

Имитационная модель асинхронного электропривода с АИН-ШИМ для исследования коротких замыканий в автономном инверторе

Разработана имитационная модель асинхронного электропривода с АИН-ШИМ для исследования коротких замыканий в инверторе, с помощью которой выполнены примеры расчета указанных режимов.

Среди всех возможных аварийных режимов в частотно-регулируемом (ч-р) асинхронном электроприводе (ЭП) одними из наиболее распространенных и самых опасных являются внутреннее и внешнее короткие замыкания (КЗ) в автономном инверторе напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН-ШИМ), так как могут вызывать выходы из строя силовых ключей автономного инвертора и механическое разрушение не только двигателя, но и редуктора или рабочего механизма. В настоящее время указанные аварийные режимы исследованы в отечественной и зарубежной научно-технической литературе недостаточно, т. к. не принимают во внимание несинусоидальную форму выходных напряжений (токов) трехфазного АИН-ШИМ или не учитывают реальные электромагнитные процессы, происходящие в асинхронном двигателе (АД) и АИН-ШИМ (выполненном на современных быстродействующих полностью управляемых силовых полупроводниковых ключах) [1]. Для снижения себестоимости исследований аварийных режимов КЗ (в том числе для предотвращения выхода из строя элементов ЭП в этих режимах) их целесообразно проводить на имитационных моделях. К сожалению, существующие имитационные модели [2] относительно сложны и требуют для их применения приобретения дорогостоящих лицензий.

Целью статьи является разработка более простой имитационной модели, ориентированной на исследование электромагнитных процессов в асинхронном ЭП с АИН-ШИМ при коротких замыканиях в АИН-ШИМ.

Электрическая схема рассматриваемого нерекуперативного асинхронного ЭП с АИН-ШИМ приведена на рис. 1 и содержит: неуправляемый выпрямитель (В); токоограничивающие и сглаживающий реакторы $L_1 - L_3$ и L_4 соответственно; ключ V_T и резистор R_T торможения; конденсатора C фильтра; силовые ключи $+A, -A, +B, -B, +C, -C$ АИН-ШИМ.

При нормальном режиме работы трехфазного мостового АИН-ШИМ, питающего симметричную трехфазную нагрузку (какой является АД), в нем всегда одновременно открыты только три силовых ключа. Выходные фазные напряжения U_{sa}, U_{sb}, U_{sc} АИН-ШИМ определяются номером комбинации состояния силовых ключей m , изменяющимся от 1 до 8 согласно табл. 1 (где знак «+» обозначает открытое состояние силовых ключей инвертора) [3]. В этой же таблице показаны соответствующие различным комбинациям открытых

и закрытых силовых ключей АИН-ШИМ значения модуля U_s и аргумента θ_U создаваемого обобщенного вектора выходного напряжения \overline{U}_s инвертора для нормального режима его работы. Здесь и дальше аргументы всех обобщенных векторов рассчитываются в неподвижной полярной координатной системе, связанной своей осью отсчета с геометрической осью стационарной фазной обмотки «а» двигателя.

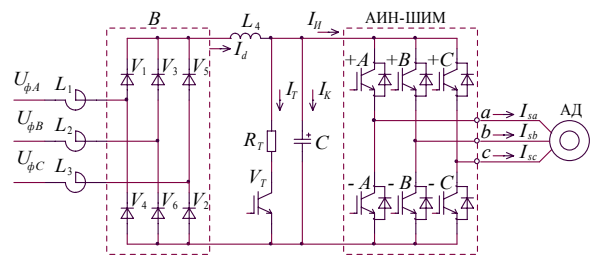


Рис. 1. Электрическая схема асинхронного электропривода с АИН-ШИМ

Приведенные в табл. 1 значения модуля U_s и аргумента θ_U обобщенного вектора выходного напряжения \overline{U}_s рассчитаны из соотношений [3]:

$$\left. \begin{aligned} U_s &= \left[2(U_{sa}^2 + U_{sb}^2 + U_{sc}^2) / 3 \right]^{1/2}, \\ \theta_U &= \arctg \left[(U_{sb} - U_{sc}) / \sqrt{3} U_{sa} \right] + \pi \left[1 - \text{sign } U_{sa} \right] / 2 \end{aligned} \right\} \cdot (1)$$

Исходя из принципа работы автономного инвертора напряжения, входной ток I_u инвертора АИН-ШИМ при нормальной его работе связан с текущими значениями своих выходных токов I_{sa}, I_{sb}, I_{sc} следующими соотношениями:

$$I_u = \begin{cases} I_{sa}, & \text{при } m = 1; \\ -I_{sc}, & \text{при } m = 2; \\ I_{sb}, & \text{при } m = 3; \\ -I_{sa}, & \text{при } m = 4; \\ I_{sc}, & \text{при } m = 5; \\ -I_{sb}, & \text{при } m = 6; \\ 0, & \text{при } m = 7, 8, \end{cases} \quad (2)$$

