

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШИМ-МОДУЛЯЦИИ В АВТОНОМНОМ ИНВЕРТОРЕ НАПРЯЖЕНИЯ С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРЕДМОДУЛЯЦИИ ТРЕТЬЕЙ ГАРМОНИКИ

*Кладиев, С.Н. к.т.н., доцент.,  
Тимошкин В.В., к.т.н., доцент.,  
Языков Н.Е., соискатель  
НИ ТПУ, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: neyl@tpu.ru*

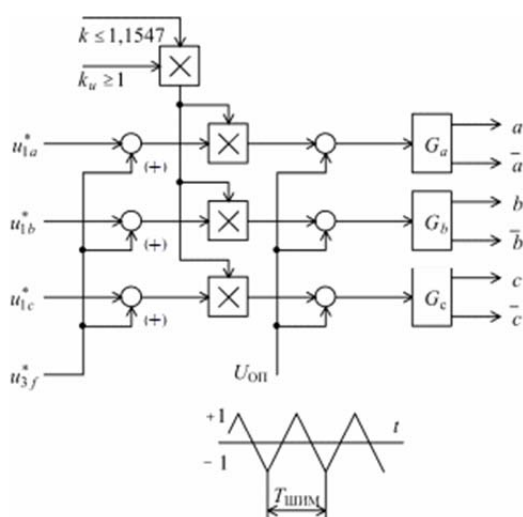
Современный частотно-регулируемый асинхронный электропривод, как правило, содержит двухзвенный преобразователь частоты (ПЧ) с неуправляемым выпрямителем или управляемым вентильным преобразователем, работающим с постоянными, малыми углами регулирования и инвертирования. Выпрямитель нагружен на автономный инвертор напряжения, работающий в режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Такая структура ПЧ позволяет обеспечить высокий коэффициент мощности силовой цепи независимо от режима работы электропривода, а при реализации законов частотного векторного управления достичь наилучших динамических и статических показателей регулирования [1].

Если формировать линейные напряжения трехфазной системы из напряжения звена постоянного тока с помощью ШИМ по синусоидальному закону, то их максимальная амплитуда получается меньше значения напряжения в звене постоянного тока.

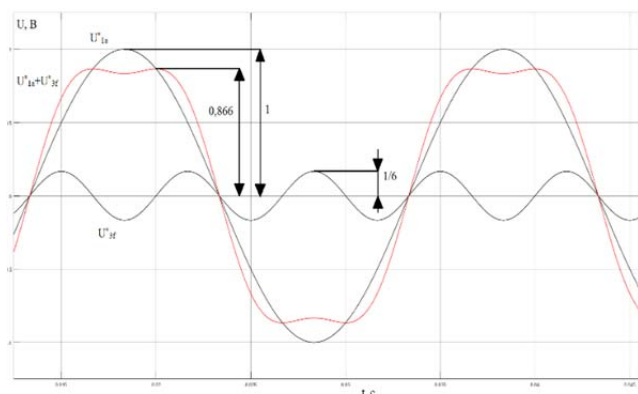
При единичном напряжении звена постоянного тока максимальная амплитуда линейных напряжений составляет 0,866 В. То есть при преобразовании происходит недоиспользование напряжения звена постоянного тока примерно на 14 %.

Это вредное явление приводит к потере момента двигателя, обычно рассчитанного на полное напряжение сети, и неоптимальному использованию высоковольтных элементов силовой схемы (IGBT-ключей, высоковольтных конденсаторов) [2].

Один из способов позволяющий лучше использовать напряжение звена постоянного тока является предмодуляцией третьей гармоники (рис. 1, 2).



*Рис. 1. Синусоидальная ШИМ преобразователя частоты с введением третьей гармоники сигналы управления инвертором*



*Рис. 2. Форма сигнала управления при введении третьей гармоники*

Получим и сравним переходные процессы в системе ПЧ-АД при прямом пуске, при использовании стандартной ШИМ и при использовании ШИМ с предмодуляцией третьей гармоники (рис. 3–6).

