

УДК 621.382

DOI: 10.30987/conferencearticle\_61c997f01d0487.24220511

## ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСТОЧНИК НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

**Виталий Фёдорович Зотин**

Брянский государственный технический университет, доцент, к.т.н.  
Российская Федерация, Брянск, v.f.zotin@gmail

*Аннотация.* Предложена схема устройства для автоматизированного контроля ряда параметров высоковольтных диодов и транзисторов. Компьютерным моделированием подтверждены заявленные характеристики устройства.

*Ключевые слова:* программируемый источник напряжения, контроль параметров, моделирование.

### PROGRAMMABLE HIGH VOLTAGE SOURCE FOR PARAMETER MONITORING SEMICONDUCTOR DEVICES

Vitaly F. Zotin

Bryansk State Technical University, Associate Professor,  
Candidate of Technical Sciences, Bryansk, Russian Federation, v.f.zotin@gmail

*Abstract.* The scheme of the device for automated control of a number of parameters of high-voltage diodes and transistors is proposed. Computer modeling has confirmed the claimed characteristics of the device.

*Keywords:* programmable voltage source, parameter control, modeling.

При производстве карбидокремниевых диодов Шоттки и полевых транзисторов возникает задача автоматизированного контроля таких параметров, как обратный ток диода и начальный ток стока транзистора. Для приборов относительно небольшой мощности величина контролируемых токов находится в диапазоне 0...1 мА при испытательном напряжении до 1500 В.

Автор предлагает использовать в составе автоматизированного измерительного комплекса программируемый высоковольтный источник напряжения, схема которого в среде Simscap приведена на рис. 1.

Источник  $U_{in}$  моделирует задающий сигнал, формируемый контроллером измерительного комплекса. Этот сигнал вместе с сигналом обратной связи (делитель  $R_5$ ,  $R_6$ ) воспринимается операционным усилителем DA1, выполняющим функции регулятора.

В качестве исполнительного устройства применён высоковольтный каскад на транзисторах VT1 и VT2. При этом транзистор VT1 является стабилизатором суммарного тока через транзистор VT2 и нагрузку RC\_Load, имитирующую испытуемое изделие. Этот ток соответствует току короткого замыкания. Величина суммарного тока определяется «взвешенным» источником тока  $J=5\mu\text{A}$  и сопротивлениями резисторов R1 и R2.

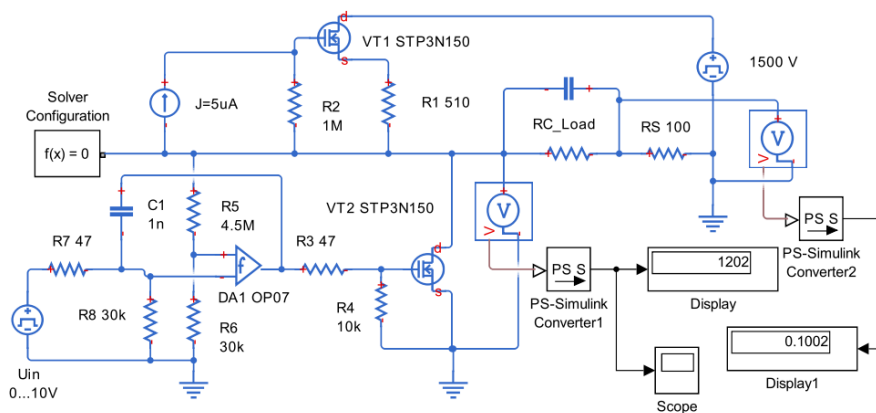


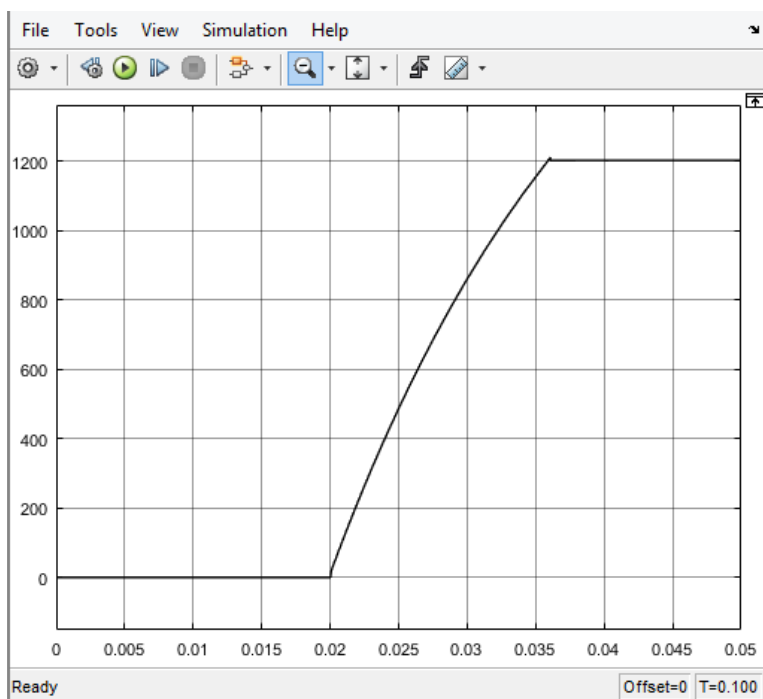
Рисунок 1 – Схема модели программируемого источника напряжения

Параметры модели операционного усилителя DA1 (рис. 2) выбраны в соответствии с типовыми значениями, указанными в документации производителя [1]. Это же касается и параметров транзисторов VT1 и VT2 [2].

