

УДК 621.3.077.4

МАЛОЭЛЕМЕНТНОЕ ПУСКО-РЕГУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТУРБОМЕХАНИЗМОВ

© 2014 Я.К. Старостина, С.Н. Сидоров

Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 19.11.2014

Предлагается новая конструкция устройства плавного пуска асинхронных двигателей амплитудным способом, отличающаяся от известных решений минимальным количеством управляемых полупроводниковых ключей. По сравнению с традиционным исполнением устройство плавного пуска в виде тиристорного регулятора переменного напряжения обеспечивает повышение коэффициента мощности электропривода при улучшенной форме тока статорных обмоток. Конструктивной основой предлагаемого устройства служит трёхфазный вольтодобавочный трансформатор, питание и коммутация первичных обмоток которого осуществляется на высокой частоте с помощью единственного диодно-транзисторного модуля. Эффективность предлагаемого решения подтверждается сравнительным анализом вариантов и результатами компьютерного моделирования асинхронного электропривода в программе Matlab/Simulink.

Ключевые слова: *асинхронный двигатель, пусковой режим, транзисторный ключ, имитационное моделирование*

Одним из приоритетов государственной научно-технической политики последнего времени служит экономное расходование промышленными объектами электрической энергии [1]. Наиболее распространённым потребителем электроэнергии в стране признан асинхронный электропривод. По разным оценкам на него приходится от 60% до 70% всего объема промышленно потребляемой электроэнергии [1]. Перечень механизмов, требующих применения асинхронных приводов, в основном представлен насосами, вентиляторами, компрессорами и т.д., нагрузочные характеристики которых позволяют объединить данные устройства в единый класс турбомеханизмов. Возможности экономного расходования электроэнергии в приводах турбомеханизмов, как правило, реализуются не в полном объеме. Традиционно турбомеханизмы используются в длительных режимах с малыми перерывами в работе, обусловленными посменной работой в течение суток или другими временными интервалами в течение года. При этом режим длительной продолжительности включения ($ПВ \geq 60\%$) не всегда обусловлен технологической необходимостью, превращая работу на холостом ходу чуть ли не в постоянный режим включённого состояния компрессоров и насосов в течение суток. [4] Как правило, это объясняется стремлением избежать неблагоприятного влияния пусковых токов асинхронного двигателя (АД) на качество напряжения в распределительных сетях предприятия. Известно, что прямой пуск АД от питающей сети сопровождается броском тока статорных обмоток не менее,

чем в 5-7 раз превышающим номинальный уровень, а также «рывком» динамического момента и скорости вала. [2] Эта особенность создаёт значительные трудности эксплуатации двигателей средней и большой мощности, так как приводит к технологическим сбоям и просадкам сетевого напряжения, нарушающим нормальный режим электропитания других потребителей электроэнергии.

Поиск путей повышения коэффициента мощности приводит к очевидному решению упростить работу АД на холостом ходу, заменив длительные режимы на повторно-кратковременную работу лишь во время нагружений. Увеличивающееся при этом количество запусков привода в течение суток требует более частого использования устройств плавного пуска, вплоть до придания последним статуса обязательной составной части асинхронного привода.

Цель работы: описание устройства для плавного пуска АД.

Рассмотрение существующих способов ограничения пусковых токов АД. Применение устройства плавного пуска (УПП) сдерживается отсутствием достаточно простых решений в данной сфере. Является очевидным, что по причине кратковременности действия применение УПП экономически и организационно оправдывается лишь в тех случаях, когда это устройство оказывается достаточно простым в исполнении и удобным в обслуживании. Использование в качестве «пускателя» альтернативных устройств в виде тиристорных регуляторов переменного напряжения (ТРН), требующих для своего исполнения не менее 6-ти тиристоров или многовентильных преобразователей частоты (ПЧ), оснащённых сложными системами управления, не может отвечать названным требованиям [3]. Не следует забывать и о других существенных недостатках ТРН, процесс фазового

Старостина Ярослава Константиновна, аспирантка.
E-mail: yaroslava.starostina@bk.ru

Сидоров Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры "Электропривод и автоматизация промышленных установок". E-mail: s.sidorovul73@mail.ru

регулирования которых сопровождается значительным потреблением реактивной мощности, а также искажением тока статорных обмоток АД, делая его форму прерывистой, а величину пускового момента исчезающе малой. Далее приводится простое и эффективное решение, удовлетворяющее названным критериям.

