

Руководство по эксплуатации

Tektronix

СТ-6

**Токовый пробник для измерения
переменного тока на высоких частотах
071-1237-00**

Редакция А

ГАРАНТИЯ

Компания Tektronix гарантирует отсутствие дефектов материалов и изготовления в производимых и продаваемых ею изделий в течение 1 (одного) года с даты поставки. В случае обнаружения дефектов в течение гарантийного срока, компания Tektronix обязуется по своему усмотрению выполнить ремонт неисправного изделия без взимания дополнительной оплаты материалов и трудозатрат или заменить неисправное изделие исправным.

Для получения обслуживания в соответствии с данными гарантийными обязательствами необходимо уведомить компанию Tektronix о появлении дефекта до истечения гарантийного срока и выполнить необходимые для проведения гарантийного обслуживания действия. Упаковка и отправка изделия в указанный компанией Tektronix сервисный центр, а также предоплата транспортных расходов по доставке изделия в сервисный центр, производится владельцем изделия. Компания Tektronix оплачивает обратную доставку исправного изделия заказчику только в пределах страны, в которой расположен сервисный центр. Доставка исправного изделия по любому другому адресу должна быть оплачена владельцем изделия, включая все расходы по транспортировке, пошлины, налоги и любые другие расходы.

Данная гарантия не распространяется на случаи, когда дефект, отказ в работе или повреждение изделия вызваны неправильной эксплуатацией, хранением или обслуживанием изделия. Компания Tektronix не обязана по данному гарантийному обязательству: а) исправлять повреждения, вызванные действиями любых лиц (кроме представителей Tektronix) по установке, ремонту или обслуживанию изделия; б) исправлять повреждения, вызванные неправильным использованием изделия или подключением его к несовместимому оборудованию; в) исправлять повреждения или неполадки, вызванные использованием материалов, не рекомендованных Tektronix, или г) обслуживать изделие, подвергшееся модификации или интегрированное в иное оборудование таким образом, что эти действия увеличили время или сложность обслуживания изделия.

ДАННАЯ ГАРАНТИЯ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ ТЕКТРОНИХ НА ДАННОЕ ИЗДЕЛИЕ НА УСЛОВИЯХ ЗАМЕНЫ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ГАРАНТИЙ, ДАННЫХ ЯВНО ИЛИ ПОДРАЗУМЕВАВШИХСЯ. КОМПАНИИ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ ОТКАЗЫВАЮТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ДРУГИХ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ ТОВАРНОСТИ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ДРУГИХ ЦЕЛЕЙ. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ КОМПАНИИ ТЕКТРОНИХ ПО ДАННОМУ ГАРАНТИЙНОМУ ОБЯЗАТЕЛЬСТВУ ОГРАНИЧИВАЕТСЯ ТОЛЬКО РЕМОНТОМ ИЛИ ЗАМЕНОЙ ДЕФЕКТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗАКАЗЧИКАМ. КОМПАНИИ ТЕКТРОНИХ И ЕЕ ПОСТАВЩИКИ НЕ НЕСУТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА КОСВЕННЫЙ, СПЕЦИФИЧЕСКИЙ ИЛИ КАКОЙ-ЛИБО ОПОСРЕДОВАННЫЙ УЩЕРБ ДАЖЕ В ТОМ СЛУЧАЕ, ЕСЛИ ПРЕДСТАВИТЕЛИ КОМПАНИИ ТЕКТРОНИХ БЫЛИ ЗАРАНЕЕ УВЕДОМЛЕНЫ О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОГО УЩЕРБА.



Содержание

Основные указания по технике безопасности.....	ii
Начало работы	1
Принадлежности и опции.....	2
Стандартные принадлежности.....	2
Опции	2
Дополнительные принадлежности	2
Установка.....	3
Держатель пробника	7
Оценочная плата (опция).....	8
Основные операции	9
Понимание номинальных значений тока и напряжения	9
Согласование импедансов.....	10
Измерение тока.....	11
Инжекция сигналов тока	12
Оптимизация производительности на высоких частотах.....	13
Эквивалентная цепь	13
Выбор размера и длины проводника.....	14
Расположение пробника	14
Измерения на стороне заземления и стороне сигнала	16
Использование опциональной оценочной платы.....	17
Линии калибровки (Calibration Lines)	18
Линии оценки (Evaluation Lines).....	18
Держатель пробника	18

Основные указания по технике безопасности

Ознакомьтесь с приведенными ниже указаниями по технике безопасности для предотвращения повреждения изделия или подключенного к нему оборудования. Чтобы избежать возможных опасных ситуаций, используйте изделие только в соответствии с настоящей инструкцией.

Операции по обслуживанию должны выполняться только персоналом с соответствующей квалификацией.

Меры по предотвращению возгорания оборудования или травмирования оператора

Выполняйте операции по соединению и разъединению правильно. Запрещается подсоединять или отсоединять пробники или измерительные выводы, если они подключены к источнику напряжения.

Соблюдайте все ограничения по номиналу клемм. Чтобы избежать возгорания или травмирования, необходимо соблюдать все ограничения и нанесенную на корпус изделия маркировку. Перед подключением к изделию рекомендуется ознакомиться с информацией о допустимых значениях параметров, изложенной в руководстве.

