Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. XCIV, 1982 г.

УДК 621.314.26

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ТПЧ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИФУ ТПЧ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ИСКАЖЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Т.О.РОССО

В основу выбора типа привода, обеспечивающего минимальные искажения электромагнитных характеристик, должны быть положены выбор типа двигателя с учетом его конструктивных особенностей, кривой распределения магнитной индукции в зазоре, параметров обмоток, числа фаз и т.д., а также выбор типа преобразователя, обеспечивающего в заданном диапазоне частот оптимальную по гармоническому составу форму кривой питающего напряжения. Система управления приводом должна обеспечить требования, предъявляемые не только к степени искажения электромагнитных характеристик, но и к диапазону регулирования, точности и быстродействию всей системы.

При исследовании формы кривой напряжения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при питании от ТПЧ была получена форма кривой потокосцепления статора путем интегрирования кривой э.д.с. двигателя, полученной с помощью измерительных обмоток, уложенных в пазах статора с шагом, равным полюсному делению.

Экспериментальная установка была создана на базе асинхронной машины А-51/4 мощностью 4,5 кВт, тиристорного преобразователя ТПЧ-40 и нагрузочной машины АГ-3.

Данные по гармоническому составу напряжения питания двигателя $U_{s\nu}$, э.д.с. двигателя $E_{s\nu}$ и потокосцепления статора $\Psi_{s\nu}$ сведены в таблицу.

Максимальные искажения, оцениваемые по суммарному проценту, приходятся на частоты 20-35 Гц.

Ухудшение формы на низких частотах связано с увеличением углов регулирования выпрямителя (рис.I). Уменьшение искажений применительно к данному типу преобразователя возможно за счет применения схем с широтно-импульсной модуляцией, наиболее эффективной на низких частотах и позволяющей избавиться от регулируемого выпрямителя, являющегося на низких частотах источником дополнительных искажений из-за больших углов регулирования. Высшие гармони-

Результаты экспериментов

Частота на выходе ТПЧ f, Гц	Исследуемая величина	Относительные значения амплитуд гармоник, %			Сумма высших гармонических Σ, %
		$\frac{U_{m3}}{U_{m1}}$	$\frac{U_{m5}}{U_{m1}}$	$\frac{U_{m7}}{U_{m1}}$	
	U_s	15,4	19,7	5,26	40,4
3	E_s	3	17,6	10,9	31,5
	Ψ_s	1	3,52	1,56	6,1
	U_s	-	19,5	13,8	33,3
7	E_s	2,35	12,4	10,7	25,4
	Ψ_s	0,8	2,48	1,53	4,8
	U_s	-	19,5	12,7	32,2
12	E_s	7,55	11,6	12,8	31,9
	Ψ_s	2,5	2,32	1,8	6,6
	U_s	12,8	14,9	11	38,7
15	E_s	8,85	8,1	13	29,9
	Ψ_s	3	1,6	1,85	6,4
	U_s	12,7	17,6	2	32,3
20	E_s	8,9	16,5	18,2	43,6
	Ψ_s	2,96	3,3	2,6	8,9
	U_s	12	17,2	11,6	40,8
27	E_s	4,2	21,6	24,8	50,6
	Ψ_s	1,4	4,32	3,54	9,2
	U_s	11,6	20	6,6	38,2
35	E_s	2,8	22,5	21,7	47
	Ψ_s	0,93	4,5	3,1	8,5
	U_s	16,6	12,7	3,7	33
48	E_s	18,4	15,4	6,7	40,5
	Ψ_s	6,1	3,1	0,96	10,2

ческие в этом случае имеют более высокие номера и с большим успехом поддаются фильтрации самим двигателем.

Исследование формы кривой потокосцепления статора имеет практический интерес с точки зрения возможности снижения уровня электромагнитных помех работе элементов и систем автоматики, связи и т.д.

Для ТНПЧ форма кривой выходного напряжения зависит от следующих величин: числа фаз источника питания m; соотношения частот на входе и выходе преобразователя k; закона изменения угла открывания вентилей.

