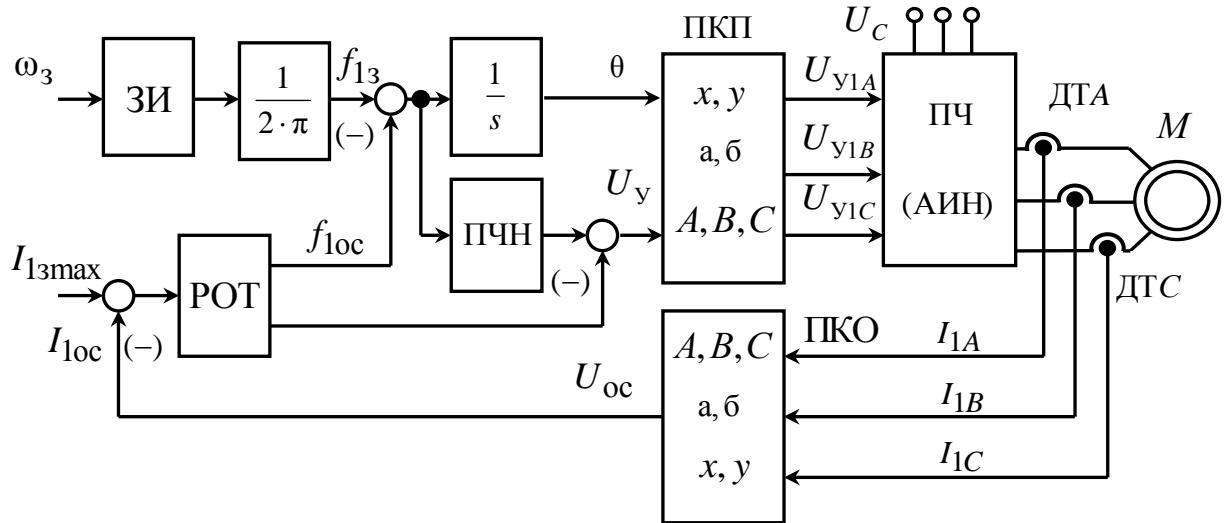


Рис. 1. Функциональная схема скалярной системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель.

Данная работа посвящена вопросам разработки и исследованию электропривода насоса перекачки золошлаковой пульпы.

Ещё недавно для поддержания скорости пульпы в подающем золошлакопроводе, равной 1,2 м/с, приходилось периодически включать и выключать электродвигатели, приводящие в действие насосы, а также закрывать задвижки. Всё это осуществлялось вручную. Частые процессы включения/выключения приводили к тому, что у оборудования уменьшался ресурс эксплуатации, снижалась надежность и, конечно же, неграмотно расходовалась электроэнергия, что приводило к росту издержек и тарифов.

Для обеспечения требуемой надежности, оптимального режима перекачки пульпы, а также снижения эксплуатационных и ремонтных затрат на насосах, было принято решение об использовании частотных приводов для управления электродвигателями.

Функции регулятора скорости вращения выполняют два частотных преобразователя. Каждый из четырех насосов может быть включен в работу, как от частотного преобразователя, так и от устройства плавного пуска.

Алгоритм управления в автоматическом режиме предусматривает два контура регулирования технологического процесса:

1. Регулирование частоты вращения насосов по уровню и скорости пульпы, причем, если в регулировании находятся два насоса, пропорциональная и интегральная части регулятора должны быть ослаблены примерно вдвое. Имеется возможность изменения степени ослабления во время работы.

2. Регулирование подачи осветленной воды по уровню в приемном бункере.

Для исследования качества переходных процессов электропривода насоса перекачки пульпы в системе «ПЧ-АД» в программной среде

MATLAB была разработана имитационная модель электропривода. Модель учитывает активные и индуктивные сопротивления проводов и кабелей, с помощью которых двигатель подключается к сети. В состав модели управления входит прямой координатный преобразователь, система управления ключами инвертора, положительная обратная связь по току в канале регулирования напряжения или *IR*-компенсация.

Результаты моделирования плавного пуска электропривода насоса перекачки золошлаковой пульпы для 10 Гц и 50 Гц приведены на рис.2 и рис.3.

