

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

КУРНЫШЕВ Б.С., д.т.н., проф., ФОМИН П.А., аспирант

**Рассмотрены вопросы электромагнитной совместимости асинхронных электроприводов с преобразователем частоты.**

Проблема соблюдения электромагнитной совместимости состоит из двух аспектов. Первый аспект предполагает защиту электродвигателя от высокочастотных помех, возникающих на выходе работающих преобразователей частоты (ПЧ). Для решения этой задачи применяются двигательные фильтры. Второй аспект предполагает защиту ПЧ от помех из сети и ограничение излучения помех в сеть. Для решения этой задачи применяются сетевые фильтры.

Целью данной работы является выбор оптимальной структуры и параметров пассивных сетевых и двигательных фильтров для преобразователей частоты в асинхронном электроприводе. Назначение двигательных фильтров – подавление высокочастотных помех, возникающих на выходе работающих ПЧ, и снижение скорости нарастания напряжения и тока на фазах нагрузки (двигателей), защита изоляции двигателей от пробоя, предотвращение преждевременного износа подшипников.

Поставленная цель достигается методом математического моделирования на основе теории электрических цепей с распределенными параметрами. В результате проведенной работы была построена математическая модель электрического кабеля, были созданы программы моделирования в среде MathCAD, проанализированы различные варианты фильтров, разработаны программы и методики для выбора структуры и расчета параметров двигательных фильтров.

Были проанализированы переходные процессы в системах типа:

- ПЧ – кабель;
- ПЧ – кабель – АД;
- ПЧ – фильтр – кабель – АД.

При этом были рассмотрены конфигурации следующих фильтров:

- фильтр типа индуктивность – кабель – активное сопротивление (L ... R фильтр);
- Г-образный фильтр, устанавливаемый непосредственно на выходе ПЧ, вида индуктивность – активное сопротивление (L – R фильтр);
- фильтр, состоящий из индуктивности и в параллель ей включенного активного сопротивления (L R фильтр);

- L фильтр;
- Г-образный L-C фильтр;
- L R-C фильтр;
- L R-C-R фильтр;
- Г-образный LCR фильтр.

В результате были сделаны следующие выводы:

1. В структуру двигательного фильтра должны входить как минимум одна индуктивность, одна емкость и один резистор в каждой фазе, чтобы иметь возможность:

- эффективно ограничить перенапряжения в кабеле и на двигателе;
- подавить высокочастотный шум в напряжениях и токах (то есть до минимума свести радиоизлучение кабеля);
- ограничить скорость нарастания напряжения на двигателе (то есть защитить обмотки двигателя и подшипники).

2. Из рассмотренных вариантов двигательных фильтров всем требованиям в наибольшей степени удовлетворяет LCR фильтр (рис. 1). Он обладает следующими свойствами:

- позволяет сформировать заданный вариант переходного процесса в широком диапазоне изменения длины кабеля (проверено в диапазоне длины кабеля от 1 до 1600м);
- потери энергии незначительны;
- расчет параметров может быть осуществлен с помощью сравнительно простых аналитических зависимостей;
- переходный процесс в широком диапазоне длины кабеля имеет стандартный вид.

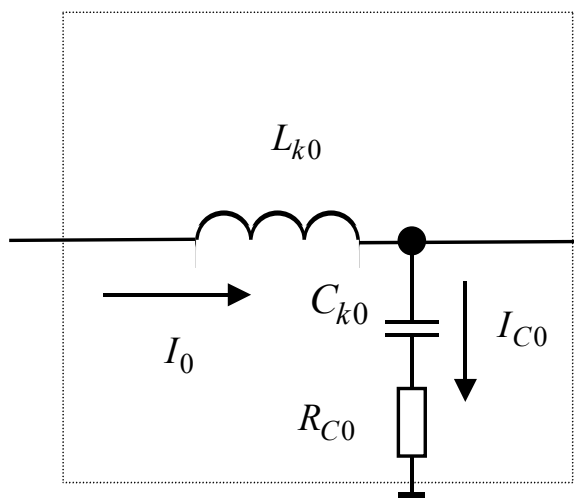


Рис. 1. Схема LCR - фильтра

3. По совокупности всех исследований структуру LCR фильтра можно рекомендовать к широкому промышленному внедрению.

4. В отдельных случаях возможно применение L ... R, L – R, L R, L R-C и L R-C-R фильтров в соответствии с теми рекомендациями по параметрам кабеля, которые приведены в соответствующих разделах. Качество переходных процессов в системах с указанными типами фильтров низкое. Параметры таких фильтров могут быть рассчитаны с помощью разработанных программ путем последовательного приближения к наилуч-

шему качеству процесса при заданных параметрах кабеля.

5. L-фильтр и Г-образный L-C-фильтр применять не рекомендуется. Из-за отсутствия демпфирования переходные процессы в системах с такого типа фильтрами имеют чрезвычайно слабо затухающий характер. Можно сказать, что система ПЧ – фильтр – кабель – АД с двумя последними типами фильтров представляет собой мощный высокочастотный генератор.

Отечественными и мировыми стандартами регламентируются предельные допустимые помехи на электромагнитную совместимость. Игнорирование этих требований чревато проблемами эксплуатации электрооборудования. В связи с этим существует проблема выявления наиболее рациональных путей построения сетевых фильтров (рис. 2) в современных электроприводах переменного тока. Назначение сетевых фильтров – защита преобразователей частоты от сетевых промышленных помех и защита питающей сети переменного тока и других потребителей электрической энергии от помех, создаваемых работой полупроводниковых преобразователей.

Данная проблема может быть решена методом математического моделирования электромагнитных процессов, протекающих в системе «Сеть переменного тока – сетевой фильтр – неуправляемый выпрямитель – автономный инвертор напряжения – асинхронный двигатель».

На данный момент разработаны математические модели и программы для расчета переходных процессов в системе «Сеть переменного тока – блок входных линейных реакторов – неуправляемый выпрямитель – емкостный фильтр – автономный инвертор напряжения – асинхронный двигатель», проведен гармонический анализ тока, проанализированы различные варианты фильтров, исследован характер электромагнитных процессов при заданных параметрах сети, линейных реакторов и цепи нагрузки, в результате чего обоснованы и сформированы методики для определения параметров линейных реакторов. Все расчеты и модели создавались в среде MathCAD.

Так как одним из основных исходных параметров в моделях является начальное напряжение на конденсаторе фильтра, была создана программа автоматического подбора этого параметра. Эта программа является одним из важных результатов работы.

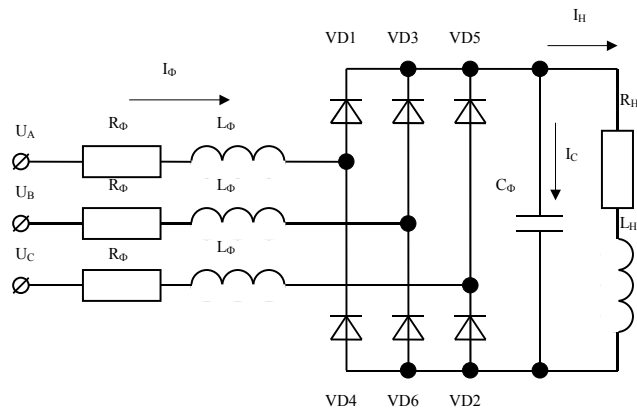


Рис. 2. Схема неуправляемого выпрямителя

#### Список литературы

1. Отчеты кафедры
2. <http://www.abb.com/>
3. <http://www.mitsubishi-automation.com/>
4. <http://www.siemens.com/>
5. <http://www.triol.ru/>