УМНОЖИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

VOLTAGE MULTIPLIERS

УДК 621.314.6

Пиликина Е.А., старший преподаватель, ФГБОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича» Россия, г. Санкт-Петербург

Белоус К.В, Студент, 3 курс, факультет фундаментальной подготовки Университет телекоммуникаций Россия, г. Санкт-Петербург

Ларионова А.К., Студент, 3 курс, факультет фундаментальной подготовки Университет телекоммуникаций Россия, г. Санкт-Петербург

Pilikina E. A., helenarh@yandex.ru

Belous K.In, 06012000larionova@gmail.com

Larionova A. K., 06012000larionova@gmail.com

Аннотация

В статье рассматриваются принципы работы умножителей напряжения, их расчёт. А также разработано ПО для расчёта параметров умножителей. Данная статья является актуальной, поскольку использование схем умножения напряжения в современных областях техники становится повсеместным из-за закономерного развития радиоэлектронных устройств

Умножитель напряжения — устройство для преобразования низкого переменного(пульсирующего) напряжения в высоковольтное постоянное напряжение. В отдельных каскадах переменное напряжение выпрямляется, а выпрямленные напряжения включаются последовательно и суммируются. Связь каскадов с источниками питания осуществляется через ёмкости или

посредством взаимной индукции. Питание каскадов может быть как последовательным, так и параллельным.

Summary

Principles of operation of voltage multipliers and their calculation are discussed throughout the article. The article also includes a software for calculating the parameters of multipliers. The use of voltage multiplication schemes in modern areas of technology is becoming widespread due to the logical development of electronic devices, which makes the article releavant today.

A voltage multiplier is a device for converting low-AC (pulsing) voltage to high-voltage constant voltage. In separate stages, the AC voltage is rectified, and the rectified voltage is switched on in series and summed. Communication of cascades with power sources is carried out through capacitances or by mutual induction. The power supply of cascades can be either serial or parallel.

Ключевые слова: умножители, увеличение напряжения, симметричные, несимметричные, расчёт, программа.

Keywords: multipliers, voltage increase, symmetric, asymmetric, calculation, program.

1 Введение

На сегодняшний день, в целях обеспечения оптимального выполнения заданных функций, нынешние электронные устройства должны иметь высокую эффективность и надежность. Так же, для большинства электронных устройств главные требования сводятся к следующим: малые массогабаритные показатели и низкая стоимость. Резкое удорожание медного провода, используемого для намотки трансформаторов, спровоцировало к поиску других способов увеличения напряжения. В связи с этим, наиболее актуальным стало использование схем умножителей напряжения.

2 Умножители напряжения

Умножители напряжения - специальные схемы выпрямления, у которых выходное напряжение является значением пикового переменного входного

напряжения, увеличенное в целое число раз (зависит от числа используемых каскадов). Такая схема позволяет увеличить напряжение без использования повышающего трансформатора.

Все умножители разделяются на симметричные и несимметричные схемы. Отличие их состоит в том, что у симметричных схем умножения на выходе будет удвоенная частота пульсаций выпрямленного выходного напряжения. Симметричная схема является соединением двух несимметричных схем, у одной из которых поменяны полярности конденсаторов и проводимости диодов.

Несимметричные схемы напряжения делятся на: схемы умножения I-го рода (параллельные) и схемы умножения II-го рода (последовательные).

2.1 Удвоители напряжения

Схемы удвоителей являются самыми простыми из всех умножителей (рис.1). Можно построить схему несимметричную (однополупериодную) или симметричную (двухполупериодную). Отнести удвоитель к I-му или ко II-му роду нельзя [1].

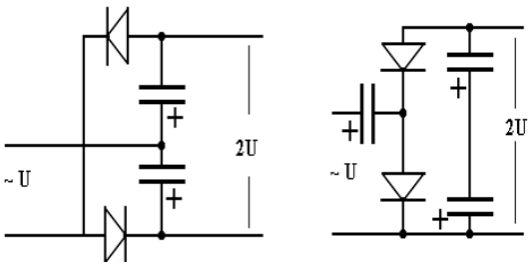

Рис.1. Слева – симметричный двухполупериодного удвоитель, справа – однополупериодный несим-

Однополупериодный удвоитель – самостоятельная схема или часть многокаскадных схем умножения.

Двухполупериодный удвоитель – это две схемы однополупериодного однофазного выпрямителя, включённых последовательно. При положительной полуволне входного переменного напряжения, работает верхний выпрямитель, заряжая верхний конденсатор до пикового значения входного напряжения (не считая падения напряжения на диоде). При отрицательной полуволне происходит заряд нижнего конденсатора до того же значения. На выходе конденсаторы дадут сумму напряжения.

