

УДК 621.785

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИНДУКЦИОННЫХ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОТЕРМИИ

Крутой А.В., студент, Труфанов И.Д., профессор, д.т.н.
*(Запорожский национальный технический университет,
г.Запорожье, Украина)*

Индукционный нагрев и плавка металлов на средних частотах получили широкое распространение на машиностроительных и металлургических предприятиях как наиболее эффективный способ электронагрева. Индукционная плавка в сильных электромагнитных полях - основной метод получения черных и цветных металлов в литейном производстве благодаря высокой экономичности, технологической гибкости, технологичности

Преимущества индукционного нагрева очевидны:

- высокая скорость нагрева;
- высокие КПД и производительность процесса термообработки,
- хорошие возможности для автоматизации процесса;
- высокая культура производства.

Ведущими электротехнологическими компаниями мира прекращен выпуск индукционных печей промышленной частоты (ИППЧ) и осуществлен переход на производство индукционных плавильных систем средней частоты (ИПСЧ), которые имеют несомненные преимущества

Технологические возможности и эффективность индукционной плавки металлов в тигельных печах в значительной мере определяются способом организации электропитания. Система электропитания средней частоты строится, как правило, на основе статических преобразователей частоты (ПЧ), осуществляющих преобразование энергии трехфазной сети переменного тока промышленной частоты в энергию однофазного переменного тока средней частоты. Функционально ПЧ строятся по двухзвенной схеме и включают выпрямитель и автономный инвертор. В зависимости от мощности выпрямитель строится по 6-, 12- или 24-пульсной мостовой схеме с соответствующим соединением обмоток силового трансформатора. При этом обеспечивается сни

жение гармонических составляющих входного тока до требуемого уровня

ПЧ - одна из наиболее значимых частей индукционной установки, т.к. оказывает влияние на все важнейшие параметры индукционной системы, включая гибкость, надежность, энергосбережение, компактность, затраты на обслуживание и окупаемость оборудования в целом.

Преобразователь высокой частоты состоит из двух узлов: выпрямителя, преобразующего переменный ток промышленной частоты в постоянный ток, и автономного инвертора, преобразующего постоянный ток в переменный высокой частоты. В промежуточную цепь постоянного тока включается сглаживающий фильтр, который часто является элементом схемы инвертора.

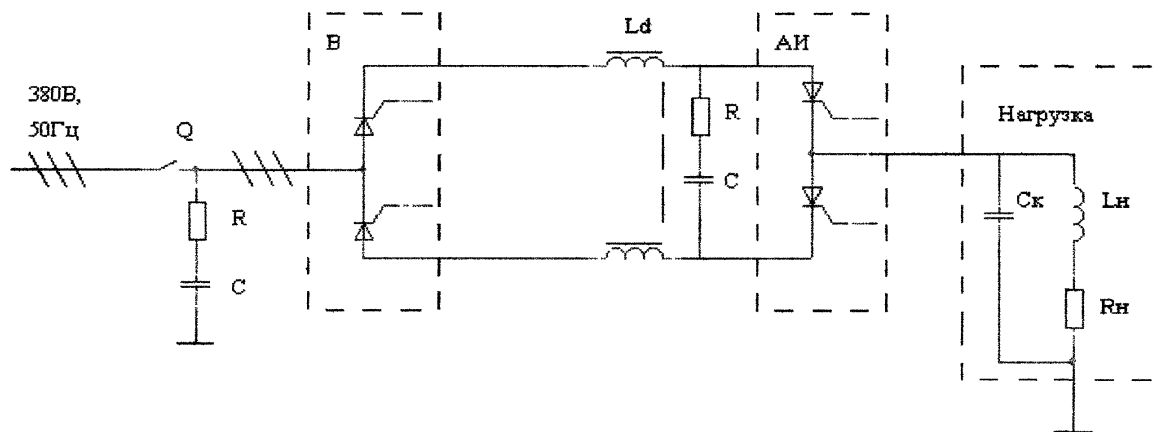


Рис. 1 Блок-схема преобразователя частоты для питания индукционных установок

Автономные инверторы строятся по схеме инвертора тока с параллельной компенсацией индуктора печи, инвертора напряжения с последовательной компенсацией индуктора печи или резонансного инвертора, в котором последовательно с нагрузочным контуром включается коммутирующий колебательный контур. Схемы инвертора тока и инвертора напряжения, по сути дуальны, поэтому предпочтение той или иной схеме следует отдавать в зависимости от типа используемого полупроводникового прибора.

