

ЭМС на электротранспорте

Куковинец Олег
Инженер – ИЦ Камаз

Емкостная связь

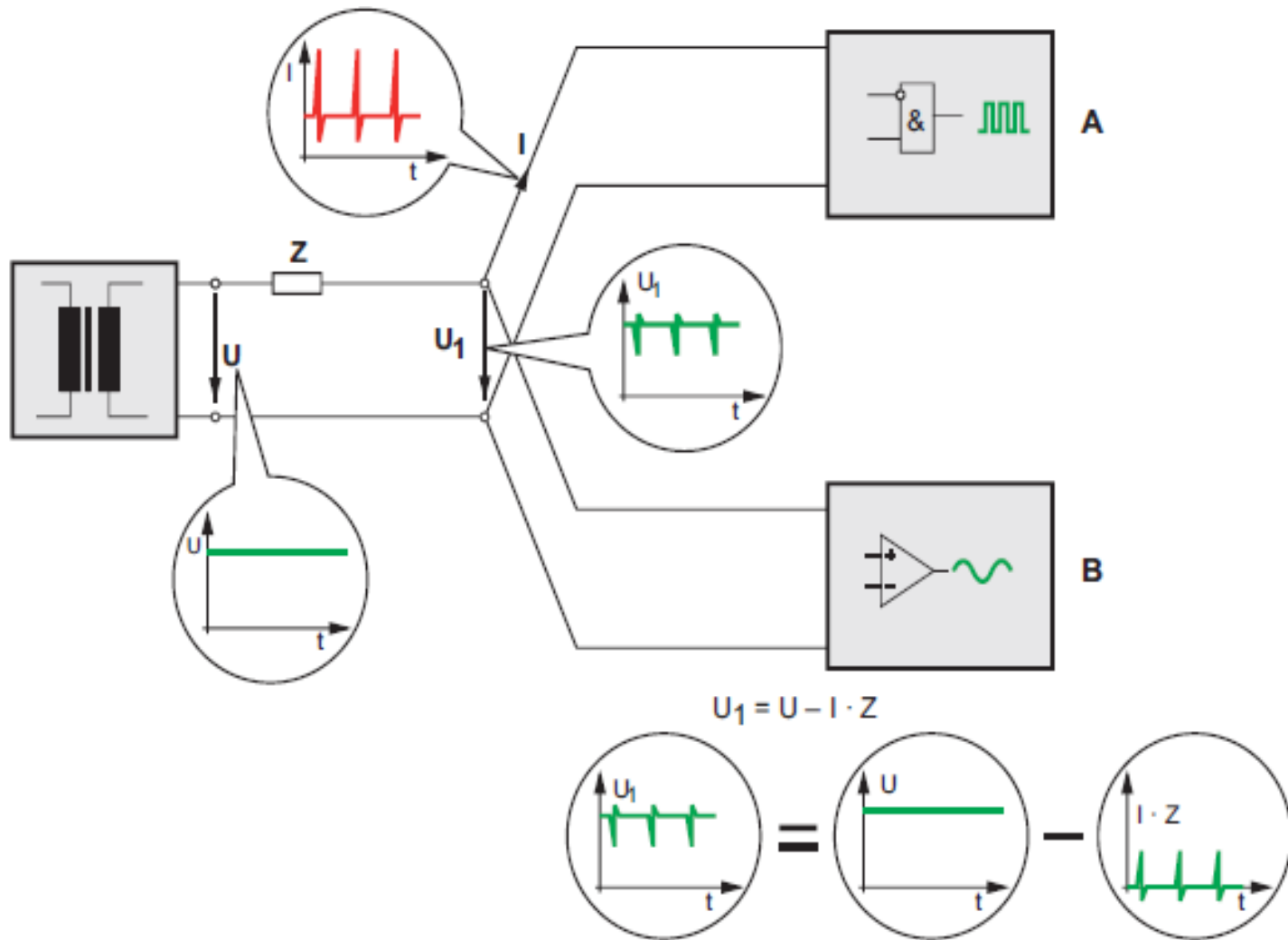
Факторы влияния на наведение помехи:

- Измеряемое сопротивление: чем больше измеряемое сопротивление, тем выше напряжение помехи по емкостной связи, вызываемое током I_s .