2.2 Утроители напряжения

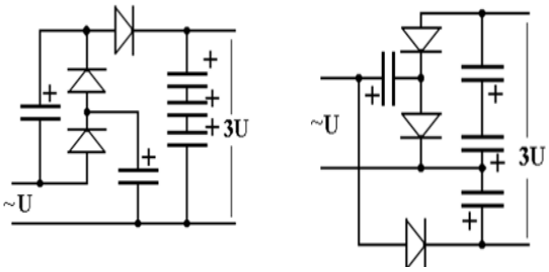

Рис.2. Слева – умножитель напряжения первого рода, справа – второго рода.

Утроители напряжения могут быть I-го или II-го рода (рис.2), но не могут быть симметричными, как и любые схемы с нечетной кратностью умножения [1]. Такой умножитель напряжения строится путем соединения удвоителя напряжения и еще одного однофазного однополупериодного выпрямителя напряжения.

По аналогии с удвоителями: схема однополупериодного выпрямления заряжает свой конденсатор до пикового значения входного переменного напряжения. В итоге на выходе обеспечивается сумма выходного напряжения с удвоителя и с дополнительного выпрямителя, что дает утроенное значение входного напряжения.

2.3 Учетверитель напряжения

Эта схема умножения -комбинация двух удвоителей напряжения. Каждый удвоитель обеспечивает удвоенное напряжение на своих выходах [1].

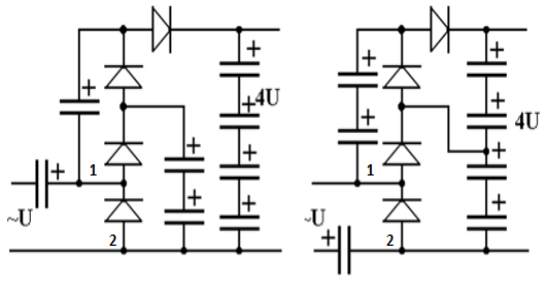

Рис.3. Слева – учетверитель I-го рода, справа – II-го рода.

При последовательном соединении таких удвоителей и подаче переменного напряжения на вход: на выходе получим увеличенное в 4 постоянное напряжение.

Принцип работы для учетверителей напряжения I-го и II-го рода (рис.3) не отличается от других схем умножения: в один полупериод заряжаются конденсаторы, подключенные к точке 1, в другой полупериод – подключенные к точке 2.

2.4 Расчёт параметров умножителей напряжения

Расчёт параметров для несимметричных схем **I-го рода**

Если два одинаковых конденсатора, один из которых полностью заряжен, а другой - разряжен, соединить параллельно, произойдет перераспределение электрической энергии: полностью заряженный конденсатор будет отдавать свою энергию разряженному до тех пор, пока напряжение не выровняется между ними.

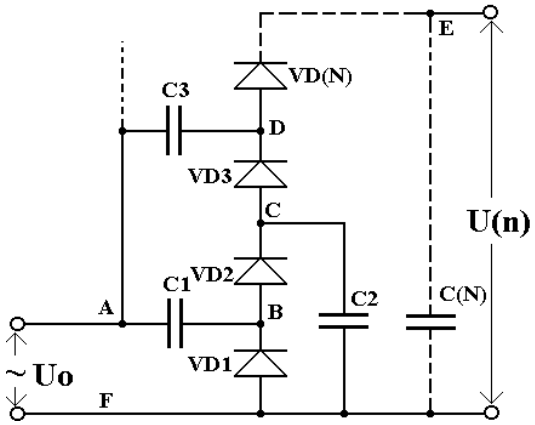

Рис.4. Схема несимметричного умножителя I-го рода.

Зарядившийся до своей максимальной ёмкости конденсатор, начнёт отдавать свою энергию следующему конденсатору: напряжение на С1 начнет уменьшаться, а на С2 – увеличиваться. С3,заряжаясь от С2, получит ещё меньший заряд. То есть для наилучшей работы схемы умножителя напряжения, самую максимальную ёмкость должен иметь первый конденсатор, а самую минимальную – последний, что бы каждый конденсатор смог своей большой ёмкостью в большей степени зарядить каждый последующий.

Минимальная ёмкость конденсатора на выходе С(N) рассчитывается по формуле (1), исходя из заданного уровня пульсаций выпрямленного напряжения Кп (выбирается в пределах 0,5-3,0%) и сопротивления нагрузки Rн.

$$C(N) = \frac{5{,}7}{Кп * Rн} \qquad \textbf{(1)}$$

Емкости остальных конденсаторов, обеспечивающие наилучшую работу схемы, будут определяться по формуле (2).

$$C(n) = M * C(N) \qquad \textbf{(2)},$$

где C(n) –емкость конкретного конденсатора, C(N) – емкость конденсатора на выходе схемы, M – коэффициент увеличения емкости, определяемый по таблице 1.