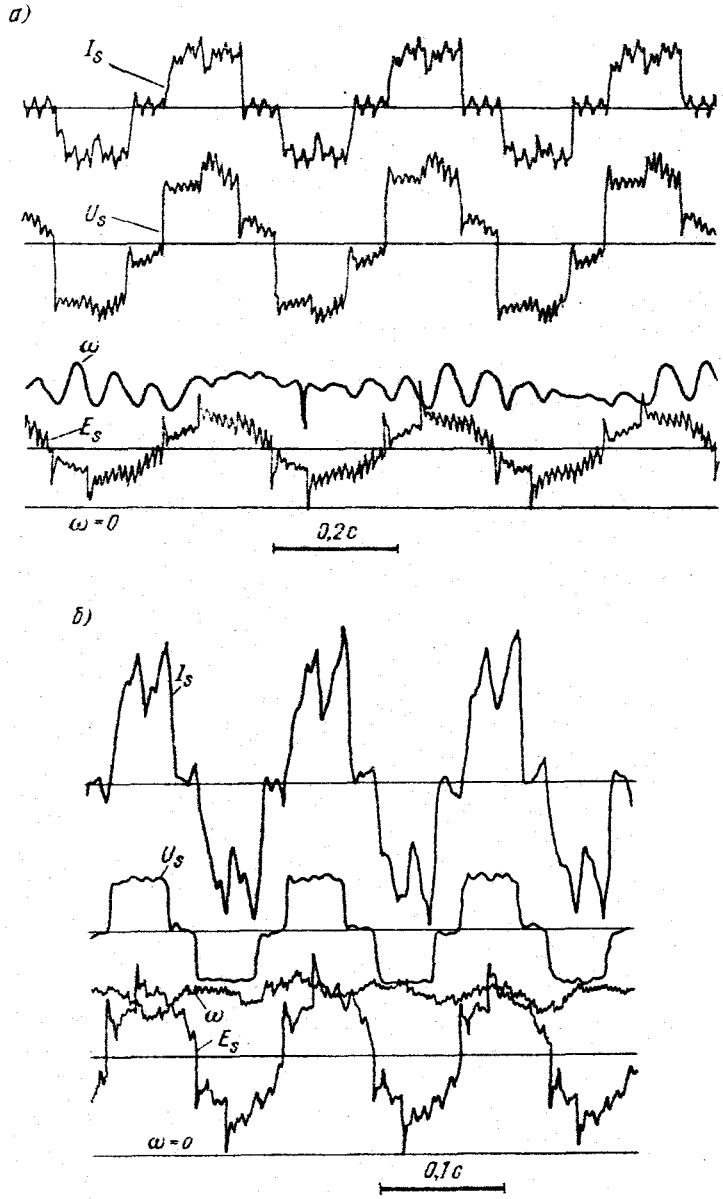


Рис.1. Осциллограммы тока статора I_s, напряжения U_s, э.д.с. E_s и частоты вращения ω асинхронного двигателя при питании от ТПЧ для f_1 = 2,9 Гц (а); f_2 = 7 Гц (б)

При небольших значениях $k = f_2/f_1$, трехфазной питающей сети и прямоугольном законе управления в составе выходного напряжения ТПЧ присутствует достаточно широкий спектр высших гармонических. Например, при f_2 = = 10 Гц U_{m3}/U_{m1} = 11 %; U_{m5}/U_{m1} = 22 %, U_{m7}/U_{m1} = 17,3 %, U_{m9}/U_{m1} = = 13,5 % [2].