Таблица 1. Выходные параметры трехфазного АИН-ШИМ при нормальном режиме работы инвертора

m	Состояние силовых ключей АИН-ШИМ						Значения выходных фазных напряжений			Обобщенный вектор напряжения \overline{U}_s	
	+A	-A	+B	-B	+C	-C	U_{sa}	U_{sb}	U_{sc}	модуль U_s	аргумент θ_U
1	+			+		+	$2 U_K / 3$	$- U_K / 3$	$- U_K / 3$	$2 U_K / 3$	0
2	+		+			+	$U_K / 3$	$U_K / 3$	$-2 U_K / 3$	$2 U_K / 3$	$\pi / 3$
3		+	+			+	$- U_K / 3$	$2 U_K / 3$	$- U_K / 3$	$2 U_K / 3$	$2 \pi / 3$
4		+	+		+		$-2 U_K / 3$	$U_K / 3$	$U_K / 3$	$2 U_K / 3$	π
5		+		+	+		$- U_K / 3$	$- U_K / 3$	$2 U_K / 3$	$2 U_K / 3$	$4 \pi / 3$
6	+			+	+		$U_K / 3$	$-2 U_K / 3$	$U_K / 3$	$2 U_K / 3$	$5 \pi / 3$
7	+		+		+		0	0	0	0	0
8		+		+		+	0	0	0	0	0

где m – обозначает условный номер комбинации открытых и закрытых силовых ключей АИН-ШИМ согласно табл. 1.

Текущие значения обобщенного вектора \overline{U}_s выходного напряжения и выходных фазных напряжений U_{sa} , U_{sb} , U_{sc} трехфазного АИН-ШИМ можно также определить из следующих аналитических зависимостей [3]:

$$\left. \begin{aligned} \overline{U}_s &= U_s e^{j\theta_U}, \\ U_s &= 2 \left\{ 1 - [m/7]^* \right\} U_K / 3, \\ \theta_U &= (m - 1) \pi / 3, \\ U_{sa} &= U_s \cos \theta_U, \\ U_{sb} &= U_s \cos (\theta_U - 2\pi/3), \\ U_{sc} &= U_s \cos (\theta_U + 2\pi/3) \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где $[]^*$ – математическая операция выделения целой части числа; $j = \sqrt{-1}$ – мнимая единица.

Исследуем режим внутреннего КЗ в нерекуперативном ч-р асинхронном ЭП с АИН-ШИМ со схемой на рис. 1, учитывая одновременно происходящие электромагнитные процессы в преобразователе частоты (ПЧ) и АД при данном аварийном режиме. Под внутренним коротким замыканием в автономном инверторе понимаются аварийные режимы, возникающие после выхода из строя одного из силовых ключей инвертора (или вследствие поступления на силовые ключи инвертора «ложных» отпирающих управляющих импульсов), а также по причине одновременного продолжительного открытия (достаточно в течение нескольких миллисекунд) трех силовых ключей (+A, +B, +C или -A, -B, -C) инвертора, связанных с его общим («+» или «-») полюсом. Данные комбинации открытых силовых ключей АИН-ШИМ (как было показано ранее в табл. 1, где эти состояния обозначены номерами m, равными 7 или 8) являются рабочими, когда они – не продолжительны.

Для исследования электромагнитных процессов при внутреннем КЗ разработана имитационная модель ч-р асинхронного ЭП с АИН-ШИМ для данного режима, в которой (в отличие от всех известных моделей) трехфазный АИН-ШИМ при происходящих КЗ в нем

задается в виде эквивалентного источника напряжения. При этом математическое описание АИН-ШИМ отличается от ранее рассмотренного в нормальном режиме его работы. В частности, выходные параметры АИН-ШИМ для режима внутреннего КЗ, возникающего в фазе А инвертора вследствие появления лишнего («ложного») импульса управления на силовом ключе (-A) или по причине выхода из строя этого силового ключа инвертора, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Выходные параметры АИН-ШИМ при внутреннем КЗ (в фазе «а инвертора»)

m	+A	-A	+B	-B	+C	-C	U_s	θ_U
1	+	+		+		+	0	0
2	+	+	+			+	0	0
3		+	+			+	$2 U_K / 3$	$2 \pi / 3$
4		+	+		+		$2 U_K / 3$	π
5		+		+	+		$2 U_K / 3$	$4 \pi / 3$
6	+	+		+	+		0	0
7	+	+	+		+		0	0
8		+		+		+	0	0

