



Восьмиканальный сканирующий вольтметр
SmartStat® SV-8

Руководство по эксплуатации

2025

www.smartstat.ru

Уважаемый пользователь! Мы благодарим Вас за приобретение и использование научного оборудования SmartStat. В этом руководстве приведены подробные характеристики восьмиканального сканирующего вольтметра SV-8.

Сканирующий вольтметр SV-8 предназначен для измерения 8 сигналов по потенциалу (напряжению) дополнительно к основному потенциалу и току потенциостата, к которому он подключается. Эти сигналы подаются на вольтметр SV-8 дифференциально, то есть с положительным и отрицательным входом в каждом канале. Также вольтметр имеет один канал измерения температуры.

Сканирующий вольтметр SV-8 похож на двойной дифференциальный предусилитель SmartStat SDE-3, но имеет 8 каналов, а не 2. Большое количество каналов получено за счет быстрой поочередной коммутации входных цепей 8-ми каналов вольтметра специальными ключами на два входа АЦП. В процессе работы, 2 дополнительных входа АЦП интерфейсного разъема потенциостата SmartStat поочередно сканируют 8 входов вольтметра SV-8. Сканирование каналов и их оцифровка выполняются микроконтроллером вольтметра и потенциостатом как единой установкой полностью автоматически в соответствии с выбором рабочих каналов пользователем.

Первым каналом потенциостата с подключенным сканирующим вольтметром считается собственный электрохимический интерфейс потенциостата (его потенциальные входы Ref-Comp). Входы сканирующего вольтметра нумеруются с первого по девятый. Для пропуска тока, как обычно служат токовые выходы потенциостата Counter-Work.

Сканирующий вольтметр SV-8 имеет один канал измерения температуры с помощью термопары. Данные, приходящие с него, обрабатываются мастер-каналом потенциостата-носителя и сохраняются в первом канале. Показания температуры можно использовать для отслеживания состояния исследуемого объекта, а также автоматической остановки текущего шага или всей работы по заданным пользователем пределам.

Рабочие методики определяются моделью и комплектацией потенциостата-носителя:

- В потоковых режимах (стационарные, развертки, хроно, РИТТ, ГИТТ) для пользователя работа выглядит так, будто имеются 8 полноценных дополнительных каналов-вольтметров, но максимальная скорость оцифровки снижена до 50 точек в секунду по всем каналам, включая регистрацию потенциала и тока потенциостата-носителя.
- В импульсных режимах пользователь выбирает в настройках - с какими двумя каналами вольтметра работать (только 2 из 8-ми) в редактируемом шаге (в другом шаге можно выбрать свою пару каналов).
- В методе электрохимического импеданса пользователь выбирает - какие из 8-ми каналов использовать (любые от двух до 8-ми) при регистрации одного спектра импеданса (будет получено по одному спектру импеданса для каждого включенного канала вольтметра и еще один для собственного мастер-канала потенциостата).

- Импульсные электроаналитические методы сканирующим вольтметром не поддерживаются.

Сканирующий вольтметр можно использовать для решения следующих задач:

- Отслеживание напряжений на индивидуальных ячейках батареи химического источника тока, в том числе с регистрацией спектров импеданса для каждой из них. Мастер-канал потенциостата-носителя при этом задает режим работы всей батареи по постоянному току (по 2, 3, или 4 электродной схеме).
- Автоматизированная запись потенциалов с нескольких электродов сравнения (потенциальных электродов) в одной электрохимической ячейке.

Уважаемый коллега! Если у Вас возникли вопросы или Вы не нашли, как решить Вашу задачу с использованием потенциостата SmartStat или одного из его модулей, напишите нам. Может оказаться, что задача решается уже имеющимися возможностями прибора. Возможно, она будет решена в ближайшем обновлении прибора или SmartSoft, или ожидает своего воплощения. Также мы готовы рассмотреть объективные, то есть востребованные и детализованные пожелания заказчика. Платформа SmartStat является перспективной и в ней будет еще много программных и аппаратных обновлений и дополнений, значительно расширяющих функциональность.

