ОБЗОР СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Икромов Муслимбек Мубилло угли

магистр,
Наманганский Инженерно-Строительный Институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган

Ибайдуллаев Махмуджон Якуббек угли

магистр,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Каримов Рахматилло Чориевич

доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: rahmatillo82@mail.ru

OVERVIEW OF VOLTAGE STABILIZER BASED ON TRANSISTORS IN POWER SUPPLY SYSTEMS

Muslimbek Ikromov

Master, Namangan Civil Engineering Institute,
Uzbekistan, Namangan

Mahmudjon Ibaydullaev

Master,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent

Rakhmatillo Karimov

Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, assistant professor,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется схема стабилизатора напряжения на основе транзисторов в системах электроснабжения с синусоидальной формой кривой напряжения на нагрузке и область применения в качестве регулирующих устройств. Одной из наиболее распространенных причин, приводящих к отказу или выводу из строя дорогостоящего электрооборудования, являются скачки напряжения. Защититься от этих и ряда других проблем не сложно - для этого необходимо приобрести подходящий стабилизатор.

ABSTRACT

The article analyzes a voltage regulator circuit based on transistors in power supply systems with a sinusoidal voltage waveform across the load and the scope of application as regulating devices. One of the most common reasons leading to the failure or failure of expensive electrical equipment is power surges. It is not difficult to protect yourself from these and a number of other problems - for this you need to purchase a suitable stabilizer.

Ключевые слова: стабилизатор напряжения, ток нагрузки, транзистор.

Keywords: voltage stabilizer, load current, transistor.

В качестве регулирующих элементов в стабилизаторах напряжения с непрерывным регулированием используются транзисторы. Регулирующие транзисторы должны [1-2]:

- обеспечивать регулирование заданного тока нагрузки при большом усилении по мощности;

- обладать достаточной (с учетом заданной выходной мощности стабилизатора и диапазонов изменения входного и выходного напряжений) рассеиваемой мощностью;
- иметь максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер, позволяющее без опасности пробоя обеспечивать необходимое падение напряжения на переходе коллектор-эмиттер при возможных значениях входного и выходного напряжений стабилизатора.

Существуют три основных типа транзисторных регулирующих элементов в стабилизаторах напряжения последовательный, последовательный с шунтом и параллельный (рис.1) [2-3].

Для уменьшения тока управления регулирующий транзистор выполняется составным из двух или более транзисторов. Применение составного регулирующего транзистора позволяет существенно улучшить параметры стабилизатора и согласовать мощный регулирующий транзистор с маломощным усилителем постоянного тока [4].

Рисунок 1. Основные типы регулирующих элементов транзисторных стабилизаторов напряжения

В таком регулирующем элементе при уменьшении нагрузки до нуля (или некоторого минимального значения, близкого к нулю) или повышении температуры базовый ток транзистора T_1 может стать равным нулю или даже переменить направление за счет неуправляемого обратного тока коллектора [5]. Во избежание запирающего транзистора T_2 его режим следует стабилизировать с помощью резистора R_I , по цепи которого протекает дополнительный ток I_{RI} . Ток эмиттера T_2 при этом равен:

$$I_{\Sigma 2} = I_n / h_{21 \text{ЭТ}1} - I_{КБОТ1} + I_{RI}$$

Ток I_{RI} выбирается таким, чтобы он несколько превышал максимально допустимый обратный ток $I_{КБО}$ транзистора T_1 , соответствующий максимальной температуре окружающей среды. Для стабилизации режима T_2 можно также увеличивать отношение $I_n / h_{21 \text{ЭТ}1}$ за счет включения балластной нагрузки на выходе стабилизатора. Однако такой метод снижает к.п.д. стабилизатора [6].