Не эксплуатируйте изделие со снятыми панелями. Запрещается работать с изделием при снятых панелях или корпусе.

Не эксплуатируйте изделие при подозрении на неисправность. Если у вас есть подозрение, что изделие неисправно, обратитесь к обслуживающему персоналу с соответствующей квалификацией для выполнения осмотра.

Запрещается эксплуатировать изделие в условиях повышенной влажности.

Запрещается эксплуатировать изделие во взрывоопасной атмосфере.

Следите, чтобы поверхности изделия всегда были чистыми и сухими.

Данные условные обозначения могут использоваться в настоящем руководстве:



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Указание на условия или действия, которые могут привести к получению травмы или смерти.



ОСТОРОЖНО. Указание на условия или действия, которые могут привести к повреждению данного изделия или другого оборудования.

Символы и надписи на изделии:

Данные надписи могут присутствовать на изделии:

DANGER (Опасность): Указывает на наличие опасной ситуации, существующей на момент прочтения данной маркировки.

WARNING (Предупреждение): Указывает на наличие опасной ситуации, не обязательно существующей на момент прочтения данной маркировки.

CAUTION (Осторожно): Указывает на наличие ситуации, опасной для оборудования, в т.ч. для данного изделия.

На поверхности изделия могут быть нанесены следующие символы:



ОСТОРОЖНО
Обратитесь к
руководству



Двойная изоляция



Клемма защитного
заземления
(«земля»)

Начало работы

Модель СТ-6 представляет собой миниатюрный пробник переменного тока, предназначенный для измерения в низковольтных высокочастотных цепях.

Функциональные характеристики пробника:

- Типовая полоса пропускания от 250 кГц до 2 ГГц
- Чувствительность 5 мВ/мА
- Низкий вносимый импеданс
- Индуктивное считывание или инжекция сигналов

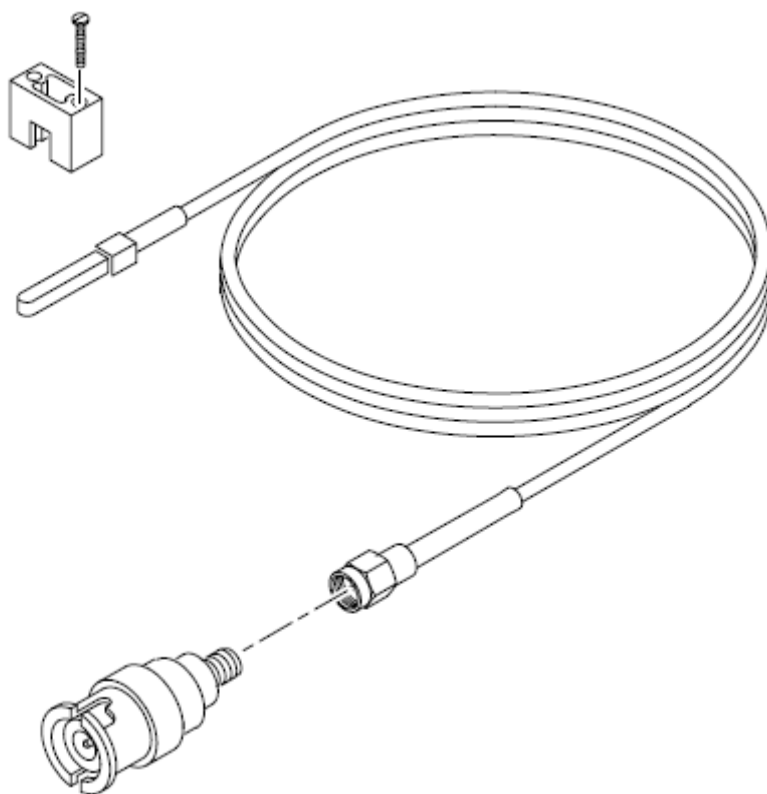


Рисунок 1: Токовый пробник СТ-6 с держателем пробника и адаптером BNC-SMA

Принадлежности и опции

В комплект поставки каждого токового пробника СТ-6 входят стандартные принадлежности. Также можно заказать отдельно как стандартные, так и опциональные принадлежности. Опции необходимо заказывать в момент покупки основного оборудования.

Стандартные принадлежности

В комплект поставки каждого токового пробника СТ-6 входят следующие стандартные принадлежности:

- Руководство по эксплуатации (071-0453-00)
- Адаптер BNC-SMA (015-0572-00)
- Маркировочные полоски для идентификации пробников в случае подключения нескольких пробников к измерительному прибору (016-1315-00)
- Сертификат прослеживаемой калибровки

Опции

В момент заказа основного оборудования покупатель может также приобрести следующие опции:

- Опция С3 (калибровка в течение трех лет)
- Опция D1 (данные калибровки)
- Опция D3 (данные калибровки в течение трех лет)
- Опция R3 (ремонт/обслуживание в течение трех лет)
- Опция TF (в комплект поставки пробника включается тестовая плата)

Дополнительные принадлежности

Для использования с токовым пробником СТ-6 рекомендуются следующие дополнительные принадлежности:

- Тестовая плата без токового пробника (067-0349-00)
- Цилиндрический адаптер SMA-SMA (015-1012-00)

Установка

Подключите пробник к измерительному прибору и к цепи в соответствии с указаниями в данном разделе.