Содержание

1.	Характеристики	5
2.	Комплектность поставки	7
3.	Устройство и принцип работы	10

1. Характеристики

Ниже приведены характеристики сканирующего вольтметра SV-8.

Таблица 1. Характеристики сканирующего вольтметра SV-8.

Характеристика	Значение
Количество каналов вольтметра в дополнение к каналу потенциостата-носителя	8
Количество подключаемых интерфейсов потенциостата на один вольтметр	1
Количество проводов каждого канала	2
Тип каждого канала	Дифференциальный по напряжению *
Максимальное входное напряжение	± 15 В
Максимальное выходное напряжение (разница между положительным и отрицательным входом в каждом канале)	± 5 В
Входное сопротивление не менее	10^9 Ом
Максимальная рабочая частота при измерении импеданса	50 кГц
Максимальная частота оцифровки в потоковых режимах	48.8 Гц
Количество каналов измерения температуры	1
Диапазон измерения температуры (зависит от типа термопары)	От -210 °С до $+1800$ °С
Разрешение по температуре	0.0625 °С
Погрешность измерения температуры	Около 1 °С (с учетом погрешности компенсации холодного спая)
Частота измерения температуры	До 10 раз в секунду
Типы поддерживаемых термопар	K, J, N, R, S, T, E, B
Питание модуля	12 В, 100 мА, через интерфейсный разъем
Размеры модуля	213x90x23 мм
Модели поддерживаемых потенциостатов	SmartStat профессиональной серии: PS-50, PS-250, PS-20, PS-10, PS-60, PS-65

* - измеряется разница напряжений между положительным входом и отрицательным.

Сканирующий вольтметр может быть подключен к одноканальному потенциостату SmartStat, имеющему цифро-аналоговый интерфейс внешних компонентов с прямоугольным разъемом типа D-SUB9, на который выведены входы дополнительных (Aux) АЦП потенциостата (профессиональная серия SmartStat).

Входы вольтметра можно подключать к низкоомным электродам сравнения (если их собственный импеданс составляет не более 3-5 кОм). Этому условию обычно удовлетворяют современные электроды с разделителями на основе фритта. При этом электрод сравнения должен быть в хорошем состоянии. Использование дополнительных мостиков, ключей и разделителей может вызвать заметный рост сопротивления цепи электрода сравнения и негативно сказаться на точности регистрации данных на нем. Также, относительно низкими импедансами обычно (но не всегда) обладают твердоэлектродные или проволочные электроды сравнения.

Входы вольтметра не рекомендуется подключать к рабочему электроду потенциостата Work, если исследуемый образец обладает импедансом выше 1 кОм (работа с более высокими импедансами допустима до 10 кОм, но не рекомендуется).

Максимальная скорость регистрации данных потенциостата со сканирующим вольтметром снижена по сравнению с потенциостатом без него, так как требуются переключения АЦП между каналами вольтметра.

Встроенный узел измерения температуры сканирующего вольтметра SV-8 обеспечивает следующие основные возможности:

Измерение температуры с помощью термопары.

Выбор типа термопары.

Автоматическая компенсация температуры холодного спая.

Автоматический расчет значения температуры с учетом нелинейности выбранного типа термопары.

Гальваническая развязка термопары и обслуживающей ее электроники от основных узлов вольтметра, от потенциостата SmartStat и исследуемого объекта.

Полученное значение температуры может быть использовано как критерий для завершения работы и выполнения одного из следующих действий:

- Закончить текущий шаг при определенной температуре,
- Закончить всю работу при определенной температуре,
- Закончить текущим циклом всю работу при определенной температуре,
- Закончить текущий шаг и перейти к заданному номеру шага программатора при определенной температуре.

2. Комплектность поставки

Ниже приведена комплектность базовой поставки сканирующего вольтметра SV-8.

