

В статье приведено описание простых регуляторов напряжения, выполненных с использованием обычного нерегулируемого понижающего трансформатора с секционированной вторичной обмоткой.

Регуляторы напряжения с расширенным диапазоном регулирования на базе вольтодобавочного трансформатора

Константин Коломойцев, к.т.н., доцент, г. Ивано-Франковск



Предлагаемые устройства регулирования напряжения могут быть использованы в низковольтных электрических сетях напряжением до 1000 В, где возникает необходимость повышения или понижения напряжения на нагрузке несколькими степенями как в сторону его увеличения, так и сторону понижения на определенную постоянную величину, при этом, при необходимости, регуляторы обеспечивают равенство напряжений входа и выхода устройства, т.е., к примеру, получение на выходе номинального напряжения при номинальном входном. В регуляторах используется обычный понижающий трансформатор с секционированной вторичной обмоткой.

Предлагаемые регуляторы являются усовершенствованным описанного в [1].

Регулятор [1] содержит вольтодобавочный трансформатор и два двухполюсных переключателя SA1 и SA2, подвижные контакты которых соединены между собой соответственно. Переключатель SA2 на два положения является переключателем выбора режима работы регулятора. В одном крайнем положении переключателя SA2, когда замкнуты его соответствующие контакты, обеспечивается работа регулятора в

режиме вольтодобавки $\pm\Delta U$ с помощью переключателя SA1, путем переключения его из одного крайнего положения «+ ΔU » в другое «- ΔU », что меняет местами концы вторичной обмотки W_2 вольтодобавочного трансформатора.

В другом положении переключателя режима работы SA2 последовательная обмотка W_2 вольтодобавочного трансформатора отсоединена от сети, а соответствующие контакты полюсов переключателя замкнуты между собой перемычкой. В результате вольтодобавка на выходе регулятора отсутствует, $\Delta U=0$ при любом положении переключателя SA1. Напряжение на выходе регулятора в этом случае равняется входному, а трансформатор работает в режиме «холостого хода», так как его обмотка W_1 подключена к сети через контакты переключателей SA1 и SA2.

Таким образом, регулятор [1] обеспечивает трехступенчатое регулирование напряжения на выходе устройства, но его функциональные возможности могут быть расширены путем добавления еще двух дополнительных ступеней регулирования, что увеличивает диапазон регулирования напряжения на выходе регулятора.

Указанная цель достигается тем, что регулятор (рис.1) дополнительно снабжен однополюсным переключателем на три положения с нейтральным средним положением, а вторичная обмотка вольтодобавочного трансформатора выполнена секционированной.

Описание регулятора

Принципиальная схема регулятора показана на рис.1. Регулятор содержит вольтодобавочный трансформатор ВТ, два двухполюсных переключателя SA1 и SA2, подвижные контакты которых каждого полюса соединены между собой соответственно, и однополюсный переключатель SA3. Переключатель SA3 при замкнутых контактах 13-14 обеспечивает работу в режиме вольтодобавки половины витков вторичной обмотки W_2 вольтодобавочного трансформатора ВТ, а при замкнутых контактах 13-15 – работу всей обмотки W_2 трансформатора ВТ, что увеличивает число ступеней регулирования напряжения трансформатора до четырех. Переключатель SA2 на два положения является переключателем выбора режи-

ма работы регулятора. В одном крайнем положении переключателя SA2, когда замкнуты его контакты 7-8 и 10-11, обеспечивается работа регулятора в режиме вольтодобавки $\pm\Delta U_1$ и $\pm\Delta U_2$ с помощью переключателя SA1, путем переключения его из одного крайнего положения « $+\Delta U$ » в другое « $-\Delta U$ ». При этом при замкнутых контактах 13-14 переключателя SA3 имеет место вольтодобавка $\pm\Delta U_1$, а при замкнутых контактах 13-15 – $\pm\Delta U_2$.

В другом положении переключателя режима работы SA2 замкнуты контакты 7-9, 10-12, и последовательная обмотка W_2 вольтодобавочного трансформатора ВТ вместе с переключателем SA3 отсоединена от сети, а контакты 9 и 12

Отличительной чертой предлагаемых регуляторов является простота конструкции и схемного решения, использование нерегулируемых понижающих трансформаторов в качестве вольтодобавочных, синусоидальность выходного напряжения, малый вес, габариты и, соответственно, стоимость.

разных полюсов переключателя замкнуты между собой перемычкой. В результате вольтодобавка на выходе регулятора отсутствует, $\Delta U=0$ при любом крайнем положении переключателя SA1. Напряжение на выходе регулятора в этом случае равняется входному, а трансформатор ВТ работает в режиме «холостого хода», так как его обмотка W_1 подключена к сети через контакты переключателей SA1 и SA2. Этот режим соответствует пятой ступени регулировки напряжения регулятора.