- Расстояние между проводниками: чем оно больше, тем меньше C_p и меньше I_s . C_p тем больше, чем ближе проводники располагаются друг к другу и чем длиннее расстояние их параллельного соседства.

- Амплитуда изменяющегося напряжения: Is тем больше, чем больше амплитуда изменяющегося напряжения в кабеле-источнике помехи.

- Скорость изменения напряжения в кабеле-источнике помехи: чем больше скорость изменения, тем выше I_s .

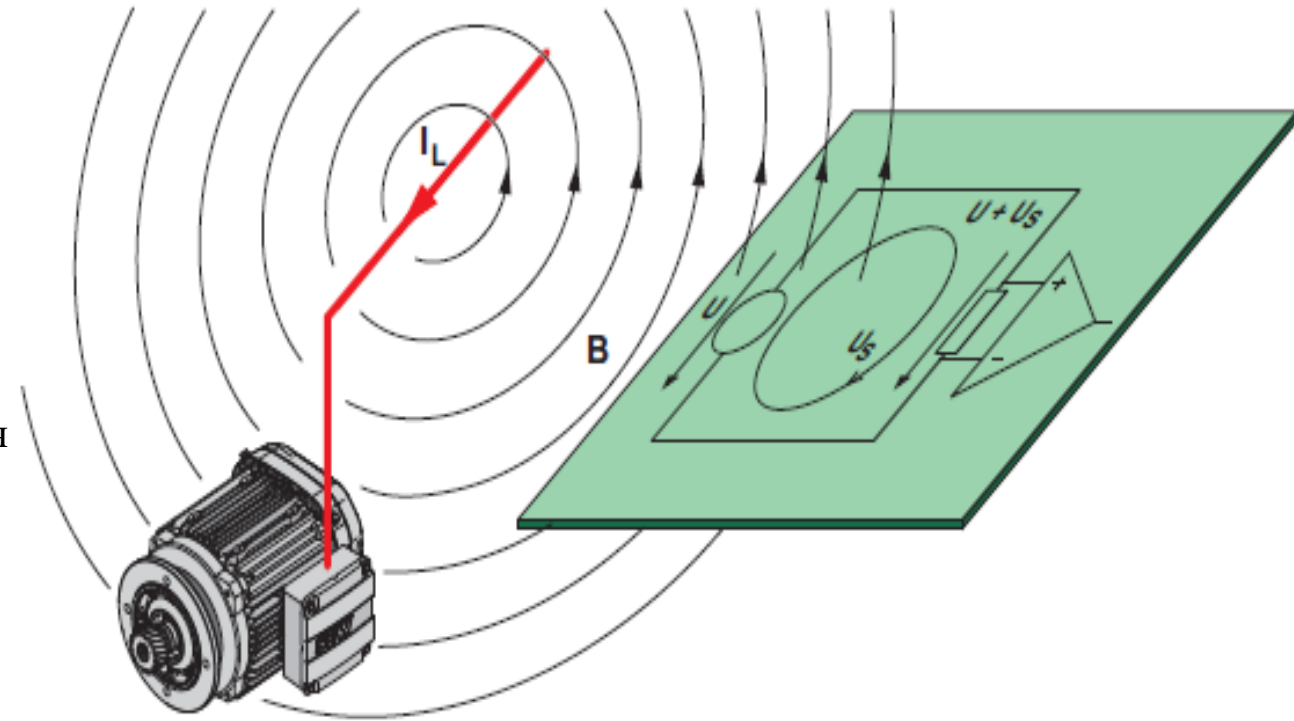


Индуктивная связь

Способы борьбы:

- Увеличить расстояние: наведенное напряжение уменьшается с увеличением расстояния
- Ориентация: если плату расположить параллельно электромагнитным волнам, то наведенное напряжение уменьшится практически к нулю
- Частота тока I_L . Чем меньше частота, тем меньше наведенное напряжение.
- Площадь контуров цепей на плате. Уменьшение площади контуров цепей на плате значительно уменьшает напряжение помехи в этой цепи от электромагнитных полей.