Таблица 2. Комплектность поставки сканирующего вольтметра SV-8.

Наименование	Количество
Вольтметр – основной блок	1
Измерительный кабель с зажимом типа “крокодил” для подключения исследуемых объектов	16
Двухконтактный клеммник для подключения измерительных кабелей к мультиплектору	8
Интерфейсный шнур для подключения к потенциостату	1
Термопара К-типа (подключена к модулю и выведена из него)	1
Руководство по эксплуатации	1
Коробка упаковочная	1

* Вольтметр подключается к компонентному интерфейсу потенциостата (прямоугольный разъем Components Interface) и не использует его электрохимический интерфейс (Counter, Ref, Comp, Work).

Комплектность поставки и внешний вид модуля могут быть изменены производителем и не отражены в настоящем руководстве.

Серийный номер модуля нанесен на его нижней части.

Измерительные кабели имеют длину по 20 см и подключаются группами по 2 штуки в специальный клеммник для каждого канала вольтметра. Эти кабели можно удлинять.

При работе с экраном, в него помещается исследуемый образец и сам вольтметр, так как он подключается к исследуемому объекту неэкранированными кабелями. Наружу из экрана выводится кабель, подключающий вольтметр к потенциостату. При работе с нагревательной печью, вольтметр должен находиться вне ее, а для подачи на образцы электрических сигналов должны использоваться специальные проводники горячей зоны (обычно они тоже неэкранированы, и для них и входов вольтметра применяется групповой экран).

Интерфейсный шнур для подключения вольтметра к управляющему цифровому интерфейсу потенциостата представляет собой экранированный удлинитель 0.5 м с разъемами типа D-SUB-9. Использование более длинного кабеля не допускается. Использование именно экранированного кабеля в качестве интерфейсного строго обязательно.

Пожалуйста, не используйте сторонние кабели. Обратитесь в отдел продаж SmartStat для решения вопросов о специфических кабелях и по вопросам подключения электрометра к ячейке и потенциостату.

Ограничения, существующие при работе со сканирующим вольтметром SV-8:

- Вольтметр не поддерживает режим планировщика. Программное обеспечение SmartSoft исключит планировщик из списка рабочих режимов при подключении потенциостата к вольтметром.
- Вольтметр ограничивает максимальную рабочую частоту при измерении электрохимического импеданса значением 50 кГц независимо от модели подключенного потенциостата (FRA не поддерживается и будет отключен, даже если имеется).
- В потоковых режимах (стационарные, развертки, хроно, PITT, GITT) максимальная скорость оцифровки данных ограничена величиной 48.8 Гц.
- Вольтметр нельзя использовать с многоканальными потенциостатами.
- Вольтметр нельзя использовать с промышленной серией SmartStat из-за отсутствия дополнительных входов АЦП.
- Вольтметр нельзя использовать с лабораторной серией SmartStat так как у нее входы дополнительных каналов АЦП не выведены на интерфейсный разъем.
- Вольтметр нельзя использовать с бипотенциостатом, так как его дополнительные входы АЦП всегда подключены к второму электроду.
- При подключении вольтметра SV-8 к высоковольтному потенциостату, его максимальное поляризующее напряжение будет ограничено до 15 В (нельзя будет активировать высоковольтный режим).
- При подключении вольтметра к потенциостатам с 6-ю или 8-ю электродами, их расширенный электрохимический интерфейс (Aux-электрометры) будут отключены. Можно будет использовать только 4-хпроводной интерфейс потенциостата: Counter, Ref, Comp, Work (два дополнительных входа АЦП будут использованы на интерфейсном разъеме потенциостата для работы с вольтметром).
- Вольтметр не позволяет использовать режимы «Нормально» и «Точно» при измерении спектров импеданса, возможно измерение только в режиме «Быстро». Точность по основному каналу дополнительно накапливается в процессе поочередной оцифровки каналов вольтметра.
- С вольтметром неактивна (отключена) вкладка измерения омического сопротивления в редакторе режимов.
- С вольтметром отключена возможность расчета амплитуд старших гармоник при измерении импеданса.
- Вольтметр не поддерживает импульсные электроаналитические методы работы.

