



Модуль цифро-аналогового преобразователя
SmartStat® SDAC-1

Руководство по эксплуатации

2026

www.smartstat.ru

Уважаемый пользователь! Мы благодарим Вас за приобретение и использование научного оборудования SmartStat. В этом руководстве приведены подробные характеристики одноканального модуля цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) SDAC-1.

ЦАП SDAC-1 является внешним модулем SmartStat и подключается к потенциостату носителю. Он позволяет задавать (воспроизводить) программно заданное пользователем значение постоянного напряжения в пределах ± 5 В. Можно запрограммировать модуль так, чтобы к выходному значению через определенное количество циклов программатора автоматически добавлялась заданная величина, или оно умножалось на нее (индивидуальная функция множителей для ЦАП).

Имеется возможность задать свой нормировочный коэффициент (множитель-калибровку), чтобы вводить и считывать задаваемое значение в управляющем ПО SmartSoft в требуемых по ситуации единицах. Сами единицы измерения можно также ввести вручную. Штатно модуль откалиброван на вольты.

Один из вариантов применения модуля SDAC-1 это управление независимыми внешними устройствами, например сторонней установкой ВДЭ, обороты которой задаются пропорционально приложенному постоянному напряжению. В этом случае, выбрав в SmartSoft автоматическое умножение на заданный коэффициент с каждым последующим циклом программатора, можно полностью автоматически снять набор ВА кривых, выполненных при разных значениях оборотов. Благодаря калибровочному коэффициенту можно задавать скорость вращения в оборотах, а не в вольтах. Этот коэффициент рассчитывается пользователем один раз. Единицы измерения при этом целесообразно задать, например, как «RPM» или «об.м». Аналогичным образом можно управлять и другими сторонними устройствами при наличии у них аналогового входа внешнего задатчика.

Другой вариант применения модуля, это создание на исследуемом объекте разности потенциалов, независимой от основного электрохимического интерфейса потенциостата-носителя. Для этого модуль обеспечивает гальваническую развязку по выходу ЦАП. Выход ЦАП выведен на разъем модуля со своей изолированной от потенциостата землей. Ее можно замкнуть с основной землей специальным джампером внутри модуля SDAC-1.

При наличии у потенциостата-носителя Aux-входов АЦП (вся профессиональная серия SmartStat), их можно использовать для контрольной оцифровки выхода ЦАП или выходного сигнала управляемого устройства (например, с выхода по напряжению, пропорционального оборотам с ВДЭ).

При выполнении работы потенциостата с модулем SDAC-1, задаваемое на каждом шаге и цикле программатора выходное значение напряжения будет сохраняться и выводиться в таблице отчета SmartSoft с учетом калибровочного множителя и единиц пользователя. Эта колонка значений будет доступна из таблицы отчета SmartSoft в экспорт и копирование для сторонней обработки (например, экстраполяции кинетических токов ВДЭ; аналогично можно скопировать и токи).

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	4
2.	Комплектность поставки	5
3.	Устройство и принцип работы	6

1. Характеристики

Ниже приведены характеристики модуля ЦАП SDAC-1.

Таблица 1. Характеристики модуля ЦАП SDAC-1.

Характеристика	Значение
Количество каналов модуля	1
Разрядность ЦАП модуля	16 бит
Максимальная погрешность	1 мВ ± [0.1% от задаваемого значения]
Тип выхода	Приведенный к земле выход ОУ, по напряжению
Максимальное выходное напряжение	±5 В *
Минимальное сопротивление нагрузки модуля	1 кОм
Максимальный выходной ток	5 мА
Гальваническая развязка ЦАП	Присутствует, до 50 В, 10 ⁹ Ом, 10 пФ
Возможность оцифровки сигналов	С помощью Aux - АЦП, имеющихся у профессиональной серии SmartStat, без гальванической развязки
Размеры модуля	79x68x23 мм
Модели поддерживаемых потенциостатов	Профессиональная и лабораторная серии SmartStat

* - при низких нагрузках модуля возможно ограничение диапазона на несколько милливольт.

Aux входы АЦП имеются только у профессиональной серии SmartStat (исключение - бипотенциостат BPS-12, у которого их нет). Они выведены на интерфейсный разъем DSUB-9 и модуль ЦАП SDAC-1 позволяет подключиться к ним. Для этого у него есть два входа, они приведены к земле потенциостата, а модуль SDAC-1 лишь передает эти сигналы на потенциостат. Эти входы не имеют гальванической развязки.

