

# СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЯ

Ниже приводится обобщенное описание испытаний, которые проводит компания SPELLMAN HIGH VOLTAGE ELECTRONICS в рамках реализации своей программы контроля качества. Указанные обобщенные описания охватывают испытания большого числа различных моделей с самым широким диапазоном выходного напряжения, тока и других эксплуатационных параметров.

Для большинства моделей подготовлены подробные протоколы испытаний. В этих индивидуальных протоколах ясно указаны требования к испытаниям и допустимые приемочные уровни по каждому испытываемому параметру. Дополнительную информацию вы можете получить в техническом отделе/отделе испытаний компании SPELLMAN.

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ!**

**ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПОД КОТОРЫМ МОЖЕТ НАХОДИТЬСЯ  
ДАННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ОПАСНО ДЛЯ ЖИЗНИ.**

**Убедитесь в том, что все оборудование НАДЕЖНО заземлено.**

**Не прикасайтесь к соединениям при включенном оборудовании  
и заряженных внутренних и внешних конденсаторах.**

**Не прикасайтесь к проводам заземления и не выполняйте  
работы в условиях повышенной влажности.**

**Несоблюдение правил техники безопасности может привести  
к смертельному исходу.**

## 1 ЦЕЛИ

Данная методика предназначена для определения обязательных стандартных испытаний всех источников питания, произведенных компанией Spellman High Voltage. Методика предполагает как самостоятельное использование, так и совместное использование с другими методиками.

## 2 ИЕРАРХИЯ



Рис. 1. Структура документа

## 2.1 Стандартная методика испытания

Описание обязательных типовых испытаний всех источников питания. Стандартная методика и протокол испытаний содержат параметры для проверки работы источника питания.

## 2.2 Чертеж контроля технических требований

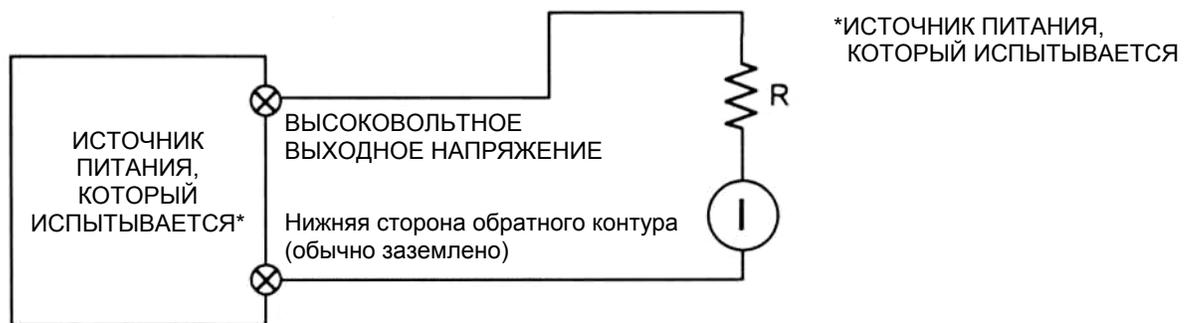
Чертеж контроля может содержать дополнительные проверки либо исключать определенные проверки из стандартной методики испытаний.

## 2.3 Методики испытаний конкретной модели

Эти методики содержат как элементы стандартной методики испытаний, так и элементы чертежа контроля технических требований в дополнение к любым подробным указаниям в отношении проверки работы источника питания.

# 3 МЕТОДЫ НАГРУЗКИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

## 3.1 Постоянная нагрузка



**Рис. 2. Схема испытания при постоянной нагрузке**

Рис. 2 показывает резистор  $R$ , последовательно соединенный с измерителем тока  $I$  через клеммы испытываемого источника питания.