Для измерения или инъекции сигнала с помощью токового пробника СТ-6 выполните следующие действия:

1. Подключите выходной разъем SMA токового пробника СТ-6 к измерительному прибору или к генератору сигнала в случае инъекции сигнала. При необходимости используйте адаптер SMA-BNC. Убедитесь, что измерительный прибор или генератор сигналов настроен на импеданс 50 Ом.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание травмирования используйте пробник только с заземленными системами. Чтобы не допустить контактного ожога, вызванного высокочастотными токами, подавайте испытательный сигнал только после подключения пробника к цепи.

-
2. Отключите питание исследуемой цепи.
 3. Выберите точку в цепи, в которой планируется измерять ток или подавать сигнал.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание травмирования или возгорания запрещается превышать максимальное напряжение в неизолированных проводах, равное 30 В. Избегайте использования пробника в цепях, в которых присутствуют напряжения выше 30 В.

Необходимо соблюдать достаточный зазор между покрытием на головке пробника и другими оголенными точками подключения в цепи. Отверстие в головке пробника имеет защиту, но окрашенная часть на головке пробника находится на нулевом потенциале.

-
4. Разомкните исследуемую цепь и пропустите проводник через отверстие в головке пробника одним из следующих способов:
 - а. Для достижения наилучшей общей достоверности сигнала используйте короткий проводник с небольшим диаметром (см. рис. 2.)
 - б. Для удобства измерения сигналов ниже 1 ГГц можно использовать штыревой контакт с квадратным сечением и перемычку (джампер) (см. рис. 4).

- Подробнее о номинальных значениях см. в разделе «Основные операции» на стр. 9.