До начала 70-х г.г. большинство низко- и среднечастотных индукционных установок питались от машинных генераторов, а высокочастотные установки - от ламповых генераторов. Создание относительно мощных низко- и среднечастотных тиристоров

в конце 60-х г.г. способствовало появлению технических возможностей и экономических условий для разработки и внедрения в промышленность статических среднечастотных ПЧ.

Наряду с развитием быстродействующих тиристоров появились мощные средне- и высокочастотные транзисторы (типа MOSFET и IGBT), способные генерировать средне- и высокочастотные мощности, имеющие низкий уровень потерь, высокую надежность и разумные цены. Они позволяют разрабатывать высокочастотные преобразователи, конкурентоспособные по сравнению с ламповыми генераторами.

Тиристоры наиболее эффективны в схемах с параллельной компенсацией нагрузки, поскольку имеют высокий класс напряжения и допускают последовательное соединение при относительно низкой мощности шунтирующих цепей-обеспечивающих равномерное распределение напряжения, что позволяет осуществлять преобразование энергии на высоких напряжениях и относительно небольших токах. Напротив, IGBT транзисторы более эффективны в схемах инверторов с последовательной компенсацией нагрузки, так как допускают параллельное соединение модулей без применения делителей тока и требуют значительных затрат для обеспечения распределения напряжения при их последовательном соединении.

Транзисторные инверторы обеспечивают глубокое регулирование выходных параметров электрической энергии при высоких показателях качества потребляемой энергии. В них отсутствует проблема коммутационной устойчивости. Однако при создании ПЧ большой мощности (до 10 МВт и выше) тиристорные инверторы все же более предпочтительны ввиду значительно возросшей единичной мощности и динамических характеристиках современных быстродействующих тиристоров. Проблема повышения надежности работы тиристорных ПЧ и диапазона регулирования выходных параметров энергии более успешно решается при использовании запираемых тиристоров.

В настоящее время известны разработки ПЧ на основе полупроводниковых приборов предприятий электротехнической промышленности стран СНГ и зарубежных фирм. Российским предприятием «РЭЛТЕК» освоено производство тиристорных ПЧ серии ТПЧП мощностью от 400 до 7200 кВт. Самый мощный из

них 7200 кВт имеет 12-пульсный выпрямитель и однофазный инвертор тока, предназначенный для питания печей емкостью 10 т.

ОАО НИИ «Преобразователь» (Украина) также разрабатывает и производит ПЧ для питания токами средней частоты на задаваемых нагрузкой выходных частотах автономных (колебательных) контуров индукционных технологических установок, обеспечивающих нагрев под закалку, ковку, штамповку, плавку металлов. Как пример – ПЧ типа ТПЧ-160 на основе IGBT - транзисторов. Группа ИНДАКТОХИТ ведет работы по созданию статических низко-, средне- и высокочастотных источников питания с частотами от 200 до 800 кГц и мощностями от 2.5 до 8000 кВт (ПЧ типа HSPS мощностью 150 кВт и частотой 30 кГц на основе IGBT-транзисторов). Фирма EGES производит индукционные печи серии Ultramelt для которых специально разрабатывает тиристорные ПЧ с контуром параллельного резонанса мощностью 300-600 кВт.

В различных электротехнологических установках, потребляющих примерно 25% электроэнергии, применение современных ПЧ позволяет повысить КПД самой установки на 10-30% и снизить расход электроэнергии на 15-20%.

Таким образом, проанализировав имеющуюся информацию, можно сделать вывод о перспективности дальнейших разработок ПЧ на основе тиристорных и транзисторных модулей для электротехнических комплексов индукционных промышленных установок.

Перечень ссылок

1. Автоматическое управление электротермическими установками/Под ред. А. Д. Свенчанского. М.: Энергоатомиздат. 1990.
2. Электротермическое оборудование. Справочник / Под редакцией А.П. Альтгаузена. М.: Энергия. 1980.
3. Лузгин В.И., Петров А.Ю.. Многоинверторные среднечастотные преобразователи в системах электропитания индукционных установок. Электротехника, №9, 2002. с.57-63.