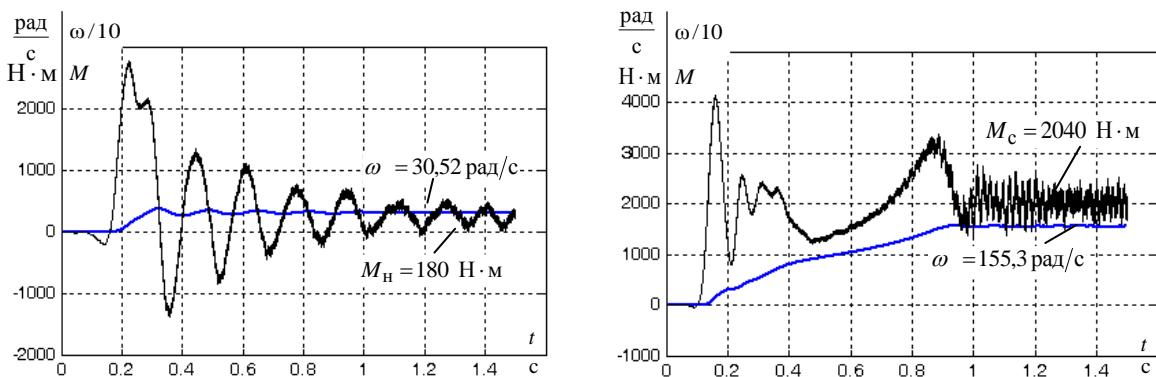


Рис. 2. Переходные процессы момента $M = f(t)$ и скорости $\omega = f(t)$ при пуске асинхронного электропривода с *IR*- компенсацией при выходной частоте преобразователя $f = 10$ Гц и $f = 50$ Гц.

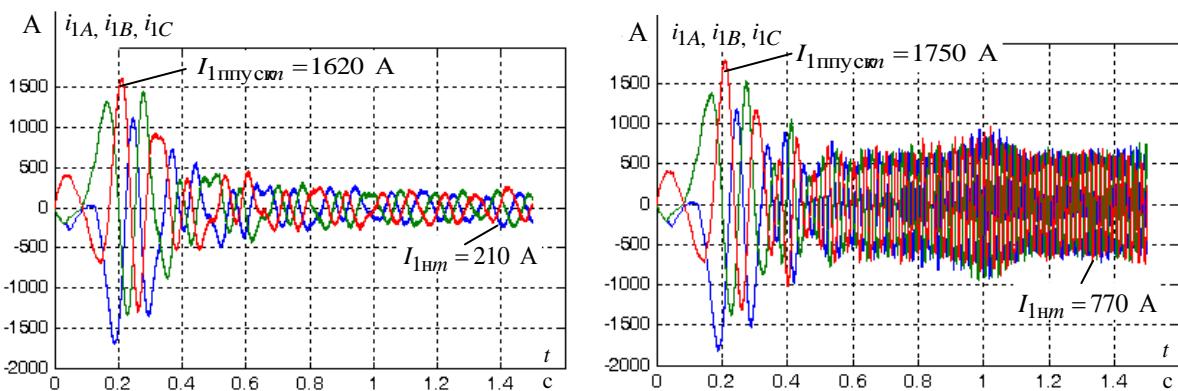


Рис. 3. Переходные процессы токов статора $I_c = f(t)$ при пуске асинхронного электропривода от задатчика интенсивности с *IR*- компенсацией при выходной частоте преобразователя $f = 10$ Гц и $f = 50$ Гц.

Анализ переходных процессов момента $M = f(t)$ и скорости $\omega = f(t)$ (рис. 2) показал, что электропривод отрабатывает задающие воздействия за время 0,6 с при входной частоте 10 Гц и за 1 с при 50 Гц. При пуске двигателя от ЗИ колебательность электромагнитного момента уменьшается, по сравнению с пуском двигателя прямым включением в сеть. Колебания мо-

мента M могут быть уменьшены подбором постоянной времени $T_{\text{км}}$ и коэффициента передачи $k_{\text{км}}$ в цепи положительной обратной связи по току. Синтез в системах с положительной обратной связью в настоящее время разработан слабо, поэтому постоянную времени и коэффициент передачи необходимо выбирать методом подбора.

Графики переходных процессов тока (рис. 3) показывают, что ток статора асинхронного двигателя плавно нарастает в течение 0,2 с, достигая пикового значения тока 1620 А при 10 Гц и 1750 А при 50 Гц, после чего плавно уменьшается до рабочего значения, определяемого нагрузкой насоса. Темп изменения тока статора полностью соответствует применяемому типу ЗИ с S-образной характеристикой.

Так как нагрузка на валу двигателя реактивная, то двигатель начинает вращаться не в момент времени включения, а при достижении его электромагнитного момента значения момента сопротивления, определяемого насосом. Асинхронный двигатель при этом не вращается. Происходит нежелательный нагрев двигателя.

