

Применение преобразователей частоты для электропривода

Колесников Вадим Тимофеевич, студент 942 об 2, ЭФ

Научный руководитель – Карпова Татьяна Викторовна, старший преподаватель кафедры АППиЭ.

В настоящее время каскадные преобразователи частоты (КПЧ) применяются в решении задач регулируемого электропривода таких, как улучшение энергетической и электромагнитной совместимостей.

КПЧ обладают следующими свойствами:

1. При выходе из строя одной или нескольких силовых ячеек работоспособности электропривода сохраняется;
2. при использовании низковольтных силовых полупроводниковых приборов происходит наращивание выходного напряжения и мощности;
3. создание благоприятных условий работы двигателя без применения выходных фильтров благодаря формированию многоступенчатого выходного напряжения;

Однако, при торможении электропривода серийно выпускаемые высоковольтные КПЧ не обеспечивают режим рекуперации электроэнергии в питающую сеть.

Решением устранения недостатка является модернизация КПЧ путём замены двухзвенных силовых ячеек с неуправляемыми выпрямителями на рекуперирующие силовые ячейки, построенные на базе схемы непосредственного матричного преобразователя частоты.

На рис. 1 представлена принципиальная схема модернизированной силовой ячейки КПЧ на базе МК. Схема состоит из трёхфазно-однофазный матричный коммутатор и входного фильтра, а на рисунке 2 показана топология КПЧ.

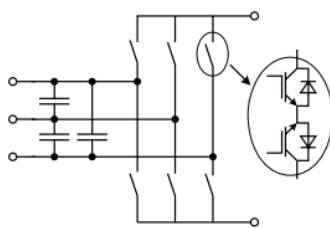


Рис 1. Схема модернизированной силовой ячейки КПЧ на базе МК.

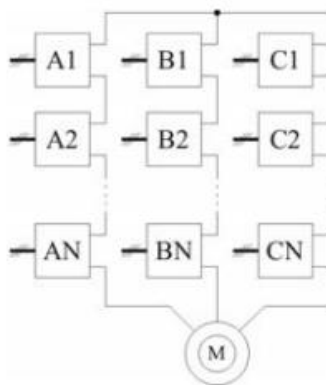


Рис 2. Топология КПЧ.

При разработке управления каскадными преобразователями на основе непосредственного преобразователя частоты (НПЧ) использован двухэтапный подход[3, 4].

Первый этап – формирование эталонных трансформирующих функций КПЧ. Задачи первого этапа:

1. Регулирование входной реактивной мощности КПЧ с максимально возможным приближением сетевого коэффициента мощности к его заданному значению;
2. Подавление амплитудных и фазовых колебаний результирующих сетевых токов и реактивной мощности преобразователя;
3. Обеспечение соответствия импульсных выходных напряжений КПЧ, усреднённых за интервал управления, их заданным значениям;

Структурная схема формирователя эталонных трансформирующих функций (ФЭТФ) трёхфазно-трёхфазного КПЧ показана на рис. 3.