Таблица 1: Значения коэффициентов

Номер конденсатора на схеме	Кратность умножения напряжения		
	4	3	2
C1	8	6	4

C2	4	2,25	1
C3	1,6	1	—
C4	1	—	—

Расчёт параметров для несимметричных схем **II-го рода**

В этой схеме все конденсаторы, кроме C1, заряжаются до удвоенного амплитудного напряжения, а к C1 приложено амплитудное напряжение. Так, рабочее напряжение конденсаторов и диодов получается достаточно низким [1].

Необходимая ёмкость конденсаторов в этой схеме определяется по приближенной формуле (3).

$$C = \frac{2{,}85 * N}{K\text{п} * R\text{н}} \quad \textbf{(3)}, \text{ где}$$

N—кратность умножения напряжения; Кп — допустимый коэффициент пульсаций выходного напряжения, %; Rн — сопротивление нагрузки, кОм.

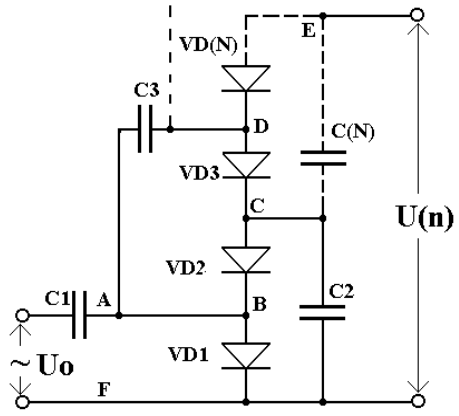

Рис.5. Схема несимметричного умножителя II-го рода.

Ёмкость конденсатора C1 должна быть в 4 раза больше.

Ниже приведены алгоритм работы программы (рис.6) и его код на языке программирования C++, которая рассчитывает ёмкости конденсаторов для параллельных и последовательных схем умножения напряжения до 4 порядка.

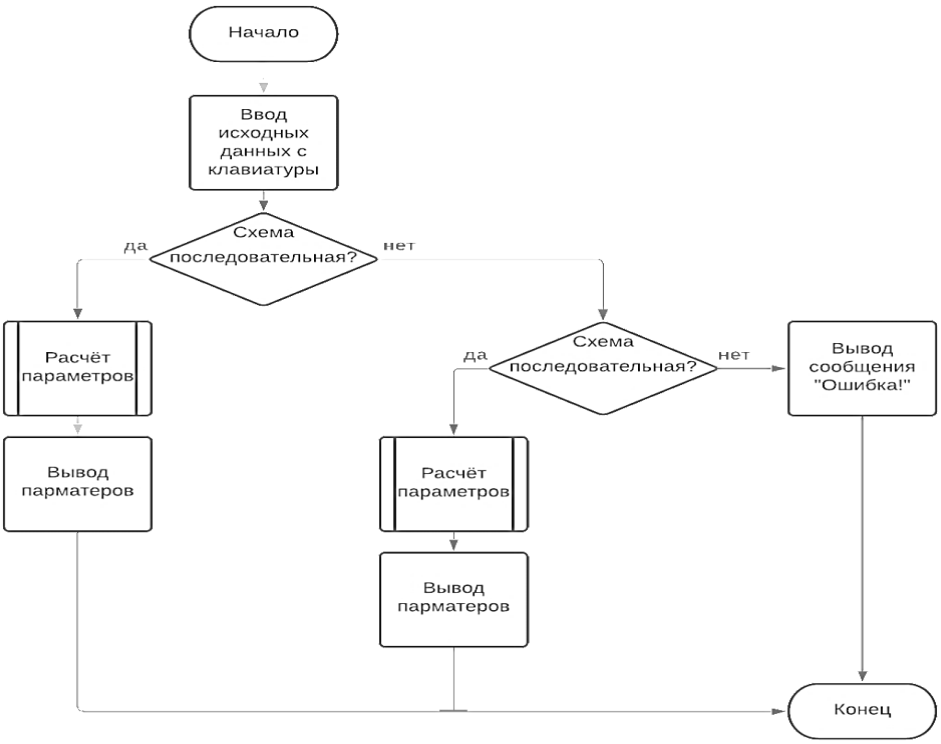

Рис.6. Обобщённый алгоритм работы программы.