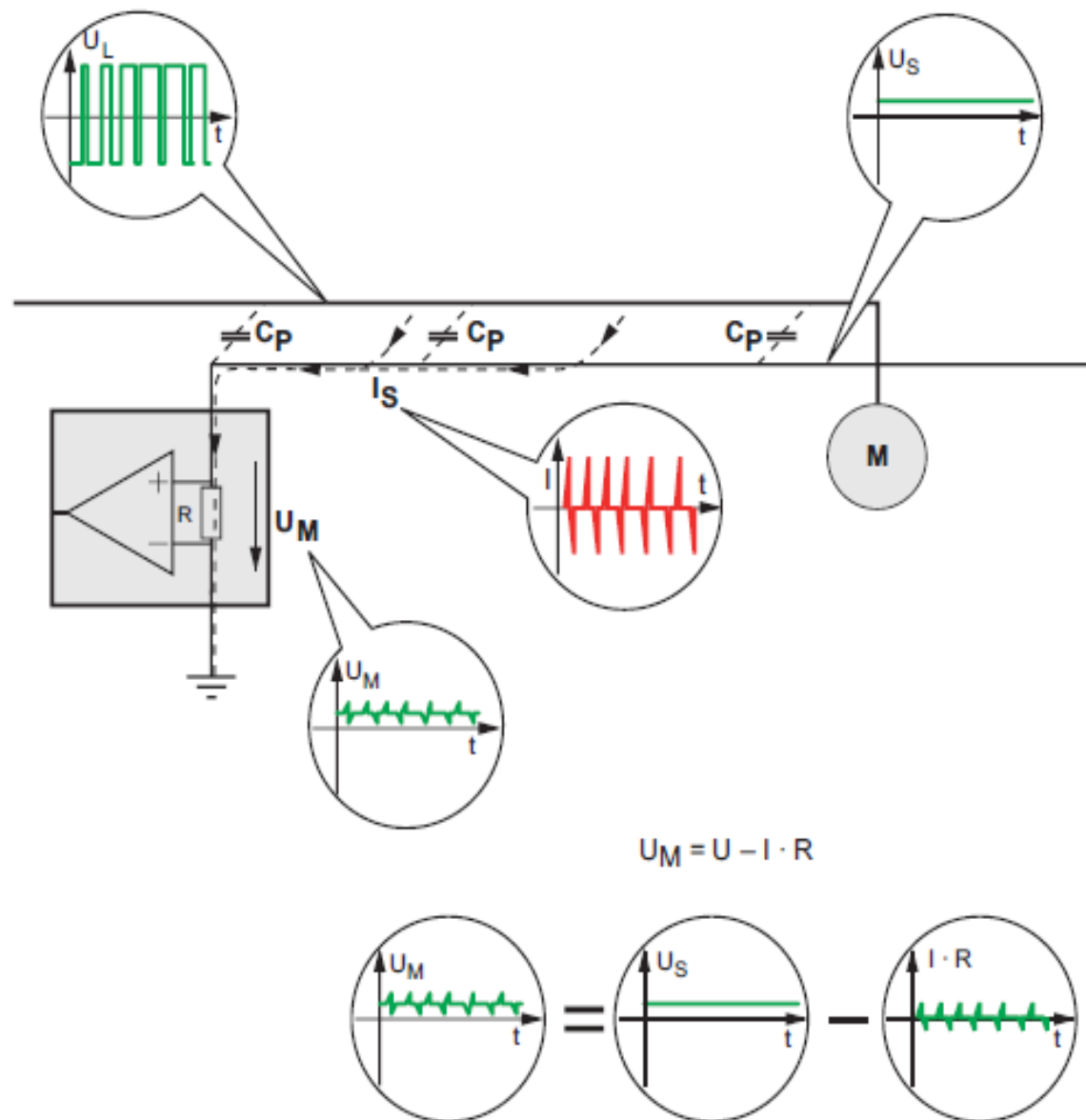
Наведенные напряжения могут возникать также при вибрации нежестко закрепленных компонентов и приборов в частотном электромагнитном поле.