Работа с устройством

В исходном состоянии регулятора подвижные контакты 2 и 4 двухполюсного переключателя на три положения SA1 находятся в среднем положении, и напряжение на выходе регулятора отсутствует.

Предположим на входе регулятора напряжение понижено, и для его повышения достаточно напряжения вольтодобавки от половины обмотки W_2 трансформатора ВТ. В этом случае переключатель величины вольтодобавки SA3 переключают в положение, при котором замкнуты его контакты 13-14, т.е. вводят в работу половину обмотки W_2 трансформатора. Затем переключатель выбора режима работы SA2 ставят в положение «Работа $\pm\Delta U$ », при этом будут замкнуты его контакты 7-8 и 10-11. Далее переключатель SA1 переводят в положение « $+\Delta U$ », замыкая тем самым его контакты 2-5 и 4-6. В результате обмотка W_1 и половина обмотки W_2 трансформатора ВТ включаются согласно и подключаются к сети и нагрузке, и напряжение на выходе регулятора будет повышено на величину $+\Delta U_1$ относительно напряжения на входе (сети). При недостаточной величине вольтодобавки $+\Delta U_1$ переключатель SA3 переводят в положение, при котором замыкаются его контакты 13-15, что включает в работу всю обмотку W_2 трансформатора ВТ. В результате величина вольтодобавки удваивается и составляет $+\Delta U_2$.

При необходимости понижения напряжения сети на величину $-\Delta U$ (при завышенном напряжении в сети), переключатель SA1 переводят в другое крайнее положение « $-\Delta U$ ».

В этом случае будут замкнуты контакты 1-2 и 3-4 переключателя, и, соответственно, концы вторичной обмотки W_2 трансформатора ВТ меняются местами. Следовательно, магнитные потоки обмоток трансформатора будут направлены встречно, и на выходе регулятора напряжение будет понижено на величину $-\Delta U_1$ или величину $-\Delta U_2$ относительно входного в зависимости от положения переключателя величины напряжения SA3.

Отключение регулятора от сети осуществляют переводом переключателя SA1 в среднее нейтральное положение, при этом размыкаются контакты 1-2 и 3-4 или 2-5 и 4-6, обмотка W_2 отсоединяется от сети и током не обтекается, не обтекается током также нагрузка и первичная обмотка W_1 трансформатора ВТ.

При отсутствии необходимости регулировки (напряжение сети номинальное или близкое к нему) переключатель режима работы SA2 ставят в положение

« $\Delta U=0$ », при этом замыкаются контакты 7-9 и 10-12 переключателя, и обмотка W_2 трансформатора вместе с переключателем SA3 выводится из работы. Затем переключатель SA1 переводят в любое крайнее положение (« $+\Delta U$ » или « $-\Delta U$ »), и нагрузка тем самым напрямую через контакты переключателя

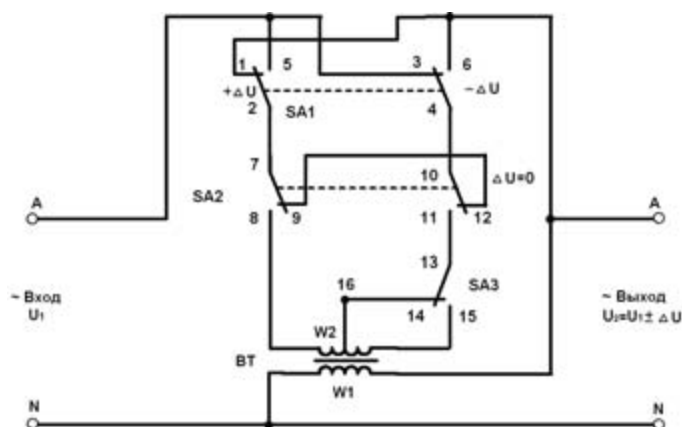


Рис. 1

чателей SA1 и SA2 присоединяется к входу регулятора (т.е. к питающей сети 220 В / 50 Гц), т.е. минуя последовательную обмотку W_2 трансформатора ВТ с переключателем SA3. Первичная обмотка W_1 трансформатора остается включенной, в результате трансформатор ВТ остается в работе в режиме «холостого хода». При необходимости исключения режима «холостого хода» трансформатора ВТ, переключатель SA2 выбирают трехполюсным, контакты третьего полюса включают в разрыв первичной обмотки W_1 трансформатора ВТ. На рис.1 третий полюс переключателя SA2 не показан.

Внимание!

При работе регулятора недопустимо размыкать обмотку W_1 трансформатора ВТ, так как в этом случае трансформатор переходит в режим трансформатора тока с разомкнутой обмоткой W_1 , что приводит к перегреву трансформатора и

возможному самовозгоранию, а также к появлению на концах разомкнутой обмотки высокого напряжения, опасного для жизни и изоляции трансформатора.

