УДК 621.314.21

И.А. ЛЕСКОВ, студент гр. Э-312 (ОмГТУ)
В.М. ТРОЦЕНКО, студент гр. Э-312 (ОмГТУ)
Научный руководитель: А.Т. КАЛИМУЛЛИН, аспирант (ОмГТУ)
г. Омск

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Устройства, преобразовывающие энергию природных источников: воды, ветра, газа и других в электрическую энергию, все это - источники первичного электропитания.

Напряжение таких источников, как правило, стандартно переменное, что на практике не всегда удобно. Ведь многие потребители электроэнергии могут функционировать исключительно на постоянном напряжении, при этом значение напряжения может быть различным, а отдельные - на переменном напряжении нестандартной частоты различных значений.

В таких случаях, как правило, применяются источники вторичного электропитания, способные преобразовывать электроэнергию, поступающую от первичного источника электроэнергии, к тому виду, который может обеспечить нормальное функционирование каждого конкретного потребителя.

Функциональные узлы источника вторичного электропитания способны выполнять как одну так сразу и несколько задач: выпрямление, преобразование, инвертирование, регулирование, стабилизацию и т.п.

Выпрямитель - это устройство, служащее для преобразования энергии переменного тока первичного источника в энергию постоянного тока [1].

Типы выпрямителей:

1. Управляемый – позволяют получить постоянное напряжение, преобразовав переменное напряжение, и при этом менять значение уже выпрямленного напряжения. В основе производства таких выпрямителей лежат тиристорные схемы.

2. Неуправляемый – в их основе лежат диодные схемы. При использовании данного вида выпрямителей нет возможности изменить значение выпрямленного напряжения.

Сглаживающий фильтр позволяет снизить уровень пульсации выпрямленного напряжения.

Стабилизатор напряжения позволяет получить на выходе напряжение, находящееся в заданных пределах, при значительно больших колебаниях напряжения сети [1].

Рассчитаем схему полупроводникового выпрямителя без фильтра (рис. 1).

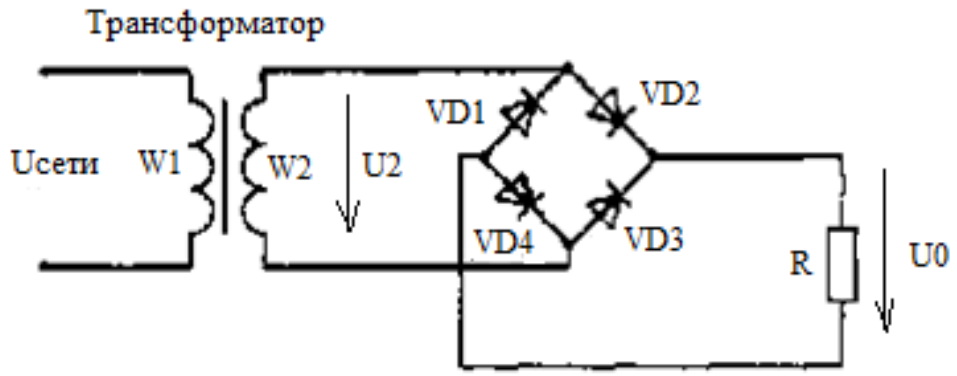

Рис. 1. Двухполупериодный двухтактный выпрямитель

Примем за основу исходные данные, показанные в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные

Uсети, В	$U_{0,}$ В	f, Гц	$P_{0,}$ Вт	$q_ф$	k_1	k_2	k_3
220	75	50	900	0,17	0,65	0,7	1,13

Рассчитаем значение тока через нагрузку:

$$I0 = \frac{P0}{U0} = 12A, \quad (1)$$

Найдем сопротивление нагрузки:

$$R0 = \frac{U0}{I0} = 6{,}25Ом, \quad (2)$$

Посчитаем действующие значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора, без учета падения напряжения на диодах:

$$U2 = 1{,}11 \cdot U0 = 83{,}2B, \quad (3)$$

Максимальное значение напряжения:

$$U2\max = \sqrt{2} \cdot U2 = 117{,}733B, \quad (4)$$

Среднее значение тока, через диод:

$$Ivd = \frac{I0}{2} = 6A, \tag{5}$$

Исходя из найденных значений тока и напряжения, необходимо выбрать диоды. Для данных значений подходят диоды марки: Д243(Д215) [2] с параметрами:

$U_{обрmax}$ = 200 В;

U_{pr} = 1,2 В;

$I_{ном}$ = 10 А;

f = 1200 Гц.

