

Рис. 3. Осцилограми роботи електроповіду каретки в циклі розрізу труби

**Висновки.** Реалізація електроповіду каретки літальної пилки на базі загальнопромислового частотно-керованого асинхронного електродвигуна значно скорочує сукупну вартість пристрою, спрощує технічне обслуговування установки, зменшує собівартість продукції при фактичному збереженні її якості.

#### Список використаних джерел

1. Паньч А.А. Алгоритм формування закону руху несущого органу летучей пилы / А.А. Паньч, В.Д. Червяков // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: 2005. – № 4 (33). – С. 123-129.
2. Червяков В.Д. Аналіз законів руху електропривода несущого органу летучей пилы методом комп'ютерного моделювання / В.Д. Червяков, А.А. Паньч // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету. Тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». – Дніпродзержинськ: 2007. – С. 289-291.
3. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер – М.: Энергоиздат: 1981. – 576 с.

*Рекомендовано до друку: к-том техн. наук, проф. Івановим О.Б.*

УДК 62-83:621-313.333

*В.А. Бородай, канд. техн. наук, А.Р. Ковалев  
(Україна, Дніпропетровськ, ГВУЗ "Національний горний університет")*

## ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫЙ РЕГУЛЯТОР С КООРДИНАТНО-ФАЗОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ СКВАЖНОСТИ

Известно, что работа регулируемых электроустановок обеспечивается управляемыми источниками электрической энергии. Это, прежде всего, обусловлено возможностью работы электротехнических систем в режиме ресурсосбережения при одновременном регулировании технологического параметра. Очевидно, что внедрение регулируемых электроустановок является перспективной научной и практической задачей.

В современных преобразовательных устройствах широко применяются методы управления напряжением с помощью фазовых либо широтно-импульсных систем. По сути, эти методы определяются формой кривой выпрямленного либо действующего напряжения на выходе преобразователя, т.е. используется функциональная зависимость уровня результирующего выходного напряжения от величины площади под его кривой.

Метод широтно-импульсного управления традиционно применяется в электроприводах постоянного тока. Хотя в последнее время разработчики все чаще используют такой метод регулирования напряжения как вторую зону в частотных преобразователях при скалярном или векторном управлении. Причем этот метод может быть использован также в устройствах плавного пуска или в любых других устройствах с импульсным регулированием.

Промышленностью налажен массовый выпуск специализированных интегральных схем широтно-импульсного регулирования. К сожалению, эти схемы не всегда могут быть использованы для работы в автоматизированных электроприводах либо в других устройствах. Проблемы сопряжения по входному и выходному напряжению требуют разработки иных схемных решений для использования в современном электроприводе. Помимо этого появились новые серии цифровых схем счетчиков, дающие разработчикам большие возможности. Принимая во внимание сказанное выше, авторами предлагается новое схемное решение регулятора, функциональная структура которого приведена на рис. 1. В состав конструкции входит аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) 1, широтно-импульсный регулятор с фазным регулированием скважности 2 и силовой модуль 3. Основую АЦП является преобразователь напряжение-частота (НПЧ) со счетчиком подсчета импульсов (СЧИ) и преобразованием кода в функции импульсов синхронизирующего генератора (СГИ).