Цифро-аналоговый задатчик (ЦАП) имеет гальваническую развязку и выдает свой сигнал на внешний (зеленый) разъем модуля SDAC-1 относительно специального, гальванически развязанного сигнала земли, выведенного на этот же разъем. При необходимости эта локальная земля ЦАП может быть соединена с основной землей потенциостата внутри (джампером, который по умолчанию открыт) или снаружи модуля.

Наличие гальванической развязки обеспечивает электрическую безопасность подключения при управлении внешними устройствами (при этом выход ЦАП подключается к входу управляемого устройства вместе с изолированной землей ЦАП). Альтернативно, она позволяет формировать поляризующие или иные сигналы в электрохимической ячейке на самых разных ее частях, относительно любых электродов (как будто к ячейке подключают маломощную батарейку с программируемым выходным напряжением). Изолированную землю ЦАП и основную землю потенциостата рекомендуется соединить только если выходной сигнал ЦАП должен задаваться относительно основной земли потенциостата (например, используются Aux входы АЦП потенциостата-носителя и при этом требуется оцифровать сигнал модуля ЦАП относительно земли). Джампер замыкания земель находится внутри модуля и по умолчанию разомкнут. Альтернативно, земли можно соединить вручную снаружи.

Корпус модуля соединен с землей потенциостата для его экранирования. Если электрохимическая ячейка работает в экране (клетке Фарадея), а модуль SDAC-1 служит для поляризации какой либо ее части, то его также следует поместить в этот экран. Если модуль управляет внешним устройством (например ВДЭ), то помещать его в экран ячейки не нужно.

2. Комплектность поставки

Ниже приведена комплектность базовой поставки модуля ЦАП SDAC-1.

Таблица 2. Комплектность поставки модуля ЦАП SDAC-1.

Наименование	Количество
Модуль ЦАП – основной блок	1
Измерительный кабель с зажимом типа «крокодил» для подключения исследуемых объектов	4 одиночных или 2 сдвоенных
Четырехконтактный клеммник для подключения измерительных кабелей	1
Интерфейсный шнур для подключения к потенциостату	1
Руководство по эксплуатации	1
Коробка упаковочная	1

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

Модуль подключается к компонентному интерфейсу потенциостата (прямоугольный разъем Components Interface типа DSUB-9) и не использует его электрохимический интерфейс (Counter, Ref, Comp, Work). Питание модуля осуществляется от этого же интерфейса.

Измерительные кабели имеют длину по 20 см и подключаются в специальный клеммник модуля. Эти кабели можно удлинять и при необходимости заменять.

Интерфейсный шнур для подключения модуля к цифро-аналоговому 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 оборудования.

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

Модуль ЦАП SDAC-1 не является функциональным генератором и служит для создания только постоянного значения напряжения, которое программно можно менять автоматически или вручную. Он не генерирует синусоидальные, пилообразные или иные сигналы специальной формы. Низкочастотный импульсный сигнал (с периодом от 1 с) формально может быть сгенерирован при помощи программатора SmartSoft (где одному шагу или циклу программатора будет соответствовать свое значение напряжения на выходе ЦАП).

