

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Пашкевич В.Э.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

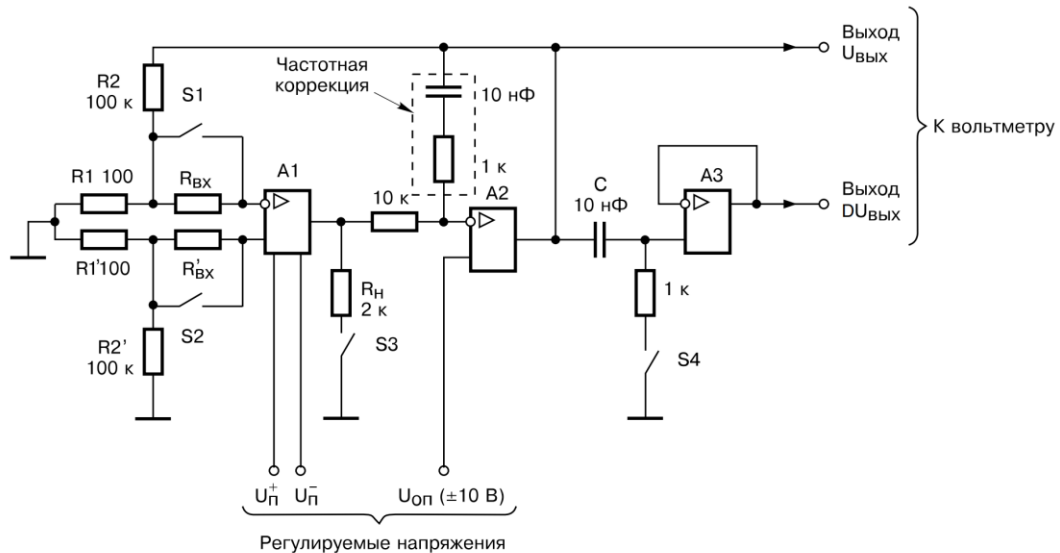
Русакович В.Н. – старший преподаватель кафедры электроники

**Аннотация.** В работе проведен анализ методов измерения статических параметров операционных усилителей. Экспериментально исследованы напряжение смещения нуля, входной ток и входное сопротивление высокоскоростного операционного усилителя AD8055A. Выявлены основные источники погрешностей при измерении высокоомных параметров. Предложены способы их устранения. Показано, что прямое измерение входного сопротивления в мегаомном диапазоне на ОУ с биполярным входом требует учета паразитных факторов.

Операционные усилители (ОУ) находят широкое применение в прецизионной измерительной технике, медицинской аппаратуре и системах, включающие датчики. Техническая документация на ОУ содержит паспортные значения параметров, однако эти значения являются типовыми или предельными. Реальные параметры конкретного экземпляра могут существенно отличаться из-за технологического разброса, температуры, нестабильности питания и условий монтажа. Особую сложность представляет измерение входных токов и входного сопротивления, поскольку эти параметры в значительной степени зависят от качества монтажа и методики измерения.

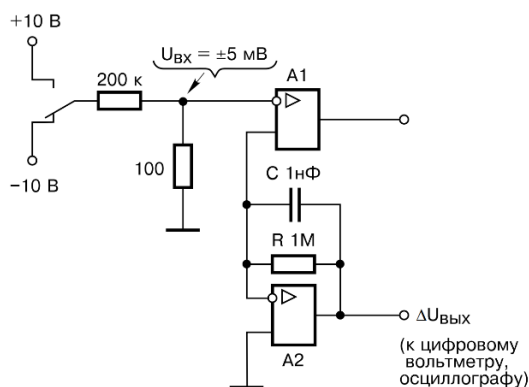
Цель работы – экспериментальная апробация методов измерения статических параметров операционных усилителей и выявление основных источников погрешностей при измерении высокоомных входных цепей на примере ОУ AD8055A.

