

Рисунок 2 – Порядок пуска

Для обеспечения правильного пуска в схеме должны выполняться следующие условия:

$$\begin{aligned} t_1^{\min} + \Delta t_1^{\min} &> t_2^{\max}, \\ t_3^{\min} &> t_2^{\max}, \\ t_3^{\max} &< t_1^{\min} + \Delta t_1^{\min}. \end{aligned} \quad (1)$$

Время пуска всего источника в наихудшем случае будет равно

$$T_{\text{пуска}} \leq t_1^{\max} + \Delta t_1^{\max}. \quad (2)$$

Для коррекции коэффициента мощности в настоящее время широкое распространение получили следующие методы управления ККМ [1]:

- а) метод граничного управления;
- б) метод управления по пиковому значению тока;
- в) метод разрывных токов.

Оценить влияние методов управления на процесс пуска возможно путем моделирования в Micro-Cap или аналогичной PSpice совместимой программе. Для анализа этих методов в Micro-Cap были реализованы три модели ККМ. Моделирование проводилось для значений температур от -40 до +85 °С. Обеспечение выполнения условия (1) для ККМ с методом граничного управления было достигнуто при следующих значениях R2 и C2 (рис.1): R2 = 50 Ом, C2 = 100 мкФ. Выбранное значение емкости конденсатора C2 является рекомендуемым значением, приводимым в спецификациях фирм-производителей. Анализ процессов пуска AC/DC, использующего метод разрывных токов ККМ, показал, что при значении сопротивления резистора R2, равном 50 Ом, обеспечение выполнения условия (1) достигается при величине емкости конденсатора C2 1000 мкФ. Для непрерывного режима выполнение условия (1) было достигнуто с использованием конденсатора C2 емкостью 1000 мкФ, при R2=50 Ом. На рисунке 3 показан процесс пуска для метода управления по пиковому значению тока.

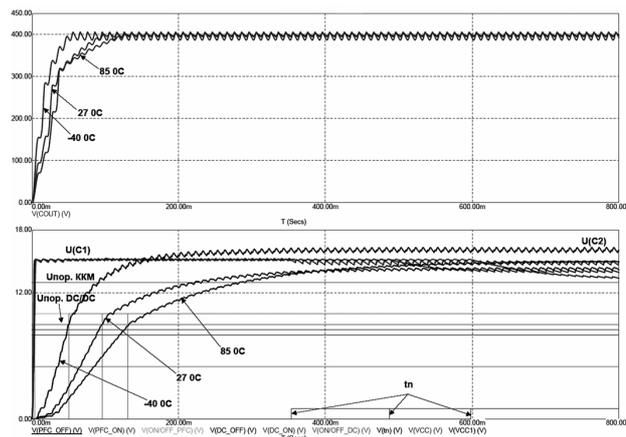


Рисунок 3 – Процессы пуска AC/DC, использующего метод управления ККМ по пиковому значению тока

Сравнение результатов моделирования трех методов управления позволяет сделать вывод о том, что на характер пуска и последовательность включения обеих ступеней AC/DC оказывают влияние методы управления ККМ. Наилучшие результаты по времени пуска и минимальному значению емкости конденсатора C2 получаются при использовании метода граничного управления. Для всех трех методов управления обеспечение выполнения условия (1) достигается за счет использования различных значений емкости конденсатора C2 при постоянном значении сопротивления R2 без использования дополнительных устройств.

Обеспечение допустимого уровня напряжения на конденсаторах C1 и C2. Источники СП контроллеров обеих ступеней AC/DC должны обеспечивать уровень напряжения на конденсаторах C1 и C2, который изменяется в определенных пределах согласно введенному критерию Θ [4]

$$\Theta = \frac{U_{\text{СЛ}}^{\text{МАКС}}}{U_{\text{СЛ}}^{\text{МИН}}} < \Theta_{\text{ДОП}}, \quad (3)$$