3. Устройство и принцип работы

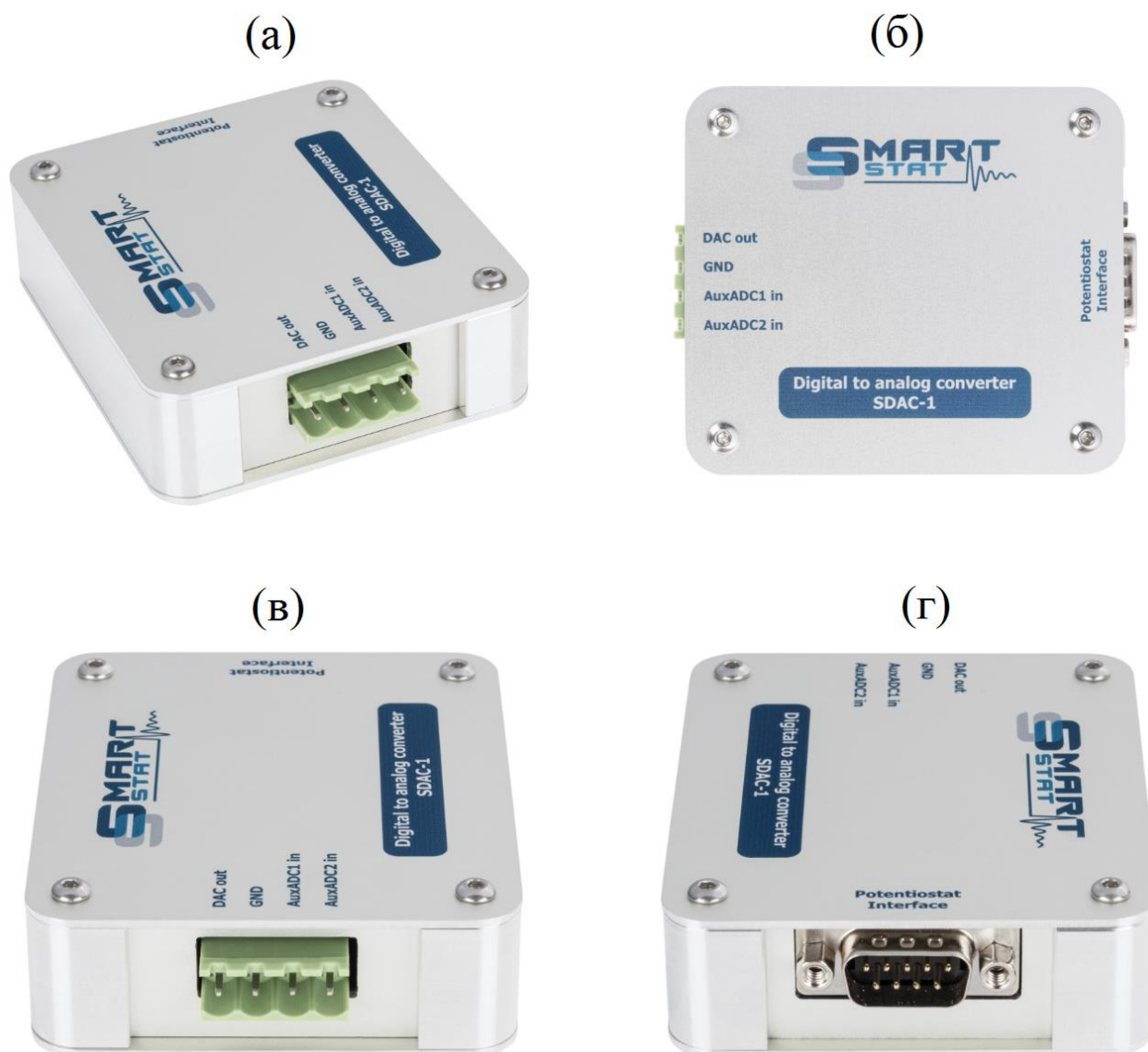


Рис. 1. Внешний вид модуля ЦАП SDAC-1: (а) - общий вид, (б) - вид сверху, (в) - вид на выходной разъем ЦАП, (г) - вид на разъем подключения интерфейсного кабеля потенциостата - носителя.

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

Модуль ЦАП SDAC-4 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).



Рис. 2. Схема входов и выходов модуля SDAC-1.

Синяя земля - потенциостата; красная - локальная ЦАП.

При использовании модуля SDAC-1 для управления внешними (сторонними) устройствами рекомендуется выполнить следующие подключения:

- Земля ЦАП отсоединена от земли потенциостата для безопасности подключения.
- Сигнал DACout подключается к управляющему входу (Remote+) внешнего устройства.
- Сигнал GND локальной земли ЦАП подключается к общему проводу или Remote- управляющего устройства согласно документации на управляемое устройство.

При использовании модуля для поляризации электрохимической ячейки, если основной электрохимический интерфейс потенциостата используется (провод Work подключен к ячейке):

- Земля ЦАП отсоединена от земли потенциостата для обеспечения гальванической развязки (выход ЦАП и его локальная земля работают в режиме ни к чему не подключенной батарейки с программно-управляемым напряжением).
- Сигнал DACout подключается к ячейке в качестве положительного терминала.
- Сигнал GND локальной земли ЦАП подключается к ячейке в качестве отрицательного терминала.

