

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 621.31+621.37

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР
ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

© 2023 г. А. Ф. Васильев, И. В. Негинский, А. Л. Якимец

Поступила в редакцию 28.09.2022 г.
После доработки 24.11.2022 г.
Принята к публикации 26.11.2022 г.

DOI: 10.31857/S0032816223020271, EDN: GTWEKM

При проведении экспериментальных исследований довольно часто возникает необходимость плавной регулировки амплитуды сетевого напряжения. В частности, подобная задача возникает при определении тангенса угла диэлектрических потерь, при измерении которого необходимо равномерно увеличивать прикладываемое переменное напряжение от нуля до заданного значения [1, 2]. С этой задачей с успехом справляются лабораторные автотрансформаторы (ЛАТР) с механической регулировкой. Однако использование такого устройства в составе автоматической установки представляет определенные трудности, среди которых: необходимость электропривода для подвижного контакта ЛАТР, значительная инерционность перестройки напряжения, а также существенные массогабаритные характеристики трансформатора. Помимо этого, ЛАТР является довольно дорогостоящим прибором и склонен к выходу из строя при интенсивном использовании из-за механического повреждения провода движущимся контактом ЛАТР. Также известны регуляторы переменного напряжения с переключаемыми обмотками [3], но подобные конструкции не могут обеспечить плавного изменения выходного напряжения. Электронные регуляторы с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) часто имеют высокое значение коэффициента гармоник [4] или недостаточный диапазон изменения выходного напряжения [5].

Разработанное нами устройство лишено вышеперечисленных недостатков и обеспечивает плавное изменение амплитуды выходного переменного напряжения от нуля до уровня входного

напряжения. Управление устройством осуществляется внешним ШИМ-сигналом.

Принципиальная электрическая схема регулятора переменного напряжения приведена на рис. 1. Основой прибора является униполярный чопперный преобразователь, собранный на составных MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect-Transistor) транзисторах T_5 – T_8 . Для устранения проникновения высокочастотных помех во входную и выходную цепи используются LC-фильтры.

Управление устройством осуществляется ШИМ-сигналом, имеющим частоту 30–50 кГц, который поступает на формирователь управляющих импульсов. Управляющий сигнал подается на вход компаратора $DA_{1,1}$, напряжение с выхода которого через эмиттерный повторитель T_1 , T_2 поступает на вход линий задержки, собранных на RC-цепочках и компараторах $DA_{2,1}$, $DA_{2,2}$. Линия задержки обеспечивает формирование двух противофазных сигналов управления силовыми ключами, исключая появление сквозных токов. Полученные сигналы управления поступают на оптически развязанные драйверы ключей DA_3 , DA_4 , питание которых осуществляется модульными DC/DC конверторами U_1 , U_2 . Благодаря этому цепи управления и формирования не имеют гальванической связи с силовой частью схемы.

Для защиты регулятора напряжения от превышения выходным током заданного значения используется холловский измеритель тока (DA_5), включенный в выходную цепь. Напряжение с выхода измерителя после детектора поступает на вход компаратора $DA_{1,2}$, сравнивающего полученное напряжение с опорным, которое формирует-

