

# ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВЕКТОРНОЙ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ В АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРАХ НАПРЯЖЕНИЯ

Сидоров Д.

Кафедра систем управления

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: sam65th@mail.ru

*В работе рассмотрен и проанализирован вид модуляции для формирования первой гармоники питающего напряжения электродвигателей, ориентированный на применение в автономных инверторах напряжения.*

## ВВЕДЕНИЕ

В большинстве САУ электроприводов (ЭП) используется автономные инверторы напряжения (АИН), в которых питающее напряжение электродвигателя (ЭД) с помощью полупроводниковых ключей коммутируется с промежуточным звеном постоянного тока (ЗПТ) в зависимости от сигналов с компараторов, сравнивающих огибающую первой гармоники напряжения с пилообразным сигналом генератора заданной частоты.

Основными преимуществами традиционных автономных инверторов напряжения (АИН) являются простота схемотехнического решения и низкая стоимость конструктивной реализации.

Несмотря на преимущества АИН в простоте и стоимости, существенным недостатком является долговечность промежуточного звена постоянного тока, обычно выполняемого на основе электротехнических конденсаторов, которые оказываются наименее долговечным элементом в преобразователе. Зачастую с ЗПТ снимается не все возможное напряжение, в результате чего снижается общая эффективность работы ЭП.

## I. ИЗМЕНЕНИЕ ОГИБАЮЩЕЙ ШИМ

При использовании непосредственно синусоидальной формы огибающей широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [1], значение напряжения, получаемого на выходе инвертора, не может превысить  $\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,827$  напряжения на его входе. Для повышения коэффициента использования входного напряжения существуют множество способов модуляций, получивших в литературе общее название – “пространственно-векторная” ШИМ (ПВШИМ или ПВМ) [2], у которой этот коэффициент достигает 1,0.

Кроме этого, ПВШИМ позволяет понизить динамические потери в ключах за счет 120-градусных бескоммутационных промежутков в каждой из трех фаз инвертора (рисунок 1).

Значения трехфазных напряжений в каждый момент времени  $t$  для огибающей сигнала с ПВШИМ  $U_{asv}(t)$ ,  $U_{bsv}(t)$ ,  $U_{csv}(t)$  вычисляются по формулам (1):

$$\begin{cases} U_{asv}(t) = \frac{U_a(t)-\delta}{\sqrt{3}}; \\ U_{bsv}(t) = \frac{U_b(t)-\delta}{\sqrt{3}}; \\ U_{csv}(t) = \frac{U_c(t)-\delta}{\sqrt{3}}; \end{cases} \quad (1)$$

где  $\delta = \min(U_a(t), U_b(t), U_c(t))$ .

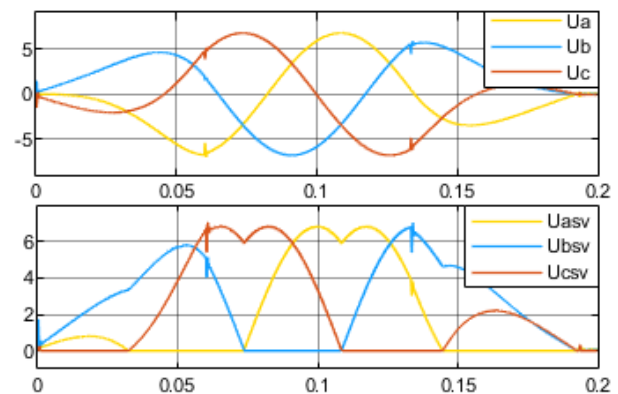


Рис. 1 – Графики огибающих напряжений

По второму графику напряжений  $U_{abc\ sv}$  видно, что в каждый момент времени существует состояние, в котором один из полумостов может быть заперт.

## II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение пространственно-векторной широтно-импульсной модуляции позволяет повысить коэффициент использования входного напряжения с промежуточного звена постоянного тока до 1 и снизить динамические потери в полупроводниковых ключах. Это позволяет повысить надежность эксплуатации и энергоэффективность традиционных АИН.

1. Сорока, Н. И. Телемеханика. Модуляция и кодирование информации. В 2 ч. Ч. 1 / Н. И. Сорока, Г. А. Кривинченко. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 45-55.
2. Шишков А. Н. Оптимальная гибридная последовательность переключения для трехуровневого инвертора напряжения с пространственно-векторной ШИМ / А.Н. Шишков, М.М. Дудкин, А.С. Маклаков, В.К. Ле – Магнитогорский государственный технический университет, Электротехнические системы и комплексы. 2023. № 3(60). – С. 61-71.
3. Калачев, Ю. Н. Векторное регулирование (заметки практика): методическое пособие / Ю. Н. Калачев. – М. : ЭФО, 2013. – С. 60-62.