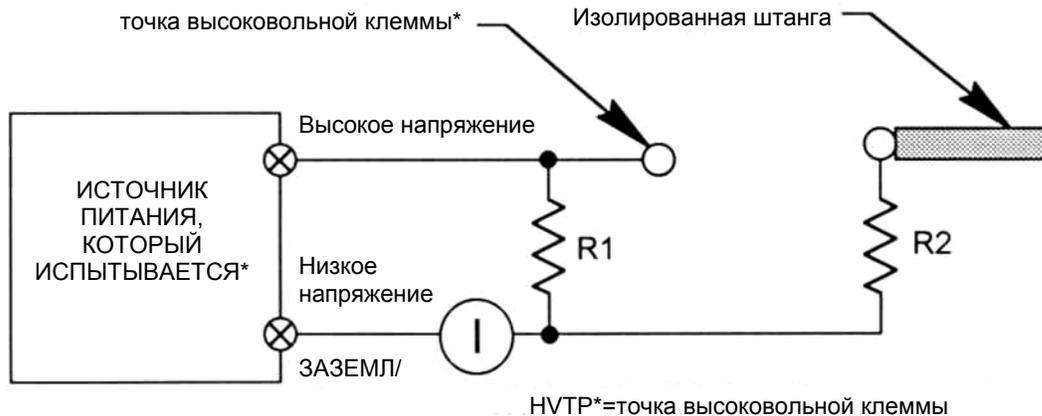
**ОСТОРОЖНО:** для соединения с высоковольтным выходом должен использоваться высоковольтный провод. Если высоковольтного провода нет, можно использовать обычный подвесной провод с соблюдением всех мер предосторожности для исключения контакта с цепями заземления.

Должны быть выбраны резисторы соответствующего напряжения и активной мощности для указанной нагрузки. Необходимо уделить внимание самому монтажу, чтобы не допустить электрического пробоя.

Подходящий измеритель тока  $I$  должен быть последовательно соединен с нагрузочным резистором  $R$  на линии нижней стороны обратного контура. Это обезопасит прибор, обеспечивая на нем низкий потенциал.

## 3.2 Переменная нагрузка

### 3.2.1 Ручной выключатель



**Рис. 3. Схема испытания при переменной нагрузке**

Рис. 3 показывает резистор R1, непосредственно соединенный с испытываемым источником питания. Величина R1 выбирается таким образом, чтобы нагрузить испытываемый источник питания, используя определенную минимальную нагрузку. Для условия БЕЗ НАГРУЗКИ, R1 возрастает до бесконечности, и мы имеем разомкнутую цепь.

Величина резистора R2 выбирается таким образом, чтобы получить требуемый режим нагрузки. «Низкая сторона» нагрузки соединяется с измерителем тока, I. «Высокая сторона» резистора R2 подсоединяется подходящим проводником к изолированному штоку или штанге (Рекомендуется «Лексан» или другой акриловый материал). Штанги длиной около метра (три фута) будет достаточно для большинства применений ниже 100 киловольт. Возьмите эту штангу в руку со стороны, противоположной клемме проводника. Это позволит легко и безопасно подсоединить точку высоковольтной клеммы.

Обратите внимание, что когда R2 подсоединен так, как показано, I указывает общий ток нагрузки, на нагрузках R1 и R2.

После окончания измерений отсоедините нагрузку от точки высоковольтной клеммы, вручную удалив изолированную штангу.

**Примечание:** Когда «высокая сторона» R2, а так же и «низкая сторона» не подсоединены к точке высоковольтной клеммы, обе они находятся в безопасности, с низкими потенциалами по отношению к земле, и с ними можно безопасно обращаться.

### 3.2.2 Переключатель электронно-лучевой трубки

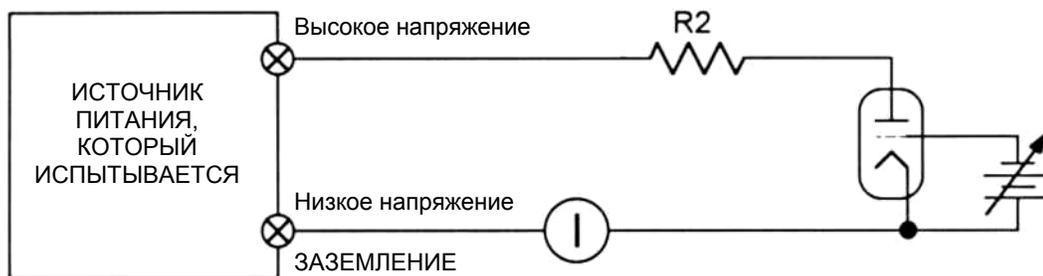


Рис. 4. Переключатель электронно-лучевой трубки

Цепь на рис. 4 показывает вакуумную трубку, которая используется для исключительно быстрого переключения циклов нагрузки из состояния ВКЛ. (ON) в ВЫКЛ. (OFF) и обратно. Если сетка трубки переключается от близкого к нулю смещения до достаточного отрицательного смещения, трубка может управляться как переключатель. Быстрое переключение циклов нагрузки ВКЛ. и ВЫКЛ. при наблюдении характеристик напряжения обычно называется динамической стабилизацией нагрузки. Более детально см. раздел 5.