Для уменьшения времени задержки предлагается изменить характеристику ЗИ, в которой начальная частота будет задаваться скачком и постепенно повышаться до заданного значения. Это позволит быстро создать магнитное поле асинхронного двигателя. На рис. 4 приведена выходная характеристика модернизированного ЗИ для некоторого произвольного цикла работы насоса перекачки золошлаковой пульпы «пуск – останов» с максимальной рабочей частотой преобразователя 50 Гц.

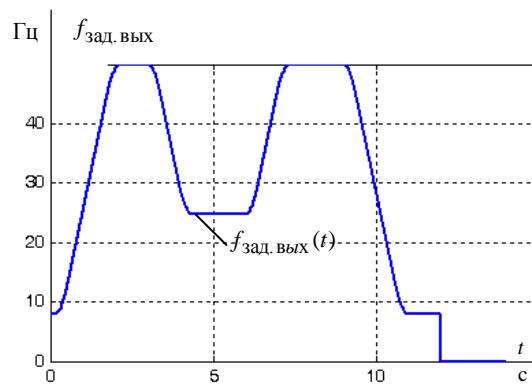


Рис.4. Выходная характеристика модернизированного ЗИ.

Результаты моделирования плавного пуска электропривода насоса перекачки золошлаковой пульпы с модернизированным ЗИ приведены на рис. 5.

Как следует из анализа графиков переходных процессов момента $M = f(t)$ и скорости $\omega = f(t)$, электропривод отрабатывает задающие воздействия, разгоняясь при моменте сопротивления насоса до угловой скоро-

сти $\omega_y = 155,3$ рад/с. Установившееся значение момента M_c при максимальной частоте преобразователя 50 Гц составляет $M_c = 2040$ Н·м.

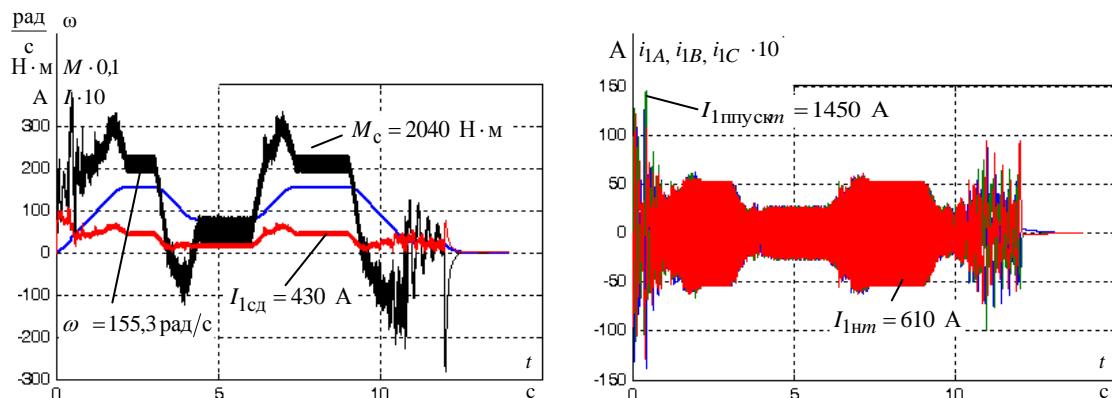


Рис. 5. Графики переходных процессов момента, скорости, действующего значения тока статора и мгновенных значений токов фаз.

Графики переходных процессов мгновенных значений тока (рис. 5), показывают, что начальный ток статора при пуске асинхронного двигателя равен $1450/\sqrt{2} = 1028$ А и не превышает $2I_h$. После этого, в соответствии с нагрузкой, ток плавно уменьшается до рабочего значения $-610/\sqrt{2} = 430$ А. Изменение тока статора полностью соответствует выходной характеристике задатчика интенсивности. Перерегулирование по скорости практически отсутствует.

Список литературы:

1. Чернышев А. Ю., Дементьев Ю. Н., Чернышев И. А. Электропривод переменного тока: учебное пособие для вузов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – 2-е изд. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – 210 с.: ил.
2. Удут Л. С., Чернышев А.Ю., Чернышев И.А. Ограничение тока в скалярных электроприводах с асинхронными двигателями // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета / Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). – 2015. – № 2 (59). – [С. 120-133]
3. Удут Л. С., Мальцева О. П., Кояин Н. В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч.8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: учебное пособие / Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск : Изд-во ТПУ, 2014.