

3. Макаров А.В., Вечеркин М.В., Завьялов А.С. Обзор тепловых моделей асинхронных двигателей. – Электротехнические системы и комплексы, (2013), 21, С. 75–84.

4. Дорохина Е.С. Мониторинг теплового состояния асинхронных тяговых электродвигателей. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. по специальности 05.09.01. – Томск, 2015.

5. Анучин А.С., Федорова К.Г., Двухмассовая тепловая модель асинхронного двигателя, Электротехника, №2, 2014 г., С. 21–24.

6. Федорова К.Г. Применение двухмассовой тепловой модели для организации защиты в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе. – Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. по специальности 05.09.03. – Москва, 2018.

**Дайнеко В.А., к.т.н., зав кафедрой ЭСХП,  
Прищепова Е.М., к.т.н., доцент, Крупеня В.И., ассистент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», Минск, Республика Беларусь**  
**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ  
ЗАГРУЗКИ И УСТРОЙСТВ ПЛАВНОГО ПУСКА  
АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

Основными недостатками асинхронных электродвигателей (АД) являются большой пусковой ток и проблемы согласования крутящего момента двигателя с моментом сопротивления нагрузки. В процессе прямого пуска крутящий момент превышает номинальный в 1,5–2 раза, что приводит к авариям и повреждениям в ЭП. При малых нагрузках коэффициент мощности и к.п.д. АД снижаются.

Простые устройства плавного пуска (УПП) применяются в регулируемых ЭП с АД и устраняют основные недостатки прямого пуска: ударный ток статора и колебательный момент большой амплитуды. Провал питающего напряжения, обусловленный сверхтоком обмотки статора при пуске снижается, но искажение формы питающего напряжения существенно увеличивается [1, 2, 3], а нагрев АД возрастает. По окончании разбега электродвигателя, УПП, как правило, подключают его обмотки на полное напряжение питающей сети.

Современные динамические контроллеры (устройства плавного пуска АД с функциями энергосбережения и коррекции коэффициента мощности) обеспечивают функции плавного пуска, торможения, а также непрерывный контроль загрузки АД и автоматическое регулирование напряжения на обмотке его статора. Такие устройства снижают потери в электродвигателе при пониженных нагрузках и в режиме холостого хода [1].

Мониторы нагрузки электродвигателей являются цифровыми устройствами, непрерывно измеряющими загрузку электропривода, причем электродвигатель используется как датчик загрузки [1, 2]. При пуске ЭП, оснащенного таким монитором, в течение двух-трех секунд автоматически определяется оптимальная нагрузка для данного АД и вырабатываются управляющие сигналы, обеспечивающие возможность защиты от перегрузки, от заклинивания механической части ЭП, а также отключение при недогрузке и холостом ходе.

Применение динамических контроллеров и мониторов загрузки повышает энергетические показатели асинхронных ЭП [1]. Оптимальных значений эти показатели обычно достигают, когда напряжение на обмотке статора АД находится в пределах 0,6...0,8 номинального значения. При этом регулятор поддерживает оптимальное скольжение по условию минимизации потерь активной мощности в статоре:

$$s_{i\dot{\delta}} = \left( R_2' \sqrt{(X_\mu^2 / R_\mu + R_1) / (R_2' + R_1)} \right) / X_{e.c.}$$

где  $R_l$ ,  $R_2'$ ,  $R_\mu$  — соответственно активные сопротивления статора, приведенное ротора и контура намагничивания;  $X_\mu$ ,  $X_{к.з.}$  — соответственно индуктивные сопротивления контура намагничивания и короткого замыкания.

При регулировании напряжения питания обмотки статора АД снижение потерь мощности возможно примерно в 2,5–3 раза. уменьшить потери мощности и повысить коэффициент мощности. Применение параметрического регулирования скорости в асинхронном электроприводе имеет ограниченное применение, так как допустимая нагрузка АД резко снижается при уменьшении скорости ротора:  $M_{доп} = M_{ном} s_{ном} / s_{рег}$

Таким образом, основное назначение параметрических тиристорных регуляторов напряжения – плавный пускатель и энергосберегающее устройство в нерегулируемом асинхронном электроприводе.