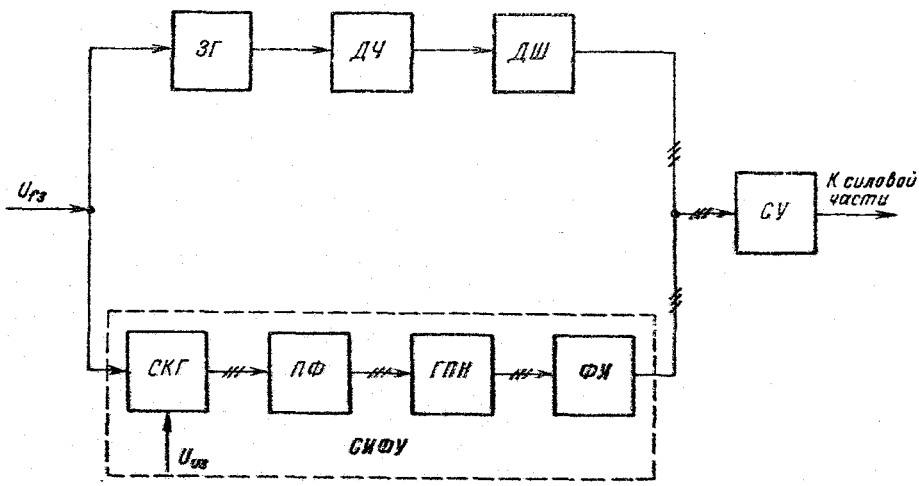


Рис.2. Структурная схема системы управления ТНПЧ
$U_{ОЗ}$ – сигнал задания выходного напряжения; ЗГ – задающий генератор; ДЧ – делитель частоты; ДШ – дешифратор; ПФ – преобразователь фаз; ГПН – генератор пилообразного напряжения; ФИ – формирователь импульсов; СУ – смесительное устройство; СИФУ – схема импульсно-фазового управления

С увеличением k и при использовании треугольного или синусоидального закона модуляции угла управления α происходит заметное уменьшение искажений. Так, по данным Б.И.Фираго и др. [3], при $k = 11$, $m = 3$ и $0 \leq \alpha \leq \pi$ для треугольной модуляции в разложении кривой практически отсутствуют высшие гармонические, кроме $\nu = 29,31$. При $k = 15$ остаются $\nu = 41,43$.

Для мощного низкооборотного электропривода при возможности получения достаточно больших значений k ТНПЧ обладает несомненными преимуществами, по сравнению с ТПЧ: лучшими весогабаритными показателями, более высоким КПД, большей надежностью (за счет отсутствия узла искусственной коммутации), возможностью получения частоты, близкой к нулю, и рекуперации энергии в сеть без дополнительного усложнения схемы.

На рис.2 приведена структурная схема системы управления ТНПЧ, обеспечивающая синусоидальную модуляцию выходного напряжения.

Канал низкой частоты формирует трехфазную систему импульсов выходной частоты, величина которой задается сигналом $U_{ЗЗ}$, сдвинутых на 120 эл.градусов. Канал управления выходным напряжением формирует импульсы частоты питающей сети и обеспечивает изменение угла открытия тиристора в течение полупериода выходной частоты по синусоидальному закону. Это достигается тем, что синусно-косинусный генератор СКГ формирует систему двухфазных гармонических колебаний, частота которых соответствует заданной выходной частоте, а амплитуда определяется требуемой величиной выходного напряжения – сигналом $U_{ОЗ}$ [1]. Двухфазное напряжение с помощью преобразователя фаз модифицируется в трехфазное и затем сравнивается с пилообразным, фиксируя для каждого тиристора силовой части определенный угол регулирования.

По результатам имеющихся данных можно сделать следующие выводы.

Для мощного регулируемого низкооборотного привода горных машин перспективными с точки зрения ограничения электромагнитных искажений могут быть синхронные многофазные двигатели или, в специальных случаях, асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, питаемые от многофазного тиристорного преобразователя частоты с непосредственной связью с модулированием выходного напряжения по синусоидальному или треугольному закону.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 642724 (СССР). Управляемый генератор гармонических сигналов / В.В.Алексеев, В.А.Дартау, Ю.П.Павлов, В.В.Рудаков. Б.и., 1979, № 2.

2. Козярук А.Е. Анализ и экспериментальные исследования влияния высших гармонических на работу асинхронного двигателя при частотном управлении. - В сб.: Статические преобразователи в электроприводах переменного тока. Л., Наука, 1968.

3. Фирато Б.И., Готовский Б.С., Лисс З.А. Тиристорные циклоконверторы. Минск, Наука и техника, 1973.