- В импульсных режимах (импульсная развертка и произвольный импульс) обрабатываются только два соседних канала вольтметра. Другую пару каналов можно при необходимости выбрать в следующем шаге работы программатора.
- Функционал встроенного измерителя температуры у вольтметра SV-8 не такой широкий, как у специализированных внешних модулей измерения температуры SmartStat (например, ST-2). В отличие от них, термодатчик вольтметра SV-8 не позволяет управлять запуском эксперимента или запрограммировано менять значение предела (критерия завершения) по температуре от цикла к циклу. Функционал ограничен только возможностью выбора типа термодатчика, измерением температуры с заданной скоростью, а также функцией автоматического завершения текущего шага, цикла или всего эксперимента по заданному температурному пределу.
- Вольтметр не рекомендуется использовать для высокоомных или диэлектрических измерений (объектов с импедансами более 1000 Ом).

Если для Ваших экспериментов недопустимо какое-либо из приведенных ограничений, то необходимо рассмотреть многоэлектродный потенциостат SmartStat или дифференциальный электрометр SDE-3, ограничившись только двумя каналами по напряжению в качестве альтернативы сканирующему вольтметру.

3. Устройство и принцип работы



Рис. 1. Внешний вид сканирующего вольтметра SV-8 (1 - дифференциальные входы вольтметра 2-9, 2 - вход подключения цифрового интерфейса потенциостата, 3 - отверстие для вывода термопары).

Перед работой с вольтметром, пожалуйста, **изучите базовое руководство** по эксплуатации потенциостата. Это снимет ряд потенциальных вопросов по подключению вольтметра. Рекомендуется сначала освоить потенциостат без вольтметра, а уже после этого подключать его и работать с ним.

Сканирующий вольтметр SV-8 является дополнительным внешним узлом для потенциостата, к которому он подключен. В обычном режиме работы поляризацию (режимы работы по постоянному, переменному или импульсному току) исследуемого образца определяет потенциостат своим рабочим режимом (потенциостатически или гальваностатически, согласно программе поляризации, созданной при помощи редактора простых режимов или программатора SmartSoft). Вольтметр SV-8 при этом является дополнительным средством измерения напряжения и сбора информации, которую он передает в потенциостат через его аналоговые входы дополнительных АЦП (ADC3, ADC4).

Упрощенная схема сканирующего вольтметра SV-8 показана на рис. 2. Его основой является специализированный твердотельный коммутатор *M*. Он осуществляет автоматическое поочередное подключение высокоомного предварительного усилителя \mathcal{E} , встроенного в вольтметр, к внешним входам вольтметра, которые экспериментатор подключает к исследуемому объекту (чаще всего к батарее химического источника тока, состоящей из нескольких ячеек, но также это могут быть несколько электродов сравнения в одной жидкостной или твердотельной ячейке).

Вольтметр \mathcal{E} является дифференциальным, то есть он имеет два входа - положительный и отрицательный. Оба они доступны пользователю в каждом канале вольтметра. На выходе предусилителя \mathcal{E} формируется напряжение, равное разности напряжений положительного входа и отрицательного в подключенном канале. Напряжение каждого входа любого канала не должно превышать $\pm 15\text{В}$. Разница между входами одного рассматриваемого канала не должна превышать $\pm 5\text{В}$. С выхода предусилителя сигнал подается на дополнительный вход АЦП потенциостата, выведенный на интерфейсный разъем D-SUB9 на его передней панели (к нему подключается вольтметр). Так как потенциостаты SmartStat индустриальной серии имеют по два таких АЦП, то и вольтметр SV-8 имеет два таких предусилителя, каждый со своим коммутатором *M*. В результате, вся установка имеет возможность одновременно оцифровывать сразу по два канала вольтметра. Поэтому в импульсных режимах и при измерении импеданса, каналы включаются парами (2й вместе с 3м, 4й вместе с 5м и так далее).