Для реализации УПП и регуляторов загрузки необходим правильный выбор технических средств измерения силы тока статора и активной мощности в цепи статора АД. Обычные трансформаторы тока непригодны для таких целей из-за искажения формы тока тиристорными устройствами. В результате проведенных исследований, на кафедре ЭСХП разработаны измерительные преобразователи тока и мощности на основе шунтов, включаемых в фазы обмотки статора АД. Гальваническая развязка измерительных цепей обеспечивается применением изолирующих усилителей (рис. 1).

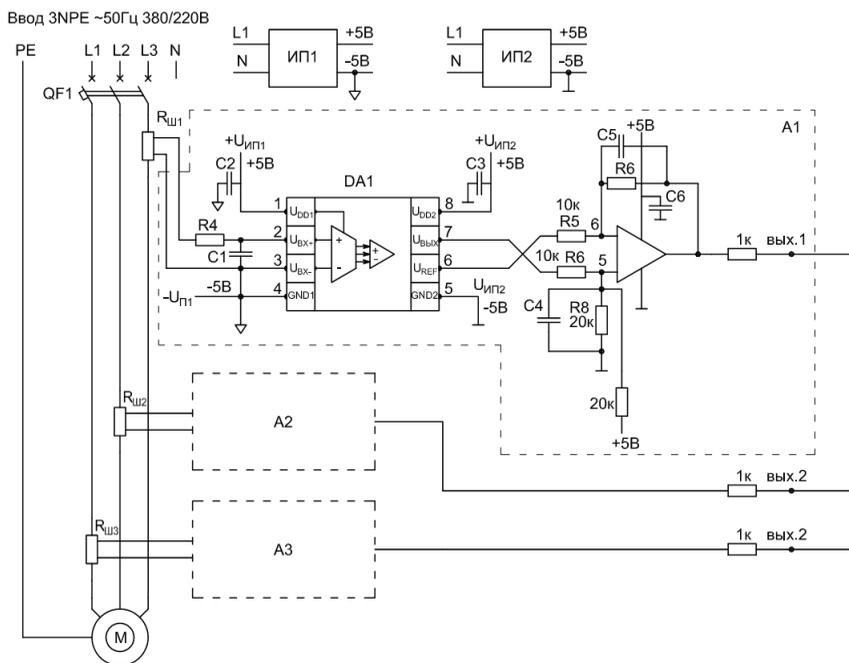


Рисунок 1. Трехфазная схема измерительного преобразователя тока на основе изолированных усилителей

Для гальванического разделения силовых и измерительных цепей использованы изолированные усилители, обеспечивающие из-

мерение токов перегрузки и токов короткого замыкания. Выбранные для этой схемы изолированные усилители (DA1-DA3) ACPL-785J имеют функции контроля токов перегрузки и короткого замыкания, причем время реакции на ток короткого замыкания не превышает 3 мкс. ACPL-785J выполнен по технологии оптической изоляции и сигма-дельта модуляции для обработки входного аналогового сигнала, что позволяет выполнять прямые измерения силы тока в фазах электродвигателей и в цепях инверторов [3, 5]. Выходы блока А1 соединяются со входами контроллера или другого устройства, входящего в состав схемы управления и защиты электропривода по току или по мощности.

Использование схемы на изолированных усилителях в качестве датчиков токов в трехфазных, однофазных цепях, в цепях постоянного тока, в цепях импульсного тока любой формы позволяет реализовывать совместно с микропроцессорами или микроконтроллерами высокоточную, быстродействующую и надежную систему управления и защиты для регуляторов загрузки и устройств плавного пуска асинхронных электродвигателей.

#### Список использованных источников

1. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; Под ред. И.Я. Браславского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
2. А.М. Мусин. Электропривод сельскохозяйственных машин и агрегатов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 239с.
3. Измерение тока фаз электродвигателя с помощью изолированных датчиков тока. – Компоненты и технологии, №4, 2009. – С. 80–83.
4. Компоненты современных шкафов управления приводом и автоматике. – Силовая электроника, №5, 2016. – С. 52–55.
5. [www.eaton.ru/Eaton\\_RU/PrjduktsServises/Electrical/AutomationControl](http://www.eaton.ru/Eaton_RU/PrjduktsServises/Electrical/AutomationControl).