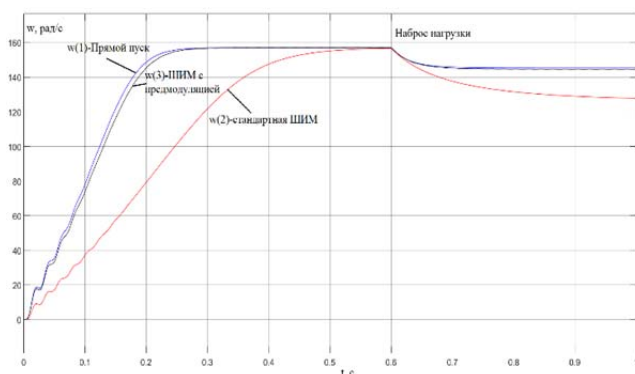


Рис. 3. Переходные процессы по скорости для прямого пуска, стандартной ШИМ и ШИМ с предмодуляцией третьей гармоники

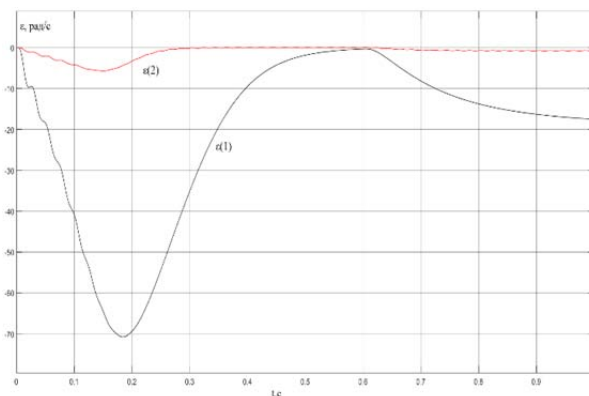


Рис. 4. Динамическое рассогласование по скорости:

$\varepsilon(1)$  – рассогласование между прямым пуском и стандартной ШИМ  
 $\varepsilon(2)$  – рассогласование между прямым пуском и ШИМ с предмодуляцией

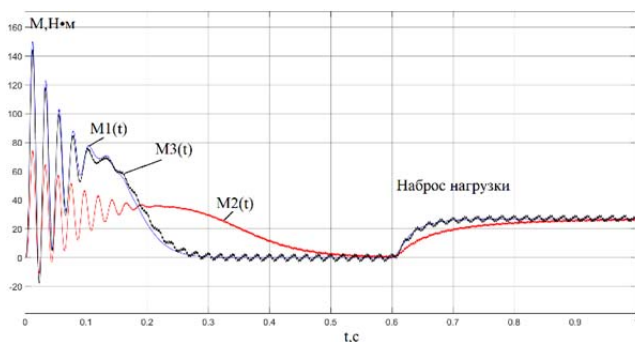


Рис. 5. Переходные процессы по моменту для прямого пуска, стандартной ШИМ и ШИМ с предмодуляцией третьей гармоники

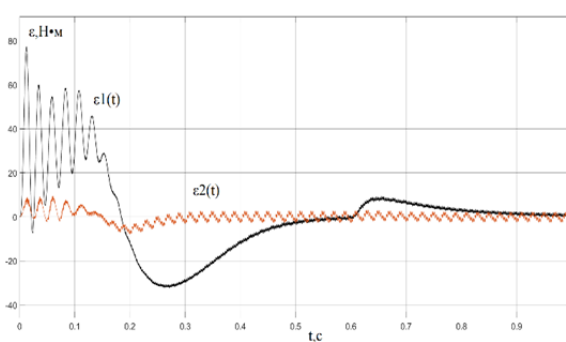


Рис. 6. Динамическое рассогласование по моменту:

$\varepsilon(1)$  – рассогласование между прямым пуском и стандартной ШИМ  
 $\varepsilon(2)$  – рассогласование между прямым пуском и ШИМ с предмодуляцией

По полученным графикам отчетливо видно, насколько сильно использование ШИМ с предмодуляцией третьей гармоники снижает потерю напряжения при преобразовании, в следствие чего уменьшается проседание по скорости и момента двигателя как при пуске в холостую, так и при набросе нагрузки, что благоприятно скажется на общем КПД системы.

### Выводы

1. Результаты моделирования показали, что без предмодуляции происходит снижения амплитуды первой гармоники напряжения.
2. Уменьшение напряжения, подаваемого на статорные обмотки, приводит к снижению момента у асинхронного двигателя, что оказывает влияние как на статические, так и на динамические характеристики.

### Список литературы

1. Дементьев Ю.Н., Негодин К.Н., Кояин Н.В., Удут Л.С. Система управления с синусоидальной широтно-импульсной модуляцией трехфазного инвертора при частотном скалярном управлении асинхронным двигателем // Известия вузов. Электромеханика. – 2016. – Т. 546. – № 4. – С. 49–54.
2. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика) // Методическое пособие. М.: ЭФО, 2013. – С. 53–55.