Кроме этого, трубка может управляться и обеспечивать непрерывную подстройку нагрузки соответствующим изменением сеточного смещения. Смещение можно достаточно просто получить с помощью регулируемого катодного резистора.

Описанный в предыдущих параграфах ручной переключатель используется для источников питания как с положительной, так и с отрицательной полярностью. Цепь электронной трубки на рис. 4 показана для высоковольтных источников питания только с положительной полярностью. Трубка может использоваться для источников питания с отрицательной полярностью при соединении стороны пластины к низкому уровню напряжения, а стороны катода — к высокому. В этом случае, поскольку источники нити накала и решетки будут высоковольтными, необходимо использовать методику изоляции.

## 4 КАЛИБРОВКА ПО НАПРЯЖЕНИЮ И ДИАПАЗОН

Этот параграф описывает схему для проведения испытания, а также метод измерения выходного напряжения в соответствии с характеристиками, указанными в специальном протоколе испытаний для данного источника питания.

## 4.1 Схема проведения испытания

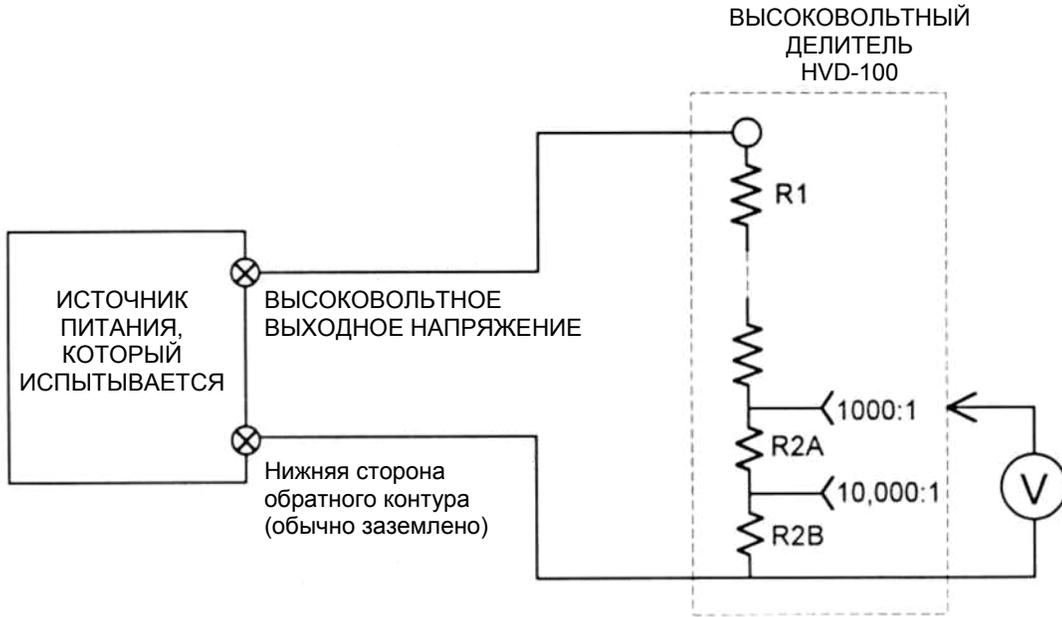


Рис. 5. Схема проведения испытания

## 4.2 Измерение параметров высоковольтного источника питания

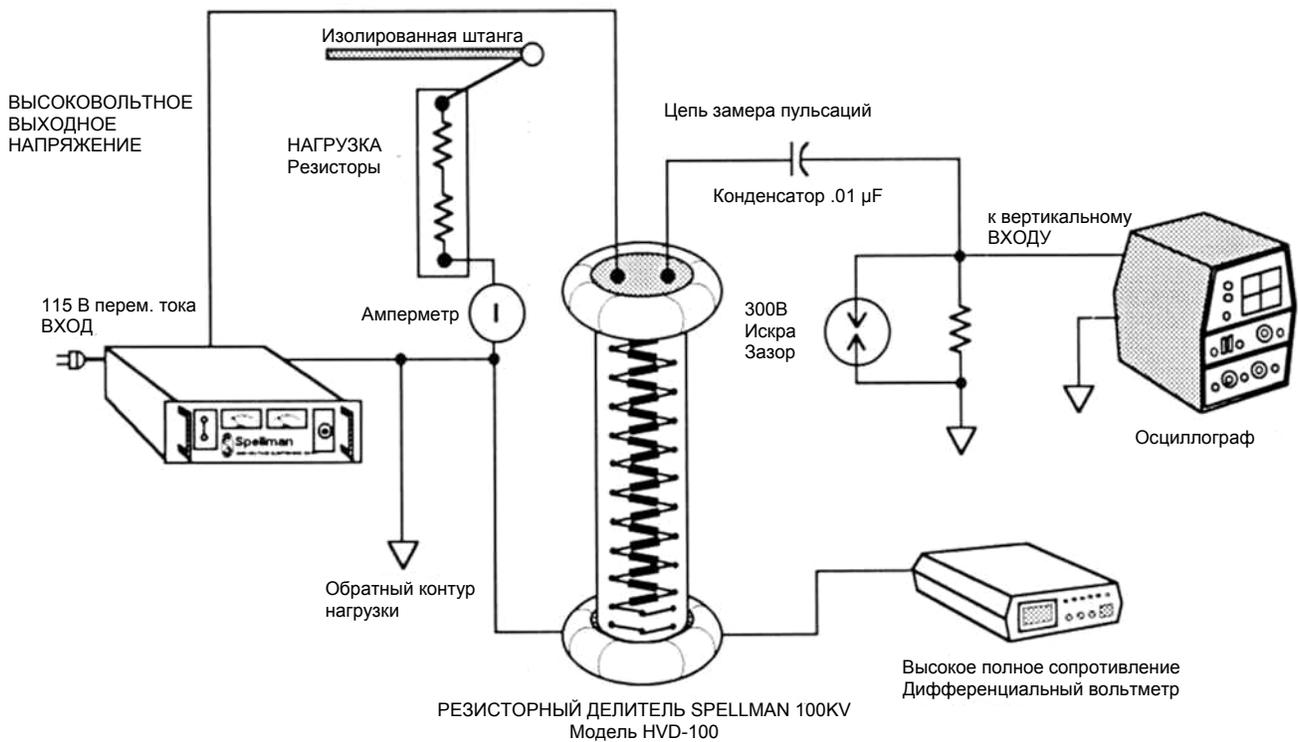


Рис. 6. Испытательная схема высоковольтного источника питания

### 4.3 Контрольно-измерительные приборы

Прибор, используемый для измерения выходного напряжения делителя, должен иметь большое входное полное сопротивление, чтобы снизить возможные погрешности измерений вследствие влияния нагрузки измерительных приборов на R2A или R2B (рис.5). Spellman использует любой из двух описанных ниже приборов для измерения (M) в испытательной схеме, рис. 5 или 6, в зависимости от требуемой разрешающей способности.

