

УДК 621.314.6:621.452

А. И. ЗАЙКО, В. Н. ЗЕЛЕПУКИН

ТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ИСТОЧНИК ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ГТД

Рассматриваются основные проблемы построения источника питания для взрывобезопасной системы зажигания ГТД. Предлагается структурная схема источника, обеспечивающего гальваническую развязку выходных цепей от электрической сети, и описывается способ стабилизации выходного тока без помещения датчика в выходную цепь источника. Система зажигания ; газотурбинный двигатель ; источник питания

Газотурбинные двигатели (ГТД) находят широкое применение в качестве силовых установок газоперекачивающих агрегатов на магистральных газопроводах. Одной из важных составных частей ГТД является система зажигания. Из всех типов систем зажигания (накаливания, искровые, лазерные, плазменные и др.) наиболее перспективной в данном случае считается плазменно-струйная система зажигания, позволяющая получить струю газоразрядной плазмы, имеющей температуру несколько тысяч градусов, и доставить эту плазму в рабочую область камеры сгорания, не помещая туда саму свечу [1].

Плазменная система зажигания состоит из плазменной свечи, формирующей струю плазмы, высоковольтного провода, подводящего питание к свече, и источника питания, обеспечивающего необходимые уровни напряжения и тока. Для обеспечения непрерывного потока плазмы необходим постоянный ток в широком диапазоне изменения напряжения на свече. С этой целью используется стабилизированный источник постоянного тока. Существуют бестрансформаторные источники постоянного тока, например, схема «step-down» [1] (см. рис. 1).

Данная схема работает следующим образом. Переменное напряжение сети выпрямляется выпрямителем 1 и через управляемый ключ S1 и дроссель L поступает на плазменную свечу. Система управления СУ с помощью датчика тока ДТ измеряет величину тока нагрузки и изменяет время открытого состояния ключа S1

так, чтобы поддерживать выходной ток неизменным.

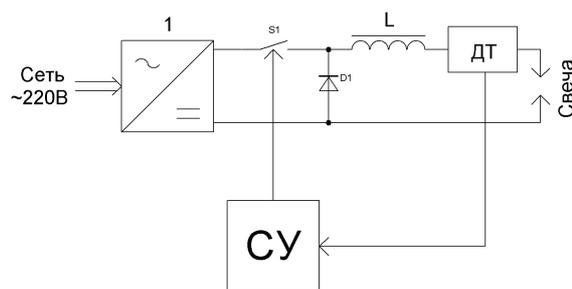


Рис. 1. Структурная схема источника «step-down»

Данному классу источников присущ недостаток: они не обеспечивают гальванической развязки выходных цепей от электросети. Однако на газоперекачивающих установках, где атмосфера может быть взрывоопасной из-за примеси газа, необходимо обеспечить гальваническую развязку плазменной свечи от сети и гарантировать надежность этой изоляции при напряжении вплоть до 10 кВ.

Выполнение данного требования возможно при использовании источника питания, содержащего развязывающий трансформатор.

Сетевые трансформаторы на мощность около киловатта имеют большие массогабариты и весьма затратны как по железу, так и по меди. Поэтому при нынешнем развитии электронной техники оптимальнее всего применить высокочастотный преобразователь на основе трансформатора с ферритовым магнитопроводом и широтно-импульсным регулированием [2].

