

Методы ограничения бросков тока импульсных источников питания

Семёнов Артём Николаевич

В наше время существует широкая номенклатура специализированных функциональных микросхем, которые содержат схемы управления и борьбы с бросками тока импульсных источников питания. Данные схемы реализуют разные методы коррекции бросков тока.

В представленной статье рассмотрены основные методы ограничения бросков тока, которые применяются в схемах импульсных источников питания. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, которые влияют на выбор оптимальной функциональной схемы.

1. Метод «граничного» управления.

Данный метод выполняет управление на границе между режимами безразрывных и разрывных токов. Этот метод является наиболее простым для понимания общих принципов борьбы с бросками тока импульсных источников питания. Функциональная схема применения данного метода, ограничения бросков тока импульсных источников питания, указана на рисунке 1, а диаграмма токов изображена на рисунке 2 [1].

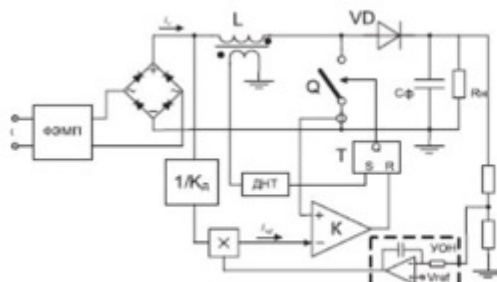


Рисунок 1 - Схема «граничного» управления

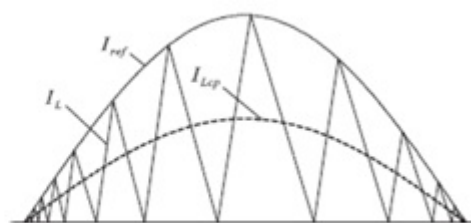


Рисунок 2 – Диаграмма токов «граничного управления»

Преимущества этого метода [2]:

- «мягкие» условия переключения силового диода V_{DO} ;
- простая схема управления;
- малые динамические потери при открывании ключа Q.

Недостатки этого метода [2]:

- изменение частоты переключения в течение полупериода питающего напряжения и ее зависимость от нагрузки и входного напряжения;
- возникновение режима разрывных токов, которые сопровождаются значительными бросками тока.

2. Метод управления по пиковому значению тока.

Функциональная схема, данного метода, ограничения бросков тока импульсных источников питания, а также системы управления указана на рисунке 3. Здесь характер изменения потребляемого тока отличается от того, который изображён на рисунке 2 и имеет вид, указанный на рисунке 4 [1].

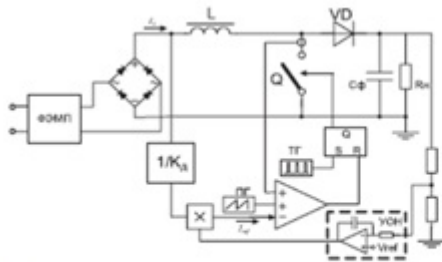


Рисунок 3 – Схема управления по пиковому значению тока

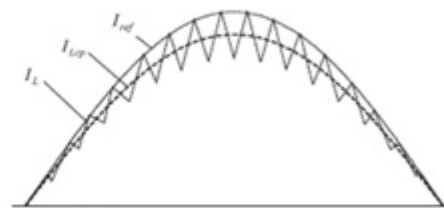


Рисунок 4 – Диаграммы токов при управлении по пиковому значению тока

Преимущества этого метода [2]:

- постоянная частота переключения;
- необходимость лишь одного датчика тока, который позволит ограничить пиковое значение тока дросселя в пределах каждого такта.
- режим безразрывных токов, который сопровождается малыми выбросами тока при меньшем его среднеквадратическом значении, позволяющее применять малогабаритный входной фильтр;

Недостатки этого метода [2]:

- чувствительность к помехам, которые возникают при коммутации;
- искажения формы кривой входного тока, которые возрастают при уменьшении нагрузки и при увеличении входного напряжения;
- жесткие условия закрывания силового диода, которые приводят к увеличению динамических потерь и, как следствие, к высокому уровню высокочастотных помех.