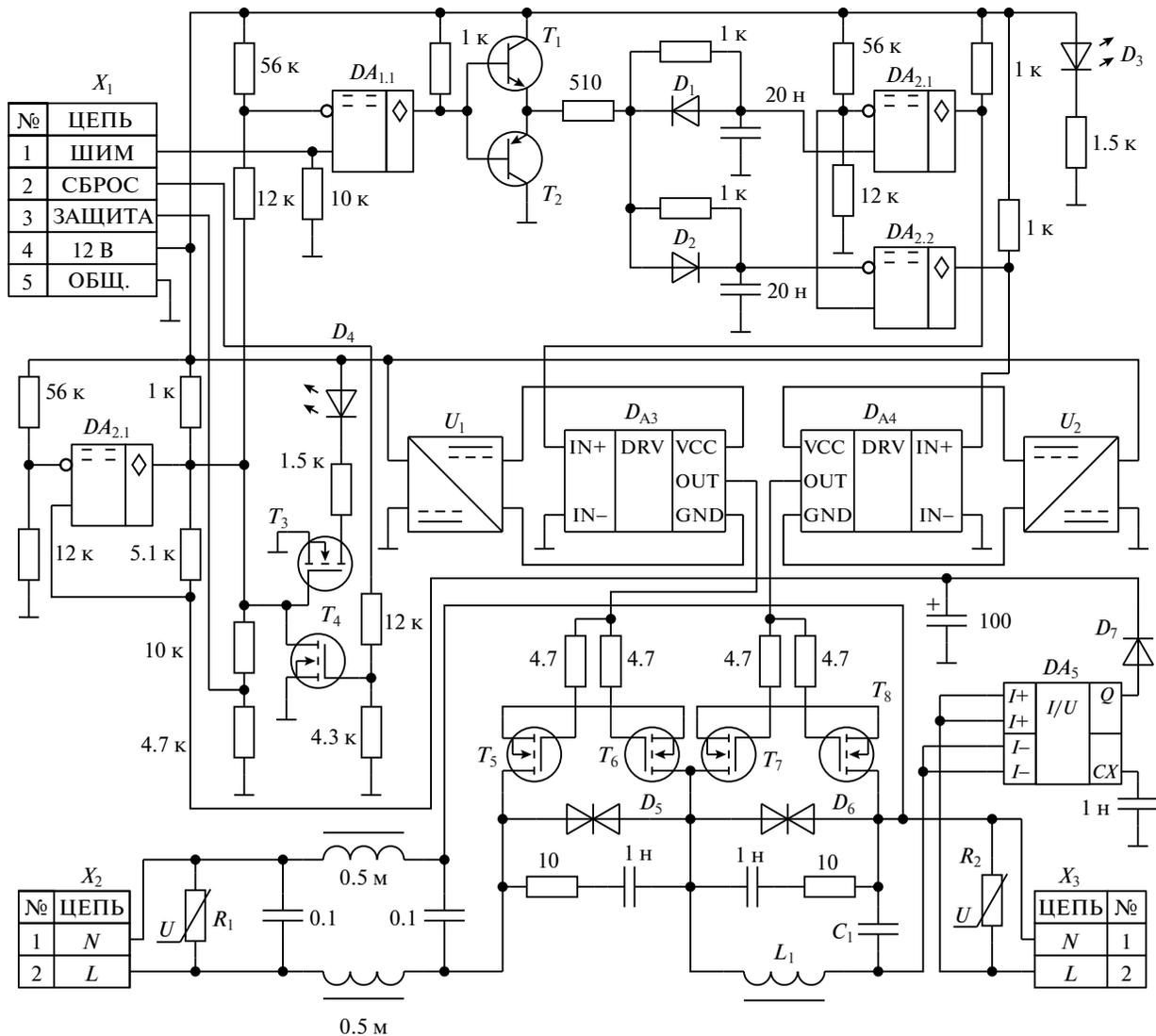


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема электронного регулятора. DA_1 и DA_2 – LM2903, DA_3 и DA_4 – HCPL-3120, DA_5 – ACS712; T_1 – BC847, T_2 – BC556, T_3 и T_4 – 2N7000, T_5 – T_8 – BUZ90AF; D_1 и D_2 – 1N5395, D_3 и D_4 – GNL-3012ED, D_5 и D_6 – 1,5KE200CA; R_1 , R_2 – B72220-S; U_1 , U_2 – преобразователи напряжения 12–12.