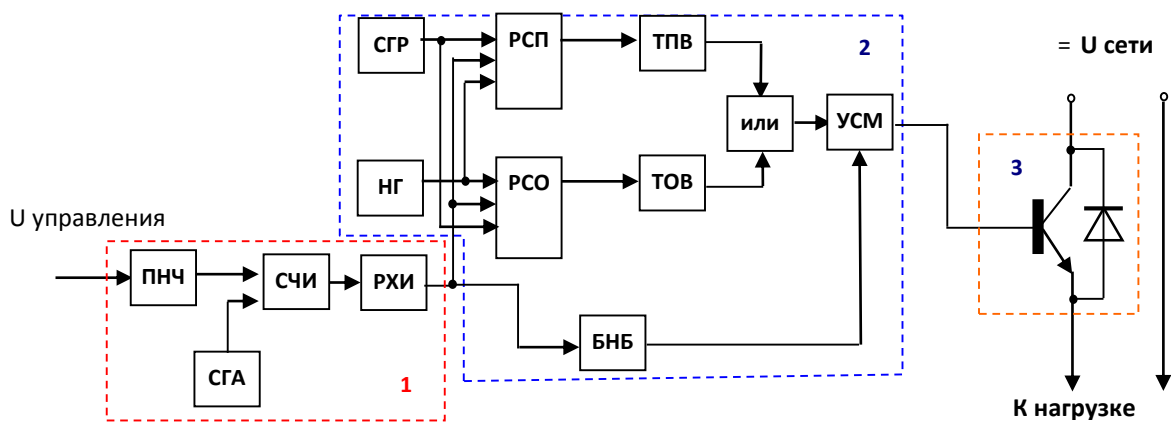


Рис. 1. Структурная схема регулятора с ШИМ и координатно-фазовым управлением импульсов отпирания

Для хранения оцифрованного аналогового сигнала, измеренного на предыдущем шаге, применяется регистр хранения импульсов (РХИ). Широтно-импульсный регулятор предполагает периодическую загрузку кода реверсивных счетчиков положительной (РПС) или отрицательной (РСО) волны фазового сдвига импульсов открывания. Их загрузка происходит по сигналу логической единицы на выходе синхрогенератора (СГР), а фиксация заданного интервала времени, соответствующего загруженному коду, выполняется при подаче импульсов с генератора несущей частоты (НГ). При достижении «нуля» в результате инкрементирования исходного загруженного кода на выходе счетчиков РСП или РСО появляется импульс открывания силового блока 3. Поскольку каждый счетчик работает на своей отведенной части периода кривой с генератора СГР, то в это время импульс открывания фиксируется в своем триггере: отрицательной волны (ТОВ) или положительной (ТПВ). Одновременно при подготовке к срабатыванию ТОВ происходит автоматический сброс ТПВ и наоборот. Результирующий сигнал управления суммируется в логическом блоке «ИЛИ». Особенностью схемы является отсчет интервалов фазового сдвига импульсов управления с момента ее включения. Код «нуль» при включении соответствует максимальному напряжению на нагрузке. Это происходит до момента первого замера сигнала управления на входе АЦП. Для блокировки открывания силового блока до первого замера АЦП используется блок начальной блокировки (БНБ). Для согласования мощностей сигналов открывания из системы управления и силового блока применен усилитель согласования мощности (УСМ). Таким образом, сигнал, усиленный УСМ, попадает на базу регулирующего транзистора, включенного согласно схеме с общей базой и шунтированием перехода эмиттер-коллектор обратным диодом для работы на активно-индуктивную нагрузку.

По предложенной структуре разработана и построена Multisim-модель (рис. 2). Расчет ее составных элементов проводится по известным методикам. Что касается максимальных частот для преобразователя напряжение-частота, генераторов синхронизации и генератора несущей частоты, то они могут быть определены по предложенному методу. Расчет следует начинать с выбора исходных данных, к которым относят: максимально измеренное напряжение на входе АЦП  $U_{вх}$ , В; чувствительность АЦП  $u_c$ , В/1кода;

время быстрого действия АЦП  $t$ , с. Для принятых исходных данных определяется число импульсов максимального измерения и частота синхронизации АЦП, т.е.

$$N = \frac{U_{\text{BX}}}{u_{\text{ч}}}, \text{ код}; \quad f_c = \frac{1}{t}, \text{ Гц.}$$

Тогда максимальная чистота преобразователя напряжение-частота

$$f_p = \frac{2 \cdot N}{t}, \text{ Гц.}$$

При расчете частоты синхронизации (скважности выходного сигнала) счетчиков фазового сдвига следует выдержать соотношение  $\frac{f_p}{f_c} = \text{const}$ , с учетом которого