Далее надо проверить подойдет ли диод для нашего выпрямителя. Для этого необходимо уточнить действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора с учетом падения напряжения на диодах и максимальное обратное напряжение на диодах.

$$U2 = 1{,}11 \cdot (U0 + 2 \cdot Upr) = 85{,}914B, \tag{6}$$

$$U2\max = \sqrt{2} \cdot U2 = 121{,}501B, \tag{7}$$

Мы видим, что уточненное значение удовлетворяет выбранному диоду. Значение мощности выделяемой на диоде:

$$Pvd = Ivd \cdot Upr = 7{,}2Bm, \tag{8}$$

Далее построим график изменения напряжения на нагрузочном устройстве выпрямителя без фильтра, при:

t = 0,001…0,1

w = 314,159

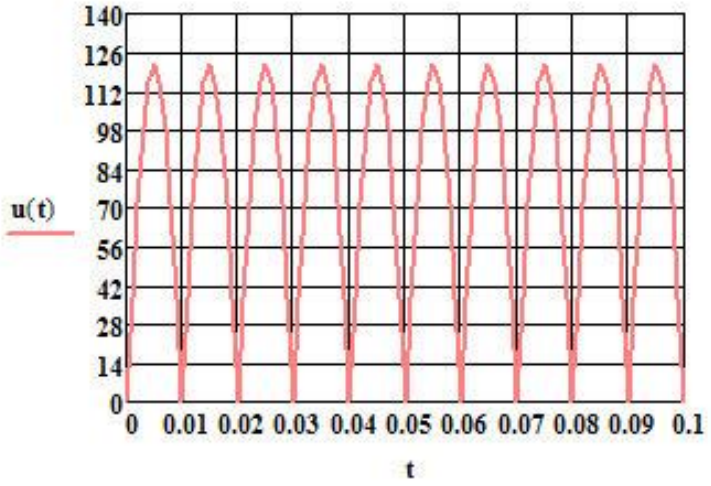

Рис. 2. График изменения напряжения на нагрузочном устройстве

Для более наглядного примера рассчитаем схему неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром при тех же исходных данных.

Для получения на нагрузке заданного значения коэффициента пульсации ($q_ф$ = 0,17) параллельно нагрузке подключают сглаживающий фильтр.

Для нахождения емкости этого фильтра, сначала необходимо найти коэффициент фильтрации:

$$S = \frac{q}{qф} = \frac{0{,}67}{0{,}17} = 3{,}941, \tag{9}$$

$$C = \frac{S}{2 \cdot q \cdot \pi \cdot m \cdot f \cdot R0} = 1{,}498 \cdot 10^{-3} Ф, \tag{10}$$

Емкость реального конденсатора выбирают согласно стандартному ряду значений емкостей:

$$Cк = n \cdot 10^{k}, \tag{11}$$

В нашем случае выбираем ёмкость: $1{,}5*10^{-3}$ Ф.

Теперь находим постоянную времени переходного процесса в фильтре:

$$Tc = R0 \cdot C = 9{,}375 \cdot 10^{-3} \tag{12}$$

при, T = 0,02

$$t0 = \frac{1}{fvd} = 8{,}333 \cdot 10^{-4}, \tag{13}$$

$$t1 = \frac{T}{2} - \frac{a\tan \cdot (R0 \cdot C \cdot w)}{w} = 6{,}042 \cdot 10^{-3}, \tag{14}$$

$$Ut1 = u(t1) = 115{,}05, \tag{15}$$

$$t2 = \frac{T}{2} + t0 = 0{,}011, \tag{16}$$

$$t3 = \frac{T}{2} + t1 = 0{,}016, \tag{17}$$

$$t4 = T + t0 = 0{,}021, \tag{18}$$

$$Uc(t) = Ut1 \cdot e^{\frac{t-t1}{-R0 \cdot C}}, \tag{19}$$

$$Uc1(t) = Ut1 \cdot e^{\frac{t-t3}{-R0 \cdot C}}, \tag{20}$$

$$U = \int_{t0}^{t1} \frac{u(t)}{T} dt + \int_{t1}^{t2} \frac{Uc(t)}{T} dt + \int_{t2}^{t3} \frac{u(t)}{T} dt + \int_{t3}^{t4} \frac{Uc(t)}{T} dt = 78{,}799, \tag{21}$$

Построим график изменения напряжения на нагрузочном устройстве не управляемого выпрямителя с емкостным фильтром.