где $U_{\text{СЛ}}^{\text{МАКС}}$ - максимальное напряжение источника СП; $U_{\text{СЛ}}^{\text{МИН}}$ - минимальное напряжение источника СП; $\Theta_{\text{ДОП}}$ - коэффициент допустимого изменения напряжения, определяемый как

$$\Theta_{\text{ДОП}} = \frac{U_{\text{ПИТ}}^{\text{МАКС}}}{U_{\text{ПИТ}}^{\text{МИН}} \cdot \xi^2 \cdot K_{\epsilon}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{ПИТ}}^{\text{МАКС}}$ - максимально-допустимое напряжение; $U_{\text{ПИТ}}^{\text{МИН}}$ - минимальное напряжение;

ξ - коэффициент запаса; K_e - коэффициент витка.

Для получения значения Θ необходимо проанализировать работу источников СП в таких режимах работы DC/DC, как КЗ и ХХ с тремя методами управления ККМ. Результаты моделирования сведены в таблицу.

Метод	С1		
	$\Theta_{доп}$	Θ	Выполнение/ K_e^*
а	1,403	1,196	ИСТИНА
б	1,403	1,266	ИСТИНА
в	1,403	1,942	ЛОЖЬ/ 2,845
Метод	С2		
	$\Theta_{доп}$	Θ	Выполнение/ K_e^*
а	1,134	1,252	ЛОЖЬ/ 1,180
б	1,134	2,090	ЛОЖЬ/ 3,060
в	1,134	2,888	ЛОЖЬ/ 3,835

* K_e - коэффициент стабилизации

Сравнивая результаты моделирования, можно сказать, что наилучшие показатели по обеспечению стабильности напряжения конденсаторов С1 и С2 показывает граничный метод управления. Для обеспечения выполнения условия $\Theta_{доп}$ для конденсатора С2 необходимо использовать простейший стабилизатор напряжения на стабилитроне, который ограничивает верхнее значение напряжения на уровне $\frac{U_{ПИТ}^{МАКС}}{\xi}$. Для остальных методов управления необходимо:

- 1) ввести дополнительный стабилизатор напряжения;
- 2) увеличить число витков вторичной обмотки.

Расчёты показывают, что для стабилизации напряжения необходимо использовать параметрические стабилизаторы или интегральные стабилизаторы серии 142ЕН.

Ограничение импульсного тока диодов D1 и D3. При анализе процессов пуска было установлено, что оптимальным значением сопротивления цепи заряда С2 является сопротивление резистора 50 Ом. При таком его значении уменьшается значение величины емкости С2, а также ограничивается ударный ток

I_{FSM} диода D3. Анализ ударного тока диода I_{FSM} D1 показал, что цепь заряда конденсатора С1 может быть реализована без дополнительного токоограничительного резистора для всех трех режимов работы ККМ. Величина тока I_{FM} для D1 и D3 находится в допустимых пределах.

Заключение. Моделирование трех методов управления ККМ показало, что наиболее оптимальным режимом с точки зрения количества используемых компонентов, их габаритов, общего времени пуска и стабилизации напряжения СП является метод граничного управления. Использование двух остальных методов требует использования конденсаторов большей емкости для выполнения условия (1) и дополнительных мер по стабилизации напряжения.

При реализации AC/DC, использующего гальваническое разделение питания контроллеров, обязательным компонентом цепи питания контроллера DC/DC является ограничительный резистор сопротивлением 50-100 Ом, позволяющий ограничивать ударный ток I_{FSM} через диод.

Библиографический список

1. Васильев А., Худяков В., Хабузов В. Анализ современных методов и технических средств коррекции коэффициента мощности у импульсных устройств // Компоненты и технологии: Силовая электроника. – 2004. – № 2.
2. Семёнов Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.: ил. (Серия «Библиотека инженера»).
3. Самойлов Л.К., Середжинов Р.Т. Анализ процессов пуска AC/DC преобразователей // Известия вузов СКНЦ ВШ, серия Технические науки. – 2008. – №4.
4. Самойлов Л.К., Середжинов Р.Т. Анализ процессов в источниках служебного питания за счет выходных каскадов двухтактных прямоходовых импульсных преобразователей // Компоненты и технологии: Силовая электроника. – 2008. – №2.