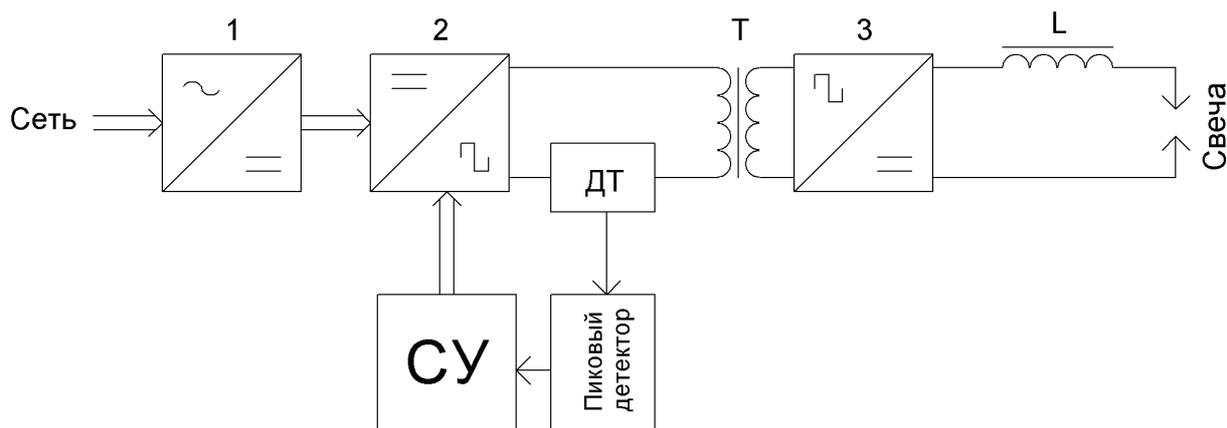


Рис. 2. Структурная схема трансформаторного источника с датчиком тока в цепи первичной обмотки

Важнейшая задача при разработке стабилизированного источника – стабилизация выходного тока. Размещение измерительного шунта в цепи нагрузки, подобно показанному на рис. 1, является нецелесообразным, поскольку приведет к необходимости передавать полученный сигнал через 10-киловольтный барьер. Наиболее оптимальным будет применение трансформатора тока при размещении его в цепи первичной обмотки силового трансформатора. Во-первых, трансформатор тока дает не привязанный ни к какому потенциалу сигнал, что упрощает его включение. Во-вторых, измеритель тока лучше расположить в цепи первичной обмотки, так как расположение в цепи вторичной обмотки потребует изоляцию на 10 кВ не только силового трансформатора, но и трансформатора тока.

Структурная схема предлагаемого варианта источника приведена на рис. 2 [3]. Здесь напряжение сети после выпрямителя 1 поступает на инвертор 2, который преобразует его в переменное напряжение высокой частоты. Силовой трансформатор T служит для гальванической развязки и обеспечения требуемого напряжения холостого хода. Переменное напряжение со вторичной обмотки трансформатора коэффициентом выпрямителем 3 и поступает на свечу через дроссель L , который сглаживает пульсации тока. Система управления СУ с помощью датчика тока ДТ измеряет ток первичной обмотки силового трансформатора, который через коэффициент трансформации K связан с током вторичной обмотки, а следовательно, и с током нагрузки. При этом ширина управляющих инвертором импульсов изменяет-

ся так, чтобы поддерживать этот ток постоянным.

Ток в цепи первичной обмотки имеет форму прямоугольных импульсов с амплитудой, пропорциональной выходному току $I_{\text{вых}}$, следующих с периодом T (см. рис. 3, а). Ширина импульсов t_u меняется для поддержания стабильного тока нагрузки $I_{\text{вых}}$.

Средний ток с датчика тока равен

$$I_{\text{cp}} = I_{\text{вых}} \cdot K \cdot K_3 \quad (1)$$

где K – коэффициент трансформации силового трансформатора; K_3 – коэффициент заполнения

$$K_3 = \frac{t_u}{T}.$$

Коэффициент заполнения для данной схемы определяется выражением [2]

$$K_3 = \frac{I_{\text{вых}} \cdot R_n}{2 \cdot K \cdot U_{\text{вх}}}, \quad (2)$$

где R_n – сопротивление нагрузки; $U_{\text{вх}}$ – входное напряжение.

Подставив (2) в (1), получаем:

$$I_{\text{cp}} = \frac{I_{\text{вых}}^2 \cdot R_n}{2 \cdot U_{\text{вх}}}. \quad (3)$$

Таким образом, осредненный ток I_{cp} с датчика тока зависит не только от выходного тока $I_{\text{вых}}$, но и от других переменных факторов, и не может использоваться для стабилизации выходного тока. Левая и правая части рис. 3, б иллюстрируют этот случай – при одинаковом значении выходного тока (амплитуда импульсов слева и справа одинакова), но при разной ширине импульсов среднее значение получается также разным.