Для выполнения наиболее простой и удобной проверки модуля с помощью потенциостата профессиональной серии SmartStat рекомендуются следующие подключения и настройки (у лабораторной серии SmartStat такой возможности нет, так как нет Aux АЦП):

- Земли ЦАП и потенциостата соединены.
- Выход ЦАП (DACout) соединен с входом AuxADC1in или AuxADC2in.
- В управляющем ПО SmartSoft необходимо выбрать подключение AUX входов потенциостата к интерфейсному разъему потенциостата, чтобы скоммутировать Aux входы АЦП на модуль SDAC-1 (то есть при ручной проверке нужно сначала включить ячейку с этой настройкой из вкладки «Обслуживание» SmartSoft, если потенциостат имеет 6-8 электродов. У 4-хэлектродного такая настройка сделана всегда). На коммутацию же Aux входов во время выполнения работы, влияют настройки из главной вкладки «Прибор» SmartSoft.

Модуль SDAC-1, как и другие модули SmartStat, должен быть подключен к потенциостату носителю в выключенном состоянии. При включении потенциостат распознает модуль и покажет в программном обеспечении соответствующие настройки. В главной вкладке «Прибор» управляющего

ПО SmartSoft при этом модуль отобразится следующим образом, в зависимости от типа потенциостата:

<p>(а)</p> <p>Версия программы 5.201-2</p> <p>Установленные компоненты:</p> <p><input type="checkbox"/> Использовать модуль ВЧ импеданса</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Использовать AUX аналоговые входы</p> <p style="padding-left: 20px;"> <input type="radio"/> Подключить AUX входы к электрохимической ячейке <input checked="" type="radio"/> Подключить AUX входы к интерфейсному разъему </p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Использовать модуль-ЦАП</p>	<p>(б)</p> <p>Версия программы 5.201-2</p> <p>Установленные компоненты:</p> <p><input type="checkbox"/> Использовать модуль ВЧ импеданса</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Использовать AUX аналоговые входы</p> <p style="padding-left: 20px;"> <input type="radio"/> Подключить AUX входы к электрохимической ячейке <input checked="" type="radio"/> Подключить AUX входы к интерфейсному разъему </p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Использовать модуль-ЦАП</p>
--	--

Рис. 3. Внешний вид центральной части вкладки «Прибор» управляющего ПО SmartSoft для 6-8-электродного потенциостата (а), и для 4-хэлектродного потенциостата профессиональной серии (б). Для лабораторной серии SmartStat опция использования аналоговых входов Aux будет отключена.

Выход модуля SDAC-1 невозможно отключить ресурсами самого модуля, поэтому и в программном обеспечении SmartSoft, если модуль был обнаружен, он всегда будет включен: опция **Использовать модуль-ЦАП** всегда будет активирована (модуль ЦАП включен) и недоступна для редактирования.

В редакторе рабочих режимов для модуля SDAC-1 появится дополнительная вкладка «ЦАП» с его настройками:

Сейчас редактируется:
Простой режим

Компоненты канала 1

FRA отсутствует

Aux включен

Aux выведен на интерфейс

Модуль ЦАП

Напряжение Counter до 15 В

Стационарный

Линейная развертка

Циклическая развертка

Произвольный хроно

Импеданс (F)

Импеданс (E, I, t)

Произвольный импульс

Импульсная развертка

Импульсные аналитические

Импульсные аналитич-е рго

Прерывистое титрование

Пустой режим

Основное
Прибор
Запуск
Условия
Множители
R-омическое
ЦАП

Задаваемое значение RPM

Множитель(калибровка)

Единицы измерения

Множитель рассчитывается как задаваемая величина (например, обороты в RPM), деленная на соответствующее ей напряжение в вольтах

Функция множителей для задаваемого ЦАП значения:

циклов программатора

Задаваемое значение на RPM

Применить Сохранить Открыть

Рис. 4. Внешний вид настроек редактора простых режимов при подключенном модуле SDAC-1 (вручную заданы единицы измерения «RPM» и калибровка величиной 0.001).

Выходное значение ЦАП вводится в поле

Задаваемое значение RPM . Здесь и далее все примеры приведены для

случая управления внешней установкой ВДЭ, поэтому в качестве единиц измерения заданы «RPM». В единицах измерения максимально можно использовать 4 символа.

