

МЕХАНИЗМЫ ПОМЕХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Мазай С.В.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Соломенцев В.М.

Сибирский федеральный университет

Электромагнитная совместимость (ЭМС) приобретает все большее значение для приводной техники. Технический прогресс приводит все к большей и большей концентрации электрических и электронных компонентов на все меньшей площади. Одновременно увеличиваются тактовые частоты устройств обработки информации и приводной электроники. Вследствие этого все больше увеличивается опасность взаимного воздействия и связанного с этим нарушения функционирования.

Электромагнитное воздействие оказывает влияние в основном на высоких частотах. Это значит, что правильное функционирование установки достигается только тогда, когда монтаж, наряду с производственно-техническими требованиями, удовлетворяет также требованиям к высокочастотной технике (заземление, экранирование, фильтрация)

Самый простой способ добиться ЭМС – это принять ее в расчет при проектировании. Последующие меры, в общем, значительно обширнее. Они часто слишком дорогие из-за недостатка места и требуют дополнительных расходов, связанных с монтажом и простым оборудованием.

Механизмы помех при использовании преобразователей

При эксплуатации преобразователей с промежуточным звеном постоянного тока возникают некоторые эффекты, которые можно объяснить только обладая точным знанием принципа действия преобразователей.

Преобразователь образует из синусоидального переменного напряжения сети выходное напряжение, амплитуда и частота которого могут изменяться в широком диапазоне. Для этого напряжение сети выпрямляется до так называемого напряжения промежуточного звена. Из этого напряжения промежуточного звена с помощью инвертора образуется импульсное выходное напряжение. С помощью регулятора ширина импульса выходного напряжения варьируется так, что на индуктивности двигателя устанавливается приближенный к синусоидальному ток (широтно-импульсная модуляция = ШИМ). Коммутация в ключевом режиме выходного напряжения необходима для того, чтобы удерживать малую величину потерь на инверторе и тем самым достичь высокого КПД. На рисунке 1 изображена структурная схема преобразователя с промежуточным звеном постоянного тока.

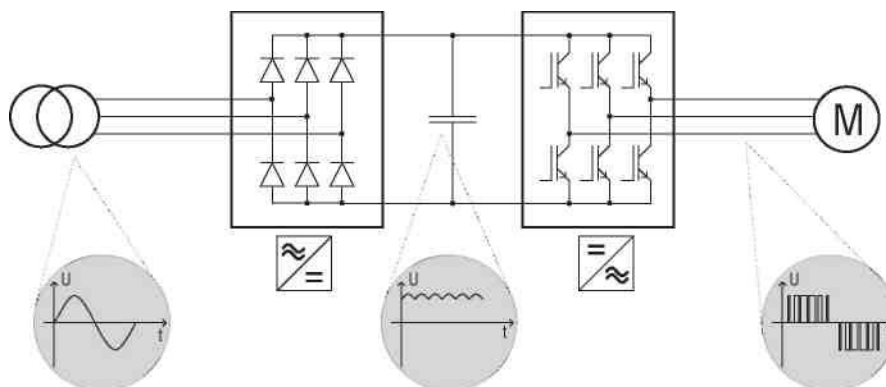


Рис. 1. Структурная схема преобразователя с промежуточным звеном постоянного тока

Тактируемое выходное напряжение и выходной ток изображены на рисунке. 2. Крутизна фронта прямоугольного импульса очень большая, могут достигаться значения от нескольких кВ/мкс.

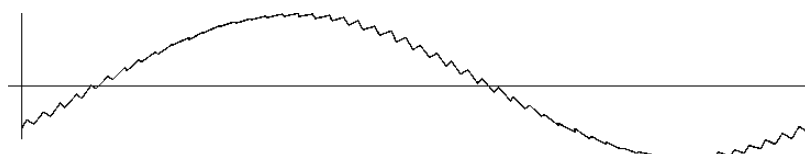


Рис. 2. Выходное напряжение и выходной ток преобразователя

Чем больше напряжение и крутизна фронта сигнала, тем больше высокочастотных составляющих содержит сигнал. Так как при использовании преобразователя частоты обе величины имеют очень большие значения, то соответственно высок уровень помех. На рисунке 3 показан типичный спектр частот выходного напряжения.