Исходный код:

```
#include <iostream>
using namespace std;
int main()
{
    setlocale(LC_ALL,"Russian");
    float a,n,R,K,c,C1,C2,C3,C4;
    cout << "Расчёт ёмкостей конденсаторов умножителей напряжения" << endl;
    cout << "Выберите тип умножителей напряжения: " << endl;
    cout << "Если умножитель напряжения относится к последовательным умножите-
лям, то введите цифру 1," << endl;
    cout << "если к параллельным - цифру 2" << endl;
    cin >> a;cout << "Введите n - кратность умножителя напряжения (от 2 до 4):" <<
endl << "n= ";
    cin >> n;
    cout << endl << "Введите сопротивление нагрузки Rн (кОм)" << endl << "Rн=";
    cin >> R;
    cout << endl << "Введите допустимый коэффициент пульсаций Uвых, %" << endl
<< "Кп= ";
    cin >> K;
```

```
cout << endl;
if (a==1)
{
c=2.85*n/(K*R);
C1=4*c;
C2=c;
C3=c;
C4=c;
if (n==2)
  {
 cout << "Ёмкости конденсаторов удвоителя напряжения 2-го рода: " << endl <<
"C1 = " << C1 << "мкФ" << endl
 << "C2 = " << C2 << "мкФ"  << endl;
  } else {
if (n==3)
  {
   cout << "Ёмкости конденсаторов утроителя напряжения 2-го рода: " << endl <<
"C1 = " << C1 << "мкФ" << endl
 << "C2 = " << C2 << "мкФ"  << endl << "C3 = " << C3 << "мкФ" << endl;
  } else {
 if (n==4)
  {
   cout << "Ёмкости конденсаторов учетверителя напряжения 2-го рода: " << endl
<< "C1 = " << C1 << "мкФ" << endl
 << "C2 = " << C2 << "мкФ"  << endl << "C3 = " << C3 << "мкФ" << endl << "C4 =
" << C4 << "мкФ" << endl;
  }
  else {cout<<"Ошибка!" << endl;}}}
} else {
if (a==2)
{
  c=5.7/(K*R);
  if (n==2)
  {
    C1=4*c;
```

```
            C2=c;
            cout << "Ёмкости конденсаторов удвоителя напряжения 1-го рода: " << endl
<< "C1 = " << C1 << "мкФ" << endl
        << "C2 = " << C2 << "мкФ"  << endl;
          } else{
          if (n==3)
          {
            C1=6*c;
            C2=2.25*c;
            C3=c;
             cout << "Ёмкости конденсаторов утроителя напряжения 1-го рода: " << endl
<< "C1 = " << C1 << "мкФ" << endl
        << "C2 = " << C2 << "мкФ"  << endl << "C3 = " << C3 << "мкФ" << endl;
          } else{
          if (n=3)
          {
            C1=8*c;
            C2=4*c;
            C3=1.6*c;
            C4=c;
            cout << "Ёмкости конденсаторов учетверителя напряжения 1-го рода: " <<
endl << "C1 = " << C1 << "мкФ" << endl
         << "C2 = " << C2 << "мкФ"  << endl << "C3 = " << C3 << "мкФ" << endl << "C4 =
" << C4 << "мкФ" << endl;
          } else { cout << "Ошибка!" << endl;}}}}
          else { cout << "Ошибка!" << endl;}}
        return 0;
    }
```

3 Заключение

На основе разобранных схем умножения напряжения и их принципах работы, можно спроектироавть и рассчитать схемы с любой кратностью умножения. Но количество каскадов у несимметричных схем умножения нельзя увеличить до бесконечности, так как чем больше номер каскада в скеме, тем меньше его вклад в увеличение выходного напряжения. Выходом

из этой ситуации являются симметричные схемы умножения, где пульсации и падения напряжения на выходе меньше, чем у несимметричных.

Список литературы

1. Н. Филенко. Принципы построения и работы схем умножения напряжения.
2. Алексей Ровдо. Умножители напряжения на диодах.
3. Б. Грабовски. Справочник по электронике / Б. Грабовски — 2-е изд., испр. — М.: ДМК-Пресс, 2009 - с.286
4. Шрайбер, Г. 300 схем источников питания. Выпрямители. Импульсные источники питания. Линейные стабилизаторы и преобразователи / Г. Шрайбер .— М. : ДМК-Пресс, 2008 – с.8
5. Электрик в доме / Полезные статьи по электричеству и электронике, нормативные документы//Умножители напряжения, 2013.

List of references

1. N. Filenko. Principles of construction and operation of voltage multiplication schemes.
2. Alexey Rovdo. Voltage multipliers using diodes.
3. B. Grabowski. Handbook of electronics / B. Grabovsky-2nd ed., ISPR. - M.: DMK-Press, 2009-p. 286
4. Schreiber, G. 300 power supply circuits. Rectifiers. Switching power supply. Linear stabilizers and converters / G. Schreiber. - M.: DMK-Press, 2008-p. 8
6. electrician in the house / Useful articles on electricity and electronics, regulatory documents//Voltage multipliers, 2013.