

## ИМПУЛЬСНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПОСТОЯННОГО НАПЯЖЕНИЯ

Филиал «Протвино» университета «Дубна

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

Представлены результаты математического моделирования схемы преобразования напряжения с регулировкой от нуля до максимума. Получены зависимости, позволяющие производить расчёт таких преобразователей.

Для некоторых потребителей постоянного тока требуется изменяемое по величине напряжение. В первую очередь это двигатели постоянного тока, скорость вращения которых прямо пропорциональна величине питающего напряжения.

В основе работы импульсного регулятора (ИР) лежит принцип периодического подключения нагрузки к источнику напряжения неизменной величины. Предположим, что нагрузка подключена к источнику напряжения через ключевой элемент  $K$  (рис. 1а), который периодически замыкается и размыкается. Времена замкнутого ( ) и разомкнутого ( ) состояния ключа можно автоматически изменять, воздействуя на него сигналами, поступающими из системы управления (СУ). В результате к нагрузке будет приложено импульсное напряжение, форма которого соответствует диаграмме, представленной на рис. 1 б). Очевидно, что среднее значение напряжения на нагрузке будет зависеть от соотношения времён замкнутого и разомкнутого состояния ключа  $K$ . Согласно определению среднего значения напряжения можно записать

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{вх}} \cdot t_{\text{з}}}{T}, \quad (1)$$

где  $U_{\text{ср}}$  — среднее значение напряжения на нагрузке;  $T$  — период переключения ключа  $K$ ;  $f$  — частота переключения ключа  $K$ .

Отношение  $q = \frac{t_{\text{з}}}{T}$  называют скважностью работы ключа. Изменяя скважность  $q$ , можно регулировать выходное напряжение на нагрузке. Регулирование напряжения в рассматриваемой схеме за счёт изменения скважности можно рассматривать как модуляцию входного напряжения ключом  $K$ .

Наибольшее распространение получил способ широтно-импульсной модуляции — время переменное, а частота  $f$  — постоянная. В [1] детально рассмотрены две известные схемы ИР с последовательным и параллельным ключевым элементом. Они обеспечивают либо уменьшение, либо увеличение напряжения на нагрузке при изменении времени

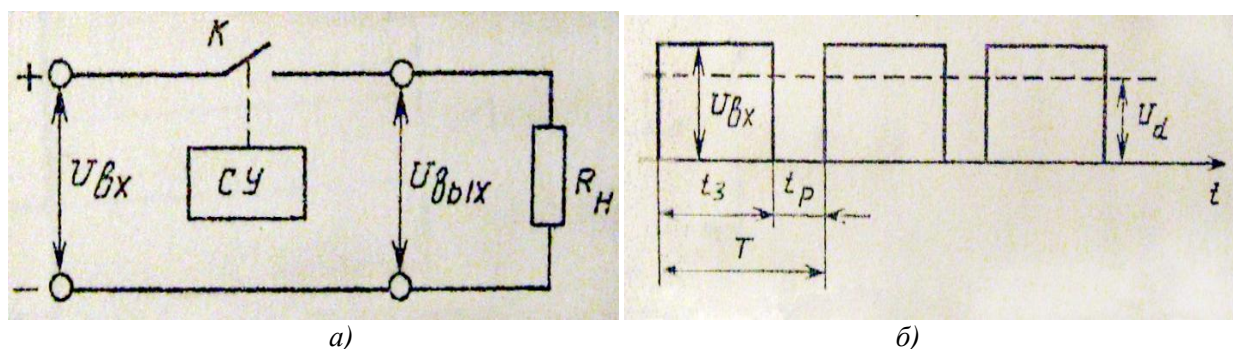


Рис. 1. Импульсный регулятор с последовательным ключевым элементом:  
а) эквивалентная схема; б) диаграмма выходного напряжения на нагрузке

Известна также третья схема шим-регулятора (рис. 2):