При этом напомним, что после нарастания тока в силовом ключе до максимального допустимого значения, воздействием от системы автоматического управления (САУ) ЭП происходит принудительное запирающее всех его силовых ключей. После этого выходные параметры АИН-ШИМ, очевидно, изменяют свои значения на новые, представленные в табл. 3. В этой таблице номерами 1 d" m d" 8 показаны возможные комбинации открытых состояний обратных диодов инвертора, шунтирующих его силовые ключи соответственно: +A, -A, +B, -B, +C, -C (эти комбинации открытых диодов аналогичны рассмотренному ранее нормальному режиму инвертора из табл. 1). Номерами 26 d" m d" 33 в табл. 3 обозначены комбинации открытых состояний обратных диодов инвертора, соответствующие неполнофазным режимам АИН-ШИМ [4]. Последняя комбинация m = 36 в табл. 3 соответствует закрытому состоянию всех силовых ключей и обратных диодов инвертора.

Если внутреннее КЗ в инверторе вызвано выходом из строя одного из его силовых ключей (вследствие чего сопротивление данного ключа, полагаем, становится равным нулю), то после принудительного запи-

Таблица 3. Выходные параметры АИН-ШИМ при закрытых силовых ключах инвертора

m	I_{sa}	I_{sb}	I_{sc}	U_s	θ_U	θ_I	I_s	Аналоги открытых силовых ключей
1	< 0	> 0	> 0	$2 U_k / 3$	0			$+ A, - B, - C$
2	< 0	< 0	> 0	$2 U_k / 3$	$\pi / 3$			$+ A, + B, - C$
3	> 0	< 0	> 0	$2 U_k / 3$	$2 \pi / 3$			$- A, + B, - C$
4	> 0	< 0	< 0	$2 U_k / 3$	π			$- A, + B, + C$
5	> 0	> 0	< 0	$2 U_k / 3$	$4 \pi / 3$			$- A, - B, + C$
6	< 0	> 0	< 0	$2 U_k / 3$	$5 \pi / 3$			$+ A, - B, + C$
26	< 0	0	> 0	$U_k / \sqrt{3}$	$\pi / 6$	$7 \pi / 6$		$+ A, - C$
27	0	> 0	< 0	$U_k / \sqrt{3}$	$3 \pi / 2$	$\pi / 2$		$- B, + C$
29	> 0	0	< 0	$U_k / \sqrt{3}$	$7 \pi / 6$	$\pi / 6$		$- A, + C$
31	0	< 0	> 0	$U_k / \sqrt{3}$	$\pi / 2$	$3 \pi / 2$		$+ B, - C$
32	> 0	< 0	0	$U_k / \sqrt{3}$	$5 \pi / 6$	$11 \pi / 6$		$- A, + B$
33	< 0	>	0	$U_k / \sqrt{3}$	$11 \pi / 6$	$5 \pi / 6$		$+ A, - B$
36	$m \neq 1-6, 26, 27, 29, 31-33$					0	0	

рания всех его силовых ключей выходные параметры трехфазного АИН-ШИМ в имитационной модели ч-р асинхронного ЭП описываются уже другим образом – в виде табл. 4 (которая отличается от табл.3 тем, что в ней учитывается возможная двухсторонняя проводимость тока через вышедший из строя силовой ключ – А инвертора).

По сравнению с предыдущей таблицей в табл. 4 присутствуют только две комбинации ($m = 5$ и 8) открытых диодов, соответствующие нормальному режиму работы инвертора. При этом исключен ряд ранее существующих комбинаций ($m = 26, 27, 31$ и 33), и появились совершенно новые комбинации ($m = 34$ и 35) открытых диодов, соответствующие неполнофазным режимам инвертора [4].

Входной ток I_{II} автономного инвертора в рассмотренных режимах внутреннего КЗ в инверторе находится из соотношений:

$$I_{II} = \begin{cases} I_{sa}, \text{ при } m = 1,26,33; \\ -I_{sc}, \text{ при } m = 2; \\ I_{sb}, \text{ при } m = 3,13,14,24,31,32; \\ -I_{sa}, \text{ при } m = 4; \\ I_{sc}, \text{ при } m = 5,15,16,19,20,27,29; \\ -I_{sb}, \text{ при } m = 6; \\ 0, \text{ при } m = 7, 8, 11, 12, 17, 18, 21 - 23, \\ 25, 28, 30, 34 - 36. \end{cases} \quad (4)$$

Под внешним КЗ в АИН-ШИМ будем в дальнейшем понимать двухфазное или трехфазное замыкания между собой выходных фаз автономного инвертора (возникающие в схеме на рис. 1 при установке перемычек между клеммами «а» и «b» или «а», «b» и «с» соот-

ветственно). Сначала рассмотрим внешнее двухфазное КЗ, приводящее, очевидно, к последующему одновременному внутреннему КЗ в инверторе по цепи: положительный полюс инвертора – открытый ключ (+ А) – перемычка «а»-«b» – открытый ключ (- В) – отрицательный полюс инвертора. Как было показано ранее, такое внутреннее КЗ в АИН-ШИМ одновременно вызывает трехфазное короткое замыкание для статорных обмоток АД (так как приводит к снижению до нуля входного напряжения U_k инвертора).