Емкостная связь

Факторы влияния на наведение помехи:

- Сопротивление измерения: чем выше сопротивление измерения, тем выше напряжение помехи по емкостной связи, вызываемое током I_s .
- Расстояние между проводниками: чем оно больше, тем меньше C_p и меньше I_s . C_p тем больше, чем ближе проводники располагаются друг к другу и чем длиннее расстояние их параллельного соседства.
- Амплитуда изменяющегося напряжения: I_s тем больше, чем больше амплитуда изменяющегося напряжения в кабеле-источнике помехи.
- Скорость изменения напряжения в кабеле-источнике помехи: чем больше скорость изменения, тем выше I_s .



Волновая связь

Таблица показывает, что в высокочастотном диапазоне, который используется всё чаще, электрические компоненты расположенные на малых расстояниях могут быть подвержены магнитному полю и могут выступать в качестве передающих или излучающих антенн:

50 Гц – 6000 км

100 Гц – 3000 км

1 кГц – 300 км

10 кГц – 30 км

1 МГц – 300 м

100 МГц – 3 м

1 ГГц – 30 см

$$\lambda = c / f$$

λ – длина волны

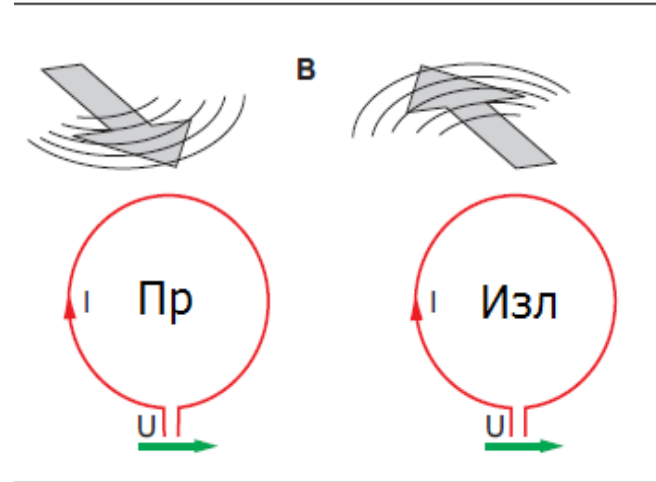
f – частота сигнала

c – скорость

распространения света в
вакууме (299 792 458 м/с)

Два главных типа антенн:

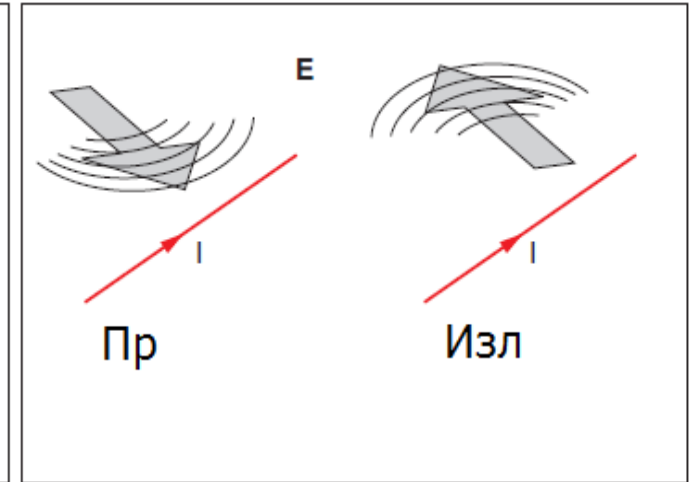
Магнитные



B – магнитное поле

E – электрическое поле

Электрические



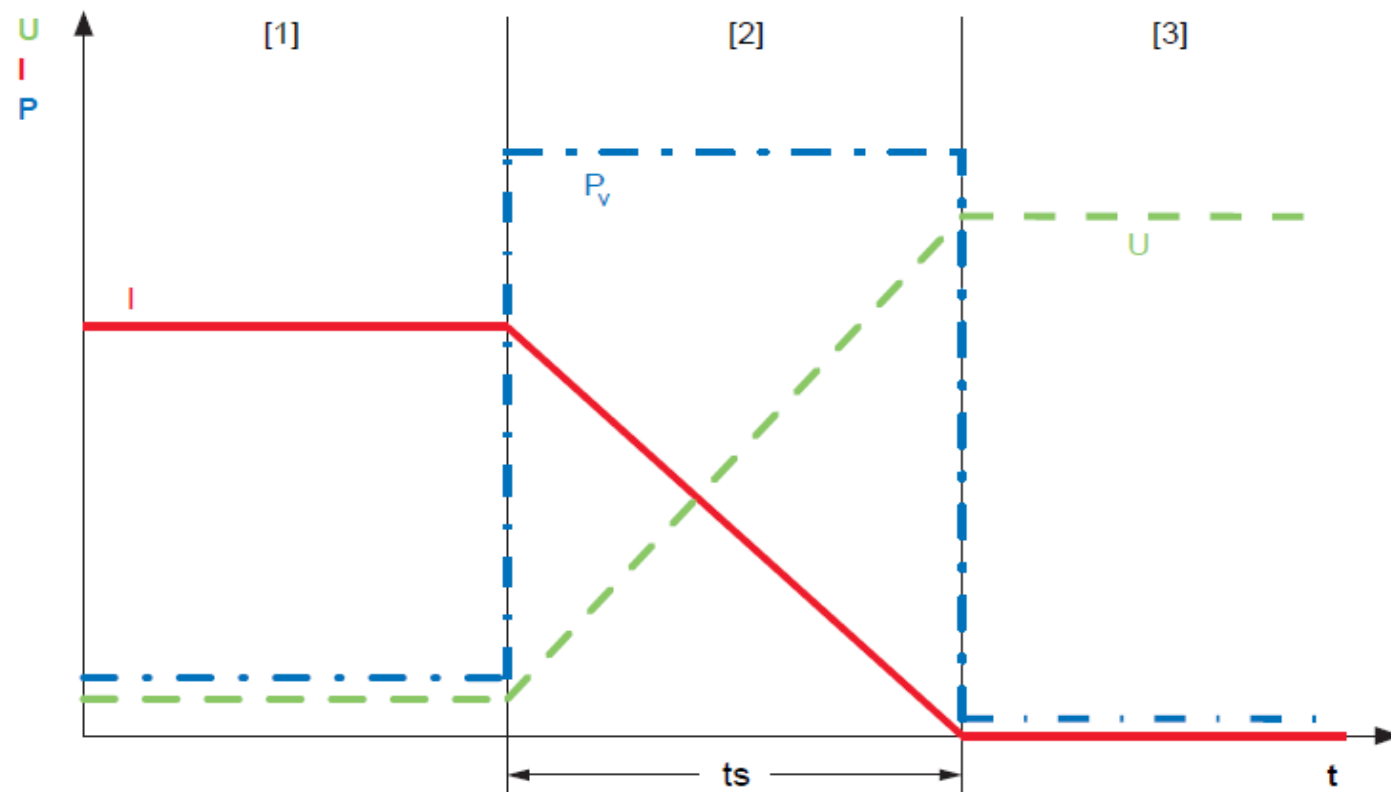
Пр – проводник / приемная
антенна

Изл – проводник / излучающая
антенна

Особенности ЭМС частотных инверторов.

Особенности ЭМС инверторов:

- Краткое время переключения и низкая несущая частота – залог высокого КПД.
- Длительное время переключения и низкая несущая частота – залог хорошей ЭМС от транзисторов инвертора.
- Высокая несущая частота – залог хорошей динамики регулирования тягового привода.