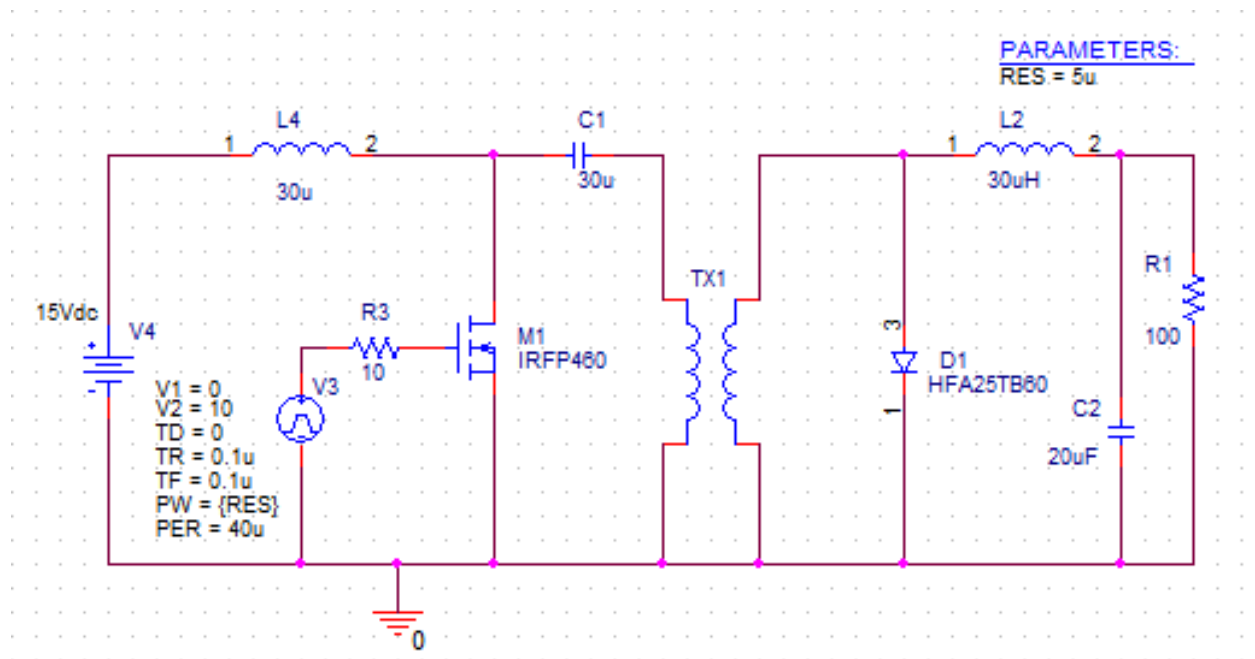


Рис. 2. Импульсный преобразователь *DC-DC* с непрерывным регулированием напряжения ( от 0 до  $U_{max}$  )

— она позволяет получить напряжение на нагрузке, величина которого может изменяться от нуля до четырех-пятикратного значения от входного напряжения. Это весьма важный фактор, позволяющий осуществлять непрерывную регулировку процесса (например, с момента пуска двигателя до необходимого максимума скорости);

— вторая ее особенность заключается в том, что выходное напряжение имеет отрицательную полярность относительно входного: в некоторых случаях это удобно. Например, для питания операционных усилителей или мощных звуковых усилителей (УНЧ ) нужно именно двухполярное питание.

В случае, когда требуется гальваническая развязка нагрузки от источника питания, можно использовать трансформатор.

Следует отметить, что в [1] приведено весьма ограниченное по объёму описание принципа работы таких схем и не приведено расчетных соотношений для их проектирования. Нами проведено математическое моделирование на ЭВМ в программе "OrCad 9.2". модели схемы реверсивного регулятора постоянного напряжения с целью получения зависимостей токов и напряжений при вариации сопротивления нагрузки и длительности отпирающего импульса транзистора.

В таблице 1 приведены некоторые данные опытов на математической модели.