3. Метод управления по среднему значению тока.

Функциональная схема данного метода ограничения бросков тока импульсных источников питания, указана на рисунке 5. Форма кривой потребляемого тока представлена на рисунке 6 [1].

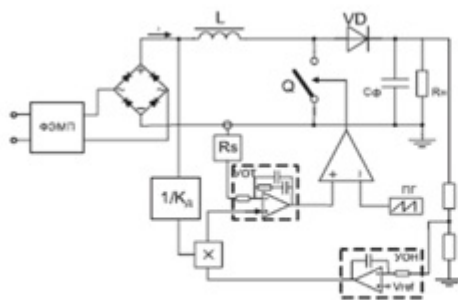


Рисунок 5 – Схема управления по среднему значению тока

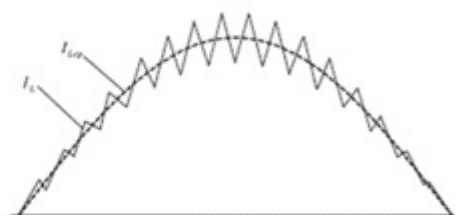


Рисунок 6 – Диаграммы токов при управлении по среднему значению тока

Преимущества этого метода [2]:

- режим безразрывных токов;
- постоянная частота переключения;
- устойчивость к коммутационным помехам.

Недостатки данного метода [2]:

- жесткие условия закрывания силового диода.
- сравнительно сложная схема управления, которая требует включения датчика тока

в цепь дросселя и наличия инверсного входа;

4. Метод разрывных токов с использованием ШИМ.

Этот метод, по своему принципу, приближен к «граничному» методу. Отличия есть в том, что открывание ключа Q выполняется не по достижению нуля тока дросселя L , а по сигналу от тактового генератора (ТГ). При этом некоторое время ток дросселя будет $= 0$, что и характеризует режим разрывных токов [1].

Функциональная схема этого метода ограничения бросков тока импульсных источников питания указана на рисунке 7, а форма кривой тока изображена на рисунке 8 [1].

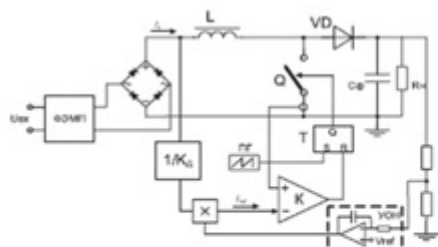


Рисунок 7 – Схема метода разрывных токов с использованием ШИМ

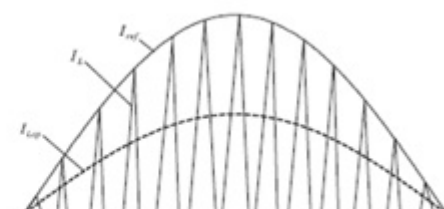


Рисунок 8 – Диаграммы токов при управлении по методу разрывных токов с использованием ШИМ

Преимущества данного метода [2]:

- постоянное время открытого состояния ключа;
- постоянная частота переключения;
- «мягкие» условия переключения силового диода;
- простая схема ШИМ-управления.

Недостатки данного метода [2]:

- увеличенные габариты и масса ФЭМП.
- режим разрывных токов;

Далее рассмотрим пример функционирования схемы в момент включения импульсного источника питания, например, блока питания компьютера, сглаживающий конденсатор выпрямителя полностью разряжен. Бросок зарядного тока, в особенности в том случае, когда емкость конденсатора велика, может привести к срабатыванию автоматов защиты сети, или, даже, к выходу из строя выпрямительных диодов [3].

Несмотря на то, что эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора, а также сопротивление и индуктивность проводов уменьшают бросок тока, пиковые значения могут достигать десятков ампер. Эти броски приходится принимать во внимание при выборе диодов выпрямителя, но наиболее заметно их влияние на срок службы конденсатора. Схема, позволяющая ограничивать выбросы тока при включении, показана на рисунке 9 [3].

