

ИССЛЕДОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ «ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ–АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»

Русский В.А., Однокопылов И.Г.

Научный руководитель: Однокопылов И.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: vrsskn@gmail.com

В настоящее время достаточно распространенной является система преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ–АД), в которой применяется двухзвенный ПЧ с автономным инвертором напряжения (АИН) ввиду таких преимуществ, как простота и широкий диапазон выходных частот. Однако электропривода, выполненные по такой системе, уязвимы к различным неисправностям в АИН. Самой распространенной и требующей наиболее тщательного рассмотрения является выход из строя IGBT модулей в результате воздействия сквозного тока в схеме полумоста инвертора преобразователя частоты. Сквозной ток возникает вследствие несанкционированного одновременного включения обоих транзисторов полумоста. К авариям в модулях могут привести следующие причины: малое «мёртвое» время; сбой в системе управления; ложное включение драйвера в результате электромагнитной помехи; неисправность драйверов; обрыв цепей управления [1].

На основе существующих на данный момент вариантов схем системы ПЧ–АД была разработана имитационная модель, позволяющая имитировать: обрыв фазы двигателя, невключение и невыключение силового транзистора преобразователя. Модель позволяет проводить разработку и исследования средств диагностики и защиты частотно-регулируемого электропривода.

При создании модели были приняты следующие допущения:

- динамические свойства IGBT–транзисторов не учтены;
- тепловые свойства двигателя, IGBT–транзисторов и сопутствующих элементов не учитываются;
- все параметры двигателя линейные;
- двигатель имеет гладкий воздушный зазор [3];
- питающая сеть представляет собой идеальный источник напряжения.

Структурная схема электропривода, разработанная при помощи программы MatLAB Simulink, изображена на рис. 1.

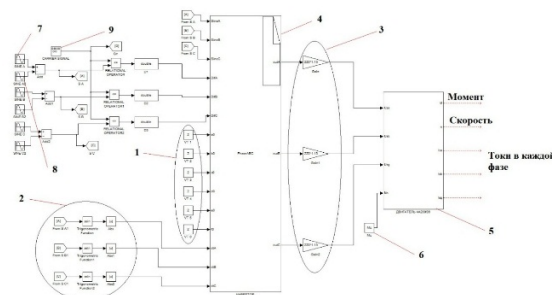


Рис. 1. Структурная схема модели ПЧ–АД. 1 – константы, определяющие состояние транзисторов (всегда закрыт – 0, всегда открыт – 1, работает нормально – 2); 2 – вспомогательные блоки для моделирования «мёртвого» времени; 3 – блоки, масштабирующие выходной сигнал; 4 – S-функция на языке C; 5 – модель АД в неподвижной естественной системе координат; 6 – момент нагрузки; 7 – модулирующий сигнал первой гармоники; 8 – модулирующий сигнал третьей гармоники; 9 – несущий сигнал

Принцип работы схемы заключается в следующем. На блок сравнения (Relational operator) поступает пилообразный несущий, с частотой 16 кГц, и модулирующий синусоидальный сигналы, имеющие одинаковую амплитуду. В момент времени, когда мгновенное значение модулирующего сигнала больше несущего по абсолютному значению, блок сравнения имеет на выходе 1, в противном случае – 0. Полученное значение с блока сравнения поступает на S-функцию, упрощённый алгоритм которой представлен блок-схемой на рис. 2. После этого выходной сигнал с блока 4 масштабируется для придания ему необходимой амплитуды и после этого подаётся на модель двигателя.