U - Напряжение на силовых транзисторах инвертора

I - Ток нагрузки силовых транзисторов

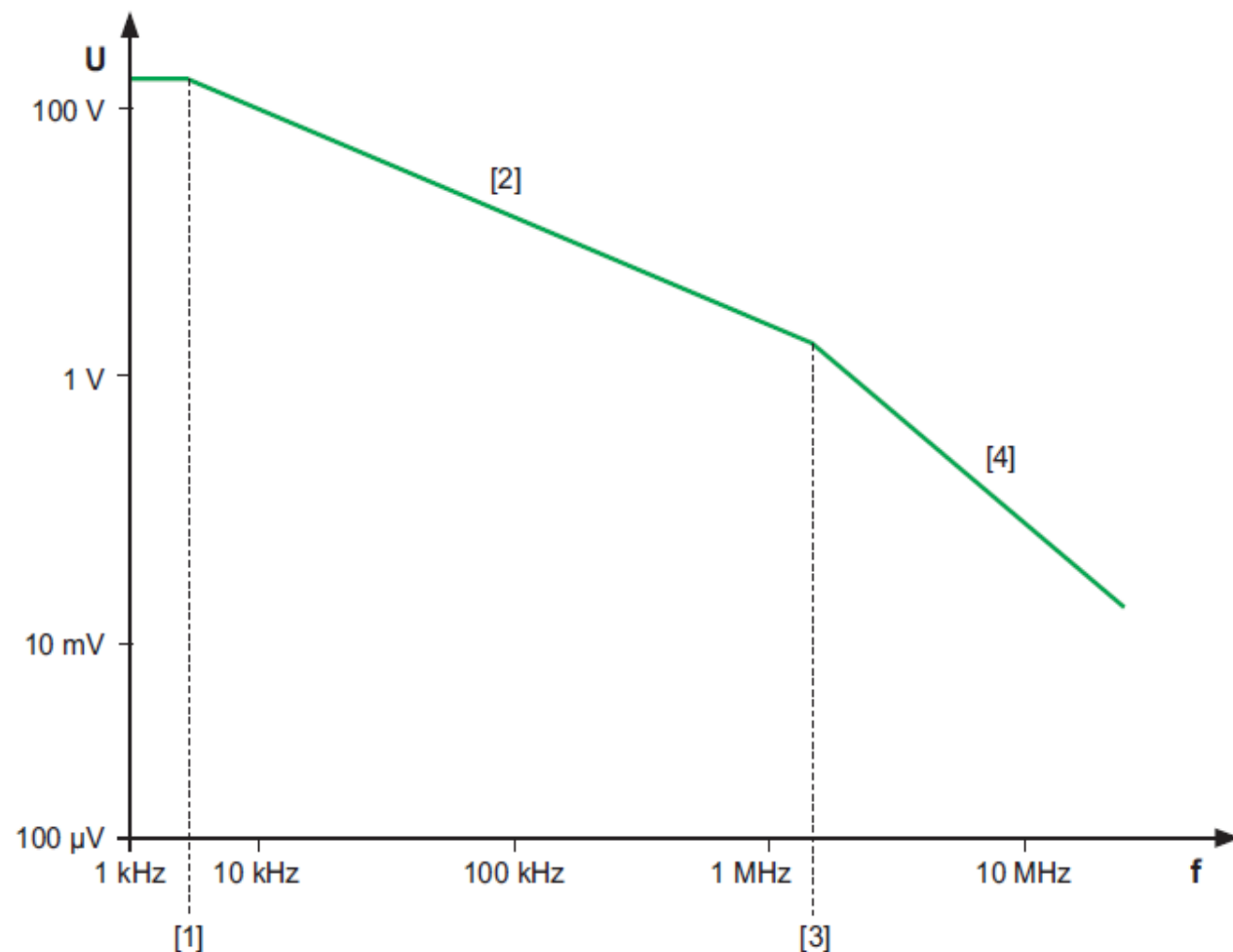
P_V - Тепловые потери на транзисторе

t_s - время переключения

Электромагнитное излучение инвертора.