ся резистивным делителем. Сигнал с выхода компаратора отключает управляющий ШИМ-сигнал и поступает на выход устройства для обработки внешним устройством. Информация о срабатывании защиты индицируется светодиодом D_4 , подключенным к стоку транзистора T_3 . Защита регулятора является триггерной, и ее сбросить можно выключением напряжения питания либо внешним управляющим сигналом, подаваемым на затвор транзистора T_4 .

Светодиод D_3 предназначен для индикации подачи на устройство напряжения питания. Диоды D_5 , D_6 являются защитными. Выходная мощ-

ность прибора определяется параметрами ключевых транзисторов и параметрами выходного фильтра (L_1 , C_1).

На рис. 2 представлены осциллограммы фрагментов выходного сигнала, измеренных в точках до выходного фильтра (1) и на выходе устройства (2).

Напряжение на выходе описываемого регулятора является гармоническим и может изменяться в диапазоне от нуля до уровня входного напряжения, при этом коэффициент гармоник выходного сигнала зависит от типа используемой нагрузки, уровня выходного напряжения и не превышает 2%, его типовое значение составляет 1%. Частота регулируемого напряжения лежит в

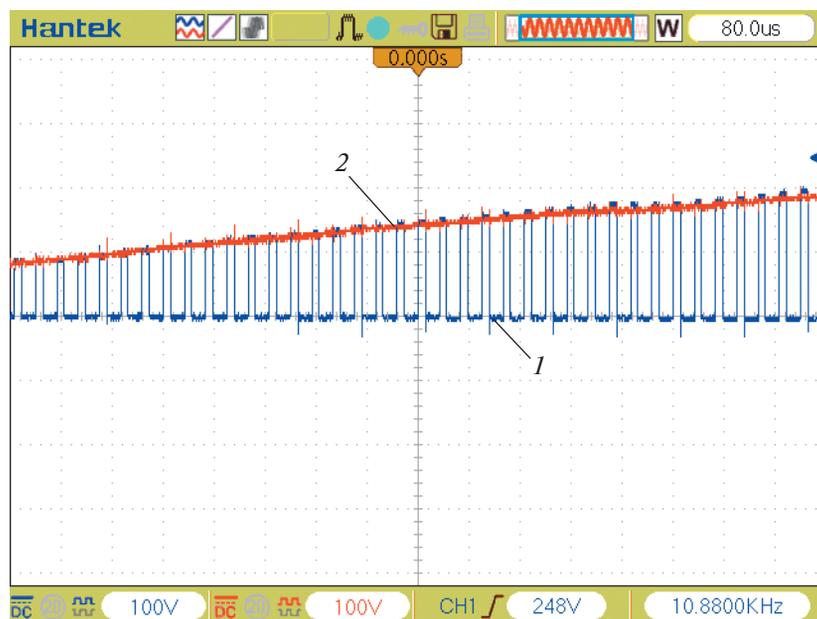


Рис. 2. Осциллограммы напряжений до (1) и после (2) выходного фильтра.

диапазоне 0 – 600 Гц. Отклонение амплитуды выходного напряжения от заданного значения не выше 1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 12179-76 Кабели и провода. Метод определения тангенса угла диэлектрических потерь. М., 2003.
- ГОСТ 6433.4-71 Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости при частоте 50 Гц. М., 1972.
- Журавлев И.И., Панфилов Д.И., Асташев М.Г., Рожков А.Н., Красноперов Р.Н., Горчаков А.В. // Электротехника. 2022. № 6. С. 23. https://doi.org/10.53891/00135860_2022_6_23
- Доманов В.И., Доманов А.В., Муллин И.Ю. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2009. № 2. С. 32.
- Куриченко А.А., Ивлиев А.Д. // ПТЭ. 2018. № 5. С. 149. <https://doi.org/10.1134/S0032816218050105>
Адрес для справок: Россия, 400062, Волгоград, просп. Университетский, 100; Волгоградский государственный университет, Институт математики и информационных технологий. E-mail: yakimets_volsu@mail.ru (Якимец А.Л.)