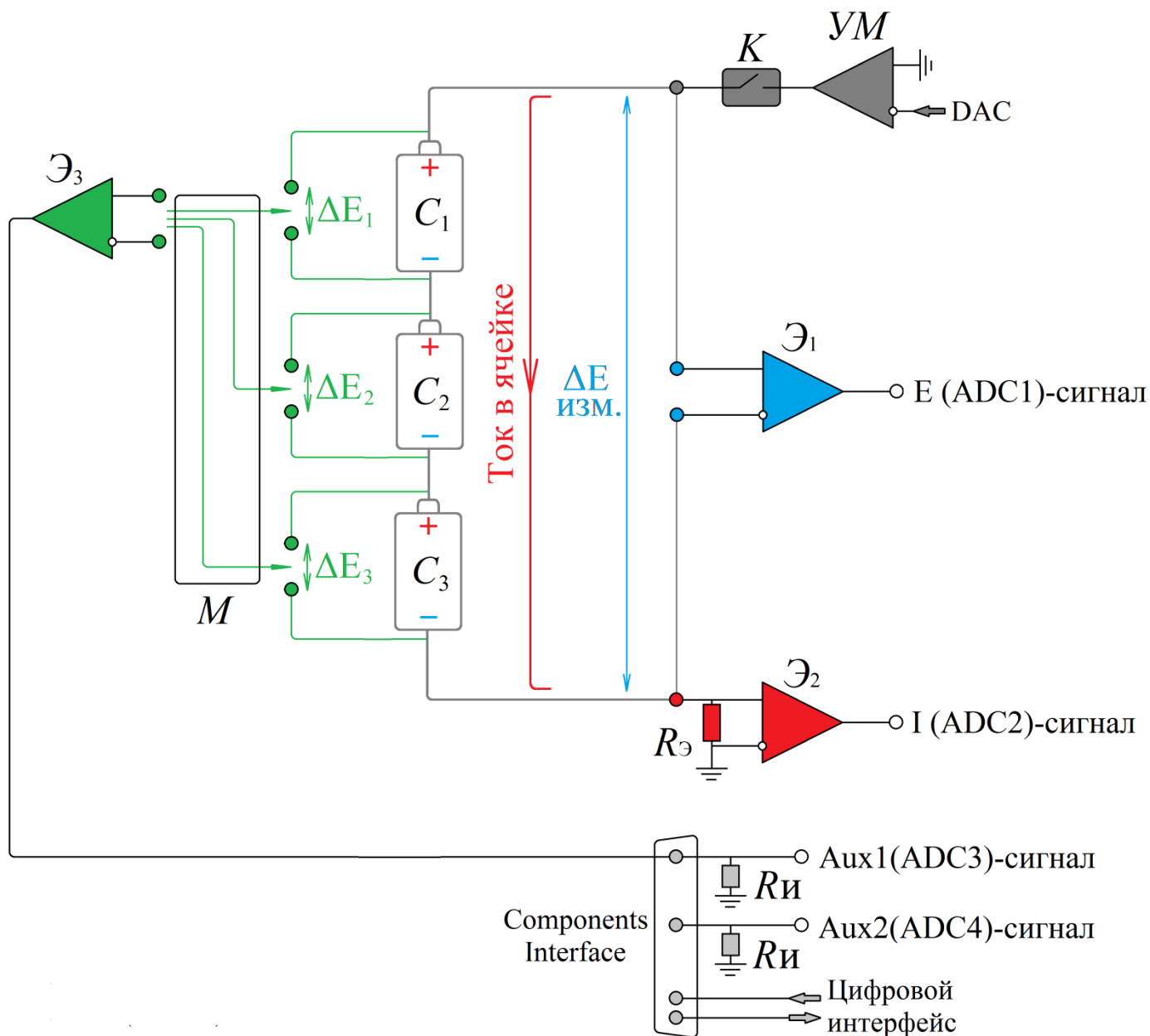


Рис. 2. Упрощенная схема сканирующего вольтметра SV-8 (показана на примере трех каналов вольтметра и одного задействованного канала АЦП). C_1 , C_2 , C_3 - батарея исследуемых источников тока в качестве примера. M - коммутатор, поочередно подключающий дифференциальный предусилитель \mathcal{E}_3 вольтметра к его разным каналам. Правее C_1 - C_3 показаны узлы потенциостата, левее - вольтметра. ΔE_1 - ΔE_3 - напряжения, измеряемые на каналах вольтметра. $\Delta E_{\text{ИЗМ.}}$ - напряжение, измеряемое самим потенциостатом (выводится и сохраняется в первом мастер-канале).

Первым каналом всей установки (потенциостат + сканирующий вольтметр) является основной, так называемый в этом случае мастер-канал самого потенциостата (его узлы измерения потенциала между входами Ref-Comp и тока рабочего электрода). Потенциал и ток потенциостата выводятся в программном обеспечении SmartSoft в первом канале. Каналы сканирующего вольтметра SV-8 занимают в SmartSoft позиции с 2-го по 9-й включительно.

Состояние	Ожидание	Ожидание	Ожидание	Ожидание	Ожидание	Ожидание	Ожидание	Ожидание	Ожидание
Управление	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 1	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 2	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 3	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 4	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 5	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 6	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 7	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 8	<input checked="" type="checkbox"/> Вкл. 9
Цвет	<input type="checkbox"/> Черн	<input type="checkbox"/> Крас	<input type="checkbox"/> Зелен	<input type="checkbox"/> Сини	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Зелен	<input type="checkbox"/>
Выбор акт.	<input checked="" type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный	<input type="radio"/> Активный
Цикл	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Шаг	1 (из 0)	1 (из 0)	1 (из 0)	1 (из 0)	1 (из 0)	1 (из 0)	1 (из 0)	1 (из 0)	1 (из 0)
Потенциал	0,094	0,462	0,063	0,462	0,063	0,462	0,063	0,462	0,063