#### 4.3.1 John Fluke Model 8810A

Точность показаний с учетом устойчивости: +0,01 % от ввода.  
Входное полное сопротивление: > 1000 МОм (диапазоны 200 мВ, 2 В, 20 В).  
РАЗРЕШЕНИЕ: 10 ppm от диапазона.

#### 4.3.2 John Fluke Model 8 840A

Точность показаний с учетом устойчивости: +0,005 %.  
Входное полное сопротивление: > 10 000 МОм (диапазоны 200 мВ, 2 В, 20 В).  
РАЗРЕШЕНИЕ: 1 ppm от диапазона.

### 4.4 Метод испытания

4.4.1 Соединить ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ (HVD) и ВОЛЬТМЕТР как показано на схеме испытания, рис. 6. Соединение между клеммой на выходе высокого напряжения испытываемого источника питания и клеммой на входе высокого напряжения ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ДЕЛИТЕЛЯ следует делать высоковольтным проводником.

4.4.2 Подсоединить испытываемый источник питания к источнику входной мощности в соответствии с техническими данными установки. Соответствующее контрольное оборудование входного напряжения и тока должно быть включено в испытательную схему.

4.4.3 Все необходимые внешние регулирующие и контрольные приборы должны быть соединены в соответствии с техническими данными установки. Используя специальный протокол испытания с указанными требуемыми значениями входного напряжения и заданные величины выходного напряжения, измерьте выходное напряжение в соответствии с описанными выше методиками.

4.4.4 Подайте электроэнергию на испытываемый источник питания, соблюдая разумные меры предосторожности при работе с высоким напряжением.

4.4.5 Измерьте напряжение на выходе при соответствующих входных напряжениях, регулируя напряжение с помощью приборов.