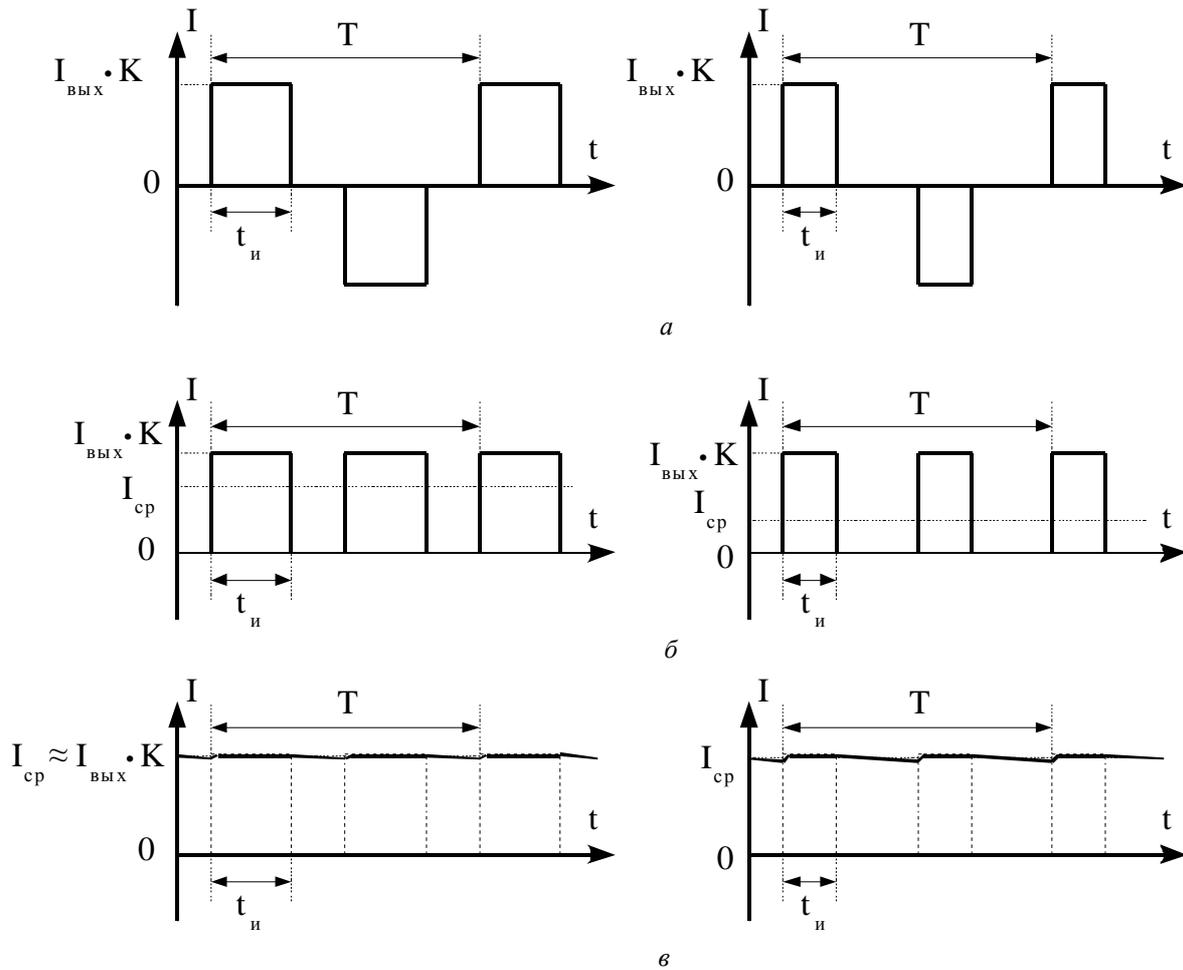


Рис. 3. Сигнал с датчика тока (а), выпрямленный сигнал с датчика тока (б), выпрямленный и сглаженный сигнал с датчика тока (в)