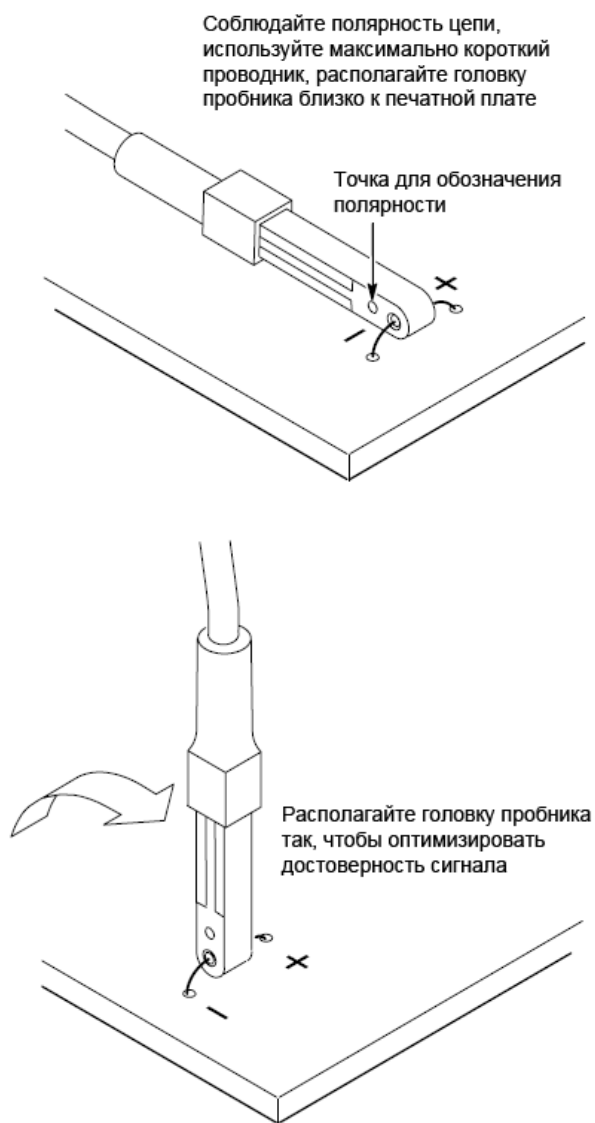


Рисунок 2: Использование одного проводника

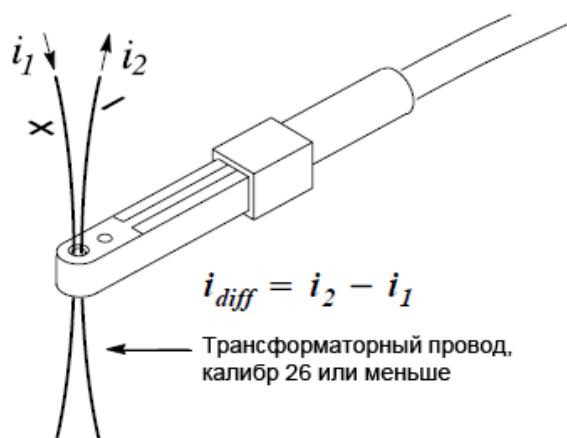


Рисунок 3: Использование двух проводников для измерения дифференциального тока

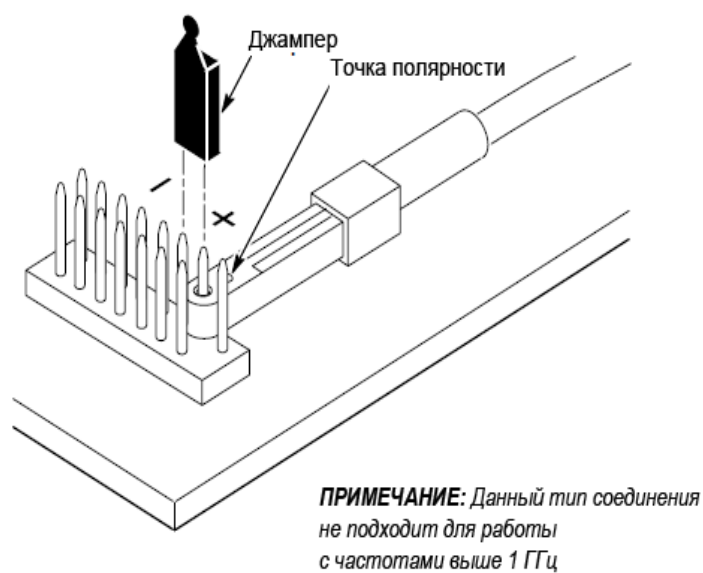


Рисунок 4: Использование штыревого контакта с квадратным сечением и перемычки (джампера)

Держатель пробника

Для надежной фиксации пробника можно использовать держатель пробника из комплекта поставки, предназначенный для крепления пробника к испытательному приспособлению или прототипу печатной платы. См. рис. 5.

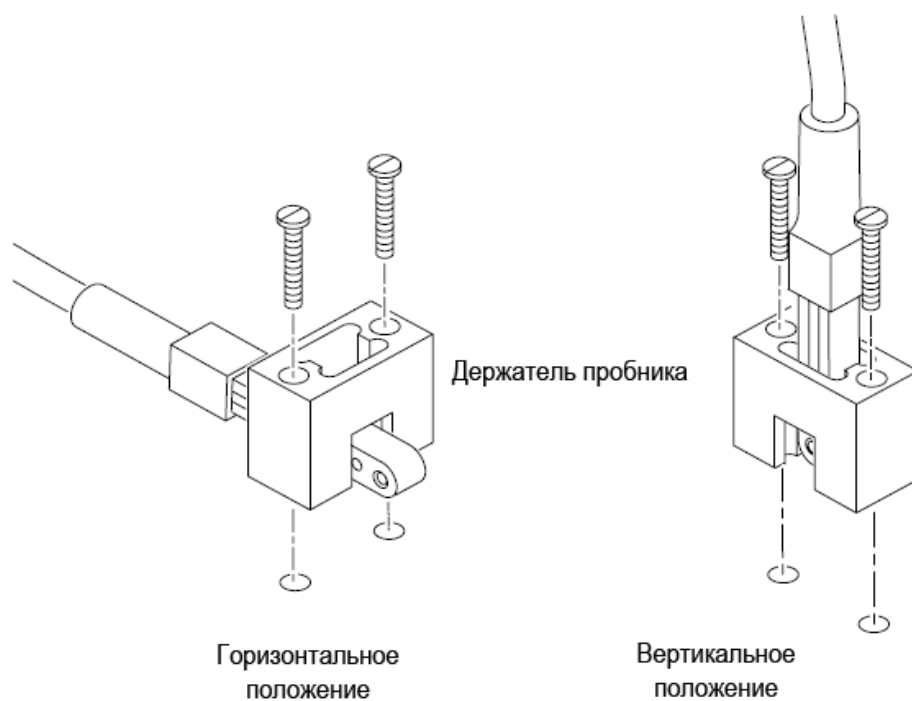


Рисунок 5: Крепление головки пробника СТ-6 к тестовой плате

Монтаж держателя пробника осуществляется следующим образом:

1. Временно расположите пробник и держатель пробника в положении, в котором планируется их использовать.
2. Держателем пробника промаркируйте отверстия на испытательной плате или прототипе платы.
3. Просверлите отверстия с диаметром, подходящим для монтажа приспособлений, которые планируется использовать. Винты 2-56 и держатель пробника из комплекта поставки токового пробника предназначены для монтажа в отверстия печатной платы с диаметром 2,032 мм и 9,144 мм по центрам.

Тестовая плата (опция)

Чтобы подготовить опциональную тестовую плату для использования, установите 5 резиновых ножек с помощью винтов из комплекта платы: по одной ножке в каждом углу платы и одну в центре.