$$f_{pp} = \frac{f_p}{f_c} f_p, \text{ Гц.}$$

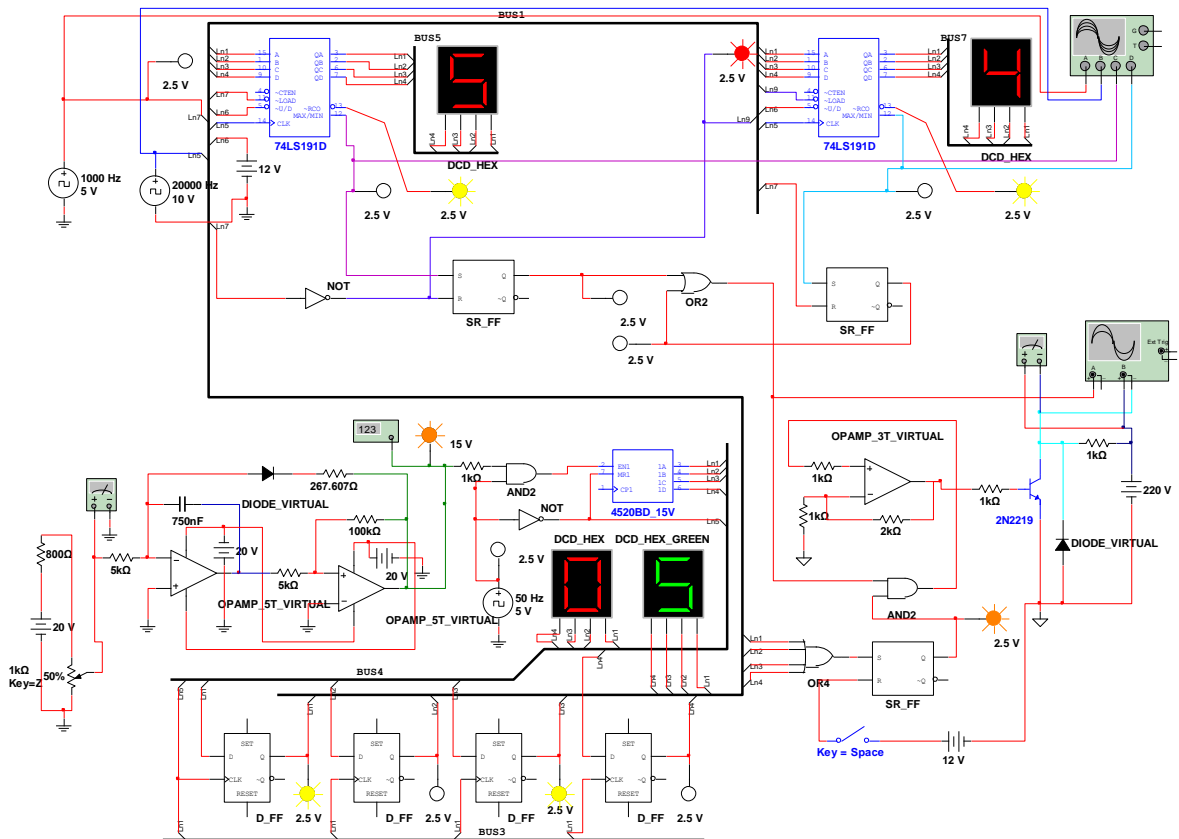


Рис. 2. Модель регулятора с ШИМ.

Несущую частоту следует определять в соответствии с выражением

$$f_{cc} = \frac{f_{pp}}{2 \cdot N}, \text{ Гц.}$$

На рис. 2 приведена модель регулятора с ШИМ и построена регулировочная характеристика (рис. 3) для исходных данных:  $U_{\text{ax}}=10$  В, чувствительности АЦП  $u_{\text{ч}}=1$  В/1кода и быстрого действия АЦП –  $t=0,02$  с.

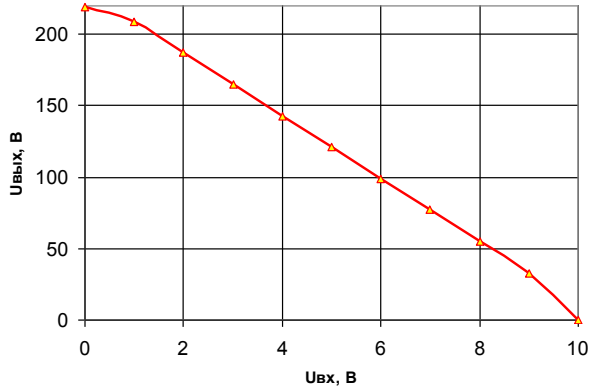


Рис. 3. Регулировочная характеристика регулятора с ШИМ

Точность измерений и регулирования, как известно, зависят от разрядности АЦП и характеристик реверсивных счетчиков фазового сдвига импульсов управления. Предложенная схема (рис. 2) имеет четыре активных разряда, что является недостаточным. Поэтому в работе предлагаются варианты схемного решения суммирующих счетчиков АЦП или их каскадирования (рис. 4). Увеличение разрядности АЦП соответственно влечет за собой увеличение разрядности реверсивных таймеров (рис. 5).

