

## СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЧАСТОТЫ

Уланов Р.В., студент; Шумяцкий В.М., доц., к.т.н.  
(Донецкий национальный технический университет,  
г. Донецк, Украина)

Широкое использование в промышленности асинхронных короткозамкнутых двигателей предопределило применение статических тиристорных преобразователей частоты. Представителем класса статических преобразователей частоты является семейство преобразователей частоты с непосредственной связью (непосредственный преобразователь частоты – НПЧ). По сути НПЧ является автономным инвертором напряжения (АИН). Отличие в законе управления - способе формирования выходного напряжения: 1) широтно-импульсное регулирование; 2) широтно-импульсная модуляция; 3) сочетание ШИР и ШИМ; 4) слежение за эталонным синусоидальным напряжением.

Важными критериями определения преимуществ каждого способа формирования выходного напряжения, являются возможность регулирования частоты и амплитуды на выходе НПЧ при хорошем качестве энергии и простота осуществления искусственной коммутации (ИК) тиристоров. ШИР формирует выходное напряжение ступенчатой формы. В процессе регулирования ширина ступенек уменьшается и между ними появляются паузы, что приводит к изменению величины напряжения на выходе – такой способ регулирования называется однополярное ШИР. При однополярном ШИР во время пауз напряжение отсутствует, а нагрузка замкнута накоротко. При двухполярном ШИР во время пауз напряжение изменяет полярность, оставаясь неизменным по величине.

Ширина пауз зависит от глубины регулирования и определяется углом регулирования  $\alpha$ , а их число за период  $T_n = 1/f_n$  выходного напряжения – кратностью частоты модуляции, то есть отношением  $k = T_n/T_m = f_m/f_n$ , где  $T_m$  – период модуляции. Обще-

принятый способ формирования выходного напряжения с  $k = 2m$ , где  $m$  – число фаз на выходе ПЧ (преобразователя частоты). При этом в спектре выходного напряжения отсутствуют гармоники с частотами  $(6s \pm 1)f_n$ , где  $s=1,2,3\dots$ ; при изменении угла регулирования частотный спектр остается неизменным, изменяются только амплитуды гармонических составляющих.

Регулируемое напряжение является последовательностью импульсов чередующихся с паузами. С изменением частоты выходного напряжения  $f_n$  поддерживается соотношение  $U/f = const$ , что бывает необходимым в частотно-регулируемом электроприводе (ЭП) переменного тока. Однако при снижении частоты пропорциональное увеличение пауз становится невозможным. Для компенсации этого недостатка с целью улучшения формы тока в двигателе на низких частотах увеличивают кратность частоты модуляции  $k$  в целое число раз  $\mu$ , доводя их до значений  $k=12, 18, 24$  и т. д.

Таким образом за счет увеличения кратности частоты модуляции, то есть изменения структуры кривой выходного напряжения, при регулировании удастся снизить амплитуды 5, 7, 11, 13-ой и других гармоник до приемлемых величин и обеспечить этим требуемое качество энергии на выходе ПЧ. При таких изменениях усложняется система управления ПЧ, при этом предъявляются дополнительные требования к его узлу коммутации, связанные с увеличением частоты коммутации.

При реализации ШИМ выпрямленное напряжение периодически с частотой  $f_n = 1/T_n$  коммутируется. В зависимости от вида ШИМ нагрузка ПЧ периодически отключается и включается или включается с противоположной полярностью.

В результате коммутации, в случае однополярной ШИМ значение составляющей основной частоты равной частоте моду-

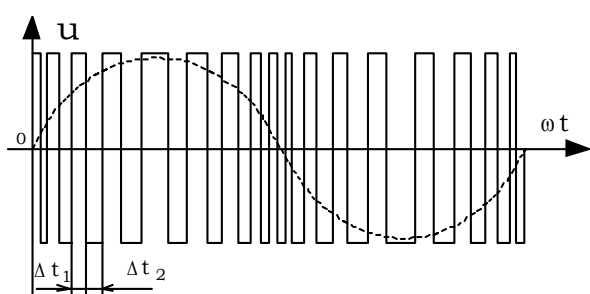


Рисунок 1- Напряжение на выходе ПЧ при ШИМ

ляции  $f_m$ , остается неизменной, а при двухполярной ШИМ равняется 0. Когда же изменять, например по синусоидальному закону, соотношение между длительностями указанных состояний:

$$(\Delta t_1 - \Delta t_2) / T_n = m \cdot \sin 2\pi f_m t,$$

где  $m$  – коэффициент глубины модуляции, который определяет границы изменения длительностей интервалов  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$ , то на выходе ПЧ появляется составляющая основной частоты (рисунок 1). Амплитуда и частота этой составляющей определяется глубиной и частотой модуляции соответственно.

Решающими критериями выбора этого способа может стать возможность плавного регулирования частоты и напряжения на выходе ПЧ в широких пределах и сложность системы управления, обеспечивающая модуляцию временного положения импульсов управления по заданному закону.

При сочетании ШИР и ШИМ используются преимущества обоих способов. При использовании ШИМ хорошее качество выходного напряжения на низких частотах. При способе ШИР, хорошее качество напряжения получается на высоких частотах. Принцип работы способа сочетания ШИР и ШИМ поясняется на рисунке 1.

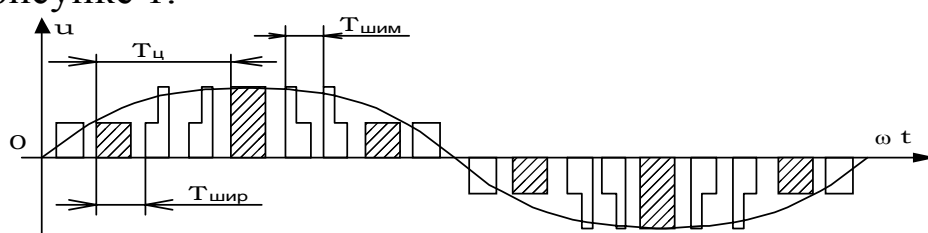


Рисунок 2. – Принцип работы способа сочетания ШИР и ШИМ.

Перестройка выходной частоты осуществляется за счет изменения  $T_{шир}$  и количества периодов  $T_{шим}$  в цикле. При этом выполняется условие, что каждый цикл периода выходного напряжения заполняется целым числом интервалов  $T_{шим}$ , а оставшаяся часть цикла определяет длительность интервала  $T_{шир}$ .

Способ слежения за эталонным синусоидальным напряжением реализуется в непосредственных ПЧ (НПЧ) с искусственной коммутацией, построенных по принципу разомкнутых или замкнутых следящих систем. Основной задачей, которая решается с помощью таких способов, является формирование на выходе ПЧ напряжений, близких по форме к синусоидальным.

Способы слежения за эталонным напряжением имеют хорошее качество энергии на выходе, но схемы усложняются наличием генераторов эталонного напряжения, узлов сравнения регулируемого напряжения с эталонным. Наиболее перспективный способ сочетания ШИР и ШИМ.