Для того, чтобы вводить и считывать значения ЦАП в SmartSoft не в вольтах, а в тех единицах, в которых фактически используется управляемое внешнее устройство (например, «RPM» в случае ВДЭ), служит параметр **Множитель(калибровка)** . Он рассчитывается пользователем один раз при первом подключении модуля. Например, если ВДЭ необходим сигнал 1В на 2000 оборотов в минуту (2000 RPM), то калибровочный коэффициент-множитель будет = 1/2000, то есть 0.0005. При этом пользователь будет вводить и считывать в SmartSoft обороты в явных единицах «RPM». Модуль сам домножит введенную пользователем величину, например 4000 RPM на калибровочный множитель, чтобы выдать на выход ЦАП напряжение 2 В, как в данном примере. Максимально можно ввести число в пределах ± 10000 , как для задаваемого значения, так и для множителя. Минимальное значение 1/100000 (0.00001 - одна сотысячная). Все меньшие значения будут округлены в 0.

Имеется возможность программировать изменение выходного напряжения ЦАП от цикла к циклу программатора SmartSoft. Для этого служит функция множителей ЦАП: **Функция множителей для задаваемого ЦАП значения:**. В выпадающем меню ее настроек пользователь выбирает, что делать через заданное количество циклов программатора:

- Ничего не делать (функция множителей для ЦАП отключена).
- Увеличивать через каждые несколько циклов программатора выходное напряжение ЦАП на определенное значение. В этом случае введенное пользователем значение приращения в настройке: **Задаваемое значение на** RPM будет добавляться к текущему в начале каждого цикла и получится ступенчатое изменение выходного значения ЦАП (вверх, или вниз, если приращение отрицательное). Каждый шаг программатора SmartSoft может иметь индивидуальную величину приращения и работать независимо от других шагов.
- Умножать через каждые несколько циклов программатора выходное напряжение ЦАП на определенное значение. Этот вариант больше подходит для установки RDE, так как позволит расставить скорости оборотов с одинаковым отношением, а не шагом, например 200, 400, 800, 1600, 3200 RPM для пяти циклов программатора SmartSoft, где умножение происходит на 2: **Задаваемое значение на** , а первым выходным значением заданы 200 RPM.

Функция множителей ЦАП работает независимо от базовой функции множителей электрохимического интерфейса потенциостата (последняя настраивается как обычно в своей вкладке «Множители» редактора простых режимов).

Также в SmartSoft имеется возможность ручного управления модулем ЦАП во вкладке «Обслуживание» (аналогично ручному управлению электрохимическим интерфейсом потенциостата):

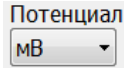
Ручное управление ЦАП

Задаваемое значение

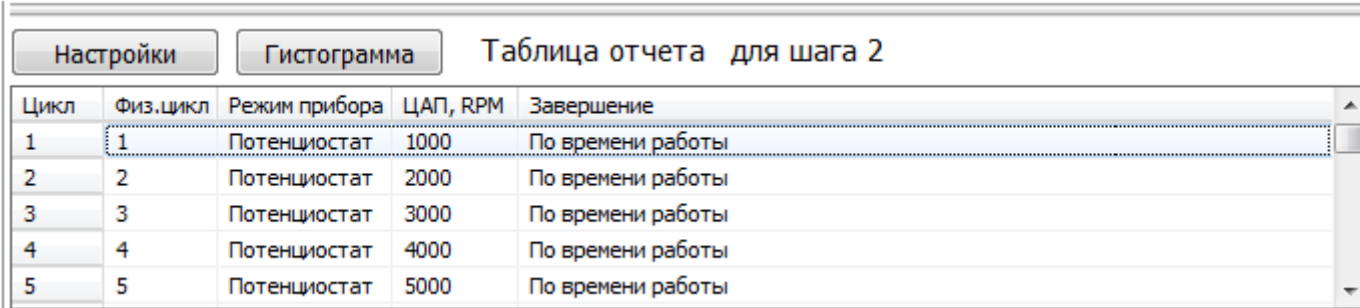
Множитель (калибровка)

Рис. 5. Панель ручного управления модулем SDAC-1.

В ней пользователь также вводит выходное значение и калибровочный множитель. В приведенном примере модуль воспроизведет напряжение в 1В. Эту панель удобно использовать для быстрой настройки нового модуля под управление внешним прибором, чтобы проверить работоспособность модуля и правильность рассчитанного множителя - калибровки.