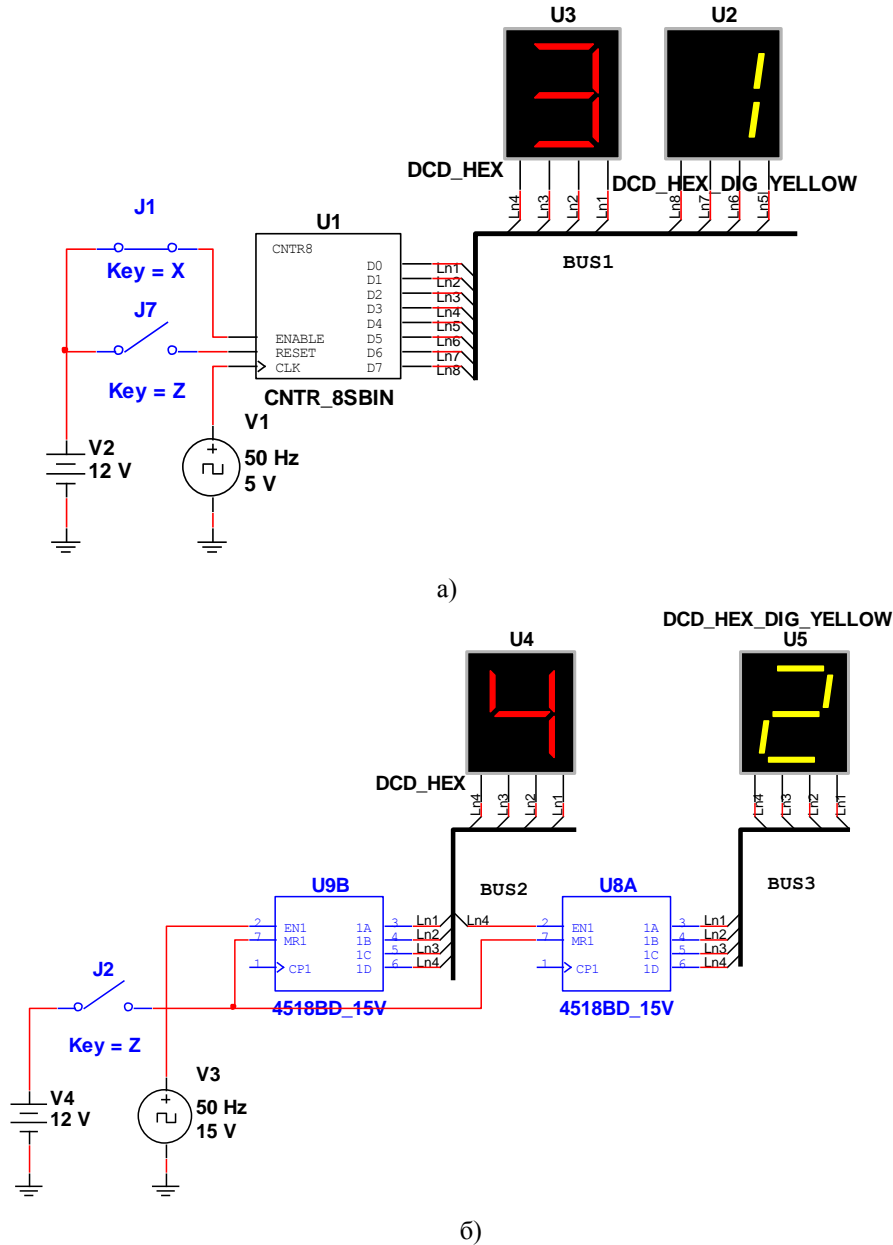


Рис. 4. Схемы 8 - разрядных суммирующих некаскадированного (а) и каскадированного (б) счетчиков