Аналогично, трехфазное внешнее КЗ инвертора в схеме на рис. 1 приводит к внутреннему короткому замыканию в АИН-ШИМ по цепи: положительный полюс инвертора – открытый ключ (+ А) – перемычка «а»-«b» – параллельно между собой подсоединенные открытый ключ (- В) и цепочка из последовательно соединенных перемычки «b»-«с» и ключа (- С) – отрицательный полюс инвертора. При этом трехфазное КЗ для статорных обмоток двигателя (которому соответствует значение обобщенного вектора статорного напряжения: $\overline{U}_s = 0$) вызывается непосредственным влиянием упомянутых перемычек «а»-«b» и «b»-«с» (для которых будем полагать индуктивности и активные сопротивления равными нулю).

В разработанной имитационной модели ч-р асинхронного ЭП трехфазный АИН-ШИМ задавался: при внешнем трехфазном КЗ – выходными параметрами для нормального режима работы инвертора из табл. 1

и одновременно дополнительным условием: $\overline{U}_s = 0$, а при внешнем двухфазном КЗ (для случая замыкания между собой выходных фаз «а» и «b» инвертора) – выходными параметрами из табл. 5. Анализ данных из табл. 5 свидетельствует о том, что при внешнем двухфазном КЗ в инверторе, во-первых, сохраняется ряд значений (при номерах комбинаций $m = 2, 5, 7$ и 8 силовых ключей) создаваемых обобщенных векторов выходного напряжения АИН-ШИМ, которые полностью

Таблица 4. Выходные параметры АИН-ШИМ при закрытых силовых ключах инвертора и при выходе из строя силового ключа (- A)

<i>m</i>	I_{sa}	I_{sb}	I_{sc}	U_s	θ_U	θ_I	I_s	Аналоги открытых силовых ключей
5	> 0	< 0	< 0	$2 U_k / 3$	$4 \pi / 3$			$-A, -B, -C$
8	< 0	> 0	> 0	0	0			$-A, +B, +C$
29	> 0	0	< 0	$U_k / \sqrt{3}$	$7 \pi / 6$	$\pi / 6$		$-A, +C$
32	> 0	< 0	0	$U_k / \sqrt{3}$	$5 \pi / 6$	$11 \pi / 6$		$-A, +B$
34	< 0	> 0	0	0	0	$5 \pi / 6$		$-A, -B$
35	< 0	0	> 0	0	0	$7 \pi / 6$		$-A, -C$
36	$m \neq 5, 8, 29, 32, 34, 35$					0	0	

идентичны нормальному режиму работы инвертора (описываемому из табл.1). Во-вторых, при остальных комбинациях ($m = 1, 3, 4$ и 6) силовых ключей инвертора рассматриваемый режим внешнего двухфазного КЗ становится полностью идентичным ранее рассмотренному режиму внешнего трехфазного КЗ (которое, как уже показано ранее, вызывает одновременно наступление режима внутреннего КЗ в инверторе). В-третьих, с учетом вышеизложенного режим внешнего двухфазного КЗ в АИН-ШИМ существенно отличается (при комбинациях $m = 2$ и 5) не только от внутреннего или внешнего трехфазного КЗ в инверторе, но также – и от случая питания АД от промышленной сети (рассмотренного в [5]).

Таблица 5. Выходные параметры АИН-ШИМ при внешнем двухфазном КЗ (между фазами «a» и «b» инвертора)

<i>m</i>	+A	-A	+B	-B	+C	-C	U_s	θ_U
1	+	+		+		+	0	0
2	+		+			+	$2 U_k / 3$	$\pi / 3$
3		+	+			+	0	0
4		+	+		+		0	0
5		+		+	+		$2 U_k / 3$	$4 \pi / 3$
6	+			+	+		0	0
7	+		+		+		0	0
8		+		+		+	0	0

Напомним, что в рассматриваемых режимах (двухфазного или трехфазного КЗ в инверторе) при нарастании токов в силовых ключах инвертора до максимально допустимого для них значения осуществляется автоматическое запертие всех силовых ключей АИН-ШИМ. После этого расчет электромагнитных процессов в ч-р асинхронном ЭП производится из измененных имитационных моделей указанного электропривода. В частности, в этих моделях трехфазный АИН-ШИМ задается при внешнем трехфазном КЗ – выходными параметрами из табл. 3 (соответствующими закрытым силовым ключам инвертора) и дополнительным условием: $\overline{U_s} = 0$ (соответствующим замыканию между собой всех фаз АД). При внешнем двухфазном КЗ трехфазный АИН-ШИМ (после запертия всех его силовых ключей) характеризуется выходными параметрами из табл. 3 и одновременно налагаемыми при этом следующими дополнительными условиями:

$$\left. \begin{aligned} U_s = 2U_k / 3 \text{ и } \theta_U = \pi / 3, \text{ при } I_{sc} > 0, \\ U_s = 2U_k / 3 \text{ и } \theta_U = 4\pi / 3, \text{ при } I_{sc} < 0, \\ I_{II} = 0 \text{ и } \theta_I = \begin{cases} 11\pi / 6, \text{ если } I_{sa} \geq 0; \\ 5\pi / 6, \text{ если } I_{sa} < 0; \end{cases} \text{ при } I_{sc} = 0 \end{aligned} \right\} \cdot (5)$$

Таким образом, в предложенных для исследования режимов КЗ имитационных моделях дополнительно учитывается воздействие на эти режимы САУ электроприводом (в виде запертия всех силовых ключей АИН-ШИМ).

С использованием идеализированной модели короткозамкнутого АД из [3], разработанной имитационной модели АИН-ШИМ при рассмотренных режимах КЗ и с применением отечественного комплекса программ ЦУМПУ [6] выполнены (на примере нерекуперативного асинхронного ЭП) расчеты электромеханических процессов при внутреннем и внешних КЗ в инверторе, учитывающие воздействие САУ электроприводом в данных режимах. Расчеты проводились для преобразователя частоты с АИН-ШИМ типа ЭКТ4-10/380-50 и асинхронного электродвигателя 4А132S6У3 мощностью 5,5 кВт (при вентиляторном характере изменения нагрузки). Использовались расчетные параметры:

$U_{\phi A} = U_{\phi B} = U_{\phi C} = 220 \text{ В (действ.)}; L_1 = L_2 = L_3 = 3,2 \text{ мГн}; L_4 = 1 \text{ мГн}; L_k = 0,08 \text{ мГн}$ – индуктивность конденсатора C фильтра; сопротивления диодов ($V_1 - V_6$) выпрямителя и силовых ключей (+ A, - A, + B, - B, + C, - C) инвертора полагались равными нулю в открытом состоянии и бесконечности – в закрытом состоянии.

Результаты расчетов электромагнитных процессов асинхронного ЭП с АИН-ШИМ приведены: на рис. 2 – при внутреннем КЗ, вызванном узким «ложным» импульсом управления на силовом ключе (- A) инвертора; на рис. 3 – при внутреннем КЗ, возникающим при выходе из строя силового ключа (- A) инвертора; на рис. 4 и рис. 5 – при внешнем трехфазном КЗ в инверторе для разных скоростей АД; на рис. 6 и рис. 7 – при внешнем двухфазном КЗ в инверторе для разных скоростей двигателя. На рис. 2 – рис. 7 используются следующие обозначения: U_k и I_{II} – входные напряжение и ток инвертора; U_{sa}, I_{sa} – фазные статорные напряже-

ние и ток двигателя; ω и M – скорость и электромагнитный момент АД; ψ_r и I_s – модули обобщенных векторов потокоцепления ротора и статорного тока двигателя; ω_H , M_H , ψ_{rH} и I_{sH} – номинальные значения скорости, электромагнитного момента, потокоцепления ротора и статорного тока АД соответственно.

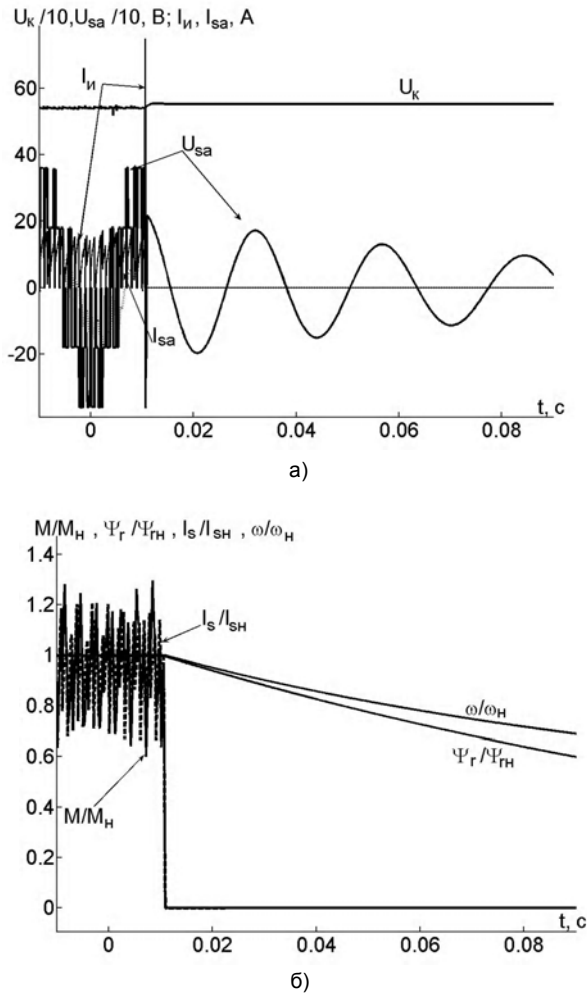


Рис. 2. Электромагнитные процессы в АИН-ШИМ при внутреннем КЗ, вызванном узким “ложным” импульсом управления на силовом ключе (– А) инвертора