Ток	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Время	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Заряд	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мощность	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Память	0,3018	0,3018	0,3018	0,3018	0,3018	0,3018	0,3018	0,3018	0,3018
Режим									
Частота	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Re	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Im	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aux E1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Aux E2	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ячейка	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл	Внутр.Выкл
Work-1	Work-1	Work-1	Work-1	Work-1	Work-1	Work-1	Work-1	Work-1	Work-1
Температура	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-

Рис. 3. Внешний вид таблицы каналов в программном обеспечении SmartSoft при подключении потенциостата со сканирующим вольтметром SV-8.

В программном обеспечении SmartSoft пользователь может выбрать номер активного канала

Активный канал 2



. Он влияет только на отображение данных на диаграмме и всех таблицах. Для действий с прибором (запуск или остановка эксперимента, загрузка данных) номер активного канала значения не имеет и может быть любым. Включение какого-либо канала Вкл. 8 в таблице каналов также влияет только на отображение данных. В ходе выполнения работы будут использованы каналы, назначенные в редакторе единичных режимов SmartSoft для редактируемого шага и вида работы. При наличии подключенного к потенциостату сканирующего вольтметра, в этом редакторе появляется дополнительная вкладка «Сканер», в которой находятся настройки вольтметра.

В потоковых режимах сканирование (переключение) каналов вольтметром визуально практически незаметно, данные со всех включенных каналов поступают для пользователя одновременно.

Критерии завершения эксперимента по Aux-значениям напряжений распространяются на каналы вольтметра следующим образом: Aux1 для четных (2, 4, 6, 8); Aux2 для нечетных (3, 5, 7, 9). Если по какому-то из них заданное пользователем значение Aux-напряжения будет достигнуто, то работа будет остановлена в соответствии с заданными настройками (вкладка «Условия», 7й критерий завершения «Aux 1, 2» работает с напряжениями включенных каналов сканирующего вольтметра).

