

ЖИВУЧЕСТЬ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Морозько О.А., Петренко Ю.Н.

Белорусский национальный технический университет

Надежность управляемого асинхронного электропривода является проблемной областью давно интересующей ученых и производителей. В частности, в данном вопросе заинтересованы инженеры военной и аэрокосмической промышленности. Целесообразность использования понятия «живучесть» объясняется тем, что в ряде применений имеется необходимость обеспечить функционирование электропривода для завершения технологической операции либо для соблюдения безопасности персонала даже после возникновения неисправности. Смысл «живучей системы» заключается в том, что система будет продолжать работать без обеспечения оптимальных условий. Необходимость в таких «живучих» системах вдохновляла к множеству исследований в данной области.

Целью данной статьи является анализ топологий (структур) инверторов и методов управления, представленных в [1-4] и сравнение особенностей, затрат на реализацию, ограничений производительности каждого из методов по сравнению со стандартным трехфазным инвертором на IGBT модулях.

С целью определения затрат, связанных с каждой из топологий будет полезно ввести относительный показатель выходной мощности (ОПВМ):

$$\text{ОПВМ} = \frac{\text{максимальная мощность при наличии неисправности (кВА)}}{\text{максимальная мощность стандартного исправного инвертора (кВА)}}$$

Для

сравнения затрат связанных с добавлением полупроводниковых приборов в отказоустойчивую схему введем показатель относительных затрат на полупроводники (ПОЗП):

$$\text{ПОЗП} = \frac{\text{взвешенный показатель мощности всех ключей (кВА)}}{\text{показатель мощности ключей стандартного инвертора (кВА)}}$$

Необходимо также учесть, что при вычислении ПОЗП, верны следующие выражения:

$$1 \text{ SCR} = 0,5 \text{ IGBT}; 1 \text{ TRIAC} = 1 \text{ IGBT}. \quad (1)$$

С целью упрощения сравнения топологий, требуемые обратные диоды для IGBT включены в модуль силового ключа. Возможные варианты неисправностей: а) закорочен один ключ инвертора; б) закорочена одна фаза инвертора; в) один ключ инвертора постоянно разомкнут; г) обрыв одной фазы инвертора (снаружи или внутри инвертора).

В таблице 1 представлены свойства и требования различных живучих топологий, представленных в различных источниках [1-4]. Для сравнения в таблицу включен стандартный трехфазный инвертор. Данные таблицы используются для построения системы, обладающей свойством живучести.

Таблица 1 – Характерные показатели различных отказоустойчивых топологий инверторов

Топология	Кол-во предохранителей	Исп. средн. точки шины пост. тока?	Доп. ключи	Токовый показатель для доп. ключей (о.е.)	ОПВМ	ПОЗП	Живучесть при			
							I ключ закорочен	Фаза закорочена	I ключ пост. разомкнут	Обрыв фазы
Стандартная	0	-	-	-	0	1	не отказоустойчива			
С 1 изб.ключ. для обрыва фазы	0	+	1(TRIAC)	1.73	0.50	1.29				X
С 1 изб.ключ. для закороч. ключа	3	+	3(TRIAC)	1.00	0.50	1.50	X		X	
С 1 изб.ключом	3	+	3(TRIAC) 1(TRIAC)	1.00 1.73	0.50	1.79	X		X	X
С 2 изб.ключ. с 4-ехтерм. дв-лем	8	-	8 (SCR) 2 (IGBT)	1.00 (SCR) 1.73 (IGBT)	0.58	2.24	X	X	X	X
С изб. фазой и 3-ехтерм. дв-лем	6	-	6 (SCR) 3(TRIAC) 2 (IGBT)	1.00 (SCR) 1.00 (TRIAC) 1.00 (IGBT)	1.0	2.33	X	X	X	X

ЛИТЕРАТУРА

D. Kasta and B. K. Bose, "Investigation of fault modes of voltage-fed inverter system for induction motor drive," IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 30, pp. 1028–1038, July/Aug. 1994.

N. Bianchi, S. Bolognani, and M. Zigliotto, "Analysis of PM synchronous motor drive failures during flux weakening operation," in Conf. Rec. IEEE Power Electronics Specialists Conf., vol. 2, 1996, pp.1542–1548.

N. Ertugrul, W. Soong, G. Dostal, and D. Saxon, "Fault tolerant motor drive system with redundancy for critical applications," in Conf. Rec. IEEE Power Electronics Specialists Conf., vol. 3, 2002, pp. 1457–1462.

A. G. Jack, B. C. Mecrow, and J. A. Haylock, "A comparative study of permanent magnet and switched reluctance motors for high-performance fault-tolerant applications," IEEE Trans. Ind. Applicat., vol. 32, pp. 889–895, July/Aug. 1996.