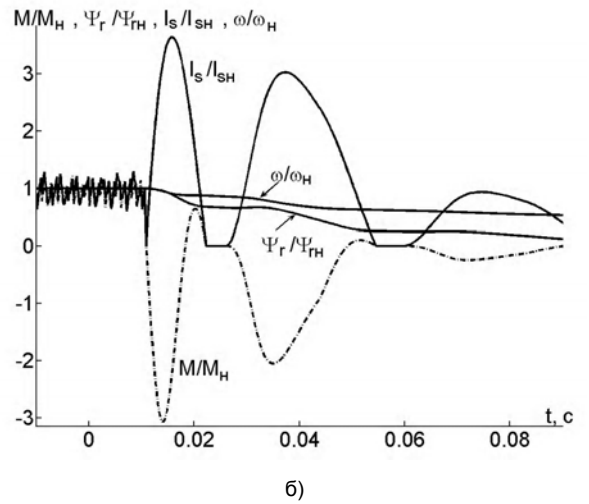
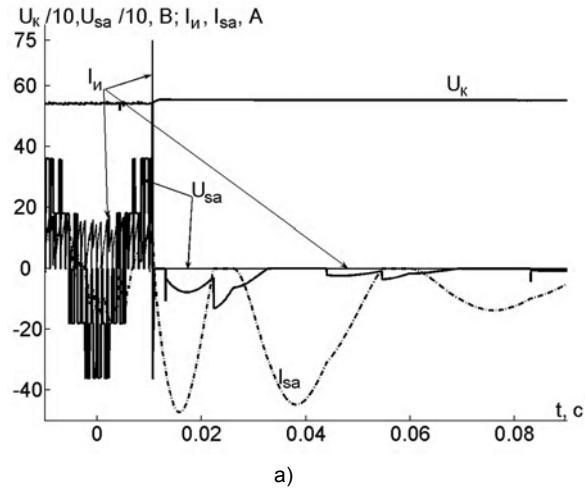


Рис. 3. Электромагнитные процессы в АИН-ШИМ при внутреннем КЗ, возникающим при выходе из строя силового ключа (– А) инвертора

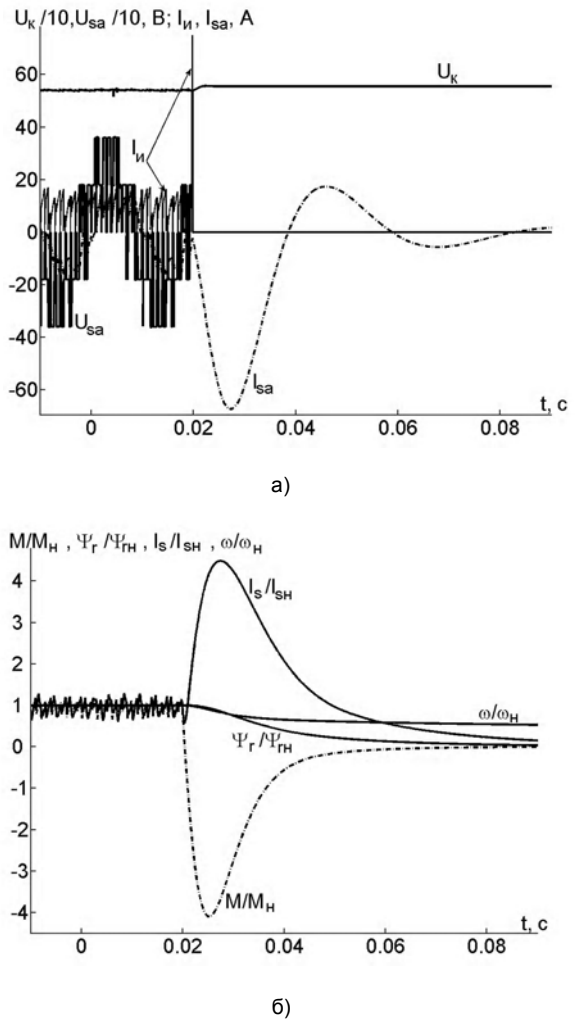
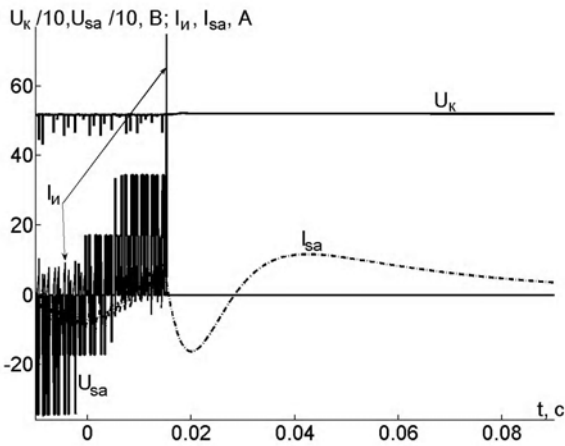
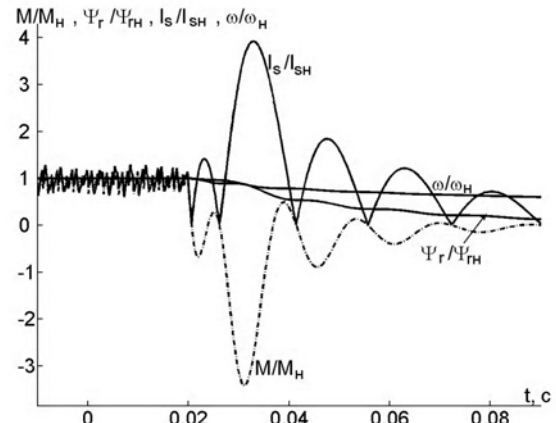