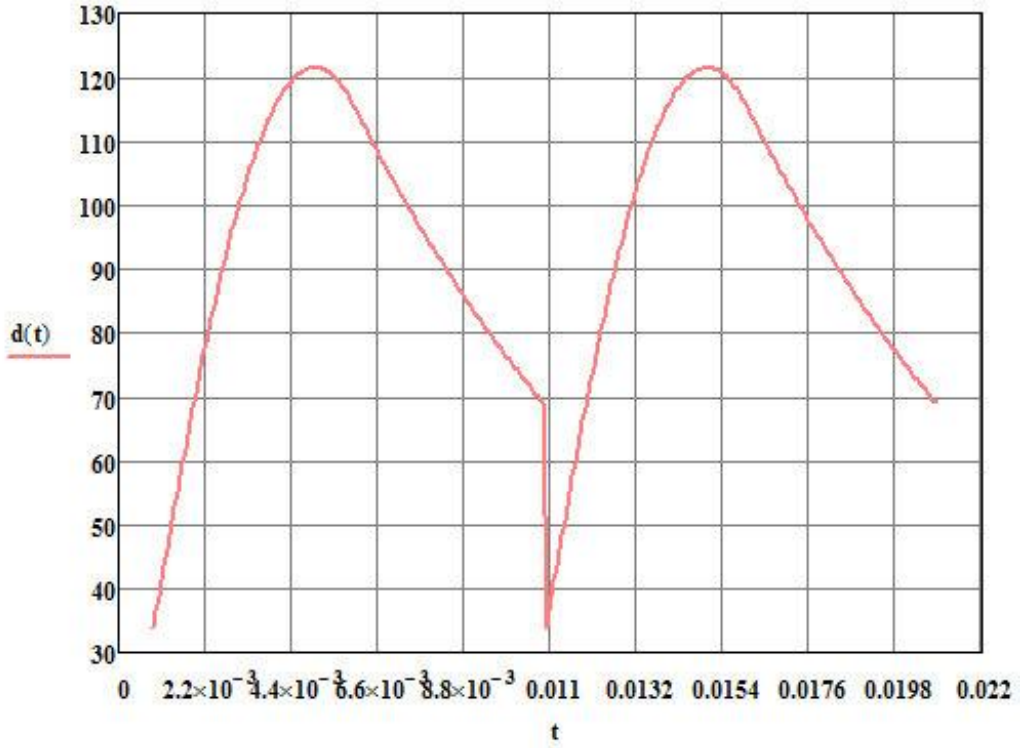

Рис. 3. График изменения напряжения на нагрузочном устройстве неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром

В заключение можно выделить следующие характеристики выпрямителей:

1. Номинальное напряжение постоянного тока (среднее значение получаемого выпрямленного напряжения согласно техническим требованиям). Он определяется значением напряжения, которое необходимо для работы устройств, питаемых выпрямителем. При этом, как правило, указывается напряжение до и после фильтра U_0 или отдельных его звеньев – U.

2. Номинальный выпрямленный ток I_0. Под которым понимают усредненное значение выпрямленного тока или его постоянная составляющая, установленная техническими требованиями. Данный показатель определяется результирующим током всех питаемых выпрямителем цепей.

3. Напряжение сети $U_{сети}$ показывает напряжение сети переменного тока, от которой питается выпрямитель. Для бытовой сети установлено стандартное значение данного напряжения –220 вольт, отклонение допустимо в пределах 10 %.

4. Пульсация – качественный показатель выпрямителя, отражающий переменную составляющую тока или напряжения на выходе.

5. Частота пульсаций – частота наиболее резко выраженной гармонической составляющей тока или напряжения на выходе выпрямителя. Применительно к самой простой однополупериодной схеме выпрямителя частота пульсаций соответствует частоте питающей сети. Соответственно для схем удвоения напряжения, двухполупериодных и мостовых схем

пульсации, частота пульсаций равна удвоенной частоте питающей сети. Частота пульсаций многофазных схем выпрямления зависит от числа фаз и схемы выпрямителя.

6. Коэффициент фильтрации или коэффициент сглаживания отражает отношение коэффициента пульсаций на входе фильтра к аналогичному коэффициенту на выходе фильтра.

7. Колебания (нестабильность) напряжения на выходе выпрямителя характеризует изменение напряжения постоянного тока относительно номинального. Если стабилизаторы напряжения отсутствуют, то их определяют как отклонения напряжения сети.

Список литературы:

1. Гиршин, С.С. Проектирование питающих электрических сетей энергосистем / С.С. Гиршин, В.В. Тевс. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2002. – С. 5–36.

2. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В.И. Идельчик. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

3. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие для вузов / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.

4. Правила устройства электроустановок. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998. – 607 с.