Таблица 1

| Бестрансформаторный вариант |                 |                  |              |             |             |             |                 |         |
|-----------------------------|-----------------|------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
|                             | $U_{вх}$<br>(В) | $U_{вых}$<br>(В) | $t_u$<br>мкс | $L$<br>мкГн | $R_n$<br>ом | $P_n$<br>Вт | $P_{ном}$<br>Вт | $\zeta$ |
| 1                           | 20              | 40               | 20           | 40          | 20          | 75          | 94              | 0,82    |
| 2                           | 20              | 62               | 20           | 40          | 50          | 77          | 95              | 0,8     |
| 3                           | 20              | 84               | 20           | 40          | 100         | 88          | 95              | 0,81    |
| 4                           | 40              | 80               | 20           | 40          | 20          | 320         | 380             | 0,78    |
| 5                           | 40              | 120              | 20           | 40          | 50          | 310         | 375             | 0,77    |
| 6                           | 40              | 170              | 20           | 40          | 100         | 295         | 375             | 0,7     |
| 7                           | 30              | 53-145           | 20           | 50          | 20-160      | 45          | 175             |         |
| Трансформаторный вариант    |                 |                  |              |             |             |             |                 |         |
| 8                           | 50              | 95               | 20           | 40          | 20          | 490         | 600             | 0,83    |
| 9                           | 50              | 150              | 20           | 40          | 50          | 480         | 600             | 0,82    |
| 10                          | 50              | 210              | 20           | 40          | 100         | 460         | 600             | 0,8     |
| 11                          | 30              | 27-77            | 10           | 50          | 20-160      | 40          | 46              | 0,85    |
| 12                          | 30              | 53-145           | 20           | 50          | 20-100      | 145         | 175             | 0,88    |

Более полное представление о процессах в исследуемой схеме дают временные и параметрические зависимости токов, два дросселя, разделительный конденсатор на нагрузке и транзисторе — при изменении времени открытого состояния транзистора. Эти зависимости приведены на рис. 3.

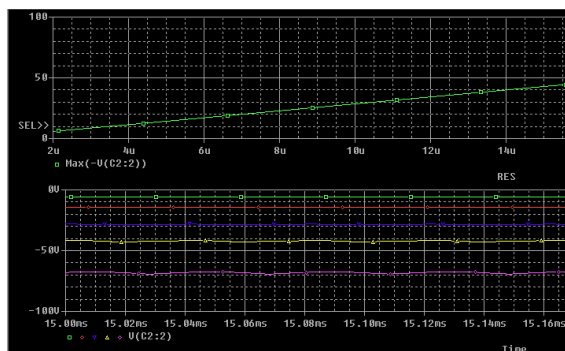


Рис. 3. Напряжение на нагрузке

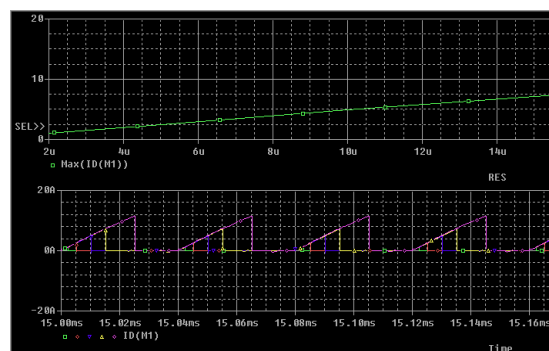


Рис. 4. Ток транзистора

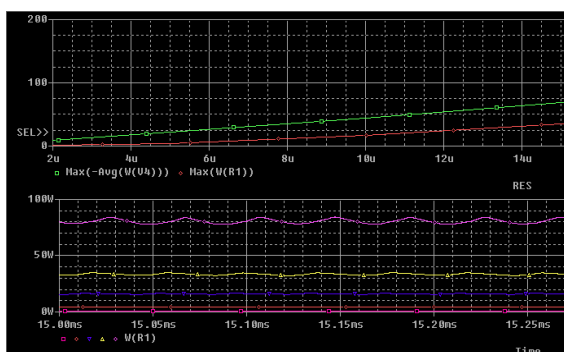


Рис. 5. Мощности в нагрузке и потребляемые

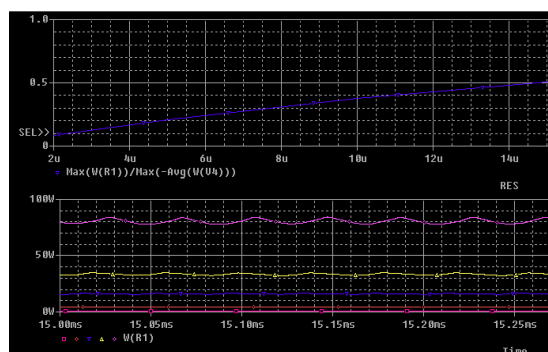


Рис. 6.

- Из их рассмотрения видно, что при увеличении времени открытого состояния транзистора возрастают величины токов, напряжений и мощностей. Таким образом, можно регулировать напряжение на нагрузке.

### Библиографический список

1. Розанов Ю. К. Основы силовой электроники. / Ю. К. Розанов — М. : Энергоатомиздат, 1992. — 296 с: ил.