Рис. 4. Электромагнитные процессы в АИН-ШИМ при внешнем трехфазном КЗ в инверторе (для номинальной скорости АД)

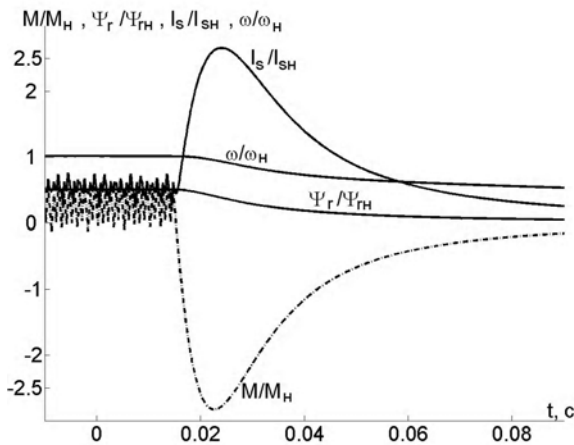


а)

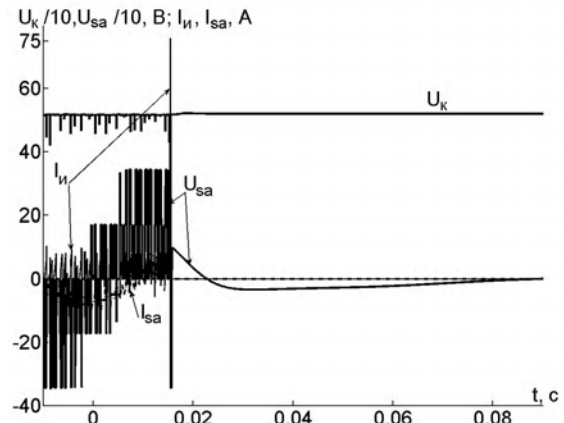


б)

Рис. 6. Электромагнитные процессы в АИН-ШИМ при внешнем двухфазном КЗ в инверторе (для номинальной скорости АД)

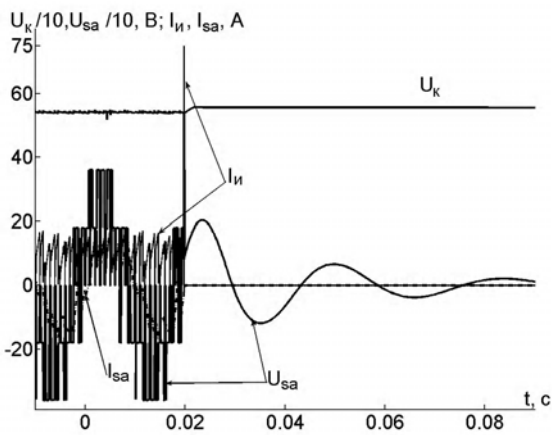


а)

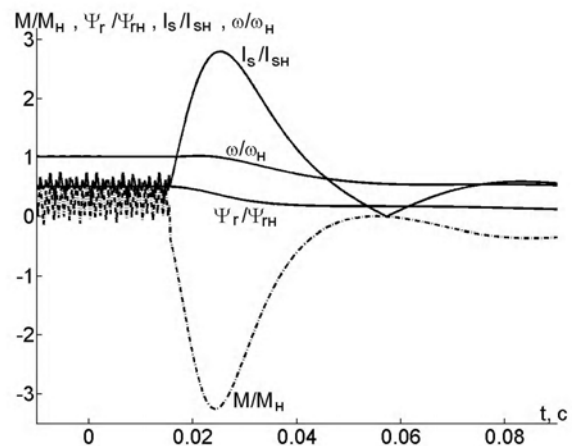


б)