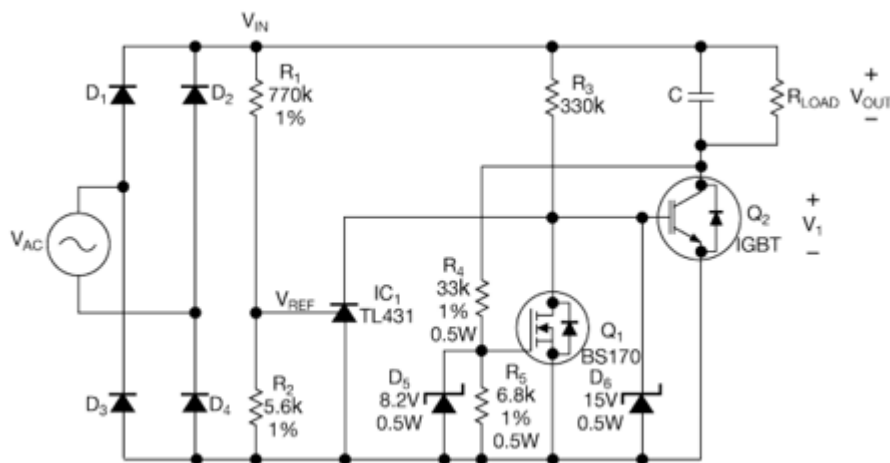


Рисунок 9 — Схема позволяющая ограничивать выбросы тока при включении и защищать нагрузку от перенапряжений свыше 380В

Если в момент включения мгновенное значение выпрямленного переменного напряжения сети больше 14В, MOSFET транзистор Q1 будет включен, вследствие чего IGBT транзистор Q2 выключен, и конденсатор не заряжается.

Если же выпрямленное напряжение меньше, чем напряжение на конденсаторе плюс 14В ($V_1 = V_{IN} - V_{OUT} \leq 14В$), Q1 выключен, а Q2 включается через резистор R3, подключая конденсатор и нагрузку (R_{LOAD}) к выпрямителю. Соответственно, Q2 остается включенным, а Q1 перестает оказывать какое-либо влияние на работу схемы [3].

В стационарном состоянии, когда напряжение на конденсаторе сравнивается с выпрямленным переменным напряжением, Q1 выключен, а Q2 включен, и заряду конденсатора ничто не препятствует.

Ограничитель тока позволяет дополнить схему защитой от перенапряжения. Если выпрямленное выходное напряжение превысит 380В, напряжение между выходом опорного напряжения и анодом микросхемы IC1 будет больше ее внутреннего опорного напряжения 2.495В, вследствие чего, напряжение анод-катод упадет примерно до 2В. Ток резистора R3 потечет в катод, и Q2 закроется [3].

Когда выпрямленное сетевое напряжение меньше 380В, катодный ток [TL431](#) практически отсутствует. Вследствие этого, Q2 включается через R3 и подключает конденсатор и R_{LOAD} к двухполупериодному выпрямителю (при условии $V_1 = V_{IN} - V_{OUT} \leq 14 В$) [3].

Мощность, рассеиваемая компонентами схемы, очень незначительна. При входном напряжении 230В с.к.з. и мощности нагрузки до 500Вт в качестве Q2 можно использовать [GP10NC60KD](#) [3].

Список использованной литературы

1. «Микросхемы для современных импульсных источников питания»: Справочник. 2-е издание/Сост.: Э.Т.Тагворян, М.М.Степанов. М.: Додэка. 2013г.
2. Семенов Б.Ю. «Силовая электроника». М.: Солон-Р. 2012г.
3. Электронный ресурс, режим доступа: <http://www.dei.unipd.it/pe1/Articoli/2015/Epe/tutorial.pdf>