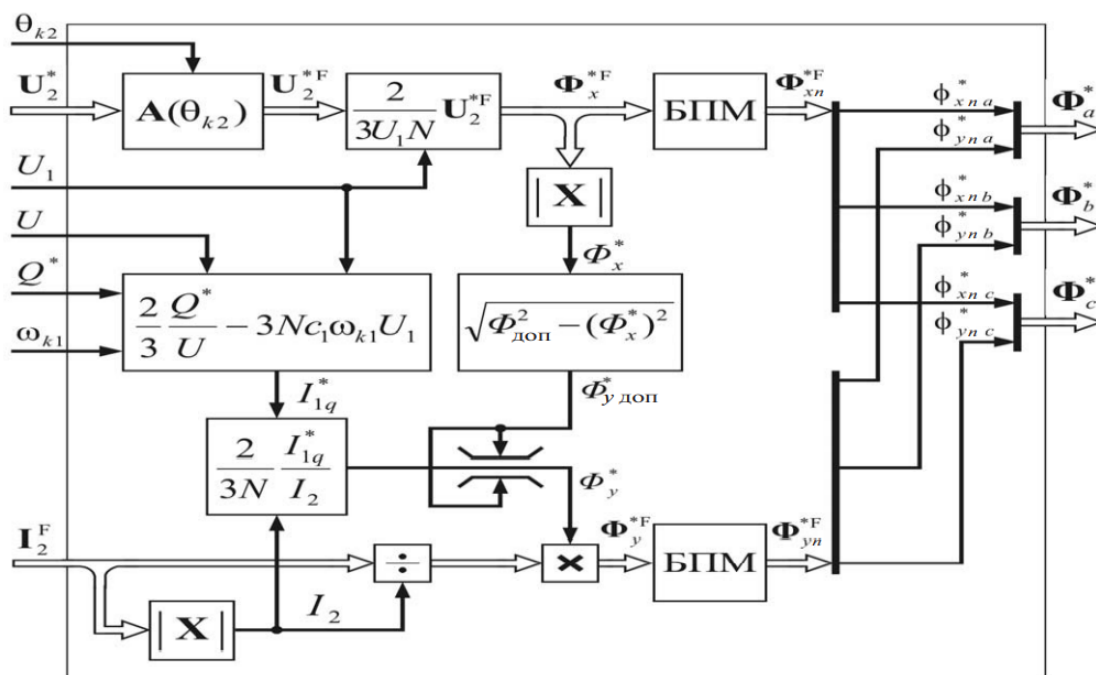


Рисунок 3. Структурная схема формирователя эталонных трансформирующих функций (ФЭТФ) трёхфазно-трёхфазного КПЧ.

В результате разработанного алгоритма решается комплексная задача формирования заданных значений полезных составляющих выходного напряжения преобразователя и регулирования входной реактивной мощности с подавлением её пульсаций.

Второй этап – широтно-импульсная модуляция эталонных трансформирующих функций Φ_a^* , Φ_b^* , Φ_c^* .

На рис. 4 представлены результаты моделирования установившихся режимов работы асинхронного электропривода (650 кВт; 3 кВ; 1500 об/мин) на базе КПЧ, с последовательным включением 4 ячеек в каждой фазе и трёхфазного питающего трансформатора (10 кВ/0,6 кВ) с 12 идентичными вторичными обмотками.

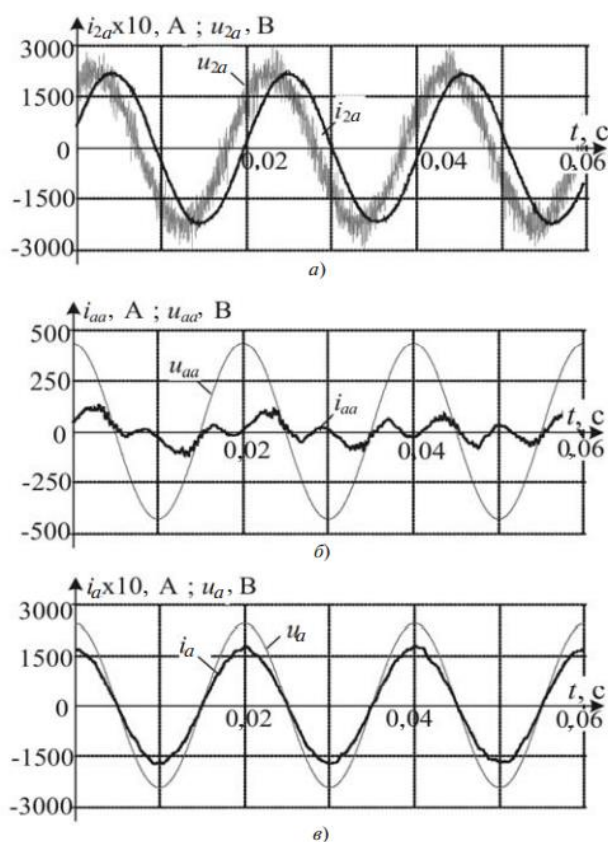


Рисунок 4. Тормозной режим работы электропривода, выходные переменные КПЧ: а – фазные напряжение и ток статора; б – фазные входные напряжение и ток ячейки; в – сетевые напряжение и ток.

Главной проблемой преобразователей большой мощности является необходимость существенного ограничения частот коммутации силовых полупроводниковых приборов.