Описание предлагаемого устройства для осуществления плавного пуска АД. Устранить вышеуказанный недостаток удаётся в схеме на рис. 1, которая содержит АД 1 с короткозамкнутым ротором, статорные обмотки которого подключены к источнику сетевого напряжения 2 с помощью последовательно-встречно включенных вторичных обмоток вольтодобавочного трансформатора 3. Первичные обмотки вольтодобавочного трансформатора своими первыми выводами (A_1, B_1, C_1) подключены к выходным зажимам источника сетевого напряжения 2. Эти обмотки выполнены по схеме звезды, функции нулевой точки которой выполняет транзисторный ключ 4 (V_0), включённый между выводами постоянного тока трёхфазного диодного моста 5 (V_1-V_6), выводы переменного тока которого присоединены к вторым выводам указанных первичных обмоток вольтодобавочного трансформатора 3. Цепь управления содержит устройство задания интенсивности 6 для изменения напряжения вольтодобавки в процессе пуска и измерительно-

регистрирующую аппаратуру 7 для наблюдения за параметрами электродвигателя во время разгона. Для ограничения перенапряжений на выходе моста 5 посредством разделительного диода 8 (V_7) подключен полярный конденсатор фильтра 9 (C) низких частот, который с целью устранения накопления заряда шунтируется разрядным резистором 10 (R).

Принцип действия устройства обеспечивает уменьшение броска пускового тока за счёт плавного наращивания напряжения статорных обмоток, которое образуется встречным соединением источника сетевого напряжения 2 со вторичными обмотками вольтодобавочного трансформатора 3. Плавное уменьшение напряжений вторичных обмоток с максимального значения до нуля $\Delta U \rightarrow 0$ осуществляется широтно-импульсным способом. Регулирование напряжения вольтодобавки ΔU достигается изменением длительности включенного состояния транзисторного ключа 4 (V_0) в течении каждого такта модуляции. Форма широтно-импульсного сигнала на управляющем электроде транзисторного ключа 4 (V_0) для закона изменения напряжения вольтодобавочного трансформатора 3, определяется формой управляющего сигнала U_y на входе широтно-импульсного модулятора 11 (ШИМ) в составе устройства задания интенсивности 6.

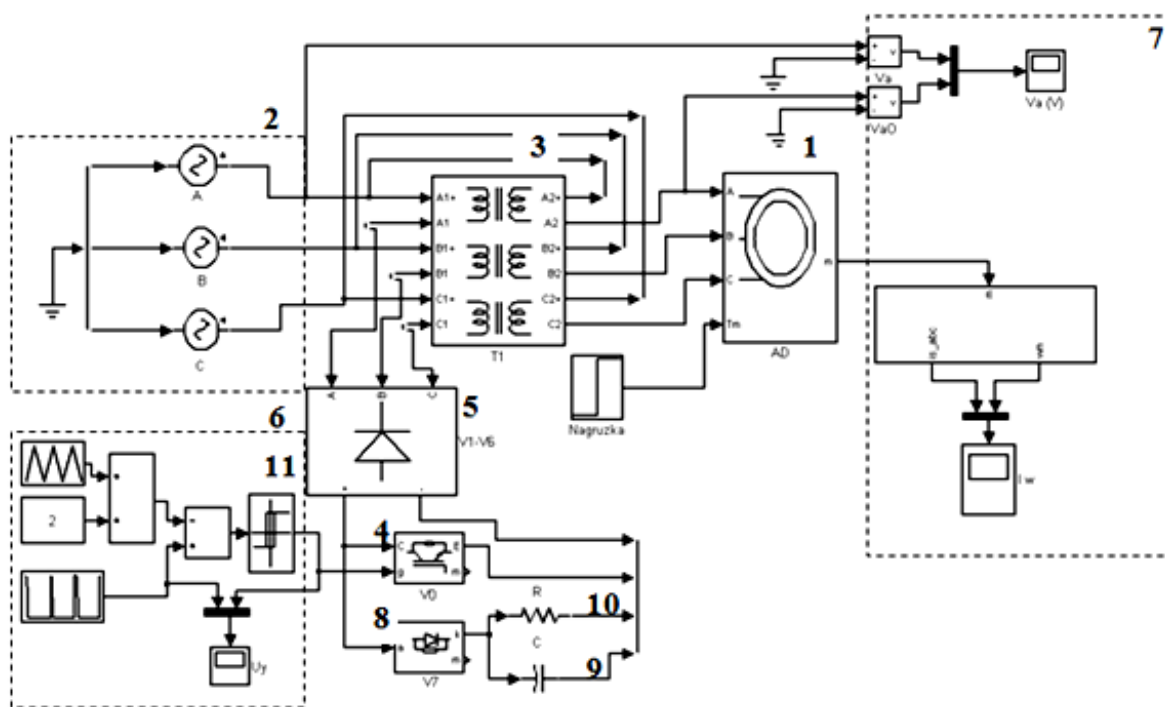


Рис. 1. Схема асинхронного электропривода с пуско-регулирующим устройством

Как видно из рис. 2, на основном участке разгона встречное напряжение вольтодобавки уменьшается, что обеспечивает такое же увеличение результирующего напряжения на статорных обмотках двигателя и после окончания переходного процесса действующее значение напряжения статорных обмоток принимает максимальное значение, равное номинальному напряжению сетевого источника.