4.4.6 Описываемые выше измерения проводятся, по сути, в условиях «БЕЗ НАГРУЗКИ». Это происходит вследствие того, что высоковольтный делитель SPELLMAN имеет полное входное сопротивление 1000 МОм и практически во всех случаях ток нагрузки пренебрежимо мал.

Измерение под нагрузкой при желании можно провести в случае подсоединения соответствующих высоковольтных резисторов нагрузки или других нагрузочных устройств к испытываемому источнику питания, как показано на рис. 6. Измеритель тока подключается последовательно к резистору нагрузки на стороне заземления, чтобы удерживать приборы при безопасном потенциале. ПРИМЕЧАНИЕ. Дополнительную информацию о методах нагрузки см. в разделе 3.

## 5 СТАБИЛИЗАЦИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ, СТАТИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ

### 5.1 Определение

Как правило, большинство производителей источников питания в США используют термин «стабилизация» в значении изменения выходного напряжения, которое непосредственно происходит при изменениях во входном источнике энергии и (или) нагрузочном сопротивлении.

Кроме того, «стабилизация», по определению Spellman и большинства других производителей, исключает изменения вследствие изменений температуры и времени. Таким образом, стабилизация измеряется при «постоянной температуре» и «коротких» промежутках времени, где под «коротким» промежутком времени понимается время, необходимое для проведения измерения.

В дополнение к двум основным компонентам «стабилизации», т. е. стабилизации по нагрузке и стабилизации сети, стабилизация далее делится на статическую или динамическую.

Динамическая стабилизация связана с переходной реакцией выходного напряжения вследствие изменения нагрузки или изменения в сети. Интерес представляют пиковые отклонения и время восстановления. Spellman определяет время восстановления как время, требуемое на возврат из точки пикового отклонения к точке в пределах 10 % от нового статического уровня. Эскиз внизу детально это иллюстрирует.

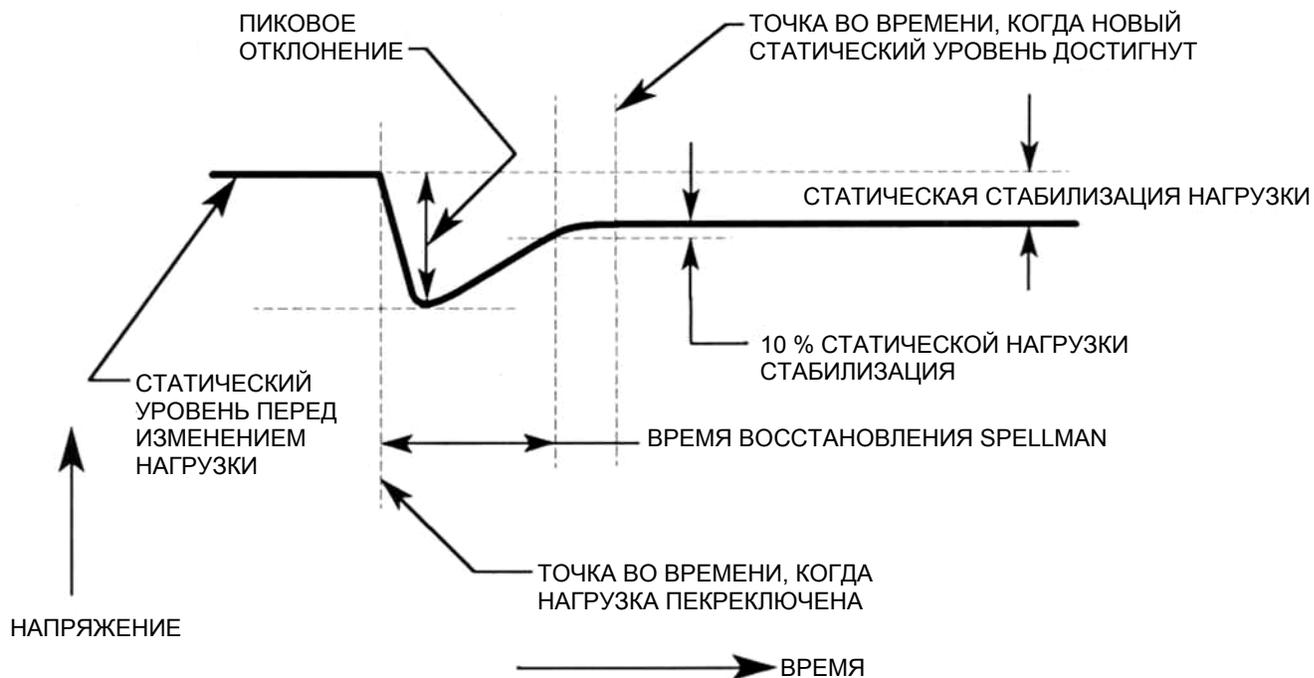


Рис. 7. Формы сигналов статической и динамической стабилизации

## **5.2 Схема испытания, СТАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ**

5.2.1 Соедините выходную цепь вольтметра как описано в разделе 4.