Меню выбора глобальных единиц измерения в SmartSoft , расположенное в левом верхнем углу окна SmartSoft, не оказывает влияния на единицы измерения выходного сигнала модуля ЦАП. Независимо от глобальных единиц отображения напряжения-потенциала в SmartSoft: В, мВ, мкВ, нВ, если множитель - калибровка для ЦАП задан равным единице, то выходной сигнал ЦАП всегда считывается в вольтах (это обеспечивает независимость работы множителя-калибровки от выбранных в SmartSoft единиц измерения напряжения).

В процессе выполнения рабочей программы потенциостат сохраняет на каждом шаге и цикле программатора значение, поданное на модуль ЦАП. Эти значения отображаются в отчетной таблице SmartSoft в специальной колонке (она автоматически, неотключаемо появляется только при подключенном модуле SDAC-1):



Цикл	Физ.цикл	Режим прибора	ЦАП, RPM	Завершение
1	1	Потенциостат	1000	По времени работы
2	2	Потенциостат	2000	По времени работы
3	3	Потенциостат	3000	По времени работы
4	4	Потенциостат	4000	По времени работы
5	5	Потенциостат	5000	По времени работы

Рис. 6. Таблица отчета SmartSoft с колонкой значений, отработанных ЦАП на каждом цикле программатора - от 1000 до 5000 RPM. Функция множителей ЦАП выполнена в варианте добавления 1000 RPM на каждом цикле при исходно заданных оборотах 1000 RPM, для 5 циклов программатора. Используется один шаг программатора. Программа поляризации также может использовать свою функцию множителей, или быть одной и той же на всех циклах. Серия прибора - профессиональная или лабораторная, на вывод данных в этой таблице не влияют.

Эти значения можно скопировать колонкой из таблицы отчета нажав правую кнопку мыши по столбцу таблицы отчета. Так же их можно сохранить и в текстовый файл для сторонней обработки (например, экстраполяции на бесконечную скорость оборотов, для расчета кинетических токов).

Альтернативно, для автоматического изменения выходных значений ЦАП пользователь может использовать не циклы программатора с функцией множителей ЦАП, а шаги программатора. В этом случае рекомендуется следующий порядок работы:

- Создается один шаг программатора.
- Этот шаг копируется в другие шаги (до 50 штук).
- Пользователь самостоятельно корректирует значения выходного значения ЦАП индивидуально в каждом шаге.
- Количество циклов программатора задается равным 1. Или можно повторить всю работу нужное число раз, выбрав иное количество циклов.
- Таблица отчета отображается не по циклам, а по шагам для первого цикла (выбирается в ее настройках). Данные из нее можно забрать тем же способом - скопировать в буфер обмена или сохранить в текстовый файл.

Если пользователю необходимы величины токов или потенциалов, полученные в каждом цикле (или шаге) программатора для своего значения ЦАП (например, для всех оборотов RDE), то обычно работа в таком случае ведется в стационарном режиме, а колонку токов в таблице отчета для копирования в буфер обмена или сохранения в текстовый файл проще всего получить следующим образом:

- В настройках таблицы отчета в качестве «параметра на выбор» выбрать например «I средний».
- В настройках таблицы задать расчетным интервалом времени для выбираемого параметра последнюю секунду или иной интервал, например от 4 до 5 с при длительности стационарного потенциостатического шага в 5 с. Первые 4 секунды в этом случае пойдут на установление оборотов RDE и стационарного тока.
- Также для установления оборотов RDE можно использовать параметр `Установление перед измерением` с в редакторе единичных режимов для большинства рабочих режимов - стационарные, развертки и другие.

Альтернативно, пользователь может самостоятельно извлечь предлагаемые таблицей отчета данные выходных значений ЦАП, а также потенциалов и токов, из файла данных формата edf. При этом данные модуля прописываются в файл под тегом «md», а единицы измерения под тегом «mu». Например, для сохраненного значения 1000 RPM фрагмент файла edf будет выглядеть как:

```
md 1000.000000
mu RPM
dp 0.002559999935329 0.199513003230095 0.000125787206343
dp 0.005119999870658 0.199513003230095 0.000138365925523
dp 0.007679999805987 0.199513003230095 0.000125787206343
```

Тег «dp» означает колонки данных: время, ток, потенциал в единицах: с, В, А. За расшифровкой остальных тегов текстового формата файлов edf Вы можете обратиться в службу поддержки SmartStat.

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