Сравнивая экспериментальные осциллограммы на рис. 3, можно видеть, что применение предлагаемого технического решения в сравнении с прямым пуском ведёт к уменьшению амплитуды пускового тока не менее, чем в 3 раза, увеличивая в той же пропорции общее время пуска АД.

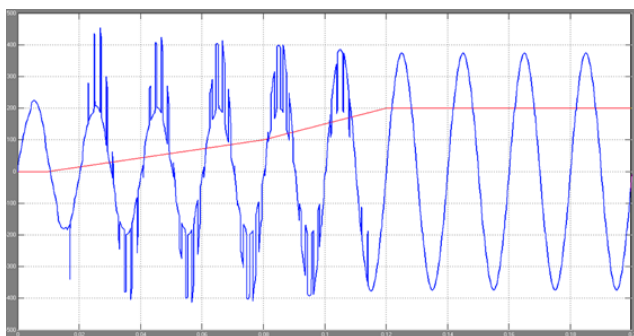
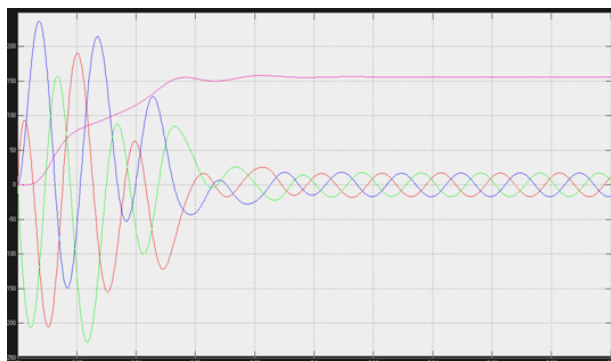
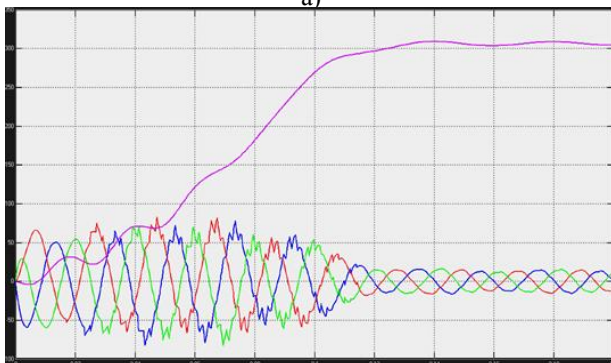


Рис. 2. Кривые мгновенного $U_{ca}(t)$ и действующего $U_{CA}(t)$ напряжений в статорной обмотке фазы А



а)



б)

Рис. 3. Осциллограммы пусковых токов и скорости ротора: а) при прямом пуске; б) с применением пускорегулирующего устройства

Выводы:

1. Рассмотрена возможность создания пуско-регулирующего устройства для АД, применяемых в турбомеханизмах, которое позволяет обеспечить реальное энергосбережение.
2. Положительный эффект предлагаемого решения заключается в уменьшении конструкции УПП за счёт упрощения ключевого регулятора, выполнение которого становится возможным на одном общем для всех фаз статорных обмоток транзисторном ключе в связи с выполнением на одном транзисторном ключе, а так же в сохранении высокого качества питающего напряжения при непрерывной форме тока статорных обмоток.
3. Результаты сравнения подтверждают не только работоспособность, но и эффективность предложенного технического решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. // ТЭК. 2003. №2. С. 5-37.
2. Розанов, Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. С. 285-632.
3. Кобзев, А.В. Стабилизаторы переменного напряжения с высокочастотным широтно-импульсным регулированием / А.В. Кобзев, Ю.М. Лебедев, Г.Я. Михальченко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986. С. 20-478.
4. Браславский, И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславского. – М.: ACADEMIA, 2004. С. 148-202.

LOW-ELEMENT STARTING AND CONTROL DEVICE FOR THE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE TURBOMACHINES

© 2014 Ya.K. Starostina, S.N. Sidorov

Ulyanovsk State Technical University

The new design of the device of asynchronous engines smooth start-up in the amplitude way, different from known decisions, is offered by minimum quantity of the operated semiconductor keys. In comparison with traditional execution the smooth start-up device in the form of the thyristor regulator of alternating voltage provides increase of power factor of the electric drive at the improved current form the stator windings. The three-phase booster transformer forms a constructive basis of the offered device, supply and which switching of primary windings is carried out at a high frequency by means of only diode-transistor module. Efficiency of the proposed solution is confirmed by the comparative analysis of options and results of computer modeling of asynchronous electric drive in Matlab/Simulink program.

Key words: asynchronous engine, starting mode, transistor key, imitating modeling

Yaroslava Starostina, Post-graduate Student. E-mail: yaroslava.starostina@bk.ru; Sergey Sidorov, Candidate of Technical Sciences, Associate professor at the Department "Electric Drive and Plants Automation". E-mail: s.sidorovul73@mail.ru