Основные операции

Для получения точных результатов важно понимать электрические характеристики токового пробника СТ-6 и влияние этих характеристик на способы использования пробника. В данном разделе рассматриваются следующие вопросы:

- Понимание номинальных значений тока и напряжения
- Согласование импедансов
- Измерение тока
- Инжекция сигналов
- Оптимизация достоверности сигнала на высоких частотах
- Выполнение измерений на стороне заземления и стороне сигнала
- Использование тестовой платы

Понимание номинальных значений тока и напряжения

Ниже приводятся определения номинальных значений тока:

- «Максимальный непрерывный ток» обозначает максимальное среднеквадратическое значение тока, которое токовый пробник может непрерывно измерять.
- «Максимальный импульсный ток» обозначает максимальное пиковое значение импульса, который может быть измерен токовым пробником, независимо от продолжительности импульса или частоты.
- «Произведение $A \cdot c$ » - максимальная допустимая длительность импульса для данной амплитуды. Например, при значении 0,25 А·мс допустимая длительность для импульса с пиком 250 мА составляет 1 мкс, а с пиком 125 мА – 2 мкс.

- «Влияние постоянного тока» обозначает величину постоянного тока, который может пройти через токовый пробник до удвоения точки нижней предельной частоты. Большие величины постоянного тока также ухудшают произведение $A \cdot c$ для низкочастотных сигналов.

Рекомендуется не превышать безопасные значения максимального напряжения для неизолированных проводов независимо от величины измеряемого тока. См. предупреждение ниже:



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание травмирования или возгорания запрещается превышать максимальное напряжение в неизолированных проводах, равное 30 В. Избегайте использования пробника в цепях, в которых присутствуют напряжения выше 30 В.

Необходимо соблюдать достаточный зазор между покрытием на головке пробника и другими оголенными точками подключения в цепи. Отверстие в головке пробника имеет защиту, но окрашенная часть на головке пробника находится на нулевом потенциале.

Согласование импедансов

Для работы пробника требуется, чтобы на входе измерительного прибора (или выходе генератора сигналов), а также в исследуемой цепи присутствовало сопротивление 50 Ом. Несмотря на то, что токовый пробник способен измерять сигналы (или подавать сигналы) в цепях с различным сопротивлением, идеальным согласованием является 50 Ом. Некорректное согласование импедансов может привести к появлению искажений и снизить чувствительность пробника.

Измерение тока

Токовый пробник работает как трансформатор. При измерении переменного тока, протекающего через один проводник, проводник выступает в качестве первичной обмотки, а токовый пробник – в качестве вторичной. См. рис. 6.

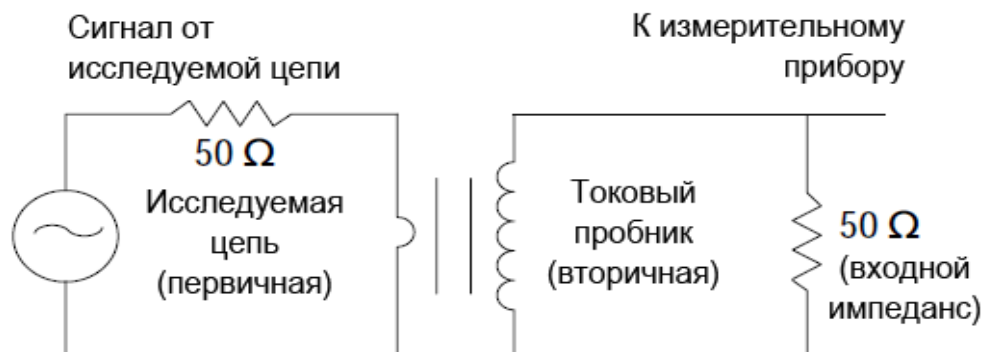


Рисунок 6: Измерение сигнала

Пробник преобразует ток в исследуемой цепи (первичная обмотка) в измеряемое напряжение на выходе (вторичная обмотка). При согласовании импедансов с сопротивлением 50 Ом чувствительность пробника составляет 5 мВ/мА.

Для вычисления тока в цепи необходимо разделить величину напряжения, полученную при измерении на выходе пробника, на 5. Например, если был измерен сигнал 50 МГц с пиковым значением 200 мВ, то пиковое значение фактического тока в цепи составляет $200 \div 5 = 40$ мА_{р-р}.

Инжекция сигналов тока

При инъекции переменного тока в единичный проводник токовый пробник выступает в качестве первичной обмотки, а проводник – в качестве вторичной трансформаторной обмотки. См. рис. 7.



Рисунок 7: Инжекция сигнала

Пробник конвертирует сигнал напряжения (первичная обмотка) в сигнал тока в исследуемой цепи (вторичная обмотка). При согласовании импедансов с сопротивлением 50 Ом чувствительность пробника составляет 5 мВ/мА.

Для вычисления величины напряжения, которое необходимо подать в пробник для инъекции нужной величины тока, следует умножить величину требуемого тока на 5. Например, если требуется инъекция сигнала 50 МГц с пиковым значением тока 30 мА, то потребуется пиковое напряжение $30 \times 5 = 150$ мВ.



ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Во избежание травмирования используйте пробник только с заземленными системами. Чтобы не допустить контактного ожога, вызванного высокочастотными токами, подавайте испытательный сигнал только после подключения пробника к цепи.

Оптимизация производительности на высоких частотах

Токовый пробник СТ-6 поддерживает достоверность сигнала без побочных явлений, вызванных резистивными элементами традиционных пассивных пробников. Это возможно благодаря тому, что токовый пробник осуществляет связь сигналов с измерительным прибором или от источника сигналов через магнитное поле, а не через электрическое.

