

Статический преобразователь частоты

для реконструкции систем электропитания электродвигателей рольгангов

Реконструкция систем электропитания рольгангов, выполненных на основе электромашинных преобразователей частоты, в настоящее время является актуальной задачей для многих предприятий металлургического комплекса России. По ряду причин применение стандартных преобразователей частоты является весьма затруднительным. В статье приводятся некоторые результаты разработки и внедрения предприятием ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» специализированного преобразователя частоты для питания секций рольгангов.

**Владимир Кривовяз
Сергей Шилин
Алексей Костылев
Александр Таран
Роман Сокольников**

kvk@asc-ural.ru

ЗАО «Автоматизированные системы и комплексы» (АСК) имеет большой опыт работ по проектированию, изготовлению и наладке нестандартного оборудования для решения задач в области реконструкции и модернизации систем электропривода в различных отраслях промышленности. Постановка задач реконструкции вытекает из необходимости замены морально и физически устаревшего электрооборудования с целью обеспечения максимальной производительности технологического процесса при минимизации капитальных и эксплуатационных затрат. Как правило, в качестве нового оборудования предлагаются серийные изделия ведущих мировых производителей. Однако в ряде случаев применение таких изделий затруднено в силу специфических свойств объекта реконструкции. Успешный опыт работы предприятия АСК с продукцией одного из лидеров в области изготовления силовых полупроводниковых приборов SEMIKRON, имеющийся научно-технический потенциал позволяют решать такие нестандартные задачи путем изготовления уникальных преобразовательных устройств с нетиповыми решениями в области топологии силовой части преобразователей и алгоритмов управления.

В настоящее время в металлургическом производстве электродвигатели транспортных рольгангов некоторых механизмов и технологических участков работают в режиме, когда частота и действующее значение питающего напряжения отличаются от стандартного. В частности, распространенным вариантом является питание секций рольгангов линейным напряжением 190 В при частоте 25 Гц. Номинальный ток нагрузки обычно составляет 1000–1500 А. Источником напряжения в этом случае на многих предприятиях является электромашинный преобразователь частоты (ПЧ), формирующий систему трехфазного напряжения с заданными параметрами. При высоких показателях качества напряжения такие преобразователи имеют два наиболее существенных недостатка:

- большие массогабаритные показатели;
- высокая степень физического износа.

Применение стандартных преобразователей частоты в данном случае ограничивается следующими факторами:

- большой ток через силовые конденсаторы ПЧ, обусловленный низким коэффициентом мощности нагрузки (не более 0,5);
- использование существующих кабельных линий для питания электродвигателей, что накладывает жесткие требования на амплитуду и скорость изменения напряжения на выходе преобразователя;
- возможность длительной работы ПЧ в режиме холостого хода, когда нагрузка отключена.

В этих условиях замена электромашинного ПЧ на серийный статический ПЧ возможна при превышении мощности последнего и использовании синусоидального фильтра на выходе преобразователя.

Результаты технико-экономического анализа, проведенные с привлечением аппарата имитационного моделирования, показали, что наиболее рациональным вариантом решения задачи реконструкции является замена электромашинного ПЧ на нестандартный полупроводниковый преобразователь частоты с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выходного напряжения.

Принципиальная схема разработанного ПЧ приведена на рис. 1.

Основные технические характеристики ПЧ.

- Номинальный ток на выходе ПЧ — 1150 А. Перегрузка по току не более 10% в течение 60 с за период не менее 10 мин.
- Устойчивая работа в установившемся режиме в диапазоне частот от 15 до 25 Гц.
- Максимальное действующее значение первой гармонической составляющей линейного напряжения на выходе ПЧ — 190 В.
- Статическая ошибка задания на частоту (среднее значение) не более 0,1% от максимального значения, равного 25 Гц.
- Варианты торможения электродвигателей:

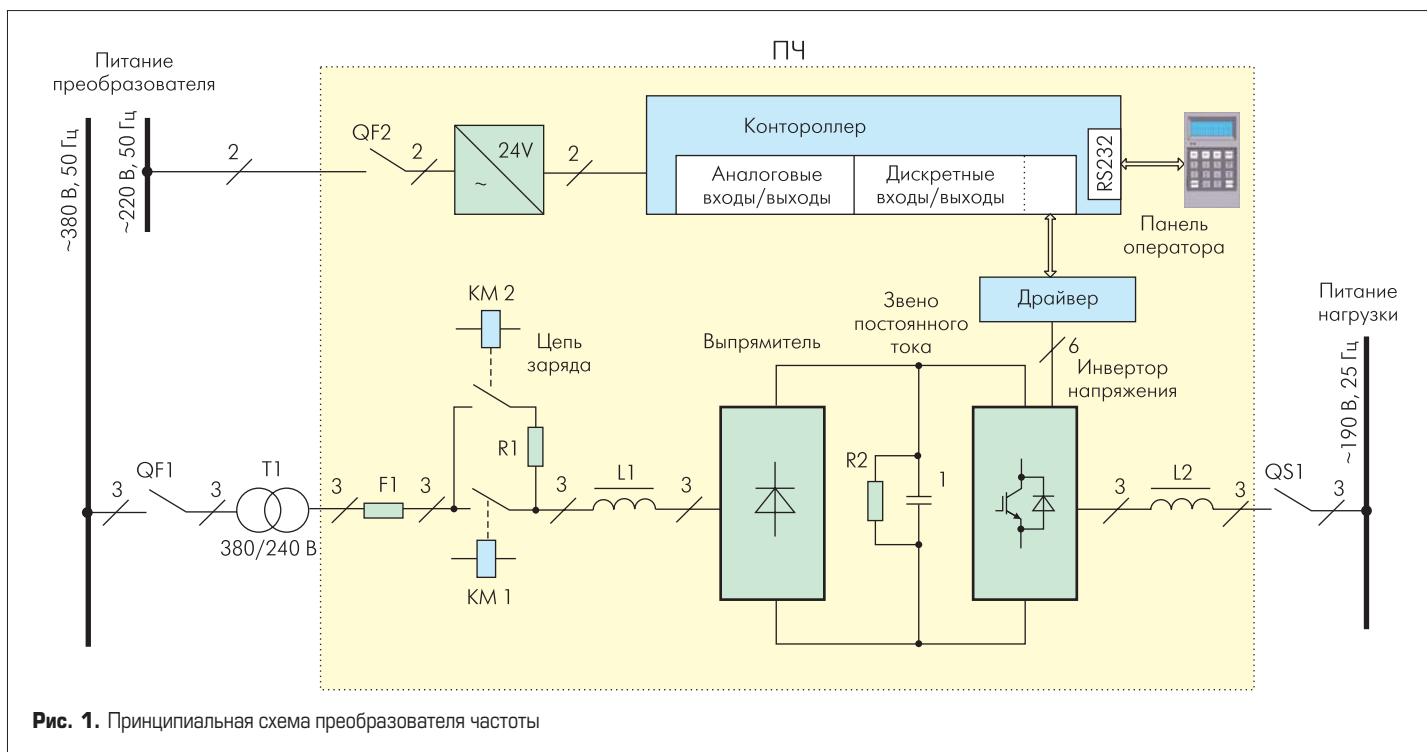


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя частоты

- штатный, с использованием режима частотного торможения;
- аварийный, с использованием режима динамического торможения.
- Время увеличения и снижения частоты при пуске и торможении регулируется и может выбираться из диапазона от 1 до 10 с. При этом темп торможения может автоматически корректироваться для обеспечения безаварийного останова.

- Напряжение на выходе ПЧ формируется в функции частоты по закону, обеспечивающему работоспособность рольгангов во всем возможном диапазоне нагрузок.

- Частота ШИМ:

- с нагрузкой 1 кГц;
- на холостом ходу 0,25 кГц.

- Режим работы — круглосуточный, с периодическими плановыми остановками на техническое обслуживание.

Конструктивно ПЧ состоит из трансформатора и трех шкафов:

- шкаф ввода (силовая коммутационная аппаратура, выпрямитель);
- шкаф автономного инвертора (конденсаторная батарея, силовые транзисторные модули, контроллер управления);
- шкаф выходных реакторов (специализированные реакторы для ограничения скорости изменения напряжения на выходе ПЧ). На рис. 2 показан внешний вид шкафа автономного инвертора.

Для понижения входного напряжения использован типовой трансформатор серии ТСЗ. Использование пониженного напряжения, наряду с применением выходных специализированных реакторов, позволило существенно снизить абсолютные значения пиковых напряжений и ограничить скорость изменения напряжения на нагрузке. Абсолютное значение пиковых перенапряжений на выходе реакторов не превышает 600 В, скорость изменения напряжения на нагрузке — не более 150 В/мкс. Сказанное иллюстрируется осциллограммой линейного напряжения на нагрузке, приведенной на рис. 3.