Основные методы измерения статических параметров ОУ регламентируются комплексом стандартов ГОСТ 23089. Данные стандарты устанавливают нормы точности (погрешность измерения статических параметров не более  $\pm 5\%$ ), требования к источникам питания и необходимость защиты от самовозбуждения. В данной работе исследуется альтернативный метод компании Analog Devices, использующий вспомогательный усилитель-интегратор [1]. Этот метод позволяет компенсировать напряжение смещения и измерять малые изменения входных сигналов. Схемы измерений представлены на рисунках 1 и 2.



A1 – испытуемый ОУ; A2 – вспомогательный ОУ;  
A3 – ОУ с входом на ПТ (усилитель приращений); UОП – опорное напряжение;  
RBX= R'BX= 10 кОм для ОУ с входом на биполярных транзисторах и 100 МОм - с входом на полевых транзисторах (Разброс RBX относительно R'BX не должен превышать  $\pm 0,01\%$ );  
C – запоминающий конденсатор; питание A2 и A3  $\pm 15V$

Рисунок 1 – Схема измерения статических параметров ОУ



A1 – испытуемый ОУ; A2 – вспомогательный ОУ

Рисунок 2 – Схема измерения входного сопротивления

В качестве исследуемого ОУ выбран высокоскоростной AD8055A с входом на биполярных транзисторах. В ходе эксперимента измерялись напряжение смещения нуля  $U_{см}$ , входной ток  $I_{вх}$  и дифференциальное входное сопротивление  $R_{вх}$ . Измерения проводились при напряжении питания  $\pm 5$  В после предварительного прогрева схемы. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения статических параметров AD8055A

Параметр	Паспортные данные	Экспериментальные значения
$U_{см}$ , мВ	1–5	3,3
$I_{вх}$ , мкА	1,2–5	1,5
$R_{вх}$ , МОм	10	7,14

В процессе экспериментального исследования статических параметров AD8055A были выявлены следующие основные проблемы:

1. Генерация ОУ. Причина – паразитная ёмкость монтажа совместно с резистором  $R_{вх}$  создает дополнительный полюс в петле обратной связи. Решение – частотная коррекция.

2. Дрейф выходного напряжения после включения. Причина – разогрев кристалла ОУ (ток потребления  $\sim 5$  мА, рассеиваемая мощность  $\sim 50$  мВт). Решение – прогрев схемы в течение 5–10 минут до начала измерений.

3. Термо-ЭДС. Причина – разница температур между разными точками схемы. Решение – использование защитного кожуха, устранение сквозняков.

4. Наводки. Причина – высокоомный вход. Решение – экранирование металлическим заземленным корпусом.

**Заключение.** В результате выполненной работы:

1. Экспериментально подтверждено, что измерение напряжения смещения нуля AD8055A дает результаты, согласующиеся с паспортными данными ( $U_{см} \approx 3$  мВ).

2. Выявлены и проанализированы основные причины нестабильности при измерении высокоомных параметров: паразитная ёмкость монтажа, отсутствие частотной коррекции, дрейф из-за разогрева кристалла, термо-ЭДС.

3. Показано, что измеренное входное сопротивление AD8055A отличается от паспортного значения из-за влияния токов утечки монтажа.

4. Предложены практические способы устранения выявленных погрешностей, позволяющие обеспечить повторяемость результатов в пределах требований ГОСТ ( $\pm 5\%$ ).

**Список использованных источников:**

1. Analog Devices. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.analog.com> (дата обращения: 03.04.2025).
2. ГОСТ 29108-91 (МЭК 748-3-86). Приборы полупроводниковые. Микросхемы интегральные. Часть 3. Аналоговые интегральные схемы. – М.: Издательство стандартов, 1991.
3. ГОСТ 23089.0–78. Микросхемы интегральные. Общие требования при измерении электрических параметров операционных усилителей и компараторов напряжения. – М.: Издательство стандартов, 1978.