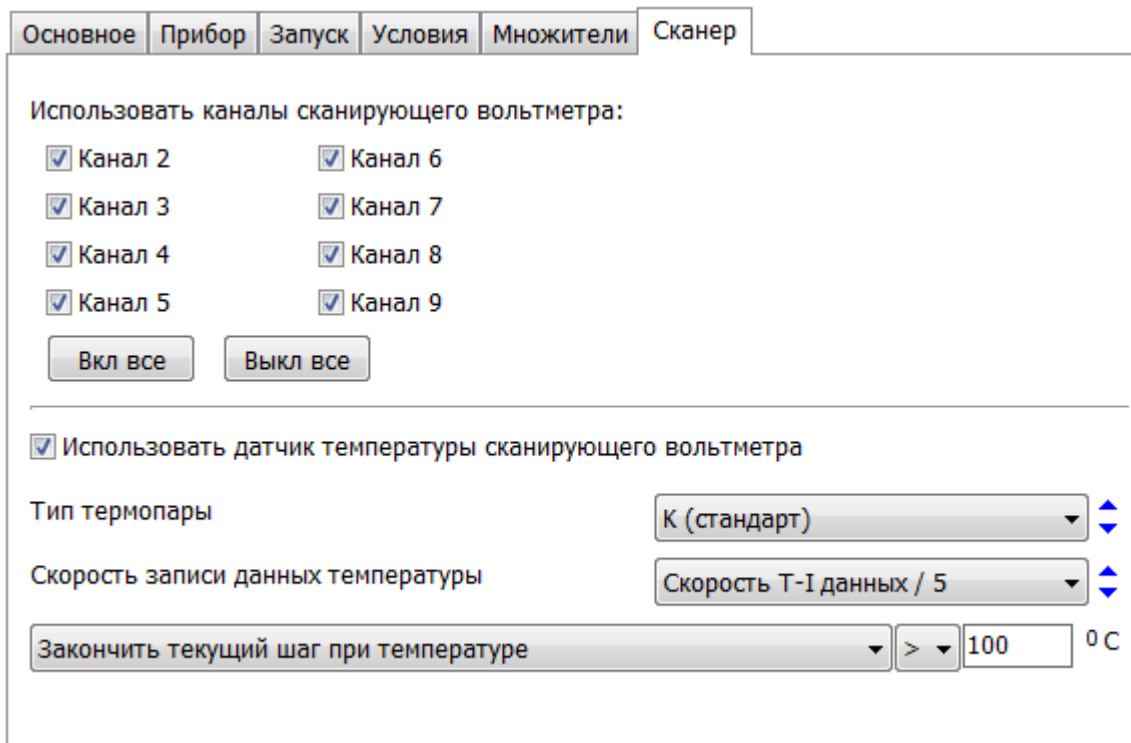


Рис. 4. Вкладка «Сканер» с настройками сканирующего вольтметра SV-8 в редакторе единичных режимов SmartSoft (поточные режимы работы - стационарные, развертки, хроно, PITT, GITT).