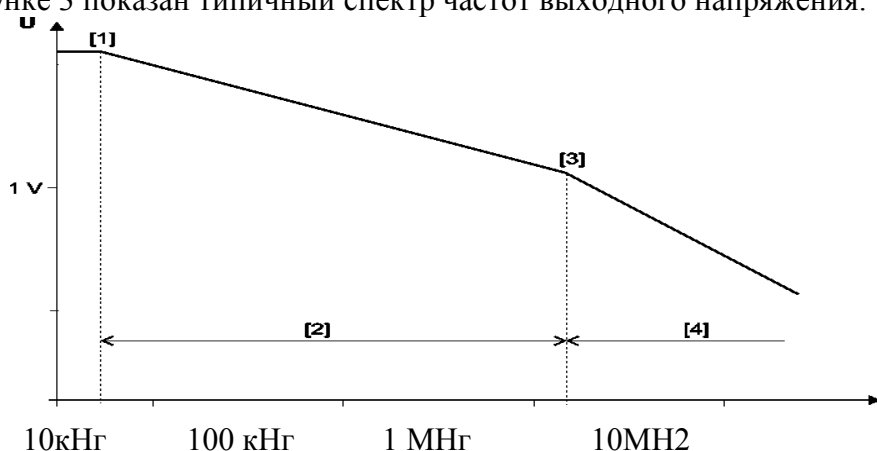


Рис. 3. Огибающая спектра частоты выходного напряжения преобразователя

[1] = тактовая частота преобразователя

[2] = спад, пропорциональный $1/f$

[3] = обратная величина времени нарастания выходного напряжения

[4] = спад, пропорциональный $1/f^2$

Принцип действия преобразователя вызывает некоторые типичные механизмы помех, которые далее будут рассмотрены более подробно.

Излучение

Выходное напряжение преобразователя частоты содержит высокочастотные составляющие, обусловленные функцией назначения. В зависимости от скорости переключения силового полупроводникового прибора в инверторе (обычно IGBT-модули) составляющие напряжения не позволяют пренебречь гармониками вплоть до диапазона частоты в 100 МГц. Итак, уже при коротких длинах линий происходит заметное излучение.

Это может привести к тому, что будут превышены существующие для этой сферы применения предельные значения излучения и помехи смогут оказывать воздействие на соседние линии. Против этого действуют следующие меры:

Экранирование

При правильном экранировании излучение может быть снижено. Экран при этом должен быть подключен с обоих концов. При длинных линиях действие экрана может быть улучшено путем многократного подключения экрана по всей длине. Также

заглушает излучение прокладка стального бронированного кабеля в металлической трубке или в металлическом кабельном канале, хотя, конечно, она не так эффективна, как медный экран.

Ферритовые сердечники

Ферритовые сердечники действуют при высоких частотах как последовательное подключение индуктивности и сопротивления. Вместе с емкостью линии ферритовый сердечник образует фильтр низких частот, с помощью которого уменьшаются фронты импульса выходного напряжения. При правильном расчете параметров можно уложиться в существующие нормы по предельным значениям излучения. Также вследствие этого значительно уменьшается возможность излучения помехи выходной линии.

Тот же самый эффект имеет режекторный фильтр; там уже встроены маленькие конденсаторы.

Выходной фильтр (синусоидальный фильтр)

Фильтр генерирует из тактированного выходного напряжения выходное напряжение, приближающееся к синусоидальному. При правильной установке фильтра очень сильно уменьшается уровень помех на линии и, тем самым, излучение.

Ток утечки

Каждый кабель обладает паразитной емкостью. Через эту емкость на землю стекают высокочастотные токи, вызванные импульсами напряжения с частотой ШИМ, так называемые токи утечки. Эти токи представляют собой короткие остроконечные импульсы.

В установке с недостаточным, не соответствующим высоким частотам выравниванием потенциалов эти пики тока утечки могут вызвать скачки потенциала, которые приведут к помехам. Кроме того, токи утечки порождают высокочастотные магнитные поля, которые могут индуцировать в петлях проводников напряжения помехи.