Parameters	
Gain, A:	2e5
Input resistance, Rin:	20e7 Ohm
Output resistance, Rout:	60 Ohm
Minimum output, Vmin:	- 12 V
Maximum output, Vmax:	12 V
Maximum slew rate, Vdot:	1e5 V/s
Bandwidth, f:	6e5 Hz
Initial output voltage, V0:	0 V

Рисунок 2 – Параметры модели операционного усилителя DA1

Схема на рис. 1 содержит контрольные средства: измеритель установившегося выходного напряжения (Display) и измеритель тока (Display1) на основе шунта RS. Оценка динамических свойств программируемого источника производится с помощью Scope. Показания измерителей соответствуют заданию  $U_{in} = 8$  В и сопротивлению нагрузки 1,2 МОМ. Для этих исходных данных при ступенчатом нарастании напряжения  $U_{in}$  получена осциллограмма выходного напряжения, представленная на рис. 3. Она свидетельствует об отсутствии значительного перерегулирования.



*Рисунок 3 – Осциллограмма выходного напряжения*

С помощью серии имитационных экспериментов на основе модели по схеме рис. 1 установлено:

- 1) ступенчатое задание сигнала  $U_{in}$  не приводит к значительному перерегулированию, что важно при испытании полупроводниковых приборов;
- 2) вариация барьерной ёмкости испытуемого изделия не влияет на устойчивость контура регулирования и характер изменения выходного напряжения;
- 3) при выходном напряжении в диапазоне (15...1500) В обеспечивается максимальный ток нагрузки не менее 1 мА;
- 4) установившийся ток короткого замыкания в нагрузке при любом заданном напряжении не превышает 1,6 мА.

При технической реализации предложенной схемы программируемого источника напряжения необходим эквивалент «взвешенного» источника тока  $J=5\mu\text{A}$  (рис. 1). Предлагается использовать для этой цели микросхему фотоэлектрического изолятора PVI1050NS [3]. Микросхема содержит две оптопары с приёмником излучения в виде цепочки фотодиодов. Каждая из оптопар при токе излучающего диода, равном 10 мА, обеспечивает ток в сопротивлении нагрузки 1 МОм не менее 2,5 мкА. Поэтому целесообразно излучающие диоды соединить последовательно, а фотоприёмники – параллельно.

Необходимо отметить, что изоляция между входами и выходами данной микросхемы способна выдерживать напряжение с действующим значением до 2500 В.

Электропитание излучающих диодов микросхемы PVI1050NS возможно от источника напряжения  $\pm 12$  В (на схеме рис. 1 отсутствует), предназначенного для питания операционного усилителя. Целесообразно предусмотреть возможность подстройки тока излучающих диодов.

Очевидно дополнительная доработка предложенной схемы требуется и для узла формирования измерительного сигнала при контроле токовых параметров испытываемых изделий. Несмотря на то, что стандарт допускает погрешность измерения начального тока стока и обратного тока диода до 10%, проблема заключается в весьма широком диапазоне возможных значений – от 10 нА до 1 мА.

Предлагается диапазон измерения токов разбить на 5 поддиапазонов с верхними пределами 0,2, 2, 20, 200 и 2000 мкА. В этом случае шунт (RS на схеме рис. 1) должен иметь 5 номиналов сопротивления и коммутатор, управляемый контроллером измерительного комплекса. Для формирования измерительного сигнала, передаваемого в контроллер, целесообразно применить прецизионный инструментальный усилитель, например, микросхему INA818 [4].

Применение предела 2000 мкА позволяет идентифицировать перегрузку по выходу источника напряжения, включая короткое замыкание, без трансляции сигнала обратной связи по напряжению и его обработки контроллером.

В заключение необходимо отметить, что эксперименты, проведённые с опытным образцом устройства, содержащем регулятор и высоковольтный каскад согласно схемы рис. 1, подтвердили его работоспособность в заданных диапазонах напряжений и токов с показателями, близкими к полученным путём моделирования.

#### Список литературы

1. Analog Devices. Ultralow Offset Voltage Operational Amplifier [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/OP07.pdf> (дата обращения 08.10.2021).
2. STFW3N150, STH3N150-2 STP3N150, STW3N150 Datasheet [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stp3n150.pdf> (дата обращения 08.10.2021).
3. Infineon [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-PVI1050N-DS-v01\\_00-EN.pdf?fileId=5546d462602a9dc801607b6ff00c5cca](https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-PVI1050N-DS-v01_00-EN.pdf?fileId=5546d462602a9dc801607b6ff00c5cca) (дата обращения 08.10.2021).
4. Texas Instruments. INA818 35- $\mu$ V Offset, 8-nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$  Noise, Low-Power, Precision Instrumentation Amplifier [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina818.pdf> (дата обращения 08.10.2021).

*Материал принят к публикации 20.10.21.*