Тем не менее, у верхней границы частот токового пробника добавочная индуктивность токового пробника, а также паразитная индуктивность и емкость связи могут в некоторых случаях отрицательно повлиять на достоверность сигнала.

Информация и процедуры, представленные в данном разделе, позволят вам понять и минимизировать влияние индуктивности и емкости на высоких частотах, а также оптимизировать производительность пробника.

Эквивалентная цепь

На рис. 8 показан последовательный эквивалент токового пробника в цепи с проводником 27 калибра.

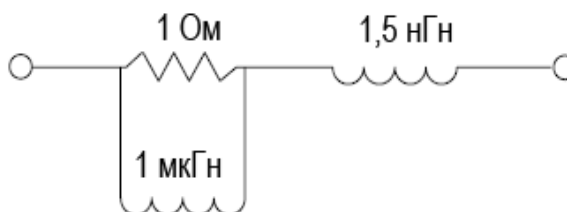


Рисунок 8: Эквивалентная цепь для отображения дополнительной индуктивности и емкости

Чем выше частота измеряемого сигнала, тем больше внимания следует уделять дополнительной индуктивности и емкости из-за их влияния на исследуемую цепь.

Выбор размера и длины проводника

От калибра и длины проводника, используемого для пропускания испытательного тока через пробник, может зависеть величина паразитной емкости и индуктивности.

- Чем длиннее проводник, тем больше паразитная емкость и тем большее сопротивление вносит пробник в цепь на более высоких частотах. В связи с этим проводник должен быть как можно короче. Идеальная длина проводника – 1 см.
- Чем больше калибр проводника, тем больше паразитная емкость между проводником и токовым пробником. Паразитная емкость оказывает влияние на цепь на высоких частотах и вносит искажения в высокочастотные сигналы. В связи с этим рекомендуется использовать проводники с минимально возможным диаметром. Отверстие в пробнике, имеющее диаметр 0,81 мм, допускает установку неизолированных проводников не толще 20 калибра.

Расположение пробника

Также причиной появления паразитной емкости может быть корпус вокруг головки токового пробника в случаях, когда в пробник установлен проводник с относительно большим диаметром (примерно от 20 до 25 калибра). При измерении высокочастотных сигналов с использованием проводника большего диаметра, рекомендуется располагать головку пробника перпендикулярно исследуемой печатной плате. См. рис. 9.

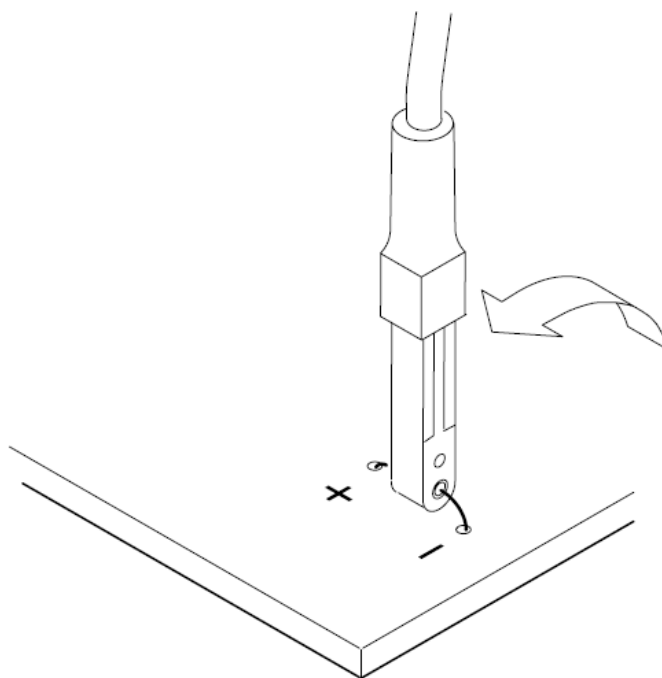


Рисунок 9: Расположение пробника для оптимальной производительности на высоких частотах (калибр проводника от 20 до 25)

Измерения на стороне заземления и стороне сигнала

Для выполнения измерений с максимальной точностью необходимо организовать связь пробника с нагрузкой 50 Ом либо на стороне сигнала, либо на стороне заземления низкоомной нагрузки.

- Для получения наилучшего согласования импедансов с выходом пробника выполняйте измерение тока на сигнальной стороне нагрузки 50 Ом.
- Если организация связи на сигнальной стороне нагрузки 50 Ом невозможна, то измерение тока следует выполнять на стороне заземления нагрузки, имеющей достаточно низкий импеданс для прохождения сигнала через пробник.

На рис. 10 показаны точки на стороне сигнала и на стороне заземления.