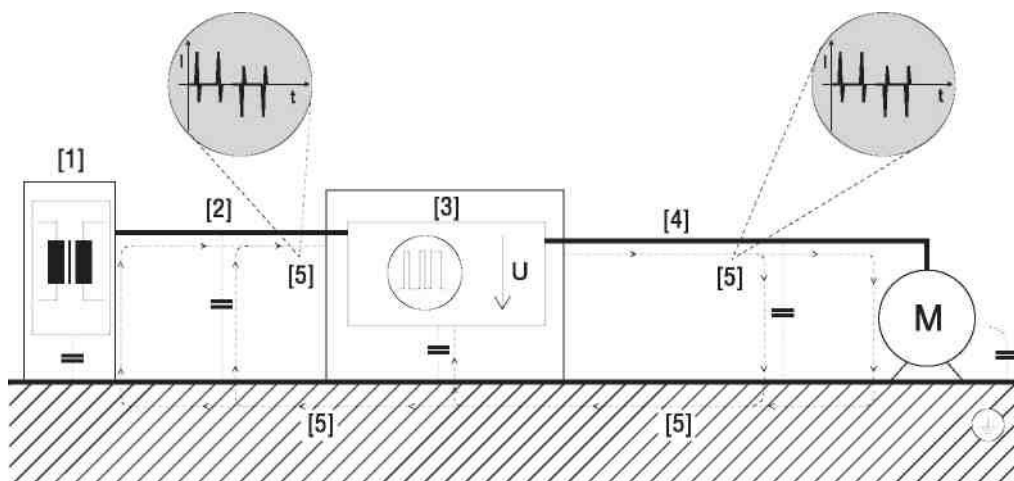


Рис. 4. Преобразователь с выходными линиями и двигателем

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| [1] = сетевой трансформатор | [4] = кабель двигателя |
| [2] = сетевая кабель | [5] = ток утечки |
| [3] = преобразователь | |

Паразитная емкость линии значительно увеличивается при экранировании (типичный коэффициент 2-3). Поэтому в неблагоприятных случаях экранирование выходных линий может привести к возникновению помех, так как при повышении паразитной емкости токи утечки возрастают и их высокочастотная составляющая увеличивает-

ся. В таких случаях для подавления помех следует применять выходные фильтры или ферритовые сердечники вместо экранированных линий.

Важнейшим средством подавления помех против действия высокочастотных токов утечки является соответствующая высокочастотным требованиям схема заземления в электрошкафу и установке.

При использовании преобразователей ток утечки обычно выше 3,5 мА. Это предъявляет особые требования к заземлению.

Гармоники тока сети

На рисунке 1 показана структурная схема преобразователя. На сетевом входе работает выпрямитель с конденсатором промежуточного контура для буферизации энергии. Такое расположение позволяет ему подзаряжаться от сети только тогда, когда мгновенное значение напряжения сети выше мгновенного значения напряжения промежуточного звена (Рис. 5).

Ток сети не синусоидальный и содержит высокочастотную гармонику, которая приводит к искажению напряжения сети. Вследствие этого увеличиваются потери и происходит ограничение функций оборудования. Кроме того, сетевые гармоники являются причиной более высокого, по сравнению с выходным током, тока, потребляемого из сети.

Содержание высших гармоник может быть уменьшено с помощью компенсирующего устройства. Для предотвращения опасности сетевого резонанса изготовители компенсирующих устройств рекомендуют применять компенсирующие устройства с дросселем, если мощность подключенных преобразователей превышает 20 – 25 % от общей потребляемой мощности.

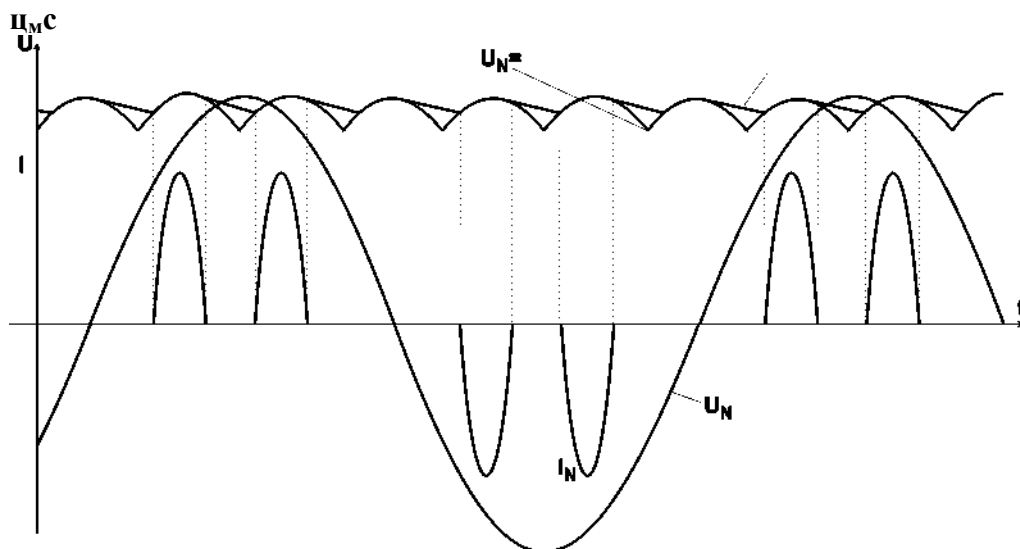


Рис. 5. Напряжения и токи в преобразователе

I_M = ток сети

U_N = напряжение сети фаза - фаза

U_N = выпрямленное напряжение сети U_{NC} = напряжение на конденсаторе промежуточного контура