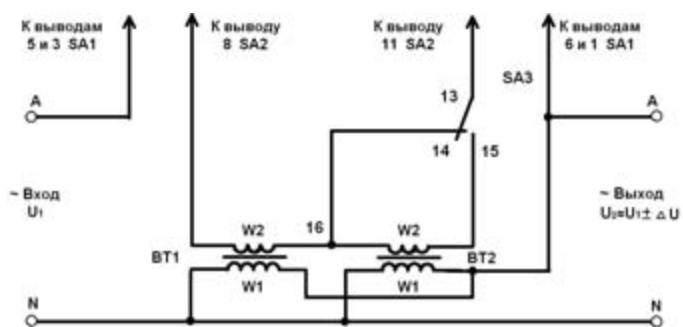


Рис.2

Данный регулятор является пятиступенчатым, в отличие от трехступенчатого регулятора [1]. Это позволяет изменять выходное напряжение регулятора в пределах $\pm \Delta U_1$, $\pm \Delta U_2$ и сохранять его на выходе на уровне входного ($\Delta U = 0$), что позволяет более гибко решать вопросы экономии электроэнергии в низковольтных электрических сетях.

Регулятор с использованием двух трансформаторов

На рис.2 показана принципиальная схема пятиступенчатого регулятора напряжения, выполненного на базе двух вольтодобавочных трансформаторов. Их первичные обмотки W_1 соединены параллельно и согласно, а вторичные W_2 – последовательно и согласно с выводом 16 от точки их соединения. Этот вывод 16 эквивалентен среднему выводу 16 вольтодобавочного трансформатора BT схемы регулятора, показанной на рис.1. Поэтому принцип работы такого регулятора ничем не отличается от вышеописанного. При замкнутых контактах 13-14 переключателя



Рис.4

чателя SA_3 включена в режим вольтодобавки вторичная обмотка W_2 трансформатора BT_1 , что соответствует вольтодобавке $\pm \Delta U_1$, а при замкнутых контактах 13-15 этого же переключателя включены в режим вольтодобавки вторичные обмотки W_2 трансформаторов BT_1 и BT_2 , что обеспечивает величину вольтодобавки, равную $\pm \Delta U_2$. Такое решение позволяет использовать в регуляторе готовые трансформаторы BT без среднего вывода, что зачастую на практике представляет приемлемое техническое решение, несмотря на более высокую стоимость и повышенные габариты.

7-ступенчатый регулятор

На рис.3 показана принципиальная схема семиступенчатого регулятора напряжения с двумя секционными выводами вторичной обмотки, что позволяет увеличить число ступеней регулирования напряжения до шести плюс одна ступень $\Delta U = 0$. Принцип работы регулятора не отличается от вышеописанных. При замкнутых контактах 13-14 переключателя SA_3 обеспечивается вольтодобавка, равная $\pm \Delta U_1$, при замкнутых контактах 13-15 – $\pm \Delta U_2$ и при замкнутых контактах 13-16 – $\pm \Delta U_3$. Естественно, при трех секцион-

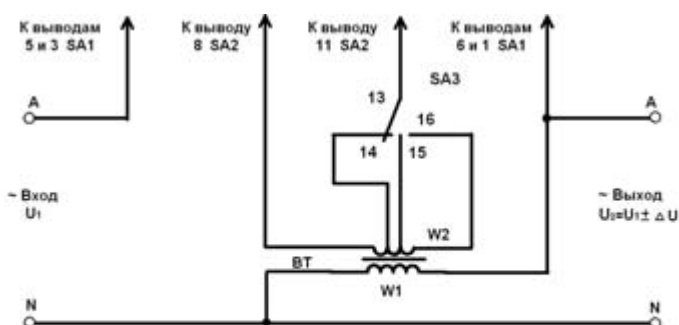


Рис.3

ных выводах можно получить девятиступенчатый регулятор напряжения и т.д.

На фото в начале статьи показан один из переключателей регулятора напряжения (SA_1) типа ПКП25-24-115-У3 на 25 А 380 В.

На рис.4 показан внешний вид вольтодобавочного трансформатора, в качестве которого использован однофазный трансформатор типа ОСМ – 0,63 мощностью 0,63 кВА 220/42 В.

Детали

Единственными элементами предлагаемых регуляторов являются переключатели и понижающие трансформаторы в качестве вольтодобавочных. Порядок их выбора и требования, предъявляемые к ним, подробно изложены в [1].

Литература

1. Коломойцев К.В. Трехступенчатый регулятор переменного напряжения для мощной нагрузки // Электрик. – 2011. – №6. – С.35–37.
2. Коломойцев К.В. Простые вольтодобавочные устройства // Электрик. – 2003. – №1. – С.6-8.