Рис. 5. Электромагнитные процессы в АИН-ШИМ при внешнем трехфазном КЗ в инверторе (для скорости АД, равной половине от номинальной)



а)



б)

Рис. 7. Электромагнитные процессы в АИН-ШИМ при внешнем двухфазном КЗ в инверторе (для скорости АД, равной половине от номинальной)

Выводы

1. Разработанная имитационная модель асинхронного ЭП с АИН-ШИМ предназначена для исследования аварийных режимов КЗ в инверторе, создана с использованием методов обобщенных векторов и эквивалентных источников, отличается от существующих моделей [2] относительной простотой при обеспечении равноценной точности расчета электромагнитных процессов в рассматриваемых режимах (с отклонением менее 1 %).

2. Путем принудительного запираания (воздействием от САУ) всех силовых ключей АИН-ШИМ, производимого после идентификации наступления режима внутреннего или внешнего КЗ в инверторе, удается значительно уменьшить (практически исключить) появление ударного электромагнитного момента АД лишь только при внутреннем КЗ, вызванном появлением узкого лишнего («ложного») импульса управления на силовом ключе инвертора.

3. Наиболее опасным в отношении возникновения ударного электромагнитного момента является режим внешнего трехфазного КЗ в инверторе, при котором возможно приложение к двигателю (редуктору, рабочему механизму) значительной величины ударного момента (достигающего 4–7-кратного значения от номинального момента двигателя). При этом максимальные значения ударного момента присущи работе двигателя на наибольших скоростях и для генераторного режима; значения ударного момента снижаются с уменьшением скорости двигателя и при его работе в двигательном режиме.

4. При внешнем двухфазном КЗ или внутреннем КЗ в инверторе, вызванном выходом из строя его силового ключа, также наблюдаются большие значения ударного электромагнитного момента, равные 3–6-кратным от номинального момента двигателя.

5. Применение принудительного запираания силовых ключей АИН-ШИМ при режимах внутреннего и внешнего КЗ (после идентификации наступления указанных аварийных режимов) обязательно, поскольку при этом исключается протекание сверхтоков через силовые ключи инвертора в данных режимах (а, следовательно, – сохраняется работоспособность указанных силовых ключей после окончания режимов КЗ).

Перечень ссылок

1. Глух Е. М., Зеленов В. Е. Защита полупроводниковых преобразователей. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 153 с.
2. Герман – Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. – MatLab 6.0. – С.–П.: Корона, 2001. – 320 с.
3. Пивняк Г.Г., Волков А. В. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. – Днепропетровск: НГУ, 2006. – 470 с.
4. Метельский В. П., Лохматов А. Г. Исследование, анализ и идентификация неполнофазных режимов инвертора в частотно-регулируемом асинхронном электроприводе // Электротехника та електроенергетика. – 2006. – № 2. – С. 12–19.
5. Ковач К.П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока: Пер. с нем. яз. – М. — Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 744 с.
6. Автоматизированное проектирование силовых электронных схем / В. Я. Жуйков, В. Е. Сучик, П. - Д. Андриенко, М. А. Еременко. – К.: Техніка, 1998. – 184 с.

Поступила в редакцию 19.05.07 г.

Розроблено імітаційну модель асинхронного електропривода з АИН-ШИМ для дослідження коротких замикань в інверторі, за допомогою якої виконані приклади розрахунку зазначених режимів.

Simulation model of asynchronous drive with AIV-PDM for inverter's short circuit research was elaborated. With the help of this simulation model the examples of the mentioned conditions were realized.

УДК 621.313

Н. Л. Антонов

Улучшение коэффициента мощности асинхронного электропривода с упрощенным ДНПЧ-ШИМ

Предложены электрическая схема, методика расчета и пример расчета параметров сетевого пассивного фильтра для асинхронного электропривода с упрощенным двухзвенным НПЧ-ШИМ. Для данного электропривода исследованы в зависимости от скорости и нагрузки изменения входного коэффициента мощности, коэффициентов гармоник, сдвига и искажения сетевого тока, а также гармонический состав сетевого тока при релейном частотно-токовом управлении.

Последние годы характеризуются появлением за рубежом и в Украине новых статических преобразователей частоты (СПЧ), предназначенных для создания

частотно-регулируемых асинхронных электроприводов (ЭП). Среди них наиболее перспективным видом СПЧ, безусловно, является упрощенный вариант двухзвен-