5.2.2 Подсоедините испытываемый источник питания к источнику входной мощности в соответствии с тех. данными установки. Соответствующее контрольное оборудование входного напряжения и тока должно быть включено в испытательную схему. Обеспечьте регулировку мощности на входе — в соответствии с требованиями техническими данными.

5.2.3 Выберите метод нагрузки (как описано в разделе 3), который подходит в соответствии с техническими данными установки. Сделайте необходимые соединения.

## **5.3 Метод испытания, СТАБИЛИЗАЦИЯ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

5.3.1 Удерживая входное напряжение постоянным, совершите указанные изменения в нагрузке, используя одну из методик раздела 3.

5.3.2 Наблюдайте за изменениями напряжения на выходе по показаниям монитора напряжения. Запишите показание для состояния «НАГРУЗКА ВКЛЮЧЕНА».

5.3.3 Повторите для состояния «НАГРУЗКА ВЫКЛЮЧЕНА».

5.3.4 Указанные выше измерения можно проводить в условиях минимального, максимального и номинального входного напряжения в соответствии с техническими данными установки. Их также можно выполнить при других определенных условиях напряжения на выходе.

## **5.4 Метод испытания, СТАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ**

5.4.1 Используется та же схема, что и в разделе 5.2 выше.

5.4.2 Установите уровень выходного напряжения и нагрузку в соответствии со спецификаций, отрегулируйте входное напряжение от минимума до максимума.

Наблюдайте за изменениями напряжения на выходе по показаниям монитора напряжения. Зарегистрируйте.

## **5.5 Метод испытания, СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

5.5.1 Соедините контроллер выходного напряжения, как описано в разделе 5.

5.5.2 Удерживая входное напряжение постоянным на уровне номинальных величин, установите необходимую нагрузку с прямоугольным сигналом или импульсную нагрузку.

5.5.3 Проверьте, чтобы ток нагрузки правильно переключался, и наблюдайте за формой сигнала тока на токочувствительном резисторе на «нижней стороне» обратного контура источника питания.

5.5.4 Наблюдайте за динамической реакцией выходного напряжения, используя контрольный прибор пульсации, как показано на рис. 12.

5.5.5 Зарегистрируйте результаты.

## 5.6 Метод испытания, ДИНАМИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ

5.6.1 Удерживая ток нагрузки на постоянном уровне, установите необходимые характеристики переключения напряжения на входе.

5.6.2 Наблюдайте за динамической реакцией выходного напряжения, используя контрольный прибор пульсации, как показано на рис. 12.

5.6.3 Зарегистрируйте результаты.

## 6 СТАБИЛИЗАЦИЯ ТОКА НА ВЫХОДЕ

6.1 Этот параметр источника питания относится к источникам «постоянного» или «стабилизированного тока». При этих испытаниях учитываются все аспекты «стабилизации», как описано в разделе 5 выше, за исключением метода измерения.

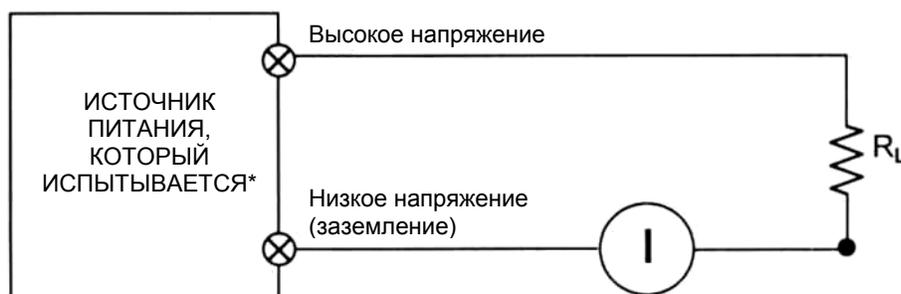


Рис. 8. Нестабильность тока

На Рис. 8 сопротивление нагрузки представлено как  $R_L$ . В источнике стабилизации тока сопротивление резистора нагрузки  $R_L$  меняется от нуля, в условиях короткого замыкания, до некоторой конечной величины при условиях номинального напряжения на выходе. Очевидно, что источник не может поддерживать стабилизацию в разомкнутой цепи. Поэтому изменения нагрузки осуществляются «закорачиванием» части номинального резистора нагрузки. Измеритель тока, последовательно подсоединенный к «низкой стороне» источника питания, используется для контроля тока.