В качестве силовых полупроводниковых элементов в выпрямителях использованы модули SKKD 700, в автономном инверторе — модули SKiiP 2403 GB 122-4DUL, которые для уменьшения габаритов шкафа расположены горизонтально. Общая емкость конденсаторной батареи составляет 30 000 мкФ,



Рис. 2. Внешний вид шкафа с автономным инвертором напряжения

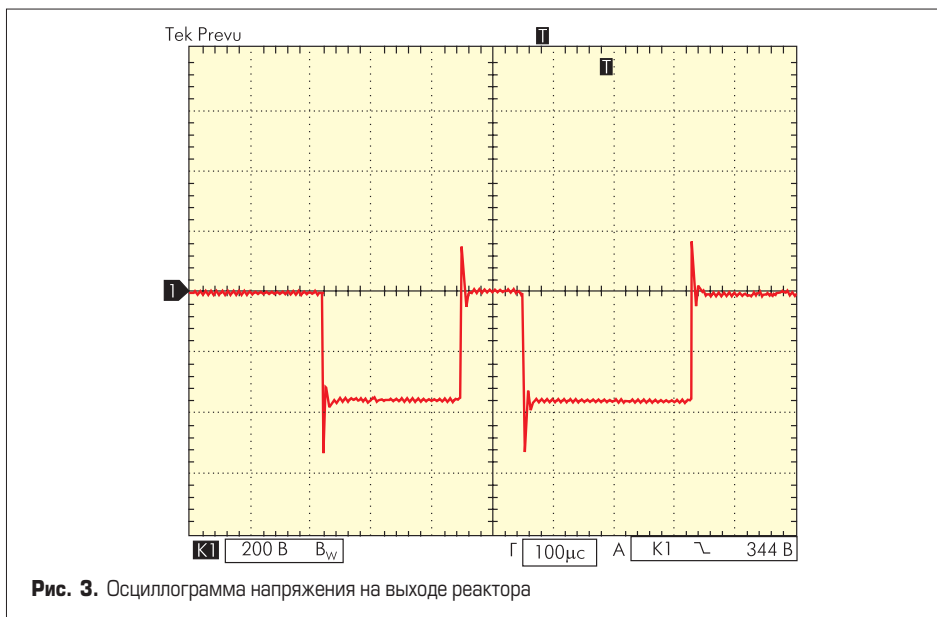
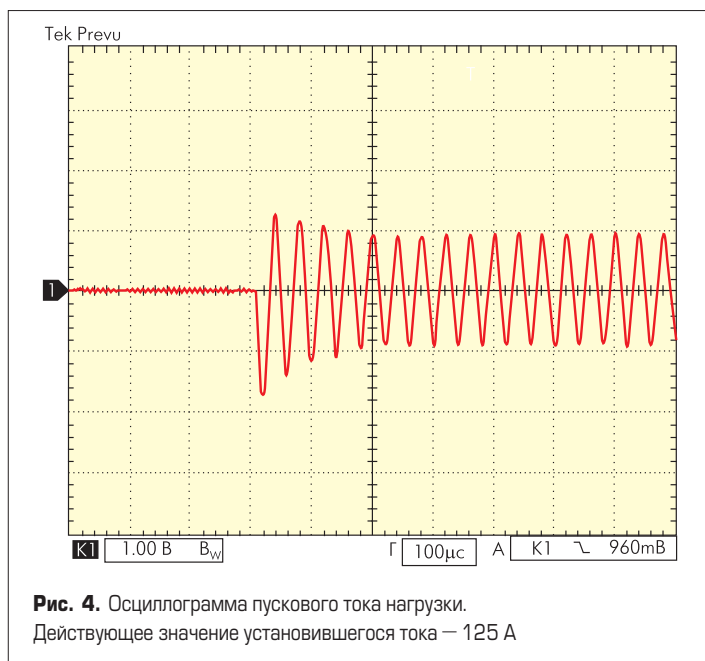


Рис. 3. Осциллограмма напряжения на выходе реактора



конденсаторы распределены по трем секциям, их электрические выводы подключены к медным пластинам (применение последних обусловлено необходимостью снижения паразитной индуктивности линий).

Для управления асинхронными двигателями рольгангов использован модифицированный вариант скалярного управления. В частности, использованы алгоритмы минимизации тока статора и комбинированной предмодуляции, позволяющей максимально

использовать автономный инвертор по напряжению и улучшить форму тока на выходе ПЧ. За счет применения алгоритма минимизация тока статора удалось существенно ограничить токи при пуске двигателей секции рольгангов, а за счет использования комбинированной предмодуляции — обеспечить значение коэффициента искажения тока в пределах 10–15%. Осциллограммы пускового и установившегося токов нагрузки приведены на рис. 4 и 5.



Для управления ПЧ использован специализированный контроллер, разработанный и изготовленный АСК на основе DSP-процессора серии TMS320.

Опыт эксплуатации ПЧ подтвердил правильность принятых решений и показал эффективность замены электромашинных преобразователей частоты на современные полупроводниковые в условиях использования существующих кабелей и электрических двигателей.