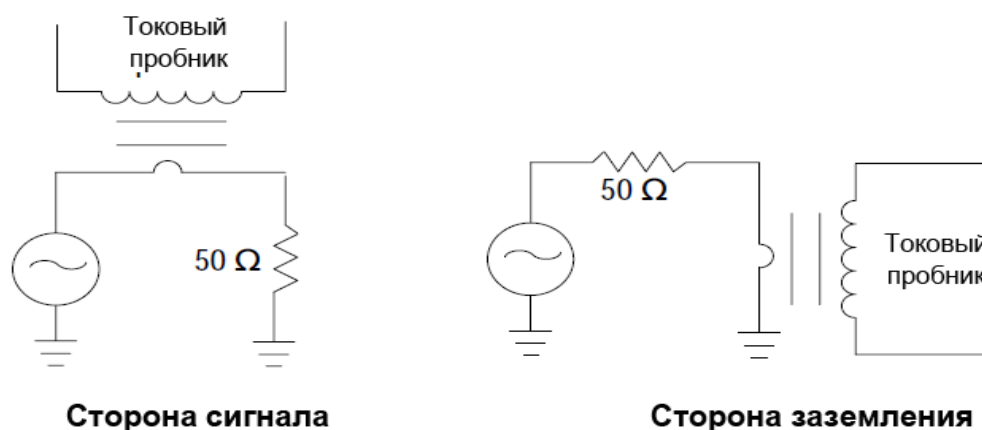


Рисунок 10: Подключение пробника к стороне сигнала или стороне заземления

Опциональная тестовая плата имеет отдельные подключения на стороне сигнала и стороне заземления, что позволяет в полной мере использование этих двух способов при измерении сигнала.

Использование опциональной тестовой платы

Тестовую плату для токового пробника СТ-6 (рис. 11) можно приобрести как дополнительную принадлежность. Данное приспособление позволяет упростить процедуру тестирования пробника для целей аттестации или поверки.

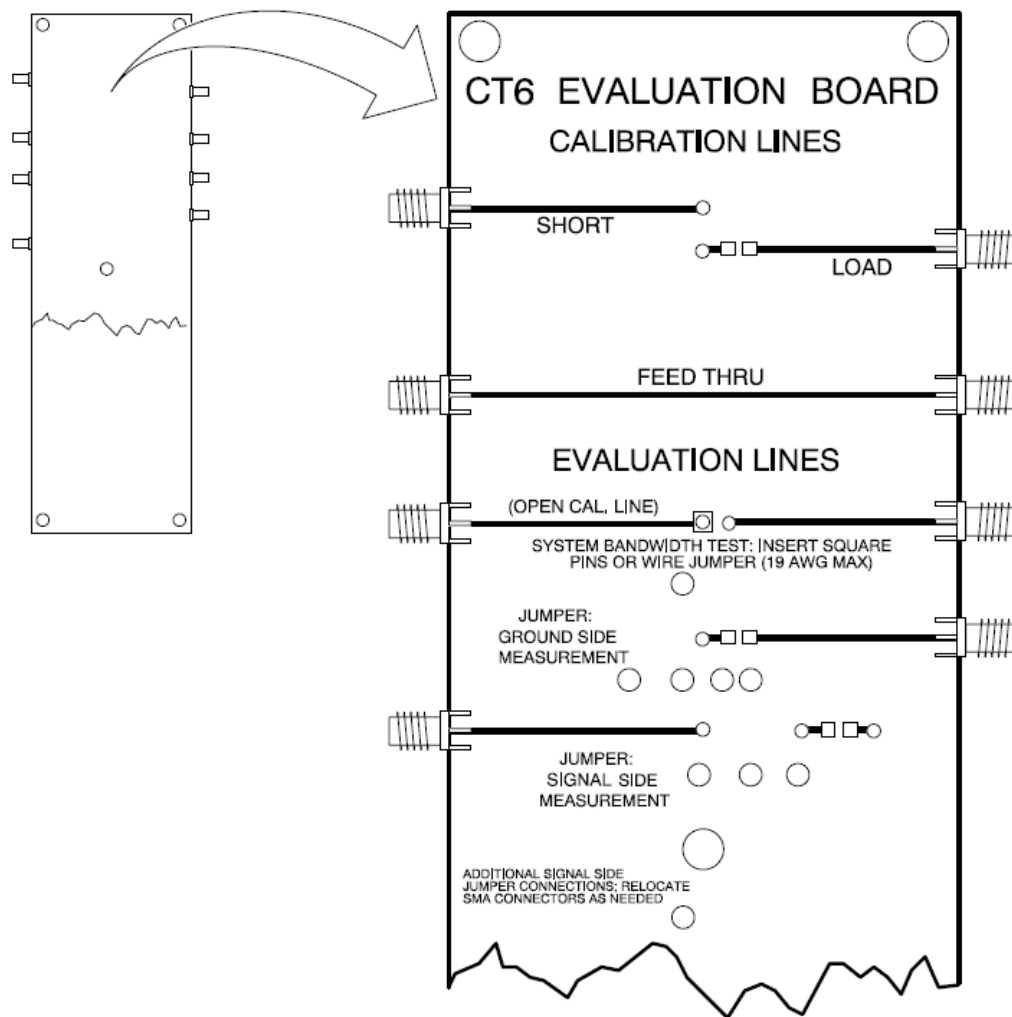


Рисунок 11: Тестовая плата для токового пробника СТ-6

Линии калибровки (Calibration Lines) – линии калибровки Short (K3), Load (CH) и Feed Thru (проходная перемычка) и линия Open Cal (XX) из группы Evaluation используются для настройки анализатора цепей при выполнении операций поверки.