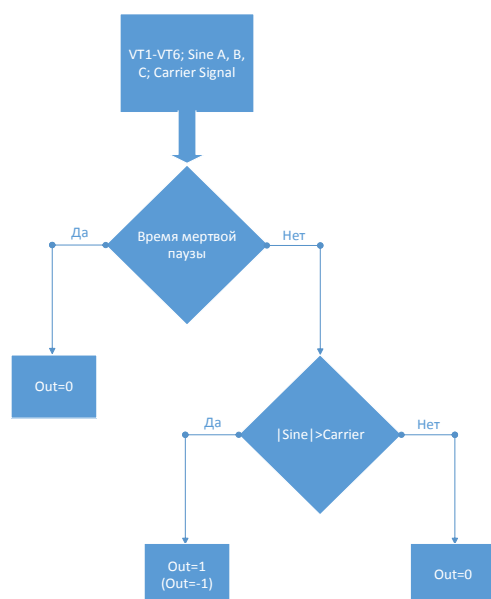


Рис. 2. Блок-схема алгоритма формирования выходного сигнала при безаварийной работе

Двигатель представлен в виде трехфазной идеализированной машины в заторможенной системе координат, что позволяет использовать модель при исследовании несимметричных режимов [3]. Разработанная модель позволяет имитировать следующие аварийные режимы: невключение и невыключение силового транзистора, обрыв фазы двигателя, КЗ двигателя, асимметрию напряжения. Рассмотрим некоторые из них подробнее на основе иллюстрации осциллограмм сигналов, приведенных на рис. 3.

При невыключении транзистора в аварийном режиме, через постоянно открытый силовой ключ, потенциал с выпрямителя подаётся на выход блока 4 (рис. 1) в течении всего полупериода положительной полярности модулирующего сигнала. При отрицательной полярности модулирующего сигнала начинает переключаться второй силовой ключ, что приводит к короткому замыканию транзисторной стойки. В моменты КЗ в транзисторной стойке напряжение на её выходе и на выходе других стоек становятся равными нулю.

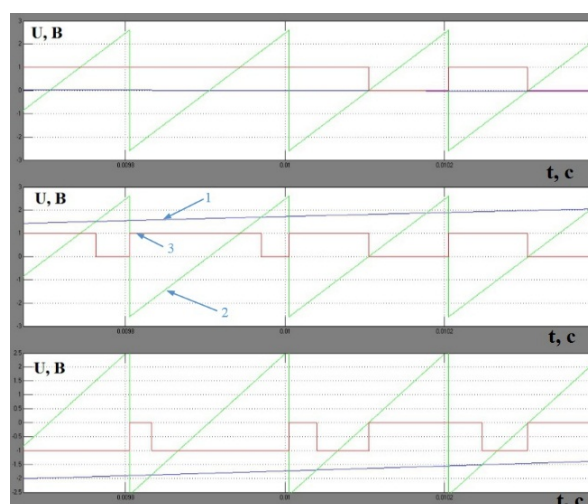


Рис. 3. Осциллограммы сигналов при аварии невыключения транзистора. 1 – Модулирующий сигнал; 2 – несущий сигнал; 3 – выходной сигнал

При невключении транзистора, через постоянно закрытый транзистор, напряжение со звена постоянного тока не подаётся, следовательно, на положительном полупериоде модулирующего напряжения выходной сигнал равен нулю. Авария никак не затрагивает работу поврежденной стойки на отрицательном полупериоде модулирующего сигнала и работу других стоек.

Разработанная имитационная модель позволяет исследовать различные аварийные режимы со стороны преобразователя и со стороны двигателя. Результаты моделирования показали, что диагностика системы ПЧ-АД позволяет выявить не работающую стойку инвертора и принять возможные меры по восстановлению работоспособности электропривода.

Список литературы:

1. А. Бормотов, В. Мартыненко, В. Мускатиньев, Некоторые вопросы эксплуатации IGBT-модулей, Компоненты и технологии, № 5, – 2005, с.116
2. Fault-Tolerant Voltage-Fed PWM Inverter AC Motor Drive Systems. Ricardo Lucio de Araujo Ribeiro, Cursino Brandao Jacobina.
3. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин; Учеб. для вузов. – 3е изд., перераб. и доп. – М.: Вышш. шк., 2001. – 327 с.