На практике наибольшее распространение получили стабилизаторы с последовательным включением регулирующего транзистора и нагрузки, обеспечивающие сравнительно большой к.п.д. стабилизатора и небольшую рассеиваемую мощность регулирующего транзистора [7]. Последовательные регулирующие элементы с шунтом используются на практике при постоянном токе нагрузки стабилизатора. В таких стабилизаторах мощность, рассеиваемая регулирующим транзистором, меньше, чем в схеме без шунта при одном и том же значении к.п.д. Ста-

билизаторы с параллельным включением регулирующего элемента и нагрузки во величине к.п.д. и мощности, рассеиваемой на регулирующем транзисторе, уступают указанным и применяются в тех случаях, когда короткое замыкание на выходе не должно (без специальных схем защиты) выводить стабилизатор из строя, а также в низковольтных стабилизаторах (с выходным напряжением менее 5 В) [5-7].

В качестве регулирующих транзисторов могут использоваться низко-частотные и среднечастотные германиевые и кремниевые транзисторы средней и большой мощности. Применение кремниевых транзисторов предпочтительнее, поскольку они (при прочих равных условиях с германиевыми транзисторами) обеспечивают работу стабилизаторов в более тяжелых температурных условиях [6-8].

Диапазоны возможных изменений входного и выходного напряжений и тока нагрузки стабилизатора определяются максимально допустимой мощностью, которая может быть рассеяна на транзисторном регулирующем элементе [8]. Транзисторы выпускаемые в настоящее время промышленностью, позволяют реализовать в стабилизаторах регулирующие элементы, рассчитанные на широкие диапазоны изменения токов и напряжений [9]. В отдельных случаях для увеличения допустимой мощности, рассеиваемой регулирующих транзисторов, применяется параллельное, а иногда и последовательное соединение нескольких транзисторов [8-9].

При этом следует учитывать, что вследствие разброса параметров параллельно включенных

транзисторов тока между ними распределяются неравномерно. Большая часть тока будет протекать через транзистор, имеющий больший коэффициент усиления [10]. Рассеиваемые транзисторами мощности можно выровнять включением в их эмиттерные цепи дополнительных симметрирующих резисторов с небольшими сопротивлениями. Так как на практике затруднительно подбирать такое сопротивление для каждого транзистора, в практических схемах в эмиттеры всех транзисторов ставят резисторы одного сопротивления [11]. Равномерность распределения нагрузки между транзисторами при этом несколько ухудшается по сравнению с индивидуальным подбором сопротивлений симметрирующих резисторов. Такой способ связан с ухудшением усилительных свойств транзисторов, однако его достоинством является возможность получения мощного регулирующего элемента при использовании относительно маломощных транзисторов [12-13].

В стабилизаторах с последовательным включением регулирующих транзисторов и нагрузки на регулирующем транзисторе падает напряжение, представляющее собой разность входного и выходного напряжений стабилизатора.

В отдельных случаях (высоковольтные стабилизаторы, широкий диапазон регулировки выходного напряжения, необходимость работы при больших колебаниях входного напряжения) эта разность может превышать максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер регулирующего транзистора, имеющегося в распоряжении радиолюбителя. В этом случае необходимо использовать последовательное соединение нескольких транзисторов. Одна

из наиболее распространенных схем последовательного соединения двух одинаковых транзисторов. Эквивалентный регулирующий транзистор, полученный из двух транзисторов, имеет следующие предельные параметры:

$$U'_{KЭмакс} = 2U_{KЭмакс}, \quad I'_{Kмакс} = I_{Kмакс}, \quad P'_{Kмакс} = 2P_{Kмакс},$$

где $U_{Kэ макс}$, $I_{K макс}$, $P_{K макс}$ —соответственно максимально допустимые напряжение коллектор –эмиттер, коллекторный ток и мощность, рассеиваемая на коллекторе каждого составляющего транзистора; $U'_{KЭмакс}$, $I'_{Kмакс}$, $P'_{Kмакс}$ те же параметры эквивалентного транзистора.