## 7 ОГРАНИЧИТЕЛЬ ТОКА

7.1 Этот параметр источника питания относится к источникам питания, которые, хотя не стабилизируются по току, имеют схемы, ограничивающие абсолютную величину тока на выходе.

7.2 На рис. 8 видно, что резистор  $R_L$  закорочен и источник питания включен. Ток на выходе прослеживается до его пиковой величины, и эта величина обычно составляет 110 % от номинального тока на выходе.

## 8 Короткое замыкание

8.1 Это испытание проводится для имитации условий дугового разряда.

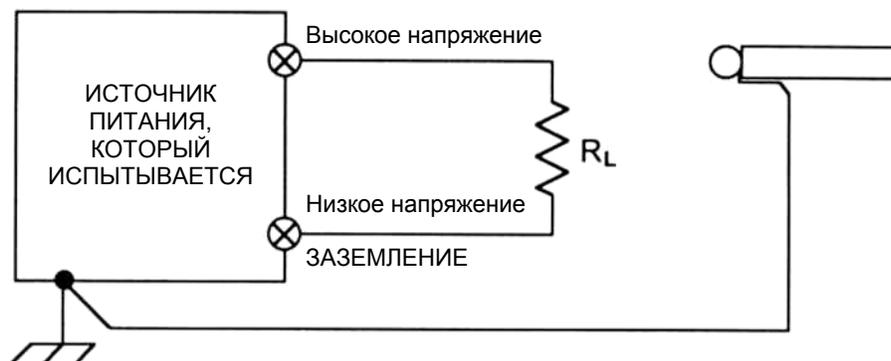


Рис. 9. Испытание на дугу/короткое замыкание

С помощью палочки из плексиглаза с проводником, соединенным на землю проводом #4, испытываемый источник питания с полным выходным напряжением проверяется в состоянии короткого замыкания.

## 9 ВХОДНОЙ ТОК

9.1 Входной ток относится к току, который испытываемый источник питания потребляет от своего источника питания (либо постоянный ток низкого напряжения, либо переменный ток из сети) при работе на полной мощности.