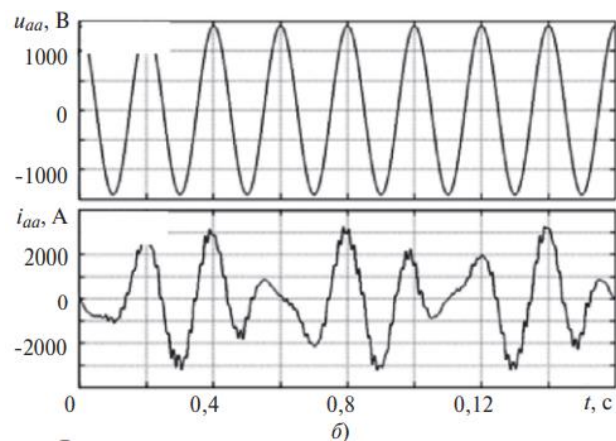
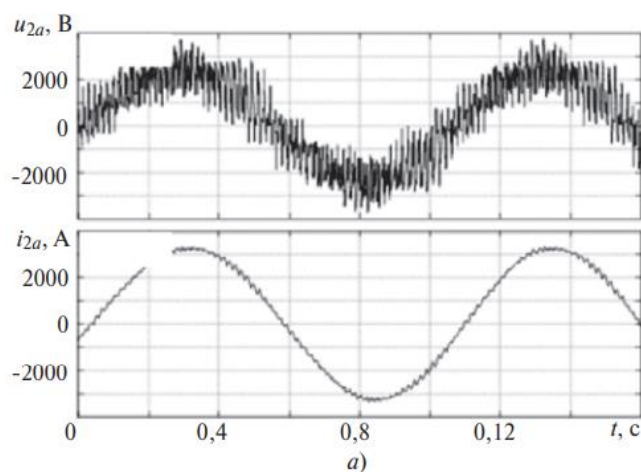
Одной из таких мер является использование алгоритмов широтноимпульсного управления, обеспечивающих заданный гармонический состав напряжений/токов. Основой данных алгоритмов является расчёт времён коммутации силовых ключей по уравнениям разложения в ряд Фурье при заданном гармоническом составе коммутационной функции.

Разложение в ряд Фурье симметричной коммутационной функции МК может быть произведено по следующей формуле:

$$H_k = \frac{p}{4k} \sum_{i=1}^{N_p} (-1)^{i+1} \cos ka_i \quad (1)$$

На основе разложения в ряд Фурье (1) для каждой интересующей гармоники записывается соответствующее уравнение.

На рис. 5 представлены результаты моделирования работы КПЧ, построенного на трёх матричных ячейках (рис. 1,б), со следующими параметрами: мощность ПЧ 12 МВт; номинальное выходное напряжение 3 кВ; номинальный выходной ток 2310 А; напряжение I обмотки трансформатора 10 кВ; напряжение II обмотки трансформатора 1750 В; частота сети 50 Гц; частота коммутации ключей 300 Гц. В спектре синтезированной коммутационной функции отсутствуют 5 и 7 я гармоники.



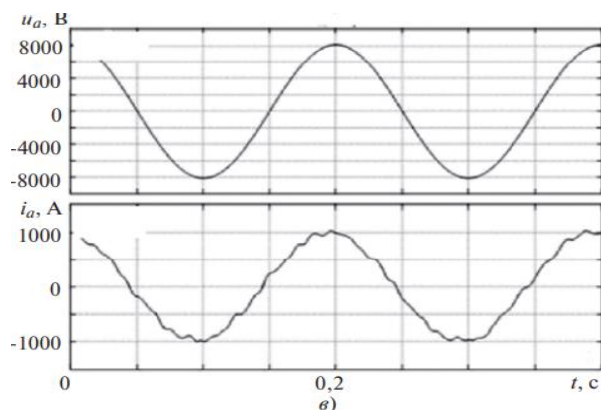


Рис 5. Моделирование работы КПЧ с алгоритмом селективного подавления гармоник: а – фазные напряжение и ток на выходе КПЧ; б – фазные напряжение и ток на входе ячейки; в – фазные сетевые напряжение и ток КПЧ.

Результаты теоретического исследования и компьютерного моделирования подтверждают возможность комплексного решения задач улучшения электромагнитной и энергетической совместимости модернизированных высоковольтных КПЧ с питающей сетью и обеспечения рекуперации электрической энергии в тормозных режимах работы электропривода.

Список литературы

1. Вейнгер А. М. Регулируемый синхронный электропривод. М.: Энергоатомиздат. 1985.
2. Шрейнер Р.Т., Ефимов А.А., Калыгин А.И. и др. Концепция построения двухзвенных непосредственных преобразователей частоты для электроприводов переменного тока // Электротехника. 2002. №12. С.30–39.
3. Шрейнер Р.Т., Кривовяз В.К., Калыгин А.И. Координатная стратегия управления непосредственными преобразователями частоты с ШИМ для электроприводов переменного тока // Электротехника. 2003. №6. С.30–39.
4. Шрейнер Р.Т., Кривовяз В.К., Калыгин А.И. Управление непосредственными преобразователями частоты с ШИМ в системах электроприводов переменного тока // Электричество. 2007. №5. С.26–37.
5. José R. Espinoza, Géza Joys, Johan I. Guzmán a.o. Burgos Selective Harmonic Elimination and Current/Voltage Control in Current/Voltage Source Topologies: A Unified Approach // IEEE Trans. On Industrial Electronics. 2001. Vol. 48, №. 1. P.71–81.