Добавим третий транзистор, можно получить новый, более сложный эквивалентный регулирующий транзистор с еще большими значениями предельных параметров. Если требуется, можно использовать и большее количество транзисторов. При этом следует учитывать, что по делителю напряжения, составленному резисторами, R_1 , R_2 и т.д., протекает ток базы второго и последующих транзисторов. Поэтому при одинаковых сопротивлениях резисторов падения напряжения на них получаются разными, и, следовательно, напряжение между транзисторами распределяется неравномерно. Устранить такую неравномерность можно соответствующим выбором сопротивлений резисторов делителя напряжения $R_1 > R_2 > \dots > R_n$ [14-15].

Список литературы:

1. M.K. Bobojanov, E.G. Usmanov, E. Abduraimov, R.Ch. Karimov. Resistive time delay switches / Scientific journal «European Science Review» Austria, Vienna, 2018. - №1-2. January-February. pp.210-212.
2. А.Н. Расулов, Р.Ч. Каримов. Сопоставление основных показателей стабилизированных источников тока / Молодой ученый. 2015. №12(92). С. 277-282.
3. A.N. Rasulov, R.Ch. Karimov. The contactless relay of tension in system of power supply / Eastern European Scientific Journal. 2015. № 4. pp. 174-178.
4. A.N. Rasulov, R.Ch. Karimov The contactless thyristor device for inclusion and shutdown of condenser installations in system of power supply / Eastern European Scientific Journal. 2015. № 4. pp.179-183.
5. Р.Ч. Каримов. Исследование нелинейной динамической цепи с диодными элементами в системе электроснабжения / В сборнике: Современные тенденции технических наук. Материалы IV Международной научной конференции. 2015. С. 33-36.
6. Р.Ч. Каримов Исследование нелинейной динамической цепи с тиристорными элементами в системе электроснабжения / В сборнике: Современные тенденции технических наук. Материалы IV Международной научной конференции. 2015. С. 30-33.
7. A.N. Rasulov, R.Ch. Karimov. Operating mode of the stabilizer of current on active and inductive loading / European Science Review. 2015. №9-10. pp.140-143.
8. R.Ch. Karimov. Research of the stabilizer of current taking into account the highest harmonicas in systems of power supply / European Science Review. 2015. № 9-10. pp.144-145.
9. R.Ch. Karimov, I. Karimov. Research of diode resistive chains in power supply systems // В сборнике: Young Scientist USA. Lulu, USA, 2016. pp.102-105.
10. R.Ch. Karimov, I. Karimov. Research of the modes of electric chains by reducing the equations of state to a standard type in power supply systems / В сборнике: Young Scientist USA. Lulu, USA, 2016. pp.106-109.

11. A.M. Burkhankhodzhayev, R.Ch. Karimov. Research of nonlinear electric chains with two and more nonlinear elements in systems power supply / International Scientific and Practical Conf. World science. 2017. Т.1. №1(17). pp. 49-52.
12. M.U. Idriskhodzhaeva, R.Ch. Karimov. Research stabilized secondary power sources and used in electroplating-based power supply systems / International Scientific and Practical Conf. World science. 2017. Т.1. №3(19). pp. 49-50.
13. С. Маматов, А.Н. Расулов, Р.Ч. Каримов. Исследование феррорезонансного стабилизатора тока / Наука и современное общество: взаимодействие и развитие. 2017. Т. 2. № 1(4). С. 66-70.
14. Б.Б. Холихматов, А.Н. Расулов, Р.Ч. Каримов. Исследование феррорезонансных стабилизаторов тока в системах электроснабжения / Наука и современное общество: взаимодействие и развитие. 2017. Т.2. № 1(4). С. 83-86.
15. M.K. Bobojanov, E.G. Usmanov, E. Abduraimov, R.Ch. Karimov. Resistive time delay switches / European Science Review. 2018. № 1-2. pp.210-212.