Эту задачу можно решить, сгладив выпрямленный сигнал с датчика тока сглаживающим фильтром. На рис. 3, в приведена форма сглаженного сигнала. Как видно, сигнал имеет форму, близкую к постоянному значению, а по уровню равен амплитуде импульсов с датчика тока. Таким образом, полученный сигнал зависит лишь от выходного тока источника и может использоваться в качестве сигнала обратной связи.

Данная схема применена при разработке источника для плазменного устройства зажигания на ФГУП УНПП «Молния». Устройство показало хорошую стабильность выходного тока при изменении перепада давления на плазменной свече в рабочем диапазоне. На рис. 4 приведена выходная характеристика предлагаемого источника в сравнении с выходной характеристикой источника, построенного по схеме «step-down» с измерительным шунтом в цепи нагрузки.

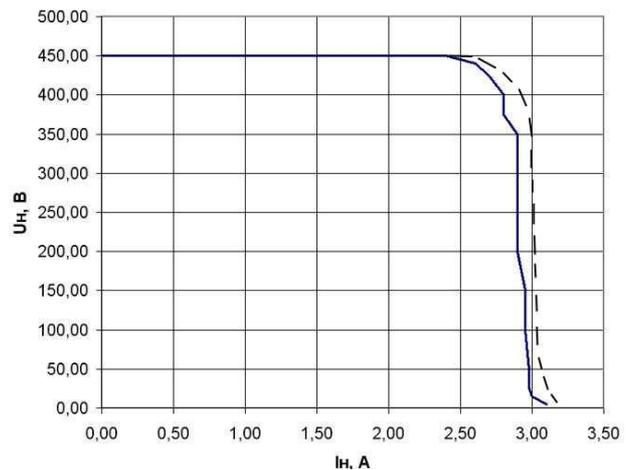


Рис. 4. ВАХ источника, построенного по предлагаемой схеме (сплошная линия), в сравнении с ВАХ источника с измерительным шунтом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена структурная схема источника тока, обеспечивающая гальваническую развязку выходной цепи от питающей сети, и предложен способ стабилизации выходного тока с датчиком тока в первичной цепи, что повышает надежность электрической изоляции и делает возможным создание взрывобезопасной системы зажигания ГТД.

Источник, построенный по предложенной схеме, обеспечил выходной ток $3 \pm 0,3$ А и непрерывную струю плазмы на рабочем торце свечи при перепаде давления воздуха на плазменной свече от 50 до 300 мм вод. ст. и температуре окружающей среды от -20 до $+60$ °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Романовский, П. Ф.** Плазменные системы газоперекачивающих агрегатов / Г. Ф. Романовский, И. Б. Матвеев, С. И. Сербин. СПб.: Недра, 1992. 142 с.
2. **Семенов, Б. Ю.** Силовая электроника для любителей и профессионалов / Б. Ю. Семенов. М.: СОЛОН-Р, 2001. 327 с.
3. **Балахонцев, В. Е.** Заявка 2008114539 Российская Федерация, МПК8 H02M 3/335. Способ управления импульсным стабилизатором тока / В. Е. Балахонцев, А. И. Заико, В. Н. Зелепукин (Россия); заявл. 14.04.2008, приоритет 14.04.2008.

ОБ АВТОРАХ

Заико Александр Иванович, проф. каф. теоретич. основ электротехн. Дипл. инж. электрон. тех-ки (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по информац.-измерит. системам (ЛЭТИ, 1990). Заслуж. изобретатель РБ и РФ. Член-кор. Междунар. инж. акад. Иссл. в обл. метрологич. обесп., анализа и синтеза информац.-измерит. систем.



Зелепукин Владимир Николаевич, аспирант кафедры ТОЭ. Инженер-конструктор ФГУП УНПП «Молния».