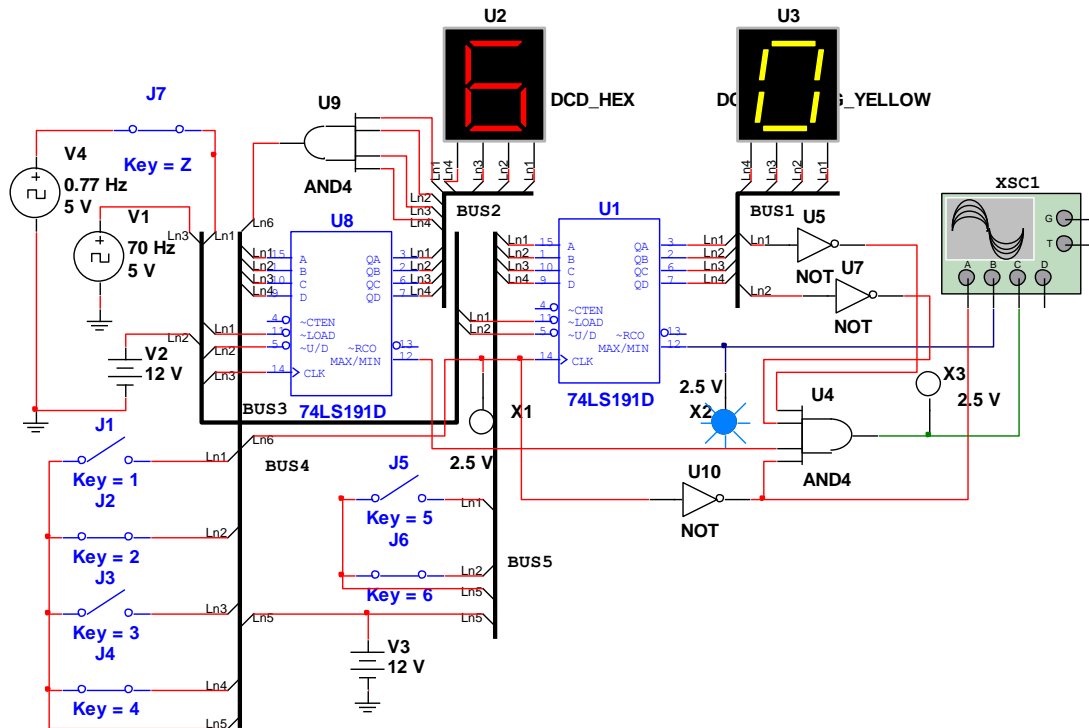


Рис. 5. Схема каскадирования 4-разрядного вычитающего счетчика

В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- вопрос энерго- и ресурсосбережения остается по-прежнему актуальным;
- промышленные регуляторы с широтно-импульсной модуляцией не всегда могут применяться в объектах автоматизации из-за сложности сопряжения входных и выходных напряжений;
- для новых схем регуляторов с ШИМ возможно применение координатно-фазового регулирования управляющих импульсов;
- для предложенного регулятора с ШИМ и координатно-фазовым управлением разработан метод определения частот синхро- и несущих генераторов;
- установлено, что для предложенного схемного решения регулятора характер регулировочной характеристики в основном линейный, с присутствием некоторой нелинейности в зоне минимального и максимального значений напряжения;
- повышение чувствительности и точности работы регулятора обеспечивается большей разрядностью, которую предлагается реализовывать за счет схем каскадирования счетчиков.

#### Список литературы

1. Руденко В.С. Основы преобразовательной техники: Учеб. для вузов./ В.С.Руденко, В.И.Сенько, И.М.Чиженко – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1980. – 424 с.
2. Полупроводниковые выпрямители / под ред. Ф.И. Ковалева и Г.П. Мостковой – изд. 2-е, перераб. – М.: Энергия, 1978. – 448 с.; ил.
3. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі / М.М. Казачковський; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. Академія. – Д.: НГА, 1999. – 228 с.
4. Казачковський М.М. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: Навч. посіб. / М.М.Казачковський; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. академія. – Д.: НГА України, 2000. – 197 с.
5. Бородай В.А. Моделирование систем импульсно-фазового управления преобразовательных устройств / В.А.Бородай, А.Р.Ковалев // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2015. – Вип. 94. – С. 64 – 69.

Рекомендовано до друку: к-том техн. наук, проф. Івановим О.Б.