Амплитуда и частота ЭМИ зависит от многих факторов, наиболее важные:

- типы проводников и как они установлены
- заземление и паразитные сопротивления
- геометрия электросистемы



[1] - несущая частота инвертора

[2] - амплитуда импульсов уменьшается пропорционально $1/f$

[3] - $1/(\text{время переключения})$

[4] - амплитуда напряжения уменьшается пропорционально $1/f^2$

Токи утечки инвертора

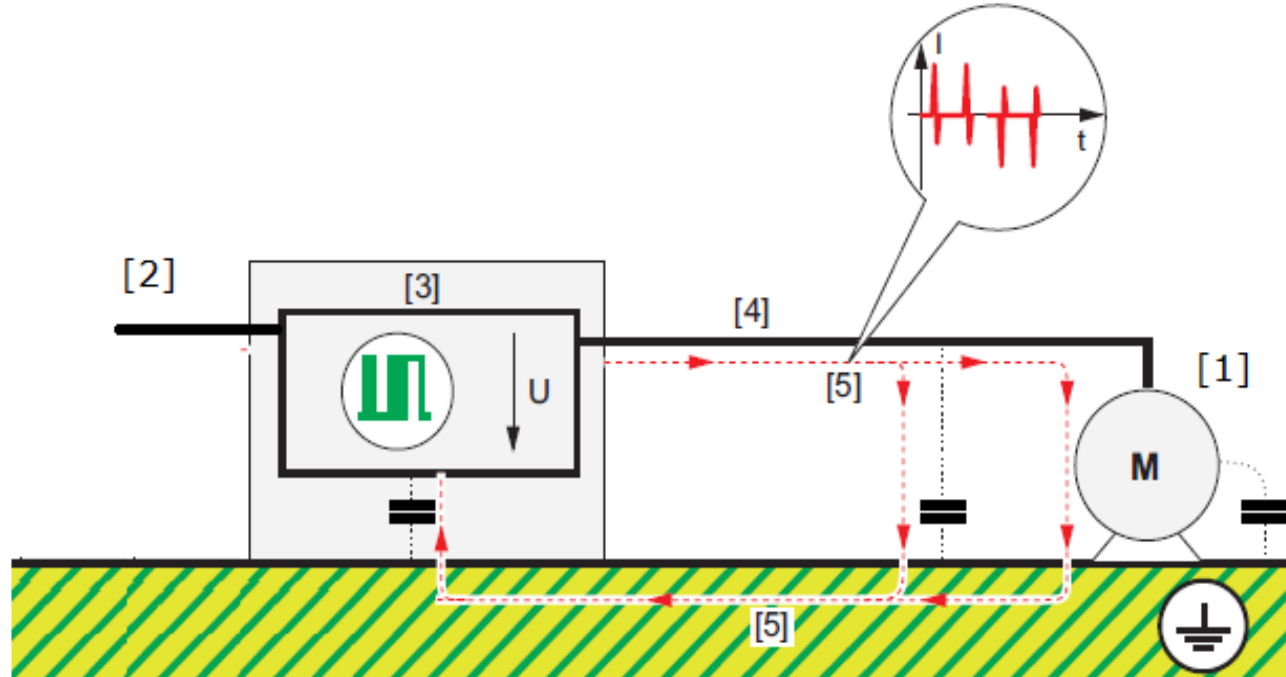
Амплитуда и частота ЭМИ от токов утечки зависят от многих факторов, наиболее важные:

- типы проводников и как они установлены
- заземление и паразитные сопротивления
- геометрия электросистемы

Успех ЭМС в отношении токов утечки инвертора в основном зависит от проводников заземления РЕ и дополняющих их проводников уравнивания потенциала, проложенных с возможностью отвода высокочастотных помех.

Кабели на выходе инвертора должны быть как можно короче и иметь как можно меньше паразитную емкость.

Приближено к идеальному случаю в системах, где инвертор устанавливается в корпусе электродвигателя.



- [1] - электродвигатель
- [2] - питающий кабель
- [3] - частотный инвертор
- [4] - кабель моторный
- [5] - ток утечки

Спасибо за внимание

Куковинец Олег
KukovinetsOV@kamaz.ru