Линии оценки (Evaluation Lines)

Линии из группы Evaluation Lines обеспечивают подключение и измерение испытательных сигналов. Приспособление позволяет разделить сигналы и провести аттестацию функционирования пробника и характеристик сигнала при подключении к XX, стороне заземления и стороне сигнала.

Линия полосы пропускания системы (или калибровки XX) (System Bandwidth Line или Open Cal) – Линия полосы пропускания системы позволяет проверять полосу пропускания системы, а также выделять и оценивать достоверность сигнала для конкретных штыревых разъемов с квадратным сечением или проводной перемычки, которые планируется использовать.

Если не используется проводная перемычка или группа контактов, то данная линия может использоваться для калибровки Open (XX) анализатора цепей.

Сторона заземления (Ground Side). Линия Ground Side используется для оценки характеристик токового пробника при подключении испытательного сигнала к стороне заземления нагрузки 50 Ом (см. рис. 10 на стр. 16).

Сторона сигнала (Signal Side). Линия Signal Side используется для оценки характеристик токового пробника при подключении испытательного сигнала к сигнальной стороне нагрузки 50 Ом. Поскольку практика подключения к сигнальной стороне достаточно распространена, плата имеет дополнительные линии на случай повреждения контактных площадок платы в результате многократного припаивания и отпаивания сигнальных перемычек.

Для подготовки линии Signal Side к использованию необходимо отпаять разъем, расположенный на краю платы, и припаять его к контактным площадкам в нужном месте. Без проводной перемычки линии Signal Side может использоваться для калибровки Open (XX) анализатора цепей.

Держатель пробника

При работе с линиями на стороне заземления и на стороне сигнала в комплект поставки включен держатель пробника, позволяющий зафиксировать положение головки пробника и повысить повторяемость результатов измерения. На рис. 12 демонстрируется использование держателя пробника для надежной установки пробника в двух различных положениях. Для фиксации пробника используются винты 2-56, устанавливаемые в отверстия печатной платы с диаметром 2,032 мм и расстоянием 9,144 мм по центрам.

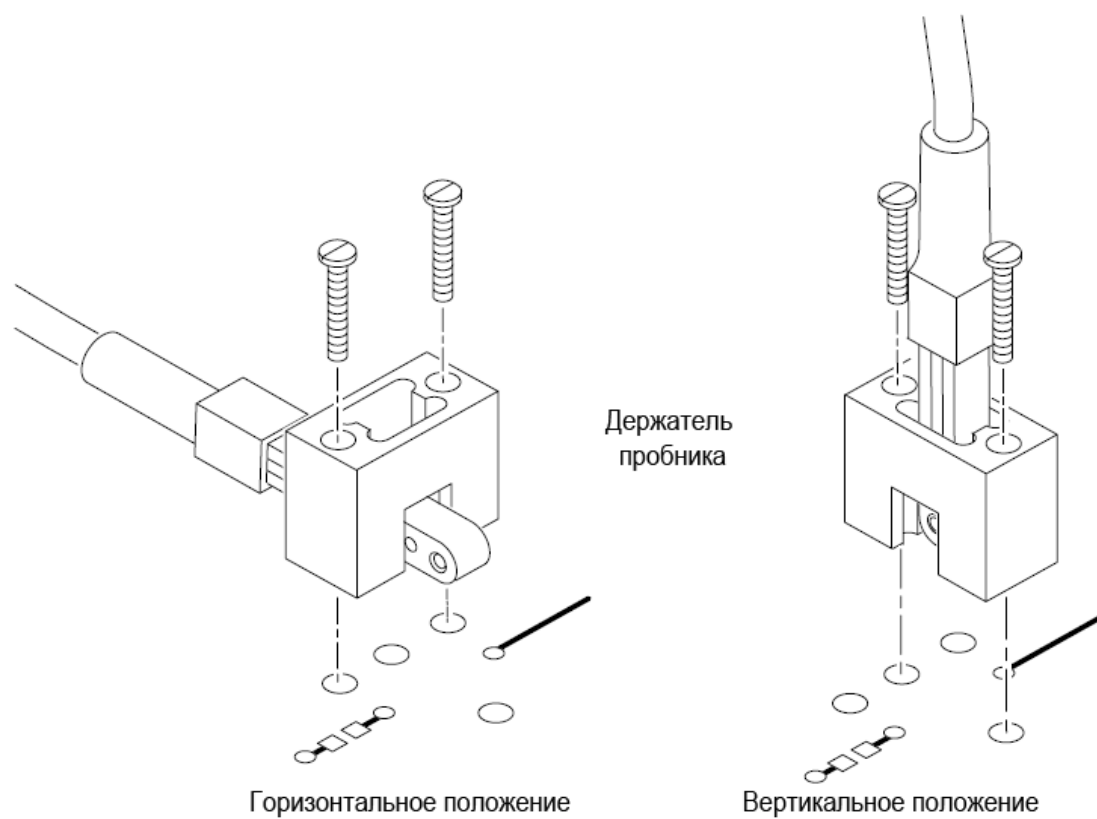


Рисунок 12: Крепление головки пробника СТ-6 к тестовой плате