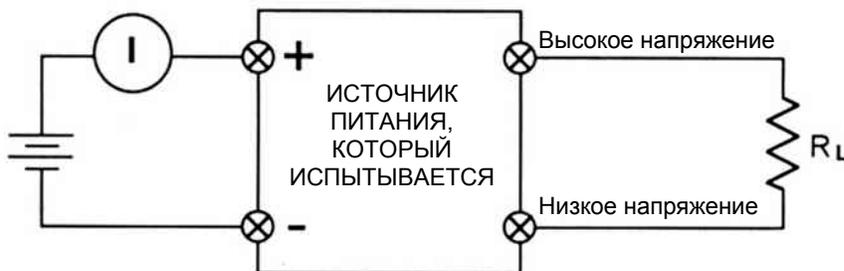


Рис. 10. Измерение входного постоянного тока

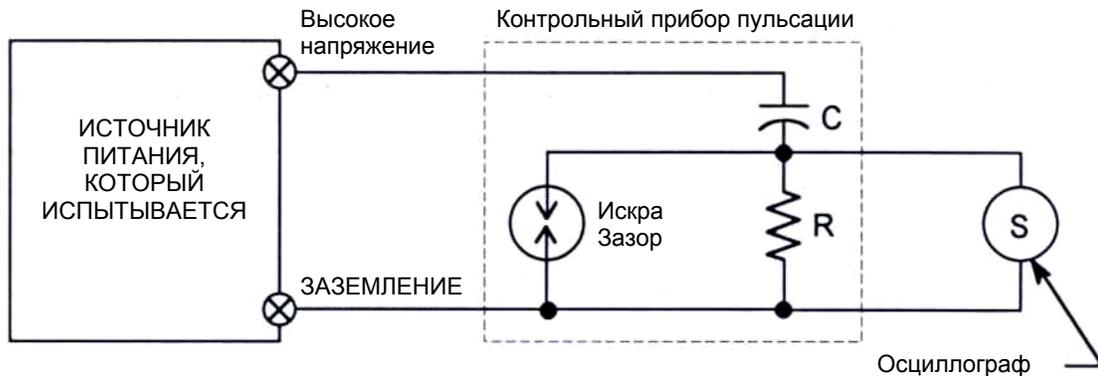


Рис. 11. Измерение входного переменного тока

Цифровой мультиметр последовательно соединяется либо с положительным выходом источника, либо с проводником «ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ» от источника переменного тока, и на источник питания подается электроэнергия. Параметр измеряется при 100%-м номинальном токе на выходе и на входе.

## 10 ПУЛЬСАЦИИ

### 10.1 Методики замера пульсации

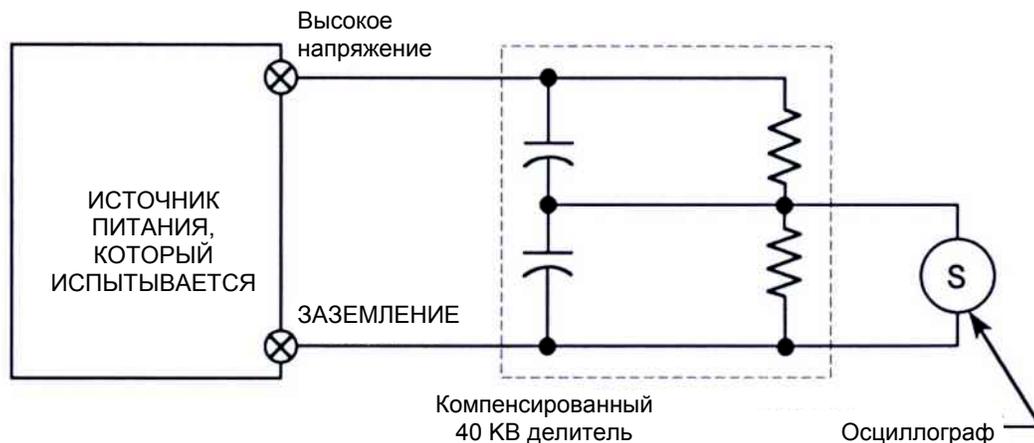


**Рис. 12 Измерение пульсации**

Рис.12 показывает методику использования разделительного конденсатора по постоянному току  $C$ , последовательно соединенного с клеммой на выходе источника питания, для подачи прямо на осциллограф переменной составляющей тока в выходном напряжении  $S$ . Резистор  $R$  и искровой зазор  $SG$  защитят осциллограф от пульсаций выходного напряжения, которые могут передаваться прямо через разделительный конденсатор на осциллограф.

Величины  $C$  и  $R$  должны быть выбраны так, чтобы пропустить интересующие нас частоты пульсаций с ничтожно малым затуханием. Входное полное сопротивление и частотная реакция осциллографа также вносят погрешность, которую необходимо учитывать.

Погрешность измерения пульсации 60 Гц для  $C > 0,01 \mu\text{F}$  и  $R = 1$  до 10 МОм исключительно мала. Для высокочастотных компонентов будут приемлемы пропорционально меньшие величины емкости.



**Рис. 13. Измерение пульсации**

Рис.13 показывает использование компенсированного 40 кВ делителя для измерения пульсации. Хотя компенсированный делитель позволяет проводить точные измерения, у него есть два недостатка. Во-первых, нельзя провести точные измерения пульсации без нагрузки, так как сам делитель имеет входное сопротивление 100 МОм.

Во-вторых, при относительно низкой выходной пульсации источника питания отношение делителя 1000:1 может ослабить переменную составляющую тока на выходе делителя до трудночитаемого уровня.

## 10.2 Метод испытания

10.2.1 Задайте все рабочие параметры, требуемые для указанной установки. В число этих рабочих параметров должны быть включены:

Заданное выходное напряжение  
Условие по току нагрузки  
Условие по входному напряжению

10.2.2 Измерьте на осциллографе пульсацию от пика-к-пику в вольтах. Зарегистрируйте.

10.2.3 Разделите измеренную величину от пика к пику на  $2\sqrt{2}$ , когда нужны показания в среднеквадратичных величинах (если пульсация синусоидальная).