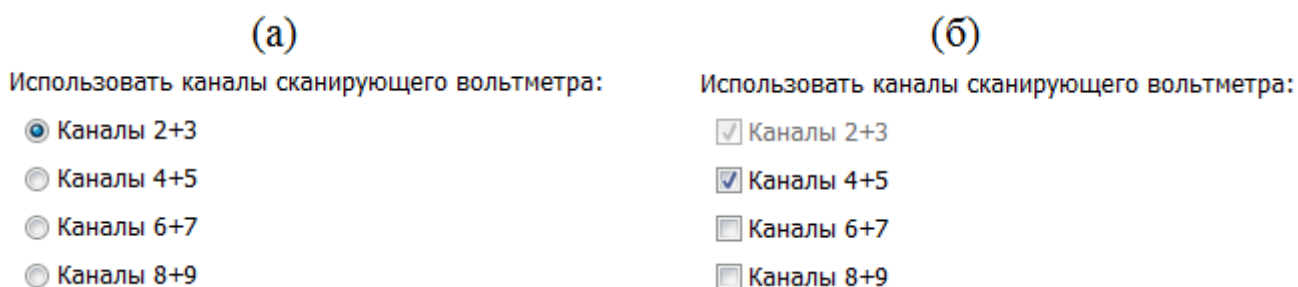


Рис. 5. Настройки каналов сканирующего вольтметра SV-8 в импульсных режимах (а); при измерении импеданса (б). В настройках вольтметра для импеданса первая пара каналов вольтметра включена всегда.

В методе измерения электрохимического импеданса, на каждой рабочей частоте (или при каждом рабочем потенциале или токе, если используется развертка потенциала или тока, а не частоты) сначала выполняется измерение для 2-го и 3-го каналов вольтметра, потом 4-го и 5-го, если они включены и так далее без изменений в работе потенциостата. Происходит лишь переключение каналов вольтметра с одних на другие. Считается, что установление синусоидального сигнала происходит перед оцифровкой первой пары (каналы 2 и 3). В данных тока и потенциала можно наблюдать переключения каналов по наличию синусоидального сигнала сначала для одной пары каналов, потом для другой. Данные по первому мастер-каналу потенциостата также

обрабатываются все это время (в ходе сканирования каналов вольтметра) и накапливаются для повышения точности.

В импульсных режимах происходит оцифровка данных только для одной выбранной пары каналов. Если требуется измерить напряжения на большем числе каналов, то необходимо воспользоваться программатором и повторить измерение для следующей пары каналов вольтметра. Таково требование синхронности быстродействующей оцифровки данных в импульсных режимах.

При ручном управлении потенциостатом с подключенным сканирующим вольтметром (используется режим мониторинга, или выполняется включение определенного потенциала или тока из вкладки «Обслуживание» SmartSoft), напряжение на том или ином канале будет отображено, только если он включен в таблице каналов.

В редакторе единичных режимов пользователь включает нужные ему каналы (в импульсных режимах и при измерении импеданса - попарно). А также задает настройки встроенного в вольтметр SV-8 измерителя температуры. К ним относятся тип термопары
Тип термопары . Также то, с какой скоростью необходимо записывать данные температуры . Помимо этого, имеется несколько настроек для выполнения остановки всей работы или редактируемого шага при достижении заданного значения температуры. Данные температуры сохраняются в первом канале и отображаются на диаграмме только вместе с ним (когда этот канал активен в SmartSoft). Данные напряжений всех работающих каналов сохраняются в энергонезависимой памяти потенциостата в первом канале (вольтметр не имеет своей памяти).

После завершения эксперимента данные по каждому каналу вольтметра сохраняются в свой отдельный файл, к которому будет добавлен номер канала (от 2 до 9). Значения тока в них будут обнулены (при необходимости их можно взять из первого канала, однако они будут не синхронны с данными напряжений каналов вольтметра из-за разных моментов оцифровки в ходе сканирования входов вольтметра его коммутатором).

При измерении электрохимического импеданса, для каждого канала вольтметра будет сохраняться и отображаться собственный спектр импеданса по мнимой и действительной части (каждый канал будет иметь свой годограф импеданса, соответствующий импедансу, заключенному между его входами на исследуемом объекте, при условии, что через него протекает рабочий ток потенциостата). Данные любого канала, помимо автоматического сохранения (в назначенную пользователем папку) и автоматического резервирования (в папку «AutoReservedFiles») можно сохранить, вручную сделав этот канал активным.

Высокоточное оборудование для электрохимических исследований

SmartStat®

Изготовитель: Electrochemical Instruments

Россия, Московская область, г. Черноголовка

Телефон: 8(495)720-31-57

Адрес тех. поддержки: potentiostat@mail.ru

www.smartstat.ru